

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кемеровский государственный университет»

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан
химического факультета


А.А. Мороз /
« 25 » марта 2013 г.



Рабочая программа дисциплины
***Физико-химические проблемы взаимодействия лазерного излучения
с веществом***

для специальности 020101.65-Химия (цикл ДС.Ф.4)

факультет	химический		
курс	4		
семестр	8		
лекции	51 часа	экзамен	__ семестр
лабораторные занятия	68 часов	зачет	8 семестр
самостоятельные занятия	44 часов	курсовая работа	семестр
Всего часов:	163		

Составитель: А.Г. Кречетов

Кемерово 2013

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические проблемы взаимодействия лазерного излучения с веществом» (регионального) компонента цикла (ДС.Ф.4) составлена в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта второго поколения по специальности 020101.65 «Химия»

Рабочая программа дисциплины
обсуждена на заседании кафедры Физической химии

Протокол № 8 от «18» марта 2013 г.

Зав. кафедрой _____ А.Г. Кречетов

Одобрено методической комиссией химического факультета

Протокол № 7 от «20» марта 2013 г.

Председатель _____ О.Н. Булгакова

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

- **Актуальность и значимость курса** – Области использования лазеров как научного и технологического инструмента постоянно расширяются. Дан-

ный курс, в котором в систематизированном виде рассматриваются физические принципы и примеры применения лазеров, представляет собой научную основу для последующей работы специалистов химиков, в той или иной степени связанных с лазерной техникой. Это в равной степени относится как к исследовательской работе, так и к работе в качестве инженеров в различных отраслях промышленности.

Цель и задачи курса – Цель курса – дать студентам базовые знания и навыки по изучаемому предмету, как в теоретическом, так и в экспериментальном плане.

Задачами курса являются:

1. Изучение физики генерации лазерного излучения, свойств лазерных пучков и методов их преобразования, принципов использования лазеров в науке и прикладных целях.
2. Формирование умения использовать полученные знания для оценки результатов воздействия лазерного излучения на вещество.
3. Практическое усвоение основных методик физического эксперимента по тематике курса.

Место дисциплины в профессиональной подготовке специалистов - Курс «Физико-химические проблемы взаимодействия лазерного излучения с веществом» относится к дисциплинам специализации (цикл ДС(М).Ф5). Для успешного усвоения курса студентам необходимо знание общих курсов химии и физики, ряда разделов квантовой химии и строения вещества. Данный курс является базой для осознанного использования студентами при выполнении магистерских диссертаций данных по взаимодействию лазерного излучения с веществом, а также для освоения практических навыков работы с лазерной техникой в качестве специалиста.

- **Структура курса** – Важнейшее значение для понимания всего материала курса имеют приводимые во вводных лекциях сведения о специфических свойствах лазерного излучения, качественно (когерентность) и количественно (монохроматичность, высокая интенсивность, малая длительность действия) отличающих его от излучения любых некогерентных источников. В первом блоке лекционного курса рассматривается поведение квантовых систем в поле интенсивного лазерного излучения, реализация многофотонных процессов возбуждения и ионизации и их использование в спектроскопии и лазерном разделении изотопов. Важное место отведено описанию основных принципов нелинейной оптики и использованию этих принципов для генерации высших гармоник, перестраиваемой параметрической генерации, спектроскопии КАРС и др. Следующий блок посвящен изложению особенностей поведения макросистем при действии высокоинтенсивного лазерного излучения, последовательно переходя от систем с малым поглощением (газы) к системам с высоким поглощением (металлы). Как результат такого рассмотрения формулируются физические принципы и основные соотношения технологических параметров лазер-

ной обработки различных материалов. Последний блок лекционного курса посвящен физике образования лазерной плазмы и проблеме лазерного термоядерного синтеза.

- **Особенности изучения дисциплины** – При построении лекционного курса основное внимание уделено физико-химии рассматриваемых явлений на качественном уровне, однако используются и теоретические соотношения, необходимые для углубленного понимания предмета. В идейном плане в лекциях рассматриваются базовые физические принципы, на основе которых создаются те или иные лазерные устройства для науки, техники, медицины, оборонных задач и т.д. Практическому использованию лазеров посвящен лабораторный практикум и работа над рефератами по прилагаемому списку.
- **Форма организации занятий по курсу** – традиционная. По курсу «Физико-химические проблемы взаимодействия лазерного излучения с веществом» еженедельно читаются лекции и ведутся лабораторные занятия.
- **Взаимосвязь аудиторной и самостоятельной работы студентов** – Аудиторные занятия, лекции и лабораторные занятия, предполагают самостоятельную работу по данному курсу. Для успешного и своевременного выполнения лабораторного практикума студент должен во внелабораторное время выполнить всю обработку экспериментальных данных и оформить отчет по выполненным работам. Кроме того, предлагаются дополнительные темы для самостоятельного изучения, темы рефератов и список литературы.
- **Требования к уровню усвоения содержания курса** – Знание теоретического материала и его использование при решении конкретных задач, понимание главных проблем применения лазеров в науке и технике, приобретение практических навыков работы с лазерными установками, грамотное использование получаемых знаний и умений при последующем выполнении курсовых и дипломных работ.
- **Объем и сроки изучения курса** - определяются учебным планом подготовки по направлению 020100.65 «Химия» химического факультета университета. Курс «Физико-химические проблемы взаимодействия лазерного излучения с веществом» читается в 4 год обучения (2 семестр). На изучение дисциплины отводится 164 часа, из которых 34 часа – лекционные, 68 часа – лабораторные занятия, 62 часа – самостоятельная работа.
- **Виды контроля знаний и их отчетности** – В течение семестра проводятся две контрольные работы. При выполнении лабораторного практикума обязательно проводится контроль подготовки студентов к выполнению текущей лабораторной работы, а также форма и содержание отчета по уже выполненной работе. Пропуски занятий фиксируются. Пропущенный лек-

ционный материал самостоятельно прорабатывается студентом в виде написания реферата и обсуждения материала с преподавателем. Лабораторные работы выполняются в обязательном порядке. В случае пропуска назначается дополнительное время для их выполнения. В качестве предварительного контроля знаний предусматривается компьютерное тестирование. Итоговый контроль знаний по курсу проводится на заключительной стадии в форме зачета.

- **Критерии оценки знаний студентов по курсу** – Требуется обязательное посещение аудиторных занятий и выполнение контрольных мероприятий. Оценка знаний производится по двухступенчатой шкале (зачтено, не зачтено). Допуск к зачету выдается при условии выполнения и защиты всех лабораторных работ, а также успешного промежуточного и итогового тестирования.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ не- дели	Название и содержание разделов, тем, модулей Лекции /семинары	Объем часов					Формы контроля
		Общий	Аудиторная работа			Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические (или семинарские)	Лабораторные		
1	2	3	4	5	6	7	8
1-4	Блок 1. Свойства лазерных пучков. Квантовые системы в поле лазерного излучения.	40	12		18	10	Защита лабораторной работы № 1
5 -8	Блок 2. Многофотонные процессы. Генерация высших гармоник. Элементы нелинейной оптики.	40	12		18	10	Защита лабораторной работы № 2
9-12	Блок 3. Высокоинтенсивное воздействие лазерного излучения на макросистемы. Разрушение прозрачных тел. Плавление и испарение металлов. Технологические применения лазерного излучения при обработке металлов	41	15		16	12	Защита лабораторной работы № 3
13-17	Блок 4. Возникновение лазерной плазмы. Поглощение лазерного излучения в плазме. Передача энергии от области поглощения излучения к плотной плазме. Лазерный термоядерный синтез	40	12		16	12	Защита лабораторной работы № 4 Рефераты Зачет
	Итого:	163	51		68	44	

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

и тематический план по неделям

№ недели	Название и содержание разделов, тем, модулей Лекции /семинары	Объем часов					Формы контроля
		Общий	Аудиторная работа			Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические (или семинарские)	Лабораторные		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Лекция 1. Принципы генерации лазерного излучения.	10	3		4	3	
2	Лекция 2. Свойства лазерных пучков: монохроматичность, когерентность, направленность, спектральная яркость.	10	3		4	3	
3	Лекция 3. Атом в поле сильной световой волны. Однофотонные процессы.	10	3		4	3	
4	Лекция 4. Многофотонные процессы. Вероятности многофотонных процессов.	10	3		4	3	Защита лабораторной работы № 1
5	Лекция 5. Экспериментальные исследования многофотонных процессов.	9	3		4	2	
6	Лекция 6. Многофотонная ионизация атомов. Многофотонное возбуждение атома.	9	3		4	2	
7	Лекция 7. Теоретическое описание многофотонных процессов.	11	3		5	3	
8	Лекция 8. Практические ограничения реализации многофотонных процессов в реальных средах.	11	3		5	3	Защита лабораторной работы № 2
9	Лекция 9. Оптический пробой газа. Общие закономерности взаимодействия излучения с плазмой.	9	3		4	2	

10	Лекция 10. Основные черты явления оптического пробоя. Ионизация газа электронами, ускоренными при столкновениях с атомами в ноле излучения	9	3		4	2	
11	Лекция 11. Генерация высших гармоник. Возбуждение второй гармоники. Возбуждение высших гармоник.	11	3		5	3	
12	Лекция 12. Методы осуществления фазового синхронизма. Возбуждение высших гармоник лазерным излучением в реальных средах.	11	3		5	3	Защита лабораторной работы № 3
13	Лекция 13. Действие лазерного излучения на прозрачные диэлектрики. Нестационарная проводимость.	8	3		3	2	
14	Лекция 14. Разрушение номинально чистых диэлектриков. Разрушения, обусловленные локальными микроскопическими примесями.	8	3		3	2	
15	Лекция 15. Действие лазерного излучения на металлы. Нагревание поверхности металла. Плавление металлов.	8	3		3	2	
16	Лекция 16. Лазерная плазма. Поглощение лазерного излучения в плазме.	9	3		3	3	Защита лабораторной работы № 4
17	Лекция 17. Лазерный термоядерный синтез.	9	3		4	3	Рефераты
19	Зачет		2				
Итого:		163	45		51	44	

3. ПРОГРАММА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

- 1.** Изучение устройства лазерной установки ЛПП-1. Измерение параметров импульсного лазерного излучения: энергии, длительности импульса и расходимости лазерного пучка.
- 2.** Изучение автоматизированного лазерного спектрометра. Источник возбуждения. Осциллографические системы регистрации. Стрик-камера «Взгляд-2А». Практические схемы экспериментов по исследованию нестационарной люминесценции, возникающей при действии лазерного излучения.
- 3.** Генерация высших гармоник. Пикосекундный континуум и его свойства.
- 4.** Оптический пробой в газах. Пороги лазерного разрушения прозрачных диэлектриков.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Список основной учебной литературы

1. Паршаков А. Н. Введение в квантовую физику : учеб. пособие /.- СПб. : Лань , 2010 .- 351 с. <http://e.lanbook.com/view/book/297> .
2. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях (2010 г.) - М. : Физматлит, 2010 .- 499 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2350> .
3. Туманов Ю.Н. Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах. - М. : Физматлит, 2010 .- 968 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2711> .
4. Привалов В. Е., Фотиади А. Э., Шеманин В. Г. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы.- СПб. : Лань , 2013 .- 288 с. <http://e.lanbook.com/view/book/5851>
5. Бохан П.А., Бучанов В.В., Закревский Д.Э. Оптическое и лазерно-химическое разделение изотопов в атомарных парах. - М. : Физматлит, 2010 .- 224 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2671>

Список дополнительной литературы

1. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров.- М.: Мир, 1981.
2. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом.- М.: Наука, 1989.
3. Коротеев Н.И., Шумай И.Г. Физика мощного лазерного излучения. - М.: Наука, 1991.
4. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики.- М.: Наука, 1989.
5. Вавилов В.С., Кекелидзе Н.П., Смирнов Л.С. Действие излучений на полупроводники.- М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1988.
6. Райзер Ю.П. Лазерная искра и распространение разрядов.- М.: Наука, 1974.
7. Рэди Д. Действие мощного лазерного излучения.- М.: Мир, 1974.
8. О. Звелто. Физика лазеров.- М.: Мир, 1979.
9. А. Мэйтлэнд, М. Данн. Введение в физику лазеров.- М.: Наука, 1978.
10. Анисимов С.И. и др. Действие излучения большой мощности на металлы.- М.: Наука, 1970.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Вопросы к зачету по дисциплине

1. Свойства лазерного излучения.
2. Линейная поляризация и линейное рассеяние света.
3. Вероятности межуровневых переходов в атомах. Квантово-механическое и полуклассическое описание.

4. Виртуальные и реальные оптические переходы электрона в атоме.
5. Нелинейная поляризация и нелинейные восприимчивости.
6. Однофотонное и многофотонное возбуждение квантовых систем.
7. Уширение уровней в квантовых системах и его влияние на эффективность многофотонного возбуждения.
8. Многофотонное возбуждение реальным лазерным излучением. Статистический фактор.
9. Роль промежуточного резонанса в многофотонном возбуждении. Многофотонная резонансная спектроскопия.
10. Фотоионизация, надбарьерный распад и туннелирование в постоянном электрическом поле. Условия осуществления нелинейной ионизации в поле лазерного излучения.
11. Прямой и резонансный процессы многофотонной ионизации. Метод многофотонной резонансной ионизационной спектроскопии.
12. Двухступенчатая селективная фотоионизация атомов.
13. Селективное воздействие лазерного излучения на молекулы.
14. Нарушение селективности при возбуждении лазерным излучением.
15. Уравнения Максвелла для линейной и нелинейной сред. Условия фазового синхронизма.
16. Возбуждение высших гармоник. Практические методы осуществления фазового синхронизма.
17. Связь трех волн в квадратичной среде. Смещение частот.
18. Вынужденное рассеяние Манделъштама — Бриллюэна.
19. Связь четырех волн в кубичной среде. Закон сохранения числа фотонов и его следствия.
20. Обращение волнового фронта при четырехволновом взаимодействии.
21. Параметрическая генерация световых импульсов сверхкороткой длительности.
22. Количественные характеристики процесса нелинейной рефракции.
23. Самофокусировка импульсного лазерного излучения.
24. Явление самоиндуцированной прозрачности.
25. Оптический пробой в газах. Механизмы нелинейной ионизации, ионизации газа электронами, ускоренными в поле излучения.
26. Динамика плазмы, образованной ионизацией газа.
27. Оптическое разрушение номинально чистых прозрачных диэлектриков.
28. Оптическое разрушение прозрачных диэлектриков, обусловленное локальными макропримесями. Эффект накопления.
29. Отражение и поглощение излучения непрозрачными материалами. Нагревание поверхности металла.
30. Эмиссия частиц с поверхности металлов.
31. Плавление и испарение металлов.
32. Влияние окисления металлической поверхности при облучении на процессы плавления и испарения.
33. Физические процессы, приводящие к образованию лазерной плазмы.
34. Экспериментальные методы исследования лазерной плазмы.

35. Основные характеристики плазменного факела.
36. Критическая плотность лазерной плазмы.
37. Поглощение лазерного излучения в плазме. Передача энергии от области поглощения излучения к плотной плазме.
38. Лазерный термоядерный синтез.

2. Контрольные вопросы к лабораторному практикуму по дисциплине

1. Описать оптическую схему лазера ЛПП-1.
2. Принцип реализации самосинхронизации продольных мод в лазере ЛПП-1.
3. Принцип работы системы селекции пикосекундного моноимпульса из цуга.
4. Почему в усилительных каскадах лазера используется расходящийся пучок?
5. Каково предельное временное разрешение осциллографов С8-12 и С7-19?
6. Чем определяется временное разрешение спектрометра при регистрации световых сигналов ФЭУ на осциллографах С8-12 и С7-19?
7. Какое временное разрешение обеспечивают ФЭУ-97 и ЭЛУФ-М?
8. Какие технические приемы используются для синхронизации запуска разверток осциллографов и регистрируемого сигнала?
9. Описать оптическую схему лазерной установки ЛТИ-5.
10. Принцип реализации режима модулированной добротности в генераторе лазерной установки ЛТИ-5.
11. Общие черты и отличия лазерных установок ЛПП-1 и ЛТИ-5.
12. Принцип временной привязки регистрируемых сигналов с помощью реперных импульсов.
13. Каков принцип работы измерителя мощности и энергии ИМО-2?
14. Каков уровень линейного сигнала фотодиода «Фотон-1»? Можно ли проводить измерения энергии при нелинейности сигнала?
15. Какой метод регистрации обеспечивает прямое измерение длительности пикосекундных импульсов?
16. Почему угловая настройка фазового синхронизма для 2 и 4 гармоник осуществляется во взаимно перпендикулярных плоскостях?
17. Какая оптическая характеристика определяет использование фильтров из цветного стекла для селекции гармоник?
18. Почему предпочтительнее осуществлять селекцию гармоник спектральной призмой?
19. Оптимальная длина кристалла для ГВГ при пикосекундной длительности импульса больше или меньше, чем для наносекундного импульса?
20. Почему длина волны параметрической генерации больше длины волны накачки?
21. Изменится ли пороговая энергия светового пробоя в газе при изменении светосилы фокусирующей линзы? Почему?

22. Как изменится пороговая интенсивность светового пробоя в газе при повышении давления последнего?
23. Если лазерное излучение действует на номинально чистые кристаллы NaCl и AgCl, то для какого из кристаллов пороговая интенсивность оптического пробоя будет меньше?

3. Примерные темы рефератов.

1. Аргоновый лазер
2. Гелий-неоновые лазер.
3. Лазеры на красителях.
4. Лазеры на парах металлов
5. Лазеры на свободных электронах.
6. Лазеры на CO₂.
7. Неодимовый лазер
8. Полупроводниковые лазеры.
9. Рубиновый лазер.
10. Эксимерные лазеры.
11. Методы управления лазерным излучением.
12. Пикосекундная лазерная спектроскопия.
13. Лазеры в медицине.
14. Лазеры в технологии.
15. Лазеры в метрологии.
16. Лазерная связь.
17. Оптическая голография.
18. Лазеры в информационных технологиях.
19. Лазеры в военном деле.

Приложение
к рабочей программе дисциплины
**«Физико-химические проблемы взаимодействия
лазерного излучения с веществом»**

**Сведения о переутверждении РП на текущий учебный год и регистрации
изменений**

№ п/п	учебный год	содержание изменений / без изменений	преподаватель- разработчик рабочей программы	РП одобрена на заседании кафедры <i>(№ протокола; дата, подпись зав. кафедрой)</i>	РП утверждена деканом факультета <i>(дата, подпись)</i>
1	2011-2012	без изменений	Кречетов А.Г.		