

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 31 » 08 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: **12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии**

Профиль/программа подготовки: **Лазерные и квантовые технологии**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Форма обучения: **очная**

| Семестр | Трудоемкость зач. ед./ час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лабора- т. работы, час. | СРС, час. | Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой) |
|---------|--------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|--|
| 7 | 5/180 | 18 | 18 | 36 | 81 | Экзамен (27 часов) |
| Итого | 5/180 | 18 | 18 | 36 | 81 | Экзамен (27 часов) |

Владимир 2020

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины "Взаимодействие лазерного излучения с веществом" является формирование у студентов знаний физических основ широкого круга фундаментальных процессов, происходящих при взаимодействии интенсивного оптического излучения с веществом, которые реализуются, в том числе в ряде лазерных технологических процессов, а также получение практических навыков реализации подобных процессов.

Задачи: установить понимание взаимосвязи между физическими характеристиками взаимодействия лазерного излучения с веществом с конечными параметрами физических и технологических процессов, в которых реализуются данные явления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина "Взаимодействие лазерного излучения с веществом" относится к вариативной части Блока 1. Дисциплине присвоен номер Б1.В.35.

Для освоения данной дисциплины учащимся требуются знания, получаемые в рамках следующих предшествующих дисциплин: Введение в специальность, Основы квантовой физики, Основы кантовой электроники, Лазерная техника.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

| Код формируемых компетенций | Уровень освоения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции) |
|--|------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| <p style="text-align: center;">ПК-1</p> <p>Способен анализировать задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опико-электронных приборов и систем</p> | <p>Частичное освоение</p> | <p>Знать: принципы генерации излучения лазерами; элементную базу лазерной техники; основные типы и характеристики оптических систем лазерных опико-электронных приборов и оборудования; принципы конструирования лазерных опико-электронных приборов, их узлов и элементов; опасные и вредные эксплуатационные факторы, их предельно-допустимые уровни воздействия на человека, технику и окружающую среду при эксплуатации лазерных систем и технологий; методы работы с научно-технической литературой и информацией;</p> <p>Уметь: определять параметры и характеристики элементов лазерных систем и технологий для заданных условий и режимов эксплуатации; анализировать взаимодействие лазерного излучения с материалами и средами; применять информационные ресурсы и технологии; представлять информацию в систематизированном виде; работать с научно-технической литературой и информацией. Владеть: навыками работы со средствами компьютерного проектирования, использующимися при конструировании узлов и блоков лазерных комплексов; навыками проектирования типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опико-электронных приборов и систем.</p> |
| <p style="text-align: center;">ПК-2</p> <p>Способен участвовать в разработке технических требований и заданий на проектирование типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опико-электронных приборов и систем</p> | <p>Частичное освоение</p> | <p>Знать: основные области применения лазерной техники и лазерных технологий; принципы построения и состав лазерных приборов и систем; принципы конструирования лазерных опико-электронных приборов, их узлов и элементов; оптические материалы и технологии; опасные и вредные эксплуатационные факторы, их предельно-допустимые уровни воздействия на человека, технику и окружающую среду при эксплуатации лазерных систем и технологий; методы работы с научно-технической литературой и информацией.</p> <p>Уметь: анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим узлам и элементам лазерных приборов и систем; определять, формулировать и обосновывать требования к разрабатываемым узлам и элементам лазерных приборов и систем; обосновывать предлагаемые технические решения при проектировании узлов и элементов лазерных приборов и систем; применять информационные ресурсы и технологии.</p> <p>Владеть: навыками проектирования типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опико-электронных приборов и систем.</p> |
| <p style="text-align: center;">ПК-4</p> <p>Способен проводить</p> | <p>Частичное освоение</p> | <p>Знать: методы и средства планирования и организации исследований и разработок; методы проведения экспериментов и</p> |

| | | |
|---|--|---|
| научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы в области лазерных и квантовых технологий | | наблюдений, обобщения и обработки информации; методы организации труда и управления персоналом; теоретические основы лазерных и квантовых технологий, методические и организационные аспекты осуществления научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности в профессиональной деятельности; основы конструирования лазерных систем, а также же применение квантовых технологий. Уметь: находить аналитические решения задач квантовой теории; практически применять теоретические знания при решении физических задач; проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки в сфере лазерных и квантовых технологий. Владеть: методами организации и проведения измерений и исследований в области лазерных и квантовых технологий, включая планирование, разработку, организацию и проведение исследований. |
|---|--|---|

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

| № п/п | Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %) | Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|----------------------------|--|----------|-----------------|--|----------------------|--------------|-----------|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лаб. занятия | СРС | | |
| 1 | Введение в дисциплину. | 7 | 1 | 2 | | | 10 | 1/50% | - |
| 2 | Механизмы поглощения и диссипации энергии в металлах и веществе. | 7 | 2-7 | 6 | 6 | 12 | 20 | 6/25% | Рейтинг-контроль №1 |
| 3 | Процессы, протекающие при нагревании материалов лазерным излучением. | 7 | 8-9 | 2 | 2 | 4 | 11 | 2/25% | Защита лабораторных работ |
| 4 | Нелинейные эффекты воздействия интенсивного лазерного излучения на вещество. | 7 | 10-15 | 6 | 6 | 12 | 20 | 6/25% | Рейтинг-контроль №2 |
| 5 | Физические механизмы лазерных технологий. | 7 | 15-18 | 2 | 4 | 8 | 20 | 4/28% | Рейтинг-контроль №3 |
| Наличие в дисциплине КП/КР | | нет | | | | | | | |
| Итого по дисциплине | | 7 | 18 | 18 | 18 | 36 | 81 | 19/26% | Экзамен (27 часов) |

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение в дисциплину.

Тема 1. Излучение и вещество. Роль изучаемой дисциплины в структуре образования. Содержание темы. Связь дисциплины с другими предметными областями. Основные направления существующих и перспективных исследований.

Раздел 2. Механизмы поглощения и диссипации энергии в веществе.

Тема 1. Воздействие лазерного излучения на атомы и молекулы.

Содержание темы. Основные уравнения, описывающие процессы распространения электромагнитного излучения в веществе – классическая электродинамика. Тепловая модель. Оптическая восприимчивость атомарной среды. Резонансное давление света на атомы. Сдвиг атомных уровней в электромагнитном поле. Двухуровневая система в сильном резонансом поле.

Тема 2. Поглощение лазерного излучения металлами и их оптических свойства.

Содержание темы. Распространение электромагнитных волн в проводящих средах. Основные уравнения оптики металлов. Оптические свойства металлов. Скин-эффект и его свойства. Частотная зависимость поглощательной способности металла при различных видах нормального скин-эффекта. Вклад аномальности скин-эффекта в поверхностное поглощение.

Тема 3. Взаимодействие света с полупроводниковыми средами.

Содержание темы. Зонная структура полупроводника. Основные механизмы оптического поглощения в полупроводниках. Особенности межзонного и внутризонного поглощения. Насыщение межзонного поглощения. Внутризонное поглощение света и зависимость поглощательной способности полупроводника от концентрации свободных носителей. Кинетика фотовозбуждения полупроводника под воздействием лазерного излучения. Влияние диффузионно-рекомбинационных процессов.

Раздел 3. Процессы, протекающие при нагревании материалов лазерным излучением

Тема 1. Общая характеристика нагревания лазерным излучением.

Содержание темы. Свойства лазерного излучения и их влияние на протекание технологического процесса. Воздействие непрерывного и импульсного излучения на поглощающие и прозрачные среды. Уравнение теплопроводности и его решения в различных пределах.

Раздел 4. Нелинейные эффекты воздействия интенсивного лазерного излучения на вещество.

Тема 1. Основные эффекты нелинейной оптики.

Содержание темы. Основные уравнения нелинейной оптики. Нелинейный осциллятор. Осциллятор с кубической нелинейностью. Зависимость частоты колебаний от амплитуды. Самовоздействие света в нелинейной среде. Самофокусировка.

Тема 2. Нелинейные эффекты в газовых средах.

Содержание темы. Многофотонное возбуждение. Нелинейная ионизация. Явление самоиндуцируемой прозрачности.

Тема 3. Нелинейные эффекты в конденсированных средах.

Содержание темы. Нелинейные восприимчивости прозрачных сред. Эффект Керра. Электрострикция и электрокалорический эффект. Возбуждение второй гармоники. Возбуждение высших гармоник. Методы осуществления фазового синхронизма. Параметрические генераторы.

Раздел 5. Физические механизмы лазерных технологий.

Тема 1. Технологические лазеры и лазерное излучение.

Содержание темы. Оптические схемы лазерной обработки. Лазерная микрообработка материалов. Лазерное термоупрочнение и сварка. Лазерная резка.

Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине

Темы лабораторных работ

1. Техника безопасности при работе с лазерным оборудованием.
2. Изучение работы лазерных комплексов, имеющихся на базе кафедры.
3. Воздействие импульсного лазерного излучения на поверхности различных металлов. Оценка температуры поверхности.
4. Тепловое воздействие лазерного излучения на жидкие среды.
5. Взаимодействие лазерного излучения с веществом и наблюдение за поверхностью в режиме реального времени.

Темы практических занятий

Практические занятия подразумевают решение задач по следующим тематическим разделам:

1. Распространение лазерных пучков в свободном пространстве и в среде (в том числе, активной среде).
2. Многофотонное возбуждение. Нелинейная ионизация. Двухуровневая система в сильном резонансном поле.
3. Давление света. Рассеяние света
4. Нагрев материала лазерным излучением. Лазерное испарение. Разрушение поглощающего материала.
5. Оптический пробой газов. Возбуждение звука в жидкостях.
6. Воздействие фемтосекундных импульсов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения. Проведение лекционных занятий обеспечено

специализированными аудиториями, оборудованными компьютерами и электронными проекторами, что позволяет сопровождать чтение лекций демонстрацией компьютерных слайдов. Лабораторный курс обеспечен современным лазерным оборудованием.

Проведение лекционных занятий по дисциплине происходит по классической форме. Преподавателем формулируется проблематика лекции и круг задач, подлежащих рассмотрению. При этом демонстрируется взаимосвязь данной тематики с материалами предыдущих лекций. Затем преподавателем раскрывается содержание данной темы. В ходе лекции обучающимся задаются вопросы, позволяющие им самостоятельно находить решения поставленных проблем на основе имеющихся у них знаний, полученных из предыдущих лекций и предшествующих курсов. Для визуализации лекционного материала, в частности, демонстрации результатов воздействия лазерного излучения на вещество в различных режимах, а также для симуляции лазерных процессов, применяются мультимедийные технологии.

Для повышения уровня усвоения лекционного материала и приобретения практических навыков проектирования предусматривается активная форма проведения практических занятий в виде совместного разбора и решения задач, а также совместного выполнения лабораторных работ. Практические занятия предусматривают решение задач.

Активные и интерактивные методы обучения:

Интерактивная лекция (Раздел 1. Введение в дисциплину. Тема 1. Излучение и вещество. Роль изучаемой дисциплины в структуре образования. Раздел 2. Механизмы поглощения и диссипации энергии в веществе. Тема 1. Воздействие лазерного излучения на атомы и молекулы. Раздел 3. Процессы, протекающие при нагревании материалов лазерным излучением. Тема 1. Общая характеристика нагревания лазерным излучением. Раздел 4. Нелинейные эффекты воздействия интенсивного лазерного излучения на вещество. Тема 1. Основные эффекты нелинейной оптики. Раздел 5. Физические механизмы лазерных технологий. Тема 1. Технологические лазеры и лазерное излучение.

Групповая дискуссия (Раздел 2. Механизмы поглощения и диссипации энергии в веществе. Тема 2. Поглощение лазерного излучения металлами и их оптических свойства. Раздел 4. Нелинейные эффекты воздействия интенсивного лазерного излучения на вещество. Тема 2. Нелинейные эффекты в газовых средах.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости студентов основывается на успешности работы студентов по нескольким направлениям:

- Активность во время лекционных и практических занятий.
- Защита лабораторных работ.
- Выполнение заданий рейтинг-контроля.

Вопросы к рейтинг-контролю №1

1. Механизмы поглощения и диссипации энергии в веществе.
2. Качественная схема механизмов поглощения излучения, а также перехода энергии в тепло. Кинетика данных процессов.
3. Тепловая модель лазерного воздействия на вещество.
4. Связь оптических постоянных с микрохарактеристиками металла.
5. Основные механизмы оптического поглощения в полупроводниках; механизмы и последовательность передачи энергии.
6. Поглощательная способность металлов.
7. Аномальный скин-эффект. Вклад в поверхностное поглощение.
8. Частотная зависимость поглощательной способности металла при различных видах нормального скин-эффекта.
9. Оптические процессы в полупроводниках.

10. Внутризонное поглощение света и зависимость поглощательной способности полупроводника от концентрации свободных носителей

Вопросы к рейтинг-контролю №2

1. Основные уравнения нелинейной оптики. Нелинейный осциллятор.
2. Осциллятор с кубичной нелинейностью.
3. Самовоздействие света в нелинейной среде. Самофокусировка.
4. Многофотонное возбуждение.
5. Нелинейная ионизация.
6. Нелинейные восприимчивости прозрачных сред.
7. Эффект Керра.
8. Электрострикция и электрокалорический эффект.
9. Возбуждение второй гармоники.
10. Параметрические генераторы

Вопросы к рейтинг-контролю №3

1. Тепловые эффекты в конденсированных средах.
2. Теплопроводностные механизмы отвода тепла.
3. Разрушение прозрачных твердых тел под действием лазерного излучения.
4. Лазерная стереолитография.
5. Физические процессы лазерной резки.
6. Физические механизмы лазерной сварки.
7. Физические механизмы лазерного упрочнения.
8. Селективные механизмы воздействия лазерного излучения на вещество.
9. Принцип действия оптического пинцета.
10. Принцип действия ближнеполевого оптического микроскопа.

Вопросы к экзамену

1. Классический, полуклассический и квантово-механический подходы к описанию взаимодействия излучения с веществом.
2. Уравнения Максвелла. Решение для прозрачных диэлектриков и металлов.
3. Оптические свойства диэлектриков в модели Лоренца (показатель преломления и коэффициент поглощения).
4. Временная и пространственная дисперсии.
5. Распространение оптических волн в проводящих средах. Скин-эффект.
6. Зависимость оптических свойств металлов от частоты (дисперсия металлов в модели Лоренца).
7. Механизмы поглощения оптического излучения полупроводниковыми средами.
8. Рекомбинация и захват электронов и дырок в полупроводниках
9. Механизмы передачи поглощенной энергии оптического излучения кристаллической решетке в полупроводниках. Механизмы рекомбинации.
10. Основные нелинейные эффекты в оптике. Материальное уравнение нелинейной среды.
11. Нелинейная поляризация. Нелинейная восприимчивость. Квадратичная и кубичные среды.
12. Описание взаимодействия света со средой в модели нелинейного осциллятора. Уравнение с квадратичной нелинейностью.
13. Описание взаимодействия света со средой в модели нелинейного осциллятора. Уравнение с кубичной нелинейностью.
14. Нелинейная поляризация. Линейная и нелинейная восприимчивости.
15. Сдвиг атомных уровней в поле лазерного излучения.
16. Многофотонное возбуждение.
17. Лазерная резка.
18. Лазерная сварка.
19. Лазерное упрочнение.
20. Лазерная стереолитография.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Воздействие сверхкоротких лазерных импульсов на материалы.

2. Двухтемпературная модель при сверхкоротком воздействии.
3. Особенности экспериментального изучения воздействия фемтосекундных лазерных импульсов на материалы.
4. Особенности разлета вещества при фемтосекундном лазерном воздействии.
5. Плавление при воздействии сверхкоротких лазерных импульсов. Термическое плавление с высокими скоростями. Нетермическое плавление.
6. Фотофизическая абляция.
7. Общая характеристика механизмов лазерного разрушения. Механическое низкотемпературное разрушение хрупких материалов.
8. Разрушение упругими напряжениями. Разрушение остаточными напряжениями. Химические механизмы разрушения.
9. Высокотемпературные механизмы с участием испарения.
10. Поляритонный механизм формирования лазерно-индуцированного поверхностного рельефа.
11. Лазерное испарение. Кинетика испарения плоской поверхности.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

| Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство | Год издания | КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ | |
|---|-------------|---|---|
| | | Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО | Наличие в электронной библиотеке ВлГУ |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Основная литература | | | |
| 1. Введение в фемтонанопонику. Фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.М. Аракелян [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос | 2015 | - | http://www.iprbookshop.ru/40504.html |
| 2. Лазерные приборы и методы измерения дальности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Б. Бокшанский [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана | 2012 | - | http://www.iprbookshop.ru/31435.html |
| Либенсон, М. Н. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Часть I. Поглощение лазерного излучения в твердых телах : учебное пособие / М. Н. Либенсон, Е. Б. Яковлев, Г. Д. Шандыбина ; под редакцией В. П. Вейко. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. — 130 с. — ISBN 2227-8397. | 2015 | | http://www.iprbookshop.ru/65819.html |
| Либенсон, М. Н. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Часть II. Лазерный нагрев и разрушение материалов : учебное пособие / М. Н. Либенсон, Е. Б. Яковлев, Г. Д. Шандыбина ; под редакцией В. П. Вейко. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2014. — 181 с. — ISBN 2227-8397. | 2014 | | http://www.iprbookshop.ru/65820.html |
| 3. Вакс Е.Д. Практика прецизионной лазерной обработки/ Вакс Е.Д., Миленький М.Н., Сапрыкин Л.Г.— М.: Техносфера | 2013 | - | http://www.iprbookshop.ru/26901.html |
| Дополнительная литература | | | |
| 1.Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях/ Тучин В.В. — М.: ФИЗМАТЛИТ | 2010 | - | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112789.html |

| | | | |
|--|------|---|---|
| 2. Крюков П.Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики/ Крюков П.Г.— М.: ФИЗМАТЛИТ | 2008 | - | http://www.studlib.ru/book/ISBN9785922109413.html |
|--|------|---|---|

7.2. Периодические издания


1. Журнал «Успехи физических наук». Архив номеров. Режим доступа: <http://ufn.ru/ru/articles/>
2. Журнал «Квантовая электроника». Архив номеров. Режим доступа: <http://www.quantum-electron.ru/pa.phtml?page=onlcont>

7.3. Интернет-ресурсы


1. www.quantum-electron.ru


8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы (указать необходимое)*. Практические/лабораторные работы проводятся в аудиториях: 106-3, 122-3, а также в лабораториях кафедры ФиПМ: 123-3, 107-3, 105-3, 104-3.

Рабочую программу составили: ст. преподаватель каф. ФиПМ Шаманская Е.И. 

директор Хорьков К.С. _____
(ФИО, подпись)

Рецензент (представитель работодателя)
Ген. директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В. 
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол № 1 от 31.08.2020 года
Заведующий кафедрой _____ 
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Протокол № 1 от 31.08.2020 года
Председатель комиссии _____ 
(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____