

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет
Кафедра оптоэлектроники



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
инновациям

М.В. Шарафан
2021г.

Рабочая учебная программа по дисциплине

Б1.В.ДВ.1.1 ЛАЗЕРНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДЫ

Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия

Профиль программы
01.04.05 Оптика

Квалификация выпускника: **Исследователь. Преподаватель-Исследователь**

Форма обучения
очная, заочная

Краснодар - 2021

Рабочая программа практики составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 867 по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Программу составила

к.ф.-м.н, доцент кафедры оптоэлектроники Галуцкий В.В. _____

Заведующий кафедрой (разработчик) оптоэлектроники

д.т.н., профессор Яковенко Н.А. _____

« ____ » _____ 2021г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры оптоэлектроники

«7» апреля 2021 г. протокол № 8

Председатель учебно-методической комиссии факультета

д.ф.-м.н., профессор Богатов Н.М. _____

« ____ » _____ 2021г.

Зав.отделом аспирантуры и докторантуры

Н.Ю. Звягинцева _____

« ____ » _____ 2021г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины «Лазерные и нелинейные оптические среды» состоит в обеспечении подготовки аспирантов к научно-исследовательской деятельности в области лазерных и нелинейных оптических устройств и технологий обработки оптических сигналов. **Основной задачей дисциплины** является изучение физических основ, устройства, принципов действия, характеристик и параметров важнейших приборов и устройств, на основе лазерных и нелинейно-оптических сред.

В результате изучения настоящей дисциплины аспиранты получают знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и являющиеся фундаментом для изучения ряда последующих специальных дисциплин и практической научно-исследовательской работы аспирантов по профилю Оптика.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Лазерные и нелинейные оптические среды» для аспирантов по направлению 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации) относится к вариативной части блока Б1.В.ДВ дисциплин по выбору.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в процессе изучения дисциплин: «Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (согласно ФГОС и ООП):

Наименование компетенции	Код компетенции
– способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	УК-5
– способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-1
– способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности «Оптика».	ПК - 2

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- физические основы взаимодействий в лазерных средах с оптически активными примесными центрами;
- физические основы нелинейных взаимодействий в средах с квадратичной нелинейностью и с кубической нелинейностью;
- устройство, особенности, основные характеристики и параметры приборов, разработанных на основе оптически сенсibilизированных сред;
- устройство, особенности, основные характеристики и параметры приборов, разработанных на основе нелинейных оптических эффектов;

уметь: критически и обоснованно подходить к научно-исследовательской деятельности по оценке влияния лазерных и нелинейных эффектов в конкретных схемах передачи оптического сигнала, сопоставляя особенности используемых материалов и параметры приборов;

владеть навыками: практической и исследовательской работы с лазерными и нелинейными оптическими средами и компонентами.

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1

Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Разработано с участием представителей работодателей
1	2	3	4	5
1	<i>Лазерные сенсibilизированные среды</i>	Перенос энергии электронного возбуждения в активированных лазерных средах Управление длительностью импульсов и длиной волны лазерного излучения Оптические усилители Генерационные параметры лазерных сред	Практические исследовательские задания	
2	<i>Оптика анизотропных сред</i>	Квадратичная и кубическая поляризация и связанные с ней эффекты Основное уравнения оптики нерезонансных сред. Уравнения связанных волн. Выпрямление света в средах с квад-	Практические исследовательские задания	

№ раз-дела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Разработано с участием представителей работодателей
1	2	3	4	5
		<p>ратичной нелинейностью.</p> <p>Параметрические нелинейные эффекты в средах с квадратичной поляризацией.</p> <p>Параметрические преобразования частот.</p> <p>Амплитудная и фазовая модуляция.</p> <p>Модуляторы света.</p> <p>Свойства кубической поляризации.</p> <p>Четырёхволновые взаимодействия в средах с кубической поляризацией.</p> <p>Самофокусировка и самодефокусировка.</p> <p>Оптические солитоны.</p> <p>Самомодуляция и компрессия лазерных импульсов.</p> <p>Самодифракция и динамическая голография.</p> <p>Оптическая бистабильность в нелинейных средах.</p>		
3	<i>Вынужденное рассеяние света</i>	<p>Вынужденное комбинационное рассеяние света.</p> <p>Применение вынужденного рассеяния света.</p> <p>Нелинейный эффект насыщения.</p> <p>Применение эффекта насыщения.</p> <p>Применение двухфотонного поглощения в спектроскопии.</p> <p>Оптическая нутация и свободное затухание поляризации.</p> <p>Фотонное эхо.</p> <p>Самоиндуцированная прозрачность.</p>	Практические исследовательские задания	
4	<i>Оптика фо-</i>	Теория фотопреращений в фото-	Практи-	

№ раз-дела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Разработано с участием представителей работодателей
1	2	3	4	5
	<i>тонных кристаллов</i>	<p>рефрактивных кристаллах.</p> <p>Распространение световых волн в фоторефрактивных кристаллах.</p> <p>Двухпучковая схема.</p> <p>Применение фоторефрактивных кристаллов.</p> <p>Генерация периодических структур на поверхности твёрдых тел.</p> <p>Примеры пространственно-временных неустойчивостей.</p> <p>Генерация нелинейных структур с системе с двумерной обратной связью.</p>	<p>ческие исследовательские задания</p>	

Структура дисциплины

Таблица 2

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	2 семестр	Всего
Общая трудоемкость	144	144
Аудиторная работа:	20	20
<i>Лекции (Л)</i>	8	8
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>		
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	12	12
<i>Контролируемая самостоятельная работа</i>		
Самостоятельная работа:	97	97
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)		
Расчетно-графическое задание (РГЗ)		
Реферат (Р)		
Эссе (Э)		
Самостоятельное изучение разделов		
Контрольная работа		
Самоподготовка		
Подготовка и сдача экзамена	27	27
Вид итогового контроля	экзамен	экзамен

Таблица 3

Разделы дисциплины, изучаемые в семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	<i>Лазерные сенсibilизированные среды</i>	30	2		4	24
2.	<i>Оптика анизотропных сред</i>	28	2		2	24
3.	<i>Вынужденное рассеяние света</i>	28	2		2	24
4.	<i>Оптика фотонных кристаллов</i>	31	2		4	25
	Подготовка и сдача экзамена	27				
	<i>Итого:</i>	144	8		12	97

Организация самостоятельной работы аспирантов

На самостоятельную работу аспирантов по курсу «Лазерные и нелинейные оптические среды» отводится 67% времени от общей трудоемкости курса. Сопровождение самостоятельной работы аспирантов может быть организовано в следующих формах:

– составление индивидуальных планов самостоятельной работы аспиранта с указанием темы и видов заданий, форм и сроков представления результатов, критерием оценки самостоятельной работы;

– консультации (индивидуальные и групповые), в том числе с применением дистанционных форм обучения;

– промежуточный контроль хода выполнения заданий строится на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования электронного портфеля аспиранта в виде подготовленных и защищенных исследовательских заданий.

Типовые задания для самостоятельной работы аспирантов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Лазеры на центрах окраски Управление длительностью импульсов и длинной волны лазерного излучения. Петтаваттные лазерные системы	12	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
2.	Выпрямление света в средах с квадратичной нелинейностью.	12	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1
3.	Самодифракция и динамическая голография.	12	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1
4.	Оптическая бистабильность в нелинейных средах. Обращение волнового фронта.	12	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1
5.	Устройства для управления фазой излучения.	12	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1
6.	Поверхностные волны на границе раздела двух оптических сред	12	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1
7.	Пространственно-временная неустойчивость во встречных лазерных пучках	12	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1
8.	Получение ТГц излучения методами нелинейной оптики.	13	Устный ответ, текстовый документ (научный аналитический обзор)	1
	Итого	97		8

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица 4

Семестр	Вид занятия	Образовательные технологии	Количество часов
3	Лекции	Интерактивная лекция с мультимедийной системой.	8
	Лабораторные занятия	Индивидуальное выполнение практических исследовательских работ	12
<i>Итого:</i>			20

6. ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица 5

Вид работ	Образовательные технологии
Лекции	Интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением аспирантов в учебный процесс и обратной связью. Обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем.
Лабораторные занятия	Индивидуальное научное исследование на лабораторном оборудовании с сопоставлением и анализом полученных результатов с известными физико-математическими моделями
Самостоятельная работа	Технологии смешанного обучения: дистанционные исследовательские задания, написание аналитического обзора.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценки достижения компетенции	Наименование компетенции
Достижение компетенции достигается в процессе выбора в области лазерных и нелинейных эффектов технологий и приемов для целереализации и оценки деятельности проводимых исследований	УК-5 - способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития Шифры (У (УК-5)-2; В (УК-5) – 1).
Освоение компетенций достигается в процессе выбора и применения в области лазерных и нелинейных эффектов экспериментальных и расчетно-	ОПК-1 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной об-

<p>теоретических методов исследования; поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</p>	<p>ласти с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий Шифры (У (ОПК – 1)-1; В (ОПК -1)-1).</p>
<p>Достижение соответствующей компетенции проверяется во время защиты подготовленного научного исследовательского отчета по разделам дисциплины в ответах с приведением обоснования учёта влияния лазерных и нелинейных эффектов на развитие оптических устройств и технологий обработки оптических сигналов . Освоение компетенций достигается в процессе познания теорию и концепцию распространения света и его взаимодействие с веществом, а также в умении применять принципы исследований взаимодействия света с веществом.</p>	<p>ПК-1 - способность использовать теорию, концепцию и принципы в предметной области исследования природы света и его распространения и взаимодействия с веществом, а также основы технологий передачи информации и энергии, диагностики объектов различной природы. Шифры (З(ПК-1)-1; У(ПК-1)-1).</p>

Оперативный контроль осуществляется путем подготовки исследовательских работ по разделам дисциплины по окончании изучения тем. При проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к исследовательским работам по разделам:

Раздел 1.

Какую физико-математическую модель учета переноса энергии электронного возбуждения вы использовали в своей работе, и чем был обусловлен ее выбор? Оцените эффективность генерации в исследованной вами оптической среде при перестройке длины волны излучения, при сокращении длительности импульса накачки

Раздел 2.

Оцените эффективность преобразования лазерного излучения во вторую гармонику при условии не истощения излучения накачки в исследованной вами нелинейной оптической среде

Приведите пример влияния кубической нелинейности на эффективность и ограничения, накладываемые на DWDM стандарт.

Приведите примеры использования в обработке информации бистабильных оптических элементов.

Разъясните при каких условиях могут наблюдаться самофокусировка и самодефокусировка и влияние её на эффективность передачи информации.

Раздел 3.

Приведите примеры использования явления ВКР света в системах оптической связи.

Приведите примеры применения эффекта насыщения

Раздел 4.

Разъясните, когда может наблюдаться самоиндуцированная прозрачность. Приведите примеры использования самоиндуцированной прозрачности в технике.

Перечислите требования, предъявляемые к кристаллам для увеличения и уменьшения явления фоторефракции в них.

Разъясните, как реализуется двумерная обратная связь.

Итоговый контроль осуществляется в виде экзамена в конце семестра. На экзамене аспирантам предлагается ответить на 2 вопроса по материалам учебной дисциплины, основываясь на подготовленном научно-исследовательском отчете. По итогам ответа на экзамене преподаватель оценивает знания аспиранта. Экзамен является итогом по дисциплине.

Оценка знаний аспирантов производится по следующим критериям:

- оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал курса, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами и вопросами, причем не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;
- оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и научно-исследовательских задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;
- оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических задач;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические и научно-исследовательские задачи или не справляется с ними самостоятельно.

При подготовке ответов на вопросы экзаменационного билета аспирантами может быть научно-исследовательский отчет по разделам дисциплины.

Вопросы к экзамену по дисциплине

«Лазерные и нелинейные оптические среды»

1. Перенос энергии электронного возбуждения в активированных лазерных средах.

2. Управление длительностью импульсов и длиной волны лазерного излучения.
3. Оптические усилители.
4. Генерационные параметры лазерных сред.
5. Основные уравнения оптики нерезонансных сред.
6. Свойства квадратичной поляризации.
7. Уравнения связанных волн.
8. Параметрические нелинейные эффекты в средах с квадратичной поляризацией.
9. Параметрические преобразования частот.
10. Амплитудная и фазовая модуляция. Модуляторы света.
11. Свойства кубической поляризации. Четырёхволновые взаимодействия в средах с кубической поляризацией.
12. Самофокусировка и самодефокусировка.
13. Оптические солитоны.
14. Самомодуляция и компрессия лазерных импульсов.
15. Виды рассеянного излучения. Вынужденное комбинационное рассеяние света.
16. Применение вынужденного рассеяния света.
17. Нелинейный эффект насыщения. Применение эффекта насыщения.
18. Самоиндуцированная прозрачность.
19. Распространение световых волн в фоторефрактивных кристаллах.
20. Применение фоторефрактивных кристаллов.
21. Нелинейная оптика планарных волноводов.
22. Примеры пространственно-временных неустойчивостей.
23. Генерация нелинейных структур в системе с двумерной обратной связью.
24. Фотонные кристаллы и нелинейная оптика

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Ишанин, Г.Г. Приемники оптического излучения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Г. Ишанин, В.П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53675>.
2. Кирилловский, В.К. Современные оптические исследования и измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.К. Кирилловский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/555>
3. Богданов, А.В. Волоконные технологические лазеры и их применение [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Богданов, Ю.В. Голубенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72971>.

4. Крюков, Петр Георгиевич. Лазеры ультракоротких импульсов и их применения [Текст] : [учебное пособие] / П. Г. Крюков. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 247 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 9785915590914 : 577.50.
5. Акципетров, О.А. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур [Электронный ресурс] : монография / О.А. Акципетров, И.М. Баранова, К.Н. Евтюхов. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2012. — 544 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5255>.
6. Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения [Текст] : [учебное пособие : в 2 т.]. Т. 1 / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 759 с., [4] л. ил. : ил. - ISBN 9785915590389. - ISBN 9785471358329 : 1857.44.
7. Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения [Текст] : [учебное пособие : в 2 т.]. Т. 2 / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 780 с., [8] л. ил. : ил. - ISBN 9785915591355. - ISBN 9780471358329 : 1857.44.
8. Багдоев, А.Г. Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Багдоев, В.И. Ерофеев, А.В. Шекоян. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 320 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2665>
9. Маломед Д.А. Контроль солитонов в периодических средах /Перевод с англ. Под ред. А.И. Маймистова. – М.:Физматлит. – 2009. – 192 с.
10. В.А. Зверев, Е.В. Кривоустова, Т.В. Точилина. Оптические материалы.- Лань, 2015. – 1-е изд. – 400 с. (Издательство «Лань» , электронно-библиотечная система <http://e.lanbook.com/view/book/67465/>).
11. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.П., Яковлев Е.Б.// Взаимодействие лазерного излучения с веществом.-М.: Физматлит.-2008.-308с.

Дополнительная литература:

1. Петров, В.М. Адаптивные голографические интерферометры для наномеханики [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Петров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/108468>.
2. Гуляев, Ю.В. Акустооптические лазерные системы формирования телевизионных изображений [Электронный ресурс] : монография / Ю.В. Гуляев, М.А. Казарян, Ю.М. Мокрушин, О.В. Шакин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2015. — 260 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72017>
3. Манцызов Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов / Манцызов Б.И. – М.: Физматлит, 2009. – 208 с.
4. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Игнатов А. Н. - СПб. : Лань, 2017. - 596 с. - <https://e.lanbook.com/book/95150#authors>.
5. Ларкин А.И. Когерентная фотоника. М.: БИНОМ, 2009.

6. Желтиков А.М. Микроструктурированные световоды в оптических технологиях./ Желтиков А.М. – М.: Физматлит. – 2009. –192 с.

Периодические издания:

1. Журнал прикладной механики и технической физики
2. Журнал прикладной спектроскопии
3. Журнал технической физики
4. Журнал экспериментальной и теоретической физики
5. Известия ВУЗов Северо-Кавказского региона.Серия: Технические науки
6. Известия ВУЗов.Серия: Физика
7. Известия РАН (до 1993 г. Известия АН СССР).Серия: Неорганические материалы
8. Известия РАН (до 1993 г. Известия АН СССР).Серия: Физическая
9. Инфокоммуникационные технологии
10. Квантовая электроника
11. Нанотехника
12. Оптика и спектроскопия
13. Оптический журнал
14. Перспективные материалы
15. Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики
16. Успехи физических наук
17. Физика и химия стекла
18. Физика твердого тела
19. Фотоника
20. Фотон-экспресс
21. Электросвязь

Интернет-ресурсы:

1. Информационные ресурсы библиотеки ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет»
<http://www.kubsu.ru/University/library/resources/>
 - 1.1. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" www.biblioclub.ru
 - 1.2. Электронная библиотечная система издательства "Лань" <http://e.lanbook.com/>
 - 1.3. Электронная библиотечная система "ZNANIUM.COM" <http://znanium.com/>
 - 1.4. Коллекция журналов издательства Elsevier на портале Sci-enceDirect <http://www.sciencedirect.com/>
 - 1.5. Scopus - мультидисциплинарная реферативная база данных <http://www.scopus.com/>
 - 1.6. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/window>
3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета <http://www.rubricon.com/>.

Программное обеспечение:

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Реализация Профиля предполагает наличие минимально необходимого для реализации программы подготовки аспирантов перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет),
- лабораторный комплекс, включающий источники оптической накачки, набор нелинейных сред, устройство термостабилизации, измерительный модуль
- компьютерный практикум: обработка экспериментальных данных на персональных компьютерах.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.