

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра квантовой электроники**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ, д.ф.-м.н  
В.Е.Блинов  
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ 2**

Направление подготовки **03.03.02 Физика**  
Профиль: **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	36		32		2			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-2										

Ответственный за образовательную программу  
профессор, д.ф.-м.н.

С.В. Цыбуля

Новосибирск 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем.....	4
4. Структура и содержание дисциплины .....	5
5. Перечень учебной литературы.....	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. 6	
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	8

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Современные проблемы лазерной физики 2» имеет своей целью: дать обучающимся знания и научить их использовать в своей научно-исследовательской деятельности данные о новейших и перспективных физических экспериментах, и методах их проведения, фундаментальных исследованиях и научно-исследовательских разработках в области современной оптики, лазерной физики, спектроскопии и метрологии.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ПК-2</b> Способность использовать специализированные знания в области физики при решении научных и практических задач в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p><b>ПК -2.2.</b> Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p><b>ПК -2.3.</b> Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Знать</b> основные оптические стандарты времени и частоты, их особенности, знать современное состояние и результаты экспериментов использования фемтосекундных лазеров в схемах синтеза и измерения оптических частот; современное состояние физики твердотельных лазеров СКИ с диодной накачкой, тераваттных твердотельных лазерных систем; о теоретических исследованиях и экспериментах по моделированию космофизических процессов с помощью лазерной плазмы; основные механизмы взаимодействия УФ излучения с биологическими тканями, экспериментальное применение УФ излучения в медицине и биологии.</p> <p><b>Уметь</b> выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования по специальности, уметь представлять результаты проделанной работы в виде докладов, отчетов и рефератов, с привлечением современных информационных технологий, в том числе, с данными, полученными из сети INTERNET.</p> <p><b>Владеть</b> навыками публичной речи, ведения дискуссии и полемики, владеть опытом подготовки и ведения практических занятий в рамках научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности в учебных лабораториях; представления материалов исследований в виде докладов и рефератов, в том числе, с привлечением современных средств редактирования и печати.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебный курс «Современные проблемы лазерной физики 2» является базовой дисциплиной в образовательной программе бакалавриата по оптике. Для успешного изучения курса обучающемуся необходимо знать основы курса общей физики, современные проблемы лазерной физики 1. Основные темы курса связаны со следующими научными направлениями: лазерная спектроскопия высокого разрешения и ее фундаментальные применения, современные лазерные стандарты частоты, оптические часы, твердотельные и полупроводниковые лазерные системы, и материалы квантовой электроники, генерация фемтосекундных импульсов, энергетика мощных лазеров для научных исследований и технологий, лазеры в медицине и биологии.

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	36		32		2			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: выборочный опрос,

Промежуточная аттестация: зачет

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу:

- практические занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение года, не включая период сессии – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (практические занятия, зачет) составляет 34 часа.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включающая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Абсолютное измерение оптических частот	1-2	4		4		
2	Фемтосекундные лазеры, <i>Выборочный опрос</i>	3-4	4		4		
3	Фемтосекундные оптические часы <i>Выборочный опрос</i>	5-6	4		4		
4	Дырчатые волноводы. <i>Выборочный опрос</i>	7	2		2		
5	Твердотельные лазеры сверхкоротких импульсов <i>Выборочный опрос</i>	8	2		2		
6	Нанокристаллическая активированная лазерная керамика. <i>Выборочный опрос</i>	9	2		2		
7	Высокоинтенсивные твердотельные лазерные системы <i>Выборочный опрос</i>	10-11	4		4		
8	Взаимодействие УФ излучения с биологическими объектами <i>Выборочный опрос</i>	12-13	4		4		
9	Высокоразрешающая спектроскопия светового рассеяния <i>Выборочный опрос</i>	14	2		2		
10	Лабораторное моделирование космофизических процессов	15-16	4		4		
11	Подготовка к зачету	17	2				2
12	Зачет	17	2				2
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>36</b>		<b>32</b>		<b>4</b>

#### Программа практических занятий (32 часа)

##### 1. Абсолютное измерение оптических частот (4 часа).

Методики абсолютного измерения оптических частот в видимом, ближнем ИК и ИК диапазоне.

##### 2. Фемтосекундные лазеры (4 часа).

- Уширение спектра фемтосекундных лазеров, использование фемтосекундных лазеров в схемах синтеза и измерения оптических частот.
3. **Фемтосекундные оптические часы (4 часа).**  
Физические принципы и возможности прецизионных частотно-временных измерений.
  4. **Дырчатые волноводы (2 часа)**  
Роль фотонной запрещенной зоны. Дисперсия дырчатых волноводов. Приложения дырчатых волноводов – достижения и перспективы.
  5. **Твердотельные лазеры сверхкоротких импульсов (2 часа).**  
Лазеры с диодной накачкой. Области применения, особенности и преимущества.
  6. **Нанокристаллическая активированная лазерная керамика (2 часа).**  
Синтез, физические, оптические и лазерные свойства.
  7. **Высокоинтенсивные твердотельные лазерные системы (4 часа).**  
Мультитераваттные и петаваттные твердотельные лазерные системы.
  8. **Взаимодействие УФ излучения с биологическими объектами (4 часа).**  
Процессы абляции и спектроскопические исследования. Применение УФ излучения в медицине и биологии.
  9. **Высокоразрешающая спектроскопия светового рассеяния (2 часа).**  
Методики обнаружения и идентификации подвижных форм микроорганизмов и биомолекул.
  10. **Лабораторное моделирование космофизических процессов (4 часа).**  
Эксперименты по моделированию космофизических процессов с помощью лазерной плазмы.

#### Самостоятельная работа студентов (2 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Повторение тем пройденного материала при подготовке к зачету	2

#### 5. Перечень учебной литературы.

##### 5.1. Основная литература:

1. В. Демтрёдер, Современная лазерная спектроскопия, Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2014.
2. Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 т.] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В.Л. Дербова Долгопрудный : Интеллект, 2012 25 см. Пер. изд.: Fundamentals of Photonics / Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich. - 2nd ed. - John Wiley & Sons, 2007 Салех, Бахаа Е. А. Тейх, Малвин Карл Дербов, В. Л. Ред.

##### 5.2. Дополнительная литература.

3. Фемтосекундная атмосферная оптика. // Под общей редакцией: С.Н. Багаева, Г.Г. Матвиенко; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т лазерной физики, Ин-т оптики атмосферы.- Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010.-238с.
4. Звелто О. Принципы лазеров.-4-е изд.-СПб.:Лань, 1990-2008.-720 с.

#### 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

По материалам периодических зарубежных и отечественных научных изданий по направлению подготовки, в том числе:

1. Mourou Gerard A., Tajima Toshiki, Bulanov Sergei V. Optics in the relativistic regime. *Reviews of modern physics*, V.78, 2006.
2. VI International Symposium on Modern Problems of Laser Physics, MPLP-2013, Novosibirsk, Russia, August 24-30, 2013, Proceedings of MPLP-2013.
3. VII International Symposium "Modern Problems of Laser Physics", MPLP-2016, Novosibirsk, Russia, August 25-31, 2016, Proceedings of MPLP-2016.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### **7.1 Современные профессиональные базы данных**

Не используются

### **7.2. Информационные справочные системы**

Периодические научные журналы по специальности, доступные на сайтах:

1. Журнал Квантовая Электроника (ISSN 1468-4799): <http://www.quantum-electron.ru>
2. Журнал Optics Express (ISSN 1094-4087): <http://www.opticsinfobase.org/oe/journal/oe/>
3. Журнал Laser Physics (ISSN 1555-6611): <http://www.lasphys.com/lasphys/>
4. Журнал Optics Letters (ISSN 1539-4794): <http://www.opticsinfobase.org/ol/journal/ol/>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MSOffice.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины «Современные проблемы лазерной физики 2» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Реализация дисциплины осуществляется с применением электронного обучения (платформа ZOOM, GoogleMeet), где обучение проводится на виртуальных аналогах, позволяющим достигать запланированных результатов по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины (используется PowerPoint);

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль***

В восьмом семестре четвертого курса студенты выступают на занятиях с научными докладами, подготовленными для выступления на ежегодной Международной научной студенческой конференции, проводимой на базе НГУ. В течение семестра также проводится регулярное выступление с докладами по теме выпускных квалификационных работ, обсуждение результатов работ в учебной группе. Обсуждаются идеи и способы решения поставленных задач, оптимальность предложенных решений. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента представить решение научной проблемы, но и умение доходчиво донести его до всей аудитории. Умение ответить на вопросы слушателей развивает навыки, которые будут необходимы в дальнейшей профессиональной деятельности студента. Оценочным средством для текущего контроля успеваемости в восьмом семестре является регулярный выборочный опрос по темам пройденного материала.

#### ***Промежуточная аттестация***

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка – «зачет» по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-2 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области экспериментальных методов квантовой электроники в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра в устной форме.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка «зачтено» ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня и означает успешное прохождение промежуточной аттестации.



**Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины**

**Таблица 10.1**

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p><b>ПК -2.2.</b> Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Знать</b> основные оптические стандарты времени и частоты, их особенности, знать современное состояние и результаты экспериментов использования фемтосекундных лазеров в схемах синтеза и измерения оптических частот; современное состояние физики твердотельных лазеров СКИ с диодной накачкой, тераваттных твердотельных лазерных систем; о теоретических исследованиях и экспериментах по моделированию космофизических процессов с помощью лазерной плазмы; основные механизмы взаимодействия УФ излучения с биологическими тканями, экспериментальное применение УФ излучения в медицине и биологии.</p>	<p>Выступление с научными докладами, зачет.</p>
<p><b>ПК-2.3.</b> Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Уметь</b> выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования по специальности, уметь представлять результаты проделанной работы в виде докладов, отчетов и рефератов, с привлечением современных информационных технологий, в том числе, с данными, полученными из сети INTERNET.  <b>Владеть</b> навыками публичной речи, ведения дискуссии и полемики, владеть опытом подготовки и ведения практических занятий в рамках научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности в учебных лабораториях; представления материалов исследований в виде докладов и рефератов, в том числе, с привлечением современных средств редактирования и печати.</p>	<p>Выступление с научными докладами, зачет.</p>

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Современные проблемы лазерной физики 2».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 2.2	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 2.3	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

## 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### Контрольные вопросы к зачету (8 семестр)

1. Принципы абсолютного измерения частот лазеров.
2. Измерение частот переходов атомов с использованием фемтосекундных лазеров.
3. Спектр фемтосекундных импульсов, уширение спектра, пример титан-сапфирового лазера.
4. Три типа современных оптических часов ( $\text{Hg}^+$ ,  $\text{I}_2$ , He-Ne/ $\text{CH}_4$ ).
5. Физические принципы работы фемтосекундных оптических часов.
6. Особенности и преимущества использования твердотельных лазеров с диодной накачкой. Основные схемы оптической накачки.
7. Концепции создания мощных твердотельных лазерных систем с диодной накачкой.

8. Методы усиления СКИ до тераваттных уровней мощности. Многопроходная схема. Усиление чирпированных импульсов.
9. Основные примеры применения фемтосекундных лазеров в науке, технике, медицине.
10. Приложения дырчатых волноводов: достижения и перспективы.
11. Лазерная генерация белого света в микроструктурированных волокнах.
12. Генерация суперконтинуума высокоинтенсивными лазерными импульсами.
13. Физические процессы взаимодействия излучения ультрафиолетового диапазона с биологическими тканями.
14. Методы обнаружения и идентификации подвижных форм микроорганизмов и биомолекул.
15. Основные структурные принципы создания экспериментальной установки для моделирования взрывных процессов в околоземном и космическом пространстве с помощью лазерной плазмы.
16. Нанокристаллическая активированная лазерная керамика. Синтез, физические, оптические и лазерные свойства.
17. Формулировка основных результатов, полученных в ходе выполнения ВКР.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

