

**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 1**

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
7	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. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем4	
4. Структура и содержание дисциплины .....	5
5. Перечень учебной литературы. ....	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. 7	
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. ....	8
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 1» 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 базовые методы проведения физических экспериментов в оптике и лазерной физике, знать основные базовые методы проведения физических экспериментов в оптике и лазерной физике; основные оптические стандарты времени и частоты, их особенности.</p> <p><b>Уметь</b> формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных знаний в современной оптике, метрологии и лазерной физике, уметь формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных знаний в современной оптике, метрологии и лазерной физике; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования по специальности; обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных.</p> <p><b>Владеть</b> навыками самостоятельной работы со специализированной литературой по современным проблемам лазерной физики, приемами обработки информации с помощью современного программного обеспечения, владеть представлением об основных фундаментальных явлениях и эффектах, современном состоянии, теоретических работах и результатах экспериментальных исследований в области современной оптики и лазерной физики.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебный курс «Современные проблемы лазерной физики 1» является базовой дисциплиной в образовательной программе бакалавриата по оптике. Для успешного изучения курса обучающемуся необходимо знать основы курса общей физики, квантовой механики и физики лазеров, математический анализ, основы нелинейной оптики. 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
7	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, включая 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	Лазерная спектроскопия	1	2		2		
2	Спектроскопия водородоподобных атомов <i>Выборочный опрос</i>	2-3	4		4		
3	Оптические реперы <i>Выборочный опрос</i>	4	2		2		
4	He-Ne стандарт частоты <i>Выборочный опрос</i>	5	2		2		
5	Стабилизация частоты лазера <i>Выборочный опрос</i>	6	2		2		
6	Спектроскопия атома He <i>Выборочный опрос</i>	7	2		2		
7	Полупроводниковые лазеры. <i>Выборочный опрос, доклад</i>	8-9	4		4		
8	Стабилизация частоты полупроводниковых лазеров <i>Выборочный опрос</i>	10	2		2		
9	Твердотельные Ndлазеры <i>Выборочный опрос</i>	11	2		2		
10	Генерация второй гармоники <i>Выборочный опрос</i>	12-13	4		4		
11	Генерация суммарной и разностной частоты <i>Выборочный опрос.</i>	14	2		2		
12	Атомно-оптическая интерферометрия <i>Выборочный опрос</i>	15	2		2		
13	Фотоприемники излучения.	16	2		2		
14	Подготовка к зачету	17	2				2
15	Зачет	17	2				2
<b>Всего</b>			<b>36</b>		<b>32</b>		<b>4</b>

## Программа практических занятий (32 часа)

1. **Лазерная спектроскопия (2 часа).**  
Спектроскопия сверхвысокого разрешения. Лазерная спектроскопия насыщения. Двухфотонная лазерная спектроскопия.
2. **Спектроскопия водородоподобных атомов (4 часа).**  
Спектроскопия водорода, мюония, измерение константы Ридберга, сдвигов Лэмба.
3. **Оптические реперы (2 часа).**  
Методы получения нелинейных резонансов. Резонансы насыщенного поглощения и их свойства.
4. **He-Ne стандарт частоты (2 часа).**  
Спектральная область 633 нм, 3.39 мкм. Понятие стабильности и воспроизводимости частоты.
5. **Стабилизация частоты лазера (2 часа).**  
Стабилизация частоты CO<sub>2</sub> лазера по резонансам насыщенного поглощения в CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>.  
Люминесцентные ячейки.
6. **Спектроскопия атома He (2 часа).**  
Эксперименты по прецизионному измерению частот переходов атомов водорода и гелия, выполненных методами лазерной спектроскопии.
7. **Полупроводниковые лазеры (4 часа).**  
Технология изготовления, области генерации, методы получения одночастотной генерации, перестройка частоты. Области применения.
8. **Стабилизация частоты полупроводниковых лазеров (2 часа).**  
Стабилизация частоты по резонансам насыщенного поглощения в Cs, Rb. Использование стабилизированных лазеров в физических экспериментах.
9. **Твердотельные Nd лазеры (2 часа).**  
Nd:YAG и Nd:KGW лазеры. Спектроскопия йода в видимой области спектра вблизи 0.5 мкм.
10. **Генерация второй гармоники (4 часа).**  
Генерация второй гармоники в нелинейных оптических кристаллах. Лазерные кристаллы с самоудвоением частоты (SFD crystals).
11. **Генерация суммарной и разностной частоты (2 часа).**  
Параметрическая генерация. Параметрические генераторы, пороговые условия. Оптические параметрические усилители.
12. **Атомно-оптическая интерферометрия (2 часа).**  
Интерферометрия с использованием холодного пучка атомов магния.
13. **Фотоприемники излучения (2 часа).**  
Шумы фотоприемников. Частотные и спектральные характеристики

## 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 225 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 Toshiaki, 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 1» 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.

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***

Оценочным средством для текущего контроля успеваемости 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 заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы 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**

<b>Индикатор</b>	<b>Результат обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
<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 базовые методы проведения физических экспериментов в оптике и лазерной физике, знать основные базовые методы проведения физических экспериментов в оптике и лазерной физике; основные оптические стандарты времени и частоты, их особенности.</p>	<p>Проведение опроса, 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> формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных знаний в современной оптике, метрологии и лазерной физике, уметь формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных знаний в современной оптике, метрологии и лазерной физике; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования по специальности; обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных. <b>Владеть</b> навыками самостоятельной работы со специализированной литературой по современным проблемам лазерной физики, приемами обработки информации с помощью современного программного обеспечения, владеть представлением об основных фундаментальных явлениях и эффектах, современном состоянии, теоретических работах и результатах экспериментальных исследований в области современной оптики и лазерной физики.</p>	<p>Проведение опроса, зачет.</p>

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Современные проблемы лазерной физики 1».

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.

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

#### Контрольные билеты к зачету (7 семестр).

1. Схемы возбуждения и зондирования в активной лазерной спектроскопии на примере двухуровневой системы.
2. Уровни энергии атома водорода. Спектроскопия ультрахолодных атомов водорода в ловушке.
3. Основные физические факторы, определяющие ширину и сдвиг нелинейных резонансов насыщенного поглощения.
4. Основные определения для описания характеристик стандартов частоты. Понятие точности, воспроизводимости и стабильности частоты.
5. Стабилизация частоты лазера, сравнение стандартов частоты (примеры).

6. Методики измерения частот переходов атома гелия.
7. Особенности технологии изготовления, применения и тенденции развития полупроводниковых лазеров.
8. Связь ширины запрещенной зоны с характеристиками излучения. Полупроводниковые лазеры на основе группы АЗВ5.
9. Отличительные особенности характеристик лазеров на основе кристаллов иттрий-алюминиевого граната и калий-гадолиниевого вольфрамата, активированных ионами неодима.
10. Сравнение возможностей применения известных нелинейно-оптических кристаллов в различных схемах удвоения частоты (спектральный диапазон, порог разрушения и т.п.)
11. Исследование, разработка и применение в экспериментах лазеров на новых кристаллах с самоудвоением частоты. Основные преимущества.
12. Преимущества интерферометров с использованием атомов и молекул по сравнению с нейтронными интерферометрами.
13. Приемники лазерного излучения. Классификация, основные параметры и характеристики.

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.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Современные проблемы лазерной физики 1»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного

