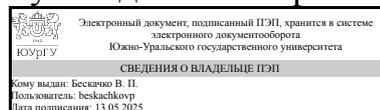


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



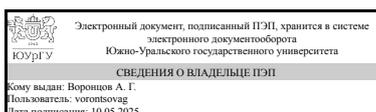
В. П. Бескачко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.О.06 Физические основы оптической и квантовой информатики
для направления 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
уровень Магистратура
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем**

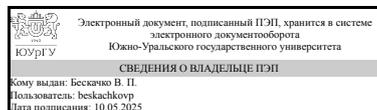
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., доц., профессор



В. П. Бескачко

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины – предоставить студентам теоретические и практические навыки для изучения и понимания физических явлений, лежащих в основе квантовых информационных технологий, реализуемых на фотонной платформе, а также возбудить интерес к прикладным и инженерным задачам в этой области. Задачи дисциплины заключаются в освоении основных физических понятий, принципов и моделей квантовой оптики, таких как: описание электромагнитного поля как квантового объекта, свойства квантованного светового поля, способы его регистрации и интерпретации опытных данных, взаимодействие электромагнитного излучения с квантовыми системами.

Краткое содержание дисциплины

1. Математический аппарат квантовой оптики и теории информации 2. Квантование свободного электромагнитного поля 3. Основные квантовые состояния электромагнитного поля 4. Элементы теории когерентности световых полей 5. Квантовые запутанные состояния света 6. Взаимодействие двухуровневой квантовой системы с классическим лазерным излучением 7. Простые квантовые модели взаимодействия света с веществом

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	Знает: классические и квантовые модели света, базовых элементов оптических систем (светоделиителей, интерферометров, резонаторов, изоляторов, лазеров, усилителей, источников и детекторов), квантового шума, сжатого света; принципы квантовых измерений и квантового кодирования информации Умеет: классифицировать состояния световых полей, применять адекватные модели для взаимодействия данного вида света с элементами оптических систем, правильно интерпретировать результаты экспериментов со светом разного вида Имеет практический опыт: выполнения ключевых экспериментов квантовой оптики

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	1.О.04 Актуальные проблемы наноэлектроники и фотоники

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
Общая трудоёмкость дисциплины	144	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	32	32
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,25	35,75	33,5
Подготовка к контрольной работе 4	12	0	12
Подготовка к зачету	11,75	11,75	0
Подготовка к контрольной работе 1	12	12	0
Подготовка к контрольной работе 2	12	12	0
Подготовка к контрольной работе 3	12	0	12
подготовка к экзамену	9,5	0	9,5
Консультации и промежуточная аттестация	10,75	4,25	6,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Электромагнитное поле: квантование и основные виды состояний	32	16	16	0
2	Когерентные и запутанные состояния света. Взаимодействие света с веществом	32	16	16	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основы квантовой теории	4
2	1	Квантование электромагнитного поля	6
3	1	Основные квантовые состояния электромагнитного поля	6
1	2	Элементы теории когерентности световых полей	4
2	2	Запутанные состояния света	4
3	2	Взаимодействие двухуровневой квантовой системы с классическим	4

		лазерным излучением	
4	2	Квантовые модели взаимодействия света с веществом	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Гильбертово пространство, наблюдаемые, задача на собственные значения, статистические свойства наблюдаемых, квантовая динамика, смешанные состояния и оператор плотности	4
2	1	Вторичное квантование, свойства квантованного электромагнитного поля, операторы поля, дипольное приближение, операторы квадратур одномодового поля	6
3	1	Фоковские и когерентные состояния электромагнитного поля, детектирование полевых квадратур, сжатые состояния света, одномодовое сжатое вакуумное состояние, статистика фотонов, генерация квадратурно сжатого света, спонтанное параметрическое рассеяние, генерация одномодового сжатого света	6
1	2	Когерентность первого порядка: степень когерентности классического и квантового поля. Когерентность второго порядка: эксперимент Хэнбери Брауна–Твисса, степень когерентности второго порядка квантового поля	5
2	2	Невырожденное спонтанное параметрическое рассеяние света, эксперимент Хонга–Оу–Мандела (ХОМ), квантовая интерференция фотонов, классический предел эффекта ХОМ	4
3	2	Общее описание взаимодействия квантовой двухуровневой системы с классическим полем, осцилляции Раби, «одетые» состояния.	4
4	2	Модель Джейнса–Каммингса. Поляритоны в микрорезонаторе.	3

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к контрольной работе 4	А.П. Алоджанц, В.П. Бескачко, Д.В. Царёв и др. Физические основы оптической квантовой информатики: учебное пособие / Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. - Главы 6-7, с. 66-85 Л. Мандель. Оптическая когерентность и квантовая оптика / М. : Физматлит: Наука, 2000. Глава 15, с. 571-618	2	12
Подготовка к зачету	А.П. Алоджанц, В.П. Бескачко, Д.В. Царёв и др. Физические основы оптической квантовой информатики: учебное пособие / Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. -	1	11,75

	Главы 1-3, с. 6-46		
Подготовка к контрольной работе 1	А.П. Алоджанц, В.П. Бескачко, Д.В. Царёв и др. Физические основы оптической квантовой информатики: учебное пособие / Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. - Главы 1-2, с. 6-28 М.О. Скалли, М.С. Зубайри. Квантовая оптика/М: ФИЗМАТЛИТ, 2003. глава 1, с. 10-18.	1	12
Подготовка к контрольной работе 2	А.П. Алоджанц, В.П. Бескачко, Д.В. Царёв и др. Физические основы оптической квантовой информатики: учебное пособие / Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. - Глава 3, с. 30-46 М.О. Скалли, М.С. Зубайри. Квантовая оптика/М: ФИЗМАТЛИТ, 2003. Глава 2, с. 45-63.	1	12
Подготовка к контрольной работе 3	А.П. Алоджанц, В.П. Бескачко, Д.В. Царёв и др. Физические основы оптической квантовой информатики: учебное пособие / Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. - Главы 4-5, с. 50-65 М.О. Скалли, М.С. Зубайри. Квантовая оптика/М: ФИЗМАТЛИТ, 2003. глава 6, с. 159-179. С. Я. Килин. Квантовая оптика: Поля и их детектирование / Минск : Наука и техника, 2003. Главы 2-4, с. 25-105. Л. Мандель. Оптическая когерентность и квантовая оптика / М. : Физматлит: Наука, 2000. Главы 6-7, с. 264-327.	2	12
подготовка к экзамену	А.П. Алоджанц, В.П. Бескачко, Д.В. Царёв и др. Физические основы оптической квантовой информатики: учебное пособие / Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. - Главы 4-7, с. 50-85	2	9,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	1	Текущий контроль	Контрольная работа 1	1	20	Контрольная работа содержит две задачи, каждая задача оценивается максимум в 10 баллов. Максимальный балл за задачу	зачет

						<p>ставится при выполнении следующих условий: 1) все величины, подлежащие определению, рассчитаны правильно, 2) решение сопровождается пояснениями, оправдывающими справедливость избранного пути решения (ссылки на физические законы, положения, приближения, методы и пр.), а также обозначениями для используемых в расчете величин и необходимыми графическими иллюстрациями, 3) вычисления должны быть приведены в явном виде, позволяющем установить происхождение ошибок, если таковые найдутся, 4) текст решения должен быть легко читаем, написан грамотно, ясно и понятно, 5) решение задачи должно завершаться анализом результатов. За каждое из пяти приведенных условий к оценке задачи добавляется максимум 2 балла. Итоговый балл за контрольную работу представляет собой сумму баллов, начисленных за каждую задачу, так что максимальная оценка за контрольную составляет 20 баллов.</p>	
2	1	Текущий контроль	Контрольная работа 2	1	20	Порядок начисления баллов тот же, что и при оценке контрольной работы N1	зачет
3	2	Текущий контроль	Контрольная работа 3	1	20	Порядок начисления баллов тот же, что и при оценке контрольной работы N1	экзамен
4	2	Текущий контроль	Контрольная работа 4	1	20	Порядок начисления баллов тот же, что и при оценке контрольной работы N1	экзамен
5	1	Промежуточная аттестация	Зачет	-	20	<p>Задание на зачет содержит две задачи, тематика которых соответствует таковой, представленной в контрольных работах 1 и 2. Каждая задача оценивается максимум в 10 баллов. Максимальный балл за задачу ставится при выполнении следующих условий: 1) все величины, подлежащие определению, рассчитаны правильно, 2) решение сопровождается пояснениями, оправдывающими справедливость избранного пути решения (ссылки на физические законы, положения, приближения, методы и пр.), а также обозначениями для используемых в расчете величин и необходимыми графическими иллюстрациями, 3) вычисления должны быть приведены в явном виде, позволяющем установить происхождение ошибок, если таковые найдутся, 4) текст решения должен быть легко читаем, написан грамотно, ясно и понятно, 5) решение задачи должно завершаться анализом результатов. За каждое из пяти приведенных условий к оценке задачи добавляется максимум 2 балла. Итоговый</p>	зачет

						балл за контрольную работу представляет собой сумму баллов, начисленных за каждую задачу, так что максимальная оценка за контрольную составляет 20 баллов.	
6	2	Промежуточная аттестация	экзамен	-	20	Экзаменационное задание содержит две задачи, тематика которых соответствует таковой, представленной в контрольных работах 1-4. Каждая задача оценивается максимум в 10 баллов. Максимальный балл за задачу ставится при выполнении следующих условий: 1) все величины, подлежащие определению, рассчитаны правильно, 2) решение сопровождается пояснениями, оправдывающими справедливость избранного пути решения (ссылки на физические законы, положения, приближения, методы и пр.), а также обозначениями для используемых в расчете величин и необходимыми графическими иллюстрациями, 3) вычисления должны быть приведены в явном виде, позволяющем установить происхождение ошибок, если таковые найдутся, 4) текст решения должен быть легко читаем, написан грамотно, ясно и понятно, 5) решение задачи должно завершаться анализом результатов. За каждое из пяти приведенных условий к оценке задачи добавляется максимум 2 балла. Итоговый балл за контрольную работу представляет собой сумму баллов, начисленных за каждую задачу, так что максимальная оценка за контрольную составляет 20 баллов.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Зачет проводится в письменной форме во время, предусмотренное расписанием зачетной сессии. Время на выполнение зачетного задания 2 академических часа.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
экзамен	Экзамен проводится в письменной форме во время, предусмотренное расписанием экзаменационной сессии. Время на выполнение зачетного задания 2 академических часа.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ОПК-1	Знает: классические и квантовые модели света, базовых элементов оптических систем (светоделителей, интерферометров, резонаторов,	+				+	+

	изоляторов, лазеров, усилителей, источников и детекторов), квантового шума, сжатого света; принципы квантовых измерений и квантового кодирования информации						
ОПК-1	Умеет: классифицировать состояния световых полей, применять адекватные модели для взаимодействия данного вида света с элементами оптических систем, правильно интерпретировать результаты экспериментов со светом разного вида	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Имеет практический опыт: выполнения ключевых экспериментов квантовой оптики	+					

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

в) *отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Алоджанц А.П., Бескачко В.П., Царев Д.В. и др. Физические основы оптической квантовой информатики : учеб. пособие для студентов физ. и инженер. направлений

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Алоджанц А.П., Бескачко В.П., Царев Д.В. и др. Физические основы оптической квантовой информатики : учеб. пособие для студентов физ. и инженер. направлений

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Львовский, А. Отличная квантовая механика : учебное пособие : в 2 частях / А. Львовский ; перевод с английского Н. Лисова. — Москва : Альпина Паблишер, 2019 — Часть 1 — 2019. — 422 с. https://e.lanbook.com/book/140480
2	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение : учебное пособие / В. В. Самарцев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. https://e.lanbook.com/book/59661

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	447 (1)	ПК, Мультимедийный проектор
Лекции	447 (1)	ПК, мультимедийный проектор