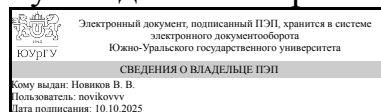


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



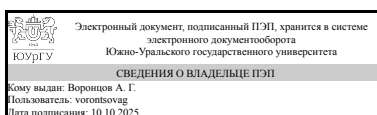
В. В. Новиков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.20.М2.02 Элементы квантовой оптики
для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

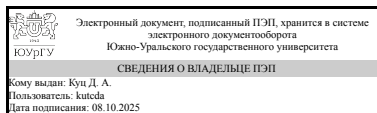
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 930

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



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доцент



Д. А. Куц

1. Цели и задачи дисциплины

Главной целью данной дисциплины является подготовка учащихся к работе в области квантовых вычислений и квантовой метрологии. Основной задачей данной дисциплины является изучение явлений, в которых проявляется квантовые свойства света, основное внимание уделяется неклассическим состояниям света.

Краткое содержание дисциплины

Основное содержание данной дисциплины состоит в подробном рассмотрении неклассических состояний света: сжатый свет, однофотонные и двухфотонные состояния, а также в методах генерации таких состояний и методах их детектирования.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	Знает: как управлять своим временем, чтобы освоить аппарат операторов рождения – уничтожения Умеет: выстраивать траекторию саморазвития для освоения материала по квантовой оптике Имеет практический опыт: составления траектории саморазвития для освоения материала по квантовой оптике
УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	Знает: как управлять своим временем, чтобы освоить аппарат операторов рождения – уничтожения Умеет: выстраивать траекторию саморазвития для освоения материала по квантовой оптике Имеет практический опыт: решения задачи квантовой оптики

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.20.М12.01 Цифровые измерительные устройства, 1.Ф.20.М5.01 Основы стратегического менеджмента, 1.Ф.19.00 Физическая культура и спорт, 1.Ф.20.М9.01 Технологии цифровизации и интернет вещей, 1.Ф.20.М7.01 Основы создания умных устройств, 1.Ф.20.М6.01 Основы программирования на языке Python, 1.Ф.20.М3.01 Управление коммуникациями, 1.Ф.20.М2.01 Основы квантовой механики, 1.Ф.20.М10.01 Функционально-стоимостной анализ и теория ошибок,	1.Ф.20.М11.03 Финансовый профиль бизнеса, 1.Ф.20.М7.03 Интеллектуальные методы совершенствования умных систем, 1.О.06 Экономика, 1.Ф.20.М3.03 Организация командной работы, 1.О.04 Философия, 1.Ф.20.М6.03 Создание интеллектуальных систем, 1.Ф.20.М13.03 IT-технологии в решении экологических задач, 1.О.14 Экология, 1.Ф.20.М9.03 Информационные технологии в управлении организационными структурами, 1.Ф.20.М4.03 Бизнес-модель стартапа,

1.О.13 Языки процедурного программирования, 1.Ф.19.01 Адаптивная физическая культура и спорт, 1.Ф.20.М1.01 Анализ данных и технологии работы с данными, 1.Ф.20.М4.01 Генерация и валидация идей технологического стартапа, 1.Ф.20.М8.01 Практическая грамматика русского языка как иностранного, 1.Ф.20.М13.01 Современные экологические проблемы	1.О.00 Физическая культура, 1.Ф.20.М12.03 Интеллектуальные измерительные системы, 1.Ф.20.М1.03 Приложения и практика анализа данных, 1.Ф.20.М10.03 Организация продуктивного мышления, 1.О.05 Правоведение, 1.Ф.20.М8.03 Практическая стилистика научной речи, 1.Ф.20.М2.03 Квантовые вычисления, 1.Ф.20.М5.03 Основы проектной деятельности
--	---

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

Дисциплина	Требования
1.Ф.20.М2.01 Основы квантовой механики	Знает: действие основных квантовых гейтов, основные положения квантовой механики Умеет: применять основные квантовые гейты, управлять своим временем для получения дополнительных знаний по квантовой механике Имеет практический опыт: применения основных квантовых гейтов, управления своим временем для получения дополнительных знаний по квантовой механике
1.Ф.20.М1.01 Анализ данных и технологии работы с данными	Знает: способы сбора, обработки и анализа данных для решения своих профессиональных задач с учётом имеющихся ресурсов и правовых норм Умеет: применять математические методы обработки данных для выбора и реализации оптимального способа решения профессиональных задач Имеет практический опыт: применения математических методов обработки данных для выбора и реализации оптимального способа решения профессиональных задач
1.Ф.20.М10.01 Функционально-стоимостной анализ и теория ошибок	Знает: основы тайм-менеджмента, основы функционально-стоимостного анализа (ФСА) и теории ошибок Умеет: планировать свой временной режим работы, выявлять ансамбли неприятностей (нежелательных эффектов) в системах – ядра задач Имеет практический опыт: планирования и управления своим временем в ходе саморазвития, выявления неприятностей (нежелательных эффектов) в ходе ФСА
1.Ф.20.М4.01 Генерация и валидация идей технологического стартапа	Знает: понятие и инструменты технологического бизнеса; процесс планирования, проектирования и разработки технологий эффективного производства продуктов технологического предпринимательства; основы дизайн-мышления и методы генерирования идей Умеет: генерировать технологические бизнес-идеи и

	проводить их маркетинговую валидацию, разрабатывать план процесса customer development; определять подходящие инструменты маркетинга для решения задач рыночного продвижения бизнес-идеи Имеет практический опыт: селекции технологических бизнес-идей по различным критериям в условиях ресурсных ограничений, валидации бизнес-идей, проведения маркетинговых исследований
1.Ф.20.М8.01 Практическая грамматика русского языка как иностранного	Знает: способы формулировки цели и задач на русском языке в соответствии с грамматическими нормами русского языка, приемы планирования и выстраивания траектории профессионального развития (совершенствования грамматических навыков на русском языке как иностранном) Умеет: формулировать цели и задач на русском языке в соответствии с грамматическими нормами русского языка, а также исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, планировать и выстраивать траекторию своего профессионального развития (совершенствования грамматических навыков на русском языке как иностранном) на основе навыков самоконтроля Имеет практический опыт: формулирования целей и задач на русском языке в соответствии с грамматическими нормами русского языка, планирования траектории развития и совершенствования своих грамматических навыков на русском языке как иностранном
1.Ф.19.00 Физическая культура и спорт	Знает: научно-практические основы физической культуры и здорового образа жизни, организационно-методические основы физической культуры и спорта Умеет: выбирать средства и методы физического воспитания для профессионально-личностного развития, физического самосовершенствования, формирования здорового образа жизни, устанавливать приоритеты и планировать на их основе занятия физической культурой в целях повышения физической и умственной работоспособности, адаптации к внешним факторам Имеет практический опыт: использования адекватных средств и методов физического воспитания с целью укрепления индивидуального здоровья, физического самосовершенствования для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности, нормирования и контроля оздоровительно-тренировочных нагрузок в программе формирования своего здорового образа жизни
1.Ф.20.М5.01 Основы стратегического менеджмента	Знает: методы и принципы целеполагания, механизмы отбора оптимальных решений, правовые нормы в рамках профессиональной

	деятельности, методы постановки целей саморазвития и стратегического планирования саморазвития, методы постановки целей саморазвития и стратегического планирования саморазвития Умеет: выстраивать траекторию саморазвития с учетом существующих ограничений, выполнять моделирования процессов формирования и обработки информационных сигналов, оформлять полученные результаты, выстраивать траекторию саморазвития с учетом существующих ограничений Имеет практический опыт: постановки целей саморазвития, применения методов программирования (моделирования) для формирования, преобразования и анализа сигналов, постановки целей саморазвития
1.Ф.19.01 Адаптивная физическая культура и спорт	Знает: средства и методы адаптивной физической культуры , организационно-методические основы адаптивной физической культуры Умеет: использовать средства и методы адаптивной физической культуры для профессионально-личностного развития, физического самосовершенствования, формирования здорового образа и стиля жизни , устанавливать приоритеты и планировать на их основе занятия адаптивной физической культурой в целях сохранения и укрепления здоровья Имеет практический опыт: применения средств и методов адаптивной физической культуры для укрепления индивидуального здоровья, физического самосовершенствования, чтобы обеспечить успешную полноценную социальную и профессиональную деятельности, физического саморазвития на основе занятий адаптивной физической культурой
1.Ф.20.М13.01 Современные экологические проблемы	Знает: круг задач цифровизации в современных экологических проблемах, круг задач цифровизации в современных экологических проблемах Умеет: выбирать оптимальные решения экологических задач, выбирать оптимальные цифровые решения экологических задач Имеет практический опыт: поиска и информации по современным экологическим проблемам, поиска и информации по современным экологическим проблемам
1.О.13 Языки процедурного программирования	Знает: содержание процессов самоорганизации и самообразования при планировании занятий по самоподготовке при изучении теоретической части дисциплины и выполнения практических работ Умеет: выстраивать траекторию саморазвития на основе принципов самообразования и использования современных информационных технологий Имеет практический опыт: использования индивидуальных программ общей и профессионально-прикладной подготовки в

	данной области направленности
1.Ф.20.М7.01 Основы создания умных устройств	Знает: определение проекта; классификацию проектов; основные группы процессов, процессы и области знаний (функциональные области) управления проектами; основные виды и процедуры контроля выполнения проекта; инструменты и методы управления внешними коммуникациями проекта; основные организации и профессиональные сообщества управления проектами; законодательно-правовые нормы и стандарт в области управления проектами, методы планирования этапов разработки, принципы распределения времени при работе над проектами Умеет: ставить цели и формулировать задачи, связанные с управлением проектами и реализацией профессиональных функций; составлять сетевые и календарные графики работ проекта и оценивать их параметры в условиях имеющихся ресурсных ограничений; организовывать командное взаимодействие для решения управленческих задач, составлять планы выполнения задач, адаптировать предложенные материалы для самостоятельного изучения новых технологий Имеет практический опыт: реализации основных управленческих функций применительно к проекту; применения современного инструментария управления содержанием, продолжительностью, качеством, стоимостью и рисками проекта, реализации проектов в соответствии с заданными сроками, поиска ошибок и корректировки траектории обучения на основе обратной связи
1.Ф.20.М6.01 Основы программирования на языке Python	Знает: основы языка Python, области применения языка Python Умеет: применять язык программирования Python для решения поставленных задач, выбирать структуры данных языка Python для решения поставленных задач Имеет практический опыт: написания программы на языке Python, использования структур данных языка Python
1.Ф.20.М9.01 Технологии цифровизации и интернет вещей	Знает: основные направления технологического развития и его влияние на человеческое общество; свойства и процессы взаимодействия человеческого и киберфизического социумов; информационные и лингвистические свойства сети "интернет"; трансформационные особенности влияния сети "интернет" в отношении понимания процессов окружающего мира и принятия решений; представления предметной области и ее модели в формате онтологии, свойства и особенности информационных представлений в аналоговой и цифровой формах; основные математический модели обработки информации; способы получения информации из окружающей среды,

	методы ее интеграции, обработки, анализа и реализации воздействий; способы и интерфейсы информационного обмена; структуру, базовые технологии и компоненты интернета вещей; стандарты интернета вещей Умеет: определять и анализировать группы требований и требования групп проектов интернета вещей; строить модели и этапы саморазвития в рамках модели целенаправленной деятельности, пользоваться основными приемами анализа и преобразований информации в различных формах и форматах; использовать формальные модели объектов и систем для описаний состояний и процессов различных предметных областей Имеет практический опыт: применения онтологий как цифровой модели предметной области и формирования требований групп при реализации проектов интернета вещей, анализа и преобразований цифровых моделей физических и виртуальных объектов
1.Ф.20.М3.01 Управление коммуникациями	Знает: виды ресурсов и ограничений, основные методы оценки разных способов решения профессиональных задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; специфику, разновидности, инструменты и возможности современных коммуникативных технологий для академического и профессионального взаимодействия Умеет: устанавливать коммуникации, обеспечивающие успешную работу в проектах Имеет практический опыт: владения методиками разработки цели и задач проекта на основе эффективных коммуникаций; разработки коммуникационной сети для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды
1.Ф.20.М12.01 Цифровые измерительные устройства	Знает: принципы построения цифровых измерительных устройств на основе современной элементной базы, принципы построения цифровых измерительных устройств на основе современной элементной базы Умеет: анализировать метрологические характеристики цифровых измерительных каналов, анализировать и прогнозировать развитие измерительных устройств для цифровой индустрии Имеет практический опыт: проектирования цифровых измерительных устройств на современной элементной базе; программирования контроллеров для опроса цифровых сенсоров, проектирования цифровых измерительных устройств на современной элементной базе; программирования контроллеров для опроса цифровых сенсоров

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 72,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		4
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	71,5	71,5
Подготовка к зачету	31,5	31,5
Подготовка к контрольной работе №1, №2, №3.	40	40
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Классическая оптика	12	6	6	0
2	Квантовая оптика	52	26	26	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в оптику.	2
2	1	Волновая оптика: интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия.	2
3	1	Электромагнитное поле, уравнения Максвелла.	2
4	2	Распределение Планка.	2
5	2	Излучательные переходы в атомах.	2
6	2	Лазерное излучение: моды, свойства излучения.	2
7	2	Фоковские состояния.	2
8	2	Квантовая механика светодетектора.	2
9	2	Когерентный свет.	2
10	2	Смещенные вакуумные состояния.	2
11	2	Супер-пуассоновский свет и субпуассоновский свет.	2
12	2	Группировка и антигруппировка фотонов.	2
13	2	Спонтанное параметрическое рассеивание света.	2
14	2	Сжатый свет.	2
15	2	Детектирование сжатого света.	2
16	2	Функция Вигнера.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Решение задач по темам: законы геометрической оптики, формула тонкой линзы, сферические зеркала, полное внутреннее отражение.	2
2	1	Решение задач по темам: интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия.	2
3	1	Решение задач по темам: электромагнитные волны, уравнения Максвелла.	2
4	2	Решение задач по темам: распределение Планка, тепловое излучение.	2
5	2	Решение задач по темам: коэффициенты Эйнштейна, ширина и форма спектральной линии.	2
6	2	Решение задач по теме: моды лазера.	2
7	2	Решение задач по темам: операторы рождения, уничтожения, числа фотонов.	2
8	2	Решение задач по определению выходного состояния после прохождения светом делителя пучка.	2
9	2	Решение задач по теме: когерентный свет.	2
10	2	Решение задач по теме: смещенные вакуумные состояния.	2
11	2	Решение задач по теме: непугассоновский свет.	2
12	2	Решение задач по темам: группировка и антигруппировка фотонов.	2
13	2	Решение задач по теме: спонтанное параметрическое рассеяние света.	2
14	2	Решение задач по теме: сжатый свет.	2
15	2	Решение задач по теме: детектирование сжатого света.	2
16	2	Расчет функции Вигнера.	2

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 зачету	Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение : учебное пособие — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. Глава 1, стр 8-24; глава 2, стр. 25-44; глава 3, стр. 45-53; глава 4, стр. 68-82. https://e.lanbook.com/book/59661 Белинский, А. В. Квантовые измерения : учебное пособие — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. Глава 1 - 13: стр. 5-81. https://e.lanbook.com/book/135495	4	31,5
Подготовка к контрольной работе №1, №2, №3.	Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение : учебное пособие — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. Глава 1, стр 8-24; глава 2, стр. 25-44; глава 3, стр. 45-53; глава 4, стр. 68-82. https://e.lanbook.com/book/59661 Белинский, А. В. Квантовые измерения :	4	40

	учебное пособие — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. Глава 1 - 13: стр. 5-81. https://e.lanbook.com/book/135495		
--	---	--	--

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	Учи- тыва- ется в ПА
1	4	Текущий контроль	Контрольная работа №1	1	5	Контрольная работа охватывает следующие лекции курса: 1-6. Работа состоит из 5 задач, каждая задача оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов).	дифференцированный зачет
2	4	Текущий контроль	Контрльная работа № 2	1	5	Контрольная работа охватывает следующие лекции курса: 7-11. Работа состоит из 5 задач, каждая задача оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов).	дифференцированный зачет
3	4	Текущий контроль	Контрльная работа № 3	1	5	Контрольная работа охватывает следующие лекции курса: 12-16. Работа состоит из 5 задач, каждая задача оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов).	дифференцированный зачет
4	4	Проме- жуточная аттестация	Зачет	-	8	Билет содержит 8 задач. Правильное решение задачи оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; нет подробного решения или нет правильного ответа - 0 баллов).	дифференцированный зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
------------------------------	----------------------	---------------------

дифференцированный зачет	Промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам текущей успеваемости. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не является обязательным. Студент может улучшить свой рейтинг, пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в письменной форме. Билет содержит 8 задач. Время на выполнение: 90 минут. В процессе подготовки к ответу запрещено пользоваться печатными и электронными источниками информации. Студенту могут быть заданы дополнительные уточняющие вопросы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
--------------------------	--	---

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
УК-2	Знает: как управлять своим временем, чтобы освоить аппарат операторов рождения – уничтожения	+			
УК-2	Умеет: выстраивать траекторию саморазвития для освоения материала по квантовой оптике	+		++	
УК-2	Имеет практический опыт: составления траектории саморазвития для освоения материала по квантовой оптике	+			
УК-6	Знает: как управлять своим временем, чтобы освоить аппарат операторов рождения – уничтожения	+	++	+	
УК-6	Умеет: выстраивать траекторию саморазвития для освоения материала по квантовой оптике	+	++	+	
УК-6	Имеет практический опыт: решения задачи 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. Куц Д.А. Методические указания для сам. раб. _Элементы квантовой оптики_ 2022

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Куц Д.А. Методические указания для сам. раб. _Элементы квантовой оптики_ 2022

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Фёдоров, Д. Л. Физика. Квантовая оптика : учебное пособие / Д. Л. Фёдоров, Ю. Н. Лазарева, В. Г. Средин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2023. — 40 с. — ISBN 978-5-00221-007-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/493073 (дата обращения: 08.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Бодунов, Е. Н. Волновая и квантовая оптика : учебное пособие / Е. Н. Бодунов, В. Ф. Лапшин, В. И. Никитченко. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2024. — 65 с. — ISBN 978-5-7641-2016-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/505202 (дата обращения: 08.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	608 (16)	Персональный компьютер, проектор.
Практические занятия и семинары	608 (16)	Персональный компьютер, проектор.
Самостоятельная работа студента	127 (36)	Компьютер, моноблоки, подключенные к сети Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, проектор, экран.
Зачет	608 (16)	Персональный компьютер, проектор.