

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный универси-  
тет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)**

**Уникальная инновационная образовательная программа бакалавриата  
для обучения иностранных студентов, предназначенная для реализации НГУ  
совместно с зарубежными вузами**

**Направление подготовки  
011200 - физика**

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Нормативный срок освоения программы 4 года  
Форма обучения - очная.

## 1. Общие положения

Уникальная инновационная образовательная программа бакалавриата по направлению подготовки 011200 - Физика для обучения иностранных студентов, предназначенная для реализации Новосибирским национальным исследовательским государственным университетом совместно с зарубежными вузами (далее ИОП) разработана на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по соответствующему направлению подготовки, (Приказ Минобрнауки России № 711 от 08 декабря 2009 года), с учетом рекомендованной профильным учебно-методическим объединением примерной основной образовательной программы (утвержденной ректором МГУ им. М.В.Ломоносова В.А. Садовничим 29.12.2010 г.).

ИОП представляет собой систему нормативных документов, разработанную и утверждённую НГУ для обучения студентов совместного Китайско-российского института Хэйлунцзянского университета (ХУ).

### Необходимость данной уникальной инновационной образовательной программы

В соответствии с Программой развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет» на 2009-2018 годы, утвержденной Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 ноября 2009 года, одна из требующих решения задач состоит в «обеспечении высокого качества и единства научных исследований и образовательных программ в НГУ при увеличении его *открытости*», причем реализация Программы предполагает «укрепление позиций НГУ на национальном и *международном* рынке знаний и образовательных услуг». Одно из мероприятий, предусмотренных Программой развития НГУ, - «разработка и внедрение *передовых образовательных программ и технологий*». С целью реализации Программы развития НГУ было заключено Соглашение между НГУ и Хэйлунцзянским университетом (ХУ) о создании совместного китайско-российского института. Одно из направлений подготовки – бакалавр физики. Обучение китайских студентов (согласно Соглашению) проводится на двух площадках. Начальный цикл обучения ведется в ХУ, заключительный в НГУ. Кроме того, часть предметов ведется преподавателями ХУ, часть – преподавателями НГУ. Указанное обстоятельство требует серьезной работы по согласованию курсов, нетрадиционных подходов к организации учебного процесса, использование передовых обучающих технологий, то есть создания *уникальной образовательной программы*. Необходимость создания такой уникальной программы обусловлена необходимостью решения следующих проблем:

1. Согласование курсов, часть которых читается российскими, часть – китайскими преподавателями, а также согласование математических и физических курсов.
2. Компенсация отличного от российского уровня школьного образования китайских студентов.
3. Преодоление языкового барьера. Эта проблема не была бы такой острой, если бы предполагалось проводить обучение на английском языке (традиционный подход как для зарубежных, так и для российских вузов). Однако, по существующему Соглашению, преподавание будет вестись на русском языке. У этой проблемы есть две стороны: а) трудности освоения китайскими студентами разговорного русского языка, б) трудности освоения физической терминологии на русском языке (что еще сложнее).
4. Проблемы экономического и организационного плана предопределили чтение курса лекций по предметам за время короткой (порядка одного месяца) командировки преподавателей НГУ в Китай. Необходимо обеспечить успешное преподавание в таких условиях.
5. Успешное освоение физических дисциплин тесно связано с решением задач, требует от студента определенного времени для освоения и практического применения тех понятий, которые излагаются в течение короткого (около одного месяца) времени. Таким образом, требуется применить новые, уникальные подходы, включая дистанционное обучение.

Представленная программа решает поставленные проблемы.

**Уникальные характеристики представленной программы состоят в основном в следующем:**

1. Переработаны курсы и порядок их следования с целью обеспечить согласование математических и физических курсов, читаемых как китайскими, так и российскими преподавателями. Согласование курсов потребовало серьезной работы, которая была проделана в период 2011-

2012 г. в ходе неоднократных рабочих встреч (в Новосибирске и Харбине) авторов настоящей программы с ответственными лицами ХУ.

2. Переработаны курсы начального обучения с целью их адаптации к отличному от российского уровню школьного образования китайских студентов. Кроме того, эта проблема решается за счет подготовительных курсов, читаемых преподавателями ХУ (не входят в данную программу).
3. В представленной программе предусмотрен уникальный курс, направленный на обучение студентов научной терминологии на русском языке. Этот курс призван существенно облегчить проблему языкового барьера.
4. В представленной программе уникальное сочетание лекций, семинаров и дистанционного обучения. При помощи дистанционного обучения студент продолжает осваивать прослушанный им курс, решая задачи, общаясь с преподавателем дистанционно. Для практической реализации такого подхода на физическом факультете НГУ создан сайт дистанционного обучения на базе платформы MOODLE: [www.phys.nsu.ru/hlju](http://www.phys.nsu.ru/hlju).
5. Настоящая программа разработана таким образом, что при ее успешном освоении студент сможет претендовать на диплом бакалавра китайского образца (то есть программа удовлетворяет образовательным стандартам КНР). С другой стороны при определенных условиях освоивший программу студент сможет подготовить квалификационную работу на уровне бакалавра и претендовать на диплом НГУ.
6. Авторы не исключают, что после опыта практического применения настоящей программы, возможно, потребуется внести в нее некоторые коррективы.

ИОП регламентирует цели, ожидаемые результаты, содержание, условия и технологии реализации образовательного процесса, оценку качества подготовки студентов по данному направлению подготовки и включает в себя: общие положения, характеристику профессиональной деятельности бакалавров, требования к результатам освоения ИОП, документы, регламентирующие содержание и организацию образовательного процесса при реализации данной ИОП, включая учебный план, и рабочие программы учебных дисциплин, предметов, практик и другие материалы, обеспечивающие качество подготовки обучающихся.

НГУ располагает всей необходимой материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, лабораторной, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом, и соответствующей действующим стандартам санитарным и противопожарным правилам и нормам. Реализация ИОП обеспечивается наличием необходимых лабораторий, лабораторных практикумов, методических пособий, рекомендаций по теоретическим и практическим разделам всех дисциплин и по всем видам занятий. Лабораторные работы обеспечены необходимым количеством методических разработок, достаточном для проведения групповых занятий.

Нормативную правовую базу разработки ИОП составляют:

- Федеральные законы Российской Федерации: «Об образовании» (от 10 июля 1992 г. №3266-1) и «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» (от 22 августа 1996 г. №125-ФЗ);
- Типовое положение об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении), утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2008 г. №71;
- Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) по направлению подготовки 011200 Физика высшего профессионального образования (бакалавриат), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 8 декабря 2009 г. № 711;
- Нормативно-методические документы Минобрнауки России;
- Примерная основная образовательная программа (ПООП ВПО) по направлению подготовки, утвержденная 29 декабря 2010 г. (носит рекомендательный характер);
- Устав НГУ;
- Соглашение о совместной подготовке специалистов Новосибирским государственным университетом (г. Новосибирск, Россия) и Хэйлунцзянским университетом (г. Харбин, Китай) от 01.04.2011 г.

Трудоёмкость ИОП — 240 зач.ед.

Срок освоения ИОП — 4 года.

## 2. Характеристика профессиональной деятельности бакалавров

### 2.1 Область профессиональной деятельности выпускника

Областью профессиональной деятельности бакалавров по направлению подготовки "Физика" являются все виды наблюдающихся в природе физических явлений, процессов и структур.

Сферой профессиональной деятельности выпускников являются:

государственные и частные научно-исследовательские и производственные организации, связанные с решением физических проблем;

учреждения системы высшего и среднего профессионального образования, среднего общего образования.

### 2.2 Объекты профессиональной деятельности выпускника

Объектами профессиональной деятельности бакалавров по направлению подготовки **011200 Физика** являются:

физические системы различного масштаба и уровней организации, процессы их функционирования, физические, инженерно-физические, физико-медицинские и природоохранные технологии, физическая экспертиза и мониторинг.

### 2.3 Виды профессиональной деятельности выпускника

Бакалавр по направлению подготовки **011200 Физика** готовится к следующим видам профессиональной деятельности:

**научно-исследовательская;**

**научно-инновационная;**

**организационно-управленческая;**

**педагогическая** (в установленном порядке в соответствии с полученной дополнительной квалификацией) **и просветительская деятельность.**

Конкретные виды профессиональной деятельности, к которым в основном готовится бакалавр, должны определять содержание его образовательной программы, разрабатываемой высшим учебным заведением совместно с обучающимися, научно-педагогическими работниками высшего учебного заведения и объединениями работодателей.

### 2.4 Задачи профессиональной деятельности выпускника

Бакалавр по направлению подготовки **011200 Физика** должен решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности:

**научно-исследовательская деятельность:**

освоение методов научных исследований;

освоение теорий и моделей;

участие в проведении физических исследований по заданной тематике;

участие в обработке полученных результатов научных исследований на современном уровне;

работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий;

**научно-инновационная деятельность:**

освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной деятельности;

освоение методов инженерно-технологической деятельности;

участие в обработке и анализе полученных данных с помощью современных информационных технологий;

**организационно-управленческая деятельность:**

знакомство с основами организации и планирования физических исследований;

участие в информационной и технической организации научных семинаров и конференций;

участие в написании и оформлении научных статей и отчетов;

**педагогическая** (в установленном порядке в соответствии с полученной дополнительной квалификацией) **и просветительская деятельность:**

подготовка и проведение учебных занятий в учебном заведении общего среднего образования;

экскурсионная, просветительская и кружковая работа.

## 3. Требования к результатам освоения ИОП

Выпускник должен обладать следующими **компетенциями:**

**общекультурными (ОК):**

- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук (ОК-1);
- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области гуманитарных и экономических наук (ОК-2);
- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-3);
- способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий данные, необходимые для формирования суждений по соответствующим социальным, научным и этическим проблемам (ОК-4);
- способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования (ОК-5);
- способностью добиваться намеченной цели (ОК-6);
- способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности (ОК-7);
- способностью следовать этическим и правовым нормам; толерантностью; способностью к социальной адаптации (ОК-8);
- способностью работать самостоятельно и в коллективе, руководить людьми и подчиняться (ОК-9);
- способностью критически переосмысливать свой социальный опыт (ОК-10);
- способностью следовать социально-значимым представлениям о здоровом образе жизни (ОК-11);
- способностью овладеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);
- способностью к письменной и устной коммуникации на родном языке (ОК-13),
- способностью получить и использовать в своей деятельности знание иностранного языка (ОК-14),
- способностью получить организационно-управленческие навыки (ОК-15),
- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников (ОК-16),
- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области информатики и современных информационных технологий, навыки использования программных средств и навыков работы в компьютерных сетях; умением создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет (ОК-17);
- способностью применить основные методы защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОК-18);
- способностью применить средства самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-19);
- способностью использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-20);
- способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОК-21).

**профессиональными (ПК):**

**общепрофессиональные:**

- способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач (ПК-1);

- способностью применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2);

**научно-исследовательская деятельность:**

- способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование (ПК-3);
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-4);

**научно-инновационная деятельность:**

- способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-5);
- способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-6);
- способностью формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, правовых, этических и природоохранных аспектов (ПК-7);

**организационно-управленческая деятельность:**

- способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований (ПК-8);
- способностью понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования (ПК-9);

**педагогическая (в установленном порядке в соответствии с полученной дополнительной квалификацией) и просветительская деятельность:**

- способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований (ПК-10).

## 4. Документы, регламентирующие содержание и организацию образовательного процесса при реализации данной ИОП

### 4.1. Учебный план

Таблица 1

№ № п/п	Наименование циклов, разделов ООП, модулей, дисциплин, практик	Трудоемкость		Распределение по семестрам								Виды учебной работы	Формы промежуточной Аттестации		
		Общая, в зач. ед.	В часах, общая/аудиторная	1	2	3	4	5	6	7	8				
Б.1	Гуманитарный, социальный и экономический цикл	60	2160/1044	504	468	36	36								
	Базовая часть	36	1296/630	288	270	36	36								
1	Русский язык*	24	864/414	216	198								Л., С.	Зач. Экз.	
2	Философия*	4	144/72	36	36								Л., С.	Зач. Экз.	
3	История*	4	144/72	36	36								Л., С.	Зач. Экз.	
4	Экономика*	4	144/72			36	36						Л., С.	Зач. Экз.	
	Вариативная часть	24	864/414	216	198										
	Русский язык и русская культура*	24	864/414	216	198								Л., С.	Зач. Экз.	
Б.2	Математический и естественно-научный цикл	49	1764/654		162	90	144	162	96						
	Базовая часть	49	1764/654		162	90	144	162	96						
	Модуль «Математика»	41	1476 /552		162	90	96	108	96						

1	Математический анализ*	12	432/180		90	90						Л.	Зач. Экз.
2	Линейная алгебра*	6	216/72		72							Л.	Экз.
3	Комплексный анализ	8	288/96				96					Л., С., ДО	Экз.
4	Дифференциальные уравнения	9	324/108					108				Л., С., ДО	Экз.
5	Дополнительные главы высшей математики	8	288/96						96			Л., С., ДО	Экз.
	<b>Модуль «Информатика»</b>	<b>8</b>	<b>288/102</b>				<b>48</b>	<b>54</b>					
	Информатика и программирование	8	288/102				48	54				Л., ПЗ., ДО	Зач. Экз.
<b>Б.3</b>	<b>Профессиональный цикл</b>	<b>107</b>	<b>3852/1310</b>			<b>276</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>284</b>	<b>234</b>	<b>96</b>		
	<b>Базовая (общепрофессиональная) часть</b>	<b>86</b>	<b>3096/1046</b>			<b>276</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>224</b>	<b>126</b>			
	<b>Модуль «Общая физика»</b>	<b>32</b>	<b>1152/400</b>			<b>196</b>	<b>96</b>	<b>108</b>					
1	Механика и теория относительности*	6	216/68			68						Л.	Экз.
2	Молекулярная физика*	4	144/56			56						Л.	Экз.
3	Радиоэлектроника*	6	216/72			72						Л.	Экз.
4	Электричество и магнетизм	8	288/96				96					Л., С., ДО	Экз.
5	Электродинамика и оптика	8	288/108					108				Л., С., ДО	Экз.
	<b>Модуль «Теоретическая физика»</b>	<b>42</b>	<b>1512/486</b>				<b>64</b>	<b>72</b>	<b>224</b>	<b>126</b>			
1	Аналитическая механика	6	216/64				64					Л., С., ДО	Экз.
2	Квантовая механика	10	360/120					72	48			Л., С., ДО	Зач. Экз.
3	Физика сплошных сред	6	216/64						64			Л., С., ДО	Экз.
4	Статистическая физика	10	360/118						64	54		Л., С., ДО	Зач. Экз.
5	Физика твёрдого тела	10	360/120						48	72		Л., С., ДО	Зач. Экз.
	<b>Модуль «Общий физический практикум»</b> <i>(Механика, Молекулярная физика, Радиоэлектроника, Электричество и магнетизм, Оптика, Атомная физика, Физика атомного ядра и элементарных частиц)</i>	<b>12</b>	<b>432/160</b>			<b>80</b>	<b>40</b>	<b>40</b>				<b>Лаб.</b>	<b>5 зач.</b>
	<b>Вариативная (профильная) часть</b>	<b>21</b>	<b>756/264</b>						<b>60</b>	<b>108</b>	<b>96</b>		
	Физическая терминология	5	180/60						60			С	Зач.
	Современная экспериментальная физика	3	108/32							32		Лаб.	Зач.
	<b>Профиль «Квантовая оптика»</b>	<b>13</b>	<b>468/172</b>							<b>108</b>	<b>64</b>		
1	Физика лазеров	3	108/36							36		Л.	Экз.
2	Волоконная оптика	5	180/68							36	32	Л.	Зач. Экз.
3	Оптические измерения	5	180/68							36	32	Л.	Зач. Экз.
	<b>Профиль «Физика полупроводников»</b>	<b>13</b>	<b>468/170</b>							<b>90</b>	<b>80</b>		
1	Введение в физику полупроводников	8	288/102							54	48	Л., Лаб.	Зач. Экз.
2	Кристаллофизика полупроводников	5	180/68							36	32	Л.	Зач. Экз.
<b>Б.4</b>	<b>Физическая культура</b>	<b>2</b>	<b>400/360</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>					<b>ПЗ</b>	<b>Зач.</b>

Б.5	Учебная и производственная практики	12	432/432							180	252		
1	Научно-исследовательская практика	12	432/432							180	252		
Б.6	Итоговая государственная аттестация	10	360/360								360		
	Общая трудоемкость основной образовательной программы	240	8968/4002	594	720	492	470	382	380	288	676		

\* — преподаётся на китайском языке.

**Условные обозначения:**

Л – лекции, С – семинары, ДО – дистанционное обучение, Лаб. – лабораторные работы, ПЗ – практические занятия.

Таблица 2

Код УЦ ИОП	Учебные циклы, разделы и проектируемые результаты их освоения	Трудоемкость (з.ед.)	Перечень дисциплин	Коды формируемых компетенций
Б.1	<p><b>Гуманитарный, социальный и экономический цикл.</b>  <b>Базовая и вариативная часть</b>            В результате изучения базовой части цикла студент должен:  <u><b>Знать:</b></u> основы истории, философии, экономики, основы делового общения, способствующие развитию общей культуры и социализации личности, приверженности к этическим ценностям; понимать причинно-следственные связи развития российского и китайского общества.  <u><b>Уметь:</b></u> использовать знание русского языка в профессиональной деятельности, профессиональной коммуникации и межличностном общении.  <u><b>Владеть:</b></u> способностью к деловым коммуникациям в профессиональной сфере, способностью к критике и самокритике, терпимостью, способностью работать в коллективе; навыками здорового образа жизни и физической культуры.</p>	60	Русский язык Философия История Экономика Русский язык и русская культура	ОК-2 ОК-4 ОК-5 ОК-8 ОК-10 ОК-11 ОК-13 ОК-14 ОК-15 ОК-20 ОК-21 ПК-2 ПК-5 ПК-6 ПК-7 ПК-8 ПК-9 ПК-10
Б.2	<p><b>Математический и естественнонаучный цикл.</b>  <b>Базовая часть.</b>            В результате изучения базовой части цикла студент должен:  <u><b>Знать:</b></u> основы математического анализа, теории функции комплексного переменного, аналитической геометрии, векторного и тензорного анализа, дифференциальных и интегральных уравнений, вариационного исчисления, теории вероятностей и математической статистики; основные положения теории информации, принципов построения систем передачи и обработки информации, основы подхода к анализу информационных процессов, современные аппаратные и программные средства вычислительной техники, принципы организации информационных систем, современные информационные технологии; основы химии, экологии и здоровья человека, структуры экосистем и биосферы, взаимодействия человека и среды, экологических принципов охраны природы и рационального природопользования.  <u><b>Уметь:</b></u> использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических</p>	49	<i>Модуль «Математика»:</i> Математический анализ Линейная алгебра Комплексный анализ Дифференциальные уравнения Дополнительные главы высшей математики <i>Модуль «Информатика»:</i> Информатика и программирование	ОК-12 ОК-16 ОК-17 ОК-20 ОК-21 ПК-1 ПК-2



	методов; использовать информационные технологии для решения физических задач. <b>Владеть:</b> навыками использования математического аппарата для решения физических задач; навыками использования информационных технологий для решения физических задач;			
Б.3	<b>Профессиональный цикл.</b> <b>Базовая (общепрофессиональная) часть</b> В результате изучения базовой части цикла студент должен: <b>Знать:</b> теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики, атомной физики, физики атомного ядра и частиц; теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической механики, теории колебаний и волн, квантовой механики, термодинамики и статистической физики, методов теоретических и экспериментальных исследований в физике; методы экспериментальных исследований, физические принципы работы, условия применимости различных технических устройств в физическом эксперименте; <b>Уметь:</b> понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики; ставить задачу, планировать и проводить физический эксперимент; правильно выбирать необходимые при решении поставленной задачи условия и методы измерений; оценивать погрешности измерений, анализировать источники погрешностей; пользоваться различными математическими и вычислительными методами уменьшения влияния погрешностей отдельных измерений на окончательный результат эксперимента; представлять результаты научных исследований; находить необходимую теоретическую и справочную информацию. <b>Владеть:</b> методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; техникой физического эксперимента, навыками работы с основными приборами;	107 (86)	<i>Модуль «Общая физика»:</i> Механика и теория относительности Молекулярная физика Радиоэлектроника Электричество и магнетизм Электродинамика и оптика <i>Модуль «Теоретическая физика»:</i> Аналитическая механика Квантовая механика Физика сплошных сред Статистическая физика Физика твёрдого тела <i>Модуль «Общий физический практикум»:</i> (Механика, Молекулярная физика, Радиоэлектроника, Электричество и магнетизм, Оптика, Атомная физика, Физика атомного ядра и элементарных частиц)	ОК-1 ОК-5 ОК-3 ОК-6 ОК-9 ОК-12 ОК-13 ОК-16 ОК-17 ОК-18 ОК-20 ОК-21 ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4 ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10
	<b>Вариативная (профильная) часть</b> В результате изучения цикла студент должен: <b>Знать:</b> теоретические основы, основные понятия, законы модели физики; основные методы исследований в области физики полупроводников. <b>Уметь:</b> понимать, излагать и критически анализировать получаемую физическую информацию; представлять результаты физических исследований; понимать и пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, терминами, законами и моделями физики для планирования и проведения физических исследований, а также для профессиональной коммуникации; <b>Владеть:</b> физической терминологией; современными методами получения, обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации;	(21)	Физическая терминология Современная экспериментальная физика	ОК-2 ОК-6 ОК-8 ОК-13 ОК-14 ОК-16 ОК-20 ОК-21 ПК-2 ПК-3 ПК-8 ПК-10
	<b>Профиль «Квантовая оптика»</b> В результате изучения цикла студент должен: <b>Знать:</b> теоретические основы, основные понятия, законы модели физики твёрдого тела и физики полупроводников; основные методы исследований в области физики полупроводников. <b>Уметь:</b> понимать, излагать и критически анализировать информацию в области физики полупроводников; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики полупроводников. <b>Владеть:</b> способностью разбираться в современном состоянии теоретических работ и результатов экспериментов в области физики полупроводников; способностью разбираться в методах исследований в области физики полупроводников;		Физика лазеров Волоконная оптика Оптические измерения	ПК-1 ПК-3 ПК-5 ПК-6
	<b>Профиль «Физика полупроводников»</b> В результате изучения цикла студент должен: <b>Знать:</b> теоретические основы, основные понятия, законы модели физики твёрдого тела и физики полупроводников; основные		Введение в физику полупроводников Кристаллофизика полупроводников	ПК-1 ПК-3 ПК-5 ПК-6

	методы исследований в области физики полупроводников. <b>Уметь:</b> понимать, излагать и критически анализировать информацию в области физики полупроводников; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики полупроводников. <b>Владеть:</b> способностью разбираться в современном состоянии теоретических работ и результатов экспериментов в области физики полупроводников; способностью разбираться в методах исследований в области физики полупроводников;			
<b>Б.4</b>	<b>Физическая культура</b>	2 (400 ч.)		ОК-6 ОК-11 ОК-19
<b>Б.5</b>	<b>Учебная и производственная практики.</b> <b>Научно-исследовательская практика.</b> В результате прохождения преддипломной практики студент должен получить необходимый материал для выполнения выпускной квалификационной работы. Студент должен: <b>Уметь:</b> самостоятельно и в составе научно-исследовательского коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований в области, соответствующей профилю обучения; <b>Владеть:</b> практическими навыками в области организации и управления при проведении физических исследований в области, соответствующей профилю обучения;	12		ОК-6 ОК-9 ОК-20 ОК-21 ПК-5 ПК-6 ПК-7 ПК-8 ПК-9
<b>Б.6</b>	<b>Итоговая государственная аттестация</b> В результате подготовки, защиты квалификационной выпускной работы и сдачи государственного экзамена студент должен: <b>Знать:</b> понимать и излагать профессиональные задачи в области научно-исследовательской деятельности в соответствии с полученными профессиональными профилями; <b>Уметь:</b> использовать возможности современных методов физических исследований для решения физических задач; творчески и критически осмысливать физическую информацию для решения научно-исследовательских задач в области профессиональной деятельности; самостоятельно обрабатывать и представлять результаты научно-исследовательских работ по утверждённым формам.	10		ОК-9 ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4 ПК-5 ПК-6 ПК-7 ПК-8
	<b>Общая трудоёмкость ИОП</b>	<b>240</b>		

## 4.2. Аннотации курсов

### Примерная программа дисциплины «Русский язык»

#### Аннотация

**Цель курса:** Курс направлен на развитие у студентов: умения логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, готовности к кооперации с коллегами, работе в коллективе; стремление к личностному и профессиональному саморазвитию; способности осуществлять деловое общение: публичные выступления, переговоры, проведение совещаний, деловая переписка, электронные коммуникации и т.д.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:** основные правила русской орфографии и пунктуации;

**Уметь:** свободно изъясняться на русском языке; определять и устранять основные ошибки, составлять грамотные письменные тексты;

**Владеть:** навыками устного и письменного общения в различных коммуникативных ситуациях.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.1 «Гуманитарный, социальный и экономический цикл. Базовая часть» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 24 зач. ед.;  
**основные виды учебной работы** — лекции, семинары;  
**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### Примерная программа дисциплины «Философия»

#### Аннотация

#### Цель курса:

Цель философского образования: формирование высокого уровня философской культуры и рационального мышления будущего специалиста, правильного понимания сущности современных мировоззренческих проблем, их источников и теоретических вариантов решения, а также принципов и идеалов, определяющих цели, средства и характер деятельности людей; формирование научных основ мировоззрения студентов, на логический, методологический и философский анализ развития и функционирования различных сфер жизни общества, его социальных институтов, на качество профессиональной деятельности будущих специалистов; формирование способности критической рефлексии собственной научно-исследовательской деятельности.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:** основные концепции науки; понимать их происхождение и условия существования;

**Уметь:** критически анализировать существующие в науке представления;

**Владеть:** способностью сознательно применять научные методы в исследовательской работе.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.1 «Гуманитарный, социальный и экономический цикл. Базовая часть» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 4 зач. ед.;  
**основные виды учебной работы** — лекции, семинары;  
**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### Примерная программа дисциплины «История»

#### Аннотация

Основное содержание курса: В курсе последовательно рассматриваются целостные состояния отечественной истории: Киевская Русь, удельная (ордынская) Русь, Московская Русь, Российская империя XVIII- первой половины XIX вв, пореформенная Россия, советская и постсоветская Россия.

На занятиях по истории России студенты получают:

- представление об основных объясняющих моделях национальной истории и ее отдельных состояний;
- закрепление и систематизацию полученных в школе знаний элементарной исторической культуры по отечественной истории (элементы характерной терминологии прошлого, ориентация в пространстве и времени русской истории, основные деятели общественной и культурной жизни рассматриваемых эпох, общее представление о “знаковых” феноменах и явлениях национального прошлого);
- практическое овладение рядом важнейших категорий социокультурного анализа - этнос, религия, виды социальных общностей, типы хозяйственной деятельности, политические и общественные институты и др.;
- совершенствование умения и навыков письменного дискурса, публичных выступлений и культуры академической дискуссии, работы с научными текстами и библиографической грамотности.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.1 «Гуманитарный, социальный и экономический цикл. Базовая часть» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 4 зач. ед.;  
**основные виды учебной работы** — лекции, семинары;  
**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### Примерная программа дисциплины «Экономика»

#### Аннотация

**Основное содержание курса:**

Введение в экономическую теорию. Блага. Потребности, ресурсы. Экономический выбор. Экономические отношения. Экономические системы. Основные этапы развития экономической теории. Методы экономической теории. Микроэкономика. Рынок. Спрос и предложение. Потребительские предпочтения и предельная полезность. Факторы спроса. Индивидуальный и рыночный спрос. Эффект дохода и эффект замещения. Эластичность. Предложение и его факторы. Закон убывающей предельной производительности. Эффект масштаба. Виды издержек. Фирма. Выручка и прибыль. Принцип максимизации прибыли. Предложение совершенно конкурентной фирмы и отрасли. Эффективность конкурентных рынков. Рыночная власть. Монополия. Монополистическая конкуренция. Олигополия. Антимонопольное регулирование. Спрос на факторы производства. Рынок труда. Спрос и предложение труда. Заработная плата и занятость. Рынок капитала. Процентная ставка и инвестиции. Рынок земли. Рента. Общее равновесие и благосостояние. Распределение доходов. Неравенство. Внешние эффекты и общественные блага. Роль государства. Макроэкономика. Национальная экономика как целое. Кругооборот доходов и продуктов. ВВП и способы его измерения. Национальный доход. Располагаемый личный доход. Индексы цен. Безработица и ее формы. Инфляция и ее виды. Экономические циклы. Макроэкономическое равновесие. Совокупный спрос и совокупное предложение. Стабилизационная политика. Равновесие на товарном рынке. Потребление и сбережения. Инвестиции. Государственные расходы и налоги. Эффект мультипликатора. Бюджетно-налоговая политика. Деньги и их функции. Равновесие на денежном рынке. Денежный мультипликатор. Банковская система. Денежно-кредитная политика. Экономический рост и развитие. Международные экономические отношения. Внешняя торговля и торговая политика. Платежный баланс. Валютный курс. Особенности переходной экономики России. Приватизация. Формы собственности. Предпринимательство. Теневая экономика. Рынок труда. Распределение и доходы. Преобразования в социальной сфере. Структурные сдвиги в экономике. Формирование открытой экономики.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.1 «Гуманитарный, социальный и экономический цикл. Базовая часть» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 4 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### **Примерная программа дисциплины «Русский язык и русская культура»**

#### **Аннотация**

Основное содержание курса: Курс "Русский язык и русская культура" предназначена для иностранных студентов, обучающихся в НГУ. Основной целью освоения курса является формирование коммуникативных компетенций и овладение русским языком на уровне, требуемом для занятий по программе бакалавриата ФФ, а также приобретение лексического запаса, необходимого для повседневного и профессионального общения и для осуществления самостоятельной учебной деятельности. Знание и понимание особенностей русской культуры расширит представление студентов-иностранцев о повседневной жизни и обычаях русских людей, позволит легче пройти адаптивный процесс, включиться в учебный, даст навыки психологической ориентации. Курс включает в себя изучение норм русского литературного языка, особенностей физико-математической терминологии, приобретение навыков работы с научным текстом, а также овладение основами публичной речи и навыками устного делового общения на русском языке.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.1 «Гуманитарный, социальный и экономический цикл. Вариативная часть» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 24 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### **Примерная программа дисциплины «Математический анализ»**

#### **Аннотация**

**Основное содержание курса:**

Множества. Отображения. Вещественные числа. Расширенная числовая прямая. Переменная. Функция. График функции. Элементарные функции. Основные элементарные функции: степенная, показательная и логарифмическая, тригонометрические и обратные тригонометрические. Числовая последовательность. Сходящаяся числовая последовательность. Предел числовой последовательности. Свойства предела числовой последовательности. Предел функции в точке. Предел и арифметические операции. Односторонний предел. Предел функции на бесконечности. Бесконечный предел. Предел и неравенства. Два замечательных предела. Непрерывность функции. Свойства непрерывности и операции над непрерывными функциями. Непрерывность элементарных функций. Типы точек разрыва. Теорема Вейерштрасса о наибольшем и наименьшем значении. Дифференциал и производная. Геометрический и физический смысл производной. Производная элементарных функций. Производная константы. Производная тригонометрических функций. Производная логарифмической функции. Производная степенной функции. Вычисление производной. Производная обратной функции. Производная сложной функции. Дифференциал. Нахождение производной неявной функции и функции, заданной параметрически. Производная высших порядков и дифференциал высших порядков. Основные теоремы. Теорема о среднем значении. Теорема Ферма о производной в точке экстремума. Теорема Лагранжа о конечном приращении. Теорема Ролля о нуле производной. Теорема Коши о приращении плоской вектор-функции. Приближенное вычисление с помощью первой производной. Формула Тейлора. Монотонность функции. Экстремум функции. Максимум и минимум функции. Выпуклость. Точка перегиба. Кривизна плоской кривой. Длина дуги. Неопределённости вида  $\infty/\infty$  и  $0/0$ . Интегрирование функции одной переменной. Понятие определённого интеграла. Сходимости. Условия существования определённого интеграла. Необходимые и достаточные условия существования определённого интеграла. Классы интегрируемых функций. Свойства определённого интеграла. Вычисление определённого интеграла. Основные формулы вычисления определённого интеграла. Замена переменных в определённом интеграле. Интегрирование по частям. Примеры. Эллиптический интеграл. Определение неопределённого интеграла и правила его вычисления. Несобственный интеграл. Обобщенный интеграл неограниченной функции.  $\Gamma$ -функция. Применение определённого интеграла и их приближенное вычисление. Площадь плоской фигуры. Длина дуги. Объём геометрического тела. Площадь поверхности вращения. Объём тела вращения. Вычисление центра масс. Вычисление среднего значения. Приближенное вычисление определённого интеграла. Векторная алгебра и аналитическая геометрия. Прямоугольная декартова система координат. Понятие вектора. Линейные операции над векторами. Коллинеарность и компланарность. Угол. Проекция. Скалярное, векторное и смешанное произведение векторов. Свойства, формулы, геометрический смысл. Выражение в координатах и применение. Плоскость и прямая в пространстве. Уравнение плоскости. Уравнение прямой. Взаимное расположение прямых и плоскостей. Функция многих переменных.  $n$ -мерного Евклидово пространство. Предел функции двух переменных. Непрерывность функции двух переменных. Свойства непрерывной функции в ограниченной замкнутой области. Частная производная. Полный дифференциал. Частная производная и дифференциал высших порядков. Частная производная сложной функции. Инвариантность дифференциальных форм первого порядка. Производная по направлению и градиент. Физический смысл градиента. Многомерная Формула Тейлора. Вектор-функция. Касательная и нормальная плоскость неплюской кривой. Касательная плоскость и нормаль к кривой на поверхности. Двойной интеграл. Тройной интеграл. Криволинейный интеграл первого рода. Интеграл по поверхности первого рода. Преобразование двойного интеграла в повторный. Вычисление двойного интеграла в полярных координатах. Замена переменных в двойном интеграле. Преобразование тройного интеграла в трёхкратный. Замена переменных в тройном интеграле. Применение интеграла в физике. Определение центра масс. Понятие момента. Несобственный кратный интеграл. Вычисление криволинейного интеграла первого рода. Вычисление интеграла по поверхности первого рода. Площадь кривой на поверхности. Криволинейный интеграл второго рода. Работа переменной силы и определение криволинейного интеграла второго рода. Отношение между криволинейными интегралами двух родов. Интеграл по поверхности второго рода. Отношение между поверхностными интегралами двух родов. Вычисление интеграла по поверхности второго рода. Формула Грина. Формула Гаусса. Формула Стокса. Понятие поля. Дивергенция и ротор векторного поля. Консервативное силовое поле. Ряды. Сходящиеся и расходящиеся ряды. Условие сходимости ряда. Основные свойства сходимости ряда. Условие сходимости положительного ряда. Знакопеременный ряд.

Абсолютная и условная сходимость. Признаки Абеля и Дирихле. Условие сходимости бесконечного произведения.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.2 «Математический и естественнонаучный цикл. Базовая часть. Модуль «Математика». ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 12 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### **Примерная программа дисциплины «Линейная алгебра»**

#### **Аннотация**

#### **Основное содержание курса:**

Поле. Знак суммирования. Перестановки. Определитель. Свойство определителя. Матрицы. Элементарные преобразования матриц. Разложения определителя по строке (столбцу). Операции над матрицами. Сложение, умножение матрицы. Транспонирование матрицы. Обратная матрица и теорема Крамера. Обратная матрица. Матрица алгебраических дополнений. Решение системы линейных уравнений с помощью обратной матрицы. Ранг матрицы. Критерий совместности системы. Метод исключения для решения системы линейных уравнений.  $n$ -мерный вектор. Линейные пространства. Линейная независимость системы векторов. Эквивалентность систем векторов. Ранг системы векторов. Максимальная система векторов. Пространства  $n$ -мерных векторов. Подпространство, базис, размерность, координаты. Преобразование базиса и координат. Линейные отображения векторных пространств. Структура решений однородной и неоднородной системы линейных уравнений. Характеристическая величина. Характеристический вектор. Подобная матрица. Диагонализация. Трансвекция. Длина вектора. Ортогональная матрица, ортогонализация Шмидта, ортонормированные базисы. Квадратичная форма. Нормальный вид. Положительно и отрицательно определённая квадратичная форма. Неположительно и неотрицательно полуопределённые квадратичные формы. Квадратичная форма числового поля. Метод Лагранжа приведения к каноническому виду. Линейное пространство. Определение и свойства линейного пространства. Размерность, базис и координаты. Матрица преобразования базиса. Формула преобразования координат. Линейные подпространства. Порождение подпространств. Линейное отображение. Матрица линейного отображения. Ядро отображения. Образ отображения. Инвариантное подпространство. Разложение линейного пространства в прямую сумму инвариантных подпространств. Жорданова нормальная форма матрицы.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.2 «Математический и естественнонаучный цикл. Базовая часть. Модуль «Математика». ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 6 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

### **Примерная программа дисциплины «Комплексный анализ»**

#### **Аннотация**

#### **Основное содержание курса:**

Ряды Фурье: Разложение гармонической функции по простейшим гармоникам. Коэффициенты Фурье и ряды Фурье. Примеры разложения. Применение рядов Фурье к решению задач математической физики.

Преобразование Фурье: Условие представимости функций в точке интегралом Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Свертка функции и её свойства. Приложение преобразования Фурье.

Операционное исчисление: Преобразование Лапласа. Оригиналы и изображения. Обращение преобразования Лапласа. Применение к решению дифференциальных уравнений.

Обобщенные функции: дельта функция Дирака. Разложение дельта функции в ряд Фурье. Преобразование Фурье обобщенных функций.

Элементы теории функций комплексного переменного: Аналитические функции комплексного переменного.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.2 «Математический и естественнонаучный цикл. Базовая часть. Модуль «Математика». ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 8 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Дифференциальные уравнения»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Уравнения первого порядка. Уравнение  $y' = f(x, y)$ . Определение решения. Геометрическая интерпретация дифференциального уравнения и его решений. Поле направлений, порождаемое дифференциальным уравнением. Непродолжаемое решение. Задача Коши. Теорема Пеано существования решения. Теорема Пикара существования и единственности решения. Уравнение с разделяющимися переменными. Однородные и квазиоднородные уравнения. Линейное уравнение. Уравнение Бернулли. Общее поле направлений на плоскости, интегральные линии, связь с решениями дифференциального уравнения. Уравнение в полных дифференциалах. Интеграл поля направлений. Интегрирующий множитель и уравнение в частных производных для него. Автомодельный множитель и критерий его существования. Автомодельный множитель для однородного поля направлений. Интегрирующий множитель уравнения Дарбу.

Системы дифференциальных уравнений. Нормальные системы. Запись системы в векторной форме. Теорема Пикара для нормальных систем. Теорема о покидании компакта. Поведение непродолжаемых решений в «вертикальной полосе». Уравнение  $y^{(n)} = f(t, y, y', \dots, y^{(n-1)})$ , сведение к системе, постановка задачи Коши. Теорема существования и единственности. Системы, разрешенные относительно старших производных, сведение к нормальным системам.

Методы понижения порядка дифференциальных уравнений. Общая теория линейных систем. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для системы  $X = A(t)X + F(t)$ . Линейность пространства  $L$  всех непродолжаемых решений однородной системы  $X = A(t)X$ , его изоморфность пространству  $R^n$ . Фундаментальные системы решений (ФСР). Фундаментальные матрицы и их свойства. Определитель Вронского, его связь с линейной зависимостью решений. Формула Лиувилля — Остроградского. Принцип суперпозиции, связь решений неоднородной и однородной системы. Построение частного решения методом Лагранжа вариации произвольных постоянных.

Линейное уравнение  $n$ -го порядка, сведение к линейной системе. Изоморфизм между пространствами непродолжаемых решений однородного уравнения и соответствующей системы. Теория линейного уравнения  $n$ -го порядка как следствие теории линейных систем.

Комплексные линейные системы, сведение к действительным системам.

Линейные системы с постоянными коэффициентами. Линейное уравнение  $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами, построение ФСР. Частное решение в случае квазиполиномиальной неоднородности.

Построение ФСР для системы  $X = AX$  с постоянными коэффициентами при помощи базиса Жордана матрицы  $A$ . Частное решение в случае квазиполиномиальной неоднородности. Матричная экспонента и ее использование для получения формулы общего решения линейных однородных и неоднородных систем уравнений.

Малые колебания систем со многими степенями свободы; векторы нормальных колебаний. Вынужденные колебания с неоднородностью в форме квазиполинома. Периодические решения линейных уравнений, представление их рядами Фурье; резонанс. Зависимость решений от начальных данных и параметров. Непрерывная зависимость решений системы от начальных данных и параметров. Дифференцируемость решений по начальным данным и параметрам. Класс гладкости решения.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.2 «Математический и естественнонаучный цикл. Базовая часть. Модуль «Математика». ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 9 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

### Примерная программа дисциплины «Дополнительные главы высшей математики»

#### Аннотация

**Основное содержание курса:**

#### Методы математической физики

Уравнения первого порядка. Метод характеристик для линейных и квазилинейных уравнений с частными производными. Задача Коши. Образование разрывов. Понятие характеристик для систем линейных и квазилинейных уравнений с двумя переменными. Классификация по типам: гиперболические, эллиптические, параболические системы. Приведение двумерной гиперболической системы к каноническому виду. Инварианты Римана, простая волна Римана. Метод годографа для уравнений газовой динамики. Уравнения второго порядка. Волновое уравнение. Вывод из уравнений Максвелла и газодинамики. Решение одномерного волнового уравнения, формула Даламбера. Приведение двумерного гиперболического, эллиптического и параболического уравнения к каноническому виду. Приведение многомерных линейных уравнений второго порядка к каноническому виду. Классификация уравнений по типам. Характеристики гиперболического уравнения и их физический смысл. Разделение переменных, метод Фурье. Метод Фурье для гиперболических, параболических и эллиптических уравнений. Разделение переменных в задаче о колебаниях круглой мембраны. Разделение переменных в уравнении Шрёдингера для частицы в центрально-симметричном поле. Разложение решения уравнения второго порядка вблизи регулярной особой точки. Характеристические показатели. Специальные функции. Гипергеометрическая функция Гаусса и вырожденная гипергеометрическая функция. Функции Бесселя с целым и полу целым индексом. Сферические гармоники. Присоединенные функции Лежандра. Полиномы Эрмита и спектральная задача в осцилляторном потенциале.

Асимптотические методы. Асимптотика интегралов. Интеграл Лапласа. Случаи стационарной точки на границе и внутри отрезка интегрирования. Асимптотика  $\zeta$ -функции Эйлера. Метод стационарной фазы. Приложение к функциям Бесселя. Метод перевала. Приложение к полиномам Лежандра. Метод усреднения.

Основы векторного и тензорного анализа. Общее понятие вектора и тензора. Понятие аффинного ортогонального тензора, его преобразование при переходе к новой системе координат, основные операции, сопряженный тензор. Примеры тензоров. Тензор моментов инерции. Общее понятие вектора и тензора. Контравариантный и ковариантный вектор. контравариантный, ковариантный и смешанный тензор произвольного ранга. Преобразование тензора при переходе к новой системе координат. Сложение тензоров. Произведение тензоров. Операция подстановки индекса. Симметрирование и альтернирование тензоров. Фундаментальный тензор. Метрика риманова пространства. Скалярное произведение векторов. Угол между векторами в римановом пространстве. Дискриминантный тензор. Векторное произведение. Поднимание и опускание индексов. Ковариантные, контравариантные и физические составляющие вектора и их связь.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.2 «Математический и естественнонаучный цикл. Базовая часть. Модуль «Математика». ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 8 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

### Примерная программа дисциплины «Информатика и программирование»

#### Аннотация

**Основное содержание курса:**

В рамках курса рассмотрены основы структурного и объектно ориентированного программирования. При этом основной упор делается на алгоритмическое решение задачи, а программная реали-



зация рассматривается лишь как завершающий этап. Это позволяет рассматривать программирование как инструмент, а основной задачей ставить понимание алгоритмического решения задачи. В качестве языка программирования используется смешение языков С и С++, что позволяет облегчить восприятие языка программирования. В первом семестре студенты обучаются основам структурного программирования, где получают понятие об алгоритмическом решении задачи и умение формулировать техническое задание. Это позволит в будущем им находить общий язык с профессиональными программистами и корректно ставить задачу. Другими словами, программирование рассматривается с точки зрения инструментария и основных подходов для решения задач. Изучаются основы объектно-ориентированного программирования и создания пользовательских интерфейсов, позволяющих удобно задавать параметры для моделирования и решения физических задач. Практическим результатом является решение задач по моделированию различных физических процессов и знание основ численных схем для программной реализации математических алгоритмов. Примерами задач являются: взаимодействие  $N$  тел (солнечная система, молекулярные взаимодействия и т.д.), колебательные движения в системе тел соединенных пружинами а также базовые принципы оптики.

### *Введение в структурное программирование*

#### 1. Основы.

Основы архитектуры ЭВМ; Компилятор и линковщик; Создание программного файла exe. Общие понятия структурного программирования; Функции, переиспользование кода. Знакомство со средой программирования Visual Studio; Понятие project / solution; Запуск программы; пошаговое выполнение. Основные управляющие конструкции алгоритмических языков (оператор, последовательность, переменная, ветвление, цикл, вложенные циклы).

#### 2. Подход к решению задач

Этапы решения задачи: постановка, определенные входных и выходных данных, создание блок-схемы. Методы отладки программ: метод отладочной печати и пошагового исполнения.

#### 3. Функции и массивы данных

Функции, переменные функции и возвращаемое значение. Статические массивы. Инициализация. Многомерные массивы. Функции вычисления минимального и максимального значения.

#### 4. Динамические массивы. Указатели

Динамические массивы данных; выделение и освобождение памяти. Использование указателей для работы с динамическими массивами.

### *Особенности работы в указателями. Алгоритмы сортировок. Системы исчисления*

#### 1. Указатели и ссылки. Алгоритм сортировки пузырьком

Арифметика указателей. Передача и возвращение указателей в качестве параметров. Ссылки. Простейшие типы сортировок и их усовершенствования. Понятие строки в языке С. Таблица ASCII.

#### 2. Системы счисления данных.

Виды существующих систем счисления. Перевод значений между различными системами счисления.

### *Пользовательские типы данных. Списки. Файлы*

#### 1. Пользовательские типы данных

Структуры данных, поля. Перечисляемый тип, поля битов.

#### 2. Списки структур данных

Списки, их виды и работа с ними. Добавление и удаление элементов из списка. Сортировка списка. Директивы препроцессора. #define, #ifdef. Разделение проекта на файлы (.c и .h).

#### 3. Работа с файлами. Контроль динамической памяти

Работа с файлами. Сохранение в файл и чтение из файла. Учет выделенной и освобожденной памяти. Утечки памяти и их обнаружение.

#### 1. Введение в объектно-ориентированное программирование.

Понятие «объектно-ориентированного программирования». Основные принципы ИОП: инкапсуляции, полиморфизма и наследования. Классы. Первое знакомство с классами. Объекты. Указатели. Ссылки. Пространство имен namespace.

2. Перегрузка. Потоки ввода-вывода. Поля доступа. Динамические объекты. Работа с файлами.

Перегрузка функций. Перегрузка операторов. Дружественные функции и классы. Поля доступа. Перегрузка потоков ввода-вывода. Конструкторы и деструкторы. Конструктор копий.

3. Наследование. Виртуальные функции и абстрактные классы.

Понятие наследования и особенности. Организация списка объектов разных классов. Виртуальные функции. Абстрактные классы.

4. Графика с динамикой, таймеры. (FLTK)

Изучение стандартной мультиплатформенной библиотеки FLTK. Ее использование.

5. Принципы моделирования физических задач.

*Основные принципы численных методов и их программной реализации.*

Моделирование физ. процесса или явление с визуализацией на основе FLTK. Движение тела по наклонной плоскости. Бильярд / броуновское движение. Моделирование солнечной системы. Пролет метеоритов (прицельный параметр). Запуск ракеты (1, 2 космические скорости). Система тел связанных пружинами. Дифракция на щелях.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.2 «Математический и естественнонаучный цикл. Базовая часть. Модуль «Информатика». ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 8 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, практические занятия, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Механика и теория относительности»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Место физики в естественнонаучном познании. Экспериментальные и теоретические методы исследований. Физические величины. Размерность. Измерения физических величин. Точность. Системы единиц физических величин. Пространство и время. Системы координат и их преобразования. Инварианты преобразований. Преобразование Галилея и Лоренца. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.

Кинематика. Материальная точка. Закон движения. Траектория. Линейная скорость. Угловая скорость. Нормальное и тангенциальное ускорения. Система материальных точек. Уравнения кинематической связи. Преобразование координат и скоростей в классической механике. Принцип относительности. Абсолютное время в классической механике.

Динамика. Масса. Импульс. Сила. Законы Ньютона. Уравнение движения. Начальные условия. Закон всемирного тяготения. Силы трения.

Законы сохранения в физике. Закон сохранения энергии. Замкнутые системы. Закон сохранения импульса материальной точки и системы материальных точек. Центр масс системы материальных точек. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского. Работа силы. Консервативные силы. Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии системы. Соударение тел. Абсолютно упругий и неупругий удары. Момент импульса и момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса. Движение в поле центральных сил. Законы Кеплера.

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Сила Кориолиса. Центробежная сила инерции. Законы сохранения. Принцип эквивалентности.

Основы специальной теории относительности. Принцип относительности. Постулат скорости света. Пространство и время в теории относительности. Преобразования Лоренца. Интервалы преобразований Лоренца. Пространство Минковского. Относительность одновременности и причинность. Сокращение длины. Замедление темпа хода двигающихся часов. Сложение скоростей. Релятивистское уравнение движения. Импульс. Скорость. Соотношение между массой и энергией.

Колебательное движение. Свободные колебания. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения. Затухающие колебания. Показатель затухания. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс. Параметрический резонанс. Автоколебания. Понятие о нелинейных колебаниях.

Абсолютно твердое тело. Степени свободы абсолютно твердого тела. Углы Эйлера. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела. Мгновенная ось вращения. Момент силы. Момент импульса тела. Тензор инерции и его главные и центральные оси. Момент импульса относительно оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса. Уравнение движения и уравнение моментов. Динамика плоского движения твердого тела. Физический маятник. Кинетическая энергия твердого тела. Закон сохранения момента импульса тела. Движение тела с закрепленной точкой. Уравнение Эйлера. Гироскопы. Прецессия и нутация гироскопа. Гироскопические силы.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Общая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 6 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, лабораторные работы;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Молекулярная физика»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Температура. Термодинамическое равновесие. Равновесные параметры. Термодинамическое равновесие. Равновесные параметры. Нулевой закон термодинамики, температурная шкала, газовый термометр, шкала температур идеального газа, термодинамическая температурная шкала, шкалы Цельсия и Фаренгейта. Уравнения состояния идеального газа, гибридные (смешанные) уравнения состояния идеального газа, уравнение состояния неидеального газа. Макроскопические тела, состоящие из большого числа частиц, броуновское движение, межмолекулярные взаимодействия. Давление идеального газа. Микроскопическая модель идеального газа, формула давления. Микроскопическая интерпретация температуры идеального газа. Закон Авогадро, закон Дальтона о парциальных давлениях. Молекулярные силы. Газ Ван-дер-Ваальса. Поправки, связанные с объёмом молекул и взаимодействием молекул. Распределение по скорости молекулы газа. Функция распределения по скорости, распределение Максвелла, средняя скорость, статистические закономерности флуктуационных явлений. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Распределение Больцмана по высоте в поле тяжести. Закон равнораспределения энергии по степеням свободы. Степени свободы, внутренняя энергия идеального газа, теплоёмкость идеального газа. Длина свободного пробега молекул газа. Частота соударений, длина свободного пробега, распределение по длинам пробега. Макроскопическое описание явлений переноса. Законы вязкости, теплопроводности и диффузии. Микроскопическое описание явлений переноса. Микроскопическое объяснение вязкости, микроскопическое объяснение теплопроводности, микроскопическое объяснение диффузии, сравнение теории и эксперимента, процессы переноса в ультра разреженном газе. Термодинамические процессы. Термодинамические процессы. Работа. Теплота. Первое начало термодинамики. Уравнение состояния, внутренняя энергия, математическая формулировка первого закона термодинамики. Энтальпия, теплоёмкость. Внутренняя энергия газа, эксперимент Джоуля – Томсона. Внутренняя энергия идеального газа, выражение для энтальпии. Первое начало термодинамики для идеального газа. Изохорический процесс, изобарический процесс, изотермический процесс, адиабатический процесс, “мульти-процесс”. Циклические процессы. КПД циклов. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Второе начало термодинамики. Необратимые процессы. Эквивалентность различных формулировок второго начала термодинамики. Физический (статистический) смысл второго начала термодинамики. Теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Энтропия. Формулы Клаузиуса, энтропия – функция состояния, диаграмма TS (диаграмма температура-энтропия). Закон возрастания энтропии. Твёрдое тело. Кристаллы. Макроскопические свойства кристаллов, кристаллическая структура. Кристаллические связи. Ионная связь, ковалентная связь, связь Ван-дер-Ваальса, энергия связи. Тепловое движение частиц в кристалле. Жидкости. Микроскопическая структура жидкости. Расположение молекул жидкости, тепловое движение молекул жидкости, жидкие кристаллы. Явления в жидкости. Теплоёмкость, тепловое расширение, теплопроводность, диффузия, вязкость. Поверхностное натяжение, давление под искривлённой поверхностью, капиллярные явления. Фазовые переходы. Общие свойства фазовых переходов. Изменение объема при фазовом переходе, скрытая теплота. Фазовый переход жидкость-пар.

Испарение и конденсация, давление насыщенных паров, кипение, фазовая диаграмма жидкость-пар. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Вывод уравнения, связь между температурой кипения и давлением, связь между температурой плавления и давлением.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Общая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 4 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, лабораторные работы;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Радиоэлектроника»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Электрические цепи. Пассивные и активные элементы цепи. Закон Ома для полной цепи. Источник напряжения и источник тока. Вольтамперные характеристики. Законы Кирхгофа. Метод расчета электрических цепей. Метод контурных токов. Принцип суперпозиции. Матричный метод анализа цепей. Метод узлового напряжения. Метод графов. Четырехполюсники и их классификация. Электрические цепи переменного тока. Синусоидальный ток. Среднее и действующее значение. Синусоидальный ток в сопротивлении, индуктивности и емкости. Мощность в цепи синусоидального тока. Символический метод. Применение комплексных чисел и векторных диаграмм к расчету электрических цепей. Резонансные процессы в электрических цепях. Вынужденные колебания в последовательном колебательном контуре. Резонанс напряжений. Резонансные характеристики контура. Параллельный колебательный контур. Резонанс токов. Влияние параметров нагрузки на избирательные характеристики резонансных контуров. Связанные контура. Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии. Телеграфные уравнения. Согласованная нагрузка. Частотные характеристики цепей с распределенными параметрами. Переходные процессы в линейных электрических цепях. Законы коммутации. Классический метод расчета. Принужденный и свободный режимы. Начальные условия. Операторный метод расчета электрических цепей: метод Фурье, метод Лапласа. Нелинейные цепи. Характеристики нелинейных элементов. Прохождение сигналов через нелинейные цепи. Умножение частоты. Преобразование частоты. Модуляция и детектирование. Выпрямление переменного тока. Модуляция, виды модуляции. Амплитудно-модулированные (АМ) колебания. Спектральная и векторная характеристика АМ колебания. DSB и SSB модуляции, их достоинства. Угловая модуляция. Спектры и параметры ЧМ, ФМ колебаний. Способы осуществления модуляции гармонических колебаний. Трансформатор – принципы действия, схема замещения, конструкции. Вакуумные электронные приборы. Диоды и триоды, их параметры; многоэлектродные лампы. Газоразрядные (ионные) приборы. Неоновая лампа, релаксационный генератор. Тиратрон. Полупроводниковые приборы. Полупроводники и их свойства. Основные понятия зонной теории. Электронная и дырочная проводимость. Варисторы, термисторы, фоторезисторы. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковые диоды и их параметры. Пробой p-n-перехода, виды пробоя. Емкость p-n-перехода, варикапы. Накопление заряда. Транзисторы. Устройство и принцип действия. Параметры, характеристики и схемы замещения. Частотные свойства транзисторов, эквивалентные схемы на высоких частотах. Работа транзисторных каскадов в режиме линейного усиления сигналов. Параметры и характеристики каскадов. Местные обратные связи, стабилизация режимов. Шумы транзисторных каскадов. Работа транзистора в ключевом режиме. Полупроводниковые приборы других типов. Полевые транзисторы, их характеристики и параметры. Полупроводниковые переключающие элементы. Комбинированные полупроводниковые приборы. Усилители. Основные характеристики усилителей. Усилители переменного тока – широкополосные и резонансные. Усилители постоянного тока. Операционные усилители. Амплитудно-частотные и фазовые характеристики усилителя. Отрицательная обратная связь (ООС). Обратная связь по току и по напряжению, ООС последовательного и параллельного типа. Влияние ООС на параметры усилителей. Генераторы. Самовозбуждение усилителей с положительной обратной связью. Генераторы гармонических колебаний. Генераторы сигналов специальной формы – мультивибратор, блокинг-генератор. Основы цифровой техники. Базовые логические элементы ДТЛ, ТТЛ, ЭСЛ, КМОП. Комбинационные логические схемы: дешифраторы, комму-

таторы, схемы совпадения, сумматоры, умножители. RS-, D-, JK- и T-триггеры. Счетчики асинхронные/синхронные, реверсивные, по модулю. Интегральные схемы среднего уровня интеграции. Микропроцессорные элементы, программируемые логические массивы. Перспективы развития цифровой техники. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. ЦАП-ШИМ, R-2R, ЦАП на коммутаторах тока. Компаратор. Интегрирующие АЦП,  $\Sigma$ - $\Delta$ -АЦП, АЦП поразрядного уравнивания, АЦП на коммутируемых конденсаторах, конвейерные АЦП.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Общая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 6 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, лабораторные работы;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Электричество и магнетизм»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Электростатика. Электрический заряд. Закон Кулона. Электрическое поле и его напряженность. Принцип суперпозиции. Поток электрического поля. Теорема Гаусса. Дивергенция электрического поля. Объемная плотность заряда. Потенциальность электростатического поля. Электрический потенциал. Градиент потенциала. Эквипотенциали. Силовые линии электрического поля. Основное уравнение электростатики. Уравнение Пуассона. Общее решение уравнения Пуассона в безграничном пространстве. Дельта-функция Дирака. Уравнение Лапласа и некоторые его частные решения в виде мультипликативных функций в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат. Граничные условия для электрического поля. Математическая формулировка задач электростатики. О единственности решения для поля вне проводника. Мультипольное разложение. Дипольное и квадрупольное приближения. Сила и момент сил, действующие на диполь. Энергия диполя во внешнем поле. Упругие и жесткие диполи. Энергия системы зарядов. Плотность энергии электрического поля. Емкость системы проводников. Диэлектрики. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Электрическое поле и вектор индукции. Диэлектрическая проницаемость. Система уравнений для поля в диэлектрике. Теорема Гаусса. Граничные условия для поля в диэлектрике. Электрическое поле в однородном диэлектрике. Уравнения электростатики в диэлектрике. Задачи с границами раздела диэлектриков. Определение связанных зарядов. Два типа диэлектриков. Оценки диэлектрической проницаемости. Энергия электрического поля в диэлектрике. Электрический ток. Электрический ток. Объемная и поверхностная плотности тока. Закон сохранения заряда. Уравнение непрерывности. Закон Ома. Проводимость металлов. Условие применимости закона Ома. Закон Джоуля-Ленца. Уравнения и граничные условия для полей при прохождении тока. Релаксация зарядов в проводящей среде. Электродвижущая сила. Электрические цепи. Правила Кирхгофа. Ток в вакууме. Закон «трёх вторых» для плоского диода. Магнитостатика. Магнитное поле. Сила Лоренца. Закон Био-Савара. Векторный потенциал магнитного поля. Уравнение для векторного потенциала и его общее решение в безграничном пространстве. Основные уравнения магнитного поля. Теоремы о потоке и циркуляции магнитного поля. Граничные условия и математическая формулировка задачи определения постоянного магнитного поля. Магнитный диполь. Сила и момент сил, действующие на магнитный диполь во внешнем магнитном поле. Связь магнитного и механического моментов атомной системы. Гиромангнитное отношение. Прецессия магнитного момента. Понятие об электронном и ядерном магнитных резонансах. Магнитное поле в среде. Молекулярные токи. Вектор намагниченности. Полная система уравнений магнитостатики в среде. Диамагнетики и парамагнетики. Оценки магнитной проницаемости. Ферромагнетизм. Гистерезис. Остаточная магнитная индукция и коэрцитивная сила. Электромагниты и постоянные магниты. Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции. Первая пара уравнений Максвелла. Потенциалы электромагнитного поля. Условие калибровки. Ток смещения. Вторая пара уравнений Максвелла. Квазистационарное приближение. Квазистационарный ток в контуре, индуктивность и уравнение для тока. Сохранение магнитного потока. Квазистационарные электромагнитные поля в объемных проводниках. Диффузия поля и скин-эффект. Сопротивление скинированного провода. Энергия магнитного поля. Коэффициенты

само- и взаимной индукции. Силы, действующие на проводник с током в магнитном поле. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Поток энергии. Электромагнитные колебания и волны. Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна. Поляризация электромагнитной волны. Монохроматическая волна. Длина волны. Отражение и преломление электромагнитной волны на границе раздела двух сред. Показатель преломления. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Просветление оптики. Диэлектрические зеркала. Энергия электромагнитного поля. Поток энергии. Давление электромагнитной волны.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Общая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 8 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, лабораторные работы, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Электродинамика и оптика»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Электромагнитные колебания и волны. Фурье-разложение электромагнитного поля. Соотношение неопределенностей. Уравнения Максвелла в Фурье-представлении. Частотная дисперсия. Фазовая и групповая скорости волны. Дисперсионное расщепление волнового пакета. Классическая теория дисперсии света в среде. Стоячие электромагнитные волны. Резонаторы. Собственные колебания и собственные частоты. Волноводы. ТЕ- и ТМ-волны. Критическая частота. Волновод как среда с дисперсией. ТЕМ-волна. Геометрическая оптика. Распространение волн в слабонеоднородной среде. Приближение геометрической оптики. Уравнение эйконала. Уравнение луча. Принцип Ферма. Примеры решения уравнения луча. Преломление луча на сферической поверхности. Параксиальное приближение. Матричный метод расчета оптических систем. Тонкая линза. Теорема Лагранжа-Гельмгольца. Интерференция. Интерференция электромагнитных волн. Когерентность. Опыт Юнга. Видность. Роль размеров источника и ширины его спектра. Продольная и поперечная длины когерентности. Корреляционная функция случайного стационарного процесса как мера когерентности. Интерференция на тонких пленках. Локализация интерференционной картины. Полосы равного наклона и равной толщины. Опыт Поля. Дифракция. Дифракция электромагнитных волн, точная постановка задачи. Формальная теория дифракции на основе идеализованных граничных условий Кирхгофа. Интеграл Кирхгофа как математическое выражение принципа Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Параметр Френеля. Дифракции Френеля и Фраунгофера. Зонная пластинка. Дифракционная решетка. Оптическая спектроскопия. Спектральное разрешение. Область свободной дисперсии. Интерферометры. Многолучевая интерферометрия. Интерферометр Фабри-Перо как прибор высокой разрешающей силы. Дифракционные ограничения оптических систем. Оптическая фильтрация изображений. Линза как Фурье-анализатор. Голография как метод полной регистрации оптической информации. Схемы Френеля и Фурье. Ковариантное описание электромагнитного поля. Преобразование Лоренца. 4-векторы и 4-тензоры. Геометрия пространства времени. Метрический тензор. Ковариантные и контравариантные компоненты тензора. Эффект Доплера. 4-вектор плотности тока. 4-вектор потенциала. Калибровка потенциалов. Уравнение для потенциалов. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для электромагнитных полей. Инварианты Пуанкаре. Ковариантная форма уравнений Максвелла. Излучение. Запаздывающие потенциалы. Ближняя и волновая зоны. Дипольное излучение. Магнитодипольное и квадрупольное излучения. Антенны-излучатели в радиодиапазоне. Вибратор Герца, полуволновой вибратор. Диаграмма направленности. Антенны оптического типа. Принципы создания направленных антенн. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле заряда, движущегося с произвольной скоростью. Поле равномерно движущегося заряда. Излучение релятивистской частицы. Потери на излучение. Оценки углового распределения излучения. Синхротронное излучение. Оценки спектра и углового распределения. Торможение излучением, нерелятивистское и ультрарелятивистское приближения. Рассеяние электромагнитной волны свободным и связанным зарядами. Се-

чение рассеяния. Резонансное рассеяние. Рассеяние волны системой зарядов. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Условие Вульфа-Брэгга.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Общая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 8 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, лабораторные работы, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

### Примерная программа дисциплины «Аналитическая механика»

#### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Ньютонова механика. Центральное поле. рассеяние. Одномерное движение в потенциальном поле. Период колебаний. Движение в центральном поле. Изотропный осциллятор. Задача Кеплера. Дополнительный интеграл движения в задаче Кеплера. Сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Рассеяние под малыми углами.

Лагранжева механика. Уравнения Лагранжа для нерелятивистской частицы в потенциальном поле. Обобщенные координаты и импульсы. Функция Лагранжа для частицы в электромагнитном поле, для релятивистской частицы, для системы с идеальными голономными связями. Принцип Гамильтона (принцип наименьшего действия). Ковариантность уравнений Лагранжа. Циклические координаты. Энергия в лагранжевом подходе. Теорема Нётер. Законы сохранения. Теорема о вириале.

Колебания. Линейные колебания. Нормальные координаты. Ортогональность нормальных колебаний. Случай вырождения частот. Вынужденные колебания; резонансы. Колебания систем, обладающих свойствами симметрии. Колебания молекул. Колебания линейных цепочек. Стоячие и бегущие волны. Акустические и оптические колебания. Нелинейные колебания. Ангармонические поправки. Понятие о нелинейных резонансах. Параметрический резонанс.

Гамильтонова механика. Уравнения Гамильтона. Вариационный принцип для уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Функция Гамильтона для частицы в электромагнитном поле. Вращающаяся система отсчета (функции Лагранжа и Гамильтона; уравнения движения; преобразования  $r$ ,  $v$ ,  $p$ ,  $M$  и  $E$  при переходе во вращающуюся систему отсчета). Канонические преобразования. Инвариантность скобок Пуассона относительно канонических преобразований. Необходимый и достаточный признак каноничности преобразований. Примеры канонических преобразований: поворот на фазовой плоскости; переменные  $a$  и  $a^*$  для гармонического осциллятора. Действие вдоль истинной траектории как функция начальных и конечных координат и времени. Сохранение фазового объема при канонических преобразованиях. Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона-Якоби. Адиабатические инварианты. Движение твёрдого тела. Движение твердого тела. Момент импульса твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела. Тензор моментов инерции. Свободное движение симметрического волчка. Углы Эйлера. Уравнения Эйлера.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Теоретическая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 6 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

### Примерная программа дисциплины «Квантовая механика»

#### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Квантовая природа света. Фотоэффект, эффект Комптона. Волновые свойства материи. Опыт Резерфорда, стабильность атомов. Дифракция электронов. Волна де Бройля. Вероятностная интерпретация. Фазовая и групповая скорость. Соотношение неопределенности. Оценки. Координатное и импульсное представления. Операторы физических величин, собственные функции и собственные значения. Оператор Гамильтона. Уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности, плотность вероятности и ток, нормировка волновой функции. Непрерывность и однозначность волновой функции. Стационарные решения. Свойства волновой функции финитного движения. Квантование энергии. Четные и нечетные решения. Осцилляторная теорема. Прямоугольная яма, гармонический осциллятор, собственные функции и собственные значения. Одномерное рассеяние. Подбарьерное прохождение и надбарьерное отражение. Периодический потенциал. Оператор сдвига. Теорема Блоха. Временное уравнение Шредингера. Задача с начальными условиями. Квазистационарные состояния.  $\alpha$ -распад. Эрмитовы операторы, вещественность собственных значений, ортогональность и полнота собственных функций. Вырожденный случай. Дираковские обозначения. Коммутаторы. Измеримость величин. Вывод соотношения неопределенности. Теорема вириала. Гайзенберговское представление. Линейный осциллятор в операторном формализме, когерентные состояния. Квазиклассическое приближение. Критерий применимости. Правила шивки. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Нормировка квазиклассической волновой функции. Плотность состояний в фазовом пространстве. Двойная яма, задача с начальными условиями. Орбитальный момент. Собственные значения и собственные функции. Повышающие и понижающие операторы. Четность. Разделение переменных в центрально-симметричном поле. Оператор радиального импульса. Радиальная волновая функция, граничные условия в нуле. Сгущение уровней. Падение на центр. Применение квантования Бора-Зоммерфельда для трехмерного случая. Атом водорода. Собственные функции. Спектр. Кулоновское вырождение. Уравнение Шредингера в электромагнитном поле. Калибровочная инвариантность. Плотность тока. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле, уровни Ландау. Стационарная теория возмущений. Производная энергии по параметру. Поляризуемость атома водорода. Силы Ван-дер-Ваальса. Вырожденный случай. Непересечение уровней. Спин. Волновые функции частиц спина  $1/2$ . Матрицы Паули, уравнение Паули в электромагнитном поле. Ток для уравнения Паули. Движение спина  $1/2$  в магнитном поле. Сложение моментов. Коэффициенты Клебша – Гордана. Общий вид преобразований волновых функций и операторов при поворотах. Правила отбора для тензорных операторов. Векторная модель. Тожественность частиц в квантовой механике. Волновые функции систем тождественных бозонов и фермионов. Принцип Паули. Атом гелия. Вариационный метод. Уравнение Хартри-Фока. Приближение Томаса-Ферми. Таблица Менделеева. Тонкая структура уровней.  $LS$  и  $JJ$  связь. Правила Хунда. Сверхтонкая структура. Изотопический сдвиг. Атом в постоянном внешнем поле. Эффекты Зеемана, Пашена-Бака и Штарка. Лэмб-сдвиг. Нестационарная теория возмущений. Адиабатическое и внезапное возмущения. Периодическое возмущение. Фотоэффект. Структура молекул.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Теоретическая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 10 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Физика сплошных сред»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Математический аппарат ФСС: Тензоры и их координаты. Элементарные операции с тензорами. Инвариантные тензоры. Операции с символьными и индексными представлениями дифференциальных операторов в трёхмерном пространстве.

Электродинамика сплошных сред: Уравнения Максвелла для высокочастотного поля в сплошной среде. Материальное уравнение линейной электродинамики. Операторы проводимости и диэлектрической проницаемости, преобразование Фурье. Связь между тензорами проводимости и диэлектрической проницаемости в Фурье-представлении. Свободные электромагнитные волны в однородной



среде. Дисперсионное уравнение и поляризация волн. Частотная и пространственная дисперсия. Связь тензора диэлектрической проницаемости с параметрами  $\epsilon$ ,  $\mu$  и  $\sigma$  квазистатической электродинамики. Асимптотика диэлектрической проницаемости в пределе высоких частот. Диэлектрическая проницаемость движущегося диэлектрика. Принцип причинности и аналитические свойства диэлектрической проницаемости как функции частоты. Теорема Крамерса-Кронига, правило сумм. Диэлектрическая проницаемость и оптические свойства газа осцилляторов. Поведение диэлектрической проницаемости вблизи спектральной линии поглощения. Предвестник. Свойства симметрии тензора диэлектрической проницаемости в изотропных и зеркально-изомерных средах. Естественная оптическая активность. Одноосные кристаллы, обыкновенные и необыкновенные волны. Эффект Керра. Магнитооптические эффекты (Фарадея, Коттона-Мутона). Граничные условия. Поверхностные волны на границе раздела металлдиэлектрик. Диссипация энергии волны, её связь со свойствами тензора диэлектрической проницаемости. Энергия и поток энергии волны в среде. Излучение сред в присутствии движущегося заряда. Переходное излучение. Черенковское излучение, его спектральная мощность и угловое распределение.

Гидродинамика: Уравнения идеальной гидродинамики, тензор плотности потока импульса, граничные условия. Звук, приближение несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли, переход через скорость звука. Изэнтропическое течение, теорема Томсона. Потенциальное течение, присоединенная масса. Вихревое течение, эволюция завихренности и динамика тонких вихрей. Гравитационные и капиллярные волны на поверхности жидкости. Гидродинамические неустойчивости Релея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца. Вязкая жидкость, вязкий тензор напряжений, уравнение Навье-Стокса. Закон подобия, число Рейнольдса. Уравнение теплопереноса. Энергия и поток энергии звуковой волны в среде. Диссипация энергии в вязкой жидкости.

Теория упругости: Координаты Лагранжа. Тензор деформаций, деформации сдвига и всестороннего сжатия. Тензор напряжений. Закон Гука для изотропных тел. Уравнения движения и равновесия деформированного тела. Граничные условия. Простые деформации. Внутренние напряжения. Термодинамика деформирования. Упругие волны в изотропной среде. Деформации скручивания и изгиба стержней. Колебания и волны в стержнях. Устойчивость опор по Эйлеру.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Теоретическая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 6 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Статистическая физика»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Статистический подход к описанию сложных систем. Статистические ансамбли. Статистический вес макроскопического состояния системы. Микроканоническое распределение. Энтропия. Условие теплового равновесия. Вывод равенства  $dE = TdS - pdV$ . Каноническое распределение Гиббса. Распределение по энергиям для тела в термостате. Статистическая сумма и свободная энергия. Вывод равенства  $F = -SdT - pdV$  из канонического распределения. Эквивалентность ансамблей в термодинамическом пределе. Распределение Больцмана. Теплоемкость идеального одноатомного газа. Теплоемкость двухатомного газа. Химический потенциал. Большое каноническое распределение.  $\Omega$ -потенциал. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Теплота реакции. Степень ионизации плазмы. Идеальный Ферми-газ. Статистика электронов в металлах. Теплоемкость электронного газа в металле. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Идеальный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Распределение Планка. Теплоемкость твердых тел в модели Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Неидеальный газ. Второй вириальный коэффициент. Газ Ван-дер-Ваальса. Условия равновесия фаз. Примеры диаграмм состояния. Тройная точка. Теория ферромагнетизма Вейсса. Модель Изинга. Приближение молекулярного поля. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Критические индексы, понятие о флуктуационной теории фазовых переходов второго рода. Квазистатические флуктуации. Флуктуации параметра порядка. Границы применимости теории фазовых пе-

реходов Ландау. Рэлеевское рассеяние света. Дублет Манделъштама – Бриллюэна. Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Корреляционная функция скоростей. Средний квадрат смещения броуновской частицы. Корреляционная функция случайных сил. Корреляция флуктуаций во времени. Связь флуктуаций и диссипации. Спектральное разложение флуктуаций. Корреляция компонент Фурье флуктуаций. Уравнение диффузии. Кинетическое уравнение для газов. Учет взаимодействия молекул при малом радиусе сил (интеграл столкновений). Н-теорема Больцмана. Учет кулоновского взаимодействия частиц плазмы (самосогласованное поле). Плазменные колебания, затухание Ландау. Диэлектрическая проницаемость плазмы  $\epsilon(\omega, \mathbf{k})$ . Электронный газ в металлах. Интеграл столкновений для рассеяния электронов на примесях. Учет тождественности электронов. Приближение времени релаксации в кинетическом уравнении. Электропроводность электронного газа в металле при рассеянии на примесях. Теплопроводность электронного газа в металле при рассеянии на примесях. Термоэлектрические эффекты.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Теоретическая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 10 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

## **Примерная программа дисциплины «Физика твёрдого тела»**

### **Аннотация**

#### **Основное содержание курса:**

Трансляционная симметрия. Базис, кристаллическая структура, примитивная ячейка, ячейка Вигнера — Зейтца. Операции симметрии, оси симметрии и их совместимость с трансляционной симметрией. Решетки Браве. Положение и ориентация плоскостей в кристаллах, индексы Миллера. Динамика решетки. Фононный спектр кристалла. Локальные моды. Колебания идеальной решетки. Закон дисперсии, фазовая и групповая скорости. Граничные условия и плотность числа колебаний. Колебания неидеальной решетки. Дефект массы, дефект связи, локальные моды, отражение волн. Колебания решетки с базисом. Оптические и акустические ветви. Относительные смещения атомов в пределе длинных и коротких волн. Вырожденный случай. Теплоемкость. Предельные случаи. Плотность состояний в одно-, двух- и трехмерном случае. Расчет теплоемкости в моделях классической, Эйнштейна и Дебая для решеток различных типов. Роль ангармонизма теплоемкость ангармонического осциллятора: линейный член в теплоемкости и температурное расширение. Электронные спектры твердых тел. Модель Кронига — Пенни, константы деформационного потенциала. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми в представлении расширенных и приведенных зон (на примере двумерных решеток). Модель почти свободных электронов. Электрон в периодическом поле. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Приближения слабой и сильной связи. Два близко расположенных атома. Одномерная цепочка атомов. Одномерная цепочка с базисом. Поверхностное состояние в оборванной цепочке. Двумерные и трехмерные решетки. Эффективная масса. Спектр электронов вблизи экстремумов энергии. Случай вырождения,  $k$ - $p$  метод. Локализованные состояния электронов в кристаллах. Поверхностные уровни, примесные состояния; функции Ванье, Поляроны. Электрон-электронное взаимодействие. Экранирование статическое и динамическое. Плазменные колебания, затухание Ландау. Диэлектрическая проницаемость полупроводника. Переход Мотта, вигнеровская кристаллизация. Теория кинетических эффектов. Кинетическое уравнение Больцмана. Время релаксации. Электро- и теплопроводность. Закон Видемана-Франца. Термоэлектрические эффекты. Механизмы рассеяния: примеси, фононы,  $e$ - $e$  рассеяние. Фононная теплопроводность. Кинетические эффекты в магнитном поле. Уравнение Больцмана, пределы слабого и сильного магнитного поля. Эффект Холла, одно – и двухзонный случаи. Магнетосопротивление. Кинетические коэффициенты в классически сильных магнитных полях. Квантовые гальваномагнитные эффекты. Оптические явления в твердых телах. Решеточное поглощение и комбинационное рассеяние. Поляритоны. Поглощение свободными носителями. Межзонное поглощение, прямые и непрямые переходы; экситоны.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл

Базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль «Теоретическая физика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 10 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, семинары, дистанционное обучение;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### **Примерная программа дисциплины «Общий физический практикум»**

#### **Аннотация**

**Цель курса:** повторение, углубление, обобщение и закрепление фундаментальных знаний, полученных в процессе изучения дисциплин профессионального цикла; развитие навыков и умений проведения физического эксперимента; развитие навыков и умений самостоятельного решения экспериментальных задач; ознакомление с методами физического эксперимента, методами измерений, способами обработки экспериментальных измерений; ознакомление с измерительными приборами, принципами их работы, условиями их применимости; формирование навыков оценивать порядки физических величин, определять точность и достоверность экспериментальных результатов;

**Знать:** теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, электродинамики и оптики, атомной физики, физики атомного ядра и частиц; теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической механики, теории колебаний и волн, квантовой механики, термодинамики и статистической физики, методов теоретических и экспериментальных исследований в физике; методы экспериментальных исследований, физические принципы работы, условия применимости различных технических устройств в физическом эксперименте;

**Уметь:** пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики при проведении физического эксперимента; ставить задачу, планировать и проводить физический эксперимент; правильно выбирать необходимые при решении поставленной задачи условия и методы измерений; оценивать погрешности измерений, анализировать источники погрешностей; пользоваться различными математическими и вычислительными методами уменьшения влияния погрешностей отдельных измерений на окончательный результат эксперимента; представлять результаты научных исследований; находить необходимую теоретическую и справочную информацию.

**Владеть:** методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; техникой физического эксперимента, навыками работы с основными приборами;

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл. Базовая (общезычковая) часть. Модуль «Общий физический практикум» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 12 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лабораторные работы;

**форма промежуточной аттестации** — 5 зачётов.

### **Примерная программа дисциплины «Физическая терминология»**

#### **Аннотация**

Одной из сложностей при изучении физики для иностранных студентов является освоение физической терминологии на русском языке. Курс предполагает знакомство с основными физическими терминами научной лексики для понимания и написания русскоязычной научной литературы. Физические термины и понятия будут объясняться не с помощью перевода на китайский язык, а непосредственно на русском языке, что позволит студентам активнее использовать научную лексику в устной и письменной речи, почувствовать семантическую размазанность терминов и понятий. Кроме того, курс позволит повторить и закрепить знания, полученные при изучении физических курсов, использующих изучаемые термины и понятия. Помимо использования словарей и справочников курс предполагает развитие практических навыков научной дискуссии с грамотным использованием русскоязычной физической терминологии.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Вариативная (профильная) часть» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 5 зач. ед.;  
**основные виды учебной работы** — семинары;  
**форма промежуточной аттестации** — зачёт.

### Примерная программа дисциплины «Современная экспериментальная физики»

#### Аннотация

Знакомство с основными физическими явлениями современной экспериментальной физики и установками, для изучения которых они предназначены, условиями их применимости, физическими ограничениями их использования. Предполагается знакомство с основными методами, применяемыми для изучения структурных, оптических и электрофизических свойств твёрдых тел. Курс предполагает обзор и реферирование наиболее ярких экспериментальных работ последних лет, опубликованных в ведущих научных журналах. Предполагается активное участие студентов в реферировании работ, контролируемого преподавателем. Изучение курса способствует расширению научного кругозора, погружает студентов в атмосферу современных экспериментальных физических исследований. Подбор материалов курса осуществляется преподавателем ежегодно и может меняться год от года. Также в процессе изучения курса студенты знакомятся с физическими установками, расположенными в институтах Сибирского отделения РАН: ИАиЭ СО РАН и ИФП СО РАН.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Вариативная (профильная) часть» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 3 зач. ед.;  
**основные виды учебной работы** — лабораторные работы;  
**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

### Примерная программа дисциплины «Физика лазеров»

#### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Вынужденное излучение, усиление и поглощение света. Обратная связь в лазерах. Условие получения генерации. История создания лазеров. Параметры современных лазеров.

Взаимодействие излучения с газом. Модель Эйнштейна. Описание работы лазера в модели Эйнштейна. Усиление и поглощение плоских волн в приближении медленных амплитуд. Эффект Допплера в оптике. Взаимодействие излучения с атомом. Расчёт поляризации газа. Матрица плотности. Уравнение для матрицы плотности. Взаимодействие бегущей монохроматической волны с газом. Структуры Беннета в распределении частиц по скоростям. Эффекты насыщения. Полевое уширение линий. Форма линии усиления. Однородное и неоднородное уширение. Коэффициент усиления. Показатель преломления. Лазер с бегущей монохроматической волной. Мощность генерации, частота излучения, оптимальное пропускание зеркал, область перестройки частоты, затягивание частоты.

Гауссовы пучки, волноводы, резонаторы. Параксиальные лучи. Лучевые матрицы. Оптика параксиальных пучков. Линзовый волновод. Условие устойчивости пучка в волноводе. Открытые и закрытые резонаторы. Число состояний. Добротность. Гауссовы пучки. Параметры гауссова пучка. Уравнение распространения. Комплексный параметр гауссова пучка. Радиус волнового фронта, конфокальный параметр, радиус гауссова пучка. Преобразование гауссова пучка оптической системой. Закон ABCD. Фокусировка пучка. Согласование гауссовых пучков. Распределение поля в резонаторе со сферическими зеркалами. Критерий устойчивости мод резонатора. Собственные частоты резонатора.

Лазеры на пререходах атомов. Гелий-неоновый лазер. Систематика уровней атомов в приближении L-S, j-j и j-L связей. Обозначение термов по Пашену. Правила отбора для дипольных переходов. Идентификация спектров и уровней. Схема уровней неона. Рабочие уровни He-Ne лазеров с длинами волн 0.63, 1.15 и 3.39 мкм. Основные процессы в плазме газового разряда. Ионизация, рекомбинация, диффузия и подвижность ионов и электронов. Амбиполярная диффузия. Радиус Дебая. Температура и концентрация электронов. Процессы заселения уровней атомов в положительном столбе газового разряда. Прямое электронное возбуждение. Передача возбуждения. Сечение, скорость возбуждения. Тушение уровней. Балансные уравнения. Стационарные населённости. Роль пленения излучения в He-Ne лазере. Эмпирические соотношения подобия для He-Ne лазера. Элементы конструкции: труб-

ки, Брюстеровские окна, зеркала. Спектр излучения He-Ne лазера. Многомодовый режим генерации. Селекция продольных типов колебаний. Одночастотный режим. Лэмбовский провал. Активная стабилизация частоты. He-Ne лазер с поглощающей ячейкой в резонаторе. He-Ne лазер в магнитном поле. Эффект Зеемана. Расщепление лэмбовского провала.

Газовые лазеры на атомных переходах с прямым электронным возбуждением. Общая схема уровней. Балансные уравнения. Условие образования инверсии населённостей уровней. Сечения возбуждения, их связь с силой осциллятора перехода. Сила осциллятора перехода, сила линий, интенсивность испускания. Схемы рабочих уровней лазеров на переходах атомов благородных газов. Длины волн генерации.

Ионные лазеры. Аргонный лазер. Плазма аргонного лазера. Основные процессы: ионизация, рекомбинация, поперечный дрейф ионов, перекачка газа. Ионно-звуковые колебания в плазме, неустойчивость. Схема рабочих уровней. Механизм образования инверсии. Спектральные и энергетические характеристики излучения ArII-лазера. Применение аргонных лазеров. Типы разрядных трубок. Коммерческие аргонные лазеры.

Непрерывные лазеры на переходах атомов металлов. Схемы рабочих уровней лазеров на переходах ионов Se, Cd, Zn. Конструкции разрядных трубок. Механизмы образования инверсии и характеристики излучения лазеров.

Молекулярные лазеры. Колебания многоатомных молекул. Нормальные колебания линейной трёхатомной молекулы. Схема колебательных уровней молекулы CO<sub>2</sub>. Симметрия колебаний. Обозначения уровней. Вращательная структура уровней и переходов. P- и R-ветви. Ядерный статистический вес уровней. Правила отбора для дипольных переходов в молекулярных системах. Процессы заселения уровней в CO<sub>2</sub>-лазере. Распределения молекул по вращательным уровням. Коэффициенты усиления в P- и R-ветвях. CO<sub>2</sub>-лазеры низкого давления. Энергетические и спектральные характеристики излучения. Селекция вращательных линий CO<sub>2</sub>-лазера. Волноводные CO<sub>2</sub>-лазеры высокого давления. Спектральные характеристики излучения. Применение CO<sub>2</sub>-лазеров в научных исследованиях, промышленности, медицине. СО-лазер. Распределение Тринора. Спектр излучения СО-лазера. Методы селекции длин волн.

Газодинамические и химические лазеры. Газодинамический CO<sub>2</sub>-лазер. HF-лазер. Химические реакции замещения, элементы конструкции химических лазеров.

Импульсные лазеры на переходах атомов и молекул. Образование инверсии населённости уровней при импульсном режиме возбуждения. Отличия импульсного возбуждения от непрерывного. Элементы импульсной техники: генераторы импульсных напряжений, коммутаторы, обострители, накопители, кабельные трансформаторы, передающие линии. Импульсный электрический разряд в плотном газе. Самостоятельный и несамостоятельные разряды, контрагирование разряда. Методы стабилизации разряда при высоком давлении: предварительная ионизация газа, разряд, контролируемый электронным пучком. Двойной поперечный разряд. Импульсные лазеры на переходах с резонансного уровня на метастабильный. Лазеры на переходах Tl, Pb, Cu. Сверхсветимость. Классификация электронных термов молекул. Колебательная и вращательная структуры уровней. Правила отбора для дипольных переходов. Принцип Франка-Кондона. Механизмы образования инверсии в плотных газах. Трёхчастичные столкновения. Лазеры на электронных переходах стабильных молекул: полосах Лаймана и Вернера молекулы N<sub>2</sub>, 1+ и 2+ системах полос молекулы N<sub>2</sub>, 1- системе полос молекулы N<sub>2</sub><sup>+</sup>. Эксимерные лазеры. Схема термов эксимерных молекул. Основные процессы заселения рабочих уровней в пучковых и электроразрядных эксимерных лазерах. Спектральные и энергетические характеристики излучения эксимерных лазеров. Применения эксимерных лазеров.

Лазеры на растворах органических красителей. Классы органических красителей. Особенности химического строения. Оптические свойства растворов органических красителей. Поглощение и флуоресценция. Схема рабочих уровней. Времена жизни. Процессы колебательной релаксации, безызлучательная конверсия. Схемы импульсных лазеров на красителях. Продольное и поперечное оптическое возбуждение. Спектральные, временные и энергетические характеристики излучения. Схемы селекции длин волн дифракционной решётки в резонаторе лазера на красителе. Схема Ханша. Схемы со скользящим падением излучения на решётку. Дисперсия и аппаратная функция дифракционной решётки. Затенение штрихов. Получение узкополосного излучения в импульсных лазерах на красителях. Селекция длин волн интерферометром Фабри-Перо, мультиплекс-интерферометром, интерферометрами Майкельсона, Смита, отражательным интерферометром Троицкого, фильтром Лио, селек-

тором Баркова-Золотарёва, оптическим клином. Непрерывные лазеры на красителях. Основные схемы резонаторов. Использование свободной струи. Селекция длин волн в лазерах с линейными и кольцевыми резонаторами. Спектральные и энергетические характеристики излучения. Синхронизация мод в лазере на красителе. Коммерческие лазеры на красителях.

Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Расщепление уровней  $\text{Cr}^{3+}$  в кристаллическом поле. Схема рабочих уровней рубинового лазера. Времена жизни уровней, дихроизм рубина и поляризация лазерного излучения. Однородные и неоднородные ширины линии. Конструкции рубиновых лазеров. Пичковый режим свободной генерации. Выжигание пространственных дырок инверсии. Неодимовый лазер. Уровни иона  $\text{Nd}^{3+}$  в различных матрицах: кристаллических (иттрий-алюминиевый гранат) и аморфных (силикатное стекло). Схемы рабочих уровней лазера. Однородное и неоднородное уширение. Твердотельные лазеры на переходах ионов других редкоземельных элементов. Режим работы твердотельных лазеров. Свободная генерация. Модуляция добротности. Ячейки Керра и Поккельса. Материалы, используемые в модуляторах. Пассивные модуляторы на растворах органических красителей. Развитие гигантского импульса в твердотельном лазере. Режим сверхкоротких импульсов (СКИ). Активная и пассивная синхронизация мод. Характеристики излучения лазера с полностью синхронизованными модами: амплитуда, длительность, частота следования, протяжённость импульсов. Предельные характеристики СКИ твердотельных лазеров. Флуктуационная модель синхронизации мод. Корреляционные методы измерения длительности СКИ. Прямые методы измерения длительности СКИ.

Полупроводниковые лазеры. Зонная структура полупроводников. Волновая функция электрона в решётке. Распределение Ферми. Поглощение света полупроводником с параболическими зонами. Коэффициент поглощения. Условие существования усиления в полупроводнике. Зависимость коэффициента усиления от частоты. Получение инверсной заселённости в полупроводниках. Инжекционный лазер на p-n переходе арсенида галлия. Полупроводниковые лазеры с гетероструктурой. Спектральные и энергетические характеристики излучения полупроводниковых лазеров. Применения полупроводниковых лазеров.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Вариативная (профильная) часть. Профиль «Квантовая оптика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 3 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции;

**форма промежуточной аттестации** — экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Волоконная оптика»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Волоконные световоды. Распространение света в волоконных световодах. Описание распространения в рамках геометрической оптики. Числовая апертура. Описание распространения в рамках волнового подхода. Направляемые моды, моды утечки и радиационные моды. Вывод характеристического уравнения из уравнений Максвелла. Моды, распространяющиеся по волокну (гибридные). Эффективный показатель преломления. Параметр  $V$ . Нормированная константа распространения моды. Свойства одномодовых волокон. Распределение поля моды. Гауссова аппроксимация поля моды. Радиус поля моды. Эффективная площадь моды. Поляризационные моды одномодового волокна. Двухлучепреломление в волокне, длина биений.

Оптические потери и дисперсии в волокне. Потери в световодах. Их спектральная зависимость. Потери, обусловленные поглощением (собственные и несобственные). Потери, обусловленные рассеянием: Рэлеевское рассеяние, изгибные потери. Минимально достижимый уровень потерь. Волокна без пика поглощения воды. Потери на сварке волокон. Дисперсия в волокне. Точка нулевой дисперсии. Вклад материальной и волноводной дисперсии. Точка нулевой дисперсии, ее сдвиг. Область нормальной и аномальной дисперсии. Дисперсия профиля. Дисперсии высших порядков. Дисперсия поляризационных мод. Типы волокон. Волокна со ступенчатым профилем показателем преломления. Волокна с двойной и тройной оболочкой. Градиентные световоды. Волокна со сглаженной (депрессированная оболочка) и сдвинутой дисперсией. Волокна с двумя нулями дисперсии. Световоды, со-

храняющие поляризацию, и методы их изготовления. Волокна с высокой нелинейностью. Волокна на видимый диапазон длин волн. Новые типы волокон и их применения. LMA, POF. Природные световоды – спикулы.

Волоконные компоненты. Обзор волоконных компонент. Аналогия с компонентами обычной оптики. Соединение волокон. Волоконные разъемы. Формулы для потерь на стыке (без вывода). Способы выравнивания. Устройство коннектора FC/PC. Характерные потери. Цветовая маркировка.

Сварка волокон и другие «телекомовские» соединения. Вывод излучения из волокна. Косой торец. Коллиматоры. Согласования моды. Заполнение фазового объема многомодового волокна несколькими ЛД. Волоконные разветвители. Методы их изготовления. Теория связанных мод для сонаправленных волн. Принцип работы волоконного ответвителя, направленного ответвителя. Спектрально-селективные разветвители. Волоконный контроллер поляризации: механизм возникновения двулучепреломления. Волоконные поляризаторы. Эффект Фарадея. Устройство и принцип работы волоконного изолятора и циркулятора. Электро-оптический модулятор - интерферометр Маха-Цандера. Акусто-оптические модуляторы - брэгговское отражение на звуковой волне.

Волоконные брэгговские решетки. Фоточувствительность волокон и методы записи ВБР. Определения (*Фоторефракция, фоточувствительность,...*). Методы записи волоконных брэгговских решеток. Двухзеркальный интерферометр. Интерферометр Ллойда. Метод фазовой маски. Фазовый сдвиг. Поточечная запись. Методы характеристики записанных ВБР.

Основные типы ВБР и их применения. Принцип работы ВБР, брэгговская длина волны. Однородной решётка: основные формулы, оценки и качественные зависимости. Аподизация, фазовый сдвиг, чирп, наклон: влияние на свойства ВБР. Гауссова решётка. Перестройка ВБР. Длиннопериодные решётки (ДПР). Применения ВБР и ДПР: стабилизация ЛД, волоконные лазеры, перестраиваемые волоконные лазеры, одночастотные волоконные лазеры, поляризаторы, фильтры, GFF, мультиплексоры, компенсаторы дисперсии. Теория волоконных брэгговских решеток (ВБР). Уравнения связанных мод. Постановка прямой и обратной задачи рассеяния. Спектр отражения однородной решетки. Чирп и аподизация.

Волоконные лазеры. Принципы волоконных лазеров. Лазеры и волоконные лазеры. Принципы построения волоконных лазеров. Схема лазера. История технологии: волокно, легирующие примеси, ЛД. Сравнение волоконных лазеров и ЛД. Резонаторы волоконных лазеров: брэгговские зеркала, зеркало Саньяка и кольцевой резонатор (дополнение - интерферометр Маха-Цандера). Способы накачки. Одномодовые ЛД и WDM ответвители. Световедущая оболочка. Объединитель накачек и волокно с многоэлементной первой оболочкой. (GTWave).

Спектроскопия волоконных лазеров. Пассивная матрица: кварц. Примеси. Редкоземельные элементы. Максимальная энергия фононов. 4f орбиталь у редкоземельных элементов. Расщепление термов. Переходы в Yb, Er, Nd, Tm. Иттербиевый волоконный лазер. Неодимовый волоконный лазер. Эрбий-иттербиевый волоконный лазер. Лазеры на основе волокон с добавками других редкоземельных элементов (тулий, гольмий, висмут).

Аналитическая модель непрерывных волоконных лазеров. Аналитическая модель волоконных лазеров. Трехуровневая система. Упрощение: квазидвухуровневая. Усиление. Лазер с линейным резонатором. Порог и дифференциальная эффективность, оптимальная длина. Пример лазера с двойной оболочкой. Одночастотные и перестраиваемые волоконные лазеры. Одночастотные лазеры. DBR и DFB лазеры. ... Поляризованные лазеры. Селекция частоты в волоконных лазерах. Перестраиваемые лазеры. Селекторы на основе дифракционных и брэгговских решеток. Селекторы на основе эталона Фабри-Перо.

Импульсные волоконные лазеры. Импульсные волоконные лазеры. Лазеры с модулированной добротностью. Режимы активной и пассивной синхронизации мод. Применения волоконных лазеров: обработка материалов. Волоконно-оптические датчики на основе ВБР. Краткая связь с первым семестром. Возможности практических применений волоконной оптики. Точечные датчики температуры и деформаций на основе ВБР. Численные коэффициенты, оценки чувствительности. Методы детектирования. Спектральное и временное мультиплексирование ВБР. Распределённые мультисенсорные системы. Применения ВБР-датчиков: скважины, шахты, генераторы, объекты инфраструктуры.

Распределенные волоконно-оптические датчики. Волоконно-оптический рефлектометр. Фазочувствительный рефлектометр. Распределенные системы регистрации внешних воздействий. Распределенный датчик температуры на основе ВКР. Датчики на основе ИФП: принцип, формулы, оценки, мето-

ды детектирования, параметры. Другие ВО датчики. Применения волоконно-оптических датчиков: объекты инфраструктуры, скважины, охранные системы, биомедицина.

Нелинейные эффекты в оптических волокнах. Теория линейных эффектов в оптоволокне. Теория линейных эффектов. Линейное уравнение Шредингера. Теория нелинейных эффектов в оптоволокне. Важность нелинейных эффектов в оптоволокне. Теория нелинейных эффектов. Обобщённое нелинейное уравнение Шредингера. Классификация эффектов. Самомодуляция фазы. Фазовая кросс-модуляция. Модуляционная неустойчивость. Поляризационные эффекты.

ВРМБ. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ). История эффекта. Стоксов сдвиг. Линия усиления. Порог ВРМБ. Истощение накачки. Насыщение усиления. ВРМБ-зеркало. Стоксовы линии высоких порядков. Волоконный ВРМБ-лазер и волоконный ВРМБ-усилитель. Нежелательные проявления.

Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). История ВКР. Описание процесса. Стоксов сдвиг и линия усиления. Порог ВКР. Волоконный ВКР-лазер. Устройство. Принцип работы. Достижимые параметры. Истощение накачки и последовательное насыщение мощности стоксовых волн. Моды ВКР-лазера. Сверхдлинный волоконных ВКР-лазер. Формирование спектра генерации за счет волновой турбулентности.

Удвоение частоты волоконных лазеров. Волоконные лазеры видимого диапазона на основе апконверсии. Удвоение частоты волоконных лазеров. Периодически ориентированные кристаллы. Однопроходная схема. Внутррезонаторное удвоение. Удвоение большого количества мод со случайной фазой. Генерация второй гармоники в волокне.

Волоконные усилители. Основные типы усилителей и их характеристики. Типы усилителей: полупроводниковые, волоконные (редкоземельные элементы, ВКР, ВРМБ, параметрические), твердотельные и т.д. Применения усилителей различных типов. Усилители в телекоммуникации: на выходе передатчика, промежуточные, перед приемником. Ограничения. Преимущества по сравнению с регенераторами. Характеристики усилителей: количественные и коэффициенты качества. Ширина полосы усиления: зависимость от коэффициента усиления. Мощность насыщения на примере 2-х уровневой системы (повторение). Преимущества по сравнению с полупроводниковыми усилителями. Оценка для запасенной энергии. Волоконные усилители. Телекоммуникационные диапазоны. Эрбиевые волокна для С и L-диапазонов: спектральные характеристики усиления и поглощения, различие параметров. Мощность накачки, длина, коэффициент усиления и рабочие длины волн: графики. Схемы двухдиапазонных усилителей. Отношение сигнал/шум. Спонтанное излучение: излучение в одну поперечную моду. Связь времени жизни и сечения вынужденного излучения. Минимальное увеличение шума: шумовой коэффициент. Почему для приемника плох фон. Другие редкоземельные элементы. Длины волн (напоминание). Усиление излучения волоконных непрерывных и импульсных лазеров. Влияние ВРМБ на параметры усилителей. Способы подавления ВРМБ. Волоконный ВКР-усилитель. Оценки мощности накачки для сосредоточенного и распределенного усилителя. Преимущества распределенных усилителей.

Оптическая связь. Основы волоконно-оптической связи. Основные элементы волоконно-оптических линий связи. Источники излучения. Приемники излучения. Оптическое волокно. Волоконно-оптический кабель. История волоконной связи. Первые системы и их характеристики (многомодовые, одномодовые, подводные). Ограничения при увеличении пропускной способности (потери и дисперсия, нелинейные эффекты). Потери. Необходимость усилителей. Оптоэлектронные усилители. EDFA и их преимущества в связи. Напоминание об их параметрах (мощность насыщения, коэффициент усиления и шум-фактор). Протяженная ВОЛС с периодическим усилением. OSNR. Длина безрегенерационного участка, зависимость от скорости. Ограничение по дисперсии. Управление дисперсией.

Увеличение пропускной способности волоконно-оптических линий связи. Пропускающая способность. Временное и спектральное уплотнение. Солитонные линии связи. БЕР. Глаз-диаграмма. Прямая коррекция ошибок. Спектральное мультиплексирование и плотное мультиплексирование. Компоненты мультиплексирования. Форматы данных. Понятие спектральной эффективности.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Вариативная (профильная) часть. Профиль «Квантовая оптика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 5 зач. ед.;



**основные виды учебной работы** — лекции;  
**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Оптические измерения»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Фотометрические понятия. Световая и энергетическая система единиц. Фотометрия объёмных источников. Наиболее распространённые оптические материалы. Источники света. Основные законы теплового излучения. Тепловые источники. Модель абсолютно чёрного тела. Излучение нечёрных тел, цветовая и яркостная температура. Свойства реальных источников теплового излучения (лампы накаливания, глобар, штифт Нернста, кратер угольной дуги). Основные причины уширения спектральных линий в газах. Газоразрядные источники. Виды разрядов в газах и их основные особенности. Источники сплошного и линейчатого спектра (разряды в инертных газах, водородные, ртутные, натриевые и др. лампы), эталонные источники. Синхротронное излучение. Временная и пространственная когерентность. Приёмники оптического излучения. Основные параметры фотоприёмников: чувствительность, шумы, обнаружительная способность, постоянная времени. Восприятие света глазом. Фотографические приёмники, кривая почернения, чувствительность. Гетерохромная спектрометрия. Тепловые приёмники, оптико-акустические, термоэлементы, болометры. Приёмники света с внешним фотоэффектом, типы фотокатодов, фотоэлементы, ФЭУ, электронно-оптические преобразователи. Приёмники с внутренним фотоэффектом – собственные и примесные фотоспротивления, приёмники на основе р-п переходов, ПЗС-матрицы. Атомная резонансная фотоионизационная спектрометрия. Геометрическая теория оптических изображений. Матричные методы в параксиальной оптике. Матрицы перемещения и преломления. Матрица преобразования лучей для оптической системы. Матричное описание свойств оптической системы. Расположение кардинальных точек. Роль диафрагмы. Апертурная и полевая диафрагма. Геометрические aberrации оптических систем. Функция aberrаций. Переменные Зайделя. Первичные aberrации: сферическая, кома, астигматизм, кривизна поля, дисторсия. Хроматические aberrации. Апланатизм. Простейшие оптические приборы (лупа, микроскоп, телескоп). Спектральные приборы с призмами и дифракционными решётками.

Основные типы спектральных приборов. Основные характеристики целевых спектральных приборов: дисперсия, угловое увеличение, нормальная ширина щели. Дифракционные явления в спектральном приборе. Теоретическая и реальная разрешающая способность. Аппаратная функция. Освещение щели. Светосила по освещённости и по потоку. Призма. Преломление в плоскости главного сечения. Дисперсии. Разрешающая способность. Астигматизм и кривизна спектральных линий. Типы призм. Дифракционная решётка. Образование дифракционной картины в приборе с решёткой. Спектроскопические характеристики решётки: дисперсия, разрешающая способность, область дисперсии, коэффициент отражения, поляризующее действие, «духи». Вогнутые решётки. Голографические решётки. Растровые монохроматоры, принципы работы, аппаратная функция, схемы построения. Спектрометр с применением преобразования Адамара. Интерференционные методы оптических исследований. Элементы общей теории интерферометров при точечном источнике света. Интерференционные полосы равного наклона и равной толщины. Типы приборов высокой разрешающей силы и их основные свойства. Интерферометр Фабри-Перо (ИФП), основные характеристики, аппаратная функция. Разрешающая способность реального ИФП. Светосила ИФП. ИФП с фотоэлектрической регистрацией. Сравнение силы ИФП с призмными и дифракционными спектрометрами. Мультиплекс-интерферометр, сферический ИФП. Спектрометры с интерференционной селективной амплитудной модуляцией – принцип действия, разрешающая способность, оптические схемы. Фурье-спектрометр – принцип, разрешающая способность, схемы. Поляризационная интерферометрия.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Вариативная (профильная) часть. Профиль «Квантовая оптика» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 5 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Введение в физику полупроводников»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Введение. Физика полупроводников – раздел физики конденсированного состояния. Полупроводники в современной электронике. Атомная структура и симметрия кристаллов. Анизотропия физических свойств кристаллов. Способ задания кристаллографических плоскостей и направлений в кристалле. Дефекты кристаллов: точечные дефекты, дислокации, примеси. Колебания атомов в твёрдом теле. Модель одномерной цепочки, закон дисперсии. Двухатомная линейная цепочка. Понятие фонона. Концепция квазичастиц. Акустические и оптические фононы. Локальные фононы в кристаллах с дефектами. Комбинационное рассеяние света. Электронный спектр твёрдого тела. Расщепление атомных уровней в зоны. Модель почти свободных электронов. Метод сильной связи. Модель электронных связей. Распределение электронов по энергетическим уровням. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории. Зонная структура некоторых полупроводников (Si, Ge, GaAs). Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Концентрация электронов и дырок в зонах. Невырожденные полупроводники. Легированные полупроводники. Появление разрешённых состояний в запрещённой зоне при введении примесей. Компенсация. Кинетические явления. Кинетическое уравнение Больцмана. Асимметризация функции распределения квазичастиц внешним воздействием. Проводимость. Малые отклонения от равновесия. Подвижность и механизмы рассеяния. Явления в сильном электрическом поле. Насыщение дрейфовой скорости. Эффект Ганна. Эффект Холла и магнитосопротивление. Диффузия. Соотношение Эйнштейна. Основные уравнения описывающие движение свободных носителей в полупроводниках. Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Феноменологическое и микроскопическое описание. Механизмы поглощения света: межзонное поглощение в прямозонных и непрямозонных полупроводниках, примесное поглощение, поглощение на свободных носителях. Фотоэлектрические явления. Поверхность полупроводника. Заряд поверхностных состояний, область пространственного заряда. Работа выхода и электронное сродство. Структуры: Полупроводник – металл, p-n переход и полупроводник – диэлектрик – металл. Системы пониженной размерности. Двумерный электронный газ, квантовые проволоки и квантовые точки. Концентрация, плотность состояний и проводимость двумерного электронного газа и квантовых проволок. Размерные эффекты в плёнках твёрдых тел. Наноструктуры на основе кремниевых инверсионных слоёв и гетеропереходов. Баллистическая проводимость квантовых нитей. Квантовые точечные контакты. Резонансный туннельный диод. Квантовые ямы и модулированные полупроводниковые структуры. Легированные и композиционные сверхрешётки. Мини-зоны и мини-щели. Блоховские осцилляции. Вольтамперная характеристика квантовой сверхрешётки. Одноэлектронный транзистор на эффекте кулоновской блокады.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл Вариативная (профильная) часть. Профиль «Физика полупроводников» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 8 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции, лабораторные работы;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

## Примерная программа дисциплины «Кристаллофизика полупроводников»

### Аннотация

#### Основное содержание курса:

Идеальный кристалл

Симметрия кристаллов. Кристаллографические характеристики полупроводников: решетки, кристаллографические плоскости, индексы Миллера, связь межплоскостных расстояний с индексами Миллера семейства плоскостей. Анизотропия. Структура алмаза, сфалерита, вюрцита. Сингонии. Решетки Браве. Методы структурного анализа кристаллических полупроводников. Рентгеновский и электронографический анализ. Кинематическая теория дифракции рентгеновских волн. Интерференционная функция Лауэ. Обратная решетка. Атомный фактор. Структурный фактор. Фактор Дебая - Уоллера. Общая характеристика элементарных полупроводников и полупроводниковых соединений.

Кремний, германий, арсенид галлия, теллурид кадмия, теллурид ртути, теллурид свинца. Полупроводниковые твердые растворы.

Дефекты полупроводниковых кристаллов.

Точечные дефекты. Классификация собственных точечных дефектов в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях. Влияние дефектов на электрические и оптические свойства кристаллов. Примеси в полупроводниках: мелкие и глубокие, донорные и акцепторные, амфотерные, изовалентные, многозарядные. Дефектно-примесные комплексы. Метастабильные дефекты. Понятие об  $U$  - центрах. Методы идентификации и измерения концентрации примесей в полупроводниках: эффект Холла, метод вольт-фарадных характеристик, фотолюминесценция, фототермическая ионизация. Методы исследования точечных дефектов: релаксационная емкостная спектроскопия глубоких уровней, электронный парамагнитный резонанс, прецизионные измерения плотности и постоянной решетки, аннигиляция позитронов. Линейные дефекты: дислокации. Геометрия дислокаций, вектор Бюргерса. Деформационное поле дислокаций. Взаимодействие с точечными дефектами и носителями заряда. Виды дислокаций в монокристаллах полупроводников и полупроводниковых соединениях.

Методы идентификации типа и измерения плотности дислокаций: электронная микроскопия, рентгеновская топография, химическое травление.

Рост кристаллов.

Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование, феноменологический подход. Термодинамика и кинетика зародышеобразования. Микроскопические механизмы роста. Машинное моделирование роста кристаллов. Возникновение точечных дефектов при росте кристаллов. Термодинамика и кинетика дефектообразования. Энтальпия и энтропия образования и миграции дефектов. Равновесная концентрация дефектов. Ионизационное равновесие. Энтропия ионизации. Электростатическое и упругое взаимодействие дефектов. Нестехиометрия. Область гомогенности. Методы выращивания объемных кристаллов. Метод Чохральского, метод Бриджмена, зонная плавка. Генерация дислокаций в растущем кристалле. Получение бездислокационных кристаллов. Модификация свойств кристаллов легированием. Термодинамика и кинетика легирования. Коэффициент распределения, растворимость примесей в полупроводниках. Введение примесей в процессе роста. Диффузионное легирование. Механизмы диффузии. Коэффициент диффузии. Трансмутационное легирование и ионная имплантация.

Рост тонких слоев.

Эпитаксия, основные понятия: гомо- и гетероэпитаксия, псевдоморфизм, дислокации несоответствия, изопериодные гетерокомпозиции. Общая характеристика методов эпитаксии: газофазная, жидкофазная и твердофазная эпитаксия, эпитаксия из молекулярных пучков. Жидкофазная эпитаксия. Фазовые равновесия и кинетика роста. Точечные дефекты, дислокации и примеси в ЖФЭ. Газофазная эпитаксия. Фазовые равновесия и кинетика роста. Точечные дефекты, дислокации и примеси в ГФЭ. Эпитаксия из молекулярных пучков. Взаимодействие атомных и молекулярных пучков с поверхностью кристалла. Коэффициент прилипания. Фазовые равновесия в поверхностном слое. Кинетика роста. Точечные дефекты, дислокации и примеси в молекулярно-лучевой эпитаксии. Эпитаксия и квантово-размерная электроника.

Кристаллофизика поверхности полупроводников.

Идеальная и реальная структура сингулярных и вихревых граней. Методы создания атомарно-чистых поверхностей. Поверхностные сверхструктуры на гранях Si (111), Si (100), GaAs (100), GaAs (111). Методы изучения состава и структуры поверхности: дифракция быстрых и медленных электронов, эллипсометрия, сканирующая туннельная микроскопия, отражательная электронная микроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, электронная оже-спектроскопия.

Физико-химические основы атомных процессов на поверхности полупроводников: физическая адсорбция, химическая адсорбция, поверхностная диффузия собственных и примесных атомов, поверхностная сегрегация, испарение монокристаллов полупроводников и полупроводниковых соединений.

Атомные процессы на поверхности полупроводников при молекулярно-лучевой эпитаксии: МЛЭ кремния и германия с использованием электронно-лучевых испарителей и газовых источников. МЛЭ GaAs и AlGaAs. Активация процессов эпитаксии и легирования: электроны, ионы, фотоны. Напряженные гетероструктуры и сверхрешетки. Сурфактанты.

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.3 «Профессиональный цикл

Вариативная (профильная) часть. Профиль «Физика полупроводников» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 5 зач. ед.;

**основные виды учебной работы** — лекции;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт и экзамен.

### **Примерная программа дисциплины «Физическая культура»**

#### **Аннотация**

#### **Основное содержание курса:**

Физическая культура в соответствии с федеральной программой, утвержденной МОН

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.4 «Физическая культура» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**общая трудоемкость дисциплины** — 2 зач. ед. (400 часов);

**основные виды учебной работы** — практические занятия;

**форма промежуточной аттестации** — зачёт.

### **Примерная программа научно-исследовательской работы.**

#### **Аннотация**

**Место дисциплины в структуре ИОП** — дисциплина входит в раздел Б.5 «Учебная и производственная практики, научно-исследовательская работа» ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 «Физика»;

**Общая трудоемкость** – 12 зач. ед.;

**основные виды учебной и научно-исследовательской работы** – участие в научно-исследовательской деятельности, проводимой в исследовательских лабораториях ХУ, а также в физических лабораториях НГУ и институтов СО РАН по тематике, согласованной с научным руководителем.

В результате прохождения научно-исследовательской практики студент должен:

на начальных этапах - получить практические навыки использования полученных знаний, освоить методы научных исследований, познакомиться с современной исследовательской аппаратурой, получить навыки инженерно-технологической деятельности, навыки управления экспериментом, обработки полученных результатов с использованием современных информационных технологий. В итоге первого этапа студент должен уметь ставить задачу, планировать и проводить физический эксперимент; правильно выбирать необходимые при решении поставленной задачи условия и методы измерений; оценивать погрешности измерений, анализировать источники погрешностей; представлять результаты научных исследований; находить необходимую теоретическую и справочную информацию.

на втором этапе - по согласованной с научным руководителем теме подготовить и провести самостоятельное исследование, в котором используются полученные знания и навыки, периодически докладывать результаты на семинарах лаборатории, освоить технологии применения научных исследований, подготовить материалы для выпускной квалификационной работы

### **Б.6 «Итоговая государственная аттестация»**

Общая трудоемкость – 10 зач. ед.;

**основные виды учебной работы:**

— подготовка к Госэкзамену,

— подготовка Выпускной квалификационной работы;

**форма промежуточной аттестации** – экзамен и защита Выпускной квалификационной работы.

### **Требования к выпускной квалификационной работе**

1. Выпускная квалификационная работа должна представлять экспериментальное или теоретическое исследование или разработку, выполненные бакалавром самостоятельно.
2. В работе должны быть представлены: краткий обзор состояния исследований по выбранной проблематике, обоснование выбранных теоретических и экспериментальных подходов, обсуждение полученных результатов, предложения по их продолжению и практическому применению
3. Дипломная работа должна быть оформлена в виде печатной работы объемом не менее 25 стр. для теоретических работ и не менее 50 стр. для экспериментальных.
4. Должна быть подготовлена презентация, и доклад на 10 минут.