

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.04 Квантовая электродинамика

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки/специальность 03.04.02 Физика
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация Физика конденсированного
состояния (теория, эксперимент, дидактика)
(наименование направленности (профиля) / специализации)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация магистр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины Б1.В.04 Квантовая электродинамика составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.04.02 Физика профиль «Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент, дидактика)»
код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):

В.В. Галуцкий, профессор, д.ф.-м.н., доцент



Рабочая программа дисциплины Б1.В.04 Квантовая электродинамика утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

протокол №9 «8» апреля 2025 г.

Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н., профессор Лебедев К.А.


Подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 11 «21» апреля 2025 г.

Председатель УМК факультета.

д.ф.-м.н., профессор Богатов Н.М.



Рецензенты:

В.А. Никитин, к.т.н., доцент кафедры оптоэлектроники

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО НПФ «Мезон» кандидат физико-математических наук

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Освоение компетенций, формирование у студентов системы понятий и представлений о квантовой электродинамике как научно-техническом направлении, основанном на квантовых закономерностях взаимодействия излучения с веществом. Наибольшее внимание при изучении дисциплины уделяется исследованию особенностей поглощения, излучения, рассеяния света, общей характеристике и количественному описанию особенностей этих явлений.

1.2 Задачи дисциплины

1. Усвоение магистрантами знаний, умений и навыков, необходимых для самостоятельного занятия научной деятельностью;

2. Формирование у магистрантов представления об основных проблемах научно-исследовательской деятельности, представлений о количественном объяснении эффектов взаимодействия излучения с веществом (испускание, поглощение и рассеяние), а также последовательного описания электромагнитных взаимодействий между заряженными частицами.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.В.04 Квантовая электродинамика» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления подготовки 03.04.02 Физика направленности "Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент, дидактика)".

Для успешного освоения дисциплины студенты

должны обладать базовыми знаниями и умениями по предшествующим дисциплинам «Математический анализ», «Атомная физика», «Физика атомного ядра и частиц», «Дифференциальные, интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Электродинамика и электродинамика сплошных сред».

«Б1.В.04 Квантовая электродинамика» служит основой для понимания специальных дисциплин, изучаемых по направлению 03.04.02 Физика как в магистратуре, так и далее в аспирантуре. Студент, освоивший данный курс, подготовлен к деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки, в том числе к научно –исследовательской, а при сочетании освоения дополнительной образовательной программы педагогического профиля – к педагогической деятельности.

Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
ПК-6 Способен осуществлять профессиональную научно-исследовательскую и проектную деятельность в команде, в научном коллективе	
ИПК-6.1. Оформляет проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов работ	Знает общие правила диаграммной техники (диаграмм Фейнмана)
	Умеет производить аналитические и численные расчеты при изучении излучения и рассеяния света
	Владеет теоретическими навыками исследования явлений квантовой электродинамики
ИПК-6.2. Осуществляет слаженную работу в команде, научном коллективе	Знает приборную базу для проведения лабораторных работ по квантовой электродинамике
	Умеет ставить коллективные эксперименты по изучению разделов квантовой электродинамики
	Владеет техникой современного эксперимента

**Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.*

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (216 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		1 семестр (часы)	2 семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контактная работа, в том числе:	106,5	30,2	76,3		
Аудиторные занятия (всего):					
занятия лекционного типа	46	16	30		
лабораторные занятия	60	14	46		
практические занятия					
семинарские занятия					
Иная контактная работа:	0,5	0,2	0,3		
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,2	0,3		
Самостоятельная работа, в том числе:	154,8	77,8	77		
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)					
Контрольная работа					
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)					
Реферат/эссе (подготовка)					
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	154,8	77,8	77		
Подготовка к текущему контролю					
Контроль:					
Подготовка к экзамену	26,7		26,7		
Общая трудоёмкость	час.	288	108	180	
	в том числе контактная работа	106,5	30,2	76,3	
	зач.ед	8	3	5	

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 1 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов
---	-----------------------------	------------------

		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1.	Квантование свободного электромагнитного поля. Фотоны	32	4		8	20
2.	Волновое уравнение для частицы со спином 0. Бозоны	32	4			28
3.	Уравнение Дирака в спинорном представлении. Фермионы	43,8	8		6	29,8
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>			16		14	77,8
Контроль самостоятельной работы (КСР)						
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2				
Подготовка к текущему контролю						
Общая трудоемкость по дисциплине		108				

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Частица во внешнем поле	20	4			16
2.	Излучение	30	6		12	12
3.	Рассеяние света	30	6		12	12
4.	Диаграммы Фейнмана	24	4		12	8
5.	Взаимодействие электронов с фотонами	28	6		10	12
6.	Радиационные поправки	21	4			17
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>			30		46	77
Контроль самостоятельной работы (КСР)						
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3				
Подготовка к текущему контролю		26,7				
Общая трудоемкость по дисциплине		180				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

Курсовой проект: не предусмотрен

Форма проведения аттестации по дисциплине: зачет, экзамен

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Квантование свободного электромагнитного поля. Фотоны	Квантование свободного электромагнитного поля. Фотоны. Калибровочная инвариантность. Электромагнитное поле в квантовой теории. Момент и четность фотона. Поляризация фотона.	<i>опрос</i>
2.	Волновое уравнение для частицы со спином 0. Бозоны	Волновое уравнение для частиц со спином 0. Частицы и античастицы. Преобразования С, Р, Т. Волновое уравнение для частицы со спином 1. Волновое уравнение для частицы с высшими целыми спинами.	<i>опрос</i>
3.	Уравнение Дирака в спинорном представлении. Фермионы	Четырехмерные спиноры. Связь спиноров с 4-векторами. Уравнение Дирака в спинорном представлении. Сферические волны. Поляризационная матрица плотности. Волновое уравнение для частицы со спином 3/2.	<i>опрос</i>
4.	Частица во внешнем поле	Уравнение Дирака для электрона во внешнем поле. Разложение по степеням 1/c. Тонкая структура уровней атома водорода. Движение в центрально-симметричном поле. Движение в кулоновском поле. Рассеяние. Электрон в виде плоской электромагнитной волны	<i>опрос</i>

5.	Излучение	Оператор электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение. Дипольное излучение. Электрическое мультипольное излучение. Магнитное мультипольное излучение. Угловое распределение и поляризация излучения. Эффекты Зеемана и Штарка. Атом водорода. Электронные спектры. Колебательный и вращательный спектр. Фотоэффект.	<i>опрос</i>
6.	Рассеяние света	Тензор рассеяния. Естественная ширина линий. Резонансная флуоресценция. Матрица рассеяния. Амплитуда рассеяния. Разложение по парциальным амплитудам.	<i>опрос</i>
7.	Диаграммы Фейнмана	Хронологическое произведение. Диаграммы Фейнмана для рассеяния электронов. Диаграммы Фейнмана для рассеяния фотона. Электронный пропагатор. Фотонный пропагатор. Общие правила диаграммной техники. Виртуальные частицы.	<i>опрос</i>
8.	Взаимодействие электронов с фотонами	Рассеяние фотона электроном. Поляризационные эффекты. Магнитотормозное излучение. Образование пар фотонов. Образование пар при столкновении частиц. Излучение фотона электроном в поле интенсивной электромагнитной волны.	<i>опрос</i>
9.	Радиационные поправки	Операторы полей в гейзенберговском представлении. Точный фотонный и электронный пропагаторы. Физические условия перенормировки. Радиационные поправки к закону Кулона.	<i>опрос</i>

2.3.2 Занятия семинарского типа (лабораторные занятия)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Квантование свободного электромагнитного поля. Фотоны	Поляризация фотона	ЛР
2.	Уравнение Дирака в спинорном представлении. Фермионы	Плоские и сферические волны	ЛР
3.	Излучение	Колебательный и вращательный спектр	ЛР
4.	Рассеяние света	Естественная ширина спектральных линий	ЛР
5.	Диаграммы Фейнмана	Диаграммы Фейнмана. Общие правила диаграммной техники	ЛР
6.	Взаимодействие электронов с фотонами	. Поляризационные эффекты	ЛР

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
---	---------	---

1	Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	Методические указания по организации аудиторной и самостоятельной работ, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г
2	Подготовка к текущему контролю	Методические рекомендации для подготовки к практическим, семинарским и лабораторным занятиям, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4.Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.04 Квантовая электродинамика».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к экзамену.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК-6.1. Оформляет проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов работ	Знает общие правила диаграммной техники (диаграмм Фейнмана) Умеет производить аналитические и численные расчеты при изучении излучения и рассеяния света Владеет теоретическими навыками исследования явлений квантовой электродинамики	Лабораторная работа – по теме, разделу Опрос	Вопрос на зачете 1-8 Вопрос на экзамене 1-18
2	ИПК-6.2. Осуществляет слаженную работу в команде, научном коллективе	Знает приборную базу для проведения лабораторных работ по квантовой электродинамике Умеет ставить коллективные эксперименты по изучению разделов квантовой электродинамики Владеет техникой современного эксперимента	Лабораторная работа – по теме, разделу Опрос	Вопрос на зачете 9-17 Вопрос на экзамене 19-36

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерный перечень вопросов и заданий

Найти лагранжиан спинорного поля

Определить зарядовую и пространственную четность системы, состоящей из частицы со спином 0 и ее античастицы, с орбитальным моментом l относительного движения.

Написать матрицу плотности фотона в представлении, в котором осями координат являются перпендикулярные орты.

Определить уровни энергии электрона в постоянном магнитном поле.

Определить изменение направления поляризации частицы при ее движении в плоскости, перпендикулярной однородному магнитному полю; при движении вдоль направления магнитного поля.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

1. Квантование свободного электромагнитного поля.
2. Фотоны.
3. Калибровочная инвариантность.
4. Электромагнитное поле в квантовой теории.
5. Момент и четность фотона.
6. Поляризация фотона.
7. Волновое уравнение для частиц со спином 0.
8. Частицы и античастицы.
9. Преобразования С, Р, Т.
10. Волновое уравнение для частицы со спином 1.
11. Волновое уравнение для частицы с высшими целыми спинами.
12. Четырехмерные спиноры.
13. Связь спиноров с 4-векторами.
14. Уравнение Дирака в спинорном представлении.
15. Сферические волны.
16. Поляризационная матрица плотности.
17. Волновое уравнение для частицы со спином $3/2$.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Уравнение Дирака для электрона во внешнем поле.
2. Разложение по степеням $1/c$.
3. Тонкая структура уровней атома водорода.
4. Движение в центрально-симметричном поле.
5. Движение в кулоновском поле.
6. Рассеяние.
7. Электрон в виде плоской электромагнитной волны
8. Оператор электромагнитного взаимодействия.
9. Испускание и поглощение.
10. Дипольное излучение.
11. Электрическое мультипольное излучение.
12. Магнитное мультипольное излучение.
13. Угловое распределение и поляризация излучения.
14. Эффекты Зеемана и Штарка.
15. Атом водорода. Электронные спектры.
16. Колебательный и вращательный спектр. Фотоэффект.
17. Тензор рассеяния.
18. Естественная ширина линий.
19. Резонансная флуоресценция.
20. Матрица рассеяния. Амплитуда рассеяния.
21. Разложение по парциальным амплитудам. Хронологическое произведение.
22. Диаграммы Фейнмана для рассеяния электронов.
23. Диаграммы Фейнмана для рассеяния фотона.
24. Электронный пропагатор. Фотонный пропагатор.

25. Общие правила диаграммной техники.
26. Виртуальные частицы.
27. Рассеяние фотона электроном.
28. Тормозное излучения электрона на ядре.
29. Поляризационные эффекты.
30. Магнитотормозное излучение.
31. Образование пар фотонов. Образование пар при столкновении частиц.
32. Излучение фотона электроном в поле интенсивной электромагнитной волны.
33. Операторы полей в гейзенберговском представлении.
34. Точный фотонный и электронный пропагаторы.
35. Физические условия перенормировки.
36. Радиационные поправки к закону Кулона. Рассеяние фотона на фотоне.

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает основную теорию дисциплины, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять материал, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры, довольно ограниченный объем знаний программного материала

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценивания по экзамену</i>
<i>Высокий уровень «5» (отлично)</i>	<i>оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.</i>
<i>Средний уровень «4» (хорошо)</i>	<i>оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.</i>
<i>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</i>	<i>оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.</i>
<i>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</i>	<i>оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.</i>

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 т. Т. 4. Квантовая электродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - 4-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2020. - 720 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185660> (дата обращения: 19.02.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9221-0058-8. - Текст : электронный.

2. Сомов, А.М. Электродинамика : учебное пособие / А.М. Сомов, В.В. Старостин, С.Д. Бенеславский ; под ред. А.М. Сомова. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. - 198 с. - <https://e.lanbook.com/book/111103>. - Текст : электронный.

3. Крайнов, Владимир Павлович. Квантовая теория излучения атомных частиц : [учебное пособие] / В. П. Крайнов, Б. М. Смирнов. - Долгопрудный : Интеллект, 2015. - 293 с. : ил. - (Физтеховский учебник). - Библиогр.: с. 288-293. - ISBN 978-5-91559-204-8 : 1392 p. - Текст : непосредственный.

4. Вергелес, Сергей Никитович. Лекции по квантовой электродинамике : учебное пособие для студентов вузов / С. Н. Вергелес. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2006. - 244 с. - Библиогр.: с. 244. - ISBN 5922106341. - Текст : непосредственный.

5. Быков, В. П. Лазерная электродинамика : учебное пособие / В. П. Быков. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 378 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48242> (дата обращения: 20.06.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>

2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier <https://www.elsevier.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Известия высших учебных заведений. Радиофизика.
6. Информатизация и связь
7. Успехи физических наук
8. Журнал экспериментальной и теоретической физики
9. Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики"
10. Радиотехника и электроника

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>

3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись.

Вопросы, возникающие в ходе лекции, если не заданы сразу, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним, а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий. Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам

лучше всего осуществлять равномерно на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступать к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой. Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем (или более продуктивно – дополнить конспект лекции).

Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно. Необходимо изучить список рекомендованной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления.

Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения (в этом Вам помогут вопросы выносимые на зачетное тестирование и экзамен). Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке.

При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для	Мебель: учебная мебель	Программное обеспечение в

проведения занятий лекционного типа 300С, 201С, 227С, 114С, 209 С, 315 С	Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 227С, 119С, 122 С, 209 С, 315 С, 133 С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Операционная система MS Windows. Офисный пакет приложений MicrosoftOffice. Система MATLAB

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.

	технологии Wi-Fi)	
--	-------------------	--