

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины** Методология и история физики

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): старший преподаватель, к.н. (доцент) Ларионов А.Л. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Alexander.Larionov@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Прошин Ю.Н. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Yurii.Proshin@kpfu.ru ; младший научный сотрудник, б/с Туманов В.А. (НИЛ Многофункциональные материалы для квантовых сенсоров, Институт физики), VaATumanov@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-4	Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

наиболее важные и непреходящие достижения мировой философии, играющие ключевую роль в формировании современного научного мировоззрения

Должен уметь:

произвести анализ процессов, приведших к важнейшим открытиям в области естественных наук, в связи с мировоззренческой обстановкой того времени

Должен владеть:

информацией об основных направлениях развития естественных наук

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 18 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение: периодизация истории физики. Предыстория физики. Элементы физики на Древнем Востоке: Китай, Индия, Месопотамия, Египет. Ранняя древнегреческая натурфилософия.	1	2	0	0	0	0	0	6
2.	Тема 2. Научные школы Платона и Аристотеля. Античная физика, астрономия, математика, техника. Античное наследие на мусульманском Востоке и в средневековой Европе.	1	2	0	0	0	0	0	6
3.	Тема 3. Развитие математики, прогресс механики, астрономии и оптики в эпоху Возрождения и в начале Нового времени.	1	2	0	0	0	0	0	6
4.	Тема 4. Исаак Ньютон: научный метод, законы механики, закон Всемирного тяготения, оптические исследования. Современники Исаака Ньютона.	1	2	0	0	0	0	0	6
5.	Тема 5. Прогресс естественных наук в XVIII-XIX веках: астрономия, механика, термодинамика, статистическая физика, электромагнетизм, химия, оптика и спектроскопия. Математика. Университеты и Академии наук. Начало машинного производства.	1	2	0	0	0	0	0	6
6.	Тема 6. Электромагнитные волны, радио, рентгеновские лучи, радиоактивность, квант действия, сверхпроводимость. Специальная и общая теории относительности. Физика атома и твёрдого тела.	1	2	0	0	0	0	0	6
7.	Тема 7. Квантовая (волновая) механика. Физика конденсированного состояния. Магнитный резонанс.	1	2	0	0	0	0	0	6
8.	Тема 8. Физика ядра и элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Объединения фундаментальных взаимодействий. Классификация элементарных частиц и переносчиков их взаимодействий.	1	2	0	0	0	0	0	6
9.	Тема 9. Космология. Иерархическая структура Вселенной. Космологические постулаты. Крупномасштабная динамика Вселенной. Модель Большого Взрыва. Классификация физических теорий.	1	2	0	0	0	0	0	6
	Итого		18	0	0	0	0	0	54

## 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

### **Тема 1. Введение: периодизация истории физики. Предыстория физики. Элементы физики на Древнем Востоке: Китай, Индия, Месопотамия, Египет. Ранняя древнегреческая натурфилософия.**

Периодизация истории физики: эпоха возникновения отдельных физических теорий (от древнейших времён до XVI века); эпоха развития физики, как науки (XVII-XVIII века), состоящая из периода закладки фундамента физики и периода освоения ньютоновского метода; эпоха классической физики (XIX - начало XX века); эпоха квантово-релятивистской и субатомной физики (начало XX века - настоящее время). Ранние периоды развития человечества: каменный, медный, бронзовый, железный века. Развитие ранних технологий: первая техническая революция, начавшаяся около 3000 лет до нашей эры, принесла гончарный круг, колёсный экипаж, обожжённый кирпич, способы обработки металлов, вёсельные и парусные суда, строительные и сельскохозяйственные орудия, гидротехнические приёмы. В это время наука развивалась благодаря технологиям. Позже, в период эллинизма (323-30 годы до нашей эры), наука начала приносить пользу технике, обогащаясь за её счёт. В это время в Китае независимо от других цивилизаций сформировались: понятия силы тяжести, равновесия, прочности твёрдых тел; правила геометрической оптики и музыкальной гармонии; практика использования магнита в качестве компаса. В основе натурфилософских воззрений древних индийцев лежало учение о пяти элементах (земля, вода, огонь, воздух, эфир), соответствующих пяти чувствам (обонянию, вкусу, зрению, осязанию и слуху). Каждому элементу соответствовал особый класс атомов, которым присущи атрибуты элемента. Механическое движение и его причины, нагревание глиняных сосудов и его признаки, природа зрения и слуха также были предметом интереса мыслителей Древней Индии. Поскольку Вавилон, Ассирия и Египет были теократическими рабовладельческими монархиями, свободное обсуждение явлений природы в этих обществах не допускалось. Дошедшие до нас памятники шумеро-вавилонской математики свидетельствуют о высоком развитии практических, расклассифицированных по типам задач, математических методов. Ассиро-вавилонские астрономические памятники содержали таблицы, служившие для вычисления эфемерид и затмений в первую очередь для астрологических целей. Для этого вавилоняне разработали методы измерения времени с помощью солнечных часов (гномона) и водяных часов, для которых были введены единицы веса вытекающей воды. Уровень развития математики и астрономии в Древнем Египте был значительно ниже шумеро-вавилонского. Однако, архитектурные памятники (гигантские пирамиды), ювелирные изделия, скульптура и настенная живопись, а также погребальные предметы из захоронений свидетельствуют о высокой технической культуре, которая невозможна без огромного опыта, который можно назвать "эмпирической физикой". Труды древнегреческих мыслителей, живших до Платона (427-347 годы до нашей эры), сохранились в виде цитат в трудах более поздних авторов. Из этих и из других источников следует, что они отваживались на исследование первоначала всех вещей, обращаясь к общим проблемам мироздания. При незнании конкретных законов природы такой подход имел метафизический характер. Работа по описанию и объяснению явлений природы в Древней Греции началась в IV веке до нашей эры, когда наличие практических знаний и технических навыков, высокий культурный уровень, а также язык, отточенный на тонких философских и математических исследованиях, создали для этого необходимые условия.

### **Тема 2. Научные школы Платона и Аристотеля. Античная физика, астрономия, математика, техника. Античное наследие на мусульманском Востоке и в средневековой Европе.**

Платон Афинский (Аристокл) - создатель теории познаваемых умопознанием автономно существующих идей, являющейся самым важным вкладом Платона в теорию познания (платоновский реализм или идеализм). Согласно Платону чувственное восприятие не даёт постоянного, действительного знания. Действительное знание даётся правильно образованными и поэтому неизменными понятиями, относящимися к объектам. Но эти объекты не могут быть идентичными объектам чувственного восприятия, они должны быть сверхчувственными объектами - идеями. Следовательно, в понятиях совершается познание сверхчувственного мира, поскольку понятия являются отражениями идей. Использование платоновской теории идей и разработка учения Платона его последователями получили названия "платонизм", а затем "неоплатонизм". В 387 году до нашей эры Платон основал в Афинах Академию - первое высшее учебное заведение в Западном мире, в котором были представлены специалисты во всех областях современного ему знания, поскольку прогресс в одной его области может иметь последствия в других. Платон считал, что причина способности человека познавать внешний мир заключается в том, что те простота и порядок, которые нравятся ему в мыслях, существуют и в объективном мире. Самым известным учеником платоновской Академии был Аристотель (384-322 годы до нашей эры), оказавший самое сильное влияние на развитие человеческой мысли среди своих предшественников и современников. Он создал философскую классификацию научных дисциплин, основу которой составляют метафизика и логика. Натурфилософские работы Аристотеля систематизируют все физические знания того времени. Он пытался основать физику на наблюдениях и частично на опытах, а также к учению Платона добавил положение о том, что природа может быть познана с помощью рассуждений и понята вплоть до мельчайших подробностей. Особый интерес представляют космология Аристотеля, согласно которой неподвижная шарообразная Земля является центром Вселенной, и учение о движении, господствовавшее в физике в течение полутора тысячелетий. В 335 году до нашей эры Аристотель основал в Афинах Лицей (Ликей) - научную школу, в которой впервые находились научные коллекции. После смерти Аристотеля его ученик Деметрий Фалерский создал по образцу Личея научную школу Александрийский Мусейон - первую в истории коллективную организацию для научных исследований - и библиотеку, насчитывающую более 700000 свитков. Почти вся физика эллинистического периода была связана с Мусейоном. Античная математика, астрономия и физика вначале развивались представителями пифагорейской школы - Филолаем из Кротона, Архимедом Тарентским, Евдоксом Книдским, а затем Евклидом и Аристархом Самосским, Стратоном, Архимедом, Эратосфеном Киренским, Аполлонием Пергским, Гиппархом из Никеи и Птолемеем. Конструированием военной, строительной и другой техники занимались Архимед, Ктесибий, Филон Византийский и Герон Александрийский. Время, предшествующее падению Римской империи, характеризуется и упадком античной физики. Римляне особенно усваивали те её разделы, которые имели практическое применение при строительстве гигантских сооружений. В это время появилось большое количество научных энциклопедий (Сенеки Младшего, Витрувия Поллиона, Плиния Старшего). Культурные традиции древних греков, поддержанные византийскими комментаторами, были переняты арабами и вернулись в Европу в позднем Средневековье - в XIII веке. В огромной империи - Арабском Халифате - в течение столетия с середины VIII века труды древнегреческих учёных были переведены на арабский язык, а в новых столицах - Дамаске и Багдаде - были основаны школы по образцу Александрийского Мусейона. Помимо выдающихся достижений арабских учёных в астрономии и математике, им принадлежали исследования по механике и оптике. Интерес к оптике и природе зрения происходил от того, что многие учёные были и врачами. Наиболее известные арабские учёные-энциклопедисты X-XII веков: Альхазен, Аль-Бируни, Авиценна, Аль-Хазини, Аверроэс.

### **Тема 3. Развитие математики, прогресс механики, астрономии и оптики в эпоху Возрождения и в начале Нового времени.**

Развитие арифметики, алгебры, геометрии, тригонометрии, теории вероятностей, механики, оптики, навигации и картографии {Лука Пачоли, Михаэль Штифель, Франческо Мавролик, Николо Тарталья, Джироламо Кардано, Герард Меркатор, Рафаэле Бомбелли, Джон Непер, Франсуа Виет, Симон Стевин, Жерар Дезарг, Бонавентура Кавальери, Пьер Ферма, Эвангелиста Торричелли, Николаус Меркатор, Блез Паскаль, Христиан Гюйгенс}. Леонардо да Винчи (1452-1519) - живописец, архитектор, автор многочисленных технических проектов, естественнонаучных и математических исследований, сторонник использования опыта в познании природы. Гелиоцентрическая система мира Николая Коперника (1473-1543), объяснившая видимое движение небесных тел вращением Земли вокруг своей оси и обращением Земли и планет вокруг Солнца. Открытия Галилео Галилея (1564-1642): изохронность малых колебаний маятника, законы равноускоренного движения, закон инерции, спутники Юпитера, фазы Венеры, пятна на Солнце. Научные труды, научный метод и научная школа Галилео Галилея. Аналитическая геометрия, аксиоматический научный метод и рационализм Рене Декарта (1596-1650). Современники Галилео Галилея: Уильям Гильберт - автор учения о магните; Тихо Браге - реформатор практической астрономии; Джордано Бруно - последователь Коперника, отстаивавший концепцию бесконечности Вселенной и бесчисленности множества миров; Фрэнсис Бэкон - родоначальник английского материализма; Иоганн Кеплер, открывший три закона движения планет; Виллеброрд Снеллиус - автор метода триангуляции и законов преломления света; Марен Мерсенн - участник научной переписки с выдающимися учёными своего времени.

### **Тема 4. Исаак Ньютон: научный метод, законы механики, закон Всемирного тяготения, оптические исследования. Современники Исаака Ньютона.**

Создатель классической механики Исаак Ньютон (1643-1727) - человек, оказавший наибольшее влияние на жизнь человечества во втором тысячелетии нашей эры. Интересы Ньютона в 1664-1667 годах находились в области экспериментальной оптики, в которой он проявил изобретательский дар. В эти годы Ньютон активно занимался математикой и разработал те её разделы, которые составляют анализ бесконечно малых - дифференциальное и интегральное исчисление. В 1669 году Ньютон стал профессором кафедры математики Кембриджского университета, заменив своего наставника Исаака Барроу. С годами его интерес к экспериментированию ослабевал, а увлечение вопросами теории возрастало, и Ньютон от оптики перешёл к исследованию проблем механики. В отличие от Галилея работы Ньютона в области механики отличаются обобщением принципа инерции и понятия силы, введением понятия массы (как количества материи) и распространением области применимости законов механики на всю Вселенную. Последнее обобщение, давшее миру единство, было обосновано Ньютоном с помощью четырёх правил рассуждения, составляющих принципы его научного метода и опубликованных в трактате "Математические начала натуральной философии" (1687, 1713, 1726 годы издания). Первое правило: не принимать иных причин явлений, кроме тех, что достаточны для их объяснения. Второе правило: всегда относить аналогичные явления к одной и той же причине. Третье правило: считать свойством всех тел вообще такие свойства, которые не могут быть ни ослаблены, ни усилены и присущи всем телам, над которыми можно экспериментировать. Четвёртое правило: считать правильным всякое утверждение, полученное из опыта с помощью индукции, до тех пор, пока не будут обнаружены другие явления, которые ограничивают это утверждение или противоречат ему. Третье правило позволило Ньютону сформулировать универсальный закон всемирного тяготения: если все тела притягиваются к Земле, планеты притягиваются к Солнцу, вода притягивается к Луне, значит можно заключить, что все тела притягиваются друг к другу. Провозглашая этот закон, Ньютон не определял причину притяжения: "Причину этих свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю. Всё же, что не выводится из явлений, должно называться гипотезой, гипотезам же метафизическим, физическим, механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии. В такой философии предложения выводятся из явлений и обобщаются с помощью индукции". Далее Ньютоном были даны аргументированные метафизические определения абсолютного времени и пространства, на которых была основана вся физика вплоть до конца XIX столетия. "I. Абсолютное (истинное, математическое) время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью. Относительное (кажущееся или обыденное) время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного, или математического, времени, как-то: час, день, месяц, год. II. Абсолютное пространство по своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остаётся всегда одинаковым и неподвижным. Относительное есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное...Возможно, что не существует (в природе) такого равномерного движения, которым время могло бы измеряться с совершенной точностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени изменяться не может...Время и пространство составляют как бы вместительницы самих себя и всего существующего. Во времени всё располагается в смысле порядка последовательности, в пространстве - в смысле порядка положения...".

#### **Тема 5. Прогресс естественных наук в XVIII-XIX веках: астрономия, механика, термодинамика, статистическая физика, электромагнетизм, химия, оптика и спектроскопия. Математика. Университеты и Академии наук. Начало машинного производства.**

Космогонические гипотезы Томаса Райта, Иммануила Канта, Пьера Симона Лапласа. Деятельность Михаила Васильевича Ломоносова. Аналитическая механика {Жозеф Луи Лагранж}. Развитие термодинамики и статистической физики {Никола Сади Карно, Бенуа Клапейрон, Джеймс Прескотт Джоуль, Герман Гельмгольц, Рудольф Клаузиус, Уильям Томсон (лорд Кельвин), Джозайя Уиллард Гиббс, Людвиг Больцман} и электромагнетизма {Луиджи Гальвани, Алессандро Вольта, Бенджамин Франклин, Густав Кирхгоф, Генри Кавендиш, Шарль Огюстен Кулон, Ханс Кристиан Эрстед, Анри Мари Ампер, Георг Ом, Сэмюэль Морзе, Джозеф Генри, Майкл Фарадей, Чарлз Уитстон, Эрнст Вернер Сименс, Джеймс Клерк Максвелл}. Химическая номенклатура, химические элементы, их соединения {Джозеф Пристли, Карл Вильгельм Шееле, Антуан Лоран Лавуазье, Джон Дальтон, Амедео Авогадро, Гемфри Дэви, Йенс Якоб Берцелиус} и классификация {Дмитрий Иванович Менделеев}. Развитие волновой оптики {Томас Юнг, Жан Батист Био, Этьен Малюс, Дэвид Брюстер, Доминик Франсуа Араго, Огюстен Жан Френель, Арман Ипполит Физо, Леон Фуко} и оптической спектроскопии {Уильям Волластон, Иоганн Риттер, Йозеф Фраунгофер, Кристиан Допплер}. Измерение солнечной постоянной {Клод Пуье}. Неевклидова геометрия {Николай Иванович Лобачевский, Янош Бойаи (Большай), Карл Фридрих Гаусс, Бернхард Риман, Давид Гильберт}, теория групп {Эварист Галуа, Камиль Жордан, Софус Ли, Феликс Клейн, Эли Жозеф Картан}. Огюст Браве установил основные виды пространственных решёток кристаллов (14 решёток Браве). Изобретение и усовершенствование паровых машин {Томас Ньюкомен, Джеймс Уатт}. Внедрение прядильных, шерсточесальных и хлопкоочистительных машин, гидравлического пресса, металлообрабатывающих станков. Применение машинного труда в лёгкой и пищевой промышленности. Железнодорожный транспорт и судоходство на паровой тяге.

#### **Тема 6. Электромагнитные волны, радио, рентгеновские лучи, радиоактивность, квант действия, сверхпроводимость. Специальная и общая теории относительности. Физика атома и твёрдого тела.**

В 1886-1889 годах Генрих Рудольф Герц (1857-1894) экспериментально доказал существование электромагнитных волн (длиной 66 см) и подтвердил тождественность основных свойств электромагнитных и световых волн. Пётр Николаевич Лебедев (1866-1912) экспериментально доказал существование давления света на твёрдые тела (1899) и на газы (1907), что явилось подтверждением электромагнитной природы света. В 1895 году Александр Степанович Попов (1859-1906) продемонстрировал первый в мире радиоприёмник. Радиотехник и предприниматель Гульельмо Маркони (1874-1937) в 1897 году получил патент на изобретение радиоприёмника и развивал радио, как средство связи (Нобелевская премия по физике совместно с К.Ф. Брауном 1909 года). Вильгельм Конрад Рентген (1845-1923) в 1895 году открыл рентгеновские лучи и исследовал их свойства (первая Нобелевская премия по физике 1901 года). Антуан Анри Беккерель (1852-1908) в 1896 году открыл естественную радиоактивность солей урана. Пьер Кюри (1859-1906) и Мария Склодовская-Кюри (1867-1934), в 1898 году открывшие полоний и радий, совместно с А.А. Беккерелем получили Нобелевскую премию по физике 1903 года. М. Склодовская-Кюри получила Нобелевскую премию по химии (1911) за открытие полония и радия, получение металлического радия и исследование его свойств. В 1897 году Дж.Дж. Томсон открыл электрон (Нобелевская премия по физике 1906 года). Макс Планк (1858-1947) в 1900 году вывел закон распределения энергии в спектре излучения абсолютно чёрного тела в предположении, что атомные осцилляторы излучают энергию порциями - квантами, ввёл фундаментальную постоянную размерности действия - постоянную Планка (Нобелевская премия по физике 1918 года). Хейке Камерлинг-Оннес (1853-1926) получил жидкий водород (1906), жидкий гелий (1908) и открыл сверхпроводимость (1911) (Нобелевская премия по физике 1913 года). Эрнест Резерфорд (1871-1937) в 1899 году открыл альфа и бета-лучи и установил их природу, совместно с Фредериком Содди создал теорию радиоактивности (1903), открыл атомное ядро и предложил планетарную модель атома (1911), осуществил первую искусственную ядерную реакцию и открыл протон (1919) (Нобелевская премия по химии за превращения радиоактивных элементов 1908 года). Хендрик Антон Лоренц (1853-1928) создал классическую электронную теорию (1880-1909), позволившую объяснить эффект Питера Зеемана (Нобелевская премия по физике 1902 года). Альберт Эйнштейн (1879-1955) ввёл понятие о кванте света (фотоне), с помощью которого объяснил явление фотоэффекта (1905) (Нобелевская премия по физике 1921 года), развил молекулярно-статистическую теорию броуновского движения (1905), разработал основы специальной теории относительности (1905), создал первую квантовую теорию теплоёмкости твёрдых тел (1907), предсказал явление индуцированного излучения света (1916), создал общую теорию относительности (1907-1916), обусловившую развитие релятивистской космологии, и предсказал существование гравитационных волн (1916). Виктор Франц Гесс (1883-1964) открыл космические лучи (1912) (Нобелевская премия по физике 1936 года). Нильс Хенрик Давид Бор (1885-1962) в 1913 году создал первую квантовую модель водородоподобного атома (Нобелевская премия по физике 1922 года), с помощью которой объяснил особенности периодической системы химических элементов. Евграф Степанович Фёдоров (1853-1919) вывел 230 пространственных групп симметрии кристаллов (1890). Макс фон Лауэ (1869-1960) предложил использовать кристаллические решётки в качестве дифракционных решёток для рентгеновских лучей и разработал теорию интерференции рентгеновских лучей в кристаллах (1912) (Нобелевская премия по физике 1914 года). Генри (1862-1942) и Лоуренс (1890-1971) Брэгги, используя явление дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, впервые осуществили исследование кристаллических структур (1912), представив экспериментальное доказательство периодичности и параметры атомной структуры кристаллов (Нобелевская премия по физике 1915 года).

**Тема 7. Квантовая (волновая) механика. Физика конденсированного состояния. Магнитный резонанс.**



Луи де Бройль (1892-1987) распространил идею А. Эйнштейна о двойственной корпускулярно-волновой природе света на микрочастицы (1924). Волновые свойства электрона были подтверждены опытами К.Дж. Девиссона-Л.Х. Джермера и Дж.П. Томсона (1927) по дифракции электронов. Год 1925: спин электрона {Дж.Ю. Уленбек, С. Гаудсмит}; принцип Вольфганга Паули (1900-1958) (Нобелевская премия по физике 1945 года); первый вариант квантовой механики - матричная механика Вернера Гейзенберга (1901-1976) (Нобелевская премия по физике 1932 года). Год 1926: уравнение Эрвина Шредингера (1887-1961) (Нобелевская премия по физике 1933 года). Принцип неопределённости В. Гейзенберга (1927). Год 1928: релятивистская теория электрона Поля Адриена Мориса Дирака (1902-1984) (Нобелевская премия по физике 1933 года). Квантовая статистика Ферми-Дирака для систем тождественных частиц с полужелтым спином (фермионов) и Бозе-Эйнштейна для систем тождественных частиц с целым спином (бозонов). Зонная теория электронной структуры твёрдых тел (1928) Феликса Блоха (1905-1983) и Леона Бриллюэна (1889-1969). Квантовая теория рассеяния света в кристаллах Игоря Евгеньевича Тамма (1895-1971), в которой впервые введены кванты энергии колебаний кристаллической решётки - фононы (1930). Пётр Леонидович Капица (1894-1984) разработал новые методы охлаждения водорода и гелия (1934), открыл явление сверхтекучести  $^4\text{He}$  (1938) (Нобелевская премия 1978 года). Теория доменной структуры ферромагнетиков (1935) (с Е.М. Лифшицем), теория фазовых переходов второго рода (1937), теория сверхтекучести гелия II (1941) (Нобелевская премия по физике 1962 года), феноменологическая теория сверхпроводимости (1950) (совместно с В.Л. Гинзбургом) Льва Давидовича Ландау (1908-1968). Наблюдение явления (1934) и создание теории излучения Вавилова-Черенкова (1937) {И.Е. Тамм, И.М. Франк, П.А. Черенков. Нобелевская премия по физике 1958 года}. Первый квантовый генератор на молекулярном пучке аммиака (1954) {Николай Геннадиевич Басов, Александр Михайлович Прохоров, Чарльз Хард Таунс. Нобелевская премия по физике 1964 года}. Существенный вклад в теорию сверхпроводимости и сверхтекучести {Алексей Алексеевич Абрикосов (1928-2017), Виталий Лазаревич Гинзбург (1916-2009), Энтони Джеймс Леггет. Нобелевская премия по физике 2003 года}. Фундаментальные исследования гетеропереходов в полупроводниках и создание на их основе новых приборов {Жорес Иванович Алфёров (1930-2019), Герберт Кремер. Нобелевская премия по физике 2000 года}. Исидор Айзек Раби (1898-1988) разработал метод магнитного резонанса в молекулярных пучках для определения ядерных моментов (1937) и осуществил прецизионные измерения магнитных моментов протона и дейтрона (1939) (Нобелевская премия по физике 1944 года). В 1940 году Феликс Блох и Луис Альварес измерили магнитный момент нейтрона. В 1946 году Ф. Блох и независимо Эдуард Милс Пёрселл открыли явление ядерного магнитного резонанса (Нобелевская премия по физике 1952 года). Корнелис Якоб Гортер (1907-1980) открыл парамагнитную релаксацию (1936), разработал калориметрический метод измерения поглощения энергии переменного магнитного поля парамагнетиком (1936). Евгений Константинович Завойский (1907-1976) в 1944 году открыл явление электронного парамагнитного резонанса с помощью радиотехнического метода сеточного тока.

#### **Тема 8. Физика ядра и элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Объединения фундаментальных взаимодействий. Классификация элементарных частиц и переносчиков их взаимодействий.**

Обнаружение в 1927-1929 годах заряженных частиц высоких энергий в космических лучах Дмитрием Владимировичем Скобельцыным (1892-1990). Открытие в 1932 году нейтрона Джеймсом Чедвиком (1891-1974) (Нобелевская премия по физике 1935 года) и позитрона в космических лучах Карлом Андерсоном (Нобелевская премия по физике 1936 года). Энрико Ферми (1901-1954): теория слабых взаимодействий (бета-распад) (1934); искусственная радиоактивность, обусловленная нейтронами, и замедление нейтронов в веществе (1934) (Нобелевская премия по физике 1938 года); первый ядерный реактор (1942). Владимир Иосифович Векслер (1907-1966) предложил в 1944 году принцип автофазировки потоков заряженных частиц в ускорителях (независимо Э.М. Макмиллан, 1945), руководил созданием первых советских синхротрона (1947) и синхрофазотрона (1957). Атомная проблема в США и в СССР. Синтез трансураниевых элементов. Управляемый термоядерный синтез. Фундаментальные взаимодействия: электромагнитное, гравитационное, слабое и сильное взаимодействия. Безразмерные постоянные и другие основные характеристики фундаментальных взаимодействий. Переносчики взаимодействий. Создание квантовой электродинамики (Нобелевская премия по физике 1965 года: Ричард Фейнман, Юлиан Швингер, Синъитиро Томонага), теории слабого взаимодействия (М. Гелл-Манн, Р. Фейнман, Р. Маршак, Э. Сударшан). В 1964 году независимо Мюрреем Гелл-Манном и Джоржем Цвейгом была выдвинута гипотеза кварков. Дж. Цвейг предложил кварковую модель адронов (1969), М. Гелл-Манн выдвинул гипотезу глюонов (1973) - переносчиков сильного взаимодействия между кварками. Единая теория слабых и электромагнитных взаимодействий {Стивен Вайнберг (1967), Абдус Салам (1968), Шелдон Глэшоу (1972); Нобелевская премия по физике 1979 года}. Открытие векторных бозонов - переносчиков слабых взаимодействий {Карло Рубиа, Симон ван дер Меер; Нобелевская премия по физике 1984 года}. Классификация элементарных частиц - лептонов и кварков - и переносчиков их взаимодействий. Квантовая хромодинамика - квантовополевая теория сильного взаимодействия кварков. Модель Великого объединения Ш. Глэшоу - объединения сильного, электромагнитного и слабого взаимодействий. Теория супергравитации и суперструн - суперсимметризованная теория тяготения, в рамках которой возникают возможности объединения всех взаимодействий - Суперобъединения.

#### **Тема 9. Космология. Иерархическая структура Вселенной. Космологические постулаты. Крупномасштабная динамика Вселенной. Модель Большого Взрыва. Классификация физических теорий.**

Космология - физическое учение о Вселенной, строении и эволюции её видимой части. Теоретический фундамент космологии - общая теория относительности и теория физических полей. Эмпирическая основа космологии - внегалактическая астрономия. Звездообразование. Нагревание газа при его гравитационном сжатии. Параметры, характеризующие термоядерные реакции водородного цикла. Термоядерные реакции углеродно-азотного цикла. Термоядерные реакции - основной источник энергии звёзд и один из основных механизмов нуклеосинтеза. Нейтронные звёзды и чёрные дыры. Открытие гравитационных волн. Крупномасштабная динамика Вселенной. Космологические постулаты А.А. Фридмана. Масштабы, в которых справедливы космологические постулаты. Анализ эволюции Вселенной, основанный на теории тяготения и механике И. Ньютона. Критическая плотность. Холодная открытая (расширяющаяся) и закрытая (пульсирующая) Вселенная. Открытая горячая Вселенная. Реликтовое излучение. Эра излучения, переломная эпоха, эра вещества. Барийная асимметрия Вселенной. Проблема устойчивости протона. Состояние Вселенной с огромными (порядка планковских значений) плотностью энергии материи и кривизны пространства-времени (физическая сингулярность), вместе с последующим этапом эволюции Вселенной с высокой плотностью энергии - Большой Взрыв. Мировые фундаментальные константы: гравитационная постоянная  $G$ , скорость света в вакууме  $c$ , постоянная Планка  $h$ . Планковские длина, время, масса и энергия. Классификация физических теорий с помощью мировых фундаментальных констант (куб Бронштейна-Зельманова).

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Альтшулер Н.С., Ларионов А.Л., Ларионов И.А. Выдающиеся отечественные представители естественных и точных наук: биографический и институциональный справочник. ЭОР. [Электронный ресурс] - <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=102> .

Ларионов А.Л. История и методология физики: Античность и Средние века. - Казань, 2013 - [Электронный ресурс] - [http://kpfu.ru/docs/F515457482/History\\_Method\\_Physics.pdf](http://kpfu.ru/docs/F515457482/History_Method_Physics.pdf)

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Библиотека Library Genesis - <http://gen.lib.rus.ec>

методические материалы кафедры ТФ -

<http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>

Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Понять и запомнить все новые определения.</li> <li>- Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект.</li> <li>- Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).</li> <li>- Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.</li> <li>- При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.</li> </ul>
самостоятельная работа	Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.
зачет	Методические рекомендации по подготовке к зачету.  Подготовка к зачету состоит в изучении лекций (см. методические указания по самостоятельной работе), при необходимости в изучении вопросов по предложенным литературным источникам, анализу устного опроса, реферата и вопросов, рассмотренных в рамках дискуссионного обсуждения.

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

#### Основная литература:

1. Гусева, Е. А. Философия и история науки : учебник / Е.А. Гусева, В.Е. Леонов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 128 с. - (Высшее образование: Магистратура). - ISBN 978-5-16-005796-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039299> (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Гусейханов, М. К. Естественнонаучные картины мира : учебное пособие / М. К. Гусейханов, О. Р. Раджабов, Ф. М. Гусейханова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 212 с. - ISBN 978-5-8114-3333-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/169294> (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Гусейханов, М. К. Основы астрофизики: учебное пособие / М. К. Гусейханов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 208 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/114694> (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Гусейханов, М. К. Современные проблемы естественных наук : учебное пособие / М. К. Гусейханов, У. Г. Магомедова, Ф. М. Гусейханова. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 276 с. - ISBN 978-5-8114-2523-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/169105> (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Гусейханов, М. К. Основы космологии : учебное пособие для вузов / М. К. Гусейханов. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 192 с. - ISBN 978-5-8114-9685-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/197705> (дата обращения: 25.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Нугаев, Р. М. Максвелловская научная революция: согласование исследовательских программ Фарадея, Ампера-Вебера и Френеля-Юнга / Р. М. Нугаев. - Казань: КФУ, 2013. - 176 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/72817> (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ларионов, А.Л. История и методология физики: Античность и Средние века / А.Л. Ларионов. - Казань, 2013 - 42 с. - Текст : электронный. - URL: [http://kpfu.ru/docs/F515457482/History\\_Method\\_Physics.pdf](http://kpfu.ru/docs/F515457482/History_Method_Physics.pdf) (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: свободный.
4. Мейдер, В.А. Концепция современного естествознания : учебно-методическое пособие / В.А. Мейдер. - Москва : Флинта, 2019. - 533 с. - ISBN 978-5-9765-1986-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1048019> (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.