

Приложение № 5
к программе
подготовки научных и научно-педагогических
кадров в аспирантуре
НИЦ «Курчатовский институт»
по научной специальности
2.2.4. Приборы и методы измерения
(по видам измерений)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по специальной дисциплине
«Приборы и методы измерения (по видам измерений)»

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью курса «Приборы и методы измерения (по видам измерений)» является подготовка высококвалифицированных специалистов, знающих современное состояние научных, технических и нормативно-технических основ, необходимых для обеспечения современных требований к единству и точности измерений, обеспечиваемых следующими группами видов измерений (приборов и методов): измерения механических величин, измерения времени и частоты, измерения тепловых величин, измерения электрических и магнитных величин, измерения аналитических и структурно-аналитических величин (состава и концентрации веществ); способных разрабатывать новые принципы, методы и средства измерений, существенным образом совершенствовать известные принципы, методы и средств измерений, обусловленные требованиями развития науки и техники.

Основными задачами изучения учебного курса является формирование у аспирантов углубленных знаний в области теории случайных процессов с элементами теории вероятностей и математической статистики; основ метрологии и метрологического обеспечения; математической обработки результатов измерений; теории измерений и передаче измерительной информации, методов и средств измерений механических величин, времени и частоты, тепловых величин, электрических и магнитных величин, аналитических и структурно-аналитических величин (состава и концентрации веществ), без понимания и освоения которых невозможна подготовка высококвалифицированных специалистов и преподавателей высших учебных заведений.

2. Место дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров

Дисциплина «Приборы и методы измерения (по видам измерений)» входит в образовательный компонент и является специальной дисциплиной

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров для научной специальности 2.2.4. «Приборы и методы измерения (по видам измерений)»).

В соответствии с учебным планом занятия проводятся на первом, втором году обучения (во втором, третьем, четвертых семестрах). Кандидатский экзамен сдается в четвертом семестре.

Объем дисциплины составляет 396 часов (11 зачетных единиц), из которых 198 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (лекции, занятия семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, мероприятия текущего контроля успеваемости и итогового контроля). Самостоятельная работа обучающегося составляет 198 часов. Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых и/или индивидуальных консультаций.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Данная дисциплина участвует в формировании следующих компетенций:

- 1) способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- 2) способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;
- 3) владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;
- 4) владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;
- 5) способность самостоятельно проводить научные исследования в области приборов и методов для измерения ионизирующих излучений

и рентгеновских приборов и применять полученные результаты для решения научно-исследовательских и научно-инновационных задач.

В результате освоения данной дисциплины аспирант должен знать:

- 1) основы метрологии;
- 2) физические основы получения измерительной информации;
- 3) методы и средства измерений;
- 4) основы метрологического обеспечения при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств;
- 5) основы приборостроения;
- 6) общую теорию измерений;
- 7) сущность методологии проведения метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов.

В результате освоения данной дисциплины аспирант уметь:

- 1) проводить измерения механических величин;
- 2) проводить теплофизические измерения;
- 3) проводить измерения времени частоты;
- 4) проводить измерения электрических и магнитных величин;
- 5) проводить аналитических и структурно-аналитических величин;
- 6) использовать полученные результаты для улучшения измерительных характеристик приборов.

В результате освоения данной дисциплины аспирант владеть:

- 1) основными методами построения блоков и узлов детектирования и электронной аппаратуры;
- 2) навыками проведения физических экспериментов с целью оценки измерительных характеристик приборов;
- 3) методами математической обработки результатов экспериментов;
- 4) навыками подготовки научных сообщений.

4. Объем дисциплины, виды учебной работы (в часах), структура и содержание дисциплины

4.1. Объем и виды учебной работы (в часах) по дисциплине в целом

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость базового модуля дисциплины	396
Аудиторные занятия (всего)	198
В том числе:	
Лекции (Л)	144
Семинары/практические занятия (С/ПрЗ)	54
Самостоятельная работа (СР)	198
В том числе*:	
Форма текущего контроля	реферат, контрольная работа, (домашние задания, индивидуальные и групповые консультации)
Форма итогового контроля (промежуточная аттестация)	экзамен (КЭ)

* приводятся все виды самостоятельной работы по данной дисциплине

4.2. Структура и содержание дисциплины

№ темы	Наименование разделов, тем дисциплины	Часы			
		Всего	Л	С/ПрЗ	СР
1	2	3	4	5	6
1	Основы метрологии	60	22	8	30
2	Измерения механических величин	56	20	8	28
3	Теплофизические измерения	56	20	8	28
4	Измерение времени частоты	56	20	8	28
5	Измерения электрических и магнитных величин	56	20	8	28
6	Измерения аналитических и структурно-аналитических величин	52	20	6	26
7	Основы метрологического обеспечения	58	22	8	30
Всего		396	144	54	198

4.2.1 Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	Содержание разделов дисциплины
1	4	3
1	22	<p>Предмет и задачи метрологии. Важнейшие термины и определения. Физические величины. Единицы физических величин. Системы единиц физических величин. Принципы создания естественной системы единиц. Размерность величин и единиц. Практические приложения теории размерностей. Международная система единиц (СИ). Средства измерений. Виды средств измерений. Меры и наборы мер. Измерительные аналоговые и цифровые преобразователи. Измерительные установки и принадлежности. Параметры и свойства средств измерений. Исходные (эталонные) средства измерений. Рабочие средства измерений. Отсчетные устройства: шкальные, цифровые, регистрирующие. Нормирование метрологических характеристик и классы точности. Способы выражения пределов допускаемой погрешности. Эталоны. Общие понятия. Государственные эталоны первичные и специальные. Вторичные эталоны (эталон-копии, сравнения и рабочие). Одиночный и групповой эталоны. Эталонный набор. Хранение эталонов.</p> <p>Перспективы развития эталонов.</p> <p>Методы и принципы измерений. Виды методов измерений. Преобразование измеряемой величины в процессе измерений. Метод непосредственной оценки. Дифференциальный метод. Нулевой метод. Метод совпадений. Принципы измерений.</p> <p>Общие требования к измерениям. Анализ постановки измерительной задачи. Выбор средств и методов измерений. Выбор числа измерений. Методика выполнения измерений. Способы обнаружения и исключения систематических погрешностей. Метод замещения, компенсации погрешности по знаку, метод противопоставления, метод симметричных наблюдений.</p> <p>Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравноточные измерения.</p> <p>Погрешности измерений. Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимости результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности</p>

		<p>измерительных устройств в статическом и динамическом режиме. Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств. Суммирование погрешностей измерительного канала для зависимых и независимых составляющих. Расчет динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных устройств. Концепция неопределенности результатов измерений.</p> <p>Обработка результатов измерений. Требования к методам обработки результатов измерений. Группирование экспериментальных данных. Проверка гипотезы о виде распределения экспериментальных данных. Исключение грубых погрешностей. Обработка нормального распределения данных и отличных от нормального. Обработка результатов прямых однократных измерений. Обработка результатов косвенных, совместных, совокупных измерений. Проверка однородности и равноточности групп измерений при нормальном и отличном от нормального распределении. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.</p> <p>Обеспечение единства измерений. Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерения. Эталоны. Поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Калибровка средств измерений. Измерения при контроле. Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателей качества. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля.</p>
2	20	<p>Измерения механических величин. Каноническое уравнение механики. Законы Ньютона и Гука. Принцип Д'Аламбера. Измерительные преобразователи. Методы и средства измерений плотности веществ. Измерение параметров движения. Измерители линейных скоростей. Измерители скоростей вращения. Акселерометры. Виброметры. Методы измерения сил, моментов. Динамометры. Принципы действия динамометров. Моментомеры. Преобразование крутящего момента. Метрологические характеристики и классификация весоизмерительных приборов. Измерения линейно-угловых величин. Классификация средств линейно-</p>

		угловых измерений. Поверочное оборудование и поверка средств измерений механических величин. Контроль размеров. Испытания на внешнее воздействие.
3	20	Теплофизические измерения. Закон Бойля-Мариотта. Закон Гей-Люссака. Уравнение Стокса и Бернулли. Основные законы термодинамики. Цикл Карно. Процесс Джоуля-Томпсона. Теплоемкость. Теорема Нернста. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Правило фаз Гиббса. Поверхностные явления. Основные понятия статистической физики. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Сверхтекучесть. Строение твердого тела. Эффект Джозефсона. Эффект Холла. Методы измерения температуры. Общие сведения об измерении температуры и температурных шкалах. Метрологические характеристики классификация средств измерения температуры. Термометры сопротивления и методы измерения сопротивления. Пирометры. Методы измерения давления и разрежения, расхода и уровня. Средства измерений давления и разности давления. Вакуумметры. Измерение расхода жидкостей, газа и пара по перепаду давления в сужающем устройстве. Расходомеры постоянного перепада, электрические, тахометрические и ультразвуковые. Тепломеры. Измерение уровня. Методы и средства поверки средств измерений теплотехнических величин.
4	20	Измерение времени частоты. Принцип неопределенности при измерении временных и частотных параметров. Эталонное время. Шкалы времени. Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли. Квантовые стандарты частоты и времени. Кварцевые меры частоты. Частотомеры резонансные, гетеродинные, емкостные, мостовые. Электронносчетные частотомеры. Синтезаторы частоты, делители и умножители частоты. Фазовые и частотные компараторы. Измерители интервалов времени. Приемники сигналов эталонных частот и сигналов времени. Методы определения действительного значения частоты электромагнитных колебаний. Методы определения кратковременной нестабильной частоты. Электронные методы измерения интервалов времени. Поверочное оборудование и поверка средств измерений времени и частоты.
5	20	Измерения электрических и магнитных величин. Законы Кирхгофа и Ома. Закон магнитной индукции Ампера. Теорема Ампера. Методы измерений электрических и магнитных величин. Классификация средств измерений электрических и магнитных величин. Электрические

		<p>измерительные преобразователи. Основные узлы электроизмерительных приборов. Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества. Измерения частоты и фазы, анализ спектра электрических сигналов. Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока. Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов. Методы и средства поверки средств измерений электрических и магнитных величин.</p>
6	20	<p>Измерения аналитических и структурно-аналитических величин. Периодическая система элементов Менделеева. Закон Буггера-Ламберта-Бэра. Закон Фарадея. Уравнение Нернста. Закон Стокса-Ломмеля. Методы измерений аналитических и структурно-аналитических величин. Колориметрический метод. Измерение интенсивности окраски. Типы фотоэлектрических колориметров. Нефелометрический и турбидиметрический методы. Аппаратура и методика измерений. Фототурбидиметрическое титрование. Рефрактометрический метод. Анализ двух- и трехкомпонентных систем. Виды рефрактометров. Поляриметрический метод. Принципиальная схема поляриметра. Люминесцентный метод. Области применения люминесцентного метода. Кондуктометрический метод. Кондуктометрическое титрование. Установка для кондуктометрического высокоточного титрования. Потенциометрический метод. Виды потенциометров. Полярографический метод. Концентрационная поляризация. Получение полярограммы. Аппаратура для полярографического анализа. Электроанализ. Теоретические основы метода. Аппаратура для электровесового и кулонометрического анализа. Хроматографический метод. Ионообменная, молекулярно-абсорбционная, осадочная и распределительная хроматография. Дозаторы, хроматографические колонки, детекторы. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Выражение неопределенности результатов измерений. Методы и средства обеспечения единства измерений аналитических величин.</p>
7	22	<p>Особенности метрологического обеспечения при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств. Средства измерений как основа метрологического обеспечения. Влияние средств измерений на точность и надежность технических устройств. Выбор средств измерений по точности. Автоматические измерительные</p>

		<p>системы как средства диагностики, контроля и поверки. Сигнатурные и логические анализаторы. Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем.</p> <p>Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения, единицы величин. Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы. Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений.</p> <p>Сущность методологии проведения метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов. Основные направления их совершенствования.</p>
--	--	--

4.2.2 Содержание семинаров и (или) практических занятий

№ темы	Всего часов	Содержание разделов дисциплины
1	2	3
1	8	<p>Основы взаимодействия физических полей с веществом; физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной и управляющей информации: механические, электрические, магнитные, оптические, химические, ядерные и др.; области и возможности применения физических явлений и эффектов в технике измерений; закономерности проявления физических эффектов, их техническая реализация, понятие преобразователя информации; измерение физических величин различной природы; постановка и методы решения задач информационного поиска, анализа и синтеза физических явлений и эффектов для создания средств измерений, управления, диагностики и контроля.</p>
2	8	<p>Измерители линейных скоростей. Измерители скоростей вращения. Акселерометры. Виброметры. Методы измерения сил, моментов. Динамометры. Принципы действия динамометров. Моментометры.</p>
3	8	<p>Термометры сопротивления и методы измерения сопротивления. Пирометры. Методы измерения давления и разрежения, расхода и уровня. Средства измерений давления и разности давления. Вакуумметры.</p>
4	8	<p>Частотомеры резонансные, гетеродинные, емкостные, мостовые. Электронносчетные частотомеры. Синтезаторы частоты, делители и умножители частоты. Фазовые и частотные компараторы. Измерители интервалов времени. Приемники сигналов эталонных частот и сигналов времени.</p>
5	8	<p>Электрические измерительные преобразователи. Основные</p>

		узлы электроизмерительных приборов.
6	6	Ионообменная, молекулярно-абсорбционная, осадочная и распределительная хроматография. Дозаторы, хроматографические колонки, детекторы.
7	8	Выбор средств измерений по точности. Автоматические измерительные системы как средства диагностики, контроля и поверки. Сигнатурные и логические анализаторы.

5. Образовательные технологии

1. При реализации настоящей дисциплины предусмотрено применение следующих образовательных технологий: лекции-визуализации (все лекции сопровождаются презентациями), проблемные лекции с дискуссией (на каждой лекции рассматриваются проблемные вопросы по актуальным направлениям развития предмета).

2. В учебном процессе помимо чтения лекций широко используются активные и интерактивные формы. Совместное и самостоятельное решение аспирантами задач по темам лекций на занятиях семинарского типа, самостоятельное изучение предложенных тем и выступление с докладами на занятиях.

В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Текущий контроль (промежуточный) проводится на 7 и 14 неделе в форме контрольной работы с оценкой по пятибалльной системе. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Самостоятельная работа аспирантов предполагает проработку лекционного материала в читальном зале библиотеки, в лабораториях, с доступом к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных,

к ресурсам Интернет. Кроме того, аспирантам предлагается конспектирование и проработка материала научных докладов на диссертационном совете по научной специальности, участие в работе научных конференций и школ, работа в библиотеке и на сайтах электронных изданий.

Для получения положительной оценки и для выполнения задания по самостоятельной работе аспиранту необходимо подготовить реферат по представленным или подобным темам объемом 15 – 20 стр. Реферат должен быть написан самостоятельно и построен по типу статьи: краткая аннотация: 4 – 5 строк, введение (цели, задачи обзора, объект рассмотрения), основная часть (описание объекта или способа), заключение, литература. Обязательно предоставляется информация (ссылки на статьи и патенты) об авторах, институтах, лабораториях, которые разрабатывали представленную тематику. Перспективы и прогноз дальнейших исследований. Возможное применение данных разработок. Можно предоставить данные по фирмам и рекламную литературу по их деятельности, которые занимаются данными разработками. В реферате должны быть отражены методы формирования объекта, способы измерения его характеристик и свойств, применения.

Итоговый контроль – экзамен (КЭ).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

I. Основная литература:

1. Ковальчук, М.В. Идеология природоподобных технологий / Михаил Ковальчук; Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». – Москва: Физматлит, 2021 – 336 с. – ISBN 978-5-9221-1931-3.

2. Российская метрологическая энциклопедия. Том 1. – СПб.: Информационно-издательская фирма «Лики России», 2015. – 904 с. – ISBN 978-5-87417-510-8.

3. Слаев, В.А., Чуновкина, А.Г. Аттестация программного обеспечения, используемого в метрологии: Справочная книга/ под ред. В.А. Слаева – СПб.: «Профессионал», 2009. – Текст: электронный. – DOI отсутствует. – URL: <http://mathscinet.ru/slaev/records/images/SlaevChun09.pdf> (дата обращения: 12.08.2022).

4. Кучерявенко, Е.П., Синяков А.И. Конспекты лекций по программе «Обеспечение единства измерений»: Сборник. – М.: АСМС, 2014. – ISBN 978-5-93088-144-8.

5. Фридман, А.Э. Основы метрологии: современный курс. – СПб.: Профессионал, 2008. – ISBN 978-5-91259-018-4.

6. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие / К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович, Б.Я. Литвинов. – СПб.: Питер, 2010. – ISBN 5-89035-328-4.

7. Тартаковский, Д.Ф., Ястребов, А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов. - М.: Высш. школа, 2002. – ISBN 978-5-06-005958-8.

8. Епифанов, С.Н., Красных А.А., Семеновых Л.В. Электроизмерительные приборы. Справочно-методическое пособие. – Киров: изд-во ВятГУ, 2007. – Текст: электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://studfile.net/preview/4350316/> (дата обращения: 12.08.2022).

9. Орнатский, П.П. Автоматические измерения и приборы. – Киев: Высшая школа, 1986. 13. Шишмарев В.Ю. Технические измерения и приборы : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М. : Издательский центр «Академия», 2010. https://academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_19593.pdf (дата обращения: 12.08.2022).

10. Миронов, Э.Г Метрология и технические измерения : учебное пособие / Э.Г. Миронов, Н.П. Бессонов. — М. : КНОРУС, 2016. — 422 с. — (Бакалавриат). ISBN 978-5-406-04843-6.

11. Солопченко Г.Н. Измерительные информационные системы: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. – ISBN 978-5-7422-2930-8.

12. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Общая метрология. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – ISBN 5-7050-0438-9.

II. Дополнительная литература:

1. Клаасен, К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. М.: Постмаркет, 2000. – ISBN 5-901095-02-2.

2. Контрольно-измерительные приборы и инструменты : учебник для нач. проф. образования / [С.А.Зайцев, Д.Д.Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В.Меркулов]. — 6-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 464 с. –ISBN 978-5-7695-9489-2.

3. Данилин, А.А. Измерения в технике СВЧ. URSS. 2008. - 184 с. – ISBN 978-5-88070-158-2.

4. Дресвянников, А.Ф., Петрова Е.В., Ермолаева Е.А. Физические основы измерений. Изд. стереотип. URSS. 2017. - 296 с. – ISBN 978-5-9710-0363-2.

5. Шишмарёв, В.Ю. Технические измерения и приборы 3-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов. Изд. 3, пер. и доп. URSS. 2022.- 377 с. – 978-5-534-12536-8

6. Клаассен, К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы [Текст] : [учебное пособие] / К. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова и А. Л. Ларина. - 4-е изд. - Долгопрудный (Московская обл.) : Интеллект, 2012. - 350 с. – ISBN 978-5-91559-125-6.

7. Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы в 2 Т. Том 1 в 2 кн. Книга 2. 2-е изд., испр. и доп. Учебник для вузов. URSS. 2022. - 259 с. ISBN 978-5-9916-9543-5.

8. Рачков, М.Ю. Технические измерения и приборы. Учебник и практикум для вузов Изд. 3. URSS. 2022. 151 с. – ISBN978-5-534-07525-0.

9. Ядерное приборостроение в 3-х томах / Под ред. С.Б. Чебышова и Д.Б. Хазанова. – М: Восточный горизонт, 2005 г., Том.1 447 с.

10. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.

11. Фертман Д.Е., Чебышев С.Б. Радиометрия сред. – М. «Деловой экспресс», 2017. – 288 с. – ISBN 978-5-89644-127-4.

III. Перечень ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

1. Фонд знаний «Ломоносов»: [сайт]. URL: <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01270:article> (дата обращения: 12.08.2022).

2. Словари и энциклопедии на Академике: [сайт]. – URL: <https://dal.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/695372> (дата обращения: 12.08.2022).

IV. Доступ к электронным библиотекам:

1. Фонд знаний «Ломоносов»: [сайт]. URL: <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01270:article> (дата обращения: 28.06.2022).

2. Электронная библиотека Платонанет: [сайт]. – URL: https://platona.net/load/knigi_po_filosofii/2 (дата обращения: 28.06.2022).

3. Онлайн-каталог DOAJ: [сайт]. – URL: <https://doaj.org/> (дата обращения: 28.06.2022).

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: [сайт]. – URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.07.2022).

5. Сервер документов ЦЕРН: [сайт]. – URL: <https://cds.cern.ch/> (дата обращения: 30.07.2022).

6. Открытый доступ к журналам по физике и астрономии Physics related free-access Journals: [сайт]. – URL: <https://www.elsevier.com/physical-sciences-and-engineering/physics-and-astronomy/journals/open-access-in-physics-journals> (дата обращения: 30.07.2022).

7. Большая научная библиотека: [сайт]. – URL: <http://www.scilib.net/> (дата обращения: 12.08.2022).

8. Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов:

[сайт]. – URL: <https://www.dissercat.com/> (дата обращения: 12.08.2022).

9. Электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета: [сайт]. – URL: <http://lib.mexmat.ru/index.php> (дата обращения: 12.08.2022).

10. Электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований: [сайт]. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> (дата обращения: 12.08.2022).

11. Вестник РФФИ: [сайт]. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/bulletin> (дата обращения: 30.08.2022).

12. Книги, изданные при поддержке РФФИ: [сайт]. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books> (дата обращения: 30.08.2022).

V. Доступ к журналам и базам публикаций различных научных издательств:

1. Электронный доступ к коллекции из 15 журналов базы данных компании Американского физического общества (APS). База данных APS содержит журналы по ядерной физике, физике высоких энергий, астрофизике, математической физике, механике и др.: [сайт]. – URL: <https://www.aps.org/> (дата обращения: 12.09.2022).

2. Электронный доступ к коллекции из 17 журналов базы данных компании AIP Publishing LLC (AIP). Тематические рубрики изданий включают основные разделы физики и смежных областей знания: [сайт]. – URL: <https://www.aip.org/> (дата обращения: 12.09.2022).

3. Электронный доступ и использование баз данных журналов компании IOP PUBLISHING LIMITED: База данных журнала Nuclear Fusion: [сайт]. – URL: <https://www.iop.org/> (дата обращения: 12.09.2022).

4. Электронный доступ к журналам и книгам издательства Elsevier на платформе ScienceDirect: [сайт]. – URL: <http://info.sciencedirect.com/techsupport/journals/freedomcoll.htm> (дата обращения: 12.09.2022).

5. Электронный доступ к журналам, книгам и базам данных издательства Springer_Nature: [сайт]. – URL: <https://www.springernature.com/gp> (дата обращения: 12.09.2022).

6. Электронный доступ к базе данных Cambridge Crystallographic Data Centre. База данных Кембриджского центра структурных данных CSD-Enterprise содержит данные о строении кристаллических органических и элементарноорганических соединений (800 000 структур, онлайн и оффлайн версии), комплекс программ для работы с ними для биологов, химиков и кристаллографов: [сайт]. – URL: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/> (дата обращения: 12.09.2022).

VI. Электронный доступ к следующим изданиям:

1. Web of Science (авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных: [сайт]. – URL: <https://webofknowledge.com/> (дата обращения: 12.09.2022).

2. Scopus (мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных и инструмент для отслеживания цитируемости статей, опубликованных в научных изданиях): [сайт]. – URL: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic> (дата обращения: 12.09.2022).

3. Коллекция журналов Wiley (более 1600 изданий) с глубиной архива с 1997 г. по текущий момент: [сайт]. – URL: <https://www.wiley.com/> (дата обращения: 25.09.2022).

4. Science (один из самых авторитетных научных журналов Американской ассоциации содействия развитию науки): [сайт]. – URL: <https://www.science.org/> (дата обращения: 17.09.2022).

5. Institute of Physics (охватывает три направления области физики: образование, исследования и разработки): [сайт]. – URL: <https://www.iop.org/> (дата обращения: 15.08.2022).

6. Электронный доступ к архивам научных журналов: Annual Reviews: [сайт]. – URL: <https://www.annualreviews.org/> (дата обращения: 12.09.2022).
7. Cambridge University Press: [сайт]. – URL: <https://www.cambridge.org/core> (дата обращения: 21.06.2022).
8. Nature: [сайт]. – URL: <https://www.nature.com/> (дата обращения: 13.08.2022).
9. Oxford University Press: [сайт]. – URL: <https://global.oup.com/?cc=ru> (дата обращения: 12.09.2022).
10. SAGE Publications: [сайт]. – URL: <https://us.sagepub.com/en-us/nam/home> (дата обращения: 03.09.2022).
11. Science Magazine: [сайт]. – URL: <https://www.science.org/> (дата обращения: 14.09.2022).
12. Springer Journals Archiv с 1832 - 1996 гг.: [сайт]. – URL: <https://link.springer.com/> (дата обращения: 22.08.2022).
13. Taylor&Francis: [сайт]. – URL: <https://taylorandfrancis.com/> (дата обращения: 12.09.2022).
14. Wiley: [сайт]. – URL: <https://www.wiley.com/> (дата обращения: 12.09.2022).

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. При освоении дисциплины необходимы стандартная учебная аудитория с доской, ноутбук, мультимедийный проектор, экран. Аспирантам должен быть обеспечен доступ к сети Интернет и свободный доступ к библиотеке периодических изданий по предмету (в том числе и к электронным изданиям).
2. Лекции проводятся в стандартной аудитории, оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин.