

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д. А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Методы физико-технического эксперимента

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Воронина Е.В. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Elena.Voronina@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
ПК-1	способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий
ПК-2	готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано-и микросистемной техники

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- современные методы и подходы для решения теоретических и экспериментальных задач в области физики конденсированного состояния вещества
- знать физические принципы методов экспериментальной физики, особенности их применения, возможности и ограничения.
- знать методы обработки экспериментальных данных

Должен уметь:

- выбирать и применять адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследований

Должен владеть:

- современными экспериментальными методами решения задач физики конденсированного состояния
- навыками использования современных компьютерных средств для проведения, обработки и анализа результатов исследований

Должен демонстрировать способность и готовность:

- к анализу научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- к физико-математическому моделированию исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий;
- описанию проводимых исследований, анализ результатов, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;
- сбору и анализу исходных данных для расчета и проектирования нано- и микросистем различного функционального назначения;

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.9 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 8 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 86 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 68 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 58 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 8 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	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Рентгеновские измерения	8	4	0	14	8
2.	Тема 2. Физические основы электронной спектроскопии	8	2	0	12	8
3.	Тема 3. Методы определения масс атомов и изотопов Методы регистрации частиц. Детекторы	8	2	0	0	12
4.	Тема 4. Радиоспектроскопические методы исследования атомных объектов	8	4	0	12	12
5.	Тема 5. Экспериментальные методы исследования микроструктуры и химического состава поверхности.	8	2	0	14	14
6.	Тема 6. Классификации экспериментальных исследований Методология эксперимента	8	2	0	2	4
7.	Тема 7. Основы анализа экспериментальных данных. Логика эксперимента.	8	2	0	14	
	Итого		18	0	68	58

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Рентгеновские измерения

Рентгеновские измерения

Спектральная область и источники рентгеновского излучения

Детекторы рентгеновского излучения

Аппаратура и методы измерений в рентгеновском диапазоне

Применение рентгеновской дифракции для исследования нанокристаллов

###### Тема 2. Физические основы электронной спектроскопии

Классификация атомных и молекулярных орбиталей, заполнение электронных оболочек.

б. Процессы, происходящие при возбуждении атомов и молекул. Общие представления о типах электронной спектроскопии (УФС, РФС, фотоэлектронная эмиссия, Оже-процесс, автоионизация, электронный удар, ионизация Пеннинга, рентгеновская флуоресценция, ионная нейтрализация).

с. Принципы построения электронного спектрометра. Характерные блоки. Источники первичного излучения (электронные пушки, ультрафиолетовое излучение, рентген). Типы анализаторов. Анализатор с тормозящим полем. Реализация принципа двойного электронного дифференцирования кривой задержки. Дисперсионные анализаторы (секторный сферический, ?цилиндрическое зеркало?). Характерные спектры, получаемые с помощью анализаторов различного типа. Детектирование частиц в электронной спектроскопии.

### **Тема 3. Методы определения масс атомов и изотопов Методы регистрации частиц. Детекторы**

Масс-спектроскопия, анализаторы корпускулярного излучения: магнитные

- квадрупольные
- времяпролетные
- ?ионная ловушка?

Идентификация веществ

- Химический анализ смесей
- Элементный анализ
- Изотопный анализ
- Разделение изотопов

### **Тема 4. Радиоспектроскопические методы исследования атомных объектов**

Явление магнитного резонанса. Электронный и ядерный парамагнетизм.

Движение вектора намагниченности в постоянном и переменном магнитных полях. Релаксация. Уравнение Блоха.

б. Электронный парамагнитный резонанс. Физические принципы. Объекты наблюдения. Ширина линии. Времена релаксации. Тонкая, сверхтонкая и супер сверхтонкая структуры. Экспериментальная реализация (ЭПР прямого усиления).

с. Ядерный магнитный резонанс. Физические принципы. Условие резонансного перехода. Спин-спиновое и спин-решеточное взаимодействие. Времена релаксации. Определение времени спин-спиновой релаксации методом ?спинового эха?. ЯМР-спектр сложных молекул. Химический сдвиг в ЯМР. Схема спектрометра.

7. Вращательные и колебательные спектры молекул.

а. Соотношение электронных, колебательных и вращательных спектров по ширине линий.

б. Вращательная и колебательная спектроскопия как метод диагностики атомных объектов.

8. Атомные столкновения, адсорбция и аккомодация молекул на поверхности твердых тел.

Адсорбционные процессы на поверхности твердых тел.

Влияние адсорбции на работу выхода электрона.

### **Тема 5. Экспериментальные методы исследования микроструктуры и химического состава поверхности.**

Метод сканирующей зондовой микроскопии. Физические принципы,

лежащие в основе туннельной и атомной силовой микроскопии.

Экспериментальная реализация метода и примеры построения трехмерного изображения поверхности.

б. Электронно-спектроскопические методы химического анализа поверхности.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Химические сдвиги.

Электронная Оже-спектроскопия.

с. Метод электронного микрозонда. Схема построения растрового изображения.

д. Электронная спектроскопия для определения пространственной структуры на микроуровне. Автоионная и автоэлектронная микроскопия. Дифракция электронов (медленных и быстрых).

е. Другие электронно-спектроскопические методы (спектроскопия потерь энергии, спектроскопия нейтрализации ионов, спектроскопия потенциала появления мягких рентгеновских лучей).

## **Тема 6. Классификации экспериментальных исследований Методология эксперимента**

Классификация экспериментальных исследований

Эксперименты: по формированию условий,

по цели исследования,

по организации проведения, по изучаемым объектам и явлениям

1. Естественные
2. Искусственные
3. Изменение
4. Констатация
5. Контроль
6. Поиск
7. Решение
8. Лабораторные
9. Натуральные
10. Полевые
11. Производственные
12. Другие
13. Простые
14. Сложные

## **Тема 7. Основы анализа экспериментальных данных. Логика эксперимента.**

Основы анализа экспериментальных данных Классификация ошибок Классификация ошибок измерений. Грубые ошибки. Систематические ошибки. Случайные ошибки.

Анализ и обработка экспериментальных данных Анализ результатов прямых измерений Анализ результатов измерений случайной величины. Распределение результатов измерений случайной величины. Распределение Гаусса. Косвенные измерения Функции случайных величин. Анализ результатов совместных измерений Анализ результатов совместных измерений. Измерение

функциональных зависимостей. Интерполяция и аппроксимация экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов.

Систематические погрешности. Логика эксперимента.

Эксперимент и здравый смысл.

## **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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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

КФУ - [kpfu.ru/portal/docs/F2036653068/4..Mass\\_spektrometriya.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F2036653068/4..Mass_spektrometriya.pdf)

Международная молодежная научная школа - <http://d-instruments.ru/>

научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана - <http://sntbul.bmstu.ru/rub/325550/index.html>

## **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)**

European Synchrotron Radiation Facility - <http://www.esrf.eu/>

Max Planck Institute - <https://www.mpie.de/>

Информационный бюллетень "Перспективные Технологии" - <http://perst.issp.ras.ru/>

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

Можно выделить несколько видов самостоятельной работы аспирантов при изучении данной дисциплины.

Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции аспиранту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:

□

Понять и запомнить все новые определения.

□

Найти в сети Интернет указанные ссылки и провести действия, рекомендованные преподавателем.

Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.

□

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.

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.

- постановка проблемы;
- варианты решения;
- аргументы в пользу тех или иных вариантов решения.

На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.

При работе с терминами необходимо обращаться к словарям, в том числе доступным в Интернете, например на сайте <http://dic.academic.ru>.

Студенты в процессе изучения дисциплины должны пользоваться рекомендуемой литературой. Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с теорией, на которой основывается работа, изучить описания к приборам. После выполнения работы требуется провести расчет погрешности измерений, сделать анализ на наличие возможных промахов, результат представить с указанием доверительного интервала для выбранной доверительной вероятности. Обработку результатов измерений, расчет погрешностей, построение графиков рекомендуется выполнять на компьютере. Для проверки правильности полученных результатов целесообразно использовать компьютерное моделирование.

Работа на лабораторных занятиях предполагает активное участие в обсуждении рассматриваемых вопросов. При подготовке к занятиям рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем на лекциях, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторам могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем. Тогда будет проще составить собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу. Лабораторные задания выдаются преподавателем и предполагают самостоятельное решение. Однако при необходимости можно посоветоваться с преподавателем.

При написании рефератов в материале следует выделить небольшое количество (не более 5) заинтересовавших Вас проблем и сгруппировать материал вокруг них. Следует добиваться чёткого разграничения отдельных проблем и выделения их частных моментов. Реферат должен быть представлен в виде презентации с письменным сопровождением.

Представление реферата предусматривает ответы на вопросы преподавателя и аудитории. Оценка за реферат выставляется в соответствии с глубиной и широтой изучения конкретной темы, аргументированностью и адекватностью ответов.

При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на экзамене содержится один вопрос.

Лекционный курс должен сопровождаться демонстрациями. Целесообразно использование компьютерного проектора для демонстрации сложных схем или устройства изучаемых приборов. На лекциях необходимо использовать диалоговый режим для активизации внимания студентов. Перед выполнением лабораторной работы преподаватель проверяет знание студентами теоретического материала по теме выполняемой работы, устройства и принципа действия используемых приборов. При этом необходимо обращать внимание студентов на связь теории по выполняемой работе с соответствующими разделами физики, которые они изучали раньше.



#### **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.

Специализированная лаборатория.

#### **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 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки "не предусмотрено".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.9 Методы физико-технического эксперимента

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

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Основная литература:**

1. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.Д. Мишина [и др.]. ? Электрон. дан. ? Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. ? 187 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94113>.
2. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] : сб. науч. тр. ? Электрон. дан. ? Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. ? 607 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94144>.
3. Нанобиотехнологии : практикум [Электронный ресурс] / А.М. Абатурова [и др.]. ? Электрон. дан. ? Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 403 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84101>.

**Дополнительная литература:**

1. Атомно-абсорбционный анализ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.А. Ганеев [и др.]. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 304 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4028>.
2. Фетисов, Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2007. ? 672 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2152>.
3. Старовиков, М.И. Введение в экспериментальную физику [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2008. ? 240 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/379>.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.9 Методы физико-технического эксперимента

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

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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 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.