

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Методы физико-технического эксперимента Б1.В.ДВ.9

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Воронина Е.В.

**Рецензент(ы):**

Недопекин О.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Воронина Е. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 699718

Казань  
2018

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, д.н. (доцент) Воронина Е.В. Кафедра физики  
твёрдого тела Отделение физики , Elena.Voronina@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Учебная дисциплина "Методы физико-технического эксперимента" относится к базовой части профессионального цикла дисциплин учебного плана подготовки бакалавров и имеет своей целью формирование у обучающихся перечисленных ниже компетенций, основанных на усвоении современных методов физико-технического эксперимента и обработки данных. Курс опирается на знания по курсам "Электротехника" и "Физические основы микро- и наносистемной техники", "Физико-химические основы процессов микро и нанотехнологий", "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем". Основу методики изучения курса составляют лекции и семинары, а также выполнение лабораторных и самостоятельных работ.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.9 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Курс "Методы физико-технического эксперимента" излагается во втором семестре 4 курса. После ознакомления с курсом лекций студенты должны уметь квалифицированно подходить к постановке задач, лабораторным и самостоятельным работам, проведению их, оформлению результатов.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-7 (профессиональные компетенции)	способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано-и микросистемной техники

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовность рассчитывать и проектировать основные параметры наноструктурных материалов различного функционального назначения

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

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

2. должен уметь:

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

3. должен владеть:

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

4. 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;

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Рентгеновские измерения	8	1	4	0	14	Отчет
2.	Тема 2. Физические основы электронной спектроскопии	8	2-4	2	0	12	Устный опрос
3.	Тема 3. Методы определения масс атомов и изотопов Методы регистрации частиц. Детекторы	8	5	2	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Радиоспектроскопические методы исследования атомных объектов	8	6	4	0	12	Устный опрос
5.	Тема 5. Экспериментальные методы исследования микроструктуры и химического состава поверхности.	8	7	2	0	14	Отчет
6.	Тема 6. Классификации экспериментальных исследований Методология эксперимента	8		2	0	2	Устный опрос
7.	Тема 7. Основы анализа экспериментальных данных. Логика эксперимента.	8		2	0	14	Реферат
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			18	0	68	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Рентгеновские измерения

###### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Рентгеновские измерения Спектральная область и источники рентгеновского излучения  
Детекторы рентгеновского излучения Аппаратура и методы измерений в рентгеновском диапазоне  
Применение рентгеновской дифракции для исследования нанокристаллов

###### лабораторная работа (14 часа(ов)):

Изучение работы рентгеновского дифрактометра. Проведение тестовых измерений. Изучение диффузного рассеяния от нанокристаллов.

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

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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.

### **лабораторная работа (12 часа(ов)):**

Изучение спектров Оже и фотоэлектронных спектров. Интерпретация и обработка.

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

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Масс-спектроскопия, анализаторы корпускулярного излучения: магнитные □квadrупольные □времяпролетные □?ионная ловушка? Идентификация веществ □Химический анализ смесей □Элементный анализ □Изотопный анализ □Разделение изотопов

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

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

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.

### **лабораторная работа (12 часа(ов)):**

Изучение спектров ЯМР и ЭПР. Интерпретация и обработка.

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

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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. d. 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).

### **лабораторная работа (14 часа(ов)):**

Изучение спектров Оже и фотоэлектронных спектров. Интерпретация и обработка.

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



### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Лабораторные компьютерные эксперименты по статистическому анализу и проверке гипотез. Описание экспериментальных данных, критерий максимального правдоподобия, хи-квадрат.

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

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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.

### **лабораторная работа (14 часа(ов)):**

Лабораторные компьютерные эксперименты по статистическому анализу и проверке гипотез. Описание экспериментальных данных, критерий максимального правдоподобия, хи-квадрат.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Рентгеновские измерения	8	1	подготовка к отчету	8	Отчет
2.	Тема 2. Физические основы электронной спектроскопии	8	2-4	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
3.	Тема 3. Методы определения масс атомов и изотопов Методы регистрации частиц. Детекторы	8	5	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
4.	Тема 4. Радиоспектроскопические методы исследования атомных объектов	8	6	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
5.	Тема 5. Экспериментальные методы исследования микроструктуры и химического состава поверхности.	8	7	подготовка к отчету	10	Отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Классификации экспериментальных исследований Методология эксперимента	8		подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
7.	Тема 7. Основы анализа экспериментальных данных. Логика эксперимента.	8		подготовка к реферату	8	Реферат
	Итого				58	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

В соответствии с требованиями ФГОС при реализации различных видов учебной работы в процессе изучения дисциплины 'Методы физико-технического эксперимента' предусматривается использование в учебном процессе следующих активных и интерактивных форм проведения занятий:

- лабораторные занятия в лабораториях и компьютерном классе;
- работа в малых группах.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Рентгеновские измерения

Отчет , примерные вопросы:

Письменный отчет по лабораторной работе. Должен содержать 1. вводную часть; 2. описание используемого оборудования; 3. результаты лабораторной работы привести в виде таблиц и графика. Использовать пособие: Храмов А.С., Назипов Р.А. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов. Часть I. (Элементы теории, руководство и задания к лабораторным работам). [http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1718491023/12\\_rsa1\\_2\\_2.pdf](http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1718491023/12_rsa1_2_2.pdf) Храмов А.С. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов. Часть II. (Элементы теории, руководство и задания к лабораторным работам): Учебно-методическое пособие. - Казань: К(П)ФУ, 2013. 36 с. <http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F565967864/RSA.P2.pdf>

### Тема 2. Физические основы электронной спектроскопии

Устный опрос , примерные вопросы:

Назвать принципы, перечислить оборудование (источники излучения, энергоанализаторы), фотоэлектронной спектроскопия. Привести примеры практики применения РФЭС и УФЭС. Охарактеризовать методы рентгеновской спектроскопии поглощения (EXAFS, XANES).

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

Устный опрос , примерные вопросы:

Перечислить особенности анализаторов масс частиц. Назвать достоинства и недостатки.

### Тема 4. Радиоспектроскопические методы исследования атомных объектов

Устный опрос , примерные вопросы:



В чем состоит явление магнитного резонанса. Записать уравнение Блоха. Электронный парамагнитный резонанс - физические принципы. В чем разница между тонкой, сверхтонкой и супер сверхтонкой структурами. Объяснить физические принципы ядерного магнитного резонанса. Назвать условие резонансного перехода. Нарисовать схему спектрометра. Охарактеризовать адсорбционные процессы на поверхности твердых тел и влияние адсорбции на работу выхода электрона.

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

Отчет, примерные вопросы:

письменный отчет по лабораторной работе Рентгенофлуоресцентный анализ - метод исследования химического (элементного) состава вещества. Должен содержать 1. вводную часть; 2. описание используемого оборудования; 3. результаты лабораторной работы привести в виде таблиц и графика. Использовать пособие: Е.Н. Дулов, Н.Г. Ивойлов Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. - Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2008. - 50 с.: 15 илл. [http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1733757204/09\\_rsa.pdf](http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1733757204/09_rsa.pdf)

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

Устный опрос, примерные вопросы:

Назвать виды измерений. Перечислить типы погрешностей. Обзор программного обеспечения для выполнения анализа, обработки и представления экспериментальных данных: Maple, MuPad, Mathematica, Maxima, Derive. Расчеты и статистическая обработка результатов: MathCAD : Matlab - Scilab - Octave.

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

Реферат, примерные вопросы:

Темы: 1. Исследование наноразмерных областей методами просвечивающей электронной микроскопии. 2. Рентгеновские методы исследования наноструктур и объектов наноэлектроники 3. Дифракция и малоугловое рассеяние рентгеновских лучей. 4. Квазиреальные эксперименты 5. Погрешности восстановленных сигналов 6. Графическое представление результатов измерений и расчетов: SigmaPlot, Origin 7. Сверхвысокий вакуум: необходимость применения, основы техники СВВ. 8. Требования к достоверности экспериментальных данных и содержащейся в них информации с точки зрения восстановления параметров объекта исследования. 9. Масс-спектрометры: времяпролетный масс-спектрограф, радиочастотные квадрупольные масс-спектрометры, масс-спектрограф Томсона. 10. Резонансно-туннельные гетероструктуры: физика и приборные применения 11. Абсорбционная спектроскопия кристаллов 12. Применение рентгеновской дифракции для исследования нанокристаллов 13. Рентгеновский спектральный микроанализ. Типы рентгеновских спектрометров: принцип энергетических и волновых дисперсий. 14. Получение информации о локальной атомной структуре из данных EELFS ? спектроскопии. 15. Получение информации о локальной атомной структуре из рентгеновских спектров поглощения 16. Аппроксимация экспериментальных зависимостей функциями с параметрами. Оценка параметров: метод максимального правдоподобия 17. Основные характеристики магнитного поля, методы его получения (соленоиды, электромагниты, сверхпроводящие соленоиды) и измерения (феррозонды, датчики Холла, метод ядерного магнитного резонанса). 18. Светлопольный и темнопольный режим просвечивающего электронного микроскопа 19. Методы ионизации пробы в масс-спектрометрии 20. Планирование эксперимента

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Вопросы к экзамену:

1. Классификация экспериментальных исследований

Эксперименты: по формированию условий,

2. Классификация экспериментальных исследований по цели исследования, по организации проведения,

3. Классификация экспериментальных исследований по изучаемым объектам и явлениям
4. Основы анализа экспериментальных данных Классификация ошибок
5. Классификация ошибок измерений. Грубые ошибки. Систематические ошибки. Случайные ошибки.
6. Анализ и обработка экспериментальных данных Анализ результатов прямых измерений
7. Анализ результатов измерений случайной величины. Распределение результатов измерений случайной величины.
8. Распределение Гаусса.
9. Косвенные измерения Функции случайных величин.
10. Анализ результатов совместных измерений
11. Измерение функциональных зависимостей.
12. Интерполяция и аппроксимация экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов.
13. Систематические погрешности.
14. Логика эксперимента.
15. Планирование эксперимента
17. Рентгеновские измерения. Спектральная область и источники рентгеновского излучения
18. Детекторы рентгеновского излучения
19. Аппаратура и методы измерений в рентгеновском диапазоне
20. Применение рентгеновской дифракции для исследования нанокристаллов
21. Классификация атомных и молекулярных орбиталей, заполнение электронных оболочек. Процессы, происходящие при возбуждении атомов и молекул.
22. Представления о типах электронной спектроскопии (УФС, РФС)
23. Представления о типах электронной спектроскопии (фотоэлектронная эмиссия, Оже-процесс, автоионизация, электронный удар)
24. Представления о типах электронной спектроскопии (ионизация Пеннинга, рентгеновская флуоресценция, ионная нейтрализация)
25. Принципы построения электронного спектрометра. Характерные блоки.
26. Источники первичного излучения (электронные пушки, ультрафиолетовое излучение, рентген).
27. Типы анализаторов. Анализатор с тормозящим полем.
28. Дисперсионные анализаторы
29. Детектирование частиц в электронной спектроскопии.
30. Масс-спектроскопия, анализаторы корпускулярного излучения
31. Идентификация веществ. □Химический анализ смесей
32. Элементный анализ. □Изотопный анализ□Разделение изотопов
33. Явление магнитного резонанса. Электронный и ядерный парамагнетизм.
34. Электронный парамагнитный резонанс. Физические принципы.
35. Электронный парамагнитный резонанс Объекты наблюдения. Ширина линии. Времена релаксации.
36. Экспериментальная реализация ЭПР.
37. Ядерный магнитный резонанс. Физические принципы.
38. Спин-спиновое и спин-решеточное взаимодействие. Времена релаксации.
39. Химический сдвиг в ЯМР. Схема спектрометра.

40. Вращательная и колебательная спектроскопия как метод диагностики атомных объектов.
41. Метод сканирующей зондовой микроскопии. Экспериментальная реализация метода и примеры построения трехмерного изображения поверхности.
42. Электронно-спектроскопические методы химического анализа поверхности. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Химические сдвиги.
43. Электронная Оже-спектроскопия. Схема построения растрового изображения.
44. Электронная спектроскопия для определения пространственной структуры на микроуровне. Дифракция электронов (медленных и быстрых).

### 7.1. 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>.

### 7.2. 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>.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

European Synchrotron Radiation Facility - <http://www.esrf.eu/>  
Max Planck Institute - <https://www.mpie.de/>  
Информационный бюллетень "Перспективные Технологии" - <http://perst.issp.ras.ru/>  
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>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Методы физико-технического эксперимента" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Оборудование лаборатории ядерной физики, CATC, "Керн"

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Воронина Е.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Недопекин О.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.