Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

**УТВЕРЖДАЮ**
**Зам. декана ФНМ по учебной работе**
**_____/А.В. Кнотько /**
**«__» _____2016 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

**Экспериментальные методы физики конденсированного состояния**

---

**Уровень высшего образования:**
***бакалавриат***

---

**Направление подготовки:**

**04.03.02 Химия, физика и механика материалов**

---

**Направленность (профиль)/специализация ОПОП:**

**общий**

---

Форма обучения:
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Методической комиссией факультета наук о материалах

(протокол №_____, дата)

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от _____20___ г.

**1.** Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: вариативная часть, профессиональная подготовка, курс предназначен для студентов факультета наук о материалах **4-го года обучения (8-й семестр),** курс является обязательным

**2.** Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Математический анализ
Обыкновенные дифференциальные уравнения
Общая физика
Введение в физику твердого тела и физика полуповодников
Физика магнитных материалов и диэлектриков

**3.** Результаты обучения по дисциплине:
*Знать:* основные экспериментальные методы исследования широкого класса веществ при воздействии различных физических факторов
*Уметь:* проводить расчеты основных параметров установок, оценивать возможности проведения измерений на различных установках
*Владеть:* навыками практической работы на автоматизированных физических установках

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е. (72 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:
5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

| **Вид работы** | **Семестр** | | | | **Всего** |
|---|---|---|---|---|---|
| | **8** | | | | |
| **Общая трудоёмкость, акад. Часов** | 72 | | | | 72 |
| **Аудиторная работа:** | 39 | | | | 39 |
| Лекции, акад. Часов | 26 | | | | 26 |
| Семинары, акад. Часов | | | | | |
| Лабораторные работы, акад. часов | 13 | | | | 13 |
| **Самостоятельная работа, акад. часов** | 33 | | | | 33 |
| **Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)** | Экз. | | | | |

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

1. ВВЕДЕНИЕ
(лекции - 1 час)

Перекрестная классификация материалов и методов их исследования. Альтернативные подходы.

2. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА
(лекции - 4 часов)

Температура и методы ее измерения. Реперные точки. Методы получения и регулирования низких и сверхнизких температур.

Методы получения и измерения магнитного поля. Сверхпроводящие соленоиды. Импульсные поля.

Методы получения высоких давлений и сильных деформаций при низких температурах.

Элементы вакуумной техники.

## 3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

(лекции - 2 часа)

Основные блоки. Датчики, детекторы, преобразователи, чувствительные элементы. Статические и динамические передаточные характеристики. Принцип обратной связи. Модуляционные методы. Элементы импульсной техники. Электрические кабельные линии и их характеристики. Передача сигналов по световодам. Спектроскопия высокого разрешения. Выходные регистрирующие устройства.

Естественные пределы измерений. Шумы и флуктуации.

Обработка результатов измерений. Классификация ошибок.

## 4. МЕТАЛЛЫ, ПОЛУМЕТАЛЛЫ

(лекции - 3 часа, практикум – 3 часа)

Основные параметры. Поверхности Ферми. Методы контроля чистоты металлов гальваномагнитными методами. Методы исследования квантовых осцилляционных эффектов. Акустическая диагностика. Калориметрические методы.

## 5. ПОЛУПРОВОДНИКИ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

(лекции - 4 часа, практикум – 4 часов)

Основные параметры, характеризующие полупроводниковые материалы. Зондовые методы измерения удельного сопротивления. Вспомогательные операции при монтаже образцов. Методы изготовления омических контактов. Бесконтактные методы. Методы раздельного определения концентраций носителей заряда, концентраций доноров и акцепторов, подвижности носителей заряда. Неравновесные процессы и методы измерения времен жизни носителей заряда. Оптические методы исследования. Элементы инфракрасной техники. Основные области применения полупроводников.

## 6. ДИЭЛЕКТРИКИ И СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКИ

(лекции - 3 часа)

Измерение диэлектрической проницаемости в различных диапазонах частот. Диэлектрические потери и диэлектрическая релаксация. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Методика измерений диэлектрических параметров с учетом заметной проводимости. Наблюдение сегнетоэлектрических доменов и петли гистерезиса. Спонтанная поляризация. Эквивалентные схемы пьезоэлектрических и пироэлектрических преобразователей.

## 7. МАГНИТНЫЕ ВЕЩЕСТВА И МАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

(лекции - 4 часа, практикум – 4 часа)

Основные методы исследования магнитных свойств веществ. Устройства и принципы действия различных магнитометров. Индукционные методы. Методы исследования слабомагнитных веществ. Основные методы измерения магнитострикции. Исследования магнитной анизотропии ферромагнитных веществ. Нейтронография.

## 8. СВЕРХПРОВОДНИКИ

(лекции - 4 часов, практикум – 3 часа)

Основные параметры. Методы исследования транспортных и тепловых свойств. Критические поля и токи. Промежуточное состояние. Глубина проникновения магнитного поля.

Методы определения энергетической щели. Туннельная спектроскопия. Основы работы сверхпроводящих квантовых интерферометров.

Список лабораторных работ

1. Исследование эффекта Холла и магнитосопротивления висмута.
2. Исследование перехода в сверхпроводящее состояние ВТСП.
3. Исследование характеристик полупроводниковых диодов.
4. Исследование фотоэлектрических явлений в полупроводниках.
5. Исследование полевых зависимостей коэффициента Холла в полупроводнике с двумя типами носителей заряда.
6. Исследование температурных зависимостей удельного сопротивления примесных полупроводников.
7. Исследование магнитной восприимчивости магнетиков.

## 6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Какова величина теплового шума на входе осциллографа, входное сопротивление которого 10 МОм, а полоса – 100 МГц? Постоянная Больцмана равна 1.38 $10^{-23}$ Дж/К.
2. За какое время испарится жидкий азот из сферического дьюара диаметром 10 см? Теплообмен между стенками дьюара обусловлен только излучением, расстояние между стенками дьюара мало по сравнению с его радиусом. Стенки дьюара покрыты серебром, коэффициент черноты которого 0.05. Постоянная Стефана-Больцмана равна 5.7 $10^{-8}$ Вт $м^{-2}$ $К^{-4}$, теплота парообразования азота 5.6 кДж/моль, плотность жидкого азота 0.8 $10^3$ кг/$м^3$.
3. Какова величина дробового шума для постоянного тока 1 мА в полосе частот 100 МГц? Заряд электрона равен 1.6 $10^{-19}$ Кл.
4. На сколько процентов изменится магнитное поле в однослойном соленоиде при отходе от центра соленоида на 1 см вдоль его оси? Длина соленоида 10 см, его диаметр – 4 см.
5. Какой градиент магнитного поля необходимо создать в весах Фарадея, чтобы при чувствительности весов F = $10^{-2}$ дин, максимальном магнитном поле 10 кЭ, максимальном объеме образца 10 $мм^3$ имелась возможность зарегистрировать намагниченность $10^{-6}$ emu/g? Плотность материала 5 г/$см^3$.
6. В цепь переменного тока последовательно включены: генератор переменного напряжения, первичная обмотка, намотанная на магнитопровод длиной l = 5 см и состоящая из N = 125 витков, и сопротивление R = 100 Ом. Напряжение на сопротивлении равно 8 В. Найти величину магнитного поля, создаваемого витками первичной обмотки.
7. Определить частоту пьезоэлектрических колебаний кварцевой пластины толщиной 1.5 мм, вырезанной перпендикулярно оси второго порядка. Упругий модуль равен 8.6 $10^{11}$ дин/$см^2$, плотность кварца 2.65 г/$см^3$. Считать количество полуволн равным единице.
8. В цепи переменного тока последовательно включены: вторичная обмотка, намотанная на магнитопровод с поперечным сечением S = 10 $мм^2$ и состоящая из 400 витков, сопротивление R = 1 кОм и емкость C = 5 нФ. Переменное напряжение на конденсаторе составляет 12 В. Найти амплитуду изменения магнитной индукции в магнитопроводе.

### 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Температура и методы ее измерения. Реперные точки.

2. Методы получения и регулирования низких и сверхнизких температур.
3. Методы получения и измерения магнитного поля. Сверхпроводящие соленоиды. Импульсные поля.
4. Методы получения высоких давлений и сильных деформаций при низких температурах.
5. Шумы в электронных приборах. Шум Джонсона, дробовой шум, генерационно-рекомбинационный шум, фликкер-шум.
6. Модуляционные методы. Элементы импульсной техники. Электрические кабельные линии и их характеристики.
7. Методы контроля чистоты металлов гальваномагнитными методами. Методы исследования квантовых осцилляционных эффектов. Акустическая диагностика. Калориметрические методы.
8. Основные параметры, характеризующие полупроводниковые материалы. Зондовые методы измерения удельного сопротивления. Вспомогательные операции при монтаже образцов. Методы изготовления омических контактов.
9. Бесконтактные методы. Методы раздельного определения концентраций носителей заряда, концентраций доноров и акцепторов, подвижности носителей заряда.
10. Неравновесные процессы и методы измерения времен жизни носителей заряда. Оптические методы исследования. Элементы инфракрасной техники.
11. Измерение диэлектрической проницаемости в различных диапазонах частот. Диэлектрические потери и диэлектрическая релаксация. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Методика измерений диэлектрических параметров с учетом заметной проводимости.
12. Наблюдение сегнетоэлектрических доменов и петли гистерезиса. Спонтанная поляризация. Эквивалентные схемы пьезоэлектрических и пироэлектрических преобразователей.
13. Основные методы исследования магнитных свойств веществ. Устройства и принципы действия различных магнитометров. Индукционные методы. Методы исследования слабомагнитных веществ.
14. Основные методы измерения магнитострикции. Исследования магнитной анизотропии ферромагнитных веществ. Нейтронография.
15. Основные параметры сверхпроводников. Методы исследования транспортных и тепловых свойств. Критические поля и токи. Промежуточное состояние. Глубина проникновения магнитного поля.
16. Методы определения энергетической щели сверхпроводников. Туннельная спектроскопия. Основы работы сверхпроводящих квантовых интерферометров.

## 7. Ресурсное обеспечение:

### 7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

Е.П. Скипетров, В.А. Кульбачинский, Б.А. Акимов. Экспериментальные методы физики конденсированного состояния вещества. Лабораторный практикум. Под ред. Е.П. Скипетрова. Москва, УНЦ ДО МГУ, 2001.

Дополнительная литература

1. Е.В. Кучис. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. Москва, Радио и связь, 1990.
2. П. Блад. Дж.В. Ортон. Методы измерений электрических свойств полупроводников. "Зарубежная радиоэлектроника", 1981 (N1,2).
3. Н.Б. Брандт, С.М. Чудинов. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фононов в металлах (физические основы). Москва, МГУ, 1983.
4. В.И. Чечерников. Магнитные измерения. Москва, МГУ, 1969.
5. А. Бароне, Дж. Патерно. Эффект Джозефсона. Физика и применения (пер. с англ. под ред. Л.Г. Асламазова и др.). Москва, Мир, 1984.
6. А.П. Сенченков. Техника физического эксперимента. Москва, Энергия, 1983.

7. Л.И. Слабкий. Методы и приборы предельных измерений в экспериментальной физике. Москва, Наука, 1973.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

7.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор, лабораторные помещения, оборудованные для проведения экспериментальных работ по темам, указанным в п.5.2

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.-м.н., чл.-корр.РАН Д.Р. Хохлов, д.ф.-м.н., проф. Е.П. Скипетров