

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 27.06.2025 13:43:36
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А. Г. Балашов

«04» декабря 2024 г.

М. П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «Спинтроника и наномagnetизм»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»
Направленность (профиль) – «Элементная база нанoeлектроники»

2024 г.

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК- 1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.037 Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники

Обобщенная трудовая функция: Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов.

Трудовые функции: Е/02.7 «Разработка технического задания на выбор полупроводниковых структур и вспомогательных материалов для реализации приборов с заданными параметрами»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.СН «Способен формулировать задачи научных исследований в области спинтроники и наномagnetизма, способен обоснованно выбирать теоретические методы решений задач спинтроники и наномagnetизма»	- разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; - использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем;	Знания: - физических закономерностей в области магнетизма интерметаллических и оксидных объемных материалов, систем пониженной размерности, макроскопических квантовых и спин-транспортных явлений в наноразмерных и мезоскопических объектах; - основных физических процессов, определяющих функционирование современных приборов и устройств магнитоэлектроники и спинтроники; Умения: - решать практические задачи спинтроники и наномagnetизма

		на расчёт численных значений параметров систем; Опыт деятельности: - опыт аналитического решения модельных практических задач спинтроники и магнетизма;
--	--	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении следующих дисциплин: Физика. Электричество и магнетизм, Физика. Атомная физика. Строение вещества, Квантовая механика, Физические основы электроники, Физика конденсированного состояния, Нанoeлектроника.

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	3	108	-	-	32	40	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Магнитные явления в твердых телах	-	-	16	20	Сдача и защита индивидуального практического задания (реферата)
2. Спиновый транспорт в мезоскопических наноструктурах	-	-	16	20	Сдача и защита индивидуального практического задания (реферата)

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практиче- ского занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Магнитная электроника: магнитные дисковые и магнитооптические ЗУ, магниторезистивная память (МОЗУ), магнитосенсорные устройства, магнитные нано и микроэлектромеханические системы (МЕМС, МСМ), магнитные материалы и типичные требования, спинтроника.
	2	2	Парамагнетизм Ланжевена, виды обменных взаимодействий.
	3	2	Модель Гейзенберга, приближение молекулярного поля, диаграмма Слэтера-Полинга, итинерантный магнетизм.
	4	2	Дипольные взаимодействия и анизотропия, магнитный гистерезис.
	5	2	Анизотропия проводящих магнетиков (переходные d-металлы), редкоземельных металлов, сплавов и окислов, анизотропия пленок.
	6	2	Магнитные домены и доменные границы в сильно и слабо анизотропных пленках.
	7-8	4	Теория Брауна перемагничивания цилиндрических частиц, теоремы Аарони.
2	9	2	Макроскопическая квантовая когерентность и туннелирование в наночастицах, интегралы Фейнмана и инстантоны туннелирования, МКК в магнитной наночастице, магнитный аналог эффекта Аронова-Бома.
	10	2	Гигантское магнитосопротивление и спин-зависимый транспорт: применение в магнитоэлектронике.
	11	2	Итинерантный магнетизм и спиновая аккумуляция, спиновый транспорт в доменной границе и периодической структуре, поперечное магнитосопротивление.
	12	2	Спиновый транспорт и передача вращательного момента, модель Слончевского – Берже.
	13	2	Вращение и переключение спинов в слоистой структуре под действием токовой инжекции.
	14	2	Атомно-силовой микроскоп (АСМ) – основные физические принципы работы. Собственные моды кантилевера и модель точечного наконечника.
	15	2	Взаимодействие зонда с поверхностью и требования к жесткости кантилевера, разрешающая способность МСМ микроскопа.
	16	2	Флуктуации колебаний кантилевера и предельная чувствительность АСМ.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Работа с учебно-методическими рекомендациями для практических занятий.
	14	Выполнение индивидуального практического задания: написание реферата на темы практических занятий модуля 1 с использованием профессиональных баз данных научных статей.
2	6	Работа с учебно-методическими рекомендациями для практических занятий.
	14	Выполнение индивидуального практического задания: написание реферата на темы практических занятий модуля 2 с использованием профессиональных баз данных научных статей.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1

1. Теоретический материал по тематике семинарских занятий.
2. Методические указания для студентов по курсу «Спинтроника»
3. Методические указания студентам для выполнения индивидуального практического задания (реферата).
4. Список учебной литературы.

Модуль 2

1. Теоретический материал по тематике семинарских занятий.
2. Методические указания для студентов по курсу «Спинтроника»
3. Методические указания студентам для выполнения индивидуального практического задания (реферата).
4. Список учебной литературы.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Нанoeлектроника : теория и практика: Учебник / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина, А.Л. Данилюк. - 4-е изд., электронное. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 369 с. - (Учебник для высшей школы). - URL: <https://e.lanbook.com/book/84103> (дата обращения: 15.12.2020). - ISBN 978-5-9963-2943-4.
3. Аплеснин С.С. Основы спинтроники: Учеб. пособие / С.С. Аплеснин. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2010. - 288 с. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/551> (дата обращения: 18.12.2020).
4. Драгунов В.П. Основы нанoeлектроники: Учеб. пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. - М. : Физматкнига : Логос, 2004. - 496 с.
5. Ашкрофт Н. Физика твердого тела : В 2-х т.: Пер. с англ. Т. 2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин; Ред. пер. М.И. Каганов. - М. : Мир, 1979. - 422 с.
6. Ашкрофт Н. Физика твердого тела : В 2-х т.: Пер. с англ. Т. 1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин; Ред. пер. М.И. Каганов. - М. : Мир, 1979. - 399 с.

Периодические издания:

1. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ = SEMICONDUCTORS / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе; Гл. ред. Р.А. Сурис. - СПб. : Наука, 1967 - . - URL: <http://journals.ioffe.ru/ftp/> (дата обращения: 20.10.2020). - Режим доступа: свободный.
2. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК : Научный журнал / Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Редакция журнала УФН. - М. : РАН, 1918 - . - URL: <http://ufn.ru/> (дата обращения: 20.10.2020). - Режим доступа: свободный
3. ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ : Научный журнал / РАН, Ин-т физических проблем им. П.Л. Капицы. - М. : РАН, Наука, 1873 - . - URL: <http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index> (дата обращения: 20.10.2020). - Режим доступа: свободный
4. ПИСЬМА В ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ = JETP Letters / Российская академия наук, Институт физических проблем им. П. Л. Капицы РАН. - М. : ИКЦ Академкнига, 1965 - . - URL: <http://www.jetpletters.ac.ru/> (дата обращения: 20.10.2020). - Режим доступа: свободный
5. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS / American Institute of Physics. - USA : AIP, [б.г.]. - URL: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap> (дата обращения: 20.10.2020). - Режим доступа: по подписке МИЭТ.

8. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

Применяется образовательная технология «перевернутый класс». Учебный процесс начинается с постановки проблемного задания, для выполнения которого студент должен само-

стоятельно ознакомиться с материалом, размещенным в электронной среде. В аудитории проверяются и дополняются полученные знания с помощью дискуссий и решения практических задач. Работа поводится по следующей схеме: СРС (онлайновая предаудиторная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса) - аудиторная работа (семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, решение практических задач с опорой на результаты самостоятельной работы) - обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя, zoom-консультации.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в системе ОРИОКС

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-1.СН «Способен формулировать задачи научных исследований в области спинтроники и наномagnetизма, способен обоснованно выбирать теоретические методы решений задач спинтроники и наномagnetизма».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Посещение семинаров обязательно. Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся преподавателем по договорённости со студентами.

Цель семинаров – обучение базовым знаниям и умениям с частичным охватом материала повышенного уровня. Освоение дисциплины на повышенном уровне в значительной степени осуществляется студентом самостоятельно. Преподаватель предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации. Тема консультации, как правило, повторяет тему семинара, который проводился на неделе, предшествующей консультации. На консультациях обсуждаются задачи повышенного уровня сложности, теоретический материал по теме. Безусловно, во время консультаций можно получить помощь и по всем вопросам базового уровня.

На семинарах, проводимых в диалоговом режиме, студенты получают специальные знания для закрепления предмета посредством разбора и решения модельных задач. Каждая задача представляет собой миниатюрную исследовательскую проблему, а процесс её решения моделирует научно-исследовательскую работу. Как показывает практика, наибольшую трудность при решении представляет формализация условия, т. е. перевод информации с русского языка на язык математических законов, формул и отношений. В данном случае, для облегчения поиска ответа необходимо научить студентов отбрасывать несущественные детали условия, пользоваться упрощёнными моделями и схемами, опираться на известные физические законы.

Контроль выполнения студентами индивидуальных практических заданий (рефератов) проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание написанного реферата, обсуждение информации в формате научной дискуссии.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оценивается: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 90 баллов) и сдача экзамена (10 баллов). Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий доступны в журнале успеваемости в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент института ИнЭл, к. ф.-м. н.



/Корнеев В. И. /

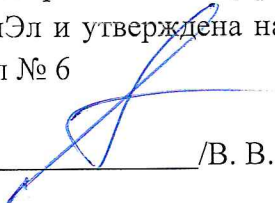
Ст. преподаватель института ИнЭл



/Широков А. Е./

Рабочая программа дисциплины «Спинтроника и наномagnetизм» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Элементная база наноэлектроники» разработана в институте ИнЭл и утверждена на заседании ученого совета института ИнЭл 03 декабря 2024 года, протокол № 6

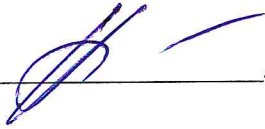
Директор института ИнЭл

 /В. В. Лосев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 / И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки

 / Т.П.Филиппова /