



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**



имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ОТЧЕТ

КАФЕДРЫ МАГНЕТИЗМА

ЗА 2014-2018 годы

**Москва
2018**

ИСТОРИЯ

КАФЕДРЫ МАГНЕТИЗМА.

Исследования в области физики магнитных явлений в Московском университете велись с первых дней создания физической лаборатории, организованной в последней трети 19 века благодаря усилиям Александра Григорьевича Столетова. Именно здесь им разработан метод измерения петли гистерезиса магнитных материалов. В разные годы в лаборатории занимались исследованиями Н.А. Умов, П.Н. Лебедев. После открытия, на базе лаборатории, физического института в Московском университете в нем работали П.П. Лазарев, С.И. Вавилов, В.К. Аркадьев, Н.Н. Андреев, А.С. Предводителев, Н.А. Капцов и др.

В апреле 1919 года в Физическом Институте Московского Государственного Университета В.К. Аркадьеву было предоставлено помещение для организации работы «Московской магнитной лаборатории». Начав свою деятельность в составе 2-3 человек, лаборатория постепенно развивалась и привлекала к себе новых сотрудников. Очень быстро она получила международное признание: с ней сотрудничали Эренфест, Мёбиус, Кауфманн, Вейсс, Баркгаузен, высылая в лабораторию оттиски своих работ. На семинарах лаборатории выступали Мейснер (1923год), Эренфест (1924год), М.Планк и К.Раман (1925год), П.Л.Капица Д.Франк (1926 год), Ланжевен и Коссель (1928год). В магнитной лаборатории начали свою научную деятельность Б.А. Введенский, В.А. Карчагин, А.А. Леонтьева, В.С. Волков, В.И. Гапонов, Н.С. Акулов и многие другие.

В двадцатые годы в Московском Университете произошло множество административных преобразований, связанных как с постоянными изменениями учебных планов, так и с крайне ограниченным финансированием. И лишь в конце 1931 года структура университета начинает стабилизироваться с тем, чтобы принять вид, близкий к современному. В марте 1931 был подписан приказ об образовании на физическом отделении семи специальных кафедр, в числе которых была кафедра магнетизма. Заведующим кафедрой магнетизма был назначен Николай Сергеевич Акулов, к тому времени уже имевший международную известность, благодаря открытому им закону о магнитной анизотропии, устанавливающему общие закономерности поведения магнитострикции и других физических характеристик ферромагнитных материалов при их намагничивании.

Вместе с Н.С. Акуловым на кафедре магнетизма с момента ее основания учились и работали Е.И. Кондорский, Н.Л. Брюхатов, К.П. Белов, Д.И. Волков, М.В. Дехтяр, Д.Р. Феденев, М.А. Грабовский и др. После образования в 1933 году

физического факультета и переноса учебного процесса на кафедры, на кафедре магнетизма удалось создать совершенную систему подготовки магнитологов, которая привела к появлению в Советском Союзе новых магнитных школ, возглавляемых уже учениками Н.С. Акулова. За первые годы существования кафедры ее сотрудниками были заложены основы общей теории кривой намагничивания моно- и поликристаллов, развита статистическая теория спонтанной намагниченности, теории гальваномагнитного и гальваноупругого эффектов, теория магнитострикции.

Именно на кафедре магнетизма в 30-ые годы по инициативе ее заведующего, профессора, академика АН БССР Н.С. Акулова, были заложены основы и активно развивались магнитные методы дефектоскопии. Он же стал и фактическим основателем первой в Советском союзе школы по магнетизму.

Разработанные на кафедре электромагниты (конструкция Акулова Н.С. и Мирясова Н.З.) не один десяток лет выпускались на экспериментальном заводе физического факультета.

С 1954 по 1987 год кафедру возглавлял профессор Евгений Иванович Кондорский, создавший широко известную в мире школу микромагнетизма.

Он же явился инициатором исследований материалов для магнитной записи информации и магнитных свойств биологических объектов. В эти же годы была создана и заняла лидирующие позиции в мире школа магнитооптики, которую возглавлял профессор Георгий Сергеевич Кринчик.

На кафедре было сделано открытие «Аномальная магнитная восприимчивость ферромагнетиков в оптическом диапазоне частот» (Г.С. Кринчик, М.В. Четкин).

В 1984 г. Е.И. Кондорский стал лауреатом Государственной премии.

С 1987 года и по 2013 кафедру возглавлял профессор Анатолий Владимирович Ведяев, являющийся основателем школы, занимающейся изучением транспортных свойств магнитных и композитных материалов.

С июня 2013 года заведующим кафедрой является профессор Николай Сергеевич Перов.

На кафедре постоянно велась не только научно-исследовательская, но и методическая и учебная работы. За годы существования кафедры подготовлен и выпущен ряд монографий: «Магнитные сплавы и их применение в электротехнике» Е.И. Кондорским (Энергоиздат, 1932), «Ферромагнетизм» Н.С. Акуловым (Гостехтеоретиздат, 1939). Позднее вышли учебное пособие «Физика Магнитных

явлений», написанное В.И. Ивановским и Л.А.Черниковой, «Магнитные измерения» Чечерникова В.И., «Физика магнитных явлений» Г.С. Кринчика, «Зонная теория магнетизма» Е.И. Кондорского, «Кинетические явления» А.В. Ведяева, А.Б. Грановского и О.А. Котельниковой, "Спин-зависящий транспорт в магнитных наноструктурах" Ведяева А.В., Котельниковой О.А., Рыжановой Н.В..

Сотрудники, аспиранты и студенты кафедры магнетизма неоднократно принимали участие в организации Всероссийской школы-семинара «Новые магнитные материалы микроэлектроники», кафедрой уже семь раз (каждые три года) был проведен Московский международный симпозиум по магнетизму.

Сотрудники кафедры активно выступают в средствах массовой информации. За отчетный период сотрудниками кафедры было опубликовано около 10 заметок в газете "Советский физик", имеются публикации в периодической печати, в январе 2014 г. на телеканале Москва 24 вышел научно-популярный фильм «Магниты», а в декабре 2017 года на телеканале ТВЦ научно-популярная передача, в подготовке которых принимали участие сотрудники кафедры. Следует также отметить, что сотрудники кафедры принимают участие в работе со школьниками, в том числе в организации экскурсий по лабораториям кафедры.

В настоящее время на кафедре ведутся теоретические и экспериментальные исследования свойств новых магнитных материалов: нанокompозитов, гранулированных материалов, многослойных магнитных пленок, аморфных сплавов, ферроэластиков, мультиферроиков, магнитофотонных кристаллов, магнитных метаматериалов и т.д. в рамках двух госбюджетных тем:

"Фундаментальные проблемы физики магнитных наносистем" (номер госрегистрации 012011554428);

"Магнитные, магнитотранспортные и магнитооптические свойства микро и макронеоднородных металлов, полупроводников и диэлектриков" (номер госрегистрации 012011554429).

Ниже приводятся данные, подробно отражающие изменения в штатном составе кафедры, учебную работу, научную работу, включая информацию о грантах и публикациях сотрудников кафедры за отчетный период.

**ШТАТНЫЙ СОСТАВ КАФЕДРЫ МАГНЕТИЗМА
на сентябрь 2018 года**

Таблица 1. Профессорско-преподавательский состав на сентябрь 2018 г.

	Ф.И.О.	Должность	Ученая степень	Год рождения
1	Перов Николай Сергеевич	Заведующий кафедрой, профессор	д.ф.-м.н	1954
2	Ведряев Анатолий Владимирович	профессор	д.ф.-м.н.	1940
3	Прудников Валерий Николаевич	профессор	д.ф.-м.н.	1941
4	Грановский Александр Борисович	профессор	д.ф.-м.н.	1947
5	Шалыгин Александр Николаевич	доцент	д.ф.-м.н.	1944
6	Котельникова Ольга Анатольевна	доцент	к.ф.-м.н	1955
7	Радковская Анна Александровна	доцент	к.ф.-м.н	1967
8	Прудникова Мария Валерьевна	старший преподаватель	к.ф.-м.н	1971
9	Макарова Людмила Александровна	ассистент	к.ф.-м.н	1989

Таблица 2. Распределение штатных преподавателей по должностям на сентябрь 2018 г.

должность	Число единиц	Средний возраст
профессор	4	72
доцент	3	62
старший преподаватель	1	46
ассистент	1	29

Средний возраст преподавателей на сентябрь 2018 года 61 год.

Таблица 3. Научный и вспомогательный состав на ноябрь 2018 года.

	Ф.И.О.	Должность	Ученая степень	Год рождения
Научные сотрудники				
1	Зубов Виктор Евгеньевич	главный научный сотрудник	д.ф.-м.н.	1946
2	Шалыгина Елена Евгеньевна	главный научный сотрудник	д.ф.-м.н.	1943
3	Ганышина Елена Александровна	ведущий научный сотрудник	д.ф.-м.н.	1943
4	Рыжанова Наталия Викторовна	старший научный сотрудник	к.ф.-м.н.	1943
5	Кудаков Андрей Дмитриевич	старший научный сотрудник 0.5ст	к.ф.-м.н.	1960

6	Стрелков Никита Викторович	старший научный сотрудник 0.5ст	к.ф.-м.н.	1976
7	Копчик Сергей Владимирович	старший научный сотрудник	к.ф.-м.н.	1955
8	Бессонов Владимир Олегович	старший научный сотрудник	к.ф.-м.н.	1982
9	Шапаева Татьяна Борисовна	старший научный сотрудник	к.ф.-м.н.	1970
10	Грановский Сергей Александрович	старший научный сотрудник 0.5ст	к.ф.-м.н.	1973
11	Карпенков Дмитрий Юрьевич	научный сотрудник	к.ф.-м.н.	1987
12	Соболева Ирина Владимировна	научный сотрудник	к.ф.-м.н.	1981
13	Харламова Анна Михайловна	младший научный сотрудник		1989
14	Четвертухин Артем Вячеславович	младший научный сотрудник		1986
Учебно-научный вспомогательный персонал				
1	Ковалева Ирина Юрьевна	ведущий инженер		1954
2	Панькова Элана Валерьевна	ведущий инженер		1974
3	Абросимова Нина Михайловна	инженер	к.ф.-м.н.	1958
4	Мельников Виталий Александрович	инженер	к.ф.-м.н.	1983
5	Гаврилова Лариса Евгеньевна	инженер		1947
6	Норина Светлана Борисовна	инженер	к.ф.-м.н.	1956
7	Хайруллин Марат Фаизович	инженер	.	1991
8	Николаев Юрий Геннадьевич	механик		1957
9	Свирин Денис Юрьевич	Физик 0.5ст		1981
10	Тябликов Владимир Сергеевич	физик		1953
11	Зверев Владимир Игоревич	физик 0.5ст	К.ф.-м.н.	1986
12	Лосева Альбина Ивановна,	техник		1949
13	Ахуткина Александра Ивановна	ведущий электроник 0.5ст	к.ф.-м.н.	1947
14	Курбатова Юлия Николаевна	ведущий электроник 0.5ст		1949
15	Миронова Любовь Сергеевна	ведущий электроник		1939

Средний возраст научного персонала на сентябрь 2018 г - 42 года.

Средний возраст учебно-научного вспомогательного персонала на сентябрь 2018 г - 56лет.

Таблица 4. Средний возраст сотрудников кафедры

	2005	2009	2013 год	2018
всего	49	48	52 года	55 лет
преподаватели	53	53	57	61
Научные сотрудники	44	53	54	42
Учебно-научный вспомогательный персонал	55	44	46	56

Таблица 5. Распределение сотрудников кафедры по ученым степеням на сентябрь 2018 г.

Ученая степень	Число человек	Средний возраст
д.ф.-м.н.	8	73
к.ф.-м.н	18	49

Из таблиц видно, что средний возраст штатного педагогического и научного состава кафедры постоянно растет, что указывает на недостаточный приток молодежи, но средний возраст научных сотрудников в 42 года дает основания предполагать, что кадровый резерв у кафедры имеется. За период 2014-2018г. на кафедру пришли 8 человек (из них 2 на 0.5 ставки) в возрасте до 35 лет.

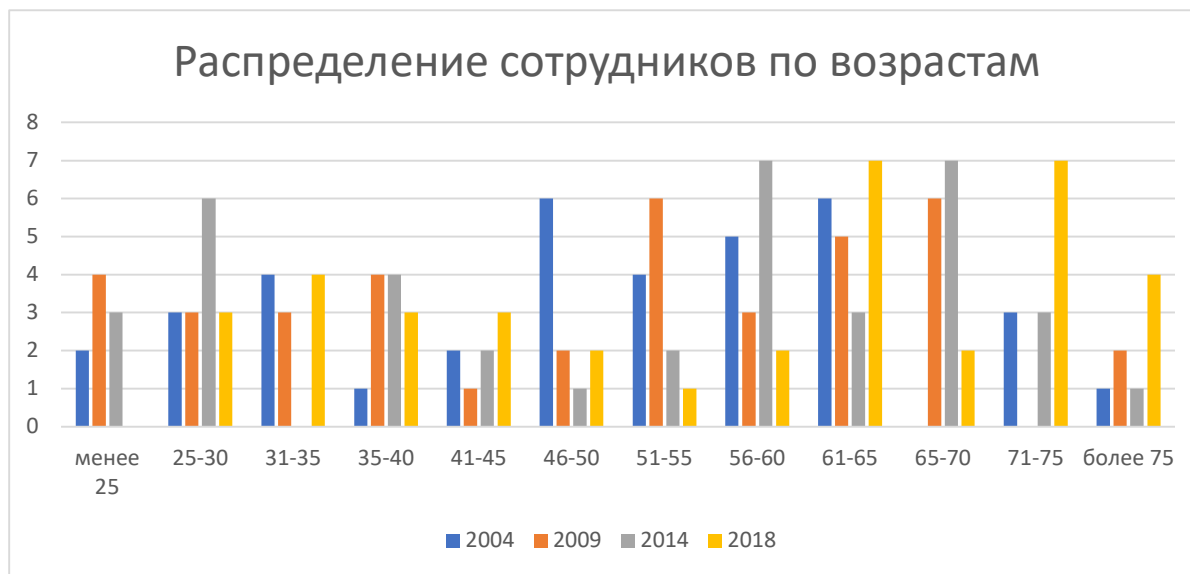


Рис. 1. Динамика изменения количества сотрудников в различных возрастных группах за последние двадцать лет.

УЧЕБНАЯ РАБОТА НА КАФЕДРЕ МАГНЕТИЗМА 2014-2018 ГГ.

Кафедра готовит специалистов, бакалавров и магистров в области физики магнитных явлений. На кафедре разработана система оригинальных взаимосвязанных специальных курсов, полностью соответствующих программе по специальности «Физика» специализации «Физика магнитных явлений». За прошедшие пять лет проведена большая работа по переходу со стандартов учебных планов 2-го поколения на стандарты 3-го поколения.

В 2013 году на кафедре магнетизма для студентов 3 курса в рамках стандарта 3-го поколения и для студентов 4 курса в рамках стандарта 2-го поколения сотрудниками кафедры читалось **10 курсов**, из них:

- 2 дисциплины специализации,
- 1 спецсеминар,
- 7 спецкурсов кафедры;

В 2018 году для бакалавров кафедры магнетизма сотрудниками кафедры читается 15 курсов, из них

- 6 дисциплин профиля,
- 6 с/к по выбору,
- 3 факультатива.

За прошедшие 5 лет разработано 6 новых курсов для бакалавров, 4 прошли значительную модернизацию.

В 2013 году на кафедре магнетизма для студентов 5-6 курсов в рамках стандарта 2-го поколения сотрудниками кафедры читалось **12 курсов**, из них:

- 1 дисциплины специализации,
- 4 спецкурса кафедры,
- 2 спецсеминара,
- 4 с/к по выбору,
- 1 факультатив;

В 2018 году для магистров кафедры магнетизма сотрудниками кафедры читается **32 курса**, из них

- 11 дисциплин магистерской программы (дмп)
- 17 дисциплин магистерской программы по выбору
- 2 факультатива
- 2 обязательных курса «Современные проблемы физики».

За прошедшие 5 лет разработано 18 новых курсов для магистров, 8 прошли значительную модернизацию.

Вот уже 4 года сотрудниками кафедры читаются также курсы МФК.

Итого за прошедшие 5 лет значительно модернизировано 12 курсов, разработано 24 новых курса (не считая курсы МФК).

**Рабочий план кафедры магнетизма
для проведения учебного процесса в рамках стандарта 3-го поколения
(для студентов 1-3 курсов)**

на весенний семестр 2013-2014 учебного года

	№ Сем-ра	Название дисциплины по учебному плану	Точное название дисциплины	отчетность	Ф.И.О. преподавателя
1	6	Дисциплина специализации	Введение в физику конденсированных сред	зачет	Шалыгин А.Н. доцент, д.ф.-м.н.
2	6	Спецсеминар	Введение в технику современного физического эксперимента	зачет	Перов Н.С. доцент, д.ф.-м.н.

**Рабочий план кафедры магнетизма
для проведения учебного процесса в рамках стандарта 2-го поколения
(для студентов 4-5 курсов)
в 2013-2014 учебном году**

	№ Сем-ра	Название дисциплины по учебному плану	Точное название дисциплины	отчетность	Ф.И.О. преподавателя
--	----------	---------------------------------------	----------------------------	------------	----------------------

4 курс

3	7	спецкурсы 1	Физика магнитных явлений, часть I	зачет	Котельникова О.А. доцент, к.ф.-м.н.
4	7	2	Квантовые модели магнетизма	экз.	Котельникова О.А. доцент, к.ф.-м.н.
5	7	3	Основы квантовой теории твердого тела	зачет	Грановский А.Б. проф., д.ф.-м.н.
6	7	4	Экспериментальные методы в магнетизме	экз.	Прудников В.Н. проф., д.ф.-м.н.
7	8	Дисциплина специализации	Квантовая теория твердого тела	экз.	Грановский А.Б. проф., д.ф.-м.н.
8	8	спецкурсы кафедры 1	Магнитоупорядоченные среды (Физика магнитных явлений, часть 2)	экз.	Радковская А.А. доцент, к.ф.-м.н.
9	8	2	Критические явления и магнитные фазовые переходы	зачет	Котельников А.О. доцент, к.ф.-м.н.
10	8	3	Магнитооптика ферромагнетиков	экз.	Четкин М.В. проф., д.ф.-м.н.

5 курс

11	9	дисциплина спец-зации	Физика конденсированного состояния вещества	экз.	Грановский А.Б. проф., д.ф.-м.н.
----	---	-----------------------	---	------	-------------------------------------

12	9	спецкурсы 1	Физика магнитных явлений: доменные структуры и процессы перемагничивания (Часть 4)	экз.	Зубов В.Е. в.н.с., д.ф.- м.н.
13	9	2	Магнитные материалы	экз.	Прудников В.Н. проф., д.ф.- м.н.
14	9	3 (в счет спецсеминара)	Теория сплавов переходных металлов	экз.	Ведяев А.В. проф., д.ф.- м.н.
15	9	4 Спецкурсы по выбору 1	Метаматериалы	зачет	Радковская А.А., доц., к.ф.- м.н.
16	9	2	Инновации и защита интеллектуальной собственности в современной науке	зачет	Кудаков А.Д., ст.н.с., к.ф.- м.н.
17	9	3	Физические основы экологии	зачет	Копчик С. В., снс, к.ф.- м.н.
18	9	4	Численные методы в физике твердого тела	зачет	Стрелков Н.В., н.с., к.ф.- м.н.
19	10	спецкурсы кафедры 1	Сложные магнетики. Высокочастотные свойства (Физика магнитных явлений, IV часть)	экз.	Шалыгина Е.Е. проф., д.ф.-м.н.
20	10	2	Основы спинтроники	экз.	Ведяев А.В. проф., д.ф.- м.н.
21	10	спецсеминар	Спиновый транспорт в магнитных гетероструктурах	зачет	Рыжанова Н.В., ст.н.с., к.ф.- м.н.
22	10	факультатив	Экспериментальное оборудование современной магнитной лаборатории	зачет	Перов Н.С. доцент, к.ф.- м.н.

**Дисциплины кафедры магнетизма для бакалавров на 2018-2019
уч.год**

№ П/П	№ семестр	Название дисциплины по учебному плану	Точное название дисциплины	отчетность	Ф.И.О. преподавателя
-------	-----------	---------------------------------------	----------------------------	------------	----------------------

Осень 3 курс

1	5		НИС	зачет	Куратор
2	5	Дп	Электромагнитные свойства конденсированных сред	зачет	доц. Котельникова О.А.

Весна 3 курс

3	6	Дп	Основы физики магнитных явлений	экзамен	доц. Шалыгин А.Н.
4	6	Факультатив по выбору 1	Электродинамические свойства конденсированных сред	зачет	доц. Котельникова О.А.
5	6	Факультатив по выбору 2	Введение в технику современного физического эксперимента	зачет	проф. Перов Н.С.

Осень 4 курс

6	7	Дп	Физика магнитных явлений	экзамен	доц. Котельникова О.А.
7	7	Дп	Основы квантовой теории твердого тела	экзамен	проф. Грановский А.Б.
8	7	Дп	Экспериментальные методы в физике магнитных явлений	экзамен	проф. Прудников В.Н.
9	7	С/к по выбору I	Магнитные фазовые переходы и критические явления	Зачет	доц. Котельникова О.А.
10	7	С/к по выбору I	Спиновые стекла	Зачет	ст.преп. Прудникова М.В.
11	7	С/к по выбору II	Магнитооптика ферромагнетиков	Зачет	снс Шапаева Т.Б.
12	7	С/к по выбору II	Введение в магнитооптическую спектроскопию	Зачет	внс Ганьшина Е.А.
13	7	Факультатив	Квантовая теория магнетизма	Зачет	доц. Котельникова О.А.

Весна 4 курс

14	8	Дп	Магнитоупорядоченные среды	Зачет с оценкой	доц. Радковская А.А.
15	8	С/к по выбору I	Квантовая теория твердого тела	Зачет	проф. Грановский А.Б.
16	8	С/к по выбору I	Введение в теорию групп	Зачет	доц. Котельникова О.А.

Дисциплины магистерских программ кафедры магнетизма для магистров на 2018-2019 уч.год

№ п/п	№ семестра	Название дисциплины по учебному плану	Точное название дисциплины	отчетность	Ф.И.О. преподавателя
-------	------------	---------------------------------------	----------------------------	------------	----------------------

Осень 1 г/о

1	1	дмп	Физика конденсированного состояния	экзамен	проф. Грановский А.Б.
---	---	-----	------------------------------------	---------	-----------------------------

2	1	дмп	Квантовые модели магнетизма	экзамен	доц. Котельникова О.А.
3	1	дмп	Экспериментальное оборудование в современной физической лаборатории	зачет	проф. Перов Н.С.
4	1	обязательная	Современные проблемы физики	зачет	проф. Грановский А.Б.
5	1	дмп по выбору I	Теория сплавов	экзамен	проф. Ведяев А.В.
6	1	--/--	Численные методы в физике твердого тела	--/--	снс Стрелков Н.В.
7	1	дмп по выбору II	Физические основы эволюции и экологии	экзамен	снс Копцик С.В.
8	1	--/--	Инновационная защита интеллектуальной собственности в современной науке	--/--	снс Кудаков А.Д.
9	1	факульт по выбору	Основы магнетизма		доц. Котельникова О.А.
10	1	--/--	Физика микромагнитных структур		гнс. Шалыгина Е.Е.

Весна 1г/о

11	2	дмп	Физика магнитоупорядоченных сред	экзамен	доц. Радковская А.А.
12	2	дмп	Магнитные материалы и технологии их получения	экзамен	проф. Прудников В.Н.
13	2	дмп	Спонтанные и индуцированные фазовые переходы в магнетиках	зачет	доц. Котельникова О.А.
14	2	дмп	Основы спинтроники	зачет	проф. Ведяев А.В.
15	2	дмп по выбору I	Метаматериалы	экзамен	доц. Радковская А.А.
16	2	--/--	Сверхзвуковая динамика магнитных солитонов	--/--	снс Шапаева Т.Б.
17	2	дмп по выбору II	Наногетероструктуры ферромагнетик сверхпроводник		снс Рыжанова Н.В.
18	2		Магнитнотвердые материалы		нс Карпенков Д.Ю.
19	2	--/--	Магнетизм неупорядоченных структур	--/--	ст.преп.Прудникова М.В.

Осень 2 г/о

20	3	дмп	Доменные структуры и процессы	экзамен	гнс
----	---	-----	-------------------------------	---------	-----

			намагничивания	н	Зубов В.Е.
21	3	дмп	Сложные магнетики. Высокочастотные свойства	экзамен	гнс Шалыгина Е.Е.
22	3	дмп	Спинтроника	зачет	проф. Ведяев А.В.
23	3	обязательная	Современные проблемы физики	зачет	Проф. Грановский А.Б.
24	3	с/к по выбору 1	Теория групп и ее применение в физике конденсированного состояния	экзамен	Доц. Котельникова О.А.
25	3		Численные методы в физике магнитных явлений	--/--	снс Стрелков Н.В.
26	3	с/к по выбору 2	Прикладная магнитооптика	зачет	гнс Шалыгина Е.Е., гнс Зубов В.Е.
27	3	--/--	Аморфные магнетики	--/--	доц. Радковская А.А.
28	3	с/к по выбору 3	Физика низкоразмерных магнитных структур	зачет	гнс Зубов В.Е.
29	3	--/--	Магнитные материалы для нанотехнологий	--/--	ст.преп.Пру дникова М.В

Весна 22/0

30	4	дмп	Методы исследования физических свойств наноструктур	зачет	проф. Перов Н.С.
31	3	с/к по выбору	Магнитореологические материалы	зачет	асс. Макарова Л.А. проф.Перов Н.С.
32	3	--/--	Магнитооптическая спектроскопия	--/--	внс Ганьшина Е.Е.

За отчетный период окончило кафедру 62 человека.

Таблица 10. Распределение выпускников кафедры по годам за отчетный период

год	2014	2015	2016	2017	2018
Число выпускников	6	13 (7+6)	15 (8+7)	15 (7+8)	13 (4+6+3)
	специалисты	Специалисты+бакалавры	Специалисты+бакалавры	Магистры+бакалавры	Магистры+бакалавры+аспиранты

Студенты кафедры принимают активное участие в научной работе.

Ежегодно практически треть опубликованных кафедральных работ в числе соавторов содержат студентов. Об уровне их работы говорит то, что практически каждый год выпускные квалификационные работы выпускников кафедры получают призовые места на конкурсе дипломных работ имени Р.В.Хохлова:

2014 - специалист Пальванова Г.С. Фононоподобная дисперсия в дискретных магнитных метаматериалах в мегагерцовом диапазоне. (3 место)

Специалист Родионов И.Д. Прямой и инверсный магнитокалорический эффект в нестехиометрических сплавах Гейслера на основе никеля, марганца и индия (3 место)

2015 - бакалавр Петров П.С. Особенности механизмов взаимодействия между элементами на малых расстояниях при различных конфигурациях и их влияние на дисперсию магнитоиндуктивных волн в метаматериалах в мега- и гигагерцовом диапазоне (3 место)

Бакалавр Блинов М.И. Магнитокалорические и магнитные свойства четверных сплавов Гейслера (3 место)

2016 - бакалавр Вакуленко А.Ю. Экспериментальное исследование поверхностных магнитоиндуктивных волн в метаматериалах (3 место)

2017 – магистр Блинов М.И. Магнитные, магнитокалорические и магнитотранспортные свойства сплавов никель-марганец-индий-бор (3 место)

2018 - магистр Вакуленко А.Ю. Локальная магнитная проницаемость метаповерхностей (3 место)

Магистр Алехина Ю.А. Исследование мультиферроидных свойств многокомпонентных реологических сред (3 место)

Ежегодно студенты кафедры принимают участие в конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов», представляя на секции от 5 до 10 работ.

Спецпрактикум кафедры магнетизма.

На кафедре с использованием современного экспериментального оборудования для студентов бакалавриата 3-го и 4-го курсов, а также для магистрантов первого года работают следующие задачи спецпрактикума

1. Астатический магнитометр. Изучение температурной зависимости намагниченности ферромагнетика.
2. Механический резонанс. Движение намагниченного стержня в неоднородном магнитном поле.
3. Магнитный резонанс. Градуировка электромагнита с помощью ЯМР.
4. Магнитный резонанс. ФМР в ферритах.
5. Эффект Фарадея в ферритах на СВЧ.
6. Эффект Керра. Изучение меридионального и экваториального эффекта Керра, а также интенсивностного эффекта.
7. Эффект Холла.
8. Влияние упругих напряжений на ход кривой намагничивания.
9. Вибрационный анизометр.
10. Магнитострикция ферромагнетиков

Все задачи проходят периодическую модернизацию, которая, как правило, связана с заменой вышедших из строя старых приборов, или разработкой новых алгоритмов обработки экспериментальных данных.

Для модернизированных задач были переработаны и напечатаны описания. Для удобства студентов все описания также представлены в электронном виде на сайте кафедры, в разделе, посвященном практикуму по адресу <http://magn.phys.msu.ru/Rus/prac.html>.

Помимо перечисленных выше задач, за отчетный период на кафедре были разработаны новые задачи спецпрактикума ориентированные, в первую очередь, на студентов без специальной подготовки в области физики магнитных явлений. Это следующие задачи:

1. Исследование магнитной восприимчивости гадолиния вблизи температуры Кюри.

Для изменения температуры образца от -10 до 50°C используют элемент Пельтье. По результатам измерений индуктивности катушки с образцом в зависимости от температуры определяют температуру Кюри и эффективный магнитный момент гадолиния.

2. Изучение постоянного магнитного поля: численное моделирование и эксперимент.

Эта задача состоит из нескольких отдельных упражнений, которые могут быть выполнены независимо друг от друга. Целью первой части задачи является численный расчет осевой и радиальной компонент магнитного поля витка с током, а также расчет величин магнитных полей, создаваемых соленоидами с разной геометрией. Эту часть задачи студенты могут выполнять дистанционно. Во второй части задачи необходимо экспериментально определить постоянную катушки с помощью датчика Холла, а также исследовать топологию магнитного поля плоского соленоида с помощью магнетометра.

3. Определение кривой намагничивания и петли гистерезиса по анализу фотографий доменной структуры пленки феррита-граната при перемагничивании.

Изображения доменной структуры получают с помощью микроскопа и камеры для микросъемки, используя магнитооптический эффект Фарадея, и анализируют их с помощью специальной программы. Суть анализа доменной структуры заключается, во-первых, в определении отношения площадей доменов с противоположной намагниченностью к площади всей фотографии в зависимости от внешнего магнитного поля и, во-вторых, в измерении периода доменной структуры и ширины доменов с выбранным направлением намагниченности в зависимости от внешнего магнитного поля. Используя эти подходы, можно получить кривую намагничивания и петлю гистерезиса в относительных единицах.

4. Измерение величины магнитного поля Земли.

При выполнении этой задачи студенты не только измеряют три компоненты геомагнитного поля, определяют магнитное склонение и вычисляют магнитный момент Земли, но и определяют влияние электронных устройств на величину геомагнитного поля.

Ежегодно студенты 3-4 курсов бакалавриата и 1-го курса магистратуры со следующих кафедр:

кафедры физики твердого тела

кафедры физики полупроводников

кафедры общей физики и магнитоупорядоченных сред

кафедры физики низких температур

кафедры квантовой электроники

кафедры физики колебаний

кафедры нейтронографии

кафедры общей физики для физического факультета

кафедры общей физики и молекулярной электроники

кафедры физики наносистем

выполняют отдельные задачи практикума. Что позволяет говорить об общефакультетском статусе практикума.



Рис. 2. Гистограмма количество студентов физического факультета, посетивших спецпрактикум кафедры магнетизма с 2009 по 2018 год.

Уменьшение общего числа студентов после 2016 года, скорее всего, связано с изменениями учебных планов кафедр, в соответствии с которыми выполнение практикума перестает быть обязательным.

Дополнительные практикумы и демонстрации.

На кафедре магнетизма была разработана и создана демонстрация, благодаря которой студенты могут увидеть доменную структуру прозрачного ферромагнетика – феррита-граната с помощью поляризационного микроскопа, а также результат воздействия на эту структуру постоянного магнитного поля и поля, создаваемого широко используемыми пластиковыми картами. Эту демонстрацию уже несколько лет показывают не только на лекциях по общему курсу физики на физическом факультете МГУ, но и в рамках межфакультетского курса «Магнетизм вокруг нас», разработанного сотрудниками кафедры магнетизма МГУ. В 2017 году эта демонстрация была успешно показана на Дне Науки в Университете св. Радбоуда в г. Неймеген (Нидерланды).

Кафедра магнетизма принимает активное участие в разработке и внедрении инновационных образовательных программ, обеспечивающих не только появление новых учебных курсов для студентов и кадров высшей квалификации (как теоретических, так и практических), но разработку новых методов обучения, в том числе и на основе современного научного измерительного оборудования. В частности, для этих целей используется приобретенный в рамках инновационной образовательной программы физического факультета вибрационный магнитометр фирмы LakeShore. Следует отметить, что обучение студентов и аспирантов физического факультета работе на подобном оборудовании позволит подготовить специалистов мирового уровня в такой стратегически важной области науки, как физика наноструктур и нанотехнология. Данная деятельность была начата в 2009-2013 году и продолжена в отчетный период 2014-2018 годы.

В развитие читаемого курса на кафедре магнетизма под руководством профессора В. Н. Прудникова разработан комплекс задач (9 задач) специального магнитного практикума, который не только предусматривает обучение студентов (магистров) и аспирантов работе на современном экспериментальном оборудовании, но и даёт возможность самостоятельно исследовать особенности магнитных свойств современных магнитных материалов. Предлагаемый комплекс задач представляет собой инновационную форму практикума – «Учебно-научный специальный практикум по физике магнитных явлений», особенностью которого является использование современного дорогостоящего оборудования в учебных целях.

Для каждой задачи практикума изданы описания, опирающиеся на курс лекций «Экспериментальные методы в магнетизме. Лекции», изданные в 2010-2017 г.г.

Для знакомства с теоретическими вопросами и порядком работы с установками подготовлены соответствующие описания, они включают необходимый теоретический материал, подробное описание работы экспериментальной установки, порядок проведения эксперимента, а также вопросы для самостоятельной подготовки.

Постановки задач, теоретические разделы всех задач, описания основных характеристик магнетиков, исследуемых в каждой задаче, описание работы используемых приборов, вопросы проверки знаний при самостоятельной подготовке студентов написаны лично В.Н.Прудниковым. В подготовке работ к изданию помогли студенты и аспиранты: И.Д.Родионов, А.П.Казаков, Д.Е. Меттус, И.С.Титов, М.И.Блинов.

Описанный комплекс функционирует в учебном режиме уже несколько лет и более 50 студентов и аспирантов различных кафедр прошли подготовку в новом учебно-научном практикуме.

За разработку данного практикума профессор кафедры Валерий Николаевич Прудников был удостоен в 2017 году Ломоносовской премии за педагогическую деятельность.

Аспирантура

В отчетный период в аспирантуру поступили 15 человек, а закончили аспирантуру 9 человек (из них 3 с защитой диссертации, остальные готовятся к защите), два аспиранта отчислились по собственному желанию.

Выпускники аспирантуры 2014-2018 гг.:

1. Рожновская, Алиса Андреевна. Магнитооптическое исследование магнитных свойств низкоразмерных тонкопленочных систем на основе железа и кобальта.
2. Новиков Андрей Игоревич. Исследование магнитооптических свойств Ni-Mn-содержащих сплавов гейслера и разбавленных магнитных полупроводников GaMnAs(Sb) и TiO₂:V.
3. Михайловский Юрий Олегович
4. Титова Мария Сергеевна.
5. Андрианов Тимофей Андреевич.
6. Макарова Людмила Александровна. Исследование магнитных и электрических свойств композитных реологических материалов на основе ферромагнитных и сегнетоэлектрических наполнителей.
7. Зыков Георгий Сергеевич.
8. Родионов Игорь Дмитриевич.
9. Хайруллин Марат Фаизович.

В настоящее время в аспирантуре обучается 6 человек

1. Исаев Данил Алексеевич
2. Лобачев Андрей Викторович

3. Белов Иван Андреевич
4. Блинов Михаил Ильич
5. Гаршин Владимир Валентинович
6. Пикалов Антон Михайлович

Отчислились из аспирантуры в 2014-2018 годах два человека:

1. Надточий Анна Ярославовна
2. Кадышев Дмитрий Игоревич

Итого в аспирантуре кафедры магнетизма в период с октября 2014 по сентябрь 2018 гг. обучались или продолжают учебу 17 человек. На работу на факультет после окончания аспирантуры были оставлены Макарова Л.А. и Хайруллин М.Ф.

Для аспирантов кафедры магнетизма и аспирантов других кафедр физического факультета за отчетный период были прочитаны курсы лекций:

1. Основы спинтроники. проф. Ведяев А.В.
2. Современные проблемы магнетизма. проф. Грановский А.Б.
3. Неупорядоченные магнетики: спиновые стекла. проф. Прудников В.Н., ст.преп.Прудникова М.В.
4. Высокочастотные свойства ферромагнетиков. проф. Шалыгина Е.Е.
5. Магнитооптическая спектроскопия новых магнитных материалов. проф. Ганьшина Е.А.
6. Наномагнетизм. проф. Фарле М., проф. Перов Н.С.
7. Современный эксперимент в физике магнитных явлений. проф. Перов Н.С.
8. Критические явления в магнетиках. доц. Котельникова О.А.
9. Метаматериалы: Магнито-индуктивные волны. доц. Радковская А.А.
10. Физика магнитоупорядоченных сред. доц. Радковская А.А.
11. Размерные эффекты в явлениях переноса в слоистых структурах. снс Рыжанова Н.В.
12. Динамические процессы в магнетиках. снс Шапаева Т.Б.
13. Моделирование физических процессов в среде COMSOL Multiphysics 3.5. снс Стрелков Н.В.
14. Физические основы магнетизма. Котельникова О.А.
15. Критические явления в магнетиках. Котельникова О.А.
16. Технологии получения магнитных наноматериалов. Семисалова А.С.
17. Микромагнитные структуры и их особенности. Шалыгина Е.Е.
18. Избранные главы магнетизма: актуальные проблемы и применения. Грановский А.Б.
19. Спонтанные и индуцированные магнитные фазовые переходы. Котельникова О.А.
20. Физика процессов эволюции. Копчик С.В.
21. Защита интеллектуальной собственности в России и за рубежом. Кудаков А.Д.

НАУЧНАЯ РАБОТА.

Исследования ведутся в 9 научных группах, возглавляемых ведущими учеными кафедры, по следующим приоритетным направлениям научных исследований

Живые системы

Индустрия наносистем и материалов

Энергетика и энергосбережение

В рамках двух госбюджетных тем:

"Фундаментальные проблемы физики магнитных наносистем" (номер госрегистрации 012011554428), руководители Ведяев А.В., Перов Н.С.;

"Магнитные, магнитотранспортные и магнитооптические свойства микро и макронеоднородных металлов, полупроводников и диэлектриков" (номер госрегистрации 012011554429), руководители Ведяев А.В., Грановский А.Б..

Помещения кафедры

За кафедрой закреплены 28 помещений, из которых 5 являются вспомогательными (склады, мастерские и т.п.), два помещения используются как учебные аудитории, 5 помещений являются кабинетами и в остальных 16 проводится лабораторная деятельность. Своими силами кафедра отремонтировала 8 помещений и в настоящее время достигнута договоренность о ремонте ещё одной аудитории.

Материально-техническая база, имеющаяся в распоряжении коллектива кафедры.

Автоматизированный вибрационный анизометр для исследования магнитоэлектрических свойств материалов в полях до 8 кЭ с чувствительностью до $5 \cdot 10^{-5}$ Гс*см³.

Вариант анизометра для исследования магнитномягких материалов с разрешением по магнитному полю до 5 мЭ.

Вибрационный магнитометр фирмы LakeShore, модель 7407.

Сверхпроводящий соленоид с системой реконденсации гелия для измерения транспортных свойств тонких пленок и сплавов.

Установка для исследования гальваномагнитных свойств материалов в широком диапазоне температур.

Магнитооптические микромагнитометры для исследования локальных магнитных свойств ферромагнетиков с участков поверхности с линейным разрешением вплоть до 0.2 мкм в частотном диапазоне управляющих полей 1 Гц - 100 МГц.

Спектральная магнитооптическая установка для исследования ультрадисперсных сред, магнитных жидкостей и аморфных материалов.

Спектральная магнитооптическая установка для исследования магнитооптических свойств магнитных материалов в области энергий квантов падающего света 0.5-4.5 эВ при температурах от комнатных до гелиевых и в магнитных полях вплоть до 3 кЭ.

Установка для исследования нелинейной динамики и парных соударений топологических магнитных солитонов методом двухкратной высокоскоростной фотографии в реальном масштабе времени с использованием лазерных световых импульсов субнаносекундной длительности.

Автоматизированная установка для исследования динамики и соударений вертикальных Блоховских линий методом трехкратной высокоскоростной фотографии с регистрацией изображения TV камерой и его записью на компьютере.

Установка для исследования динамики плотноупакованных спиральных доменных структур.

Автоматизированный стенд для двумерного сканирования электромагнитных полей в МГц и ГГц диапазонах с субмиллиметровым пространственным разрешением.

Перспективы развития

1. Создание магнитометрического комплекса и комплекса для измерения магнитотранспортных свойств в сильных полях, в сочетании с имеющимся оборудованием для измерения магнитных и магнитооптических свойств в полях до 10 кЭ, позволит исследовать широкий спектр магнитных материалов. В частности, планируется дальнейшее исследование сплавов Гейслера как перспективных материалов для спинтроники, функциональных материалов, обладающих эффектом памяти формы и магнитокалорическим эффектом.
2. Исследование оптических и магнитооптических свойств модельных структур, имитирующих мультиферроики, и состоящих из слоев пьезоэлектрика и магнитострикционного материала.
3. Развитие теории аномального и спинового эффекта Холла.
4. Комплексное исследование и поиск новых ферромагнитных при комнатной температуре полупроводников и полупроводниковых оксидов, перспективных для спинтроники и магнитофотоники.
5. Исследования быстрого перемагничивания слабых ферромагнетиков в пикосекундном диапазоне времени, а не в наносекундном, как это было ранее в ферромагнетиках. Таким образом, будет осуществлен переход от ферромагнитодинамики в ферромагнетиках к антиферромагнитодинамике в слабых ферромагнетиках – ортоферритах.
6. Исследование магнитных метаматериалов с сильным взаимодействием между элементами.

ФИНАНСИРОВАНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

В отчетный период научные исследования на кафедре магнетизма были поддержаны проектами и грантами российских и международных фондов и ведомств.

Гранты РФФИ

13-02-01452 - Спиновый транспорт в ферромагнитных туннельных и джозефсоновских контактах (Ведяев А.В.)

15-02-01976 - Магнитные, магнитотранспортные, магнитокалорические и магнитооптические свойства сплавов Гейслера на основе Ni-Mn-In (Грановский А.Б.)

15-02-02077 - Магнитооптика низкоразмерных магнитных структур (Ганьшина Е.А.)

15-32-50819 - Магнитные, магнитокалорические, магнитотранспортные, магнитооптические свойства близких к экваторным сплавов Fe-Rh (Грановский А.Б.)

17-32-50018 - Высокочастотные магнитные свойства наногетероструктур “аморфный ферромагнитный металл-диэлектрик” (Грановский А.Б.)

13-02-90491 - Функциональные характеристики композиционных материалов с наночастицами из ферромагнитных металлов и сплавов (Перов Н.С.)

14-32-50926 - Исследование полевой зависимости перпендикулярной полю компоненты магнитного момента аморфных ферромагнитных микропроводах в стеклянной оболочке с помощью вибрационного анизометра (Перов Н.С.)

15-32-50804 - Исследование влияния параметров оболочки на магнитные свойства магнитно-двухфазных микропроводов в диапазоне температур от 300 до 1250 К (Перов Н.С.)

18-02-00137 - Исследование объемного распределения магнитной проницаемости в магнитномягких лентах и проводах (Перов Н.С.)

14-02-31714 (Михайловский Ю.О.)

2616-32-00460 - Магнитные, магнитокалорические и транспортные свойства четырехкомпонентных сплавов Гейслера на основе Ni-Mn-X (X=In, Sb, Sn) в области магнитных и магнитоструктурных фазовых переходов (Родионов И.Д.)

14-02-06007-г Организация и проведение Московского Международного Симпозиума по Магнетизму (МИСМ-2014) научный руководитель профессор Грановский А.Б.

17-02-20287-г Организация и проведение Московского Международного Симпозиума по Магнетизму (МИСМ-2017) научный руководитель профессор Грановский А.Б.

Харламова А.М. Мол-нр. Грант «Структура, процессы намагничивания и особенности межслойного взаимодействия тонкопленочных многослойных систем с субмикронной толщиной слоев Co и Bi», 2016 г.

Харламова А.М. Мол-нр Грант «Исследование межслойного обменного взаимодействия и процессов намагничивания тонкопленочных систем Co/Gd/Co с субмикронной толщиной слоев Co и Gd», 2018 г.

Другие гранты:

Родионов И.Д.: Молодежный научный инновационный конкурс «УМНИК» договор №_4590ГУ1/2014 от 23.12.14) «Создание композитных структур сплавов Гейслера на основе Ni-Mn-In для применения в магнитном охлаждении» 2014-2016 г.

Харламова А.М. Молодежный научный инновационный конкурс «УМНИК» «Создание современных «толстых» аморфных микропроводов с помощью модифицированного метода Улитовского-Тейлора и мониторинг их свойств», 2014-2016 гг.

Макарова Л.А. Молодежный научный инновационный конкурс «УМНИК»

Хайруллин М.Ф. Молодежный научный инновационный конкурс «УМНИК»

Кооперация в научных исследованиях в пределах Российской Федерации.

Ученые кафедры активно проводят исследования совместно с рядом кафедр физического факультета МГУ, химического факультета МГУ, институтами РАН и отраслевыми институтами. При этом появляется возможность проведения экспериментов на уникальном оборудовании, приобретение которого в рамках кафедры потребовало бы огромных усилий, либо вообще было невозможным. Ниже приводится список кафедр и институтов, с которыми поддерживаются многолетние научные связи:

кафедра ОФФФ
кафедра ОФЕФ
кафедра квантовой электроники
кафедра фотоники и физики микроволн
Кафедра физики полимеров и кристаллов
Кафедра физики твердого тела
Инновационный радиофизический центр Rohde & Schwarz и физического факультета МГУ

Химический факультет МГУ

Факультет почвоведения, МГУ

За пределами МГУ сотрудничество ведется со следующими организациями:

Институт Металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва

Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН, Москва

Федеральное государственное учреждение Российский научный центр "Курчатовский институт", Москва

Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности "Гиредмет", Москва

Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина", Москва

Калужский филиал МВТУ имени Н.Э. Баумана

Ордена Трудового Красного Знамени Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург

Воронежский государственный технический университет

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта;

Югорский государственный университет;

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»;

Российский технологический университет МИРЭА;

ГНУ «Институт электроники НАН Беларуси» (Минск) и др.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Совместные договора о сотрудничестве

1. Лаборатория Spintec, Лаборатория Луи Нееля национального центра научных исследований (г. Гренобль Франция) Тема сотрудничества магнитные наноструктуры для спинтроники. Договор о сотрудничестве УН-53-2000. Ответственный исполнитель с российской стороны - профессор А.В.Ведяев.

2. Университет им. Ж. Фурье,(г. Гренобль, Франция). Тема сотрудничества магнитные наноструктуры для спинтроники. Договор о сотрудничестве 001-3-2-94-31. Ответственный исполнитель с российской стороны - профессор А.В.Ведяев.

3. Институт физики Университета Дуйсбурга-Эссена (Германия). Тема сотрудничества: магнетизм наноразмерных систем. Договор о сотрудничестве № УН-212-2004-5. Ответственный исполнитель с российской стороны - профессор А.Б.Грановский.

4. Квинс колледж Университета Нью-Йорк (США). Тема сотрудничества магнитофотонные кристаллы. Договор о сотрудничестве УД-305-2005-5. Ответственный исполнитель с российской стороны - профессор А.Б.Грановский.

5. Технологический Университет Тояхаши (Япония). Тема сотрудничества: Исследование материалов для нанотехнологий. Договор о сотрудничестве УУ-58-2002-5 от 10.01.2003. Ответственный исполнитель с российской стороны - доцент Н.С.Перов.

6. Технологический Университет Лаппенранты (Финляндия). Тема сотрудничества: Современные магнитные материалы. Договор о сотрудничестве. Ответственный исполнитель с российской стороны - профессор А.Б.Грановский.

7. Чунгнам Национальный Университет (Корея). Тема сотрудничества: Исследование магнитных, магитооптических свойств аморфных сплавов. Договор о сотрудничестве № ОФ –71-2003-5 от 21.02.03 (до настоящего времени). Ответственный исполнитель с российской стороны - доцент Н.С.Перов.

8. Университет страны Басков (Испания). Тема сотрудничества в рамках взаимодействия трех подразделений - Факультет Науки и Технологии (Бильбао), Факультета электротехники и электроники и Отделение физики материалов Химического факультета (Сан Себастьян): низкоразмерные системы и их свойства. Ответственный исполнитель с российской стороны - профессор А.Б.Грановский.

9. Центр экологии и гидрологии, Ланкастерский центр окружающей среды, Ланкастер, Великобритания (Centre for Ecology and Hydrology, Lancaster Environment Centre, LancasterUK), Тема сотрудничества: Загрязняющие металлы в наземных экосистемах России: химия, динамика и влияние на функции, разнообразие и устойчивость микроорганизмов. Ответственный исполнитель со стороны МГУ – старший научный сотрудник Копчик С.В.

Устойчивые контакты установлены со следующими зарубежными университетами и научными центрами:

Университет Оксфорд, Университет Экзитера (Великобритания)

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА

У кафедры есть свой интернет-сайт с доменом второго уровня, информация на котором регулярно обновляется. Домены magn.ru и magnetism.ru поддерживаются кафедрой более 25 лет. В разделах сайта содержится информация для студентов (списки и программы курсов, информация о лабораториях), аспирантов и сотрудников (о заседаниях и семинарах кафедры) кафедры. Есть большой раздел, посвященный выпускникам. Следует отметить, что в отчетный период на сайте помимо фамилий и инициалов выпускников размещаются тексты их выпускных квалификационных работ.

Регулярно (не реже 1 раза в месяц) проводятся научные семинары, на которых заслушиваются доклады по актуальным вопросам физики магнитных свлений, а также обсуждаются работы, представляемые на защиту ученой степени.

Дважды за отчетный период на физическом факультете МГУ силами кафедры магнетизма были организованы и проведены международные конференции по магнетизму Moscow International Symposium on Magnetism (MISM-14 29июня-3 июля 2014 г., MISM-17, 1-5 июля 2017г.). Вся информация о симпозиуме также размещается на специальном сайте, размещенном на сервере кафедры.

МИСМ проводится на регулярной основе раз в три года, начиная с 1999 г. За прошедшие 18 лет МИСМ превратился из небольшой встречи магнитологов в

крупнейший международный форум по магнетизму в России, а по числу участников и научному уровню стал и одним из крупнейших в мире. Достаточно отметить, что предварительно для участия в двух последних МИСМ-ах было зарегистрировано более 1000 заявок, а непосредственное в симпозиумах приняло более 700 человек.

Научная работа

Группа профессора д.ф.-м.н. А.В.Ведяева

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

1. Теоретически исследован новый механизм возникновения шума за счет флуктуаций вектора неравновесной намагниченности в латеральных спин-вентильных структурах. Показано, что отношение сигнал/шум убывает при уменьшении длины рассеяния электронов с переворотом спина. Таким образом, применение подобных структур в устройствах спинтроники наиболее эффективно при использовании сверхчистых материалов с большой длиной рассеяния электронов с переворотом спина.
2. Теоретически исследован обратный спин-Холл эффект в латеральных спин-вентильных структурах. Показано, что данный эффект зависит от направления намагниченности ферромагнитного электрода анализатора, и, таким образом, подобные структуры могут использоваться как новый тип сенсоров магнитного поля.
3. Предложен новый механизм возникновения магнитооптических явлений в ферромагнитных металлах, обусловленный спин-орбитальным взаимодействием электронов с электрическим полем падающей электромагнитной волны. Показано, что предложенный механизм может дать усиление магнитооптических эффектов по сравнению с ранее исследованными механизмами. Также этот механизм важен при исследовании нелинейных магнитооптических эффектов.
4. Теоретические исследования влияния спин-орбитального взаимодействия в изолирующем барьере на электронный транспорт в магнитных туннельных контактах. Предсказано анизотропное туннельное магнитосопротивление в таких контактах, подтвержденное экспериментально. Также предсказано появление спонтанных тогов в кольцевых структурах ферромагнетик/изолятор/ферромагнетик за счет спинового эффекта Холла.
5. Построены аналитическая теория зарядового и спинового тока а также спинового торта в туннельных магнитных контактах с неколлинеарной конфигурацией намагниченностей в ферромагнитных электродах. Показана возможность отклонения наблюдаемых кинетических характеристик этих контактов от обычного синусоидального закона.

Группа профессоров д.ф.-м.н. А.Б.Грановского и В.Н.Прудникова

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Выполнены экспериментальные исследования магнитных, структурных, магнитокалорических и магнитотранспортных свойств ряда тройных и четверных сплавов Гейслера на основе Ni-Mn-In, легированных хромом и бором. Проведены исследования магнитокалорического эффекта при циклировании в магнитном поле до 14 Т и обнаружены кинетические эффекты, связанные с необратимостью при магнитоструктурном переходе. Методом магнитного силового микроскопа исследована микромагнитная структура поверхностной области образца в окрестности магнитоструктурного перехода и найдены двойники. Исследованы полевые и угловые зависимости микроволнового поглощения в условиях

ферромагнитного резонанса для сплава $\text{Ni}_{45}\text{Cr}_5\text{Mn}_{37}\text{In}_{13}$ и обнаружена аномально широкая ширина линии ферромагнитного резонанса в несколько килоэрстед. Для образца, легированного бором, коэффициент нормального эффекта Холла меняет знак, что указывает на смену носителей тока при магнитоструктурном переходе. Корреляция между коэффициентом аномального эффекта Холла и сопротивлением в сплавах, легированных хромом и бором, не имеет места, что свидетельствует о важной роли вырожденных состояний в электронном спектре.

Группа главного научного сотрудника д.ф.-м.н. профессора Е.Е.Шалыгиной

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Одной из важнейших задач физики магнитных явлений является создание новых конструкционных композитных материалов, а также исследование их свойств и **разработка на их основе различных электронных устройств и приборов.**

Первоочередной задачей было изучение магнитных характеристик низкоразмерных магнитных материалов (НММ), представляющие собой чередование магнитных и немагнитных слоёв нанометровой толщины (Fe / Ta , Mo , Zr / Fe , $\text{Co} / \text{Mo} / \text{Co}$, $\text{Co} / \text{Si} / \text{Co}$, $\text{Co} / \text{Bi} / \text{Co}$, $\text{Co} / \text{Cu} / \text{Co}$ и $\text{Fe}/\text{полимер}/\text{Fe}$). Проведенные исследования позволили установить особенности магнитополевого поведения НММ. В частности, было обнаружено осцилляционное поведение поля насыщения при изменении толщины металлического немагнитного слоя от 0.2 до 4 - 5 нм с периодом порядка 1 нм. Было показано, физической причиной экспериментально обнаруженных осцилляций HS являются квантовые размерные эффекты в ультратонких магнитных пленках (в частности, РККИ взаимодействие между магнитными слоями через НММ) и изменения электронной структуры ультратонких слоев по сравнению с объемными образцами.

Другими низкоразмерными объектами исследования были аморфные микропровода с диаметром 5 - 300 микрон в стеклянной оболочке, полученные с помощью модернизированного метода Улитовского-Тейлора. Обнаружено, что микропровода характеризуются уникальными свойствами, в частности, они имеют стабильные геометрические размеры вдоль длины и гладкую, почти бездефектную поверхность, что обуславливает слабую дисперсию приповерхностных локальных магнитных характеристик; проявляют высокую пластичность и прочность (разрушение микропроводов не происходит даже после завязывания его в узел). Результаты измерений упругих характеристик микропроводов, выполненных в режиме циклирования, показали, что микропровода можно отнести к группе сплавов с резиноподобным поведением.

Обнаруженные особенности аморфных микропроводов предопределили использование их в практических приложениях. Наиболее значимым являются разработка на их основе сверхширокополосного экранирующего материала. Созданные композитные материалы проявляли высокую экранирующую способность и малый коэффициент отражения.

Группа старшего научного сотрудника, к.ф.-м.н. Т.Б.Шапаевой

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Найден метод генерации магнитных вихрей на сверхзвуковой доменной границе ортоферрита иттрия.

Для регистрации и исследования динамики магнитных вихрей применена методика высокоскоростной фотографии – пока единственно возможная методика регистрации движущихся магнитных вихрей в ферромагнетиках и антиферромагнетиках.

Из двукратных и трехкратных цифровых высокоскоростных фотографий получены скорость движения самой доменной границы, скорость уединенных изгибных волн, сопровождающих антиферромагнитные вихри, вдоль доменных границ и полная скорость уединенных изгибных волн, как функции скорости самой доменной границы. Зависимости нелинейны и демонстрируют рост тем более резкий, чем меньше амплитуды уединенных изгибных волн и меньше топологические заряды антиферромагнитных вихрей.

Как следует из экспериментальных результатов, движение АФМ вихря вдоль доменной границы вызвано необычно большой гироскопической силой. Проводится сравнение результатов эксперимента и результатов новой теории гироскопической силы, развитой А.К.Звездиным с сотрудниками.

Группа главного научного сотрудника, д.ф.-м.н. В.И.Зубова

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Ранее на кафедре было обнаружено влияние обратимой адсорбции молекул воды на динамику доменных границ (ДГ) на поверхности нитевидных монокристаллов железа. При переходе от совершенных монокристаллов железа к аморфным сплавам на основе железа также было обнаружено воздействие слабой адсорбции на динамику ДГ. Следующим шагом исследований стало изучение влияния обратимой адсорбции на свойства магнитных диэлектриков. Было обнаружено влияние обратимой адсорбции на доменную структуру феррита-граната. Следующим шагом было исследование влияния слабой адсорбции молекул воды на магнитные свойства еще одного класса магнитных материалов - слабых ферромагнетиков. В качестве представителя слабых ферромагнетиков был выбран борат железа.

Обнаружено существенное изменение квазистатической магнитной восприимчивости в тонких пластинках слабого ферромагнетика - бората железа (FeBO_3) при адсорбции молекул воды. Измерения проводились при комнатной температуре с использованием магнитооптического эффекта Фарадея. Изменение восприимчивости в насыщенных парах воды составило около 30%. Наблюдаемый эффект обратим. Время установления восприимчивости после напуска паров воды составляет ~90 с, что в два раза превышает время установления восприимчивости после откачки. Эффект объяснен появлением одноосной поверхностной магнитной анизотропии в базисной плоскости, обусловленной адсорбцией молекул воды.

Исследованы временные зависимости амплитуды колебаний интенсивности света, которая пропорциональна нормальной составляющей намагниченности образца. Образец представляет собой тонкую пластинку толщиной 28 мкм. Кривые измерены после напуска насыщенного пара воды в ячейку с образцом (а) и после откачки паров воды (б). Видно, что после напуска паров воды величина эффекта плавно спадает примерно на 30%.

Группа ведущего научного сотрудника, д.ф.-м.н. Е.Е.Ганьшиной

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Впервые изучены магнитооптические свойства для разбавленных магнитных полупроводников $\text{In}(\text{Ga})\text{MnAs}$, приготовленных методом ионной имплантации с последующим импульсным лазерным отжигом.

Исследование магнитооптических спектров РМП позволяет разделить особенности, связанные с возникновением собственного ферромагнетизма, т. е. выделить спин-зависимые межзонные переходы между валентной зоной и зоной проводимости полупроводниковой матрицы, переходы из примесной зоны марганца, и особенности, связанные с присутствием различных магнитных включений (кластеров MnAs , Mn -атомных кластеров, и т.д).

Усиление особенностей в спектральных зависимостях магнитооптических эффектов вблизи энергий переходов в критических точках зоны Бриллюэна полупроводниковой матрицы являются доказательством появления собственного ферромагнетизма в полученных слоях $\text{In}(\text{Ga})\text{MnAs}$.

В оксидные полупроводники допированные 3d-металлами обнаружены интересные особенности. Сравнение спектров ЭЭК для $\text{TiO}_2:1\%\text{V}$ с полученными ранее спектрами $\text{TiO}_2:1,3\%\text{Co}$ [145] приведено на рис. 5.4. Значение ЭЭК для $\text{TiO}_2:1\%\text{V}$ существенно ниже, чем для $\text{TiO}_2:\text{Co}$. Спектральные зависимости ЭЭК для тонких плёнок $\text{TiO}_2:1\%\text{V}$ в сравнении с $\text{TiO}_2:1,3\%\text{Co}$ показывают различие величины ЭЭК на два порядка. При этом намагничённость отличается лишь в 2,5 раза. Последний факт говорит о том, что механизмы ферромагнетизма в образцах различны: в оксидах $\text{TiO}_2:\text{V}$ за счёт дефектов, а в оксидах $\text{TiO}_2:\text{Co}$ за счёт косвенного обменного взаимодействия.

Впервые изучены магнитооптические свойства полупроводниковых плёнок $\text{ZnO}:\text{Co}$, полученных методами лазерного осаждения на сапфировые подложки.

Установлено, что все исследованные пленки $\text{ZnO}:\text{Co}$ обладают ФМ порядком при комнатной температуре, и имеют сильный магнитооптический отклик в области прозрачности полупроводниковой матрицы. Вид спектральных кривых ЭЭК удалось качественно описать на основе расчета электронной структуры суперячейки ZnO с различными дефектами методом модифицированного потенциала Бекке-Джонсона ($m\text{BJ}$) с учетом спин-орбитального взаимодействия.

Изучено влияния концентрации нанокompозита, состава и толщины слоев на магнитооптические и магнитные свойства мультислойных структур нанокompозит-полупроводник $(\text{CoFeB})\text{Z}(\text{SiO}_2)1-\text{Z}/(\text{Si},\text{C},\text{Te}_3\text{Bi}_2)$. Установлено, что величина и профиль спектра ЭЭК зависят от толщины слоев, концентрации нанокompозита в магнитном слое и состава прослойки. Для ряда систем в области малых толщин немагнитного слоя обнаружено усиление магнитооптического отклика. Максимальное усиление эффекта наблюдалось в мультислойных структурах с прослойкой из теллурида висмута. Для всех систем установлена хорошая корреляция магнито-оптических и транспортных свойств. Подобная корреляция связывается с особенностями образования интерфейса на границе ферромагнитная гранула - полупроводник и с перколяционными процессами в мультислойной структуре.

Группа старшего научного сотрудника, к.ф.-м.н. В.О.Бессонова

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Группа фемтосекундной фотоники и магнитофотоники занимается исследованием перспективных резонансных композитных наносистем, как магнитных, так и обладающих наведенным или оптическим магнетизмом, современными экспериментальными методами оптики, магнитооптики и нелинейной оптики. Объектами исследования являются полностью диэлектрические или композитные среды с искусственно заданными оптическими свойствами, такие как

фотонные, магнитофотонные и магнитоплазмонные кристаллы, метаматериалы и метаповерхности, в которых возможно возбуждение резонансных высокодобротных оптических состояний. Актуальность научного направления продиктована возможностью использования исследуемого класса объектов для эффективного управления светом как в ближней, так и в дальней зонах за счет управления свойствами оптических резонансов при помощи внешних оптических и магнитных полей. В группе реализованы: методы линейной спектроскопии эффектов Фарадея и Керра, методы исследования внутриимпульсной эволюции эффекта Фарадея на фемтосекундных масштабах времени, метод исследования сверхбыстрых процессов с фемтосекундным временным разрешением (метод «накачка-зонд» (pump-probe)), методы нелинейной оптики - спектроскопия генерации второй и третьей оптических гармоник.

1. Исследовано фарадеевское вращение в одномерных магнитофотонных кристаллах в окрестности высокодобротного резонанса блоховской поверхностной волны, возбуждаемой на поверхности магнитофотонного кристалла. Обнаружен резонанс в форме Фано в спектре фарадеевского вращения магнитофотонного кристалла. Амплитуда и спектральная форма линии резонанса определяется взаимным спектральным расположением поверхностной и волноводной мод фотонного кристалла. Продемонстрирована возможность управления свойствами блоховской поверхностной волны при помощи внешнего магнитного поля в магнитофотонных кристаллах, показана возможность магнито-оптического включения/выключения поверхностной волны.

2. Обнаружено усиление поперечного магнитооптического эффекта Керра в планарных магнитоплазмонных нанорешетках, состоящих из двумерного квадратного массива золотых наночастиц в тонкой пленке феррит-граната. Причиной усиления является возбуждение квазиволноводных мод с концентрацией поля преимущественно в магнитном слое.

3. Разработан магнитооптический сенсор на основе резонанса поверхностного плазмон-поляритона (МОСПП). Исследована чувствительность МОСПП для разных режимов работы и как функция толщины ферромагнитного слоя.

4. Исследована фемтосекундная динамика эффекта Фарадея в тонких магнитных пленках (феррит-граната) методом поляризационно-чувствительной кросскорреляционной спектроскопии. Для различных длин волн спектра импульса показано как увеличение, так и уменьшение угла фарадеевского вращения на временном масштабе 300 фс.

Группа доцента, к.ф.-м.н. А.А.Радковской

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Исследование метаматериалов представляет собой яркий пример современной междисциплинарной кооперации, так как происходят на стыке радиофизики, физики твердого тела, оптики, магнетизма, нанотехнологии и пр. Впервые необычные свойства сред с одновременно отрицательными проницаемостью и восприимчивостью были предсказаны теоретически полвека назад, но экспериментально подтверждены на стыке тысячелетий и с тех пор метаматериалы – созданные из резонаторов (метаатомов) искусственные среды с необычными свойствами – привлекают исследователей по всему миру. Поэтому

актуальность тематики научных исследований лаборатории по исследованию магнитных метаматериалов не вызывает сомнений.

При проведении исследований используется полный инструментарий методов: проводятся теоретические оценки, экспериментальные измерения и численные расчеты. Работа выполнена на мировом уровне, в сотрудничестве с рядом зарубежных исследователей. Экспериментальные результаты получены в частности с использованием оборудования инновационного радиофизического центра Rohde & Schwarz и физического факультета МГУ. В лаборатории создан автоматизированный стенд для двумерного сканирования (с микронным разрешением) электромагнитных полей в МГц и ГГц диапазонах.

Особое внимание уделялось в 2014-2018 гг исследованию взаимодействия метаатомов магнитных метаматериалов в МГц и ГГц диапазоне. Несмотря на то, что к настоящему времени магнитные материалы уже нашли практическое применение, например для создания магнитоиндуктивных эндоскопов, до последнего времени не был решен вопрос о принципиальной возможности определения по отдельности коэффициентов магнитного и электрического взаимодействия, что становится принципиальным в плотноупакованных метаматериалах в МГц диапазоне или при повышении частоты. Данная проблема впервые успешно решена в работах, выполненных в группе.

Разработана и апробирована модель для определения локальной магнитной восприимчивости метаповерхностей. Впервые теоретически и экспериментально показано, что в полосе пропускания магнитоиндуктивных волн, когда вся структура возбуждается неравномерно, возможно появление областей с отрицательной магнитной проницаемостью, чьи положение и размер зависят от величины взаимодействия метаатомов. Все опубликованные ранее работы рассчитывали магнитную проницаемость только для случаев однородного возбуждения метаматериала достаточно далеко от резонансной частоты элементов.

Важным является результат исследования магнитных метаматериалов, состоящих из дважды расщепленных колец, когда преобладает электрическое взаимодействие между метаатомами. Подобная структура может быть использована как модель нано-метаматериала в ТГц диапазоне. Полученные особенности распространения электроиндуктивных волн, несомненно, представляют научный и практический интерес.

Группа профессора д.ф.-м.н. Н.С.Перова

В отчетный период получены следующие наиболее значимые результаты:

Исследована связь механических свойств магнитных эластомеров с их электрическими и магнитными свойствами; определено увеличение магнитодиэлектрического эффекта при приложении внешних механических деформаций; установлено влияние механической деформации сжатия, прикладываемой к магнитному эластомеру, на его магнитные свойства. Показано изменение электрических и магнитных свойств магнитных эластомеров при изменении температуры; изменения связаны с фазовым переходом стеклования полимера, наблюдаемым при температуре 237 К.

Разработан новый тип мультиферроиков на основе смеси ферромагнитных и сегнетоэлектрических микрочастиц, помещенных в упругую полимерную среду. Модуль упругости материалов зависит от относительной концентрации сегнетоэлектрического наполнителя. В таких трехкомпонентных эластомерах впервые обнаружено взаимное влияние электрических и магнитных полей на магнитные и электрические характеристики материала, соответственно. Разработан механизм магнитоэлектрического преобразования в мультиферроидных

эластомерах, проведено численное моделирование подобных структур, результаты которого подтверждают экспериментальные данные.

Проведены исследования пондеромоторных взаимодействий между магнитными эластомерами и внешними магнитными полями. Экспериментально определены силы взаимодействия между системой магнитов и образцами эластомеров и их зависимость от толщины эластомера и его магнитной проницаемости. Проведено численное моделирование распределения магнитных полей в материале магнитного эластомера, результаты которого совпадают с экспериментом.

Исследованы свойства аморфных сплавов, представленных в виде лент толщиной 20 мкм, при различных воздействиях, таких, как лазерный отжиг, растягивающие напряжения, ползучесть при нагревании, химическая обработка. В результате лазерной обработки возникает частичная кристаллизация лент, однако ленты являются стабильными при напряжениях до 13 МПа до 600 К. Циклическое растяжение лент приводит к изменению намагниченности насыщения в области, предшествующей разрушению лент. Агрессивные среды влияют почти на все магнитные свойства, данные типы аморфных лент нуждаются в защитном химически-стойком покрытии при их использовании в агрессивных средах.

Исследованы статические и динамические свойства аморфных микропроводов. В ходе исследований была разработана методика по измерению магнитного импеданса микропроводов. Установлено, что увеличение диаметра проводов (от 9.4 до 20.4 мкм) приводит к увеличению эффекта гигантского магнитного импеданса более чем в 7 раз.

Установлено, что физические свойства наночастиц $\text{La}_x\text{Ca}_{(1-x)}\text{MnO}_3+2\%\text{Fe}$ зависят от технологии их изготовления и обработки, а именно, магнитные свойства различаются для отожженных и неотожженных частиц. Исследование магнитных свойств наночастиц титаната стронция показало зависимость свойств от состава порошка; допирование материала 2% кобальта приводит к изменению магнитных свойств, а также к смещению температуры фазового перехода.

Были проведены экспериментальные исследования магнитных свойств минеральных и слабомагнитных органогенных горизонтов лесных почв Кольского полуострова в зоне влияния предприятия цветной металлургии. Было показано, что техническая намагниченность насыщения поверхностных, и потому наиболее ранимых, органогенных горизонтов значимо зависит от уровня техногенной нагрузки (расстояния до источников загрязнения). Вместе с тем, предполагаемых закономерных изменений дифференциальной восприимчивости в области парапроцесса с уровнем техногенной нагрузки не было выявлено, что, вероятно, связано с маскирующим влиянием ошибок измерений и/или естественной пространственной изменчивости свойств почв.

На техногенных пустошах, где органогенная подстилка полностью утеряна, начали развиваться процессы эрозии и иллювиальный горизонт вышел на поверхность, намагниченность, казалось бы, должна была быть максимальной в поверхностном горизонте. Однако здесь впервые наблюдалась и обратная картина – нижележащая почвообразующая порода, напротив, обладает максимальной намагниченностью. Это наблюдение, по всей вероятности, свидетельствует о глубокой деградации почв в условиях атмосферного загрязнения, чрезвычайно быстрой по сравнению с процессами их естественной трансформации.

Публикационная активность.

За отчетный период сотрудниками кафедры опубликовано более 400 работ, из которых более двухсот пятидесяти – статьи в журналах; как уже отмечалось в

коллективах авторов более, чем трети публикаций имеются студенты и аспиранты. Сотрудниками кафедры за отчетный период получено более 20 патентов. За пять лет подготовлено 13 учебных пособий.

Сводная информация по публикациям приведена в таблице:

Глава в коллективной монографии	5
Доклады на конференциях	179
Монографии	4
Патенты	21
Статьи в журналах (всего)	252
Статьи в журналах из Top-25	48
Статьи в журналах из списка RSCI WoS	39
Статьи в журналах из списка ВАК	47
Статьи в журналах из списков SCOPUS, WoS	194
Статьи в сборниках	32
Тезисы	178
Учебные пособия	13

Следует также отметить хорошую цитируемость публикуемых работ. У многих сотрудников кафедры цитируемость работ, опубликованных за последние пять лет, превышает 50.

Зав.кафедрой магнетизма
профессор

Н.С.Перов

