

УДК 548.73

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

© 2023 г. А. П. Орешко^{1,*}

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

**E-mail: ap.oreshko@physics.msu.ru*

Поступила в редакцию 04.02.2023 г.

После доработки 04.02.2023 г.

Принята к публикации 06.02.2023 г.

Представлен очерк, посвященный истории создания и развития на протяжении ста лет кафедры рентгеноструктурного анализа, впоследствии преобразованной в кафедру физики твердого тела физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

DOI: 10.31857/S0023476123700200, EDN: XDJWNI

ВВЕДЕНИЕ

Существование любого государства невозможно без собственной системы подготовки кадров, направленной в первую очередь на удовлетворение потребностей общества в квалифицированных специалистах, обладающих не только глубокими профессиональными навыками, но и высокой культурой и активной гражданской позицией.

Впервые необходимость введения системы фактически государственного образования возникла в России в конце X—первой половине XI веков. В связи с принятием христианства на Руси возникла надобность в подготовке грамотного и объединенного новой верой управленческого аппарата и священников [1, 2].

Аналогичная проблема спустя почти 600 лет встала перед Государем всея Руси Петром I. Проведение реформ требовало большого количества квалифицированных работников, начиная от плотников и строителей, заканчивая инженерами, артиллеристами и государственными служащими. На первых порах нехватку кадров удалось решить путем привлечения иностранных специалистов, но для успешной реализации реформ требовалось создание собственной кузницы кадров.

Именно поэтому созданная в Российской империи Академия наук должна была заниматься не только и не столько “абстрактной научной работой”, сколько обеспечивать научно-техническое обслуживание государства и готовить людей для государственных же нужд [3, 4].

Подготовку высокообразованных служащих для государственных надобностей должен был

осуществлять и созданный в 1755 г. Императорский Московский университет.

В первом параграфе первого Университетского устава 1804 г. было ясно сказано [5]: “Императорский Московский Университет есть высшее ученое сословие, для преподавания наук учрежденное. В нем приуготовляется юношество для вступления в различные звания Государственной службы”.

Шло время, и эта важнейшая задача Университета стала, на взгляд автора, забываться. Университет стал восприниматься исключительно как сообщество профессоров и студентов. Конец сложившейся ситуации был положен Университетским Уставом 1884 г., последним Уставом Российской империи и подтвержден “Положением о высших учебных заведениях РСФСР” от 02 сентября 1921 г., первым Уставом советской высшей школы, который определил, что целью вузов является подготовка научных работников для обслуживания научных, научно-технических и производственных учреждений республики [6].

Эта цель не утратила и вряд ли когда-нибудь утратит актуальность, что подтверждается параграфом 10 ныне действующего Устава Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова” (МГУ) от 28 марта 2008 г. [7].

Это цель Университета в целом. А что же такое сейчас сам Университет?

В соответствии с параграфами 29, 32 и 42 действующего Устава “Основными структурными подразделениями Университета являются фа-

культеты ...”, в свою очередь “Факультет состоит из кафедр ...”, более того, “Кафедра ... факультета ... — основные структурные единицы факультета ...”. Таким образом, в жизни университета важную роль играют факультеты и кафедры, именно на них ложится задача подготовки высококвалифицированных кадров.

Физический факультет в своем современном виде создан 1 мая 1933 г. (Приказ по МГУ № 76, 16.04.1933 [8]), тогда же были образованы первые специальные кафедры. Среди них и кафедра физики твердого тела (**ФТТ**), прошедшая путь от кафедры металлофизики, через кафедру рентгеноструктурного анализа (**РСА**) к своему современному виду.

Основной “продукцией” кафедры всегда были, есть и будут подготовленные для нужд страны высококвалифицированные специалисты, а также кадры высшей научной квалификации — кандидаты и доктора наук.

Этим целям и задачам в полной мере отвечала, отвечает и будет отвечать кафедра **ФТТ**. На протяжении всего своего существования кафедра готовит специалистов для нужд материаловедения в самом широком смысле этого понятия, а читаемые курсы находятся на переднем плане структурной физики конденсированных сред.

Созданная в далеком 1933 г. (в начале индустриализации СССР и развития металлургической промышленности) кафедра металлофизики, сконцентрировала свое внимание на подготовке квалифицированных кадров для заводских лабораторий и лабораторий научно-исследовательских институтов — специалистов по рентгеновской металлографии, способных вести рентгеноструктурные исследования атомно-кристаллической структуры металлов и сплавов.

Спустя 20 лет, в 1953 г., профиль подготовки специалистов был изменен: кафедра стала готовить специалистов-физиков широкого профиля с экспериментальным уклоном для научно-исследовательской работы (**НИР**) в области структурной физики твердого тела не только в сформировавшихся научных направлениях, но и в новых, только создающихся.

В начале 1960-х гг. кафедра стала готовить специалистов по использованию ядерных методов исследования, в первую очередь мессбауэровской спектроскопии, в **ФТТ**.

В 1975 г. на кафедре начали подготовку специалистов по рентгеновским исследованиям структуры белков и биологических объектов.

В середине 1980-х гг. в рабочем плане кафедры нашли место курсы по структурной физике высокотемпературной сверхпроводимости, использованию рентгеновского излучения и мессбауэровской спектроскопии для исследования дефектной структуры и приповерхностных слоев

функциональных материалов микроэлектроники; а в начале 2000-х гг. — курсы по использованию синхротронного излучения для исследования атомной и магнитной структуры функциональных материалов микро- и нанoeлектроники.

К середине 2010-х гг. кафедра **ФТТ** стала готовить специалистов, обладающих профессиональными знаниями в области современных проблем физики конденсированных сред и владеющих передовыми методами исследования (рентгеновскими, ядерно-резонансными, рентгеновскими синхротронными) новых перспективных материалов.

Творческая работа сотрудников кафедры воплощалась и продолжает воплощаться в разработке оригинальных учебных курсов и методик их преподавания, в создании учебников, учебных пособий и монографий, создании учебных практикумов и лабораторий и т.п.

Важное место в их деятельности занимают аттестация научных и педагогических кадров, экспертиза учебных и научных работ путем участия в работе Ученых и диссертационных советов, экспертных советов ВАК, Научных и других советов и комиссий Академии наук, Министерства просвещения и Министерства науки и высшего образования, редакционных коллегий энциклопедий, журналов и других изданий. Очень жаль, что эта повседневная работа, весьма важная для отечественной науки и образования, внешне малозаметна и почти не упоминается в книгах по истории университета, а многочисленные свидетельства о ней с годами бесследно исчезают. Но роль ее для страны бесценна.

Исходя из этого автор попытался кратко раскрыть различные стороны деятельности кафедры в ее динамичном развитии на протяжении многих десятилетий.

НАЧАЛО

С самого начала существования Московского университета в нем был профессор физики, но первую полноценную физическую лабораторию создали только в 1888 г. благодаря профессору университета Александру Григорьевичу Столетову. В этой лаборатории студенты старших курсов могли вести практические занятия, а преподаватели в свободное от занятий время могли заниматься научными изысканиями. Физическая лаборатория Московского университета по своему оборудованию и по возможности вести научные исследования существенно отставала от европейских университетов, и А.Г. Столетов мечтал о создании в университете физического института, который стал бы центром экспериментальной физики в России.

В 1896 г. А.Г. Столетов представил проект создания в Императорском Московском университете научно-исследовательского Физического института на базе Физической лаборатории физико-математического факультета. Однако преждевременная кончина не позволила А.Г. Столетову довести начатое дело до конца. Проектирование Физического института велось уже под руководством комиссии в составе Н.А. Умова, А.П. Соколова и П.Н. Лебедева.

Постройку института завершили в 1907 г., а основными научными направлениями в его деятельности стали те области физики, которые находились в сфере интересов П.Н. Лебедева и в значительной мере были связаны с исследованиями электромагнитного излучения.

В контексте дальнейшего повествования необходимо отметить интерес П.Н. Лебедева к природе X -лучей, открытых В.К. Рентгеном в 1895 г. и представлявших собой, по мнению П.Н. Лебедева, УФ-излучение [9].

В то время, когда первая российская физическая школа П.Н. Лебедева только создавалась, российская кристаллографическая школа уже имела мировую известность. Эту известность в первую очередь вызвали работы Е.С. Федорова, основоположника современной кристаллографии. Кристаллографическая наука Московского университета получила бурное развитие с приходом В.И. Вернадского в 1890 г. и Г.В. Вульфа в 1907 г.

Уже к 1910 г. физики Московского университета жили с мыслью о том, что “ X -лучи суть лучи ультрафиолетовые” (П.Н. Лебедев), а кристаллографы — о том, что физические свойства кристаллов определяются упорядоченным расположением атомов в пространственных решетках (Г.В. Вульф).

Как известно, аналогичные воззрения, сформировавшиеся в Мюнхенском университете, привели к эпохальному событию, оказавшему значительное влияние на развитие мировой науки, — открытию дифракции рентгеновского излучения при прохождении через кристалл [10]. Поэтому нет ничего удивительного ни в бурной реакции на это открытие Г.В. Вульфа, ни в быстром проведении Г.В. Вульфом и Н.Е. Успенским первых отечественных экспериментальных рентгеноструктурных исследований [11, 12].

К сожалению, в феврале 1911 г. около 130 профессоров и приват-доцентов Московского университета подали в отставку в знак протеста против реакционной политики правительства в отношении университета [13]. Из университета ушли В.И. Вернадский, Н.А. Умов, К.А. Тимирязев, П.Н. Лебедев, А.А. Эйхенвальд, Г.В. Вульф, П.П. Лазарев и другие. Эта акция оказалась губительной для университетской физики [14], а 1911–

1917 гг. стали временем упадка Московского университета.

В 1918 г. Г.В. Вульф смог возвратиться в МГУ. В университете он пользовался авторитетом, был избран председателем предметной комиссии физико-математического факультета и долгое время во многом определял направление преподавания естественных наук. На естественном отделении физико-математического факультета он стал читать лекционные курсы, которые сегодня можно было бы охарактеризовать как цикл лекций по структурной физике твердого тела [15, 16].

С 1919 г. преподаватель В.А. Карчагин, выпускник физико-математического факультета Московского университета 1913 г., начал читать курс “Физика рентгеновых лучей” [15], а с 1923 г. — курс “Рентгенотехника” [17].

В 1922 г. на базе Физического института Московского университета был создан Научно-исследовательский институт физики и кристаллографии (НИИФ). Из “Объяснительной записки” [18] к проекту создания НИИФ при МГУ следует, что первоначально в институте планировалось семь научных секций: общей экспериментальной физики, теоретической физики, магнитной спектроскопии, радиологии, оптики, ионизации газов и электроники, молекулярной физики.

Первыми действительными членами института стали Н.Н. Андреев, В.К. Аркадьев, Б.А. Введенский, Г.В. Вульф, В.Д. Зернов, С.Т. Конобеевский, А.Б. Млодзеевский, А.К. Тимирязев, В.И. Романов, Н.Е. Успенский, К.П. Яковлев. Директором был назначен В.И. Романов [19].

С самого начала существенной областью деятельности НИИФ стала кристаллография, на базе которой начинает развиваться направление рентгеноструктурных исследований, связанное с именами Н.Е. Успенского и С.Т. Конобеевского. К середине 1920-х гг. на физико-математическом факультете МГУ сформировался круг сотрудников, научные интересы которых были связаны с проблемами радиорентгенологии, и Г.В. Вульф предложил организовать в университете новую специализацию, а впоследствии, возможно, и кафедру. Однако тяжелая болезнь и преждевременная смерть в 1925 г. не позволили ему в полной мере осуществить задуманное.

В 1923/1924 учебном году на математическом отделении физико-математического факультета в цикле “физика” было организовано обучение по специальности “радиорентгенология” [20].

Непосредственная подготовка к созданию в МГУ специальной кафедры началась в 1926 г. при активном участии доцентов В.А. Карчагина (рис. 1) и А.А. Глаголевой-Аркадьевой (рис. 2), ассистента Е.С. Четвериковой (рис. 3). Для чтения основного курса по РСА (“рентгенотехнические изме-



Рис. 1. Владимир Александрович Карчагин (1887–1948).



Рис. 2. Александра Андреевна Глаголева-Аркадьева (1884–1945).

рения кристаллов” [21]) пригласили на должность приват-доцента С.Т. Конобеевского.

Первыми слушателями курса С.Т. Конобеевского стали М.А. Борисова, И.В. Виккер, Г.С. Жданов, А.И. Любимцев, И.И. Мирер (рис. 4). Среди слушателей второго и третьего наборов были В.И. Иверонова, М.М. Уманский, В.П. Тарасова, Я.П. Селицкий.

Уже в 1930 г. первые специалисты-радиорентгенографы с университетским образованием начали самостоятельную работу в лабораториях научно-исследовательских институтов страны. Впоследствии многие из них сыграли значительную роль в развитии рентгеноструктурного анализа в СССР, создав и возглавив первые специализированные рентгеновские лаборатории на заводах, в отраслевых и академических НИИ, а также кафедры и лаборатории в вузах.

КАФЕДРА РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

В 1932 г. специальность “радиорентгенология” превратилась в кафедру металлофизики (заведующий С.Т. Конобеевский), предназначенную для подготовки рентгенологов-металлофизиков и делившуюся на рентгеноструктурную (руководитель С.Т. Конобеевский) и магнитологическую (руководитель Н.С. Акулов) части.

Сотрудниками кафедры стали недавние выпускники университета В.И. Иверонова, Г.С. Жданов, И.И. Мирер, В.П. Тарасова, М.М. Уманский, А.И. Ельников. На кафедру была приглашена М.И. Захарова, выпускница металлургического факультета Московской горной академии.

Формирование научных направлений, развиваемых на кафедре, определялось двумя тенденциями, характерными для университетской нау-



Рис. 3. Елизавета Сергеевна Четверикова (1892–1983).



Рис. 4. С.Т. Конобеевский (третий слева в нижнем ряду) с первыми специалистами-радиорентгенологами. Г.С. Жданов (первый справа в верхнем ряду), А.И. Любимцев (второй слева в нижнем ряду).

ки: с одной стороны — изучение фундаментальных закономерностей строения вещества, с другой — стремление ответить на запросы практики. НИР сотрудников кафедры, а также студентов-дипломников и аспирантов велась в лабораториях НИИФ под общим руководством заведующего кафедрой в тесном контакте с промышленностью. Использовались при этом и возможности лаборатории рентгенографии Московского государственного НИИ цветных металлов (ГИНЦветМет), которой вплоть до 1941 г. продолжал руководить по совместительству С.Т. Конобеевский.

Основные направления кафедральных НИР в предвоенный период были связаны с металлофизической проблематикой.

В 1939 г. кафедру металлофизики преобразовали в кафедру РСА (заведующий С.Т. Конобеевский).

Исследования кристаллического строения холоднообработанных металлов и сплавов с помощью РСА, начатые Н.Е. Успенским и С.Т. Конобеевским в 1920-е гг., были продолжены и развиты Г.С. Ждановым и В.И. Ивероновой. Они исследовали текстуры деформации и рекристаллизации металлов и сплавов.

С.Т. Конобеевский разрабатывал термодинамическую теорию распада пересыщенных твердых растворов.

М.И. Захарова и В.П. Тарасова исследовали процессы распада пересыщенных твердых растворов и фазовых превращений под воздействием деформации и последующих термообработок.

А.И. Ельников и Я.П. Селицкий вели исследования внутренних напряжений и их влияние на диффузию и фазовые превращения.

М.М. Уманский начал разработку аппаратуры и методики для проведения электронографических и рентгенографических исследований.

В 1938 г. И.Б. Боровский и М.А. Блохин в составе кафедры организовали лабораторию по рентгеновской спектроскопии и начали работы по созданию аппаратуры и методики рентгено-спектрального анализа.

По широте охвата направлений дифракционного структурного анализа тематика кафедры не имела себе равных в СССР, а сама кафедра стала ведущим учебно-научным центром подготовки специалистов по применению рентгеновских лучей к исследованию материалов. Научные публикации ее сотрудников стали широко известны в стране и за рубежом.

К этому периоду относится и начало работы на кафедре общемосковского семинара по РСА, который собирался регулярно (раз в неделю) и стал своеобразной школой рентгеноструктурщиков для многих заводских работников. На заседаниях семинара обсуждались новинки научной литера-

туры и заслушивались практически все оригинальные работы по рентгенографии, выполненные в научных лабораториях Москвы. Приезжали докладчики и из других городов Советского Союза.

В годы становления новой специальности сотрудникам кафедры надо было разрабатывать программы специальных курсов и создавать учебники по рентгенографии для университетов и технических вузов. Такой литературы ни в СССР, ни за рубежом еще не было.

В 1937 г. появился первый том двухтомного курса Г.С. Жданова и Я.С. Уманского “Рентгенография металлов”, отдельные разделы которого написали А.И. Любимцев и Я.П. Селицкий. Этот учебник был рекомендован Комитетом по делам высшей школы в качестве учебника для ВТУЗов.

В юбилейные дни 20-летия Октябрьской революции председатель Всесоюзного комитета по делам высшей школы при Совете народных комиссаров СССР С.В. Кафтанов в своем докладе назвал учебник Г.С. Жданова и Я.С. Уманского “образцом учебников для высших учебных заведений”. С похвалой упомянул этот учебник в своем докладе, опубликованном в газете “Правда”, и Председатель Совета народных комиссаров В.М. Молотов.

Второй том учебника “Рентгенография металлов” вышел в 1938 г.

Эти учебники по достаточно редким тогда специальностям, изданные пяти тысячными тиражами, разошлись в считанные месяцы. Вскоре потребовалось новое их издание, которое появилось в 1941 г. Но и этот учебник главным образом был ориентирован на студентов ВТУЗов, а университетская программа подготовки специалистов — научных работников — требовала другого учебного пособия. В 1940 г. вышла книга Г.С. Жданова “Основы рентгеновского структурного анализа”, ставшая первым в мире университетским учебником по курсу РСА. К участию в написании ряда разделов этой книги был привлечен А.И. Китайгородский — недавний студент-дипломник Г.С. Жданова.

Учебник Г.С. Жданова “Основы рентгеновского структурного анализа” сразу стал настольной книгой для многих поколений отечественных рентгеноструктурщиков, а имя автора приобрело всесоюзную известность. Даже сейчас, спустя более 80 лет, учебник не утратил своего значения, ибо главной и характерной его чертой является ясное и строгое изложение фундаментальных принципов рентгеновского дифракционного структурного анализа.

В те же годы вышла книга доцентов кафедры И.Б. Боровского и М.А. Блохина “Рентгеноспектральный анализ”.

Особое место в научной проблематике кафедры рентгеноструктурного анализа и НИИФ не

только в эти, но и в последующие годы занимали разработки аппаратуры для РСА.

В то время в СССР практически отсутствовало научное приборостроение, в частности рентгеноструктурное. Вместе с тем потребности в научном оборудовании как в системе академических и отраслевых институтов, так и в заводских лабораториях были огромны.

Состояние научного приборостроения в стране очень ярко охарактеризовано в письме академика В.И. Вернадского на имя вице-президента АН СССР академика О.Ю. Шмидта, написанном 14 июня 1941 г. буквально накануне Великой Отечественной войны. Вот некоторые строки из него: “... самыми насущными [требованиями жизни] я считаю прежде всего помещения, отвечающие потребностям лабораторий, и, во-вторых, наличие в институтах и лабораториях научной аппаратуры, находящейся на уровне современного знания.

... у нас нет ни одного структурного современного рентгенометрического аппарата...

... Президиум должен поставить в тесной связи с государственным планом пятилеток план тех звеньев научной работы, которые отсутствуют в нашей стране. Прежде всего очевидно должен быть построен в годичный срок на широкой базе Институт для изготовления научных аппаратов и приборов, достаточно мощный и гибкий в своей структуре. Сейчас, в эпоху мировой войны, мы не должны этого дела откладывать, т.к. при отсутствии этого мы можем очутиться в том положении, что будем быстро отставать от темпа научного развития”.

Великая Отечественная война отодвинула на второй план вопрос о разработке аппаратуры для научных исследований, но он был поставлен на повестку дня вскоре после ее окончания.

В 1949 г. Президиум АН СССР принял постановление «Об организации при отделении физико-математических наук “Комиссии по рентгенографии”» под председательством члена-корреспондента АН СССР Г.В. Курдюмова. Заместителями были назначены профессора Г.С. Жданов и Ю.С. Терминасов. В состав комиссии входил ряд секций, среди которых были:

- секция “Рентгеноструктурного анализа” (председатели член-корреспондент АН СССР Н.В. Белов и профессор Г.С. Жданов);
- секция “Аппаратуры и методики рентгеноструктурного анализа” (председатель доцент М.М. Уманский);
- секция “Рентгеноспектрального анализа” (председатель профессор И.Б. Боровский).

Задачей комиссии по рентгенографии было внедрение методов РСА для контроля материалов, получения новых материалов, разработки



Рис. 5. Герман Степанович Жданов (1906–1991).



Рис. 6. Мария Ивановна Захарова (1904–1994).

технологических процессов и т.п. Отдельные разделы — “...создание и расширение производства аппаратуры рентгеноструктурного и рентгено-спектрального анализа... расширение и внедрение научных исследований через всесоюзное со-вещание...”

В материалах этого Постановления Президиума АН СССР непосредственно упоминались при-борные разработки МГУ, проводившиеся на ка-федре РСА.

В результате организующей деятельности Ко-миссии по рентгенографии, которую с 1952 г. воз-главил профессор Г.С. Жданов и в которую вхо-дили И.Б. Боровский и М.М. Уманский, одними из основных направлений деятельности кафедры стали разработка, создание и внедрение в произ-водство аппаратуры для РСА.

В 1948 г. В.И. Иверонова перешла на кафедру общей физики для физиков на должность про-фессора, а с 1951 г. стала заведовать этой кафед-рой. В 1950 г. профессор С.Т. Конобеевский ушел из МГУ. Кафедру РСА возглавил (на условиях совместительства) профессор И.Б. Боровский, основным местом работы которого был Институт металлургии АН СССР, где он заведовал рентге-носпектральной лабораторией.

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

В 1953 г. физический факультет переехал из старого здания на Моховой в новое на Ленинских горах, а кафедру РСА на условиях совместитель-ства возглавил профессор Герман Степанович Жданов (рис. 5), одновременно руководивший в Научно-исследовательском физико-химическом институте им. Л.Я. Карпова (**НИФХИ**) рентге-новской лабораторией и заведовавший создан-ной им в Московском инженерно-физическом институте кафедрой металлофизики.

В ту пору на кафедре было всего 16 сотрудни-ков. Как вспоминала позже М.И. Захарова (рис. 6): “Кафедра в то время имела маленький профес-сорско-преподавательский штат: профессора Г.С. Жданов, М.И. Захарова, на полставки про-фессор И.Б. Боровский, доцент М.М. Уманский, ассистент Е.В. Колонцова”.

Приход профессора Г.С. Жданова на кафедру совпал по времени с резко усилившейся в физи-ческой науке ролью проблематики ФТТ. Чутко улавливавший все новации Г.С. Жданов решил не только изменить “профиль” кафедры, но и дать ей новое название, которое скорее намечало курс ее развития, нежели констатировало тогдашнее состояние. Так, с 1953 г. кафедра РСА стала назы-ваться кафедрой физики твердого тела. По-види-мому, в то время кафедра с таким названием была единственной в университетах СССР и ей пред-



Рис. 7. Марк Моисеевич Уманский (1906–1996).



Рис. 8. Сергей Сергеевич Квитка (1910–1985).

стояло самой определиться, чем заниматься и каких специалистов готовить. Физик, специализирующийся в области ФТТ, должен был обладать широким научным кругозором. Только при этом условии он мог бы успешно работать не только в сформировавшихся научных направлениях, но и в новых, только создающихся.

Профессор Г.С. Жданов выстроил четкую взаимосвязь хорошо известных частей, предложив цепочку: от состава вещества к его атомно-кристаллической структуре и к их общей функции — физико-химическим свойствам, т.е. “состав—структура—свойства”. В свете этого он предложил готовить на кафедре специалистов-физиков широкого профиля с экспериментальным уклоном для НИР в области структурной физики твердого тела и рентгеноסקопии. Основным стержнем учебного плана кафедры стали последовательное изучение элементарных процессов, происходящих в твердых телах, и создание полной микроскопической (атомно-молекулярной и электронной) теории твердого тела.

Основные научные направления, развиваемые на кафедре, оставались практически теми же. М.И. Захарова с сотрудниками продолжала вести исследования в области фазовых превращений в металлических сплавах; И.Б. Боровский возглавлял работу рентгеноспектральной лаборатории; Е.В. Колонцова исследовала пластически деформированные кристаллы.

Г.С. Жданов сформировал еще одну научную группу по исследованию структуры веществ с особыми физическими свойствами (сверхпроводящими, пьезо- и сегнетоэлектрическими), которая вела совместную научную работу с Институтом физических проблем АН СССР и НИФХИ им. Л.А. Карпова.

Наиболее мощным направлением в научно-исследовательской деятельности кафедры в 1950-х гг. по-прежнему оставалось аппаратурно-методическое. В группе доцента М.М. Уманского (рис. 7) велись научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки рентгеновских камер различного назначения для РСА, готовилась техническая документация для изготовления небольших партий рентгеновских камер на базе мастерских физического факультета МГУ.

Было разработано более 10 типов камер, среди которых имелись камеры для исследования как поликристаллов, так и монокристаллов. Наряду с приборами, использующимися при любых рентгенографических исследованиях (порошковые камеры РКД, РКУ-86/96/114 и камера Лауэ РКСО), были созданы приборы для более глубоких структурных исследований монокристаллов (РКВ, РКОП, КФОР, РГНС), а также предназначенные для проведения фазового анализа и прецизионных измерений параметров (РКЭ, РКФ, КМСР).

В этой работе наряду с кафедрой (М.М. Уманский, С.С. Квитка (рис. 8), В.В. Зубенко) и лабораторией опытных конструкций (Ю.В. Шарлов-

ский, Б.К. Боголюбов) участвовали представители экспериментальных мастерских (Ю.Ю. Терлецкий, В.И. Ерофеев, Ю.В. Гольдберг). Они освоили выпуск 10 различных типов рентгеновских камер, и к 1958 г. силами экспериментальных мастерских их было изготовлено 770 штук.

Однако даже такого количества было явно недостаточно для все возрастающих потребностей отечественных рентгеновских лабораторий. В 1952 г. по постановлению Правительства СССР серийный выпуск отдельных видов камер организовали на Томском манометровом заводе, а с 1956 г. — на Ленинградском инструментальном заводе. Внедрение, а точнее работа по налаживанию и отработке технологии, и само производство камер потребовали от сотрудников кафедры С.С. Квитки и В.В. Зубенко огромных интеллектуальных и физических затрат. В течение нескольких лет они дневали и ночевали на предприятиях — и успех был достигнут: камеры пошли в серийное производство. Общее количество выпущенных промышленностью по разработкам кафедры ФТТ прецизионной аппаратуры для РСА к 1963 г. превысило 8000 штук. Этими приборами оснастили большинство рентгеновских лабораторий СССР и даже удалось организовать их экспорт в некоторые социалистические страны.

Во второй половине 1950-х гг. на кафедре была создана научная группа по изучению структуры белков под руководством к.ф.-м.н. Н.С. Андреевой, в которую вошли М.И. Миллионова, Н.Е. Шуккевер, Н.Г. Есипова, В.Р. Мелик-Адамян, В.Н. Рогуленкова. Развитие исследований в этом направлении вскоре потребовало существенных финансовых затрат и значительной кадровой поддержки, поэтому, к сожалению для кафедры, в 1960 г. вся биофизическая группа перешла в Институт биофизики, а затем в Институт молекулярной биологии АН СССР, где Н.С. Андреева возглавила лабораторию РСА белков.

В 1957 г. наметилось новое направление и в группе аппаратуры и методики: кафедра активно включилась в работы по проблемам жаропрочности металлических сплавов, координируемым АН СССР. В связи с этим в 1958—1964 гг. были разработаны приборы, обеспечивающие проведение рентгенографических исследований на образцах, находящихся в вакууме или в атмосфере инертного газа при температурах до 1800°C.

В начале 1960-х гг. на кафедре появились новые возможности в связи с применением в ФТТ ядерных методов исследования, в первую очередь недавно открытого эффекта Мессбауэра. Интерес к мессбауэровской спектроскопии был огромен. В Научно-исследовательском институте ядерной физики МГУ В.С. Шпинелем, Н.Н. Делягиным и В.Я. Брюхановым велась интенсивная работа в этом направлении, и молодой сотрудник кафе-

дры Р.Н. Кузьмин, хорошо знакомый с ядерной физикой, начал с ними совместную научную деятельность.

Г.С. Жданов подключил к Р.Н. Кузьмину своего аспиранта Н.С. Ибраимова, и они вдвоем с помощью замечательного механика кафедры П.А. Иванова и работников экспериментальных мастерских физического факультета смонтировали две экспериментальные установки для изучения эффекта Мессбауэра в твердых телах. Так, на кафедре возникла научная группа ядерной ФТТ, начавшая интенсивные исследования под руководством доцента Р.Н. Кузьмина (рис. 9). Исключительная коммуникабельность и общительность последнего позволили ему не только установить хорошие контакты с рядом институтов атомных и ядерных исследований в Москве, Дубне и Обнинске, но и собрать группу молодых энтузиастов из числа студентов, только что пришедших на кафедру, среди которых были А.В. Колпаков, С.В. Никитина, С.К. Ковалева, Т.С. Гендлер, А.А. Новакова.

В августе 1964 г. при кафедре ФТТ организовали “Проблемную лабораторию атомно-кристаллической структуры веществ с особыми физическими свойствами”. Ее научным руководителем был назначен заведующий кафедрой профессор Г.С. Жданов.

Перед проблемной лабораторией стояли две основные научные задачи:

— разработка методов и исследование атомно-электронной структуры сверхпроводников, полупроводников, пьезо- и сегнетоэлектриков, ферромагнетиков, лазеров в широком диапазоне температур и давлений (от температуры жидкого гелия до 2000°C, от 1 до 1 млн. атм.);

— разработка и применение методов ядерной физики к исследованиям твердого тела (нейтронография, эффект Мессбауэра, действия излучения на твердое тело).

Новый импульс в развитии кафедры пришелся на начало 1970-х гг. В конце 1969 г. профессор В.И. Иверонова (рис. 10) была вынуждена отказаться от заведования кафедрой общей физики для физического факультета и вернулась на кафедру ФТТ. Вместе с ней на кафедру перешла большая часть ее научной группы (д.ф.-м.н. А.А. Кацнельсон, ассистент Г.П. Ревкевич, инженеры и старшие лаборанты С.В. Свешников, В.М. Силонов, Н.Н. Ступина, Е.И. Боднева, А.М. Силонов и др.).

В начале 1970-х гг. в группе Р.Н. Кузьмина приступили к теоретическим и экспериментальным исследованиям в области мессбауэровской оптики в направлении создания γ -лазера. Работы велись в тесном содружестве с академиком Р.В. Хохловым, к их выполнению были привлечены научные сотрудники В.А. Бушуев,



Рис. 9. Научная группа Рунара Николаевича Кузьмина, 1969 г.; стоят аспиранты С.Б. Зезин, В.А. Головнин, Винай Агарвал (Индия), С.М. Иркаев, ст. мастер И.Ф. Поплавский, к.ф.-м.н., ассистент А.В. Колпаков, аспиранты М.А. Андреева, С.Т. Тамаев, Леу Тяу (Вьетнам), студент Ерназ Мохамед (Тунис), аспирант А. Атеф (Египет); сидят: студент И. Шпинель, к.ф.-м.н., м.н.с. С.В. Никитина, д.ф.-м.н. Р.Н. Кузьмин, инженер А.А. Новакова, аспирант С. Лосиевская, студент С. Слободчиков.



Рис. 10. Научная группа Валентины Ивановны Ивероновой; стоят В.И. Кисин, Н.Н. Ступина, Г.П. Ревкевич, Н. Кравченко, Е.Г. Розанцева, С.В. Свешников; сидят: В.М. Силонов, В.П. Тарасова, А.А. Кацнельсон, В.И. Иверонова, И.М. Попова.



Рис. 11. Андрей Васильевич Колпаков (1941–1993).

В.С. Засимов, А.А. Опапенко, А.И. Фиров, большая группа аспирантов (А.С. Карнюхин, А.А. Майер, Б.И. Манцызов и др.), а также ряд сотрудников МГУ.

В группе профессора В.И. Ивероновой научные исследования велись по двум направлениям: изучение ближнего порядка в металлических сплавах и многоволновая динамическая дифракция рентгеновских лучей.

Систематические экспериментальные исследования ближнего порядка в кристаллах впервые в СССР были начаты В.И. Ивероновой и А.А. Кацнельсоном еще в конце 1950-х гг., а к 1970-м гг. это направление получило заметное развитие. В работах участвовали многие сотрудники их научной группы (А.П. Звягина, Г.П. Ревкевич, И.И. Попова, В.М. Силонов, А.М. Силонов, С.В. Свешников, Я.И. Граевская и другие).

Результаты экспериментальных исследований были обобщены В.И. Ивероновой и А.А. Кацнельсоном в первой в мире монографии “Ближний порядок в твердых растворах” (1970 г.), а ее авторы удостоены премии имени Е.С. Федорова АН СССР (1979 г.). В дальнейшем это направление в группе профессора А.А. Кацнельсона было усилено теоретическими исследованиями с помощью более мощных и современных методов электронной теории твердого тела — псевдопотенциала и когерентного потенциала (Л.И. Ястребов, В.М. Силонов, В.С. Степанюк и другие). Выявлена связь параметров ближнего порядка с

псевдопотенциалами отдельных химических элементов, входящих в состав сплава, и разработана методика прогнозирования характера упорядочения на основе анализа структуры кривой плотности электронных состояний вблизи поверхности Ферми.

Во второй половине 1970-х гг. самостоятельные научные направления стали развивать А.В. Колпаков, А.С. Илюшин, В.М. Силонов, М.А. Андреева, В.А. Бушуев и А.А. Новакова.

А.В. Колпаков (рис. 11) сосредоточил свое внимание на различных аспектах динамической теории рассеяния рентгеновского и мессбауэровского излучений и ее применения для разработки методов диагностики конденсированных сред. Наиболее существенными результатами стали проведенный им анализ математической постановки обратных задач дифракции в одномерно искаженных кристаллах и разработка численных алгоритмов решения для количественной вычислительной диагностики одномерно искаженных кристаллов (эпитаксиальных тонких пленок варизонных структур, диффузионных слоев и т.п.). Высокую эффективность алгоритмов доказали при восстановлении строения практически важных кристаллов по реальным экспериментальным данным, достоверность полученных результатов подтвердили независимыми разрушающими методами контроля.

А.С. Илюшин (рис. 12) приступил к систематическому изучению структурных, магнитных и термодинамических свойств магнитоупорядочивающихся сплавов и соединений на основе $4f$ - и $3d$ -металлов и начал разработку аппаратуры и методов низкотемпературной (гелиевой) рентгеновской дифрактометрии. Где, используя метод низкотемпературной (гелиевой) рентгеновской дифрактометрии, обнаружил в редкоземельных фазах Лавеса явление “внутренней гигантской спонтанной магнитострикции”.

В.М. Силонов (рис. 13) проводил систематические экспериментальные и теоретические исследования межатомных корреляций в металлических сплавах.

М.А. Андреева развивала ковариантную теорию мессбауэровской оптики и дифракции в условиях полного внешнего отражения мессбауэровского и рентгеновского отражения, в рамках которой построила матричную теорию дифракции рентгеновского излучения в условиях полного отражения с учетом искажений кристаллической структуры вблизи поверхности.

В.А. Бушуев разрабатывал теоретические проблемы рентгенодифракционной физики неупругого рассеяния, в рамках которого создал теорию когерентных и дифракционных явлений при неупругом и диффузном рассеянии рентгеновских лучей в совершенных и несовершенных кристал-



Рис. 12. Александр Сергеевич Илюшин (1943–2021).

лах, обнаружил и исследовал новое явление — когерентный комптон-эффект.

А.А. Новакова выполнила цикл экспериментальных исследований структурных превращений в аморфных металлических сплавах с использованием развитого ею метода мессбауэровской конверсионной спектроскопии.

В апреле 1987 г. профессор Г.С. Жданов по личному заявлению был освобожден от обязанностей заведующего кафедрой, и заведующим назначили Александра Сергеевича Илюшина.

В 1990–2000 гг. научная работа сотрудников кафедры проводилась по двум госбюджетным темам: “Взаимодействие излучений с конденсированными средами” и “Порядок–беспорядок в конденсированных средах, включая “открытые системы””.

Основные теоретические и экспериментальные исследования на кафедре проводились в области создания новых дифракционных методов рентгеновской, синхротронной и мессбауэровской диагностики материалов, в области разработки теории структурированных конденсированных сред, физики открытых твердотельных и низкоразмерных структур, компьютерного моделирования их структуры с использованием метода молекулярной динамики, в области экспериментальных исследований структурных и магнитных фазовых переходов в конденсированных системах с особыми физическими свойствами. В значительной степени постановка этих работ была обусловлена запросами промышленности высоких технологий и современными тенденциями в мировой науке.



Рис. 13. Валентин Михайлович Силонов (1942–2021).

В группе профессора А.А. Кацнельсона выполнен цикл исследований структурной эволюции систем “металл–водород” и предложен атомно-структурный механизм эволюции таких систем (Г.П. Ревкевич, В.М. Авдюхина, А.А. Анищенко); методами молекулярной динамики изучаются структуры цепочек, кластеров и ультратонких пленок металлов на металлических поверхностях (А.Э. Мороз, О.В. Лысенко, Д.И. Бажанов, Д.В. Цивлин).

После кончины А.А. Кацнельсона в 2005 г. экспериментальные исследования структурной эволюции систем “металл–водород” ведутся под руководством В.М. Авдюхиной. Исследования электронных и магнитных свойств наноструктур на металлических и диэлектрических поверхностях, а также процессов их формирования и роста ведутся под руководством Д.И. Бажанова.

В группе профессора А.С. Илюшина методами РСА и мессбауэровской спектроскопии выполнен цикл экспериментальных комплексных исследований структурных и магнитных превращений в фазах высокого давления на основе систем редкоземельных интерметаллидов и в их гидридах и дейтеридах, изучено влияние различных локальных неоднородностей на формирование магнитных свойств. На основе развитой А.С. Илюшиным методики исследованы квазибинарные системы MnSnFe/MnSiFe (С.-М.Ш. Машаев) и ErTbMn_2 и HoTbMn_2 , синтезированные при высоких давлениях (Аль Дарвиш Мариам Маджид);

соединения YBaCuFeO (В.С. Мойса); висмутсодержащие монокристаллы высокотемпературных сверхпроводников (Мустафа Бассам Махмуд); сплавы системы $b\text{-Mn-Sn-Fe}$ (А.С. Виноградова) и Pr-Fe (Е.А. Рыкова); фазы высокого давления систем: $\text{Dy}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ с водородом и дейтерием (И.А. Персикова), $\text{Nd}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_x)_2$, $\text{Nd}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2$, $\text{Nd}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$, $\text{Yb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ и их дейтериды (И.В. Спажакин); редкоземельные фазы Лавеса RFe_2 , $(\text{Tb,Dy,Ho})\text{Fe}_2$, $\text{Yb}(\text{Fe,Mn})_2$ (А.Б. Баранов).

В группе профессора В.А. Бушуева методами высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии и рефлектометрии исследовались кристаллы с микродефектами (А.П. Петраков), развивалась теория, описывающая рост многослойных пленок (В.В. Козак); был разработан общий подход к восстановлению профиля распределения плотности вдоль нормали к поверхности образца по данным высокоразрешающей рентгеновской рефлектометрии (А.Г. Сутырин); развит метод диагностики приповерхностных слоев полупроводниковых структур на основе зеркального отражения рентгеновских лучей в условиях некомпланарной дифракции (А.П. Орешко); развит метод рентгеновского фазового контраста (патент РФ 2115943 от 16 янв.1997 г., совместно с В.Н. Ингалом и Е.А. Беляевской) и решены прямая и обратная задачи метода рентгеновского фазового контраста (А.А. Сергеев); проводились исследования взаимодействия оптического излучения с фотонными кристаллами (А.Д. Прямыков) и ультрахолодных нейтронов на движущихся фазовых решетках (А.И. Франк). Результаты этой работы нашли свое применение при создании рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL (г. Гамбург, Германия).

Профессор Р.Н. Кузьмин совместно с коллегами с факультета вычислительной математики и кибернетики проводил исследования в области квантоники, а также глобальных и супернакопительных физических процессов. Им разработана математическая модель тектонических постэффектов в Каспийском регионе.

В группе профессора А.А. Новаковой выполнен цикл мессбауэровских исследований аморфных и наноразмерных металлических систем, а также изучены структурные и химические состояния железосодержащих белков фотосинтетических мембран различных организмов (бактерий, водоросли, клетки) (Т.Ю. Киселева, Н.Д. Манюрова, О.В. Агладзе, Г.А. Петровская, Х.Х. Валиев).

А.Г. Хунджуа проводил экспериментальные исследования взаимосвязи бездиффузионных и диффузионных фазовых превращений в твердых растворах замещения с мартенситной неустойчивостью решетки. Установленные им закономерности изменения мартенситных свойств при рас-

паде твердых растворов, по существу, очерчивают временные и температурные интервалы, в которых возможна надежная эксплуатация изделий из никелида титана. В дальнейшем в группе под его началом был выполнен цикл экспериментальных исследований структурных превращений мартенситного типа в распадающихся твердых растворах замещения. Отдельно отметим, что с середины 1990-х гг. профессор А.Г. Хунджуа стал уделять значительное внимание проблемам физического образования в средней и высшей школе и работе со школьниками.

Е.Н. Овчинникова разработала теоретико-групповые основы резонансной дифракционной спектроскопии электронных и ядерных состояний в кристаллах с различными типами структурных несовершенств. Результаты этих исследований нашли применение при постановке экспериментов по резонансной дифракции и резонансному поглощению рентгеновского синхротронного излучения на всех ведущих мировых источниках синхротронного излучения.

В группе Е.Н. Овчинниковой изучалась энергетическая, угловая и поляризационная зависимости как “запрещенных” отражений (отражений, запрещенных симметрией кристалла, но возникающих благодаря анизотропии локального окружения резонансного атома при энергии излучения, близкой к краям поглощения этого атома) в оксиде цинка и железо-иттриевом гранате (К.М. Колчинская, А.П. Орешко), германии, HoFe_2 и Fe_3BO_6 (А.А. Антоненко, А.П. Орешко), кристаллах RDP и KDP (К.А. Акимова, А.П. Орешко) и многих других, так и сигналов различных рентгеновских дихроизмов (К.А. Козловская, А.П. Орешко). Исследование этих зависимостей позволило наблюдать разные виды упорядочения в кристаллах (помимо упорядочения в расположении атомов, доступного традиционным рентгеновским дифракционным методом): магнитное, зарядовое, орбитальное, визуализировать тепловые колебания атомов, антиферромагнитные домены и др. Одним из последних достижений в этой области является развитие метода определения знака взаимодействия Дзялошинского–Мории, которое играет важную роль для спинтроники и скирмионики.

В рамках работ, инициированных Е.Н. Овчинниковой, в 2014 г. А.П. Орешко успешно защитил докторскую диссертацию, посвященную теоретическому исследованию явлений, возникающих при резонансной дифракции рентгеновского синхротронного излучения в кристаллах, обладающих локальной анизотропией, а также в средах, в которых локальная анизотропия вызвана одно-временным наличием нескольких анизотропных факторов.



Рис. 14. Алексей Павлович Орешко.

С 2001 г. все научные исследования сотрудников кафедры ведутся в рамках одной госбюджетной темы “Структурная эволюция самоорганизующихся твердотельных систем (на мезо- и атомном уровнях)”.

В рамках этой темы Т.Ю. Киселева разработала стратегию идентификации реальной структуры сложных композитных материалов методом мессбауэровской спектроскопии. Эффективность предложенного подхода для осуществления целенаправленного получения функциональных материалов в неравновесных условиях механохимического синтеза была убедительно показана на примере различных железосодержащих композитных систем.

В группе М.А. Андреевой исследовалось магнитное упорядочение в многослойных ультратонких структурах. Используемые методы основываются на резонансных эффектах взаимодействия рентгеновского синхротронного излучения с веществом вблизи краев поглощения атомов или резонансных энергий ядерного рассеяния в условиях зеркального отражения от гладких поверхностей. Была развита в самом общем виде теория рентгеновской рефлектометрии для анизотропных и гиротропных слоев, базирующаяся на тензорных свойствах резонансной восприимчивости среды (А.Г. Смехова); проведено теоретическое исследование поляризационных эффектов, возникающих при отражении рентгеновского излучения вблизи краев поглощения (Е.Е. Одинцова); разработана методика обработки временных спектров ядерно-резонансного отражения, измеренных для нескольких углов скольжения, и угловых зависимостей интегральной задержанной

по времени распада интенсивности отражения (кривых ядерно-резонансной рефлектометрии), позволяющая восстанавливать как параметры сверхтонких взаимодействий, так и профили распределения по глубине резонансных ядер, характеризующихся различными типами сверхтонких параметров (Н.Г. Монина); развита теория рентгеновской рефлектометрии на случай отражения поляризованного рентгеновского излучения от многослойных структур с учетом их анизотропии, возникающей вблизи краев поглощения, в кинематическом приближении (Ю.Л. Репченко); проведены эксперименты по поляризационному анализу отраженного излучения в мессбауэровской и рентгеновской магнитной резонансной рефлектометрии (Р.А. Баулин). В результате этой работы были созданы специализированные программные комплексы обработки экспериментальных данных, получившие широкое распространение среди мирового сообщества.

Старший научный сотрудник И.Р. Прудников проводил научные исследования в области дифракции и диффузного рассеяния рентгеновских лучей в многослойных наноструктурах.

В апреле 2021 г., после скоропостижной кончины профессора А.С. Илюшина, заведующим кафедрой физики твердого тела был назначен профессор Алексей Павлович Орешко (рис. 14).

В настоящее время кафедра продолжает проводить научные исследования по основным направлениям:

- исследование взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и излучения оптического диапазона с различными объектами (кристаллами, многослойными упорядоченными структурами и решетками) (профессор В.А. Бушуев);
- исследование структурных фазовых превращений мартенситного типа в металлических сплавах, в том числе в сплавах с эффектами памяти формы (профессор А.Г. Хунджуа, доцент Е.А. Бровкина);
- исследование магнитного послойного упорядочения в многослойных нанопленках (главный научный сотрудник М.А. Андреева);
- изучение структурной эволюции компонентов системы в процессе получения нанокомпозитов, исследование явлений самоорганизации в этих системах и выявление физико-химических факторов, определяющих эти явления (главный научный сотрудник А.А. Новакова);
- синхротронные исследования конденсированных сред (профессор Е.Н. Овчинникова, профессор А.П. Орешко);
- дифракция и диффузное рассеяние рентгеновских лучей в многослойных наноструктурах (старший научный сотрудник И.Р. Прудников);

– исследование влияния структурных неоднородностей и газообразующих примесей на фундаментальные и функциональные свойства редкоземельных металлов и сплавов на их основе (ведущий научный сотрудник И.С. Терешина);

– изучение эволюции кооперативных структурно-фазовых эффектов в релаксирующих системах палладий–металл–водород (доцент В.М. Авдюхина, научный сотрудник О.В. Акимова);

– изучение структурно-фазовых и функциональных характеристик упрочняющих покрытий, включая алмазоподобные (доцент В.М. Авдюхина);

– исследование взаимосвязи структуры и свойств композиционных материалов (доцент Т.Ю. Киселева);

– исследование квантовых свойств магнитных наноструктур методами компьютерного моделирования (старший преподаватель Д.И. Бажанов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вне всякого сомнения, представлена только часть вековой истории кафедры физики твердого тела. И все это время работники кафедры вели и ведут активную научную и педагогическую деятельность, оставаясь на переднем крае науки и работая на благо Московского университета и России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повесть временных лет / подготовка текста, перевод, статьи и комментарии Д.С. Лихачева; под ред. Адриановой-Перетц В.П. СПб: Наука, 1996. С. 190.
2. Днепров Э.Д., Кошелева О.Е., Корнетов Г.Б. и др. Очерки истории школы и педагогической мысли народов СССР. С древнейших времен до конца XVII в. М.: Педагогика, 1989. 479 с.
3. Осипов Ю.С. Академия наук в истории Российского государства. М.: Наука, 1999. 204 с.
4. История Академии наук СССР: в 3 т. Т. 1 (1724–1803) / Глав. ред. акад. К.В. Островитянов. М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1958. 484 с.
5. Гена Е.И. Уставы Московского университета 1755–2005. М.: Империиум Пресс, 2005. 480 с.
6. <http://letopis.msu.ru/documents/2762>
7. <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102120770&rdk=20>
8. Архив МГУ, ф. 1, оп. МГУ, ед. хр. 13.
9. Лебедев П.Н. Собрание сочинений: I. Научные работы. II. Популярные статьи и речи. М.: Изд. Моск. физико-хим. о-ва им. П.Н. Лебедева, 1913. <http://books.e-heritage.ru/book/10070526>
10. Friedrich W., Knipping P., Laue M. // Sitzungsberichte der Kgl. Bayer. Akad. der Wiss. 1912. S. 303.
11. Wulff G., Uspensky N. // Phys. Z. 1913. B. 14. H. 16. S. 783.
12. Wulff G., Uspensky N. // Ibid. 1913. S. 785.
13. Илюшин А.С., Орешко А.П. Кафедра физики твердого тела Московского университета в зеркале столетия. М.: ООО Белый ветер, 2018.
14. Фейнберг Е.Л. Эпоха и личность. Физики. Очерки и воспоминания. М.: Физматлит, 2003.
15. Архив МГУ, ф. 24, оп. 1, ед. хр. 10.
16. Архив МГУ, ф. 24, оп. 1, ед. хр. 18.
17. Архив МГУ, ф. 24, оп. 1, ед. хр. 86.
18. Архив МГУ, ф. 24, оп. 1, ед. хр. 47.
19. Архив МГУ, ф. 46, оп. 1/1л, ед. хр. 2.
20. Архив МГУ, ф. 24, оп. 1, ед. хр. 81.
21. Архив МГУ, ф. 24, оп. 1, ед. хр. 210.