

# СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

№6(122) 2016

В номере:



Поздравление декана  
профессора Н.Н. Сысоева с Новым годом

Стр. 2



Академик В.А. Рубаков  
лауреат Демидовской премии

Стр. 3–4



Ирина Соболева  
лауреат программы “Для женщин в науке”  
L'OREAL UNESCO

Стр. 4–6



О Нобелевской премии-2016 по физике

Стр. 14–23



# СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

6(122)/2016  
(декабрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА  
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

2016

ДОРОГИЕ КОЛЛЕГИ, СТУДЕНТЫ, АСПИРАНТЫ,  
ПРОФЕССОРА, ПРЕПОДАВАТЕЛИ,  
НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ И ВСЕ СОТРУДНИКИ  
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ!

### ПОЗДРАВЛЯЮ ВАС С НОВЫМ 2017 ГОДОМ!

ЭТОТ ЛЮБИМЫЙ И ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ ПРАЗДНИК ОБЪЕДИНЯЕТ ВСЕХ НАС, НАПОЛНЯЕТ ХОРОШИМ НАСТРОЕНИЕМ, СОЗДАЕТ АТМОСФЕРУ РАДОСТИ И СЧАСТЬЯ!

МЫ ВСТРЕЧАЕМ НОВЫЙ ГОД ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ДОСТИЖЕНИЯМИ В НАУКЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЕ.

НА ФАКУЛЬТЕТЕ ВЕДЕТСЯ БОЛЬШАЯ РАБОТА ПО МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА, СОВЕРШЕНСТВУЕТСЯ СИСТЕМА ОПЛАТЫ ТРУДА, ШИРИТСЯ ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.

У НАС ПОЯВЛЯЮТСЯ ВСЕ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНТОВ, ПРОЕКТОВ, КОНТРАКТОВ ДЛЯ НАУЧНОЙ И ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. РАСШИРЯЕТСЯ КРУГ ДОГОВОРНЫХ ТЕМАТИК. ОСОБЕННО ВАЖНО, ЧТО ПОЯВИЛИСЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФОРМЫ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. СОВЕРШЕНСТВУЮТСЯ МЕТОДЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ АКТИВНО РАБОТАЮЩИХ НАУЧНЫХ СОТРУДНИКОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ.

ДОРОГИЕ КОЛЛЕГИ, ПОЖЕЛАЕМ ДРУГ ДРУГУ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РОСТА, ОПТИМИЗМА И ВЕРЫ В СЕБЯ!

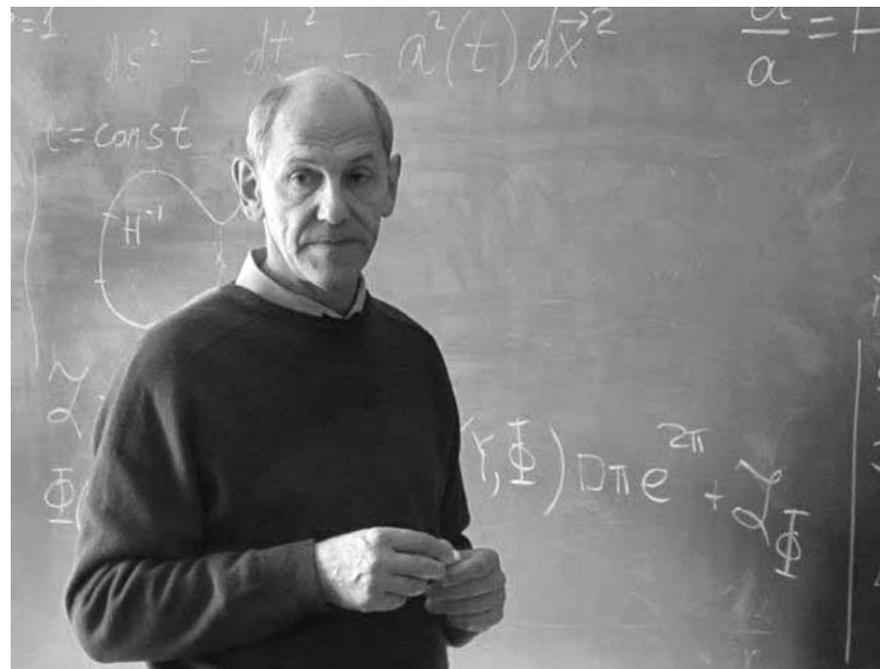
ПУСТЬ НОВЫЙ ГОД БУДЕТ ПОЛОН СБЫВШИХСЯ НАДЕЖД, ДОСТИГНУТЫХ ЦЕЛЕЙ И ПРИЯТНЫХ ОТКРЫТИЙ!

ОТ ВСЕЙ ДУШИ ЖЕЛАЮ ВАМ ТВОРЧЕСКИХ ПОБЕД, КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ И ЛИЧНОГО СЧАСТЬЯ!

С НОВЫМ ГОДОМ!

ДЕКАН  
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ  
ПРОФЕССОР Н.Н. СЫСОЕВ

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ  
ФИЗИКИ ЧАСТИЦ И КОСМОЛОГИИ,  
АКАДЕМИК ВАЛЕРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ РУБАКОВ —  
ЛАУРЕАТ ДЕМИДОВСКОЙ ПРЕМИИ!



В Академии наук прошло традиционное чаепитие, на котором были названы имена лауреатов одной из старейших российских наград для ученых — Демидовской премии. Лауреатом по физике стал заведующий кафедрой физического факультета МГУ академик Валерий Анатольевич Рубаков.

На объявлении итогов лауреатов премии представил и отметил их основные достижения академик Геннадий Месяц: «В области физики Демидовская премия присуждается Рубакову Валерию Анатольевичу за основополагающий теоретический вклад в фундаментальные направления физики: квантовую теорию поля, физику элементарных частиц, гравитацию и теорию ранней Вселенной». Кроме непосредственно научных достижений экспертная комиссия отметила работу академика Рубакова

в сфере популяризации научных знаний — деятельность в составе Комиссии по борьбе с лженаукой, многочисленные лекции и статьи для широкой аудитории.

**Поздравляем!**



<http://www.phys.msu.ru/rus/news/archive/201612081202/>

### **ИРИНА СОБОЛЕВА — ЛАУРЕАТ ПРОГРАММЫ «ДЛЯ ЖЕНЩИН В НАУКЕ» L'OREAL-UNESCO**

14 ноября 2016 года в Москве в Государственном музее изобразительных искусств имени А.С. Пушкина прошла X юбилейная церемония вручения национальных стипендий L'OREAL-UNESCO «Для женщин в науке» 2016 ГОДА.

Стипендия ежегодно вручается женщинам моложе 35 лет "с целью поддержания развития научной карьеры в России". Всего стипендия действует в

112 странах, в России каждый год её вручают лишь 10 женщинам. Ирина получила ее за работу «Блоховские поверхностные электромагнитные волны в фотонных кристаллах».





Сердечно поздравляем старшего научного сотрудника лаборатории нанооптики и метаматериалов физического факультета МГУ Соболеву Ирину Владимировну с получением национальной стипендии L'Oreal-UNESCO "Для женщин в науке".

<http://www.phys.msu.ru/rus/news/archive/201611201197/>

## О ПРОЕКТЕ BREAKTHROUGH STARSHOT

Экзопланеты (планеты, которые обращаются вокруг звезды, не являющейся Солнцем) обнаружены примерно у 10 % звёзд, включённых в программы поисков. Их доля растёт по мере накопления данных и совершенствования техники наблюдения. К настоящему времени открыто множество планет с массами порядка массы Нептуна и ниже. Экзопланеты планеты стали открывать благодаря усовершенствованным научным методам, зачастую на пределе их возможностей. К таким методам относятся: радионаблюдение пульсаров, метод радиальных скоростей, транзитный метод, метод синхронизации, визуальное наблюдение, гравитационное линзирование, астрометрический метод. На 16 ноября 2016 года достоверно подтверждено существование 3541 экзопланет в 2656 планетных системах, из которых в 597 имеется более одной планеты. Следует отметить, что количество надёжных кандидатов в экзопланеты значительно больше. Из 2326 кандидатов, обнаруженных телескопом Кеплер, 207 имеют примерно земной размер, 680 имеет размеры суперземли, 1181 — Нептуна, 203 — размер, сравнимый с юпитерианским, и 55 — больший, чем у Юпитера.

У экзопланет движущихся на орбитах с большим эксцентриситетом, внутреннее содержание которых включает в себя несколько слоев вещества, такие как пласты коры, мантии и вещество ядра, приливные силы могут высвобождать тепловую энергию, которая может способствовать созданию и поддержанию благоприятных для жизни условий на космическом теле, а их орбита, со временем, может эволюционировать в околокруговую. Наиболее близкой по условиям к Земле экзопланетой, известной на 2009 год, является Глизе 581 с, температура на которой, по предварительным оценкам, находится в диапазоне 0–40 °С. Также теоретически на этой планете возможно существуют запасы жидкой воды (что подразумевает возможность существования жизни).



Взгляд художника на закат трёх светил на предполагаемом спутнике планеты HD 188753 A b (Image Credit: NASA/JPL-Caltech)

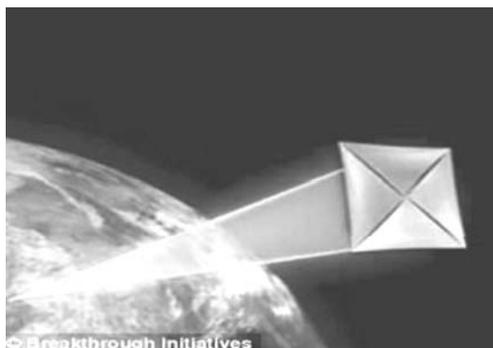
Возникает вопрос: можно ли как-то выяснить, что происходит на поверхности таких планет и как можно найти существование внеземной жизни.

В прошлом году русский миллиардер Юрий Мильнер (выпускник физического факультета МГУ по специальности «теоретическая физика») заявил о своём намерении финансировать проект Breakthrough Initiatives для поиска внеземной жизни во Вселенной. В рамках Breakthrough Initiatives был объявлен проект Breakthrough Listen по аренде времени наблюдения на нескольких радиотелескопах и обработке получаемых данных. 12 апреля 2016 года на пресс-конференции в Нью-Йорке Мильнер совместно со Стивеном Хокингом объявили ряд дополнительных проектов. Самым амбициозным из них стал проект Breakthrough Starshot, направленный на разработку межзвездных космических кораблей, оснащенных световым парусом. К проекту присоединился и генеральный директор Facebook Марк Цукерберг.

Мильнер планирует отправить несколько тысяч межзвездных космических кораблей в разные участки Вселенной, но в первую очередь собирается достичь звездную систему Альфа Центавра, удаленную на 4,37 световых лет

от Земли. Предполагается, что космический аппарат разовьет скорость примерно 15–20% от скорости света и его путь продлится около 20 лет. Предполагается, что на космических кораблях будут установлены камеры для передачи снимков планет.

В этом проекте роботизированные космические аппараты имеют массу порядка грамма и состоят из двух основных частей: StarChip (чипа) и светового паруса. Такой космический аппарат должен быть ускорен до 60 000 км/сек в течение 2 минут интенсивным лазерным лучом, действующим на парус.



Для успешности миссии необходимо решить ряд сложных технических проблем. По данным оценок, проведенных комитетом приглашенных ученых, в который вошли Сол Перлмуттер (лауреат Нобелевской премии по физике 2011 года), Стивен Чу (лауреат Нобелевской премии по физике 1997 года), академик Р.З. Сагдеев и др., одним из наиболее важных вопросов стал

вопрос о проблеме устойчивости ориентации космического аппарата. Т.е. каковы должны быть форма самого паруса и тип луча лазера, чтобы космический аппарат в процессе ускорения не вышел из зоны действия луча.

Исследовательская группа, состоящая из Е.П. Поповой (снс, НИИЯФ МГУ), М. Ефендиева (профессор, Мюнхенский центр им. Гельмгольца, Германия) и И. Габитова (профессор, Директор Центра фотоники и квантовых материалов, Сколтех) исследовали устойчивость ориентации космического аппарата, оснащенного парусом, при малых возмущениях ориентации паруса в течении времени действия интенсивного лазерного луча с плоским и гауссовым профилем. Следуя материалам проекта Breakthrough Starshot, они рассматривали космический аппарат массой 1 г и радиусом паруса 200 см. Сила света, действующая на поверхность паруса, составляет  $5 \cdot 10^7$  г см/сек<sup>2</sup>. Отражение света от поверхности паруса зеркальное. В такой постановке задачи космический аппарат чувствителен к крутящим моментам и поперечным силам, которые влияют на ориентацию. Движение космического аппарата под действием лазерного луча ученые описали с помощью уравнений Эйлера и второго закона Ньютона. Полученную систему уравнений исследовали на устойчивость аналитически в линейном приближении и численно и построили траектории движения космического аппарата.

Было показано, что космический аппарат с плоским парусом быстро выходит из зоны действия луча, не успев получить необходимое ускорение. Ориентация паруса конической и сферической формы (часть сферы, к радиусом кривизны много большим чем радиус паруса) является стабильной, если расстояние от центра паруса до центра масс больше чем радиус кривизны паруса.



снс, НИИЯФ МГУ, Е.П. Попова

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА — СКАЗКА ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Представьте, что ваш ноутбук весит сто грамм, телефон сворачивается в трубочку и прячется в шариковой ручке, а в куртке или пальто вшиты солнечные батареи, позволяющие это всё заряжать. На первый взгляд, это фантастика. Но 10–15 лет назад фантастикой казалось то, к чему мы сейчас совершенно привыкли. За последние два десятилетия самые разные электронные гаджеты — стали практически неотъемлемой составляющей нашей жизни. В последние годы всё чаще говорят о концепции «Интернета вещей» — число устройств, подключенных к интернету уже превысило численность населения Земли.

Однако, существующие электронные устройства имеют ограниченную область применения за счёт их достаточного большого веса, хрупкости, сложности в производстве и вытекающей из неё дороговизны. Проблема заключается в том, что традиционные неорганические материалы для электроники — металлы и полупроводники (кремний, германий) — тяжёлые и хрупкие, а также требуют сложных условий обработки (например, рост монокристаллов кремния происходит длительное время при высокой температуре), что неизбежно сказывается на стоимости устройств.

Возникает естественная мысль — а почему бы не использовать в качестве активных материалов — металлов и полупроводников — органические вещества? Но мы привыкли, что органические материалы — пластмассы, резины и т.д. — хорошие изоляторы. Трудно поверить, но некоторые из них могут хорошо проводить ток и обладать другими полупроводниковыми свойствами, например, могут излучать свет. В середине 20 в. была обнаружена электропроводность в ряде ароматических соединений, а в 1970-х был от-

крыт новый класс органических проводников/полупроводников — сопряжённые полимеры, за что в 2000 г. была присуждена Нобелевская премия А. Хигеру, А. Мак-Диармиду и Х. Ширакава.

Как известно, для того, чтобы материал проводил ток, необходимо наличие в нём зарядов, которые могли бы свободно перемещаться, т.е. были бы делокализованы. Такая делокализация возможна не только в неорганических металлах и полупроводниках, но и в органических молекулах, если электронные облака соседних атомов значительно перекрываются, образуя единую так называемую сопряжённую систему, что схематически изображено на рис. 1. Органическими полупроводниками и проводниками могут быть как низкомолекулярные вещества, так и полимеры.

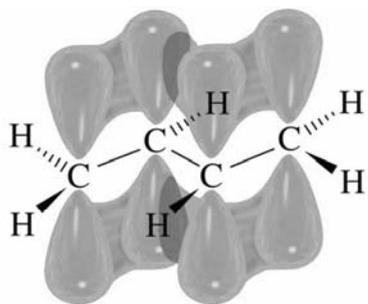


Рис. 1. Формирование сопряжённой системы  $\pi$ -электронов в цепочке углеродных атомов

(различные радиочастотные метки, сенсоры), широкоформатная электроника (информационные экраны), устройства автономного электроснабжения (солнечные батареи) и освещения (светодиодные панели).

Важной особенностью органических полупроводниковых материалов является их функциональная гибкость по сравнению с неорганическими материалами — химическую структуру составляющих материал молекул можно варьировать в зависимости от требуемых свойств. Простота изготовления может быть обеспечена тем, что в органических материалах связи между молекулами — слабые, и покрытия можно наносить из раствора. Предполагается, что устройства органической электроники можно будет создавать методами, развитыми в полимерной и полиграфической промышленности, например методом рулонной печати или струйной печати; наиболее оптимистические прогнозы предполагают, солнечные батареи и светоизлучающие плёнки что можно будет наносить прямо на стены или крышу чуть ли не с помощью кисти или оклеивать ими стены, как обоями. Наконец, органические электронные устройства могут быть не только гибкими, но и растяжимыми, что было недавно

продемонстрировано компанией Panasonic. Конечно, устройства органической электроники обладают, помимо неоспоримых преимуществ, существенными недостатками, включающими относительно низкую эффективность (например, КПД лучших органических солнечных батарей составляет всего 12% по сравнению с 46% для неорганических), а также низкую стабильность по отношению к воздействию окружающей среды (соответственно, возникает необходимость дополнительной защиты от нее). Поэтому, не стоит ожидать, что органическая электроника полностью вытеснит неорганическую, но наиболее вероятно, что она займёт свою нишу — перечисленные выше области, в которых неорганическая электроника неприменима или нерентабельна.



Рис. 2. Основные типы устройств органической электроники

Несколько лет назад органическая электроника вышла за пределы лаборатории, и на рынке появились первые полимерные солнечные батареи и светоизлучающие устройства — органические светодиоды (OLED). Если солнечные батареи пока не получили широкого распространения, то органические светодиоды используются в мобильных телефонах южнокорейских производителей электроники. Apple также рассматривает возможность перехода от традиционных жидкокристаллических (LCD) дисплеев к OLED-дисплеям в iPhone. Несмотря на то, что цена на OLED-телевизоры сейчас выше, чем на LCD, есть все основания полагать, что в ближайшем будущем ситуация изменится в обратную сторону.

Органическая электроника развивается и в России. Растёт число исследовательских лабораторий, а также создаются научно-промышленные центры для разработки и производства прототипов новых устройств. Например, в 2015 г. началось строительство центра гибкой и печатной электроники в

инновационном центре «Технопарк» в подмосковном Троицке, подобный проект разрабатывает ЛЭТИ в Санкт-Петербурге.

Лаборатория органической электроники ([www.sunhen.phys.msu.ru](http://www.sunhen.phys.msu.ru)) кафедры волновых процессов и Международного лазерного центра МГУ была создана еще тогда, когда в нашей стране органической электроникой практически никто не занимался — в 2001 г. С тех пор в лаборатории налажен полный цикл создания органических солнечных батарей и органических транзисторов (за исключением синтеза химических соединений, что делают коллег-химики), а также исследование их характеристик. При изготовлении устройств на основе ряда органических полупроводников желательно избегать их контакта с кислородом и парами воды (воздухом). Поэтому для создания эффективных устройств в лаборатории используются т.н. «перчаточные боксы», заполненные инертным газом — аргоном. Отлаженный процесс изготовления и современное оборудование, а главное — высокая квалификация сотрудников и студентов позволяют получать образцы солнечных батарей и транзисторов, соответствующие мировому уровню.

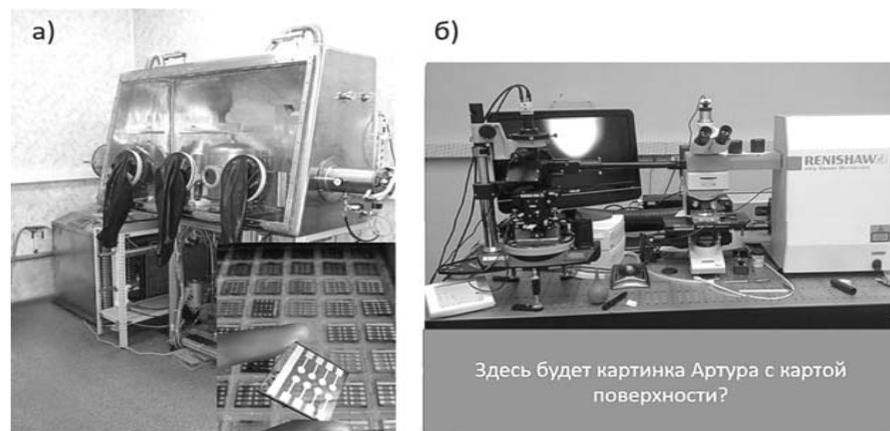


Рис. 3. Оборудование для создания (а, перчаточный бокс) и исследования (б, Нанораман-спектрометр Renishaw) устройств органической электроники. На вставке панели (а) представлены изготовленные в лаборатории образцы солнечных батарей

Однако, разработка устройств органической электроники и не является единственным направлением деятельности лаборатории. Для получения нового эффективного устройства органической электроники нужно глубокое понимание процессов формирования плёнки (кристалла) из раствора или из газовой фазы, транспорта заряда, а также преобразования энергии света в электрическую (в солнечных батареях) и наоборот (в светоизлучающих устройствах). В связи с этим, особое внимание в лаборатории уделяется фундаментальным вопросам функционирования устройств органической электроники. И

здесь открывается весьма сложная и интересная физика. Органические металлы и полупроводники имеют два уровня структуры — молекулярный, в котором сильные межатомные связи, и межмолекулярный, обуславливаемый слабыми межмолекулярными (например, ван-дер-ваальсовыми) связями; при этом на работу устройства оказывают влияние оба уровня структуры.

Для исследования различных процессов, протекающих в устройствах органической электроники, в лаборатории применяются различные экспериментальные методы, в т.ч. высокоточные методы — атомно-силовая микроскопия, спектроскопия фототеплового поглощения, позволяющая обнаруживать очень низкие концентрации дефектов (примесей) в материале, спектроскопия комбинационного рассеяния и др. методы.

В лаборатории органической электроники получен ряд приоритетных результатов, касающихся свойств органических электронных материалов. Показано, что добавка низкомолекулярных веществ в сопряженный полимер может приводить к качественному изменению фотофизики плёнки. Обнаружены органические кристаллы, обладающие необычным сочетанием высокой подвижности зарядов и высокой эффективности фотолуминесценции, что позволяет надеяться на создание светоизлучающего транзистора (OLET) и, возможно, органического тонкопленочного лазера на их основе. С помощью компьютерного моделирования предложены пути по увеличению эффективности солнечных батарей и критерии выбора эффективных материалов. Подробную информацию с популярным изложением полученных результатов в лаборатории можно найти на нашем сайте ([www.sunhen.phys.msu.ru](http://www.sunhen.phys.msu.ru)).



Рис. 4. Коллектив лаборатории органической электроники МГУ



В заключение отметим, что каким бы замечательным не было оборудование лаборатории, главное в ней — люди. В лаборатории органической электроники — большой, молодой и амбициозный коллектив (см. рис. 4), который всегда рад принять желающих развиваться самим и развивать науку. Студенты активно участвуют в научной работе, работая исполнителями различных грантов и проектов, в т.ч. международных, выступают на российских и международных конференциях, а результаты их работ публикуются в высокорейтинговых зарубежных журналах. На протяжении последних трёх лет лаборатория выступает одним из организаторов Международной школы-конференции по органической электронике, проходящей в Подмоскowie. На нее приезжают мировые лидеры области и читают лекции молодым учеными и студентам. налажено взаимодействие с зарубежными институтами, а лучшие студенты проходят стажировки за рубежом. Лаборатория регулярно выигрывает различные гранты и получает современное оборудование по Программе развития МГУ.

*мнс Сосорев А.Ю., профессор Парацук Д.Ю.,  
кафедра общей физики и волновых процессов*

### О НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ-2016 ПО ФИЗИКЕ, или что общего у пластилиновой вороны, танцевальной постановки и электронной жидкости



Рис. 1. Нобелевские лауреаты по физике 2016 года (слева направо): Дэвид Таулесс, Дункан Халдейн и Майкл Костерлиц

Нобелевские премии по физике последних нескольких лет не перестают радовать не только научную общественность, но и обывателей, непосред-

венно не связанных с физикой. Действительно, многие «нашумевшие» физические концепции, основанные на красивых математических идеях, наконец-то получили мировое признание: достаточно упомянуть «частицу бога» Хиггса, осцилляции нейтрино и «настольную лабораторию физики высоких энергий», реализованную в графене. Несомненно, «обречены» на Нобелевскую премию и открытые буквально вчера гравитационные волны.

В этом году, однако, Премия, врученная Дэвиду Таулессу, Дункану Халдейну и Майклу Костерлицу (рис. 1), имеет более загадочную формулировку: «за теоретические открытия топологических фазовых переходов и топологических фаз материи». Стало быть, союз математики — а именно, топологии, нетривиального и весьма абстрактного ее раздела — и более эмпирической физики, снова принес прекрасные плоды? Не ставя себе задачу дать полное введение в соответствующую область теоретической физики конденсированного состояния и, тем более, топологии, постараюсь помочь читателю ощутить аромат плодов нового сорта, оцененных в этом году Шведской королевской академией наук.

#### Разберемся в терминологии

Итак, начнем с расшифровки самой формулировки достижений лауреатов, данной Нобелевским комитетом.

**Что такое топология?** Образно говоря, это математически сформулированные правила лепки из пластилина. Действительно, ребенок, еще не научившийся складывать, умножать и пользоваться линейкой, в сущности, еще недостаточно знаком с геометрией (дословно, землемерием), однако он уже знает, что, чтобы слепить из пластилина ворону, достаточно раскатать в руках небольшой цилиндр, а потом можно прилеплять и вытягивать из него клюв и лапки. Кроме того, он интуитивно понимает, что ни пластилиновый бублик, ни чашку нельзя «вытянуть» из простого цилиндра: либо где-то в нем придется делать дырку, либо же склеивать два куска пластилина вместе. Топология имеет дело именно с такими «правилами лепки»: она изучает фигуры и поверхности, не прибегая к геометрическим приборам — линейке и транспортиру — но разрешая деформировать «поделки», нигде не разрывая и х и не приклеивая



Рис. 2. *a* — Поверхности булочки, бублика и брецеля обладают родами  $g = 0, 1, 3$  соответственно, и поэтому не могут быть трансформированы друг в друга непрерывными деформациями; *b* — топологически неэквивалентные друг другу многообразия — цилиндрическая поверхность и лист Мёбиуса

полученные поверхности к себе самим или друг к другу. При этом поверхностям можно сопоставить некоторое число — *род* — который сохраняется при лепке. В итоге, бублик и чашка будут обладать одинаковым родом, не совпадающим, однако, с родом для цилиндра, что говорит о невозможности «слепить» бублик из цилиндра (см. рис. 2а).

Другой известный пример *топологически неэквивалентных многообразий* (поверхностей) — это цилиндрическая поверхность и лента (лист) Мёбиуса (рис. 2б). В данном случае каждую из поверхностей можно задать полем  $\mathbf{n}(\varphi)$  на окружности  $\varphi \in [0, 2\pi)$ , проходящей по центру обеих лент (см. рис. 2б), и свети неэквивалентности поверхностей к *топологической неэквивалентности отображений* окружности в пространство векторов  $\mathbf{n}$ . А именно, при обходе по этой окружности вдоль листа Мёбиуса вектор  $\mathbf{n}(\varphi)$  делает один оборот против часовой стрелки, а в случае цилиндра — остается на месте.

В физике конденсированного состояния поля, описывающие состояние материи в разных точках, также могут быть поделены на классы эквивалентности по отношению к их топологическому родству. За примерами мы и обратимся немного погодя к нынешним нобелевским лауреатам.

**Какие мы знаем состояния (фазы) материи?** Вопрос этот, оказывается, совсем не тривиален. Обычно решение о состоянии вещества, т.е. системы, состоящей из макроскопического числа одинаковых «кирпичиков», принимается на основе анализа ее свойств, таких как плотность, сжимаемость, восприимчивость к различным внешним воздействиям и т.п. Действительно, жидкость легко меняет форму, но крайне слабо отвечает на изменение давления — воздействие, стремящееся изменить ее объем. Газ легко изменяет как объем, так и форму, твердое тело стремится сохранить и то, и другое. Но как быть с другими типами воздействия, например, с электрическим полем?

Квантовая и статистическая физика учат нас, что отклик вещества на внешнее воздействие имеет прямое отношение к *элементарным возбуждениям*, которые могут возникать в данной системе. Например, возникновение тока в жидкости, приводящее к изменению ее формы, — это некоторое изменение распределения молекул по импульсам, которое можно макроскопически трактовать как движение жидко-

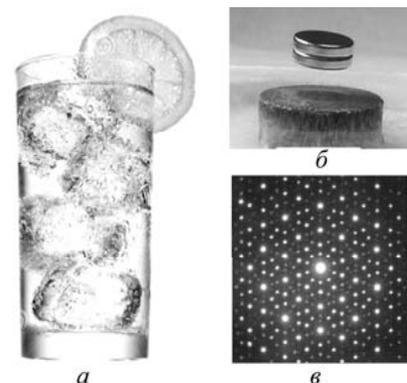


Рис. 3. а — Три самых известных состояния вещества — *твердое* (лед), *жидкое* (вода) и *газообразное* (пузырьки); б — Эффект Мейснера: магнит левитирует над *сверхпроводником*; в — Дифракционная картина, создаваемая *квазикристаллом*, проявляет в нем оси симметрии пятого порядка, запрещенные в обычном кристалле

сти как целого. Точно так же, электрический ток в металле является результатом образования в *вырожденном электронном газе* коллективных возбуждений — квазичастиц — под действием электрического поля. Часто эти возбуждения могут быть описаны скоростью, энергией и импульсом, как и обычные частицы.

Спектр элементарных возбуждений конденсированной среды зачастую является определяющим для ее свойств. Так, сверхпроводник обязан своим нулевым сопротивлением наличию энергетической щели в спектре квазичастиц.

Наконец, состояния материи часто связывают с так называемым *порядком* (т.е. упорядоченностью): например, в твердом теле с кубической кристаллической решеткой имеется *трансляционный порядок*, кроме того, кристалл переходит в себя при *поворотах* относительно некоторых осей. Жидкость же не содержит выделенных направлений и переходит в себя уже при произвольных вращениях. Поэтому, когда происходит *фазовый переход* — плавление — твердое тело расширяет свою группу вращательной симметрии. Еще Лев Ландау предположил, что фазовые переходы можно связать именно с изменениями свойств симметрии. А именно, понижение симметрии часто можно описать в терминах возникновения в системе нетривиального самосогласованного *параметра порядка*, ненулевое значение которого запрещено в более симметричной фазе. В зависимости от системы и типа фазового перехода параметр порядка может быть математическим объектом разной природы, например, вещественным или комплексным полем.

Итак, понятие фазы материи связано с элементарными возбуждениями и порядком. В итоге получается, что предмет последней Нобелевской премии — *элементарные возбуждения в различных формах материи, не устранимые гладкими деформациями, их роль в формировании и изменении порядка различных фаз материи, а также новые фазы материи, своим существованием обязанные своим же нетривиальным топологическим характеристикам*.

Перейдем теперь к анализу вкладов Таулесса, Халдейна и Костерлица в данную тему.

### Рождение циклона: сверхтекучесть, магнетизм и фазовые переходы Костерлица–Таулесса

Многие свойства сверхтекучего и сверхпроводящего состояний вещества, а также соответствующих фазовых переходов, можно описать с помощью так называемой *теории Гинзбурга–Ландау*. Эта теория оперирует с комплексным полем параметра порядка  $\psi(\mathbf{x}) = \rho(\mathbf{x})e^{i\theta(\mathbf{x})}$ , модуль которого  $\rho(\mathbf{x})$  определяет плотность сверхтекучей (сверхпроводящей) компоненты в точке  $\mathbf{x}$ , а фаза  $\theta(\mathbf{x})$  связана с токами. Ниже критической температуры плотность приобретает ненулевое значение, почти одинаковое во всем пространстве, и вклад в энергию главным образом описывается градиентом фазы:



$$H \approx \int |\nabla\psi(\mathbf{x})|^2 dV + \text{const} \approx \rho^2 \int (\nabla\theta(\mathbf{x}))^2 dV + \text{const}.$$

Точно такой же гамильтониан получается в непрерывном пределе так называемой XY-модели, в которой в каждом узле  $i$  кубической решетки расположен вектор  $\mathbf{S}_i$  («спин») фиксированной длины  $s_0$ , лежащий по определению в плоскости ( $xy$ ) и взаимодействующий со спинами в соседних узлах:

$$\mathbf{S}_i = s_0(\mathbf{e}_x \cos \theta_i + \mathbf{e}_y \sin \theta_i),$$

$$H = -J_0 \sum_{\langle i,j \rangle} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j = -J_0 s_0^2 \sum_{\langle i,j \rangle} \cos(\theta_i - \theta_j) \rightarrow -J \int (\nabla\theta(\mathbf{x}))^2 dV.$$

Как видим, XY-модель имеет отношение не только к ферро- и антиферромагнетизму, но и к поведению параметра порядка в сверхтекучем и сверхпроводящем состояниях.

В то время как трехмерная XY-модель не вызывала никаких вопросов, в ее двумерном аналоге (который должен, в свою очередь, описывать тонкие сверхпроводящие пленки) наблюдался явный парадокс, который и разрешили Костерлиц и Таулесс.

А именно, казалось бы, XY-модель, обладая в непрерывном пределе квадратичным гамильтонианом, легко подвергается статистическому анализу при конечной температуре. Действительно, мы привыкли, что статистическая сумма

$$Z(T) = \sum_{\{\theta(\mathbf{x})\}} e^{-H[\theta]/T},$$

показатель экспоненты в которой квадратичен по  $\theta$ , сводится к гауссовым интегралам вида

$$\int d\xi e^{-a\xi^2/T} = \sqrt{\pi T/a}, \quad a > 0.$$

Расчет, основанный на таком «наивном» подходе, однако, приводит к тому, что при сколь угодно высокой температуре спиновые корреляции спадают по степенному закону

$$\langle e^{i(\theta(\mathbf{x}) - \theta(\mathbf{y}))} \rangle \sim \text{const} |\mathbf{x} - \mathbf{y}|^{-\gamma(T)}, \quad |\mathbf{x} - \mathbf{y}| \rightarrow \infty.$$

В то же время, интуитивно ожидается, что такое, *критическое* поведение должно разрушаться тепловыми флуктуациями при высоких температурах — сменяясь экспоненциальным спаданием корреляций.

Что же исправил Костерлиц и Таулесс в рассуждении выше? Одну формальную, *математическую* ошибку, которую мы намеренно спрятали в знак суммирования по всем полям  $\theta(\mathbf{x})$ . А именно, данное поле является удобным параметром, определяющим параметр порядка, но, будучи его фазой, значения  $\theta(\mathbf{x})$  лежат не на прямой, а на окружности  $[0, 2\pi)$ ! И что же, спросите вы — ведь



все привыкли суммировать по малым возмущениям системы, т.е. по функциям  $\theta(\mathbf{x})$ , почти не отличающимся от нуля? Ответ Костерлица и Таулесса следует из математического построения правильной меры интегрирования по полям  $\theta(\mathbf{x})$  и неутешителен: несмотря на то, что *локально, около нуля* окружность  $[0, 2\pi)$  эквивалентна прямой  $(-\infty, \infty)$ , при конечных температурах *система чувствует топологию всей области значений поля  $\theta$*  — другими словами, в термодинамическое равновесие дают существенный вклад *большие возмущения*, для которых топология окружности существенна.

Оказалось, что правильный учет топологии, т.е. отождествление полей, отличающихся на  $2\pi n$ , действительно восстанавливает экспоненциальное спадание корреляций при высоких температурах. Заодно выяснилось, что при некоторой конечной температуре происходит *фазовый переход нового типа*, который ныне называется переходом Костерлица–Таулесса (КТ-переходом).

Главными действующими лицами в этом фазовом переходе являются вихри и антивихри (рис. 4, внизу) — конфигурации спинов, которые в *двумерии* топологически нетривиальны, т.е. топологически не эквивалентны ферромагнитному состоянию (рис. 4, слева сверху). Чтобы отличить эти состояния от топологически-тривиальных, например, спиновой волны (там же, справа сверху), можно поступить так же, как мы делали ранее с листом Мёбиуса: проследить, как поворачивается вектор спина при обходе центра (анти)вихря по замкнутому контуру. Для вихря (антивихря) он делает один оборот против или по часовой стрелке, для топологически же тривиальных конфигураций — не делает ни одного.

Вихри отстоят от тривиального, ферромагнитного состояния на *конечное* расстояние в пространстве полей и поэтому не могут быть получены *ни из какого разложения* вокруг последнего. Более того, величина  $\nabla\theta(\mathbf{x})$  просто расходится в центре вихря; расходится и энергия вихревого решения как целого. Костерлиц и Таулесс тем не менее заметили, что вихри могут двигаться, как протяженные частицы, а также образовывать пары — при этом рождение пары вихрь-антивихрь стоит уже конечного количества энергии. Участники такой пары притягиваются друг к другу — и именно они, такие пары топо-

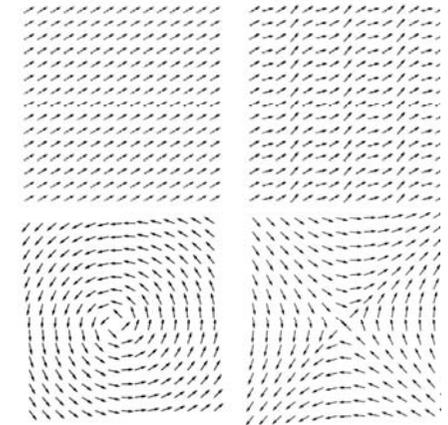


Рис. 4. Сверху: упорядоченное, «ферромагнитное» состояние спинов в XY-модели и топологически-тривиальное возбужденное состояние — спиновая волна; внизу: топологически-нетривиальные состояния: вихрь (слева) и антивихрь (справа)

логически-нетривиальных конфигураций спинов являются элементарными возбуждениями системы при низких температурах! При некоторой конечной температуре пары расцепляются и начинают свободно гулять по «залу», образуя жидкость свободных вихрей — это и есть переход Костерлица–Таулесса.

Важно отметить, что в фазовом переходе Костерлица–Таулесса не нарушается никакая симметрия, несмотря на явную перестройку порядка. В этом данный тип переходов существенным образом выходит за рамки концепции Ландау. Со времени своего предсказания КТ-переходы наблюдались в многочисленных экспериментах в тонких сверхтекучих пленках, в первую очередь, по скачку плотности сверхтекучей фазы при критической температуре.

### Топология танца: электронная проводимость в магнитных полях и модель Халдейна

Да, именно такое описание электронного газа в двумерном кристалле, помещенном в сильное магнитное поле, дается в одном обзоре по квантовому эффекту Холла, опубликованном в Массачусетском технологическом институте. Причем же тут танец?

Электроны в магнитном поле движутся по окружностям, и чем сильнее поле, тем больше оно стягивает окружность в точку. Квантовая физика ставит ограничение на радиус траектории электрона, при этом минимальный радиус соответствует так называемому нулевому уровню Ландау. В сильных полях порядка 10Т почти все электроны находятся на этом уровне, обладающем наименьшей энергией. Электроны фактически «танцуют» на одном месте. В «зале» площадью  $S$  действительно есть «места» для каждого электрона — квантовые состояния, соответствующие первому уровню Ландау; более того, эти места образуют двумерную решетку, подобную кристаллической. Точно так же как электроны в отсутствие поля способны перескакивать (туннелировать) от одного атома к другому, порождая *энергетическую зону*, электроны в магнитном поле, продолжая свой танец-вращение на первом уровне Ландау, могут перемещаться по залу по «магнитной решетке», также приводя к образованию зонной структуры.

Интересно, что, если учесть вклад электронов, танцующих в двумерном зале, в тензор проводимости, то недиагональная компонента последнего, связанная с эффектом Холла, окажется равной

$$\sigma_{xy} = \frac{e^2}{2\pi h} \sum_n \int_{BZ} d^2k \mathcal{B}(\mathbf{k}, n),$$

где  $\mathcal{B}(\mathbf{k}, n)$  — так называемая *кривизна Берри* энергетической зоны, образуемой электронами на  $n$ -ом уровне Ландау, в точке зоны Бриллюэна с квазиимпульсом  $\mathbf{k}$ . Не выписывая здесь явного выражения для этой кривизны, скажем лишь, что она является самой настоящей кривизной так называемого *расслоенного пространства* волновых функций электронов, поэтому инте-

грал от  $\mathcal{B}$  по зоне Бриллюэна (BZ) является скаляром! Другими словами, он не меняется при гладких преобразованиях волновых функций электронов, т.е. является *топологическим инвариантом*. Более того этот скаляр

$$C_1(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{BZ} d^2k \mathcal{B}(\mathbf{k}, n)$$

известен в топологии как *первое число Черна*; в ее же рамках доказывается его целочисленность. Таким образом, проводимость  $\sigma_{xy}$  квантуется в единицах  $e^2/h$  — не что иное, как знаменитый целочисленный квантовый эффект Холла.

Несмотря на то, что целочисленный эффект Холла был исследован и до работ Таулесса и Халдейна, последние внесли существенный вклад в развитие данного вопроса. А именно, Таулесс с соавторами показал, что вклад в кривизну Берри дает не только внешнее магнитное поле, но и потенциал (обыкновенной) кристаллической решетки. Это открыло совершенно новую, казалось, безумную идею: если сама решетка может давать вклад в кривизну Берри, возможен квантовый эффект Холла и без магнитного поля? В 1988 году эта идея была теоретически воплощена в модели, ныне носящей имя Халдейна: в данной модели электроны могут перескакивать между узлами гексагональной решетки, образуя энергетическую зону с ненулевым числом Черна при нулевом полном магнитном потоке. Образно говоря, в схеме танца, придуманной Халдейном, электроны делают как правые, так и левые повороты, что как раз возможно в нулевом внешнем поле. Удивительно, но через 25 лет — в 2013 году — такой топологически-нетривиальный танцевальный паттерн, отражающийся в квантованной проводимости в отсутствие магнитного поля, был обнаружен экспериментально в сплавах висмута, сурьмы и теллура.

Как видим, порядок (паттерн, схема «танца») и — как результат — отклик холловских электронов на внешние воздействия (проводимость) непосредственно выражаются через топологическую характеристику электронных квантовых состояний в зоне Бриллюэна (число Черна). Таким образом, мы действительно имеем дело с топологическим состоянием (электронной) материи. А топология пространства состояний становится непосредственно наблюдаемой, измеримой величиной!

### Под защитой топологии: спиновые цепочки и нелинейная сигма-модель

Совсем кратко, чтобы не вдаваться в теоретические дебри, постараемся очертить еще одно направление, в которое внес свой вклад Дункан Халдейн. Это *спиновые цепочки* — системы взаимодействующих спинов, выстроенных вдоль одного измерения. Такие системы уже полвека активно изучаются, в частности, ввиду возможности в некоторых случаях точно решить соответ-



вующие квантовые модели (т.е. найти весь спектр состояний цепочки), а также в силу интересных свойств *дуальности* (эквивалентности) цепочек, составленных из целых и полуцелых спинов.

Пожалуй, самым известным примером спиновой цепочки является *цепочка Гайзенберга*, взаимодействие соседних спинов в которой имеет вид  $H \supset -J \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_{i+1}$ . В своих работах, опубликованных в 1980-х годах, Халдейн показал, что спектр таких квантовых цепочек должен быть существенно разным для целых и полуцелых спинов (т.е. для бозонных и фермионных цепочек). В частности, он выдвинул так называемую *гипотезу Халдейна*, согласно которой фермионные цепочки не должны иметь энергетической щели, в отличие от бозонных. Напомним, что наличие щели напрямую сказывается на оптических свойствах системы, а также на процессах переноса в ней, так как ограничивает снизу энергии элементарных возмущений.

С другой стороны, тот же Халдейн показал, что в пределе  $S \rightarrow \infty$ , в котором обычно работает квазиклассическое приближение, спиновая цепочка сводится к так называемой *нелинейной  $O(3)$  сигма-модели* (модели  $\mathbf{n}$ -поля) — хорошо изученной модели в теории поля. Не перегружая изложение действием  $S_{\text{NLS}}$  этой модели, скажем лишь, что оно описывает динамику векторного поля  $\mathbf{n}(x,t)$  единичной длины. В то время было уже хорошо известно, что спектр такой модели имеет энергетическую (массовую) щель. Возникшее в результате явное противоречие с предположенным ранее отсутствием щели у фермионных цепочек было разрешено уже не Халдейном, однако он точно указал на верный путь к решению. А именно, Халдейн показал, что *последовательный* вывод предела  $S \rightarrow \infty$  для цепочки Гайзенберга порождает *топологический* вклад  $S_{\text{top}}$  действие, различающийся для топологически-неэквивалентных распределений направлений спинов в цепочке. Именно это, топологическое слагаемое дополнительно взвешивает конфигурации поля  $\mathbf{n}(x,t)$  с разными топологиями в статистической сумме

$$Z = \sum_{\{\mathbf{n}(x,t)\}} e^{-(S_{\text{NLS}}[\mathbf{n}] + S_{\text{top}}[\mathbf{n}])},$$

приводя к отсутствию щели у фермионных цепочек.

Выходит, что *фаза Халдейна* не обладает энергетической щелью в силу топологических причин, не связанных с традиционной зонной теорией. Более того, совсем недавно, в 2010 году, было показано, что свойство отсутствия щели в данной фазе устойчиво по отношению к возмущениям, то есть, как говорят, фаза Халдейна является *топологически защищенной фазой материи*.

### Вместо заключения

Давайте постараемся избежать соблазна дать ответ на извечный вопрос: «А какой урок может извлечь человечество из Нобелевской премии 2016 года?» — его надо задавать как минимум самим лауреатам.

Вместо этого бросим еще один взгляд на представленный выше обзор достижений лауреатов Премии. В нем упоминаются различные математические (топологические) понятия и физические (квантовые, статистические) модели. Об экспериментах сказано гораздо меньше — возможно, в силу теоретической специализации автора — однако, несомненно, Премия *этого года* воспеваает не эмпирику, а физическую интуицию, выраженную в красивом и точном языке современной математики. Глубина мысли может быть выражена в красоте языка, но красивое и точное выражение делает ее сильной, крылатой, бессмертной. А, стало быть, обязательно реализованной в одном из уголков Мироздания.

И правда, в заключительном разделе официального пресс-релиза Нобелевской премии-2016 по физике упоминается фраза самого Халдейна из статьи, в которой он ввел модель, ныне носящую его имя: «*Несмотря на то, что модель, представленная здесь, едва ли физически реализуема...*» Что ж, 25 лет спустя она была реализована. Посмотрим, что будет дальше, ведь многие модели еще ждут своего часа — но, похоже, что нет ни одной красивой математической идеи, не воплощенной в нашем, физическом мире.



Ассистент кафедры  
теоретической физики  
О.Г. Харланов

## УНИВЕРСИТЕТСКАЯ ГИМНАЗИЯ МГУ

В сентябре 2016 года коллектив Московского университета пополнился молодыми талантливыми десятиклассниками, которые приступили к обучению в Университетской гимназии МГУ.

Идея построить школу-интернат нового поколения была впервые высказана ректором МГУ имени М.В. Ломоносова академиком Виктором Антоновичем Садовничим в 2010 году. Памятная капсула была торжественно заложена в основание фундамента будущего здания гимназии в 2014 году. Здание создано по индивидуальному проекту. Школа располагается на новой территории Московского университета и рассчитана на 350 учеников, которым обеспечен полный пансион. Торжественное открытие состоялось 1 сентября 2016 года.



Чтобы поступить в Университетскую гимназию в 2016 году, ребятам необходимо было пройти два этапа отбора: письменный экзамен и вступительные испытания в рамках проектной школы. На первом этапе более 700 девятиклассников из различных регионов России сдавали математику, рус-



ский язык и предмет по выбору, соответствующий будущему профилю обучения. 250 победителей этого этапа были приглашены в проектную школу. В течение трех недель участники вместе с научными руководителями разрабатывали проекты, результаты которых были представлены на финальной выставке. По результатам вступительных испытаний 100 школьников были зачислены в гимназию.

Университетская гимназия является наследницей лучших традиций гимназического образования в Московском университете. Главной целью гимназии является сохранение и развитие фундаментальной модели образования. Образовательный процесс предполагает постепенный переход от классно-урочной системы к нелинейным формам организации занятий. В гимназии реализуется обучение по пяти профилям подготовки: гуманитарному, социально-экономическому, математическому, естественнонаучному и инженерному.

Особенностями Университетской гимназии являются индивидуальный подход к каждому обучающемуся, модульность обучения, наличие проектной и исследовательской деятельности.

Высокий уровень образования обеспечивается за счет уникального кадрового потенциала МГУ. Педагогический коллектив Университетской гимназии составляют профессора, преподаватели, научные сотрудники Московского университета.



Многие факультеты МГУ оказывают активную поддержку в организации образовательного процесса гимназии, проводят профориентационные экскурсии для школьников по ведущим научным лабораториям, участвуют в организации проектной деятельности.

Декан физического факультета МГУ профессор Н.Н. Сысоев подарил школе учебники по физике для 10 класса, декан факультета ВМК Е.И. Моисеев передал в дар гимназии учебники из серии книг "ВМК-школе" по алгебре и геометрии. Декан химического факультета академик РАН профессор В.В. Лукин пополнил библиотечный фонд школы учебниками по химии для 10 класса профильного и базового уровня.

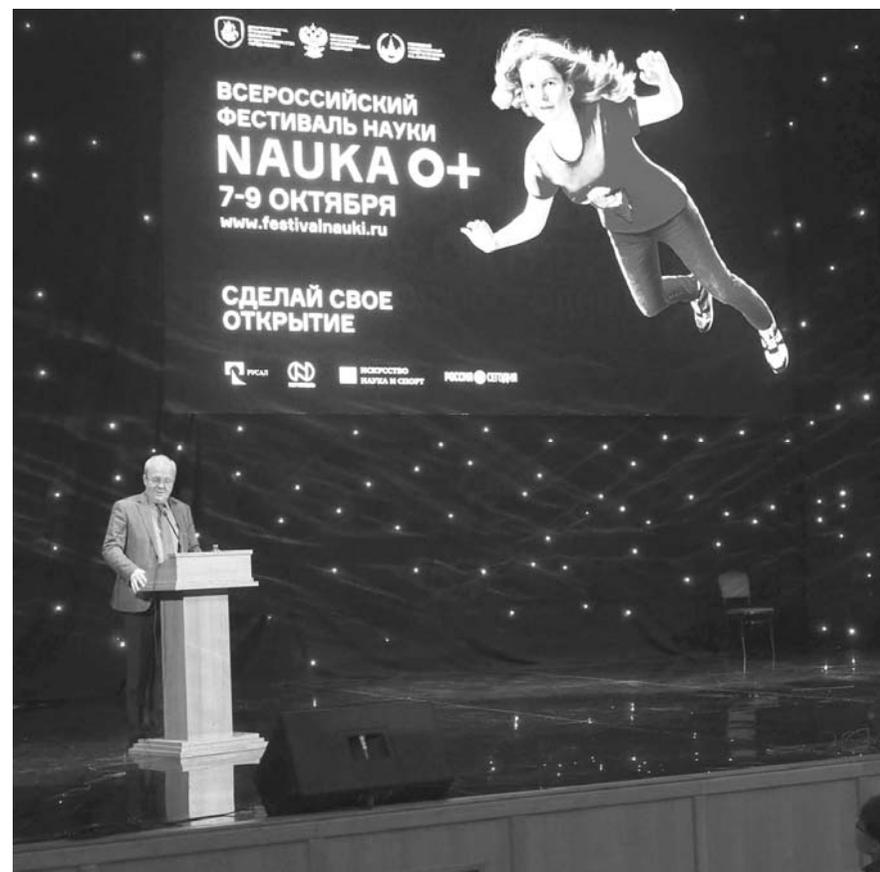
Попечительский совет гимназии возглавил выпускник юридического факультета МГУ Первый заместитель председателя Правительства Российской Федерации И.И. Шувалов. 28 ноября 2016 года он посетил гимназию, осмотрел учебные аудитории и научные лаборатории, побеседовал со школьниками. В ходе разговора первый вице-премьер пожелал гимназистам удачи в учебе и отметил, что как патриот Московского университета он хочет, чтобы Университетская гимназия стала лучшей школой в Москве.



*А.С. Воронцов, А.Д. Масленникова*

## ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ

С 7 по 9 октября 2016 года в Москве проходил VI Всероссийский и XI Московский Фестиваль науки. Организаторами Фестиваля являются Министерство образования и науки РФ, Правительство Москвы и Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова.



Главная тема Фестиваля науки 2016 года — настоящее и будущее российской космонавтики. Космос выбран героем фестиваля неслучайно. В этом году в аэрокосмической отрасли произошел целый ряд знаковых событий: первый запуск спутника МГУ «Ломоносов» с нового космодрома «Восточный», детектирование гравитационных волн российскими учеными в составе международной коллаборации LIGO, и, конечно, 55-летний юбилей полета Юрия Гагарина в космос!

4 октября 2016 года в ТАСС состоялась пресс-конференция, посвященная популяризации науки в России и проведению Фестиваля науки. О фестивале науки журналистам рассказали ректор МГУ имени М.В. Ломоносова академик В.А. Садовничий, директор департамента науки и технологий Министерства образования и науки РФ С.В. Салихов и руководитель департамента науки, промышленной политики и предпринимательства города Москвы О.Е. Бочаров.



«Фестиваль науки — это праздник, имеющий хорошую смысловую нагрузку», — отметил, обращаясь к журналистам, В.А. Садовничий. Он напомнил основные вехи истории развития фестиваля, который впервые был проведен в Великобритании. «Ученые таким образом отчитывались перед обществом в том, что они сделали, тем самым оправдывая средства, которые направлялись на науку», — пояснил Виктор Антонович. «Мы провели первый Фестиваль науки, объявив это как свое мероприятие. И события показали, что оно очень востребовано. 20 тысяч человек пришло в один день. Среди них были школьники, учителя, молодые ученые, пришли зрелые ученые что-то посмотреть или рассказать. Так начал шагать по нашей стране этот праздник», — вспоминает ректор МГУ.

Первый Фестиваль науки проходил в Москве, в МГУ имени М.В. Ломоносова, в 2006 году, по инициативе ректора Московского университета В.А. Садовничего. За прошедшее время Фестиваль «набрал обороты», превратился в «неотъемлемый атрибут культурного ландшафта» многих регионов страны. Шесть лет назад Фестиваль науки получил статус Всероссийского. «Очень важно, что все мероприятия Фестиваля науки бесплатны для посетителей. Люди могут провести столько времени, сколько они хотят, задержаться у стендов, поговорить с учеными, удовлетворить свой интерес в условиях максимально комфортных для себя», — добавил С.В. Салихов.

Спикеры, отвечая на вопросы представителей СМИ, особо отметили высокую общественную значимость фестиваля. «Важно видеть этот уникальный посыл, который создает Московский государственный университет, в динамике, в развитии. По итогам только прошлогоднего фестиваля в городе Москве родилось огромное количество образовательных проектов, которые развивают научную среду. Так в школах появились инженерные классы, Курчатовские классы, медицинские классы», — рассказал О.Е. Бочаров. «Фестиваль науки не только меняет ментальность — люди видят, что в России есть наука, что в России наука открыта, доступна для каждого, что она меняет мир вокруг нас. Мы фиксируем повышение интереса абитуриентов к техническим специальностям, желание выпускников вузов оставаться в науке», — констатировал С.В. Салихов.

В этом году программа Фестиваля науки объединяет более 5 000 мероприятий по всей России. Теперь у фестиваля появились главные региональные площадки, в этом году это Барнаул, Иркутск и Калининград. Но главной площадкой фестиваля по традиции является Москва, и, конечно, Московский университет.

Неизменным остается девиз Фестиваля науки — «Сделай свое открытие!». В этих словах заключается смысл мероприятия, его цель. Фестиваль науки призван вовлечь в инновационную деятельность детей с раннего возраста, дать им почувствовать себя инженерами, изобретателями, заложить в них интерес и любовь к науке, воспитать новое поколение прогрессивных

российских ученых и повысить престиж этой профессии. Фестиваль науки демонстрирует последние научно-технические достижения, доказывает необходимость внедрения научного знания в современную жизнь людей для экономического и культурного подъема общества. Наконец, это деловая площадка для эффективного взаимодействия науки, общества и бизнеса. Традиционная аудитория Фестиваля — школьники, студенты, молодые ученые и жители города.



Профессор А.Н. Боголюбов вручает сертификат участника А. Горб (Пансион воспитанниц Министерства обороны)

Программа Фестиваля науки рассчитана на самую широкую аудиторию без возрастных ограничений и в этом году включала в себя почти 3000 уникальных мероприятий, среди которых — традиционные уже телемосты МГУ — ЦЕРН, МГУ — МКС, а также телемост МГУ — космодром «Восточный». Это уникальная возможность узнать все о космосе и современной науке из первых уст — лично от космонавтов МКС и ведущих мировых ученых в режиме реального времени.

На физическом факультете МГУ мероприятия Фестиваля науки проходили 8 октября, в субботу. С приветственной речью выступил заместитель декана Анатолий Иванович Федосеев. Председатель Совета молодых

ученых физического факультета, Юлия Викторовна Корнеева рассказала о лучших молодежных инновационных проектах студентов, аспирантов и молодых ученых физического факультета. Профессор Елизавета Александровна Константинова прочитала лекцию «Удивительный мир солнечных батарей». «Фейерверк физических демонстраций» доцента Сергея Борисовича Рыжикова традиционно привлек большое количество школьников и их родителей.



Кроме того, прошли лекции научного сотрудника Ксении Александровны Козловской «Правое и левое в природе», ассистента Ольги Анатольевны Шутовой «Современная оптическая микроскопия», мастер-класс «Удивительный мир света» старшего научного сотрудника Николая Андреевича Панова, экскурсия в музей физического факультета старшего преподавателя Андрея Юрьевича Грязнова, экскурсия в Центр коллективного пользования физического факультета профессора Елизаветы Александровны Константиновой и экскурсия в современную учебную лабораторию «Лазеры и нелинейная оптика» доцента Ильи Владимировича Головина.

*А. Паришцев*

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА» НА ФОРУМЕ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

7–9 октября в МГУ прошел Фестиваль науки. Для него уже стали традицией мероприятия для школьников, где они могут не только узнать что-то новое, но и представить результаты своего труда. На протяжении нескольких лет проводится Форум молодых исследователей, где ребята рассказывают о своих проектных и исследовательских работах. Для многих школьников это первое выступление в стенах Московского университета, возможность рассказать о собственных достижениях и своим сверстникам, и преподавателям МГУ.

В этом году коллектив как участников, так и организаторов Форума существенно расширился. Появилась новая секция «Физика и математика», организованная Отделением прикладной математики Физического факультета МГУ. Ее участниками стали школьники, посещавшие занятия по компьютерному моделированию физических процессов, успешно проводящихся с прошлого учебного года, а также ребята, выполнявшие свои работы в различных школах Москвы и Подмосковья.

Работа Форума началась в десять часов 8 октября в Главном Здании МГУ. Его открытие прошло в Музее землеведения, откуда открывается отличный вид на Москву. К сожалению, в это октябрьское утро не очень повезло с погодой, и часть панорамы города была затянута туманом. Тем не менее, у многих школьников посещение Музея вызвало огромный интерес — большинство из них впервые побывали на верхних этажах легендарного здания.

После окончания торжественной части начали работать секции, посвященные различным разделам науки. Школьники, подготовившие работы по физике и математике, собрались на Физическом факультете. В жюри нашей секции вошли заведующий Отделением прикладной математики, заслуженный профессор МГУ, д.ф.-м.н. А.Н. Боголюбов; ассистент кафедры математики, к.ф.-м.н. Е.А. Михайлов, заместитель заведующего кафедры математики, к.ф.-м.н. Д.А. Коняев и аспирантка кафедры математики В.А. Белошапко. Работы носили самый разнообразный характер: от математического моделирования химических реакций до изучения физических принципов лодки «Наутилус» из книг Жюль Верна. Завершилась работа секции вручением сертификатов и памятных сувениров школьникам и их учителям.



Открытие Форума в Музее землеведения



Профессор А.Н. Боголюбов выступает на открытии Форума



Работа секции «Физика и математика»



В. Куратцев (школа 597) рассказывает о произведениях Жюль Верна с точки зрения физики



М. Пашенцева (лицей 1533) представляет свою работу, посвященную моделированию идеального газа



А. Пугачева (школа 1562) занималась моделированием такого обыденного явления, как бросок кусок мела... и оказалось, что там много интересного!



От лица жюри нашей секции хотим сказать, что мы остались очень довольны общением со способными ребятами, подготовившими свои первые научные работы. Все представленные работы были интересными, а некоторые оказались просто замечательными. Из бесед со школьниками мы поняли, что им тоже очень понравился наш Форум, наш Университет, наш Физический факультет. По результатам работы секции мы смогли установить контакты с рядом школ, многие ученики выразили желание посещать занятия по компьютерному моделированию физических процессов на Физическом факультете. Мы также планируем существенно расширить круг школ Москвы и Московской области, в котором будут организованы занятия со школьниками. Надеемся, что подобные мероприятия будут проходить и в дальнейшем, став традицией для Фестиваля науки, ведь сегодняшние талантливые школьники — наши будущие студенты, аспиранты, наши будущие коллеги!

*Профессор Боголюбов А.Н., ассистент Михайлов Е.А.*

### ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ ЛЕБЕДЕВ И РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ к 150-летию со дня рождения

В 2016 году исполнилось 150 лет со дня рождения выдающегося русского физика Петра Николаевича Лебедева. Он обладал исключительно широкими научными интересами: природа молекулярного взаимодействия, пондеромоторное действие волн на резонаторы, световое давление, астрофизика, X-лучи, радиоактивность и многое другое. Мировую известность П.Н. Лебедеву принесли исследования по определению светового давления на твердые тела и газы.





Не менее важной областью деятельности П.Н. Лебедева явилась подготовка учеников (в количестве, не виданном до этого не только в Московском университете, но и в России), которые обеспечили преемственность его исследований. Поэтому его называют основателем научной школы физиков, которая оказала большое влияние на развитие этой науки в России.

Многие из учеников П.Н. Лебедева работали в Московском университете и в дальнейшем определили ведущие позиции университета в данной области. Ряд из них стал в свою очередь, следуя своему учителю, также основателями собственных научных школ.

Многие аспекты деятельности П.Н. Лебедева были обусловлены коренными изменениями, которые произошли в Московском университете во второй половине XIX века. Кроме того, П.Н. Лебедев работал в тесном контакте сначала с А.Г. Столетовым, а затем с Н.А. Умовым. Большое влияние оказали и внешние факторы, обстановка в университете и стране, которые сложились в конце XIX – начале XX века.



Во второй половине XIX века в Московском университете происходят радикальные изменения в преподавании физики. М.Ф. Спасский (заведовал кафедрой в 1839–1859 годах) установил следующий порядок в преподавании физики: для студентов первого курса читалась опытная физика, а для студентов третьего и четвертого курсов — математическая физика. После того, как Фуко поставил свой опыт с маятником в 1851 году, М.Ф. Спасский в том же году повторил этот опыт в Московском университете, что вызвало широкий не только научный, но и общественный интерес.

Что касается Н.А. Любимова (заведовал кафедрой в 1859–1882 годах), то, как писал впоследствии Н.А. Умов, «он сразу поднял преподавание физики в Московском университете своим талантливым изложением, популяризацией науки и стремлением довести преподавание до уровня, с которым он познакомился в своей заграничной поездке». В 1871 году Н.А. Любимов и А.Г. Столетов направили мотивированное представление Совету университета о необходимости открытия лаборатории. В 1872 году физическая лаборатория была создана.

Здание («ректорский домик»), в котором была открыта в 1872 году первая физическая лаборатория в Московском университете. Октябрь 2016 г.



Во время заведования кафедрой А.Г. Столетовым (1882–1893) проводятся регулярные научные исследования в лаборатории. На кафедре в 1884 году появляется еще один профессор — А.П. Соколов, ученик А.Г. Столетова.

С приходом на кафедру Н.А. Умова (заведовал кафедрой в 1893–1911 годах) на кафедре (до смерти А.Г. Столетова в 1896 году) работали уже три профессора. В результате возможности кафедры по преподаванию физики и проведению научных исследований расширяются. Расширяется и тематика научных исследований.

В 1891 году П.Н. Лебедев защищает докторскую диссертацию "Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Моссо-Клаузиуса" в Страсбургском университете и в том же году возвращается в Москву. Через своего друга по Страсбургу Б.Б. Голицына П.Н. Лебедев связался с А.Г. Столетовым, и тот пообещал принять его на работу в качестве внештатного ассистента. Зачисление состоялось 18 марта 1892 года.

А.Г. Столетов предоставил П.Н. Лебедеву возможность устроить для своих исследований маленькую лабораторию. В то время физическая лаборатория помещалась на втором этаже двухэтажного здания во дворе университета на Моховой улице, 11 (ректорский дом, бывший дом Волконских).

П.Н. Лебедев сразу же приступил к созданию лаборатории и исследованиям. В 1895 году он впервые создал комплекс устройств для генерирования и

приема миллиметровых электромагнитных волн с длиной 6 и 4 мм, установил их отражение, двойное преломление, интерференцию и т.д. В 1896 году им создается рентгеновская установка и проводятся исследования с X-лучами.

С 1894 по 1897 годы, с перерывами, П.Н. Лебедев исследует механическое действие волн на резонаторы.

В 1897 году Н.А.Умов, А.П. Соколов, П.Н. Лебедев совместно с архитектором Е.М. Быковским подготовили проект Физического института. Здание института было официально открыто в 1903 году.

Успешно прочитав несколько обязательных публичных лекций, в 1896 году П.Н. Лебедев становится приват-доцентом.

В 1896 году А.А. Беккерель открывает естественную радиоактивность. А уже в 1897–1898 годах П.Н. Лебедев занимается исследованием лучей Беккереля.

Свою диссертацию "Экспериментальные исследования пондеромоторного действия волн на резонаторы" он представил в 1899 году на соискание ученой степени магистра физики. Н.А.Умов и А.П. Соколов рекомендовали Совету университета присудить Лебедеву ученую степень доктора наук, мнущая степень магистра. 28 февраля 1900 года П.Н. Лебедева утвердили экстраординарным профессором Московского университета.



Здание, открытое в 1903 году как Физический институт при Московском университете. Октябрь 2016 года

В 1899 году П.Н. Лебедев проводит эксперименты по определению давления света на твердые тела. 17 мая 1899 года он сделал доклад об экспериментальном доказательстве существования светового давления Обществу естествоиспытателей в Лозанне (Швейцария).

На Международном конгрессе физиков в Париже в 1901 году им также был сделан доклад. В том же году в "ЖРФХО" вышла статья П.Н. Лебедева "Опытное исследование светового давления".

Работы П.Н. Лебедева по световому давлению вызвали широкий международный резонанс. Его статья была перепечатана во многих журналах. П.Н. Лебедев получил известность и признание. С.И. Вавилов писал: «... работы Лебедева по световому давлению — это не отдельный эпизод, но важнейший экспериментальный узел, определивший развитие теории относительности, теории квантов и современной астрофизики... Не только историк, но исследователь-физик еще долго будут прибегать к работам П.Н. Лебедева как к живому источнику».

Когда было построено новое здание, предназначенное специально для физического института Московского университета, Н.А.Умов, А.П. Соколов и П.Н. Лебедев согласились учредить при институте три отделения и разделить на равные части ассигнованные на лабораторные исследования средства. Но собрание заведующих учебно-вспомогательными учреждениями университета отклонило этот проект и выделило на оборудование отделения П.Н. Лебедева всего 583 рубля.

В 1904 году П.Н. Лебедеву дана была премия Академии наук, которая давалась российским ученым за наилучшие достижения, и одновременно его избрали членом-корреспондентом Российской Академии наук.

21 июня 1906 года П.Н. Лебедев получил звание ординарного профессора Московского университета. К концу 1907 года, преодолев большие сложности, он осуществил серию экспериментов по измерению сил светового давления на газы.

В знак протеста против действия министра просвещения, уволившего ректора университета и его помощника, которые фактически отказались выполнять циркуляр, обязывающий администрацию российских университетов незамедлительно сообщать в органы полиции о политических сходках студентов в стенах учебных заведений, из Московского университета ушел ряд профессоров и сотрудников. После долгих и мучительных раздумий ушел и П.Н. Лебедев.

В 1911 году отмечалось двухсотлетие со дня рождения М.В. Ломоносова. В связи с этим П.Н. Лебедев опубликовал статью "Памяти первого русского ученого". В завершении статьи он писал: "Заботясь об успехах науки, общество будет заботиться о себе самом..."

Петр Николаевич принял предложение Городского университета имени А.Л. Шанявского и на частные средства организовал новую физическую лабораторию. В подвале частного дома (Мертвый переулок) были продолжены исследования, начатые еще в Московском университете, в том числе по изучению природы геомагнетизма. Но состояние здоровья ученого ухудшилось. он отправляется на лечение в Гейдельберг, оставив лабораторию на попечение своего помощника П.П. Лазарева.

Возвратившись в Москву, П.Н. Лебедев начинает активно пропагандировать идею о создании Московского научного института по типу "Клинического городка", построенного в Москве на частные пожертвования. План нового здания был разработан П.Н. Лебедевым при участии архитектора А.Н. Соколова. Его воздвигли на Миусской площади уже после смерти ученого.



Могила П.Н. Лебедева на Новодевичьем кладбище Октябрь 2016 года

медицинского факультета Московского университета (1901). В 1903 году он сдал экстерном экзамены за физико-математический факультет. П.П. Лазарев становится помощником и сподвижником П.Н. Лебедева. После смерти П.Н. Лебедева он сохранил его Московскую школу физиков.

Х.А. Лоренц, лауреат Нобелевской премии по физике за 1902 год, писал: «Я считал его одним из первых и лучших физиков нашего времени и восхищался тем, как он в последний год при неблагоприятных условиях сумел поддержать в целости основанную им Московскую школу и нашел возможность продолжить общую работу...».

В дальнейшем целый ряд учеников П.Н. Лебедева, а также учеников "во втором поколении", работали в Московском университете и во многом определили здесь характер развития физики.

*Профессор П.Н. Николаев*



14 марта 1912 года П.Н. Лебедев умер. Он похоронен на Новодевичьем кладбище.

Первыми учениками П.Н. Лебедева были П.Б. Лейберг, В.Я. Альтберг, В.Д. Зернов, Н.П. Неклепаев, Н.А. Капцов, Т.П. Кравец, А.Р. Колли, В.И. Романов. Н.А. Капцов писал: "П.Н. Лебедев принадлежал к тем людям, которые не только сами двигают науку вперед, но и вовлекают в эту работу молодое поколение". В начале XX века их число значительно возрастает.

В 1905 году в лабораторию к П.Н. Лебедеву приходит П.П. Лазарев, выпускник

**К ЮБИЛЕЮ  
ПРОФЕССОРА МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ОСНОВАТЕЛЯ КАФЕДРЫ АКУСТИКИ  
СЕРГЕЯ НИКОЛАЕВИЧА РЖЕВКИНА**



Профессор Сергей Николаевич Ржевкин, основатель и заведующий кафедрой акустики физического факультета МГУ с 1943 по 1975 гг.

Сергей Николаевич Ржевкин принадлежал к первой в России научной школе физиков, созданной Петром Николаевичем Лебедевым, и по праву считается патриархом российской акустики. Вся его деятельность была направлена на становление акустики как самостоятельной науки и на организацию многих ее направлений. Созданные под руководством или при активном участии Ржевкина лаборатории становились базами крупных научных центров, а его достижения, иногда кажущиеся сейчас очевидными, открывали новое поле деятельности для следующих поколений исследователей. Юбилей С.Н. Ржевкина дает повод осмыслить путь, пройденный отечественной акустикой за почти вековой период.

Сергей Николаевич Ржевкин родился 21 июля 1891 года в селе Тропарево под Можайском, в семье земского врача Николая Федоровича Ржевки-



на. В 1909 году он окончил 2-ю Московскую гимназию и решил поступать на физико-математический факультет Московского университета, где обучение было платным. К сожалению, к этому времени ушли из жизни его родители. Учитывая заслуги врача Н.Ф. Ржевкина, Московская городская управа назначила его сыну стипендию, и, постоянно подрабатывая уроками, Сергей Николаевич смог продолжить свое образование. Лекции по музыкальной акустике выдающего физика и пианиста профессора А.А. Эйхенвальда, наряду с увлечением вокальным искусством и прекрасным слухом самого Ржевкина, способствовали возникновению его интереса к акустике. В университете он познакомился и на всю жизнь подружился с С.И. Вавиловым, ставшим впоследствии президентом АН СССР.



Группа учеников П.Н. Лебедева и П.П. Лазарева (шестой слева во втором ряду). Стоят: в центре С.И. Вавилов, второй справа С.Н. Ржевкин (1911 г.)

На втором курсе они вместе начали посещать лекции П.Н. Лебедева, а потом и работать в физической лаборатории у его ученика П.П. Лазарева. В 1914 году после блестящего окончания факультета по специальности «физика» оба были призваны на военную службу, принимали участие в боевых действиях первой мировой и закончили войну в должностях начальников полевых радиостанций. После заключения Брестского мира С.Н. Ржевкин был демобилизован и, вернувшись в Москву, первые месяцы жил в доме Вавиловых. По рекомендации Лазарева он был принят ассистентом на кафедру физики Петровской (ныне Тимирязевской) академии. В конце 1919 года С.Н. Ржевкин был призван в Красную армию и направлен в Военную радио-

техническую лабораторию, где вел исследования по радиотехнике и акустике. В 1920 году им была опубликована первая научная работа, посвященная биофизическим особенностям восприятия сложных звуковых сигналов. После мобилизации, начиная с 1924 года, плодотворная научная и педагогическая деятельность С.Н. Ржевкина была неразрывно связана с Московским университетом. Под его руководством в 1928 году на факультете была создана лаборатория электроакустики и слабых токов, и для студентов старших курсов организовано преподавание по "электроакустическому уклону". В этом же году вышла его первая монография «Слух и речь в свете современных физических исследований».

В 1934 году Ржевкин был приглашен С.И. Вавиловым организовать и возглавить Акустическую лабораторию в Физическом институте АН им. П.Н. Лебедева (ФИАН) для проведения работ в области архитектурной акустики и ультразвука. В этом же году Президиумом АН СССР по совокупности работ без защиты диссертации С.Н. Ржевкину была присуждена ученая степень доктора физико-математических наук, и он занял должность профессора на кафедре колебаний. (Впоследствии на кафедре колебаний более 60 лет проработал его сын Кирилл Сергеевич Ржевкин.) В 1935 году в связи с планируемым строительством Дворца Советов началась разработка его акустического проекта. (На месте предполагаемой постройки сейчас стоит воссозданный Храм Христа Спасителя.) Общее руководство работами по акустике Дворца Советов осуществляла Акустическая комиссия АН, возглавляемая академиком Н.Н. Андреевым, а его заместителем был назначен профессор С.Н. Ржевкин, координировавший исследования в Москве.

Проведенные в этот период работы в дальнейшем способствовали развитию физиологической акустики и основ теории резонансных звукопоглотителей. В 1937–1941 гг. под руководством С.Н. Ржевкина осуществлялось проектирование и строительство лаборатории ФИАН на Калужском шоссе. Впоследствии эта лаборатория послужила базой для организации Акустического института АН СССР. Акустические решения, предложенные С.Н. Ржевкин, нашли применение в довоенной Москве при строительстве многих известных общественных зданий и научных учреждений (Дома звукозаписи, телевизионного центра, студий Мосфильма, станций метрополитена, планетария). С июля 1941 по апрель 1943 года в составе ФИАН семья Ржевкиных была эвакуирована в Казань, где Сергей Николаевич в оборонных целях руководил циклом работ по гидроакустике. На Волге, в целях борьбы с акустическими минами противника, были проведены исследования шумов речных судов, а также разработан проект звукоизолированной кабины для гидроакустиков-слухачей на военных кораблях. В архиве МГУ хранится справка, датированная военным временем, — сведения о специалистах, подготовленных профессором С.Н. Ржевкин. Напротив каждой фамилии только один из трех вариантов: работает в акустике, находится на фронте или погиб. После возвращения Московского университета из эвакуации, согласно приказу Всесоюзного Комитета по делам Высшей школы при СНК СССР, в августе 1943 года был утверждён список

кафедр МГУ (общим числом 131), включавший новую кафедру акустики – первую в отечественных университетах.

В декабре 1943 года С.Н.Ржевкин был избран на Ученом совете заведующим кафедрой и занимал этот пост до весны 1975 года. Первые 10 лет кафедры занимала две комнаты в подвальном помещении старого здания на Моховой улице. Штат кафедры был небольшим: исследования проводились в области архитектурной акустики и гидроакустики (С.Н. Ржевкин, К.А. Велижанина, В.С. Нестеров) и в области атмосферной акустики и приборостроения (В.А. Красильников, К.М. Иванов-Шиц). В 1948–1954 гг. Ржевкин был членом Научно-технического совета по строительству нового здания МГУ и председателем комиссии по строительству физического факультета. Для кафедры акустики были созданы специальные помещения: первая в СССР большая заглушенная камера ( $11 \times 9 \times 7,5 \text{ м}^3$ ), реверберационная камера (объемом  $217 \text{ м}^3$ ), лаборатория на плоской крыше и гидроакустический бассейн (площадью  $40 \text{ м}^2$  и глубиной 4 м), оборудован полигон на водохранилище в Подмоскowie.

После переезда физфака в новое здание на Ленинских горах на кафедре со временем получили развитие все основные направления акустики: архитектурная акустика и борьба с шумами, аэроакустика, гидроакустика, биологическая и музыкальная акустика, ультразвук и нелинейная акустика, акустика твердого тела и акустоэлектроника. Неоднократно Ржевкин поднимал на министерском уровне вопрос об увеличении числа выпускников-акустиков в вузах страны, и в 60-х годах такое решение было принято. За время своей научной деятельности С.Н. Ржевкин занимался широким кругом акустических и радиофизических задач. Приведем некоторые научные результаты, полученные Ржевкинским или при его непосредственном участии на кафедре.

**Радиотехника и электроакустика.** Первые научные исследования С.Н. Ржевкина были связаны с бурно развивавшейся радиотехникой и ее приложениями. При этом он выступил новатором применения радиотехнических методов для исследования акустических явлений, которые часто требовали создания новых приборов. Например, был разработан анализатор звука, позволявший преобразовывать акустический сигнал в электрический и проводить его спектральный анализ. Занимаясь задачами электроакустики и передачи звуковых сигналов, С.Н. Ржевкин и А.Н. Яковлев изобрели пьезомикрофон. Решая проблемы телефонии, С.Н. Ржевкин предложил наблюдаемые по фигурам Хладни формы колебаний мембран называть модами, что прочно вошло в научную терминологию. С.Н. Ржевкин занимался разработкой и новых радиотехнических приборов для медицинских целей, в частности, диатермического аппарата. Сейчас СВЧ-диатермия прочно вошла в медицинскую практику.

**Музыкальная и физиологическая акустика.** Применение радиотехнических методов позволило С.Н.Ржевкину поставить задачу определения объективных характеристик слуха и голоса, в том числе певческого, а также звучания музыкальных инструментов. Для записи звука использовался созданный им акустический осциллограф. Исследования подтвердили теорию Гельмгольца об определяющей роли нелинейности периферической слуховой системы в

восприятии слуховых созвучий. Сравнительный анализ спектров профессиональных певческих голосов и голосов непрофессионалов позволил определить две характерные форманты, ответственные за "качество" певческого голоса. Результаты этих исследований позднее нашли отражение в руководствах по вокальной педагогике. В Государственном институте музыкальных наук был построен клавишный электромузыкальный инструмент — гармоним, с помощью которого проведены исследования природы созвучий. Другой разработанный аппарат — термофон — позволял определять частотные области и величину потери слуха. В дальнейшем Ржевкин занимался изучением бинаурального эффекта человека и животных, а также проводил работы по анализу и синтезу речи. Благодаря Сергею Николаевичу на кафедру уже в пенсионном возрасте был принят талантливый инженер-физик, изобретатель терменвокса — Л.С. Термен, который проработал на факультете до 1993 года. На кафедре он также занимался задачами музыкальной акустики, и, в том числе, впервые в МГУ организовал кружок для всех интересующихся этими проблемами.

**Архитектурная акустика.** Для решения практических задач улучшения акустики помещений Ржевкин предложил использовать резонаторы Гельмгольца, подбирая параметры которых, как было показано теоретически и подтверждено экспериментально, можно регулировать время реверберации и управлять частотными характеристиками звукопоглощения, особенно в низкочастотной области, где другие типы поглотителей неэффективны. Таким образом, были заложены основы резонансных звукопоглотителей (РЗП), нашедших широкое применение в различных областях техники как эффективное средство борьбы с шумами. Разработанный метод позволяет создавать звукопоглощающие конструкции и искусственные фрикционные материалы с заранее заданными свойствами. Вместе с В.С. Нестеровым была решена важная для практики обратная задача: нахождение параметров звукопоглотителя по величине коэффициента поглощения в заданном диапазоне частот. Дальнейшее направление исследований было связано с проектированием различных конструкций РЗП и пористых материалов и изучением звукопоглощения при больших интенсивностях и скоростях воздушного потока (К.А. Велижанина, И.В. Лебедева). В начале 60-х коллектив кафедры акустики принял деятельное участие в работе Государственной комиссии по приему Кремлевского Дворца съездов.

**Аэроакустика и шумы.** Еще в военные годы С.Н. Ржевкин с коллегами провел критический обзор исследований, связанных с шумами самолетов и изысканием методов их глушения, и предложил, в том числе, для уменьшения шума винта применять винты с большим числом лопастей. По этому пути и развивалась в дальнейшем авиационная техника. В 50-х годах он принял активное участие в разработке звукопоглощающих систем в шахтах для испытания авиационных двигателей, а также консультировал разработку звукоизоляции кабины первого реактивного пассажирского самолета ТУ-104 в КБ А.Н. Туполева. Среди прикладных проблем, разрабатываемых в 60-е годы на кафедре в области воздушной акустики и борьбы с шумом, можно отметить задачи снижения шума на первых советских судах на подводных крыль-



ях (К.А. Велижанина, И.В. Лебедева), исследования согласующих и излучающих систем и разработка резиновых звукопоглотителей для корпусов подводных лодок (К.В. Чернышев). В конце 70-х годов под руководством С.Н. Ржевкина проводились исследования низкочастотных шумов автомобилей по научно-техническому договору МГУ-ЗИЛ. В исследованиях участвовали Л.Н.Захаров, О.С.Тонаканов и другие сотрудники кафедры акустики, а также коллектив акустической лаборатории объединения ЗИЛ. В результате была построена модель шумового источника и даны рекомендации по снижению инфразвуковых шумов в салоне автомобилей.

**Гидроакустика.** Еще в 1951 году в предварительных экспериментах (данные в то время опубликованы не были) с помощью разработанного и изготовленного на кафедре звукоприемника, представлявшего собой малую полую сферу, содержащую внутри пьезоэлектрический преобразователь, удалось зарегистрировать в море инфразвуковые волны от шторма, удаленного на сотни километров, и определить направление на источник. В 1956 году вышла первая статья С.Н. Ржевкина с теоретическим обоснованием принципов регистрации векторных характеристик поля. Важнейшим техническим усовершенствованием было совмещение в одном корпусе трех приемников колебательной скорости, расположенных во взаимно перпендикулярных направлениях, и приемника звукового давления. Достоинством такого приемного модуля являлась возможность измерения потока акустической мощности и определения местоположения источника звука. В 60-ые годы на кафедре сформировалось и получило развитие новое направление — векторно-фазовые методы в акустике. Под руководством Ржевкина в работе принимали активное участие Л.Н. Захаров, Ф.В. Рожин, О.С.Тонаканов, молодые и талантливые аспиранты, инженеры, механики и мастера кафедры. В это же время начала заниматься прикладной гидроакустикой группа В.А. Букова. Разрабатывались статистические методы обработки гидроакустических сигналов и аппаратура специального назначения. Теоретические работы Букова, ставшего в 1980 году лауреатом Государственной премии СССР, нашли важные практические применения. Автор монографии «Истоки советской военной мощи», выпускник кафедры акустики А.В. Минаев (впоследствии лауреат Государственных премий СССР и РФ) так вспоминает о тех годах и своих коллегах — молодых ученых с кафедр профессоров Ржевкина и Стрелкова: «трудно представить, чтобы эта новейшая тематика была бы освоена без присущего МГУ полета мысли и свободного, непредвзятого обсуждения совершенно новых проблем».

**Ультразвук и гиперзвук.** Одним из первых в СССР С.Н. Ржевкин занялся изучением пьезокристаллов и методов генерации с их помощью ультразвука. Был проведен цикл оригинальных работ, связанных с излучением, а так же физико-химическим и биологическим воздействием ультразвука (эмульгирование; люминесценция и кавитация; коагуляция белка, бактерицидное действие ультразвука и быстрое развитие "озвученных" семян). Изучая получение эмульсий под действием мощного ультразвука, С.Н. Ржевкин впервые было обнаружено диспергирование твердых тел, а также пред-

ложено объяснение его механизма. Благодаря работам С.Н. Ржевкина и его ученика В.И. Макарова, кафедре принадлежит приоритет в визуализации методом темного поля Теплера ультразвуковых импульсов с высокочастотным заполнением и переходных процессов при дифракции на сложных препятствиях. В системе Академии наук С.Н.Ржевкин вел значительную организационную и координационную деятельность в Совете по ультразвуку и Комиссии по ультразвуковой дефектоскопии. Работы С.Н.Ржевкина по генерации и применению ультразвука получили развитие в пионерских работах В.А. Красильникова и его учеников в новых областях — нелинейной акустике и акустике твердого тела (Л.К. Зарембо, В.Е. Лямов и другие), в которых кафедра традиционно и по сей день занимает одно из ведущих положений в мире.



Л.К. Зарембо, В.А. Красильников, С.Н. Ржевкин

Сергей Николаевич Ржевкин прожил долгую и очень интересную жизнь, неразрывно связанную с историей нашей Родины и Московского университета. Одной из главных заслуг С.Н. Ржевкина является создание первой в университетах страны кафедры акустики, на которой с момента ее основания в 1943 году и до нашего времени проводятся исследования на мировом уровне. Его научная, педагогическая и организационная деятельность как заведующего кафедрой неизменно приводила к высокому качеству выпускников-акустиков. Заданный им высокий стандарт подготовки специалистов продолжен научными школами за-

служенного профессора Московского университета, заведующего кафедрой В.А. Красильникова (в 1975–1987 гг.) и нынешнего заведующего кафедрой академика О.В. Руденко. Сейчас на кафедре действуют Испытательная лаборатория «Акустического и вибрационного контроля физического факультета МГУ» на базе заглушенной камеры, «Центр коллективного пользования физического факультета МГУ по нелинейной акустической диагностике и неразрушающему контролю», Информационный центр «Акустика». Недавно была образована Лаборатория медицинского и промышленного ультразвука. О развиваемых в настоящее время исследованиях и современном состоянии учебной работы на кафедре, а также некоторые исторические материалы, можно прочесть в двух книгах, вышедших к 60- и 70-летнему юбилеям кафедры.

За свои научные и педагогические заслуги С.Н. Ржевкин был награжден орденами Ленина (1951 г.) и Знак Почета (1945 г.), медалями «За трудовую доблесть» (1961 г.) и «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (1946 г.). Ему было присвоено звание Заслуженного деятеля науки РСФСР (1972 г.). С.Н. Ржевкин ушел из жизни 7 января 1981 г. — в год своего девяностолетнего юбилея. Его имя прочно вошло в историю отечественной акустики и Московского университета.

*Гусев В.А., Ермолаева Е.О.*

## К 95-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ИГОРЯ МИХАЙЛОВИЧА ТЕРНОВА

11.11.1921–12.04.1996



И.М. Тернов (1979)

11 ноября 2016 года исполнилось 95 лет со дня рождения Игоря Михайловича Тернова — выдающегося российского физика-теоретика, Заслуженного профессора Московского университета, лауреата Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР и премии имени М.В. Ломоносова I степени (МГУ), автора фунда-ментального научного открытия «Эффект радиационной самополяризации электро-нов и позитронов в магнитном поле», Заслуженного деятеля науки РСФСР, действительного члена Международной Академии наук Высшей школы.

И.М. Тернов родился 11 ноября 1921 г. в Москве в семье служащих.

Его отец, Михаил Иванович Тернов, член ВКП(б) с 1902 г., участник революции 1905 г., работал в Министерстве культуры. Мать, Зинаида Васильевна Тернова, работала референтом в Президиуме Верховного Совета РСФСР.

В 1940 г. Игорь Тернов окончил московскую среднюю школу № 170 и одновременно музыкальную школу по классу фортепиано.



И.М. Тернов (после Победы, июнь 1945 г., Крым)

В ноябре 1940 г. он был призван в Красную Армию. Участник Великой Отечественной войны, он воевал в войсках связи с июня 1941 г. по 1945 г. и закончил войну в звании гвардии старшины, был награжден медалями «За отвагу» (1941), «За оборону Кавказа» (1944), «За победу над Германией», а также орденом Отечественной войны II степени (1985).

В 1951–54 гг. И.М. Тернов учился в аспирантуре физического факультета. В 1954 г. после окончания аспирантуры он стал сотрудником кафедры теоретической физики физического факультета МГУ и с этого времени непрерывно работал на физическом факультете: ассистент (1954–1958), доцент (1958–1962), профессор (с 1962 г.). Он заведовал Отделением экспериментальной и теоретической физики, кафедрой квантовой теории, а затем (1982–1990) кафедрой теоретической физики, в 1969–1983 гг. был проректором по учебной и научной работе, затем первым проректором Московского университета.



Студент И.М. Тернов и его сокурсники (1946)

В 1945–46 гг. И.М. Тернов учился на подготовительных курсах при МГУ, в 1946 г. поступил на физический факультет МГУ и окончил его в 1951 г. Особенно запомнились ему лекции А.Б. Млодзеевского по общей физике, А.А. Власова по электродинамике, А.А. Соколова по квантовой механике, семинарские занятия по мате-матике, которые вел Б.М. Будаков.

В 1954 г. И.М. Тернов защитил кандидатскую диссертацию «К развитию теории движения быстрых элементарных частиц с учетом эффектов излучения» под руководством проф. А.А. Соколова, а в 1961 г. — докторскую диссертацию «Исследования по квантовой теории светящегося электрона».

Научные достижения проф. И.М. Тернова отмечены премией Московского общества испытателей природы II степени (1969), премией имени М.В. Ломоносова I степени (МГУ, 1971), Государственной премией СССР (1976), премией Совета Министров СССР (1982). Он награжден орденом Трудового Красного Знамени (1971), орденом «Знак Почета» (1976), Орденом Октябрьской революции (1980), серебряной (1975), бронзовой (1980) и золотой (1982) медалями ВДНХ. Ему присвоены почетные звания «Заслуженный деятель науки РСФСР» (1982) и «Заслуженный профессор Московского университета» (1993). И.М. Тернов был действительным членом Международной Академии наук Высшей школы (с 1993 г.), членом Российского (с 1990 г.) и Американского (с 1991 г.) физических обществ, избранным членом Административного совета Международной ассоциации университетов (1971–75, 1980–85). Входил в редколлегия журнала «Извес-

тия вузов СССР. Физика», в течение 20 лет был членом Экспертного совета по физике ВАК СССР.

Научные труды И.М. Тернова получили широкую известность в России и за рубежом. Он создал новое научное направление — теорию квантовых процессов в сильных внешних полях, основанную на развитом им методе точных решений релятивистских волновых уравнений.

Он — один из создателей квантовой теории синхротронного излучения — уникального физического явления, широко используемого в физическом эксперименте и других областях науки и техники. И.М. Тернов совместно с А.А. Соколовым предсказал два фундаментальных квантовых эффекта: эффект макроскопических квантовых флуктуаций орбиты электрона в циклических ускорителях (1953) и эффект радиационной поляризации электронов и позитронов в накопителях (1963; в 1961 г. впервые указал на возможность этого эффекта, который в мировой научной литературе постоянно цитируется как эффект Соколова–Тернова; официально зарегистрирован как научное открытие № 131 «Эффект самополяризации электронов и позитронов в магнитном поле» 7 августа 1973 г. с приоритетом от 26 июня 1963 г.).



А.А. Соколов  
и И.М. Тернов  
(1970-е гг.)

Эти эффекты были экспериментально обнаружены и исследованы в крупнейших мировых научных центрах, используются при проектировании ускорителей и накопителей и для получения поляризованных пучков электронов и позитронов высочайших энергий. И.М. Тернов с сотрудниками открыл (1968) динамическую природу аномального магнитного момента электрона —

его зависимость от напряженности внешнего магнитного поля и энергии частицы. Исследовал процессы бета-распада в сильном внешнем электромагнитном поле, поведение квантовых систем в сверхсильном магнитном поле нейтронных звезд. В последние годы жизни он развивал теорию спиновых эффектов в сильном внешнем поле, установил границы применимости известного квазиклассического уравнения БМТ для эволюции спина; исследовал процессы рождения суперсимметричных частиц во внешних полях и их роль в астрофизике.



Н.Н. Боголюбов  
и И.М. Тернов  
(1981)

И.М. Тернов читал общие курсы лекций «Теоретическая механика», «Квантовая механика», специальные курсы по теории ускорителей и квантовой электродинамике; создал уникальный учебный курс по теории синхротронного излучения, не имеющий зарубежных аналогов. Игорь Михайлович был замечательным лектором: аккуратным, внимательным к слушателям, доступным. Его лекции отличались изяществом и простотой. Как член Всесоюзного общества «Знание» он читал также на-учно-популярные лекции по физике. Им написаны (в соавторстве) монографии по теории синхротронного излучения, учебные пособия по квантовой механике, атомной физике, квантовой электродинамике, теории калибровочных полей. Ряд из них был переведен на английский, немецкий, испанский, арабский и сербскохорватский языки.

Проф. И.М. Тернов — автор более 300 научных работ, включающих 6 монографий, изданных в России и за рубежом, а также 11 учебных пособий, в том числе:

A.A. Sokolov and I. M. Ternov. Synchrotron Radiation. — Berlin: Akademie-Verlag; New York: Pergamon Press, 1968.

А.А. Соколов, И.М. Тернов. Релятивистский электрон.— М.: Наука, 1974 (2-е изд. — 1983). [Перев. на англ. яз. 2-го изд.: A. A. Sokolov and I. M. Ternov. Radiation from Relativistic Electrons. — New York: AIP, 1986.]

А.А. Соколов, И.М. Тернов, В. Ч. Жуковский. Квантовая механика. — М.: Наука, 1979.

И.М. Тернов, В.В. Михайлин. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. — М.: Энергоатомиздат, 1986.

И.М. Тернов. Введение в физику спина релятивистских частиц. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997.

И.М. Тернов создал большую научную школу, включающую около 30 кандидатов и докторов наук. Шесть его учеников — профессора, возглавляющие самостоятельные научные коллективы.

*Профессор А.В. Борисов*

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ РУКОПИСЕЙ ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ

Посвящается  
светлой памяти профессора Владимира Ивановича Николаева

*В четверг 20 октября 2016 г. по приглашению организаторов VII Всероссийской Школы Молодых Ученых “Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия” (20–21 октября 2016, Черногловка) я прочитала методологическую лекцию об эффективном методе подготовки рукописей диссертационных работ. Этот метод был разработан профессором физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Владимиром Ивановичем Николаевым и широко апробирован им в разных университетах мира, включая, например, Гавайский Университет (США). В 2005 году Владимир Иванович по просьбе аспирантов физфака*



МГУ первого года обучения прочитал нам лекцию о своем уникальном методе в формате двух академических часов. Ниже хочу поделиться своим опытом применения этого замечательного метода — расскажу о методе в своем изложении — и некоторой сопроводительной информацией по эффективной организации и учету рабочего времени, которую можно использовать в качестве усилителя метода. Этот метод подойдет для написания любых диссертаций по естественным наукам, однако, ниже мы его рассмотрим для случая подготовки рукописей кандидатских диссертаций.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В западных университетах в базовую подготовку молодых ученых (аспирантов, постдоков...) часто входят методологические модули, которые освещают все околонуточные темы, а именно: – как писать научные статьи, – как писать тезисы и абстракты конференций, – как рецензировать научные статьи, – как готовить научные доклады и сопроводительные презентации, – тайм-менеджмент, – email: секреты эффективной коммуникации и др. Я прослушала некоторые такие курсы в аспирантуре университета Aix-Marseille (Франция) и, в значительно большем объеме, в Imperial College London (Великобритания). Каждая тема освещалась в формате одного полного рабочего дня (реже — ½ дня). Сегодня я хочу осветить именно тему эффективной подготовки манускриптов диссертаций.

## 2. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ

Для того, чтобы воспользоваться нижеизложенным методом и написать манускрипт кандидатской диссертации в жестко фиксированные сроки, существует ряд необходимых условий. Во-первых, на момент написания манускрипта материала для защиты кандидатской диссертации должно быть достаточно. Это значит, что все эксперименты и / или расчеты закончены, данные обработаны, в идеале — иллюстрации подготовлены, графики построены. Во-вторых, должна быть необходимость, готовность и достаточная мотивация для подготовки манускрипта диссертации в сжатые сроки. В-третьих, на подготовку манускрипта следует выделить время (см. ниже).

## 3. ЗАЧЕМ ВООБЩЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ КАКОЙ-ТО МЕТОД?

Во-первых, полезно помнить, что, если вы рассчитываете на получение ученой степени, то вы пишете диссертацию не для себя: она должна соответствовать квалификационным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Кстати, потратить время и изучить требования ВАК — это необходимый этап работы по подготовке рукописи диссертации (его также можно рассматривать как часть методологической работы). Во-вторых, использование нижеописанного метода позволяет получить максимальный результат за рекордно короткое время — то есть, вы просто экономите время за счет использования *технологии*.

## 4. О МЕТОДЕ

Итак, необходимые условия соблюдены. Время выделено. С вопросом о пользе метода разобрались. Давайте рассмотрим основные *ключи* метода.

♪ **Первый ключ — четкое соблюдение очередности этапов работы.** То есть, вы приступаете к следующему этапу работы только после завершения предыдущего.

Очередность предлагается следующая:

- ☑ *Название диссертации*
- ☑ *Защищаемые положения и выводы диссертации*
- ☑ *Структура диссертации (главы, подразделы, параграфы...)*
- ☑ *Краткие итоги каждой главы (выводы главы)*
- ☑ *Краткая аннотация в начале каждой главы (< 4–10 строк)*
- ☑ *Наполнение разделов “скелетной структуры” текстом*
- ☑ *при этом вы сначала пишете автореферат, затем – рукопись диссертации (манускрипт).*

Давайте рассмотрим каждый этап работы более подробно:

*Название диссертации* — очень важная часть (как корабль назовешь — так он и поплывет!). Оно должно быть ёмким, но не слишком длинным, и включать все ключевые слова вашей работы. При формулировании названия полезно выписать все ключевые слова и попробовать составить разные их сочетания. Название должно быть квази-финальным, согласованным с научным руководителем.

*Защищаемые положения* — это то, за что вам дают учёную степень. Это ёмкие и полные формулировки нового знания, “эссенция” вашей работы, вашего фактического вклада в мировую науку. Обратите внимание, что подавляющее большинство людей будет читать только название работы и защищаемые положения. Сформулировать защищаемые положения четко и ёмко, но при этом достаточно кратко — это задача, которая занимает некоторое время. При этом для кандидатской диссертации обычно достаточно 3–4 защищаемых положения (зависит от вашего Диссертационного Совета). До формулирования самих защищаемых положений полезно интегрально взглянуть на свою работу и подумать, о чем вообще будут ваши защищаемые положения (на чем вы собираетесь защищаться?). Когда примерная идея ясна, то можно распечатать выводы всех своих печатных работ и посмотреть на имеющиеся формулировки (если вы считаете, что вы всё помните наизусть, то это — не так!). Обратите внимание, что защищаемые положения имеют отличную от выводов структуру фразы. Они обычно начинаются словами: *доказано, показано, обосновано* и др.

*Выводы диссертации* превышают по количеству и объёму защищаемые положения и более подробно освещают полученные результаты работы.

♪ **Второй ключ: структура диссертации — это ваше всё!**

После согласования защищаемых положений с научным руководителем вы приступаете к разработке *структуры манускрипта* (она, безусловно, будет зависеть от названия и защищаемых положений вашей диссертации). Проф. В.И. Николаев неспроста называл свой метод “методом долек”: необходимо соблюдать правило “равных долей”, то есть, разные части диссертации должны быть примерно равными по объему (если сравнивать главы с главами, а параграфы — с параграфами). Конечно, возможны некоторые отклонения от этого правила, но если объем одной главы в три раза превышает объем любой другой главы, то налицо явный дефект структуры. Понятна идея? Кандидатские диссертации в среднем включают от трех до пяти глав.

*Краткие итоги (выводы) каждой главы:* в выводы главы можно включать как выводы диссертации, соответствующие конкретной главе, так и другие промежуточные выводы (например, технические), которые не вошли в выводы диссертации, но которые являются важной составной (возможно, промежуточной) частью работы. Выводов главы может быть от двух-трех до шести.

*Краткая аннотация в начале каждой главы.* Этот раздел должен идти сразу после названия главы и до начала текста главы. Заголовки “Аннотация” или “Краткое содержание главы 1” можно обозначить или не обозначать, а вот выделить такой раздел другим шрифтом и сделать другим размером шрифта всё же стоит. Этот структурный элемент вашей главы должен идти единым текстом и при этом содержать всю ту информацию, которая содержится в названиях ваших параграфов и подпараграфов. Это позволит читателю быстро ознакомиться с содержанием главы еще до ее прочтения и до того, как он успеет пролистать вашу диссертацию до раздела “Краткие итоги главы 1”. Я ранее включала такие разделы в манускрипты кандидатской и докторской диссертаций, но на их важность мне указал проф. Ю.А. Литвин (ИЭМ РАН).

*Наполнение разделов диссертации или “доек” текстом.* Только после того, когда у вас сформулированы название диссертации, защищаемые положения и выводы диссертации, а также имеется четкая структура манускрипта с аннотацией и выводами к каждой главе, причём все это согласовано с научным руководителем, вы приступаете к написанию самого текста автореферата, а затем — и манускрипта. Именно потому, что вы уже точно знаете, к чему вы “ведете”, манускрипт пишется один раз, а вы экономите значительное время на бесконечном переписывании текста и изменении структуры в готовом тексте. Начинать с конца — один из секретов метода.

При написании манускрипта нужно использовать ёмкий и лаконичный научный язык. И при этом писать короткими и структурно простыми предложениями. Как? Недавно проф. Е.Г. Осадчий (ИЭМ РАН) дал очень дельный совет на эту тему: писать русский текст структурой английского языка (то есть, представлять, что этот текст будут обязательно переводить на английский и писать, учитывая этот факт). Действительно, в отличие от русского языка, который является крайне образным и многогранным, английский

язык более простой и “прямой”. Также не стоит забывать, что на сегодняшний день вся структура и методология научного знания “навязана” остальному миру именно англосаксами.

Итак, методология понятна, и все же как написать манускрипт кандидатской диссертации в жестко ограниченные сроки?

♪ **Третий ключ: четкое соблюдение ритма работы!**

Для написания манускрипта кандидатской диссертации (~120 стр.) в условиях жестких временных рамок рекомендуется писать по 4 страницы в день. При этом не важно — какие это страницы. Вы можете наполнять свои “дольки” в любом удобном для вас порядке. Например, сегодня вы встали в отличном тонусе, и взялись за сложную часть — описание результатов. Завтра вы встали в пониженном тонусе, и силы есть только на работу технического характера, например, описание оборудования или образцов. А послезавтра вы встали с жуткой головной болью, и смогли сделать только четыре страницы, в которые вставили заранее приготовленные рисунки, а из текста написали только подписи к этим рисункам. Это тоже подходит! Главное — написать за день *любые* четыре страницы (обложка и благодарности тоже считаются!). При этом вы работаете семь дней в неделю, то есть, без выходных. И изо всех сил стараетесь соблюдать заданный график (4 страницы в день). Но! Если всё же график по каким-то причинам был сорван, и при этом удалось написать только две страницы манускрипта вместо четырех, то на следующий день срочно наверстываете упущенное и пишете уже шесть страниц. Залог успеха всего вашего предприятия — соблюдение ритма работы! Сможете ли вы заниматься чем-то другим параллельно с написанием манускрипта зависит только от вас. Вообще, такой ритм написания является достаточно жестким и требует от вас полной отдачи (и вложения не менее 4 часов времени нетто ежедневно в течении месяца, см. ниже). Если хотите уложиться в срок, то вот на этот месяц подготовка манускрипта должна стать вашим первым (!) приоритетом (идеально, конечно, заниматься только этим). Если есть возможность уйти на этот месяц в творческий отпуск или просто взять отпуск — сделайте это.

**5. ВОЗМОЖНЫЕ ПРЕПЯТСТВИЯ**

Итак, мы рассмотрели все ключи метода. Теперь давайте рассмотрим некоторые препятствия, которые могут помешать эффективному применению метода. Если вы задались вопросом: “почему нет прогресса в написании манускрипта?”, значит, пора проверить свое рабочее время на предмет “утечек” и работы вредных (то есть, снижающих вашу эффективность) привычек. Куда уходит время?

1. Выполнение в первую очередь простых и приятных задач.
2. Выполнение задач в “последнюю минуту”.
3. Игра в Гамлета: быть или не быть? — постоянное откладывание задач.

{Например: у меня сегодня столько дел! С чего же начать?! Может быть, с описания методологии ко второй главе? Ой нет, надо же написать абстракт на ту конференцию, вроде бы и дедлайн уже поджидает... Нет, какая конференция, шеф же просил найти и отправить ему статью того американца... Ой, что-то столько дел, пойду лучше выпью кофе...}

4. Синдром “сложного периода”, который постоянно сдвигается вместе с вами из вашего настоящего в ваше будущее.

{Например: я сейчас слишком занят, у меня столько много работы! Как только сдам вот эту статью и вот эти тезисы, и тогда с понедельника обязательно начну писать манускрипт, нет лучше с первого числа следующего месяца...}

5. Действия без плана и расстановки приоритетов.

6. Butterfly (бабочка): перепрыгивание с задачи на задачу.

{Например, нужно описать образцы для главы по методологии. Для этого надо посмотреть в почте номер образца в письме от такого-то человека от такого-то числа. Ищем это письмо в почте... Кстати, вот тут еще три новых письма — надо посмотреть, вдруг что срочное? Да, вот тут напоминают про передачу статьи... Кстати, надо проверить когда там дедлайн? Пойду проверю ежедневник... О, так сегодня уже 20-е число, надо перезвонить по поводу корректуры той другой статьи. Лучше прямо сразу, чтобы не откладывать. Ах, ну там не отвечают, пойду сдам отчет по командировке... Таким образом образцы в манускрипте остаются неопи-санными...}

7. Отвлечения, паузы, перерывы.

{Мэйлы, Facebook, ВКонтакте, чай с коллегами, вставьте свое...}

8. “Сидение” на работе.

9. Перфекционизм.

{Например: 20% манускрипта отшлифовано идеально, а 80% не написано вообще}.

Как устранить подобные “утечки” рабочего времени?

## 6. СИСТЕМА УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ

С чего начать? С системы учета рабочего времени! Она позволит вам эффективно контролировать свое рабочее время и свой прогресс, а также избежать самообмана под названием: я и так очень много работаю! Эта научная система была создана советским ученым-биологом Александр Любищевым, который жил по ней в течении многих десятилетий! Об этой системе, ровно как и о биографии самого Любищева в увлекательной форме рассказал писатель и друг ученого Даниил Гранин в своей книге “Эта странная жизнь”. Я несколько лет использую эту систему учета рабочего времени и рассматриваю ее как усилитель метода.

До ознакомления с самой системой давайте введем два понятия: время “брутто” и время “нетто”. Время брутто — это всё то время, которое вы проводите на работе (к нему можно приплюсовать и время работы дома или в любом другом месте). То есть, например, если ваш рабочий график соответствует стандартному с 9.00 до 18.00, то ваше время работы *брутто* в день составляет 9 часов. В отличие от времени *брутто*, время *нетто* — это время полезной работы, которое было затрачено непосредственно на достижение поставленной цели (в нашем случае — написать манускрипт кандидатской). Время *нетто* не включает обед, разговоры по телефону, поиски в Интернете, чай с коллегами, в общем — не включает ничего, что не относится к подготовке манускрипта. Считать время *нетто* нужно строго по таймеру. То есть, садитесь за манускрипт и при этом берёте айфон или любой смартфон и начинаете считать полезные минуты. При этом, если вас отвлек телефонный звонок, то таймер выключаете. Трубку повесили — таймер снова включаете. И так далее. Итого за день у вас будет какое-то наработанное время *нетто*. Если вы хотите видеть реальный прогресс в написании манускрипта, то время *нетто*, вложенное в продвижение манускрипта диссертации, должно составлять не менее 4 часов ежедневно. Кстати, при ближайшем рассмотрении себя и подсчете рабочего времени *брутто* и *нетто*, вы обнаружите, что оно может отличаться в 2–3 раза!

Еще один немаловажный момент: Любищев на своей жизни показал, что заниматься интеллектуальной работой более 8 часов *нетто* в день невозможно. Ровно как и невозможно заниматься интеллектуальной работой на фоне недосыпа. Любищев писал, что нужно спать каждую ночь не менее 8–10 часов. Недосып резко снижает эффективность любой работы, а интеллектуальную работу делает практически невозможной. Обратите на это внимание.

## 7. КАНДИДАТСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ КАК “БИЗНЕС-ПРОЕКТ”

Я рассказывала об этом модуле французского Университета *Aix-Marseille* в отдельной заметке “Советского Физика”:

[http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2010/02\(79\)-2010/9850/](http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2010/02(79)-2010/9850/)

Здесь хочу только сказать, что проектный подход к диссертации с описанием целей, временных рамок, этапов проекта, а также его ресурсов (научных, финансовых, инструментальных, человеческих, административных) позволяет выстроить более интегральную картину своей профессиональной деятельности в аспирантуре с выделением всех (а не только чисто научных и технических) наработок, навыков и компетенций и определить широкий спектр вариантов трудоустройства после окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации.

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы подробно разобрали, как можно подготовить рукопись кандидатской диссертации в жестко ограниченные сроки, ознакомились с возмож-



ными препятствиями и возможными методами их устранения в виде использования системы учета рабочего времени по Любичеву. Если вы будете строго следовать методу проф. В.И. Николаева, то вы напишете манускрипт кандидатской диссертации за один календарный месяц.

Мне остается пожелать всем успехов в подготовке рукописей диссертаций и в защитном процессе! Приступайте сегодня, лучшее (наиболее подходящее) время для написания манускрипта — сейчас! (Как говорят наши англоязычные друзья: *today is THE DAY, now is THE TIME*). Если есть вопросы — пишите.



*Наталья Безаева; bezaeva@physics.msu.ru ; 09.11.2016 г.*

## ЕВГЕНИЙ СТРОМЫНКИН

А вы знаете... где рождаются физики?..

Правильно, на Физфаке МГУ.

Именно здесь мы становимся теми, кем становимся. И куда-бы не закинула нас судьба, чем бы не занимались мы в жизни, — мы не теряем содержания и формы, которые придал нам Физфак.

Я убеждаюсь в этом всякий раз, когда встречаю своих однокурсников на факультете, в сети интернет или, как это случилось на этот раз, в КЛУБЕ ПОЭЗИИ, основанном в 1979 году на физическом факультете МГУ.

Всегда ощущаю трепет, взлетая по ступеням физфака, касаясь ручки тяжёлой двери, чувствуя неповторимость момента встречи с прошлым, где мы были студентами.

И неважно, в котором году мы отчалили от этой пристани, к которой неизменно возвращаемся вновь и вновь.

Каждая встреча с Физфаком — особенна, но эта особенна тем, что позволила нам отправиться в путешествие во времени по страницам легендарного романа в стихах "Евгений Стромьинкин", созданного выпускником физического факультета МГУ 1949 года Герценом Исаевичем Копыловым (1925–1976), талантливым физиком-теоретиком, популяризатором науки, одним из первых физфакских поэтов. Поэма Г. Копылова "Евгений Стромьинкин" — это не только энциклопедия жизни и быта послевоенного студенчества, но и вечные темы жизни, присущие каждому поколению студентов, приобретающих опыт, ценности и то, что мы называем ими, в стенах alma mater.

Издатель книги, благодаря которому мы держим теперь в руках эту книгу, выпускник физфака МГУ 1979 г. Владимир Попов очень точно определил её значимость для каждого из нас, однажды переступивших порог факультета:

"Эта книга для тех, кто пришёл на Физфак (наш Физфак — с большой буквы). Для тех, кто ещё не знает, что Физфак — это не только учёба, постижение формул и законов мироздания. Физфак — это мир, в котором ты проживаешь лучшую часть своей жизни, и, если повезёт, становишься Физиком.

Это книга настоящего Физика о Физфаке и его людях. о том, как факультет меняет человека, и человек меняет его."

Соглашаюсь с каждым словом. Есть нечто особенное, что в годы учёбы на физфаке вливается в нашу кровь и ,проникая в нас, остаётся в нас навсегда, неискоренимо и вечно, надёжно и прочно.

И весь этот путь... выбора, становления, путь нелёгкий и не краткий, с лёгкостью, неиссякаемым юмором, но с неизменной глубиной мысли описан Герценом Копыловым, одним из первых поэтов Физфака.

Следуя пушкинской строфе и легкости стиля, роман в стихах "Евгений Стромьинкин" претендует на то, чтобы стать в один ряд с самыми удачными поэтическими экспериментами русской литературы XX века.

КЛУБ ПОЭЗИИ

Е  
В  
Г  
Л  
А  
С  
Н  
И  
И  
К  
А  
  
С  
Ф  
Т  
Р  
О  
У  
Л  
Ь  
Т  
Е  
Н  
К  
И  
Н

основан в 1979 году на физическом факультете МГУ

**О легендарном романе в стихах и его новом издании...**

**25 ноября 2016 г.**  
в пятницу, в 18-00.  
Ленинские горы,  
МГУ, физфак,  
ауд. \_\_\_\_\_

**Выступят:**  
публикатор романа  
**Владимир Попов**  
  
писатель и учёный  
**Юрий Нечипоренко**  
  
поэты физфака  
и все желающие...

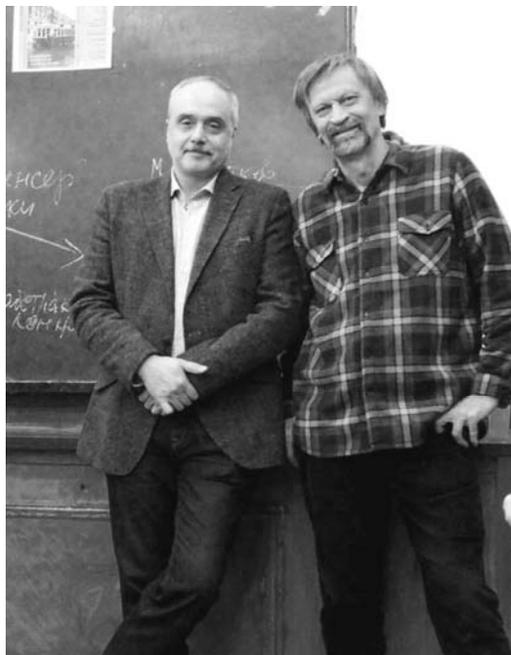
**Вечер ведёт:**  
председатель Клуба  
**Тимур Семенов**

Встреча состоялась. С какой живостью, интересом, активностью, желанием извлечь из поэмы, кажется, самую ёмкую фразу, самую искрящуюся строфу, самое веское слово, — каждый из участников встречи стремился оз-

вучить, запомнить, передать ощущение от прочитанного, делиться охватившими его чувствами!

Признаюсь вам, это было захватывающе, объёмно и важно для нас, выпускников разных лет, пришедших на эту встречу 25-го ноября 2016-го ...

Организаторы презентации новой книги, изданной на средства сотрудников и выпускников Физического факультета МГУ, Тимур Семенов и Юрий Нечипоренко, сумели создать атмосферу непринуждённую и лёгкую, но, вместе с тем, весомую и значимую.



Все, как постоянные всегдашние клуб поэзии — Ольга Прокопьева, Наталья Бодрова, Пётр КОРТУНОВ, так и мы, — те, кто пришёл на факультет ради встречи со "Стромынкиным", приняли участие в горячем обсуждении романа. А он безусловно стоит внимательного прочтения, цитирования и рекламы, рекламы в лучшем смысле, а именно продвижения, рекомендации его прочтения новым поколениям физфаковцев.

**Засим, хочу поздравить всех читавших и всех, кому предстоит испытать удовольствие от прочтения этого замечательного про-**

**изведения выпускников Физфака и не только, с Наступающим 2017-м! Физфак Forever!**



Это вам!

Нам не забыть студенческое братство,  
Пусть летят над головой года,-  
У нас есть свойство — видоизменяться,  
Не изменяя дружбе никогда.  
Наш третий курс... практически — экватор...  
И с "преподами" мы почти на "ты".  
У нас есть свойство — даже в стройотряде  
С плеча рубить от сессии "хвосты".

Шестой пошёл... Гитары, песни, танцы  
Придётся до диплома отложить.  
У нас есть свойство — уловить нюансы  
И выстроить логическую нить.  
На грудь-значок! И чёрными — на белом  
Указан курс дальнейшего пути.  
У нас есть свойство — выйти за пределы  
И над собой во времени расти.

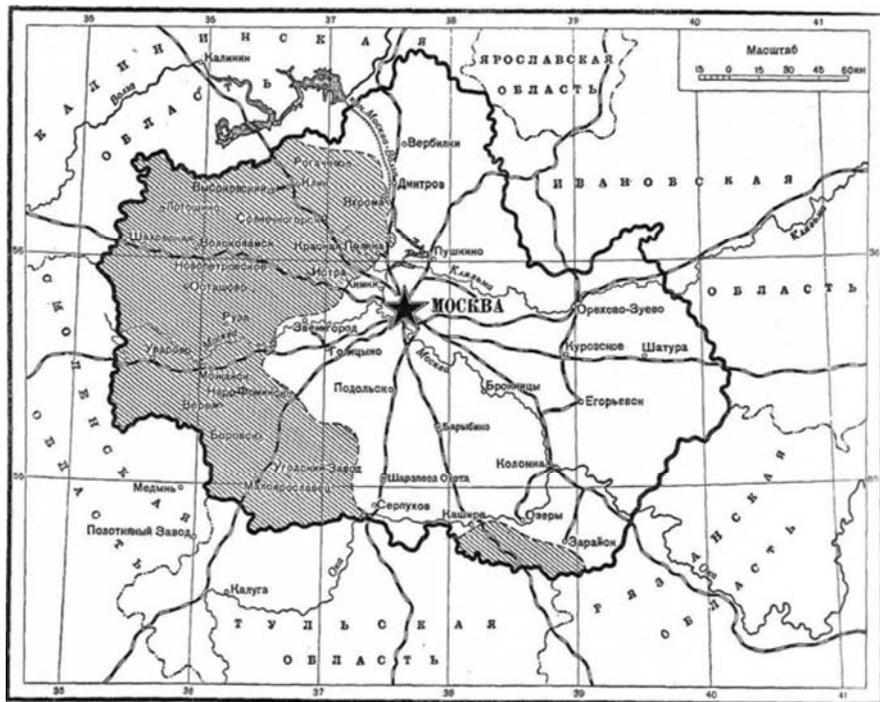
Высотка... ФДС... почти легенда...  
От этого порога долгий путь  
Протопали вчерашние студенты  
И, пусть нельзя нам время обмануть,-  
У нас есть свойство — временно теряться  
В координатах, картах и годах,  
НО... к нулевой отметке возвращаться  
На Воробьёвых (Ленинских) горах...!!!



*Ольга Семёнова, выпуск 1982 года*



ДОКУМЕНТЫ  
К 75-й ГОДОВЩИНЕ РАЗГРОМА  
НЕМЕЦКО-ФАШИСТСКИХ ЗАХВАТЧИКОВ ПОД  
МОСКВОЙ



Карта Московской области. Заштрихована территория, оккупированная немецкими войсками

**"Новый порядок" на оккупированной территории  
(орфография, ошибки — авторские, немецкие!)**

**ВНИМАНИЕ!**

Германские Войска, заняв вашу местность, объявляют следующий приказ:

1. Всякое ОГНЕСТРЕЛЬНОЕ ОРУЖИЕ и аммуниция подлежат: немедленной сдаче Германским Войскам. Кто оставит огнестрельное оружие в своем распоряжении, БУДЕТ РАССТРЕЛЯН;

2. Каждый из вас, будь он здешним или не здешним жителем, должен оставаться в той деревне, где он теперь находится. Кто покинет свое настоящее местопребывание и станет скитаться по дорогам или обходам из одной деревни в другую, того будут считать партизаном и как такового РАССТРЕЛИВАТЬ. Вне деревни разрешается лишь общая работа на полях под надзором старшины или бригадира.

КРАСНОАРМЕЙЦЫ, участвовавшие в нынешней войне, должны немедленно явиться в ближайшую Германскую Часть. В противном случае они будут расстреляны.

3. Пребывание вне дома от полной темноты до рассвета ЗАПРЕЩЕНО. Не исполняющие этот приказ будут РАССТРЕЛИВАТЬСЯ без предупреждения.

4. Кто вредит или пытается вредить Германской Армии, например: повреждением или уничтожением телефонных проводов, мостов, железнодорожных путей, водопровода, зданий, запасов и т. д. или предоставлением убежища и оказанием помощи партизанам, БУДЕТ НЕМЕДЛЕННО РАССТРЕЛЯН.

Кто знает местопребывание коммунистов, партизанов или военнослужащих Красной Армии, должен заявить о них ближайшей Германской Части.

*КОМАНДУЮЩИЙ  
ГЕРМАНСКИМИ ВОЙСКАМИ*

**ПОСТАНОВЛЕНИЕ ГКО О ВВЕДЕНИИ В МОСКВЕ  
ОСАДНОГО ПОЛОЖЕНИЯ**

№813

19 октября 1941

г.

Сим объявляется, что оборона столицы на рубежах, отстоящих на 100-120 км западнее Москвы, поручена командующему Западным фронтом генералу армии т. Жукову, а на начальника гарнизона г. Москвы генерал-лейтенанта т. Артемьева возложена оборона Москвы на ее подступах. В целях тылового обеспечения обороны Москвы и укрепления тыла войск, защищающих Москву, а также в целях пресечения подрывной деятельности шпионов, диверсантов и других агентов немецкого фашизма Государственный Комитет Оборона ПОСТАНОВИЛ:

1. Ввести с 20 октября 1941 г. в г. Москве и прилегающих к городу районах осадное положение.

2. Воспретить всякое уличное движение как отдельных лиц, так и транспортов с 12 час. ночи до 5 час. утра, за исключением транспортов и

лиц, имеющих специальные пропуска от коменданта г. Москвы, причем в случае объявления воздушной тревоги передвижение населения и транспортов должно происходить согласно правилам, утвержденным московской противовоздушной обороной и опубликованным в печати.

3. Охрану строжайшего порядка в городе и в пригородных районах возложить на коменданта г. Москвы генерал-майора т. Синилова, для чего в распоряжение коменданта предоставить войска внутренней охраны НКВД, милиции и добровольческие отряды.

4. Нарушителей порядка немедленно привлекать к ответственности с передачей суду военного трибунала, а провокаторов, шпионов и прочих агентов врага, призывающих к нарушению порядка, расстреливать на месте.

Государственный Комитет Обороны призывает всех трудящихся столицы соблюдать порядок и спокойствие и оказывать Красной Армии, обороняющей Москву, всякое содействие.

*Председатель Государственного  
Комитета Обороны И. Сталин*

**СВОДКА  
КОМЕНДАНТА ГАРНИЗОНА Г. МОСКВЫ К.Р. СНИЛОВА  
О КОЛИЧЕСТВЕ  
ЗАДЕРЖАННЫХ, ОСУЖДЕННЫХ И РАССТРЕЛЯННЫХ  
ЗА СУТКИ В ГОРОДЕ**

**21 октября 1941 г.**

Народному комиссару внутренних дел Союза ССР.

Доношу, что за истекшие сутки с 20 часов 19 октября 1941 г. до 20 часов 20 октября 1941 г. задержано 1530 человек, из них:

провокаторов — 14 человек  
дезертиров — 26 человек  
нарушителей порядка — 15 человек  
прочих нарушителей — 33 человека  
отставших от частей — 1442 человека.  
Всего — 1530 человек.

Отправлены в маршевые части через Московский пересыльный пункт 1375 человек.

Осуждено: к тюремному заключению на разные сроки — 7 человек, к высшей мере наказания — расстрелу — 12 человек.

*Комендант гарнизона г. Москвы  
генерал-майор Синилов*

**«В ЗЕМЛЯНКЕ»  
СЛОВА — СУРКОВ В., МУЗЫКА — ЛИСТОВ К.**

**21 ноября 1941 г.**

**дер. Кашино под Истрой**

Бьётся в тесной печурке огонь,  
На поленьях смола, как слеза.  
И поёт мне в землянке гармонь  
Про улыбку твою и глаза.  
Про тебя мне шептали кусты  
В белоснежных полях под Москвой,  
Я хочу, чтоб услышала ты,  
Как тоскует мой голос живой.  
Я хочу, чтоб услышала ты,  
Как тоскует мой голос живой.

Ты сейчас далеко-далеко,  
Между нами снега и снега.  
До тебя мне дойти нелегко,  
А до смерти — четыре шага.  
Пой, гармоника, вьюге назло,  
Заплутавшее счастье зови.  
Мне в холодной землянке тепло  
От твоей негасимой любви.  
Мне в холодной землянке тепло  
От твоей негасимой любви.

Бьётся в тесной печурке огонь,  
На поленьях смола, как слеза.  
И поёт мне в землянке гармонь  
Про улыбку твою и глаза.  
Про тебя мне шептали кусты  
В белоснежных полях под Москвой,  
Я хочу, чтоб услышала ты,  
Как тоскует мой голос живой.  
Я хочу, чтоб услышала ты,  
Как тоскует мой голос живой.

**СПРАВКА  
ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ИСПОЛКОМА МОССОВЕТА  
ЧЛЕНА МЗО В.П. ПРОНИНА  
СЕКРЕТАРЮ МК И МГК ВКП(б) А.С. ЩЕРБАКОВУ  
О СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНИИ УКРЕПЛЕНИЙ  
ПОД МОСКВОЙ**

№510/65с

3 декабря 1941

Строительство линий укреплений под Москвой в ближайшие дни заканчивается.

Десять дней тому назад закончена линия укреплений, согласно постановлению Комитета Оборона, в направлении от Москвы-реки, в районе села Крылатское, через западную окраину Кунцева, Аминьево, Раменки, Никольское, совхоз Воронцово, Беляево, Деревлево, Зюзино, Волхонку, Сабурово, Царицино.

Кроме установленного постановлением Комитета Оборона плана строительства линии укреплений построена линия укрепления от села Крылатское на север — Троице-Лыково, Мякинино, село Спасское, Братцево, Химкинское водохранилище, Покровское-Стрешнево, Новое Ховрино, Бушиново, Фуниково, Ново-Архангельское, Лианозово.

В течение трех дней заканчивается строительство участков на север по каналу Москва–Волга, Химгородок, Гнилуши, Хлебниково — до Клязьминского водохранилища, в районе Подушкино, Ватутино, Мытищи. И на востоке от Царицинских прудов по направлению Люберцы, поселок Михельсон, Фенино, Салтыковка.

Всего за это время построено дотов и дзотов — 536, пулеметных железобетонных колпаков — 847, рвов и эскарпов — 172 км, колючей проволоки — 124 км, надолб и баррикад — 33 км.

Всего работало на линии укреплений более 100 тысяч человек.

В настоящее время совершенно закончены работы на 22 участках линии укреплений и в течение трех дней закончатся на оставшихся 15 участках на севере и востоке г. Москвы.

Работает в настоящее время на линии укреплений северной и восточной части г. Москвы до 30 тысяч человек.

*В. Пронин*

**РАСПОРЯЖЕНИЕ  
ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ИСПОЛКОМА МОССОВЕТА  
В.П. ПРОНИНА  
ОБ ОТПУСКЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ  
НА НОВОГОДНИЕ ПОДАРКИ  
ДЕТЯМ**

№213

26 декабря 1941

Разрешить отделу торговли Московского совета израсходовать до 10 т кондитерских изделий для организации новогодних подарков детям.

*Председатель  
Исполкома Московского городского  
совета депутатов трудящихся  
В. Пронин*

*Подборка Показеева К.В.*



Свершилось!  
То о чем мечтали твои  
враги десятки лет, свер-  
шилось.

Ты мертв!

Сколько было по-  
трачено сил и средств,  
чтобы это произошло!  
Тысяча заговоров, на-  
правленных на твоё  
уничтожение, провали-  
лась. Посланные тебя  
убить, становились тво-  
ими преданными уче-  
никами и последовате-  
лями, посланные тебя  
соблазнить и убить, ста-  
новились твоими пре-  
даннейшими поклонни-  
цами.

Да, Ты был таким, Ты умел говорить, завораживать, убеждать и за-  
ставлял действовать не только равнодушных, но и твоих врагов в соответст-  
вии с твоими убеждениями.

Но вот нет и Тебя.

Ты один из единиц, показавших, что возможности человека, полностью  
посвятившего себя великой идее служения народу, поистине безграничны.

Спи спокойно: Твое дело будет продолжено не только твоими соотече-  
ственниками, но и достойнейшими сынами человечества.

«Пусть Ты умер,

Но в сердцах смелых и сильных духом

Ты вечно будешь живым примером,

Призывом гордым к свободе, свету!»

#### Постскриптум

Оторвись от монитора!

Чу!

«Слышишь чеканный шаг?

Это идут барбудос.

Небо над ними — как огненный стяг...»

## СОДЕРЖАНИЕ

Поздравление декана профессора Н.Н. Сысоева с Новым годом! .....	2
Заведующий кафедрой физики частиц и космологии, академик Валерий Анатольевич Рубаков — лауреат Демидовской премии! .....	3
Ирина Соболева — лауреат программы «Для женщин в науке» L'OREAL-UNESCO .....	4
О проекте Breakthrough Starshot .....	6
Органическая электроника — сказка или реальность? .....	9
О Нобелевской премии-2016 по физике .....	14
Университетская гимназия МГУ .....	23
Фестиваль науки .....	26
Секция «Физика и математика» на форуме молодых исследователей .....	31
Петр Николаевич Лебедев и развитие физики в Московском университете .....	35
К юбилею профессора Московского университета основателя кафедры акустики Сергея Николаевича Ржевкина .....	41
К 95-летию со дня рождения Игоря Михайловича Тернова .....	48
Практические рекомендации по подготовке рукописей диссертационных работ .....	53
Евгений Стромьинкин .....	60
Документы к 75-й годовщине разгрома немецко-фашистских захватчиков под Москвой .....	64
На смерть Героя .....	70



**Главный редактор К.В. Показеев**

**Электронный вариант газеты  
«СОВЕТСКИЙ ФИЗИК»  
смотрите на сайте факультета, страница  
<http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys>**

**Ваши замечания и пожелания  
просьба отправлять по адресу  
[sea@phys.msu.ru](mailto:sea@phys.msu.ru)**

Выпуск готовили:  
Е.В. Брылина, Н.В. Губина, В.Л. Ковалевский,  
Н.Н. Никифорова, К.В. Показеев,  
Е.К. Савина.

Фото из архива газеты «Советский физик»  
и С.А. Савкина. 29.12. 2016.  
Заказ \_\_\_\_\_. Тираж 60 экз.

**Отпечатано в Отделе оперативной печати  
физического факультета МГУ**