СОВЕТО

Т-лучи: физика и возможности применения

Термин «Т-лучи» был введен в употребление совсем недавно – в 2001 году – с легкой руки профессора Кси-Ченг Жанга, работавшего в то время в университете Ренесслера, ныне являющегося почетным профессором Московского государственного университета. Речь идет об аналогии с «Х-лучами», как в свое время Вильгельм Конрад Рентген назвал открытые им лучи, проходящие через непрозрачные среды. Действительно, аналогия имеется, поскольку Т-лучи также обладают способностью проникать через некоторые непрозрачные среды, в частности, через одежду. В статье, опубликованной в газете «Вашингтон пост» в 2001 году, в которой профессор Жанг впервые упомянул о Т-лучах, говорилось также о том, что Т-лучами занимается 85 групп в мире. За время, прошедшее с 2001 года, количество научных групп в мире, так или иначе связанных с этой тематикой, возросло, как минимум, в 20-30 раз.

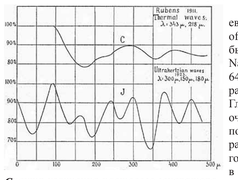
Следует отметить, однако, что терагерцовое излучение, скрывающееся под аббревиатурой «Т-луч», было известно задолго до этого. Фактически ранее такое излучение называлось субмиллиметровым, а еще раньше – далеким инфракрасным. Частоте света в 1 ТГц соответствует длина волны 300 мкм, или 0.3 мм. Формально сейчас под терагерцовым спектральным диапазоном понимают область частот 0.1 – 10 ТГц, что соответствует длинам волн света 3 мм – 30 мкм.

Фактически речь идет о спектральном диапазоне электромагнитных волн, который является промежуточным между инфракрасным спектральным диапазоном со стороны коротких волн и радиочастотным СВЧ-диапазоном со стороны длинных волн. В этой спектральной области перестают хорошо работать как оптические методы – со стороны коротких волн, так и радиофизические методы – со стороны длинных волн, поэтому оказывается очень сложным создать мощные и компактные источники и чувствительные приемники излучения для терагерцового спектрального диапазона. В результате часто о терагерцовом диапазоне часто говорят как о «терагерцовой щели», а также как о последнем неосвоенном диапазоне электромагнитных волн.

Интересно, что исторически терагерцовое излучение также было обнаружено одним из последних. Основные вехи, связанные с освоением различных областей электромагнитного спектра, представлены на следующем рисунке.

Фактически «закрыла» терагерцовую щель профессор Московского государственного университета Александра Андреевна Глаголева-Аркадьева (16(28).2.1884 — 30.10.1945).

Она разработала так называемый «пастовый генератор» электромагнитного излучения, который позволял возбуждать достаточно интенсивное терагерцовое излучение широкого спектрального состава, который перекрыл существовавшую на тот момент щель между оптическим и радио-диапазонами.

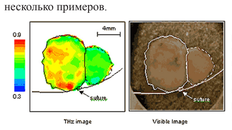


Спектр излучения пастового генератора

Работа А.А. Глаголевой-Аркадьевой "Short electromagnetic waves of wave-length up to 82 microns" была опубликована в журнале Nature в 1924 г. (Nature, V. 113, p. 640 (1924). Конструкция генератора терагерцового излучения А.А. Глаголевой-Аркадьевой оказалась очень удачной, эти генераторы использовались для возбуждения терагерцового излучения даже в 70-е годы, о чем имеются публикации в Physical Review. Интересно, что А.А. Глаголева-Аркадьева была первой заведующей кафедрой общей физики для естественных факультетов, организованной в начале 30-х годов.

В дальнейшем основным научным направлением кафедры стала физика магнитных явлений, но сейчас история сделала виток спирали, и этой кафедрой заведует автор настоящей заметки, который также занимается физикой терагерцового излучения.

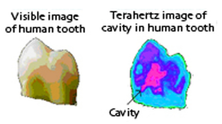
Возникает вопрос – если терагерцовое излучение так сложно генерировать и регистрировать, может быть, без него можно обойтись? Оказывается, это не так. Дело в том, что именно этой спектральной области соответствуют характерные частоты колебательно-вращательных мод тяжелых молекул, включая органические, а также характерные частоты квантов колебаний кристаллической решетки – фононов. Поэтому существует множество практически важных задач, связанных с генерацией и детектированием терагерцового излучения. К их числу, прежде всего, относятся медицинские приложения, системы безопасности, экологический мониторинг и даже такая экзотика как терагерцовая астрономия. Приведем несколько примеров.



На рисунке показана картина раковой опухоли в терагерцовом и видимом спектральном диапазонах. Видно, что контраст на «терагерцовой» картинке значительно выше, поэтому хирург может избирательно работать именно с пораженными участками.

Еще один пример.

На этом рисунке представлен снимок человеческого зуба, снятый в видимом и терагерцовом спектральном диапазонах. На «терагерцовой» картинке ясно виден кариес, в то время как в видимом спектральном диапазоне зуб выглядит совершенно здоровым.



Важнейшей областью применения терагерцового излучения являются системы безопасности. Дело в том, что одежда является достаточно прозрачной в этом спектральном диапазоне, поэтому терагерцовые сканеры вполне могут заменить рентгеновские установки, например, в аэропортах. Огромным преимуществом терагерцового излучения по сравнению с рентгеновским является то, что оно неионизирующее, и потому безопасное для человеческого организма. На следующем рисунке показан ботинок, в подошву которого спрятана взрывчатка и пластиковый нож. Если подошву заклеить, то рентгеновский сканер не сможет обнаружить то, что находится под подошвой, а терагерцовый сканер легко это сделает.

Более того, если провести спектроскопию в терагерцовом спектральном диапазоне, то окажется возможным определить, что именно спрятано в подошве ботинка, или, скажем, под курткой у человека – «пояс шахида» или просто поясс из собачьей шерсти от радикулита.

В настоящее время такие сканеры коммерчески производятся целым рядом компаний. В частности, вышеприведенные примеры взяты с сайта компании «Teraview», производящей такое оборудование. Следует отметить, однако, что все существующие системы такого рода являются активными, т.е. имеется достаточно мощный источник терагерцового излучения, освещающий объект, и регистрируется отраженное либо рассеянное излучение. В таких системах оказывается достаточным иметь относительно малочувствительные приемники излучения, которые необязательно охлаждать. Если же мы хотим построить пассивную систему, которая регистрирует терагерцовое излучение, испущенное собственно объектом, без внешней терагерцовой подсветки, то такая система должна иметь в своем составе на несколько порядков величины более чувствительные приемники излучения, которые необходимо охлаждать, причем желательно до очень низких температур вблизи абсолютного нуля.

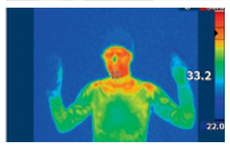
а – «терагерцовая» картинка,
б – ботинок с заклеенной подошвой в видимом диапазоне, с – ботинок без подошвы в видимом диапазоне.

Дело в том, что величина характерной тепловой энергии для комнатной температуры – около 300 К – как раз соответствует энергии кванта терагерцового излучения, поэтому «комнатные» приемники терагерцового излучения подвержены действию мощных тепловых флуктуаций. Выделить слабый сигнал на фоне таких флуктуаций оказывается невозможным, поэтому приемник излучения необходимо охлаждать. Тем выше чувствительность приемника излучения, которая требуется для той или иной задачи, тем ниже должна быть температура приемника. Работа при низких температурах требует создания достаточно сложных криогенных систем, что приводит к резкому удорожанию всей системы.

Но если создать систему пассивного терагерцового видения столь сложно – возможно, этого и не нужно делать? Это не так, поскольку активная и пассивная системы дают совершенно различную информацию об объекте. Чтобы это продемонстрировать, рассмотрим следующий пример. На рисунке изображен человек в видимом спектральном диапазоне.

Это, естественно, активная картинка, сделанная в рассеянном свете с использованием источника освещения.

Если теперь выключить свет в комнате и зашторить окна, то мы в видимом спектральном диапазоне не увидим ничего. Это значит, что чувствительности нашего приемника излучения (глаза) недостаточно для регистрации пассивной картинки в видимом диапазоне.



Пассивная картинка выглядит следующим образом.

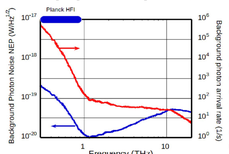
Эта картинка снята на длине волны 10 мкм в инфракрасном диапазоне, для которого собственное излучение объекта, имеющего температуру вблизи комнатной, максимально. Видно, например, что нос у человека заметно холоднее щек, что совершенно незаметно на активной картинке.

В терагерцовом спектральном диапазоне интенсивность излучения тел, находящихся при температурах около 300 К, сильно снижается, но все же остается достаточно заметной, поэтому при наличии высокочувствительных приемников излучения регистрация такой картинки оказывается, в принципе, возможной, хотя задача требует, как уже отмечалось выше, применения на несколько порядков величины более чувствительных приемников излучения по сравнению с используемыми в активных системах.

Возникает вопрос – стоит ли игра свеч, т.е. насколько информация, предоставляемая пассивными системами на длинах волн 10 мкм (инфракрасный диапазон) и 100 мкм (терагерцовый диапазон) будет различаться? Ответа на этот вопрос пока нет, хотя можно ожидать, что, например, биологическая активность связана с переходами между различными вращательно-колебательными модами тяжелых органических молекул, поэтому она может сопровождаться резонансным выделением либо поглощением энергии именно на терагерцовых частотах. Поэтому сравнение инфракрасной и терагерцовой картинок может быть очень важным для выделения таких резонансных процессов.

Пассивных систем терагерцового видения, ориентированных на медико-биологические применения, пока не существует. Это связано с большими сложностями, возникающими при разработке высокочувствительных терагерцовых систем.

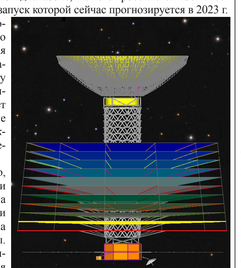
А существуют ли вообще такие терагерцовые приемники излучения? Да, существуют. Они используются в терагерцовой астрономии. В последнее время достигнут огромный прогресс в областях, связанных с астрономическими наблюдениями. Этот прогресс, в основном, связан с развитием технических средств наблюдения в различных спектральных диапазонах, в том числе с использованием обсерваторий космического базирования. Особый интерес для астрономии представляет терагерцовый спектральный диапазон.



Спектральная плотность космического фонового излучения

Учитывая особое значение терагерцового спектрального диапазона, планировался запуск целого ряда космических обсерваторий терагерцового диапазона. Наиболее «пробаговая» миссия – японский проект «SPICA», который должен был быть запущен в 2022 г. Однако в связи с аварией на японской атомной станции пару лет назад этот проект был остановлен, когда он возобновится и возобновится ли вообще, пока неясно. Поэтому ближайшим космическим проектом, который будет работать в терагерцовом спектральном диапазоне, является российская космическая обсерватория «Миллиметрон», запуск которой сейчас прогнозируется в 2023 г.

Параметры «Миллиметрона» поражают воображение. Достаточно представить себе антенну, которая имеет 12 м в диаметре, которая складывается, а после запуска на орбиту разворачивается как цветок. Антенна является параболической, имеет допуски по флуктуациям формы не более 10 мкм, и, кроме того, охлаждается до температуры жидкого гелия (см. рисунок).



Последнее необходимо для того, чтобы чувствительные приемники излучения, которые будут стоять на «Миллиметроне», регистрировали слабое космическое излучение, а не излучение собственно антенны. Техническое задание на чувствительность приемников излучения «Миллиметрона» на 4 порядка величины превышает чувствительность, необходимую для пассивной регистрации терагерцового излучения от тел, имеющих комнатную температуру.

Современные сверхвысокочувствительные приемники терагерцового излучения основаны, как правило, на сверхпроводниковых технологиях. Это сверхпроводниковые болометры, болометры на кинетической индуктивности сверхпроводников, другие системы. Заявляемые параметры наиболее совершенных терагерцовых фотоприемных систем, реализованных в различных лабораториях мира, пока не дотягивают до значений, необходимых для «Миллиметрона». Следует отметить, что даже это – лабораторные образцы, не предназначенные для полета в космос, то есть до успешного завершения работы путь еще очень долгий.

Наиболее существенным недостатком сверхпроводниковых систем является очень низкая рабочая температура. Фотоприемники, как правило, перестают работать при температуре выше 300 мК, а оптимальные параметры реализуются при рабочей температуре 20-50 мК. Такие температуры труднодостижимы в космических условиях, кода нет возможности прислать сервисную бригаду для отладки оборудования.

Есть ли альтернативные возможности? Да, такие возможности существуют, и они связаны с использованием полупроводниковых технологий. Вообще говоря, полупроводниковые технологии регистрации электромагнитного излучения очень хорошо работают в инфракрасном спектральном диапазоне. В частности, подавляющее большинство тепловизоров, рабочим диапазоном которых являются так называемые «атмосферные окна», или окна прозрачности атмосферы, при длинах волн (3 – 5) мкм и (8 – 12) мкм, имеют полупроводниковые чувствительные элементы. Работа таких элементов основана на оптическом возбуждении электронов из валентной зоны в зону проводимости через запрещенную зону. Полупроводниковые фотодетекторы являются очень чувствительными и быстрыми, но имеют одно важное ограничение: их спектральный диапазон ограничен по энергии снизу шириной запрещенной зоны полупроводника. Существуют полупроводники с малой шириной запрещенной зоны, но их работа в качестве фотоприемников ограничена возможностями синтезировать совершенные бездефектные материалы. Поэтому практически рабочая длина волны полупроводниковых фотоприемников, работающих на межзонных переходах, не превышает 15 – 20 мкм.

Альтернативной возможностью является использование переходов «примесь – зона». В этом случае удается продвинуться гораздо дальше по длине волны. До последнего времени считалось, что наиболее длинноволновым квантовым полупроводниковым приемником излучения является германий, легированный галлием, подвергнутый одноосной деформации. Интересно, что впервые эта возможность была продемонстрирована в конце 70-х годов в ту пору молодым сотрудником, а ныне профессором физического факультета МГУ Андреем Георгиевичем Казанским, в соавторстве с американскими коллегами. Красная граница фотоэффекта для одноосно деформированного Ge(Ga) составляет 220 мкм. Фотоприемники на основе Ge(Ga) долгое время считались наиболее чувствительными для длин волн менее 220 мкм, и использовались, в том числе, в космических обсерваториях. В последнее время, однако, эти фотоприемники проиграли в соревновании со сверхпроводниковыми технологиями.

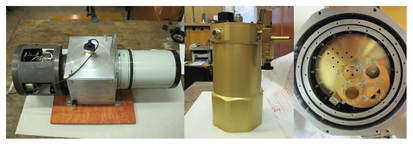
Есть ли что-то еще в запасе у полупроводникового сообщества? Оказывается – да, есть. Эта возможность связана с использованием полупроводниковых твердых растворов $Pb_{1-x}Sn_xTe$ с малой шириной запрещенной зоны, сильно легированных индием.

Работы по исследованию свойств $Pb_{1-x}Sn_xTe(In)$ начались в 70-х годах в нескольких научных группах, в том числе в группе с физического факультета МГУ под руководством Николая Борисовича Брандта и Бориса Александровича Акимова. В конце 70-х годов к работе группы подключились Людмила Ивановна Рябова и автор этой заметки, которые сейчас ведут это научное направление. Уже в конце 70-х годов стало понятно, что свойства $Pb_{1-x}Sn_xTe(In)$ определяются двумя важными эффектами, не характерными для нелегированного полупроводника – стабилизацией уровня Ферми и задержанной фотопроводимостью. Было получено множество красивых физических результатов, из которых можно выделить обнаружение перехода диэлектрик – металл как под действием внешнего давления, так и при воздействии слабого инфракрасного излучения. Эти фундаментальные результаты показали принципиальную возможность создания очень чувствительных инфракрасных фотоприемников на основе данных полупроводников.

Ключевой результат, который открыл прямой путь к практическому использованию таких фотоприемников, был получен в середине 80-х годов. Мы показали, что задержанная фотопроводимость, которая наблюдается в материале, может быть погашена за очень короткое время – менее 1 мкс – при приложении к фотоприемнику короткого радиочастотного импульса. Это позволило создать инфракрасную фотоприемную систему, обладающую очень высокой чувствительностью, и работающую при температуре жидкого гелия.

Работы последнего времени показали, что спектральный диапазон этой фоточувствительности простирается, как минимум, до длины волны 500 мкм. Оценки чувствительности фотоприемника дали очень обнадеживающий результат: чувствительность приемника терагерцового излучения на основе $Pb_{1-x}Sn_xTe(In)$ близка к необходимой для работы «Миллиметрона», и реализуется при температуре 1.5 К. В настоящее время проводится проработка возможностей использования наших фотоприемников в составе «Миллиметрона».

Другое важное направление работ нашей группы в последнее время связано с попыткой создания системы пассивного терагерцового видения. Такая система состоит из одиночного фотоприемника $Pb_{1-x}Sn_xTe(In)$, сопряженного с оптико-механическим сканером, позволяющим получить картинку. Выбор участка терагерцового спектра будет происходить с помощью охлаждаемого жидким гелием терагерцового полосового фильтра. Криогенный блок и оптико-механический сканер представлены на картинке.



Оптико-механический сканер и детекторный блок

Реализация проекта позволить получить пассивную терагерцовую картинку 140*140 пикселей на длине волны от 100 до 350 мкм в течение 45 секунд. Как нам представляется, работа прибора откроет совершенно новые возможности, особенно для медицинских приложений.

профессор Д.Р. Хохлов

Синхронизация — универсальное физическое явление

К 350-летию открытия Х. Гюйгенсом явления синхронизации

Из ряда открытий и изобретений, сделанных в XVII столетии голландским физиком Христианом Гюйгенсом (1629—1695), мы сегодня остановимся на одном — открытии в 1665 году, почти 350 лет тому назад, явления синхронизации. Само слово «синхронизация» — греческое, «συγχρόνος» означает одновременный.

Круг научных интересов Христиана Гюйгенса был необычайно широк. Это математика, механика, оптика, астрономия. В его «послужном списке» соседствуют как прикладные изобретения, так и фундаментальные открытия. Например, его увлечение оптикой привело не только к изобретению трехлинзового окуляра, названного его именем, и усовершенствованию конструкции телескопа. Это дало ему возможность открыть кольца Сатурна и самый большого его спутник— Титан. Следствием работы над волновой теорией света стало установление ее основного постулата — принципа Гюйгенса, объясняющего огибание волнами, в том числе и световыми, препятствий.

Работы Гюйгенса в области механики привели к изобретению им в 1657 году маятниковых часов, обеспечивающих превосходную точность хода. Разработка точных часов, способных хранить время в течение долгих месяцев, несмотря на движение и качку корабля, в то время была актуальнейшей технической задачей, поскольку позволяла определить географическую долготу во время длительных морских экспедиций. *«Мои автоматы, поставленные в ваших апартаментах, не только поражают вас всякий день правильным указанием времени, но они годны, как я надеялся с самого начала, для определения на море долготы места»* — писал Х. Гюйгенс французскому королю Людовику XIV. Задачей усовершенствования созданных им часов Гюйгенс занимался почти сорок лет — с 1656 по 1693 год. Эта рутинная работа и привела его к открытию фундаментального и чрезвычайно общего физического явления — синхронизации, и к установлению ее природы.

Предоставим слово первооткрывателю. Ниже приводится цитата из письма Христиана Гюйгенса своему отцу, Константину Гюйгенсу, от 26 февраля 1665 года.

«Мой Отец,

... я заметил удивительный эффект, о котором ранее никто даже и не думал. Двое часов, висящих на стене друг рядом с другом на расстоянии одного или двух футов, поддерживали согласованность хода с такой высокой точностью, что их маятники всегда качались вместе, без отклонений. Наблюдая это с восхищением в течении некоторого времени, я, наконец, пришел к выводу, что это происходит вследствие некоторой симпатии: когда я придавал маятникам разный ход, то я обнаружил, что через полчаса они всегда возвращаются к синхронизму и сохраняют его до тех пор, пока я не нарушу их ход…

Наблюдаемая согласованность была следствием некоторой симпатии, которая, по моему мнению, не может быть вызвана ничем иным, кроме как незаметным движением воздуха, вызванным движением маятников».

Гюйгенс продолжил наблюдения за часами, помещая их на общей балке, размещенной на двух стульях (см. рисунок). И всякий раз маятники часов синхронизовались в противофазе.

Собственноручный рисунок Гюйгенса, иллюстрирующий его эксперименты с двумя маятниковыми часами, подвешенными на общей балке

Гюйгенс не только привел точное описание явления, но и дал изумительное качественное объяснение эффекта *взаимной синхронизации*: он правильно понял, что согласованность ритмов двух часов была вызвана недоступными восприятию движениями балки. Гюйгенс писал о «симпатии часов», в современной терминологии это означает, что часы синхронизовались в противофазе за счет слабой *связи* через балку.

Явление синхронизации в различных системах было описано после Гюйгенса многими исследователями. Так, например, уже несколько столетий известна *синхронизация в живых организмах*. В 1729 году Жан-Жак Дорту де Мэран сообщил о своих экспериментах с фасолью. Он заметил, что её листья поднимаются и опускаются в соответствии со сменой дня и ночи. Поместив фасоль в тёмную комнату, он обнаружил, что это движение продолжается и без изменения освещённости окружающей среды. Теперь уже хорошо известно, что все биологические системы, от простейших до высокоорганизованных, имеют внутренние биологические часы, поддерживающие в системах так называемые *циркадные* ритмы (от «circa» = примерно и «dies» = день). Установлено, что они могут подстраивать свои циркадные ритмы к внешним сигналам: если такая система полностью изолирована от окружающей среды, то её внутренний цикл может существенно отличаться от суточного.

Явление *синхронизации в большом ансамбле* (популяции) колебательных систем также известно с XVIII века: в 1727 г. голландский врач Э. Кэмпфер, описывая своё путешествие в Сиам в 1680 г., написал про целый рой светлячков, которые *«время от времени прекращают своё свечение и моментом позже заставляют его появиться вновь с высочайшей регулярностью и точностью…»*.

Синхронизация в акустической системе, состоящей из близко расположенных органных труб с близкой частотой звука, описана в середине XIX века лордом Рэлеем в фундаментальном труде «Теория звука». Рэлей наблюдал не только взаимную синхронизацию, но и эффект *гашения колебаний*, которое происходит при полной перекачке всей энергии колебаний из одной парциальной системы в другую.

Новый этап в исследовании синхронизации был связан с развитием электро- и радиотехники. В 1920 году В. Экклес и Дж. Винсент подали заявку на британский патент, подтверждающий открытие ими свойства синхронизации триодного генератора. В своих экспериментах они связали два генератора со слегка различными частотами и продемонстрировали, что связь вынуждает системы осциллировать на общей частоте.

Несколькими годами позже (1922—1927 гг.) Э. Эпплтон и Б. Ван-дер-Поль повторили эксперименты по синхронизации и сделали первый шаг в развитии теории этого эффекта. Эти исследования имели огромное прикладное значение, так как триодные генераторы стали базовым элементом систем радиосвязи. Явление синхронизации использовалось для стабилизации частоты мощного генератора с помощью маломощного, но зато очень точного.

Ван-дер-Полю принадлежит также идея электрической модели сердца в виде трех однонаправленно связанных релаксационных автогенераторов (1928). Нарушение сердечного ритма — аритмия — может быть скомпенсировано при помощи встроенного пейсмейкера, или кардиостимулятора, действие которого основано на способности импульсов электрического тока вызвать сокращения мышцы и на уже знакомом нам явлении синхронизации. Первый имплантируемый кардиостимулятор был разработан фирмой Siemens Elema еще в 1958 году.

Большой вклад в теорию синхронизации внесли работы советских физиков, в первую очередь Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси, показавших, что при воздействии периодической внешней силы на автоколебательную систему может наблюдаться ряд нелинейных резонансных явлений, получивших название *резонансов n-го рода*. Если частота внешнего воздействия близка к частоте, которая в целое число раз больше или меньше частоты свободных колебаний, то возникает синхронизация (или захват) частоты, на обер- или унтертонах, когда частота автоколебаний становится в целое число раз меньше или больше частоты внешней силы. Исследования синхронизации колебаний различных систем получили дальнейшее развитие в работах учеников и сотрудников Л.И. Мандельштама — А.А. Витта, А.А. Андронова, К.Ф. Теодорчика, В.В. Мигулина и других ученых, сформировавших школу физики колебаний в Московском Университете.

Обобщение разрозненных экспериментальных данных привело к пониманию того, что синхронизация — это весьма универсальное фундаментальное физическое явление, состоящее *в подстройке ритмов осциллирующих объектов за счет слабого взаимодействия между ними*.

Перечислим основные формы синхронизации, не обращая внимания ни на природу колебаний, ни на природу связи, акцентируя внимание лишь на общих свойствах.

1. Если на некоторую нелинейную диссипативную автоколебательную систему оказывается дополнительное внешнее периодическое воздействие с частотой, близкой к частоте колебаний автономной системы, то в определенном интервале частоты внешней силы колебания системы синхронизируются по частоте с внешним воздействием, причем полоса синхронизации тем шире, чем больше интенсивность воздействия. Этот эффект называют синхронизацией внешней силой. Она проявляется в радиотехнических и электронных устройствах, лазерах, в механических системах, в колебательных химических реакциях, в биологических объектах. Может реализоваться также синхронизация на гармониках и субгармониках, когда частоты воздействия и отклика кратны друг другу или, в самом общем случае, находятся в некотором рациональном отношении. Эти явления иногда называют ультрагармонической или субгармонической захватыванием или синхронизацией на обертонах и унтертонах.

2. Если мы имеем две слабо связанные автоколебательные системы, то можно сказать, что каждая из них осуществляет внешнее воздействие на другую. Результатом часто оказывается возникновение в обеих системах синхронного режима. Это — эффект взаимной синхронизации связанных систем. Примером может служить обнаруженная Х. Гюйгенсом синхронизация маятниковых часов.

3. При наличии, например, большой популяции биологических объектов, если каждый объект обменивается информацией со всеми остальными, говорят о глобальной связи. Бывают различные ситуации, когда осцилляторы упорядочены в цепочки или решётки, где каждый элемент взаимодействует с несколькими соседями (например, решетки лазеров). Часто приходится рассматривать систему как непрерывную колебательную среду , в которой возможна одновременная генерация двух или нескольких мод. Их взаимную синхронизацию естественно трактовать как внутреннюю синхронизацию присущих этой системе колебательных мод. Появление конкуренции, наблюдаемое при сильной связи нескольких автоколебательных мод, объясняется зависимостью нелинейного затухания одной из мод от энергии другой. Конкуренция мод может вызывать автомодуляцию автоколебательных систем.

4. Известно, что автоколебательные системы могут генерировать не только регулярные, но и хаотические сигналы. Введение слабой связи между такими системами подстраивает их ритмы, хотя амплитуды остаются различными. Такой режим называется фазовой синхронизацией хаотических систем. Очень сильная связь влияет не только на частоты, но также и на хаотические амплитуды. В результате сигналы совпадают (или почти совпадают) и наступает режим полной синхронизации хаотических систем.

В заключение добавим, что развитие междисциплинарных связей в науке ведет к дальнейшему расширению трактовки понятия синхронизации. Например, в информатике говорят о синхронизации процессов и синхронизации данных, в нейробиологии это понятие используют при описании колебаний двух или нескольких популяций нейронов, и т. д.

Литература

1. А. Пиковский, М. Розенблюм, Ю. Куртс. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. — М.: Техносфера, 2003. — 496 с.
2. Г.А. Бендриков, М.Д. Карасев, В.В. Мигулин. Физика колебаний на физическом факультете Московского Университета. — История и методология естественных наук, вып. VII, Астрономия и радиофизика. — М.: изд. МГУ, 1968. — с. 180–225.

Канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель кафедры физики колебаний Т.Б. Косых

О Центре измерительных технологий и промышленной автоматизации МГУ

«Центр измерительных технологий и промышленных автоматизаций» располагается в Корпусе Нелинейной Оптики и является авторизованным Центром фирмы "National Instruments, SolidWorks & Wonderware". В течение более 15-и лет работа Центра направлена на обучение наших студентов и сотрудников других организаций, на физико-технические исследования и на собственные прикладные разработки. Ниже кратко об этих сферах деятельности и их результатах.

1. Обучение.

Для студентов 2-го курса в рамках общего цикла «Компьютерная физика» дается лекционно-практический курс «Использование среды графического программирования LabVIEW для создания систем автоматизации физического эксперимента»

Данное направление охватывает практически все аспекты современных систем автоматизации измерений и управления:

- программные системы сбора, обработки, анализа и представления данных;
- мобильные и распределенные измерительные системы;
- встраиваемые системы (ПЛИС, цифровые сигнальные процессоры, КПК);
- системы технического зрения;
- системы мониторинга и управления жесткого реального времени;
- управление перемещениями;
- средства связи и коммуникации.

Знание систем автоматизации необходимо в экспериментальной научной деятельности, более 80% экспериментальных установок на кафедре общей физики и волновых процессов автоматизированы с помощью LabVIEW (см. ниже).

Первая часть курса посвящена основам программирования в среде National Instruments LabVIEW и работе с оборудованием: платами ввода-вывода сигналов (создание генераторов сигналов, осциллографов, частотомеров, управление цифровыми линиями), интерфейсными шинами Ethernet, RS-232, GPIB (получение данных и управление внешними приборами, организация взаимодействия измерительных систем по компьютерной сети).

Во второй части курса (по желанию) студент может выбрать область для углубленного изучения: программирование систем реального времени и ПЛИС, программирование систем технического зрения, программирование систем управления перемещениями, программирование КПК, программирование цифровых сигнальных процессоров и т.п.

Кроме того, во второй части курса **очень успешные студенты** могут поучаствовать в реальных разработках по следующим направлениям **инжиниринга**:

- **высокоуровневая автоматизация научного эксперимента**
  - разработка отечественных приборов на основе ПЗС-матриц камер для регистрации спектрального состава импульсного и непрерывного излучения диодов, лазеров, ртутных и прочих ламп – лямбда-метра, спектрометра, спектроскопа и спектрофлуориметра
- **техническое (машинное) зрение**
  - разработка систем слежения за зрачком человека – регистрация микродвижений
  - расширение технологии с добавлением фронтальной камеры для создания интерфейса человек-компьютер (управление взглядом в системе «умный дом»)
- **робототехника (интерфейсы человек-машина, человек-компьютер, человек-человек)**
  - изучение и развитие когнитивных технологий управления роботизированными механизмами
  - управление тяжелыми колесными роботизированными механизмами
  - разработка основных принципов управления автономным беспилотным летательным аппаратом (разработка тяжелого «умного» квадрокоптера)
  - моделирование процессов на производстве (роботизированные поточные линии, роботизированный склад)
  - моделирование фрезерного станка с числовым программным управлением (ЧПУ)
- **технологий управления роботизированными техническими объектами с использованием антропоморфных принципов организации их поведения (перемещения) в виртуальной и реальной среде**
  - многоканальный съем биологических сигналов кожно-гальванической реакции (ЭКГ), мускульных сокращений (ЭМГ) и построение трёхмерных паттернов этих сигналов.
  - разработка системы управления кистью руки на базе высокоточных сервоприводов с обратной связью по току, с помощью которых можно контролировать процесс сжатия и расслабления кисти «умной» руки.
  - разработка бионического протеза «умной» руки
  - создание алгоритмов программной фильтрации и обработки сигналов ЭМГ для распознавания простейших двигательных актов и жестов.

Помимо обучения студентов Центр проводит подготовку слушателей для сдачи экзамена National Instruments на международный сертификат **Certified LabVIEW Associate Developer** (специалисты востребованы в отраслях промышленности: аэрокосмической, пищевой, автомобилестроении, металлургии, телекоммуникации, транспорт и др.). В настоящее время 10 слушателей наших курсов (30% всех сертифицированных специалистов LabVIEW в России) успешно сдали экзамен и стали сертифицированными специалистами технологий National Instruments. Половина сертифицированных специалистов являются студентами кафедры общей физики и волновых процессов.

Материальная поддержка студентов: участие в коммерческих разработках, создание и проведение учебных курсов (см. http://www.automationlabs.ru)

В центр приезжают учиться специалисты со всей страны.

В рамках дополнительного образования и программ повышения квалификации Центр проводит обучение современным технологиям сбора, обработки данных и автоматизации измерений и управления. В настоящее время открыт набор слушателей на курсы по темам:

- Основы создания систем сбора данных;
- Программирование в среде LabVIEW: вводный курс;
- Сбор данных в LabVIEW с использованием оборудования National Instruments;
- Коммуникационные и дополнительные возможности LabVIEW;
- Системы технического машинного зрения;
- Графическое программирование логических интегральных схем (FPGA);
- Графическое программирование цифровых сигнальных процессоров Texas Instruments;
- Модульные приборы на базе промышленной платформы NI PXI;
- Введение в прототипирование и макетирование с использованием NI ELVIS II;
- Создание систем сбора и обработки данных на мобильных устройствах;
- Основы разработки приложений в Wonderware InTouch 10 HMI: вводный курс;
- Программирование систем жесткого реального времени (PXI, cRIO);
- Основы твердотельного моделирования в SolidWorks;
- Дополнительные возможности Solidworks. Введение в инженерный анализ.

Центр оснащен контрольно-измерительным оборудованием и лицензионным программным обеспечением NI LabVIEW, SolidWorks и Wonderware. 13 рабочих мест в практикуме оснащены системами ввода-вывода сигналов на базе плат National Instruments, технического зрения, комплектами оборудования для работы с приборами интерфейсов GPIB и RS-232, системами сбора данных реального времени на базе cRIO и PXI, платами с цифровыми сигнальными процессорами Texas Instruments, Analog Devices, микропроцессорами ARM7, Cortex-M3. Обучение студентов и сторонних слушателей современным технологиям проводится преподавателями, сертифицированными компаниями National Instruments, SolidWorks и Wonderware. Центр также осуществляет подготовку слушателей для сдачи экзамена на международный сертификат Certified LabVIEW Associate Developer. Иногородним МГУ предоставляет общежитие.

По завершению обучения выдается сертификат МГУ.

За последние 5 лет в Центре прошли обучение свыше 100 специалистов из 20 организаций: ЗАО «Ситроникс Телеком Солюшнс», ОАО «Чепецкий механический завод», ОАО «Архангельский ЦБК», ОАО «Челябинский трубопрокатный завод», МГУ, РУДН, Бауманский ГТУ, ИОФАН, ВНИИЭМ и т.д.

2. Физико-технические исследования.

- О направленности этих исследований и их результатах говорит перечень устройств в разделе «Высокоуровневая автоматизация научного эксперимента» для тематики кафедры ОФ и ВП.

3. Собственные прикладные разработки.

Центр ведет разработки и создания систем сбора, обработки данных и автоматизации измерений. Основные направления деятельности:

- Создание многоканальных систем ввода и вывода сигналов на базе персональных компьютеров с широкими возможностями сохранения и обработки результатов измерений, а также организации к ним дистанционного доступа.
- Создание систем реального времени для распределенного сбора данных с использованием программируемых контроллеров автоматизации реального времени National Instruments cRIO и платформы PXI.
- Создание систем технического зрения на базе аналоговых и цифровых (Firewire, USB) камер, реализация сложных алгоритмов цифровой обработки изображений (анализ морфологии объектов, бесконтактное измерение размеров, распознавание объектов, поиск дефектов, и др.).
- Создание портативных систем сбора данных и управления с возможностью передачи результатов измерений по проводной (RS-232, USB) и беспроводной связи (ИК, Bluetooth, Wi-Fi).
- Создание автономных систем обработки данных с помощью цифровых сигнальных процессоров и микроконтроллеров ARM.

Разработанные в Центре системы установлены и используются в: ЗАО «УралАлмаз», ООО «Лаборатория инновационных технологий», Институт океанологии РАН, Zimag Tech Ltd (Израиль), ООО «Доцент», в/ч 35533, г. Железнодорожный, Московская область, ЗАО «Вагонмаш», НИИ спектроскопии РАН, ОАО «Позит» Правдинский опытный завод источников тока, НИИ общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, НИИ физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Лазерный центр Братиславы (Словакия), ЗАО «Дидактические Системы», ЗАО МНПО «Спектр», НИИ спектроскопии РАН, НИИ Физико-химической биолог

ский физ

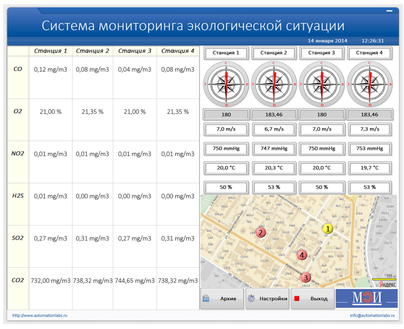
Распределенная система мониторинга экологических параметров:

Задача заключалась в создании распределенной экологичекой ситуации с системой отображения в реальном времени на ТЭЦ МЭИ (вредных выбросов и стандартных метеопараметров). План развёрнутой системы следующий. Есть контролирующий центр (сервер), на котором происходит архивирование поступающих данных с каждой из четырёх контрольных точек. Передача данных между контролирующим центром и контрольной точкой осуществляется по радиоканалу. На каждой контрольной точке развёрнута система на базе промышленного контроллера реального времени cRIO-9025, которая и осуществляет бесперебойный опрос газоанализаторов и метеодатчиков. Фотография работающей системы приведена ниже.

Распределенный комплекс осуществляет:

- Организацию экологического мониторинга
- Создание динамической экологической карты местности
- Отображение информационных потоков на карте местности (региона)
- Отображение и построение экологического профиля местности, с учетом всех факторов экосистемы.
- Возможность просмотра и анализа измеряемых параметров в сети Интернет в реальном времени.
- Информирование природоохранных и промышленных организаций о текущем состоянии окружающей среды
- Расчет предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ.

Ниже приведены скриншоты автоматизированных отчетов по четырем точкам наблюдений.



руководитель Центра Ф. В. Потёмкин

Взаимосвязь показателей цитирования российских учёных

Статья сокращена по просьбе редакции специально для «Советского физика». Редакция выражает авторам глубокую признательность за понимание. Полная версия статьи опубликована в «Вестнике РАН» за 2014 год (том 84, N 3, стр. 28-38).

В научной практике цитирование опубликованных ранее работ традиционно служило подтверждением преемственности выполненного исследования и помогало выразить мнение автора (авторов) о предшественниках и современниках, работавших и работающих над той же проблематикой или в той же области знания. Однако функции института цитирования этим не ограничиваются. Уже более 100 лет цитирование научных работ одновременно используется в качестве удобного и мощного инструмента саморекламы, а также поддержки своих коллег-единомышленников и борьбы с конкурентами и оппонентами. Замалчивание работ и результатов, полученных «соперниками», успешно применялось и применяется для того, чтобы помешать им быть услышанными другими членами научного сообщества.

В настоящей статье мы рассматриваем особенности и закономерности цитирования российских учёных в последние десятилетия, представив выводы, сделанные на основании проведённого нами наукометрического описания.

В силу нашей профессиональной принадлежности изученный материал преимущественно касается работ по неорганической химии и технологии неорганических материалов. Однако отдельные – более краткие – изыскания аналогичного типа в иных разделах естественных наук (физике, органической химии и др.) привели нас к сходным качественным и количественным результатам. Предлагаемое ниже описание не лишено исключений, но эти исключения не опровергают наших обобщений.

Данные по каждому из учёных в настоящей работе персонально не идентифицированы, но мы всегда будем рады в частном порядке ответить на личные вопросы заинтересованных читателей с соблюдением всех разумных требований конфиденциальности по отношению к остальным лицам, чьи показатели цитируемости были использованы в нашей статье.

В последние годы для оценки эффективности научной деятельности конкретного учёного широко применяется индекс цитирования, предложенный в 2005 г. Джорджем Хиршем и получивший название «Индекс Хирша» (*h*-индекс). Хирш ввёл свой индекс в качестве более простой и эффективной альтернативы наукометрическим параметрам (например, общему числу опубликованных работ учёного, суммарному или среднему количеству цитирований/упоминаний всех его статей и т.п.), использовавшимся до того времени в повседневной практике. Он предложил приписывать численное значение параметра *h* человеку, у которого *h* публикаций процитировано не менее *h* раз. Практика использования индекса Хирша достаточно быстро привела к пониманию границ его применимости. В частности, выяснилось, что корректно пользоваться *h*-индексом для сравнения результатов деятельности учёных можно, во-первых, лишь в отношении специалистов в одной и той же отрасли или, в крайнем случае, в смежных отраслях знания; во-вторых, сравнения должны производиться для близких временных интервалов.

Несмотря на критику, индекс Хирша обладает компактностью и информативностью и широко используется как дополнение к экспертным оценкам эффективности научной работы. Именно поэтому нам представляется необходимым ещё раз рассмотреть проблему зависимости индекса Хирша от иных библиометрических параметров, не используя при этом логически сомнительных и статистически случайных моделей в силу искусственного характера последних и их несоответствия реальной практике цитирования и/или самоцитирования научных работ.

В настоящей работе мы использовали сведения из базы данных Web of Science о 60 учёных, активно работающих (или работавших в конце XX – начале XXI в.) в физике, химии, науках о материалах и нанотехнологии, представляющих в основном Россию и, в несколько меньшей степени, Западную Европу и США. Выбор базы данных осуществлялся с учётом не только сложившейся репутации этого информационного продукта, но и присутствием в Web of Science библиографических данных, относящихся к более широкому временному периоду, чем данные, представленные в Scopus, Google Scholar и продуктах Chemical Abstracts Services. Полученные данные проверялись на отсутствие вкладов однофамильцев и/или идентичных публикаций, в том числе одних и тех же статей, опубликованных на разных языках. При анализе индивидуальных библиометрических данных мы учитывали общее количество научных публикаций N_0, число процитированных статей x_0 и количество цитирований опубликованных статей того или иного автора *N*. Мы не делали различия между цитированиями и самоцитированиями в силу практической сложности формирования надёжных критериев такого различия. Общее число учтённых статей N_0 колебалось от 31 до 1299, число цитирований работ *N* – от 31 до 20 379, индекс Хирша – от 3 до 66.

Попытки обнаружить корреляции между *h*-индексом и общим числом публикаций N_0 или общим числом процитированных статей x_0 не привели к успеху (см. полный вариант статьи).

Однако, для зависимости индекса Хирша от общего числа цитирований данного автора N коэффициент корреляции оказался равен 0.98: точки хорошо ложатся на кривую $h = 0.56N^{0.48}$ (рис. 1).

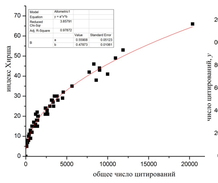


Рис.1. Зависимость величины индекса Хирша от общего числа цитирований N

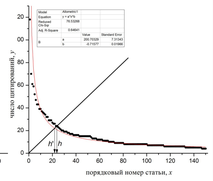


Рис.2. Оценка индекса Хирша. Данные для П.П. Фёдорова (май 2013 г.). $h_{actual}=24$, $h'_{estimated} = 21.97$.

Полученная корреляция связана с тем, что ранжированная зависимость числа цитирований *i*-статьи от её порядкового номера для конкретного автора, как правило, удовлетворительно описывается функцией $y = ax^{-n}$, где $n \sim 0.8$. Тогда оцененное значение индекса Хирша h' получается как пересечение $y = ax^{-n}$ с функцией $y=x$, то есть (рис. 2):

$$h' = a^{\frac{1}{n+1}} \approx h$$

Общее число цитирований данного автора N может быть оценено как

$$N = \int_1^{x_0} ax^{-n}dx$$

где x_0 – порядковый номер первой статьи, цитированной хотя бы один раз, тогда

$$N = \frac{a}{1-n}\left(x_0^{1-n} - 1\right) \approx \frac{a}{1-n}x_0^{1-n} = \frac{h^{n+1}}{1-n}x_0^{1-n}$$

Принимая $h \approx bx_0$ (рис. 2) и подставляя x_0 в предыдущее уравнение, получаем окончательную формулу:

$$N = \frac{h^2}{(1-n)b^{1-n}} \quad или\ h = aN^{0.5}$$

Таким образом, проведённая оценка с использованием простой модели удивительно хорошо согласуется с эмпирической формулой.

Дополнительный анализ полученного результата позволил выявить следующие особенности. Во-первых, полнота выборки существенно не влияет на установленную корреляцию: данные, выбранные из Google Scholar и Scopus, хотя и заметно отличаются от данных Web of Science как по общим показателям цитируемости, так и по цитируемости отдельных статей, демонстрируют ту же зависимость. Во-вторых, с течением времени фигуративная точка, отражающая библиометрические показатели конкретного учёного, движется по той же кривой, точнее, движение точки носит ступенчатый характер ввиду целочисленного значения *h*, однако при этом незначительно отклоняется от сглаживающей кривой $h = 0.56N^{0.48}$.

Правда, необходимо отметить, что в исследованной выборке имели место исключения – выбросы, связанные с наличием у определённого автора небольшого количества высокоцитируемых публикаций («автор одной хорошей статьи»).

Полученные результаты также показывают, что с ростом значения индекса Хирша h_1 нарастают трудности с дальнейшим повышением этого показателя. Среднее количество цитирований, необходимое для увеличения индекса Хирша на единицу, выражается формулой $\Delta N = (2/a^2)h + 1 \approx 8h$.

Данная корреляция устойчива к национальной принадлежности учёных. Тем не менее, при сопоставлении данных российских и зарубежных специалистов складывается вполне отчётливое впечатление, что при эквивалентных научных достижениях значения индекса Хирша западных специалистов существенно превосходят значения, которых достигает *h*-индекс у отечественных учёных. Действительно, во многих случаях при примерно одинаковом качестве научных исследований отечественные работы цитируются намного реже иностранных.

Эта проблема имеет две составляющие: сложность цитирования неанглоязычных работ, опубликованных в российских журналах, и цитирование публикаций российских учёных в международных журналах. Наблюдение за публикациями иностранных авторов в международных и национальных (особенно китайских) изданиях однозначно показывает, что зарубежные специалисты действительно читают российские статьи самым тщательным образом, но при этом избегают их цитировать. Здесь следует иметь в виду, что если бы российские работы были слабыми и ошибочными, их бы опровергали, но для этого их всё равно надо было бы упоминать. Поэтому можно сделать вывод, что отсутствие ссылок на российские источники, скорее всего, связано с недостаточной интегрированностью российских учёных в международное научное сообщество. Помимо этого, следует отметить особенности российских публикаций, обусловленные традициями и стилем написания, затрудняющими их цитирование. Зачастую имеют место сухое и краткое изложение полученных результатов, плохо написанное вступление, не хватает развёрнутого обсуждения результатов и иногда даже не все следствия из них представлены полно, не делается акцент на новизну, не учитывается необходимость излагать некоторые положения подробнее, а иногда и используя более простой язык. Авторы не умеют убедить, заинтересовать читателя, представить тематику своего исследования в привлекательном виде, в их работах полностью отсутствует такая составляющая, как самореклама. Отсутствие чётких, обоснованных выводов, детального анализа рассматриваемых данных, представления сделанных заключений и выведенных формул в логической последовательности, словесного пояснения смысла полученных уравнений серьёзно затрудняют восприятие российских статей не только обычным читателем, но и специалистом. В условиях информационного переизбытка подобные публикации, немодные по форме, отличающиеся пропуском очевидного, а значит, избыточного на взгляд авторов содержания, требуют для своего усвоения немалой работы мысли и потому редко получают заслуженное количество цитирований. (Заметим, что мы ни в коем случае не идеализируем качество публикаций в международных журналах, но разбор их особенностей выходит за рамки данной статьи.)

Что касается российских журналов, которые переводятся на английский язык, то, как правило, они представлены в базах данных в оригинальном русском и в переводном английском вариантах разобщённо. Это приводит к путанице при цитировании, которое зачастую делится между двумя вариантами одной и той же статьи, что затрудняет их нормальную библиометрическую обработку.

В последние годы наблюдается очевидное снижение уровня российских журналов. Это касается общего числа и качества статей и обусловлено в первую очередь далёким от оптимального состоянием российской науки в целом. Существенный вклад в такое снижение вносит и организация редакционной подготовки публикаций. Зачастую в российских журналах требуется только одна рецензия на статью, что повышает риск публикации низкокачественных работ. В то же время срок от получения редакцией статьи до её выхода в свет в российских периодических изданиях неоправданно велик (не месяцы, но годы!). Серьёзный негативный фактор – слабый интерес главных редакторов некоторых ведущих изданий к вверенным им журналам. Кроме того, редакции не проявляют должной активности в объективном отражении журналов в международных базах данных, включая постоянное отслеживание цитирования, заполнение пропусков, исправление ошибок, а также грамотную политику, направленную на включение российских периодических изданий в соответствующие информационные продукты. Добавим, что в ряде журналов не используется такой необходимый атрибут современных публикаций, как номер Digital Object Identifier (DOI).

Что касается публикаций отечественных учёных в зарубежных изданиях, то здесь следует выделить следующие трудности: языковой барьер, стиль изложения, различия в понимании исторического вклада тех или иных учёных в соответствующую область знания (зарубежная историография во многих случаях категорически не совпадает с российской). Однако главное осложняющее обстоятельство заключается в том, что ведущие международные издания фактически закрыты для российских учёных.

Существующая ныне практика международных научных публикаций и их цитирования основывается на устоявшемся согласии по поводу сложившейся иерархии: большие начальники от науки или лица, ассоциированные с теми или иными институтами, печатают сами себя в определённых ими же «статусных» периодических изданиях, заставляя остальных поддерживать этот порядок цитированием их «начальственных» статей в публикациях, размещаемых в журналах второго и третьего ряда.

За исключением весьма редких случаев, когда среди авторов статей, размещаемых в наиболее цитируемых зарубежных изданиях, присутствуют только российские специалисты, подавляющее большинство публикаций принадлежит:

- авторам с двумя или более адресами, только один из которых российский;
- авторам, участвующим в статьях с чрезмерно большим числом авторов – от 10 и более;
- авторам, публикующимся в соавторстве с заграничными коллегами, которые проталкивали статьи в журналы с высоким импакт-фактором.

Сплошь и рядом имеет место ситуация, когда статья не доходит до рецензирования, а сразу отклоняется менеджером из аппарата редакции. Иными словами, в последние годы национальные редакторские действия заменили заранее обещанное, широко объявленное и гарантированное рецензирование "peer review". Фактически произошло возвращение к публикационной практике первой половины XX в.

Выводы и рекомендации. Количество цитирований и, в конечном счёте, производный от этого фактора индекс Хирша – не показатель качества отдельной работы учёного, совокупности его работ или его научного уровня. Ссылаться могут и на ошибочные статьи. Индекс Хирша даже не всегда – знак важности, значимости и/или влияния. Наиболее адекватная интерпретация этого индекса – как критерия известности и разрекламированности работы (при всех тонкостях в различии между использованными выше терминами). В таком понимании не заложено негативное отношение к этому показателю. Просто нужно правильно понимать природу библиометрической информации и грамотно ею пользоваться.

Увеличить индекс Хирша и/или индекс цитирования можно, разумеется, только одним-единственным способом – исключительно за счёт цитирования. Именно поэтому ещё с конца XIX в. существовала научная политика «себя и своих цитируем, остальных игнорируем». Такое отсутствие дискуссии с оппонентом или открытого состязания с конкурентом является следствием подхода к научной деятельности как к игре с нулевой суммой. Один из примеров реализации такого подхода – целенаправленное непечатание и нецитирование работ конкурентов, например, российских авторов. Корни данного явления глубоки, возникло оно много десятилетий тому назад, и упоминания о неадекватном цитировании российских статей можно легко найти в современной наукометрической литературе. Заниженное цитирование научных работ отечественных авторов должно продолжаться, но, разумеется, не посредством действий, нарушающих научную этику ради увеличения цитируемости, индекса Хирша и других библиометрических показателей. Достаточно, на наш взгляд, скорректировать существующую ныне культуру цитирования.

Широко распространённый в российской научной практике традиционный подход к цитированию можно охарактеризовать как минимализм. Он включает в себя ряд принципов:

- цитирование только необходимого минимума литературных источников;
- создание «исчерпывающей» подборки упоминаемой литературы, когда авторы зачастую избегают ссылок на смежные области;
- использование преимущественно книг, а не периодики;
- отказ от использования цитирования в качестве маркетингового оружия, в сочетании с настойчивым упоминанием тех зарубежных коллег, которые принципиально игнорируют самих авторов.

Ввиду перечисленных особенностей для изменения подхода к цитированию научной литературы мы бы хотели предложить:

- перейти к сбалансированной политике цитирования своих коллег;
- скорректировать стиль текстов, перейдя от расплывчатого, в общих словах изложения к работам утвердительного стиля, написанным чётким и ясным языком;
- публиковаться в высокоцитируемых журналах и на английском языке;
- отдавать предпочтение журналам реферируемым в Web of Science;
- с учётом исторической перспективы публиковаться в китайских журналах, но только в тех, статьи которых реферируются в "Chinese Science Citation Database";
- не забывать о грамотном цитировании собственных работ: самоцитирование может быть весьма успешной рекламой достижений автора и тем самым привлекать внимание коллег к его работам, вызывая, как следствие, увеличение числа упоминаний его статей;
- отслеживать полноту и правильность упоминания собственных работ.

Редакциям же для поднятия импакт-фактора готовящихся их силами периодических изданий стоило бы печатать обзоры, особенно получающие сейчас широкое распространение мини-обзоры, а также практиковать экспресс-публикации сообщений с расширенными материалами научных конференций.

В целом мы надеемся, что проведённое нами изыскание будет способствовать более объективному пониманию особенностей использования научного цитирования и количественных библиометрических показателей, включая индекс Хирша. Знание состояния проблемы позволит наметить и осуществить меры, направленные на изменение создавшейся ситуации, как для отдельных учёных, так и в масштабе всего сектора российских научных периодических изданий.

П.П. Фёдоров, А.И. Попов

«Нейтринные» каникулы

Ни для кого не секрет, что студенты физического факультета принимают самое активное участие в различных научных проектах, в том числе и в крупных. Конечно, «погружение» в проект, как правило, происходит постепенно и редко кто из студентов 2-3 курса имеет возможность практически сразу, что называется «прикоснуться» к большой науке.

Эта счастливая возможность представилась вчерашней второкурснице, а теперь — студентке кафедры общей ядерной физики Наталии Брюхановой. В середине 2-го курса Наташа взялась за непростую тему для курсовой — обработку реальных физических данных от нейтринного телескопа ANTARES.

Первые нейтринные телескопы начали сооружаться в конце 80-х годов прошлого века. В настоящее время в мире функционирует несколько нейтринных телескопов большого объёма. Деятельность научной группы физфака — НИИЯФ МГУ связана с работой и сооружением средиземноморских нейтринных телескопов. С 2005 года эта научная группа МГУ, состоящая из сотрудников, аспирантов и студентов физического факультета и сотрудников НИИЯФ МГУ, принимает участие в работах связанных с проектированием, созданием и обработкой данных от нейтринных телескопов большого объёма. Первым проектом, в котором началось наше участие, был нейтринный телескоп NEMO, а с лета 2009 г. научная группа МГУ является официальным участником международной коллаборации ANTARES.

Нейтринный телескоп ANTARES — один из крупнейших водных детекторов, предназначенных для регистрации мюонных нейтрино от астрофизических источников высоких энергий. Детектор ANTARES расположен в водах Средиземного моря на глубине 2475 м, приблизительно в 42 км на юг от французского города Тулон. В данном проекте принимает участие около 150 инженеров, техников и физиков из научных центров Франции, Италии, Испании, Голландии, Германии, России и Румынии. Детектор, как и все подобные установки, направлен на регистрацию частиц, летящих снизу вверх, т.е. пролетающих планету насквозь, посредством того, что все фотоумножители в каждом модуле смотрят вниз под углом 45°. Главной задачей детектора является регистрация заряженных мюонов с энергиями выше 10 ГэВ, рождённых в вышеописанных реакциях, по черенковскому излучению. Существует вероятность, что этот мюон долетит до воды, не участвуя в реакциях с веществом Земли и при этом попадёт в область, охватываемую детектором (именно поэтому есть тенденция к увеличению объёмов таких телескопов). При этом он будет испускать черенковское излучение, которое и будет непосредственно регистрироваться фотоумножителями. Черенковский свет с длиной волны 450 нанометров образует конус с углом раствора 42°. Зная этот угол и последовательность «вспыхнувших» ФЭУ, можно с большой точностью восстановить трек исходного нейтрино.

В настоящий момент идут работы по сооружению в Средиземном море детектора следующего поколения — глубоководного телескопа с объёмом более 1 км^3 (проект KM3Net). Данный проект может стать «ответной частью» для антарктического телескопа Ice Cube, с кубокилометровым объёмом, а также важным этапом в создании единой системы регистрации астрофизических нейтрино, так называемой Глобальной Нейтринной Обсерватории.

Работа в данном проекте требует хорошей квалификации, знания пакетов программ, используемых в подобных экспериментах и опыт работы с ними. Несмотря на это, на первых этапах своей работы Наталии Брюхановой удалось успешно освоить весь «софт», необходимый для работы и получить вполне качественный результат от обработки части данных нейтринного телескопа. На конкурсе курсовых работ студентов 2-го курса в мае этого года работа Н.А. Брюхановой получила поощрительную премию.

А уже в июле, в начале летних каникул, Наташе представилась возможность поработать с «неуловимыми» частицами непосредственно вблизи места их регистрации — в итальянской Генуе, на побережье Средиземного моря. Естественно, эта работа требовала, помимо всего прочего, взаимодействия с сотрудниками нашего давнего партнёра — Национального Института Ядерной Физики. Как показали отзывы и с взаимодействием и с «погружением» в реальную научную деятельность у Наталии проблем не возникло и всего за месяц, она перешла от ознакомительной работы непосредственно к компьютерному моделированию работы регистрирующих элементов телескопа. Кстати, наших коллег подобная результативность вчерашней второкурсницы просто шокировала.

Успешные «нейтринные» каникулы будут продолжены уже на факультете, в течение учебного года и научная деятельность Наташи уже сейчас, в начале 3-го курса имеет вполне ясные очертания.

Хочется пожелать Наталии Брюхановой всяческих успехов в её учёбе и научной деятельности!

Доцент Е.В.Широков, руководитель научной группы по нейтринной физике физического факультета-НИИЯФ МГУ

Конкурс имени Р.В. Хохлова

на лучшую студенческую научную работу 2014 года

В январе каждого года на физическом факультете проводится конкурс на лучшую студенческую работу имени Р.В. Хохлова. По положению на конкурс могут выдвигаться научно-исследовательские работы студентов физического факультета — это могут быть научные статьи, дипломные, курсовые и другие законченные работы, представляющие самостоятельные научные исследования.

В 2014 году кафедрами были выдвинуты 28 дипломных работ, защищенных в январе этого года. Итоги конкурса подвело жюри, созданное приказом декана из активно работающих ученых физического факультета. Председателем жюри конкурса в этом году был профессор кафедры математики А.Н. Боголюбов.Члены жюри были приятно удивлены высоким научным уровнем большинства представленных научных работ. В связи с этим, учитывая ограниченное число призов и сжатые сроки работы, жюри работало весьма напряженно. Эта работа проходила следующим образом. Все научные работы были розданы для рецензии соответствующим специалистам — членам жюри. Далее, на первом заседании, каждый член жюри, рецензировавший работу, характеризовал сущность работы по следующим позициям: как новое физическое явление или эффект, новую теорию, работу, имеющую очевидное практическое применение, или оригинальную методическую разработку. Далее излагалось содержание и значение работы, а также приводились формальные характеристики работы: число опубликованных и принятых в печать статей, опубликованных и принятых в печать тезисов докладов, а также число выступлений на конференциях. Затем члены жюри задавали выступающему рецензенту вопросы и высказывались по данной работе. Обсуждение заканчивалось предложением рецензента, на какую премию может претендовать обсуждаемая работа. После такого обсуждения всех работ проводилось тайное голосование, при котором каждый член жюри мог поставить каждой работе в порядке убывания значимости три, два один или ноль баллов. Затем счетная комиссия определила список участников конкурса в порядке убывания набранных баллов.

Далее авторы десяти лучших работ были приглашены для доклада своей работы на второе заседание. Члены жюри прослушали доклады и задали студентам вопросы. После заслушивания всех работ проводилось еще одно тайное голосование. Затем счетная комиссия определила список призеров конкурса в порядке убывания набранных очков.

По итогам конкурса первая премия и денежный приз в размере 25000 рублей получили выпускница кафедры общей физики и волновых процессов Андреева Вера Александровна за работу «Инфракрасное и терагерцовое излучение при филаментации двуцветного фемтосекундного лазерного импульса» и выпускник кафедры атомного ядра и квантовой теории столкновений Галстян Александр Геннадиевич за работу «Возбуждение и ионизация иона гелия в реакции перезарядки быстрого протона на гелиевой мишени».

Премия 2 степени и 15000 рублей была присуждена выпускнику кафедры астрофизики и звездной астрономии Иванову Михаилу Михайловичу, дипломнице кафедры физики моря и вод суши Нурисламовой Гульназ Нуровне и дипломнику кафедры математики Сабурину Дмитрию Сергеевичу.

Премия 3 степени в 11000 рублей была присуждена дипломникам Сизову Алексею Сергеевичу (кафедра физики полимеров и кристаллов), Синяковой Арине Сергеевне (кафедра общей ядерной физики), Пальвановой Галине Сердаровне (кафедра магнетизма), Роенко Артему Александровичу (кафедра квантовой теории и физики высоких энергий), Родионову Игорю Дмитриевичу (кафедра магнетизма).

В заключение хотелось бы поблагодарить всех членов жюри за кропотливую и ответственную работу, всех ребят, работы которых были выдвинуты на конкурс, а также пожелать всем студентам, закончившим в этом году физфак, успехов в научной работе и счастья в жизни.

Отв. секретарь конкурса научных студенческих работ имени Р.В. Хохлова Александр Паринцев

Знакомьтесь, Оргкомитет!

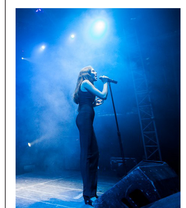
Где бы мы ни жили, в каком бы коллективе не оказались, всегда найдутся люди, которым вечно чего-то не хватает. Порою кажется, что они и сами не знают, чего! Ну, сидели бы вместе со всеми да плевали в потолок. Так нет же: и потолок для них низковат, и процесс уж больно однообразен… вот если бы в пол перед этим засунуть яблоко, или лучше два – тогда совсем другое дело! А если при этом еще петь по-японски и крутить тридцать три хулахупа! И они поднимаются с насиженных диванов, и отправляются на поиск прочих «ненормальных», уставших от обыденности и готовых воплощать в жизнь то, на что стандартный обыватель впоследствии будет лишь восторженно взирать со стороны. А в это время, отслеживая восторги публики, сбоку будут стоять те самые неприметные люди, и критически оценивать каждую деталь сотворенного ими действа – ведь в следующий раз все должно быть намного лучше!

Мы Оргкомитет, и жить по-другому не в состоянии! Ну куда еще девать творческую жилку, не захваченную научной работой и умственным развитием? Не отдавать же ее на растерзание интеллекту! И поэтому, лишь только настает новый семестр, в неприметной каморке на физфаке собирается скромный, абсолютно разномастный – конечно, только на первый взгляд – коллектив. И уж совсем неприметный в толпе человек, блистающий талантом, который остальным сидящим вокруг и не снился, – способностью приковать взгляды своенравной оравы, рассредоточенной перед ним (председатель, кто же еще) – встает и вопрошает: «Ну что, Оргкомитет, работать будем?! Или как всегда?» «Как всегда» значит работать, быстро, творчески и с полной самоотдачей. К примеру: у студента есть право на отдых в темное время суток, а вот свода прав оргкомитета пока никто не составлял… так что если вдруг Большой Театр решит назавтра устроить благотворительный концерт для студентов и выпускников физфака, кто будет в час ночи бегать по общежитиям и вызванивать три тысячи человек? Правильно! Или может, Вы считаете, что невозможно не спать неделю, продолжая днем вести активную учебную жизнь? Художники, рисующие плакат ко Дню Физика легко Вас переубедят.

Так что, в следующий раз, оказавшись на очередном мероприятии физического факультета, помните, кому, кроме стоящих на сцене, принадлежат Ваши аплодисменты.

Ну а теперь приглядимся поближе к незыблемым творческим традициям, поддерживаемым нынешней инициативной группой и их предшественниками уже много десятков лет.

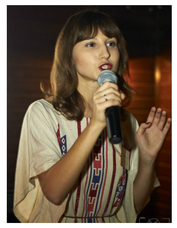
Фестиваль студенческого творчества «Первый снег»



Сани, как известно, на Руси готовят летом. Оргкомитет глубоко чтит сохранность традиций. Но без творческого подхода не может. Поэтому наши сани начинают готовиться в бабье лето: повсюду осень творит свое разнообразное безумие, погружая скучный асфальтовый мир в ворох листвы и пробуждая поэтические чувства от летней спячки, и наши активисты расправляют крылья, окрепшие за время каникул, и слетаются на физфак, где, рассевшись все в той же тесной каморке, внимают знакомому: «Ну что, Оргкомитет, работать будем, или…?» А дальше начинается обсуждение конструкции саван, дизайна, смазывать ли полозья, или так доедут… И, главное, куда в конце концов на них отправиться?

Ведь если для участников осенне-зимнего фестиваля самым волнительным и ожидаемым событием является выступление в конкретном конкурсе, где они смогут показать себя, то для оргкомитета таким конкурсом является четкое проведение заключительного концерта, где можно соревноваться с самими собой, оглядываясь на мероприятия предыдущих лет.

Но до заключительного еще далеко. Как впрочем, и до начала самого фестиваля. Проходит сентябрь, октябрь… На стендах университета появляются красочные плакаты о том, что физический факультет вновь готов принять в своих стенах таланты любого возраста и направления научной деятельности – ведь фестиваль не ограничивается участием в нем только студентов, или, тем более, только физиков. И, наконец, в середине ноября запускается жесткий механизм отбора лучших из лучших, когда из нескольких десятков участников, половина которых действительно обладает недюжинным дарованием, надо выбрать тех нескольких счастливцев, что смогут выйти на сцену на гала-концерте.



Конкурс песни. Анна Синитович

Конечно, конкурсы очень разные, и не все заставляют жюри глубоко призадуматься над окончательным выбором. Но нехватка участников – скорее исключение, нежели правило. Только ленивый человек, не лишенный голоса, не придет на конкурс песни, чтоб выступить на клубной сцене, со всех сторон окруженной внимающими зрителями – пусть даже внимающими с чисто конкурентной заинтересованностью. Или не пошлет свои литературные творения по указанному адресу, чтоб в случае благоволения жюри – кстати, профессионалов от литературы – явиться за законными поощрениями в день подведения черты фестиваля.

История творческих выступлений на физфаке взяла начало в годы возрождения Дня физика – в конце семидесятых.

Конечно, и до этого проводили массовые смотры самодеятельности, но они скорее походили на отчеты по готовности к вступлению в коммунизм – все подвергалось жесткому цензу, шаг влево, шаг вправо карались выговором с намеком на отступ от непререкаемых идеалов. А тридцать лет назад это действительно стало творческим мероприятием – каждый приходил с тем, что лично ему хотелось продемонстрировать. Началось все, конечно же, с песни, с выступлений на вечерах Никитина с его коллективом, прочих, не столь известных выпускников физфака из поэтической плеяды шестидесятых. И, как хорошая дань традиции, конкурс песни проходит в первый же день открытия фестиваля и сейчас.

Постепенно количество конкурсов росло, менялось содержание, аудитории физфака сменились ночными клубами, с технически оснащенной эпохой появились и «Фотография» и «Видео», теперь уже прочно освешие в программе мероприятий. Подзабытые поэтические вечера, вновь вернулись несколько лет назад с организацией турниров поэтов, и теперь приходящих туда уже не назовешь сборищем неопервившихся литературных птенцов! Голоса и музыка, звучащие со сцены во время гала-концерта, вызывают удивленные вопросы гостей: «Это что, студенты?!» И конкурс танцев теперь не проведешь как раньше в поточной аудитории – страшно за людей, взмывающих под потолок в пространстве, уставленном лекционными столами. Что уж говорить о конкурсе рок-групп? Тут без клубного оборудования никак не обойдешься! Лишь вдохновение, выраженное в словах, цвете или, возникшем в последние годы воплощении: в рисунках мелом на доске, конечно, создаваемых участниками прямо на месте за ограниченное время, – не требует большого пространства и технического оснащения. Но, как бы там ни было, право под конец блеснуть на финальной сцене дается всем победителям без исключения.

***

А что же Оргкомитет? Оргкомитет, поняв, что концерт пошел по накатанной и уже ничего не сорвется, наслаждается созданным им действом. Оргкомитет, выходя из клуба в шестом часу утра, убеждается, что никого из участников и гостей не забыли где-нибудь за шторкой, никто не запутался в лабиринтах между гримерной и выходом на сцену, и отправляется домой, отмякать в горячей ванне. Отмякать долго – сани декорировали, драили, натирали моржовым жиром и нагружали талантами больше двух месяцев кряду. В суровых условиях российских путей обеспечения финансирования, обусловленных еще одной нашей извечной проблемой. И Оргкомитет дотащил эти сани по слякотному московскому асфальту до победного финала! Оргкомитет устал. У оргкомитета сессия, защита диплома через две недели, подготовка к которому никак не умещалась рядом с организацией куда более важного мероприятия. Но что такое пятьдесят страниц диплома по сравнению с двумя сотнями участников, которыми пришлось заниматься последний месяц? Или сотней человек, которую пришлось выпустить на сцену за один вечер? Пустяк. Так что можете не беспокоиться: пройдет сессия, настанет новый семестр, и два десятка человек, собравшись вечерком в скромной комнатке на задворках факультета вновь будут утверждительно хумыляться друг другу в ответ на раздавшееся из открывшейся двери: «Ну что, Оргкомитет...?!»

Будем. Куда мы денемся.

Выпускник физфака, помощник по литературным проектам Константин Форофонтов

Как молоды мы были

О встрече курса выпуска 1963 г.

Апрель, весна, ласковое солнце, чудесное настроение; впереди – встреча друзей-однокурсников. Прошло немало лет с момента окончания физфака (1963 г.), а души наши по-прежнему тянутся друг к другу. Желание увидеться, поговорить, повспоминать не ослабевает. Последние 10 лет мы встречаемся ежегодно. Как правило, место встречи – физфак, время – апрель, вблизи знаменательной даты первого полета человека в космос.

Наши встречи мы начинаем с показа презентаций и рассказов по объявленным заранее темам, таким, например, как о поездке на целину после I курса, о работах в подмосковных совхозах, о начале нашей трудовой деятельности в возникавших в те годы новых научных городах (Пущино, Обнинск, Новосибирск).

На предыдущей встрече курса в апреле 2013 г. мы с огромным энтузиазмом отметили 50-летие с момента получения дипломов физфака МГУ и преподнесли себе прекрасный подарок – книгу воспоминаний о годах учебы, о наших разнообразных занятиях в студенческую пору, о достижениях на поприще науки и педагогики за прошедшие годы. На 2014 год юбилейные или просто знаменательных дат не выпало. А снова встретиться в апреле очень хотелось. И решили мы вспомнить о том, как «ходили мы походами» по нашей родной российской земле в студенческие годы, да и после окончания физфака.

11 апреля мы собрались в фойе II этажа перед центральной аудиторией. Восклицания, приветствия, улыбки, объятия. Каждый из пришедших, как всегда, получил от оргкомитета подарок – в этот раз, книгу воспоминаний о нашем незабвенном Саше Логгинове. Готовили мы ее вместе с кафедрой физики колебаний, которую проф. А.С.Логгинов возглавлял многие годы. Главным редактором-составителем сборника поработала наша Наташа Лезнова (кстати, выпускница кафедры физики колебаний).

А все дела с издательством взяла на себя Оля Чуманова (учёный секретарь УМС по физике по классическому университетскому образованию РФ).

Книги серии «Выдающиеся ученые физического факультета МГУ» издаются уже давно, но Александр Логгинов – первый из коллектива наших однокурсников, кому посвящено издание этой серии. Статьи в книге раскрывают все стороны многогранной жизненной деятельности нашего Саши. Это и молодость, и комсомольская деятельность, и праздник Архимеда, (где несколько лет подряд, включая незабываемый 1962 год с Ландау и Бором он исполнял роль Архимеда на ступенях нашего физфака), и стройотряды, и спорт, и походы, и семья – как та, в которой вырос Саша, так и та, которую они с женой Татьяной создали более 50 лет назад. Ну и, безусловно, учеба, научная деятельность, ограбата в деканате и на кафедре. Его хватало на все, он жил словно в бурном и быстром речном потоке. С 2003 г. – года начала наших регулярных курсовых встреч, Саша Логгинов был активным членом инициативной группы, постоянным ведущим наших «заседаний». Он словно завещал нам не прекращать встречаться с однокурсниками, ведь эти встречи питают наши души и сердца. Уже вскоре пошли отзывы об этом издании, всем оно очень нравится. В книге большое количество интересных фотографий. Авторы статей – друзья, коллеги, родные Саши, написали о нем очень неформально, душевно, с любовью и глубоким уважением.

ЗИК

5(108)/2014

ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

Отпечатано Издательской группой физического факультета МГУ, тел. 939-5494

Получив этот подарок, мы сфотографировались и спустились в центральную физическую аудиторию. На этот раз встречу вел тоже всеми нами любимый Валентин Бутузов.

Итак, **«ходили мы походами»**. В наши студенческие годы путешествовать с рюкзаками за плечами по лесным тропам и лужайкам, на байдарках по рекам и озерам, зимой на лыжах по рыхлому снегу было одним из любимейших видов досуга молодежи (да и не только ее). И, готовясь к встрече, многие наши однокашники заранее передали в оргкомитет походные фотографии. Большой материал был взят из огромной фотолетописи курса, составленной в свое время Сашей Логгиновым. И на встрече однокурсников наши воспоминания о походах тех лет как бы «материализовались» в рассказах энтузиастов и фотографиях на экране.

Каждый поход и каждая экспедиция были уникальны, отличались друг от друга. Из каждого были вынесены свои, не сравнимые с другими походами и экспедициями впечатления. В каждом было какое-то свое событие, свое замечательное, запомнившееся на всю жизнь место.

Вот, например, что рассказала нам о походе летом 1960 г. (после III курса) наша Галя Зиненкова (в недавнем прошлом – ст.н.с. кафедры молекулярной физики нашего факультета). Итак, это был «поход-сплав» по реке Белой. Протекает Белая по территории Башкортостана и Татарстана, в отрогах Южного Урала. Сплавлялись на трех лодках-плоскодонках. Через неделю плавания река привела нас к огромной, очень хорошо видной с реки, необычной выемке в скале, напоминающей арку.

Высота арки составляла примерно 30 метров. Это был вход в Капову пещеру. Два дня мы были экскурсантами этой знаменитой пещеры.

Водил нас и рассказывал исследователь пещеры биолог А.В. Рюмин. В 1959 году им были обнаружены на стенах пещеры рисунки первобытных людей, сделанные ими 14–15 тысяч лет тому назад. Так что мы были в числе первых, кому рассказывал и показывал сам первооткрыватель древней живописи на стенах пещеры. Протяженность пещеры около 3 км с вертикальной амплитудой 165 м. Пещера трехъярусная, верхние ярусы сухие, там самые древние рисунки, возраст их около 18-и тысяч лет. Тогда, в эпоху раннего палеолита, на планете жили кроманьонцы (средний рисунок – с лошадью и антропоморфным персонажем).

На нижнем ярусе находятся более поздние изображения, относящиеся к концу ледникового периода. Их мы и видели летом 1960 года. Выполнены они охрой–природным пигментом на основе животного жира. Пещера внесена в списки Всемирного наследия ЮНЕСКО. В настоящее время пещера закрыта для посетителей.

Кроме самодеятельных походов в нашей студенческой жизни были выезды на летнюю практику. Биофизики проходили ее на Беломорской биологической станции, геофизики кафедры моря и вод суши – на Черном море. Вот краткий отрывок из рассказа выпускницы этой кафедры Ольги Зайцевой (Шевченко).

«Одним из самых приятных моментов жизни на кафедре физики моря была практика на Черном море. Корабль был приписан к порту Севастополь, но совершал переходы от Одессы до Батуми. В первый год нашей работы это был списанный военный корабль. Женский кубрик находился в трюме, куда мы спускались через люк по вертикальному железному трапу. В последующие годы корабль заменили на бывшую яхту Сталина. Для лабораторий там переоборудовали гальюн и камбуз. Некоторые работали прямо на палубе. Что касается заседаний, то условия были шикарные. Днем мы работали в открытом море, а по вечерам часто заходили в портовые города. А это ведь курорты. Единственным недостатком были почти полное отсутствие денег. Так что многие радости жизни были недоступны. Запомнился случай, когда мы долго не заходили в Севастополь, где только и была возможность получить деньги. К этому времени все у всех позанимали и потратили. А чего-то так хотелось. Тогда весь экипаж принял решение проверить ещё раз все свои карманы. И ура, набралось на бутылку шампанского. А было нас человек 15. Погуляли хорошо. Из морских удовольствий особенно запомнились два: купание в открытом море, когда под тобой километровая толща воды, и любование низким черным небом с яркими звездами (это было лучше всего делать, лежа на спине на верхней палубе за трубой, поедая черный хлеб, взятый тайком на камбузе).»

Было также несколько выступлений о путешествиях наших однокурсников (группами или в составе других групп) и после окончания учебы. Куда только не забрасывало нас стремление увидеть всё новые и новые места нашей любимой необъятной Родины. Это и Урал (южный и северный), и Алтай, и Кавказ, и даже Тибет. Озера и реки – все не перечислишь, и Крым, и Карелия, и Камчатка, и…

Насмотрелись, наслушались, навспоминались! Студенческая дружба – дружба на долгие годы. Как всегда, очень интересно комментировал выступления и снимки Валя Бутузов, часто стихами. Возникало ощущение, что мы не в ЦФА, а где-нибудь вблизи вулкана, или гейзера, или у костра на берегу озера.

В следующей части программы встречи интересную информацию о некоторых наших однокурсниках-иностранцах (а их у нас училось около 50 – из Европы, Азии, даже Африки, и не обо всех мы, к сожалению, знаем) сообщили Николай Кабачник (в.н.с. НИИЯФ) и Валерий Чернилевский (*геронтолог!*, от него получили послание по электронной почте).

Так, Кабачник поведал о студентах из Чехословакии: Мирослав Дубец – живет в Братиславе, работает переводчиком с русского языка; Эмиль Труглик – живет в Праге, работает в Институте физики в Ржеже под Прагой в отделе теоретической физики; Петер Пайас – живет в Праге, работает в организации PASOS – Policy ASsociation for an Open Society.

А Чернилевский прислал статью из газеты «Рабочий край» г. Иваново о воспитанике Ивановского интердома, сыне известного коммунистического деятеля Италии Луиджи Лонго, а в 1957–1963 гг. – нашего однокурсника Джузеппе Лонго. Окончив вместе с нами физфак МГУ, он стал одним из ведущих физиков-ядерщиков Италии, профессором Болонского университета. И надо же было так случиться, что в конце концов одним из главных его приоритетов в науке стало *раскрытие тайны Тунгусского метеорита*, взорвавшегося 30 июня 1908 г. в нашей Сибири. Напомним, что энергия его взрыва превысила энергию тысячи ядерных бомб, эквивалентных одной из тех, что была сброшена на Хиросиму. Лонго предпринял крупные исследования и несколько раз с начала 90-х годов прошлого века бывал с экспедициями в Сибири, участвовал во всех значительных симпозиумах, форумах и конференциях по данной проблеме.

Он практически доказал, что кратером от падения небесного тела – метеорита или его осколка массой около 15 тыс. тонн, является конусообразное озеро Чеко глубиной 50 метров, расположенное в восьми километрах от ранее «официально» признанного эпицентра катастрофы. Последний раз в сибирской экспедиции Джузеппе Лонго побывал в июле 2009 года. Он, как и прежде, говорит по-русски почти без акцента. А Чернилевский прислал статью из газеты «Рабочий край» г. Иваново о воспитанике Ивановского интердома, сыне известного коммунистического деятеля Италии Луиджи Лонго, а в 1957–1963 гг. – нашего однокурсника Джузеппе Лонго. Окончив вместе с нами физфак МГУ, он стал одним из ведущих физиков-ядерщиков Италии, профессором Болонского университета. И надо же было так случиться, что в конце концов одним из главных его приоритетов в науке стало раскрытие тайны Тунгусского метеорита, взорвавшегося 30 июня 1908 г. в нашей Сибири. Напомним, что энергия его взрыва превысила энергию тысячи ядерных бомб, эквивалентных одной из тех, что была сброшена на Хиросиму. Лонго предпринял крупные исследования и несколько раз с начала 90-х годов прошлого века бывал с экспедициями в Сибири, участвовал во всех значительных симпозиумах, форумах и конференциях по данной проблеме. Он практически доказал, что кратером от падения небесного тела – метеорита или его осколка массой около 15 тыс. тонн, является конусообразное озеро Чеко глубиной 50 метров, расположенное в восьми километрах от ранее «официально» признанного эпицентра катастрофы. Последний раз в сибирской экспедиции Джузеппе Лонго побывал в июле 2009 года. Он, как и прежде, говорит по-русски почти без акцента.

Как же широк, практически необъятен спектр возможностей проявить те знания, умение мыслить и анализировать ситуацию, полученные нами во время учебы на факультете. Спасибо нашим наставникам и педагогам!

В конце заседания в ЦФА выступила Наталья Туманова (выпускница кафедры физики кристаллов) – автор сценария описываемой встречи. Кроме того, Наташа все 10 лет «в курсе» кому, чем и когда необходимо помочь. Материальная поддержка тем сокурсникам и их семьям, кто в этом нуждается, осуществляется за счет взносов на наших встречах. Помогают не только однокашники (кто, конечно, имеет такую возможность), но и сочувствующие. Так, в память о своей бабушке – нашей однокурснице Ксении Большаковой (закончившей кафедру физики низких температур), второй год сдает деньги ее старший внук Саша; сдавали деньги родные ушедшего из жизни в 2012 г. нашего студенческого друга, сотрудника НИИЯФ'а Льва Старостина.

Завершилась встреча дружеским ужином в столовой физфака. Прощаясь, все говорили о следующей встрече через год!

Надеемся, ждем…

Инициативная группа встреч «Выпуска 1963»

P.S. Возможность организации встреч предоставляет нам руководство факультета (аудитории, столовая, своя страничка на сайте). Спасибо тебе, родной ФИЗФАК, за ум, доброжелательность, гостеприимство сегодняшних людей факультета.

Физфаковцы в боях за Советскую Прибалтику

Воловин Алексей Алексеевич
Родился в 1914 г. Москве, после окончания средней школы работал 3 года на Московском домо-монтажном комбинате. В 1935-1941 гг. учился на физфаке. Был призван в Красную Армию в первые месяцы войны. Смертельно ранен под Лиепаей. Командир роты 302 стрелкового полка 29 стрелковой дивизии старший лейтенант коммунист Алексей Алексеевич Воловин скончался от ран 29 октября 1944 г.

Глинер Борис Абрамович
Родился в Одессе в 1921 г. В 1939 г. поступил на физфак, в том же году призван в армию. Адъютант командира 864 стрелкового полка лейтенант 185 стрелковой дивизии коммунист Борис Абрамович Глинер погиб под Нарвой 5 марта 1944 года.

Оршанский Соломон Самуилович
Родился в Москве в 1919 г. В 1937-1941 гг. учился на физфаке. В сентябре 1941 г. ушел на фронт.
Командир стрелковой роты 188 Гвардейского стрелкового полка 63 Гвардейской дивизии Гвардии старший лейтенант коммунист Соломон Самуилович Оршанский погиб 12 марта 1944 г. под Нарвой.

Прозоров Петр Ефимович
Родился в 1910 г. в Туле. В 1929 г. поступил на физико-математический факультет МГУ. В 1934 г. окончил физфак и был зачислен на кафедру теплофизики. Защитил кандидатскую диссертацию, доцент.
Парторг танкового полка капитан Петр Ефимович Прозоров погиб во время ночной атаки под Нарвой 1 мая 1944 г.

Внимательный читатель заметит, что все в вышеприведенном списке — командиры и коммунисты.

Это не случайно.

Не случайно, что физфаковцы стали командирами и коммунистами, не случайно, что они погибли.

В годы Великой Отечественной войны в Красной Армии 80% командиров были коммунистами или комсомольцами. Социальная группа, понесшая самые страшные потери в войне — около половины своих членов — это ВКП(б) — Всесоюзная Коммунистическая партия (большевиков).

По книге В.С Никольского «Памяти вечный огонь». Показеев К.В.

На дальних подступах к Москве

К годовщине разгрома немецко-фашистских захватчиков под Москвой

«Ну, как Столица? как Москва?
Глаза надеждою горели...»
А. Харчиков

Людиновское подполье — подвиг комсомольцев

Зачастую мы о собственном прошлом знаем далеко не все. Мы не знаем людей, которые определенно заслуживают того, чтобы их помнили. Война все дальше и дальше уходит в прошлое, и нынешнее поколение уже без особого скептицизма принимает истории о том, что войну выиграл некий абстрактный «народ».

Но Люди?

Люди должны помнить своих героев.

Людиново — маленький городок на западе Калужской области, на границе с Брянской. Город интересен тем, что в 1841 году здесь были выпущены первые в России рельсы; в дальнейшем, здесь появился крупный паровозостроительный завод, а позже было налажено строительство локомобилей. В 1938 году поселок официально получил городской статус. А 4 октября 1941 г. в город вошел Вермахт. В те времена немецких солдат не считали за освободителей, и рады оккупантам не были. В Людиново были созданы подпольные райкомы партии и комсомола. Сотрудник НКВД сержант госбезопасности В.И. Золотухин организовал партизанский отряд. Желающих сражаться с врагом было немало и среди комсомольцев, и одним из них был 16-летний Алексей Шумавцов. Он устроился работать на локомобильный завод, в то же время активно создавая подпольную организацию.

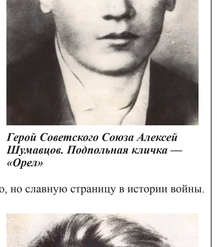
Ядро подполья составили совсем еще молодые, в том числе старшеклассники. Негласному командиру отряда, Алексею Шумавцову, было 16, равно как и Александру Лясоцкому. Анатолию Апатьеву было 17. Зине Хотеевой было 18, Шуре — 19, Тоне Хотеевой — 20 лет. Помимо сестер Хотеевых, в отряде были и другие девушки, к примеру, Римма Фирсова и Мария Вострухина, и все они впоследствии внесли немалый вклад в партизанскую войну.

7 января 1942 г. части РККА вошли в Людиново, но уже десять дней спустя были вынуждены отступить. Партизаны отказались покинуть город. Предстояли двадцать месяцев оккупации. Основная группа отошла в глухие леса, а комсомольцы остались в городе, занимаясь разведывательной и диверсионной работой. Людиново находился недалеко от линии фронта, и поэтому подобные действия представляли для немцев постоянную угрозу. Уничтожение инфраструктуры задерживало и затрудняло перебросу войск, а своевременные донесения помогали РККА быть в курсе действий Вермахта. И комсомольцы внесли свою лепту. Помимо прочего, через Клавдию Азарову, работницу госпиталя, доставали медикаменты и передавали партизанам, равно как и прихваченное у немцев оружие. В организации диверсий приходилось применять смекалку — в частности, комсомольцами был выведен из строя паровоз следующим способом: заряд тринитротолуола был обмазан клеем, облеплен угольной пылью и подброшен в тендер. Другим зарядом, заложенным в выдолбленное полено, был взорван локомобиль. Партизаны-комсомольцы закладывали самодельные мины. Жгли склады с оружием и продовольствием. Не забывали также про агитацию, расклеивая всюду листовки и сводки Софинформбюро.

И все это в условиях жесткого оккупационного режима. За время пребывания немцев в небольшом городке было казнено не менее 300 человек. Город маленький, все друг друга знают, и утаить что-либо сложно. Тем более, что подонков, продавших Родину ради бочки варенья, было не так уж мало. И вот в октябре 1942 года ядро организации было арестовано. Под пытками и истязаниями ни один из партизан никого и ничего врагу не выдал. 6 октября Шумавцова и Лясоцкого вывели в сопровождении карательного отряда в лес в район действий партизан, надеясь заставить последних выдать себя. Однако на месте оказалось лишь двое бойцов, Посылкин и Суровцев, а Шумавцов криками предупредил их об опасности. Алексей Шумавцов и Александр Лясоцкий были расстреляны на месте, тело Шумавцова было обезглавлено. Несколько дней спустя были казнены Анатолий Апатьев, сестры Хотеевы, семья Ляписоцких, семья Рыбкиных. Сам Рыбкин спасся по счастливой случайности — айнзаргруппы халатно подошли к работе, и пулевое ранение оказалось не смертельным.

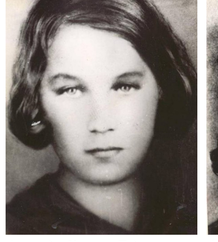
Город Людиново был освобожден Красной Армией только 9 сентября 1943 года. Подвиг же молодых воинов долгое время оставался неизвестным, до тех пор, пока в 1957 году не был арестован на Павелецком вокзале непосредственный участник расправы над партизанами, во время оккупации работавший в полиции некто Дмитрий Иванов. В ходе суда над предателем стали ясны детали партизанской деятельности юных героев-комсомольцев. 10 октября 1957 года Шумавцов, Апатьев, Лясоцкий, Александра и Антонина Хотеевы были удостоены Ордена Ленина посмертно. Клавдия Антоновна Азарова, Виктор Иванович Апатьев, Николай Георгиевич Евтеев были посмертно награждены орденом Красного Знамени. Орден Красного Знамени получила одна из немногих оставшихся в живых партизан — Михаленко (Хотеева) Зинаида Дмитриевна.

Командир партизанского отряда Василий Иванович Золотухин

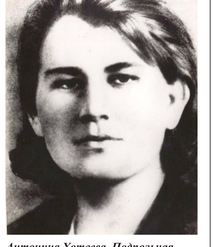


Герой Советского Союза Алексей Шумавцов. Подпольная кличка — «Орел»

Вот так все и узнали про трагическую, но славную страницу в истории войны.



Александра Хотеева. Подпольная кличка — «Отважная»



Антонина Хотеева. Подпольная кличка — «Победа»

Александр Лясоцкий. Подпольная кличка — «Огонь»

Советские люди доказали, на что способны, и не были сломлены. Может быть, результаты действий одного партизанского отряда и не были особо значительны, но таких отрядов существовали тысячи на всей оккупированной территории. В итоге, объединенный общей идеей, советский народ смог выстоять — и победить.

Сейчас появилось модное увлечение — рассматривать старые фотографии и делать выводы о характерах и способностях людей давно ушедших.

Посмотрите на лица этих людей.
И Гитлер хотел их победить?

Показеев К.М.

Олегу Сергеевичу Колотову — 80!

В августе этого года исполнилось 80 лет заслуженному научному сотруднику МГУ, лауреату Ломоносовской премии МГУ, профессору, главному научному сотруднику кафедры общей физики Колотову Олегу Сергеевичу.

Колотов Олег Сергеевич родился 22 августа 1934 г. в г. Георгиевске Ставропольского края. С 1947 г. занимался радиолюбительством.

На физический факультет поступил в 1953 г. Дипломную работу выполнял под руководством доцента Лобанова Ю.М., который поручил ему обеспечить инжекцию электронов в бетатроне короткими импульсами — так, чтобы они на первых оборотах не успели образовать замкнутого кольца. Для этого было необходимо получить импульсы напряжением напряжения с амплитудой ~ 1.5-2 кВ длительностью ≤ 10 нс. Колотов О.С. решил эту задачу самостоятельно, выбрав метод последовательного обострения импульсов с помощью нелинейных усилителей, причём для последовательного соединения усилительных каскадов он впервые применил вместо трансформаторов широкополосные коаксиальные инверторы.

В 1959 г. Колотов О.С. после окончания физического факультета был оставлен в аспирантуре на кафедре ускорителей, где продолжил активно заниматься наносекундной импульсной техникой. В 1961 г. Колотов О.С. переводится на кафедру общей физики, где приступает вплотную к проблеме импульсного перемагничивания пермаллоевых плёнок. Естественно, что к концу срока обучения он не успел набрать материал для диссертации. Тем не менее, к этому времени он опубликовал 14 работ, связанных с формированием импульсов, разработкой скоростных осциллографов и исследованием импульсных свойств пермаллоевых плёнок, а главное — стал единственным специалистом по наносекундной импульсной технике. Поэтому Телеснин Р.В. и Иверонова В.И. обращаются к ректору МГУ академику Петровскому И.Г. с просьбой оставить Колотова О.С. на работе на физическом факультете с предоставлением ему жилья и московской прописки. Эта просьба была удовлетворена. Кандидатскую диссертацию Колотов О.С. защитил в 1965 г., докторскую — в 1980 г.

Колотов Олег Сергеевич — выдающийся физик-экспериментатор, работы которого оказали большое влияние на развитие методов исследования переходных процессов в магнетиках и, в целом, на становление современной магнитодинамики. Ему пришлось решать широкий спектр технических и методических задач, связанных с инициированием переходных процессов, получением информации о характере поведения намагниченности и выяснением причин, на него влияющих. Прежде всего, большое внимание уделялось им формированию электрических, магнитных и световых импульсов. Импульсы необходимы не только для инициирования переходных процессов, но и для регистрации промежуточного состояния исследуемого магнетика. Возникающие при этом требования к длительности импульса (~ 10^{-10}–10^{-4} с), его форме, амплитуде (≥ 10^{2}–10^{4} В) и т.д., как правило, не могли быть удовлетворены при использовании приборов серийного производства. Решить многие из возникающих при этом проблем О.С. Колотову удавалось путём нахождения новых схемных решений. Им впервые изучена возможность применения низковольтных (~ 1–1.5 кВ) искровых обострителей для формирования перемагничивающих импульсов). В 70-х гг. проведены оригинальные исследования влияния вихревых токов на характер установления пространственной конфигурации магнитного поля вблизи полосковых проводников.

Большое внимание уделялось Колотовым О.С. методам исследования поведения намагниченности. В 1964 г. он, вместе с Погожевым В.А. (бывшим тогда его дипломником) создаёт стробоскопический осциллограф с полосой пропускания ≥ 1 ГГц (серийный осциллограф С7-39 с полосой 0.7 ГГц был разработан в 1967 г.). Колотов О.С. много работал над вопросами подавления шумов и наводок.

С 1966 г. Колотов О.С. упорно работает над развитием методов наблюдения неравновесных динамических доменов, возникающих при переходных процессах. Им разработаны оригинальные устройства и схемы, позволившие снизить эффективное время экспозиции прибора до 2 нс, а время установления магнитного поля до 5 нс.

В 1972-76 гг. Колотовым О.С. разработаны первые универсальные установки, позволяющие не только наблюдать динамические домены, но и исследовать поведение суммарной намагниченности. В итоге, только Колотову О.С. удалось провести систематическое и комплексное исследование переходных процессов практически во всех магнитных материалах, разрабатываемых для импульсной техники. К исследованию некоторых из них — например, магнитомягких аморфных плёнок, монокристаллов бората железа — он приступил первым. Это позволило ему решить ряд ключевых задач магнитодинамики. Прежде всего — получена прямая информация о природе основных механизмов импульсного перемагничивания и впервые исследован один из реальных механизмов импульсного перемагничивания.

Колотов Олег Сергеевич — автор открытия №159 (1975 г.) — «Явление разрывов доменных стенок под воздействием магнитных полей».

В последующие годы с помощью универсальных магнитооптических установок Колотовым О.С. обнаружено несколько разновидностей механизма разностороннего вращения (в плёнках пермаллоя, магнитомягких аморфных плёнках и т.д.). Для ряда магнитных материалов решена основная задача магнитодинамики — установлена связь между формой кривой импульсного перемагничивания и реальными механизмами перемагничивания, а также основными свойствами материалов.

Особо следует отметить выполненное Колотовым О.С. исследование влияния магнитоупругого взаимодействия на переходные процессы в монокристаллах бората железа $FeBO_3$. Как известно, взаимодействие магнитной и упругой подсистем кристалла является основным источником потерь энергии при переходных процессах. Колотов О.С. первый обратил внимание на то, что в монокристаллах $FeBO_3$ это взаимодействие проявляется в наглядной и удобной для исследования форме. Действительно, все переходные процессы в этом материале сопровождаются заметными колебаниями намагниченности. Анализ зависимости частоты колебаний от толщины монокристалла и внешнего поля показал, что эти колебания связаны с волной сдвиговых деформаций, распространяющейся вдоль нормали к поверхности кристалла. Анализ же зависимости интенсивности колебаний от внешнего поля, скорости перемагничивания и толщины монокристалла, показал, что при длительности переходного процесса $\tau = \tau^* \leq 15\pm2$ нс наблюдается отставание упругой подсистемы кристалла от магнитной, что приводит к уменьшению потерь энергии и резкому увеличению скорости переходного процесса τ^{-1}. Таким образом, впервые при исследовании переходных процессов в магнетиках был обнаружен реальный канал потерь энергии. Этот канал начинает «отключаться» при длительности переходных процессов $\tau \leq 15$ нс. В последнее время в группе Колотова О.С. обнаружен ещё один канал потерь энергии, который «отключается» при $\tau \leq 3$-4 нс. Природа этого канала уточняется.

Значительное внимание уделяется Колотовым О.С. и изучению колебаний намагниченности гиромагнитной природы. Эти колебания также несут информацию о взаимодействии намагниченности с решёткой. В то же время они являются причиной ограничения быстродействия магнитных материалов. Колотовым О.С. обнаружена интересная возможность демпфирования колебаний в материалах с анизотропией типа «лёгкая плоскость». Первые эксперименты по затуханию свободных колебаний намагниченности в плёнках ферритов-гранатов подтверждают эту возможность.

В настоящее время Колотов Олег Сергеевич продолжает активную научную, педагогическую и научно-организационную работу. Он руководитель госбюджетной научной темы, член диссертационного совета при МГУ, читает лекции по физике переходных процессов в магнетиках, под его руководством защищено несколько десятков дипломных работ и подготовлено девять кандидатов наук.

Желаем Олегу Сергеевичу здоровья, счастья и новых творческих успехов на благо Московского университета!

Коллеги

О профессоре А.П. Сухорукове

Десятого апреля 2014 года ушел из жизни выдающийся советский и российский ученый, лауреат Ленинской, Государственной и Ломоносовских премий, заведующий кафедрой фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова профессор Анатолий Петрович Сухоруков.

А.П. Сухоруков — ученый с мировым именем. Им получены основополагающие результаты в области волновой физики, нелинейной и когерентной оптики, лазерной физики, а также нелинейной акустики и радиофизики. Его работы во многом определили современное развитие этих направлений. А.П. Сухоруков — коренной москвич, познавший все трудности военного детства. После окончания средней школы он поступил в Московский авиационный приборостроительный техникум им. С. Орджоникидзе. Окончив его с отличием, он получил право продолжать обучение в высших учебных заведениях СССР. Успешно сдав вступительные экзамены, А.П. Сухоруков в 1955 году стал студентом физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

В 1961 г. он с отличием окончил кафедру физики колебаний физического факультета МГУ. На эту кафедру он вернулся в 1963 г., поступив в аспирантуру после трех лет работы младшим научным сотрудником в Институте электронных управляющих машин АН СССР.

После окончания аспирантуры А.П. Сухоруков работал на кафедре волновых процессов физического факультета МГУ. В 1967 г. он блестяще защитил кандидатскую диссертацию «Дифракционные пучки в нелинейных средах», выполненную под руководством академика Р.В. Хохлова, а через семь лет, в 1974 г., получил диплом доктора физико-математических наук. Тема его докторской диссертации: «Волновые пучки и импульсы в нелинейных средах».

В 1977 г. Анатолий Петрович стал профессором кафедры волновых процессов. В 1984 г. В.С. Фурсов назначил его заведующим Отделением радиофизики. Победив на альтернативных выборах А.П. Сухоруков в 1989 становится деканом физического факультета. На этом посту он проработал три трудных года. С 1988 г. до самых последних дней жизни А.П. Сухоруков возглавлял кафедру фотоники и физики микроволн. Так теперь называется кафедра, на которую он пришел студентом.

Обширный круг научных исследований А.П. Сухорукова посвящен исследованию самофокусировки волновых пучков в средах с различными механизмами нелинейности. Проведя гидродинамическую аналогию, он впервые получил ряд точных аналитических решений, описывающих ход лучей в нелинейных средах. Им был разработан универсальный метод безаберрационного описания самофокусировки, нашедший широкое применение в научной литературе. Это позволило определить конечное время жизни нелинейного волновода при самофокусировке в релаксационной среде.

В работах по нелинейной оптике нематических жидких кристаллов (НЖК) им впервые была установлена аберрационная природа наблюдавшейся в экспериментах вольцевой структуры самофокусирующегося лазерного пучка. Совместно с коллегами и учениками из ФИАН имени П.Н. Лебедева он обнаружил и описал светоиндуцированный фазовый переход второго рода в НЖК, выявил механизм автоколебаний директора НЖК в непрерывном световом поле.

Другое весьма важное направление исследований А.П. Сухорукова относится к нелинейной оптике атмосферы. Здесь он впервые исследовал целый ряд закономерностей распространения мощных лазерных пучков через прозрачную и облачную среду. Им было предсказано явление самоискривления (самоотклонения) траектории светового пучка в движущейся среде или при его сканировании; выявлены основные свойства тепловой дефокусировки с учетом свободной конвекции. Ему принадлежит цикл пионерских работ по нелинейной адаптивной оптике.

А.П. Сухоруковым была разработана удивительно простая теория лазерного просветления облачной среды на основе введения водности, изменяющейся при лазерно-индуцированном испарении жидких аэрозолей. Практически все последующие работы других авторов следовали этому представлению. Позднее идея индуцированного просветления атмосферы была перенесена А.П. Сухоруковым и его учениками на лазерный фотолиз озона. Это привело к развитию двух новых направлений: нелинейной оптики озоносферы и лазерной фотохимии озона.

А.П. Сухоруков исследовал трехчастотные взаимодействия волновых пучков и пакетов с учетом дифракции и дисперсии. Разработанная им теория позволила понять явление дифракционной некогерентности, выявить дифракционный предел эффективности мощных удвоителей частоты света, сформулировать принцип оптимальной фокусировки, который составляет основу современной техники высокоэффективного преобразования частоты лазерного излучения.

А.П. Сухоруков один из первых развил теорию параметрического взаимодействия и вынужденного рассеяния коротких импульсов с учетом рассогласования групповых скоростей. Он предсказал генерацию гигантского параметрического импульса, имеющего большую амплитуду, чем у волны накачки, и фемтосекундную длительность. Этот эффект и сегодня используется в технике формирования сверхкоротких оптических импульсов.

А.П. Сухоруков открыл новый механизм локализации волновых пучков и импульсов в квадратично-нелинейных средах и предсказал существование параметрических солитонов, обладающих устойчивостью не только в двумерном, но и в трехмерном случае. Эти солитоны, впервые наблюдавшиеся экспериментально в США, открывают принципиально новые возможности для создания оптически управляемых логических элементов обработки информации. Пионерские работы А.П. Сухорукова по теории параметрических солитонов получили мировое признание. Исследование свойств и взаимодействия этих солитонов ведется в десятках лабораторий США, ФРГ, Англии, Франции, Италии, Испании, Дании, Финляндии, Австралии и др.

В последние годы А.П. Сухоруковым получил ряд новых важных результатов в области фотоники. Среди них — открытие уникального свойства полного преобразования энергии накачки в одну волну в параметрических генераторах с кратными частотами, впервые развитая теория формирования параметрических солитонов с малым числом осцилляций и предельно узких векторных пространственных солитонов. Им впервые теоретически и экспериментально исследовано возбуждение неподвижных и медленных 2D- и 3D-солитонов в гидродинамических и радиофизических моделях, изучены особенности возбуждения диссипативных солитонов в резонаторах и брэгговских решетках. В когерентной оптике А.П. Сухоруковым был открыт новый класс сингулярных волн с пространственно-временными дислокациями.

Высокую оценку заслужили его приоритетные работы по теории волноводного распространения в объеме и на поверхности слоистых метаматериалов с отрицательным показателем преломления. В его лаборатории был предсказан, а затем экспериментально подтвержден эффект отражения оптических волн от импульсных лазерных пучков другой частоты в нелинейных средах.

А.П. Сухоруков стоял у истоков нелинейной акустики волновых пучков. Он первым начал разрабатывать теорию дифракции узких пучков в средах без дисперсии и применил ее к описанию параметрических акустических антенн. Важное практическое значение имеют его работы по нелинейной акустике стратифицированных сред при наличии ветра. Им были найдены точные аналитические решения уравнений высокочастотной акустики при произвольном задании распределения фазы и амплитуды на границе источника звука.

А.П. Сухоруков был одним из ведущих лекторов физического факультета МГУ. Им создан и более сорока лет успешно читался годовой общий курс «Теория волн». Написанное им совместно с М.Б. Виноградовой и О.В. Руденко учебное пособие по этому курсу, выдержавшее два издания, стало настольной книгой студентов, аспирантов и научных сотрудников.

Научная школа А.П. Сухорукова «Физика волновых взаимодействий в неоднородных и нелинейных средах» развивает традиции, заложенные в Московском университете академиком Р.В. Хохловым. Среди учеников А.П. Сухорукова более 100 выпускников физического факультета МГУ, 40 кандидатов и 9 докторов наук. А.П. Сухоруков опубликовал более 400 научных статей и книг. В их числе: А.П. Сухоруков «Нелинейные волновые взаимодействия в оптике и радиофизике» (изд. «Наука», 1988); Ю.Н. Карамзин, А.П. Сухоруков, В.А. Трофимов «Численное моделирование в нелинейной оптике» (изд. МГУ, 1990); Ю.К. Алексеев, А.П. Сухоруков «Введение в теорию катастроф» (изд. МГУ, 1995 г.). Большую роль в подготовке высококвалифицированных научных кадров играли проводимые под его руководством ежегодные Всероссийские школы-семинары по волновым явлениям, которые вот уже почти двадцать лет собирают молодых ученых, интересующихся вопросами волновой физики.

А.П. Сухоруков активно работал в редколлегиях ряда научных журналов: «Известия РАН, сер. физическая», "Wave phenomena", «Электромагнитные волны и электронные системы», «Радиотехника и электроника. Электронный выпуск». Около двадцати пяти лет он возглавлял совет по защите докторских диссертаций в МГУ, состоял членом докторского совета при ИОФ РАН им. А.М. Прохорова РАН, работал экспертом в различных научных фондах. А.П. Сухоруков был членом программных комитетов конференций: "ICONO", «Оптика лазеров», «Оптика – XXI век» и целого ряда молодежных научных школ.

За выдающийся вклад в науку А.П. Сухоруков удостоен Ленинской премии (1988), Государственной премии СССР (1984), Ломоносовской премии (2006). Ему присвоены почетные звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» и «Заслуженный профессор Московского университета». Он награжден медалями «Памяти 850-летия Москвы» и «Ветеран труда», почетными знаками «225 лет МГУ» и «250 лет МГУ». Осенью 2013 года за заслуги в области образования и многолетнюю плодотворную работу он был награжден Орденом Дружбы.

А.П. Сухоруков был избран действительным членом Международной академии наук Высшей школы, Российской академии естественных наук, Международной академии инженерных наук. Он являлся действительным членом Российского оптического общества им. С.Д. Рождественского, Американского оптического общества и Международного общества оптических инженеров.

Все, кому посчастливилось лично быть знакомыми с Анатолием Петровичем, навсегда запомнят его как замечательного, разносторонне образованного человека, великого труженика, интересного собеседника, бесконечно влюбленного в нелинейную оптику и лазерную физику. Завершая статью, хочу сказать еще об одном «достижении» Анатолия Петровича. Это его сын — Андрей Анатольевич, известный ученый, активно и плодотворно работающий в области теории распространения лазерных импульсов и солитонов, которого он сумел увлечь, показав красоту и величие нелинейной оптики.

P.S. До самых последних дней А.П. Сухоруков активно работал в программном комитете Международной конференции "Laser Optics", которая успешно прошла в Санкт-Петербурге с 30 июня по 4 июля. Программный комитет этой конференции единодушно поддержал инициативу физиков МГУ, работающих в области оптики лазеров и лазерной физики, об организации специальной сессии, посвященной памяти А.П. Сухорукова. В ней приняли участие ученики, коллеги, друзья Анатолия Петровича, иностранные ученые, с которыми ему довелось встречаться и работать. С докладами выступили профессора МГУ В.А. Макаров (А.П. Сухоруков – выдающийся ученый Московского государственного университета) и А.С. Чиркин (Нелинейная оптика и А.П. Сухоруков), член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник Государственного оптического института Н.Н. Розанов (А.П. Сухоруков и конференция «Оптика лазеров»), профессор Австралийского национального университета Ю.С. Кившарь (Оптические солитоны и самофокусировка света), воспоминаниями поделились ученики А.П. Сухорукова, сотрудники физического факультета МГУ М.В. Комиссарова (Параметрические процессы и солитоны: как предсказания Анатолия Петровича Сухорукова стали сбываться) и Д.О. Игнатьева (Нелинейно-индуцированные структуры в оптике: от полного внутреннего отражения к оптическому бильярду). Выступающие отмечали большой вклад Анатолия Петровича в мировую науку, обаяние его личности, а также влияние, которое он на них оказал. Сессия показала, что Анатолий Петрович долго будет жить в наших сердцах, ведь для человечества личность умирает только тогда, когда о ней забывают, а не тогда, когда обрывается дыхание человека.

*Зав. каф