

# НАУКА В РОССИИ

№ 1 (187)  
2012

**Основы географии возникли в Древнем Египте и Месопотамии, затем были развиты в Древней Греции. В целом же за прошедшие века эта фундаментальная наука вобрала в себя огромный пласт знаний о Земле, особенно во времена Великих географических открытий (XVI-XVIII вв.) и в эпоху познания малодоступных уголков разных континентов (XIX – первая половина XX в.). Но каково ее место сегодня? И нужна ли она, когда в основном все природные объекты, существующие на нашей планете, известны, а ее поверхность постоянно « наблюдает» множество космических аппаратов? Однако работы современных специалистов доказывают: у этой науки большие перспективы.**

Редакция осуществляет продажу отдельных номеров журнала и подписку на него

Адрес редакции: 119049,  
Москва, ГСП-1,  
Мароновский пер., 26.  
Тел./факс: 8-499-238-43-10  
[www.ras.ru](http://www.ras.ru)

Издательство «Наука»: 117997,  
ГСП-7, Москва, В-485,  
Профсоюзная ул., 90

ОАО «Типография «Новости»,  
105005, Москва, ул. Ф. Энгельса, 46

Свидетельство о регистрации № 014399 от 26.01.1996 г.

Подписано в печать 012.01.2012.  
Заказ № 2813

© Российская академия наук,  
Президиум,  
«Наука в России», 2012



## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

**Ефанов В., Мартынов М., Пичхадзе К.**

Космические роботы для научных исследований ..... 4

**Сенин И.** Биосенсоры в фармакологии ..... 15

**Сиренко Б., Гагаев С.**

Под ледяным покровом Южного океана ..... 23

### ТЕХНИКА XXI ВЕКА

**Хализева М.**

«Радиоастрон» приблизит дальний космос ..... 33

**Малыгина М.** «Сосудистый» лазер в дермотологии ..... 40

### МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

**Латыпов Ю.** Наша задача –

спасти коралловые рифы ..... 44

### ТОЧКА ЗРЕНИЯ

**Никишин А.** Геологическая история Земли ..... 53

### У НАС В ГОСТЯХ

**Матишов Г., Балыкин П., Пономарева Е.**

Рыболовство и аквакультура России ..... 64

**Котляков В.** География – одна из основ

современного естествознания ..... 72

### ИСТОРИЯ НАУКИ

**Кулаков В.**

Античная традиция в искусстве эпохи Меровингов ..... 83

### ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

**Базанова О.** Купеческая столица Прикамья ..... 89

**Счастливцев В., Родионов Д., Хлебникова Ю.**

Тайны златоустовского металла ..... 97

### ПУТЕШЕСТВИЯ ПО МУЗЕЯМ

**Силкин И.** Эффект резонанса ..... 105

### ПАНОРAMA ПЕЧАТИ

«Союз» стартует с экватора ..... 12

Диагностировать рак поможет молибден ..... 20

Лазерные диоды –

перспективные источники излучения ..... 38

Новые технологии береговой защиты ..... 51

Освоение Удоканского месторождения ..... 61

Проблемы современного леса ..... 81

# ЭФФЕКТ РЕЗОНАНСА

---

Игорь СИЛКИН,  
директор Музея-лаборатории Е.К. Завойского  
Казанского (Приволжского) федерального университета  
(г. Казань, Республика Татарстан)

---

**В 1994 г. на Международном амперовском конгрессе, посвященном 50-летию открытия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), в Казанском государственном университете, где проходил форум, организовали выставку физических приборов XIX – начала XX в.**

**Среди них был уникальный экспонат – действующая установка для наблюдения эффекта поглощения радиочастотного поля в веществе, описанная в докторской диссертации выдающегося физика-экспериментатора Евгения Завойского.**

**С ее помощью в 1944 г. он сделал пионерское открытие, положившее начало новой быстроразвивающейся области современной физики – магнитной радиоспектроскопии.**

**Представленные материалы вызвали неподдельный интерес российских и зарубежных участников, предложивших создать в этих стенах Музей-лабораторию.**

**И спустя 3 года руководство вуза выделило для этого аудиторию № 253 (ныне № 246), где и был открыт ЭПР.**

**Д**ля Казанского университета имя Завойского\* в физике так же значимо, как имя Николая Лобачевского – создателя неевклидовой геометрии в математике (1826 г.) и теории строения органичес-

\*См.: В. Попов. Первооткрыватель парамагнитного резонанса. – Наука в России, 2008, № 6 (прим. ред.).

ких соединений (1861 г.), Александра Бутлерова в химии, языковеда-словиста Ивана Бодуэна де Куртенэ в филологии. Академик (с 1964 г.), лауреат Сталинской (1949 г.) и Ленинской (1957 г.) премий, Герой Социалистического Труда (1969 г.), Завойский родился в 1907 г. в г. Могилеве-Подольском Винницкой



**Академик Евгений Завойский  
в домашней библиотеке. 1957 г.**

Его формирование началось задолго до упомянутого Международного амперовского конгресса. В 1975 г. по инициативе Завойского из Москвы в Казань перевезли его самодельные установки и измерительные приборы конца 1950-х годов. Оборудование, использованное им для поиска сигналов ядерного магнитного резонанса весной 1941 г., и установка по электронному парамагнитному резонансу 1943-1944 гг., на которой экспериментатор впервые наблюдал это явление, были утрачены. Профессор Семен Альтшуллер (член-корреспондент АН СССР с 1976 г.), в ту пору заведующий кафедрой магнитной радиоспектроскопии, предложил мне, студенту физико-математического факультета, заняться их реконструкцией. Понимая, что данная задача невыполнима без подробного изучения дневниковых записей и воспоминаний сотрудников Евгения Константиновича, его личных документов и архива университета, детального знания аппаратуры того времени, он посоветовал мне вначале изучить научную деятельность Завойского в стенах Казанского университета и историю ЭПР.

С того момента и началась кропотливая, длившаяся 15 лет работа по поиску электро- и радиоизмерительных приборов 1930-1940-х годов, сбору материалов о жизни ученого в библиотеках, архивах и музеях, научно-исследовательских институтах и образовательных вузах, в частности в фондах Казанского университета, Академии наук Республики Татарстан и ее Национальном архиве, Институте физических проблем им. П.Л. Капицы (Москва), Академии наук СССР.

Удалось разыскать редкие вещи: использованный Завойским в 1943-1945 гг. усилитель низкой частоты, входящий в состав американского профилометра Аббота — прибора, предназначенного для оценки шероховатости поверхностей, осциллограф «Триумф», участвовавший в экспериментах 1946-1947 гг. Были обнаружены и другие приборы, применявшиеся, как свидетельствовали исторические материалы, преподавателем Казанского университета Завойским во время чтения лекций по физике. Поиск подлинной аппаратуры, на которой он работал, шел не только в университете, но и в авиационном, медицинском, педагогическом, сельскохозяйственном, ветеринарном институтах Казани, городской школе №131, на авиационном заводе №16, а также у частных коллекционеров.

Параллельно формировалась библиотека из личных книг физика, а также литературы, упоминавшейся в архивных записях. Собраны воспоминания коллег и современников, в частности, профессоров Казанского государственного университета Бориса Козырева (член-корреспондент АН СССР с 1968 г.) и Семена Альтшуллера — вместе с ними Завойский исследовал физические и химические воздействия ультракоротких волн (УКВ) на вещество. Особое место в собрании заняли воспоминания родственников — дочери ученого Наталии и брата Вячеслава.

области (Украина). С Казанью — городом на Волге — у него связаны почти сорок лет жизни. Сюда он переехал с семьей в августе 1908 г., затем учился в трехклассном начальном училище (1915-1917 гг.) и в новой Зареченской школе №10. Среднее образование продолжил в г. Слободском на реке Вятке, куда семья переехала после смерти отца Константина Ивановича. В 1925 г. Завойский вернулся в Казань и в 1926 г., окончив девятилетку, поступил в один из старейших в России, основанный в 1804 г. императором Александром I, Казанский университет. Студент, аспирант, кандидат, доктор физико-математических наук, первооткрыватель явления электронного парамагнитного резонанса — таким был завершающий этап казанского периода его научной деятельности, каждый шаг которого отражен в многочисленных экспонатах, архивных документах и материалах мемориальной лаборатории. Подчеркнем: среди нескольких музеев, работающих в Казанском университете — истории, химической школы, астрономии, этнографического, археологического, геологического, зоологического, ботанического, — Музей-лаборатория Е.К. Завойского самый молодой.

**Казанский (Приволжский)  
федеральный университет.  
2000-е годы.**



**Экспозиция  
Музея-лаборатории  
Е.К. Завойского  
и его директор Игорь Силкин.**

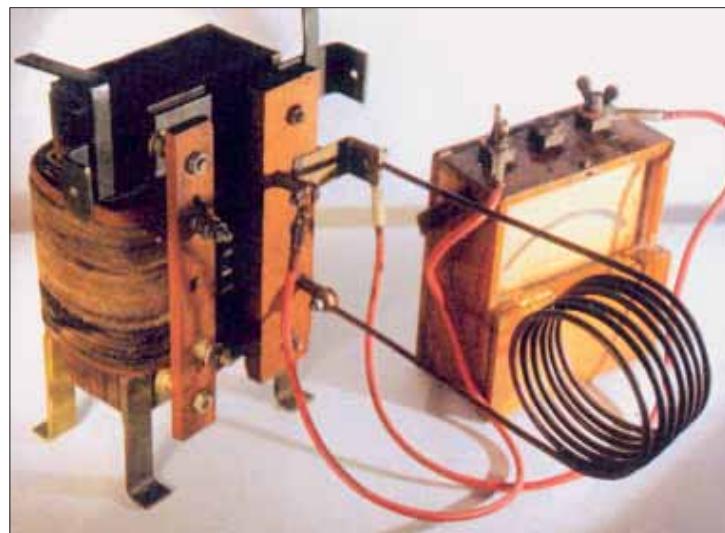
По результатам поисковых работ были подготовлены выставки и публикации, в том числе доклады, неоднократно представлявшиеся на конференциях и ежегодных чтениях памяти Завойского.

Открытие музея состоялось 28 сентября 1997 г. – в день 90-летия со дня рождения академика. Примечательно: интерьер помещения достоверно повторяет обстановку 1930–1940-х годов, восстановленную по записям тех лет. Реконструировано не только лабораторное оборудование, но и старый дубовый паркетный пол, окна, двери, стены, потолок, светильники. Сама же экспозиция дает представление о том, как ученый шел к главному событию своей жизни. Была также составлена хронологическая таблица с детальным (по дням) отражением его научной деятельности с 1926 по 1947 г.

Напомним некоторые важные вехи на пути к открытию. Научными экспериментами Завойский занимался с детства. «Я собрал свой первый электрический звонок и электрическую машину трения, когда мне было семь лет, еще не научившись читать, – вспоминал он. – А потом началось страстное увлечение радиолюбительством».

В школьном кружке г. Слободского он постигал основы радиотехники. Там же собрал первый детекторный приемник, посещал строявшуюся радиостанцию для приема и передачи телеграмм в Вятку. Вернувшись в Казань, продолжил заниматься любимым делом: собрал довольно мощный ламповый приемник и установил для него на крыше дома антенну.

В последних классах школы накопил изрядные знания по физике и радиотехнике, поэтому твердо решил



*Устройства, использованные Евгением Завойским в ЯМР- и ЭПР-экспериментах:  
постоянный магнит Дюбуа и соленоид, в который помещалась катушка радиочастотного генератора  
с образцом, питаемым от сварочного аппарата.*

поступать на физико-математическое отделение Казанского университета. Будучи студентом второго курса, получил патент на изобретение «Устройство для управления механизмами на расстоянии», состоящее из параллельных дисков, снабженных электрическими контактами. Суть новшества заключалась в следующем: по радиосигналу включался часовой механизм или электродвигатель, он поворачивал диски один относительно другого на определенный угол, зависящий от длительности сигнала. В это время контакты приходили в соприкосновение, и команда через систему рычагов и электромагнитов передавалась на исполнительный механизм.

Занимаясь Завойский и другими работами: сделал секретный телеграф и автоматический ключ к нему, аппарат для передачи и приема цветных неподвижных изображений по радио и проводам, проводил опыты с селеном и ртутью для создания усилителя радиосигналов. Экспозиция с его школьными и студенческими приборами сейчас находится в разработке.

Первый серьезный научный труд молодого ученого «К вопросу о газоэлектрических аналогиях» был опубликован в мае 1929 г. в журнале «Вестник студенческого физико-математического кружка им. Н.И. Лобачевского» при Казанском университете. Цель работы состояла в том, чтобы обнаружить газодвижущую силу для контакта жидких тел, точнее, таких пар, как водакеросин и вода-растительное масло. Это были попытки самостоятельного исследования явления, обнаруженного в начале 1920-х годов известным советским физиком Иосифом Косоноговым (академик АН УССР с 1922 г.). Но Завойский пошел дальше: он рассмотрел эффект не только для твердых, но и для жидких тел. Его труд высоко оценил заведующий кафедрой физики профессор Всеволод Ульянин (1863-1931).

По окончании в 1930 г. Казанского университета Евгений поступил в аспирантуру и был направлен в Ленинград,

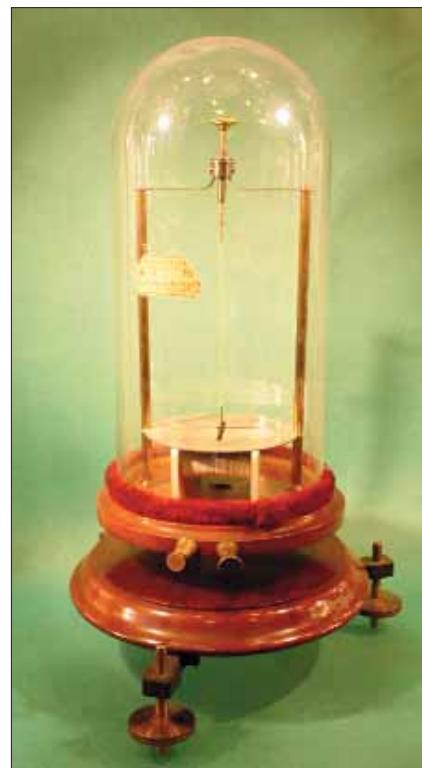
в Центральную радиолабораторию, где изучал суперрегенеративный радиоприемник в лаборатории ультракоротких волн у профессоров Георгия Островского и Николая Циклинского. Параллельно (совместно с сотрудником лаборатории Петром Винниковым) трудился над синхронным генератором УКВ. Эти работы легли в основу аспирантской диссертации «Исследование суперрегенеративного эффекта и его теория», защищенной в 1933 г. К сожалению, подлинник пока не найден, но по черновикам и рецензии профессора Александра Шипчинского диссертация была восстановлена.

После защиты Евгения Константиновича назначили исполняющим обязанности заведующего кафедрой физики Казанского университета. В организованной им УКВ-лаборатории он исследовал явление поглощения электромагнитного поля веществом, используя так называемый метод «сеточного тока». Речь шла об изменении тока сетки и анода при нагрузке колебательного контура генератора, в который помещалось исследуемое вещество. В Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта (Республика Татарстан), в помещении меридианного круга, был найден один из самодельных ультракоротковолновых генераторов, с помощью которого ученый и проводил в 1936 г. эти опыты. Теперь находка стала одним из наших музеиных раритетов.

Экспериментальную деятельность Завойский органично сочетал с преподавательской. Под его руководством в университете заново создали физический практикум, открыли новые лаборатории. Некоторые экспонаты, закупленные в то время — квадрантный электрометр Долезалека для измерения электрического потенциала, астатические гальванометры Нобили, газоразрядная трубка Фарадея, выпущенные немецкими, французскими и английскими фирмами, — теперь хранятся в музее.



*Квадрантный электрометр  
Долезалека (1895 г.).*



*Астатический  
гальванометр Нобили (1920 г.).*

Получив в 1938 г. степень кандидата физико-математических наук, Завойский стал трудиться над докторской диссертацией «Экспериментальное и теоретическое исследование некоторых явлений в электрических и магнитных полях высокой частоты», где хотел обобщить практически все предыдущие работы по этой тематике. Однако защитить ее ему не удалось по невыясненной до сих пор причине.

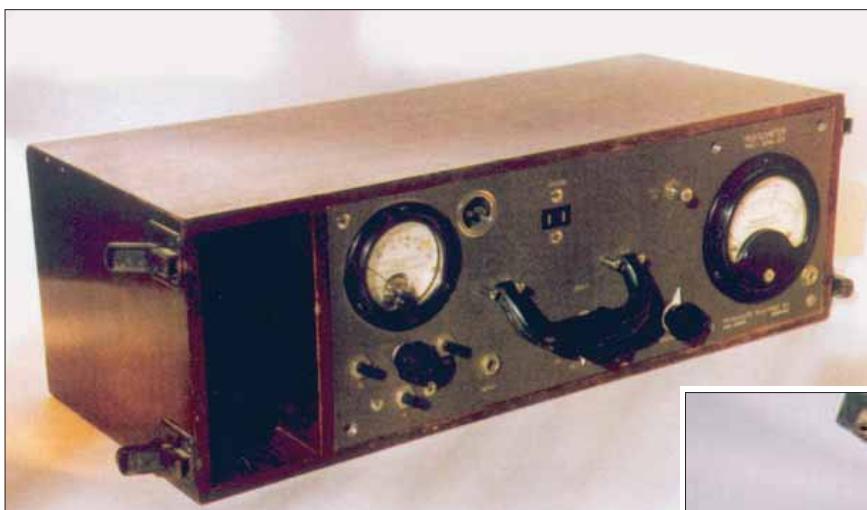
В 1941 г. он расширил диапазон используемых частот, все более углубляясь в проблему поглощения электромагнитных радиоволн веществом. Отметим, это явление физики начали интенсивно изучать в начале 1930-х годов. Основные труды принадлежали зарубежным коллегам Корнелиусу Гортеру (Нидерланды), Исидору Раби (США) и другим. Причем особый интерес Завойский проявлял к работам Гортера, использовавшего в поисках ядерного парамагнитного резонанса колориметрический (тепловой) метод. Но голландцу так и не удалось получить нужных результатов. Евгений Константинович, стремясь обнаружить ядерный магнитный резонанс (ЯМР), решил применить разработанный им более чувствительный метод «сеточного тока».

В материалах Государственного архива Республики Татарстан были обнаружены отчеты о работе кафедры физики за 1941 г. с отметками о начале экспериментов в этой области. Сохранилась и тетрадь ученого с их записями, датируемыми весной-летом 1941 г. Можно однозначно сказать: уже тогда он предпринимал попытки обнаружить ЯМР. Однако начавшаяся в 1941 г. Великая Отечественная война заставила Завойского

свернуть тему и переключиться на оборонные задачи. Так он попал в лабораторию Владимира Аркадьевича (член-корреспондент АН СССР с 1927 г.), где изобрел новый излучатель ультрагерцовых волн.

Только в конце 1943 г. Завойский вновь вернулся к поиску ЯМР. Удалось установить: в том же году Казанский университет выдвинул его в Сталинскую докторантуру, но Москва не утвердила это предложение. Любопытное совпадение: именно в день отказа он возобновил работу по определению магнитных моментов атомных ядер, применяя более чувствительную аппаратуру и метод модуляции. В начале 1944 г. в слабых магнитных полях ( $\sim 10$  Э) при длине волны радиочастотного поля 30 м (10 МГц) он обнаружил сигналы резонанса, хотя частоты и поля не совпадали с показателями ЯМР. При обсуждении проблемы с тогдашним заведующим кафедрой физики Казанского университета Яковом Френкелем (член-корреспондент АН СССР с 1929 г.) в ходе дискуссии они пришли к согласию: в данном случае они наблюдали явление электронного парамагнитного резонанса. Удалось установить точную дату наблюдения эффекта — 21 января 1944 г.

Весной 1944 г. ученым написал докторскую диссертацию «Парамагнитная абсорбция в перпендикулярных и параллельных полях для солей, растворов и металлов» и в конце июня направил ее в Москву. «Доцент Казанского Гос. Университета Евгений Константинович Завойский по своей научной квалификации давно уже перерос степень кандидата физико-математических наук, а по своему педагогическому опыту — скром-



*Профилометр Аббота  
для усиления сигналов ЭПР.*

*Реконструированная модель  
осциллографа, на котором  
Евгений Завойский впервые  
записал сигнал ЭПР.*



ное звание доцента, — писал Френкель. — Он является талантливым физиком, с очень большой эрудицией в различных областях экспериментальной и технической физики (особенно в радиофизике и теории колебаний), способным разрешать, подчас при наличии очень ограниченных средств, чрезвычайно сложные экспериментальные проблемы.

О незаурядном экспериментальном искусстве Завойского красноречиво свидетельствует его докторская диссертация, в которой описывается разработанный им метод измерения магнитных потерь путем реакции на генератор высокочастотных колебаний — метод, в сотни раз более чувствительный, чем те, которые применялись ранее, и который позволил автору получить новые чрезвычайно интересные экспериментальные результаты, касающиеся магнитных свойств атомов, ионов и электронов в парамагнитных телах».

В конце декабря 1944 г. исследователя пригласили на сессию Всесоюзного научного совета по радиофизике и радиотехнике при Отделении физико-математических наук АН СССР, проходившую в конференц-зале московского Физического института АН СССР (ФИАН). Однако, по имеющимся документам, участники форума не поняли и не приняли его сообщение о парамагнитной релаксации, аргументируя тем, что «этого не может быть». Тогда директор Института физических проблем АН СССР, лауреат Нобелевской премии 1978 г., академик Петр Капица предложил Евгению Константиновичу провести опыты у него, что тот и сделал перед защитой, состоявшейся 30 января 1945 г. в ФИАНе. Именно эти удачные московские эксперименты, позволившие получить четко идентифицированные линии ЭПР, первыми попали в 1945 г. в печать, поэтому создалось мнение, что Завойский открыл ЭПР в Москве.

Вернувшись в Казань, он продолжил свои исследования. В последней работе этого периода «К теории парамагнитной релаксации в перпендикулярных полях», опубликованной в 1947 г., где анализировались

данные для солей  $Mn^{2+}$  и  $Cr^{3+}$  в кристаллическом состоянии и растворах, полученные на разных частотах, он вместе с Козыревым и Альтшулером пришел к важному заключению: ширина линии парамагнитного резонанса в первую очередь определяется магнитными диполь-дипольными взаимодействиями и может трансформироваться под влиянием обменных сил и расщепления спиновых уровней парамагнитных ионов в электрическом поле окружающих частиц.

В августе 1947 г. Завойского по решению ЦК КПСС направили на постоянную работу в Москву, а затем — в сверхсекретный ядерный центр Арзамас-16\* Горьковской области для участия в создании атомного оружия. Но инициированное им направление продолжили его коллеги в Казани. Здесь, в частности, впервые наблюдали парамагнитный резонанс в свободных радикалах, а позднее открыли влияние ядерного спина (количества движения) парамагнитного атома на линии ЭПР.

Осенью 1956 г. Ученый совет Института физических проблем выдвинул работы Завойского 1944–1945 гг. на Ленинскую премию. Представление, подписанное Капицей, завершалось словами: «Открытие парамагнитного резонанса является одной из наиболее круп-

\*См.: В. Лукьянов. Саровский «ядерный эрмитаж». — Наука в России, 2009, № 3 (прим. ред.).

**Евгений Завойский.**  
**Берегите лес от огня.**  
 Пастель. 1960- е годы.  
 Музей-лаборатория  
 Е.К. Завойского.



**Евгений Завойский.**  
**Окно. Вечерняя абстракция.**  
 Пастель. 1960- е годы.  
 Музей-лаборатория  
 Е.К. Завойского.



ных работ, оказавших существенное влияние на развитие физики послевоенного времени».

22 апреля 1957 г., на следующий день после того, как в печати появилось правительственные сообщение о присуждении премии, Петр Леонидович направил Завойскому телеграмму: «Дорогой Евгений Константинович, сердечно поздравляю с Ленинской премией, отмечающей Ваше крупное открытие, которое должно было получить официальное признание уже много лет

назад. Желаю успехов в работе. Искренне Ваш Капица». Позже Капица писал, что «открытие Завойского с лихвой тянет на Нобелевскую премию». Четверть века спустя, 23 июня 1970 г., открытие внесли в государственный реестр с приоритетом от 12 июля 1944 г. Эту дату и считают официальным «днем рождения» ЭПР. Сейчас эффект широко применяют в физике, химии, медицине и биологии как один из самых распространенных методов исследования вещества.



**Евгений Завойской.**  
**Осенний лес. Акварель.**  
**1960- е годы.**  
**Музей-лаборатория**  
**Е.К. Завойского.**

К сожалению, оригинальная установка, на которой впервые наблюдались сигналы ЭПР, не сохранилась, поэтому сотрудники музея восстанавливали ее по лабораторным тетрадям и диссертации Завойского. Теперь это один из главных действующих экспонатов, поражающих специалистов своей простотой. Установка состоит из сварочного трансформатора, в цепь которого включены катушка соленоида и амперметр Гартмана-Брауна, автодинного генератора (автоколебательного устройства), усилителя низкой частоты от профилометра Аббота и осциллографа. Исследуемое вещество помещают в катушку индуктивности генератора, затем вводят во внешнее магнитное поле, создаваемое соленоидом. Его электроны «откликаются» поглощением энергии только свойственной им частоты. Полученный сигнал подается на усилитель и далее на осциллограф.

Нельзя не упомянуть еще об одной особенности личности Завойского, проявившейся уже в зрелые годы, когда он стал академиком, — о страсти к рисованию. По признанию самого Евгения Константиновича, он всегда любил наблюдать за игрой света и тени от предметов, за их причудливым и безмолвным движением, ему нравилось изображать тени, отбрасываемые настольной лампой. Тринадцать его акварельных и пастельных работ и рисунков, составляющих значимую часть коллекции, характеризуют ученого как тонкого, глубоко чувствующего многообразие мира человека.

Наш музей профильный, он привлекает внимание посетителей, интересующихся главным образом историей физики. Его хорошо знают отечественные и зарубежные специалисты. Здесь бывали ученые с мировыми именами: автор полуфеноменологической теории сверхпроводимости, лауреат Нобелевской премии 2003 г., академик Виталий Гinzбург (Россия), автор от-

крытия сверхпроводимости в керамических материалах, лауреат Нобелевской премии 1987 г., иностранный член РАН с 1994 г. Карл Алекс Мюллер (Швейцария), один из столпов в области изучения биологических систем с помощью радиоспектроскопических методов, президент-основатель Европейского общества ЭПР Клаус Мёбиус (Германия). Постоянные гости лаборатории — студенты, аспиранты Казанского университета. Для них Евгений Константинович — лучший пример вдохновенного и изобретательного ученого, в тяжелейших условиях военного времени открывшего фундаментальное явление, имеющее эпохальное значение для физики и всех естественных наук.

И последнее. С 1991 г. в столице Татарстана проходит вручение Международной премии имени Е.К. Завойского за научные достижения в области магнитного резонанса, учрежденной Казанским университетом, Казанским физико-техническим институтом, Академией наук Татарстана и издательством «Шпрингер-Ферлаг» (г. Вена — г. Нью-Йорк). По традиции ее обладатели посещают наш Музей-лабораторию. Одна из записей, оставленных в Книге почетных гостей лауреатом премии Е.К. Завойского Клаусом Мёбиусом (1994 г.), директором Института исследования полимеров им. Макса Планка (г. Майнц, Германия) Хансом Вольфгангом Шписсом (2010 г.), а также представителями американских университетов Алабамы и Аризоны, заканчивается словами: «Экспонаты напоминают нам о том, что научное знание и вдохновение движут технологиями!».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 11-06-00251-а.

Иллюстрации предоставлены автором