



ДЖАГАДИС ЧАНДРА БОЗЕ
(1858 — 1937)

из истории физики

ДЖАГАДИС ЧАНДРА БОЗЕ
(К столетию со дня рождения)

О. А. Лежнева

Знаменитый индийский физик и физиолог, один из основателей современной биофизики, Джагадис Чандра Бозе был первым индийским естествоиспытателем, завоевавшим мировую славу и сделавшим ее орудием борьбы за дальнейший научный прогресс своей родины. Он вырос в бенгальской семье, рано воспринявшей европейскую культуру, но верной национальным интересам своего народа. Как известно, именно в Бенгалии получило первоначальное оформление национально-освободительное движение, приведшее в 1947 г. к завоеванию Индией политической независимости.

Джагадис Чандра Бозе родился 30 ноября 1858 г. в селении Рарукхал области Дакка (по другим сведениям — в г. Майменсингх) в Восточной Бенгалии.

Получив начальное образование на родном языке в г. Фаридпуре, куда вскоре переехала его семья, Бозе поступил в английский колледж Сент-Кавье в Калькутте, где проявил большой интерес к естествознанию и особенно к физике. Двадцати лет, получив степень бакалавра искусств, он, несмотря на материальные затруднения (благодаря поддержке, оказанной ему матерью), смог поехать в Англию продолжать образование. Вначале он изучал медицину в Лондонском университете, а в 1881 г. поступил в Кембриджский университет (Крайстс'колледж), где занимался физиологией, эмбриологией, ботаникой, химией и физикой (под руководством Рэлея). Получив степень бакалавра естественных наук, 25-летний Бозе вернулся в Калькутту и после продолжительного сопротивления английской администрации был назначен профессором физики Президенси Колледжа (1885 г.). Очень скоро он приобрел значительную популярность как лектор и затем, преодолевая огромные трудности в приобретении и изготовлении физических приборов осуществил серию выдающихся исследований свойств электромагнитных волн.

В те годы в физике с энтузиазмом обсуждались опыты Г. Герца, доказавшие существование предсказанных теорией Максвелла электромагнитных волн и убеждавшие в справедливости электромагнитной теории света. Если в 70—80-х гг. электродинамика Максвелла рассматривалась только как один из возможных вариантов и экспериментальной проверкой ее выводов занимались единицы (Л. Больцман, представители московской школы А. Г. Столетова — Н. Н. Шиллер, П. А. Зилов, Р. А. Колли), то теперь она стала всеобщим достоянием. Открылся путь к реализации

заложенных в ней возможностей для дальнейшего развития физики и техники. И вот, несмотря на конкуренцию со стороны многочисленных физиков, работавших с лучами Герца в первоклассных физических институтах Европы, Бозе сумел сказать новое слово и вызвать восхищение таких физиков как Кельвин, Лодж, Пойнティング, Стокс, Липшман и другие.

В *Journal of Asiatic Society of Bengal (Calcutta)* и *Proceedings of Royal Society of London* в 1895—1900 гг. были опубликованы несколько статей Бозе и два доклада, посвященных опытам с короткими электромагнитными волнами. Особенно большое внимание привлек доклад, произнесенный Бозе в 1896 г. на заседании Британской Ассоциации в Ливерпуле — «О полном приборе для изучения свойств электрических волн»¹. Тогда же Бозе была присуждена докторская степень и группа английских физиков обратилась к правительству с проектом создания в Президентском Колледже хорошо оборудованной физической лаборатории. Проект этот был осуществлен через 18 лет, за год до ухода Бозе из колледжа².

Указанная группа исследований Бозе заслуживает внимания, с одной стороны, как вклад в совершенствование экспериментальной техники изучения электромагнитных волн и с другой стороны, как доказательство того, что молодая индийская физика начала свою историю с исследования весьма важных для того времени проблем, связанных с начальным этапом истории развития радио.

Применение металлических решеток позволило Герцу, работавшему с волнами метрового диапазона, получить поляризованные электромагнитные волны, но чтобы завершить доказательство общности свойств лучей Герца и света, нужно было показать, что они испытывают двойное преломление в кристаллах в соответствии с законами оптики.

Осуществление опытов Бозе было связано с конструированием источника миллиметровых волн и повышением чувствительности детектора. Самые короткие из полученных Бозе волн имели длину 6 мм*) но, ввиду малой мощности, он работал преимущественно с волнами длиной около 2 см.

Излучатель Бозе представлял собой сильно уменьшенный искровой генератор Герца с некоторыми существенными усовершенствованиями. Между двумя платиновыми шариками ($d = 2$ мм), соединенными с концами вторичной обмотки небольшой катушки Румкорфа, помещался третий платиновый шарик ($d = 8$ мм), так что оба искровых промежутка имели длину 0,3—0,5 мм. Прерыватель не применялся. Простое замыкание первичной цепи вызывало достаточно длительный для целей опыта колебательный процесс во вторичной цепи, куда был включен конденсатор в виде длинной полоски парафинированной бумаги, покрытой с противоположных сторон тонкой фольгой и намотанной на вторичную обмотку катушки. Катушка была заключена в два футляра — железный и медный, чтобы на приемник не воздействовали возмущения, возникающие при размыкании первичной цепи. Снаружи в специальной трубке устанавливался вибратор. Повышение чувствительности когерера Лоджа достигалось заменой металлических опилок стальными спиральными пружинками ($d = 2$ мм, $l = 4—5$ мм) из проволоки диаметром 0,2 мм. Это усовершенствование

¹) Волны рекордно-короткой для той эпохи длины (0,3—0,6 см) были получены П. Н. Лебедевым (1895 г.), доказавшим существование двойного лучепреломления в кристаллах ромбической серы, а волны, лежащие в интервале между инфракрасным излучением и радиоволнами, впервые были получены А. А. Глаголовой-Аркадьевой (1922 г.) и М. А. Левицкой (1924 г.).

и применение экранирования заключали в потенции элементы радиотехнического прогресса, но сам Бозе не рассматривал свои опыты с этой точки зрения. Он не заботился о методах автоматического восстановления чувствительности когерера, работая с единичными сигналами. В некоторых случаях сигналы передавались на значительные расстояния через стены зданий. Именно демонстрация опытов Бозе осенью 1896 г. заставила Маркони объявить через Приса о своих результатах, хотя и без опубликования схемы приемника, которая, как известно, оказалась тождественной с опубликованной в январе 1896 г. схемой А. С. Попова. В дальнейшей работе над улучшением нового средства связи Попов учитывал результаты Бозе. В 1900 г. в «Программе чтений о телеграфировании без проводов» для Минных офицерских классов стоял пункт: «Опыты с весьма малой длиной волны. Опыты Ш. Бозе и П. Н. Лебедева»³.

Изучая двойное лучепреломление миллиметровых и сантиметровых волн, Бозе применял ряд кристаллов различных систем и подтвердил экспериментально, что все кристаллы, не принадлежащие к правильной системе, поляризуют электромагнитное излучение. Большая часть кристаллов были непрозрачны для видимого света и не могли применяться в оптических опытах. Экспериментируя с кристаллами, имеющими волокнистую структуру (немалит, кризотил), Бозе установил, что они пропускают колебания, перпендикулярные к направлению волокон, и поглощают параллельные ему и установил связь этого явления с различными величинами электрического сопротивления этих кристаллов в различных направлениях: «направление поглощения является одновременно и направлением наибольшей проводимости»⁴.

Бозе изучал также поляризующее действие таких волокнистых материалов, как джут, волос, шерсть, шелк. Две его работы посвящены поляризующему действию диэлектриков, испытывающих механическое сжатие (1895), закручивание (1898), и диэлектриков, подвергнутых предварительно неравномерному расширению соответствующей термообработкой.

Отдельные исследования Бозе посвящены отражению (1897), преломлению (1896) электромагнитных волн, определению длины волны с помощью дифракционной решетки (1897).

К 1900 г. научные интересы Бозе получили новое направление. Свой блестящий талант физика-экспериментатора он посвятил исследованию труднейших проблем физиологии растений. При этом он был воодушевлен идеей единства природы и старался найти общие черты в реакциях живой и неживой природы на различные воздействия. Эти новые интересы возникли у Бозе при исследовании свойств когереров. Составив цепь из когерера, гальванометра и источника э.д.с., он отмечал увеличение силы тока под действием электромагнитного импульса. Во время этих опытов Бозе столкнулся с явлением усталости. Его поразило сходство процесса потери и восстановления чувствительности когерера с реакциями живых тканей на различные раздражения. Первоначально Бозе правильно объяснял действие когерера как следствие изменения контактной проводимости, т. е. как поверхностный эффект, но затем, получив аналогичные результаты с проволоками, выдвинул гипотезу о изменении внутреннего молекулярного строения металла под действием электромагнитной волны.

На Международном конгрессе физиков в Париже в 1900 г. Бозе выступил с докладом «Об общности молекулярных явлений, производимых электрическими возбудителями в неорганической и живой материи», в котором указал на сходство кривой изменения проводимости ферромагнитного магнетита и кривой сокращения мышцы⁵. Бозе построил несколько

физических моделей ретины и выяснил с их помощью некоторые неясные моменты теории зрения. В то время как физики встретили новые исследования Бозе с неменьшим интересом, чем чисто физические (по инициативе Рэлея и Дьюара ему была предоставлена возможность продолжать свои исследования в Фараадеевской лаборатории Королевского общества), физиологи отнеслись к ним настороженно и противодействовали их публикации в английских научных журналах. Поэтому в дальнейшем в течение почти двух десятилетий Бозе продолжал свои исследования в Калькутте в полном одиночестве, публикуя результаты преимущественно в форме монографий.

В своих физиологических исследованиях Бозе изучал процессы роста и умирания растений, движение соков в них, производимые растениями механические движения и электрические эффекты, функции, соответствующие кровообращению и передаче первых импульсов у животных. Обнаружив существование в стебле слоя пульсирующих клеток, он объяснил поднятие сока работой системы микроскопических насосов. В настоящее время процесс поднятия сока трактуется как биохимический. Бозе изучал также влияние на жизненные функции растений самых разнообразных воздействий — механических, электрических, разного рода излучений, ядов, наркотиков, а также внешних условий — температуры, влажности, состава воздуха. Опыты проводились с помощью изобретенных им самопищущих приборов различной конструкции. Для регистрации роста растений Бозе применял магнитный кресцограф, доведя увеличение до 10 000 000 раз. Изобретение резонирующего и осциллирующего самописцев позволило записывать движения растений не в виде сплошных линий, а в виде отдельных точек, что давало возможность судить о скорости движения.

Бозе впервые применил для исследования электрических реакций растений на внешние раздражения электрический зонд (микроэлектрод). Даже такое биохимическое явление как фотосинтез Бозе изучал с помощью физического прибора — автоматического регистратора усвоения растениями газообразной пищи.

В соответствии с общей направленностью исследований Бозе, функции растений сравнивались им не только с функциями животных, но и с функциями минералов, металлов. Он, в частности, экспериментально изучал явления временного отравления и убивания металлов ядами, действие на них наркотиков, разного рода тепловых воздействий и т. п. и обнаружил аналогию с подобными же опытами над растениями и животными. Практическим результатом этих исследований Бозе должно было явиться усиление внимания к физическим и химическим методам исследования биологических явлений, что в 20-х — 30-х годах еще далеко не всем было ясно.

К 1920 г., когда Бозе был избран членом Лондонского Королевского общества, его исследования получили полупризнание со стороны физиологов: они заинтересовались его приборами и результатами измерений. Среди немногих физиологов, которые отдавали должное не только экспериментальному мастерству Бозе, но и значению его идей с точки зрения эволюционной теории, был К. А. Тимирязев. Еще в 1915 г. он посвятил работам Бозе большой раздел своей статьи «Главнейшие успехи ботаники в начале XX столетия» для многотомной «Истории нашего времени», вышедшей в издательстве братьев Гранат⁶. Позднее результаты исследований Бозе по физиологии растений излагал Е. В. Вульф⁷. Идеи Бозе привлекали внимание многих крупных мыслителей. Близкий друг его Рабиндранат Тагор посвящал им стихи. В 1924 г. Ромен Роллан назвал Бозе в числе четырех гениев, вышедших из недр индийского народа и вызывающих

стремление глубже понять эту великую страну⁸. Его трудами интересовалася также Бернард Шоу. В 1926 г. доклад, прочитанный Бозе на заседании Британской Ассоциации в Оксфорде, был весьма высоко оценен А. Эйнштейном⁹.

Роль Бозе в развитии индийской науки не исчерпывается его исследовательской работой. Еще в 90-х годах его мечтой было создание в Индии исследовательского института в области естественных наук. Скоро убедившись, что эта идея не встречает поддержки английского правительства, он поставил перед собой цель осуществить ее самостоительно, и в течение 20 лет, бесконечно много работая и ведя крайне скромный образ жизни, собирая необходимые средства.

30 ноября 1917 г. в Калькутте состоялось торжественное открытие научно-исследовательского института с отделениями физики, физиологии растений и физиологии животных. В настоящее время Bose Research Institute включает, кроме того, отделения химии, цитогенетики, микробиологии и др. и находится в ведении Индийского правительства.

Бозе пользовался большим авторитетом в своей стране и за ее пределами. Он был избран президентом Индийского научного конгресса (1927 г.), и много раз представлял индийскую науку в качестве делегата различных международных съездов в Европе и Америке. В период существования Лиги наций Бозе был членом организованного при ней Комитета интеллектуального сотрудничества, неоднократно награждался орденами и т. д. Он умер в Гиридихе 23 ноября 1937 г., окруженный любовью и уважением, но так и не понятый до конца ученым миром.

Попытку дать оценку научного наследства Бозе с точки зрения науки 1947 г. сделал его племянник, и преемник по посту директора Института, индийский физик Д. М. Бозе⁷.

Он отметил, что изученные Дж. Ч. Бозе явления механических и электрических реакций растений, их роста, передачи возбуждения, подъема сока продолжали оставаться в основе дальнейшего развития физиологии растений и получили интерпретацию как биохимические процессы, суммируемые и контролируемые биоэлектрическими факторами. За это время было получено много доказательств физико-химической природы процессов, которые обусловливают реагирование растений на различные раздражения.

Ведущую идею Дж. Ч. Бозе о сходстве ряда явлений, происходящих в живой и неживой природе, и, в частности, попытки найти физические аналогии явления памяти, Д. М. Бозе оценил как один из важнейших элементов предыстории кибернетики, а его опыты с искусственным глазом — как первый шаг в физическом моделировании биологических явлений.

Если содержание научных исследований Бозе невольно заставляет вспомнить имена А. С. Попова, П. Н. Лебедева, П. П. Лазарева, К. А. Тимирязева, А. Ф. Самойлова, то миссия Бозе в целом, несмотря на все различия путей исторического развития Индии и России и полутораевековой интервал, в известной мере напоминает миссию М. В. Ломоносова. Оба продемонстрировали ученым миру скрытые до того возможности своих народов, оба питали глубокую любовь к своей родине и чувствовали личную ответственность за будущее ее научного прогресса, оба, хотя и по-разному, стремились к построению единой картины природы и оба, опережая свою эпоху, не были до конца поняты современниками. Предвосхищения Ломоносова нашли свое выражение в законе сохранения энергии и других открытиях XIX века. В оценке научного наследия Дж. Ч. Бозе подводить окончательные итоги, вероятно, еще рано.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Philosophical Magazine **43**, 1897, pp. 55—68.
 2. Nature **140**, 1937, № 3555, pp. 1041—1043 (некролог без подписи).
 3. 50 лет радио. Вып. 2, Изобретение радио А. С. Поповым, М.—Л., 1945, стр. 178.
 4. Proceedings of Royal Society of London **62**, pp. 300—310, 1898.
 5. Obituary notices of fellows of the Royal Society **3**, № 8, стр. 3—6, 1940 (автор некролога М. А. Саха).
 6. К. А. Тимирязев, Сочинения, т. VIII, Сельхозгиз, 1939, стр. 204—217.
 7. Е. В. Вульф, Исследования Бозе над чувствительностью растений. Природа, № 12 стр. 975—995, 1927.
 8. Ромен Роллан, Этюд о Рабиндранате Тагоре. Собрание сочинений, т. 14, М., 1958, стр. 477.
 9. T. C. Bridges and H. Hesse Tilitman, Master minds of modern science. London, Bombay, Sidney, 1934, p. 29.
 10. D. M. Bose, J. C. Bose's Plant Physiological Investigations in relation to Modern Biological Knowledge. Calcutta, 1947—1948.
-