

RESONANT NARROW-BAND FILTER

V. M. ARUTYUNYAN, T. A. PAPAZYAN, S. M. SARKISYAN,
S. P. ISHKHANYAN, I. G. HARUTYUNYAN

The utilization of a vaporous medium as a tuned narrow-band filter for frequency filtration of pulsed laser radiation is reported. The effect of filtration is based on the phenomenon of polarization ellipse selfrotation in the resonance medium. The filter selects from a comparatively broad spectrum a narrow band strictly corresponding to the frequency of an atomic transition.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, 17, 116—122 (1982)

ГЕНРИХ ГЕРЦ

(к 125-летию со дня рождения)

Р. А. САРДАРЯН

Имя Генриха Герца находится в неразрывной связи с именем Джеймса Клерка Максвелла, 150-летний юбилей со дня рождения которого отмечался 13 июня 1981 г. [1]. Благодаря Герцу теория электромагнитного поля Максвелла получила путевку в жизнь, а волны Герца начали свою службу человечеству.

В 1865 г. Максвелл опубликовал динамическую теорию электромагнитного поля [2], в которой дал ясное и полное изложение своих уравнений, впоследствии оказавших революционное влияние не только на науку, но и на образ жизни всего человечества. Однако эти уравнения еще долго оставались непонятыми современниками. И физики, и, как отмечает Ф. Дайсон, «математики 19-го столетия обнаружили плачевную неспособность понять, какие великие возможности открыл перед ними Максвелл в 1865 г.» [3].

В 80-х годах прошлого столетия в университетах Западной Европы преподавалась электродинамика старого стиля: «вместе с законами Кулона и Био-Савара изучался закон Ампера о воздействии двух элементов тока друг на друга, а также конкурирующие с ним законы Грассмана, Гаусса, Римана, Клаузиуса и как их венец — закон Вильгельма Вебера. При этом все они были оформлены по образцу ньютоновского дальнего действия» [4]. Это — свидетельство А. Зоммерфельда, чьи студенческие годы прошли в период, когда Герц проводил свои знаменитые эксперименты. Эти эксперименты приобретали все большую известность, и уже при жизни Герца многие физики, студенты и преподаватели стали прилагать большие усилия, чтобы усвоить результаты его опытов и понять несколько трудно воспринимаемое изложение максвелловского «Трактата об электричестве и магнетизме».

Такая ситуация в сообществе ученых была связана с тем, что, как отмечалось в [1], в те годы господствующей концепцией в физике — рабочей парадигмой — была ньютоновская механика с принципом дальнего дей-

ствия. В рамках этой парадигмы определялось в те годы нормальное научное исследование. Казалось, что с помощью механики могут быть объяснены все физические явления и даже, более того, вся природа. Такому отношению к механике способствовало и высказывание самого Ньютона, который в «Математических началах натуральной философии» писал, что «ему остается лишь из тех же самых принципов вывести Основы Мироздания» [5]. Это определяло консерватизм большинства ученых, не способных выйти за рамки парадигмы и осознать те новые идеи, которые привносились в физику исследованиями Фарадея и Максвелла. Возникшая кризисная ситуация завершилась открытием Г. Герцем электромагнитных волн. Эксперименты Герца сыграли роль решающих экспериментов и в соответствии с общей схемой развития науки [6] привели к отказу от старой парадигмы, заключающейся в идее дальнего действия в рамках механики Ньютона, и принятию новой — концепции электромагнитного поля, в которой взаимодействие распространяется со скоростью света. Теория Максвелла получила права гражданства.

Генрих Герц родился 22 февраля 1857 года в Гамбурге в семье состоятельных родителей [7]. Он рано проявил всестороннее дарование, обнаружив склонность и к ремеслам, и к математике, и к естественным наукам, и к языкам. Успешно закончив школу, Герц сначала хотел стать инженером-строителем и поступил в 1876 г. в Дрезденскую Высшую техническую школу. Однако занятия в ней не приносили ему удовлетворения. После годичной службы в армии он некоторое время продолжал учебу в Высшей технической школе в Мюнхене, но при этом он посещал также Мюнхенский университет, и это определило дальнейшее направление его занятий. Он почувствовал, что именно научная работа может дать ему полное удовлетворение. Изучение истории науки и трудов великих исследователей прошлого полностью переориентировали его на изучение естественных наук. Герц ищет возможности продолжить учебу под руководством Гельмгольца и Кирхгофа, находящихся в расцвете своей славы. С этой целью он переезжает в Берлин. Как отмечается в [7], в те годы Гельмгольд открывал не только новые законы в природе, но и таланты. Он быстро распознал необычайную одаренность Г. Герца и взял его под свою опеку. Гельмгольд был одним из немногих ученых, которые с интересом восприняли учение Максвелла. Им была создана своя версия теории электромагнетизма, основанная на концепции дальнего действия, но перенимавшая некоторые идеи теории Максвелла. Поэтому неудивительно, что Гельмгольд всячески поощрял исследования, связанные с электромагнетизмом. Так, для конкурсного исследования он предложил выяснить, обладает ли движущийся в проводниках электрический заряд инерцией, свойственной твердым телам. Герц, исследуя эту тему, получил отрицательный результат, что противоречило господствовавшей в те годы в Западной Европе электромеханике Вебера. Уже при проведении этой работы Герц продемонстрировал обстоятельность и глубину проникновения в предмет, которыми впоследствии отличались все его научные исследования. Работа эта была по достоинству оценена, и Герцу за ее выполнение была присуждена университетская золотая медаль.

Вслед за этим Гельмгольд выносит на конкурс Берлинской Академии

задачу, решение которой впоследствии станет ключевым моментом дальнейших успехов Герца. Им был поставлен вопрос: влияют ли изоляторы на электродинамические процессы? Но Герц не спешил заняться этой задачей, так как чувствовал, что она потребует большого напряжения сил. Ему же хотелось сначала самоутвердиться, подвести некоторый итог учебе и получить научную степень. Поэтому в 1879 г. Герц приступает к работе над диссертацией по теме «Индукция во вращающихся шарах»*, которую заканчивает в начале 1880 г. 5 февраля он успешно сдает докторский экзамен, а 15 марта получает диплом доктора и остается работать ассистентом у Гельмгольца.

В период своего ассистентства Герц настойчиво ищет себе тему для исследований, так как Гельмгольд не навязывал ему своих идей и предоставлял право выбора. Сначала Герц занялся электрическими свойствами диэлектриков, в частности, бензина, затем испарением жидкостей, влажностью воздуха, газовым разрядом, катодными лучами, морскими приливами и плаванием тел, много уделял внимания теории. Такое разнообразие тем свидетельствовало о том, что он еще не определил генеральное направление своих исследований. Одно можно было заметить, что все его работы отличались тщательностью и обстоятельностью исполнения. За работу по электрическому разряду в разряженных газах Герц получает право преподавания, и в 1883 г. принимает приглашение занять освободившееся место доцента по математической физике в университете г. Киле.

Преподавательская деятельность в г. Киле не приносила Герцу удовлетворения. Лекции его посещали всего несколько человек. Из-за отсутствия оснащенной лаборатории в университете Герц был также лишен возможности заниматься экспериментированием. Это, однако, способствовало теоретическим занятиям. За годы пребывания в Киле он основательно изучил электродинамику Максвелла, прочитал вышедшую в те годы «Механику» Э. Маха, его интересовали также труды по религии и философии. В эти годы Герц публикует теоретическую работу «О соотношении между электродинамическими уравнениями Максвелла и уравнениями противоположной электродинамики» [9]. Следует отметить, что Герц не сразу отдает предпочтение теории Максвелла. Он больше склоняется к точке зрения своего учителя Гельмгольца. Тем не менее он пишет: «Если бы предстояло выбирать только между обычной системой электродинамики и максвелловой системой, то предпочтение следовало бы отдать последней».

Несмотря на то, что Герц все же находил возможность для научной работы в Киле и даже ставил физические опыты с помощью приборов, которые он успешно создавал сам, жизнь в Киле не очень его устраивала, хотя и дала ему возможность, как он выражался, «без толчеи» получить звание доцента. Поэтому когда в конце 1884 г. Герц получил приглашение занять должность ординарного профессора физики в Высшей технической школе в г. Карлсруэ, он с радостью согласился, решая для себя сразу две задачи: продвижение по службе и существенное улучшение возможностей для научной экспериментальной работы. В Карлсруэ была хорошо оснащенная лаборатория, и можно было проводить не только демонстрацион-

* Научные работы Г. Герца подробно разбираются в монографии Григоряна А. Т. и Вяльцева А. Н. [8].

ные опыты, но и оригинальные исследования. Однако переезд в Карлсруэ на первых порах его разочаровал, так как всякого рода административные обязанности отнимали много времени. В письме своим родителям он писал: «Неужели я тоже стану одним из тех, кто, получив профессию, перестает что-либо создавать» [7].

Но с того момента, когда при подготовке очередного учебного эксперимента с электрическими разрядами Г. Герц совершенно случайно обратил внимание на искрение одной из двух близко расположенных изолированных спиралей, жизнь его круто изменяется. И в этой случайности есть определенная закономерность, связанная с тем, что Герц был ориентирован на творческую, исследовательскую работу, на потребность «что-либо создавать» и обладал незаурядными способностями исследователя. Поэтому именно Герц обратил внимание на явление, которое ранее никем не было замечено, а возможно и замечено, но оставлено без внимания. По свидетельству М. Планка [10], еще до Герца впервые электромагнитные волны, но с длиной волны порядка одного километра, наблюдал Федерсен, а за 17 лет до опытов Герца Вильгельм Бецольд с помощью искрового разряда между двумя шарами мог возбуждать очень быстрые собственные колебания в системе проводников, состоящей из шаров и проводников.

В первой работе «Об очень быстрых электрических колебаниях» [11], выполненной в Карлсруэ, у Герца, однако, нет еще полного понимания физики явления и того, что этот эксперимент служит подтверждением теории Максвелла. Более того, в вычислениях он отдает предпочтение господствовавшим тогда теориям дальнего действия. Лишь позже придет понимание того, что «целью опытов была проверка основных гипотез теории Фарадея и Максвелла, результатом их явилось подтверждение гипотез этой теории» [12]. Попутно Герц, изучая влияние ультрафиолетового света на электрический разряд, обнаруживает явление фотоэффекта, которому было суждено сыграть важную роль в становлении новой, квантовой физики. Разобравшись с явлением, которое его беспокоило, он снова возвращается к основному направлению своих исследований, не позволяя себе увлечься новой темой. Он приступает к работе над конкурсной задачей об электрических явлениях в изоляторах, сформулированной Гельмгольцем в 1879 г. В своей статье «Об индукционных явлениях, вызванных электрическими процессами в изоляторах» [13], опубликованной в ноябре 1887 г., Герц дает исчерпывающее решение конкурсной задачи. Казалось бы, теперь можно было полностью встать на точку зрения представлений Фарадея и Максвелла, но Герц не спешит и продолжает проявлять осторожность. Однако с этого момента он начинает экспериментировать со все нарастающей интенсивностью. В начале 1888 г. появляется статья Герца «О скорости распространения электродинамических действий» [14]. В этой работе приводятся результаты измерения скорости распространения электромагнитных волн в проводах и в воздухе, которая в первом случае оказывается в полтора раза больше, чем во втором. Эта ошибка, связанная с неточностью измерений, также мешает Герцу окончательно отказаться от традиционных представлений об электромагнетизме. Лишь в следующей работе «Об электродинамических волнах в воздухе и их отражении» [12] Герц полностью становится на позиции теории Максвелла. Утвердив-

шись в мысли, что электродинамические действия в пространстве суть электромагнитные волны, он повторяет все основные оптические опыты с волнами, созданными с помощью вибратора, получившего впоследствии название вибратора Герца. С помощью «коротких искорок, которые приходилось рассматривать в темноте под лупой» [10], Герцу удалось установить, что подобно свету созданные им волны испытывают такие же отражения и преломления и могут быть поляризованы, но с той разницей, что длины его волн в миллионы раз больше оптических. Насколько это было непросто, свидетельствует следующее замечание Герца: «Когда мне впервые пришла в голову мысль, что усиление действия вызывается отражением электрической силы от проводящих масс, она показалась мне почти недопустимой: так сильно отклонялась она от привычных для нас представлений об электрической силе, несмотря на все знакомство с кругом идей максвелловской теории» [12].

По мере того, как появлялись в печати сведения об экспериментах Герца, к этим опытам рос интерес не только физиков, но и неспециалистов. Помимо интереса чисто познавательного, свидетельствующего, по словам М. Планка, «о бесконечном величии природы, в законах которой нет никакой разницы между Большим и Малым», опыты Герца привлекли внимание современников с точки зрения возможных применений, в частности, для создания беспроволочного телеграфа.

Однако, как это часто случается, сами первооткрыватели отрицательно относились к возможности практического применения обнаруженного явления. Не был исключением и Герц. Его больше интересовал сам процесс исследования и поиска истины, чем возможные приложения. Известен факт, что когда в 1889 г. к нему обратились с вопросом о возможности создания беспроволочного телеграфа с помощью открытых им волн, то он определенно ответил, что «электрические колебания в трансформаторах и телефонах слишком медленные», а созданные им волны имеют существенно большую частоту и потому не могут быть использованы для целей беспроволочного телеграфа. Но современники Герца сразу же обратили внимание на те свойства радиоволн, которые открывали большие возможности для техники. Крукс, Тесла и другие прочили электромагнитным волнам великое будущее [12]. И если к моменту открытия Герцем радиоволн эти предсказания были лишь следствием глубокой проницательности, то уже через 10 лет, после осуществления Поповым в 1895 г. первого сеанса радиосвязи, великое будущее радио стало очевидным.

В 1889 г. Герц переезжает в Бонн, став преемником Клаузюса в Боннском университете. В том же году по приглашению Общества немецких естествоиспытателей и врачей Герц делает доклад «Об отношении между светом и электричеством», который сыграл большую роль в распространении идей теории Максвелла среди ученых Западной Европы. Популярность Герца растет. Его выбирают в различные научные общества. Он становится членом-корреспондентом Берлинской Академии, членом академии «Леопольдина» в Галле, избирается почетным членом Московского общества. При этом, как отмечал М. Планк, такая популярность Герца не отразилась на его человеческих качествах. «Скромность его была выражением самого его существа, он рассматривал свой труд как необходимую деятель-

ность, вытекающую из внутренней потребности, а ведь из-за чего-то само собой разумеющегося обычно не поднимают много шума. Не удивительно, что при таком образе мыслей всегда остаются чуждыми зависть, недоброжелательство и боязнь преуменьшения собственных заслуг» [10].

Отмечая Герца как выдающегося экспериментатора, следует также отметить и большой его вклад в теорию. Кроме того, что Герц, независимо от Хевисайда, придал уравнениям Максвелла их современную форму, он ввел понятие, известное сейчас как вектор Герца, с успехом используемое в радиотехнике при расчете электромагнитных полей. Герцем была дана оригинальная трактовка механики без привлечения понятия силы. Его работа «Принципы механики, изложенные в новой связи» [15] явилась в некотором смысле предвестником кризиса классической физики, и впоследствии некоторые идеи этой работы были реализованы в теории относительности.

В боннский период своей жизни Герц работал в основном с катодными лучами. И хотя им было сделано неправильное суждение об их природе, он обнаружил способность катодных лучей проходить через тонкую алюминиевую фольгу, что дало возможность проводить их исследования вне вакуумной трубки. В 1892 г. Герц опубликовал работу «О прохождении катодных лучей через тонкие слои металла» [16], в которой пришел к важному выводу, что атомы не могут быть непроницаемыми, а, скорее всего, их масса сосредоточена в малой части пространства, занимаемой атомом.

Герц никогда не жаловался на здоровье, но последние годы его непродолжительной жизни, оборвавшейся в расцвете сил, были омрачены болезнью, начавшейся с банального флюса. 1 января 1894 г. Г. Герц умер от общего заражения крови в возрасте 36 лет. Предчувствуя свою смерть, Герц относился к ней спокойно, сознавая, что им прожита яркая и насыщенная событиями жизнь. В конце 1893 г. в письме своим родителям он писал: «Если со мной действительно что-либо случится, Вы не должны печалиться, но Вы должны немного гордиться и думать, что я принадлежу к тем избранным, которые живут мало и все-таки достаточно. Этой судьбы я не хотел и не выбирал, но, раз она меня нашла, я должен быть доволен» [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сардарян Р. А. Изв. АН АрмССР, Физика, 16, 310 (1981).
2. Maxwell J. C. Phil. Trans. Roy. Soc. (London), 153, 459 (1865); русский перевод Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля, М., 1954.
3. Дайсон Ф. УМН, 35, 171 (1980).
4. Зоммерфельд А. Электродинамика. Изд. ИЛ, М., 1958.
5. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. Перевод акад. А. Н. Крылова. Собр. трудов А. Н. Крылова, т. 7, М., 1936.
6. Гарибян Г. М., Сардарян Р. А. Изв. АН АрмССР, Физика, 16, 158 (1981).
7. Гернек Ф. Пионеры атомного века. Великие исследователи от Максвелла до Гейзенберга. Изд. Прогресс, М., 1974.
8. Григорьян А. Т., Вьяльцев А. Н. Генрих Герц. Изд. Наука, М., 1968.
9. Hertz H. Ann. Phys., 23, 84 (1884).
10. Планк М. Избранные труды. Изд. Наука, М., 1975.

11. *Hertz H.* Ann. Phys., 31, 421 (1887); перевод в сб. «Из предыстории радио». М., 1948.
12. Сб. «Из предыстории радио». М., 1948.
13. *Hertz H.* Sitz. Akad. Wiss., S. 883, 885 (1887); Ann. Phys., 34, 273 (1888).
14. *Hertz H.* Ann. Phys., 34, 551 (1888).
15. *Герц Г.* Принципы механики, изложенные в новой связи. М., 1959.
16. *Hertz H.* Ann. Phys., 45, 28 (1892).

ՀԵՆՐԻԽ ՀԵՐՑ

(Մեկնդյան 125-ամյակի առթիվ)

Ռ. Ա. ՍԱՐԴԱՐԻԱՆ

Գերմանացի հանճարեղ ֆիզիկոս Հ. Հերցի ծննդյան հոբելյանի առթիվ բերվում է նրա կյանքի և գործունեության համառոտ ակնարկը, նկարագրված է էլեկտրամագնիսական տեսության վիճակը մինչև Հերցի փորձերը և այդ փորձերի որոշիչ դերը գիտական հասարակայնության շրջանում Մաքսվելի զաղափարների լիակատար հաստատման գործում:

HEINRICH HERTZ

(to the 125-th anniversary of birth)

R. A. SARDARIAN

In connection with the anniversary of H. Hertz, the outstanding German physicist, who has proved experimentally the existence of electromagnetic waves, a brief essay of his life and activity is given. The state of electromagnetic theory before Hertz's experiments is described, and these experiments are shown to play a crucial part in the complete victory of Maxwell's ideas in scientific community.