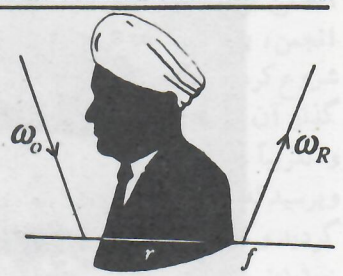


رامان و کشف پدیدهٔ رامان

فویل میلر و جرج کوفمان

چاندراسکهارا ونکاتا رامان (۱۹۷۰ - ۱۸۸۸)، کاشف پدیده رامان، یکی از بنیادگذاران پژوهش علمی درهندوستان، نخستین آسیایی برنده جایزه نوبل درعلوم، وحقیقتاً مردی برجسته بود. سال ۱۹۸۸ نه تنها صدمین سال تولد رامان، بلکه شصتمین‌سال کشف بزرگ او نیز بود. بنابراین، جای آن داردکه زندگی و کارعلمی (۱) رامان مورد بازنگری قرار گیرد. در اینجا نخست چکیده‌کوتاهی از اثر رامان بیان خواهد شد تا اهمیت این کشف را بهتر بتوان درک‌کرد.

توصیف‌کوتاهی از پدیدهٔ رامان

نمونه‌ای از یك ماده شیمیایی به‌وسیله باریکه‌ای از نور تکفام شدید، که امروزه از لیزر گرفته می‌شود، مورد تابش دهی قرار می‌گیرد. اگر این نمونه شفاف باشد، طبق تعریف، تقریباً - نه کاملاً - تمام نور ازآن عبور خواهدکرد. بخش ناچیزی از نور نیزدرتمام جهتهاپراکنده خواهد شد. بیشترنورپراکنده شده دارای همان بسامد باریکهٔ لیزر است که پراکندگی رایلی نامیده می‌شود وبرای طیف بین رامان اهمیت چندانی ندارد. کشف بزرگ رامان این بودکه خصیصه‌های دیگری راکه بسیار ضعیفتر از پراکندگی رایلی‌هستند و امروزه به نوارهای رامان مشهور شده‌اند، پیدا کرد. میزان جا به جایی این خصیصه‌ها از خط برانگیزاننده، هنگامی که برحسب عدد موج اندازه‌گیری شوند، بسامدهای ارتعاشی‌ماده شیمیایی مورد آزمایش را به‌دست خواهند داد.(این خصیصه‌ها می‌توانند مربوط به طیفهای چرخشی خالص گازها یا پدیده‌های گوناگون حالت جامد باشند.)

چون برای یك نمونه، میزان جا به جاییها به‌بسامد نور برانگیزاننده بستگی ندارد، اثر مشاهده شده شامل جذب نمی‌باشد؛ بلکه نتیجهٔ پراکندگی است. پدیده پراکندگی به‌فرایندی فیزیکی بستگی داردکه با جذب زیر قرمزکاملاً تفاوت دارد. در نتیجه، دستورهای انتخاب و شدتها برای دوتکنیك می‌توانند بسیار متفاوت باشند، و طیفهای زیرقرمز و رامان معمولاً مکمل یکدیگرند. ممکن است برخی نوارهای جذبی در طیف رامان قوی باشند ولی درطیف زیر قرمز، ضعیف یا غیر مجاز باشند، یا برعکس. طیف بینی رامان، تکنیکی نیرومند است که به‌صورت گسترده‌ای به‌کارگرفته شده و کاربردهای فراوانی در شیمی و فیزیك دارد. توصیفهای کاملتری را می‌توان درهر کتاب درسی شیمی فیزیك یا تك نگاریهای مربوط به طیف‌بینی ارتعاشی‌تجربی (۲) پیداکرد.

سالهای جوانی رامان

چاندراسکها را و نکاتا رامان در هفتم نوامبر سال ۱۸۸۸، در دهکده‌کوچك تیروانیکاوال در نزدیکی تریچینوپولی در جنوب هندوستان (که امروزه، تیروچیراپالی، ایالت تامیل نادوخوانده می‌شود) به دنیا آمد. او، دومین فرزند از هشت فرزند خانواده بود.* چاندراسکهارا، نام پدر او بود و ونکاتارامان نیز نامی‌بود که طبق رسم‌آن بخش از هندوستان براونهاده شد. (ونکاتارامان، نام یکی از خدایان هند نیز هست.) رامان، بعدها، نام خود را به صورت دوکلمه جدا، ونکاتارامان، نوشت و به همین دلیل امروزه به جای اثر ونکاتارامان، از اثررامان سخن می‌گوییم. مادرش، پروتی امال، از خانواده‌ای بود که به تحقیق در زبان سانسکریت شهرت داشتند، و خانوادهٔ پدرش چاندراسکهارا ای‌یر نیز چندین نسل، از زمینداران بودند. در هندوستان آن روزگار، تغییر شغل، گامی شجاعانه بود وپدر رامان با انتخاب‌شغل‌معلمی

*برادربزرگتررامان،چاندراسکهاراسوبراهمانیاای‌یر C.Subrahmanya Iyer که‌پیش از او به خدمت اداره دارایی درآمده بود، پدر سوبراهمانیان چاندراسکهار، Subrahmanyan Chandraskhar، اخترشناس و برندهٔ جایزه نوبل است.

در دبیرستان انگلیسی آن ناحیه و بعداً مدرسی فیزیک و ریاضیات در کالج هندو در ویزاگاپاتام* ، همین گام را برداشت. زمانی که پدرش به‌مدرسی کالج رسید، رامان چهارساله بود. علاقه به علم و عشق به‌موسیقی را از پدرش به ارث برد. رامان، در این دو مدرسه درس خواند و بعد بورسیه‌ای در کالج پرزیدنسی در شهر مدرس، دریافت کرد و درآنجا دانشجوی برجسته‌ای بود. استادان رامان، چنان ازهوش فراوان اودرشگفت شدندکه او را ازشرکت در تمام کلاسهای علوم معاف کردند، زیرا احساس می‌کردند که چیزی برای یادگیری درآن کلاسها نخواهد یافت. درجه کارشناسی خودرا در سال ۱۹۰۴، در ۱۶ سالگی دریافت کرد و نشان طلای مربوط به احراز رتبه اول راگرفت.

استادان او پیشنهادکردندکه برای ادامه تحصیل به‌انگلستان برود؛ تنها کاری که معمولاً درآن زمان برای بهترین دانشجویان هندی امکان‌پذیربود. اما، پزشک قانونی مدرس، به این دلیل که هوای انگلستان اورا خواهد کشت، چنین سفری را به صلاح او نداشت. رامان، بعداً گفت: «همیشه مدیون این شخص خواهم بود. همین ترتیب، در کالج پرزیدنسی ماند، گرشد و کار پژوهشی مربوط به دورهٔ کارشناسی ارشد خود را ادامه داد. طی این مدت، موفق شد چند بررسی بنیادی انجام دهد. هنگامی که سرگرم اندازه‌گیری زاویه منشور یک طیف‌سنج بود (کاری که ممکن است خیلیها انجام داده باشند) متوجه شد که هنگام بازتاب مایل نور از وجه یک منشور، نوارهای پراش پدید می‌آیند. همین نوارها موضوع نخستین مقالهٔ علمی او بودند که با عنوان «نوارهای پراش نامتقارن از یک روزنه مستطیل شکل که هنگام بازتاب مایل نور از وجه منشور، مشاهده می‌شود.»، در مجلهٔ فلسفی (لندن)** در سال ۱۹۰۶، هنگامی که بیش از ۱۸ سال نداشت، منتشر گردید(۳). در این مقاله، یادداشتی درهمان مجله درباره روش تجربی جدیدی برای اندازه‌گیری کشش سطحی منتشر ساخت (۴). این مقاله‌ها، به چند دلیل، دستاوردهای مهمی بودند. نخست، چاپ پژوهش بنیادی در یک مجله بین‌المللی مشهور در ۱۸ سالگی، و درباره دو موضوع بسیار متفاوت، قطعاً، شگفت‌انگیز است. ثانیاً، این مقاله‌ها به‌وسیله رامان ارسال شده بود و درآنها ازکس‌دیگری به خاطر یاریهایش نام برده نشده است. این پژوهشها به‌طور مستقل به وسیله شخص رامان انجام گرفته بودند. ثالثاً، از پژوهش در علوم جدید در هندوستان آن روزگار، عملا، خبری نبود وکالج پرزیدنسی نیز یک‌سازمان آموزشی بود وهیچ گونه نسبت‌پژوهشی نداشت. انجام دادن‌کار پژوهشی بنیادی درآن سن و سال و در چنان محیطی، مبشر موفقیتهای بعدی‌رامان بود. شکل ۱، تصویر رامان را درآن زمان نشان می‌دهد.

رامان، کار پژوهشی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد را بارتبه عالی، در ژانویه ۱۹۰۷ در ۱۸ سالگی به پایان رساند. چون راه مشاغل علمی بر روی مردم هندوستان که در خارج تحصیل نکرده بودند بسته بود، استادان رامان به‌او توصیه کردندکه در

شکل ۱. چ. و. رامان در سال ۱۹۰۵، در ۱۷ سالگی هنگام تحصیل برای اخذ درجه کارشناسی ارشد.

امتحان گزینش کارمند اداره دارایی شرکت کند. در این امتحان، نفر اول شد وکار ۱۰ ساله خود را درآن‌اداره، که بیشتر درکلکته بود، آغاز کرد.

برخلاف تمام رسوم هندیان، او شخصاً ازدواج خود را با لوکاسونداری امال، که ۱۳٫۵ ساله بود، ترتیب داد. درباره این ازدواج داستانی هست که رامان نخستین باراورا در حال نواختن یک‌قطعه‌موسیقی محبوب‌خودش برروی یکی‌ازسازهای هندی به‌نام وینا، مشاهده کرد. این ترانه از یک آهنگساز مشهور هندی بود که خطاب به‌خدای‌راما، راهانی سامانام اداردو، سروده شده‌بود: (راما، آیاکسی‌هست که بتواند همتای‌تو باشد؟) (۶،5a). این ترانه، حتماً رامان را به وجد آورده بود. در سالهای بعد، لوکاسونداری به شوخی می‌گفت که علت ازدواج رامان با او، ۱۵۰ روپیه‌ای‌بوده است که‌اداره‌دارایی به کارمندان متأهل خود می‌پرداخت. زوج جوان، در ژوئن ۱۹۰۷ به کلکته‌رفتند تا رامان در ۱۸٫۵ سالگی، به‌عنوان جوانترین دستیار حسابرس کل درهند به خدمت اداره دارایی درآید.

پژوهش درکلکته

رامان، شش یا هفت روز پس‌از رسیدن به کلکته، درحالی‌که برای رسیدن به محل‌کار برترامو سوار بود، چشمش به تابلویی افتاد به این مضمون «انجمن هندی ترویج علم». عصرکه به خانه بازمی‌گشت، درآنجا توقف کرد و در راکوبید. آشوتوش‌دی، که در ۲۵ سال بعدی وفادارترین دستیار او شد در راگشود. رامان، تالار سخنرانی گرد و خاک‌گرفته‌ای و یک آزمایشگاه بزرگ با دستگاههایی خاک‌گرفته‌تر را که بیشترآنها برای کلاسهای درس‌تهیه شده بودند، مشاهده‌کرد. این انجمن، ۳۰ سال پیش به همت یک هندی ترقیخواه که می‌خواست ترکیبی از انجمن سلطنتی لندن و

* این کالج امروزه به کالج (بانو) ناراسینگارائو، Mrs A. V. Narasinga Row College شهرت دارد.

** The Philosophical Magazine (London).

انجمن بریتانیا برای پیشرفت علم، پدید آورد، بنیاد گذاشته بود. انجمن، با برپا ساختن سخنرانیهای علمی جالبی، کارخودرا به‌خوبی شروع کرد، ولی هیچ‌گاه نتوانست پژوهشهایی، آن‌طور که بنیاد گذار آن امید داشت، سامان‌دهد. این انجمن، به‌تدریج دچار رکود و تقریباً غیرفعال شده بود. هنگامی که رامان به‌آنجا مراجعه کرد وپرسید که آیا می‌تواند دست به پژوهش بزند، با استقبال روبرو گردید و کلید آنجا به او تسلیم شد. پس از چند سال، شماره ۲۱۰ خیابان بوبازار را به یك نشانی پژوهشی مشهور تبدیل کرد. برنامه روزانه او چنین بود که ساعت ۵٫۳۰ به‌انجمن می‌رفت، ساعت ۹٫۴۵ برمی‌گشت، حمام می‌کرد، با عجله صبحانه‌اش را می‌خورد و با تاکسی خودرا به محل کارش می‌رساند تا مبادا دیر کند. ساعت ۵ بعدازظهر یکراست از اداره به‌انجمن می‌رفت و تا ساعت ۹٫۳۰ الی ۱۰ شب‌درآنجا کارمی‌کرد. روزهای یکشنبه‌نیز، تمام روز را درآزمایشگاه می‌گذرانید.

گرچه او و دی، تنها پژوهشگران انجمن بودند، ثمره این پژوهش نیمه‌وقت، انتشار ۳۰ مقاله علمی‌طی ۱۰ سال بعدی‌بود. مسائل پژوهشی، به‌طور مشخص، از مشاهده و تجربه شخصی رامان، که در سرتاسر زندگیش چنین بود، سرچشمه می‌گرفت. در این دوره، بخش عمده‌ای از پژوهشهای او درباره صوت بود: ارتعاشهای مربوط به سازهای آرشه‌ای (مثلاً ویلن) وسازهای ضربه‌ای(مثلاً سنتور)،صدای شلپ شلپ‌آب وشعله‌های نغمه‌گر، ارتعاشهای مربوط به طبلهای هندی و غربی، و صدای وینا. بدین‌ترتیب، رامان به صورت یك منبع موثق جهانی درباره‌صوت و ادوات موسیقی درآمد.

در سال ۱۹۱۷، استادی کرسی جدیدالتأسیس پالیت در فیزیك دانشگاه‌کلکته به اوپیشنهاد شد. گرچه قبول این سمت به معنای کاهش شدید حقوق (تا میزان یك پنجم حقوق پیشین (۱)) برای او بود، پیشنهاد را پذیرفت. این اقدام رامان، در اداره دارایی آشفتگی پدید آورد زیرا او به صورت یکی از بهترین کارمندان آنجا درآمده بود. مانع جدیتری نیز برسرراه بود: یکی از شرایط احراز کرسی پالیت، دارابودن تحصیلات خارجی بود. رامان از رفتن به انگلستان و دیدن آموزش درآنجا، سرباز زد، و معاونت دانشگاه نیز خردمندی به خرج داد و با تغییردادن آن شرط، راه را برای رامان گشود. اکنون، برای‌نخستین‌بار، رامان‌می‌توانست دانشجوی پژوهشی داشته باشدکه در دو آزمایشگاه او به کار بپردازند.رامان، این کرسی را به مدت ۱۶ سال (۱۹۳۳-۱۹۱۷) در اختیار داشت.

در سال ۱۹۲۱، رامان برای انجام نخستین سفر خارجی خود به عنوان یکی ازاعضای هیأت‌شرکت‌کننده درکنگره دانشگاههای امپراتوری بریتانیاکه درآن سال درآکسفورد برگزارمی‌شد،عازم اروپا شد. این سفر، نقطه عطفی درزندگانی علمی او بود.درآنجا با بسیاری از دانشمندان بزرگ انگلستان، نظیر ج.ج. تامسون، ارنست راترفورد، و ویلیام براگ آشنا شد. درلندن، با دیدن تالار نجواکننده‌کلیسای اسقفی سنت پاول، شگفت زده شد و بعداً سه مقاله درباره چنین تالارهایی انتشار داد. ازهمه‌مهمتر،پژوهش درباره پراکندگی نور را آغازکرد که هفت سال بعد باکشف اثر رامان به ثمر رسید. رنگ آبی تیره و زیبای دریای مدیترانه، توجه رامان را به‌خود جلب کرد. آزمایشهای‌او درباره‌پراکندگی نور، طی بازگشت و برعرشه کشتی صورت گرفت. لرد رایلی، رنگ آسمان را ناشی ازپراکندگی نورخورشید وبه‌وسیله‌مولکولهای هوا تبیین‌کرده بود. چون پراکندگی نور آبی از نورقرمز بیشتر است، آسمان به رنگ آبی در می‌آید. هنگامی که رایلی این استدلال را در مورد آب مایع به‌کاربرد، نتیجه گرفت‌که به علت نزدیکی مولکولهای آب به یکدیگر، حذف فازها صورت‌گرفته و پراکندگی مشاهده نمی‌شود. بنابراین، نوشت: «رنگ آبی تیره تحسین‌انگیز دریا ربطی به رنگ آب ندارد، بلکه بازتاب همان رنگ آبی آسمان است‌که به چشم می‌خورد» (۷). رامان با انجام آزمایش ساده‌ای طی سفر دریایی بازگشت خود، این تبیین را رد کرد.او با حذف بازتابش سطحی اقیانوس به‌کمك یك‌منشورقطبنده نیکول در زاویه بروستر*، متوجه شدکه حتی پس‌از حذف بازتاب آسمان، دریا دارای‌رنگ‌آبی روشنی است‌که ظاهراً از لایه‌های‌زیر سطح آب سرچشمه می‌گیرد. از این آزمایش ساده، نتیجه گرفت که رنگ آبی دریا ناشی از پراکندگی نور به وسیله آب است.در یادداشتی برای مجله نیچر (*Nature*)، که شرح این مشاهدات‌در آن آمده بود، نشانی بازگشت مقاله را به‌صورت «س . س . نارکوندا، بندرگاه بمبئی» داده بود (۸). هنگامی‌که به‌کلکته بازگشت، برنامه پژوهشی فشرده‌ای در مورد پراکندگی نورآغاز کرد. بین سالهای ۱۹۱۹ و ۱۹۴۵، تعداد ۹۴ مقاله درباره این موضوع منتشر ساخت‌که بیش‌از نیمی از آنها پیش‌از کشف بزرگ او نوشته شده بودند.

در سال ۱۹۲۴، رامان به عضویت انجمن سلطنتی بریتانیا، که افتخار بزرگی برای یك بیگانه به حساب می‌آمد، برگزیده شد. بعداً، ماجرایی رخ داد که نمایشگر اعتماد به نفس فوق‌العاده او بود. در جشنی‌که به افتخار او برپا شده بود، معاون دانشگاه کلکته به خاطر مقام‌شامخی‌که رامان با عضویت درانجمن‌سلطنتی بریتانیا کسب‌کرده بود، به او تبریك گفت. رامان، در حالی‌که از کسب چنین افتخاری خوشحال بود، پاسخ دادکه این هدف نهایی او نبوده است و انتظار دارد طی ۵ سال آینده جایزه نوبل را برای هندوستان به ارمغان آورد! (۵b). (و این، دقیقاً ۶ سال پیش‌از دریافت جایزه نوبل فیزیك بود.)

کشف پدیدهٔ رامان

کشف پدیده رامان در اوایل سال ۱۹۲۸ رخ داد. این کشف، یك مشاهده غیر منتظره و تصادفی نبود، بلکه حاصل آزمایشهای‌فکر شده، طی سالهای متمادی، بود. مقاله‌های بیشماری درباره پراکندگی نور، پیش‌ازکشف این‌پدیده، از آزمایشگاه رامان‌منتشر شده بود.

چون پراکندگی رامان یك اثر بسیار ضعیف می‌باشد، گامهای مصرانه و استواری برای مشاهده آن برداشته شد. امروزه، از یك منبع نورانی قوی (یك لیزر)، طیف بینهایی مجهز به‌ادوات اپتیکی پرقدرت برای جمع آوری نور، و آشکارسازهای بسیار

---

* زاویه بروستر زاویه‌ای است که در آن، نور بازتابیده ازیك ماده دی الکتریك، کاملاً قطبیده مسطح می‌شود. برای آب و نور آبی، این زاویه ۵۳° از خط قائم است.

حساس برای مشاهده این اثر استفاده می‌شود. بنابراین، اگر خواننده بداند که این کشف با چه ابزار بسیار ساده‌ای صورت گرفته است، دچار شگفتی خواهد شد. درآزمایش رامان، منبع نور، خورشید؛ طیف بین، از نوع کوچك وجیبی؛ وآشکارساز نیز چشم انسان بود. یکی از ویژگیهای رامان، به‌کاربردن ابزار ساده برای دستیابی به نتایج ژرف و بزرگ بوده است.

تفصیل آزمایش چنین بود: نورخورشید به‌وسیله آفتاب‌نگاری که درسقف‌تعبیه شده‌بود، به‌آزمایشگاه آورده شد و به‌درون‌حبابی کروی حاوی یك مایع بیرنگ‌که به دقت خالص شده بود، کانونی شد. نورخورشید، پیش‌ازرسیدن به‌حباب، از یك صافی‌که فقط‌نور آبی را عبور می‌داد، گذرانده شد. هنگامی‌که باریکه نور از پهلو مشاهده گردید، به‌علت نورپراکنده شده، رد آن در مایع، به‌صورت خطی آبی رنگ به چشم می‌خورد. حال اگر رد نور درمایع، به کمك صافی مکمل یعنی صافی دیگری‌که نورآبی را جذب می‌کند ولی طول موجهای بلندتر را عبور می‌دهد، مورد مشاهده قرار می‌گرفت، ردآبی ناپدید می‌شد، اما مسیر عبور نور درمایع، هنوز به‌صورت ته رنگی با طول موج بالاتر، ولی کمرنگ‌تر، به‌چشم می‌خورد.

سالها، تصور می‌شدکه این رد ضعیف ناشی از فلوئورسانس مقادیر ناچیزی ناخالصی است. بالاخره، دونکته رامان رامتقاعد کردکه مسئله چنین نیست. (۱) این اثر برای ۸۰ مایع که‌به‌دقت خالص شده بودند مشاهده شد. احتمال اینکه همه آنها دارای یك نوع ناخالصی باشند، بعید به‌نظر می‌رسید. (۲) درگلیسرین، نور پراکنده شده شدیدتر، به شدت قطبیده، و سبزرنگ بود، که این پدیده از تغییری بزرگ و استثنایی در طول موج سرچشمه می‌گرفت. (ظاهراً، پژوهشگران نوری را مشاهده می‌کردندکه به وسیله حالات‌کششی O-H گلیسرین جا به جا شده بود. این حالات کششی جا به جایی بسیار بزرگ‌غیرعادی در حدود $3400cm^{-1}$ به سوی طول موجهای بالاتر ایجاد می‌کند. اما، کششهای پیوند O-H در اثر رامان، بسیار ضعیف هستند و مشاهده پذیر بودن آنها حتی در گلیسرین‌که دارای شمار زیادی از چنین گروههایی می‌باشد جای شگفتی دارد.

رامان نتیجه‌گرفت‌که بخش‌کوچکی از نور پراکنده شده، طی فرایند پراکندگی، دستخوش تغییری در طول موج گردیده است. این پدیده، نمونه‌ای از پراکندگی ناکشسان بود ـ مشابه اپتیکی اثرکامپتون. بخش ناچیزی از نورپراکنده شده، مقداری انرژی در مولکول برجای گذارده و بدین‌ترتیب‌دارای انرژی کمتروطول‌موج بلندتری شده وهمین مسئله، موجب عبورآن ازصافی‌دوم‌ومشاهده پذیرشدن آن گردیده است. در ۱۶ فوریه، سال ۱۹۲۸، رامان و ك. س. کریشنان تلگرامی حاوی‌شرح آزمایش و ارائه تبیین‌خود را برای مجله نیچر فرستادند. این تلگرام، ۴۴ روز بعد، یعنی در ۳۱ مارس به چاپ رسید (۹). (حال، معلوم شده است که سه یادداشت اولیه رامان درباره این موضوع به صورت تلگرام، و به هزینه شخصی او، برای نیچر فرستاده شده‌بود (۶). رامان، کاملاً از اهمیت کشفهای خودآگاه بوده است.)

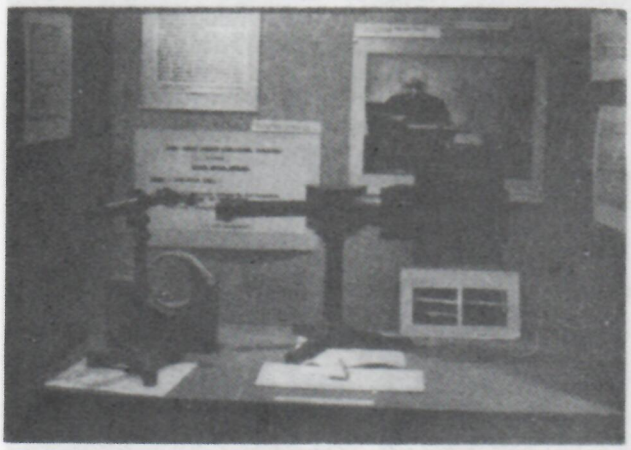
روز ۲۷ فوریه سال ۱۹۲۸، رامان تصمیم گرفت‌که مسیر نور را در یك مایع به‌کمك یك طیف بین‌کوچك و دستی مورد مشاهده قراردهد. زمانی‌که دستگاه آماده شد، خورشید غروب کرده بود. صبح روز بعد، یعنی ۲۸ فوریه، نخستین مشاهده اثررامان‌صورت گرفت. مسیرعبور نوردر محلول، بدون استفاده ازصافی، به‌وسیله دستگاه طیف‌بین ازپهلو مورد مشاهده‌قرارگرفت. نورپراکنده‌شده، دارای رنگ آبی‌نور تابیده شده، و همچنین یك نوار سیاه درطیف وبالاخره ناحیه‌ای‌به رنگ متفاوت در طول موجهای بلندتر بود.

تا اینجا، آزمایشهای رامان با تابش برانگیزاننده پهن نواری که از پیوستار خورشید به‌وسیله یك صافی آبی انتخاب‌شده بود، به‌کاربرده شد. استفاده از یك منبع تکفام، به‌روشنی، می‌تواند یاری دهنده باشد. همان روز، ۲۸ فوریه، رامان از دستیارش خواست تا قوس تخلیه الکتریکی جیوه را سوارکند تا به جای خورشید مورد استفاده قرارگیرد. قوس جیوه، یك منبع نسبتاً قوی با خطهای طیفی محدودی است. (بعدها، کسی آن را «هدیه خداوندی به طیف‌بینهای رامان» خوانده بود.) درمسیر نور تابیده، یك صافی برای حذف تمام طول موجهای بلندتر از خط شدید آبی در ۴۳۵٫۸nm قرارداده شد. طیف‌بین ساده‌ای که به‌کار گرفته شده بود، نشان دادکه نور پراکنده شده از نمونه‌بنزن‌شامل دو خط در طول موج بلندتر می‌باشدکه در باریکه تابانیده شده موجود نیستند. این مشاهده، هنگام غروب آفتاب انجام گرفت. روز بعد، یعنی ۲۹ فوریه سال ۱۹۲۸، این کشف به‌خبرگزاری آسوشیتدپرس هندوستان‌مخابره شد و نخستین‌بار خبردریك‌روزنامه کلکته در همان روز منتشر گردید. البته، همه این کارها در جهت تثبیت حق تقدم‌کشف صورت گرفت و این نخستین بارنبودکه‌برای اعلام ادعاهای علمی از وسایل ارتباط جمعی استفاده می‌شد.

روز ۸ مارس سال ۱۹۲۸، رامان تلگرامی حاوی شرح این نتایج به مجلهٔ نیچر مخابره‌کردکه در ۲۱ آوریل انتشار یافت. گفته‌اندکه یکی از داوران، گزارش رامان را ردکرد اما سردبیر مجله یعنی‌سرریچاردگریگوری، نظر اورا نادیده‌گرفت وبه‌هرحال آن‌را منتشرساخت (۵c،۱۱a).

امروزه، کمترین هزینه برای طیف‌بینی رامان، دهها هزار دلار است. اما دستگاههای رامان برای انجام این آزمایشهای اولیه شامل پنج قطعه بود: یك حباب جیوه، یك صافی مناسب، یك عدسی بزرگ برای متراکم ساختن نور، یك بالن حاوی بنزن، و یك طیف‌بین کوچك چشمی. تمام این‌ابزاررا می‌شد با ۲۰۰ روپیه، یا حدود ۵۰ دلار آن زمان خریداری کرد (۱۲a، ۱۳a، ۱۴a). اکنون، پس‌از انجام دادن آن‌کارها، می‌بینیم، همچون بسیاری از کشفهای بزرگ دیگر، آزمایش ساده‌ای بوده است. برخی از دستگاههای اولیه رامان در عکسهای ۲ و ۳ نشان داده‌شده‌است.

به‌زودی، با استفاده از یك طیف نگار هیلگربی‌بی کوادتز و سپس با یك دستگاه بزرگتر، از طیفها عکسبرداری شد. از آن به بعد، اندازه‌گیری‌جا به جایی خطهای جدید و بسیارضعیف‌پیرامون خط برانگیزاننده امکان‌پذیر گردید. بالاخره، معلوم شدکه جا به جایی خطها، همان‌طور که درزیرقرمزمشاهده می‌شود، به‌فرکانسهای ارتعاشی مربوط می‌باشند. رامان متوجه شده بودکه طی فرایند پراکندگی، بخشی از انرژی یك فوتون تابیده شده‌برای برانگیختن یك ارتعاش‌به‌کار می‌رود و درنتیجه، انرژی فوتون پراکنده‌درست به همان‌اندازه، کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۲. دستگاه اولیه رامان که در انستیتوی پژوهشی رامان در بنگلور عکسبرداری شده است. در سمت چپ، یك طیف‌بین چشمی کوچك و در سمت راست یك منشور طیف‌نگار کوچك قرار دارد.

روز ۲۸ مارس سال ۱۹۲۸، رامان نخستین خبر تفصیلی کشف خودرا در یك مجمع علمی اعلام کرد. عنوان این سخنرانی، «یك تابش جدید» بود که در گردهمایی انجمن علمی جنوب هندوستان‌در بنگلور ایراد شد. دراین گفتار، کمتراز سه هفته پس‌ازکشف اولیه، تمام خصیصه‌های اصلی اثروتفسیرآن را توصیف کرد. متن کامل سخنرانی، شامل عکسهای‌طیف‌رامان بنزن، در ۳۱ مارس۱۹۲۸، به‌صورت‌یك‌شماره‌ویژه *Indian Journal of Physics* منتشر شد (۱۵). چون از عمر این مجله علمی فقط یك‌سال می گذشت و تیراژ ناچیزی داشت، رامان ۲۰۰۰ نسخه ازمقاله خودرا تکثیر کرد و نسخه‌ای ازآن را برای هریك ازفیزیکدانان برجسته و انستیتوهای پژوهشی سراسرجهان ارسال داشت.*

روز ۲۲ مارس ۱۹۲۸، رامان وکریشنان، سومین تلگرام خود را زیرعنوان«مشابه‌اپتیکی اثر کامپتون»برای مجله نیچر فرستادند که در ۵ مه به چاپ رسید (۱۶). فاصله ارسال نخستین وسومین تلگرام، فقط ۳۶ روز بود. این امرنشان می‌دهد که رامان با چه سرعتی فن تجربی ودرك نتایج خودرا کمال بخشیده است. جالب توجه است‌که بدانیم فاصله بین انتشارهریك ازیادداشتهای رامان در نیچر، اززمان مخابره تلگرام ازکلکته وانتشاردرلندن، فقط۴۴ روز بوده است.

کاررقابت‌آمیز

رامان، مشتاق ثبت حق تقدم خود دراین کشف بزرگ بود، وکار خوبی هم‌کرد زیرا درهمان زمان، کارهای مشابهی درپاریس و مسکو دردست انجام بود. درپاریس، روکار[1] پژوهشهایی نظری انجام داده بودکه براساس آنها، پراکندگی رامان پیش‌بینی شده

* این مقاله، بی‌درنگ پس از بازگشت او از بنگلور به کلکته نوشته شد، شبانه به چاپ رسید و سحرگاه روز بعد، نسخه‌هایی از آن به پست سپرده شد (۱)! متن اصلی مقاله، در مرجع ۳۱b آورده شده است.

1. Rocard

شکل ۳. ج.و.رامان و دستگاه او برای طیف‌بینی رامان.

بود، اما انتشار این نتایج نظری را به امید اثبات تجربی آنها به تأخیر انداخته بود. همکاراو، کابانس[2] برای مشاهده تجربی این‌اثر تلاش کردولی به‌علت انتخاب گازها برای آزمایش، دراین کارناکام ماند. درگازها، به علت‌غلظت مولکولی ناچیز، مقدارپراکندگی بسیار ضعیف است. هنگامی که روکار وکابانس،دو یادداشت‌اولیه رامان را مشاهده کردند، فوراً دست به انتشار نتایج خود زدند (۱۷ و ۱۸).

در مسکونیز، لندسبرگ ومندلشتام، اثررا به‌طورمستقل کشف کرده ووجود خط جدیدی را در پراکندگی تابش جیوه ازیك بلور کوارتز گزارش دادند. این دانشمندان، ازدویادداشت اولیه‌رامان، چنین یادکردند (۱۹):

> تشخیص وجود و میزان ارتباط بین پدیده‌ای‌که مامشاهده کرده‌ایم با آنچه به‌وسیلهٔ رامان مشاهده شده است، دراین لحظه مقدور نیست. زیرا توصیف او بسیارکوتاه و موجز است.

نامگذاری اثر

رامان، اثر مشاهده شده را «تابش جدید» نامید. درسال۱۹۲۸، سال‌کشف اثر، پرنیگ‌شیم گزارش مفصلی درباره آن نوشت‌ونتیجه گرفت‌که اثرکشف شده به‌وسیله رامان، پدیده‌ای‌کاملا جدیداست وپیشنهادکرد که «اثر‌رامان خوانده شود وطیف‌خطهای جدید نیز طیف‌رامان نامیده شود (۲۰). این نامگذاری، فوراً مورد قبول همگان قرار گرفت، بجز دانشمندان شوروی که تا سالهای دهه ۱۹۶۰ یا ۱۹۷۰ ازبه‌کار بردن اصطلاح «اثر‌رامان سرباززدندوآن را پراکندگی‌ترکیبی می‌نامیدند.

گسترش مطالعات رامان

تشخیص اهمیت اثر رامان، فوری بود. درآن زمان، اندازه‌گیری طیفهای ارتعاشی و چرخشی با جذب زیر قرمز، آن‌قدر دشواربود که فقط درشش تاهشت آزمایشگاه درسراسرجهان امکان‌پذیر بود.

1. Cabannes

دانشمندانی که با طیف‌بینی سروکارداشتند، نیازمند روش‌ساده‌تر و عملیتری بودند. اثررامان، ناگهان چنین روشی را به‌دست داد و داده‌های لازم به صورت فرکانسهای تفریقی اندازه شده در ناحیه مرئی را فراهم می‌ساخت. تنها چیزی کـه لازم بـود، یك قـوس الکتریکی جیوه، یك صافی مناسب، و یك طیف‌نگار بود، و چون این ابزار تقریباً در هر آزمایشگـاهی یافت مـی‌شدند، بسیاری از دانشمندان وارد قلمروسنجش طیف رامـان شدنـد. چنین بـه‌نظر می‌رسدکه هرمایع بیرنگ معمولی موردسنجش قرارداده می‌شد وبا اندازه‌گیری جابه‌جاییهای‌رامان، مقاله‌ای نوشته می‌شد.درآغاز، برخی فرکانسها با مقادیر شناخته شده زیرقرمزسازگار بودند ولی برخی نیز سازگاری نداشتند. درسال ۱۹۳۴، پلازك[1] یك نظریه نیمه‌کلاسیك برای‌پراکندگی رامان منتشرساخت که‌این مشاهدات را براساس تقارن و دستورهای انتخاب تبیین می‌کرد (۲۱).

مطالعه اثررامان، به‌سرعت رشدکرد. درهمان سال کشف پدیده رامان، یعنی ۱۹۲۸، تعداد ۵۸ مقاله درمورد آن انتشاریافت!در سال ۱۹۲۹، تعـداد ۱۷۵ مقـالـه دیگـرمنتشرشد (۱۴b، ۲۲). (اتفاقاً، یکی ازمقاله‌های اخیربه‌وسیله اسنو[2] دانشمندی‌که بعداً درباره دوفرهنگ نـوشت، منتشرشده بود (۲۳). درنخستین دهه پس‌از کشف اثررامان (۱۹۳۷-۱۹۲۸)، تعداد ۱۷۸۵ مقاله در باره‌آن نوشته شد (۱۴b)، وبیش‌از۲۵۰۰ تـرکیب مورد مطالعه قـرارگـرفت (۱۱b). بعداً، درسال ۱۹۴۶ طیف‌سنجهای تجارتی زیرقرمزدردسترس قرارگرفتند وبرای ۲۰ سال بعدی، طیف‌بینی‌زیر قرمز یکه‌تاز صحنه شد.طیف‌بینی‌زیرقرمز، تقریباً به‌طورکامل‌جای طیف‌بینی رامان را، بجزدربرخی مطالعه‌های اساسی که در بعضی آزمایشگاهها درحال انجام بودند، گرفت.

در سال ۱۹۶۲، پورتو[3] و داروین‌وود[4] بـرای نخستین‌بار از لیزردرطیف‌بینی رامان استفاده‌کـردند (۲۴). پیشرفت لیزر سبب احیای دوباره تکنیك شد، زیرا لیزرهـا منبعهای ایده‌آلـی بـرای بررسیهای رامان هستند. دردسترس قرارگرفتن آنها سبب رستاخیز عظیمی درقلمرورامان شد. درپنجاهمین سال‌کشف طیف‌بینی‌رامان (سال ۱۹۷۸) تقریباً تعداد ۲۶۰۰۰ مقاله بنیادی درباره موضوع منتشرشده بود (۱۱c). این روند همچنان ادامه داشته و در پنج سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۲، تعداد ۱۵۳۸۴ مقاله‌کـه درعناوین خود دارای‌کلمه«رامان»بودنددرچکیده‌های‌شیمی درج‌شده‌است(۲۵). اهمیت طیف‌بینی رامان با استفاده از اثر رزونانس رامان، تحریك فرابنفش، وتکنیکهای تبدیل فوریه، افزایش فراوانی یافته است. طی ۶۰سال‌گذشته، طیف‌بینی رامان به‌صورت یك تکنیك نیرومند ومفید، مورد استفاده قرارگرفته وکاشف آن نیزشایستگی تکریم و احترام ما را دارد.

جایزه نوبل رامان

رامـان، درسال ۱۹۲۹، لقب سر (Sir) گرفت ودرسال ۱۹۳۰، جایزه نوبل فیزیك را ربـود (۲۶). (شکل۴، عکس رسمی‌رامان را درآن سال‌نشان می‌دهد.) بدین‌ترتیب، درفاصله بسیارکمی‌پس‌از

شکل ۴. سِرج.و. رامان. این عکس در سال ۱۹۳۰، سالی که جایزه نوبل را دریافت کرد، گرفته شده است.

اعلام‌کشف اثر رامان،جایزه نوبل نصیبش شد و اونخستین‌آسیایی بود کـه این جایزه را در علوم دریافت داشت. در این مورد، دو داستان شنیدنی نقل‌کرده‌اند.

خبردریافت جایزه نوبل به‌وسیله یکی ازخبرگزاریهای کلکته، هنگامی‌که رامان درآزمایشگاهش بود، تلفنی به اورسید. یکی از دانشجویان، به‌نام بهاگاوانتام تلفن را بـرداشت وباشادمانـی و هیجان به‌سوی استاد شتافت تااین خبربزرگ را به‌اوبدهد. رامان، پس‌ازشنیدن خبرگفت «آیا من، تنها برنده جایـزه هستم، یـا باید رختخواب را با یك غـریبه تقسیم کنم؟» (۱۳b). اوتنها برنـده جایزه نوبل فیزیك سال ۱۹۳۰ بود.

جوایزنوبل دراوایل ماه نوامبرسال ۱۹۳۰ اعلام شدند و در ۱۱ دسامبرهمان سال به‌برندگـان اهدا گـردیدند. درچنین فاصله کوتاهی، برای رامان دشواربودکه اسباب یك سفرباکشتی بخاررا فراهم سازد تااوراازهندوستان به استکهلم برساند تا به موقع در مراسم حاضرشود. در ماه جولای همان سال (سه‌ماه پیش‌از اعلام جایزه نوبل)، باکمال جسارت، به‌امید دریافت جایزه نوبل، بلیت مسافرت به‌سوئد را برای خود وهمسرش رزروکرده بود تا بتواند به‌موقع هندوستان را به‌سوی سوئد ترك‌کند. رامان، نه‌فقط بلیت را رزروکرده بـود بلکه، همه‌جـا آشکارا ایـن مطلب را اظهار می‌داشت (۵b و ۱۳c)! رامان، مردی بود با حد اعلای اعتماد به‌نفس‌وشخصیت برجسته.

پژوهش دربارهٔ الماسها

اندکی پس‌ازکشف اثررامان‌درسال ۱۹۲۸، رامان، تصادفاًمتوجه شد کـه برادر جـوانترش، رامـاسوامـی یك انگشتری نامـزدی الماس برانگشت دارد. همین برادر رامان، کـه بعداً، دانشجوی

1. Placzeck 2. C.P.Snow 3. S. P. S. Porto
4. Darwin Wood

پژوهشی فیزیك شد، بررسی طیف‌بینی مختصری برروی این سنگ گرانبها انجام داد ونخستین کسی بود که وجود خط رامان قوی و تیزی را در $1332cm^{-1}$ گزارش داد (۱۳d، ۲۷). بهاگاوانتام، دانشجوی رامان، همین آزمایش را در کلکته تکرار کرد (۲۸). همین مسئله، علاقه رامان به‌الماسها را برانگیخت، علاقه‌ای که تا پایان زندگانی اواستمرارداشت. اوودانشجویانش برای انجام دادن مطالعاتشان بـه الماسهای بسیاری دراندازه‌هـا، شکلها، و کیفیتهای مختلف، نیازداشتند. راستی، یك استاد دانشگاه چگونه می‌تواند به‌چنین الماسهایی دسترسی پیداکند؟ با امانت گرفتن آنها ازجواهر فروشهاواشخاص ثروتمند یاباخریداری کردن آنها. رامان درمورد ارزش الماسها مطالعات گسترده‌ای انجام داد و به‌صورت یکی ازخبرگان این کاردرآمدکه می‌توانست با صرافان کارکشته‌نیز به‌رقابت بپردازد. اوپس‌ازآنکه شخصاً الماسها را مورد آزمایش قرارداد، الماسهای بسیاری خریداری کرد ونهایتاً، کلکسیونی شامل ۵۰۰ قطعه الماس فراهم ساخت.*

رامان، خیلی‌زود توانست‌دوقطعه‌الماس بسیاردرشت‌ازمهاراجه داربهانگا به‌امانت بگیرد. یکی از این الماسها، سنگی بی‌رنگ و بی‌عیب به‌وزن ۲۰ قیراط بود. الماس دیگر، جواهری‌شگفت‌انگیز به‌وزن۱۴۳ قیراط (حدود ۲۸ گرم یا یك اونس)، شفاف، به‌رنگ زردکمرنگ، و به‌ابعاد خطی‌سه‌سانتی‌متربود. این امانت‌برای‌مدت کوتاهی بود ورامان مجبورشد تا ضمانتی‌را امضاکندکه مبلغ قابل توجهی راشامل می‌شد. رامان، الماسها رابه‌دانشجویش بهاگاوانتام سپرد تا به مدت ۴۸ ساعت آنها را مورد آزمایشهای گسترده‌ای قراردهد. اوبه‌بهاگاوانتام هشدارداد‌که مواظب الماسها باشد وبه او گفت‌که تاریخ‌سرشارازداستانهایی‌درمورد چگونگی تلاش‌دزدان حرفه‌ای برای ربودن الماسهای بـزرگ درهندوستان مـی‌باشد. بهاگاوانتام، به‌مدت دوشب، درحالی که الماسها درمعرض تابش قرارمی‌گرفتند، در کناردستگاه طیف‌نگارخوابید (۱۳b)، و سپس الماسها، عیناً به‌صاحب آن بازگردانیده شد. مقاله‌ای‌که براساس این سنجشها نوشته شد دریك مجله چکیده، به‌چاپ رسید. به‌گفته بهاگاوانتام، چکیده پـردازمقاله، جمله‌ای درچکیده گنجانیده بود که الماس مورد مطالعه حدود ۱۴۰ قیراط وزن داشته و سه چهار علامت تعجب(!) نیزدرپی آن جمله آورده بود (۱۳b)**.

رامان می‌دانست‌که برخی ازبزرگترین الماسهای جهان، شامل مغـول‌کبیر، کـوه نور، اورلف، امید، شاه، ونـایب‌السلطنه، از هندوستان آمده‌اند. فی‌الواقع، الماسهای بـزرگ روزگارباستان، می‌بایستی هندی بوده باشند. الماسهای گولکوندا، یکی‌از مراکز برش و تراش الماس، افسانه‌ای هستند. رامان، چندسال آخر عمر خـودرا صرف مطالعه زمین‌شناسی و جغـرافیای دره‌کـریشنان و رودخانه‌های مجاورآن‌کرد، زیرا می‌دانست روزگـاری ۶۰۰۰۰ نفرسرگرم جستجوی الماس درآن منطقه بوده‌اند وفکر می‌کردکه ممکن است هنوزآینده‌ای داشته باشد(۱۲b،۱۳b).

پژوهش در بنگلور

درسال ۱۹۳۳، رامان‌کلکته را ترك‌گفت تا بتواند پست جدیدش دربنگلوررا بـه‌عنوان رئیس انستیتوی علـوم هندوستان بـرعهده بگیرد. این انستیتودرسال ۱۹۰۹ بـه‌وسیله ج.ن. تـاتا یکی از صنعتگران ثروتمند وآینده‌نگرهندوستان تأسیس شده بود. در آنجا، رامان به‌مطالعه‌پروبال رنگین پرندگان، صدفهای دریایی، حبابهای صابون، وشیشه رنگین کمانی‌قدیمی پرداخت. او، همچنین، درباره مسائل بسیار متنوعی دراموا‌ج فراصوتی، پراکندگی نور، خواص مغناطیسی ـ اپتیکی، ونقشه‌برداری (توپـوگرافی) با پـرتوایکس پژوهش‌کرد. متأسفانه، با هیأت امنای انستیتودرگیری پیداکرد و درسال ۱۹۳۷، مجبور به‌استعفا ازریاست انستیتو شد ولی تا سال ۱۹۴۸، به‌عنوان استاد فیزیك درآنجا ماندگـارشد. در آن سال، دولت تازه به‌استقلال رسیده هندوستان، اورا به عنوان استاد ملی برگزید ورامان، انستیتوی علوم هندوستان را ترك‌گفت.

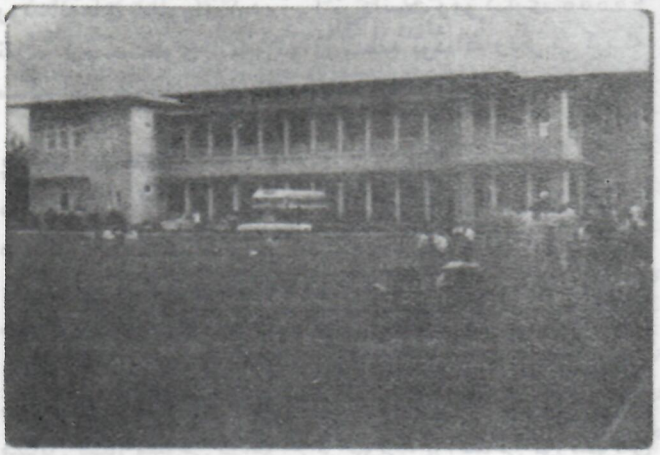
رامان، تصمیم‌گرفته بود کـه اندوخته یك عمر خود را صرف برپا ساختن یك‌انستیتوی‌کوچك برای‌خودش بکند تا درآنجابتواند به‌طورمستقل به‌پژوهش بپردازد. اما، در۶۰ سالگی، قسمت عمده ثروت خودرا دریك سرمایه‌گـذاری ازدست داد. اغلب مردمان، درچنین وضعیتی، کاملاً مأیوس می‌شوند، اما رامان به‌نقاط‌مختلف کشورسفرکرد تابرای برپا ساختن انستیتوی خود اعانه‌جمع‌آوری کند. رامان‌می‌گفت، «مردان‌بزرگ‌ما، نظیربودا، شانکارا، وگاندی، همگی تهیدست وبی‌چیزبوده‌اند». اوبه‌اندازه‌کافی پول گردآوری کرد تا انستیتوی خودرا برپاسازد، اما برای راه‌اندازی آن پولی نداشت. با راهنمایی‌یکی‌ازشاگردان پیشین‌خود، بقیه‌اندوخته‌هایش را صرف ایجادکارگاهی برای تولید اجاقهای ولشباخ‌برای لامپای نفتی‌کرد. درآمد حاصل ازاین‌کاربرای تأمین هـزینه انجام دادن پژوهشهای‌انستیتوی پژوهشی رامان او و بی‌نیازگردانیدن آن از کمکهای دولتی‌کافی بود (۳۰). رامان، مجدداً، دانشجوگرفت‌و پژوهش برروی موضوعهای گوناگونی، شامل بـررسیهای اپتیکی کانیهای مورد علاقه‌اش، فیزیولوژی بینایی (۴۳ مقاله)، ورنگ گلها را ازسرگرفت. (او، یکی ازنخستین‌کسانی بودکه به مطالعه رنگ‌گلها با استفاده از روشهای طیف‌بینی پـرداخت.) ساختمان انستیتوی‌پژوهشی رامان، درشکل ۵ نشان داده شده‌است. امروزه، بخشی ازاین انستیتوبه‌صورت آزمایشگاه پژوهشی وبخش دیگری به‌صورت موزه درآمـده است. دربخش اخیر، کانیها، بلـورها، و الماسهای رامان به‌نمایش گذاشته شده است. همچنین، مجموعه‌ای از اشیای مـورد مطـالعه اونظیرادوات مـوسیقی، پرهای رنگین پرندگان، وسوسکهای رنگین درآن قرارداده شده است.

سالهای پایانی عمررامان

عکس شماره ۶ کـه دردهـه ۱۹۶۰ گـرفته شده است، رامان را در آخرین دهه زندگانیش نشان می‌دهد. با کمال تـأسف، این دهـه برایش دورانی ناشادبود. اوازدوپسرش دلخوروبیزارشده بود. در

* چندین منبع موثق نوشته‌اند که رامان قسمت اعظم جایزه ۴۰۰۰۰ دلاری نوبل خود را صرف خرید الماس کرد. راماسشان، که یکی از دانشجویان رامان بود و او را به‌خوبی می‌شناخت، می‌گوید این نکته درست نیست، رامان فقط بخش کوچکی ازپول جایزه خودرا صرف خرید الماس کرد. او، بیشتر پول خود را در سرمایه‌گذاریهایی که در بخشهای بعدی مقاله از آنها یاد خواهیم کرد، باخته است (۶).

** نگارنده‌های‌این نوشتار، موفق به پیدا کردن آن چکیده نشده‌اند. مرجع ۲۹ در *Sci. Absts.*, 1931, *34A*, چکیده شماره ۱۲۳۸، و در *Chem. Absts.*, 1931, *25*, *1159* آورده شده است، ولی در باره الماس ۱۴۳ قیراطی و علامت تعجب، چیزی به چشم نمی‌خورد.



شکل ۵. انستیتوی پژوهشی رامان در بنگلور. این عکس در بازدید سال ۱۹۷۸ گرفته شده است.

شکل ۶. رامان در دهه ۱۹۶۰.

جدلی ناخوشایند برسر ارتعاشهای شبکه‌ای الماس با ماکس بورن درگیرشد که سالها ادامه یافت. این ماجرا دردناك بود زیرا آنان، پیشتر، دوستانی صمیمی بودند، ودرسالهای آخردهه ۱۹۳۰، هنگامی که بسیاری ازدانشمندان درصدد ترك آلمان هیتلری بودند، رامان برای دست وپاکردن شغلی برای ماکس بورن درانستیتوی علوم هندوستان دربنگلور تلاش فراوانی به‌عمل آورده بود.

رامان، انزواختیار کرد. دیواری بلند پیرامون انستیتوی خود کشید وبرسردرآن تابلویی آویخت که ورود بازدیدکنندگان را ممنوع می‌ساخت. این دوره، برای او دوران اندوه وملال بود. خوشبختانه، درسالهای آخرعمرش ازاین افسردگی ونومیدی بیرون آمد. رامان، درروز ۲۱ نوامبر، سال ۱۹۷۰، در ۸۲ سالگی زندگی را بدرود گفت ودرباغ گل‌سرخ مورد علاقه‌اش در محوطهٔ انستیتوی خود به‌خاك سپرده شد.

اندکی پس‌ازدرگذشت رامان، ایندیرا گاندی، نخست‌وزیروقت هندوستان، شخصاً همدردی خودرا با خانواده رامان به‌اطلاع آنان رساند وازهمسرش درمورد منابع تأمین معاش آنان پرسش کرد و گفت درصورت لزوم، دولت هندوستان می‌تواند به‌آنان کمك کند. البته، نیازی به کمك نبود ولی همین رخداد، بیانگر جایگاه ارجمند رامان درهندوستان وهمچنین، خردمندی ودرایت بانو گاندی است (۶).

یکی‌ازنگارندگان(میلر)، هنگامی که به‌خاطرپنجاهمین‌سال کشف اثررامان، درهندوستان بود، به‌طوراتفاقی بانورامان را ملاقات کرد وازاوپرسید، آیادوران کشف بزرگ رامان را به‌یادمی‌آورد؟ بانورامان، درپاسخ گفت، بلی، بسیارخوب، زیرا زمان بسیارهیجان انگیزی بود. بانورامان، آموزش علوم ندیده بود، اما همواره تلاش کرده بود تاجایی که برایش مقدور است به‌همسرش کمك کند. برای مثال، دربرخی موارد برای تنظیم آفتاب‌نگاربه‌پشت بام می‌رفت وبا چرخانیدن آیینه، براساس دستورهایی که ازآزمایشگاه زیرین به‌اومی‌رسید، همکاری می‌کرد.

درشکل ۷، تمبریادبودی که یك‌سال پس‌ازدرگذشت رامان، به یاداودرهندوستان انتشاریافته، نشان داده شده است. تصویر و امضای رامان، طیف رامان کربن تتراکلرید، ویك الماس، ماده‌ای که اوقات فراوانی را صرف مطالعه آن کرد، براین تمبرنقش بسته است.

تطورپژوهش رامان

رامان، دانشمند بزرگی بود. هرچند که خودآموخته بود و در محیطی می‌زیست که در آنجا پژوهش بسیاردشواربود، کارهای چشمگیری دربسیاری ازقلمروهای علم انجام داد وبه‌صورت یکی ازبزرگمردان علم درهندوستان و، همچنین، درجهان درآمد(شکل ۸). فعالیت علمی‌او به‌مدت ۶۶ سال استمرارداشت وطی‌این‌دوران بیش‌از ۴۵۰ مقاله علمی انتشارداد، درحالی‌که دانشجویانی که‌زیر نظراوپژوهش می‌کردند بیش‌ازسه‌برابر این تعداد منتشر ساختند (۳۱). این پژوهش شامل موضوعهای بسیار گوناگونی بود که

شکل ۷. تمبریادبودی که در سال ۱۹۷۰، یك سال پس از درگذشت رامان، در هندوستان منتشر شده است.

شکل ۸. رامان با دیدارکنندگان علاقه‌مند آزمایشگاه خود.

بسیاری‌ازآنها دراین نوشتارآورده‌نشده‌است.اغلب این موضوعها از مشاهده ادراکی او ازچیزهـای روزمره سرچشمه گرفته بود. رامان، تا حد زیـادی به‌شهود متکی بود، و از توانـایی طراحی آزمایشهای ساده‌ای‌که نتایج بزرگ و چشمگیری به‌بار می‌آورد، برخوردار بـود. در دوران زنـدگانیش، درجه‌هـای افتخـاری، عضویتهای افتخاری، جایزه‌ها، و تقدیرنامه‌های فراوانی دریافت کرد (۱۲c).

رامان، سرشارازشوروذوق زندگی بود. ازطبیعت لذت بسیار می‌برد وچیزهایی نظیرزیبایی بلورها ورنگ پـرندگان، گلها، یـا آسمان، اورا به‌وجد وشعف می‌آورد. اوازنعمت دیدن پرسشهایی دارای ارزش‌بررسی،درچنین پدیده‌هایی بهره‌مند بود وبه‌طورمکرر نشان دادکه درك ژرفترمشاهدات روزانه مـی‌تواند بـه‌کشفهای بنیادی منجرشود. رامان، اغلب می‌گفت: جوهرعلم، تفکر مستقل‌و کادسخت است، نه ابزار (۱۳a).

رامان، همچنین، مردی مغرورو گاه متکبر و بسیار خود پرست بود. ممکن بود به‌شدت خشمگین شود وکارباوبه‌دشواری‌بکشد، وهمچنین،می‌توانست‌همکاروهمدمی‌جذاب‌ومطبوع باشد.آموزگاری بزرگ وسخنرانی برجسته بودکه می‌توانست جمعیت بـزرگی را مسحورکند. شوخـی وطنزپردازی اوعالـی بـود و مـی‌توانست شنوندگان خود ـ چه‌یك‌نفروچه صدها نفر ـ را به خنده‌هـای‌بلند وادار سازد.

کشف اثررامان، بسیار با اهمیت بـود، وهمچنین تأثیراو بـر گسترش علم درهندوستان. اوتوانست علاقه‌به‌علم رادرهندوستان برانگیزد و برای‌آن پشتیبانی مالی به‌دست آورد. اودربرپاسازی، تقریباً، تمام‌سازمانهای پژوهشی هندوستان مشارکت داشت.صدها دانشجوتربیت کرد، وباتشویق‌والهام‌بخشیدن به‌آنان،سخاوتمندانه به‌آنها امتیازداد وبرای‌به‌دست گرفتن مشاغل مهم درکشور،آماده ساخت. وبدین‌ترتیب، میراثی عظیم ازخود برجای‌گذاشت.

ترجمهٔ عیسی یاوری

• C. V. Raman and the Discovery of the Raman Effect
Foil A. Miller and George B. Kauffman,
Journal of Chemical Education, October 1989.

مراجع

1. An excellent biographical article has recently appeared in the physics literature: Jayaraman, A.; Ramdas, A. K. *Phys. Today* 1988, (August), 56–64.
2. See also Tobias, R. S. *J. Chem. Educ.* 1967, *44*, 2–8.
3. Raman, C. V. *Phil. Mag.* 1906, *12*, 494–498.
4. Raman, C. V. *Phil. Mag.* 1907 *14*, 591–596.
5. Ramaseshan, S. *C. V. Raman Memorial Lecture—1978;* Indian Institute of Science: Bangalore; (a) p 3; (b) p 14; (c) p 13; (d) p 19.
6. Ramaseshan, S., Raman Research Institute, Bangalore, personal communication.
7. Rayleigh, Lord (John William Strutt). (a) *Nature* 1910, *83*, 48; (b) *Rayleigh's Scientific Papers;* Dover: New York, 1964; Vol. 5, p 540.
8. Raman, C. V. *Nature* 1921, *108*, 367.
9. Raman, C. V.; Krishnan, K. S. *Nature* 1928, *121*, 501–502.
10. Raman, C. V. *Nature* 1928, *121*, 619.
11. Krishnan, R. S.; Shankar, R. K. *J. Raman Spectrosc.* 1981, *10*, 1–8. (a) p 3; (b) p 6; (c) p 7.
12. Bhagavantam, S. *Biog. Mem. Roy. Soc.* 1971, *17*, 565–592. (a) p 573; (b) p 577; (c) p 570.
13. Bhagavantam, S. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Raman Spectroscopy, Bangalore, 1978;* Schmid, E. D., et al., Eds.; Heyden: London, 1978; Vol. 1, pp 3–12; (a) p 4; (b) p 10; (c) p 11; (d) p 9.
14. Krishnan, R. S.; Shankar, R. K. *J. Indian Inst. Sci.* 1980, *62B*, 53–68; (a) p 61; (b) p 55. This reference gives the number of publications by year for 1928–1978. Distribution by country and by subtopic are summarized for selected years.
15. Raman, C. V. *Indian J. Phys.* 1928, *2*, 387–398.
16. Raman, C. V.; Krishnan, K. S. *Nature* 1928, *121*, 711.
17. Rocard, Y. *Compt. rend. Acad. Sci., Paris* 1928, *186*, 1107.
18. Cabannes, J. *Compt. rend. Acad. Sci., Paris* 1928, *186*, 1201.
19. Landsberg, G.; Mandelstam, L. *Naturwiss.* 1928, *16*, 557.
20. Pringsheim, P. *Naturwiss.* 1928, *16*, 597.
21. Placzek, G. In *Handbuch der Radiologie;* Marx, E., Ed.; Akademische: Leipzig, 1934; Vol. 6, (2), pp 205–374.
22. Useful lists of early papers on the Raman effect can be found in: (a) Krishnan, R. S.; Shankar, R. K. *J. Raman Spectrosc.* 1981, *10*, 1–8. Lists chronologically all publications on the Raman effect that appeared in 1928. (b) Kohlrausch, K. W. F. *Der Smekal–Raman–Effekt, Ergänzungsband;* Springer: Berlin, 1938. Lists chronologically all publications on the Raman effect that appeared in 1928–1930. (c) See also ref *31.*
23. Snow, C. P. *Phil. Mag.* 1929, 7th series, *8*, 369–379.
24. Porto, S. P. S.; Wood, D. L. *J. Opt. Soc. Am.* 1962, *52*, 251–252.
25. El-Sayed, M. F. A. Talk at a conference in 1982.
26. Raman's Nobel lecture has been published in: (a) Nobel Foundation, *Nobel Lectures in Physics, 1922–1941;* Elsevier: New York, 1965; pp 267–275. (b) *Scattering of Light;* The Indian Academy of Sciences: Bangalore, 1978; pp 542–550. (c) *Indian J. Pure Appl. Phys.* 1978, *16*(3), ix–xiv.
27. Ramaswamy, C. *Nature* 1930, *125*, 704; *Indian J. Phys.* 1930, *5*, 97–104.
28. Bhagavantam, S. *Indian J. Phys.* 1930, *5*, 169–182.
29. Bhagavantam, S. *Indian J. Phys.* 1930, *5*, 573–586.
30. Ramaseshan, S. *Sci. Age* 1987, (Feb.), 33–38; especially p 38.
31. A list of Raman's publications can be found in: (a) Bhagavantam, S., ref *12*. Gives all of Raman's publications classified by subject. (b) *Scattering of Light;* The Indian Academy of Sciences: Bangalore, 1978. Contains reprints of all 94 of C. V. Raman's papers on this one subject. Also contains a bibliography of papers on the same subject published by his students and collaborators. (c) Mehra, J. In *Dictionary of Scientific Biography;* Gillispie, C. C., Ed.; Scribners: New York, 1975; Vol. 11, pp 264–267. Only Raman's most important works.