پراکندگی مولکولی نور

سخنرانی رامان هنگام دریافت جایزهٔ نوبل، ۱۱ دسامبر ۱۹۳۰

رنگ دریا

درتاریخ علم، غالباً شاهدآن هستیم که بررسی نوعی پدیدهٔ طبیعی، نقطه آغـاز پیدایش شاخهٔ جدیدی از دانش بـوده است. موردی ازآن رنگ آسمان است که الهام بخش کاوشهای نوری بی‌شماری بوده است. توضیح لرد رایلی و مشاهدات بعدی کـه مؤیـد نظر او بوده، آغـازگـر شناخت ما از مـوضوع این سخنرانـی است. جالبترازرنگ آسمان، گرچه ممکن است برای همگان آشنانباشد، رنگ آبهای اقیانوس است. درسفری که در تابستان سال۱۹۲۱به اروپاداشتم‌فرصتی‌دست دادکه رنگ‌آبی‌اوپلسانی* دریای مدیترانه را مشاهده کنم. دربدوامرمحتمل به‌نظرمی‌رسیدکه منشأ این پدیده پراکندگی نورخورشید به وسیلهٔ مـولکولهای آب بـاشد. بـرای وارسی صحت وسقم این توضیح، تعیین قوانین حاکم برپخش نور درمایعات ضروری می‌نمود. بدین منظور درسپتامبرسال ۱۹۲۱ که به‌کلکته بازگشتم بلافاصله دست به‌کارآزمایشهای مـربوط به‌این موضوع شدم. اما به‌زودی معلوم شدکه این موضوع دارای چنان اهمیتی است که دامنهٔ آن ازهدف‌کاری که به‌عهده گـرفته بودیـم بسیارفراترمی‌رود و حوزه نامحدودی برای تحقیق دارد. در واقع معلوم شدکه بررسی پراکندگی نوربه‌ژرفترین مسائل علم فیزیک‌و شیمی کشیده مـی‌شود وهمین باوربـود کـه ازآن پس زمینه ساز فعالیتهای ما درکلکته شد.

نظریهٔ افت وخیزها

ازهمان‌کارهای چند ماه اول معلوم شدکه پراکندگی مولکولی‌نور پدیده‌ای بسیارکلـی است که نه تنها درگازهـا وبخارها، بلکه در مایعات وجامدات بلورین وبی‌شکل نیزمی‌تواند مورد مطالعه‌قرار گیرد، نیزمعلوم شدکه این پراکندگی عمدتاً اثری‌ناشی ازبی‌نظمی مولکولی در محیط مادی وافت وخیزهای موضعی به‌وجود آمده درچگالی‌نوری آن است. چنین بی‌نظمی مولکولی را، به استثنای جامدات بی شکل، می‌توان احتمالاً به‌آشفتگی گرمایی نسبت داد وبه‌نظر می‌رسدکه نتایج تجربی مؤید این نظر باشد. علاوه براین از این واقعیت کـه مولکولها از لحاظ نوری نـاهمسانگردند و می‌توانند در مایعات آزادانه جهت‌گیری کنند معلوم شد که چنین خاصیتی می‌تواند نوعی پراکندگـی اضافی تولید کند. تمایز این پراکندگی ازپراکندگی ناشی از افت و خیزهای چگـالـی از این جهت ممکن‌است که اولی عملا ناقطبیده است، درحالی‌کـه دومی به‌طورکامل در جهت عرضی قطبیده است. کل موضوع بـا دیدی انتقادی بازنگری شد ونتایج حاصل درفوریه سال۱۹۲۲به‌صورت یك مقاله توسط مرکزنشر دانشگاهی کلکته منتشر گردید.

مسائل گوناگونی که حل آنها ضرورت داشت ودراین مقاله به آنها اشاره شده است، به‌یاری گروهی ازهمکاران توانمند ما مورد تحقیق قرارگرفت. دراینجا فقط معدودی از تحقیقات بی‌شماری را که درطی شش سال از ۱۹۲۲ تا ۱۹۲۷ درکلکته انجام شده‌است به‌اختصارمتذکرمی‌شویم. تحقیق درمورد پراکندگی نوردرسیالات به‌وسیلهٔ رامانتان در گستره وسیعی از فشارها و دماهـا انجام شد ونتایجی به‌دست آمدکه به‌نظر می‌رسد مؤید نظریه افت و خیزهـا دربارهٔ منشأآن باشد کاراوتغییرات قابل ملاحظه درحالت قطبش راکه همراه تغییرات شدت افت و خیزهای ناشی از تغییرات دمـا در بخارهـا و در مایعات بود، نیزآشکار ساخت. مخلوطهای مایع توسط‌کامسوارا رائو مورد تحقیق قـرارگرفت وگواه نوری برای وجود افت وخیزهای همزمان چگالی، ترکیب‌درصد وجهت‌گیری مولکولی‌درچنین سیستمهایی به‌دست‌آمد.اسری واستاوا پراکندگی نور در بلورها را در ارتباط باافت و خیزهای گرمایی چگـالی و همچنین افزایش این افت و خیزها بادما را تحقیق کـرد. رامداس دربارهٔ پراکندگی نور به‌وسیلهٔ سطوح مایع که نـاشی از آشفتگی

* اوپلسانی Opalescence به معنی روشنایی قوس و قزحی است. opalمأخوذ از لاتین opalus و سانسکریت opala نام سنگی گوهری است با ترکیب SiO_2, nH_2O که نرمتر از کوارتز است و رنگ قوس و قزحی دارد. احتمالاً آن را در فارسی عین الهر گویند.ـ م.

گرمایی است به‌تحقیق پرداخت ورابطه بین کشش سطحی واوپلسانی سطحی را ثابت کرد. او انتقال از اوپلسانی سطحی به اوپلسانی حجمی را نیز که در دمای بحرانی صورت می‌گیرد دنبال کرد. سوگانی‌پراش پرتو X درمایعات را به‌این منظور که آن‌را بارفتار نوری مربوط سازد وکاربرد نظریهٔ افت و خیز را در بارهٔ پراکنش پرتو X آزمایش کند، مورد تحقیق قرارداد.

ناهمسانگردی مولکولها

چنانکه گفته شد، حالت قطبش نور پراکنده شده درسیالات با ناهمسانگردی نوری مولکولها مربوط می‌شود. بیشترکاری که‌طی سالهای ۱۹۲۲ تا ۱۹۲۷ درکلکته انجام شد به‌این منظور بودکه داده‌هایی دربارهٔ این خاصیت واثبات روابط آن با پدیده‌های گوناگون نوری به‌دست آید. کریشنان مایعات بسیار زیادی را امتحان کرد، وباکارخود آشکارا نشان دادکه ناهمسانگردی‌نوری مولکول به‌ساختمان شیمیایی آن بستگی دارد. راما کریشنا رائو واقطبش نور پراکنده شده در عدهٔ بسیار زیادی ازگازها و بخارها را بررسی کرد واطلاعات بسیارمهمی برای‌پیشرفت موضوع به‌دست آورد. ونکاتسواران پراکندگی نوردرمحلولهای آبی برای یافتن تأثیرتفکیک الکترولیتی برآن را بررسی کرد. رامان چاندران‌رائو دربارهٔ مایعاتی که مولکولهای بسیارطویل دارند وهمچنین دربارهٔ مواد فوق‌العاده قطبی، درگسترهٔ وسیعی ازدماها به‌تحقیق‌پرداخت وتأثیرشکل مولکولی وتجمع مولکولی‌بر واقطبیدگی نورپراکنده شده در مایعات راکشف کرد.

تعبیرمشاهدات درمایعاتی که درایجاد یك نظریهٔ‌مولکولی‌برای پراکندگی نوردریك محیط متراکم‌دخالت دارند به‌عهده رامانتان، خود من، وکریشنان بود. با این کاریك فرمول اوپلسانی تجدید نظرشده به‌دست آمدکه با فرمول اینشتین تفاوت داشت‌ونتایجی می‌دادکه با مشاهده توافق بیشتری داشت. همچنین، کریشنان و خود من یك رشته تحقیقاتی رامنتشرکردیم که نشان می‌دادچگونه ناهمسانگردی نوری مولکولهاکه ازپراکندگی نور نتیجه می‌شود می‌تواند برای تفسیررفتارنوری ودی الکتریکی سیالات وشکست مضاعفی که آنها نشان می‌دهند، مفید باشد. استنتاجهای حاصل‌از این بررسیها موجب برقراری رابطه‌ای بین ناهمسانگردی مشاهده شده در سیالات وناهمسانگردی نوری، الکتریکی و مغناطیسی مشاهده شده درمواد جامد بلورین، شد.

یك پدیدهٔ جدید

تحقیقاتی که در بالا بدانها اشاره شد عمدتاً بنابرنظریهٔ کلاسیك الکترومغناطیسی نوربودکه کاربرد آن درمسائل پراکندگی نوربا نام رایلی و اینشتین همراه‌است. باوجود این، امکان اینکه‌ماهیت ذره‌ای نوردرپراکندگی آن دخالتی داشته باشد از نظردورنماند و جوانب آن درمقاله‌ای‌که درسال ۱۹۲۲، دست‌کم یك سال پیش از اکتشافات معروف کامپتون درمورد پراکندگی پرتو X، انتشار یافت، به‌طورکامل مورد بحث قرارگرفت. وقتی معلوم شد که آزمایشهای ما دراصل مؤید نظریهٔ الکترومغناطیس نور است، درهمان مرحلهٔ آغازین تحقیقات، مدرکی دال بروجود پدیده‌ای‌به دست آمدکه به‌نظر می‌رسید خارج ازطرح فکرکلاسیك باشد. پراکندگی نوردرسیالات‌شفاف‌فوق‌العاده ضعیف‌است؛ درواقع‌بسیار ضعیفتر ازاثرتندال که‌معمولاً درمحیط کدرمشاهده می‌شود. ازطریق آزمایش کشف شدکه همراه با آن نوع پراکندگی مولکولی مورد نظررایلی ـ اینشتین بازهم نوعی تابش ثانویه ضعیفتری‌وجوددارد که شدت آن ازلحاظ مرتبه بزرگی چند صدم پراکندگی کلاسیك است وباآن این تفاوت را دارد که همان طول موج اولیه یعنی همان طول موج تابش فرودی را ندارد. نخستین مشاهده‌این‌پدیده درآوریل سال ۱۹۲۳ توسط رامانتان درکلکته به‌عمل آمد. اودر جریان تلاش برای توضیح این موضوع که چرا باید واقطبیدن‌نور پراکنده شده دربعضی مایعات (آب، اتر، متیل الکل واتیل‌الکل) با طول موج تابش فرودتغییرکند، به مشاهده پدیده‌مذکورکشانده شد. رامانتان دریافت که پس‌ازخالص سازی، کامل شیمیایی وتکرار تقطیرکند مایع درخلأ، این تابش جدید باقی می‌ماند بدون‌آنکه‌از شدت‌آن‌کاسته شود واین امرنشان می‌دادکه این خاصیت از ویژگیهای ماده‌موردمطالعه‌است وبه‌هیچ‌گونه ناخالصی‌فلورسانی مربوط نمی‌شود. کریشنان درسال ۱۹۲۴ اثرمشابهی را دربسیاری مایعات دیگرمشاهده‌کرد ومن این پدیده را تا حدی آشکارتردریخ‌و شیشه‌های نوری مشاهده‌کردم.

اثری نوری همانند اثرکامپتون

منشأ این پدیده حیرت انگیز طبیعتاً توجه ما را جلب کرد، ودر تابستان سال ۱۹۲۵ ونکاتسواران کوشید تا با عکس‌گرفتن‌ازطیف نورپراکنده شده ازمایعات درباره آن تحقیق‌کند. اوبا عبور دادن نورخورشید ازپرده‌های رنگی به‌عنوان فیلترکارخودرا انجام داد، ولی نتوانست نتایجی قطعی گزارش‌کند. راماکریشنا رائو در بررسیهای خود دربارهٔ واقطبیدن پراکندگی، درسالهای ۱۹۲۶ و ۱۹۲۷ با دقت تمام درجستجوی پدیده مشابهی درگازها وبخارها برآمد ولی توفیقی به‌دست نیاورد. دراواخر سال ۱۹۲۷ کریشنا باردیگربه‌این مسئله پرداخت. درحالی‌که کارتحقیقی او در حال پیشرفت بود نخستین‌نشانهٔ ماهیت‌درست این پدیده اززاویهٔ‌دیگری خودنمایی کرد. دراین زمان یکی ازمسائل مورد علاقهٔ ما رفتار پراکندگی نوردرمایعات آلی باگرانروی بالا بودکه‌می‌توانستند به‌حالت‌شیشه‌ای برسند. ونکاتسواران‌بررسی‌این‌موضوع‌را به‌عهده گرفت واین‌نتیجه بسیارجالب‌راگزارش‌کردکه رنگ پراکنده شده نورخورشید دریك‌نمونه‌ازگلیسرین بسیارخالص‌به‌جای‌آنکه‌مطابق معمول آبی باشد، سبز درخشان است. این پدیده شبیه به همان پدیده‌ای بودکه رامانتان درالکل وآب کشف‌کرده بود، ولی شدت آن بیشتروبنابراین‌بررسی‌آن آسانتربود. بدون اتلاف‌وقت‌موضوع پیگیری شد. آزمایشهایی با فیلترهای گوناگون به‌عمل‌آمد. این فیلترهاکه نواحی باریکی ازطیف خورشیدی را عبورمی‌دادند در مسیرشعاع فرود جای داده شد ودرهرمورد معلوم شدکه رنگ‌نور پراکنده شده با رنگ نورفرود تفاوت دارد و به‌طرف رنگ سرخ کشیده می‌شود. علاوه‌براین، این تابشها به‌شدت قطبی‌شده‌بودند. واقعیتهای مذکورهمانندی آشکاری بین خصوصیات تجربی این پدیده واثرکامپتون نشان می‌داد. کارکامپتون این مطلب راروشن کرده بودکه طول موج تابش در فرایند پراکندگی افت (انرژی) پیدا می‌کند و با مشاهدات آزمایش گلیسرین این فکربه‌ذهن من‌راه

یافت که پدیده‌ای که از سال ۱۹۲۳ مرا به‌حیرت واداشته درواقع اثری نوری همانند اثر کامپتون است. طبیعی است که این مطلب انگیزه‌ای بود برای تحقیق بیشتر با مواد دیگر.

مشکل عمده‌ای که تا آن زمان ما را در بررسی این پدیدهٔ جدید درتنگنا می‌گذاشت، به‌طور کلی ضعف فوق‌العاده آن بود. این مشکل با استفاده از تلسکوپ انکساری ۷ اینچ در ترکیب با یک عدسی کوتاه ـ کانون که نورخورشید را در باریکه‌ای باشدت بسیار زیاد متراکم می‌کرد، مرتفع شد. با این ترتیب و با استفاده از فیلترهای نوری تکمیلی درمسیر شعاع فرود و شعاع پراکنده شده، که رامانتان درسال ۱۹۲۳ برای جداکردن تابشهای تغییر یافته، پیداکرده بود، معلوم شدکه تابشهای مورد نظردر مایعات بسیار متعددی به‌آسانی مشاهده‌می‌شوند ودربسیاری موارد آنها به‌شدت قطبیده هستند. کریشنا ، که دراین‌تحقیقات جداً مرا یاری‌می‌کرد، درهمان زمان دریافت که پدیده مذکوردرچند بخارماده آلی نیزدیده می‌شود وحتی موفق شد به‌طورمرئی حالت قطبیدن تابشهای‌تغییر یافته ازآنها را معین کند. همچنین معلوم شدکه گازهای متراکمی ازقبیل CO_2 و N_2O، یخ بلورین، وشیشه‌های نوری نیزتابشهای تغییریافته ارائه می‌دهند. این مشاهدات اندکی تردید به جای گذاشت که این پدیده واقعاً نوعی پراکندگی نوری شبیه به اثر کامپتون باشد.

ویژگیهای طیفی اثر جدید

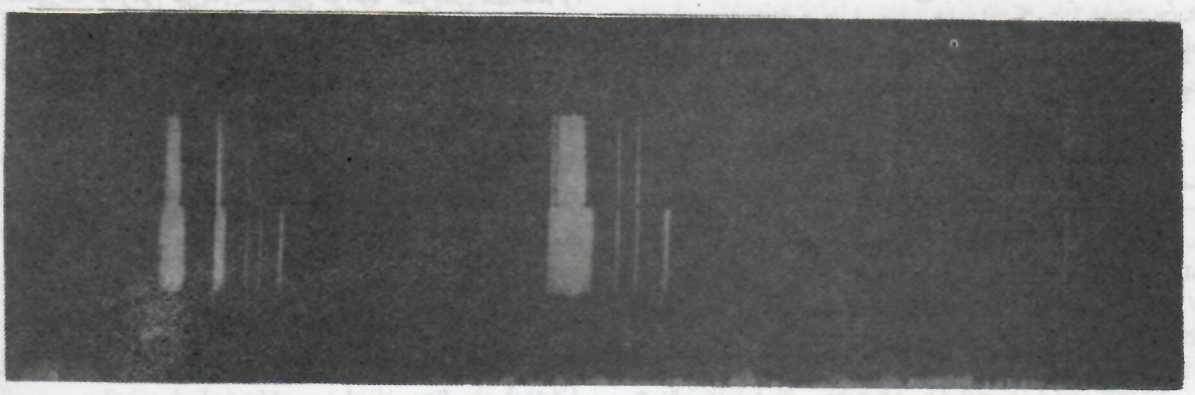
به‌خاطرروشنایی فوق‌العاده قوی که ازتلسکوپ انکساری ۷ اینچ حاصل می‌شد، آزمایش طیفی این‌اثر، که درسال ۱۹۲۵ به‌علت‌غیر قطعی بودن‌کنار گذاشته شده بود، اکنون دیگرامکان بررسی با رؤیت مستقیم پیداکرده بود. من‌با گذاشتن یک فیلترشیشه‌ـ کبالتی زایس درمسیرشعاع فرود وبا یکی دوسری ازمایعات آلی‌به‌عنوان ماده پراکنده‌کننده، نواری درناحیه سبزـ آبی طیف نور پراکنده شده مشاهده‌کردم که با فاصله تاریکی ازناحیه نیلی ـ بنفش که با فیلتر انتقال یافته بود، جدا می‌شد. هردو این نواحی در طیف وقتی مشخص‌ترمی‌شدندکه با گذاشتن یک‌فیلتراضافی درمقابل شعاع‌فرود، ناحیه عبور باریک می‌شد و این امردلالت برآن داشت که بهتر است به‌جای نورخورشید از تابشهای کاملاً تکفام استفاده کنیم.

با ایجاد قوس جیوه همراه با یک‌کندانسور سوراخ بزرگ و یک فیلتر شیشه ـ کبالت وسیله این کارآماده شد و بدین‌ترتیب‌طیف‌نور پراکنده شده ازانواع مواد مایع وجامد بررسی شد. مشاهده تکان دهنده‌ای که به‌عمل‌آمد این بودکه طیف کلاً شامل تعدادی خطها یا نوارهای مشخص برزمینه‌ای پخشیده بودکه در نورقوس جیوه دیده نمی‌شد.

لامپ جیوه‌ای کوارتزبه‌قدری قوی و مناسب برای یک منبع روشنایی تکفام بود که‌دست کم‌درموردمایعات‌وجامدات، عکسبرداری ازطیف نورپراکنده شده هیچ گونه‌اشکال‌غیرعادی نداشت. نخستین تصویرها ازپدیده مورد نظربا یک طیف نگارکوارتزی قابل حمل گرفته شد. این طیف نگارازکوچکترین نوع خود و توسط شرکت هیلگرساخته شده بود. کریشنا با دستگاهی بزرگترازهمان نوع طیف نگاشتهای بسیاررضایت بخشی با مایعات وبابلورهایی که اندازه گیریهای مطلوب برآنها امکان‌پذیربود، به‌دست آورد. وجود خطهایی که به‌طرف بنفش‌جابه‌جا شده بود برای نخستین‌بار برروی همین بلورها به‌طورقطعی اثبات شد. اشکالات آزمایشی طبیعتاً در مورد گازها یا بخارها بیشتربود اگرچه کاربا مواد تحت فشاراین اشکالات راکم می‌کرد. رامداس با یک دستگاه ابداعی که سوراخی بزرگ داشت (F/۱٫۸) نخستین طیف نگاشت جسمی گازی‌شکل (بخاراتر) را درفشاراتمسفری به‌دست آورد.

درتفسیرپدیده‌های مشاهده شده، قیاس با اثر کامپتون به‌عنوان اصل راهنما پذیرفته شد. پژوهش کامپتون قبول عام یافته بود به این خاطر که پراکندگی تابش فرایندیگانه‌ای (unitary) است که اصول بقا، به‌خوبی دربارهٔ آن صدق می‌کند. با قبول این مطلب نتیجه می‌شودکه، اگرذرات پراکنده‌کننده به‌هنگام برخورد با کوانتوم‌تابش، انرژی‌به‌دست آورند، کوانتوم به‌همان‌مقدارانرژی از دست می‌دهد و بنابراین پس‌ازپراکندگی به‌صورت تابشی در ـ می‌آیدکه فرکانس آن کاهش یافته است. بنابراصول ترمودینامیک نتیجه می‌شود، که عکس این فرایند نیزباید امکان‌پذیرباشد. با پذیرفتن این مطلب، مشاهدات‌واقعی را می‌توان تفسیر کردوتوافق جابه‌جاییهای مشاهده شده با فرکانسهای زیرسرخ مولکولها این مطلب را آشکارساخت که این روش جدید، حوزه پژوهش تجربی بی‌پایانی دربارهٔ بررسی ساختار ماده گشوده است.

شکل ۱. طیف کربن تتراکلرید



تفسیر اثر

تأکید این نکته مطلوب به نظر می‌رسد که گرچه اصل بقای کامپتون در تفسیر آثاری که با آزمایش آشکار می‌شود مفید است، ولی به خودی خود برای توضیح پدیده‌های مشاهده شده کافی نیست. همچنان که از بررسیهای طیفهای مولکولی به‌خوبی دانسته شده است، یك مولکول گازی چهارگونه متفاوت انرژی یعنی انرژیهای مربوط به‌حرکت انتقالی، چرخشی، ارتعاشی و تحریك الکترونی دارد که مرتبه‌های بزرگی آنها افزایشی است. هریك، از آنها بجز اولی کوانتیده است و می‌توان آنها را با عددی صحیح در سلسله گسترده‌ای از اعداد کوانتومی نشان داد. بنابراین، انرژی جمعی یك مولکول می‌تواند از میان عدهٔ بسیار بزرگی از مقادیر ممکن هر کدام را بپذیرد. اگر بپذیریم که در برخورد بین مولکول و کوانتوم مبادله انرژی صورت می‌گیرد، و خود را به مواردی محدود کنیم که انرژی نهایی مولکول کمتر از کوانتوم فرود است، به این نتیجه می‌رسیم که طیف نور پراکنده شده باید شامل تعداد بسیار زیادی خطوط جدید باشد و در واقع باید از لحاظ پیچیدگی خود با طیف نواری - مولکول که در نشریا جذب نور مشاهده می‌شود رقابت داشته باشد. هیچ چیز بیشتر متفاوتی از آنچه واقعاً مشاهده می‌شود و در تصویر پیش گفته، آمده است نمی‌توان تصور کرد. آشکارترین وجهی که با آزمایش معلوم شد، سادگی زیبای طیفهایی است که حتی از مولکولهای چند اتمی پیچیده در پراکندگی نور به‌دست می‌آید. این سادگی در مقابل پیچیدگی بسیار زیاد طیفهای نشری و جذبی آنها برجستگی خاصی دارد. همین سادگی است که اهمیت و ارزش خاصی به بررسی پراکندگی نور می‌دهد. بدیهی است که اثر واقعاً مشاهده شده با به‌کار گرفتن اصول بقا پیش‌بینی نشد و نمی‌توانست پیش بینی شود.

از طرف دیگر، اصل کلی تطابق بین نظریهٔ کوانتوم و نظریهٔ کلاسیك که به‌وسیلهٔ نیلز بور بیان شده است به ما امکان می‌دهد که بینشی واقعی دربارهٔ این پدیده‌ها به‌دست آوریم. نظریهٔ کلاسیك پراکندگی نور دلالت دارد براینکه اگر یك مولکول در حالی که حرکت می‌کند، می‌چرخد یا مرتعش می‌شود، نور را پراکنده کند، تابشهای پراکنده شده شامل فرکانسهای معینی است که با فرکانسهای امواج فرود تفاوت دارد. این تصویر کلاسیك از بسیاری جهات با آنچه ما واقعاً در آزمایشها مشاهده می‌کنیم شباهت شگفت‌انگیزی دارد. این نظریه توضیح می‌دهد که چرا جابه‌جاییهای فرکانسی مشاهده شده در سه دسته، انتقالی، چرخشی و ارتعاشی، با مرتبه‌هایی از بزرگی متفاوت قرار می‌گیرند. همچنین قواعد گزینش مشاهده را توضیح می‌دهد، مثلاً اینکه چرا فرکانسهای ارتعاشی حاصل از نور پراکنده فقط شامل فرکانسهای بنیادی است و فرکانسهای «فرعی» (overtone) و فرکانسهای ترکیبی (combination) را که در طیفهای جذبی و نشری آشکار است شامل نمی‌شود. نظریهٔ کلاسیك از این هم پیشتر می‌رود و نشانه‌ای تقریبی از شدت و قطبش تابشهای فرکانس تغییر یافته به ما می‌دهد. با وجود این، جهات اصلی نظریه کلاسیك باید اصلاح شود تا حتی یك توصیف کیفی از پدیده‌ها به‌دست آوریم و اینجاست که باید از اصول کوانتوم استمداد کنیم. کار کرامرز و هایزنبرگ و پیشرفتهای تازه‌تر در مکانیك کوانتومی که ریشهٔ آن در اصل تطابق بور است، راه امیدبخشی برای رسیدن به‌درك نتایج تجربی است. اما تا زمانی که ما به‌چیزهای بیشتر از آنچه فعلا می‌دانیم دسترسی پیدا کنیم و شناخت تجربی کمی کافی از اثر مورد نظر به‌دست آوریم، گفتن اینکه آنها توضیح کاملی از اثر به‌دست می‌دهند نوعی بی ملاحظگی خواهد بود.

اهمیت اثر

عمومیت این پدیده، سهولت روش آزمایشی و سادگی طیفهای به‌دست آمده به ما امکان می‌دهد که این اثر را به‌عنوان یك وسیلهٔ کمکی آزمایشی برای حل حوزه وسیعی از مسائل فیزیك و شیمی به‌کار گیریم. درواقع، می‌توان گفت همین واقعیت است که اهمیت اصلی اثر را مشخص می‌کند. تفاوتهای فرکانس که از روی طیفها معین می‌شود، عرض و ویژگیهای خطوطی که در این طیفها ظاهر می‌شود، و بالاخره شدت و حالت قطبش تابشهای پراکنده شده به ما امکان می‌دهد که بینشی دربارهٔ ساختار نهایی ماده پراکننده نور به‌دست آوریم. پژوهش تجربی نشان داده است که شرایط فیزیکی از قبیل دما و حالت انباشتگی، همچنین شرایط شیمی-فیزیکی از قبیل اختلاط، انحلال، تجمع مولکولی و بسپارشدن و مهمتر از همه ساختار شیمیایی براین ویژگیهای طیف به‌طور کاملاً مشخصی اثر می‌کند بنابراین نتیجه می‌گیریم که این زمینه جدید طیف‌بینی در بررسی مسائل مربوط به ساختار ماده، عملاً برد نامحدودی دارد. همچنین می‌توان امیدوار بود که این اثر به‌درك کاملتری از ماهیت نور، و برهم‌کنشهای بین ماده و نور بینجامد.

چند نکته پایانی

از نظرگاه فیزیکی بررسی کمی اثر درباره ساده‌ترین مولکولها چشم‌انداز پیشرفتهای بنیادی بسیار امیدبخشی را نشان می‌دهد. کار بسیار زیبای مك‌لنان با گازهای مایع شده و همچنین کارهای ر.و. وود و راستی که پیشاهنگ تحقیقات در این زمینه‌اند درخور تحسین فراوان است. بررسی کمی اثر دربارهٔ بلورهایی که از ساده‌ترین نهاد شیمیایی تشکیل شده‌اند، طبیعتاً حائز اهمیت فراوان است. در مورد الماس که توسط راماس وامی، رابرتسون و فاکس مورد تحقیق قرار گرفته و بها گاوانتام آن را کامل کرده است شایان توجه خاصی است. نتایج بسیار شگفت‌انگیزی که از این ماده به‌دست آمده ممکن است راهی به‌سوی درك کاملتر ماهیت حالت بلورین باشد. کار کریشنامورتی نیز بسیار جالب توجه است. او رابطهٔ مشخص شدت خطوط طیفی مشاهده در پراکندگی نور با ماهیت پیوندشیمیایی را ردیابی کرده و انتقال از نوع جورقطبی به‌ناجورقطبی ترکیب شیمیایی را دنبال کرده است. مشاهدات کریشنا مورتی در این باره که ظاهراً خاصیت پارا مغناطیسی بلورها برشدت خطوط جابه‌جا شده اثر می‌گذارد یکی از برجسته‌ترین کارهایی است که تاکنون در این زمینهٔ جدید تحقیق انجام شده است.

ترجمهٔ احمد خواجه نصیرطوسی

• The Molecular Scattering of light
National Physical Laboratory, Technical Bulletin , 7th,. November 1987

* منظور تفاوت فرکانس خطوط طیفی با فرکانس نور فرودی است. - م.