

پیر ژیل دوژن

مجید غیاث

تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، گروه علوم پلیمر، صندوق پستی ۱۱۲-۱۴۹۷۵

از سال ۱۹۷۴ که جایزه نوبل شیمی به فلوری اعطا شد تا سال ۱۹۹۱، یعنی نزدیک به دو دهه، هیچ یک از دستاوردهای دانش و فناوری پلیمر درخور دریافت جایزه نوبل شیمی نبود. دنیای علم و صنعت، پژوهش‌ها و دستاوردهای مربوط به شیمی پلیمر را دنبال می‌کرد و به توسعه آن‌ها می‌پرداخت. این پژوهش‌ها به طور عمده بر مبنای فعالیت‌های تجربی و انجام آزمایش و مشاهده بود. از ابتدای دهه ۱۹۸۰ پژوهش‌های مربوط به فیزیک (شیمی فیزیک) پلیمرها رشد و کم‌کم به شکل زمینه‌ای کاملاً متمایز با مطالعات شیمی تشخیص داده شد. نتیجه گسترش تحقیقات در حوزه فیزیک پلیمرها بشدت در زمینه پاسخگویی و تشریح رفتارهای فیزیکی سامانه‌های پلیمری امیدوارکننده بود، طی این مدت، گسترش فعالیت‌های پژوهشی در این زمینه به اوج خود رسید تا جایی که جایزه نوبل فیزیک را در زمینه ساختار و رفتار پلیمرها و بلورمایی‌ها برای دوژن به ارمغان آورد. اهمیت فعالیت‌های وی در این بود که افزون بر معرفی مفاهیمی مانند مقیاس‌گذاری و رفتار خودتشابهی مواد پلیمری و استفاده از این دیدگاه برای پیش‌بینی خواص ماکروسکوپی پلیمرها، قابلیت دیدگاه‌های فیزیک نظری را در میان زمینه‌های مختلف پژوهش‌های پلیمری تثبیت کرد.

زندگی‌نامه

پیر ژیل دوژن (Pierre Gilles de Gennes) در اکتبر ۱۹۳۲ در پاریس به دنیا آمد. وی تا ۱۲ سالگی در خانه به‌خواندن درس اشتغال داشت. پس از اتمام دبیرستان به مدرسه عالی Normale Supérieure رفت. مدرسه عالی که بسیاری از نخبگان فرانسه از آن فارغ‌التحصیل شده‌اند. در سال ۱۹۵۵ کارشناسی خود را از آنجا دریافت کرد و در مرکز ساکلی در موسسه انرژی اتمی فرانسه مشغول به فعالیت شد. در سال ۱۹۵۷ از رساله دکتری خود در زمینه پراکندگی نوترونی و مغناطیسی دفاع کرد. در سال ۱۹۵۹ به عنوان پژوهشگر دوره پس‌دکتری در دانشگاه برکلی مشغول شد و پس از آن به مدت ۲۷ ماه در نیروی نظامی فرانسه خدمت کرد. در سال ۱۹۶۱ به عنوان استادیار در Orsay در دانشگاه جنوب پاریس مشغول به فعالیت شد و بلافاصله گروه پژوهشی ابررساناها را تشکیل داد. در سال ۱۹۶۸ زمینه پژوهش‌های خود را به بلورمایی‌ها تغییر داد. وی در سال ۱۹۷۱ به درجه استادی نایل و سپس عضو STRASACOL شد. STRASACOL گروه اقدام مشترک متشکل از دانشگاه‌های استراسبورگ، ساکلی و کالج فرانسه بود که درباره فیزیک پلیمرها

فعالیت می‌کرد. دوژن از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۲ مدیریت دانش‌سرای عالی فیزیک و شیمی پاریس را برعهده داشت. این دانش‌سرا مرکز تجمع پژوهشگران رشته‌های فیزیک و شیمی و از زمان وی زیست‌شناسان بود. این مرکز محل پژوهش دانشمندان معروف فرانسوی مانند پیر و ماری کوری و لانگوین نیز بوده است. این دانشمند از سال ۱۹۸۰ به پدیده‌های سطحی و دینامیک ترشوندگی و خواص فیزیکی و شیمیایی پدیده چسبندگی علاقه‌مند شد. وی جوایز بسیاری از جمله جایزه Holweck را از موسسه مشترک فیزیک و شیمی فرانسه، جایزه آمپر از آکادمی علوم فرانسه و جایزه فیزیک پلیمر از هر دو موسسه آمریکایی ACS و APS دریافت کرد. همچنین، دوژن مدال‌های هاروی، وولف، متائوچی، لورانس و جایزه CNRS را نیز دریافت کرد.

جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۹۱ به خاطر کشف و تعمیم روش‌های مطالعه پدیده‌های منظم در سامانه‌های ساده تعمیم‌یافته به سامانه‌های پیچیده به‌ویژه بلورمایی‌ها و سامانه‌های پلیمری و کشف ویژگی‌های فیزیکی این سامانه‌ها، به وی تعلق گرفت. در نطق معرفی دوژن در آکادمی نوبل از وی به عنوان نیوتن دوران حاضر و

منحصر به فرد وی در زمینه بلورمایع‌ها در سال ۱۹۷۱ تحت عنوان آثار نظم با برد محدود با نزدیک به یک هزار ارجاع، از اصولی‌ترین و اساسی‌ترین پژوهش‌های وی بوده است. این دانشمند با معرفی مفهوم نظم و ارتباط آن با انرژی آزاد به تشریح فیزیک و دینامیک بلورمایع‌ها و پیش‌بینی نتایج تجربی نظریه‌های خود در زمینه پراکندگی نوری پرداخت.

بلورمایع‌ها موادی هستند که در حالتی بین مایعات متداول و جامدات قرار دارند. یک بلورمایع می‌تواند مانند مایع جریان یابد و در عین حال به‌طور هم‌زمان مولکول‌های آن در حالت منظم قرار گیرند. بلورمایع‌ها زیر نور قطبیده انواع بافت و شکل‌شناسی یا فازهای مختلف را، که به آن‌ها میان‌فاز گفته می‌شود، نشان می‌دهند و بر همین اساس تقسیم‌بندی می‌شوند. تغییر در دما، غلظت و ترکیب مواد می‌تواند بر نوع بافت و ساختار اثر بگذارد. دوزن برای نخستین بار مفهوم نظم را برای بلورمایع‌ها ارائه داد. برای این ترکیبات دو نوع نظم تعریف می‌شود. نوع اول، نظم مکان‌محور (positional order) است که در آن مولکول‌ها در ساختار منظمی در مجاورت یکدیگر به شکل دو یا سه گذر قرار می‌گیرند. نوع دوم نظم، حالتی است که در آن جهت استقرار مولکول‌ها در فضا هم‌راستا باشد که آن را نظم جهت‌یافته (orientational order) می‌نامند. مهم‌ترین حالت‌های میان‌فازی بلورمایع‌ها حالت نماتیک (nematic) و اسمکتیک (smectic) است. در حالت نخست، مولکول‌های ماده در یک جهت، ولی در مورد دوم مولکول‌ها در لایه‌های منظم ولی بی‌نظم در هر لایه قرار می‌گیرند.

پژوهش‌های دوزن در زمینه‌های مختلف فیزیک پلیمر یا فیزیک مواد نرم به انتشار کتاب مفاهیم مقیاس‌گذاری (scaling) در فیزیک پلیمر در سال ۱۹۷۹ منجر شد. مقیاس‌گذاری مفهومی است که در تغییرات ساختار مغناطیسی-پارامغناطیسی مواد رسانا مشاهده شده بود. دوزن در ۱۹۷۲ نشان داد، رابطه ریاضی مستقیمی بین این مفهوم و رفتار زنجیرهای پلیمری وجود دارد. این مفهوم برای تشریح فیزیک پلیمرها، مانند رفتار زنجیرها در حالت استاتیک و دینامیک، ویژگی‌های یک زنجیر منفرد و مجموعه‌ای از زنجیرهای پلیمری در حالت محلول یا مذاب به کار می‌رود. مفاهیم استقرار فضایی پلیمرهای خطی و شاخه‌ای در حالت تک‌فازی در مجاورت محدودیت‌های هندسی و فضایی، نوسانات ناپایدار پلیمر، توجیه رفتار حالت‌های گرانرو و کشسان، نفوذ بر مبنای مفهوم درهم‌تنیدگی و رفتار خزش زنجیرهای پلیمری از مباحث مهمی فیزیک پلیمرهاست که در این کتاب مطرح شده است.

فعالیت‌های دوزن در زمینه فیزیک و دینامیک مواد پلیمری از

بزرگ‌ترین فیزیکدان قرن بیستم یاد شد. این دانشمند پس از کسب جایزه نوبل بخشی از فعالیت‌های خود را به گسترش علم فیزیک به زبان ساده در میان دانش‌آموزان معطوف کرد و در مدت دو سال برای دانش‌آموزان به سخنرانی پرداخت. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در موسسه کوری پاریس بیشتر در زمینه سرطان‌شناسی، تبادل سلولی و عملکرد مغز در ارتباط با حافظه و ماهیت آن بوده است. وی تنها در سال آخر زندگی خود ۵ مقاله در زمینه‌های مختلف علمی از جابه‌جایی نقص‌های ساختاری در پلیمرها تا سازوکار ذخیره اطلاعات پویا در مغز منتشر ساخت. پیر ژیل دوزن در ماه می ۲۰۰۷ درگذشت.

فعالیت‌های پژوهشی

پژوهش‌های دوزن در مراجعت از دوره پس‌دکتری از برکلی و اشتغال در فرانسه ادامه یافت. نخستین اثر او مقاله کوتاهی درباره امواج چرخشی فرومغناطیسی بود که در سال ۱۹۵۶ در سمینار آکادمی علوم فرانسه ارائه شد. پژوهش‌های متمادی وی در این زمینه منجر به چاپ کتاب ابرسانایی در فلزات و آلیاژها در ۱۹۶۶ شد. سپس، وی در زمینه بلورمایع‌ها، ساختار نماتیک و نوسانات جهت‌دار آن‌ها متمرکز شد. تا سال ۱۹۷۶ وی در زمینه بلورمایع‌ها بیش از ۴۰ مقاله علمی منتشر ساخت. کتاب ارزشمند وی تحت عنوان فیزیک بلورمایع‌ها حاصل پژوهش‌های وی در این سال‌ها بود. انتشار این کتاب سهم بسزایی در معرفی مفاهیم مربوط به بلورمایع‌ها و تثبیت آن در مباحث مربوط به فیزیک مواد بود. اگر چه دانشمندان آلمانی پیش‌رو در معرفی بلورمایع‌ها پیشرو بودند، ولی گسترش دانش و اصطلاح‌شناسی آن و معرفی جنبه‌های مختلف این مواد مدیون دانشمندان فرانسوی به‌ویژه دوزن بود. مقاله



شکل ۱- پیر ژیل دوزن، برنده جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۹۱.

دیگر زمینه‌های پژوهشی وی بوده است. وی در هر دو زمینه فیزیک مواد نرم و مواد چگال (condensed matters) پژوهش‌های متعددی انجام داده است. مواد نرم به دسته‌ای از مواد اطلاق می‌شود که انعطاف‌پذیری داشته و در شرایط مختلف از حالت‌های فازی متنوعی برخوردارند. مواد و محلول‌های پلیمری شامل کلوئیدها، بلورمایع‌ها، سامانه‌های خودنظم (self-order)، عوامل فعال سطحی، مواد ترکننده، مواد دوماحیط‌دوست، میکروامولسیون‌ها و مواد زیستی از جمله مواد نرم هستند. از سوی دیگر، فیزیک مواد چگال شاخه‌ای از علم فیزیک است که به بررسی سامانه‌های پرذره در فازهای چگالیده می‌پردازد که آشناترین آن‌ها فازهای جامد و مایع هستند. این نام‌گذاری از این جهت است که در این مواد معمولاً چگالی آن‌قدر زیاد است که نمی‌توان از برهم‌کنش ذرات چشم پوشید.

مطالعات فیزیک ماده چگال در حالت عمومی شامل اندازه‌گیری تجربی خواص مواد مختلف از یک سو و نیز ایجاد و توسعه مدل‌های نظری ریاضی به منظور درک رفتارهای فیزیکی مشاهده شده از سوی دیگر است.

دورژن در فیزیک و دینامیک مواد پلیمری توجه خود را معطوف پدیده‌های انتقال یا انتقال فاز کرد. عبارت انتقال فاز معمولاً برای فرایند گذار از یک حالت ماده به حالت دیگر یا وضعیت دیگر به کار می‌رود. به طور معمول، سامانه ترمودینامیکی دارای فاز و حالت یکنواخت است تا اینکه بر اثر تغییر شرایط خارجی تحمیل شده بر سامانه، خواص معینی از آن (اغلب به طور ناپیوسته) تغییر کند. فرایندهای تغییر فاز در طبیعت و فرایندهای شیمیایی و فیزیکی بسیار متداول هستند. تغییر فاز بسیار متنوع است. در مباحث پلیمری از تجزیه اسپینودال (spinodal-decomposition)، میان‌فاز،

بلورینگی، انتقال شیشه‌ای و آرایش مولکولی می‌توان نام برد. از لحاظ ریاضی تغییر فاز زمانی رخ می‌دهد که نتوان رفتار ترمودینامیکی سامانه مورد مطالعه را بر حسب متغیر مدنظر به شکل یک سری توانی نوشت که در این حالت رفتار سامانه واگرا می‌شود. از نقطه نظر فیزیکی این شرایط زمانی پیش می‌آید که اندرکنش بین ذرات به تعداد زیاد رخ دهد. معمولاً تغییر فاز نوع دوم برای سامانه‌های غیرترمودینامیکی که تابع دما نیستند، تعریف شده و رخ می‌دهد. از مشخصات فرایندهای تغییر فاز، وجود هم‌زمان دو یا چند فاز تعادلی در کنار یکدیگر، وجود نقطه یا نقاط بحرانی، شکست تقارن پیش و پس از نقطه بحرانی و تغییر از حالت منظم به نامنظم است. در این حالت، پارامتر هم‌بستگی مشخصه (characteristic correlation parameter) رفتار واگرا نشان می‌دهد، طول مشخصه اثرگذار نامتناهی و تغییر رفتار سامانه تابع قانون توانی می‌شود. پدیده‌های مرتبط با تغییر فاز مرتبه دوم را به علت دارا بودن نقاط بحرانی در تغییرات پارامتر نظم (order parameter) پدیده‌های بحرانی می‌نامند. نتیجه پژوهش‌های دورژن در زمینه فیزیک و دینامیک مواد پلیمری در کتاب مقدمه‌ای بر دینامیک پلیمرها در سال ۱۹۹۰ منتشر شد. فعالیت‌های پژوهشی وی در سال‌های آتی زندگی حرفه‌ای دورژن در قالب سایر کتاب‌ها و مقالات متعدد و با تمرکز بر فیزیک و دینامیک مواد پلیمری و پدیده‌های مربوط به آن ادامه یافت. در جدول ۱ کتاب‌های منتشر شده توسط دورژن ارائه شده است. با استناد و ارجاع به نتایج پژوهش‌های دورژن، در ابداع بسیاری از اختراعات و پیشرفت‌های فناوری، به ویژه در زمینه‌ها و خواص سطحی مواد پلیمری، از جمله در مجاورت با سطوح مانع‌کننده استفاده شد. جدول ۲ چند مقاله پراستناد این دانشمند را در دنیای علم نشان می‌دهد. افزون بر این، دورژن در دوران فعالیت خود تعداد

جدول ۱- کتاب‌های منتشر شده توسط پیر ژیل دورژن.

| سال انتشار | عنوان کتاب |
|------------|---|
| ۱۹۶۴ | Superconductivity of Metals and Alloys |
| ۱۹۷۴ | The Physics of Liquid Crystals |
| ۱۹۷۹ | Scaling Concepts in Polymer Physics |
| ۱۹۹۰ | Introduction to Polymer Dynamics |
| ۱۹۹۲ | Simple Views on Condensed Matter |
| ۱۹۹۴ | Fragile objects: soft matter, hard science, and the thrill of discovery |
| ۱۹۹۴ | Soft interfaces, The 1994 Dirac Memorial Lecture |
| ۱۹۹۸ | Soft matter, Physics of everyday objects |
| ۲۰۰۴ | Petit point: A Candid Portrait on the Aberrations of Science |
| ۲۰۰۴ | Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves |

جدول ۲- فهرست شش مقاله منتشر شده توسط پیر ژیل دوژن با بیش از یک هزار استناد.

| تعداد استناد | نشریه | سال انتشار | عنوان مقاله |
|--------------|---|------------|--|
| ۴۳۶۲ | Reviews of Modern Physics | ۱۹۸۵ | Wetting: Statics and dynamics |
| ۲۵۴۲ | Physical Review | ۱۹۶۰ | Effects of Double Exchange in Magnetic Crystals |
| ۲۴۸۱ | The Journal of Chemical Physics | ۱۹۷۱ | Reptation of a Polymer Chain in the Presence of Fixed Obstacles |
| ۱۶۲۷ | Macromolecules | ۱۹۸۰ | Conformations of Polymers Attached to an Interface |
| ۱۱۳۲ | Advances in Colloid and Interface Science | ۱۹۸۷ | Polymers at an Interface; A Simplified View |
| ۱۰۶۲ | Journal of Colloid and Interface Science | ۱۹۹۱ | Protein-Surface Interactions in the Presence of Polyethylene Oxide. I. Simplified theory |

آزمایش‌های تجربی و اثبات نظریات خود اصرار داشت. جمله معروفی از وی نقل شده است که همواره می‌گفت: ترانزیستور با نظریه اختراع نشد. این موضوع نمایانگر اهمیت دیدگاه تجربی و انجام آزمایش‌ها برای تثبیت دیدگاه‌های نظری در پیش وی را نشان می‌دهد. دوژن افزون بر یک دانشمند برجسته در زمینه تخصصی خود، معلم بسیار برجسته‌ای بود و به روابط انسانی میان خود و دانشجویان بسیار اهمیت می‌داد، به نحوی که همکاران و دانشجویان وی را PGG خطاب می‌کردند. افزون بر این، او به گسترش دانش، به‌ویژه فیزیک پلیمرها از سطوح آموزشی متوسطه تاکید داشت و در بیش از ۲۰۰ دوره تدریس به زبان ساده به سخنرانی و تشریح مسائل فیزیک پرداخت. دوژن پس از سپری کردن بیش از نیم قرن فعالیت‌های پژوهشی در سال ۲۰۰۷ دارفانی را وداع گفت. از جملات معروف وی این است: افتخار واقعی این نیست که همواره درست بیان کنید، بلکه جرات ارائه ایده‌های جدید و ارزیابی آن‌هاست.

بسیار زیادی دانشجوی دکتری را تربیت کرد که بسیاری از آن‌ها در زمینه فیزیک و دینامیک پلیمرها دانشمندان برجسته‌ای بودند.

سخن پایانی

دوژن تنها دانشمندی بود که در قرن بیستم جایزه نوبل فیزیک را در رشته پلیمر دریافت کرد. گستردگی فعالیت‌های پژوهشی وی در زمینه‌های مختلف فیزیک پلیمرها و درشت‌مولکول‌ها بالغ بر بیش از ۶۰۰ مقاله علمی است که هر یک به عنوان شاهکار علمی به شمار می‌آید و مرجع بسیاری از پژوهش‌های آتی است. در نطق اعطای جایزه نوبل از وی به عنوان نیوتن و بزرگ‌ترین فیزیکدان قرن بیستم یاد شد. اهمیت روش دوژن در پژوهش‌های فیزیکی انطباق و اثبات برقراری روابط مشابه بین پدیده‌های فیزیکی و استفاده از روش‌های ساده برای بررسی سامانه‌های پیچیده، اجتناب از صورت‌گرایی‌های پیچیده و به‌دست آوردن نتایج بسیار مناسب بوده است. باوجود تخصص وی در زمینه فیزیک نظری، بر انجام

مراجع

1. Pierre-Gilles de Gennes, Facts.Nobelprize.org., Nobel Media AB 2014.Web. 9 Feb 2017.
2. Rananavare S.B., In Memory of Pierre-Gilles de Gennes, *J. Phys. Chem. B*, **113**, 3591-3592, 2006.
3. Ibid, Joanny J.F., Biography of Pierre-Gilles de Gennes, 3593-3594.
4. Sluckin T.J., Appreciation Pierre-Gilles de Gennes, *Liq. Crys.*, **36**, 1019-1022, 2009.