

پل جان فلوری

مجید غیاث

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

پل جان فلوری، جایزه نوبل شیمی ۱۹۷۴ را به‌خاطر دستاوردهای بنیادین در شیمی فیزیک درشت‌مولکول‌ها دریافت کرد. وی افزون بر برخورداری از جایگاه بسیار رفیع در دانش شیمی درشت‌مولکول‌ها و توسعه هم‌زمان دیدگاه‌های نظری و تجربی، به‌عنوان یک انسان‌دوست مدافع حقوق بشر نیز در جهان شناخته شده است. فلوری در دوران زندگی حرفه‌ای خود، چهار جایزه ملی انستیتو شیمی آمریکا (ACS)، ده درجه دکترای افتخاری، مدال ملی علوم آمریکا و جایزه نوبل شیمی را به‌خود اختصاص داد. وی در سال ۱۹۵۳ عضو آکادمی ملی علوم آمریکا شد. این دانشمند در دوران فعالیت‌های خود دو کتاب ارزنده در زمینه مواد پلیمری به رشته تحریر درآورد. امروزه این کتاب، به‌عنوان کتاب درسی در رشته‌های پلیمر تدریس می‌شود. افزون بر این، وی نتیجه کارهای خود را در قالب بیش از ۳۰۰ مقاله و نوشته منتشر ساخت.

زندگی‌نامه

پل جان فلوری (Paul John Flory) در ۱۹ ژوئن ۱۹۱۰ در شهرک استرلینگ ایالت ایلینویز متولد شد. نیاکان وی از پروتستان‌های آلمانی-فرانسوی بودند که چند نسل قبل به ایالات متحده مهاجرت کرده بودند. پدر وی کشیش و مادرش معلم مدرسه بود. پل نوجوان تحصیلات متوسطه را در دبیرستان آلژین در ۱۹۲۷ به اتمام رساند و درجه کارشناسی خود را در سال ۱۹۳۱ از کالج منچستر در ایندیانا دریافت کرد. وی با تشویق پروفیسور Holl در زمینه شیمی فیزیک وارد دانشگاه اوهایو شد و پایان‌نامه خود را تحت سرپرستی پروفیسور جانستون در زمینه فتوشیمی و طیف‌سنجی به اتمام رساند. پس از فارغ‌التحصیلی و اخذ مدرک دکتری در ۱۹۳۴، به بخش مرکزی پژوهشی شرکت دوپان پیوست و تحت سرپرستی کاروتز به فعالیت‌های پژوهشی پرداخت. همکاری با کاروتز او را به مطالعه موارد بنیادی مواد و روش‌های تولید پلیمرها علاقه‌مند کرد، به‌ویژه اینکه به‌تازگی مفهوم جذاب و چالش برانگیز درشت‌مولکول‌ها توسط اشتادینگر ارائه شده بود. در سال ۱۹۳۸، به‌مدت دو سال به آزمایشگاه پژوهشی دانشگاه سین‌سیناتی رفت. با شروع جنگ جهانی دوم و نیاز به انجام پژوهش درباره روش‌های تولید لاستیک مصنوعی به صنعت بازگشت. وی از

سال ۱۹۴۰ تا ۱۹۴۳ در آزمایشگاه شرکت نفتی استاندارد اوایل در نیوجرسی به فعالیت پرداخت. سپس به مرکز پژوهشی گویدر (Goodyear) بزرگ‌ترین شرکت تولیدکننده تایر رفت و تا ۱۹۴۸ در آنجا مشغول به‌کار بود. در همین سال، به دعوت پروفیسور دبی در دانشگاه کورنل به‌عنوان استاد استخدام شد. وی تا سال ۱۹۵۷ در این دانشگاه مشغول به کار بود که کتاب معروف اصول پلیمرشدن، گسترش مفهوم حجم مجزا شده (excluded volume effect) در پلیمرها در ساختار فضایی زنجیرهای پلیمری و ارتباط آن با ترمودینامیک زنجیرهای پلیمری از دستاوردهای این دوره به‌شمار می‌رود.

فلوری از ۱۹۵۷ تا ۱۹۶۱ به‌عنوان مدیر اجرایی موسسه پژوهشی Mellon و سپس تا دوران بازنشستگی در سال ۱۹۷۵ (و تا پایان عمر خود) در دانشکده شیمی دانشگاه استانفورد کالیفرنیا به‌عنوان استاد مشغول به فعالیت بود. جهت‌گیری پژوهشی فلوری در مدت فعالیتش در دانشگاه استانفورد در زمینه ترمودینامیک محلول‌های پلیمری بود. پژوهش‌های وی به‌همراه دانشجویان بسیار باهوش و پرتلاشش به ارائه نظریه‌های متعدد در زمینه ترمودینامیک محلول‌های پلیمری منجر شد. کتاب دوم این دانشمند با عنوان مکانیک آماری مولکول‌های زنجیری، که از پیشرفته‌ترین دیدگاه‌های

داده‌های موجود داشت. کاربرد این مدل‌ها برای مسائل جدید، همکاری و تشریح پدیده‌های شیمی فیزیکی پلیمرها با همکاری که چندان تسلطی بر مفاهیم ریاضی نداشتند و ارتباط مداوم وی از دنیای علم با صنعت (به‌ویژه صنعت تولید تایر) از ویژگی‌ها و تلاش‌های ویژه این دانشمند بود. نتیجه این فعالیت‌ها توسعه سریع شیمی فیزیک پلیمرها و کاربرد بلافاصله آن در حل مسائل صنعتی بود که باعث شتاب‌یافتن گسترش تولید لاستیک مصنوعی و پلاستیک‌ها در ایالات متحده شد.

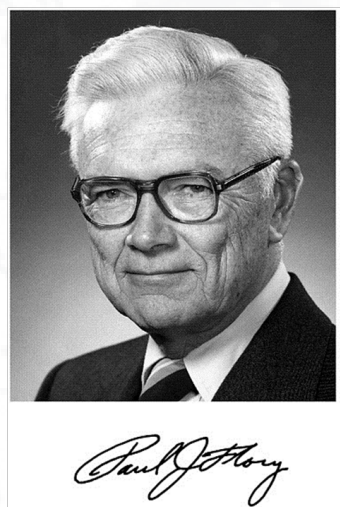
هنگامی که فلوری در جولای ۱۹۳۴ به گروه کاروترز در شرکت دوپان پیوست، هیچ پیش‌زمینه‌ای در باره دانش پلیمر نداشت. ولی، تخصص وی در زمینه سینتیک شیمیایی برای گروه کاروترز با زمینه شیمی آلی بسیار باارزش بود. کاروترز وی را موظف به پژوهش در زمینه رابطه بین طول زنجیر پلیمر و تعداد مولکول‌های آن در پلیمرهای تراکمی و به‌دست آوردن مدل ریاضی برای توزیع زنجیرهای پلیمری با طول متفاوت در فرایند پلیمرشدن تراکمی (پلیمرشدن اتیلن گلیکول و سوکسینیک اسید) کرد. در آن زمان باور بر این بود که فعالیت گروه‌های عاملی با افزایش طول زنجیر پلیمر کاهش می‌یابد و طول زنجیر خود مانعی برای رسیدن به طول بی‌نهایت است. این نتیجه‌گیری بر مبنای نظریه سینتیک برخورد در واکنش‌های دومولکولی بود. فلوری با استفاده از دیدگاه ریاضی، توزیع آماری نتایج متضادی به‌دست آورد. وی به آسانی نشان داد، در شرایط مشخص سامانه واکنش از لحاظ دما، فشار و غلظت، فعالیت گروه عاملی تحت تاثیر ساختار کلی زنجیر پلیمر نیست. افزایش طول زنجیر باعث کاهش قابلیت حرکت انتقالی زنجیر پلیمری می‌شود، ولی این کاهش با طولانی شدن زمان تماس بین گروه‌های فعال واکنش‌کننده جبران می‌شود. به معنای دیگر، پس از یک طول بحرانی (معادل چند اتم کربن) فعالیت گروه‌های عاملی در پلیمرشدن تراکمی ثابت مانده و به طول زنجیر ربطی نخواهد داشت. وی همچنین نشان داد، تعداد زنجیرهای با طول مشخص به‌طور نمایی با افزایش طول زنجیر کاهش می‌یابد. فلوری این مدل ریاضی آماری را محتمل‌ترین توزیع (most probable distribution) نامید که امروزه به‌عنوان توزیع فلوری-شولتز شناخته می‌شود. هنگامی که نتایج این پژوهش را در ۱۹۳۶ منتشر ساخت، داده‌های تجربی برای توزیع طول زنجیر وجود نداشت، ولی بعدها نتایج تجربی این نظریه را تایید کرد.

همین مسئله برای سینتیک پلیمرشدن افزایشی اولفین‌ها نیز وجود داشت و عدم توافق بین اصول نظری و نتایج تجربی مشاهده می‌شد. مانند پلیمرشدن تراکمی فرض می‌شد، پلیمرشدن با رسیدن

نظری در پلیمرهاست، حاصل تجربیات وی در این دوران بوده است. در همین دانشگاه، فلوری در سال ۱۹۷۴ موفق به دریافت جایزه نوبل شیمی شد. وی یک‌سال بعد بازنشسته شد. او حتی پس از بازنشستگی تا آخر عمر به فعالیت‌های پژوهشی در استانفورد اشتغال داشت و مشاور شرکت IBM نیز بود. در دهه آخر زندگی و پس از دریافت جایزه نوبل به فعالیت‌های بشردوستانه اهتمام ورزید. امروزه از وی به‌عنوان دانشمندی متعهد و انسان‌دوست یاد می‌شود. فلوری در بعد از ظهر یک روز تعطیل در منزل خود بر اثر عارضه ناگهانی قلبی در کالیفرنیا بدرود حیات گفت. وی در سال ۱۹۳۶ ازدواج کرد که حاصل آن، دو دختر به نام‌های سوزان و ملیندا و یک پسر همنام خود وی بود. فرزندانش نیز یا همسر دانشمندان بزرگ یا خود از افراد سرشناس بودند. پل جان فلوری نمونه یک انسان دانشمند با دستاوردهای بسیار درخشان علمی، همراه با احساس تعهد و فعالیت‌های انسان‌دوستانه برای احقاق حقوق هم‌نوعان خود بوده است.

عمری در مسیر پژوهش

با تثبیت مفاهیم شیمی پلیمر در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ میلادی توسط دانشمندانی مانند اشتادینگر، مارک و کاروترز، نیاز مبرمی به ارائه اصول و مفاهیم بنیادی شیمی فیزیک مواد پلیمری، به‌ویژه در زمینه سینتیک پلیمرشدن و ترمودینامیک محلول‌های پلیمری احساس می‌شد. این حرکت علمی توسط مارک و کوهن در میانه دهه ۱۹۳۰ آغاز شد، ولی فلوری بود که تقریباً به تنهایی این نیاز را پاسخ داد. وی استعداد شگرفی در ارائه مدل‌های ساده با استفاده از



Paul J. Flory

شکل ۱- پل جان فلوری، برنده جایزه نوبل شیمی ۱۹۷۴ به خاطر دستاوردهای بنیادین نظری و تجربی در زمینه شیمی فیزیک درشت‌مولکول‌ها.

به یک طول زنجیر بسیار زیاد متوقف می‌شود. فلوری نشان داد، پلیمر شدن زمانی متوقف می‌شود که یک زنجیر رادیکالی در حال رشد، با گرفتن یک اتم (معمولاً هیدروژن) از یک مولکول مونومر، حلال و حتی زنجیر دیگر، خود متوقف شده و تولید رادیکال آزاد دیگری می‌کند که این رادیکال قابلیت رشد دارد. بنابراین، مرکز فعال از یک مولکول به مولکول دیگری منتقل می‌شود. وی این فرایند را انتقال به زنجیر نامید و به کمک آن توانست توافق بسیار خوبی بین نتایج تجربی و نظری برقرار سازد. امروزه واکنش انتقال، جزء اساسی و بنیانی در سینتیک پلیمر شدن افزایشی و رادیکالی در نظر گرفته می‌شود. طی دو تا سه سال فلوری مطالعه سینتیک پلیمر شدن را متحول ساخت. متأسفانه با خودکشی کاروترز، فلوری با احساس عدم پشتیبانی در دوپان به دنیای آکادمی برگشت.

فلوری طی اقامت خود در دوپان با امیلی کاترین ازدواج کرد. به گفته خود وی این ازدواج نیروی محرکه عظیمی در زندگی حرفه‌ای و نقش بسیار مهمی در نوع نگرش بین‌المللی و تعامل با دانشمندان مختلف داشته است.

فلوری در سال ۱۹۳۸ به آزمایشگاه پژوهش‌های علوم پایه در دانشگاه سین سیناتی پیوست. اگر چه شرایط در این دانشگاه ابتدایی بود، ولی فلوری به ایده‌های خود پرداخت. وی در باره سامانه‌های چندعاملی و پلیمرهای سه‌بعدی شامل ساختارهای شاخه‌ای مطالعه کرد. نمونه این مواد که در مقیاس تجاری نیز تولید شده، Glyptal بود که از پلیمر شدن تراکمی گلیسرول و انیدرید فتالیک به دست می‌آمد. معلوم شده بود، در این سامانه پیش از تکمیل واکنش و اتمام مواد اولیه، به نقطه سیالیت صفر یا ژل شدن می‌رسد. وی به نظریه ژل شدن علاقه‌مند شد. در فرایند ژل شدن ماده کشتان انحلال‌پذیری از یک سیال گرانبه پلیمری، پیش از اتمام ماده شروع کننده تشکیل می‌شود. این پدیده برای لاستیک‌ها و رزین‌های پلی‌استر بسیار متداول بود که در آن‌ها واکنش‌های شبکه‌ای شدن رخ می‌داد. کاروترز به درستی نتیجه گرفته بود که حالت ژل بیان‌کننده وزن مولکولی بی‌نهایت و تشکیل ساختار حجیم است. وی این نقطه را از محاسبه ساده استوکیومتری و متوسط عددی وزن مولکولی به دست آورد. فلوری تشخیص داد، توزیع اندازه مولکولی پلیمرهای شاخه‌ای بسیار پهن‌تر از مولکول‌های خطی بوده و نقطه ژل شدن مطابق با نقطه واگرایی متوسط وزن مولکولی است. وی با توسعه نظریه ریاضی شبکه‌ای شدن، فرایند نقطه ژل شدن را پیش‌بینی کرد و نشان داد، این فرایند در یک نقطه خاص رخ می‌دهد. در یک مجموعه شامل سه مقاله، فلوری بر مبنای مدل‌های ریاضی قبلی خود توانست به‌طور کمی نقطه ژل و توزیع

کامل جرم مولکولی را در این گونه سامانه‌ها به دست آورد. وی همچنین نشان داد، فرایند ژل شدن از لحاظ ریاضی مشابه سینتیک انفجار و واکنش‌های هسته‌ای است. پیش از وی کاروترز نیز به سینتیک ژل شدن علاقه‌مند شده بود، ولی چون پیش‌زمینه ریاضی نداشت نتوانسته بود به این کشف نایل شود.

با شروع جنگ فلوری در ۱۹۴۰ به صنعت بازگشت و به شرکت استاندارد اوپل در نیوجرسی پیوست. این شرکت پیش‌رو در صنایع لاستیک‌سازی بود. فلوری نظریه شبکه‌ای خود را برای تشریح تورم لاستیک به کار برد. فلوری یک مدل مکانیکی-آماری برای محلول‌های پلیمری ارائه داد که می‌توانست خواص ترمودینامیک و به‌ویژه انتروپی اختلاط را توجیه کند. او در یک کنفرانس در تابستان ۱۹۴۱ متوجه پژوهش‌های مشابه انجام شده توسط موریس هاگینز، شیمی‌دانی از شرکت ایستمن کداک و استاورمن هلند شد که نتایج مشابهی را ارائه کرده بود. وقتی فلوری پیشنهاد همکاری به هاگینز داد. هاگینز، فلوری جوان را تشویق کرد که فعالیت خود را مستقل چاپ کند. در واقع در مقاله ارائه شده برای تشریح این نظریه، فلوری متواضعانه درخواست کرد که نام هاگینز در ابتدا ذکر شود، زیرا وی مقاله خود را چند ماه زودتر انتشار داده بود. ولی هاگینز بزرگوارانه پیشنهاد کرد، فلوری این کار را به نام خود به ثبت رساند. فلوری این نظریه را طی مقاله‌ای در مجله معتبر *Journal of Chemical Physics* یا *JCP* در سال ۱۹۴۲ ارائه کرد. این نظریه امروز به نام نظریه فلوری-هاگینز در بررسی ترمودینامیک محلول‌های پلیمری شناخته شده است. این نظریه به همان اهمیت معادله حالت واندروالس در بررسی ترمودینامیک گازهای کامل است.

شرکت لاستیک‌سازی گودیر در سال ۱۹۴۳ یک گروه پژوهشی راه‌اندازی کرد و از فلوری برای سرپرستی این گروه دعوت کرد. فلوری نظریه شبکه‌ای خود را برای بررسی خواص فیزیکی لاستیک و به‌عنوان نمونه ارتباط درجه شبکه‌ای شدن با استحکام کششی به کار برد. در همین زمان، روی موضوع نه‌چندان شناخته شده ترمودینامیک تبلور پلیمرها و عوامل موثر بر آن‌ها کار کرد. نظریه‌های وی در این زمینه وابستگی میزان تبلور را با دما، وزن مولکولی، سفتی زنجیر، یکنواختی شیمیایی و افزایش طول تحت کشش را پیش‌بینی می‌کند. از معادلات وی می‌توان انرژی و انتروپی ذوب پلیمرها و پارامترهای ترمودینامیکی برهم‌کنش آن‌ها را به دست آورد. این زمینه‌ها در دهه بعدی فعالیت پژوهشی، توجه وی را به بلورهای مایع جلب کرد.

در سال ۱۹۴۸ دانشمند هلندی-آمریکایی بنام Debye فلوری را

برای ارائه چند جلسه از مطالب علمی به دانشگاه کورنل دعوت کرد. پس از اتمام این دوره، فلوری به دانشکده شیمی این دانشگاه برای همکاری دعوت شد. فلوری طی اقامت خود در کورنل پروژه‌ای را شروع کرد که در سال ۱۹۵۳ پایان یافت. مطالب ارائه شده توسط وی در نهایت به شکل کتابی با عنوان اصول شیمی پلیمر (Princi- ples of Polymer Chemistry) انتشار یافت. این کتاب در نوع خود اولین اثری بود که دانش پلیمر را، نه فقط به عنوان یک علم تجربی، بلکه دارای بنیان‌های نظری تثبیت کرد. این کتاب به سرعت در میان شیمی دانان پلیمر، دانشجویان و مهم‌تر از همه در آزمایشگاه‌های صنعتی استفاده شد و هنوز پس از گذشت شش دهه به عنوان کتاب اصلی درسی در رشته پلیمر استفاده می‌شود. به جرات می‌توان ادعا کرد، تا به حال هیچ کتابی چنین تاثیر شگرفی بر گسترش یک مفهوم علمی نداشته است.

از موفق‌ترین دستاوردهای وی در کورنل ارائه و توسعه مفهوم حجم مجزا شده در زنجیرهای پلیمری بود. بدین معنی که زنجیرهای مولکولی دارای ابعاد جانبی هستند و نمی‌توانند یکدیگر را قطع کنند. افزون بر این، اتم‌ها دارای تبادل و اندروالسی با اتم‌های مجاور در زنجیر و با اتم‌های زنجیرهای مجاور خواهند داشت. مطالعات وی نشان داد، زنجیرهای پلیمری در یک حلال خوب قابلیت باز شدن کامل و توسعه را دارند. در این حالت، برای وزن مولکولی و شعاع موثر زنجیر مولکولی یک رابطه توانی با توان $3/5$ به دست آورد. پیش از آن و با نادیده گرفتن تبدلات بین زنجیری این توان به شکل مجذور به دست آمده بود. این نتایج چندان خوشایند دبای و معاصران وی نبود. زیرا توان $0/5$ مطابق با نظریه حرکات تصادفی و به ویژه حرکت براونی بود. مطالعات نظریه‌های جدید و تجربی عدد دقیق $0/5887$ را به دست داده است. فلوری این مفهوم را در نظریه مکانیک آماری محلول‌های رقیق پلیمری به کار گرفت و نشان داد، برای این محلول‌ها دمایی وجود دارد که در آن زنجیر پلیمر به طور ایده‌آل، مطابق با نظریه‌های موجود رفتار می‌کند و برابند نیروهای دافعه و جاذبه به زنجیر صفر است. در این حالت، ضریب دوم معادله ویریا که مربوط به رفتار اسمزی زنجیر است، حذف و رفتار زنجیر به راحتی قابل پیش‌بینی می‌شود. این دما به عنوان دمای فلوری یا دمای تتا (θ) شناخته شد. فلوری سپس با استفاده از نظریه فلوری-کاریگام، به مطالعه گرانشی محلول‌های پلیمری پرداخت. در این نظریه، پارامتر برهم‌کنش پلیمر-حلال به شکل ترکیبی از جمله‌های انتروپی-آنتالپی و تابعی از مول جزئی پلیمر و حلال در نظر گرفته می‌شود. وی نشان داد، به شکل ریاضی، افزایش گرانشی متناسب با مکعب شعاع چرخش زنجیر پلیمری است. از

آنجا که مشخص شد، نسبت گرانشی ذاتی به حجم هیدرودینامیک برای تعداد بسیار زیادی از حلال‌ها و پلیمرها ثابت است، فلوری توانست با استفاده از اطلاعات فراوان مربوط به پلیمرها ساختار فضایی بسیاری از مولکول‌ها را مطالعه کند. وی از این نظریه‌ها برای مطالعه هم‌زمان سرعت ته‌نشینی و گریز از مرکز سریع در محلول‌های پلیمری استفاده کرد و به عنوان راه حل ساده‌ای برای تعیین وزن مولکولی استفاده شد.

در سال ۱۹۵۳ رئیس دانشگاه منچستر، جفری جی فلوری را برای گذراندن فرصت مطالعاتی و همکاری مشترک با خود به این دانشگاه دعوت کرد. این دو نفر هر دو شیمی دان و به شیمی فیزیک لاستیک طبیعی و ترمودینامیک محلول‌های پلیمری علاقه‌مند بودند. فلوری در این مدت در باره ترمودینامیک پلیمرهای سخت و بلورم‌های پلیمری به پژوهش پرداخت. در سال ۱۹۵۷ پل ملون از فلوری دعوت کرد تا مدیریت اجرایی آنجا را برعهده گیرد. موسسه ملون که خود فلوری از اعضای هیئت امنای آن نیز بود، در زمینه پژوهش‌های بنیادی و اساسی برای صنایع فعالیت می‌کرد. فلوری طی اقامت خود، مقاله کلاسیکی با عنوان نظریه پراکندگی نور در محلول‌های پلیمری را در سال ۱۹۵۸ منتشر ساخت. وی همچنین در زمینه کشسانی و پلی‌الکترولیت‌ها نیز مطالعه کرد.

فلوری در این دوران به دنبال موقعیتی دانشگاهی بود که توسط جانسون رئیس دانشکده شیمی استانفورد به عنوان استاد دعوت به کار شد. جانسون رئیس این دانشکده، افزون بر فلوری از چند دانشمند برجسته شیمی نیز دعوت کرد و هدف وی رساندن جایگاه این دانشگاه به جایگاه هاروارد بود. نتیجه اقدامات وی باعث شد، دانشگاه استانفورد از رتبه پانزدهم در ۱۹۵۷ به رتبه پنجم در سال ۱۹۶۴ ارتقا یابد. فلوری در سال ۱۹۶۶ استاد تمام این دانشگاه شد و از سال ۱۹۶۹ تا ۱۹۷۲ رئیس دانشکده شیمی بود. نگرانی‌ها و پیگیری‌های وی مبنی بر کمبود امکانات و تسهیلات منجر به اختصاص یک ساختمان و تجهیزات آزمایشگاه‌های شیمی برای این دانشکده در سال ۱۹۷۴ شد.

فلوری در دانشگاه استانفورد، فعالیت‌های خود را به پیکربندی و ساختار مولکول‌های پلیمری معطوف کرد و از روش‌های ماتریسی برای تشریح این ساختارها استفاده کرد. فلوری نتیجه فعالیت‌های پژوهشی خود را در قالب کتاب مکانیک آماری مولکول‌های زنجیری (Statistical Mechanics of Chain Molecules) در سال ۱۹۶۹ منتشر ساخت. وی همچنین به بهبود نظریه اختلاط محلول‌های پلیمری فلوری-هاگینز و نظریه شبکه‌ای شدن لاستیک پرداخت. وی به طور ویژه بیان داشت که آثار حجم مجزا شده در

تدوین نظریه زنجیرهای سخت و انعطاف‌پذیر ادامه داد. فلوری همچنان پژوهشگر سخت‌کوشی بود تا اینکه بر اثر حمله قلبی ناگهانی در استراحتگاه خود در آخر هفته در سپتامبر ۱۹۸۵ فوت کرد. زندگی و فعالیت‌های حرفه‌ای فلوری و تلاش‌های بی‌وقفه او مدل و نمونه‌ای از تلاش خستگی‌ناپذیر و خوش‌بینانه یک دانشمند بود که با استفاده از دانش‌های پایه و با هوش و نبوغ به تجزیه و تشریح فرایندها می‌پردازد. از نقاط برجسته و موثر در موقعیت‌های حرفه‌ای فلوری و شاید خوش‌شانسی، آشنایی و تسلط او بر

مطالعه رفتارهای کشسان وابسته به دما می‌تواند نادیده گرفته شود. در آن زمان این ادعا جسورانه و مناقشه برانگیز بود، ولی بعدها با استفاده از روش‌های پراکندگی نوترون اثبات شد.

فلوری در سال ۱۹۷۴ برنده جایزه نوبل شیمی شد. این جایزه به پاس دستاوردهای نظری و تجربی وی در زمینه شیمی فیزیک درشت‌مولکول‌ها اعطا شد. پس از بازنشستگی در ۱۹۷۵، فلوری به فعالیت‌های خود در استانفورد ادامه داد و هم‌زمان مشاور شرکت ای بی ام نیز بود. وی به پژوهش در باره بلورمایع‌های پلیمری با

جدول ۱- عنوان‌های بعضی از مقالات مهم فلوری [۱۹۹۹].

| نشریه | عنوان مقاله | سال انتشار |
|---|--|------------|
| J. Am. Chem. Soc. 58:1877-85 | Molecular size distribution in linear condensation polymers | ۱۹۳۶ |
| J. Am. Chem. Soc. 59:241-53 | The mechanism of vinyl polymerizations | ۱۹۳۷ |
| J. Am. Chem. Soc. 63:3083-3100 | Molecular size distribution in three dimensional polymers. I, II, III | ۱۹۴۱ |
| J. Chem. Phys. 10:51-61 | Thermodynamics of high polymer solutions | ۱۹۴۲ |
| J. Am. Chem. Soc. 65:372-82 | Molecular weights and intrinsic viscosities of polyisobutylene | ۱۹۴۳ |
| J. Chem. Phys. 11:512-26 | With J. Rehner (Jr.), Statistical mechanics of cross-linked polymer networks. I, II | ۱۹۴۳ |
| J. Chem. Phys. 12:425-38 | Thermodynamics of heterogeneous polymers and their solutions | ۱۹۴۴ |
| J. Chem. Phys. 17:223-40 | Thermodynamics of crystallization in high polymers | ۱۹۴۹ |
| J. Chem. Phys. 17:303-10 | The configuration of real polymer chains | ۱۹۴۹ |
| J. Chem. Phys. 18:1086-94 | With W.R.K Rigbaum, Statistical mechanics of dilute polymer solutions | ۱۹۵۱ |
| J. Am. Chem. Soc. 73:1904-1908 | With T.G. Fox (Jr.), Treatment of intrinsic viscosities | ۱۹۵۲ |
| J. Chem. Phys. 20:212-14 | With L. Mandelkern, The frictional coefficient for flexible chain molecules in dilute solution | ۱۹۵۳ |
| J. Chem. Phys. 21:162-63 | Molecular configuration of polyelectrolytes | ۱۹۵۶ |
| J. Am. Chem. Soc. 86:3507-20 | With R.A.Orwoll and A.Vrij. Statistical mechanics of chain molecule liquids. I, II | ۱۹۶۴ |
| Discuss. Farad. Soc. 49:7-29 | The thermodynamics of polymer solutions | ۱۹۷۰ |
| Biopolymers 11:1-66 | With W.K. Olson, Spatial configuration of polynucleotide chains. I, II, III | ۱۹۷۲ |
| Nobel lecture, Stockholm, December 11, 1974 | Spatial configuration of macromolecular chains | ۱۹۷۴ |
| J. Am. Chem. Soc. 98:5733-48 | With U.W. Suter and M. Mutter, Macrocyclic equilibria. I, II, III | ۱۹۷۶ |
| Adv. Polym. Sci. 59:1-36 | Molecular theory of liquid crystals | ۱۹۸۴ |
| Polym. J. (Tokyo) 17:1-13 | Molecular theory of rubber elasticity | ۱۹۸۵ |

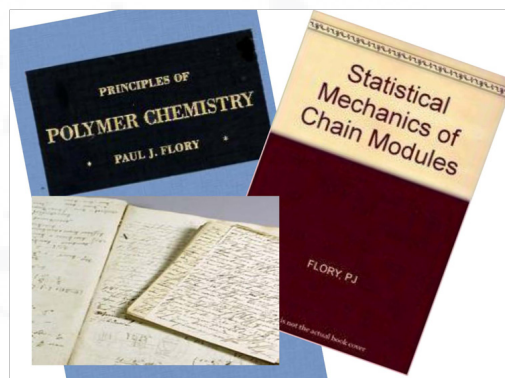
تلاش‌های وی و سایر همکارانش منجر به تأسیس مجمع هلسینکی (Helsinki Watch Forum) متشکل از ۳۵ کشور اروپای غربی و آمریکایی شد که برای تبادلات علمی با دانشمندان پشت پرده آهنین فعالیت می‌کرد و خود وی نماینده ایالات متحده در این مجمع بود. فعالیت این مجمع با بیش از ۹۰۰۰ دانشمند عضو در اعتراض به حصر و زندانی کردن دانشمندان روسی به نام‌های ساخاروف، اورلوف و چارانسکی به اوج خود رسید و منجر به قطع همکاری علمی این افراد و دانشگاه‌های آن‌ها با اتحاد شوروی سابق شد. وی در یک اقدام شجاعانه حاضر به تسلیم خود به‌عنوان گروگان تضمینی و کسب اجازه خروج برای همسر ناراضی روسی آندره ساخاروف برای معالجه قلب در خارج از شوروی شد. متأسفانه وی چندان زنده نماند تا نتیجه تلاش‌های خود را ببیند. چهار سال پس از فوت وی با فروریختن دیوار برلین بسیاری از آرمان‌های وی به ثمر نشست.

سخن پایانی

فلوری از سال ۱۹۳۴ تا پایان عمر خود در زمینه بسیاری از مسائل شیمی فیزیک مواد پلیمری مانند سینتیک و سازوکار پلیمر شدن، توزیع جرم مولکولی، ترمودینامیک و هیدرودینامیک محلول‌های پلیمری، گرانروی مذاب‌های پلیمری، تشکیل حالت شیشه‌ای، تبلور مواد پلیمری، رفتار زنجیرهای مختلف پلیمری، رفتار کشسانی مواد لاستیکی و بلورهای مایع پلیمری پژوهش کرد. نتایج کارهای وی منجر به انتشار بیش از ۳۰۰ مقاله با استنادهای بی‌شمار و ادامه‌دار همراه بوده است. توماس فاکس دوست صمیمی با پیشینه دوستی طولانی‌مدت و همکار وی در باره فلوری می‌گوید: راز موفقیت فلوری بیش بی‌ظنیر در فهم ضروریات فیزیکی یک مسئله برای تشریح پدیده‌ای به شکل مدل‌های ساده و با قابلیت استفاده مستقیم تولید نتایج معتبر در راستای تشریح ساده آن است. این خصلت باعث شده تا نتایج پژوهش‌ها و مفاهیم ارائه شده توسط وی، آموزشی قابل فهم و قابل استفاده آسان برای خواننده در دنیای علمی و صنعتی باشد.

مراجع

1. The Nobel Prize in Chemistry 1974, Nobelprize.org, Nobel Media AB 2014. Web. 3 May 2016. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1974/flory-facts.html
2. P.J.F. Biographical Memoirs V.82, ISBN: 978-0-309-09286-9.



شکل ۲- دو کتاب منتشر شده از فلوری که تا به حال تاثیر شگرفی در گسترش دانش شیمی پلیمر داشته و یک نمونه از دست‌خط این دانشمند.

مفاهیم نظری و کاربردی دانش ریاضیات بود. دانشی که وی را در تشریح و تبیین مشاهدات تجربی بر مبنای مدل‌های ساده ریاضی و بیان تاثیر عوامل مختلف به‌شکل پارامترهای قابل تعیین بوده است. این دانش باعث موفقیت و ارائه مدل‌های نظری شد که دانشمندان پیش از او حتی با وجود دانش برتر در زمینه شیمی نتوانسته بودند به کشف آن‌ها دست‌یابند. جدول ۱ تعدادی از مقالات مهم و شکل ۱ دو کتاب اثرگذار فلوری و نمونه‌ای از دست‌نوشته‌های او را نشان می‌دهد.

فعالیت‌های بشر دوستانه

فلوری در طول زندگی خود، به‌ویژه در دهه آخر و پس از کسب جایزه نوبل به فعالیت‌های انسان‌دوستانه گسترده‌ای در دفاع از حقوق بشر دست زد. در این زمینه، شهرت علمی وی نیز تاثیر بسزایی در رساندن صدایش به جهانیان داشت. ملاقات‌های متعدد او با دانشمندان مخالف در کشورهای اروپای شرقی کمونیستی و فراهم کردن شرایط پژوهشی و اقامتی برای بعضی از آنان در خاک ایالات متحده بسیار چشمگیر بود. وی به‌صراحت از مجامع علمی غربی به‌خاطر عدم حمایت از این دانشمندان انتقاد و در هر فرصتی همکاران خود را به این حمایت‌ها ترغیب می‌کرد.

<http://www.nap.edu/catalog/10683.html>.

3. Patterson G.D., *Paul John Flory: Physical Chemist and Humanitarian*, Ch. 12, 211–219, DOI: 10.1021/bk-2013-1136.ch012.