

# Pierre-Gilles de Gennes

## Natuurkunde

W.H. DE JEU

**D**e Nobelprijs Natuurkunde voor Pierre-Gilles de Gennes is in diverse opzichten opmerkelijk. In de eerste plaats wordt deze prijs vrijwel altijd gegeven voor één belangrijke ontdekking. In het geval van de Gennes gaat het eerder om een reeks theoretische bijdragen c.q. ontdekkingen, om een manier van denken en benaderen van complexe systemen die buitengewoon vruchtbaar is gebleken. In literaire termen zou men kunnen zeggen dat het een prijs is voor een oeuvre, niet voor een bepaald werk.

Het tweede opmerkelijke element ligt in het gebied van onderzoek. De fysicus – en zeker een theoreticus – onderzoekt graag systemen die bestaan uit relatief eenvoudige moleculen of nog liever atomen. De Zweedse Akademie van Wetenschappen wijst met nadruk op de Gennes' theoretische werk aan vloeibare kristallen en polymeren – voor de doorsnee fysicus complexe chemische, en dus 'vieze', materialen.

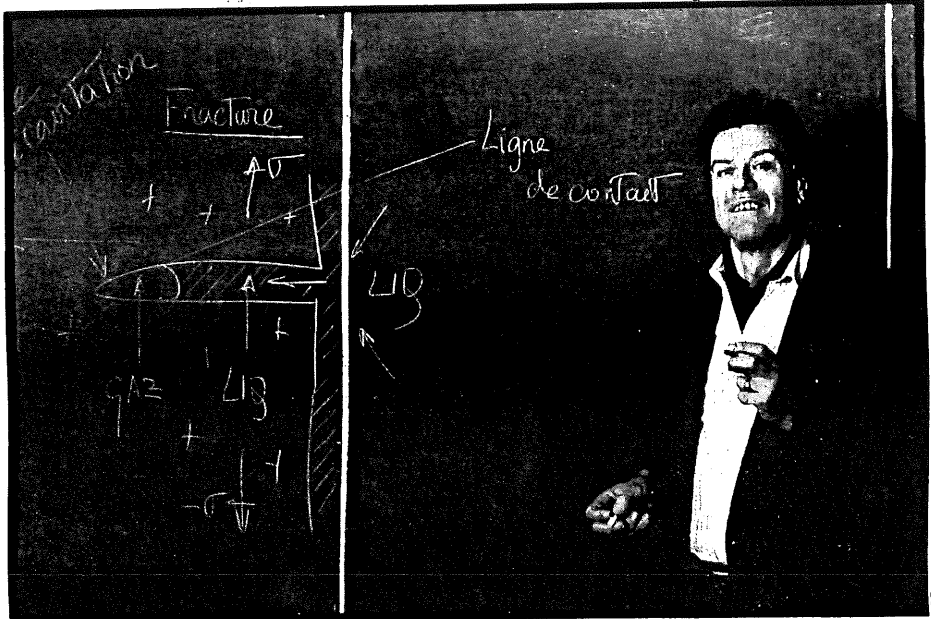
### Vloeibare kristallen

De Gennes werd in 1932 geboren en studeerde aan de École Normale Supérieure te Parijs, waar hij in 1957 promoveerde. Al in 1961 werd hij hoogleraar in Orsay. Sinds 1971 is hij professor aan het Collège de France. In feite is dit een erebaan, die alle vrijheid geeft op eigen wijze met de wetenschap om te gaan, met als enige verplichting elk jaar een nieuwe reeks colleges te geven. Sinds 1976 is hij tevens directeur van de École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris. Hij voert ook de directie over de research van het Franse chemieconcern Rhône-Poulenc.

Eind jaren zestig was de Gennes de spil van de 'liquid crystal'-groep in Orsay, die een leidende rol ging spelen op dit zich snel ontwikkelende gebied. Vloeibare kristallen zijn verbindingen gevormd door lange staafvormige organische moleculen die niet in één stap vanuit de vaste (kristallijne) fase smelten in een gewone doorschijnende (isotrope) vloeistof. Zoals reeds in 1888 ontdekt werd, kunnen in plaats daarvan één of meer tussenfasen optreden. Het meest bekend is de nematische fase. Dit is een echte vloeistof die bijvoorbeeld gewoon in een beker uitgegoten kan worden, maar de lange moleculen blijven ondertussen over grote afstanden parallel aan elkaar, hetgeen aan de situatie in een kristal doet denken (vandaar de contradictie 'vloeibaar kristal').

Een dunne, transparante laag van dit materiaal kan door middel van een kleine elektrische spanning ondoorzichtig gemaakt worden. Dit effect wordt thans veelvuldig toegepast in LCD's, liquid crystal displays, een ieder bekend van horloges, zakrekenmachines, en tegenwoordig ook kleine tv's.

Een tweede mogelijke tussenfase vormen smectische vloeibare kristallen. Daarbij ontstaat – naast de ordening van de lange assen van de moleculen – een structuur van lagen



## De Gennes wordt niet gelauwerd om één belangrijke ontdekking. Hij krijgt de Nobelprijs vanwege zijn buitengewoon vruchtbare wijze van denken en benaderen van complexe chemische systemen

die zelf nog vloeibaar zijn. De moleculen vormen als het ware in één richting nog een kristal, terwijl de andere twee richtingen loodrecht daarop al gesmolten zijn.

Bij het onderzoek aan de genoemde systemen ontdekte de Gennes veel analogieën met de ordening in magnetische en supergeleidende systemen, waaraan hij eerder gewerkt had. Zo is een fase-overgang zoals van de smectische naar de nematische fase voor de fysicus bijzonder interessant omdat deze opgevat kan worden als smelten in één richting. Voor het begrip van het smeltproces in het algemeen is dat direct van belang. De Gennes liet zien dat hier een parallel getrokken kan worden met de situatie in supergeleiders, maar de analogie gaat niet geheel op en de daardoor ontstane complicaties hebben sindsdien geleid tot een grote hoeveelheid experimenteel en aanvullend theoretisch werk. De basis van de Gennes' theorie blijkt daarbij stand te houden.

Door parameters te introduceren waarmee de mate van ordening in de nematische fase beschreven kon worden, was het de Gennes ook mogelijk allerlei verschijnselen rond de overgang van de nematische fase naar de gewone isotrope vloeistoffase te duiden.

Nematisch vloeibare kristallen geven een sterke verstrooiing van eropvallend licht, waardoor ze er troebel uitzien. Metingen van deze effecten waren al aan het einde van de jaren veertig gedaan; de verkla-

ring was echter in algemeneheden blijven steken. De Gennes formuleerde een precieze theoretische beschrijving van de fluctuaties in de parallele ordening die deze lichtverstrooiing veroorzaken, en die beschrijving werd door de experimentatoren in Orsay in detail bevestigd.

### Polymeren

In 1974 verscheen de Gennes' inmiddels klassieke boek *The Physics of Liquid Crystals*. Terwijl dat een verdere impuls betekende voor onderzoek aan vloeibare kristallen, was de Gennes zelf al weer een stap verder en begonnen met de fysica van polymeren. Polymeren zijn zeer grote moleculen die bestaan uit ketens van kleinere eenheden, 'monomeren'. We kennen de toepassingen in de vorm van plastics of kunststoffen. Hiermee komen we nog meer dan bij de vloeibare kristallen op het complexe of 'vieze' gebied van de (chemische) technoloog, waar een theoretisch fysicus veelal verre van blijft.

Wellicht liggen op het gebied van polymeren de Gennes' grootste verdiensten. Dergelijke lange polymeerketens vormen spaghetti-achtige *loops* en verstrengingen. De hamvraag is op welke wijze in oplossingen van polymeren of in gesmolten polymeren (zoals tijdens de verwerking) de eigenschappen afhankelijk van de lengte van de ketens. Het werk van de Gennes laat zien hoe abstracte theoretische begrippen uit de fysica ook op polymeren toege-

past kunnen worden. In de complexiteit van polymeersystemen blijven 'schaalwetten' te gelden, die laten zien hoe het complexe gedrag bepaald wordt door een relatief eenvoudige combinatie van beginvariabelen.

In zijn boek *Scaling Concepts in Polymer Physics* uit 1979 geeft de Gennes een systematische uitwerking. Het zoeken (en vinden) van eenvoud in de complexiteit blijkt bijvoorbeeld uit zijn voorstelling van de beweging van een polymeerketen als die van een reptiel ingeklemd in de kokervormige ruimte die de andere polymeerketens in zijn omgeving voor hem beschikbaar laat. Dit eenvoudige beeld ligt ten grondslag aan de huidige kennis van het dynamische gedrag van polymeren, het gedrag in de loop van de tijd.

### Zachte vaste stoffen

Met bovenstaand en meer recent werk, zoals de fysica van het bevochtigen van oppervlakken en, daarmee verwant, het mechanisme van adhesie (het aantrekken van twee oppervlakken; lijmen), speelt de Gennes een belangrijke rol in de moderne trend van de fysica van 'zachte vaste stoffen'. Zo verklaarde hij enigszins provocerend nu zeer geïnteresseerd te zijn in de eigenschappen van krachtlijmen.

Van belang bij de impact die zijn werk heeft, is zeker ook zijn dynamische, dominerende persoonlijkheid. Hij onderhoudt een uitgebreid netwerk van internationale contacten en is een veelgevraagd spreker mede omdat hij het soort charisma bezit dat van een voordracht een belevenis kan maken. Het zal duidelijk zijn dat de Nobelprijs in een dergelijke situatie niet gedeeld kan worden tussen meerdere personen; hij wordt gegeven of niet. Terecht heeft de Zweedse Akademie van Wetenschappen voor het eerste gekozen. □

W.H. de Jeu is hoogleraar-directeur natuurwetenschappen aan de Open Universiteit te Heerlen en is tevens als werkgroep leider verbonden aan het FOM-Instituut voor Atoom- en Molecuulfysica te Amsterdam.