

Leo P. Kadanoff en de Nederlandse fysica

De vorig jaar overleden Leo Kadanoff was als statistisch fysicus niet alleen een grondlegger van de renormalisatiegroeptheorie, maar hij heeft ook cruciale bijdragen geleverd aan verschillende ‘typisch Nederlandse’ onderwerpen. In 2003 was hij Lorentz professor in Leiden en in 2006 ontving hij van de KNAW de Lorentzmedaille. Ook speelde hij een belangrijke rol als mentor in de carrière van veel jonge fysici. In dit artikel schetsen we Kadanoffs verbinding met de Nederlandse fysica aan de hand van zijn levensloop en bijdragen. Detlef Lohse en Wim van Saarloos

160

Leo Kadanoff werd geboren op 14 januari 1937 in New York. In 1960 – hij was toen 23 – promoveerde hij in de theoretische natuurkunde en in de wiskunde. Zijn promotor op Harvard was Paul Martin, die slechts een paar jaar ouder was dan hij.

Quantumtransporttheorie

Na zijn promotie ging Kadanoff als postdoc naar het Niels Bohr Instituut in Kopenhagen waar zijn beroemde werk met Gordon Baym over correlatiefuncties in quantumtransportprocessen ontstond. Met dit werk legden ze de theoretische basis onder de Fermivloeistoftheorie, die de basis is voor de elektrontheorie in metalen.³ He is nog steeds het beste modelsysteem om deze theorie te testen en hieraan werd destijds in Leiden actief onderzoek ge-

daan. Dit werk kan ook gezien worden als de quantumtegenhanger van de kinetische theorie van gassen, waarvoor binnen de Nederlandse statische-fysicaschool zo veel aandacht was.

Blokspinrenormalisatie en fase-overgangen

In 1962 werd Leo Kadanoff benoemd tot hoogleraar in Urbana-Champaign en al drie jaar later was hij full professor. In Urbana ontstond het meesterwerk van Leo: de theorie van faseovergangen en schaalgedrag. Hij ontwikkelde het blokspinmodel, een tweedimensionaal rooster van spins met lokale interacties, vergelijkbaar met het Isingmodel. Het centrale idee was om de spins in blokken van twee bij twee individuele spins bij elkaar te groeperen en dit groepje dan als één nieuwe effectieve spin te beschouwen. Vervolgens kun je dit idee herhalen door effectieve spins opnieuw bij elkaar te groeperen. Door deze voorloper van de renormalisatietransformatie ontstaat een nieuwe manier om het ontstaan van kritisch gedrag te begrijpen en te berekenen: het fixed point (‘dekpunt’ of vast punt) van de renormalisatietransformatie is het kritische punt van het systeem waar de faseovergang plaatsvindt en kri-

tisch gedrag ontstaat. Deze *real-space* renormalisatiemethode is later vooral door Hans van Leeuwen in samenwerking met Dorus Niemeijer (toen beiden in Delft) verder gesystematiseerd en gepopulariseerd. Voor een van ons (WvS) was de kandidaatsscriptie over de Kadanoff bond-moving method in de groep van Hans van Leeuwen zijn entree in de statistische fysica in 1977. Leo Kadanoffs idee bleek zo ingrijpend te zijn dat het uiteindelijk leidde tot een algemene theorie van faseovergangen. Leo heeft in deze context ook het concept van universaliteit ‘uitgevonden’, in een Wodkabar in Moskou, zoals hij graag vertelde. Leo was met name gepassioneerd over het platonische idee achter een fenomenologische observatie en hij wist als geen ander natuurkundige fenomenen terug

Detlef Lohse promoveerde in 1992 aan de Universiteit Marburg. Sinds 1998 is hij hoogleraar Physics of Fluids aan de Universiteit Twente. Onderwerpen in zijn onderzoeksgroep zijn turbulentie en twee-fasenstroming, micro- en nanofluidics, medische toepassingen van bellen en granulaire materie.



d.lohse@utwente.nl

Wim van Saarloos was tot eind 2009 als theoretisch fysicus verbonden aan de Universiteit Leiden, daarna was hij ruim vijf jaar directeur van FOM. Hij bereidt nu de transitie van NWO naar het nieuwe organisatie-model voor en keert per 2017 terug naar de Universiteit Leiden.



w.vansaarloos@nwo.nl

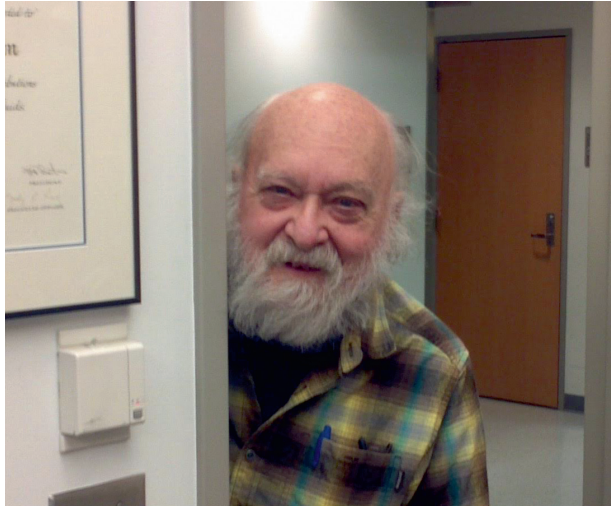
te leiden tot de essentie en eenvoudige modellen en deze vervolgens mathematisch op te lossen.

Kadanoff werkte in deze periode ook veel aan tweedimensionale statistisch-fysische roostermodellen, nauw gelieerd aan het werk waarmee Nederlanders als Marcel den Nijs (Seattle), met wie hij publiceerde, en Bernard Nienhuis (UvA) zo bekend zijn geworden. Met Nienhuis en zijn promovendus Kager publiceerde Leo Kadanoff in 2004 een artikel over stochastische Loewnerrevolutie, een wiskundig verband tussen curves in twee dimensies en spinmodellen. Dit artikel kwam direct voort uit zijn verblijf in Nederland in 2003 als Lorentz professor.

In 1980 ontving Kadanoff voor zijn werk over de fase-overgang en de renormalisatiegroep de Wolfprijs in de natuurkunde, samen met Kenneth Wilson en Michael Fisher. Het artikel, waarvoor Wilson in 1982 de Nobelprijs kreeg, had de titel: *Renormalization group and critical phenomena: 1. Renormalization group and the Kadanoff scaling picture*. Velen waren verbaasd dat de Nobelprijs voor Wilson niet gedeeld was met Kadanoff en Fisher, maar Kadanoff heeft later veel andere prijzen gekregen: de Buckley Prize (1986), de Boltzmann Medal (1989), de Lars-Onsager Prize (1998), de Lorentzmedaille (2006), en de Isaac Newton Medal (2011), om er maar een paar te noemen.

Niet-lineaire en niet-evenwichtssystemen en turbulentie

Van 1969-1978 werkte Kadanoff aan de Brown University, totdat hij in 1978 naar het James Franck Instituut aan de University of Chicago ging. Hij heeft dit instituut als geen ander vorm gegeven en hier zijn 'school' opgericht, die wordt gekenmerkt door een nauwe wisselwerking tussen theorie, experiment en numeriek, vanuit een open werkomgeving voor natuurkundigen uit de hele wereld en door een brede en moderne kijk op de fysica, die veel verder gaat dan de klassieke natuurkunde van de gecondenseerde materie of de klassieke statistische fysica. In ons land was zo veel behoefte aan theoretisch fysici die vanuit deze visie werkten, dat met steun van FOM begin jaren negentig van de vorige eeuw verschillende universitaire posities in Nederland zijn gecreëerd om deze wisselwerking van theorie en experi-



Leo Kadanoff, januari 2013, in het James Franck Institute in Chicago.

ment te bevorderen.

In de jaren tachtig en negentig van de vorige eeuw werkte Leo aan fractalen en de vraag hoe men deze kan karakteriseren, en aan de overgang van orde in chaos. Dit leidde hem naar de fysica van vloeistoffen en turbulentie. Pas dankzij Leo realiseerden vele natuurkundigen zich weer hoeveel prachtige natuurkunde in dergelijke klassieke systemen zit. Zijn speciale liefde gold de thermisch gedreven convectie, in het bijzonder het Rayleigh-Bénard-systeem. Zijn werk met de congeniale experimentator Albert Libchaber over het schalingsgedrag van de warmtestroom is een mijlpaal in onze huidige kennis van turbulentie. Verder ontwikkelde Leo samen met een van ons (DL) tijdens diens verblijf als postdoc in Chicago hiërarchische modellen van volledig ontwikkelde turbulentie, met het doel schalingsgedrag en *intermittency* beter te begrijpen.

Leo benadrukte niet alleen in de context van turbulentie, maar ook daarbuiten altijd de kracht van goede numerieke simulaties: met zijn bekende lezing *Computer simulations of dynamical systems: The Good, the Bad, and the Awful* hamerde hij aan de hand van expliciete voorbeelden op de kracht van goede computersimulaties en het gevaar van foute conclusies op basis van slechte. Ook toen hij in 2003 Lorentz professor in Leiden was, heeft hij aan verschillende Nederlandse universiteiten deze lezing geven.

Singulariteiten, bellen, jets en granulaire media

In de jaren negentig van de vorige eeuw werkte Leo ook aan singulariteiten in hydrodynamische systemen en in het

bijzonder aan de dynamica van de vrije oppervlakken zoals druppels, bubbels en jets. Opnieuw gingen theorie, experiment en numeriek werk hand in hand. Een ander onderwerp waarover Leo in de jaren negentig van de vorige eeuw en daarna heel erg enthousiast was, waren granulaire materialen en hun dynamica. Net zoals de turbulentie is de granulaire dynamica ver van het evenwicht, wat het gedrag zo interessant en verrassend maakt. Ook dit vakgebied met zijn prachtige en vaak tegen-intuïtieve verschijnselen heeft Leo in de natuurkunde-afdelingen over de hele wereld geïntroduceerd. Ook over de granulaire materialen, zoals over zo vele van zijn favoriete onderwerpen, schreef Leo een prachtig overzichtsartikel. In totaal schreef hij vijf artikelen in *Reviews of Modern Physics* en vele andere overzichtsartikelen en verschillende boeken – allemaal een cadeau aan de volgende generatie van natuurkundigen wier opleiding Leo zo na aan het hart lag.

Leo had een fantastische *taste of problems*, waarmee hij een hele generatie jonge natuurkundigen heeft beïnvloed. Hij combineerde zijn kritische oordeel en zijn unieke intellectuele kracht met een uitzonderlijke menselijke warmte voor zijn leerlingen, die telkens opnieuw naar het James Franck Institute in Chicago terugkwamen, uitkijkend naar het oordeel van de meester en dankbaar voor de inspiratie die deze bezoeken brachten. Leo wist deze unieke sfeer in Chicago en – indirect door zijn leerlingen – in vele andere universiteiten en instituten in de wereld te verankeren, zodat hij in de natuurkundegemeenschap verder zal leven.