

Integreerbare Veeldeeltjessystemen

Keywords: Veeldeeltjesfysica, Integreerbare systemen, Algebraïsche Bethe Ansatz

Een van de meest intrigerende fenomenen in de veeldeeltjesfysica is de ontwikkeling van complexiteit en collectiviteit. Voor deze collectieve systemen is het niet zozeer de interactie tussen de individuele deeltjes op zich, maar de *synergie* van alle interacties tussen alle verschillende deeltjes die de uiteindelijke complexiteit van het systeem zal bepalen. Het totale systeem is m.a.w. meer dan de som van de delen, of in Anderson's woorden: "More is different". Denken we bv. maar aan het effect van supergeleiding, die uiteindelijk ontstaat uit de totale samenwerking van alle elektromagnetische interacties tussen de elektronen en de roosteratomen in een kristal.

Het is de taak van de theoretische veeldeeltjesfysica om te begrijpen hoe deze collectieve fenomenen naar voor treden en zich ontwikkelen als het aantal deeltjes van het systeem aangroeit. Dit confronteert ons echter met een enorm probleem vermits de Hilbert ruimte van het kwantum veeldeeltjessysteem exponentieel groter wordt naarmate het aantal deeltjes toeneemt. Om toch een theoretische beschrijving te bekomen van deze systemen wordt normalerwijze gebruik gemaakt van krachtige benaderingstechnieken (*cfr.* thesisonderwerpen MM_11_FUND_0x), die de correlaties in het systeem optimaal weten te vangen. Er bestaat echter een exclusieve klasse van zogenaamde *integreerbare* systemen waarbij we, gebruik makend van een speciale symmetrie, de exacte eigentoestanden van de Hamiltoniaan kunnen schrijven als een *Bethe Ansatz* golffunctie. Dit betekent dat het systeem factoriseerbaar is als een produkt golffunctie, waarbij de elementaire excitaties afhankelijk zijn van de zogenaamde *Richardson-Gaudin* variabelen, die de oplossing vormen van een set niet-lineaire algebraïsche vergelijkingen. Het belang van dit resultaat is dat we de diagonalisatie van een exponentieel grote matrix kunnen herleiden tot het oplossen van een set niet-lineaire vergelijkingen die lineair schaalt met de grootte van het systeem. Hierdoor wordt de weg geopend voor een *exacte* studie van systemen die ver buiten de reikwijdte van conventionele technieken ligt.

Omwille van de algebraïsche formulering van de integreerbare systemen, zijn ze zeer domeinoverschrijdend. Integreerbare systemen kunnen immers aangetroffen worden in de volgende gebieden

- Supergeleiding in kristalroosters, meer bepaald in supergeleidende nano-korrels.
- Magnetisme in spin ketens.
- Atomen in een caviteit, onderhevig aan photon-atoom interacties.
- De proton-neutron isovector en isoscalaire interactie in atoomkernen.
- Atomaire gassen die interageren via een p -wave interactie.

Dankzij recente numerieke ontwikkelingen in het oplossen van de niet-lineaire vergelijkingen, worden deze integreerbare systemen steeds meer toegankelijk voor theoretische studies. Een thesis student kan zich dus toeleggen op vrij verschillende facetten, waaronder bv.

- Het opsporen van integreerbare systemen aan de hand van de Algebraïsche Bethe Ansatz methode.
- Het bepalen van het kwantum fasediagram van een welgekozen integreerbaar systeem. Hiervoor dienen bestaande technieken en algoritmes vertaald en aangepast te worden naar het specifieke systeem onder studie.
- Het bestuderen van dynamische grootheden in het systeem, zoals bv. de kwantum decoherentie van spin systemen over de tijd.

Mogelijke thesis onderwerpen bevinden zich dus in het kruisbestuivingsgebied waar formele wiskunde, reële fysica en "hands-on" numeriek werk mekaar de hand kunnen reiken.

Contact Promotor: Prof. Dr. Dimitri Van Neck (dimitri.vanneck@ugent.be 09/264.65.57) / Begeleiding: Dr. S. De Baerdemacker (stijn.debaerdemacker@ugent.be 09/264.65.05)