

WP, de koudste plaats op het Nat.Lab. en een spraakmakend fysisch effect.

Bij de verhuizing van het laboratorium van Strijp naar Waalre werd in het gebouwtje WP achter WB de voorziening voor het produceren van vloeibaar helium gevestigd. De hoofdindustriegroep I&E leverde de liquefactiemachine, die gebaseerd was op het Stirling effect. De kennis voor die machine was afkomstig van het lab. Het vloeibare helium kon geleverd worden voor experimenten in het laboratorium mits er ter plaatse een voorziening was om het verdampende He-gas weer terug te leveren via een leidingsysteem naar de gascontainers in WP. Met name de Lage Temperaturen groep was een grote afnemer. Piet Admiraal heeft jarenlang de scepter gevoerd over deze activiteiten, waarbij hij streng was voor die experimentatoren die minder gas terug leverden dan wat overeen kwam met de geleverde hoeveelheid vloeibaar He.

In WP werd ook onderzoek gedaan vooral aan supergeleiding en aan de eigenschappen van vloeibaar He, superfluiditeit en He³-He⁴ mengsels. Het onderzoek naar supergeleidende materialen met zo hoog mogelijke kritische temperatuur en kritisch magnetisch veld heeft geleid tot het maken van een aantal supergeleidende magneten met het idee dat ze door I&E zouden worden gecommmercialiseerd. Dat is er echter niet van gekomen, wel zijn die magneten in het laboratorium gebruikt voor metingen in een hoog magneetveld o.a. voor onderzoek naar tweedimensionele elektronengassen aan het interface van MOS-structuren aan het begin van de 70-er jaren.

Het onderzoek naar He³-He⁴ mengsels is verder in de richting van toepassing gekomen. Onder leiding van Frans Staas is er in WP een proefserie van een tiental mengkoelers gebouwd die temperaturen tot in het milliKelvin gebied konden bereiken. Met name Ad Severijns heeft daarbij een onmisbare rol gespeeld omdat hij de kunst van het maken van soldeerverbindingen zonder een superlek uitstekend onder de knie kreeg. Het vervelende van superlekken is dat ze pas te constateren zijn als de temperatuur beneden het de overgangstemperatuur naar superfluïde He is. Wordt zo'n lek gevonden dan moet de hele opstelling weer naar kamertemperatuur worden opgewarmd, het lek moet opnieuw gesoldeerd worden, waarna de afkoelingsprocedure weer van vooraf kan beginnen in de hoop dat het lek verdwenen is. Dat geeft zo met hard werken een vertraging van tenminste een dag. De proefserie is met succes gemaakt. In WP is een van die mengkoelers gebruikt bij verdere experimenten. Een aantal exemplaren is geleverd aan verschillende universiteiten voor experimenten bij zeer lage temperaturen. Uiteindelijk heeft I&E er geen gat in gezien om ze echt in productie te nemen.

Het laatste fundamenteel-fysisch onderzoek in WP vond plaats in de 80-er jaren op het gebied van de mesoscopische fysica aan monsters waarvan één of twee dimensies klein zijn t.o.v. de vrije weglengte en/ of de golflengte van de ladingsdragers. Het grootste succes was het onderzoek aan twee-dimensionale elektronengassen op het interface van AlGa-AlGaAs structuren. Op het Philips laboratorium in Redhill groeide Tom Foxon die structuren met grote zuiverheid met moleculaire bundel epitaxie (MBE), zodat de verstrooiing aan verontreinigingen minimaal was. Door afkoeling tot in het milliKelvin gebied kan ook de roosterverstrooiing geminimaliseerd worden wat dan resulteert in extreem hoge mobiliteiten en overeenkomstige grote vrije weglengten tot waarden van meerdere micrometers. Dit opent de weg naar onderzoek van ballistisch transport van ladingsdragers in de vaste stof. Tom heeft meerdere jaren het wereldrecord mobiliteit in deze structuren gehouden en heeft vele monsters over de gehele wereld geleverd. Ook Henk van Houten, die zijn loopbaan op het lab. begon in de fundamentele experimentele fysica groep, gebruikte die structuren voor zijn onderzoek. Hij had

het idee om met een gate het twee-dimensionale elektronengas in de laterale richting te dimensioneren, zodanig dat aan de rand van een elektronengas twee puntcontacten met sub-micron afmeting en op afstand van enkele micrometers konden worden gemaakt, waarbij het ene contact werd gebruikt als injector van elektronen het andere als detector. Het idee was om elektronen vanuit de injector het 2-dimensionale gas in te "schieten" waar ze dan door de grote vrije weglengte als ballistische elektronen lopen. Vervolgens kan hun baan in een loodrecht op het gas staand magneetveld worden afgebogen zodat ze een halve-cirkel baan gaan doorlopen tot ze weer de rand van het twee-dimensionale gas bereiken en daar worden gereflecteerd en aan de volgende halve cirkelbaan beginnen. De straal van de doorlopen cirkels is omgekeerd evenredig met het magneetveld. Bij variërend magneetveld zouden dan die elektronen door het detectorcontact moeten worden gedetecteerd als de afstand tussen detector en injector een geheel aantal malen de diameter van de elektronenbanen is. Voor het maken van de daarvoor nodige gate-structuur zijn details nodig in het sub-micron gebied. Daartoe werkte hij samen met Bart van Wees van de TU-Delft die toegang had tot het daar beschikbare elektronenlithografie apparaat, waarmee hij nanostructuren kon schrijven.

De GaAs-AlGaAs structuur met nog ongestructureerde gate werd geleverd aan Bart van Wees met de uitdrukkelijke voorwaarde dat hij de door Henk van Houten bedachte samples na structurering terug zou leveren, zodat Henk als eerste zijn idee zou kunnen verifiëren.

Het weekend na de levering van het sample aan Delft trof ik op maandagmorgen vroeg een aantal groepsleden in wat een fysicus zou noemen een aangeslagen toestand aan. Wat was het geval? Bart van Wees had het monster ondanks de afspraak toch in zijn mengkoeler afgekoeld en de weerstand van één van de puntcontacten gemeten als functie van de gate spanning. Tot zijn grote verbazing vond hij daarin een aantal vlakke plateaus, die hij al snel kon identificeren als plateaus met een geleidingsvermogen van een geheel aantal keren de waarde van de alleen uit fundamentele constanten bestaande grootte: het kwadraat van de elementaire elektrische lading gedeeld door 2 maal de constante van Planck, een geleidingswaarde die dus onafhankelijk van het monster is! Bart gaf dat op vrijdagmiddag door aan Henk van Houten, die het niet leuk vond dat er toch aan het monster gemeten was, hoewel formeel niet de meting was gedaan die Henk in gedachten had. In het weekend bespraken Henk van Houten en Carlo Beenakker het resultaat van de gekwantiseerde geleiding en zij vonden de fysische verklaring van het verschijnsel. Uiteraard werd de meting ook in WP spoorlags opnieuw gedaan en de resultaten van de spectaculaire ontdekking moesten zo spoedig mogelijk gepubliceerd worden. Dat vergde overigens nog de nodige diplomatieke tact om de auteurs en hun volgorde vast te stellen. Henk van Houten, Bart van Wees, Carlo Beenakker en Tom Foxon waren uiteraard onomstreden als auteurs. Volgens Delftse traditie zou ook Hans Mooij als hoogleraar moeten worden opgenomen als auteur, hoewel hij zeker geen grotere bijdrage had geleverd dan de betrokken groepsleiders van het Nat.Lab., die volgens hun traditie alleen als medeauteur optraden als ze een wezenlijke bijdrage voor een artikel hadden geleverd. Uiteindelijk werd Hans Mooij op gelijke wijze behandeld als de Nat.Lab.groepsleiders en niet opgenomen bij de auteurs. Bart van Wees en Henk van Houten werden als eerste en tweede auteur genoemd. Het artikel werd opgenomen in Phys.Rev.Letters 10,848(1988) en werd een van de meest geciteerde artikelen.

Overigens werd ook het oorspronkelijke idee van Henk van Houten waarvoor het monster werd gemaakt experimenteel aangetoond en gepubliceerd met Henk en Bart als eerste en tweede auteur in omgekeerde volgorde. (Phys.Rev.B 39,8556(1989), maar dit resultaat hoewel het een

fraai voorbeeld geeft van ballistisch elektronen transport in de vaste stof is in de schaduw gebleven van de gekwantiseerde geleiding.

Het succes van dit fundamentele fysisch onderzoek werd onderstreept door de toekenning van de Shell prijs aan Henk van Houten, Carlo Beenakker en Bart van Wees.

Vrij snel daarna tijdens de Centurion reorganisatie van Philips is dit soort werk binnen Philips Research afgebouwd en zijn er geen faciliteiten meer om fundamenteel fysisch onderzoek bij vloeibaar He temperaturen te doen.

Bertus Pals, juni 2017