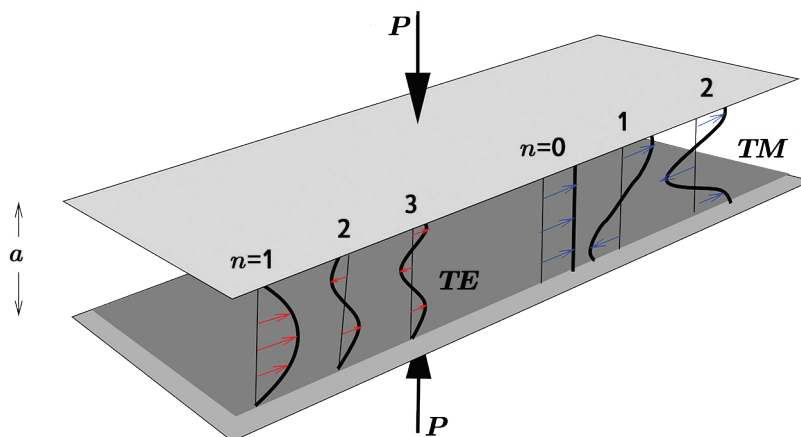


Licht uit de lege ruimte halen

Volgens de quantummechanica is de lege ruimte niet geheel leeg, maar gevuld met elektromagnetische ruis. In principe geven ook andere elementaire deeltjes aanleiding tot deze quantumruis, maar we beperken ons hier voor het gemak tot de bijdrage van fotonen. Het effect van de elektromagnetische ruis is meestal te verwaarlozen maar kan zichtbaar gemaakt worden met het experiment dat in 1948 voorgesteld werd door Hendrik Casimir [1] waarbij twee parallelle geleidende platen dicht bij elkaar gebracht worden. In de lege ruimte tussen de platen is de golflengte van de elektromagnetische ruis niet langer willekeurig, maar moet die precies tussen de platen passen omdat er in de geleidende platen geen elektrisch veld kan optreden. Dit is geïllustreerd in de figuur. Door deze randvoorwaarde op de ruismogelijkheden zal er minder druk vanuit de binnenkant op de platen uitgeoefend worden en gaan deze elkaar dus aantrekken.

Nog spectaculairder wordt het als we de platen laten oscilleren met een be-



Schematische weergave van het experiment van Hendrik Casimir.

128

aalde frequentie. Als deze frequentie namelijk precies overeenkomt met twee keer de frequentie van een van de eigentrillingen van de ruis, dan zal de lege ruimte tussen de platen zelfs spontaan licht gaan uitzenden, analoog aan het feit dat een schommel een steeds grotere uitwijking krijgt als je er elke keer op het moment van maximale uitwijking tegen aan duwt. De frequentie moet hier echter twee keer zo groot zijn omdat het licht altijd in twee tegengestelde richtingen uitgezonden wordt. Quantummechanisch betekent dit dat er fotonparen gecreëerd worden door de trillende platen. Dit effect staat bekend als het dynamische Casimireffect en is heel recentelijk aan de Aalto Universiteit in de Finse hoofdstad Helsinki door Pasi Lähteenmäki en medewerkers waargenomen.

Het ingenieuze van dit experiment is dat de Finse onderzoekers niet echt de wanden van een trilholtte bewegen, wat mechanisch zou moeten en dus erg moeilijk is, maar een oscillerend extern magneetveld gebruiken. De reden waarom dit werkt is dat het experiment gebruik maakt van een rij van zogenaamde SQUID's (Superconducting Quantum

Interference Devices) in de trilholtte om de lichtsnelheid, en daarmee de golflengte van de ruis te beïnvloeden. Een SQUID gedraagt zich namelijk als een spoeltje met een zelfinductie die sterk afhankelijk is van het aangelegde magneetveld en op deze manier kan dus de brekingsindex in de trilholtte nauwkeurig ingesteld worden door een extern magneetveld. Effectief komt dit uiteindelijk op hetzelfde neer als trillende wanden gebruiken maar nu kan je alles elektronisch en daarmee voldoende snel doen.

Het gecontroleerd maken van zulke fotonparen is erg interessant omdat deze paren op een bepaalde manier met elkaar gecorreleerd zijn en dat biedt mogelijkheden voor toepassingen in het gebied van de quantuminformatie, bijvoorbeeld quantumteleportatie en quantumcryptologie van informatie.

Referenties

- 1 H.B.G. Casimir, *On the Attraction between Two Perfectly Conducting Plates*, Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap. Proc 51, 793 (1948).
- 2 P. Lähteenmäki, G.S. Paraoanu, J. Hassel, en P. Hakonen, *Dynamical Casimir Effect in a Josephson Metamaterial*, PNAS February 12, 2013.

Henk Stoof (1962) studeerde technische natuurkunde in Eindhoven. Na zijn promotie in Eindhoven had hij postdocposities in de groepen van Tony Leggett in Urbana-Champaign en Steve Girvin in Bloomington. Daarna ging hij naar Utrecht waar hij sinds 1999 hoogleraar is in de theorie van de gecondenseerde materie. Hij kreeg een VICI-subsidie toegekend voor theoretisch onderzoek aan exotische quantumgassen, was Distinguished Simons Lecturer in New York en is Fellow van de American Physical Society. Recentelijk ontving hij een NWO Zwaartekrachtpremie.



H.T.C.Stoof@uu.nl