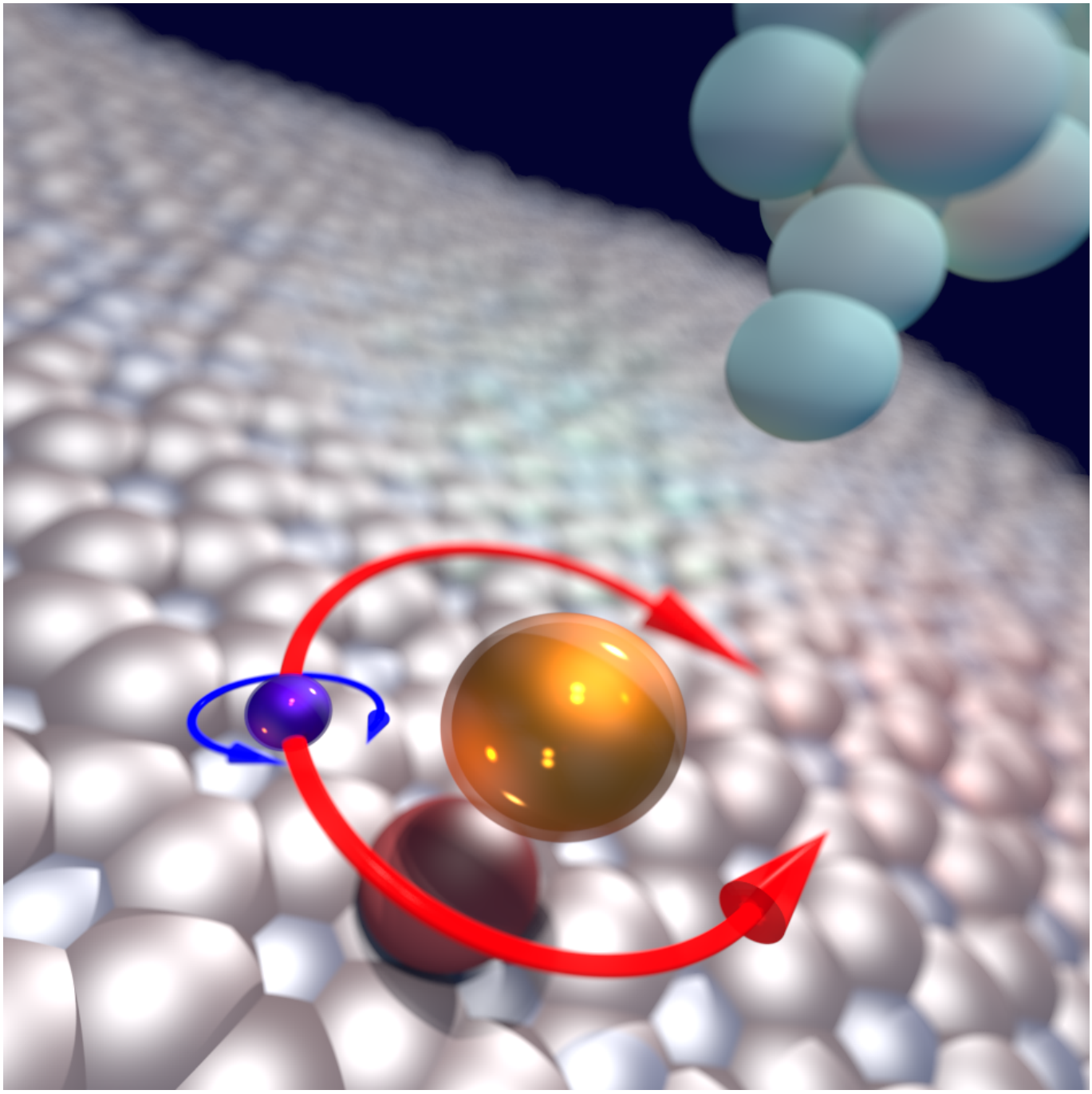
Twee bits in één atoom

Onderzoekers van de TU Delft zijn erin geslaagd om twee verschillende soorten magnetisme in een enkel atoom onafhankelijk van elkaar te manipuleren. Het onderzoek is van belang voor de ontwikkeling van uiterst kleine vormen van dataopslag. De nieuwe ontdekking maakt het mogelijk om, op termijn, twee bits aan informatie op te slaan in één atoom.

Bron: persbericht TU Delft



Afbeelding 1. Twee bits in één atoom. Artist's impression van het bestudeerde atoom onder de naald van een tunnelmicroscoop. Het spin- en baansimpulsmoment zijn aangegeven met respectievelijk een kleine en een grote pijl. Afbeelding: TU Delft / Otte et al.

Het magnetisme van een atoom ontstaat doordat elektronen rondom de atoomkern draaien. Die draaibewegingen vallen in twee categorieën uiteen. "Vergelijk het met de Aarde die om de zon draait," legt onderzoeksleider Sander Otte uit. "Aan de ene kant is er de omwenteling van de Aarde om de zon, die een jaar duurt. Aan de andere kant draait de Aarde ook om zijn eigen as, wat tot de dag/nacht-cyclus leidt." Zo is het ook met een elektron rondom een

atoom: de omwenteling om de atoomkern heen heet het *baanimpulsmoment* en de rotatie van het elektron om zijn eigen as het *spinimpulsmoment*, of kortweg *spin*.

Linksom of rechtsom

Elk van die bewegingen kun je in principe gebruiken om informatie op te slaan. Het baanimpulsmoment kan bijvoorbeeld linksom of rechtsom gaan. Deze twee draairichtingen kunnen de ‘0’ en de ‘1’ van een bit voorstellen. De spin heeft ook twee mogelijke draairichtingen. Dus in theorie zou je twee bits aan informatie kwijt moeten kunnen in één enkel atoom. “Maar in de praktijk valt dat tegen”, vervolgt Otte. “Als je de baanrichting omdraait, dan verandert de spinrichting vrijwel altijd mee en andersom.”

Het Delftse onderzoek, dat in samenwerking met Spaanse en Chileense onderzoekers is uitgevoerd, maakt het mogelijk om alleen de baanrichting om te draaien zonder de spinrichting te beïnvloeden. Dat dit nu toch is gelukt, is met dank aan een fenomeen dat ooit is voorspeld door Einstein en de Nederlandse natuurkundige Wander Johannes de Haas. Volgens dit Einstein-de Haaseffect kan de omklapping van de baanrichting óók worden gecompenseerd door een onmeetbaar kleine rotatie van de omgeving – in dit geval het stukje metaal waar het atoom deel van uitmaakt. Dit effect was niet eerder waargenomen op de schaal van een enkel atoom, laat staan dat het kon worden toegepast voor de manipulatie van atomair magnetisme.

Perfecte scheiding

De onderzoekers maakten gebruik van een tunnelmicroscoop, waarin een heel scherpe naald atomen aftast en deze zelfs naar believen kan verplaatsen. Gewoonlijk maakt een magnetisch atoom contact met verscheidene buuratomen, die het magnetisme verstoren. Otte en zijn team bereikten de perfecte scheiding tussen spin- en baanimpulsmoment die nodig was voor het onderzoek door een magnetisch ijzeratoom exact bovenop één enkel niet-magnetisch stikstofatoom te positioneren. Zo creëerden ze een ideale geometrie die in de natuur zelden spontaan ontstaat.

De mogelijkheid om bits op te slaan in individuele atomen zou de bestaande opslagcapaciteit vele duizenden malen vergroten. Toch waarschuwt Otte dat het nog lang niet zover is. “Het voornaamste resultaat is dat we weer een stapje verder zijn gekomen in ons vermogen om

atomen, en zelfs de elektronen die daaromheen draaien, naar onze hand te zetten. Dat is een prachtig doel op zich.”

Publicatie

Complete reversal of the atomic unquenched orbital moment by a single electron, R. Rejali, D. Coffey, J. Gobeil, J. W. González, F. Delgado and A. F. Otte, npj Quantum Materials **5**, 60 (2020).