

Tamás Vértesi & Nicolas Brunner

A Peres-sejtés megcáfolása: Bell-nemlokalitás kinyerése nem-desztillálható összefonódottságból

A kvantuminformatika egyik legfontosabb erőforrása az összefonódottság: két mikroszkópikus részecske (például fotonpár), bármilyen távol is van egymástól, fizikai állapotuk össze van kapcsolva. Az egyik részecskén történt mérést vagy zavarást azonnal érzékeli a másik részecske is. Ezen jelenség a mikroszkópikus világ különös sajátága, felfedezésében meghatározó szerepet játszott például Einstein és Schrödinger is. A kvantuminformatika fő célja az összefonódottság minél jobb kiaknázása.

A kvantumteleportáció protokoll is összefonódott kvantumállapotok meglétén alapszik. Segítségével egy foton kvantumállapotát tetszőleges helyre teleportálhatjuk anélkül, hogy a foton a két hely között bárhol is megjelenne. Köznapi hasonlattal élve, képzeljünk el két "kvantum" faxgépet a világ két pontján, az egyiket Alaszkán, másikat Budapesten. Ha Alaszkán Alíz preparál egy fotont, tárcsázza Bob számát és megnyomja az "elküld" gombot a faxgépén, egy pontosan ugyanilyen tulajdonságú foton fog kijönni Bob faxgépéből Budapesten. A hagyományos faxgéptől eltérően viszont a két hely között fizikailag sehhol sem jelenik meg az elküldött foton állapota, így nem is tudjuk útközben elcsípni Alíz fotonjának állapotát. Ezt a rejtélyes jelenséget hívjuk kvantumteleportációnak, ami csakis akkor mehet végbe, ha Alíz és Bob a "kvantum" faxgépükön kívül még egy összefonódott részecskepárral is rendelkeznek.

Az összefonódottság viszont nincs mindig tiszta formában jelen a természetben. Ugyanakkor modern kvantumoptikai módszerekkel lehetőség nyílik arra, hogy több, kevésbé összefonódott fotonpárból létrehozzunk egy tökéletesen összefonódott fotonpárt. Ezen kvantuminformatikai eljárást az "összefonódottság desztillációjának" hívják.

Azonban létezik az összefonódottságnak egy olyan formája is, ami desztillációs eljárással nem nyerhető ki, így mintegy láthatatlan formában jelentkezik a természetben. Asher Peres, aki a kvantuminformatika úttörője és egyike a kvantumteleportáció felfedezőinek, még 1999-ben azt a jóslatot tette, hogy ez a fajta láthatatlan összefonódottság, bár egy izgalmas konstrukció, alkalmazás szempontjából mégis teljesen haszontalan: nem képes arra, hogy a klasszikus világban előállítható kapcsolatoknál erősebbet, úgynevezett nemlokális korrelációkat hozzunk létre vele. Ilyen nagyon gyengén összefonódott állapotokkal például a fentebb leírt kvantumteleportációs protokoll sem működhet.

Asher Peres ezen híres sejtését azóta számos tanulmány támasztotta alá, de csak részeredmények születtek, a sejtést bizonyítani nem tudták. Ezért is volt váratlan a jelen cikkben közölt eredmény, mely szerint sikerült a sejtésre egy konkrét ellenpéldát találni. Nevezetesen, egy olyan láthatatlan, nem-desztillálható állapotot konstruáltak az Atomki és a Genfi Egyetem kutatói, amely képes a klasszikus fizika által megengedett (úgynevezett lokális) hatásoknál erősebb (úgynevezett nemlokális) hatást előidézni. Ezen nemlokális hatást John Stuart Bell kvantumfizikus

egyenlőtlenségének sérülése révén sikerült kimutatniuk. Bár Peres sejtésének megcáfolása elméleti jelentőségű, izgalmas kihívást jelent a jövőben kvantumoptikai módszerekkel történő megvalósítása is.