

Hur kvanttillstånd kan återvinnas med så få resurser som möjligt

Joel Johansen

I vårt vardagliga liv stöter vi på en mängd olika fysikaliska fenomen som vi intuitivt kan förstå oss på. Exempelvis, om du befinner dig på fotbollsplanen och är i handlingen att ta emot en passning kan du med någorlunda säkerhet förutspå vart bollen ska hamna och därför placera dig i enlighet med bollens framtida position. Det samma kan inte sägas om vad som sker på universums minsta skalor. Där försvinner människans intuition om hur partiklar beter sig och vi måste därför förlita oss på matematik för att kunna förstå vad som pågår. Vid dessa skalor erövrar kvantfysiken lagar och det är inte längre möjligt att förutspå exakt hur en partikel kommer att röra sig, dess hastighet och position är fundamentalt osäkra. Det går endast att tilldela en sannolikhet att ett visst värde av dessa egenskaper kommer att observeras vid en mätning. Sannolikheten att partikeln observeras vara vid en viss position, eller ha en viss hastighet, kan erhållas från partikeln kvanttillstånd, en matematisk representation av partikeln alla möjliga tillstånd som kan observeras då den mäts. Det är viktigt att poängtera att en partikels tillstånd är i grunden obestämd innan en mätning har utförts. Mätningen i sig resulterar i att partikeln slumpmässigt antar ett faktiskt tillstånd, och denna slumpmässighet är fundamental, den beror inte på någon bristande vetenskap om hur universum fungerar.

Kanske det märkligaste av alla fenomen som tillåts av kvantfysikens lagar är så kallat sammanflätning. Föreställ dig att två kvantpartiklar, låt oss kalla dem partikel A respektive partikel B, förs samman och att de interagerar med varandra, vilket leder till att de blir sammanflätade. Då partiklarna är sammanflätade så kommer en mätning utav partikel A's tillstånd genast att leda till att även partikel B antar ett faktiskt tillstånd, oavsett hur långt ifrån varandra partiklarna är separerade. På så sätt måste mätningen av partikel A ha influerat partikel B's tillstånd snabbare än ljusets hastighet, den hastighets begränsning som ingen signal kan färdas snabbare än. Däremot tillåter inte sammanflätning en att skicka information snabbare än ljusets hastighet och detta fenomen trotsar därför inte fysikens övriga lagar.

Egenskaperna hos sammanflätade kvanttillstånd är inte bara någon vetenskaplig nyfikenhet, dem kan också utnyttjas för att skapa en mängd olika teknologier. Bland annat kvantdatorer, vars unika förmågor gör det möjligt att utföra beräkningar som skulle vara omöjliga för en vanlig dator att klara av. Ett annat exempel är kvantkryptografi, en kommunikations metod som är helt ogenomtränglig för en potentiellt illvillig avlyssnare. Det råder därför ingen tvekan om att sammanflätade kvanttillstånd har en stor betydelse för utvecklingen av nya innovativa teknologier. Av den orsaken så har det genomförts en mängd forskning kring hur egenskaperna av sammanflätade kvanttillstånd kan återanvändas.

En metod för att åstadkomma detta använder sig av så kallade projektiva mätningar. Denna typ av mätning är oerhört destruktiv i den mening att den ominstetgör egenskaperna hos sammanflätade kvanttillstånd. Men, genom att slumpmässigt kombinera olika projektiva mätningar görs det möjligt att bevara dem önskvärda egenskaperna. Mer specifikt, via denna metod kan en observatör som har en del av ett sammanflätat tillstånd bryta en så kallad "Bell olikhet" med ett flertal andra observatörer som sekventiellt utför mätningar på den andra delen av tillståndet, där brytningen av en Bell olikhet bekräftar att ett sammanflätat kvanttillstånd faktiskt har dem önskvärda egenskaperna. På så sätt kan dessa tillstånd återanvändas i olika kvantteknologier. I rapporten bygger vi vidare på denna metod genom att formulera det scenario som använder sig av så få resurser som möjligt med målet att återanvända ett sammanflätat kvanttillstånd. Vi vidare utvecklar även metoden så att den kan användas för återanvändningen av kvanttillstånd som existerar i fler dimensioner än tidigare möjligt.

Avslutningsvis, egenskaperna hos sammanflätade kvanttillstånd är grunden för många innovativa kvantteknologier. Det är därför av högsta vikt att utforska metoder som tillåter en att återanvända dessa egenskaper så sparsamt som möjligt.