

## Grannsämja i en kvantbit

**Idén om en kvantdator, har funnits i årtionden och många olika förslag på hur en sådan skulle kunna konstrueras har lagts fram. Än så länge finns dock bara system bestående ett fåtal kvantbitar. I mitt kandidatarbete har jag undersökt en kvantbitar i en kristall förorenad med Europiumjoner för att ta reda på hur interaktion mellan joner i kristallen påverkar kvantbitarnas funktion.**

I en vanlig dator representeras information som *bitar*, som har värdet 0 eller 1. I en kvantdator däremot, har kan varje *kvantbit* ha värdet 0, 1 eller ett obestämt värde som med någon sannolikhet ger värdet 0 eller 1 då kvantbiten läses av. Flera bitar kan också försättas i sammanflätade tillstånd, så att värdet en kvantbit får då den läses av kommer att avgöra vilka möjliga värden de andra sammanflätade kvantbitarna kan få. Genom att utnyttja dessa egenskaper hos kvantmekaniken på kluriga sätt, till exempel genom att komprimera en stor mängd vanlig information i form av ettor och nollor till ett fåtal kvantbitar, kan beräkningsproblem lösas på kortare tid eller kräva mindre minne. Sådana förbättringar gäller i första hand vissa typer av problem, till exempel vid simulering av större kvantmekaniska system och inom kryptering, även om allt som en vanlig dator kan i princip skulle kunna göras av en kvantdator också.

Det finns en hake, nämligen att det är lättare sagt än gjort att bygga en kvantdator och idag har man bara lyckats skapa ett fåtal kvantbitar åt gången. Det krävs ett kvantmekaniskt system med två möjliga grundtillstånd för att skapa en kvantbit, men trots att dessa är inte ovanliga i naturen är desto svårare att kontrollera dem. Kvantinformationsgruppen i Lund har undersökt kvantbitar i yttriumsilikat-kristaller där vissa yttriumatomer bytts ut mot europium. Europiumjonerna absorberar ljus av lite olika våglängd, och genom att bestråla kristallen med laserljus av justerbar våglängd kan grupper av joner som absorberar ljus av en viss våglängd manipuleras separat. En sådan grupp utgör en kvantbit i det här fallet.

En jon överförs från ett informationsbärande tillstånd till ett annat via ett exciterat tillstånd, vilket i sig inte representerar någon information. I europium är det grundtillstånd för elektroner en bit in i jonen som representerar information, och de yttre elektronerna skyddar dem från de andra atomerna i kristallen. För att en kvantbit ska fungera måste den vara isolerad från omvärlden, eftersom den kollapsar om den interagerar med sin omgivning, och därmed förstör den information den representerade. Då jonen överförs till och från det exciterade tillståndet finns det risk att kvantbitarna interagerar med varandra. När en jon får en elektron flyttad till det exciterade tillståndet kommer den våglängd som krävs för att grannjonerna ska kunna få sina elektroner flyttade att ändras lite, varvid överföringen mellan dessa joners informationsbärande tillstånd försvåras eller blockeras. Den precision med vilken en kvantbit kan överföras från ett tillstånd till ett annat kallas *fidelitet*. I de experiment som gjorts har lägre fidelitet än förväntat uppmätts, vilket skulle kunna förklaras av att elektroner i mellantillståndet hindrar sina grannar från att överföras. I det här projektet har jag därför tittat på hur fideliteten förändras om atomerna interagerar med varandra medan överföringen sker. Jag har simulerat en överföring från ett informationsbärande tillstånd till det exciterade tillståndet för en kvantbit i kristallen genom att slumpmässigt ändra den våglängd som krävs litegrann, och resultatet indikerar att effekten inte är stor nog att vara en huvudorsak till den minskade fideliteten.

Handledare: **Prof. Stefan Kröll**

Kandidatarbete 15 hp i fysik 2015

Avdelningen för atomfysik, Fysiska institutionen, Lunds universitet