

# Populärvetenskaplig sammanfattning

Olösliga problem blir lösbara med framtidens kvantdatorer! Under 1900-talet gjordes oerhörda framsteg i vår förståelse av kvantmekaniska fenomen, men för varje besvarad fråga väcks två nya. Många högaktuella frågor, och mål, gäller förverkligandet av kvantdatorn, där en av de främsta frågorna är: vilka kvantmekaniska fenomen ska utgöra grunden för kvantdatorns grundkomponent (en 'qubit')? Alternativen är många, men en favorittippad kandidat är de exotiska tillstånd som kan uppstå när en halvledare kopplas direkt till en supraleddare!

Idag görs beräkningar i en klassisk dator av hundratals miljarder(!) transistorer på ett litet chip, en dator på 1970-talet hade ungefär ett tusental transistorer på en motsvarande yta. Datorer blir snabbare och mer energieffektiva främst genom att göra transistorerna mindre och mindre. Beroende på om en transistor är "på" eller "av" läser vi ut "1" eller "0", en klassisk *bit* som utgör grunden för beräkningar i den klassiska datorn.

Motsvarigheten i kvantdatorn, en *qubit*, består av en blandning av både "0" och "1". En analogi är att en klassisk bit antingen är svart eller vit, medans en 'qubit' kan vara hela gråskalan, från svart till vitt. Att säga att en kvantdator är snabbare än en klassisk dator är, i en lika kryptisk anda, både rätt och fel. En klassisk dator är **oerhört** bra på att göra **en** sak, nämligen att skifta snabbt mellan "1" och "0" på många transistorer samtidigt. En sådan metod är överlägsen på många beräkningsproblem! En kvantdator vinner endast då den, för väldigt specifika problem, har möjligheten att göra nästintill *oändligt* många beräkningar samtidigt, vilket gör den överlägsen för vissa stora och beräkningstunga problem. Sådana problem finns i, och agerar farthinder för, många vetenskapliga fält, till exempel vid utvecklingen av mediciner, simulering av proteinvikning, kvantsimuleringar, artificiell intelligens och kryptering.

I den klassiska datorn utgörs en 'bit' av transistorer av halvledarmaterial. Vad som kan utgöra en 'qubit' i en kvantdator är egentligen ganska flexibelt, och det finns många alternativ. Det principiella problemet som begränsar valmöjligheten är livstiden på kvanttillståndet som utgör ens 'qubits', vilket i sin tur är avgörande för att bygga upp faktiska kretsar av 'qubits'. Interaktioner mellan 'qubits' och oljud från omgivningen är förödande för kvanttillståndet. En kandidat är 'qubits' grundade på exotiska partiklar, "Majorana kvasipartiklar", som kan uppstå när en halvledare är i kontakt med en supraleddare. Dessa kvasipartiklar är förutspådda att vara extra toleranta mot oljud i omgivningen!

Det är däremot väldigt komplicerat att studera kvasipartiklarna, bland annat på grund av otillräcklig forskning om kvanttransport genom halvledare-supraleddare-system, och då kanske primärt vid pålagda magnetfält. I sin tur kompliceras forskningen på området av svåruppnådda krav vid tillverkningen, exempelvis extremt hög renhet och låg oxidering mellan halvledaren och supraleddaren. Denna avhandlingen visar att en viss förenkling av tillverkningsprocessen är möjlig, och vi studerar elektriskt olika geometrier av supraleddare och halvledare vid väldigt låga temperaturer. Den något förenklade tillverkningen till trots såg vi oerhört tydliga spektrallinjer från sub-tillstånd när en artificiell atom bakades in i halvledarkomponenten. Liknande sub-tillstånd är utmärkta exempel på vad man vill studera för att bättre förstå sig på kvanttransport genom halvledare-supraleddare-system, så tydligheten i mätningarna var onekligen väldigt glädjande!