



Kvantmekaniska effekter i storformat

Kvantmekaniken beskriver elementarpartiklarnas värld. Årets pristagare, John Clarke, Michel H. Devoret och John M. Martinis, visade att kvantmekaniken också kan ha betydelse på större skalor. De skapade en sorts artificiell atom i en supraledande elektrisk krets som bestod av flera miljarder partiklar. Att kunna hantera kvantmekaniska effekter i ett sådant makroskopiskt system är viktigt både för grundforskning och för att utveckla ny kvantteknik.

Fysiker pratar ofta om fenomen som involverar enstaka partiklar som mikroskopiska, trots att de är mycket mindre än något som går att se i ett optiskt mikroskop. I kontrast mot det har vi *makroskopiska* företeelser med stora mängder partiklar. Pristagarnas experiment visar hur ett makroskopiskt system kan ha kvantegenskaper precis som enstaka partiklar.

I sitt experiment visade pristagarna att de kunde styra och utforska ett tillstånd där alla de laddningsbärande partiklarna i kretsen uppför sig som om de vore en enda partikel som fyller hela den elektriska kretsen.

Det partikelliknande systemet är instängt i ett tillstånd där strömmen flyter utan någon elektrisk spänning – ett tillstånd som det inte har tillräckligt mycket energi för att kunna ta sig ur. I experimentet visar systemet sin kvantkaraktär genom att ändå ta sig ut ur det spänningslösa tillståndet genom tunnling, så att en elektrisk spänning dyker upp. Pristagarna kunde också visa att systemet är kvantiserat, det vill säga att det endast tar upp eller avger energi i bestämda portioner.

John Clarke
Född 1942 i Cambridge, Storbritannien. Professor vid University of California, Berkeley, USA.

Michel H. Devoret
Född 1953 i Paris, Frankrike. Professor vid Yale University och University of California, Santa Barbara samt Chief Scientist för Quantum Hardware på Google Quantum AI, USA.

John M. Martinis
Född 1958 i Los Angeles, USA. Professor vid University of California och Chief Technology Officer på Qolab, USA.



Tunnling

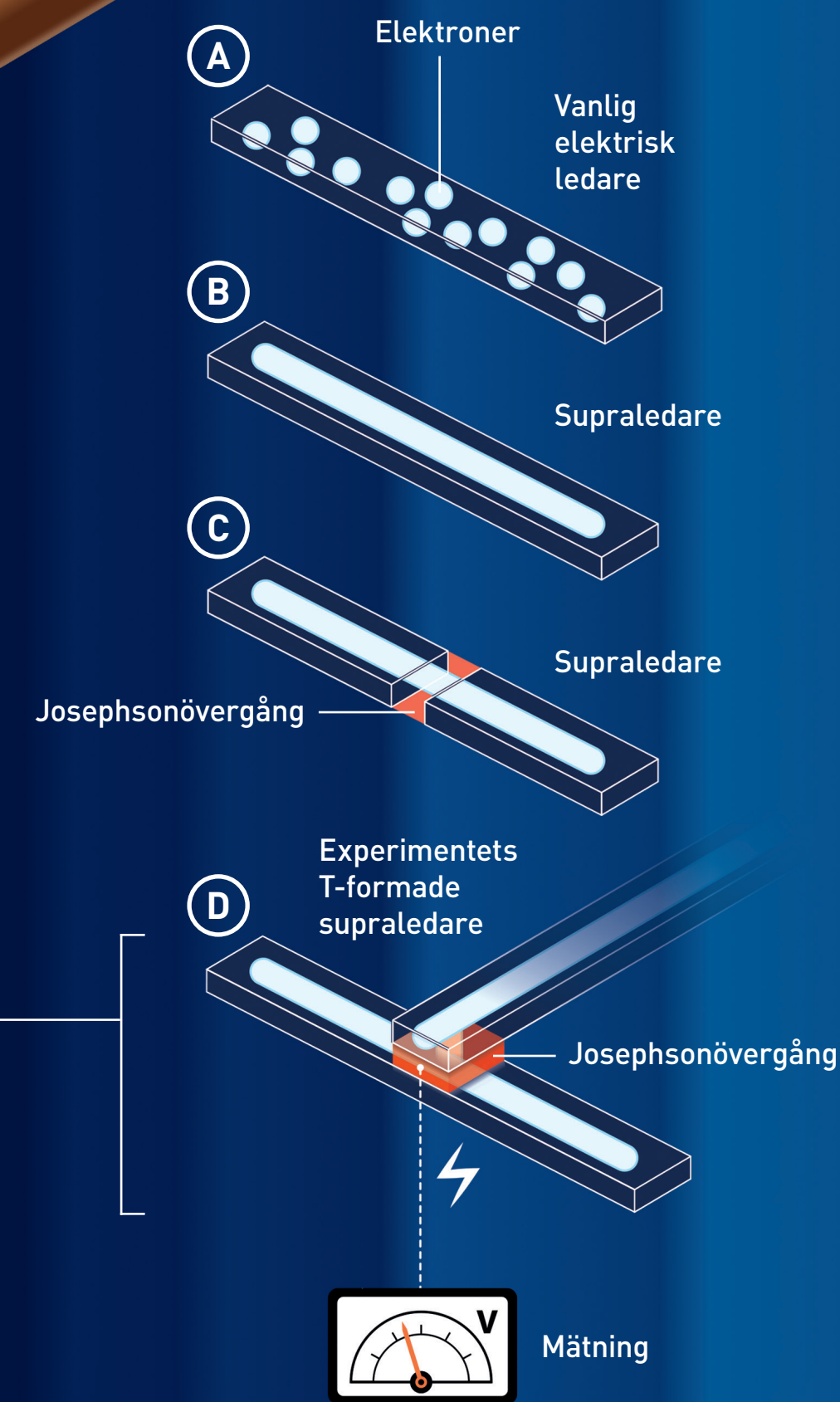
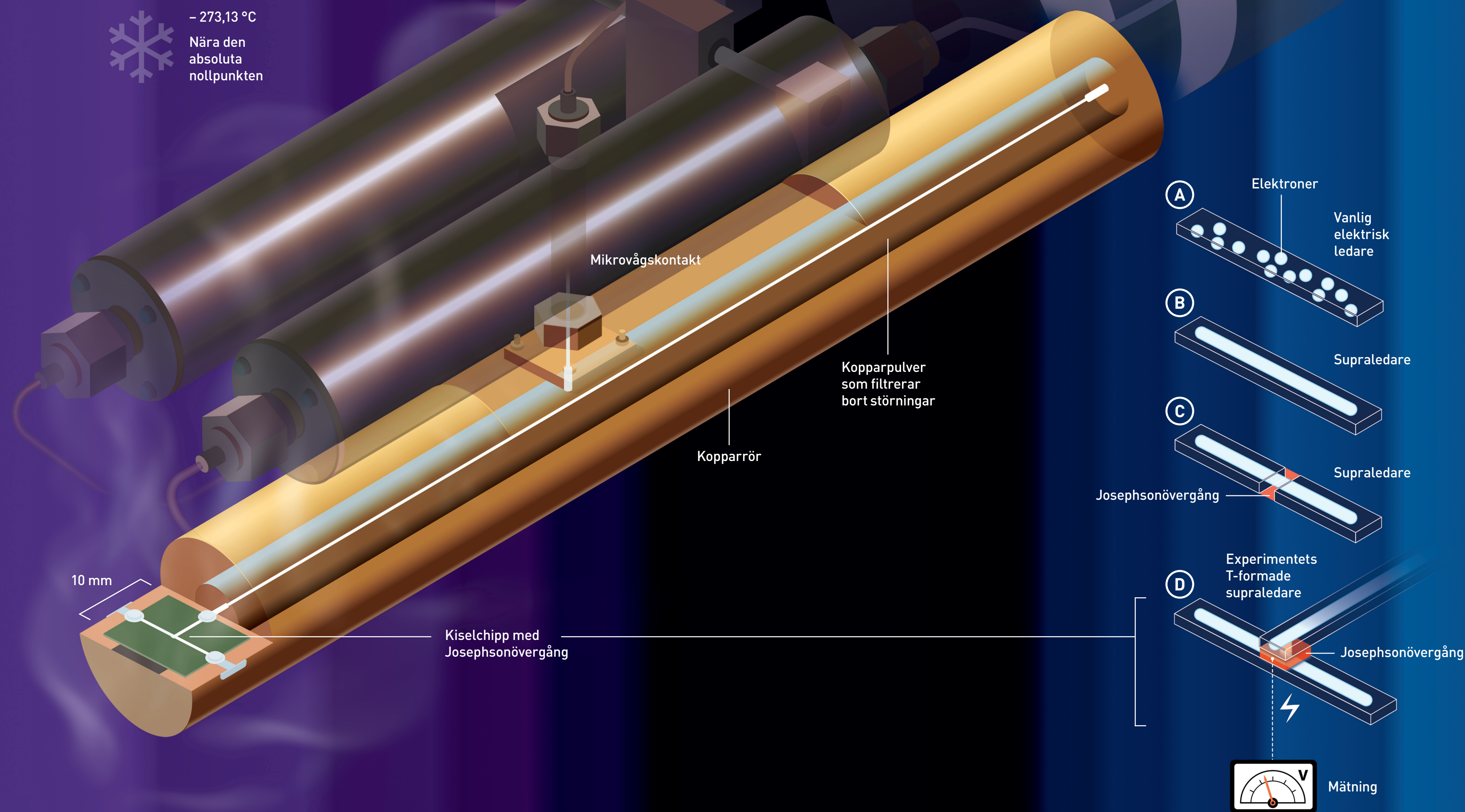
En boll består av ett astronomiskt antal partiklar. Om du kastar en boll mot en vägg kan du räkna med att den studsar tillbaka varje gång.

Om bollen plötsligt dyker upp på andra sidan väggen skulle du bli väldigt förvånad. I kvantmekaniken kallas detta för tunnling, och det är precis den sortens fenomen som gett kvantmekaniken sitt rykte om att vara märklig.



Tunnling i atom

I snart 100 år har fysiker känt till att tunnling behövs för en typ av kärnsönderfall (alfasönderfall). En liten bit av atomkärnan bryter sig loss och dyker upp utanför kärnan, trots att det finns krafter som bildar en barriär och stänger in kärnans smådelar.



Experimentet

A I en vanlig elektrisk ledare knuffas elektronerna med varandra och med materialet, vilket skapar elektriskt motstånd.

B I en supraledare kan elektronerna uppföra sig som om de allihop tillsammans vore en enda partikel som fyller hela den elektriska kretsen. Kvantmekaniken beskriver det här tillståndet med en gemensam vågfunktion.

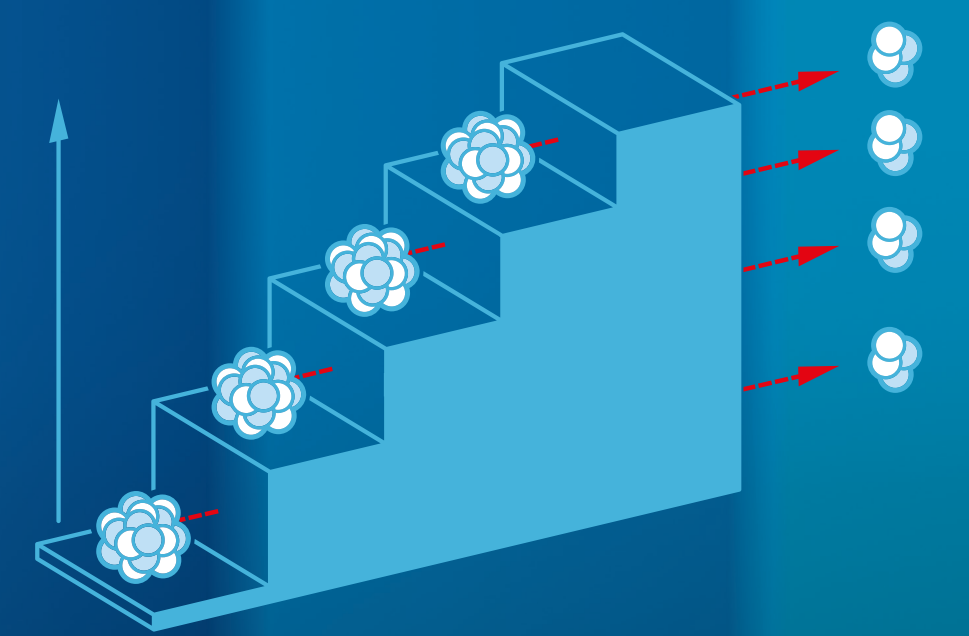
C Pristagarna använde en komponent som kallas Josephsonövergång, där två supraledare är separerade av ett isolerande material. Vågfunktionen sträcker sig över gapet, men de båda sidorna samverkar på ett speciellt sätt. Det är detta tillstånd med miljarder elektroner som står för tunnlingen i experimentet.

D I Experimentets Josephsonövergång bildar en T-korsning. Vågfunktionen kan vara i ett läge där ström flyter utan spänning, och i ett annat läge där spänning uppstår. Funktionen är instängd bakom en sorts energibarriär. När en spänning mäts har vågfunktionen tunnat genom barriären.

Mikrovågor

Pristagarna matade in energi i form av mikrovågor i experimentet. De kunde då visa att tillståndet då strömmen flyter utan spänning har fasta energinivåer, precis som i en atom.

Energien i mikroskopiska processer är uppdelad i separata paket, kvanta. Det är just detta som gett kvantmekaniken sitt namn. Här visar sig kvantiseringen i ett makroskopiskt system.



Kvantisering

Ett kvantmekaniskt system bakom en barriär kan innehålla olika mycket energi, men det kan bara ta till sig eller avge energi i bestämda trappsteg. Detta kallas för att systemet är kvantiserat. På en högre energinivå går tunnlingen lättare än på en lägre nivå.

