

ADAM
BECKER

ÖVERSÄTTNING
DANIEL HELSING

VERKLIGT
VAD ÄR ?

ft

Innehåll

Inledning	II
Prolog	19
DEL I. EN LUGNANDE FILOSOFI.....	23
1. Alltings mått	25
2. Något ruttet i det danska egentillståndet	33
3. Gatuslagsmål.....	57
4. Köpenhamn i Manhattan.....	77
DEL II. KVANTDISSIDENTER.....	105
5. Fysik i exil	107
6. Den kom från en annan värld!	137
7. Den djupaste upptäckten inom vetenskapen.....	161
8. Det finns mer mellan himmel och jord	185
DEL III. DET STORA PROJEKTET	217
9. Underjordisk verklighet.....	219
10. Kvantvär.....	247
11. Köpenhamn vs. universum.....	271
12. Skandalös tur.....	295
Appendix	319
Tack	325
Rättigheter.....	328
Noter	329
Referenser	383
Register.....	399

Inledning

FÖREMÅLEN I VÅR vardag har en irriterande oförmåga att uppträda på två platser samtidigt. Om du lämnar dina nycklar i jackfickan kommer de inte att hänga i nyckelskåpet. Det finns ingenting förvånande i detta – dessa objekt besitter inga utforskade förmågor eller kapaciteter. De är, i en djup mening, vardagliga. Trots det består dessa vardagliga ting av myriader obekanta ting. Din husnyckel är en temporär sammanslutning av miljarder och åter miljarder atomer – atomer som en gång i tiden smiddes i döende stjärnor och sedan föll ner på den unga jorden. De har badat i unga, våldsamma stjärnors ljus. De har bevittnat livets långa historia på vår planet. Atomer är episka.

Precis som episka hjältar får atomer tampas med en del problem som vanliga människor slipper. Vi är vanedjur; vi håller oss till en specifik plats vid en given tidpunkt. Men atomer har en benägenhet att vara nyckfulla. En enskild atom som vandrar på en väg i ett laboratorium kommer fram till ett vägskäl. I stället för att välja en av vägarna, som du eller jag vore tvungen att göra, drabbas atomen av en kris eftersom den inte kan bestämma sig var den ska befinna sig. I slutändan väljer denne nanometerstore Hamlet båda vägarna. Atomen delar sig inte, den väljer inte först den ena vägen och sedan den andra – den räcker ut tungan åt logikens lagar och tar båda vägarna samtidigt. De regler som gäller för oss vanliga dödliga – inklusive danska prinsar – gäller inte för atomer. De bebor en annan värld, en värld som styrs av ett annat slags fysik: kvantfenomenens submikroskopiska värld.

Kvantfysiken – den fysik som beskriver atomer och andra pyttesmå objekt, såsom molekyler och subatomära partiklar – är den mest framgångsrika teorin inom hela vetenskapen. Den förutsäger en häpnadsväckande mångfald av fenomen med en extraordinär noggrannhet, och den når ända in i vår vardagliga värld, långt bortom den väldigt

lilla världen. Upptäckten av kvantfysiken under det tidiga 1900-talet ledde till kiseltransistorerna i telefonens inre, till lysdioderna i telefonskärmen, till de avlägsna rymdsondernas kärnfysikaliska hjärta och till streckkodsläsarens laser i matbutiken. Kvantfysiken förklarar varför solen lyser och varför dina ögon kan se den. Kvantfysiken förklarar hela den vetenskapliga disciplin som kallas kemi – det periodiska systemet och allt annat. Den förklarar till och med varför saker och ting förblir intakta, inklusive stolen du sitter på, ditt skelett och din hud. Allting kan härledas till väldigt små objekt som beter sig på väldigt udda sätt.

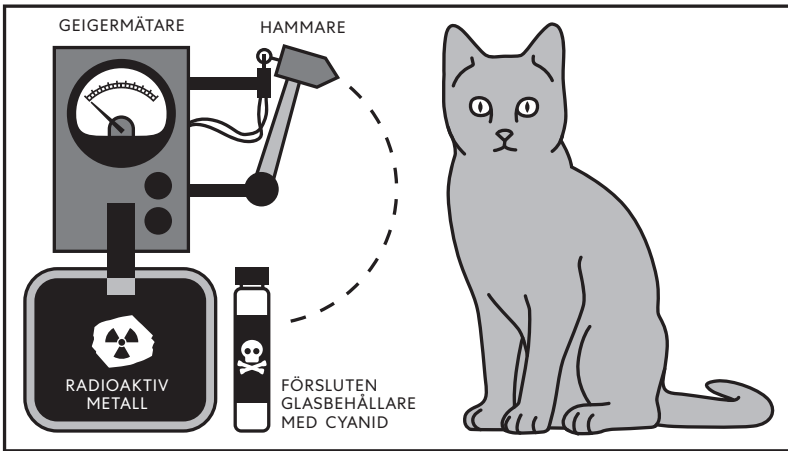
Men det finns något oroande här. Kvantfysiken verkar inte tillämpbar på människor och objekt i mänskliga skalor. Vår värld består av varelser, nycklar och andra vardagliga ting som bara kan färdas på en väg åt gången. Samtidigt består alla vardagliga ting i världen runt omkring oss av atomer – såväl du och jag som danska prinsar. Och dessa atomer lyder sannerligen kvantfysikens lagar. Så hur kan atomernas fysik vara så annorlunda mot vår världs fysik, när vår värld i grunden är atomär? Varför är kvantfysiken bara det pyttelillas fysik?

Problemet är inte att kvantfysiken är underlig. Världen är en vild och förvirrad plats med mycket utrymme för underligheter. Men vi lägger definitivt inte märke till kvantfysikens märkliga effekter i vårt dagliga liv. Varför inte? Kanske är kvantfysiken inte tillämpbar på stora objekt utan bara på pyttesmå sådana – kanske finns det en gräns någonstans bortom vilken kvantfysiken inte gäller. I sådana fall, var befinner sig denna gräns och hur fungerar den? Och om det inte finns någon sådan gräns – om kvantfysiken verkligen gäller för oss lika mycket som för atomer och subatomära partiklar – varför motsäger kvantfysiken så uppenbart vår upplevelse av världen? Varför befinner sig inte våra nycklar på två platser samtidigt?

*

För åttio år sedan var en av kvantfysikens grundare, Erwin Schrödinger, djupt besvärad av dessa problem. För att förklara sina bekymmer för sina kollegor utarbetade han ett sedermera känt tankeexperiment: Schrödingers katt (figur i.1).

FIGUR i.1: SCHRÖDINGERS KATT



När metallen avger radioaktivitet registreras detta av geigermätaren, vilket medför att hammaren faller, vilket i sin tur frigör cyanid som dödar katten.

Schrödinger föreställde sig att han placerade en katt i en låda tillsammans med en försluten glasflaska med cyanid. Ovanför glasflaskan skulle det sitta en hammare som var kopplad till en geigermätare (som mäter radioaktivitet), och geigermätaren skulle riktas mot en lätt radioaktiv metallbit. Denna Rube Goldberg-maskin skulle aktiveras i samma sekund som metallen avgav strålning – strålningen skulle registreras av geigermätaren, vilket skulle frigöra hammaren, vilken sedan skulle slå sönder glasflaskan och ta död på katten. (SPCA behövde inte oroa sig, för Schrödinger hade inga planer på att faktiskt bygga en sådan apparat.¹) Schrödinger föreslog att man skulle lämna katten i lådan under en given tidsperiod och sedan öppna den för att se om katten hade överlevt.

Den strålning som metallbiten avger består av subatomära partiklar som bryter sig loss från atomerna i metallen och flyger i väg i hög hastighet. Precis som alla objekt som är tillräckligt små lyder dessa

¹ SPCA: en förkortning för Society for the Prevention of Cruelty to Animals, en ursprungligen brittisk, numera internationell, förening som grundades 1824. SPCA Sweden finns i Sverige sedan 2014. Ö.a.

partiklar kvantfysikens lagar. Men i stället för att läsa Shakespeare lyssnar de subatomära partiklarna i metallen på The Clash – vid en given tidpunkt vet de inte om de ska stanna eller ge sig av. Så de gör bådadera: så länge lådan är stängd både avger metallen strålning och avger inte strålning.

Tack vare dessa punkrockande partiklar kommer geigermätaren att både registrera och inte registrera strålning, vilket betyder att hammaren både kommer att och inte kommer att slå sönder glasflaskan med cyanid – vilket i sin tur innebär att katten kommer att vara både död och levande. Och detta, påpekade Schrödinger, är ett allvarligt problem. Det kan hända att en atom kan färdas på två vägar samtidigt, men en katt kan sannerligen inte vara död och levande samtidigt. När vi öppnar lådan kommer katten antingen att vara död eller levande, och det låter rimligt att den måste ha varit det ena eller andra även sekunden innan vi öppnade lådan.

Men många av Schrödingers samtida förnekade just detta. Några hävdade att katten befann sig i båda tillstånden samtidigt tills lådan öppnades – den var både död och levande – och när lådan väl öppnades tvingades den på något sätt in i ett av tillstånden just i kraft av att någon tittade i lådan. Andra menade att det var meningslöst att tala om vad som pågick i lådan innan någon öppnade den och såg efter, eftersom insidan per definition var icke-observerbar tills lådan öppnades och (sade man) bara det observerbara kan ha mening. För dessa uttolkare var det meningslöst att oroa sig över icke-observerade ting – ungefär som att fråga om ett träd som faller i skogen låter om ingen hör det.

Dessa argument mildrade inte Schrödingers oro för katten i lådan. Han tyckte att hans kollegor hade missat själva poängen med tankeexperimentet, nämligen att något viktigt saknades i kvantfysiken: en förklaring på hur denna fysik kunde kopplas ihop med saker och ting i vår vardagsvärld. Hur kan en enorm mängd atomer, som styrs av kvantfysikaliska lagar, ge upphov till världen vi ser omkring oss? Vad är verkligt på den mest fundamentala nivån? Hur fungerar världen i grund och botten? Men Schrödingers motståndare vann slaget, och hans bryderier om vad som egentligen hände i kvantvärlden avfärdades. Resten av fysiken gick helt enkelt vidare.

Schrödinger befann sig i minoritet, men han var inte ensam. Albert Einstein ville också förstå vad det egentligen var som hände i kvantvärlden. Han debatterade med Niels Bohr, den store danske fysikern, om kvantfysikens och verklighetens natur. Debatterna mellan Einstein och Bohr har blivit en del av fysikens annaler, och den vanliga slutsatsen är att Bohr vann, att Schrödingers och Einsteins oro visade sig obefogad, att verkligheten inte är problematisk för kvantfysiken eftersom det inte finns någon poäng med att tänka på verkligheten till att börja med.

Men kvantfysiken säger oss utan tvekan något om vad som är verkligt, om vad som finns där ute. Om den inte gjorde det, hur skulle den alls kunna fungera? Det vore väldigt svårt att förklara dess enorma framgångar om den helt och hållet saknade koppling till verkligheten. Även om teorin är en enkel modell måste den rimligtvis modellera någonting på ett hyfsat bra sätt. Det måste finnas *någonting* som garanterar att kvantfysikens förutsägelser faktiskt stämmer – vilket de gör med fenomenal precision.

Men att lista ut vad kvantfysiken säger om världen har varit svårt. I viss mån beror det på att teorin är väldigt märklig. Kvantvärldens beståndsdelar, vad de än är, är fullkomligt främmande. Den synbara motsägelsefullhet som finns i kvantobjektens natur – att atomer kan vara här och där samtidigt, att strålning både har avgetts och inte avgetts – är inte den enda aspekten av teorin som är främmande. Det finns också ögonblicklig kontakt mellan föremål som befinner sig långt från varandra – en subtil form av kontakt som är oanvändbar för direktkommunikation men som är förvånansvärt användbar för beräkning och kryptering. Och det verkar inte finnas några gränser för storleken på de föremål som påverkas av kvantfysiken. Nästan varje månad bygger experimentalfysiker snillrika apparater som lockar större och större objekt att uppvisa märkliga kvantfenomen – vilket gör problemet med att vi inte ser några kvantfenomen i vårt dagliga liv desto djupare.

Dessa fenomen är inte den enda utmaningen för den som vill avkoda kvantfysikens budskap. De är inte ens den största utmaningen. Även om alla fysiker är överens om att kvantfysiken fungerar har

en bitter debatt över kvantfysikens mening rasat sedan teorin först utarbetades för nittio år sedan. Och en position i debatten, anammad av de flesta fysiker (inklusive Bohr, påstås det), går ut på att förneka debattens själva premisser. Dessa fysiker hävdar att det av någon anledning, trots teorins fenomenala framgångar, är olämpligt eller ovetenskapligt att fråga om vad det är som pågår i kvantvärlden. Enligt dem behöver teorin inte tolkas eftersom de objekt som teorin beskriver inte finns i verkligheten. Ja, kvantfenomenens märklighet har fått en del framstående fysiker att kategoriskt hävda att det inte finns något alternativ – att kvantfysiken bevisar att små objekt helt enkelt inte existerar på samma objektivt verkliga sätt som föremål i vår vardagsvärld gör. Därför, menar de, är det omöjligt att tala om verklighet inom kvantfysiken. Teorin ger inte upphov till, och kan inte ge upphov till, någon som helst beskrivning av verkligheten.

Det är förvånansvärt att denna inställning till kvantfysiken är så populär. Fysiken handlar om världen omkring oss. Dess mål är att förstå vilka universums fundamentala beståndsdelar är och hur de fungerar. Många fysiker dras till fysiken eftersom de har en vilja att förstå naturens grundläggande egenskaper och principer, att se hur det stora pusslet hänger samman. Men när det kommer till kvantfysiken ser de flesta fysiker inga problem med att ge avkall på denna strävan och nöja sig med att – för att använda fysikern David Mermins ord – »hålla käften och räkna«.

Vad som är än mer förvånansvärt är att detta synsätt om och om igen har visat sig vara fundamentalt bristfälligt. Oavsett vad de flesta fysiker tycker står det klart att Einstein fick överhanden i debatten med Bohr och övertygande visade att det i kvantfysikens hjärta finns djupa problem som behöver lösas. Att helt enkelt avfärda frågor om verklighetens natur som »ovetenskapliga«, som några av Schrödingers motståndare gjorde, är en ohållbar position som vilar på en daterad filosofi. Och några dissidenter har utvecklat alternativa förhållningssätt till kvantfysiken som tydligt förklarar vad det är som händer i världen utan att offra teorins noggrannhet.

Existensen av dessa livskraftiga alternativ visar att föreställningen om att kvantfysiken måste ge avkall på verkligheten inte håller. Trots

det fortsätter de flesta fysiker att vidmakthålla någon version av denna föreställning. Den lärs fortfarande ut i klassrummet, och det är fortfarande det dominerande budskapet när kvantfysiken förklaras för allmänheten. Även när alternativ nämns framställs de på just det sättet – som alternativ till mittfåran, trots att mittfåran är en definitiv återvändsgränd. Nästan ett århundrade efter att kvantfysiken först utvecklades – och efter att den, på gott och gott, har förändrat världen och varje människas liv – vet vi därför fortfarande inte vad den har att säga oss om verklighetens natur. Denna i grunden märkliga historia är ämnet för denna bok.

*

Detta sakernas tillstånd är förvisso förbluffande, och nästan ingen utanför fysikens värld känner till att det är så. Men varför skulle någon annan bry sig? När allt kommer omkring fungerar kvantfysiken. Ja, varför skulle ens fysiker bry sig? Matematiken de använder ger dem exakta förutsägelser. Räcker inte det?

Men vetenskapen är mer än matematik och förutsägelser. Vetenskapen handlar om att bygga en bild av hur naturen fungerar. Och den bilden, den berättelsen om världen, påverkar såväl forskarnas dagliga värv som den framtida utvecklingen av teorier – för att inte tala om människans aktivitet i den vidare världen utanför vetenskapen. För varje given uppsättning ekvationer finns det ett oändligt antal berättelser vi skulle kunna berätta om vad ekvationerna betyder. Att hitta en bra berättelse och sedan leta efter hålen i berättelsen – det är så vetenskapen gör framsteg. De berättelser som de bästa teorierna ger upphov till bestämmer vilka experiment som forskarna väljer att genomföra och påverkar dessutom hur experimentens resultat tolkas. Som Einstein påpekade: »Teorin bestämmer vad vi kan observera.«

Man kan se detta gång på gång i vetenskapens historia. Galileo uppfann inte teleskopet, men han var den första som riktade det mot Jupiter eftersom han trodde att Jupiter var en planet som kretsar kring solen, precis som jorden. Därefter använde man teleskop regelbundet för att titta på allt från kometer till nebulosor och stjärnhopar. Men ingen brydde sig om att använda teleskop för att ta reda på om solens

gravitation kröker stjärnors ljus vid en solförmörkelse – inte förrän Einsteins allmänna relativitetsteori mer än trehundra år efter Galileos upptäckt förutsåg en sådan effekt. Själva utövandet av vetenskapen beror på det samlade innehållet i de bästa teorierna. Det är inte bara matematiken som spelar roll, utan även de berättelser om världen som hänger samman med matematiken. Berättelserna är en oumbärlig del av vetenskapen, och de är oumbärliga i strävan att gå bortom den befintliga vetenskapen för att hitta nya teorier.

Berättelserna är också viktiga bortom vetenskapens gränser. Vilka berättelser som vetenskapen ger oss om världen påverkar kulturen i stort och förändrar hur vi ser på universum och vår plats i det. Upptäckten att jorden inte är universums mittpunkt, Darwins evolutionsteori, upptäckten av Big Bang och universums expansion – ett knappt fjorton miljarder år gammalt universum som innehåller hundratal miljarder galaxer, var och en av dem med hundratal miljarder stjärnor – dessa idéer har förändrat människans självbild i grunden.

Kvantfysiken fungerar, men att ignorera vad den säger oss om verkligheten är som att tapetsera över ett hål i vår förståelse av världen – och att blunda för en större berättelse om vetenskapen som en mänsklig process. Det innebär också, mer specifikt, att ignorera en berättelse om ett misslyckande: ett misslyckande att tänka tvärs över disciplinära gränser, ett misslyckande att skydda vetenskapliga strävanden från pengarnas och de militära kontraktens korrumpierande inflytande och ett misslyckande att leva upp till den vetenskapliga metodens ideal. Och detta misslyckande spelar roll för varje tänkande varelse som bebor vår värld, en värld vars alla hörn har omformats av vetenskapen. Detta är en berättelse om vetenskapen som en mänsklig strävan. Det är en berättelse inte bara om hur naturen fungerar, utan även om hur människor fungerar.