

**HEL
GOLAND**

Carlo Rovelli

*Den relationella
tolkningen av
kvantfysiken*

Översättning Pär Svensson

fri tanke

Innehåll

Blicka ner i avgrunden	9
------------------------	---

FÖRSTA DELEN

I »Jag ser ett förunderligt vackert inre.«	17
Den unge Werners absurda idé: <i>observablerna</i>	18
Erwin Schrödingers vilsna ψ : <i>sannolikheten</i>	33
Världens grynhighet: <i>kvantpartiklarna</i>	43

ANDRA DELEN

II Ett vilt sammelsurium av extrema idéer	55
Superpositioner	56
Godtar vi ψ -vågen måste vi acceptera företeelser som multipla världar, dolda variabler och fysikaliska kollapser	68
Att acceptera osäkerheten	77
III Är det möjligt att något är verkligt i förhållande till dig men inte till mig?	83
Det var en gång en tid då världen föreföll enkel	84
Relationer	87
Kvantpartiklarnas spröda och lätta värld	94
IV Nätverket av relationer som skapar verkligheten	103
Kvantsammanfätning	104
Trepartsmötet som väver världens relationer	113
Information	116

TREDJE DELEN

v	»En otvetydig beskrivning av ett fenomen inkluderar de föremål för vilka fenomenet framträder.«	131
	Aleksandr Bogdanov och Vladimir Lenin	132
	Naturalism utan substans	147
	Utan grund? Nāgārjuna	153
vii	»För naturen är det problemet redan löst«	169
	Enkel materia?	170
	Vad betyder »betydelse«?	176
	Världen sedd inifrån	189
vii	Är det verkligen möjligt?	201
	<i>Tack</i>	213
	<i>Kommentarer</i>	217
	<i>Register</i>	231

Blicka ner i avgrunden

ČASLAV OCH JAG sitter i sanden några steg från havet och har pratat intensivt i flera timmar. Vi befinner oss på ön Lamma utanför Hongkong och har eftermiddagspaus från en konferens. Časlav är en av världens mest ansedda experter på kvantmekanik. På konferensen har han presenterat en analys av ett komplext tankeexperiment. Vi har diskuterat saken fram och tillbaka på stigen som följer djungeln ner till havet och stranden. Till slut har vi blivit praktiskt taget ense. En lång tystnad uppstår mellan oss där vi sitter och blickar ut över vågorna. Det är verkligen otroligt, mumlar Časlav, det är svårt att greppa. Det är som om verkligheten inte ... existerade.

Vi har kommit ner till kvantpartiklarna. Efter ett århundrade då mänskligheten gjort enastående framsteg, uppfunnit nya teknologier och lagt grunden för hela 1900-talets fysik är det mest av allt häpnad, förvirring och skepsis vi känner när vi synar vetenskapens mest framgångsrika teori i sömmarna.

Det fanns en tid då världens grammatik verkade förklarad: vid roten av verklighetens alla skiftande former tycktes det endast finnas elementarpartiklar

som styrdes av några få krafter. Människan trodde sig ha lyft mayas slöjor och skådat verklighetens inre. Men den tiden varade inte länge: det var för mycket som inte stämde.

Allt förändrades sommaren 1925, då en tysk yngling på tjugotre år for för att tillbringa några dagar i rådlös ensamhet på en blåsig ö i Nordsjön: Helgoland, den heliga ön. Där kläckte han idén som gjorde det möjligt att redogöra för alla svårförklarade fenomen och bygga kvantmekanikens matematiska struktur, »kvantteorin«. Kanske alla tiders största vetenskapliga revolution. Ynglingen hette Werner Heisenberg. Min berättelse börjar med honom.

Kvantteorin har förklarat kemins grunder, hur atomer, fasta ämnen och plasma fungerar, färgen på himlen, nervcellerna i hjärnan, stjärnornas kraftspel, galaxernas ursprung ... tusen aspekter av vår värld. Den ligger till grund för de allra senaste teknikerna – från datorer till kärnkraftverk. Ingenjörer, astrofysiker, kosmologer, kemister och biologer använder den dagligen. Teorins elementa lärs ut på gymnasiet. Den har aldrig slagit fel. Den är den moderna vetenskapens bultande hjärta. Ändå är och förblir den ett svårlöst mysterium. På ett lite kusligt sätt.

Den har krossat föreställningen om att verkligheten är uppbyggd av partiklar som rör sig i bestämda banor, utan att klart ange hur vi bör tänka oss världen i stället. Dess matematik beskriver inte verkligheten,

den säger oss inget om dess beskaffenhet. Föremål förefaller stå i kontakt med varandra över långa avstånd. Materien är full av drömlika sannolikhetsvägor.

Den som stannar upp och frågar sig vad kvantteorin säger om den verkliga världen får inget svar. Einstein, som ändå hade föregripit de idéer som förde in Heisenberg på rätt väg, kom aldrig underfund med teorin; Richard Feynman, den store fysikern under 1900-talets andra hälft, hävdade att ingen begriper kvantmekaniken.

Men sådan är vetenskapen: ett utforskande av nya sätt att föreställa sig världen. Den är förmågan att ständigt ifrågasätta våra vedertagna uppfattningar. Den visionära kraften hos varje rebellisk och kritisk tankeverksamhet i stånd att förkasta sina egna principer och rita om världen från grunden.

Den märkliga teorin må göra oss förbryllade, men samtidigt öppnar den nya perspektiv för vår förståelse av verkligheten. En mer nyanserad verklighet än den som är grundad i elementarpartiklarnas schematiska materialism. En verklighet bestående av relationer snarare än objekt.

Teorin pekar på nya sätt att resonera kring övergripande frågor, från verklighetens uppbyggnad till erfarenhetens natur, från metafysiken till medvetandets beskaffenhet. Allt detta är i dag föremål för livlig debatt bland naturvetare och filosofer och det är det jag kommer att behandla i den här boken.

På den karga, avlägsna och av nordanvinden pinade ön Helgoland lyfte Werner Heisenberg en slöja mellan oss och sanningen; bortom slöjan avtecknade sig en avgrund. Min berättelse börjar på ön där fröet till Heisenbergs idé såddes och rör sig steg för steg mot de allt större frågor som aktualiserats genom upptäckten av verklighetens kvantstruktur.

ħħ

Jag har skrivit den här boken i första hand för dem som inte är så insatta i kvantfysik och som – i den mån det går – vill förstå denna teori och vad den betyder. Jag har försökt vara så kortfattad som möjligt och utelämnat detaljer som inte är nödvändiga för att förstå det väsentliga. Jag har bemödat mig om att vara tydlig, men alla ska veta att vi talar om en notoriskt dunkel vetenskaplig teori. Snarare än att förklara kvantmekaniken lyckas jag kanske bara förklara varför det är så svårt att förstå den.

Men boken riktar sig även till mina kolleger, de naturvetare och filosofer som blir allt mer konfunderade ju mer de utvecklar teorin. Jag tänker mig också att den ska föra dialogen om denna häpnadsväckande fysik framåt mot en allmänt accepterad ståndpunkt. Boken är rikligt försedd med fotnoter för den som redan är väl insatt i kvantmekaniken. I dem redogörs mer i detalj för det jag försöker säga i mer läsbar form i texten.

Det främsta syftet med min forskning i teoretisk fysik har varit att förstå rummets och tidens kvantnatur. Att förena kvantteorin med Einsteins upptäckter om rummet och tiden. Kvantpartiklarna har fyllt min fysikertillvaro. Den här boken beskriver hur långt vi har kommit i dag. Den bortser inte från avvikande uppfattningar men är avgjort partisk: tonvikten ligger på den tolkning jag anser mest fruktbar och öppnar det intressantaste perspektivet, nämligen den »relationella« tolkningen av teorin.

En brasklapp innan vi börjar. I vår okunskap står vi alltjämt inför en monumental och svindlande avgrund. Men om vi tar kvantmekaniken på allvar och funderar över dess konsekvenser får vi bereda oss på en närmast psykedelisk upplevelse: den kräver att vi på ett eller annat sätt ger upp något av det vi hittills har uppfattat som säkert och oantastligt i vår förståelse av världen. Den kräver av oss att vi accepterar att verkligheten är något helt annat än vi trodde. Att vi riktar blicken mot avgrunden och inte räds att möta det som utmanar våra föreställningar.

Lissabon, Marseille, Verona, London (Ontario)

2019–20