**Den tilfeldige virkeligheten**

*En verden der det ikke er mulig å samtidig vite hvor fort du kjører og hvor du er hen, kan være vanskelig å forstå. Selv for Albert Einstein.*

På skolen lærer vi om en atommodell som ligner forbløffende mye på solsystemet. Forståelig, behagelig og nesten vakker enkel. Elektronene går i pene baner rundt atomkjernen. Akkurat som månen rundt jorda. Tenk deg nå at månen ikke går i sirkelbane. Tvert om. En natt du deg for å prøve å finne ut hvor fort den beveger seg over himmelen. Du noterer posisjonen den har på himmelen på kvelden, og hvor den står noen timer senere. Med enkel matematikk kan du nå regne ut hastigheten. Du forutsier også hvor månen vil være ved et senere tidspunkt, gitt at du vet avstanden til månen fra jorda. Ved kveldstid dagen etter leter du igjen etter månen. Men månen er slettes ikke der du forventet at den skulle være. Uten at du har forstått hvorfor eller hvordan, har noe påvirket posisjonen til månen. Det virker som om jo mer nøyaktig du bestemte hastigheten til månen, jo mindre klart blir det hvor raskt den befant seg. Kan det være du manglet informasjon?

**Uskarphetsrelasjonen**

At hastigheten og posisjon ikke kan måles eksakt samtidig kalles *Heisenbergs uskarphetsrelasjon*. Slik ser spillereglene ut til å være i *kvantemekanikken –* men heldigvis gjelder dette bare for de aller minste størrelsene i universet. Månen beveger seg fortsatt rundt jorda på vanlig måte.

Når vi måler posisjonen til en partikkel, for eksempel et elektron, forstyrrer vi på et vis hastigheten slik at det blir umulig å gi et definitivt svar på hvor fort elektronet beveger seg.

Uskarphetsrelasjonen er en av grunnstenene i kvantemekanikken. En av konsekvensene er at for eksperimenter på partikkelnivå er resultatet umulig å forutsi. Ingenting er 100 prosent sikkert. Et mulig spørsmål er da: «Kan det være informasjon som ikke er kjent på forhånd?», såkalte «skjulte variable». Blant andre Einstein forfektet denne forklaringen. Likevel er den rådende meningen blant fysikere i dag at dette ikke er tilfellet. Hvordan kan det ha seg?

**Einsteins paradoks**

Det sterkeste argumentet mot skjulte variable kom i 1964. John Stewart Bell forbløffet en hel verden med sin artikkel *On the Einstein Podolsky Rosen paradox*. «EPR-paradokset» som ble framsatt av Einstein, Podolsky og Rosen («EPR») i 1935, hevdet at kvantemekanikken måtte inneholde slike skjulte variable. Hvis den ikke inneholdt disse, ville det bety at informasjon kunne overføres raskere enn lyset. Dermed ville kvantemekanikken bryte med Einsteins relativitetsteori.

Paradokset tar for seg to partikler som sendes i hver sin retning, så langt fra hverandre at de ikke har mulighet til å påvirke hverandre lenger. Likevel, mente EPR, vil det i tankeeksperimentet være mulig å bestemme både hastigheten og posisjonen til begge partiklene – stikk i strid med uskarphetsrelasjonen. EPR hevdet dette var bevis på at kvantemekanikken ikke var fullstendig uten skjulte variable.

Bells artikkel er en analogi til EPR-paradokset. I stedet for variablene hastighet og posisjon, bruker han en egenskap ved elektroner kalt *spinn*. Spinnet følger også uskarphetsrelasjonen. I artikkelen utvider Bell eksemplet til EPR ved å se på partikler som beveger seg fra hverandre i forskjellige vinkler, i motsetning til kun rett fra hverandre. På en utsøkt måte viser han matematisk at en fysisk teori som inkluderer skjulte variable ikke kan gjenskape kvantemekanikkens resultater eksakt. Det er rett og slett sånn at en slik teori får *andre* svar. I ettertid har fysiske eksperimenter vist at det er kvantemekanikkens resultater som er riktige.

**Sammenfiltrede partikler**

Så hvordan løste Bell EPR-paradokset? Tilsynelatende er det umulig for partiklene å påvirke hverandre på slike avstander, uten å la informasjon bevege seg raskere enn lyset. Ellers må det være noe galt med uskarphetsrelasjonen. Det Bell viste, var at det ikke nødvendigvis er *informasjon* som beveger seg raskere enn lyset. Vi vet at det finnes ting som beveger seg raskere enn lyset – for eksempel ekspansjonen til universet. Rommet utvider seg raskere og raskere. Informasjon derimot, adlyder fortsatt relativitetsteorien.

Partiklene er koblet sammen på en fundamental måte som gjør at en påvirkning av den ene gir et utslag på den andre. Dette kalles sammenfiltring. Likevel kan man ikke bruke dette til å sende informasjon raskere enn lyset. Kvantemekanikken åpner en dør til en virkelighet som virker for utrolig til å være sann. Ved nærmere ettersyn er det nettopp det den er.

**Den uintuitive virkeligheten**

Einstein var uenig i ideen om at en partikkels hastighet og posisjon ikke kunne måles eksakt samtidig. Men hva menes egentlig med dette? Kvantemekanikken sier at jo mer presist du måler en partikkels hastighet, jo mindre presis er posisjonen. En måte å se dette på er at partikkelen rett og slett *er* flere steder samtidig – det er først når du påvirker den at den tvinges til å ta et «standpunkt».

Vår intuisjon om den fysiske verden følger oss fra fødsel til død. Vi finner det beroligende at hver eneste bevegelse vi gjør har et kjent utfall – tilvendt oss gjennom flere år med øvelse. Derfor er den klassiske fysikken så intuitiv. Du forventer at en ball skal trille ned en bakke hvis den ikke møter motstand. Tyngdekraften har utsatt den for en kraft. Kraften «trekker» ballen mot et lavere punkt. Ballen ruller. Hastigheten øker jo lenger den ruller. Sånn sett bekrefter våre første møter med fysikken våre fordommer om verden.  Kvantemekanikken derimot er ved første øyekast fullstendig uintuitiv. Likevel er det den rådende teorien for hvordan fysikken fungerer for veldig små gjenstander. Den stemmer så foruroligende godt med observasjonene. Det at en ikke kan vite både hastigheten og posisjonen til en partikkel samtidig kan være foruroligende, men det har formet universet slik vi kjenner det.