

Erwin Schrödinger

Vad är liv?

Ett fysikaliskt perspektiv på den levande cellen

... ♦ ...

INKLUSIVE

Medvetande och materia

OCH

Självbiografiska skisser

... ♦ ...

Översättning av Lisa Sjösten

fri tanke

Innehåll

<i>Förord</i>	7
 VAD ÄR LIV?	11
Inledning	15
1. En klassisk fysikers syn på ämnet	17
2. Ärftlighetsmekanismen	35
3. Mutationer	51
4. Det kvantmekaniska beviset	67
5. Delbrücks modell diskuteras och provas	79
6. Ordning, oordning och entropi	93
7. Grundar sig livet på fysikens lagar?	103
EPILOG: Om determinism och fri vilja	115
 MEDVETANDE OCH MATERIA	121
1. Medvetandets fysiska grund	125
2. Förståelsens framtid	137
3. Objektiviseringsprincipen	154
4. Den aritmetiska paradoxen: Medvetandets odelbara helhet	167
5. Vetenskap och religion	181
6. De subjektiva upplevelsernas gåta	197
 SJÄLVBIOGRAFISKA SKISSER	211
 Den naive fysikern – biografi över Schrödinger ...	235

KAPITEL 1

En klassisk fysikers syn på ämnet

Cogito ergo sum.

(Jag tänker, alltså är jag)

Descartes

Undersökningens syfte och karaktär

DENNA KORTA BOK har sitt ursprung i en serie öppna föreläsningar, som hölls av en teoretisk fysiker inför en publik bestående av omkring fyrahundra personer – en skara som inte krympte nämnvärt trots att man inledningsvis varnat dem för att ämnet var svårt och föreläsningarna inte kunde kallas populärvetenskapliga, och trots att fysikerns mest fruktade vapen – matematisk härledning – knappast skulle komma till användning. Skälet till detta var inte att ämnet var så pass enkelt att det kunde förklaras utan matematik, utan snarare att det var alltför invecklat för att kunna angripas med matematikens hjälp. Ett annat drag som åtminstone gav sken av populärvetenskap var föreläsarens intention att för såväl fysikern som biologen klargöra den grundläggande tanken, som pendlar mellan biologi och fysik.

För faktum är att trots det stora antalet ämnen som berörs

syftar hela företaget till att förmedla endast en tanke – en obetydlig kommentar till en stor och viktig fråga. För att vi inte ska förlora färdriktningen kan det vara bra att redan nu beskriva planens huvuddrag.

Den stora och viktiga och ivrigt debatterade frågan lyder:

Hur kan de händelser *i tid och rum* som sker inom den i rummet begränsade yta som en levande organism utgör beskrivas av fysiken och kemin?

Det preliminära svar som jag i denna korta bok ska försöka lägga fram och bevisa kan sammanfattas på följande vis:

Den uppenbara oförmågan hos dagens fysik och kemi att förklara den här typen av händelser ger inget som helst skäl att betvivla att de kan förklaras med hjälp av dessa vetenskaper.

Statistisk fysik: den grundläggande skillnaden i struktur

Denna anmärkning hade varit ytterst banal om syftet endast varit att inge hopp om att vi i framtiden kommer att kunna åstadkomma det som inte har åstadkommits i det förflutna. Men budskapet är betydligt positivare så, eftersom denna oförmåga så här långt har fått sin fullständiga förklaring.

Tack vare biologernas, och framför allt genetikernas, lysande insatser under de senaste trettio eller fyrtio åren vet vi i dag tillräckligt om organismernas materiella struktur, liksom om deras sätt att fungera, för att kunna konstatera att, och förklara exakt varför, dagens fysik och kemi omöjligen har kunnat redogöra för vad som händer i tid och rum inom en levande organism.

Atomernas sätt att arrangera sig i de viktigaste delarna av en organism och samspelet mellan dessa atomarrangemang skiljer sig på ett grundläggande sätt från alla dem som fysiker

och kemister så här långt har undersökt inom ramen för sina experiment och sin teoretiska forskning. Ändå är den skillnad jag just har kallat för grundläggande sådan att den lätt kan uppfattas som liten och obetydlig för alla utom för en fysiker hos vilken kunskapen om att fysikens och kemins lagar är genomgående statistiska är väl förankrad.* För det är i relation till det statistiska perspektivet som strukturen hos de viktigaste delarna av de levande organismerna skiljer sig så fullständigt från den hos alla de material som vi fysiker och kemister någonsin har undersökt i våra laboratorier eller funderat över vid våra skrivbord.** Det är nästintill omöjligt att de lagar och regelbundenheter som har upptäckts på det här sättet skulle kunna tillämpas direkt på beteendet hos sådana system som saknar den struktur på vilken dessa lagar och regelbundenheter grundar sig.

Ikke-fysikern kan inte ens förväntas förstå – än mindre inse relevansen av – skillnaden i »statistisk struktur« när den beskrivs i så abstrakta termer som dem jag just har använt. För att ge min redogörelse mer liv och färg vill jag redan nu nämna något som jag kommer att förklara mer utförligt längre fram, nämligen att den levande cellens viktigaste del – kromosomtråden – med fördel kan kallas för en *aperiodisk kristall*. Inom fysiken har vi hittills endast ägnat oss åt *periodiska kristaller*. För en ödmjuk fysiker är dessa objekt mycket intressanta och komplicerade; de utgör en av de mest fascinerande och komplexa materiella strukturerna man hittar i den icke-levande naturen, och är också en av dem som sätter mest myror i huvudet på honom. Men jämfört med

*Det här påståendet kan framstå som alltför generellt, men denna diskussion får vänta till slutet av boken, s. 110–112.

**Det här synsättet har diskuterats i två mycket inspirerande uppsatser av F. G. Donnan, *Scientia*, XXIV, nr 78 (1918), 10 (»La science physico-chimique décrit-elle d'une façon adéquate les phénomènes biologiques?«); *Smithsonian Report for 1929*, s. 309 (»The mystery of life«).

den aperiodiska kristallen ter de sig närmast slätstrukna. Den strukturella skillnaden är av samma slag som den mellan en vanlig tapet, där samma mönster upprepas periodiskt, och ett konstfullt broderi, exempelvis en av Rafaels gobelänger, som inte är slätstruket eller upprepande utan visar ett genomtänkt, enhetligt och meningsfullt motiv som har skapats av den store mästaren.

När jag kallar den periodiska kristallen för ett av de mest komplexa objekten i fysikerns forskning är det just det fysiska perspektivet jag tänker på. Inom den organiska kemin har man, genom att studera alltmer komplicerade molekyler, kommit betydligt närmare den »aperiodiska kristall« som enligt min uppfattning är den materiella bäraren av liv. Och därför är det inte att undra på att den organiska kemisten redan har lämnat stora och viktiga bidrag till frågan om livets ursprung, medan fysikern nästan inte har åstadkommit något.

En naiv fysikers syn på ämnet

Efter att jag nu mycket kort har förklarat den generella tanken bakom – eller snarare själva syftet med – vår undersökning ska jag övergå till att beskriva angreppssättet.

Jag vill börja med att lägga fram vad man kan kalla för »en naiv fysikers tankar om organismer«, det vill säga de idéer som kan uppstå hos en fysiker som kan sin fysik, och framför allt denna vetenskaps statistiska grund, och börjar fundera över organismer och deras beteende och funktion. Han frågar sig plikttroget om han verkligen kan lämna några relevanta bidrag i frågan, utifrån vad han har lärt sig och med tanke på hans vetenskaps jämförelsevis enkla och tydliga och anspråkslösa karaktär.

Det ska visa sig att han kan det. Nästa steg blir att jämföra hans teoretiska föreställningar med biologiska fakta. Det visar

sig då att hans tankar – även om de på det hela taget framstår som rimliga – behöver genomgå en avsevärd revidering. På det här sättet kommer vi gradvis att närma oss det korrekta synsättet – eller med en blygsammare formulering, det synsätt som jag anser är det korrekta.

Även om jag skulle ha rätt i detta vet jag inte om mitt sätt att närma mig frågan verkligen är det bästa och det enklaste. Men det är mitt. Den »naive fysikern« är jag själv. Och jag kan inte hitta någon bättre eller tydligare väg mot målet än min egen, hur krokig den än må vara.

Varför är atomerna så små?

En bra metod för att utveckla »den naive fysikerns idéer« är genom den märkliga, närmast skrattretande frågan: Varför är atomerna så små? Till att börja med måste det sägas att de verkligen är små. Minsta föremål som vi kommer i kontakt med i vår vardag innehåller ett oerhört stort antal av dem. Många exempel har utformats för att förklara detta för människor, men få är lika imponerande som Lord Kelvins: Låt säga att vi på något sätt kunde märka molekylerna i ett vattenglas och därefter hälla innehållet i havet och röra om ordentligt, så att de märkta molekylerna fördelades jämnt över de sju världshaven. Var man än sedan tog ett glas vatten skulle man finna runt hundra av de märkta molekylerna i det.*

*Man skulle naturligtvis inte hitta exakt 100 (även om det var det exakta resultatet av uträkningen). Man skulle hitta 88 eller 95 eller 107 eller 112, men sannolikt inte så få som 50 eller så många som 150. Man kan förvänta sig en »avvikelse« eller »fluktuation« i storleksordningen kvadratroten ur 100, det vill säga 10. Med en statistikers formulering skulle man hitta 100 ± 10 . Vi kan för närvarande bortse från denna anmärkning, men jag kommer att hänvisa till den längre fram som ett exempel på den statistiska lagen $\sqrt{n}$.