

Fysiken och Människan

T.R. Gerholm

June 13-15, 2019

Jag minns boken från tidigt 60-tal när den först gavs ut. Min mamma läste den, tydligen med behållning, och fann författaren mycket välformulerad. Själv har jag inget minne av att ha läst boken, kanske jag gjorde det i mellersta tonåren, men kanske förstod jag helt enkelt inte så mycket så minnet blev inte engagerat, dock vid genomläsningen är de vissa formuleringar som jag känner igen, som att i jämförelse med Aniara ter sig *Physical Review* luden och varm i handen, eller att två älskande på olika orter som bestämmer sig för att tänka på varandra samtidigt, lider av en illusion.

Gerholm opponerar sig emot talet om de två kulturerna. Det finns bara en kultur hävdar han, och fysiken, speciellt den moderna, är en humanistisk disciplin som trots allt sätter människan i centrum, ty fysiken handlar inte främst om den materiella världen utan människans försök att förstå och förklara den, inte genom det aristoteliska 'varför' utan genom Galileos beskrivande 'hur'. Kunskap är inte tillräckligt, den talar inte om för oss hur vi skall göra, det är bara en karta som visar oss hur saker och ting ligger till, vad vi vill utnyttja kartan till, det förmår inte kartan upplysa oss om.

För Gerholm är matematiken bara ett verktyg, ett sätt att organisera vår kunskap, matematik tillför ingen ny kunskap, den bara bearbetar den tillgängliga. Detta är en synpunkt som är mycket vanlig hos filosofer (som Russell och Wittgenstein) men också bland fysiker. Detta är i grunden en metafysisk fråga som näppeligen kan avgöras genom rationella resonemang, men så tillvida kan ge Gerholm rätt, fysik är mer än matematisk manipulation som många tycks tro från förvirrade gymnasister och lekmän till många entusiastiska unga strängteoretiker¹. Påståendet att i en matematisk deduktion finns redan all information i axiomen må vara bestickande men kanske inte helt rätt, ty vad som inte kan kodifieras i axiomen är våra slutledningsprinciper som går utöver klassiska syllogismer, och sådana upptäcker vi under resans gång. Skiljelinjen mellan deduktiv matematisk vetenskap och induktiv vetenskap förklaras klassiskt med att den senare måste ha en utomstående verklighet att förhålla sig till, i tillägg till det rationella deduktiva tänkandet måste man empiriskt testa. Vad man vinner i verklighetsförankring förlorar man i precision och giltighet. Redan Hume opponerade sig mot induktionen och dess cirkulära bas, medan Herz uttrycker det bättre, som framgår av Gerholms bok, nämligen i formen att all kunskap som härrör från erfarenheten kan även korrigeras av den. Den yttre verkligheten upplevs som oändlig med en icke-sinande reservoar av information. Det är i samspelet mellan det mänskliga tänkandet och verklighetens omutbara krav som fantasin tvingas att stimuleras och överträffa sig själv som utmärker den moderna vetenskapen, vars framsteg gång på gång beror på att befria sig från förutfattade meningar och invanda tankemönster, något

¹ Som Penrose påpekar, de kriterier med vilka strängteoretiker bedriver sin vetenskap grundas på matematisk elegans inte empirisk konfrontation. Därvidlag, skulle man vilja tillägga, var Dirac en pionjär som mer litade på elegansen hos sina ekvationer än experimentella resultat, och fick inte sällan rätt!

som författaren aldrig tröttnar på att påpeka och betona.

Boken vill presentera populärvetenskap på ett nytt sätt, inte genom det vanliga att man tunnar ut en soppa genom att ta bort alla tekniska bitar och ersätter dem med vardagliga, men missledande bilder. Detta är att vara nedlåtande mot läsaren, hävdar Gerholm med all rätt; varför skall lekmän som utan vidare kan engagera sig i svårbegripliga filosofiska verk inte betros med möjlighet att förstå fysikaliska begrepp, om inte hands-on, så i alla fall ur ett intellektuellt perspektiv? Sålides anlägger författaren ett filosofiskt synsätt och förklarar (ironiskt nog) inte så mycket hur olika tankegångar och idéer har frambringats i fysiken, men varför. Därvidlag kan man inte förneka att författaren har haft en viss framgång, vilket i ljuset av de utmaningar som en populärförfattare ställs inför, är ett synnerligen gott betyg om något. Boken är inte en vanlig populärvetenskaplig bok, den är inte skriven utav plikt utan av engagemang och författaren talar inte ned till sina läsare men inbjuder dem på samma plan. Okunnighet är inte samma sak som brist på intelligens, vilken varje folkbildare dyrt får erfara om han eller hon förutsätter motsatsen. Som antytts gör inte boken intryck av att ha skrivits av plikt och utav ett externt uppdrag utan istället framstår som frukten av författarens försök att djupare förstå vad han sysslar med och vad den moderna fysiken egentligen innebär.

Bokens huvuddel är uppdelad på tre delar. Makrokosmos, vilket betyder relativitetsteori och Einsteins revolutionerande insikt om rummets och tidens enhet och relativitet (vars eleganta matematiska beskrivning dock utformades av en matematiker - Minkowski); mikrokosmos som behandlar kvantmekaniken, samt till slut den abstraktaste delen om vilka lagar som bestämmer de fysiska lagarna. Huvudvikten läggs dock vid makrofysiken, ty trots all mystik är relativitetsteorin betydligt enklare att förklara för de fysikaliskt okunniga än kvantfysiken. I själva verket är de två teorierna separata och spelar obetydliga gästroller i varandras teorier. Närmare sextio år efter bokens tillkomst har ännu ingen lyckats förena dem. En anledning kan vara är att relativitetsteorin kan ses som en rent matematisk teori vars begreppsvärld är relativt lätt att fatta, medan kvantfysiken tycks inte kunna förstås begreppsmässigt utan huvudsakligen genom matematisk manipulation². Det fungerar men ingen vet varför. Men å andra sidan frågan om varför är inte längre en fråga som skall ställas. Kvantfysiken är förbryllande och motsägelsefull, vilket inte minst fysiker upplever, och denna bisarra värld är helt enkelt frukten av en brutal kollision mellan den mänskliga tanken och en hård verklighet. Som matematikern Yuri Manin uttryckte det när han jämförde den moderna logiken med den moderna fysiken. I logiken konfronteras vi med det mänskliga tänkandet, i fysiken med verkligheten, och sluter att det senare är mycket mera spännande.

Författaren inleder elegant med två danska vetenskapsmän och deras upptäckter som skulle få en avgörande betydelse för fysikens utveckling, nämligen Römer som i slutet av 1600-talet bestämde ljusets hastighet och Örstedt som fann att en elektrisk ström påverkade en magnetnål. Före Römer skulle man ha kunnat tänka sig att ljusets hastighet vore oändlig, och i så fall skulle man inte ha någon relativitetsteori. Örstedt experiment utvecklades långt vidare av Faraday men den eleganta matematiska framställningen fick vänta på Maxwell, i mångt och mycket en 1800-talets Newton. Ur Maxwells enkla matematiska ekvationer framgick det att de elektromagnetiska fälten ledde till en vågrörelse som

² Shut up and calculate!

utbredde sig med ljusets hastighet³. Och dess invariansgrupp var inte densamma som den som utmärkte den Newtonska mekaniken men som senare skulle visa sig beskriva Minkowskis rums-tid. Medan Newtons himmelsmekanik hade få praktiska tillämpningar som påverkade vardagen, har Maxwells ekvationer lett till inte bara en vetenskaplig revolution utan även en som påverkat folks vardagsliv betydligt mera än historiska händelser och fördrag. Ur en filosofisk synpunkt leder detta till problemet med den så kallade etern. En vågrörelse är en abstraktion, det är inte vattenpartiklar som rör sig framåt i en våg, utan vattenpartiklarnas rörelse upp och ner. Således är vågen immateriell i en viss mening, men den behöver ett materiellt medium för att manifesteras. På samma sätt med skuggan, den existerar i tomma rymden men är osynlig fram tills den 'träffar' något materiellt. Detta medium kallades etern, något materiellt men ändå immateriellt, osynligt, fullkomligt genomskinligt och utan massa. En djärv, eller skall vi säga skolastisk idé? Även den moderna fysiken saknar inte sådana, det är inget fel med att ställa upp hypoteser, det gäller bara att påvisa de effekter de skulle ha. Skulle man kunna beräkna jordens hastighet gentemot etern? Vad vore naturligare än att beräkna hur ljushastigheten på jorden ändras i och med dess rörelse runt solen (och solens rörelser etc). Här kommer vi in på det berömda Michelson-Morley experimentet vars slutsats var det oväntade negativa. Antingen är ljusets hastighet konstant under alla omständigheter, eller jorden befinner sig i vila visavi etern, vilket i så fall skulle kunna definiera Newtons absoluta rum (och tid) en metafysisk idé om världsalltet som begåvades med allehanda absoluta attribut inte helt olika de som kom den aristotelska Guden till del. Einstein drog slutsatsen att i alla system i likformig hastighet visavi varandra mekanikens lagar skulle gälla på samma sätt, precis som i den Newtonska och Galileiska världsbilden, men att dessutom att ljusets hastighet skulle vara invariant. Detta fysiska antagande, till en stor del inspirerat av just Michelson-Morley experimentet, leder matematiskt till en hel del till synes paradoxala fakta, den så kallade speciella relativitetsteorin. Författaren ger inga ansatser att egentligen härleda detta utan nöjer sig med att ge resultatet vilket kan sammanfattas i Lorentz transformationerna som redan tidigare hade upptäckts som symmetrigruppen av Maxwells ekvationer. Detta är lite synd, ty en härledning skulle kunna ta avstamp i de viktiga frågorna vad som menas egentligen med att mäta tid och avstånd, hur kan man göra det praktiskt? Ur detta följer allt med resonemang som inte är uppenbara via enbart matematiska manipulationer. Det skulle även i viss mening ge ett 'varför' inte bara ett 'hur'. En förklaring innebär alltid ett varför, en beskrivning är ett 'hur'. Man skall akta sig för alltför kategoriska uttalanden och distinktioner även om de har slående retorisk innebörd, det är inte alltid så att ett 'hur' har företräde framför ett 'varför' ⁴.

Gerholms diskussion av icke-euklidisk geometri är något missvisande, kanske av peda-

³ Detta kan enkelast ses som en följd av ekvationerna som genom ytterligare deriveringar leder till den kända vågekvationen

⁴ Härledningen, som i Einsteins ursprungliga artikel, tar avstamp i vad som menas egentligen med att mäta längd, tid och hastighet? En analogi som jag finner upplysande är att definiera längden av en stav såg med den vinkel den upptar i synfältet. Detta beror givetvis på betraktarens position och att en stav ser kortare ut (enligt mätmetoden) när den är långt borta har ingenting att göra med att den krymper. Denna analogi kan utan tvekan göras exakt med den fyrdimensionella rymd-tiden, och klargör enligt min mening många av de elementära misstag som kritiker gör om relativitets teorins logiska motsägelser.

gogiska skäl, eller av en egen missuppfattning, talar han om längder som ändrar sig, vilket är nonsens. Han är alltför fokuserad på plana, och därmed icke-isometriska projektioner⁵. Han påpekar att order krökning är missvisande, men missar att påpeka att vinkelsumman i en triangel är intimt relaterat till hur mycket vi 'roterar' när vi går runt en polygon.

När det gäller den allmänna relativitetsteorin utgår han från Einsteins förundran över att den tröga och den tunga massan är identiska, den tröga är relaterade till acceleration, den tunga till gravitation. Om massorna är identiska, så måste även accelerationen och gravitationen vara det. Detta leder till en 'förklaring' av gravitationen som en ren geometriskt fenomen av det krökta rummet. Einsteins ekvationer ställs därmed upp i sin kompaktaste form ($G_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}G = T_{ik}$) utan att närmare förklaras. Problemet är att de inte har någon entydig lösning.

Gerholm kommer sedan in på Olbers paradox, något som Olbers inte till fullo själv förstod och uppskattade efter förtjänst, hade han gjort detta hade han kanske kommit fram till det expanderande universum. Detta är relaterat till Newtons argument för relativ rörelse. När man roterar en hink med vatten så formar sig vattenytan till en konkav spegel, visare inte detta, menar Newton, att det är hinken som roterar inte världsalltet? Mach hade några idéer om hur man skulle kunna bevara rörelsens relativitet, den så kallade Machs princip⁶. Det är de omgivande massorna i universum som pressar vattnet upp mot hinkens kanter, men vattnet i hinken är alltför obetydligt för att ha någon effekt på de omgivande massorna. Ja går man visare enligt Einstein leder detta till att hela universums massa definierar en kropps tröga massa.

Det är intressant att notera att så sent som i början av 60-talet var Big Bang scenariet mycket spekulativt (bakgrundsstrålningen hade ännu inte upptäckts) och författaren ger nästan 'equal time' till Bondi och Hoyle med sin teori om kontinuerligt materiaskapande.

Avsnittet om det mikrokosmiska perspektivet är betydligt kortare än det makrokosmiska, men knappast ointressantare. Den generella relativitetsteorin utgör en vacker matematisk byggnad i vilken fysiken har fått sin stringenta plats, medan kvantteorin går utöver den klassiska fysiken och utgör en bisarr värld som kan liknas, och har så säkert gjort, med den moderna non-figurativa konsten, helt enkelt en schizofren skapelse. Relativitetsteorin är en enda mans verk, ett slags sistinskt kapell, medan kvantfysiken utgör ett sammelsurium i vilka många personer varit inblandade och skulle knappast ha kunnat skapats av en enda individ. De idéer som bygger upp relativitetsteorin är ganska få och relativt lättfattliga (vilket dock inte nödvändigtvis betyder att de var lätta att fatta och komma på, Gerholm betonar om och om igen att man skall akta sig för att undervärdera det som i efterhand kan te sig närmast trivialt, som tröghetsprincipen först formulerad av Galileo) medan de som ingår i kvantfysiken är betydligt fler och underligare. Som ovan nämnts stimuleras fantasin av hinder, och den förvirrade empiri som mikrokosmot innebar satte den förra på prov och framtvingade begrepp och lösningar som annars skulle ha varit dolda för fantasin. Som författaren ständigt upprepar, vårt dagliga liv (eller dagliga hushåll som han tenderar att skriva) ger ingen inspiration utan snarare utgör ett hinder

⁵ I detta sammanhang talar han om cylindriska projektioner utan att det alls är klart vad han menar med detta. Den 'arkimediska' som bevarar areor, eller Mercator projektionen?

⁶ så döpt av Einstein. Dock principen är formulerad på ett otal olika sätt, ty Mach var ganska vag i sina funderingar, eller åtminstone i sina formuleringar

som fjättrar och därmed begränsar tanken. Medan den klassiska fysiken var påtaglig med sina hårda partiklar och handfasta materialism, har den moderna kvantfysiken löst upp den konkreta materien till undflyende abstraktioner mer och mer i biskop Berkeleys anda. Är verkligheten till syvende och sidst något som människan, eller snarare den teoretiske fysiken frammanar? Kan man skilja mellan observatören och det observerade? Den moderna fysiken tycks släppa in magiken och mysticismen genom vidöppna och välkomnande dörrar. Magi kanske, men knappast mysticism menar författaren och värjer sig emot det senare. Fysikernas fantasier är inte fria, ty fantasin är aldrig fri även om den alltid försöker befria sig, utan bunden av den empiriska verkligheten inför vilken människan står maktlös och bara har att böja sig. Människan bestämmer inte spelreglerna.

Det vore lönlöst att göra ett detaljerat referat av författarens framställning av kvantfysiken, det är oundvikligen att betrakta som allmängods, det nya är hans sätt att presentera, inte bara med intentionen att instruera och upplysa, utan att även att gestalta sin egen attityd till det hela och vad det betyder för mänskligheten, därav den kanske något förmättna titeln. Han börjar med talmystiken, som kan ge associationer till Pythagoras, och svensken Rydbergs analys av spektrallinjerna i väte-spektrumet och den enkla, men förvånande formel, som förklarade dem, nämligen att de alla var proportionella mot $\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}$ (proportionalitetskonstanten känd som Rydbergs konstant). Hur kom han på detta? Lätt i efterhand att verifiera, en helt annan sak att komma på. Sedan en digression på Mendelejevs periodiska system och de rent aritmetiska regler dessa tycktes vara underställda, Sedan kommer kvantfysiken in med sina diskreta restriktioner (kvanta), Bohrs atommodell med atomkärnan som en sol och elektronerna som planeter (en modell som för övrigt har fastnat i allmänhetens minne) som ytterligare kunde utvecklas av Sommerfeld som även förde in elliptiska banor. Men sedan kom Broglies idé om att elektronen inte bara är en partikel utan även en våg på samma gång, vilket kunde experimentellt verifieras, och ledde till kvantfysikens notoriska dualism och att det man inte kunde åskådligt och begreppsmässigt riktigt assimilera gick helt utmärkt att räkna på. Sedan kom Schrödinger med sin vågekvation och Heisenberg med sina matriser, matematiskt ekvivalenta vägar, och Borns tolkning av vågfunktionen som en sannolikhetsfunktion, vilket har missuppfattats så att kvantfysiken inte är rent deterministisk utan probabilistisk. Huruvida detta egentligen stämmer kan man diskutera, ty det är i mångt och mycket en tolkningsfråga (Einstein värjde sig som bekant emot den, den klassiske fysiker som han trots allt var). Kvantfysiken kan förklara kemin, men nästa steg är 'kärnkemin' som är ännu bisarrare. Här kommer Einsteins idé om att massa kan omvandlas till energi och tvärtom in på ett fundamentalt sätt, och vilket slutligen gav en testbar förklaring till hur stjärnor kan lysa, något som tidigare förbryllat den klassiska fysiken. Som parentes kan nämnas att författarens påstående att det förekommer 10^{16} proton kollisioner i sekunden, men endast en vart tusende år som ger upphov till ett led i den fundamentala fusionsprocessen. Vad talar vi om egentligen, det totala antalet protonkollisioner och vad menas med vart tusende år? Väntevärdet för en enskild proton fusionsartade kollision bör vara i storleksordningen av en stjärnas livstid som i fallet med solen rör sig om åtskilliga miljarder år. Författare kunde lätt ha varit mera precis härvidlag⁷. Kärnkemin leder till fundamentalpartiklar, vars förvirrande mångfald hade först börjat manifesteras sig på 50-talet. Och vad är en

⁷ Det kan vara en intressant iakttagelse att solens metabolism är lägre än en människas, för att inte

fundamentalpartikel? Många tycks vara av rent virtuellt ursprung för att vidmakthålla energins och andra invarianters invarians under sönderfallsprocesser. Och många partiklar rekonstrueras från sina sönderfallsprodukter utan att någonsin direkt observeras. Ett slutgörande del som behandlar lagarna om naturlagarna, d.v.s. de invarianser som de måste underställas. Han tar däremot inte upp Emmy Noethers matematiska koppling mellan invarianser och vissa klassiska grupper som sedan skulle få spela en sådan fundamental roll i partikelfysiken. Som en historisk intressant notis, kan man nämna Diracs hugskott att gravitationskonstanten ändras över tid, vilket bland annat skulle innebära att jorden skulle svälla och återuppliva Wegners teorier om kontinentalflytt, under antagandet att jordens yta ursprungligen bara var en fjärdedel av den nuvarande, d.v.s. radien var den halva, och att denna sprack upp och mellanrummen fylldes av oceaner. Det intressanta är att i början av 60-talet hade Wegners hypoteser ännu inte bekräftats av rent geologiska teorier där den erforderliga energin för kontinentalförskjutning härrör från konventionsströmmar i jordens heta flytande inre.

Slutklämman är att fysiken i högsta grad angår människan och att projektet att förklara den omgivande verkligheten samtidigt även illustrerar den mänskliga anden i verksamhet och säger oss kanske lika mycket om människans tänkande som om den fysiska 'verkligheten'. Om inte direkt post-modernism, åtminstone en öppen inbjudan till den. Men återigen basen för all vetenskaplig verksamhet är den nödvändiga korrespondensen med den empiriska verkligheten, inte verkligheten som sådan, ty den är ouppnåbar, men den den med vilken vi kan kommunicera.

June 15-16, 2019 **Ulf Persson:** *Prof.em, Chalmers U.of Tech., Göteborg Sweden* ulfp@chalmers.se

tala om en rättas, d.v.s. solen producerar mindre energi per viktenhet med sina nukleära processer än människan med sina kemiska