

## Ulf Persson

### A. Kommentarer och frågor till Claes Uggle

#### Allmänna kommentarer

Jag läste Kuhns bok på 90-talet, därefter blev jag betydligt mera intresserad av Popper. Kuhn anlägger ett sociologiskt perspektiv på vetenskapen medan Popper är mera intresserad av vad den egentligen sysslar med och anammar en filosofisk-moralisk ståndpunkt som går tillbaka till Platon om sanningssökandet. Kuhn har därmed blivit anammad av post-modernister som ser sanningen som en social konstruktion (man skall i ärlighetens namn även påpeka att många anser Popper som sanningsrelativist på grund av hans falsifieringskriterium, men detta bygger på okunnighet och oförståelse). Men Kuhn har likaledes blivit missförstådd, som du mycket riktigt påpekar. Men i motsats till Popper har inte Kuhn mig veterligen publicerat något utöver hans ikoniska bok och därmed inte lika kraftigt deltagit i debatten.

Det finns en hel del överlappningar mellan Popper och Kuhn, och egentligen inte några direkta motsättningar. Falsifiering ingår även i Kuhns berättelse, men han lyfter inte fram det på samma sätt. Vad jag framför allt tog med mig från Kuhn var svaret på frågan varför filosofin inte har tyckts gjort några framsteg sedan Platon, hans svar var att ingenting har förkastats inom filosofin. Popper är förtjust i att likna den vetenskapliga utvecklingen med Darwins naturliga urval. Om alla livsformer som uppstått skulle bevaras skulle jordklotet inte ha rum att härbärgera dem alla (och vi skulle inte ha kommit över primitiv bakterienivå). Med andra ord genom att förkasta blindspår kan man tränga djupare in i konfigurationsrummet av alla teorier. (Om man skall gissa en kod, är det betydligt effektivare om man vid varje tillfälle får svar på om siffran är rätt eller inte, än om man måste systematiskt gå igenom alla möjligheter. Om koden består av hundra siffror kommer vi fram till rätt kod efter högst ett tusen försök, annars kan vi behöva gå igenom upp till  $10^{100}$  försök (universum har existerat i  $10^{17}$  sekunder), just därför att vi kan ignorera de flesta potentiella sökvägar.

#### Frågor

1 Du lyfter fram Kuhns distinktion mellan breda paradigmen och smala paradigmen. Skulle du vilja kommentera detta ytterligare

I många i livets skeden är vi inte så intresserade av vad som är faktiskt sant eller inte, utan vad folk skall tycka. En elev som svarar på en fråga, eller någon som tar en IQ-test, frågar sig snarare vad förväntar sig frågeställaren att jag skall svara än vad som är faktiskt korrekt. (Matematiken skiljer sig därvidlag från de andra skolämnena, vari ligger en stor del av dess charm, enligt somliga av oss). Den breda paradigmen tilltalar de flesta, att bedriva vetenskap är helt enkelt en anpassning till vad andra vetenskapsmän gör. I den snäva paradigmen skiljer sig inte Kuhn så mycket ifrån vad Popper framhäver, men han får det som att framstå att ett paradigmskifte är något av en mode-växling och därmed nedtona kontinuiteten. Visst innebär ett paradigmskifte ett förkastande av föregående trosföreställningar, men detta förkastande är inte något frivolt utan bygger på den förutvarande paradigmen, om än på en något högre meta-nivå. Han har däremot rätt när han betonar att vad de flesta vetenskapsmän gör under sitt liv är ganska 'hum-drum' i jämförelse med paradigmskiften, de flesta har tillskansat sig vissa metoder och söker frågor som kan undersökas med dessa metoder. Och visst om grundvalen för dessa undermineras eller ersätts av betydligt effektivare blir de vilsna, men att

se dem som proppar i systemet och att ett nytt paradigms inträde kan endast konsolideras i och med att de dör ut är något missvisande.

2. Anser du att Aristoteles var en klant, som han beskrivs vulgärt (i fransk mening), eller att det föreligger en stor kontinuitet mellan grekisk naturvetenskap och den moderna? Speciellt skulle du bekräfta den allmänna föreställningen att Aristoteles inte var empirisk?}

Det föreligger en populär missuppfattning att de grekiska vetenskapsmännen bara spekulerade medan i och med Galileo de moderna vetenskapsmännen gjorde experiment och fann ut "hur det hela var". Detta är en uppfattning om vetenskapen som framfördes av Francis Bacon och som delas fortfarande av de flesta människor, speciellt politiker. Men som Popper betonar, det finns ingenting som en förutsättningslös observation, naturen instruerar oss inte, vi kan bara ställa frågorna och naturen kan säga ja eller nej. Frågeställaren är oundvikligen subjektiv och agerar utifrån sina egna föreställningar om hur saker och ting hör ihop (eller borde så göra), endast svaret är objektivt. Kan man inte ställa en fråga så att svaret är objektivt har man ställt en ofalsifierbara fråga och därmed inte en vetenskaplig. Vi är alla överens om att Galileo inte stod vid toppen av det lutande tornet, utan han 'visste' vad svaret skulle bli på grund av ett tankeexperiment. Att en kropp som inte påverkas av några yttre krafter rör sig med konstant hastighet i en rät linje är ingenting man empiriskt fastställer utan en dogm som man gör till en tautologi genom att implicit definiera (yttre) kraft lämpligt, men som inte desto mindre visade sig vara en oerhört fruktbar ide. (Din beskrivning av hur Galileo via experiment skulle ha kommit på idén om att kroppar rör sig rätlinjigt och med konstant hastighet är intressant. Galileo ansåg även cirkelrörelsen vara naturlig, det var först Newton som bidrog med den slutgiltiga formuleringen; i vilket fall som helst kan man se detta som ett exempel på matematisk extrapolation baserad på en fundamental enkelhet hos naturen).

3. Den Kopernianska världsbilden tas ofta upp som exempel som den moderna vetenskapens inbrott, du tar speciellt upp dess betydelse för Galileo. Men hade denna någon praktisk inverkan? Kopernikus bevisade inte detta 'vetenskapligt' (vad som nu menas med detta) och den katolska kyrkan accepterade det så länge som det framhölls att det rörde sig om en matematisk modell för att underlätta uträkningar.

Det är anmärkningsvärt att den moderna vetenskapen föddes med astronomin. Hur skulle du se på saken?

Jag skulle vilja hävda att det är ganska naturligt att göra en åtskillnad mellan det terrestriella som inte bara är tillgängligt för synen utan som man kan undersöka med alla sinnen och den celesta världen som i princip till nyligen endast var tillgänglig för ögat. Månen utgör ett mellanstick, en stor sten högt uppe i 'luften'. Grekerna kunde fastställa ett ganska noggrant avstånd till Månen ytterst baserat på parallax, annars skulle man logiskt kunna anta att himmelskupan befann sig bokstavligen oändligt långt borta. Lite av detta lever kvar i modern tid, tanken att människor vandrat på Månens yta är något överkligt för att inte säga vanhelgande

4. Har du något intressant svar på att den moderna vetenskapen inte uppstod redan hos de gamla grekerna? Kompetensen fanns, eller står det att söka i social och materiell infrastruktur eller att de fruktbara frågorna inte ställs automatiskt (som i Bacons vetenskapliga värld)? Eller helt enkelt att det berodde på en tillfällighet att teologiska synsätt hade ett fäste, men dessa härskade inte inom den grekiska matematiken.

Du framhåller Galileo som banbrytande när det gäller att formulera principen för experiment, d.v.s. upprepbarhet, isolering av variabler till enkla renodlade situationer, och inte minst den matematiska komponenten. Inom naturvetenskapen har detta visat sig mycket fruktbart, men frågan är om det ens är tillämpligt inom de sociala vetenskaperna, och medicinen utgör ett gränsfall. Vad anser du om detta?

Newtons gravitationsteori bygger inte på systematisk empiri, i motsats till de mycket eleganta undersökningarna han gjorde beträffande ljusets natur (Newton var mycket händig redan som barn). Han ödslade mycket tid på experiment inom alkemin, och det skulle dröja ett par generationer innan kemin nådde en vetenskaplig mognad, så det är inte så lätt att tillämpa vissa allmänna principer i specifika sammanhang.

Astronomin anses ibland att inte vara en riktig vetenskap ty man kan inte utföra experiment (ej heller i historien) men även detta är en sanning med modifikation. Matematiken involverades även i grekisk vetenskap, åtminstone inom astronomin, jag har redan nämnt avståndsberäkningar till Månen som gjorde att man kunde mäta den i förhållandet till jordradien.

5. Grekerna axiomatiserade det fysikaliska rummet framgångsrikt och frågan är hur detta synsätt kan drivas vidare i fysiken. Vad anser du om detta? Om inte, vari ligger den principiella svårigheten?

Arkimedes ställde upp vissa axiom inom hydrauliken (?) och Newton förde det vidare i Principia, tanken var att kunna förstå hur den fysikaliska världen fungerade baserade på vissa principer. Nu har detta synsätt övergetts, även om det lever kvar i formen av olika matematiska modeller, som dock tenderar att ha något ad hoc över sig. Ansträngningar har gjorts för att presentera kvantmekaniken axiomatiskt, men misstänker jag utan större framgång. En grundfråga är om anledningen är den fysikaliska intuitionen, den som gör att fysiker med framgång kan i sina reduktiva experiment, bortse från irrelevanta aspekter. En matematiker gör sällan eller rentav aldrig felslut inom den euklidiska geometrin som är statistiskt visuell, men ofta inom elementär mekanik.

I detta sammanhang kan man göra en som jag tror relevant spekulation. I den fysikaliska världen manifesterar sig de logiska konsekvenserna av en underliggande (presumtiv) direkt, men i ett formellt matematiskt system måste man logiskt deducera fram dem. Det euklidiska rummet är i detta sammanhang ett fysikaliskt rum och vi är alla medvetna om perspektivförändringar utan att för den skull matematiskt derivera dem. Om vi hade varit inneslutna i elfenbenstorn skulle vi då ha upptäckt fenomenet med tidvatten som är ett mycket subtilt fenomen, tidvattenskrafterna är ju mycket små. I jämförelse med jordens tillplattning vid polerna på grund av rotationen, som rör sig om ett par mil, är några meter inte mycket att komma med; men effekten har stora praktiska konsekvenser om man bor nära havet.

6. Avståndsbestämningar för astronomiska objekt är mycket fascinerande ty dessa kan uppenbarligen inte bestämmas direkt med måttband. Vad vi har att göra med är en steg, där vid varje steg finner vi regelbundenheter som vi sedan antar som 'axiomatiska' vid nästa steg. Men vad hade inträffat om de första stegen hade saknats, om solsystemet hade befunnit sig i den tomma intergalaktiska rymden, hur skulle man då kunna veta att de svaga objekt man såg på himlen inte befann sig oändligt långt borta? Har du några synpunkter på dessa logiska kedjor där varje länk beror på mer eller mindre djärva antaganden?

Med parallax (d.v.s. antagandet att rummet är euklidiskt till stor noggrannhet) kan vi bestämma jordbanans storlek, med denna som utgångspunkt kan vi bestämma avstånd till närbelägna stjärnor, men därutöver fungerar det inte. För att hoppa över några steg upptäcktes ett samband mellan vissa stjärnors (Cepheid variabler) perioder och dess luminositet (med antagandet att urvalet befann sig på samma avstånd, vilket motiverades med att de kunde antas befinna sig i samma Magellianska moln) vilket gjorde möjligt avståndsbestämningar till närbelägna galaxer (tack vare att det fanns närbelägna Cepheid variabler vars avstånd man kände), vilket gjorde det möjligt för Hubble att upptäckte sambandet mellan avstånd och rödförskjutning för avlägsna galaxer, och nu bestäms avstånd för ännu mer avlägsna objekt just med rödförskjutningen

7. Skillnaden mellan 'experimentell metodologisk reduktionism' och 'materiell reduktionism' framgår inte så tydligt, även om du påstår att de båda står i bjärt kontrast till varandra. Kan du förklara närmare?

Jag misstänker att det rör sig om en så kallad 'kategoriskillnad'. Den förra är operationell och pragmatisk till sin natur, den andra tycks röra sig om en filosofisk attityd. Jag antar att den förra är vad man i dagligt tal menar med 'vetenskaplighet'. Poppers syn på vetenskapen består av två delar, en kreativ del som innebär att komma upp med hypoteser och kritisk del som består i att testa dessa hypoteser. Nu interagerar dessa med varandra, och resultatet av en test innebär att hypoteser måste modifieras (kreativt). Den allmänhetens uppfattning om vetenskap ansluter sig nära till Bacons syn. Nämligen det finns en vetenskaplig metod som man både kan och måste lära sig, och när man väl har den kan man angripa alla möjliga frågor och komma fram till sanningen. Specifikt innebär denna hur man kan sätta upp ett experiment, vilket benämns som studie inom de sociala vetenskaperna inklusive medicinen. Svårigheten är att göra dessa studier 'objektiva' d.v.s. att eliminera missvisande faktorer. Ofta rör det sig om att ställa upp korrelationer mellan olika fenomen och därmed göra representativa urval. Eftersom tillvägagångssättet är statistiskt är den kritiska frågan vad som är statistiskt signifikant. I det första fallet kan man aldrig vara säker på att ett urval är representativt. Man kan hantera 'the known unknowns' men aldrig de 'unknown unknowns' för att citera Rumsfeld. Det andra fallet rör det sig om en konvention, eller kanske snarare en balansgång. Om kriterierna för statistisk signifikans är för stränga riskerar man att kasta ut för många barn med badvattnet, och är de för förlåtande kommer man att acceptera alltför många tvivelaktiga förhållanden. Satsen att alla människors mödrar är människor kan verifieras med hundraprocentig säkerhet, men om man tar satsen logiskt bokstavligt strider den mot evolutionen. Med andra ord man måste lyfta blicken från marken.

Vetenskapligheten skiljer sig mycket mellan olika domäner. För en matematiker har medicinarens vetenskaplighet ingen relevans. En matematiker resonerar logiskt och denna förmåga, som Peirce är noga med att framhålla, är intuitiv och medfödd hos dessa med ett matematiskt temperament. Matematikerns uppgift är huvudsakligen den kreativa aspekten. Detta var redan klart med de gamla grekerna och den matematiska vetenskapligheten etablerades redan då, och kan således sammanfattas med frasen deduktivt tänkande. Denna är givetvis nödvändig men långt ifrån tillräcklig, den utgör en fundamental men ganska trivial del av det matematiska skapandet. Din beskrivning av Galileo utgör en beskrivning av det vetenskapliga inom fysiken och innebär inte bara ett försök till en rigorös testning, men även en metod att systematiskt generera nya sanningar, att enligt Bacon läsa naturens bok. Denna vetenskaplighet har sedan tagits som modell även för de sociala vetenskaperna, och frågan är hur relevant är den? Den fungerar för naturvetenskaper, men fungerar den för

samhällsvetenskaper? Det utgör sig även för att vara en universell metod, inom matematiken finna inga universella metoder i denna abstrakta övergripande mening (visst kan man formulera vissa allmänna principer, men dessa reduceras lätt till oanvändbara trossatser som 'söka sanningen'), utan endast ett stort antal specifika metoder, liksom det finns ingen universell metod att generera hypoteser. Newtons gravitationsteori (liksom Einsteins) är till en stor del matematiska skapelser som inte bygger på en daglig växelverkan mellan teori och empiri. Newtons optiska arbeten är ett mycket bättre exempel på naturvetenskaplig metodik där en förklarings teori byggs upp gradvis genom eleganta och systematiska experiment som inom kemi, biokemi och även biologi, och jag kan tänka mig till en del även i fysiologi. Det hela kan populärt sammanfattas i att finna oberoende faktorer att variera en i taget, med de andra fixerade, vilket beskriver ett idealförhållande.

Man kan nästan identifiera den moderna fysikens födelse i och med Galileo, men att identifiera den moderna kemins är lite svårare. Den växte gradvis fram ur alkemin som saknade en förklaringsvision i motsats till en 'moralisk' vision, nämligen 'gör guld ur skräp' (som påminner om politikernas och företagsledares högtflygande visioner utan konkret underbyggnad, och jämföras med militärernas överbyggande vision om 'att segra'). Alkemin var ett exempel på blind empiri men vars metoder och redskap, som att blanda, bränna och mortlar, glaskärl, bränna etc övertogs av kemisterna. Man skall heller inte förglömma att alkemin ingår i den uråldriga förvetenskapliga metallurgiska traditionen, som uppenbarligen gav högst användbara resultat. Man kanske skall framhålla Lavoisier som den förste moderne kemisten, men han hade förnämliga föregångare såsom Priestly och Schiele. (Newton spenderade troligen mer tid med alkemi än med fysik, men gjorde inga framsteg). Men även i kemin kan man hävda att de verkliga framstegen uppstod först genom att noggrannt väga olika substanser som ingick i reaktioner och dra de fruktbara slutsatserna. Kan det vara så att de sociala vetenskaperna befinner sig på alkemins nivå?

8. Du gör en stor poäng av förkastandet av teleologiska resonemang a la Aristoteles. Var detta förkastande avsiktligt eller en automatisk följd av den axiomatiska synen? Den grekiska geometrin hade inga teleologiska inslag. Och existerar det någon principiell skillnad mellan teleologisk och logisk? Båda har som syfte att bringa ordning i ett förnimbart kaos.

Newton skrev Principia med Euklides som förebild. Den vetenskapliga ambitionen bestod således i både att förläna den celesta mekaniken matematikens rigorositet och möjligheten att på deduktiv väg komma fram till nya förhållanden. Såsom konsekvenser försvann Aristoteles teleologi och fysikens sanningar, liksom matematikens, blev oberoende av människan, och tillhörande en Platonsk verklighet. (Gravitationen är ett ypperligt exempel på en underliggande verkan i detta fall av nästan mystisk natur).

Newton's bidrag till vetenskapsfilosofin var således att världen inte var kaotisk utan logiskt konsistent ordnad, som sagt i platonsk anda, något som i och för sig kom att ses som anmärkningsvärt (cf. Peirce spekulationer om universums regelbundenhet och Wigners notering om matematikens "unreasonable effectiveness").

9. Freuds och Marx teorier var specifika måltavlor för Popper. Ser du i något av dessa fall en "vetenskaplig ansats" ? Skulle delar av det kunna utvecklas eller utgör de i din mening återvändsgränder utan potential?

I båda fallen har vi att göra med slående teoribildningar (med ansatser till de klassiska analys och syntes) som i naturvetenskaplig anda går djupare än det för sinnena uppenbara, men de är inte falsifierbara, d.v.s. de kan inte konfronteras med en empirisk verklighet och därmed utvecklas. Det är signifikativt att i båda fallen är renlärighet av största vikt, liksom inom religionen, men renlärighet åtminstone per se är inte aktuellt i naturvetenskapen.

10. Kan man lita på vetenskapen? Vad är grunden för övertygelse inom vetenskapen?

Grunden för vår omedelbara (sinnliga) verklighetsuppfattning är det faktum att vi upplever världen genom olika sinnen vilka alla bekräftar varandra. På samma sätt i naturvetenskapen såväl som i matematiken, om något kan verifieras på många olika oberoende sätt, så har själva konsistensen en övertygande kraft som går utöver de enskilda deduktiva tankekedjorna.

11. Citeringsindex spelar nu en stor roll inom vetenskapen. Vad anser du om detta? Sporrar det till aktivitet i och med det mer eller mindre uttalade tävlingsmomentet? Innebär det en större objektivitet och därmed större rättvisa inom bedömning? Eller kan det rentav snedvrída forskningen?

Traditionell vetenskap skedde på individuell nivå driven av inre nyfikenhet. Vad vi har bevittnat på senare tid är en industrialisering av vetenskapen, där matematiken har lyckats hålla sig undan längst, till en viss del beroende på att den inte har varit så fysiskt resurskrävande, men i och med universitetens expansion och 'publish and perish' mentaliteten som har tagit över universiteten med ökad konkurrens har pressen på publicerade resultat ('meriteringsmakalatur' enligt Peter Luthersson) ökat. Därav har citeringsindex (vars ursprungliga syfte var något helt annat) och biometri kommit att inta en större och större roll. Traditionellt bedrevs matematisk forskning som inom det medeltida skråväsendet. Denna industriella utveckling, som även har haft politiska konsekvenser (den stora partikelacceleratorn som kärnfysiker drömde om var så resursslukande att den stoppades av den amerikanska kongressen, vilket innebar en stor frustration för en mycket begränsad del av mänskligheten - Steven Weinberg et al).

En annan aspekt av "industrialiseringen" är att forskare blir mer och mer specialiserade och saknar mer och mer filosofisk översikt. Det skulle inte förvåna mig att många forskare inom biokemin skulle kunna vara evolutionsförnekare.

## B. Claes Uggla (CU) svar och svarskommentarer till Ulf Persson (UP)

**UP Kommentar 1:** Jag läste Kuhns bok på 90-talet, därefter blev jag betydligt mera intresserad av Popper. Kuhn anlägger ett sociologiskt perspektiv på vetenskapen medan Popper är mera intresserad av vad den egentligen sysslar med och anammar en filosofisk-moralisk ståndpunkt som går tillbaka till Platon om sanningssökandet. Kuhn har därmed blivit anammad av post-modernister som ser sanningen som en social konstruktion (man skall i ärlighetens namn även påpeka att många anser Popper som sanningsrelativist på grund av hans falsifieringskriterium, men detta bygger på okunnighet och oförståelse). Men Kuhn har likaledes blivit missförstådd,

som du mycket riktigt påpekar. Men i motsats till Popper har inte Kuhn mig veterligen publicerat något utöver hans ikoniska bok och därmed inte lika kraftigt deltagit i debatten. Det finns en hel del överlappningar mellan Popper och Kuhn, och egentligen inte några direkta motsättningar. Falsifiering ingår även i Kuhns berättelse, men han lyfter inte fram det på samma sätt. Vad jag framför allt tog med mig från Kuhn var svaret på frågan varför filosofin inte har tyckts gjort några framsteg sedan Platon, hans svar var att ingenting har förkastats inom filosofin. Popper är förtjust i att likna den vetenskapliga utvecklingen med Darwins naturliga urval. Om alla livsformer som uppstått skulle bevaras skulle jordklotet inte ha rum att härbärgera dem alla (och vi skulle inte ha kommit över primitiv bakterienivå). Med andra ord genom att förkasta blindspår kan man tränga djupare in i konfigurationsrummet av alla teorier. (Om man skall gissa en kod, är det betydligt effektivare om man vid varje tillfälle får svar på om siffran är rätt eller inte, än om man måste systematiskt gå igenom alla möjligheter. Om koden består av hundra siffror kommer vi fram till rätt kod efter högst ett tusen försök, annars kan vi behöva gå igenom upp till  $10^{100}$  försök (universum har existerat i  $10^{17}$  sekunder), just därför att vi kan ignorera de flesta potentiella sökvägar.

**CU Kommentar till UP Kommentar 1:** Låt mig kommentera ovanstående text: Poppers filosofi brukar betraktas sympatiskt av naturvetare och matematiker, men inte bland samhällsvetare som tenderar att bunta ihop den med logisk positivism som typiskt avfärdas som förlegad och irrelevant; Kuhns *The Structure of Scientific Revolutions* sociala filosofiska idéer tenderar däremot ofta att ses med närmast obehag av naturvetare och matematiker, medan de betraktas som banbrytande av samhällsvetare. Kuhn skrev ett flertal historiska och filosofiska verk, bl.a. *The Copernican Revolution* ca fem år före *The Structure of Scientific Revolutions*. Kuhns sociologiskt präglade historiefilosofi har haft betydligt större genomslagskraft än Poppers verk i efterföljande vetenskapsfilosofi, eftersom denna argumenterbart har dominerats av ett socialt perspektiv. En av anledningarna till detta och varför t.ex. Ludwik Flecks verk om tankekollektiv och tankestilar på 30-talet inte slog igenom på samma sätt är att *The Structure of Scientific Revolutions* (speciellt den andra utgåvan från 1970) sammanföll med samhällsvetenskapernas kraftiga expansion (och politisering, där t.ex. sociologi och pedagogik kom att påtagligt påverkas av ett Marxistiskt perspektiv medan t.ex. nationalekonomi genomgick nyliberala strömningar) under 60- och 70-talet, där den tolkades på ett sätt så att den gav ökad kredibilitet hos samhällsvetenskaperna (aha! fysiker och kemister beter sig socialt precis som vi samhällsvetare – men man förbisåg att den inneboende karaktären av vad man sysslar med spelar en avgörande roll för utfallet). Notera slutligen ordet *Revolutions* i titeln på boken, som avspeglar 60- och 70-talens tidsanda.

**UP Fråga 1:** Du lyfter fram Kuhns distinktion mellan breda paradigmen och smala paradigmen. Skulle du vilja kommentera detta ytterligare?

I många i livets skeden är vi inte så intresserade av vad som är faktiskt sant eller inte, utan vad folk skall tycka. En elev som svarar på en fråga, eller någon som tar en IQ-test, frågar sig snarare vad förväntar sig frågeställaren att jag skall svara än vad som är faktiskt korrekt. (Matematiken skiljer sig därvidlag från de andra skolämnena, vari ligger en stor del av dess charm, enligt somliga av oss). Den breda paradigmen tilltalar de flesta, att bedriva vetenskap är helt enkelt en anpassning till vad andra vetenskapsmän gör. I den snäva paradigmen skiljer sig inte Kuhn så mycket ifrån vad Popper framhäver, men han får det som att framstå att ett paradigmskifte är något av en mode-växling och därmed nedtona kontinuiteten. Visst innebär ett paradigmskifte ett förkastande av föregående trosföreställningar, men detta förkastande

är inte något frivolt utan bygger på den förutvarande paradigmen, om än på en något högre meta-nivå. Han har däremot rätt när han betonar att vad de flesta vetenskapsmän gör under sitt liv är ganska 'hum-drum' i jämförelse med paradigmskiften, de flesta har tillskansat sig vissa metoder och söker frågor som kan undersökas med dessa metoder. Och visst om grundvalen för dessa undermineras eller ersätts av betydligt effektivare blir de vilsna, men att se dem som proppar i systemet och att ett nytt paradigms inträde kan endast konsolideras i och med att de dör ut är något missvisande.

**CU Svar på UP fråga 1:** Paradigm i snäv mening utgörs av mönsterexempel som endast är ett av flera element i den disciplinära matris som Kuhn definierar som paradigm i bred mening, där några av de andra elementen utgörs av gemensamma värderingar, förhoppningar, trosföreställningar om modeller, analogier och metaforer, symboliska generaliseringar och den infrastruktur som krävs för experiment och dataanalys. Mönsterexemplen är inte bara det som primärt skapar ett forskningsfält värderingar, det är även de som illustrerar hur de övriga elementen i den disciplinära matrisen konkret fungerar tillsammans.

**UP Fråga 2:** Anser du att Aristoteles var en klant, som han beskrivs vulgärt (i fransk mening), eller att det föreligger en stor kontinuitet mellan grekisk naturvetenskap och den moderna? Speciellt skulle du bekräfta den allmänna föreställningen att Aristoteles inte var empirisk?

**CU Svar på UP fråga 2:** Aristoteles var långt ifrån en klant, han är en av världshistoriens främsta tänkare där hans bidrag till t.ex. logik var banbrytande. Aristoteles kom från en läkarfamilj vilket medförde ett betydligt mer praktiskt sinnelag och intresse för observationer än vad t.ex. Platon hade, exemplifierat av hans betydelsefulla bidrag till biologin – en del har t.o.m. benämnt Aristoteles som en av den moderna empiriska vetenskapens fäder! Med detta sagt, de observationer och experiment som faktiskt gjordes under antiken kan dock inte liknas vid den mångfald av mycket mer strategiskt valda, avgränsade och kontrollerade experiment som växte fram under den vetenskapliga revolutionen nästan 2000 år senare.

Utän tvivel missar historieforskning en hel del som skulle visa på en ökad historisk kontinuitet, d.v.s., brister i historiekunskap ger systematiska fel; ett ännu större fel är dock att projicera vår nuvarande kunskap på historien. Exempelvis brukar man föra fram Leukippos och Demokritos atomism som en föregångare till modern atom-, molekylär- och partikelfysik. Ja, dessa proto-idéer har antagligen spelat en viss roll för senare forskning, t.ex. för John Daltons atomteori, men de har väldigt lite att göra med kvantmekanik som utgör grunden för modern atom-, molekylär- och partikelfysik. Tyvärr är det ganska vanligt inom filosofi och historia att överskatta grova proto-idéers betydelse på bekostnad av den teknologiska och kognitiva (t.ex. matematik, datorimplementerade algoritmer) infrastruktur som modern fysikalisk vetenskap bygger på (som man ofta dessutom är mindre kunnig om), vilket illustrerar att historisk kontinuitet är en synnerligen komplex och mångfacetterad fråga.

**UP Kommentar 2:** Det föreligger en populär missuppfattning att de grekiska vetenskapsmännen bara spekulerade medan i och med Galileo de moderna vetenskapsmännen gjorde experiment och fann ut "hur det hela var". Detta är en uppfattning om vetenskapen som framfördes av Francis Bacon och som delas fortfarande av de flesta människor, speciellt politiker. Men som Popper betonar, det finns ingenting som en förutsättningslös observation, naturen instruerar oss inte, vi kan bara ställa frågorna och naturen kan säga ja eller nej. Frågeställaren är oundvikligen subjektiv och agerar utifrån sina egna föreställningar om hur saker och ting hör ihop (eller borde så göra), endast svaret är



objektivt. Kan man inte ställa en fråga så att svaret är objektivt har man ställt en ofalsifierbara fråga och därmed inte en vetenskaplig. Vi är alla överens om att Galileo inte stod vid toppen av det lutande tornet, utan han 'visste' vad svaret skulle bli på grund av ett tankeexperiment. Att en kropp som inte påverkas av några yttre krafter rör sig med konstant hastighet i en rät linje är ingenting man empiriskt fastställer utan en dogm som man gör till en tautologi genom att implicit definiera (yttre) kraft lämpligt, men som inte desto mindre visade sig vara en oerhört fruktbar ide. (Din beskrivning av hur Galileo via experiment skulle ha kommit på idén om att kroppar rör sig rätlinjigt och med konstant hastighet är intressant. Galileo ansåg även cirkelrörelsen vara naturlig, det var först Newton som bidrog med den slutgiltiga formuleringen; i vilket fall som helst kan man se detta som ett exempel på matematisk extrapolation baserad på en fundamental enkelhet hos naturen).

**CU Kommentar till UP Kommentar 2:** Ja, alla observationer och experiment kräver tolkning som alltid är färgad av teori. Detta påstående riskerar dock att ge upphov till en mycket skadlig, enligt mig t.o.m. omoralisk, relativism. Jag har ofta fått höra från vissa håll att "allt är tolkning", men som Popper påpekar, om man säger allt så säger man inget – även tolkning behöver tolkas. Påståendet om tolknings- och teorifärgning bör kompletteras med: allt kräver inte lika mycket tolkningsresurser och teori. Låt mig illustrera detta med följande exempel: Rovdinosauriers primära sinne var seendet. De behövde bara registrera en rörelse för att sedan sätta tänderna i bytet, vilket inte krävde allt för mycket hjärnprocessning. Däggdjur under denna tid levde under mark och hade luktsinnet som primärt sinne. För att detta skulle vara användbart så krävdes det minne för att känna igen och urskilja om det var en fara eller partner och var denna var i ett nätverk av underjordiska tunnlar, något som kräver betydligt mer tolkning och medföljande hjärnaktivitet (efter dinosauriernas död så vidareutvecklades däggdjuren och idag är det den ursprungliga lukthjärnan som utgör större delen av vår hjärna, speciellt den delen som står för de högre funktionerna).

**UP Fråga 3:** Den Kopernianska världsbilden tas ofta upp som exempel som den moderna vetenskapens inbrott, du tar speciellt upp dess betydelse för Galileo. Men hade denna någon praktisk inverkan? Kopernikus bevisade inte detta 'vetenskapligt' (vad som nu menas med detta) och den katolska kyrkan accepterade det så länge som det framhölls att det rörde sig om en matematisk modell för att underlätta uträkningar. Det är anmärkningsvärt att den moderna vetenskapen föddes med astronomin. Hur skulle du se på saken?

Jag skulle vilja hävda att det är ganska naturligt att göra en åtskillnad mellan det terrestriella som inte bara är tillgängligt för synen utan som man kan undersöka med alla sinnen och den celesta världen som i princip till nyligen endast var tillgänglig för ögat. Månen utgör ett mellanstick, en stor sten högt uppe i 'luften'. Grekerna kunde fastställa ett ganska noggrant avstånd till Månen ytterst baserat på parallax, annars skulle man logiskt kunna anta att himmelskupan befann sig bokstavligen oändligt långt borta. Lite av detta lever kvar i modern tid, tanken att människor vandrat på Månens yta är något överkligt för att inte säga vanhelgande.

**CU Svar på UP fråga 3:** Det är inte anmärkningsvärt att den moderna vetenskapen föddes med astronomin. Om man tycker det så beror detta på att man inte förstått vad som är mest betydelsefullt när det gäller experiment (och vad de väsentliga experimentella faktorerna implicerar), nämligen (i) avgränsning, d.v.s. att det endast finns ett fåtal inverkanse faktorer inom experimentets kvantitativa noggrannhetsgrad, (ii) att dessa faktorer enskilt kan varieras på ett kontrollerat sätt, (iii) reproducerbarhet. Experiment innebär strategiskt valda

arrangemang av naturen, bl.a. genom att skapa stora skalskillnader (av t.ex. massa- och längdförhållanden) så att ovanstående förutsättningar uppfylls. Dock, ibland sker det att naturen uppfyller dessa krav av sig självt, där solsystemet är ett fantastiskt exempel på detta – naturen har arrangerat ett system som är bättre lämpat för naturvetenskaplig förståelse än nästan något experiment som människan har designat! Periodiciteten och den relativa stabiliteten hos planetrörelsen innebär att man kan återkomma till mätningar; vad mer är, när Galileo upptäckte fyra av Jupiters månar så fick han ett ytterligare system att studera och fann att solen inte var alltings center och att samma underliggande mekanism, det vi nu kallar för gravitation, låg bakom såväl planetrörelse som Jupiters månars rörelse. Idag känner vi till tusentals olika solsystem – tala om reproduktion! Detta är ett återkommande tema med många exempel i ett gigantiskt universum, vilket innebär att astronomi, förutom att vara intressant i sig självt, fortfarande utgör en utomordentlig empirisk källa för grundläggande fysikalisk forskning. (Jag återkommer till sinnen och empiri senare i texten.)

**UP Fråga 4:** Har du något intressant svar på att den moderna vetenskapen inte uppstod redan hos de gamla grekerna? Kompetensen fanns, eller står det att söka i social och materiell infrastruktur eller att de fruktbara frågorna inte ställs automatiskt (som i Bacons vetenskapliga värld)? Eller helt enkelt att det berodde på en tillfällighet att teologiska synsätt hade ett fäste, men dessa härskade inte inom den grekiska matematiken. Du framhåller Galileo som banbrytande när det gäller att formulera principen för experiment, d.v.s. upprepbarhet, isolering av variabler till enkla renodlade situationer, och inte minst den matematiska komponenten. Inom naturvetenskapen har detta visat sig mycket fruktbart, men frågan är om det ens är tillämpligt inom de sociala vetenskaperna, och medicinen utgör ett gränsfall. Vad anser du om detta?

Newtons gravitationsteori bygger inte på systematisk empiri, i motsats till de mycket eleganta undersökningarna han gjorde beträffande ljusets natur (Newton var mycket händig redan som barn). Han ödslade mycket tid på experiment inom alkemin, och det skulle dröja ett par generationer innan kemin nådde en vetenskaplig mognad, så det är inte så lätt att tillämpa vissa allmänna principer i specifika sammanhang. Astronomin anses ibland att inte vara en riktig vetenskap ty man kan inte utföra experiment (ej heller i historien) men även detta är en sanning med modifikation. Matematiken involverades även i grekisk vetenskap, åtminstone inom astronomin, jag har redan nämnt avståndsberäkningar till Månen som gjorde att man kunde mäta den i förhållandet till jordradien.

**CU Svar på UP fråga 4:** Man bör först notera att den antika grekiska vetenskapen sträckte sig från Thales på 600-talet f. Kr. till ca Ptolemaios död 170 e. Kr., en period på över sju hundra år under vilka förutsättningar för vetenskap drastiskt ändrades. Den inleddes av den försokratiska epoken mellan 600-400 f. Kr. som var ett resultat av interaktion mellan grekisk, egyptisk och babylonisk (inkluderande fenicisk) kultur. Detta gav upphov till bl.a. det första kompletta fonetiska alfabetet, men där även monoteistiska idéers framväxt spelade roll (vilket inskränkte mytbildning om naturfenomen). Den försokratiska epoken karakteriserades av ett vilt spekulerande om naturens egenskaper som spände över specifika fenomen, t.ex. jordbävningar, till kosmologi. Att notera är att detta gjordes av ett fåtal individer i små joniska stadsstater med en social och teknologisk infrastruktur som inte kommer i närheten av den i Europa efter medeltiden. Detta följs av Sokrates, Platon och Aristoteles med lite bättre social infrastruktur, där deras idéer sprids under den hellenistiska epoken, som i sin tur följdes av att Romarriket tog över. Det senare innebar en helt annan tidsanda där endast rester av det

grekiska kulturarvet fanns kvar, centrerat kring Alexandria. Vad mer är, på gott och ont färgades Alexandrias intellektuella grund av Aristoteles lärjungar, vilket senare t.ex. gav upphov till Euklides Elementa, men där Aristoteles teleologiska filosofi utgjorde ett hinder för naturvetenskapliga framsteg (jag återkommer till detta nedan), men det är knappast något Aristoteles kan klandras för.

Alfabetet innebar en förändring såväl i informationsöverföring som i individuella människors tankeverksamhet; talspråkliga kulturer baseras på minne med rytm och repetition som hjälpmedel – kulturer med skrivspråk präglas av ett påtagligt mer linjärt tänkande, något som t.o.m. manifesterar sig i hjärnans plasticitet som ger upphov till annorlunda konfigurering av människors hjärnor i talspråkliga respektive skriftliga kulturer. Det fonetiska alfabetet var en omvälvande uppfinning (bl.a. argumenterbart en av de viktigaste händelserna i demokratins historia), så det är inte så märkligt att den grekiska skrivkulturen var påtagligt fattig gällande ideografiska symboler, liknande de som spelade en viktig roll för t.ex. matematikens utveckling under senmedeltiden och den senare vetenskapliga revolutionen. Exempelvis började grafer, som är ett viktigt hjälpmedel för analys och tolkning av mätdata, utvecklas först under senmedeltiden. Det här exemplifierar en frånvaro av flera viktiga kompetenser och ingredienser under antiken som spelade en stor roll för den mycket senare vetenskapliga revolutionen. Man hade dessutom under antiken ett flertal olika naturvetenskapligt hämmande filosofiska attityder, där Aristotelisk teleologiskt tänk bara utgör ett exempel; ett annat är att man ansåg att det var onaturligt att betrakta förhållanden mellan olika storheter som längd, tid och massa. Det är därför inte så märkligt att t.ex. begreppet rörelsemängd började utvecklas först under senmedeltiden.

Experimentell (fysikalisk) metodologisk reduktionism bygger på stabilitet och drastiska skalförhållanden, något som inte finns i den sociala världen. Medicin utgörs endast delvis av naturvetenskap, det finns även t.ex. en klinisk sida som i hög grad bygger på tidsbeprövad praktisk kompetens. Endast vissa delar, t.ex. inom den biomedicinska sidan, är lämpliga för experimentell metodologisk reduktionism. Människor är även medicinskt till viss del unika, vilket innebär ytterligare komplikationer, förutom att mänsklig biologi redan i sig är oerhört komplex och kontextberoende (betrakta t.ex. placeboeffekter). Dessutom är kliniska behov ofta akuta och för en individ är den långsamma process för att åstadkomma hållbar kunskap som Galileo bidrog till att inleda med experimentell metodologisk reduktionism inte speciellt relevant. Medicinens mångfald av komplikationer och aspekter formligen skriker efter metodpluralism.

Samma sak gäller i än högre grad de sociala disciplinerna, där den experimentella metodologiska reduktionismens förutsättningar, som gjort den så framgångsrik i de fysikaliska disciplinerna, lyser med sin frånvaro.

Slutligen, Newtons gravitationsteori byggde på minst lika mycket empiri som hans optik. Jag återkommer till detta samt kemi, alkemi och astronomi nedan.

**UP Fråga 5:** Grekerna axiomatiserade det fysikaliska rummet framgångsrikt och frågan är hur detta synsätt kan drivas vidare i fysiken. Vad anser du om detta? Om inte, vari ligger den principiella svårigheten?

Arkimedes ställde upp vissa axiom inom hydrauliken (?) och Newton förde det vidare i Principia, tanken var att kunna förstå hur den fysikaliska världen fungerade baserade på vissa

principer. Nu har detta synsätt övergetts, även om det lever kvar i formen av olika matematiska modeller, som dock tenderar att ha något ad hoc över sig. Ansträngningar har gjorts för att presentera kvantmekaniken axiomatiskt, men misstänker jag utan större framgång. En grundfråga är om anledningen är den fysikaliska intuitionen, den som gör att fysiker med framgång kan i sina reduktiva experiment, bortse från irrelevanta aspekter. En matematiker gör sällan eller rentav aldrig felslut inom den euklidiska geometrin som är statiskt visuell, men ofta inom elementär mekanik. I detta sammanhang kan man göra en som jag tror relevant spekulation. I den fysikaliska världen manifesterar sig de logiska konsekvenserna av en underliggande (presumtiv) direkt, men i ett formellt matematiskt system måste man logiskt deducera fram dem. Det euklidiska rummet är i detta sammanhang ett fysikaliskt rum och vi är alla medvetna om perspektivförändringar utan att för den skull matematiskt derivera dem. Om vi hade varit inneslutna i elfenbenstorn skulle vi då ha upptäckt fenomenet med tidvatten som är ett mycket subtilt fenomen, tidvattenskrafterna är ju mycket små. I jämförelse med jordens tillplattning vid polerna på grund av rotationen, som rör sig om ett par mil, är några meter inte mycket att komma med; men effekten har stora praktiska konsekvenser om man bor nära havet.

**CU Svar på UP fråga 5:** Newtonsk fysik, Einsteins relativitetsteorier, andra så kallade gaugeteorier, men även kvantmekanik, är alla axiomatiserade, med utgångspunkt från empiriskt förankrade "första principer" (d.v.s. ovanstående påstående att Newtons Principias inflytande utifrån första principer inom fysiken skulle ha övergivits till förmån för ad hoc resonering är felaktigt, även om det förutom "fundamental fysik" finns så kallad fysikalisk fenomenologisk forskning, som är något helt annat än fenomenologi inom kulturvetenskaperna). Kvantmekaniken axiomatiserades t.ex. för länge sedan av von Neumann utifrån Diracs formulering av kvantmekaniken (en matematisk kvantmekanisk formulering i termer av operatorer på ett Hilbertrum). Axiomatisering (och för den del även begreppsanalys) är av förtydligande betydelse inom fysiken (precis som i många andra verksamheter), men den spelar inte alls samma centrala roll som inom matematiken. Det finns istället en mängd andra aspekter som tillkommer kopplade till empiri – framförallt associerat med etablerandet av olika sorters korrespondensförhållanden med den fysiska världen.

När det gäller intuition så är fysikens historia en berättelse om ett avlägsnade bort ifrån denna (där naturvetenskaperna tillsammans förklarar varför vi har den intuition vi har, vilket är en följd av vår evolutionära historia, som i sin tur bl.a. beror på fysiska skalförhållanden som beror på hur naturlagar och tillfälligheter har kommit till uttryck under solsystemets och jordens historia), d.v.s., jag hävdar att ovanstående beskrivning är felaktig.

Vår evolutionära historia har givit oss sinnen samt mentala och fysiska förmågor som tillåter oss att kausalt reagera på sinnesintryck som möjliggör överlevnad och fortplantning i en fysisk och kulturell omgivning, men dessa egenskaper är inte speciellt imponerande om vi jämför med andra djur. Vad som skiljer oss ifrån dessa är istället hur dessa förmågor utvecklats och kombinerats i ett socialt sammanhang; framförallt en förmåga till flexibelt samarbete i stora antal, tack vare att vi kan skapa för oss socialt förenande berättelser, samt kollektiv redskapsproduktion (vissa djur använder sig av redskap, men vi är de enda som tillsammans producerar redskap med syftet att skapa nya redskap för att uppnå tänkta mål). Under större delen av människans historia så hade våra egenskaper knappt någon inverkan på planetens yta, atmosfär och ekologi, vi var en djurart bland andra djurarter, men de utgjorde pre-adaptioner som ledde till någonting oväntat och emergent – modern vetenskap och teknologi.

Intuitionen, formad av vad som varit relevant för överlevnad och fortplantning under vår evolutionära historia, säger att rummet är en opåverkad scen där vi kan vandra omkring och att tiden löper på utan att vi kan göra någonting åt den (även om den subjektivt kan upplevas variera). Lokala grova mätningar i rum och tid inspirerade grekerna att införa en axiomatiserad euklidisk geometri. Notera även att Arkimedes framgångar, som drev grekisk fysik till sin spets, inskränkte sig till statik och hydrostatik, vilka till skillnad från kinematik och dynamik var kompatibla med Aristoteles filosofi. Man kan möjligen argumentera att den fysiska världen manifesterar sig logiskt i form av euklidisk geometri förhållandevis direkt (men varför kom man då inte på denna matematik tiotusentals år tidigare?), men denna geometri har visat sig ha synnerligen icke-intuitiva fysikaliska begränsningar.

Vi kan använda oss av en hävstång för att lyfta saker som vi annars inte skulle kunna lyfta. För drygt 100 år sedan hade teknologi som förstärker och utvidgar våra sinnen och fysiska förmågor nått så långt att den på allvar tog oss bortom våra direkta sinnesupplevelser. Vi fann då att världen inte alls är som vi intuitivt upplever den – vi fann att människan inte är alltings mått. Teknologiskt avancerade mätningar visade att euklidisk geometri och Newtonsk fysik som kandidater för någon slags ontologisk sanning om världen inte stämde. För att uppnå korrespondens med en strid ström av allt mer teknologiskt avancerade mätningar tvingades man motvilligt skapa nya fysikaliska teorier. Einsteins relativitetsteorier visade att rum och tid hör ihop i ett vidare begrepp, rumtiden, vilken är påverkbar av både rörelse och gravitation, något som knappast kan sägas vara intuitivt och direkt förnimbart. Vad mer är, teoretiska fysiker är typiskt skeptiska mot att oändligheter faktiskt är fysikaliskt realiserade, d.v.s., nuvarande matematiska axiomatiska system utgör, förvisso praktiska, abstrakta idealiseringar och extrapolationer. Detta innebär att den intuitiva uppfattningen att rum (och tid) är oändligt delbara, vilket är inkorporerat i euklidisk geometri, inte skulle hålla. Under tillräckligt extrema förhållanden, vid den så kallade Planckskalans, tror många teoretiska fysiker att rumtiden i någon mening är diskret (delvis en följd av att man även tror att kvantmekanik och relativitetsteori på något sätt måste vara aspekter, med en viss noggrannhet, av en fysikalisk teori som täcker in hela den fysiska verkligheten bättre – en fysisk värld kräver en fysikalisk teori). Nuvarande fysikaliska teorier och euklidisk geometri skulle därmed vara emergenta fenomen gällande på en viss skala. Slutligen, att empiriskt komma åt Planckskalan ligger väldigt långt bort ifrån vår nuvarande teknologiska förmåga. Vad mer är, det återstår att se i vilken grad den fysiska verkligheten på denna skala är ordnad och om denna ordning är beskrivbar med något som ens påminner om nuvarande matematik.

**UP Fråga 6:** Avståndsbestämningar för astronomiska objekt är mycket fascinerande ty dessa kan uppenbarligen inte bestämmas direkt med måttband. Vad vi har att göra med är en steg, där vid varje steg finner vi regelbundenheter som vi sedan antar som 'axiomatiska' vid nästa steg. Men vad hade inträffat om de första stegen hade saknats, om solsystemet hade befunnit sig i den tomma intergalaktiska rymden, hur skulle man då kunna veta att de svaga objekt man såg på himlen inte befann sig oändligt långt borta? Har du några synpunkter på dessa logiska kedjor där varje länk beror på mer eller mindre djärva antaganden?

Med parallax (d.v.s. antagandet att rummet är euklidiskt till stor noggrannhet) kan vi bestämma jordbanans storlek, med denna som utgångspunkt kan vi bestämma avstånd till närbelägna stjärnor, men därutöver fungerar det inte. För att hoppa över några steg upptäcktes ett samband mellan vissa stjärnors (Cepheid variabler) perioder och dess luminositet (med antagandet att urvalet befann sig på samma avstånd, vilket motiverades

med att de kunde antas befinna sig i samma Magellianska moln) vilket gjorde möjligt avståndsbestämningar till närbelägna galaxer (tack vare att det fanns närbelägna Cepheid variabler vars avstånd man kände), vilket gjorde det möjligt för Hubble att upptäckte sambandet mellan avstånd och rödförskjutning för avlägsna galaxer, och nu bestäms avstånd för ännu mer avlägsna objekt just med rödförskjutningen.

**CU Svar på UP fråga 6:** Ovanstående beskrivning av vad vi kan göra med bl.a. parallax är förlegad. Tills nyligen klarade vi bara av att mäta några tusen ljusår med parallax men med Gaija rymdteleskopet mäter vi nu upp till 30000 ljusårs avstånd, d.v.s. en avsevärd andel av Vintergatans storlek (som är ca 100000 – 150000 ljusår i diameter där Jorden befinner sig 26000 ljusår ifrån dess centrum) och vi närmar oss nu intergalaktiska avstånd, som vi antagligen kan mäta med parallax om 10-20 år. Det finns idag en ökande mängd av olika sorters överlappande astronomiska avståndsmätningar som kompletterar varandra och som förvandlar den så kallade astronomiska avståndsstegen till snarare ett avståndsnätverk, vilket gör att astronomiska avståndsmätningar både blir mer precisa och hållbara. Stora avstånd är därmed inget hinder för hållbar kunskap.

**UP Fråga 7:** Skillnaden mellan 'experimentell metodologisk reduktionism' och 'materiell reduktionism' framgår inte så tydligt, även om du påstår att de båda står i bjärt kontrast till varandra. Kan du förklara närmare?

Jag misstänker att det rör sig om en så kallad 'kategoriskillnad'. Den förra är operationell och pragmatisk till sin natur, den andra tycks röra sig om en filosofisk attityd. Jag antar att den förra är vad man i dagligt tal menar med 'vetenskaplighet'. Poppers syn på vetenskapen består av två delar, en kreativ del som innebär att komma upp med hypoteser och kritisk del som består i att testa dessa hypoteser. Nu interagerar dessa med varandra, och resultatet av en test innebär att hypoteser måste modifieras (kreativt). Den allmänhetens uppfattning om vetenskap ansluter sig nära till Bacons syn. Nämligen det finns en vetenskaplig metod som man både kan och måste lära sig, och när man väl har den kan man angripa alla möjliga frågor och komma fram till sanningen. Specifikt innebär denna hur man kan sätta upp ett experiment, vilket benämns som studie inom de sociala vetenskaperna inklusive medicinen. Svårigheten är att göra dessa studier 'objektiva' d.v.s. att eliminera missvisande faktorer. Ofta rör det sig om att ställa upp korrelationer mellan olika fenomen och därmed göra representativa urval. Eftersom tillvägagångsättet är statistiskt är den kritiska frågan vad som är statistiskt signifikant. I det första fallet kan man aldrig vara säker på att ett urval är representativt. Man kan hantera 'the known unknowns' men aldrig de 'unknown unknowns' för att citera Rumsfeld. Det andra fallet rör det sig om en konvention, eller kanske snarare en balansgång. Om kriterierna för statistisk signifikans är för stränga riskerar man att kasta ut för många barn med badvattnet, och är de för förlåtande kommer man att acceptera alltför många tvivelaktiga förhållanden. Satsen att alla människors mödrar är människor kan verifieras med hundraprocentig säkerhet, men om man tar satsen logiskt bokstavligen strider den mot evolutionen. Med andra ord man måste lyfta blicken från marken.

Vetenskapligheten skiljer sig mycket mellan olika domäner. För en matematiker har medicinarens vetenskaplighet ingen relevans. En matematiker resonerar logiskt och denna förmåga, som Peirce är noga med att framhålla, är intuitiv och medfödd hos dessa med ett matematiskt temperament. Matematikerns uppgift är huvudsakligen den kreativa aspekten.

Detta var redan klart med de gamla grekerna och den matematiska vetenskapligheten etablerades redan då, och kan således sammanfattas med frasen deduktivt tänkande. Denna är givetvis nödvändig men långt ifrån tillräcklig, den utgör en fundamental men ganska trivial del av det matematiska skapandet. Din beskrivning av Galileo utgör en beskrivning av det vetenskapliga inom fysiken och innebär inte bara ett försök till en rigorös testning, men även en metod att systematiskt generera nya sanningar, att enligt Bacon läsa naturens bok. Denna vetenskaplighet har sedan tagits som modell även för de sociala vetenskaperna, och frågan är hur relevant är den? Den fungerar för naturvetenskaper, men fungerar den för samhällsvetenskaper? Det utgör sig även för att vara en universell metod, inom matematiken finns inga universella metoder i denna abstrakta övergripande mening (visst kan man formulera vissa allmänna principer, men dessa reduceras lätt till oanvändbara trossatser som 'söka sanningen'), utan endast ett stort antal specifika metoder, liksom det finns ingen universell metod att generera hypoteser. Newtons gravitationsteori (liksom Einsteins) är till en stor del matematiska skapelser som inte bygger på en daglig växelverkan mellan teori och empiri. Newtons optiska arbeten är ett mycket bättre exempel på naturvetenskaplig metodik där en förklaringssteori byggs upp gradvis genom eleganta och systematiska experiment som inom kemi, biokemi och även biologi, och jag kan tänka mig till en del även i fysiologi. Det hela kan populärt sammanfattas i att finna oberoende faktorer att variera en i taget, med de andra fixerade, vilket beskriver ett idealförhållande.

Man kan nästan identifiera den moderna fysikens födelse i och med Galileo, men att identifiera den moderna kemins är lite svårare. Den växte gradvis fram ur alkemin som saknade en förklaringsvision i motsats till en 'moralisk' vision, nämligen 'gör guld ur skräp' (som påminner om politikerns och företagsledares högtflygande visioner utan konkret underbyggnad, och jämföras med militärernas överbyggande vision om 'att segra'). Alkemin var ett exempel på blind empiri men vars metoder och redskap, som att blanda, bränna och mortlar, glaskärl, bränna etc övertogs av kemisterna. Man skall heller inte förglömma att alkemin ingår i den uråldriga förvetenskapliga metallurgiska traditionen, som uppenbarligen gav högst användbara resultat. Man kanske skall framhålla Lavoisier som den förste moderne kemisten, men han hade förnämliga föregångare såsom Priestly och Schiele. (Newton spenderade troligen mer tid med alkemi än med fysik, men gjorde inga framsteg). Men även i kemin kan man hävda att de verkliga framstegen uppstod först genom att noggrant väga olika substanser som ingick i reaktioner och dra de fruktbara slutsatserna. Kan det vara så att de sociala vetenskaperna befinner sig på alkemins nivå?

**CU Svar på UP fråga 7:** Innan jag besvarar frågan låt mig först kommentera efterföljande text. Förutom vissa egenskaper som en intuitiv uppfattning av mindre antal och en begränsad geometrisk uppfattning så utgör matematik inte en intuitivt medfödd förmåga utan något man kulturellt tillägnat sig. Detta illustreras t.ex. av att en del kulturer bara räknar 1, 2, många, därför att det inte behövs mer i den omgivning de lever i. Vi har däremot ärvda startpaket och drivkrafter, preadaptationer, som kan utnyttja människohjärnans plastiska egenskaper för att kulturellt tillägna sig den matematik som endast utvecklats och funnits under en närmast försumbar del av människans historia. Intressant nog kan man med modern teknik se en plastisk omvandling av hjärnan hos de som använder sig av mycket matematik.

Newtons och Einsteins gravitationsteorier är inte enbart matematiska modeller utan bygger visst på empiri och det i mycket högre grad än Newtonsk optik. Det "nakna ögats" astronomi nådde sin höjdpunkt med Tycho Brahe och Johannes Kepler i slutet på 1500-talet och byggde på en flertusenårigt empirisk tradition. Eudoxus, en av Platons lärjungar, konstruerade den

första matematiska modellen av bl.a. Månens rörelse kring Jorden med hjälp av koncentriskt kopplade sfärer, med Jorden i centrum, som alla roterade med konstant vinkelhastighet (och därmed likformigt), baserat på mätdata ifrån babylonierna. Detta var den första konkreta realiseringen av Platons idé att himlakroppars rörelse var perfekt och därmed oföränderlig – där sfären och cirkeln var de enda perfekta formerna i 3 respektive 2 rumsdimensioner, eftersom de var de enda former som var opåverkade av godtyckliga rotationer, och där likformig rörelse följde av kravet på oföränderlighet. Eudoxus modell stämde dock inte speciellt bra kvantitativt – navigation och kalendrar krävde mer precisa astronomiska observationer.

Det praktiska behovet av mer precisa observationer ledde till den Ptolemaiska beskrivningen av varje planets rörelse i termer av likformig rörelse kopplad till två cirklar, nämligen en cirkel (en epicykel) centrerad på en annan cirkel vars centrum var tvunget att förflyttas från Jordens centrum för att modellerna för varje planet skulle överensstämma med mätdata. För den matematiskt intresserade kan jag här nämna att detta är en geometrisk form av Fourieranalys (som för övrigt är ett bland många exempel på matematisk "atomistisk" reduktionism, där man i detta fall beskriver komplicerade kurvor med en uppsättning enkla kurvor), där bara de två första termerna tas med. Att notera är att man hade kunnat gå längre med denna analys och fortsatt med fler epicykler för att på så sätt få en godtyckligt noggrann beskrivning av planetrörelse (notera även skillnaden mellan denna beskrivning och den mer ekonomiska och koherenta beskrivningen i form av Newtonska underliggande gravitationskrafter och den än mer djupa allmänrelativistiska förklaringen där gravitation förklaras med att massa och energi påverkar rumtidens krökning, vilket manifesterar sig i det som vi kallar för gravitation). Trots det Ptolemaiska systemets användbarhet som ett praktiskt "instrument", så höll man samtidigt fast vid Aristoteles kvantitativt ohållbara variant av Eudoxus idéer, där planetrörelse beskrevs med koncentriskt kopplade sfärer centrerade kring Jorden, som den ontologiskt sanna beskrivningen av världen. Detta utgör det första exemplet på vetenskaplig instrumentalism. Tycho Brahe, med sin assistent Kepler, lyckades göra ännu mer precisa astronomiska mätningar än de i antiken och dessa visade att det Ptolemaiska systemet inte stämde överens med dessa mätningars noggrannhet (Tycho Brahe lät t.ex. två oberoende mätstationer göra mätningar för att undvika systematiska fel). Detta ledde till slut Kepler, under decennierna makalöst intellektuellt hederligt förkastande av olika matematiska idéer, till Keplers lagar, som bl.a. visade att planetrörelse inom dåvarande empiriska noggrannhet kunde beskrivas med ellipser med Solen i ellipsens ena fokus och att kvadraten på periodtiden var proportionellt mot kuberna på planetbanans storlek. Det här innebar slutet på antikens heliocentriska världsbild och, inte minst, att himmelsk rörelse var beskrivbar med likformig cirkulär, perfekt, rörelse.

För att åstadkomma ovan behövdes endast skarpa mänskliga ögon, pekpinor att rikta mot planeterna samt stora gradskivor och lod för att hålla reda på deras positioner. Jämför detta med de teknologiska kraven för att kunna göra kemi med experimentell metodologisk reduktionism. Här använde man sig av alkemins teknologiska yrkestraditioner med bl.a. olika typer av glaskärl och filtreringsteknologier, men man behövde även stabila temperaturkällor och vågar för precisa vikt-mätningar. Det är inte märkligt att kemin hade sitt genombrott efter mekaniken och optiken (som visserligen behövde prisma och linser, men långt ifrån den teknologi som krävs för att ens börja med kemi på allvar).

Newtonsk gravitationsteori var ett resultat av än mer precisa positionsbestämningar med hjälp av teleskop. För bl.a. detta ändamål uppfann Newton spegelteleskopet där han använde



sig av sina alkemikunskaper för att kemiskt skapa spegeln i teleskopet, vars kemiska sammansättning inte ändrades med mer än en procent ända tills relativt nyligen (teleskoputvecklingen genomgår för närvarande en revolution). Mer precisa observationer av Månens och planeternas rörelse visade att dessa inte helt exakt rörde sig i ellipser. Under formidabla matematiska svårigheter kunde Newton visa att hans teori, som var en följd av en synnerligen intrikat växelverkan mellan empiri och matematik, stämde överens med dåvarande empiriska noggrannhet (han tog t.ex. hänsyn till Månens storlek, som inte är försumbar gentemot dess banas storlek, Solens, Jordens, Månens, planeternas ändliga massor och att de alla påverkar varandra). Einsteins än mer matematiskt avancerade gravitationsteoris (d.v.s. allmän relativitetsteori) framgångar är i sin tur en följd av den mest avancerade teknologi vi har (t.ex. kräver detektion av gravitationsvågor detektorer som mäter förändringar av längder där en meter ändras med ca en miljondels protodiameter!) och präglas av en synnerligen intrikat växelverkan mellan teori, teknologi och empiri (man måste utveckla mängder med matematiska hjälpsatser och teknologier för att koppla Einsteins ekvationer till den fysiska verkligheten).

Jag noterar i förbigående att teoretiska fysiker ofta underskattar explicit och än mer implicit empirisk input till ny teoribildning (experimentella fysiker underskattar i stället ofta teorifärgning av empiri). Exempelvis bygger allmän relativitetsteori på bl.a. speciell relativitetsteori som är intimt relaterad till Maxwells elektromagnetiska teori. Den är i sin tur fundamentalt beroende av Faradays upptäckt av elektromagnetisk induktion (att tidsvariationer av magnetiska fält genererar elektriska fält), där Maxwell kombinerade detta med elektrisk laddningsbevarande för att få en matematiskt konsistent teori. Utan upptäckten av elektromagnetisk induktion hade vare sig speciell eller allmän relativitetsteori vare sig haft förutsättningar eller motiv till att skapats.

Nej, de sociala vetenskaperna kan inte sägas befinna sig på ett alkemistadium eftersom de har helt andra syften än naturvetenskap, speciellt de fysikaliska vetenskaperna. Man är bl.a. ute efter att förstå kontingenta trender, där man dessutom ofta har en underliggande emancipativ agenda. Man skall inte tro att bara för att man likt naturvetenskapen använder sig av en del gemensamma hjälpmedel/metoder, t.ex. statistik, att detta innebär samma tolkningsproblematik eller kunskapshållbarhet – detta är oftast inte ens syftet, poängen inom de sociala vetenskaperna är typiskt att man vill ändra på något (och "göra världen bättre"). Man kan inspireras av olika områdens metoder, men då bör detta göras med stor försiktighet, och man måste dessutom utveckla olika uppsättningar av kompletterande metoder anpassade till ett forskningsområdes karaktär och syfte.

Slutligen: Materiell reduktionism är både något som närmast kan ses som en filosofisk attityd och som en metod där saker bryts ner i sina materiella beståndsdelar. Experimentell metodologisk reduktionism används förvisso inom materiellt reduktionistiska områden som t.ex. partikelfysik, men då på ett väldigt speciellt sätt (t.ex. är man beroende av vakuumteknologi). Experimentell metodologisk reduktionism är dock tillämpligt på många fler naturvetenskapliga områden än de som präglas av materiell reduktionism, där gemensamt för dessa områden är att man strategiskt väljer/finner vissa situationer där skalförhållanden mellan olika operationellt definierade storheter (ibland valda av pragmatiska skäl och ibland utifrån vad man hävdar är fundamentala första principer, vilket t.ex. kan vara kollektiva organisationsprinciper som bland många ses som mer fundamentala än materiella reduktionistiska principer) är överdrivna och där andra kan varieras på ett kontrollerat sätt. Inom t.ex. termodynamik (som inte kan sägas vara speciellt materiellt reduktionistisk, i

meningen att förståelse nås genom att allt skall brytas ner i några minsta materiella byggstenar) kan man variera volym, temperatur, tryck etc. medan man håller andra termodynamiska storheter fixa.

**UP Fråga 8:** Du gör en stor poäng av förkastandet av teleologiska resonemang a la Aristoteles. Var detta förkastande avsiktligt eller en automatisk följd av det axiomatiska synen? Den grekiska geometrin hade inga teleologiska inslag. Och existerar det någon principiell skillnad mellan teleologisk och logisk? Båda har som syfte att bringa ordning i ett förnimbart kaos.

Newton skrev Principia med Euklides som förebild. Den vetenskapliga ambitionen bestod således i både att förläna den celesta mekaniken matematikens rigorositet och möjligheten att på deduktiv väg komma fram till nya förhållanden. Såsom konsekvenser försvann Aristoteles teleologi och fysikens sanningar, liksom matematikens, blev oberoende av människan, och tillhörande en Platonsk verklighet. (Gravitationen är ett ypperligt exempel på en underliggande verkan i detta fall av nästan mystisk natur).

Newtons bidrag till vetenskapsfilosofin var således att världen inte var kaotisk utan logiskt konsistent ordnad, som sagt i platonsk anda, något som i och för sig kom att ses som anmärkningsvärt (cf. Peirce spekulationer om universums regelbundenhet och Wigners notering om matematikens "unreasonable effectiveness").

**CU Svar på UP fråga 8:** I detta sammanhang så kan det vara värt att gå igenom Aristoteles krav på en förklaring i form av vad Thomas av Aquinos kallade orsaker (som numera skulle benämnas som perspektiv) i ett försök att förena Aristotelisk filosofi med Kristendomen, där Gud är den yttersta "orsaken". Enligt Aristoteles så krävs det fyra orsaker/perspektiv för att få en komplett förklaring/förståelse om något (låt oss ta den färdiga boken som exempel):

Objektets materia. Ex. Boken består av papper med tryckt text.

Form (design). Ex. Boken har en rektangulär form med lite kraftigare pärm.

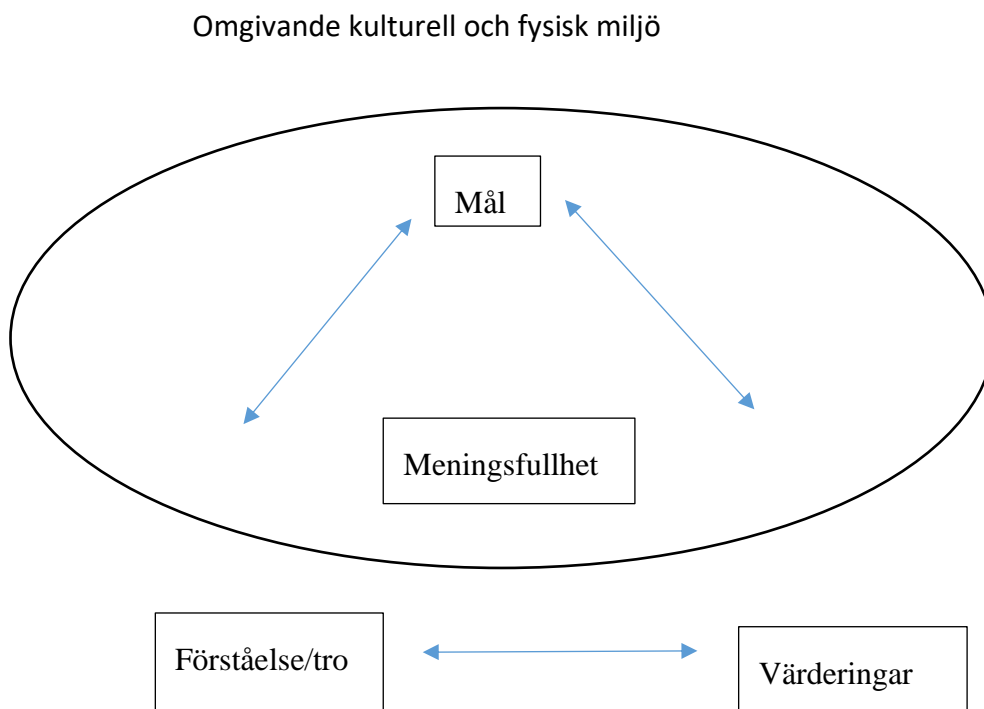
Effektiv "orsak" (vad/vilka processer gav upphov till objektet). Ex. Boken har tryckts av ett tryckeri med text skriven av författarna.

Slutlig "orsak" (syftet/intentionen med objektet, vad det skall användas till = teleologisk orsak). Ex. Jens hade intentionen att skapa en bok om vetenskaplig metod där individer bidrar med erfarenheter ifrån olika forskningsfält, med förhoppningen att detta skall intressera några presumtiva läsare.

Utan den teleologiska orsaken 4) hade det överhuvudtaget inte blivit någon bok och därmed inga punkter 1) - 3). Slutsats, den teleologiska punkten 4) är den viktigaste punkten i en förklaring. Det här stämmer rätt väl när det gäller att förklara fenomen associerade med människans verksamheter, eftersom hon har en simuleringskapacitet, fantasi, att tänka både möjliga och omöjliga världar, samt en fysisk kausal kapacitet att handla utifrån de intentioner hon mentalt skapar, där vi i förbigående noterar att utan denna kapacitet så vore kognitiva funktioner meningslösa. Den teleologiska punkten 4) har dock haft en hämmande inverkan på saker som inte har med människan att göra, d.v.s. det naturvetenskap handlar om (även om naturvetenskapen nu i allt högre grad även ger sig in på att förklara människans biologiska natur) – atomer, molekyler, stenar, rum, tid, etc. har ingen simuleringskapacitet, inga värderingar och kan inte skapa intentioner. Aristoteles misstag, vilket han knappast kan sägas vara ensam om, var att ta människan som förebild för allting annat (vilken mänskligt egotrippad hybris!).

Man kan inte säga att förkastandet av den teleologiska aspekten/perspektivet var en följd av axiomatisering – exempelvis var inte Darwins *On the Origin of Species* axiomatiserad, men i hans evolutionslära finns inga teleologiska element (vi har nu dock kapaciteten att för första gången i livets historia själva styra genetisk utveckling med hjälp av bioteknik, vilket innebär att människans teleologiska förmåga nu inverkar på den biologiska utvecklingen, som därmed för första gången i historien får en viss teleologisk dimension). Förvisso så utgör Aristoteles förklaringsmodell ett försök att ”bringa ordning i ett förnimbart kaos”, men detta har väldigt lite med modern naturvetenskap att göra – orsakerna här ligger i det förflutna och nuet, inte i simulerade framtider, mål och mänskliga värderingar.

Det kan här vara på sin plats med följande överförenklade skiss för att illustrera mänskligt tänkande:



Människans kognitiva förmåga tillåter oss att ställa upp framtida mål baserade på våra värderingar och vår förståelse – det som är värdefullt är det som tillåter oss att uppfylla våra mål vilka är baserade på vår förståelse/tro om den kulturella och fysiska världen (ovanstående figurs kontext/miljö), där mål, värderingar och förståelse interagerar med varandra för att skapa något som vi känner som meningsfullt och som binder samman mål, värderingar och förståelse. Ursprungligen är mål och värderingar kopplade till kausalt uttryckt beslutsfattande för att främja överlevnad och fortplantning. Men p.g.a. bl.a. människans sociala natur har hon delvis gått bortom dessa biologiskt ursprungliga mål så till den milda grad att hon kan vara villig att offra sitt liv för en (socialt konstruerad) idé/fiktions/berättelse, t.ex. en religion, en politisk ideologi, en "nation".

Ett förtydligande: Principias inledning är inspirerad av Euklides Elementa och därefter följer bl.a. matematiska resonemang som Arkimedes skulle ha kunnat följa (Newton döljer sin integration- och differentialkalkyl, kanske av pedagogiska skäl). Principias stora genomslagskraft berodde inte på axiomatisering utan på dess tydliga koppling till empiri: Newton upprättade en skarp och ofta oväntad korrespondens mellan matematiska strukturer och den fysiska verkligheten (för ytterligare information, se svar till Jens Allwoods fråga 4).

**UP Fråga 9:** Freuds och Marx teorier var specifika måltavlor för Popper. Ser du i något av dessa fall en "vetenskaplig ansats" ? Skulle delar av det kunna utvecklas eller utgör de i din mening återvändsgränder utan potential?

I båda fallen har vi att göra med slående teoribildningar (med ansatser till de klassiska analys och syntes) som i naturvetenskaplig anda går djupare än det för sinnena uppenbara, men de är inte falsifierbara, d.v.s. de kan inte konfronteras med en empirisk verklighet och därmed utvecklas. Det är signifikativt att i båda fallen är renlärighet av största vikt, liksom inom religionen, men renlärighet åtminstone per se är inte aktuellt i naturvetenskapen.

**CU Svar på UP fråga 9:** Poppers svar var enligt min mening tydliga nog. Freuds psykoanalytiska teori innehåller kanske en del sanningar, men den är ännu inte tillräckligt skarp för att vara falsifierbar, men den har kanske potential att i vissa delar utvecklas (Freuds idéer har varit en viktig inspirationskälla inom modern kognitionsforskning, men frågan är hur mycket av dessa idéer som kommer att finnas kvar) och därmed är den förvetenskaplig. Marx teori hade från början skarpa falsifierbara uttalanden om t.ex. det kapitalistiska samhällets kollaps, men då detta inte skedde lades massa ad hoc (bort-)förklaringar till som gjorde teorin omöjlig att falsifiera, vilket därmed gör teorin postvetenskaplig, enligt Popper.

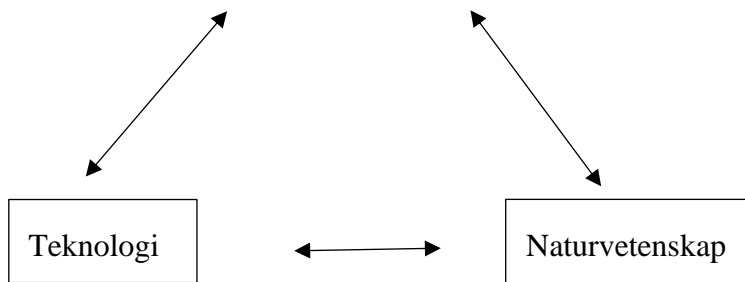
**UP Fråga 10:** Kan man lita på vetenskapen? Vad är grunden för övertygelse inom vetenskapen?

Grunden för vår omedelbara (sinnliga) verklighetsuppfattning är det faktum att vi upplever världen genom olika sinnen vilka alla bekräftar varandra. På samma sätt i naturvetenskapen såväl som i matematiken, om något kan verifieras på många olika oberoende sätt, så har själva konsistensen en övertygande kraft som går utöver de enskilda deduktiva tankekedjorna.

**CU Svar på UP fråga 10:** Frågan är för bred för att kunna besvaras: Vilken vetenskap och vilken del av en given vetenskap? Inom varje disciplin finns det mer eller mindre underbyggda påståenden och nätverk av påståenden.

Ja, en del av grunden för vad vi har skäl att tro på utgörs av ömsesidig bekräftelse av våra individuella sinnen, men minst lika viktigt är att fler människor når samma slutsats, d.v.s., att erfarenheter är konsistent intersubjektiva. Dessutom kan vi erhålla mer trovärdig kunskap genom att kombinera våra sinnen med andra förmågor samt, inte minst, genom samarbete i stora antal över tid skapar vi teknologier som är mycket mer kraftfulla och tillförlitliga än våra sinnen och direkta förmågor (vi brukar t.o.m. ibland prata om den "mänskliga faktorn" när något går fel). Vi kan beskriva denna utveckling skissartat med följande ingredienser.

Nätverk av institutioner



Med institutioner menar jag formella och informella sociala strukturer/beteendemönster som är tillräckligt stabila för att tillåta spridning och utveckling av kunskap och kompetenser över generationsgränser, t.ex. stater, företag, universitet, olika sociala nätverk, etc., vars verksamheter interagerar med varandra och tillhandahåller den infrastruktur och resurser som möjliggör forskning och utveckling av naturvetenskap och teknologi; institutioner är i sin tur en följd av resurser som skapats av en allt mer naturvetenskapligt beroende teknologi, som dessutom är en drivande faktor för ny naturvetenskap.

**UP Fråga 11:** Citeringsindex spelar nu en stor roll inom vetenskapen. Vad anser du om detta? Sporrar det till aktivitet i och med det mer eller mindre uttalade tävlingsmomentet? Innebär det en större objektivitet och därmed större rättvisa inom bedömning? Eller kan det rentav snedvrider forskningen?

Traditionell vetenskap skedde på individuell nivå driven av inre nyfikenhet. Vad vi har bevittnat på senare tid är en industrialisering av vetenskapen, där matematiken har lyckats hålla sig undan längst, till en viss del beroende på att den inte har varit så fysiskt resurskrävande, men i och med universitetens expansion och 'publish and perish' mentaliteten som har tagit över universiteten med ökad konkurrens har pressen på publicerade resultat ('meriteringsmakalatur' enligt Peter Luthersson) ökat. Därav har citeringsindex (vars ursprungliga syfte var något helt annat) och biometri kommit att inta en större och större roll. Traditionellt bedrevs matematisk forskning som inom det medeltida skråväsendet. Denna industriella utveckling, som även har haft politiska konsekvenser (den stora partikelacceleratorn som kärnfysiker drömde om var så resursslukande att den stoppades av den amerikanska kongressen, vilket innebar en stor frustration för en mycket begränsad del av mänskligheten - Steven Weinberg et al).

En annan aspekt av "industrialiseringen" är att forskare blir mer och mer specialiserade och saknar mer och mer filosofisk översikt. Det skulle inte förvåna mig att många forskare inom biokemin skulle kunna vara evolutionsförnekare.

**CU Svar på UP fråga 11:** Citeringar och bibliometri liksom vetenskapliga moden sker både på gott och ont, där dock ont, enligt min mening, överväger. När det gäller den goda sidan så kan det innebära en omdirigering av ändliga resurser till forskningsområden som det är angeläget att utforska. Beträffande den onda sidan kan det leda till ytlighet och en mer eller mindre godtycklig diskurs där dessutom långsiktighet hotas – t.ex. kräver fundamental fysikalisk teori, samt strategiska val och uppbyggnad av experiment, tid för att göra sig verkligt gällande, speciellt när det kommer till deras teknologiska tillämpningars kulturella implikationer.

Slutligen, som jag diskuterat i samband med andras frågor, nyfikenhet är bara en bland många drivkrafter när det gäller vetenskap, men låt mig här nämna makt, något som kanske ses med ett visst obehag när det gäller bl.a. matematikers och naturvetares självbild. Det finns goda skäl att hävda att sociala strukturer och makt är mer betydelsefullt för vetenskaplig utveckling

än individers nyfikenhet, illustrerat av följande exempel: Renässansen och efterföljande vetenskapliga revolution var påtagligt beroende av de resurser som genererades av de globala handelsnätverk (och så småningom imperier) som skapades under de stora upptäcktsresornas epok, som var en följd av ekonomiska och politiska motiv, båda associerade med sociala maktstrukturer; notera även kartografiutvecklingen under denna epok, där kartor påtagligt inverkar på maktstrukturer. Vad mer är, upptäcktsresorna medvetandegjorde européerna om att kulturer kunde vara annorlunda än deras egna, något som stimulerade individers vyer och nyfikenhet under och efter renässansen, d.v.s., sociala maktstrukturer inverkar på vad individer är nyfikna på, hur deras nyfikenhet uttrycks, och om de tilldelas de resurser som krävs för att tillfredsställa deras nyfikenhet.