

Evolutionsvetenskapen, kreationismen och samhället

*Denna text är en översättning av det avslutande kapitlet "Evolutionary Science, Creationism and Society" (kapitel 22) i Douglas J. Futuymas bok "Evolution" (2005). Den publiceras här med tillstånd från författaren och förlaget Sinauer Associates, Inc., USA (webbadress: www.sinauer.com). Texten är skriven med anledning av den debatt om evolution kontra kreationism/intelligent design som pågått och pågår i USA. Översättningen är gjord av Niels Hovmöller och granskad av ledamöterna i Nationalkommittén för biologi. För att underlätta för läsaren att jämföra översättningen med originaltexten har originalets sidnumrering lagts in löpande i den svenska översättningen med färgade nummer (t. ex. **sid 528**). Sidhänvisningar i texten är till andra avsnitt i Futuymas bok.*

523 Vi gör inte anspråk på att känna till mer än en liten bråkdel av livets utvecklingshistoria eller att helt förstå evolutionens alla mekanismer, och det finns många åsiktsskillnader bland evolutionsbiologer om enskildheter inom både historien och mekanismerna. Att utvecklingen faktiskt har ägt rum – att alla organismer härstammar från och har förändrats från ett gemensamt ursprung – är emellertid sedan mer än ett sekel tillbaka inte ifrågasatt av vetenskapen. Det är ett faktum på samma sätt som att materien består av atomer eller att jorden kretsar runt solen. Ändå finns det många som inte tror på evolutionen. Mer än 40% av USA:s befolkning anser att arten människa skapades direkt av Gud och alltså inte utvecklades från en förfader som vi har gemensam med andra primater (och från en mycket avlägsnare gemensam anfader som vi delar med alla andra arter). De som hyser dessa åsikter kallas ofta **kreationister**. I Europa (även i länder som Italien med en statsreligion) ifrågasätter däremot de flesta inte att utvecklingen ägt rum, och där förvånas man ofta över att en antivetenskaplig inställning kan frodas i världens ledande land inom teknik och vetenskap.



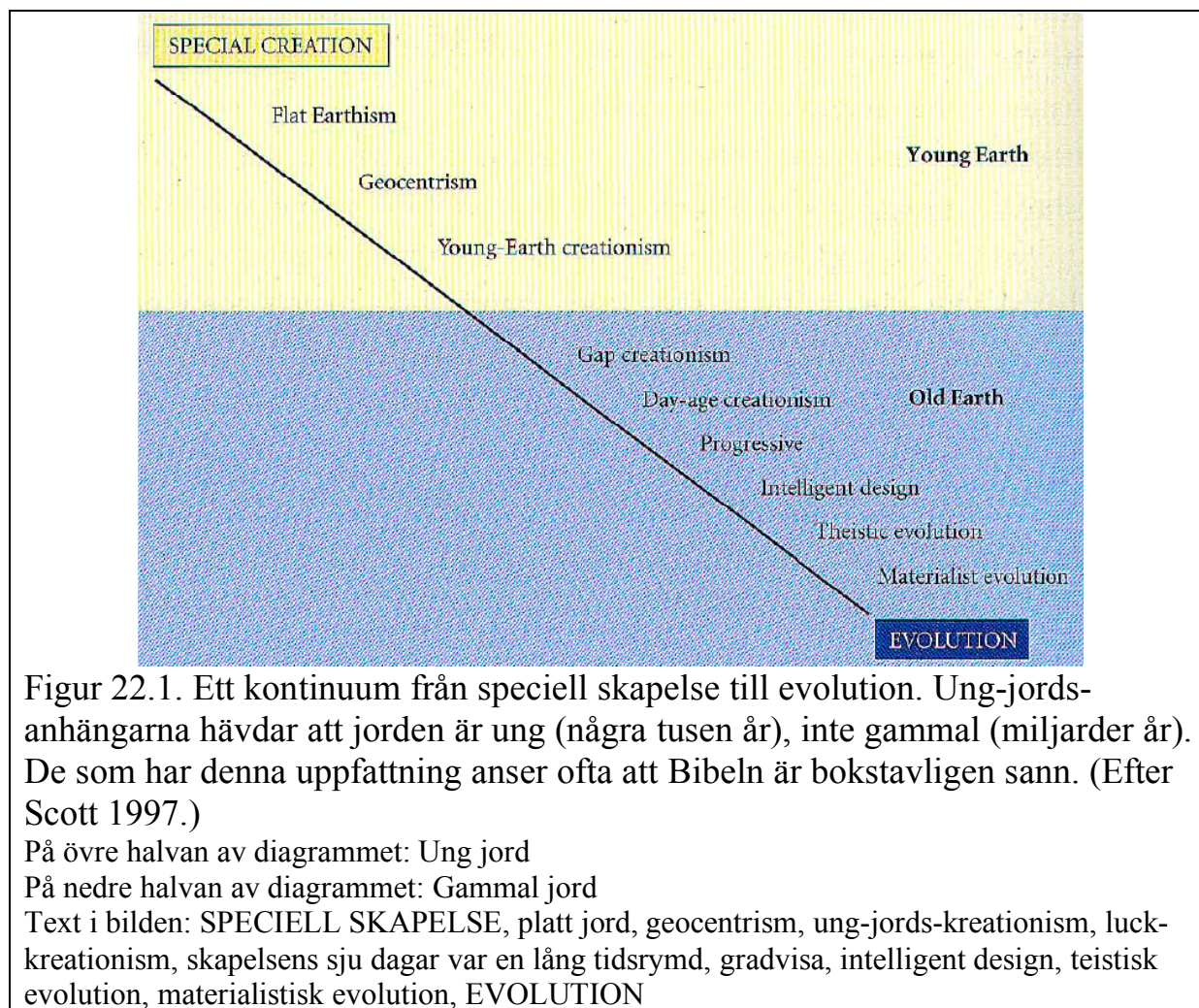
För komplext? Denna bombardierbagge (*Stenaptinus insignis*) försvarar sig genom att spruta ut en giftig kemikalie som exploderar genom en kokhet reaktion som uppstår genom katalys av enzymer i ett speciellt utrymme i buken, vilket visas genom detta fasthållna laboratorieexemplar. Kreationisterna har hävdade att detta försvarssystem är för komplext för att kunna ha evoluerat. Se sid. 534 för en vederläggning av denna ståndpunkt. (Foto Thomas Eisner.)

524 I detta kapitel tar vi upp kreationisternas trosföreställningar och deras argument mot evolutionen, och vi går igenom de observationer som talar för evolutionen som beskrivs i denna bok. Vi kommer även att se de många sätt, på vilka samhället är beroende av en bättre förståelse av evolutionen.

Kreationister och andra skeptiker

De flesta som inte tror på evolutionen förkastar tanken därför att de anser att den strider mot deras trosföreställningar. Många, kanske de flesta, är kristna, muslimska eller (sällan) judiska fundamentalister, som håller sig till en bokstavlig eller nästan bokstavlig tolkning av heliga texter. För kristna och judiska fundamentalister strider evolutionen mot deras bibeltolkning, särskilt Första Moseboks första delar, som skildrar hur Gud skapar himlen, jorden, växterna, djuren och människorna på sex dagar. Många västerländska religioner läser dessa bibliska berättelser som symboliska sanningar, inte bokstavliga eller vetenskapliga. Många djupt religiösa människor tror på evolutionen och ser den som den naturliga mekanism varigenom Gud har låtit skapelsen ske. Vissa religiösa ledare har förklarat att de godtar evolutionen som ett faktum. Påven Johannes Paulus II bekräftade 1996 evolutionens giltighet och betonade att det inte råder någon konflikt mellan evolutionen och den katolska kyrkans teologiska dogmer. Påvens inställning låg nära den som kallas den teistiska evolutionen, som hävdar att Gud stiftade naturlagar (såsom det naturliga urvalet) och sedan lät världsalltet sköta sig självt utan ytterligare övernaturligt ingripande.

Kreationisternas trosföreställningar varierar starkt (Bild 22.1). De mest extrema tolkar varje ord i Bibeln bokstavligt. De innefattar ”ungjords-kreationisterna” som tror på en **särskild skapelse** (läran att varje art, nu levande eller utdöd, skapades enskilt av Gud i allt väsentligt i dess nuvarande form), ett ungt universum och en ung jord (med en ålder under 10 000 år), en syndaflod som dränkte jorden och en ark i vilken Noa bevarade två individer av alla levande arter. De måste därför förneka inte bara evolutionen, utan även det mesta av geologin och fysiken (inklusive radioaktiv datering och astronomiska bevis på universums höga ålder). Vissa kreationister delar många eller de flesta av de bokstavstroendes trosföreställningar, inklusive den särskilda skapelsen, men accepterar jordens och det övriga universums höga ålder. (De hävdar att var och en av skapelseberättelsens **525** ”dagar” varade i miljontals år.) Andra kreationister går med på att mutationer och naturligt urval förekommer, och till och med att mycket likartade arter kan uppstå från ett gemensamt ursprung. De förnekar emellertid att högre taxa (släkten, familjer etc.) har utvecklats från gemensamma förfäder, och de flesta av dem hävdar bestämt att arten människa skapades separat av Gud, till hans avbild – vilket är huvudanledningen till att de över huvud taget intresserar sig för evolutionen.



Vissa evolutionsförnekare, bland dem ett litet fåtal forskare, hänvisar inte explicit till en särskild gudomlig skapelse. En del av dem tycks till och med acceptera vissa delar av evolutionen, såsom utvecklingen av skilda arter utifrån gemensamma förfäder. De hävdar emellertid att många biologiska fenomen är för komplicerade för att ha uppstått genom naturligt urval och bara kan förklaras med **Intelligent Design (ID)**. Föreläsarna hävdar att intelligent design är ett vetenskapligt, inte ett religiöst, begrepp. Men den "designer" de föreställer sig är en övernaturlig varelse, inte en materiell sådan (d.v.s. en varelse som motsvarar Gud).

Aktivistiska kreationister ägnar sin största energi åt att undertrycka skolundervisningen i evolution eller i varje fall kräva "lika mycket tid" för sina åsikter. I USA har emellertid författningens förbud mot statligt stöd till religiös verksamhet tolkats som att den bibliska versionen, liksom varje annan öppet religiös framställning av ursprunget till livets mångfald, inte kan förkunnas i offentliga skolor. Aktivisterna har därför anlagt flera typer av kamouflage. En sådan är "**vetenskaplig kreationism**" eller "**skapelsevetenskap**", som går ut på angrepp på och förment vetenskapliga bevis mot evolutionen. Dessa debattinlägg har inte övertygat och kommer inte att göra det, främst därför att de

inte har eller kan ha något vetenskapligt innehåll. Ett aktuellt kamouflage är ”intelligent design-teori”, vilken, som vi har sett, lär ut att levande varelsers komplexitet bara kan förklaras genom intelligent design, utan att man direkt nämner Gud.

Lagförslag som kräver att man ger lika tid åt ”skapelsevetenskap” i allmänna skolor har lagts fram i vissa delstatsförsamlingar, men 1987 fann USA:s högsta domstol att en sådan lag strider mot författningen därför att den ”ställer sig bakom religionen genom att hävda den religiösa trosföreställningen att en övernaturlig varelse skapade mänskligheten” och därför att det hade författats ”för att ändra kursplanen i naturvetenskap för att stämma överens med en viss religiös inställning”. Resultatet blev att lokala och delstatliga parlamentariker idag använder andra, ibland till synes harmlösa, formuleringar för att få in kreationismen i skolans kursplaner. 2003 lades sålunda ett lagförslag fram i Mississippis lagstiftande församling som krävde att ”om man lär ut en vetenskaplig teori om biologiskt ursprung, skall undervisningen ägna lika mycket resurser åt biologisk evolution och biologisk intelligent design”. (Innebörden är att intelligent design är en vetenskaplig teori – vilket, som vi skall se, den inte är.) Ett lagförslag framlagt i Kansas 2003 skulle ha tvingat skolorna att stödja framställningen av ”vetenskapligt bevismaterial som stödjer livets ursprung och dess mångfald objektivt och förutsättningslöst samt utan religiöst, naturalistiskt eller filosofiskt ställningstagande”. (Formuleringen ter sig underbart upplyst – bortsett från att kreationister brukar hävda att vetenskapen har en inbyggd ”naturalistisk” partiskhet, eftersom den definitionsmässigt förklarar fenomen genom naturliga processer och naturlagar, och de till och med påstår att evolutionen är en religiös dogm.)

Vetenskap, tro och utbildning

Biologer och andra som argumenterar emot att man tar med någon form av kreationism i naturvetenskapliga ämnen är inte motståndare till yttrandefriheten och de försöker inte utplåna den religiösa tron. De hävdar helt enkelt att fast det vore acceptabelt att undervisa om skapelseberättelser i historia eller samhällskunskap, är sådana trosföreställningar inte vetenskapliga hypoteser, och de har ingen plats i undervisningen i naturvetenskap. Tyvärr har de flesta föga insikt i vad vetenskapen är och hur den fungerar, även om de läst kurser i naturvetenskap – och denna kunskap är av avgörande betydelse för debatten mellan evolution och kreationism.

Vetenskapen är inte, som många tror, en samling fakta, utan snarare en process för att skapa förståelse av naturfenomen. Denna process består till större delen av att ställa hypoteser och pröva dem med hjälp av iakttagelser och experiment. Trots allt prat om att ”bevisa” hypoteser, håller de flesta forskare med vetenskapsfilosoferna om att vetenskapen inte kan bevisa någon hypotes fullständigt; d.v.s. de kan inte uppnå absolut garanterade **526** bevis av de slag

som kan erhållas inom matematiken. I stället accepteras den hypotes *provisoriskt* som för tillfället bäst kan förklara data, med den givna förutsättningen att den kan komma att ändras, utvidgas eller förkastas och senare resultat motiverar det, eller om det läggs fram en bättre hypotes som ingen ännu kommit på. Någon gång ersätter ett helt nytt "paradigm" ett tidigare; således revolutionerade platt-tektionen geologin på 1950-talet när den ersatte tron att kontinenterna hade fasta lägen. Oftare modifieras och utvidgas gamla hypoteser gradvis. Mendels lagar om avkommans likformighet och anlagens åtskillnad, som blev inledningen till den moderna genetiken, modifierades när fenomen som koppling och meiotisk obalans upptäcktes, men den underliggande principen om ärftlighet baserad på "partiklar" (gener) stämmer än i dag.

Denna process avspeglar en av vetenskapens viktigaste och värdefullaste egenskaper: även om enskilda forskare håller fast vid en hypotes, är de som grupp inte bundna till en viss föreställning, och de håller inte fast vid den om det framkommer övertygande motsägande information. De måste och kommer att ändra uppfattning om bevisen ger anledning därtill. Mycken forskning består faktiskt i att söka blottor i vedertagna idéers rustning, och få framsteg kan förbättra en forskares rykte mer än om denne visar att en allmänt omfattad föreställning är otillräcklig eller felaktig. Som social process är vetenskapen således provisorisk; den ifrågasätter trosuppfattningar och auktoriteter; den prövar ständigt sina åsikter mot den föreliggande kunskapen. Vetenskapliga påståenden är i själva verket resultatet av ett naturligt urval, för idéer (och forskare) tävlar mot varandra så att de samlade idéerna på ett forskningsfält växer till innehåll och förklaringskraft (Hull 1998). Vetenskapen skiljer sig i detta från kreationismen, som inte använder kunskaper för att pröva sina påståenden, inte tillåter vetande att skaka dess a priori-bundenhet till vissa åsikter, och inte växer i förmåga att förklara omvärlden.

Hur skulle den kunna det? Antag att en förespråkare för intelligent design hävdar att flercelliga organismer är så komplexa, jämfört med encelliga organismer, att de måste ha uppstått genom ingripande av en intelligent designer eller skapare. Om ID-förespråkaren inte hävdar att rymdvarelser ligger bakom detta, måste denna designer vara en övernaturlig och inte en materiell varelse. Vad var denna designer då, hur försåg den organismerna med nya egenskaper, hur lång tid tog det och varför gjorde den detta? Vetenskapen kan åtminstone föreställa sig olika sätt att tackla sådana frågor. (Vi kan t.ex. leta efter fylogenetiska mellanformer, analysera sekvensskillnader i gener som kodar för de relevanta karaktärsskillnaderna, leta fossiler, utföra experiment med selektionsfördelarna med flercellighet.) Men ID-hypotesen alstrar inga forskningsuppslag.

Forskning kräver att vi har en metod att pröva hypoteser som vilar på data från försök eller iakttagelser. Vetenskapliga hypotesers viktigaste egenskap är att de kan prövas, åtminstone i princip. Ibland kan vi testa en hypotes genom direkta iakttagelser, men vanligare är att vi inte kan iaktta processer eller orsaker

direkt (så kan t.ex. elektroner, atomer, vätebindningar, molekyler och gener inte observeras direkt, och vi kan inte följa en mutation som uppstår under DNA-replikation). I stället sluter vi oss till sådana processer genom att jämföra resultaten av iakttagelser eller experiment med förutsägelser byggda på konkurrerande hypoteser. För att dra sådana slutsatser måste vi anta att skeendena följer naturlagar: påståenden som går ut på att vissa följder av händelser alltid kommer att inträffa under vissa betingelser. Det innebär att forskningen är beroende av att naturliga fenomen uppträder konsekvent eller förutsägbart (åtminstone statistiskt sett) vilket fysikens och kemins lagar ger prov på. Eftersom övernaturliga händelser eller varelser förutsätts upphäva eller trotsa naturlagarna, kan vetenskapen inte dra några slutsatser om dem, och kan inte ens bedöma giltigheten av någon hypotes om dem.

Det är viktigt att förstå att på samma sätt som religionen inte tillhandahåller vetenskapliga, mekanistiska förklaringar till naturfenomen, kan vetenskapen inte ge svar på några frågor som inte handlar om naturfenomen: den kan inte tala om för oss vad som är vackert eller fult, bra eller dåligt, moraliskt eller omoraliskt. Den kan inte tala om för oss vad som är livets mening, och den kan inte säga oss om övernaturliga varelser existerar (Jfr Gould 1999, Pigliucci 2002).

Forskarna kan pröva och vederlägga vissa specifika kreationistiska påståenden, såsom att det en gång inträffat en världsomfattande översvämning eller att jorden och alla livsformer är mindre än 10 000 år **527** gamla, men vetenskapen kan inte testa hypotesen att Gud existerar eller att han har skapat någonting, för vi vet inte vilka sammanhängande mönster dessa hypoteser skulle förutsäga. (Försök att tänka ut en iakttagelse av något slag som definitivt skulle utesluta dessa övernaturliga möjligheter.) Vetenskapen måste därför inta den hållningen att naturliga orsaker ligger bakom allt vi vill förklara i naturen. Detta är inte nödvändigtvis samma sak som att binda sig för METAFYSISK NATURALISM (antagandet att allting i verkligheten har naturliga och inte övernaturliga orsaker), men det innebär att vi binder oss vid METODOLOGISK NATURALISM (det provisoriska antagandet att vi bara kan förutsätta naturliga orsaker när vi söker vetenskapliga förklaringar). Kreationismens grundläggande påstående – att biologisk mångfald orsakats av övernaturliga krafter – kan inte provas. Samma sak gäller ”intelligent design”-teorin; den kan inte utvärderas med vetenskapliga metoder.

Vi har använt orden ”hypotes”, ”teori” och ”fakta”, och det krävs att vi förstår vad de betyder. En **hypotes** är ett förslag, ett antagande. Före 1944 var tanken att det genetiska materialet var DNA en trovärdig hypotes som det inte fanns mycket forskning till stöd för. Sedan 1944 har hypotesen stärkts allteftersom forskningsresultat lagts fram. Nu betraktas den som ett faktum. Ett **faktum** är, enkelt uttryckt, en hypotes som har kommit att bli så väl underbyggd av observationer att vi känner oss säkra när vi betraktar den som sann. För att ta till en analogi från rättssalen, så har den ”bevisats” bortom allt rimligt tvivel. Inte bortom allt tänkbart tvivel, utan rimligt tvivel.

En **teori** i den betydelse ordet har inom vetenskapen, är inte en ej underbyggd spekulaton eller hypotes (ordets vardagliga innebörd). En teori är i stället en stor idé som omfattar andra idéer som den väver samman till en sammanhängande helhet. Det är en mogen, sammansatt samling påståenden, byggd på logik och säkra vittnesbörd, som förklarar ett brett spektrum av iakttagelser. Den är enligt en av definitionerna i *Oxford English Dictionary* ”en samling eller ett system av idéer och påståenden som gäller som förklaring eller redogörelse för ett flertal idéer eller fenomen; ... en framställning av vad man känner till som allmänna lagar, principer eller orsaker till något känt eller iakttaget”. Sålunda är atomteorin, kvantteorin och platt-tektonikteorin inte bara spekulatoner eller åsikter, utan väl underbyggda idéer som förklarar ett brett spektrum av fenomen. Det finns bara några få teorier inom biologin, och bland dem är evolutionen förvisso den viktigaste.

Är då evolutionen ett faktum eller en teori? I ljuset av dessa definitioner är evolutionen ett vetenskapligt faktum. Det betyder att allt livs ursprung, med förändringar, från gemensamma anfäder är en hypotes som under de gångna ca 150 åren har fått stöd av så många iakttagelser, och har motstått alla utmaningar så framgångsrikt, att den har blivit ett faktum. Men denna historik av evolutionära förändringar förklaras av evolutionsteorin, den samlade mängden utsagor (om mutationer, urval, genetisk drift, utvecklingsbegränsningar o.s.v.) som tillsammans förklarar de olika förändringar som organismerna har utsatts för.

Då kreationistiska förklaringar till mångfalden och egenskaperna hos levande varelser inte kan utvärderas med vetenskapens metoder, bör de inte få lika mycket tid under lektionerna i naturvetenskapliga ämnen. Det skall inte heller andra antingen ovetenskapliga eller bevisligen felaktiga hypoteser. Kemilärare skall inte undervisa i alkemi (den gamla föreställningen att ett grundämne som t.ex. bly på magisk väg kan omvandlas till ett annat som t.ex. guld), tanken om en platt jord ska inte ens tas upp under lektioner i geovetenskap, lärare i psykologi och historia ska inte ta upp astrologiska förklaringar till historiska händelser eller personliga egenskaper – trots att det finns personer som tror på samtliga dessa pseudovetenskapliga idéer. Demokratins ideal omfattar inte idéer: vissa är helt enkelt felaktiga, och av rent praktiska skäl är det nödvändigt att vi visar upp dem som sådana. I vardagslivet räknar vi med och litar på naturliga, inte övernaturliga, förklaringar. Till skillnad från puritanerna i Salem i Massachusetts som 1692 dömde folk för häxeri, tror vi inte längre på allvar på tanken att någon kan drabbas av en häxas förbannelse eller bli besatt av demoner, och vi skulle bli djupt upprörda om en brottsling lyckades undgå straff därför att han hävdade att ”det var djävulen som fick mig att göra det”. Till och med de starkast troende som innerligast tror att den Högste bär dem på sina händer skulle gripas av panik om flygplanets vingklaffar drabbas av ett funktionsfel. Vi litar på vetenskapliga förklaringar, och vi vet att vetenskapen har bevisat sin duglighet – därför att den fungerar.

528 *Bevisen för evolution*

Observationerna som talar för evolutionen har presenterats i de föregående kapitlen i denna bok. De exempel som beskrivits utgör bara en liten bråkdel av de forskningsrapporter som skulle kunna tas upp som stöd för varje enskild beviskedja. I detta avsnitt kommer vi helt enkelt att gå igenom det som talar för evolutionen och hänvisa till tidigare kapitel för utförligare exempel.

Fossilerna som källa

Kedjan av fossil är oerhört ofullständig, av skäl som geologerna väl förstår (se kap. 4). Följaktligen har de övergångsformer som vi förutsätter som ursprung för många högre taxa inte påträffats (ännu). Men det finns absolut ingen sanning i det som påstås av många kreationister, nämligen att fossilkedjan inte innehåller några mellanformer. Det finns många exempel på sådana former, både på högre och lägre taxonomiska nivåer. Kapitel 4 ger flera exempel på hur klasserna inom fyrfota ryggradsdjur har utvecklats. Man träffar fortfarande med jämna mellanrum på mellanformer av avgörande betydelse; bara under de senaste åren har åtskilliga kinesiska fossil, däribland fjäderklädda dinosaurier, kraftigt ökat fåglarnas belagda stamtavla. Fossilerna ger också två viktiga exempel på hur egenskaper utvecklas: mosaikevolution (t.ex. mer eller mindre oberoende utveckling av olika egenskaper under däggdjurens evolution) och gradvis förändring av enstaka egenskaper (t.ex. kranietets volym och andra drag hos hominiderna).

Många upptäckter i fossilkedjan stämmer med förutsägelser som bygger på fylogenetiska och andra iakttagelser. De tidigaste fossila myrorna har till exempel de getinglika drag som förutsagts av entomologer, och upptäckten av fjäderklädda dinosaurier var väntad med tanke på att forskarna var eniga om att fåglarna utvecklats ur dinosaurier. På samma sätt förutsätter fylogenetiska analyser av levande organismer en kedja av förgreningar, liksom att dessa egenskaper uppvisar en följd av artskiljande egenskaper hos de olika grenarna. De kända fossilerna stämmer ofta in på de förutsagda ordningsföljderna (som framgick av kap. 4 och 5): således kommer prokaryoterna före eukaryoterna, vinglösa insekter (de fylogenetiskt ursprungliga silverfiskliknande djuren) föregår de bevingade insekterna, fiskar kommer före fyrfotadjuret, groddjur före amnioterna, alger före kärlväxterna, ormbunkar och nakenfröiga växter före blomväxterna.

Fylogenetiska och jämförande studier

Fast mycket ännu är ovisst beträffande fylogenetiska släktskapsförhållanden (t.ex. hur huvudgrupperna av fåglarna förhåller sig till varandra) passar

fylogener som är väl underbyggda av en grupp av egenskaper vanligen väl ihop med de släkträd som ritats upp med hjälp av andra egenskaper (se kap. 2). Molekylära fylogener bekräftar många av de släktskapsförhållanden som länge antagits utifrån morfologiska data. Dessa båda datamängder är helt oberoende (de molekylära fylogenierna baseras ofta på sekvenser som inte har någon biologisk funktion), så överensstämmelsen motiverar att man sätter tilltro till att släktskapen är reell: att släkttavlorna bildar monofyletiska grupper som faktiskt härstammar från gemensamma förfäder.

Den största monofyletiska gruppen omfattar alla organismer. Fast Darwin kunde tänka sig att livet kunde ha uppstått från ett antal urfäder, kan vi idag på grund av de många egenskaper som är gemensamma för dem alla vara övertygade om att alla kända livsformer kommer från en gemensam förfader. Dessa egenskaper omfattar de flesta av kodonerna i den genetiska koden, nukleinsyrereplikationen, mekanismerna för transkription och translation, proteiner som bara består av ”vänsterhänta” (L-isomera) aminosyror, samt många exempel på grundläggande biokemi. Många gener är gemensamma för alla organismer, däribland de tre stora grupperna (bakterier, archaea och eukaryoter; se kap. 4 och 19) och dessa gener har framgångsrikt använts för att kartlägga de äldsta grenarna på livets träd.

Systematiker har visat att skillnaderna mellan besläktade arter ofta bildar gradvisa övergångar utmed en skala från obetydliga avvikelser till stora skillnader. (Se t.ex. bild 3.21 - finns ej med i detta material.) Dylika mellanformer gör det ofta svårt att avgränsa klara familjer eller andra högre taxa, så att klassificeringen ofta blir ett något godtyckligt val mellan att ”splittra” arterna och att ”klumpa ihop” dem till ett fåtal taxa. Systematiska 529 studier har också visat att det gemensamma ursprunget, d.v.s. homologin, för egenskaper som kan variera starkt mellan olika taxa - de mest älkända exemplen är de radikalt olika typerna av extremiteter hos olika grupper av fyrfotadjur bland ryggradsdjuren. Strukturell homologi är ofta lättare att iaktta i tidiga utvecklingsstadier än hos fullvuxna organismer, och dagens utvecklingsbiologi har visat att Hox-gener och andra utvecklingsmekanismer är gemensamma för djur-fyla som gick skilda vägar från en gemensam stamfader för en miljard år sedan eller mera.

Gener och genom

Revolutionen inom molekylärbiologin och genom-forskningen ger data om evolutionen i större omfattning än någonsin. Dessa data visar allt tydligare hur oerhört mycket som är gemensamt för alla levande varelser. På grund av denna överensstämmelse kan genernas och genomens struktur och funktion förklaras genom jämförelser mellan arter och olika evolutionära modeller. (Det är faktiskt enbart på grund av detta gemensamma ursprung som man någonsin haft anledning att tänka sig att människans biokemi, fysiologi och hjärnfunktion – för

att inte tala om genomfunktion – kan förstås genom studier på jäst, flugor, råttor eller katter!)

Molekylära studier visar att de flesta organismers genom har liknande beståndsdelar, som t.ex. stora mängder icke-kodande pseudogener och satellit-DNA och ett överflöd av ”själviska” flyttbara enheter som i allmänhet inte ger organismen några fördelar. Dessa egenskaper är lätta att förstå i ljuset av evolutionsteorin, men är knappast vad man skulle vänta sig av en intelligent och allsmäktig skapare. Molekylära evolutionsanalyser har i detalj visat hur nya gener uppstår genom processer såsom ojämn överkorsning och hur en dubbel genuppsättning ger upphov till olika funktioner och därmed utökar den genetiska repertoaren (se kap. 19). Vissa DNA-polymorfismer är gemensamma för olika arter, så att t.ex. vissa viktiga vävnadskompatibilitetssekvenser (s. k. transplantationsantigener) hos människan är mera likartade och närmare knutna till schimpanssekvenser än till andra mänskliga sekvenser (se figur 12.23B). Kan det finnas tydligare bevis än detta för ett gemensamt ursprung?

Låt oss här beakta bara ytterligare ett av de många andra sätt på vilka molekylära studier bekräftar evolutionen: de molekylära klockorna. De går långtifrån helt rätt, men sekvensskillnader mellan arter är i stort sett korrelerade med den tid som gått sedan det gemensamma ursprunget, beräknad med andra data såsom biogeografi och fossiler (se kap. 2 och 4). Sekvensskillnaderna kodar inte bara för de fenotypiska skillnader som organismerna uppvisar, och de fenotypiska skillnaderna i sig själva är mycket mindre korrelerade till tiden sedan det gemensamma ursprunget. Bara evolutionsteorin ger en rimlig förklaring till dessa mönster av DNA-skillnader bland arterna.

Biogeografi

Vi konstaterade i kap. 6 att olika livsformers geografiska utbredning försåg Darwin med rikligt bevismaterial för evolutionen, och har fortsatt att göra det. Fördelningen av många taxa överensstämmer t.ex. med geologiska förlopp såsom landmassors förflyttning och bildandet och avbrytandet av förbindelser dem emellan. Vi såg att hawaiiiska arters fylogeni passar in på det skeende som gjorde att öarna bildades. Vi såg att skilda ekologiska nischer i en region i typiska fall inte fylls av samma taxa som intar liknande nischer i andra delar av världen, utan av olika monofyletiska grupper som har genomgått oberoende adaptiv utbredning (såsom Större Antillernas anolier). Vi såg, liksom Darwin gjorde, att ett isolerat område såsom en ö inte befolkas av alla de organismer som skulle kunna frodas där, som man kunde förmoda att en omtänksam skapare skulle kunnat se till. I stället saknas vanligen hela grupper, och arter införda av människan blir ofta dominerande.

Ett misslyckande för designargumentet

Eftersom vi inte kan känna Gud direkt har teologer som Thomas av Aquino länge försökt sluta sig till Hans egenskaper genom att studera Hans skapelse. Teologerna har t.ex. hävdad att universums ordning, såsom himlakropparnas förutsägbara rörelser, innebar att Gud måste vara systematisk och rationell, och att Han skapade genom att följa en plan. Från iakttagelsen att organismerna har egenskaper som gynnar deras överlevnad kunde man på ett 530 liknande sätt sluta sig till att Gud är en intelligent och rationell ”designer” som därtill är välvillig: Han skänkte inte bara de levande varelserna tillvarons gåva, utan försåg dem med allt de behövde. En sådan god Gud skulle inte skapa en ofullkomlig värld, varför, för att tala med filosofen Leibnitz, detta måste vara ”den bästa av alla tänkbara världar”. (Leibnitz’ ståndpunkt var i själva verket mer komplicerad, men denna fras hånades skoningslöst i Voltaires underbara satir *Candide*.) Organismernas välanpassade funktion har faktiskt länge anförts som ett bevis på en intelligent skapare. Detta var grundtanken i William Paleys berömda exempel från 1831 att liksom verket i ett ur förutsätter en urmakare, så förutsätter strukturen hos levande varelser en skapare. Detta ”designargument” har upprepats i den version av kreationismen som kallar sig ”intelligent design”, och förefaller att vara det vanligaste skäl som folk anför till att de tror på Gud (Pigliucci 2002).

Darwin gjorde som bekant detta teologiska argument passé genom att lägga fram en naturlig designmekanism: det naturliga urvalet. Dessutom har Darwin och senare evolutionsbiologer beskrivit otaliga exempel på biologiska fenomen som är svåra att förena med en välvillig intelligent skapelse. Precis som Voltaire visade i *Candide* att grymheter och katastrofer utgör ett hån mot tanken att vi lever i den bästa av alla tänkbara världar, har biologin visat att organismer har brister och anomalier som bara kan förklaras genom den historiska nödvändigheten samt egenskaper som kan förstås bara om de uppstått genom naturligt urval. Om ”god design” vore bevis på en välvillig och allsmäktig designer, skulle då ”dålig design” visa på en ondsint, inkompetent eller oförmögen skapare?

Vår utvecklingshistoria kan förklara rudimentära organ – resterna av vad som en gång var funktionella egenskaper såsom valarnas pyttesmå och oanvändbara bäcken och lårben, vissa ej flygande skalbaggars tillbakabildade vingar under sammanväxta täckvingar, ståndare och pistiller utan funktion hos växter som utvecklat skildkönade blommor ur en ursprunglig hermafroditism. På samma sätt kan bara historien förklara varför genomet är fullt av ”fossila” gener: pseudogener som förlorat sin funktion. Bara det historiska förloppet kan förklara vissa anpassningars godtyckliga natur. Medan de ”ektotermiska” (kallblodiga) fyrfotadjuret har två aortabågar, har de varmblodiga ”endotermerna” bara en. Denna skillnad är förmodligen en anpassning, men kan någonting utom

historiska tillfälligheter förklara varför fåglarna har behållit den högra bågen och däggdjuren den vänstra?

Eftersom karakteristiska drag utvecklas ur tidigare egenskaper och deras funktion därvid ofta ändras är många system inte optimalt utformade, vilket alla som haft ont i ryggen eller värk i en visdomstand kan intyga. När utvecklingen ledde till tio fingrar och tio tår, kunde fyrfotadjuren inte utveckla ytterligare ett finger även om det hade varit användbart: jättepandams extra finger är inget äkta finger och saknar äkta fingrars flexibilitet eftersom det saknar leder (se fig. 21.8 - finns ej med i detta material). Likaså skulle djuren haft nytta av att kunna syntetisera sin egen föda, vilket koralldjuren gör genom att hysa endosymbiotiska alger – men inget djur klarar fotosyntes.

Om en skapare skulle utrusta arterna med ett sätt att överleva miljöförändringar skulle det vara vettigt att förse dem med en lamarckistisk mekanism där genetiska förändringar skulle inträffa vid behov. I stället sker anpassningen genom en kombination av slumpprocesser (mutationer) som man inte kan lita på skall frambringe den behövliga variationen (och ofta inte gör det heller) och en process som är maximalt slösaktig och synbarligen grym (det naturliga urvalet som kräver att mängder av organismer inte lyckas överleva eller fortplanta sig). Man kan knappast tänka sig ett grymmare exempel på naturligt urval än sickle-cellanemi, där en del av mänskligheten skyddas mot malaria på bekostnad av hundratusentals andra som är dömda att dö därför att de är homozygoter för en gen som råkar drabba malariaparasiten hårdare än dess heterozygota bärare (se kap. 12). Darwins teori om evolutionen förkastades faktiskt av många därför att man fann den obehaglig, rent av vidrig att tänka på. Och denna process bevarar ofta inte arter som ställs inför förändringar: mer än 99 procent av alla arter som någonsin levat är utdöda. Skapades de av en inkompetent designer? Eller av en som inte kunde förutse att arterna skulle bli tvungna att anpassa sig till ändrade omständigheter?

531 Många arter går under på grund av konkurrens, predation eller parasitism. Vissa av dessa skeenden är så vidriga att Darwin skrev: "Vilken bok en djävulens advokat skulle kunna skriva om naturens klumpighet, slösaktighet, fumlighet, nedrighet och vidriga grymhet!" Darwin kände till maskar som vandrar genom näshålan in i ett fårs hjärna och stekellarver som efter att ha förtärt en levande larvs inre organ spränger sig ut som monstren i en Alien-film. Parasiternas livscyklar, vare sig det gäller parasitiska getingar eller HIV, rimmar illa med vår föreställning om en intelligent och god designer, men förklaras lätt med det naturliga urvalet (se kap. 18).

Ingen har hittills visat en egenskap hos någon art som enbart tjänar till en annan arts bästa eller bara för att förbättra den så kallade jämvikten i naturen – för, som Darwin sade, "något dylikt hade inte kunna åstadkommas genom ett naturligt urval". Eftersom det naturliga urvalet endast verkar genom olika framgång med fortplantningen, resulterar den i "själviska" gener och genotyper, av vilka en del leder till resultat som inte kan förklaras med intelligent design (se

kap. 14). Vi har sett att genomen överflödar av sekvenser såsom flyttbara enheter som transposoner vilka ökar det egna antalet utan att gynna organismen. Vi har sett cytoplasmatiska gener som överförs på mödernet och som orsakar sterilitet hos många hanliga växter, och nukleära gener som har utvecklats för att upphäva dem och återställa den hanliga fertiliteten. Dylika konflikter inom ett genom är vanliga. Förutses de av teorin om intelligent design? Inte heller kan en designteori förutsäga eller förklara egenskaper som vi hänför till sexuell urval, som hanar som avlägsnar andra hanars sperma från honans fortplantningsorgan, eller kemikalier som ökar en hanlig individs reproduktiva framgång men förkortar hans partners livslängd. Lika lite kan vi förklara varför en vänligt sinnad designer skulle skapa de många själviska beteenden som förklaras av det naturliga urvalet såsom kannibalism, syskonmord och dödande av den egna avkomman.

Iakttagelser av evolutionen och dess mekanismer

Vem som helst kan iaktta erosion, och geologerna kan mäta kontinentalplattornas rörelser när de färdas med en hastighet av upp till 10 centimeter per år. Ingen geolog betvivlar att dessa mekanismer, fast de bara åstadkommer små förändringar under några mänskliga släktled, har format Grand Canyon och skilt Sydamerika från Afrika under loppet av miljontals år. Biologerna väntar sig inte heller att se något i stil med däggdjurens uppkomst utspelas i en mänsklig tidsskala, men de har dokumenterat de mekanismer som åstadkommer så stora resultat om de får tillräckligt lång tid på sig.

Evolution kräver genetisk variation, som uppstår genom mutationer. Genom årtiondens genetiska studier av ursprungligen homozygota laborariepopulationer vet vi att de mutationer som uppstår har effekter från obetydliga till dramatiska på alla typer av fenotypiska drag (se kap. 8). Dessa mutationer kan åstadkomma nya variationer i kvantitativa egenskaper, till synes utan gränser. Denna variation har under årtusenden använts för att frambringa varianter av domesticerade växter och djur som morfologiskt skiljer sig åt mer än hela familjer av naturliga organismer. I experimentella studier av laborariepopulationer av mikroorganismer har vi sett nya gynnsamma mutationer uppstå och möjliggöra snabb anpassning till förändringar i temperatur, toxiner och andra miljöfaktorer. Laboratoriestudier har dokumenterat förekomsten av samma typer av mutationer, på molekylär nivå, som man ser i naturliga populationer och som verkar artskiljande. Dessa mutationer omfattar basparssubstitutioner, genduplikationer, kromosomomflyttning, och transposition av element som kan flyttas. Ingen genetiker eller molekylärbiolog betvivlar att artskillnaderna beträffande generna och genomen har uppstått genom naturliga mutationsprocesser som i det stora hela är välkända.

Vi vet också att de flesta naturliga populationer bär på en hel del genetisk variation som kan ge snabbt gensvar på konstgjort eller naturligt urval (se kap. 9, 11 och 12). Vi har sett skillnader i allelfrekvens mellan nya populationer som med säkerhet kan förklaras med genetisk drift (se kap. 10). Evolutionsbiologer har dokumenterat bokstavligen hundratals exempel på naturligt urval som verkar på genetisk och fenotypisk variation (se kap. 12 och 13). De har beskrivit hundratals fall där populationer har svarat på riktad selektion och anpassat sig till nya **532** miljöfaktorer alltifrån utvecklingen av resistens mot bekämpningsmedel och antibiotika till anpassning till ett annat näringsintag (se kap. 13).

Artbildning tar i allmänhet mycket lång tid, men även vissa artbildningsprocesser kan observeras. Betydande reproduktiv isolering har utvecklats i laborariepopulationer, och växtarter som har sitt ursprung i polyploidi och hybridisering har ”återskapats” genom korsning med deras förmodade föräldraformer och urval av arttypiska egenskaper (se kap. 16).

Sammanfattningsvis känner vi till huvudkrafterna bakom evolutionen och dessa har på ett omfattande sätt dokumenterats. De två viktigaste aspekterna på den långsiktiga evolutionen, anagenes (förändring av egenskaper inom utvecklingslinjer) och cladogenes (uppkomsten av två eller flera släktlinjer utifrån gemensamma förfäder), har överväldigande stöd från varje tänkbar källa, från molekylärbiologi till paleontologi. Under det gångna århundradet har vi fått säker kunskap om sådant som tidigare varit okänt. Nu vet vi till exempel att vissa arter kan uppstå genom hybridisering och att vissa DNA-sekvenser är rörliga och kan åstadkomma mutationer i andra gener. Men inga vetenskapliga iakttagelser har någonsin kastat allvarligt tvivel över evolutionens grundmekanismer, såsom det naturliga urvalet, eller grundläggande historiska mönsters realitet, omvandlingen av egenskaper eller allt livs gemensamma ursprung. Ställ detta berg av bevismaterial mot vad som talar för en övernaturlig skapelse eller intelligent design: *där saknas helt varje form för bevis.*

En vederläggning av kreationisternas argument

Kreationisterna förklarar förekomsten av olika organismer och deras egenskaper med mirakel: direkta övernaturliga ingripanden. Som vi har sett är det omöjligt att förutsäga mirakel eller utföra experiment med övernaturliga processer, så kreationister gör inga egna forskningsinsatser för att bekräfta sin teori.* ”Skapelsevetenskap” består alltså inte av framläggande av material som talar för skapelsen, utan helt och hållet av försök att visa att evolutionsvetenskapen är falsk eller otillräcklig samt att biologiska företeelser sålunda måste bero på

* Det enda skenbara undantaget till detta var deras påstående att de funnit fotspår av människor och dinosaurier som korsade varandra i fossilsediment i en flodbädd i Texas, vilket skulle visa att dessa varelser levde samtidigt. Även om detta hade visat sig vara sant skulle det inte ha falsifierat evolutionen, och de flesta kreationister medger nu att de ”människa” fotavtrycken är en blandning av förfälskade avtryck och naturliga fördjupningar.

intelligent design. Här följer några av de vanligaste kreationistiska argumenten tillsammans med kortfattade motargument.

1. Evolutionen ligger utanför vetenskapen eftersom den inte kan iakttagas.

Evolutionära förändringar har faktiskt iakttagits, vilket vi tog upp tidigare i detta kapitel. Det mesta inom vetenskapen är under alla omständigheter inte beroende av direkta observationer, utan består i att man testar hypoteser om vad vi borde kunna iaktta. Observation av postulerade processer eller företeelser krävs inte inom vetenskapen.

2. Evolutionen kan inte bevisas.

Ingenting inom vetenskapen bevisas någonsin slutgiltigt. ”Fakta” är hypoteser som vi kan känna oss mycket säkra på på grund av stora mängder bevismaterial som stöder dem och frånvaron av motbevis. Massor av bevis från alla fält inom biologin och paleontologin stöder evolutionen, och det föreligger inga motbevis.

3. Evolutionen är ingen vetenskaplig hypotes eftersom den inte kan testas: inga tänkbara iakttagelser skulle kunna vederlägga den.

Många tänkbara iakttagelser skulle kunna vederlägga eller kasta starka tvivel över evolutionen, som att träffa på ovedersägliga däggdjursfossil i ovedersägligen prekambriskt berg. I kontrast till detta kan vilken förbryllande egendomlighet som helst i naturen tillskrivas en övernaturlig intelligens utgrundliga vilja och allmakt, vilket gör kreationismen otestbar.

533

4. Ordningen i universum, inklusive den ordning som ådagaläggs i organismernas anpassning, är bevis på intelligent design.

Ordning i naturen, såsom kristallstrukturer, uppstår av naturliga orsaker och vittnar inte om intelligent design. Den ordning som visas genom överensstämmelsen mellan olika organisms struktur och deras funktion är följden av ett naturligt urval som verkar på genetisk variation, vilket man har iakttagit hos många experimentella och naturliga populationer (se kap. 13 och 14). Darwins insikt att kombinationen av en slumpprocess (upphovet till den genetiska variationen) och en icke-slumpmässig process (det naturliga urvalet) kan förklara anpassningar gav oss en naturlig förklaring för vad som såg ut som design och ändamål i naturen och gjorde en övernaturlig förklaring onödig och överspelad.

5. Utveckling mot större komplexitet strider mot termodynamikens andra lag, som innebär att entropin (oordningen) ökar.

Detta är en vanlig förvanskning av en av fysikens viktigaste lagar. Den andra lagen gäller bara slutna system, såsom universum i dess helhet. Ordning och komplexitet kan öka i lokala öppna system på grund av tillförsel av energi. Detta

är uppenbart i enskilda organisms utveckling, där biokemiska reaktioner drivs av energi som ytterst härrör från solen.

6. Det är nästan oändligt osannolikt att ens den enklaste livsform skulle kunna uppstå ur död materia. Sannolikheten för att en fungerande nukleotidsekvens på så litet som 100 baspar skulle kunna bildas är $1/4^{100}$, ett oerhört litet tal. Och forskarna har aldrig kunnat syntetisera liv ur död materia.

Det är sant att helt självkopierande system av nukleinsyror och replikaszymer ännu inte har uppstått ur enkla organiska beståndsdelar i laboratoriet, men de vetenskapliga framstegens historia visar att det vore dumt och förmätet att hävda att det som vetenskapen inte har åstadkommit under några få årtionden i laboratoriet inte kan åstadkommas. (Och även om vi, med tanke på människans begränsningar aldrig skulle lyckas i detta företag, varför skulle det kräva att vi åberopar det övernaturliga?) Kritiska steg i livets troliga ursprung som icke-biologisk syntes av puriner, pyrimidiner och aminosyror och självkopiering av korta bitar av RNA har genomförts i laboratoriet (se kap. 5). Och det finns ingen anledning att tro att de första självreplikerande eller polypeptidkodande nukleinsyrorerna måste uppvisa en viss sekvens. Om det finns många tänkbara sekvenser med sådana egenskaper, ökar sannolikheten för att de ska bildas markant. Livets ursprung är dessutom ett helt separat problem från livets förändring och diversifiering sedan det väl uppstått. Vi behöver inte veta någonting om livets uppkomst för att förstå och dokumentera olika livsformers evolution från ett gemensamt ursprung.

7. Mutationer är skadliga och ger inte upphov till nya komplexa adaptiva egenskaper.

De flesta mutationer är mycket riktigt skadliga och rensas bort ur populationer genom det naturliga urvalet. Vissa är emellertid gynnsamma, som visats i många experiment (se kap. 8 och 13). Komplexa anpassningar baseras normalt inte på enskilda mutationer, utan på kombinationer av mutationer som tillsammans eller efter hand ökar i frekvens genom det naturliga urvalet.

8. Det naturliga urvalet rensar bara bort dåligt anpassade mutanter, men skapar inga nya egenskaper.

”Nya” egenskaper är i de flesta fall modifieringar av tidigare befintliga egenskaper som förändrats beträffande formen, storleken, utvecklingstiden och strukturen (se kap. 3, 4 och 21). Detta stämmer även på molekylär nivå (se kap. 19). Det naturliga urvalet ”skapar” sådana modifieringar genom att öka förekomsten av alleler i flera eller många loci så att allel-kombinationer som från början varit osannolika på grund av sin sällsynthet blir sannolika. Iakttagelser och försök både på laboratoriepopulationer och naturliga grupper har visat på det naturliga urvalets effektivitet.

534

9. Slumpen skulle inte kunna frambringa komplexa strukturer.

Det stämmer, men det naturliga urvalet är en deterministisk, inte en slumpmässig process. Utvecklingens slumpmässiga processer, mutationer och genetisk drift, resulterar så vitt vi vet inte i att komplexitet utvecklas. Tvärtom, när selektionstrycket minskar degenererar komplexa strukturer (som ögonen hos grottlevande varelser) långsamt, delvis på grund av att neutrala mutationer fixeras genom genetisk drift.

10. Komplexa anpassningar som vingar, ögon och biokemiska förlopp kan inte ha uppstått gradvis eftersom de första stegen inte skulle ha inneburit en anpassning. Hela komplexiteten i anpassningen krävs, och den skulle inte kunna uppstå i ett enda steg genom evolution.

Detta var en av de första invändningar som riktades mot Arternas ursprung och den har på sistone döpts till "irreducibel komplexitet" av företrädare för intelligent design. Vårt svar består av två delar. För det första uppvisar många sådana egenskaper, som hemoglobin och ögon, flera steg av ökande komplexitet bland olika organismer (se kap. 3, 4, 5 och 21). "Ett halvt öga" – ett öga som kan skilja mellan ljus och mörker men inte är i stånd att skapa en fokuserad bild – är förvisso bättre än inget öga alls. För det andra har många strukturer modifierats för en ny funktion efter att de förfinats för en viss ursprunglig funktion (se kap. 3 och 21). "Slutversionen" av en anpassning som vi ser idag kan visserligen kräva en precis samordning av många beståndsdelar för att tjäna sitt aktuella syfte, men de tidigare stadierna, då den hade andra eller mindre krävande uppgifter och utförde dem mindre effektivt, utgjorde sannolikt en förbättring av en ursprungligare egenskap. Utvecklingen av däggdjurens kranium och käke (se kap. 4) erbjuder bra exempel.

Bombarderbaggarna (som den som avbildas i början av detta kapitel) har varit ett favoritexempel hos anhängarna av intelligent design; de påstår att dessa skalbaggsars unika försvar med hjälp av en "kokhet kemisk explosion" omöjligt skulle ha kunnat uppstå genom evolution. I verkligheten har många skalbaggsarter delar av bombarderbaggens adaptiva försvarssystem, och närbesläktade skalbaggar uppvisar mellanformer av systemets komplexa kemiska och anatomiska delar. En intressant sajt på nätet är www.talkorigins.org/faqs/bombardier.html. Den har sammanställts av Mark Isaak och är en noggrant litteraturrefererad vederläggning av intelligent designs ståndpunkt om denna organism.

11. Om en förändrad struktur, såsom giraffens långa hals, ger fördelar, varför finns den inte hos alla arter?

Denna naiva fråga bortser från det faktum att olika arter och populationer har olika ekologiska nischer och livsmiljöer, för vilka egenskaper utgör anpassningar. Denna princip gäller alla egenskaper, inklusive "intelligens".

12. Om en gradvis evolution hade ägt rum, skulle det inte förekomma några fenotypiska luckor mellan olika arter och klassifikation skulle vara omöjlig.

Många olika organismer förenas av mellanformer, och i dessa fall blir klassificeringen i högre taxa faktiskt något godtycklig (se kap. 3). I andra fall finns det luckor därför att mellanformerna har dött ut (se kap. 4). Fast en stor del av utvecklingen sker gradvis, har dessutom vissa gynnsamma mutationer med stora distinkta effekter på fenotypen troligen spelat en roll. Om evolutionen skett helt och hållet gradvis eller ej är en empirisk fråga, ingen teoretisk nödvändighet.

13. Fossilerna uppvisar inga mellanformer som representerar ursprunget till nya viktigare livsformer.

Detta mycket vanliga påstående är helt enkelt felaktigt, för det finns många sådana mellanformer (se kap. 4). Kreationisterna använder ibland retoriska finter när de för fram dessa argument, som att definiera *Archaeopteryx* som en fågel på grund av dess fjädrar och därpå hävda att det inte finns några mellanformer mellan reptiler och fåglar.

535

14. Fossilkedjan är inte en objektiv återgivning av en tidsserie eftersom lagren ordnas efter deras fossilinnehåll och därefter kopplas till olika tidsåldrar utifrån antagandet att evolutionen ägt rum.

Redan innan Arternas ursprung utgavs identifierade geologer som inte trodde på evolutionen de inbördes ordningsföljder mellan fossilerna som är typiska för olika perioder och namngav de flesta av de geologiska perioderna. Sedan dess har radioaktiv datering och andra metoder fastställt de olika geologiska lagrens absoluta ålder.

15. Tillbakabildade strukturer är inte tillbakabildade utan funktionella.

Enligt den kreationistiska tankemodellen måste en intelligent skapare ha ett syfte eller en plan för varje inslag i sin skapelse. Därför måste varje arts alla egenskaper vara funktionella. Av detta skäl betraktar kreationisterna anpassningarna som stöd för sina åsikter. Däremot är icke-fungerande, ofullkomliga, ja till och med skadliga egenskaper att vänta om evolutionen ägt rum, särskilt om en förändring i en organisms miljö eller levnadssätt har gjort dem överflödiga eller skadliga. Som nämnts uppvisar olika livsformer många sådana egenskaper, både på morfologisk och molekylär nivå.

16. De klassiska exemplen på evolution är falska.

Vissa kreationister har påstått att en del av de mest välkända evolutionsstudierna, som snart sagt varenda lärobok hänvisar till, är felaktiga och att evolutionsbiologer falskeligen upprepat dessa angivna lögnen. Det har till exempel framförts att Ernst Haeckel på 1800-talet på ett falskt sätt överdrev

likheterna mellan olika ryggradsdjurs embryon och att biologerna inte har någon grund för att använda dessa likheter som bevis som talar för evolutionen. Ett annat exempel är den klassiska studien av industriell melanism hos björkmätaren som utfördes av H.B.D. Kettlewell, som anklagas för att ha fabricerat bevis för det naturliga urvalet genom fåglars predation genom att nåla fast insekterna på onaturliga viloplatser (trädstammar).

Låt oss anta att dessa studier verkligen är felaktiga. För det första följer det inte därav att läroboksförfattare och andra biologer av idag på ett oärligt sätt fört en lögn vidare; de kanske inte kontrollerade och analyserade originalstudierna, utan lånade ur andra böcker och andrahandskällor. De kan anklagas för lättja eller slarv, men ingen läroboksförfattare kan kontrollera varje studie på djupet. Det finns i alla fall inget skäl att misstänka intellektuell ohederlighet. För det andra, huruvida Haeckel eller Kettlewell är skyldiga till det de anklagas för är helt irrelevant för sanningshalten i de grundläggande påståendena. Det var evolutionsbiologer (och inte kreationister) som avslöjade att Haeckel faktiskt ”förbättrat” sina teckningar av embryon. Men de olika ryggradsdjurens embryon har viktiga grundläggande likheter (som ryggrängen och strupsäckarna, ofta felaktigt betecknade som ”gälspringor”) och är faktiskt i stort sett mer lika varandra än djuren är senare i embryonalutvecklingen. Dessutom finns märkliga likheter både i embryonas ytliga morfologi och i de underliggande utvecklingsmekanismerna inte bara hos ryggradsdjur, utan hos många andra djur- och växtgrupper. Vidare har det naturliga urvalet och snabba evolutionära förändringar visats för så många arter att dessa principer skulle gälla även om björkmäthistorien vore helt uppdiiktad. (Kettlewells slutsats att fåglar angriper mörka och ljusa björkmätare med olika frekvens baserades på ett antal olika försök, och andra forskare har sedermera utvidgat slutsatserna genom att visa att andra urvalsfaktorer också påverkar utvecklingen och förlusten av melanism hos denna art.) Vilka brister det än må finnas i ett fåtal gamla studier upphäver de inte årtionden av senare forskning av hundratals forskare.

Naturligtvis vet de kreationister som anför dessa exempel på föregivna brister och bedrägerier att evolutionsbiologins styrka inte hänger på dessa studier. Dessutom accepterar de flesta kreationister det naturliga urvalet och ”mikroevolutionen” som förändringar i mätarfjärilarnas färgteckning. Syftet med dessa angrepp är snarare att sätta sina läsare i stånd att betvivla evolutionsforskarnas heder och därmed motivera ett förnekande av evolutionen. Kom dock ihåg att även om enskilda forskare är enfaldiga (vilket ett fåtal är) eller ohederliga (vilket knappast några är), så avslöjar vetenskapens samverkansmetod sådana fel och motiverar vårt förtroende för dess viktigaste slutsatser.

536

17. Åsiktsskillnaderna mellan evolutionsbiologerna visar att Darwin hade fel. Till och med framstående evolutionister har övergivit teorin om det naturliga urvalet, och hela forskningsområdet evolution lider av oreda.

Åsiktsskillnader finns mellan forskare på alla områden, och är själva bränslet i de vetenskapliga framstegen. De stimulerar forskningen och är ett tecken på livskraft. Kreationisterna missförstår eller vantolkar de evolutionsbiologer som har hävdad a) att fossilkedjan visar tvära förändringar snarare än gradvisa övergångar (punctuated equilibrium), b) att många egenskaper hos organismer kanske inte är anpassningar; c) att evolutionen kan innebära mutationer med såväl stora som små effekter samt d) att det naturliga urvalet inte kan förklara vissa stora händelseförlopp och tendenser i livets historia. I själva verket förnekar inga evolutionsbiologer som hyser dessa åsikter den centrala tesen att adaptiva egenskaper utvecklas genom att det naturliga urvalet får verka på slumpartade mutationer. Alla dessa debatter har uppstått ur meningsskiljaktigheter om den relativa frekvensen och betydelsen av faktorer som man vet påverkar evolutionen: storskaliga respektive småskaliga mutationer, genetisk drift gentemot ett naturligt urval, individselektion eller artselektion, anpassning mot begränsningar och så vidare (se kap. 11, 12 och 21). Dessa meningsutbyten om olika processers inbördes betydelse underminerar på intet vis styrkan hos bevisen för evolutionen, d.v.s. nedärvning med förändringar från ett gemensamt ursprung. Här finns ingen oenighet bland evolutionsbiologerna.

18. Det finns inga fossiler av mellanformer mellan apor och människor; australopitheciner var rena apor. Och det finns ett oöverstigligt gap mellan människor och alla andra djur när det gäller kognitiva förmågor.

Detta är ett påstående om en speciell detalj i evolutionshistorien, men det är den fråga som starkast engagerar kreationisterna. Påståendet är helt enkelt felaktigt. Serien med fossila hominider uppvisar talrika steg i utvecklingen av kroppshållningen, av händerna och fötterna, av tänderna, ansiktsstrukturen, hjärnans storlek och andra egenskaper. Både funktionella och icke-funktionella DNA-sekvenser hos människor och afrikanska människoapor är extremt lika och visar tydligt att de har ett gemensamt ursprung. Människans mentala förmåga har visserligen utvecklats långt utöver de andra arternas, men många av våra mentala förmågor tycks förekomma i mer rudimentär form hos andra primater och däggdjur.

19. Det vore rent spel om man fick undervisa om alternativa teorier som en övernaturlig skapelse och intelligent design så att eleverna kunde bilda sig en egen uppfattning.

Om denna tanke följs till sin logiska slutsats skulle lärarna behöva återge hundratals olika skapelsemyter för att vara rättvisa mot de grupper som tror på dem och lärarna skulle tvingas att tillhandahålla övernaturliga förklaringar på allting inom geovetenskap och astronomi, kemi och fysik, eftersom allt som har sin förklaring inom dessa vetenskaper i stället skulle kunna ha en övernaturlig förklaring. Det skulle innebära att om man vill undersöka ett flyghaveri borde

myndigheterna överväga om det handlar om ett mekaniskt fel, en terroristattack, en träff från en luftvärnsmissil – eller ett gudomligt ingripande.

Lärare i naturvetenskap bör förväntas undervisa om den moderna vetenskapens innehåll – vilket innebär väl underbyggda hypoteser och idéer som man just nu forskar om. De skall alltså lära ut det som forskarna ägnar sig åt. Många forskare har genomsökt den vetenskapliga litteraturen efter forskningsrapporter om intelligent design och kreationsvetenskap, men de har inte hittat några. Inte heller finns det något som visar att kreationistiska forskare har utfört forskning som en partisk värld av vetenskapsmän har vägrat att publicera. Som vi redan påpekat går det inte att pröva hypoteser om det övernaturliga, så vetenskaplig forskning om detta ämne är omöjlig. Och det innebär att ämnet inte ska läras ut på lektionerna i naturvetenskap.

537

Om att argumentera för evolutionen

Hur och huruvida man ska försöka övertyga folk att godta evolutionen är inte ämnet för denna bok, som handlar om innehållet i evolutionsvetenskapen. Brian och Sandra Alters har tagit sig an denna fråga i *Defending Evolution: A Guide to the Creation/Evolution Controversy* (2001). Som författarna påpekar väger religiösa övertygelser tyngre än vetenskapliga bevis för många människor, speciellt sådana som anser att deras tro är avgörande för deras öde i all evighet. Synpunkterna i detta kapitel kommer knappast att övertyga dessa människor. Att redogöra för vetenskapens väsen och bevisen för evolutionen kommer emellertid att betyda något för de människor som verkligen vill veta vad som är sanning; men det sätt den framställs på är viktigt som Alters och Alters visar. Här bör påpekas att var och en som överväger att delta i en debatt med en kreationist först bör grundligt bekanta sig med kreationisternas argument och taktik, och då speciellt med rörelsen för intelligent design, som aggressivt marknadsför sig som en vetenskap fast den inte är det. Som Barbara Forrest och Paul Gross betonar i *Creationism's Trojan Horse: The Wedge of Intelligent Design* (2004), vill denna rörelse inte bara jämställa intelligent design med evolutionsteorin i klassrummet utan dessutom ersätta forskningens metoder med en religiöst färgad version av vetenskapen.

Varför bör vi undervisa om evolutionen?

Om evolutionen är så kontroversiell, varför då tiggas om bråk? Varför inte bara lyfta ut den ur läroplanen för naturvetenskap? Det är ju när allt kommer omkring ett forskningsområde som inte har någon egentlig påverkan på hur folk lever, eller hur?

Så är det inte. Evolutionen är grunden för hela biologin. Att förstå evolutionen är lika relevant för vardagslivet som att förstå fysik och kemi, och evolutionsbiologisk forskning påverkar vårt liv både direkt och indirekt.

Ett framgångsrikt tillämpande av vetenskapen på mänskliga angelägenheter hänger helt på sund basvetenskap. Risken med att strunta i eller förvränga grundläggande vetenskap blev uppenbar på ett tragiskt sätt i Sovjetunionen mellan 1930-talet och det sena 1960-talet. Innan dess hade Ryssland och det tidiga Sovjetunionen varit ledande inom genetiken, inklusive evolutionsgenetiken. Under Stalintiden kom Mendels och Darwins läror emellertid att betraktas som ovälkomna eller farliga västerländska ideologier. Trofim Lysenko, en agronom utan vetenskaplig utbildning, vann Stalins gunst genom att förklara genetiken som ett kapitalistiskt och småborgerligt hot mot staten, och ledde en kampanj där genetiker förföljdes och fängslades och den genetiska forskningen och utbildningen utplånades. Lysenko bortsåg från den mendelska och darwiniska synen på anpassning och förespråkade högljutt en Lamarckistisk doktrin som gick ut på att om man utsatte organismer för en miljöfaktor som t.ex. låga temperaturer skulle det leda till att deras avkomma förändrades genetiskt och blev bättre anpassad. Lysenko ändrade det ryska jordbrukets metoder för att passa in på denna föreställning. Resultatet blev en katastrof för Sovjets livsmedelsproduktion och det sovjetiska folket. Dessutom gick Sovjetunionen miste om viktiga framsteg inom livsmedelsproduktionen som utvecklades av västerländska forskare. Man kan inte tänka sig en tydligare lektion om vikten av fri forskning och den fara som ideologisk styrning av forskningen kan utgöra för samhällets välfärd.

När man undervisar om evolutionen ska man inte bara lära ut fakta och grundläggande principer om utvecklingen och utvecklingshistorien, utan även de begrepp och sätt att testa hypoteser som används inom evolutionsforskningen. Dessa metoder har många tillämpningar. Evolutionsbiologer kan t.ex. specialisera sig på att studera variationen både inom och mellan arterna och deras tankemodeller och metoder är mångsidigt användbara. Att helt enkelt vara medveten om skillnaden mellan genetisk och icke-genetisk variation är en nyttig kunskap; till exempel bör alla, läkare såväl som patienter, känna till att människor reagerar olika på olika läkemedel (eller sjukdomar för den delen). Att förstå skillnaden mellan genetisk och icke-genetisk variation är av avgörande betydelse för att utvärdera påståenden som görs om skillnaderna mellan etniska grupper eller "raser" (se kap. 9). Evolutionsbiologin visar dessutom att en egenskap kan vara starkt ärftig men ändå lätt kan modifieras genom miljöförändringar (som t.ex. medicinska åtgärder eller utbildning).

Låt oss helt kort betrakta några av evolutionsbiologins praktiska tillämpningar.

538

Hälsa och medicinsk forskning

Genetiska sjukdomar orsakas av avvikande gener eller kromosomer. Populationsgenetiska studier (t.ex. av avvikande hemoglobiner och *G6PD*-locus, se kap. 12) kan sätta oss i stånd att förklara deras förekomst och utgöra grunden

för GENETISK RÅDGIVNING – d.v.s. underrätta människor om riskerna för att de ska få genetiskt skadade barn. För att man ska kunna avgöra om en individ bär på en viss mutation krävs det för det första att genen och platsen (locus) för mutationen kartläggs. En av de viktigaste metoderna för detta är kartläggning av kopplingsobalansen (där man utnyttjar kopplingen mellan en skadlig allel och en kopplad markör, se kap. 9), som baseras på populationsgenetik.

Evolutionsbiologerna har därtill utvecklat metoder för att avgöra var det naturliga urvalet har inverkat på en DNA-sekvens (se kap. 12 och 19), ett första steg för att se hur genen och det protein den producerar fungerar på ett felaktigt sätt. Jämförelser mellan arter kan också vara till nytta: i flera gener sker mutationer som kan vålla svåra genetiska sjukdomar hos människor i de aminosyrapositioner som har förändrats minst bland djurrikets fyla samt orsaka aminosyraförändringar som på mera genomgripande sätt påverkar funktionen än de variationer som kan iakttas mellan olika arter. Denna iakttagelse tyder på att genetiska jämförelser mellan olika arter kan vara användbara för att finna orsakerna till genetiska sjukdomar som ännu inte är klarlagda.

Evolutionsbiologin har en nyckelroll för förståelsen av och kampen mot infektionssjukdomarna. Tack vare den kan vi studera olika organismers fortplantningssätt, populationsstruktur och genetiska variation – och, vilket är viktigare, den snabba utvecklingen både av motståndskraft mot antibiotika och virulens hos 539 många patogena mikroorganismer (se kap. 12 och 18). Evolutionsstudier kan också bli till nytta vid utvecklingen av vacciner, eftersom nya patogener ständigt kommer fram som är motståndskraftiga mot befintliga vacciner. Robin Bush och hans medarbetare (1999) testade hypotesen att nya stammar av influensa A-virus spreds därför att de är bättre anpassade på grund av mutationer i kodoner i hemaglutiningenen (mänskliga antikroppars viktigaste angreppspunkt) som har en historia av positivt urval. Nya vacciner krävs för att ge skydd mot dessa stammar. Bush et al. bestämde de fylogenetiska släktskapsförhållandena bland stammar som bevarats från 1993-1994 och identifierade de stammar (t.ex. Shangdong/5/94) som hade undergått flest aminosyresubstitutioner i positivt selekterade positioner i hemaglutiningenen (figur 22.2A). De förutspådde att Shangdong/5/94 eller dess nära släktingar skulle bli upphovet till stammar som senare fick omfattande spridning. Deras förutsägelse var korrekt (figur 22.2B). Denna metod kan bli ett sätt att beräkna vilka för närvarande sällsynta stammar som har hög sannolikhet för att ge upphov till epidemiska stammar, så att vacciner kan tas fram innan dessa hinner spridas.

I vissa fall kan vi ta reda på var och när en infektionssjukdom uppstod. Det finns t.ex. två huvudtyper av humant immunbristvirus, HIV-2, som främst förekommer i Afrika, och HIV-1 som har lett till en världsomspännande epidemi. Båda omfattar ett antal klart åtskilda stammar; M-gruppen av HIV-1, som i sin tur består av flera undergrupper, står för det stora flertalet infektionsfall. Åtminstone 18 typer av besläktade virus (lentivirus) vet man

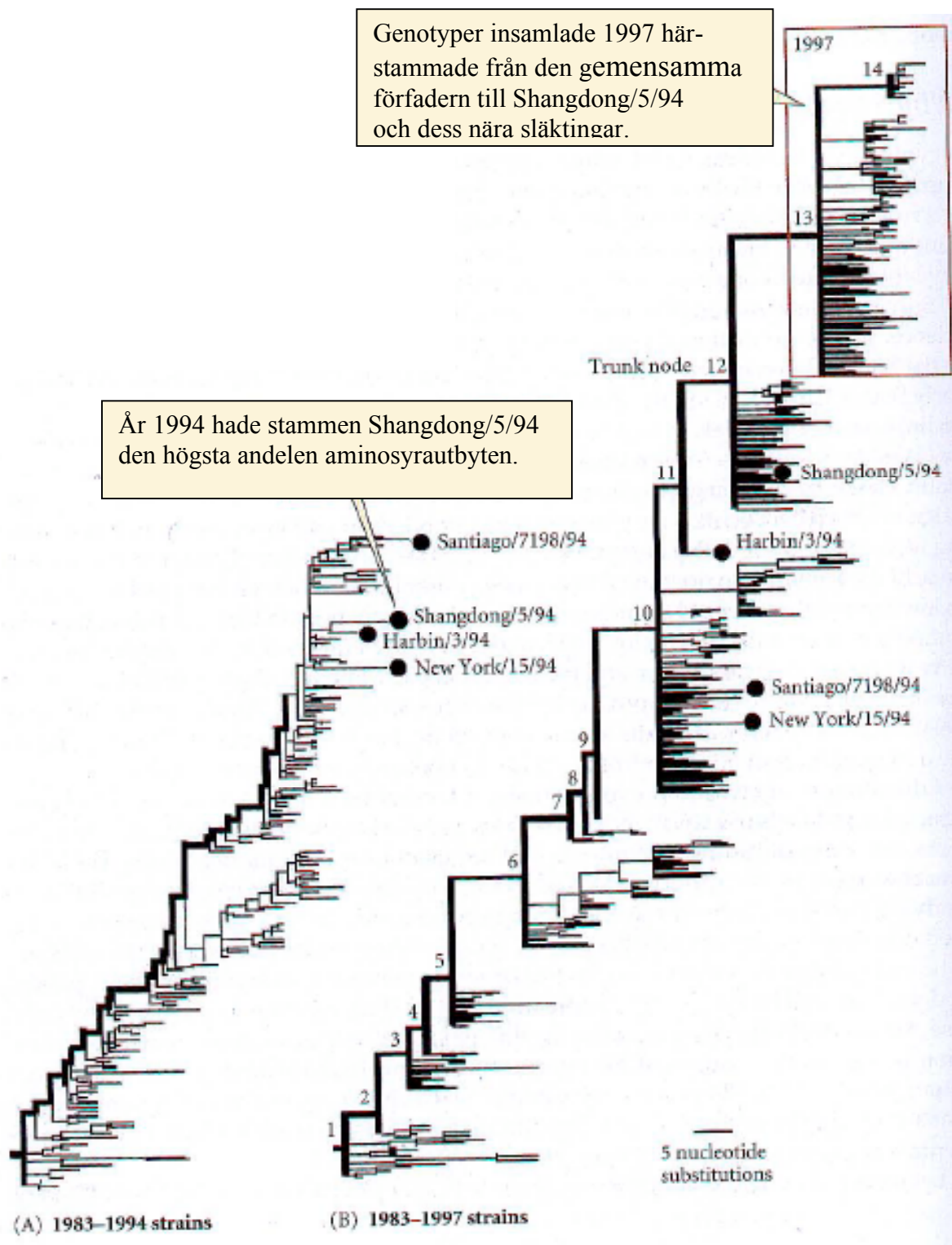


Fig. 22.2 Sid 538 Förutsägelser av epidemiska stammar av influensa-A-virus genom fylogenetisk analys. (A) En fylogeni för influensavirusstammar från 1983 t.o.m. influensasäsongen 1993-94. Den kraftiga linjen, "stammen" följer den linje som lyckades lämna avkomma under denna tid. Punkterna med beteckningar visar stammar som undergick ovanligt hög grad av aminosyrautbyten i positivt selekterade positioner i hemagglutiningenen. Stammen Shangdong/5/94 har den högsta utbyteshastigheten, och forskarna förutsade att framtida epidemier skulle ha sitt ursprung från denna eller en närbesläktad utvecklingslinje. (B) En fylogeni för virusstammar från 1983 t.o.m. influensasäsongen 1996-97, då genotyperna som utgick från noderna 13 och 14 samlades in. Dessa genotyper härstammar från nod 12 på "stammen", som är den gemensamma anfadern till Shangdong/5/94 och dess nära släktingar, vilket forskarna hade förutsagt.

infekterar åtminstone 20 arter av afrikanska primater, som var och en bär på ett speciellt virus. Fylogenetiska analyser har visat att HIV-2 utvecklades ur SIVsm, ett immunbristvirus hos apor som infekterar svartmangaber, och att HIV-1 utvecklades flera gånger ur SIVcpz, ett virus som två underarter av schimpans bär på (fig. 22.3). Dessutom är hastigheten för sekvens evolution hos HIV-gener rätt väl känd, så att forskarna med säkerhet kan datera den senaste gemensamma stamformen av M-gruppen av HIV-1 till 1930-talet. Denna slutsats strider mot en hypotes om ursprunget för human-HIV-1 – att den orsakades av felgrepp vid försök med poliovaccin 1957-60, men stöder hypotesen att HIV-1 vid flera tillfällen överförts från schimpanser till människor i Afrika, troligen via infekterat blod från schimpanser som slaktats för att användas som mat (Hahn et al. 2000; Korber et al. 2000). Smitta över artgränser har dokumenterats för andra primat-lentivirus, så det finns anledning till oro för att människan kan drabbas av ytterligare andra i framtiden.

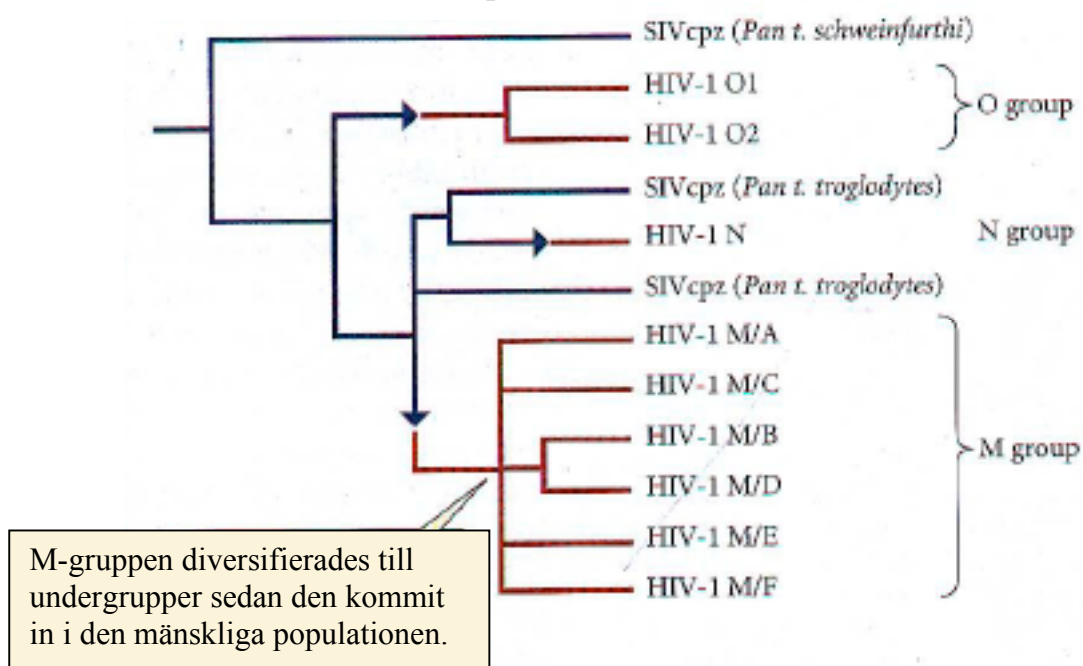
Evolutionära studier har även kastat ljus över många normala fysiologiska funktioner såsom genernas viktigare histokompatibilitetskomplex (se kap. 12). Darwinistisk medicinsk vetenskap utvecklar och testar hypoteser om hur människan fungerar som frisk och sjuk; det är t.ex. mycket som talar för att feber är ett adaptivt svar som sätter kroppen istånd att bekämpa infektioner (Nesse och Williams 1994). (Beträffande evolution och medicin, se även Trevathan et al. 1999 samt Stephens och Price 1996.)

540 Jordbruk och naturresurser

Utvecklingen av förbättrade varieteter och odlade växter och tamdjur är evolution genom konstgjort urval. Evolutionsgenetik och växt- och djuravel har haft ett nära samband som varit ömsesidigt fruktbart i mer än ett århundrade. Både teoretiska evolutionära metoder och försök på *Drosophila* och andra modellorganismer har bidragit till traditionell förädling och modern QTL-analys som används för att finna och beskriva gener som bidrar till intressanta egenskaper (se kap. 13).

Agronomer har genom bittra erfarenheter lärt sig vad evolutionsbiologerna länge känt till: genetisk mångfald är nödvändig för att en population ska vara framgångsrik på sikt. Mer än 85 procent av den majs som såddes i USA under slutet av 1960-talet hade en gemensam genetisk faktor som undertrycker bildandet av hanblommor (vilket var användbart vid framtagandet av genetiskt likformiga hybrider). Denna faktor visade sig göra majsen mottaglig för en muterad svampsjukdom, vilket ledde till majspesten i Sydstaterna som på 1970-talet orsakade förluster på en miljard dollar. Detta visar varför det är viktigt att bygga genbanker av olika stammar av kulturväxter med gener med olika egenskaper som t.ex. motståndskraft mot sjukdomar. Användbara gener kan även påträffas hos vilda arter som är närbesläktade med de odlade. Genetiska och evolutionära studier av tomat har till exempel lett till att man studerar

(A) HIV-1 (från schimpans)



(B) HIV-2 (från svartmangab)

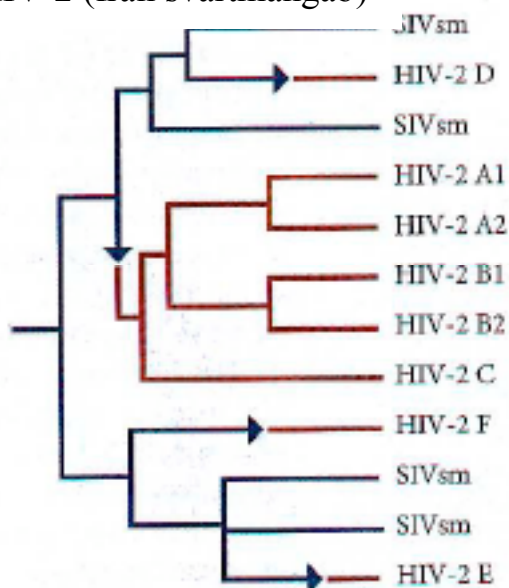


Fig. 22.3 Sid 539 Schematiska fylogenetiska släktskapsförhållanden för grupper av de två huvudtyperna av HIV-virus, HIV-1 och HIV-2, som visar upprepad överföring av båda virusstammarna till människan från resp. schimpanser och svartmangaber. Lentiviruset SIVcpz påträffas hos två underarter av schimpans (*Pan troglodytes troglodytes* resp. *Pan troglodytes schweinfurthi*). Tre olika grupper av HIV-1 (O, N och M) härstammar från förfäder till SIVcpz och måste ha överförts oberoende till människor (vilket visas med pilar längs grenarna). På liknande sätt har HIV-2 utvecklats ur SIVsm och överförts till människan åtminstone fyra gånger.

många besläktade arter i Sydamerika. Minst 40 gener som ger motståndskraft mot olika sjukdomar har hittats hos dessa arter, av vilka ca 20 har korsats in i kommersiellt odlade tomatorter. Studier av de vilda arternas gener för andra egenskaper, såsom förmåga att motstå salt och torka, pågår. Detta arbete bygger på fylogenetik, evolutionsgenetik och evolutionsekologi.

Gener från vilda arter kan också överföras till odlade med den genetiska ingenjörskonstens molekylära metoder. Evolutionsbiologin bidrar till denna revolution inom jord- och skogsbruket genom metoder för kartläggning av gener, genom att identifiera sannolika källor till gener med användbara egenskaper, samt genom att utvärdera tänkbara risker hos transgena organismer. Genetisk ingenjörskonst är kontroversiell av flera skäl: man oroar sig till exempel för att transgener skall spridas från odlade växter till vilda arter, som sedan skulle kunna bli livskraftigare ogräs. Fylogenetiska studier försöker klargöra vilka vilda arter som kan tänkas korsa sig med odlade, och med populationsgenetiska metoder kan man uppskatta transgenernas anpassningseffekter och riskerna för genflödet till vilda växtpopulationer (Ellstrand 2003).

Insekter, ogräs och andra organismer kan vålla skördeskador för tusentals miljoner dollar. En stor del av kostnaderna beror på att ogräs och skadedjur utvecklar motståndskraft mot kemiska insektsgifter och herbicider (se kap. 12). Denna motståndskraft ökar inte bara jordbrukets kostnader, utan resulterar också i en ständig ökning av halten toxiska kemikalier som sprids i naturen, varav en del hamnar högre upp i näringskedjan, bl.a. hos människorna. Av denna anledning bekämpas många ogräs och skadedjur med integrerad ohyrebekämpning som använder en kombination av kemiska bekämpningsmedel och andra metoder såsom att släppa ut naturliga fiender till de organismer man vill bli av med (s.k. biologisk bekämpning). På en del håll följer regelverket för användning av bekämpningsmedel de rekommendationer som evolutionsbiologer formulerat beträffande behandlingen av ogräs och skadedjur så att de ska förbli känsliga för bekämpningsmedel (se Gould 1998; Gould et al. 2002). Utvecklingen av biologiska bekämpningsmetoder drar också nytta av evolutionära studier. När en ny insektsart plötsligt dyker upp på en gröda är den första åtgärden att identifiera skadegöraren genom fylogenetisk systematik som kan visa vilken del av världen den kommer från. Där kommer entomogerna att leta upp naturliga fiender och då särskilt granska dem som är besläktade med kända fiender till arter som är besläktade med det nya skadedjuret. På samma sätt måste man granska växtätande insekter som används för att hålla nere ogräs eller konkurrenter till det man odlar så att man vet att de inte angriper även grödor eller inhemska arter. En bra metod är att se efter om de kan tänkas komma att leva på eller anpassa sig till växter som är besläktade med den växt man vill bekämpa (Futuyma 2000).

Evolutionsbiologins metoder bidrar också till att vårda och utveckla andra biologiska resurser. Fiskbiologer använder till exempel genetiska markörer och

populationsgenetiska metoder för att skilja olika fiskgrupper åt när de vandrar från sina lekplatser (en fråga av stor ekonomisk och politisk betydelse). Genetiska analyser är också viktiga inom skogsbruket, till exempel för att ta fram barrträdssorter för kommersiell odling.

541 Miljön och naturskyddet

I vissa fall har evolutionsbiologin bidragit till miljöskyddet och återställandet av utarmad mark. Då kan till exempel grässorter som utvecklat motståndskraft mot nickel och andra tungmetaller (se kap. 13) användas för att återställa växtligheten på mark som blivit ofruktbar genom gruvdrift, och vissa sådana växter kan till och med användas för att avlägsna miljögifter från mark och vatten.

Det är högst sannolikt att ett omfattande utdöende av arter har satts igång av människans enorma och accelererande inverkan på alla delar av miljön. De viktigaste naturskyddsmetoderna är självklara och kräver främst expertis inom politik, lagstiftning och ekonomi: att skydda naturliga habitat i naturskyddsområden, upprätta och genomdriva begränsningar inom utnyttjandet av fiskbestånd och andra biologiska resurser, minska miljöförstöringen och hejda växthuseffekten. Men även biologerna, inklusive evolutionsbiologerna, lämnar ovärderliga bidrag till miljöskyddet. De använder fylogenetisk information för att avgöra var man ska placera nya naturreservat för att få största möjliga mångfald av biologiska arter; de använder evolutionsbiogeografi för att hitta områden med många endemiska arter (t.ex. Madagaskar); de använder genetiska metoder och teorier för att förhindra skador genom inavel hos sällsynta arter och för att skilja ut genetiskt unika populationer, och de använder genetiska markörer för att identifiera handel med hotade arter (se Baker et al. 2000)-

Att förstå naturen och människan

”All konst” sade Oscar Wilde ”är helt onyttig”. Han ansåg att detta var högsta beröm: konsten är en mänsklig skapelse som inte behöver motiveras med att den är användbar, ett alster som har sitt berättigande helt enkelt genom att vara ett uttryck för – till och med en väsentlig egenskap hos – människan.

Mycket av det som vi finner meningsfullt är ”helt onyttigt”: musik, solnedgångar, en promenad på en ren strand, baseboll, fotboll, filmer, trädgårdsskötsel, andlig inspiration – och förklaringar. Vare sig ämnet är matematik, naturen, filosofi eller människonaturen, är strävan att förstå i sig en belöning, alldeles bortsett från den eventuella praktiska nytta den kan ha.

Att känna till organismernas fantastiska variationsrikedom, komplexiteten hos cellen, utvecklingsbiologin eller hjärnan, och hur dessa märkvärdigheter uppkommit är djupt tillfredsställande för var och en med vetgirighet och

förmågan att förundras. Att ha uppnått en sådan kunskap är, liksom andra framsteg inom vetenskap och teknik, bland mänsklighetens största prestationer. På samma sätt blir man rikligt belönad om man får en viss – om än begränsad – insikt i människans natur och tillblivelse. Det är fascinerande och stort att få kunskaper om vår tre och en halv miljard år gamla stamtavla, om när och hur och kanske varför våra förfäder utvecklade de egenskaper som ledde till vårt nuvarande tillstånd, om hur den moderna människan uppstod i Afrika och befolkade resten av jorden, om hur nära alla människor står varandra genetiskt och hur genetiskt varierade vi likväl är. Det är både svårt och viktigt att försöka förstå hur vårt beteende formas av våra gener och därigenom av vårt evolutionära förflutna, och hur det formas av kulturen, sociala krafter och vår unika individuella historia av inläring och erfarenhet.

Ingen förståelse av människans natur eller historia kan var fullständig utan ett vetenskapligt perspektiv, där man tar evolutionen med i beräkningen. Å andra sidan har vetenskapliga idéer använts för att rättfärdiga sociala orättvisor och till och med förföljelser, på samma sätt som Bibeln har använts för att rättfärdiga korståg, inkquisition och häxjakt. Redan från början har evolutionen som vetenskap under slagordet ”socialdarwinism” missbrukats för att rättfärdiga rasism och imperialism, för att utestänga kvinnor från politisk och ekonomisk makt och förklara fattigdom, analfabetism och brottslighet inte med de samhällsförhållanden som stänger ute en stor del av mänskligheten från utbildning och självförsörjning, utan med genetisk underlägsenhet (Hofstadter 1955). Evolutionstanken har använts för att motivera den amerikanska rashygienrörelsen, som ville uppmuntra ”överlägsna” par och försvåra för eller förhindra ”underlägsna” par att bilda familj; för att motivera diskriminerande begränsningar av invandringen till USA; och värst av allt, att rättfärdiga den rasism som fann sina vidrigaste uttryck i Nazityskland. Alla detta missbruk grundades på att man misstolkat evolutionsteorin och genetiken eller förvanskade faktaunderlaget (vilket vissa evolutionsbiologer och 542 genetiker till sin heder påtalade). En äkta förståelse av evolutionsbiologin, liksom i alla andra vetenskaper, är nödvändig för att förhindra att den missbrukas.

Evolutionsembiologi är därför en viktig grund för humanvetenskaperna medicin, psykologi och sociologi. Fast psykologer och antropologer kan ha olika åsikter om evolutionens roll när det gäller att utforma ”människonaturen”, är de flesta av dem eniga om att vissa kunskaper i evolutionsteori är nödvändiga. Och även om evolutionsbiologerna och samhällsvetarna inte bestämmer politiken i samhällsfrågor, kan de protestera mot missbruk av deras vetenskap. De kan tala om när evolutionsteorin blir missförstådd, som det ”naturalistiska felslutet” att allt som är naturligt är gott och därför kan vara en ledstjärna för mänskligt beteende. Socialdarwinismen grundades på denna felsyn, liksom föreställningen att homosexualitet är ett ont därför att den inte leder till fortplantning och tanken att kvinnan skall vara underordnad mannen på grund av deras ”naturliga”, av evolutionen givna könsroller.

Evolutionen har varken moraliskt eller omoraliskt innehåll, och evolutionbiologin ger ingen filosofisk grund för estetiken eller etiken. Men evolutionbiologin kan liksom annan kunskap tjäna den mänskliga frihetens och värdighetens sak genom att bekämpa sjukdomar och hunger och hjälpa oss att förstå och uppskatta både människans enhetlighet och hennes mångfald. Och den kan öka vår förståelse för livet i all dess variationsrikedom, eller som Darwin uttryckte det: ”otaliga former av den yttersta och underbaraste skönhet”.

Sammanfattning

1. Evolutionen är ett faktum – en hypotes så grundligt stödd att det är extremt osannolikt att den är falsk. Evolutionsteorin är inte spekulation, utan snarare en komplex samling välgrundade hypoteser som förklarar hur evolutionen går till.
2. Fast många människor inte anser att det behöver finnas någon motsättning mellan evolutionen och religionen, är det många andra som förkastar evolutionen och i stället tror på en gudomlig skapelse eftersom de anser att evolutionen strider mot deras religiösa övertygelse. Kreationisternas ståndpunkter beträffande jordens ålder och liknande frågor varierar.
3. Vetenskapen har inga slutgiltiga svar, utan accepterar hypoteser provisoriskt och förändras när nya starka bevis läggs fram, och den befattar sig bara med hypoteser som kan prövas; den bygger på empiriska studier som kan kritiskt granskas av kolleger och som kan bekräftas eller vederläggas av andra forskare. Övernaturliga hypoteser kan däremot inte testas. Kreationismen har inga av vetenskapens egenskaper, och har därför ingen rätt att ingå i undervisningen i naturkunskapsämnen.
4. Bevisen för evolutionen kommer från alla grenar av biologin och geologin, och omfattar jämförande studier av morfologi, utvecklingsbiologi, levnadsförlopp och andra egenskaper, molekylärbiologi, genomforskning, paleontologi och biogeografi. Evolutionens principer kan förklara egenskaper hos organismer som man inte skulle väntat sig av en välvillig intelligent designer, som t.ex. ofullständig anpassning, oanvändbara eller tillbakabildade organ, utdöende, själviskt DNA, sexuellt selekterade egenskaper, konflikter mellan generna inom ett genom och dödande av den egna avkomman. Dessutom har alla de framlagda mekanismerna för evolutionen dokumenterats grundligt, och evolutionen har iakttagits.
5. Kreationisternas argument kan alla tillbakavisas vetenskapligt och motsägs av gjorda observationer.
6. Det är viktigt att förstå evolutionen eftersom den har stor betydelse för hur vi tänker om naturen och människan, och därför att den har många praktiska tillämpningar. Evolutionsvetenskap bidrar på många sätt till medicinen och folkhälsan, till jordbruket och till vården och utnyttjandet av naturresurserna, till bekämpning av skadliga djur och växter och till naturskyddet.