

OM
JORDENS ÅLDER

AF

THE RIGHT HON. LORD KELVIN, G. C. V. O.

ÖFVERSÄTTNING FRÅN ENGELSKAN

AF

DENIS K. LINDSTÉN



STOCKHOLM

TRYCKT I CENTRAL-TRYCKERIET, 1898.

OM
JORDENS ÅLDER

AF

THE RIGHT HON. LORD KELVIN, G. C. V. O.

ÖFVERSÄTTNING FRÅN ENGELSKAN

AF

DENIS K. LINDSTÉN



STOCKHOLM

TRYCKT I CENTRAL-TRYCKERIET, 1898.

28, Chester Square,
London, 13 May, 1898.

Dear Sir,

*I am much pleased to hear from my friend Mr Strome-
meyer that you have been interested in my article on the »Age
of the Earth». He tells me that you have made a Swedish
translation of it, which you would like to publish if I have
no objection. I write to say that I have no objection, but on
the contrary, I shall be much pleased by your thus introdu-
cing it to your country.*

Yours truly

KELVIN.

*Mr DENIS K. LINDSTÉN,
Stockholm.*

Jordens ålder såsom en vistelseort för levande väsen.

Af The Right Hon. Lord Kelvin. G. C. V. O.

[Utgörande »Victoria Institute's» årsskrift år 1897 med tillägg gjorda under juni till december s. å.]

§ 1. Jordens ålder såsom en vistelseort för levande väsen är säkerligen en fråga af stort allmänt intresse. För geologin är den af vital och fundamental betydelse, — lika vigtig som den dag, på hvilken slaget vid Hastings stod, är för Englands historia —, och likväl var den mycket litet uppmärksamrad af geologer tills för en 30 å 40 år sedan; huru litet åskådliggöres af ett påstående,* som jag nu skall anföra, och som första gången framkastades af Professor Huxley från »Geological Society's» presidentstol år 1869, då han för andra gången och efter ett 7-årigt mellanrum var sällskapets president.

»Jag antager att det i närvarande stund ej finnes någon geolog, — — — som förnekar att jordens rotationshastighet *kanhända* minskas, att solen *kanhända* blir dunklare eller att jorden *kanhända* blir kallare. De flesta af oss misstänker jag äro galler, som ej bry sig med någon af dessa saker på grund af den åsigt, att de, de må vara sanna eller osanna, icke hafva varit af någon praktisk betydelse för jorden under den period, från hvilken en redogörelse är bevarad i form af aflagringar.»

§ 2. Jag tror, att förklaringen på, huru det var möjligt för Prof. Huxley att säga, att han och öfriga geologer ej brydde sig om förhållanden, hvarpå jordelivets ålder huvudsakligen beror, är den, att han ej visste, att det fanns fast grund för uppskattningar värda att betraktas som absoluta storheter. Om ej vetenskapen lemnade oss något medel att beräkna, huruvida jordens ålder som vistelseort för levande väsen vore 10,000,000 eller 10,000,000,000 år, då anser

* Kursiveringarna i de anförda citaten äro öfverallt gjorda af förf.; detta är ej förhållandet med de med stora bokstäfver tryckta orden i citatet ur Pagés Text-book.

jag, att Prof. Huxley varit i sin fulla rätt att säga, att geologerna ej skulle bry sig med dessa saker, och att biologerna skulle gå fram sin egen väg och ej forska i saker så helt och hållet utom den mänskliga fattningsförmågans och den vetenskapliga undersökningens gräns. Detta skulle hafva ställt geologin på samma ståndpunkt, på hvilken Englands historia skulle hafva varit, om det hade varit omöjligt att bestämma, huruvida slaget vid Hastings stod för 800 eller 800 tusen eller 800 millioner år sedan. Om det vore totalt omöjligt att bestämma, hvilkendera af dessa tidrymder vore mera antaglig än de andra, då anser jag, att vi måste förblifva galler ända till dagen för »The Norman Conquest». Men en förändring ägde rum just vid den först nämnda tidpunkten, och sedermera hafva geologerna ej ansett frågan om absoluta data ligga utanför gränsen af deras undersökningar.

§ 3. Det må tillåtas mig att anföra några få utdrag för att visa, huru geologernas ståndpunkt i denna fråga angafs i åtskilliga mycket använda populära handböcker och vetenskapliga tidskrifter, utgifna 1868 eller de närmaste åren förut. Jag har åtskilliga korta utdrag att anföra, och jag hoppas, att ni ej skall finna dem ointressanta.

Det första är tre rader ur Darwins »*Origin of Species*», 1859 års upplaga, sid. 287.

»Enligt all sannolikhet har en vida längre tidrymd än 300,000,000 år förflutit sedan den senare delen af den sekundära perioden.»

Här är en annan ännu viktigare mening, som jag tagit ur samma arbete:

»Den, som kan läsa Sir Charles Lyells stora arbete »On the Principles of Geology», om hvilket kommande forskare skola säga, att det åstadkommit en revolution i naturvetenskapen, och ändock ej medgifver, att de förflutna tidsperioderna hafva varit *ofattligt stora, den kan med ens slå igen denna bok.*»

Jag skall nu anföra ett kort påstående ur Page's »*Advanced Students' Text Book of Geology*», utgifven 1859:

»Åter där KRAFTEN synes vara ur stånd att åstadkomma någon verkan, där skall studenten aldrig förlora elementet TID ur sigte: *ett element, för hvilket vi icke kunna sätta någon gräns i det förflutna, lika litet som vi veta något om dess gräns i det kommande.*»

»Af denna knapphändiga förklaring synes det, att det finnes två stora skolor med afseende på de geologiska verkningarna, — den ena antager hvarje resultat såsom verkan af de vanliga naturkrafterna kombinerade med elementet *obegränsad tid*, den andra antager krafter, som verkade med större intensitet under tidigare perioder och äfven till största delen öfver större areor. *Det förra antagandet är säkerligen det mest sannolika*, ehuru det måste erkännas, att många geologiska problem kunnat finna sin lösning endast genom antagandet af den senare hypotesen.»

§ 4. Jag har åtskilliga andra påståenden, som jag tror att ni skolen åhöra med något intresse. D:r Samuel Haughton från Trinity College, Dublin, säger i sin »*Manual of Geology*», utgifven 1865, sid. 82:

»Geologernas oändliga tid tillhör det förflutna; och *de flesta af deras betraktelser i detta afseende synas bekräfta tidens absoluta oändlighet*, som om den mänskliga fantasin vore ur stånd att fatta den tidrymd, som erfordrats för bildandet af ett några fot tjockt lerlager och dess därpå följande stelnande till fast berg.» (Denna fina satir är säkerligen ej öfverdrifven.)

»Prof. Thomson* har gjort ett försök att beräkna längden af den tid, under hvilken solen kan hafva varit i samma glödande tillstånd som dess nuvarande, och har kommit till följande slutsats: 'På det hela taget synes det mest sannolikt, att solen ej har belyst vår jord under 100,000,000 år och nästan säkert, att den ej har gjort det under 500,000,000 år. Hvad framtiden beträffar kunna vi med liknande säkerhet påstå, att jordens invånare icke fortfarande kunna åtnjuta det för deras tillvaro nödiga ljuset och värmet under många millioner år, så vida icke nya, för oss nu okända källor tillkomma, källor iordninggjorda i världsaltets stora magasin.»

Detta sade jag på 60-talet, och jag upprepar det nu; men med förtjusande logik har det ansetts som stridande mot ett senare påstående, att solen ej har skinit under 60,000,000 år; och att både detta och det föregående äro ställda i en löjlig dager af en ännu senare beräkning, som gifver för handen, att solen sannolikt ej har skinit i 30,000,000 år! Och på det sättet hafva mina ansträngningar att finna någon gräns för den geologiska tiden blifvit refererade och framlagda för allmänheten äfven i Londons dagliga och veckotidningar för att visa, huru utomordentligt vilda hrr

* Prof. Thomson och Lord Kelvin är samma person. Thomson är Lord Kelvins familjenamn. D. K. L—n.

fycisis funderingar äro, och huru motsägande deras funderingar äro beträffande den tid, som förflutit sedan den geologiska tidens yngsta dagar till nuvarande tid.

D:r Haughton fortsätter:

»*Detta Prof. Thomsons resultat (100 till 500 mill. år) har, oaktadt det är mycket liberalt med afseende på tidsgränserna, misslagat geologerna, emedan de hafva blifvit vana att behandla tiden såsom en till deras disposition ställd oändlig kvantitet och därför naturligen känna förvirring och oro vid ett försök af hrr fysici att sätta en bestämd gräns för denna kvantitet. Det är fullkomligt möjligt, att äfven 100,000,000 år är en stor öfverdrift för längden på den tid, under hvilken solvärmets har varit konstant.*»

§ 5. D:r Haughton medgaf öppet och ärligt så mycket; men sedan fortsätter han år 1865 för att förklara sin egen åsigt sålunda:

»Ehuru jag har talat något vanvördigt om de geologiska beräkningarna i mitt föredrag, så tror jag dock, att den tid, under hvilken organiskt lif existerat på jorden, är praktiskt taget oändlig, emedan den kan visas vara för stor att kunna fattas af vårt begränsade förstånd.»

Hvar är det ofattliga hos 10,000,000,000 år? Det är intet ofattligt hos antalet människor i detta rum eller hos Londons invånarantal. Man kommer fort nog upp till millioner. Är det något ofattligt att England har 30,000,000 invånare eller att Storbrittanien och Irland ha 38,000,000 eller att Brittiska riket har 352,704,863? Alls icke. Och det är alldeles lika lätt att fatta en half million år eller 500 millioner år.

§ 6. Följande påstående är hämtadt ur Prof. Jukes' *Students' Manual of Geology*:

»Den tid, som erfordrats för att en så långsam process skall hafva åstadkommit sådana enorma resultat, måste naturligen antagas ofattligt lång. Ordet 'ofattligt' är här ej taget i vidsträckt utan i bokstaflig bemärkelse för att angifva, att den tidrymd, som erfordrats för den denudation, som frambragt den nuvarande ytan hos några af de äldre bergen, är ofantligt lång i jämförelse med den tid, som det mänskliga förståndet kan fatta.»

»Darwin uppskattar i sin utmärkta bok 'Origin of Species', full af geologiska lärdomar, den tid, som åtgått för denudationen af 'the rocks of the Weald of Kent' eller för erosionen af det område, som ligger mellan de kalkstensskullar, som äro kända

under namnet 'the North and South Downs', till 300 mill. år. Grunderna för denna uppskattning äro naturligen mycket vidlyftiga att beskrifva. Det är kanske möjligt, att uppskattningen är 100 gånger för stor, och att den verkliga tiden från erosionens början till den nuvarande ej öfverskrider 3 mill. år, men å andra sidan är det fullt lika antagligt, att den i verkligheten är 100 gånger större än hans beräkning, eller 30,000 mill. år.»

§ 7. Således tillät Jukes en uppskattning af den för Wealds denudation åtgångna tiden varierande mellan 3 mill. och 30,000 mill. år. Å andra sidan påstår Prof. Phillips i sitt »Rede lecture to the University of Cambridge» (1860) en tum pr år vara måttet för erosionen i stället för Darwins en tum pr 100 år; och han säger, att de allra flesta iakttagare torde anse äfven en tum pr år för litet utom för de mest motståndskraftiga kuster. Han reducerar således på rent geologiska grunder Darwins beräkning till mindre än en hundradel. Medräknande den verkliga tjockleken hos alla kända geologiska strata på jorden, har han funnit 96 mill. år vara en möjlig ålder för det understa af dessa strata; men han gifver skäl för antagandet, att detta är ett för högt värde, och han finner, att man från blott stratigrafisk synpunkt kan anse jordelivets ålder såsom liggande mellan 38 mill. och 96 mill. år. Helt nyligen framkom Prof. Sollas i Oxford med en mycket noggrann beräkning af åldern hos de lager, som innehålla lemningar af organiskt lif här på jorden, en beräkning, som är grundad på de stratigrafiska principer, som påvisats af Mr. Alfred Wallace. Den lyder sålunda*: »Så vidt jag för närvarande kan se, är den tidrymd, som förflutit sedan början af det kambriska systemet, sannolikt mindre än 17,000,000 år, äfven när den är beräknad med antagande af likformighet, hvilket antagande synes mig motsägas af geologins förnämsta fakta. Hvarje tidrymd härutöfver, som beräkningar gjorda på fysiska grunder kunna gifva oss, får man låta komma på de prekambrika aflagringarnas konto. Dessa aflagringar äro ännu för litet kända för att kunna tjäna till en själfständig beräkning.»

§ 8. På ett af British Associations aftonsammanträden under dess möte i Dundee 1867, hade jag ett samtal med

* »The Age of the Earth», Nature, 4:de April 1895.

framlidne Sir Andrew Ramsay angående den geologiska tiden, och detta är nästan ordagrant inpräntadt i mitt minne ännu i dag. Vi hade åhört ett briljant och lärorikt föredrag af Prof. (nu Sir Archibald) Geikie om den geologiska historien af de processer, som gifvit Skotland dess nuvarande utseende. Jag frågade Ramsay, huru lång tid, han ansåg, att dessa processer hade tagit. Han sade sig ej kunna uppgifva någon gräns därför. Jag sade: »Anser ni ej att förhållandena alltid hafva gestaltat sig så som nu? Anser ni ej att den geologiska processen har fortgått i 1,000,000,000 år?» — »Det gör jag visst.» — »10,000,000,000 år?» — »Ja.» — »Solen är en begränsad kropp. Ni kan säga hur många ton den väger. Tror ni, att den har skinit under en mill. år?» — »Jag är lika mycket ur stånd att uppskatta och förstå de skäl, som ni hrr fysici hafva till grund för bestämmande af den geologiska tidens gränser, som ni äro ur stånd att förstå de geologiska skälen för vår obegränsade uppskattning.» Jag svarade: »Ni kan fullkomligt förstå fysicis skäl, om ni vill ägna er tankeförmåga därtill.» Jag vågade äfven säga att fysici ej helt och hållet vore ur stånd att uppskatta geologiska svårigheter; och så var den saken slut och vi skildes åt i all vänskap.

§ 9. I själfva verket hade geologerna från början af århundradet till denna tid (1867) blifvit uppfostrade i en filosofi, som hade sitt ursprung i Huttons system; mycket af den är i grund och botten god filosofi, men somliga saker äro synnerligen osunda och vilseledande; här är ett exempel från Playfair, den värtalige och kunnige utläggaren af Huttons teorier:

»Huru ofta dessa vexlingar af förstöring och förnyelse hafva upprepats, det tillhör ej oss att bestämma; de bilda en serie, på hvilken vi, såsom grundläggaren af denna teori har anmärkt, hvarken kunna se början eller slutet; en omständighet, som väl stämmer öfverens med hvad som är bekant angående andra delar af världsekonomin. I kedjan af de olika arter af växter och djur, som bebo jorden, kan man hvarken se början eller slut. I planeternas rörelse, där geometrin har fört ögat så långt både i framtiden och i det förflutna, märka vi hvarken början eller slutet på den nuvarande ordningen.»

§ 10. Ledd af Hutton och Playfair lärde Lyell läran om evighet och likformighet inom geologin; och för att förklara plutoniska företeelser och den underjordiska värmen, hittade han på en termoelektrisk »ständig» rörelse, om hvilken jag i min afhandling »Secular Cooling of the Earth»*, införd i »*Transactions of the Royal Society of Edinburgh*» år 1862, nämnde följande:

»Att, som Lyell har gjort**, omfatta den kemiska hypotesen och antaga att de sins emellan förenade ämnena åter skulle skiljas åt på elektrolytisk väg af de termoelektriska strömmar, som alstras af det vid de nämnda ämnenas förening bildade värmets, och att således den kemiska processen och dess värme skulle fortsätta i en oändlig serie, strider mot naturens filosofi på fullkomligt samma sätt och i samma grad som att tro, att en klocka konstruerad med själfuppdragande verk skulle uppfylla sin snillrike uppfinnarens förväntningar genom att gå för alltid.»

Det var endast genom de mest klara och tydliga bevis, som geologerna tvingades att ändra sina tankar och inse, att det fanns bestämd början och blifver ett bestämdt slut för vår jords organiska lif.

§ 11. Det är märkvärdigt, att engelska filosofer och skriftställare ej skulle hafva anmärkt, huru Newton behandlade astronomiska problem. Playfair, som jag har citerat, talar om planetsystem såsom varande fullkomligt eviga och oföränderliga. De skulle ej ha någon början och ej visa tecken till steg mot något slut. Han antager alltså, att solen alltid skulle skina, och att jorden alltid skulle fortsätta att rotera. Han förbisåg fullkomligt Laplace's teori rörande nebulosa; han förbisåg Newtons genmäle mot planeternas »perpetual motion». I förklaringen af sin *första rörelselag* säger Newton på sitt utmärkta latin, som jag nu skall försöka öfversätta: »Men det förhållandet, att de större planeterna och kometerna röra sig i banor där motståndet är mindre, gör, att de bibehålla sin rörelse längre.» Detta är ett starkt genmäle mot hvarje tanke på evighet inom planetsystemen.

* Eftertryckt i Thomson och Tait, *Treatise on Natural Philosophy*, 1:sta och 2:dra uppl.; Appendix D (g).

** *Principles of Geology*, kap. xxxi, utg. 1853.

§ 12. Nu skall jag utan vidare företal, och som jag hoppas så kortfattadt, att jag ej tröttar ut edert tålmod, utveckla några af de bevis, jag framlade mellan 1862 och 1869 för att visa bestämda gränser för jordens möjliga ålder som en hemvist för organiskt lif.

Kant* påpekade i midten af förra århundradet något som ej förut hade upptäckts af matematici eller astronomerna, nämligen att friktionsmotståndet mot tidvattnet på jordytan måste förorsaka en minskning i jordens rotationshastighet. Denna i själfva verket stora upptäckt på naturfilosofins område synes hafva tilldragit sig mycket liten uppmärksamhet — ja, hafva passerat fullkomligt obemärkta — af vetenskapsmän till omkring 1840, då man tog upp energiläran. År 1866 antyde Delaunay, att den på tidvattnet beroende retardationen hos jordens rotation var den sannolika orsaken till den ihållande accelerationen hos månens medelrörelse, beräknad med jordens rotation som tidmätare, hvilken acceleration fanns af Adams 1853 vid rättandet af en beräkning af Laplace, hvilken beräkning hade syntts bevisa, att jordens rotationshastighet var likformig.** Under antagande att Delaunays antydan var sann, beräknade Adams, i förening med Prof. Tait och undertecknad, minskningen hos jordens rotationshastighet vara sådan, att jorden som tidmätare skulle under loppet af ett århundrade komma 22 sek. efter en fullkomligt rättgående klocka, som vore ställd vid århundradets början. Med detta mått på retardationen skulle jorden för 7,200 mill. år sedan hafva roterat dubbelt så fort som nu; och centrifugalkraften vid eqvatorn skulle hafva haft fyra

* I en uppsats, först offentliggjord i Königsberg Nachrichten, 1754, Nos. 23, 24; den skrefs med anledning af ett af Berlins Vetenskapsakademi utsatt pris, år 1854. Den fullständiga titeln, såsom den synes på vol. VI af Kants samlade arbeten 1839, lyder: Untersuchung der Frage: Ob die Erde in ihrer Umdrehung um die Achse, wodurch sie die Abwechselung des Tages und der Nacht hervorbringt, eine Veränderung seit den ersten Zeiten ihres Ursprunges erlitten habe, welches die Ursache davon sei, und woraus man sich ihrer versichern könne? welche von der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin zum Preise aufgegeben worden, 1754.

** *Treatise on Natural Philosophy* (Thomson och Tait) § 830, 1:sta uppl., 1867; äfven *Popular Lectures and Adresses*, vol. II (Kelvin), *Geological Time*, utgörande aftryck af en Glasgow Geological Society den 27 febr. 1868 meddelad artikel.

gångar så stort värde som det nuvarande, som är $\frac{1}{2,39}$ af gravitationen.

För närvarande öfverskjuter hafsyttans radie vid eqvatorn polar-semi-diametern med $21\frac{1}{2}$ kilometer, hvilket enligt de mest noggranna beräkningar i teorin angående jordens form är just det öfverskott, som eqvatorialradien skulle hafva, om jordens hela massa vore flytande och i jämvigt under inflytande af tyngdkraften och den centrifugalkraft, som alstras af den nuvarande rotationshastigheten, och $\frac{1}{4}$ af hvad det skulle hafva varit om rotationshastigheten varit dubbelt så stor. Häraf kan man draga den slutsatsen, att om rotationshastigheten varit dubbelt så stor som den nuvarande, när stelndet af den i jämvigt varande flytande massan egde rum, och om den stelnade jorden under fullkomligt fast tillstånd så småningom hade saktat sin rotationshastighet till den nuvarande, vattnet skulle hafva afsatt sig i två cirkulära haf vid polerna; och eqvatorn skulle vara torr och med 64,5 km. längre radie än den polara hafsbottens ytas radie. Detta gäller endast under förutsättning af absolut fasthet hos jorden efter det första stelndet. Det torde i verkligheten hafva blifvit någon eftergifvenhet för gravitationens sträfvan att utjämna den helt ringa lutningen från hvardera polen till eqvatorn. Men om jorden vid tiden för det första stelndet hade roterat dubbelt så fort eller blott 20 % fortare än för närvarande, så skulle spår af dess skapnad i föreliggande fall blifvit lemnade genom en stor öfvervigt af land och sannolikt intet haf i eqvatorialtrakterna. Tager man med i betraktande alla ovissheter både med afseende på Adams' beräkning af jordens retardation på grund af friktionen och med afseende på villkoren för jordens fasthet efter stelndet, så kunna vi tryggt säga, att jorden säkert ej var fast för 5,000 mill. år sedan och sannolikt ej för 1,000 mill. år sedan.*

* »Det faktum, att kontinenterna äro arrangerade längs meridianer snarare än i ett bälte vid eqvatorn, bevisar i någon grad, att jordens stelndet ägde rum vid en tid, då den dagliga rotationen blott litet afvek från det nuvarande värdet. Det är sannolikt, att tiden för stelndet ligger mycket närmare än 1,000 mill. år.

Thomson och Tait. *Treatise on Natural Philosophy*, 2:dra uppl., 1883, § 830.

§ 13. Ett andra bevis för jordens begränsade ålder, hvilket i verkligheten var mitt eget första bevis, är grundadt på betraktandet af den underjordiska värmen. För att förklara en första öfverslagsberäkning vill jag föredraga ett kort anförande, som är taget ur en liten uppsats, som jag meddelade Royal Society i Edinburgh den 18 dec. 1865, med titeln: »The Doctrine of Uniformity in Geology briefly refuted».

»Läran om likformighet inom geologien, som omfattas af många af Englands mest framstående geologer, förutsätter, att jordens yta och öfre skorpa hafva varit nästan oförändrade med afseende på temperatur och öfriga fysiska egenskaper under millioner millioner år. Men *den värmemängd som vi genom observationer veta årligen bortföras från jorden* är så stor, att om detta förhållande har fortgått med någon tillstymmelse till likformighet under 20,000 mill. år, skulle den af jorden förlorade värmemängden vara tillräcklig för att upphetta en massa af vanlig ytbergart och 100 gånger så stor som jorden till 100° Cent. Denna värmemängd skulle vara mer än nog att smälta en massa af ytbergart lika stor som jorden. Ingen hypotes angående kemisk reaktion, inre flytande tillstånd, verkan af trycket på ett mycket stort djup eller möjlig karaktär hos substanserna i jordens inre, som äger det minsta spår af sannolikhet, kan rättfärdiga det antagandet, att jordskorpan förblifvit som den nu är, under det att från hela eller från en del af jorden en så stor värmemängd gått förlorad.»

§ 14. De 11 ord, som äro kursiverade, angifva en faktisk grund för den förfäktade slutsatsen. Denna slutsats är nog att taga bort geologernas och biologernas hela spekulationssystem rörande en ofattligt lång förfluten tid eller till och med blott några få tusen millioner år såsom måttet för den tid organiskt lif existerat på jorden, och att under denna tid förlägga en likformig plutonisk verksamhet; hvilken åsigt vi hafva sett vara mycket förherskande bland brittiska geologer och biologer för 30 år sedan, och hvilken jag får lof att säga ej är öfvergifven af några af våra nuvarande chefer. Ett bevis härpå utgöra ordförandena af zoologiska och geologiska sektionerna af British Association vid mötena 1893 i Nottingham och 1896 i Liverpool.

Mr Teall: Presidential Adress to the Geological Section, 1892:

»Det gamla goda brittiska skeppet 'likformighet,' byggdt af Hutton och repareradt af Lyell, har vunnit så många ärorika

segrar under förgångna dagar och synes ännu vara i så godt stridstillstånd, att jag ej ser någon giltig orsak, hvarför man skulle stryka flagg hvarken för 'katastrof' eller 'evolution'. I stället för att tillmötesgå uppfordran att skynda på, framställa vi en begäran om mera tid.»

Prof. Poulton: Presidential Adress to the Zoological Section, 1896:

»Vårt bevis behandlar ej tiden, som erfordrats för början af det organiska lifvet eller för utvecklingen af de lägsta af oss kända varelserna från de först skapade, om hvilka vi ej veta någonting. Båda dessa processer hafva erfordrat en ofantligt lång tid; men som vi ej veta det ringaste om dem och för närvarande ej hafva någon utsigt till kännedom om dem, så måste vi hålla oss till så mycket af evolutionsprocessen, som vi kunna sluta oss till af lefvande och fossila formers byggnad, d. v. s. för djur från utvecklingen af den enklaste till den mest komplicerade Protozoa, evolutionen af Metazoa från Protozoa och Metazoas förgrening till dess talrika Phyla med alla dess klasser, ordningar, familjer, genera och species. Men vi skola finna, att detta är fullkomligt nog för att nödvändiggöra en *mycket stor tillökning af den af geologerna beräknade tiden.*»

§ 15. I min egen korta uppsats, ur hvilken jag har anfört ett stycke, är det mått, enligt hvilket värme bortledes från jorden genom den öfre skorpan, och hvilket mått bevisas genom observationer af den underjordiska värmen vid skilda delar af jorden och genom uppmätning af ytbergarters värmeledningsförmåga, fullkomligt tillräckligt för att helt och hållet vederlägga läran om likformighet som omfattades af Hutton, Lyell och deras efterföljare; detta var denna uppsats enda ändamål.

§ 16. I ett tidigare meddelande till Royal Society i Edinburgh* hade jag ansett jordens afsvalnande bero just på denna värmeförlust; och genom att följa afsvalningsprocessen tillbaka i tiden hade jag kommit till en bestämd uppskattning af det största och det minsta antal mill. år, som möjligtvis kunna hafva passerat sedan jordens massa öfverallt var rödvarm. Jag uttryckte min slutsats sålunda:**

* *On the Secular Cooling of the Earth*, Trans. Roy. Soc., Edinburgh, vol. xxiii, 28 april, 1862. Aftryck i Thomson och Tait, vol. iii, sid. 468—485, och *Math. and Phys. Papers*, Art. XCIV, sid. 295—311.

** *On the Secular Cooling of the Earth*, Math. and Phys. Papers, vol. iii, § 11 of Art. XCIV.

»Vi äro mycket okunniga angående de verkningar höga temperaturer kunna hafva med afseende på ändringen af bergarters ledningsförmåga, spec. värme och smältpunkt. Därför måste man tillåta mycket vida gränser vid en sådan beräkning, som den jag försökt göra; men jag tror, att man med stor säkerhet kan säga, att jordens stelning ej kan hafva ägt rum för mindre än 20 mill. år sedan, i annat fall skulle vi hafva mera underjordiskt värme än vi nu hafva; och ej för mer än 400 mill. år sedan, i annat fall skulle vi hafva mindre underjordiskt värme än det nuvarande. D. v. s. jag drager den slutsatsen, att Leibnitz's tidpunkt för uppkomsten af '*consistentior status*' (jordens stelning från röd- eller hvitglödande massa) sannolikt ligger inom dessa gränser.»

§ 17. Under de 35 år, som hafva passerat, sedan jag uppgaf denna rymliga uppskattning, hafva experimenter blifvit gjorda, som utfylla mycket af den då bristfälliga känndomen om bergarternas termiska egenskaper, och på grund häraf kan man få en närmare bestämning af den från jordens stelning förflutna tiden, och man har nu goda skäl att säga, att den var mer än 20 mill. och mindre än 40 mill år; och sannolikt mycket närmare 20 än 40.

§ 18. För 12 år sedan påbörjades i ett af Mr C. King i samband med Förenta Staternas geologiska undersökning öppnadt laboratorium en serie mycket viktiga undersökningar af D:r Carl Barus med afseende på bergarters fysiska egenskaper vid höga temperaturer, i afsigt att förskaffa den geologiska teorien tillförlitliga uppgifter. Mr Clarence King begagnade dessa uppgifter i en artikel i *American Journal of Science** för att beräkna jordens ålder mera bestämdt än det var möjligt för mig att göra 1862 med den magra kunskap, man då hade om spec. värmets, ledningsförmågan och smältpunkten hos bergarterna. Jag hade tagit 7,000° F. (3,871° C) som ett högt värde på bergarters smältpunkt. Äfven då var jag böjd för att antaga något värde mellan 1,000° och 2000° C. såsom mera sannolikt, men jag var mest rädd för att *underskatta* jordens ålder, och därför grundade jag min första beräkning på en temp. af 7,000° F. som bergarters smältpunkt. Nu veta vi af Carl Barus** experiment, att

* *On the Age of the Earth*, vol. XLV, januari 1893.

** *Phil. Mag.* 1893, första halfåret, sid. 186, 187, 301—305.

diabas, en typisk basalt af mycket primär karaktär, smälter mellan $1,100^{\circ}$ och $1,170^{\circ}$ C. och är fullkomligt flytande vid $1,200^{\circ}$ C. Korrektionen af $3,871^{\circ}$ C. till $1,200^{\circ}$ C. eller $\frac{1}{3,22}$ af detta värde som temperatur för stelningstemp. skulle under för öfrigt lika antaganden reducera mina 100 mill. år till $\frac{1}{(3,22)^2}$ af dess värde eller till något mindre än 10 mill. år; men tryckets verkan på stelningstemperaturen måste äfven tagas i betraktande, och Mr Clarence King drager efter en omsorgsfull pröfning af alla de uppgifter, som för denna sak lemnats honom af D:r C. Barus, utan vidare experiment den slutsatsen, att »vi hafva ingen rättighet att utsträcka jordens ålder utöfver 24 mill. år.»

§ 19. Genom en omsorgsfull matematisk beräkning har jag utarbetat problemet angående värmets bortledning från jorden, och härvid har jag antagit ett specifikt värme, som ökas ända till den smältpunkt, som är funnen af Rücker och Roberts-Austen och af Barus, men ledningsförmågan antagen konstant; och genom att taga ökningen af smältningstemperaturen med i betraktande något fullständigare än Mr C. King, har jag ej kommit till ett från hans 24 mill. år mycket afvikande resultat. Men innan vi veta något mera angående den sannolika minskningen af värmeledningsförmågan vid stigande temp., hvilken minskning skulle förkorta tiden sedan stelningen, skulle det vara mycket oklokt att framlägga en närmare beräkning.

§ 20. Alla dessa beräkningar af det underjordiska värmets historia, hvars detaljer jag är säker att ni ej önskar, att jag skall framlägga för närvarande, äro baserade på det säkra antagandet, att vår jords materia en gång har varit i flytande, vitglödande tillstånd rundt hela jordytan. Vår jord förlorar för närvarande värme från ytan rundt omkring, år efter år, århundrade efter århundrade. Vi måste såsom fullkomligt ohållbart förkasta ett sådant antagande, som att några få tusen mill. år af den närvarande regimen skulle varit föregångna af några få tusen mill. år af upphettning utifrån. Historien, vägledd af vetenskapen, är om möjligt bunden att finna ett tillstånd, som går före hvarje känt tillstånd vare sig hos de döda tingen eller hos de lefvande

varelserna. Således måste, såvida man ej vill antaga, att jorden vore skapad fast och varm af intet, den kontinuerliga värmeförlusten hafva föregåtts af smält massa rundt hela ytan.

§ 21. Jag har uppgifvit starka skäl* för det antagandet, att omedelbart före stelningens vid ytan det inre var fast nära upp till ytan, med undantag af jämförelsevis små kvantiteter af lava eller smält bergart bland de solida massorna af tyngre bergart, som sjunkit genom den flytande massan, och möjligen ett större rum i centrum, upptaget af Pt, Au, Ag, Cu, Fe och andra tunga metaller, som ännu vore flytande på grund af det mycket höga trycket.

§ 22. Nu skall jag nämna några ord angående djupet under den stora yta af smält lava, som omgaf jorden före stelningens, och angående bergshöjder och oceandjup, som bildades sannolikt några få år efter det första framträdandet af fast berg ur den smälta massans yta, se § 24, hvilket framträdande måste hastigt hafva efterföljts af ett fullständigt stelningens rundt hela jorden. Men jag vill först bedja eder om ursäkt för att jag uppgifver alla djup, höjder och afstånd i kilometer (en km. är ungefär 0,6 eng. mil), och på samma gång uttalar jag den förhoppningen, att hela vårt monsteriösa måttssystem ej länge måtte öfverleva det af Parlamentet nu fattade beslutet att hedra Drottning Victorias 60-års jubileum genom att lagligen införa det franska metersystemet i de förenade rikena.

§ 23. Låt oss, för att förbereda betraktandet af afsvallningen vid ytan, gå tillbaka till en tid (sannolikt ej mer än 20 år, som vi snart skola se — § 24), då den fasta kärnan var betäckt med flytande lava till ett djup af åtskilliga kilometer; låt oss för att få fotfäste för tanken säga 40 km. Vid detta djup är, om lavans sp. vikt är 2,5, det hydrostatiska trycket 10 ton pr cm.² eller ungefär 10,000 atmosferer. Enligt Clarence Kings och Carl Barus' försök med diabas** och enligt min broders, framlidne Prof. James Thomson, ter-

* *On the Secular Cooling of the Earth*, vol. III, *Math. and Phys. Papers*, §§ 19—33.

** *Phil. Mag.*, 1893, första halfåret, sid. 306.

modynamiska teori* är smältningstemp. för diabas vid 1 atm. tryck $1,170^{\circ}$ C. och skulle vid 10,000 atm. vara $1,420^{\circ}$ C., om stegringen af temp. med trycket vore proportionel, äfven när man har att göra med så högt tryck.

§ 24. Temperaturen hos den 40 kilometer djupa lava-oceanen må därför tagas något litet lägre än $1,420^{\circ}$ C. från ytan till botten. Dess yta skulle utstråla värme efter någon sådan regel som 2 (gramme-water) värmeenheter pr cm.^2 pr sek.** Sålunda skulle på ett år ($31\frac{1}{2}$ mill. sek.) 63 mill. värmeenheter förloras pr cm.^2 af ytan. Detta är enligt Carl Barus mycket nära lika med det latent smältningsvärme, som lemnas af en mill.¹ cm.^3 smält diabas, när den stelnar till glasig massa, hvilket sker när stelmandet äger rum på några få minuter. Men när mera än några få minuter åtgå för stelmandet, så är den bildade massan ej glas utan en heterogen, kristallinisk massa med ojämnt brott, ett förhållande, som är funnet af Sir James Hall vid hans experiment i Edinburgh*** för 100 år sedan; och om stelmandet tager några timmar eller dagar eller ännu längre tid, så har den bildade massan den välbekanta, ojämnt kristalliniska struktur, hvilken de basaltmassor, som äro påträffade i alla världsdelar, hafva. Nu finner Carl Barus, att basaltisk diabas är 14 % tyngre än smält diabas och 10 % tyngre än det vid hastigt stelnande bildade glaset. Hvarken han eller Rücker och Roberts-Austen gifva några upplysningar beträffande det vid lavas stelnande till basaltisk bergart utvecklade latent värmet. Gissande det vara 3 gånger så stort som det latent värmet hos den ofvannämnda glasiga diabasen, besäknar jag en mill. cm.^3 stelnad vätska pr cm.^2 pr cm. pr 3 år. Detta skulle minska vätskans djup med en mill. cm. pr 3 år eller med 40 km. pr 12 år.

* *Trans. Roy. Soc., Edinburgh*, 2:dra jan. 1849; *Cambridge and Dublin Mathematical Journal*, nov. 1850. Aftryck i *Math. and Phys. Papers* (Kelvin), vol. I, sid. 156.

** Detta är en mycket primitiv uppskattning, som jag gjort med tillhjälp af J. T. Battomley's noggranna bestämningar af värmeutstrålningen från platinatråd och från blanka och svärtade ytor af diverse ämnen, upphettade ända till 920° och satta under recipienten af en luftpump, där trycket nedbragts till $\frac{1}{1,000,000}$ atm. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 1887 och 1893

*** *Trans. Roy. Soc., Edinburgh*.

§ 25. Låt oss nu betrakta det sätt, på hvilket minskningen af lavaoceanens djup kan hafva fortgått; hela massan hade en temperatur, som mycket litet understeg smältningstemperaturen $1,420^{\circ}$ vid botten, när djupet var 40 km. Värmeförlusten från den hvitglödande ytan (temp. $1,420^{\circ}$ till $1,380^{\circ}$ på olika ställen) förorsakar, med antagande af 2 v. e. förlust pr cm.^2 , ett mycket hastigt afsvalnande af vätskan på några få cm. under ytan (värmekapacitet $0,36$ pr gram enligt Barus) och således en stark strömning nedåt af denna afkylda och uppåt af varm vätska, som breder ut sig horisontelt i alla riktningar, så snart den når ytan. När den sjunkande vätskan kommer 20 eller 10 eller kanske 5 km. från botten, så blir dess temperatur* lika med smältningstemperaturen, som här är högre på grund af det ökade trycket; eller kanhända tydligare uttryckt en temperatur, vid hvilken några af dess beståndsdelar kristallisera ut. Härpå hafva vi på några få kilometers afstånd från botten ett regn af stelnad lava eller kristalliniska stycken eller prismor eller små kristaller af fältspat, glimmer, kornblende, kvarts och andra beståndsdelar; hvarje liten partikel tillväxer och faller något fortare än vätskan, tills den når botten. Denna process fortgår tills vår lavaocean blir fylld ända till ytan af hopade kristaller och korn.

Granitens sannolika bildningssätt. (§§ 26, 27.)

§ 26. Med de förutsättningar, vi hittills hafva gjort, hafva vi vid nu uppnådda stadium samtidigt rundt hela jorden en röd- eller hvitglödande yta af fasta korn och kristaller med mellanrummen fyllda af modervätskan, ännu flytande, men färdig att stelna vid minsta afkylning. Denna heterogena massas värmeledningsförmåga är, sannolikt äfven innan den flytande delen stelnat, nära densamma som hos vanlig fast granit eller basalt vid rödvärme, och nästan säkert** något mindre än värmeledningsförmågan hos vulkaniska berg-

* Den sjunkande vätskans temp. stiger med det ökade trycket, men mycket mindre än vätskans eller några af dess beståndsdelars smältpunkt. (Se Kelvin, *Math. and Phys. Papers*, vol. III, sid. 69, 70.)

** *Proc. R. S.*, 30 maj 1895.

arter vid vanlig temperatur. Om någon önskar, att själf se, huru hastigt sådan bergart svalnar, när den är i fullkomligt fast tillstånd, så kan han taga en vanlig makadamsten och upphetta den till rödglödning i en vanlig koleld. Tag ut den med en tång och lägg den på spiselhällen eller på en stenplatta ett stycke från elden, och ni skall få se, att den inom en minut eller två eller kanhända på mindre än en minut upphört att vara rödhet.

§ 27. En half timme* efter det stelandet nådde upp till ytan vid någon del af jorden, måste modervätskan mellan kristallerna hafva stelnat till ett djup af åtskilliga cm. och sammankittat kornen och kristallerna, och sålunda bildat en skorpa af ursprunglig granit, jämförelsevis sval vid den öfre ytan och röd- till hvitglödande, men ändock fullkomligt fast, på något djup; skorpan tillväxer i början mycket hastigt i tjocklek, och efter några få veckor är den säkert så kall vid ytan, att man kan vidröra den med handen.

Basaltiska bergarters sannolika bildningssätt. (§§ 28, 29.)

§ 28. Hittills hafva vi ej mycket betraktat modervätskan mellan de kristalliniska kornen på hvarje djup under botten af vår uppgrundade lavaocean. Det var sannolikt denna modervätska, som var bestämd att bilda basaltbergen under kommande geologiska tid. Hvilken form och hvilken storlek de fasta kornen än må hafva haft, då de sjönko till botten, så måste de dock hafva hopat sig i lösa högar med en ganska stor kvantitet modervätska mellan de olika kornen. Men på ett ansenligt djup ner i högen måste trycket af de öfver liggande kornen söka att krossa hörn och kanter till ett fint pulver. Om det ofvannämnda regnet hade ägt rum i luft, kunna vi vara fullkomligt säkra på, att (äfven med den ringa kännedom, som vi hafva om hårdheten hos kristaller af fältspat, glimmer, hornblende och hos fasta kvartskorn) på ett djup af 10 km. skulle nog materiel hafva blifvit

* Se på lavas hastiga afsväljande, då den röd- eller hvitglödande strömmar fram ur en vulkan och sedan efter några dagar eller veckor erbjuder en svart hård skorpa så stark och sval, att man utan fara kan gå på den.

afsöndradt af hörn och kanter i form af ett pulver af växlande finhet för att i tomrummen mellan kristallerna lemna plats för blott en outsägligt ringa kvantitet luft. Men i verkligheten kan den effektiva vigten hos hvarje fast partikel, uppbumen som den är af det hydrostatiska trycket hos en vätska, som blott var 20 eller 15 eller 10 % lättare, ej hafva varit mer än $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ af dess vikt i luft, och därför måste den ofvannämnda krossningsprocessen, som skulle hafva inträffat på 10 km. djup i luft, hafva ägt rum först på ett djup af 50 à 100 km. under lavaoceanens botten.

§ 29. Ett resultat af detta förskräckliga sammanpressande måste hafva varit, att vätskan pressats ut från mellanrummen bland kristallerna, liksom vattnet ur en svamp, och bragts att passera uppåt genom de allt mindre och mindre tätt sammanpackade fasta partiklarne och ut i lavaoceanen där ofvanför. Men på grund af det stora motstånd vätskan måste hafva rönt, då den passerade uppåt 30 à 40 km. genom mellanrummen bland kristallerna, måste denna process hafva gått något långsamt; och under hela den tid, lavaoceanen uppgrundades, måste en anseelig proportion af hela volymen hafva upptagits af modervätskan bland de fasta partiklarne på ett djup af 50—100 km. under ytan af partikelhögen eller botten af lavaoceanen. När stelmandet nådde ytan, måste ännu modervätskans strömning uppåt i någon mån hafva fortgått. På så sätt måste sannolikt under några få år, sannolikt ej så många som 100 efter det första stelmandet vid ytan, bottensatsen af fasta partiklar genom krossningen af kanter och hörn hafva fortfarit att orsaka modervätskans strömning uppåt till ytan genom sprickor i den först bildade graniten och sedan genom nya sprickor i den undan för undan bildade basaltskorpan.

Leibnitz's Consistentior Status.

§ 30. När denna strömning genom fina sprickor i skorpan upphört öfverallt, hafva vi uppnått Leibnitz's *consistentior status*; det börjar med att ytan är sval och beständigt fast och temperaturen stigande till $1,150^{\circ}$ C. på 25 eller 50 eller 100 meter under ytan.

Sannolika uppkomsten af kontinenter och oceandjup.
(§§ 31—37.)

§ 31. Om lavaoceanens uppgrundning hade ägt rum öfverallt på samma gång, så skulle den fasta ytan hafva varit lavaoceanens lugna yta, just när dess djup blef noll. Med detta antagande synes det vara omöjligt, att våra kontinenter skulle kunna hafva uppnått sin nuvarande höjd och oceanerna sitt nuvarande djup under de 20 eller 25 mill. år, som förgått sedan *consistentior status* begynte eller under en tid huru lång som helst. Förkastande den ytterligt osannolika hypotesen, att kontinenterna bildades af meteorer, som hopats på den redan stelnade jorden, hafva vi intet annat möjligt alternativ, än att de äro en följd af heterogenitet hos den vätska, som bildade jorden, innan den hade stelnat. Hydrostatiska jämvikten hos den roterande vätskan innefattade blott homogenitet med afseende på tätheten i hvarje vågrät yta (d. v. s. en yta \perp resultanten af gravitationen och centrifugalkraften); den fordrade ingen homogenitet med afseende på kemiska sammansättningen. Tager man i betraktande den nästan säkra hypotesen, att jorden bildats af meteorer, som störtade tillsamman, kunna vi i tanken följa sammandragningsprocessen från gasform till flytande lava och metaller och vätskans stelnande från centrum utåt, utan att finna någon fullkomlig blandningsprocess af de olika beståndsdelarne, som kommit tillsamman från skilda håll, en blandningsprocess så fullkomlig, att den åstadkommit en approximativ kemisk homogenitet i hvarje lager med lika täthet. Således hafva vi ingen svårighet att förstå, huru äfven den gasmassa, som en tid utgjorde materien för vår jord, i sig själf hade den heterogenitet, på grund af hvilken genom dynamikens lagar Europa, Asien, Afrika, Amerika, Australien, Grönland och den antarktiska kontinenten samt Stilla, Atlantiska och Indiska oceanerna samt Ishafven bildades.

§ 32. Vi kunna efter all sannolikhet antaga, att en mycket ringa kemisk heterogenitet kunde förorsaka stora skillnader med afseende på tyngden hos de kristaller och korn, som bildade det ofvan omtalade regnet i lavaoceanen,

då denna ännu var 50—100 km. djup. Således kunna vi fullkomligt inse, huru den uppgrundades mycket hastigare på somliga ställen än på andra. Det är äfven af intresse att taga i betraktande hurusom de fasta partiklarne, hvilka sjunkit till botten, måste hafva blifvit starkt rubbade, hopade i drifvor som de voro (liksom sanden i en flod eller torr sand af vinden) af den ostliga horisontala rörelse, som vätska, inträngande i eqvatorialtrakterna, måste få på grund af jordens rotation. Det är sannerligen ej omöjligt, att detta inflytande har varit mycket verksamt vid bildandet af de stora bergssträckorna Anderna och Klippbergen och af Europas och Afrikas vestkuster. Det synes emellertid säkert, att den stora hufvudorsaken till bildningen af kontinenter och oceaner var kemiska olikheter, kanske mycket små, i den stora lavaoceanen före stelnandet.

§ 33. För att få fast utgångspunkt, så låt oss antaga, att på någon stor area, t. ex. en sådan som sedan blifvit Europa, Afrika, Asien, Australien och Amerika, lavaoceanen hade blifvit uppgrundad till ytan, under det att på andra ställen det fanns djup sträckande sig ned till 40 km. som djupast. På en mycket kort tid, omkring 12 år enligt våra föregående beräkningar, blir hela lavaoceanen uppgrundad till ytan.

§ 34. Vi hafva nu ej tid nog att uttänka de komplicerade processer, hydrostatiska och termodynamiska, hvilka måste hafva åt- och efterföljt svalnandet af den lavaocean, som omgaf vår första kontinent. Emellertid se vi vid en hastig öfverblick af saken, att, genom en sammandragning vid stelning af låt oss säga 15 %, vätskans yta måste vid det största djupet sjunka 6 km. relativt kontinenten, och således måste vätskan lemna den och dess kustlinier blifva bestämda. Och alldeles som vattnet rinner ut ur en sandbank och denna torkar, då vattnet vid ebb sjunker undan, så måste ock små strömmar af modervätskan hafva runnit ut från kontinenterna ned i den sjunkande lavaoceanen. Men i olikhet med sandbanken af osammanhängande sandkorn, genomdränkt af fortfarande flytande vatten, blir vår obetäckta bank af hvitglödande fasta kristaller med mellanrummen fulla af modervätskan inom få timmar, efter sedan

den blifvit obetäckt, stelnad till en skorpa af fast berg genom afsvälning vid ytan och genom stelmandet af vätskan vid en temperatur något lägre än smältningstemperaturen hos någon af de förut bildade kristallerna. Den fullkomligt fasta skorpan tjocklek tillväxer i början mycket hastigt, så att den inom loppet af 3 eller 4 dagar kommit upp till så mycket som en meter. Vid slutet af ett år torde den hafva uppnått en tjocklek af 10 m. Efter förloppet af de första få veckorna blir régimen för värmeförlusten utåt sådan, att skorpan tjocklek, så länge den är orubbad, tillväxer med kvadratroten ur tiden; således på 100 år blir den 10 gånger och på 25 mill. år 5,000 gånger så tjock som på ett år. Således skulle på 25 mill. år skorpan hafva uppnått en tjocklek af 50 km. Dessa absoluta tal äro blott tagna som exempel, men det är sannolikt, att de ej afvika så synnerligen mycket från dem, som gälla för jordytans minst rubbade delar.

§ 35. Vi hafva nu uppnått det i § 30 beskrifna tillståndet blott med den skillnaden, att i stället för en jämn jordyta hafva vi, enligt antaganden i §§ 33 och 34, fått ojämnheter af 6 km. afstånd mellan ytorna eller så mycket mer än 6 km., som det behagar oss att antaga.

§ 36. Det måste ännu finnas en liten, men vigtig kvantitet modervätska mellan de hårdt packade, men ännu oafkylda kristallerna under den fullkomligt stelnade skorpan. Denna vätska, som skiljer sig från kristallerna med afseende på den kemiska beskaffenheten, har sin smältpunkt något lägre, kanske betydligt lägre, än den lägsta af kristallernas smältpunkt. Men när vi betrakta kristallernas bildningssätt (§ 25) ur modervätskan, måste vi ännu alltid betrakta densamma som ett lösningsmedel, färdigt att upplösa och att åter ersätta delar af den kristalliniska massan, när små variationer i tryck och temperatur orsaka sådana processer. Då nu specifika vigten hos vätskan är omkring 15 % mindre än hos de fasta kristallerna, så måste den *försöka* att bana sig väg uppåt och gör verkligen detta, ehuru långsamt, tills den hejdas af den redan stelnade, ogenomträngliga skorpan, eller tills den själf stelnar på grund af värmeförlusten utåt.

Om den öfre skorpan öfverallt vore sammanhängande och fullkomligt fast, så måste modervätskan oundvikligen, om den finge nog tid på sig, finna vägen till de högsta punkterna af den undre ytan på skorpan och där bilda jättelika håligheter af flytande lava, sträfvande att spränga den öfverliggande skorpan och rusa upp genom den.

§ 37. Men i verkligheten kan ej den öfre skorpan hafva varit oändligt stark; och att döma af hvad vi känna om dylika saker, skulle vi vänta stora sprickor i den öfre skorpan, då den sträfvar att sammandraga sig vid stelandet och blir hindrad af den undre varma fasta massan, som ej sammandrager sig. När en sådan spricka sträcker sig så långt ned, att den når en af håligheterna i modervätskan, får man ett utbrott af vulkanisk lava, sådan som blifvit upptäckt af geologerna i stort öfverflöd i skilda världsdelar. Vi måste äfven hafva haft jämförelsevis obetydliga högland på den först stelnade jorden, och dessa högland måste sedan ytterligare höjts af den från jordens inre utströmmande modervätskan, som bragts till utbrott på grund af den öfverliggande skorpan tryck. Vid ett sådant utbrott, beroende endast på gravitational energi, måste tyngdpunkten för all den ifrågavarande materien sjunka, ehuru delar af densamma hafva blifvit bragta till större höjd; men vi måste lemna dessa stora geologiskt-dynamiska frågor, sedan vi nu kommit att tänka på dem vid betraktandet af jorden, innan den ännu var beboelig.

§ 38. Temperaturen, till hvilken jordytan svalnade under några få år efter stelandet, måste, såsom nu är förhållandet, hafva varit sådan, att den temperatur, vid hvilken värme utstrålade i rymden under natten, öfverstiger den, som erhålles af solen under dagen med den lilla differens, som beror på det inifrån kommande värmets.* Ett år efter

* Antag t. ex. att afsvälningen och tillväxten af den öfre skorpan ha fortgått så långt, att vid ytan och ungefär några få decimeter under densamma måttet för temperaturstegringen är en grad pr cm. Om man vidare antager 0,005 c. g. s. som ett ungefärligt medelvärde på värmeledningsförmågan hos ytbergarter, så skulle man få värmeförlusten utåt till 0,005 gramme water thermal units centigrade pr cm. pr sek. (Kelvin, *Math. and Phys. Papers*, vol. III, sid. 226.) Om man nu tager (*ibid.*, sid. 228) $\frac{1}{1,000}$ såsom måttet på värmeutstrålningen från berg och från

stelnandet af modervätskan i hålrummen mellan kristallerna vid någon plats på jordytan måste medeltemperaturen där hafva varit 60 å 80° Cent. högre, än om hela det inre hade haft samma medeltemperatur som ytan. Låt oss t. ex. antaga, att vid slutet af ett år ytan varit 80° varmare, än om ingen underjordisk värme funnits; då måste den efter 100 år varit 8° varmare, efter 10,000 år 0,8 varmare och efter 25 mill. år 0,016° varmare, än om ingen underjordisk värme hade funnits.

§ 39. När jordytan ännu var hvitglödande vätska rundt omkring med en temperatur af omkring 1,200° Cent., måste det hafva funnits varma gaser och vattenånga öfverallt ofvanför och kanhända äfven gaser af våra för närvarande kända mera flyktiga ämnen, såsom Zn, Hg, S och P. Det mycket snabba afsvanandet strax efter stelnandet måste hafva förorsakat en kondensation af alla andra ångor än vattenånga, och något senare ett regn af vatten när jordens yta svalnade från rödglödande till så pass låga temperaturer som 40°, 20° och 10° öfver den af solen förorsakade medeltemperaturen. Hurudan denna första atmosfer var beskaffad, och huru mycket regn, som under första århundradet föll ned på jorden, det är frågor, som vi för närvarande ej kunna besvara med någon säkerhet. Men naturalhistorien och naturalfilosofin gifva oss någon grund för ett försök att besvara följande stora frågor: När uppkom vår nuvarande atmosfer af kväfve, syre och kolsyra? När uppkommo våra nuvarande oceaner och sjöar med salt och färskt vatten? Huru stor likhet med de nuvarande förhållandena förefanns efter de första 100 århundradena efter stelnandet vid ytan?

den öfverliggande atmosfären af gaser och vattenånga ut i etern, så finner man $8,000 \cdot 0,005$ eller 40° Cent. som öfverskott på medeltemperaturen vid ytan öfver den temperatur, som skulle råda, om värme ej meddelades från jordens inre. Den nuvarande temperaturstegringen mot djupet må tagas till en grad Cent. pr 27 m., ett ungefärligt medelvärde erhållet genom observationer från alla de delar af jorden, där underjordisk värme har blifvit uppmätt (se British Associations Reports från 1868 till 1895. Denna kommittés ofantligt värdefulla arbete har fortsatts af Prof. Everett under dessa 27 år med stor skicklighet, ihärdighet och framgång, och han lofvar att fortsätta sin redogörelse). Detta gör med samma värden på ledningsförmågan och utstrålningen som i föregående fall $40^{\circ}/2700$ eller $0,0148^{\circ}$ C. pr cm. till det mått, hvarmed medeltemperaturen hos jordytan för närvarande ökas på grund af den underjordiska värmen.

§ 40. Vi kunna såsom fullkomligt säkert antaga, att kväfve, kolsyra och vattenånga i stor mängd uppstego såsom klåsor ur granitens modervätska före ytans stelnande och från den sedan vid eruptioner utströmmande modervätskan. Ty alla eller nästan alla graniter, som i detta afseende* blifvit undersökta af kemister, hafva befunnits innehålla stora mängder kväfve, kolsyra och vatten i kondenserad form inneslutna i hålrum. Det synes, att i ingen slags granit eller basalt, som blifvit undersökt, har kemiskt fritt syre blifvit funnet, under det att i många kemiskt fritt väte ingått; och hvarken nativt järn eller magnetisk järnoxid hafva blifvit funna i sådana, som ej innehålla fritt väte. Af detta synes det sannolikt, att det ej fanns något fritt syre i den första atmosfären, och att, om det fanns fritt syre, det var sådant, som uppkommit vid vattenångas sönderdelning af järn eller magnetisk järnoxid. Gå vi tillbaka till ett ännu tidigare stadium, så kunna vi med säkerhet säga, att bland de gaser i den glödande nebula, som bildade jorden, allt syre vid nebulans afkylning gick i förening med väte och metalliska gaser, och att, ehuru det är känt att vara det vanligaste grundämnet, intet utaf det kvarlemnades såsom fritt syre i vår första atmosfär.

§ 41. Det skulle dock, ehuru det synes föga troligt, kunna hända, att det fanns fritt syre i vår första atmosfär. Med eller utan fritt syre, *men med solljus* måste vi emellertid betrakta jorden såsom danad för växtlif, såsom det nu är känt förekomma i några fall, där vatten fuktar den nyligen stelnade bergsskorpan, afkyld till under 80° eller 70° af vår nuvarande hundradiga termometer, ett eller två år efter det stelnandet af lavan nått ytan. Den tjocka, sega, sammetslena doffeln af lefvande vegetabilisk sammansättning, som betäcker de klippiga sluttningarna under hett, direkt ur jorden rinnande vatten vid Banff i Canada**, lefver utan tillhjälp af några ingredienser ur den öfverliggande atmosfären och tager det för växten nödvändiga vätet och kolet

* Se t. ex. Tilden, *Proc. R. S.*, 4:de februari 1897. »On the Gases enclosed in Crystalline Rocks and Minerals.»

** Rocky Mountains Park of Canada vid Canadian Pacific Railway.

direkt från vattnet och från i detsamma lösta karbonater och kolsyra med tillhjälp af solljusets dynamiska makt och lemnar sålunda fritt syre att gå till luften. Liknande vegetation är i stort öfverflöd funnen på afsatserna i Mammoth heta källor och på botten af de varma bäckar, som flyta från Geyserna i Yellowstone National Park i Förenta Staterna. Denna vegetation, bestående af confervæ, växer helt och hållet under rinnande vatten af olika temperatur, ibland så hög som 74°. Vi kunna ej betvifla, att några sådana confervæ, om de hade blifvit sådda eller planterade i en bäck eller källa med varmt vatten under de första åren af den fasta jordens tillvaro, och om de blifvit gynnade med solsken, skulle hafva lefvat, växt och förökats och skulle hafva gifvit upphofvet till fritt syre i luften, om det ej funnits något där förut. Innan slutet af århundradet, och förutsatt att regnet och solljuset och solvärmen voro förmanliga, måste hela den öfver vatten varande delen af jorden varit lämplig för alla slags landtväxter, som fordra föga eller intet syre i luften, och hvilka kunna finna eller förskaffa plats och jord för sina rötter på de klippor, hvarpå de växa; och de vid denna tid bildade sjöarne och världshafven måste hafva varit lämpliga för alla de vattenväxter, som nu finnas på jorden. Den af underjordisk värme förorsakade modererade uppvärmningen i slutet af århundradet verkade snarare gynnsamt på vegetationen än motsatsen, och det kan ej vara något tvifvel om, att om frön i öfverflöd af alla nuvarande slag hade blifvit kringströdda på jorden, en betydande del af dem skulle hafva lefvat och förökat sig genom naturligt urval af de platser, hvarpå de bäst kunde trivas.

§ 42. Men om det ej fanns något fritt syre i den första atmosfären eller det första vattnet, så måste åtskilliga tusen, kanske hundratusental, år hafva förgått, innan nog syre för uppehållande af djurlif hade frambragts. Äfven om land- och vattenvegetationens medelverksamhet öfver hela jorden vid denna tidiga tid var så stor, som den af Liebig* för 50 år sedan för en skog beräknade, eller så stor som för ett

* Liebig, »*Chemistry in its application to Agriculture and Physiology*», Andra Engelska upplagan, utg. af Playfair 1842.

odladt engelskt klöfverfält (ett mycket osannolikt antagande), och om det ej blefve någon förlust (eremacausis eller småningom skeende återförening med syre) af växter eller delar däraf, såsom löf, skulle måttet på den utvecklade syremängden, räknad som 3 gånger vigten af skogen eller af den torkade klöfvern, endast blifva 6 ton pr år pr engelsk acre eller $1\frac{1}{2}$ ton pr m.² pr 1,000 år. Enligt detta mått skulle det taga blott 1,533 år, och därför måste i verkligheten en mycket längre tid hafva erfordrats för att frambringa de 2,3 ton syre, som vi för närvarande hafva öfver hvarje m.² af jordytan.*

Men nästan säkert skola några få hundratusen år hafva räckt till. Det är i hvarje fall af intresse att se, att vid hvarje tid det totala måttet af brännbart material på jorden i form af växter eller växtlemningar måste hafva varit just så stort, att antingen allt syre skulle hafva åtgått att bränna upp det eller också det öfverskott af syre, som tillkommit sedan vegetationens början. Detta kunna vi lugnt påstå, emedan vi nästan säkert icke försumma något afsevärdt, i jämförelse med hvad vi förutsätta, när vi säga, att jordens atmosfär endast får sin tillökning af fritt syre från vegetationen, som frigör det ur kolsyra och vatten med tillhjälp af solljuset, och att det fria syret minskas endast genom förbränning** af det sålunda frambragta vegetabiliska ämnet. Men det synes osannolikt att jorden i medeltal skulle innehålla så mycket kol eller skog eller olja eller bränsle af annat slag och af vegetabiliskt ursprung som 0,767 ton pr m.² af jordytan; hvilket belopp, beräknadt efter en ton bränsle för 3 ton syre, skulle erfordrats för att frambringa de 2,3 ton syre pr m.² af ytan, som vår atmosfär för närvarande innehåller. På grund häraf synes det sannolikt, att jordens första atmosfär måste hafva innehållit fritt syre.

§ 43. Hvilken än vår atmosfärs sanna historia må

* I vår nuvarande atmosfär hafva vi vid medel-barometerstånd och temperatur 10 tons vigt på hvarje m.² af jordytan, af hvilka 10 ton 7,7 äro kväfve och 2,3 äro syre.

** Denna förbränning innefattar den ofvan nämnda eremacausis, om det finnes någon sådan utan tillvaron af mikrober och andra djur. Den innefattar äfven den i djurens kropp försiggående förbränningen.

hafva varit, så synes det säkert, att om solljuset var färdigt, så var äfven jorden färdig både för vegetation och djurlif, om icke inom ett århundrade så i alla händelser inom några få hundra år efter stelmandet vid ytan. Men var solen färdig? Den på säker grund upprättade dynamiska teorin för solvärmets, omsorgsfullt utarbetad af Helmholtz, Newcomb och undertecknad*, säger NEJ, om jordens stelmande ägde rum för så länge som 50 mill. år sedan; den fasta jorden skulle i så fall hafva fått vänta i 20 à 30 mill. år på att solen i någon mån skulle fått sin nuvarande värme. Om jordens stelmande var afslutadt för 20 à 25 mill. år sedan, så var solen sannolikt färdig, ehuru då icke fullt så varm som för närvarande, men dock varm nog att uppehålla något slags växt- eller djurlif på jorden.

§ 44. Min uppgift har varit skarpt begränsad till hvad vi kunna kalla atomernas tillfälliga sammanlopp vid förberedandet af jorden till en lämplig vistelseort för organiskt lif, med undantag af hvad jag yttrat om vegetationen, som möjligen kunnat vara af vigt vid bildandet af en för djurlif, sådant som det nu är, lämplig asmosfer. Matematik och dynamik lemna oss i sticket, när vi betrakta jorden såsom danad för lif, men utan detsamma, och när vi skola försöka att föreställa oss uppkomsten däraf. Detta ägde säkert ej rum genom någon kemisk eller elektrisk eller kristallinisk gruppering af molekyler under inflytande af kraft, ej heller genom något som helst tillfälligt sammanlopp af atomer. Vi måste stanna ansigte mot ansigte med mysteriet och undret af de lefvande varelsernas skapelse.

* Se *Popular Lectures and Adresses* vol. I. sid. 376—429, i synnerhet sid. 397.



