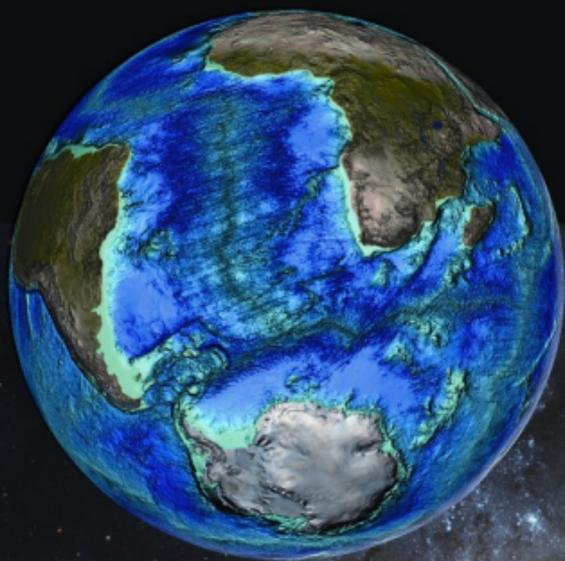


La Terra e l'Universo

come non vi sono mai stati insegnati ...

J. Marvin Herndon, Ph.D.



Titolo Originale

Maverick's Earth and Universe

**understanding science without
establishment blunders ...**

Tradotto da Franco Bonavia

La Terra e l'Universo

come non vi sono mai stati insegnati ...

J. Marvin Herndon, Ph.D.

Titolo Originale

Maverick's Earth and Universe

understanding science without

establishment blunders ...

Edizioni Trafford

Tradotto da Franco Bonavia

La Terra e l'Universo

Copyright © 2008, 2011 by J. Marvin Herndon, Ph.D.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means without written permission of the author.

UN RINGRAZIAMENTO

Scopo della scienza é lo scoprire la vera natura della Terra e partecipare questa conoscenza con tutti e dovunque. Ciò è quanto io faccio. Apprezzo moltissimo gli sforzi di coloro che mi aiutano nel comunicare questo sapere. Un particolare ringraziamento è dovuto a Franco Bonavia per aver generosamente tradotto questo volume in italiano.

J. Marvin Herndon, Ph.D.

COMMENTO AL LIBRO DEL TRADUTTORE

Commemorando Hans Eduard Suess (1909-1993) – discendente da una illustre dinastia di geologi e coadiutore del Premio Nobel Hans Jensen – Heinrich Waenke, professore emeritus al Max Planck Institut a Mainz, racconta due aneddoti di Suess che illustrano bene quanto la scienza sia cambiata in rigore scientifico e onestà intellettuale rispetto al passato. Non ho scelto a caso la figura di Hans Suess. Lui assieme al Nobel Harold C. Urey sono stati i riferimenti scientifici dell'autore, al quale hanno offerto un *postdoctoral apprenticeship* all'Università della California a San Diego (UCSD).

Il primo aneddoto racconta come certi libri universitari abbiano una qualità che manca in altri, la semplicità di essere compresi. Waenke: «In quegli anni al Dipartimento di Chimica all'UCSD c'era un eccellente gruppo di professori dove insegnavo meccanica dei quanti, materia alquanto esoterica perché indaga alle radici della chimica. Lo facevo usando il libro di testo sul quale avevo imparato, anche se lo consideravo un mattone più che un testo scientifico, quando qualcuno mi suggerì quello di due fisici teorici sovietici, Landau e Lifschitz. Decisi di utilizzarlo, ma gli studenti dimostrarono subito poco interesse. Fu allora che raccontai a Hans la storia, non senza esprimere la mia profonda disillusione, alla quale rispose tagliente *«people often confuse two unrelated ideas, one is 'simple' and the other is 'elementary'»*. Una sottigliezza di Suess per sottolineare che le materie impegnative possono essere dimostrate in modo semplice e di facile comprensione o in modo apparentemente facile ma incomprensibile, al punto che un testo universitario più è percepito difficile da leggere più viene considerato meritevole di essere celebrato.

Il secondo aneddoto indaga sugli scienziati così detti 'impegnati'. Waenke: «Non era infrequente che Hans chiedesse ai colleghi americani sempre intenti a cercare finanziamenti, organizzare conferenze e incontri dipartimentali «*when do you have time to think?*». A questa domanda non c'era mai una precisa risposta. L'aneddoto illustra il ruolo che l'uomo di scienza dovrebbe prediligere, pensare.

Maverick's Earth and Universe è un libro semplice e di facile comprensione e Marvin Herndon è uno di quegli scienziati che pensa. Due aspetti che sono garanzia per continuare a scoprire cos'ha di interessante da raccontare. Herndon descrive la scelta di diventare scienziato: «Il mio approccio alla scienza è cominciato con solide basi, progredendo passo dopo passo in modo del tutto logico e ancorando la verità scientifica a scoprire il comportamento della materia, le sue proprietà e le radiazioni che emette. Ho iniziato cercando di riesaminare la composizione delle meteoriti, come si comportano, e perché si sono differenziate in altri tipi. Questa progressione logica mi ha condotto a descrivere la composizione della Terra partendo dalle origini e ipotizzando un'energia interna e una geodinamica che non è quella sulla quale vengono elargiti i fondi Federali o la verità che si insegna. Inoltre, la progressione logica del mio ragionare mi ha portato a studiare la materia del Sistema solare, l'origine del campo magnetico, a ipotizzare che ci sia pure un errore fondamentale in astrofisica, come c'è nella visione di Francis Birch sulla composizione della Terra, e a immaginare l'Universo in modo differente».

Il libro ha il pregio di raccontare la Terra, il Sistema solare e l'Universo fuori dagli schemi classici. Per chi ama indagare il già indagato e non è convinto delle risposte che la scienza ufficiale propone, troverà nel libro i giusti stimoli per approfondire. Di importante nella lettura è dimenticare per un momento delle conoscenze apprese. Alla fine – e solo allora – sulla base dei propri convincimenti si è in grado di accettare o rifiutare la sua tesi.

Maverick's Earth and Universe non è un romanzo, ma la lettura avvince perché è scritto come tale. Non racconta la storia delle scoperte scientifiche, ma le ripercorre per spiegare certi fenomeni. Non è un testo per l'università, ma interpreta la Terra, il Sistema solare e l'Universo con la rigosità e il piglio dello scienziato. Non è un'autobiografia, ma racconta le battaglie sostenute per affermare le sue verità, e perché la scienza torni ad essere obbiettiva, indipendente e lontana da intrighi.

Lo consiglio ai curiosi di scienze che vogliano andare oltre certe verità precostituite.

Franco Bonavia

INDICE

I. PIU IMPORTANTE DEL METODO SCIENTIFICO	1
II. PRIMA CHE TUTTO VENGA DIMENTICATO.....	17
III. L'ERRORE FONDAMENTALE	35
IV. PARTENDO DAI FONDAMENTALI	59
V. ENERGIA E MAGNETISMO TERRESTRE.....	75
VI. UN DIVERSO GEOMAGNETE.....	103
VII. PER COMINCIARE A CAPIRE.....	119
VIII. IN NATURA TUTTO FUNZIONA IN ARMONIA	139
IX. FLUSSO CALORICO IN SUPERFICIE.....	159
X. SCAVANDO NEL MARCIO.....	175
XI. E TUTTO SI ILLUMINA.....	189
BIBLIOGRAFIA	205

I. PIU IMPORTANTE DEL METODO SCIENTIFICO

Nelle scienze della terra e dell'universo ci sono stati splendidi trascorsi di rigore scientifico seguiti da oscurantismo. Sebbene noi viviamo in un momento dove le comunicazioni a livello globale sono istantanee e una massa enorme di informazioni viene riversata da osservatori orbitanti e da sistemi terrestri di monitoraggio, la scienza dovrebbe essere più aperta alle scoperte e ai dibattiti, sia quelli riguardanti la Terra, l'origine del Sistema solare, l'evoluzione, il futuro che avanza e quelli generali dell'Universo. Questo dovrebbe essere un periodo di ricerca scientifica ricca di dibattiti, di idee e di scoperte, e per quanto strano possa apparire vengono ignorati, come se non esistesse. Al suo posto il mondo accademico presenta in modo quasi liturgico singoli punti di vista, evitando il più possibile discussioni che possano ingenerare conflitti e sfide. Fino a pochi anni fa l'accesso all'informazione e all'interpretazione scientifica erano dominio del mondo accademico. Con Internet tutto questo è stato messo in discussione, perché l'informazione è diventata accessibile a chiunque sia interessato e voglia capire la natura della Terra e dell'Universo, le osservazioni fatte, le idee proposte, le cose che si ignorano, gli argomenti trattati e su quali cose si dibatte.

Lo scopo della scienza è determinare la Natura della Terra e dell'Universo. Ma oggi esiste una grande differenza tra chi professa tali propositi e la pratica delle ricerca scientifica. Da lontano la scienza può apparire una strada libera da ostacoli, pavimentata da osservazioni, idee e da una comprensione logica dei fatti. Da una più attenta analisi si deduce che la strada è invece accidentata, un misto di intuizioni e disattenzioni, di ricerca prevista e scoperte inattese, di precisione ed errori, di implicazioni e correzioni, e che a complicarla vengono frequentemente introdotti fatti di

natura umana, distorti da interessi individuali o istituzionali. Ci si domanda a chi dobbiamo dare ascolto.

Non è per niente facile credere cosa racconta uno scienziato o un gruppo di scienziati se interrogati sulla composizione della Terra o sul suo funzionamento. C'è un modo semplice di scoprire la verità, entro i limiti ragionevoli della conoscenza, ed è mettere in ordine logico un minimo di osservazioni fondamentali, idee e deduzioni, e confrontarle con la natura di altri oggetti del Sistema solare. Ogni passo dovrebbe condurre al successivo in modo logico, ovvero un progredire della conoscenza fatto di tanti piccoli passi, tali da valutare cosa si sta facendo, e quando un errore è accertato – e di errori in passato ne sono stati fatti – la comprensione del ragionamento logico di colpo crea confusione e ci si deve arrestare e può essere risolto solo correggendo l'errore.

Nel mondo scientifico può accadere che si facciano errori. C'è però sempre una certa resistenza a correggerli, con il risultato di rendere la scienza meno obbiettiva. Per esempio, molti non sanno che la missione lunare, immaginata un 'tesoro scientifico' da esplorare, poggiava il credo su implicazioni investigative originate da un errore di laboratorio nel misurare la temperatura di un forno a fusione. La Luna non è il 'tesoro scientifico' come originariamente si credeva, ma dal momento che l'errore fu scoperto il programma della NASA era operativo, e nonostante ciò continuò. La scienza qualche volta progredisce anche se l'idea iniziale è sbagliata.

Gli errori sono parte integrante della ricerca, più di quanto comunemente si sospetti. Non solo errori di misurazione ma concettuali. Trovare e correggerli sarebbe già una rivoluzione, paragonabile alle recenti scoperte fatte con i potenti microscopi e i telescopi posizionati in orbite oltre i limiti imposti dall'atmosfera terrestre. Le interpretazioni scientifiche errate sono infatti l'inizio di altri errori, che se non opportunamente corretti

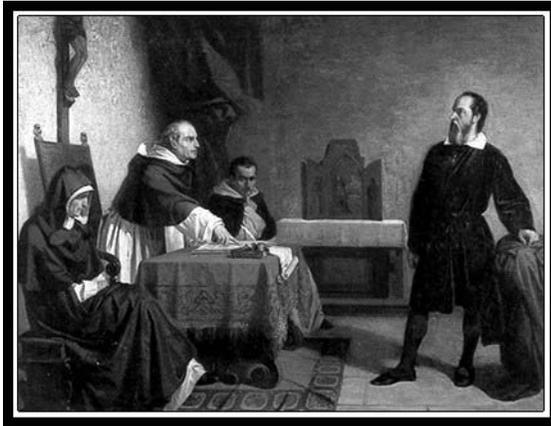
portano la ricerca fuori strada. *Maverick's Earth and Universe* è un libro che presenta le mie ricerche e vuole correggere alcuni degli errori fondamentali che sono stati fatti negli ultimi sessanta anni. La conseguenza è stata come avventurarmi in una nuova dimensione attraverso scoperte inaspettate, non solo sull'interno della Terra ma andando oltre, come spiegherò nei capitoli successivi.

La chiave di lettura del libro risiede in una visione differente del nostro pianeta e dell'Universo. Un altro punto – tema di questo capitolo – è spiegare come funziona la scienza e come invece dovrebbe funzionare, condizione cruciale e propedeutica per capire come certe informazioni non vengano insegnate (e divulgate). L'esempio che propongo è quello di descrivere una tecnica di ragionamento più importante del metodo scientifico che si insegna.

I testi scolastici e universitari quasi mai mettono a confronto idee diverse o sollevano interrogativi su ciò che ci potrebbe essere di sbagliato, ma presentano un punto di vista monolitico. Per esempio, la tettonica delle placche è presentata come una teoria, e quasi mai si fa cenni a quelle alternative o cosa c'è o potrebbe esserci di sbagliato nella teoria stessa. Spesso agli studenti vengono insegnati 'fatti' che potrebbero non essere veritieri invece di insegnare loro cosa potrebbe esserci di sbagliato e obbligarli magari a riformulare nuove idee. Interrogarsi e confrontarsi con il pensiero dominante è l'essenza della ricerca. Ricordiamoci che la popolarità di un'idea scientifica misura semplicemente la popolarità non che sia vera, perchè di scientifico c'è solamente il ragionamento logico a prevalere e non il consenso. Parlare di consenso in termini scientifici è una sciocchezza.

Gli uomini sono delle creature uniche sulla Terra: immaginano, si pongono domande, riflettono, ragionano, ricordano il passato e guardano al futuro, cercano di capire il mondo che li circonda e il progredire della

scienza nel tempo. Osservare, presentare idee, capire è parte integrante della nostra civiltà. Morale, usanze, leggi, sistemi di governo, arti e scienza sono solo percezioni di noi uomini immersi in una natura che è la Terra e l'Universo, la quale ci permette di osservare, di manifestare idee e ragionare. Siamo nel vero senso della parola creature della mente, capaci di sviluppare civiltà sopra qualcosa di impercettibile che è il pensiero. La comprensione individuale e il trasferimento di conoscenza è un processo lento, e il progredire dell'umanità non è costante ma è pesantemente contrastato o impedito da elementi esterni, che è la parte selvaggia della nostra natura.



Galileo Galilei (1564-1642)

Nel nostro tempo, come durante tutto il corso del progresso umano e in qualsiasi periodo di ogni generazione, pochi individui hanno avuto il privilegio di proporre aspetti del mondo diversi e mai immaginati prima. Capire quello che propongono tuttavia è un processo lento, particolarmente se si tratta di cose che non si conoscono, di mondi inaccessibili, di idee strane e lontane dall'esperienza quotidiana. Attraverso i secoli ci sono stati tentativi di capire la natura della Terra e dell'Universo – un esercizio che continua ai giorni nostri – talvolta con progressi, ma quasi sempre osteggiati.

In alcuni individui c'è sempre stata una motivazione, un impulso, una passione, un intenso desiderio radicato nel profondo della natura umana che

ingenera la volontà di capire il mondo, qualche volta mettendo a rischio la propria vita. La situazione in cui si è venuto a trovare Galileo Galilei (1564-1642) è nota: era stato imprigionato a vita, pena poi commutata con gli arresti domiciliari, per aver volontariamente disobbedito all'Inquisizione che gli aveva proibito di divulgare e difendere l'idea che la Terra potesse muoversi intorno al Sole. Altri grandi pensatori furono meno fortunati, come il filosofo Giordano Bruno (1548-1600) che l'Inquisizione condannò a essere bruciato al rogo.



Giordano Bruno (1548-1600)

Il secolo XX debuttò con la promessa di diventare un periodo ineguagliabile di grandi aspettative e ragionevolezza. Fu un periodo dove qualsiasi nuova osservazione era ampiamente dibattuta e dove la fertile immaginazione di nuove idee era focalizzata a mettere in discussione il sapere. Nuove idee e scoperte iniziarono a emergere, qualche volta in modo preciso, altre volte attraverso errori, ma sempre con l'intento di cercare la

verità, ispirare nuove idee e motivare i dibattiti. L'immaginazione dei singoli e la loro creatività, guidata dalla voglia di cercare la verità sulla vera natura della Terra e dell'Universo, produssero entusiasmo e eccitamento, a un punto tale che la teoria della Relatività di Einstein interessò persino la gente comune e accese l'immaginazione dei più giovani. Tutto intorno si respirava un'aria di ottimismo.

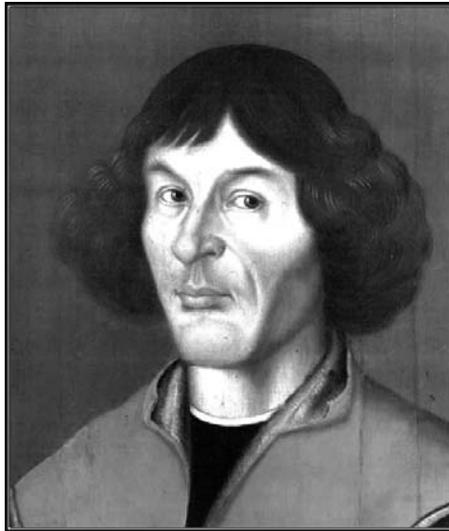
Ma negli ultimi decenni del secolo XX tutto iniziò a cambiare. Dall'esterno sembrava di essere alla vigilia di un nuovo Rinascimento, computer sempre più potenti, immagini satellitari, sistemi di reti informatiche e comunicazioni globali. Non era però così. Sotto le apparenze e in modo quasi velato si percepiva l'esistenza di un qualcosa di sbagliato. Il sistema si era corrotto nel tentativo di ottenere consenso interpretando la Terra e l'Universo a senso unico, scoraggiando, ignorando e soffocando ogni creatività dei singoli, tesa a far avanzare la scienza. Mentre queste circostanze sono tipiche del nostro tempo, la resistenza a far emergere nuove idee è vecchia quanto le istituzioni.

Siamo uomini che vivendo nel presente cerchiamo di capire la natura del nostro pianeta, il suo posto nell'Universo e il nostro progredire attraverso i millenni. Molto del nostro passato è ancora velato da mistero, e di accessibile ci sono rimasti i reperti di opere generate dall'intelligenza umana, come cocci di vasellame e muraglie in rovina, testimonianze di una lunga attività fisica. In tutto il mondo diverse culture sono arrivate ad altissimi livelli di civilizzazione, come i babilonesi, i cinesi, gli egizi e gli indiani, ma i dettagli delle loro osservazioni, delle loro idee, e come intuivano il mondo sono andate perdute, solo le tracce sono rimaste, e possiamo solo immaginare l'impatto che ciò ha avuto sul pensiero greco che per quasi duemila anni in occidente ha dominato quello scientifico.

Osservando in una notte buia ma serena la volta celeste è facile convincersi come gli antichi greci avessero potuto immaginare le stelle come punti fissi su un'immensa volta sferica. Aristotele (384-322 B.C.) credeva i corpi celesti attratti dalla Terra che considerava il centro dell'Universo.



Aristotele (384-322 B.C.)



Nicolaus Copernicus (1473-1543)

In tutti i testi di storia della scienza c'è scritto che fu Nicolò Copernico (1473-1543) a iniziare una rivoluzione scientifica pubblicando nel 1543, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, dove dimostra che il movimento apparente delle stelle poteva essere spiegato solamente se la Terra ruota intorno al suo

asse e orbita intorno al Sole. La verità in questa storia è un'altra, perché svela come l'evolversi della scienza sia stata influenzata dalla natura umana e dalle istituzioni.

Aristarco di Samo (~310-~230 B.C.) aveva dodici anni quando morì Aristotele. Sebbene si conosca solo uno dei suoi scritti, ci è chiaro da quanti lo hanno citato in altri lavori che Aristarco credeva già il Sole e le stelle stazionari e l'apparente rotazione intorno alla Terra conseguenza della rotazione intorno al proprio asse intuendo che la Terra e i suoi pianeti orbitavano intorno al Sole. Inoltre, fu in grado di spiegare il cambiamento delle stagioni conseguenza dell'inclinazione dell'asse terrestre, quasi 1700 anni prima di Copernico. Cos'era accaduto?



Aristarchus of Samos (ca. 310- ca. 230 B.C.)

La scienza è una strada piena di ostacoli. Vengono fatti errori che persistono perché troppo spesso avere intuizioni è considerato radicale o non sufficientemente conservativo, cioè fuori dal pensiero dominante. Ma essere radicali o conservatori non è indice di misura della validità scientifica, se mai misura la popolarità. Ci si deve ricordare che la scienza è un processo logico del pensiero, non una democrazia e non una pratica di autoritarismo, cosa che accade ancora oggi. Quando Aristarco osò esprimersi contro la

visione aristotelica non si confrontava semplicemente su logica e ragione, ma contro la suprema autorità di Aristotele – al quale tuttavia va riconosciuto di averla raggiunta in altri campi del sapere.

C'è tuttavia un altro e molto più insidioso fattore che coinvolge chi si oppone alle idee altrui. Capire le osservazioni ed elaborare idee sono attività individuali, e chi è parte integrante o riceve aiuti dalle istituzioni non è una figura indipendente e può essere tentato di non essere obiettivo. Le istituzioni sono modellate su priorità precostituite, e le sole idee accettabili devono essere quelle che servono a giustificarle. Per cui chi tiene al posto di lavoro, anche per ragioni di sopravvivenza, deve seguire l'imposizione. In questi casi la verità scientifica viene subordinata alle necessità delle istituzioni, che a loro volta hanno bisogno di ricevere sovvenzioni ed essere influenti. Per esempio, nel 1912, Alfred Wegener (1880-1930) pubblicò l'idea sulla deriva dei continenti accolta da scetticismo. Per quasi cinque decenni il mondo accademico americano evitò di parlarne temendo di compromettere la carriera, e solo negli anni sessanta la teoria di Wegener fu riesumata ed ebbe dignità scientifica perché inserita nella tettonica delle placche.

Non c'è libro di testo scolastico che non raccomandi oltremisura l'importanza di essere obbiettivi ed equilibrati nei giudizi ogni qualvolta si intraprendono esperimenti scientifici. Quasi mai però si dice come la ricerca scientifica non metta in pratica i dettami, specialmente con l'usanza introdotta negli anni cinquanta di essere giudicati anonimamente da chi può essere direttamente un rivale scientifico e sulle cui decisioni si ricevono finanziamenti, nonché la possibilità di pubblicare articoli scientifici. Per capire veramente la Terra e l'Universo si devono comprendere non solo gli argomenti scientifici ma le circostanze su cui i giudizi vengono espressi. Scienza è tutto ciò che tende a scoprire la verità e dovrebbe essere

obbiettiva in qualsiasi circostanza. Scienza è verità non inganno, sebbene in suo nome qualcuno inganna sapendo di ingannare.

Quasi tutti avranno visto almeno una volta un brutto film perché le scene erano state montate senza una successione logica della storia e invece visto un bel film dove ogni scena era stata montata in sequenza. Sotto questo aspetto la Natura è come un meraviglioso film dove ogni evento è montato in sequenza. Uno scienziato che interpreta la Natura non correttamente rimane intrappolato in un vicolo cieco, incapace di mettere assieme le cose secondo logica, perseverando nell'errore, e non gli rimane altro che unire gli eventi come quando si monta un brutto film. Ma se invece scopre alcuni aspetti fondamentali riuscirà, passo dopo passo, a metterli insieme in modo perfettamente naturale. Questo avviene perché gli eventi naturali sono collegati l'uno all'altro in modo del tutto logico. È come attraversare una regione sconosciuta lungo un sentiero e trovarsi con la prospettiva di dover scegliere tra direzioni diversi, come lo scienziato che trovandosi a scegliere un'interpretazione usa il ragionamento logico che è fondamentale per progredire. Ma se non viene correttamente interpretato sbaglia. La scienza si trova spesso a dover fare di queste scelte, le quali possono essere oscurate da scoperte non ancora fatte.

Maverick's Earth and Universe è incentrato su osservazioni, idee e ragionamento. Sebbene qualche volta sia utile avere un grande centro di calcolo, i calcoli più sofisticati non potranno mai sostituire il ragionamento logico che resterà sempre la base del progredire scientifico. Per esempio, sappiamo che la Terra è rotonda o se vogliamo essere più precisi è una sfera o se vogliamo descriverla con più precisione è uno sferoide oblato leggermente schiacciato ai poli. La forma della Terra è stato tema di discussione anche nell'antichità. Aristotele, poiché il Sole e la Luna gli apparivano rotondi, argomentava che tutti i corpi celesti dovevano avere questa forma compresa la Terra. La sua era una congettura e rimase tale

perché non c'erano elementi sufficienti sui quali poter asserire che fosse vero. Va detto che Aristotele basava i suoi argomenti non solo sul ragionamento ma aveva osservato che durante le eclissi l'ombra della Terra era proiettata sulla faccia della Luna che ne documentava la sfericità, e che viaggiando in direzione sud notava il sorgere delle costellazioni nel cielo più in alto se l'osservatore era posizionato più a nord, intendendo dire che le costellazioni all'orizzonte più meridionale si trovano a un angolo diverso rispetto a chi era posizionato più a settentrione, proprio perché la superficie della Terra è curva.

Sotto certi aspetti la Terra non è complessa come molti pensano. Bisogna soltanto fare osservazioni precise, logiche e ragionevoli. Più importante ancora è di farle aderire ai fatti. Per esempio, con un po' di ragionamento potete rendervi conto voi stessi che la Terra non è piana. Immaginate di essere su una spiaggia ampia e vedere una barca a vela che si allontana verso l'orizzonte, se la Terra fosse veramente piatta non ci sarebbe ragione di non osservare la barca sparire di colpo, invece si vede prima sparire lo scafo e poi l'albero maestro perché la superficie del mare si incurva. La stessa cosa avviene quando la barca si avvicina alla costa, prima si vede l'albero maestro e poi lo scafo. Inoltre la linea dell'orizzonte non è perfettamente dritta. Quando l'orizzonte è abbastanza ampio si può discernere l'esistenza di una leggera curvatura. Tutte queste osservazioni messe assieme hanno un 'senso', termine che si usa per dire che certi eventi possono essere spiegati perché hanno uno stesso denominatore logico.

A ogni studente di scienze viene insegnato come si fa ricerca che consiste in: (i) fare una domanda; (ii) ipotizzare una risposta; (iii) fare esperimenti o calcoli per verificare se l'ipotesi è corretta. Dalla scuola al mondo accademico tutti applicano questo metodo come prassi universale di ricerca scientifica. Non c'è tuttavia niente in questo metodo che imponga di

relazionare la ricerca in modo logico, ne quello di insegnare come 'si deve fare una domanda'.

C'è però un modo più importante che si dovrebbe seguire per fare ricerca scientifica e lo spiego. Si deve anzitutto riflettere, anche se apparentemente è percepito come noioso, sforzandoci di mettere insieme osservazioni, apparentemente senza relazioni, in una sequenza che ne evidenzi la logica in modo da far emergere nuovi ragionamenti, verificandoli poi attraverso esperimenti o considerazioni teoriche. All'inizio il metodo sembra confondere ed essere astratto, ma è esattamente l'estensione di quello che tutti noi facciamo più o meno nel nostro inconscio.



Harold C. Urey (1893-1981)

Un giorno del 1976 ero a pranzo con il Nobel Harold C. Urey (1893-1981) e un altro Nobel Hannes Alfvén (1908-1995) e la conversazione era incentrata su quale fosse il metodo migliore da applicare per fare nuove scoperte. Alfvén che intendeva costruire una teoria basandosi su tre o quattro teorie astrofisiche espresse la sua frustrazione perché – come diceva – c'erano pochissime possibilità che fossero giuste. Quando gli dissi l'approccio che io usavo spalancò gli occhi esclamando «*Oh! How fundamental!*» Urey sorrise. Harold Urey era il mio mentore e mio grande amico e per quanto possa risultarvi strano fu lui che mi insegnò a leggere (gli articoli scientifici).

Avevo appena iniziato il mio apprendistato triennale di postdoctoral con Hans E. Suess (1909-1993) e Harold Urey, quando la mattina del terzo giorno dal mio insediamento Hans Suess si fermò nel mio ufficio e mi diede uno dei suoi articoli scientifici da leggere e chiedendomi se più tardi potevo fermarmi per discuterlo. Poiché volevo fargli una buona impressione lessi l'articolo con dedizione. Sembrava abbastanza semplice, quasi banale. Per scrupolo lo rilessi e poi andai nel suo ufficio. Non erano passati cinque minuti che con mio grande imbarazzo mi resi conto di non averlo capito. Non conteneva né una matematica difficile né un grado di pre conoscenza della materia particolare, e Hans Suess muovendo la testa in modo sconsolato mi pregò di tornare quando lo avessi compreso.



Hans E. Suess (1909-1993)

Ero molto preoccupato. Scoraggiato lasciai l'ufficio di Suess per incontrare Harold Urey a pranzo. Urey capì immediatamente che c'era qualcosa che non andava e mi chiese il motivo, così gli spiegai che avevo delle difficoltà a capire l'articolo di Suess. Urey mi sorrise con benevolenza e mi suggerì di leggere come lui leggeva gli articoli. Mi spiegò che leggeva una frase e non proseguiva a leggere quella successiva se non dopo aveva compreso completamente la prima. Così misi in pratica il suo suggerimento ed è stato come se un nuovo mondo si aprisse alla mia comprensione. Fu così che riuscii a leggere l'articolo come Suess intendeva che fosse compreso. Fu così nel trentesimo anno della mia vita e nella prima settimana di postdoctoral imparai come si deve leggere un articolo scientifico,

rendendomi anche conto di avere bisogno di imparare come scriverlo. Questo avvenne due mesi più tardi, non senza aver sperimentato altre umiliazioni.

Avevo dei risultati scientifici raccolti durante il mio dottorato e li avevo portati con me. Decisi così di scrivere un breve articolo da pubblicare. Avevo già pubblicato alcuni articoli prima di conseguire il dottorato e per ben due volte avevo vinto il Ninninger Meteorite Award – competizione aperta a neodottorandi provenienti da università americane e giudicato sulla base di un articolo pubblicato sul tema delle meteoriti. Scrivere non era mai stato un problema per me e pensai di far leggere una prima stesura ad Hans Suess. Il testo mi fu ritornato con correzioni in rosso dappertutto e paragrafi cancellati con a fianco «bla bla». In fondo gli avevo chiesto di dirmi cosa ne pensasse e fui servito a dovere. Da quel momento capii che dovevo imparare. Lo feci lentamente, non senza difficoltà, e prima di completare il triennio di postdoctoral avevo imparato. Da allora Hans Suess non riuscì mai a trovare errori che descrivessero ragionamenti scientifici, alcuni anche oltre la sua immaginazione. C'è un importante collegamento sul perché ho voluto raccontare questo aneddoto.

Prima di imparare a leggere nel modo come mi aveva insegnato Harold Urey, leggevo un articolo scientifico con l'intento di capire il nocciolo del problema e imprimere nella mente, più o meno in modo subconscio, la sostanza, ma con una visione della Natura come mi era stata insegnata e che rifletteva il consenso generale. Più tardi compresi che Hans Suess aveva altro in mente. L'intento era che leggendo un suo articolo si potesse seguire (e capire) la progressione logica, la sequenza dei suoi ragionamenti. Hans Suess voleva che il lettore vedesse quella parte della Natura che descriveva con i suoi occhi. Voleva che si capisse da dove proveniva il ragionamento, dove intendeva condurlo e come arrivarci. Questo approccio faceva percepire una Natura che non era necessariamente quella insegnata. Alla fine

del mio apprendistato avevo imparato a pensare come Suess, a ragionare come lui, al punto che molte delle mie pubblicazioni non sono state comprese non da giovani scienziati ma da professori di prestigiose università che leggevano gli articoli scientifici come avevo fatto io leggendo l'articolo di Hans Suess la prima volta, e non hanno mai imparato a leggere come mi aveva insegnato Suess.

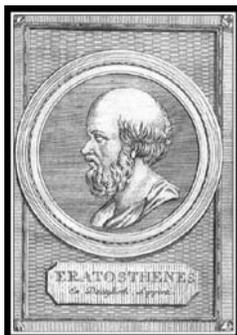
Prima di affrontare la parte impegnativa c'è qualcosa che voglio raccontare perché possiate seguire e capire la logica di ragionare in modo progressivo. La parte della Terra che non si conosce, perché inaccessibile, non deve essere intesa come predeterminata e non soggetta a un riesame. Le idee che sono passate di moda alla luce di nuove osservazioni possono essere riprese perché allora non erano note. Ciò è particolarmente vero per la scienza attuale che indaga sulla natura del nucleo terrestre, dove invece di riconsiderare e ripensare a quello che avevo intuito e pubblicato si preferì ignorarlo, promuovendo al suo posto concetti che impedirono di progredire.

Maverick's Earth and Universe conduce poco per volta il lettore attraverso un ragionamento logico, intimamente legato all'evoluzione storica della scienza. Dopo questa prima introduzione, prendete un lungo respiro e non dovete far altro che mettervi nei miei panni, perché la maggior parte di ciò che vi racconterò è il prodotto delle mie ricerche e delle mie intuizioni.

II. PRIMA CHE TUTTO VENGA DIMENTICATO

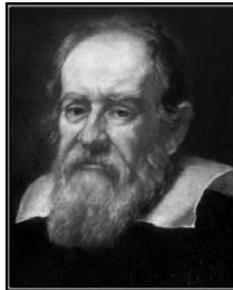
La fiction televisiva di Star Trek comincia con Gene Roddenberry che declama in tono solenne «Lo spazio è l'ultima frontiera...». Siamo sicuri sia così? Abbiamo inviato robot ad esplorare pianeti nel Sistema solare e scoperto pianeti in altri sistemi stellari, ma ancora non siamo riusciti a penetrare il nostro se non per miseri 12 km, un niente a confronto del diametro, 12.750 km. Solamente duecento anni fa non si sospettava neppure di quale materiale fosse composta la Terra al suo interno, se fosse solida, liquida o gassosa. Per quanto possa suonare strano, per conoscere la Terra al suo interno si dovrebbe prima conoscere qualcosa dei pianeti che formano il Sistema solare e dopo capire come funzionano, quale è l'origine, ed estendere la nostra conoscenza fino ai limiti estremi dell'Universo. Siete confusi? Non dovete esserlo perché più avanti tutto avrà un senso.

Da dove vogliamo cominciare? Da come si fa una scoperta? Qualche volta la risposta è che pensare intensamente a qualcosa sviluppa le idee. Prendiamo il caso di Eratostene (276-195 B.C.), direttore della Grande Biblioteca di Alessandria, il quale venuto a conoscenza di una osservazione la giudicò interessante e riuscì a misurare la circonferenza della Terra.



Eratosthenes (276-195 B. C.)

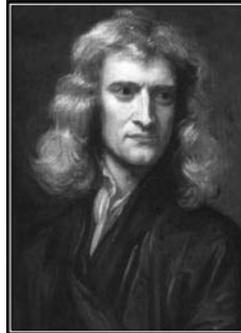
Quando il Sole raggiunge a mezzogiorno il massimo dell'altezza nell'anno, quel giorno è il solstizio d'estate. A mezzogiorno, di quel giorno, come era stato riportato negli atti della Grande Biblioteca di Alessandria d'Egitto, la luce solare illuminava il fondo di un pozzo a Siene, l'odierna Aswan, il che significa che a quella ora e in quel giorno il Sole si trovava sulla verticale del pozzo. Eratostene notò che quel giorno e alla stessa ora l'ombra del Sole proiettata a terra da un obelisco (o da un palo) era ad Alessandria d'Egitto invece allungata. Misurando l'angolo che l'ombra avrebbe avuto se il Sole fosse stato sulla verticale e la distanza tra Alessandria d'Egitto e Siene, Eratostene calcolò la circonferenza della Terra con relativa precisione. La circonferenza è importante perché permette di determinare il raggio, il diametro, il volume e la superficie totale della Terra.



Galileo Galilei (1564-1642)

Dopo aver determinato la forma, passarono quasi duemila anni prima che fosse possibile calcolare il peso della Terra, e più precisamente la massa. Prima però si sono dovute scoprire alcune leggi della fisica, in particolare la legge che governa l'attrazione tra due corpi. Fu Galileo Galilei a iniziare, scoprendo che una massa, non importa quanto pesante, cadendo da una altezza qualsiasi e sempre più velocemente, è sottoposta alla stessa costante di accelerazione. L'esempio che comunemente si invoca, in assenza d'aria, è che una piuma o una palla di cannone lasciati cadere dalla stessa altezza e nello stesso istante arrivano a terra simultaneamente. Con questa scoperta Galileo aveva corretto Aristotele che immaginava che un corpo pesante avrebbe raggiunto il suolo prima di uno leggero.

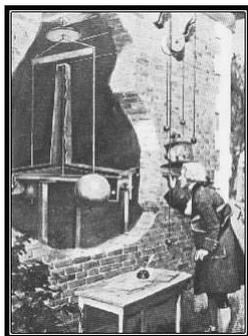
Isaac Newton (1643-1727) formulò le tre leggi del moto sulla base degli studi di Galileo e concepì la legge di Gravitazione Universale, le cui basi di matematica servirono poi a determinare la massa della Terra. Sebbene Newton formulò con precisione le leggi del moto, prima di poter determinare l'attrazione di una massa sconosciuta come la Terra, bisognava scoprire l'attrazione gravitazionale esercitata da due masse calibrate da un fattore noto come la Costante di Gravitazione Universale. Poiché la forza gravitazionale tra due masse conosciute è molto piccola fu necessario utilizzare un apparato sensibile e un fisico sperimentale particolarmente attento e capace.



Isaac Newton (1643-1727)

Fu un geologo e filosofo inglese di nome John Mitchell (1724-1793), nonché parroco anglicano, che si offrì per l'esperimento. Mitchell aveva inventato una bilancia di torsione. Si trattava di una asta ai cui estremi erano fissate due sfere sospese da un filo. Egli notò che qualsiasi oggetto avvicinato alle due sfere esercitava una forza di attrazione tale da causare un piccolo movimento rotatorio e una torsione al filo. La bilancia era stata usata da Charles Augustin Coulomb (1736-1806) per misurare l'attrazione elettrica, e Mitchell pensava di usarla per misurare la forza di gravità. Ma morì prima e l'apparato passò a Henry Cavendish (1731-1810).

Henry Cavendish era un nobile inglese molto timido, eccentrico e ricco, che però dimostrò di essere l'uomo giusto per perfezionare misure delicatissime. Molto è stato scritto sulla personalità singolare di Cavendish, in particolare dell'attenzione che metteva in pratica per evitare di incontrare le donne di casa sua. Cavendish era veramente un bravissimo scienziato. Aveva scoperto l'idrogeno e notato che se bruciato produceva acqua. Inoltre aveva fatto altre scoperte scientifiche che non si curò mai di divulgare, e che altri scoprirono indipendentemente più tardi. A dispetto delle sue idiosincrasie, Henry Cavendish dimostrò di essere un perfetto sperimentatore per misurare la minima variazione di attrazione gravitazionale che l'esperimento creava, anche in presenza di impercettibili vibrazioni e movimenti dell'aria.



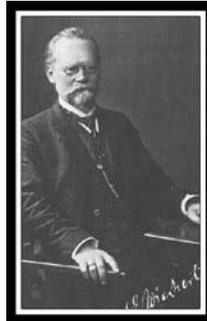
Henry Cavendish (1731-1810)

È interessante notare che Cavendish non intendeva misurare la Costante di Gravitazione Universale, bensì la densità della Terra – come riportato nelle sue note. La densità è semplicemente il peso (o la massa) diviso per il volume. Voleva misurare la densità pensando, ma sbagliava, che tale misura gli avrebbe permesso di sapere qualcosa sul raffreddamento della Terra e possibilmente dedurne l'età. Cavendish fece i suoi primi esperimenti usando la bilancia di torsione di Mitchell fatta di piccole sfere e solo dopo con sfere più grandi, riuscendo a misurare una lieve rotazione e la torsione del filo causata dall'attrazione gravitazionale. Da queste misure, nel 1798, Cavendish

dedusse che la densità della Terra era 5,48 volte quella dell'acqua, un risultato vicino al 5,53 misurato con le moderne strumentazioni [1].

Nel 1798, e per la prima volta nella storia, grazie a Cavendish fu possibile conoscere peso e massa della Terra, e più importante la sua densità. Allora la scienza non aveva ancora un'idea di cosa fosse composta, perché c'erano rocce dappertutto, in superficie e sotto i mari, prodotti dell'attività vulcanica. Ci vollero quasi cento anni prima che si riuscisse a dare un chiaro significato alla densità misurata da Cavendish e ipotizzare la composizione interna della Terra.

Nel precedente capitolo avevo già raccontato che per fare importanti scoperte scientifiche oltre al metodo tradizionale ce n'è un altro, 'si deve anzitutto riflettere, anche se apparentemente è percepito come noioso, sforzandoci di mettere insieme osservazioni, apparentemente senza relazioni, in una sequenza che evidenzia la logica e faccia emergere nuovi ragionamenti, verificandoli poi attraverso esperimenti o considerazioni teoriche'. Il sismologo tedesco Emil Wiechert (1861-1928) applicò questo metodo cento anni dopo Cavendish.



Emil Wiechert (1861-1928)

Emil Wiechert visse nel periodo di maggior sviluppo dell'industria del ferro in Europa, a Göttingen, dove i bagliori delle fonderie sprigionati nella notte venivano riflessi dalle nuvole. Fondere il ferro è abbastanza semplice. In superficie si trova comunemente combinato a certi elementi, soprattutto

con l'ossigeno. Se si intende ridurre i minerali di ferro a ferro metallo bisogna aggiungere, durante la fusione, carbonio che a temperature sufficientemente alte è capace di estrarre ossigeno dai minerali di ferro, liberando il ferro metallo. In pratica non si fa altro che aggiunge rocce calcaree al materiale da fondere, producendo quello che viene comunemente chiamato scoria, che galleggiando sul ferro fuso lo proteggono dall'ossidazione dell'ambiente circostante, sottraendo e trattenendo le impurità che vengono prodotte. Completato il processo, sia il liquido di ferro che le scorie vengono versate incandescenti dal crogiuolo e raffreddate, il liquido di ferro si depositerà sul fondo separandosi dalle scorie perché più denso.

Le strisce incandescenti di luce momentanea che vediamo qualche volta attraversare il cielo di notte sono chiamate 'stelle cadenti' e sono prodotte da meteoriti che dallo spazio attraversano l'atmosfera terrestre precipitando. Cadendo non fondono completamente e vengono ritrovate in superficie. Nel 1794, il fisico tedesco Ernst F.F. Chladni (1756-1827) aveva immaginato per le meteoriti un'origine cosmica. Ovvero che fossero relitti di grandi meteoriti. Quando il 3 di Maggio del 1803, una grande 'palla di fuoco' apparve in pieno giorno nel cielo di L'Aigle, in Francia, fu vista da molte persone esplodere con fragore, riversando una pioggia di frammenti su una area di alcune miglia quadrate. L'evento fu oggetto di investigazione da parte del chimico inglese Edward Charles Howard (1774-1816) e dal fisico francese Jean Edward Biot (1774-1862) che ne stabilirono l'origine extraterrestre.

Da allora la questione non fu più tema di fantasiose speculazioni e diventò oggetto di investigazioni scientifiche. Intere collezioni furono presentate al pubblico nei musei, prima attraverso l'Europa e poi nel mondo. Emile Wiechert aveva potuto osservare queste collezioni, e si rese conto che alcune meteoriti avevano l'apparenza di rocce, altre erano fatte di

ferro con nickel, altre ancora avevano composizioni intermedie (Fig.2-1) e il ferro mostrava segni di fusione antecedenti alla caduta.

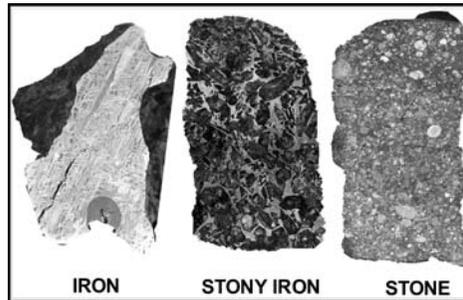
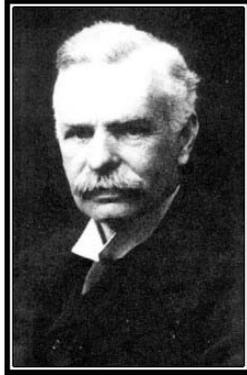


Fig.2-1 Sezioni lucidate dei tre tipi di meteoriti che Weichert aveva osservato nei musei: siderite (iron), siderolite (stony iron) e condrite (stone)

Spesso si pensa in termini di massa o di peso. Ma la densità, che è semplicemente la massa diviso il volume, permette di paragonare un bastone a un tronco d'albero e un sasso all'intero pianeta. Fu ciò che fece Emil Wiechert cento anni dopo gli esperimenti di Cavendish, comprese che la densità della Terra era molto più alta della densità delle rocce, intendeva dire che la Terra non poteva essere fatta esclusivamente di roccia [2]. Wiechert mise insieme osservazioni comparabili ma indipendenti tra loro e immaginò che la Terra potesse essere un grande meteorite, con un nucleo di ferro metallo al centro, come si osserva nelle fonderie con la separazione delle scorie dal ferro metallo. Wiechert giustificò l'idea attraverso dei calcoli, dimostrando che la densità della Terra poteva essere spiegata da un nucleo di ferro-nickel come in certe meteoriti di ferro che aveva visto nei musei, circondata da un involucro di rocce.

Se si bussa a una porta di legno, il suono si sente anche dall'altra parte perché si propaga attraverso il legno. Lo stesso avviene nel terremoto. È come colpire la Terra con un enorme pugno producendo delle vibrazioni che l'attraversano. Al tempo di Wiechert si cominciava a studiare quelle vibrazioni per decifrare la struttura interna della Terra, che è lo stesso modo

con cui a bordo dei sottomarini si 'rivelano le strutture' dei fondali oceanici. Il sismologo inglese Richard Dixon Oldham (1858-1936), allora Direttore del Servizio Geologico dell'India, stava investigando la velocità di propagazione delle onde sismiche. Scopri che la velocità di propagazione dei terremoti accelerava mano a mano che le onde penetravano in profondità, ma solo fino a una certa profondità, perché da quel punto in poi si riducevano di colpo, il che indicava un cambiamento della materia. Richard Oldham aveva scoperto il nucleo proprio come aveva previsto Wiechert [3].



Richard Dixon Oldham (1858-1936)

Le onde che attraversano la Terra sono di due tipi: le onde-P, chiamate anche onde di compressione, si propagano come una molla vibrando nella direzione di propagazione lungo un piano verticale, attraversando sia la materia solida che quella liquida; le onde-S, chiamate anche onde di taglio, si muovono vibrando lungo un piano orizzontale e con una direzione ad angolo retto dalle prime. La materia solida può essere attraversato dalle onde di taglio ma non attraverso i liquidi, per la stessa ragione che possiamo rompere un solido ma non un liquido. È stata la differenza di comportamento delle onde P ed S che ha permesso di scoprire che una parte del nucleo è liquido (Fig.2-2).

Se ci si mette sul bordo di una piscina piena d'acqua e si lascia cadere una moneta, si può osservarla adagiarsi sul fondo e pensare anche sia facile recuperarla. Ma se si tenta di farlo, la cosa non è così semplice come sembra.

Se non ci si riesce è perché si crede di vederla in una posizione quando in realtà è spostata: la luce attraversando mezzi diversi tra loro, in questo caso aria e acqua, subisce un cambiamento di direzione e di velocità, ed è per questo che si vede la moneta in un posto quando in realtà è in altro.

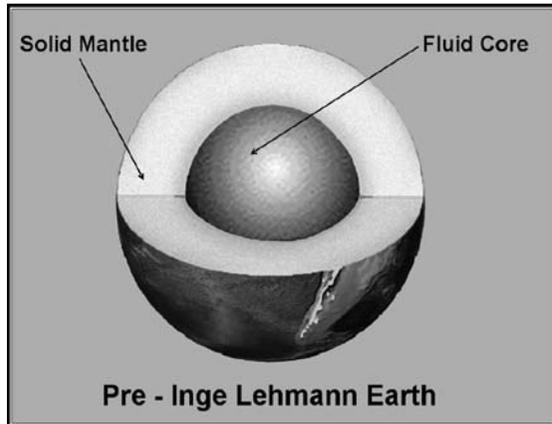


Fig.2-2 Spaccato della struttura interna alla Terra come era stata ipotizzata nel 1935 (Terra prima dell'interpretazione della Lehmann): un nucleo composto da lega di ferro–nichel allo stato fluido circondato da un involucro (mantello) con minerali a struttura silicatica.

Non avete una piscina? Si versi dell'acqua in un bicchiere riempito a metà e si immerga una matita inclinandola di traverso, si guardi ora in trasparenza il bicchiere e si noterà che la matita passando dall'aria all'acqua subisce una deviazione. Il fenomeno si chiama rifrazione. Ma cosa c'entra la rifrazione con l'interno della Terra?

Esattamente come la luce, le onde sismiche passando da un mezzo ad un altro cambiano direzione e velocità. Richard Oldham aveva scoperto il nucleo terrestre osservando il cambiamento di velocità delle onde sismiche. Ogni volta che avviene un terremoto, le onde sismiche raggiungendo il nucleo dovrebbero cambiare direzione creando una regione nell'emisfero opposto in ombra. Poiché invece veniva osservata, negli anni intorno al 1930 il fatto fu giudicato misterioso. Risolvere il problema era importante non soltanto per le implicazioni geofisiche che poneva, ma per me segnò

l'inizio di un processo di comprensione logica che mi ha poi portato a ipotizzare la Terra e l'Universo in modo diverso da come viene insegnato.

Sul finire del 1935 l'idea sulla struttura della Terra era di un nucleo interno solido, circondato da un nucleo esterno composto da una lega di ferro allo stato fluido, circondata a sua volta da una massa silicatica solida o quasi, detta mantello, e sigillata da un sottile strato più esterno, detto crosta, il cui limite inferiore era stato scoperto nel 1909 dal sismologo croato Andrija Mohorovičić (1857-1936).

Lo studio delle onde sismiche può far luce su come è fatta la struttura interna della Terra, ma non la natura chimica di cui è composta. In questo caso non si deve guardare internamente alla Terra, ma sopra, a quegli oggetti che provengono dallo spazio infinito dove hanno avuto origine, e questo non dovrebbe meravigliarci dopo aver appreso l'idea di Emil Wiechert sulle meteoriti.

Nello stesso periodo in cui si iniziava a comprendere la struttura interna della Terra, altri scienziati erano impegnati scoprire la natura chimica degli elementi. Nel 1914, Theodore W. Richards (1868-1928) ricevette il Nobel per la chimica, per aver misurato con precisione i pesi atomici. Richards si accorse che il rame proveniente dalla Germania e dall'America aveva lo stesso peso atomico, come il ferro terrestre aveva lo stesso peso atomico di quello relativo alle meteoriti. A proposito, mi piace ricordare una frase di Richards che pronunciò nella cerimonia di conferimento del Nobel: «Se il nostro inimmaginabile Universo ha sperimentato un inizio, le condizioni che lo hanno determinato devono essere presenti nei pesi atomici, e questi sono i nostri geroglifici che raccontano in quale lingua è stata tramandata la storia della nascita e dell'evoluzione della materia, mentre la Tavola Periodica, che contiene la classificazione degli elementi, è la nostra stele di Rosetta che dovrebbe permetterci di interpretarla».

Nel 1913 Joseph John Thompson (1856-1940) scoprì che il peso atomico di un elemento è davvero la media dei pesi di tutti i suoi componenti individuali (isotopi). La composizione isotopica è infatti l'impronta digitale dell'elemento acquisita alla nascita e virtualmente inalterabile. Thompson aveva fatto questa importante scoperta perché fu capace di separare un elemento dai suoi componenti – nel suo caso era il neon. Ci fu poi Francis William Aston (1877-1945) che inventando uno strumento noto come spettrografo di massa fu in grado di identificare circa il 70% dei 244 isotopi stabili naturali che conosciamo.



Francis William Aston (1877-1945)

Alcuni elementi come l'oro (Au) hanno uno solo isotopo stabile, altri ne possono avere 2, 3... fino a 10 come lo stagno (Sn), nessuno però ne ha 8. Per ogni elemento sulla Terra – e non importa la sua provenienza – la quantità relativa di ciascun isotopo configura uno schema che ne rappresenta anche l'impronta digitale (Fig.2–3).

Alcuni scienziati nel mondo iniziarono così a misurare le composizioni isotopiche che si trovano sulla Terra e nelle meteoriti, confermando che ogni elemento è identico, eccetto pochi casi speciali. In altre parole la Terra come le meteoriti (e più tardi per la Luna) hanno avuto origine da materia omogeneizzata. Ma l'impronta isotopica non quantifica quanto di quel elemento c'era all'origine della omogeneizzazione, mentre sarebbe quello che vorremmo sapere.

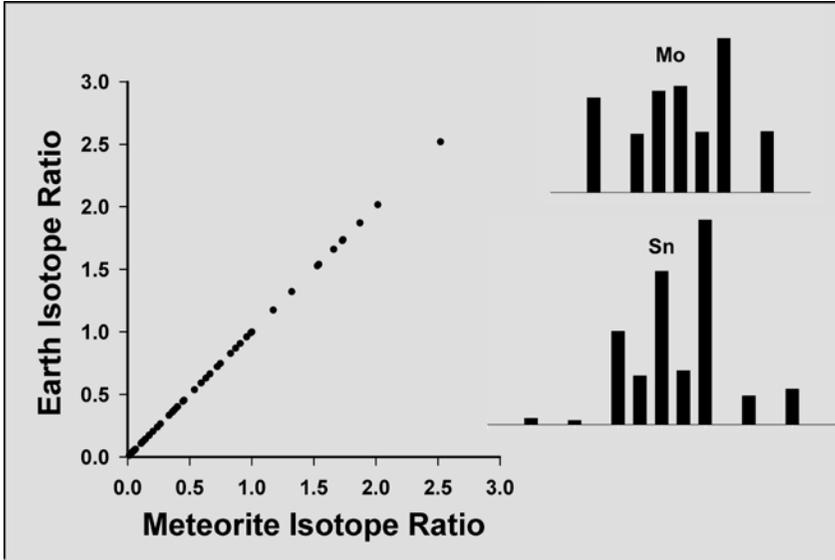


Fig.2-3 Mostra il rapporto tra 55 isotopi misurati in campioni di meteoriti in ascisse, e in campioni di roccia terrestri, in ordinate. A fianco, come esempio, c'è lo spettro o 'impronta digitale' di due elementi, molibdeno (Mo) e stagno (Sn).

Abbiamo a mala pena penetrato la superficie terrestre e non ci è possibile misurare direttamente la quantità di elementi presenti e quale sia la distribuzione al suo interno. Ma possiamo conoscere gli elementi che costituiscono le meteoriti cadute sulla Terra. Mentre alcuni scienziati erano impegnati a scoprire e misurare nuovi isotopi, altri, in particolare i chimici e i mineralogisti, erano impegnati a sviluppare nuove tecniche per misurare la quantità relativa degli elementi nelle meteoriti. Quello che scoprirono non fu qualcosa di semplice, ma una situazione piena di diversità e dettagli, che se compresa sarebbe diventata la stele di Rosetta e avrebbe permesso di interpretare molte cose del nostro pianeta e del nostro Sistema solare.

Se il Sistema solare si è formato da materia omogeneizzata, com'è possibile trovare meteoriti così diverse? La risposta più semplice è che

hanno subito successive separazioni. Per esempio, la parte gassosa potrebbe essersi separata dalla parte solida già nello spazio, e questo è certamente avvenuto perché tutte le meteoriti non contengono gas. Intorno al 1890, Emile Weichert aveva osservato in un museo quello che descrive essere tre tipi distinti di meteoriti: alcune in parte roccia e in parte lega ferro–nickel, altre di sola roccia e altre ancora di sola lega ferro–nickel. Weichert aveva immaginato la possibilità che le meteoriti contenenti solo roccia o solo ferro–nickel potessero essere i prodotti di una separazione. Si può estendere il ragionamento immaginando che le meteoriti più primitive siano quelle che presentano la migliore omogeneizzazione e contengono il maggior numero di elementi. C'è un'intera classe di meteoriti chiamate condriti che sono l'immagine di questa descrizione. C'è tuttavia qualcosa che manca al ragionamento: giustificare che un tipo di meteorite o un gruppo di meteoriti abbia una composizione vicina a quella terrestre, e per farlo abbiamo bisogno di qualcosa d'altro.

Tutto ciò che si conosce nei vari campi della scienza viene da molteplici sforzi, tesi a conoscere la natura della luce e la sua interazione con la materia. Isaac Newton fu il primo a dimostrare che la luce non era 'bianca' ma formava un insieme di spettri o bande, contenenti i colori dell'arcobaleno. Ne seguì un fiorire di ricerche e alcuni di queste contribuirono a rivelare la luce solare, della quale evidenzio i fatti più rilevanti. Nel 1802, William Wollaston (1766-1828) osservò nello spettro solare sette linee scure. Dodici anni più tardi Joseph von Fraunhofer (1787-1826), usando una qualità di prismi migliore, ne scoprì 574. Nel 1821, Fraunhofer introdusse un apparato con delle fessure – tecnica usata ancora oggi – che permette una perfetta risoluzione spettrale condusse alla scoperta di altre linee, dette linee di Fraunhofer.

Cinque anni più tardi, nel 1826, John F.W. Herschel (1792-1871) e W.H. Fox Talbot (1800-1877) dimostrarono che una sostanza, quando viene

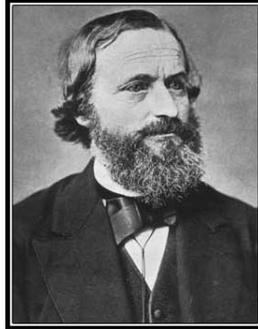
surriscaldata, emette una luce colorata caratteristica dell'insieme degli spettri che la compongono. Quasi tutti, anche se non ce ne siamo mai resi conto, abbiamo osservato questo fenomeno viaggiando sulle strade. L'intenso colore rosso dei semafori che ammonisce di non continuare è emesso surriscaldando l'elemento stronzio; i colori dei fuochi di artificio si basano sullo stesso principio, per esempio: il verde è prodotto bruciando il bario, il blu il rame, e così via. Queste linee sono note come spettri di emissione e ciascuno di questi è unico nel suo genere, come un'impronta digitale.

Nel 1832, David Brewster (1781-1868) suggerì che quelle linee scure presenti nello spettro del Sole potessero essere causate dall'assorbimento selettivo dell'atmosfera solare. L'idea venne verificata l'anno successivo in laboratorio da William Allen Miller (1817-1870), che analizzò la luce solare usando dei gas e trovò altre linee scure, che chiamò spettri di assorbimento. Più tardi, ma dopo numerosi tentativi, Gustav Kirchoff (1824-1887) mise ordine a tutte queste osservazioni, che gli permisero di formulare le tre leggi della spettroscopia:

- (1) Un solido o un liquido caldo e luminoso emette uno spettro di luce continuo.
- (2) Ogni elemento allo stato di gas a bassissima pressione surriscaldato a incandescenza emette un insieme di linee spettrali luminose caratteristiche dell'elemento.
- (3) Un oggetto solido e caldo, circondato da gas a bassa pressione e freddo, produce uno spettro di luce continua di linee scure caratteristiche degli elementi che compongono il gas.

Come il criminologo confronta le impronte digitali delle persone sospette in una scena del crimine, così lo scienziato confronta l'impronta spettrale degli elementi componenti la luce solare con quella degli stessi misurata in laboratorio e deduce quali elementi sono presenti nella porzione

esterna del Sole. Il totale degli elementi trovati nell'atmosfera solare fino all'anno 1929 erano 58. Se facciamo un confronto dei 92 elementi sino ad allora noti quelli scoperti sulla Terra erano già 90. Tutto ciò osembra semplice ma la pratica di caratterizzare gli elementi nell'atmosfera solare è complicata, per esempio l'impronta dell'elemento ferro è formata da centinaia di linee.



Gustav Kirchhoff (1824-1887)

Negli anni '30 astronomi come Donald Howard Menzel (1901-1976) si lanciarono nella difficile impresa di determinare la quantità relativa di elementi dell'atmosfera solare attraverso le loro linee di assorbimento spettrale. L'intensità di tali linee spettrali rappresenta una complicata combinazione delle proprietà fisiche dell'atomo, della natura e delle condizioni fisiche della materia assorbita. Per determinare con precisione l'ammontare relativo di tutti gli elementi presenti nell'atmosfera solare c'è bisogno di conoscere il valore di una proprietà atomica nota come la 'forza di oscillazione', un valore calcolato attraverso misure di laboratorio.

Alla fine del 1935 sembrava che la quantità relativa degli elementi nell'atmosfera solare fosse quasi uguale agli elementi di un gruppo di meteoriti chiamate condriti. Sebbene a quel tempo fosse nota un'importante discrepanza del ferro, che appariva estremamente alto nelle meteoriti o estremamente basso nel sole, fu risolta alla fine degli anni '60 dovuta a un errore di laboratorio nel misurare, in un forno, la temperatura di fusione del ferro che causò un errore nel calcolo della forza di oscillazione. Lo stesso

errore che aveva erroneamente portato a pensare che la Luna avesse una composizione più primitiva e quindi un 'tesoro scientifico'.

Da un punto di vista pratico cosa vuol dire? Immaginate di poter raggiungere il Sole e rubare una manciata di materia, di lasciarla raffreddare con fuoriuscita di gas. I gas sarebbero in maggioranza idrogeno ed elio, ma aprendo la mano vi trovereste solo un po' di polvere, veramente poca, e il gas fuoriuscito peserebbe all'incirca 300 volte più della polvere. Ma quella polvere dovrebbe avere la medesima composizione di quella classe di meteoriti chiamate condriti che cadono sulla Terra dallo spazio. Se però guardate più attentamente alle condriti ci sono tra loro differenze sostanziali.

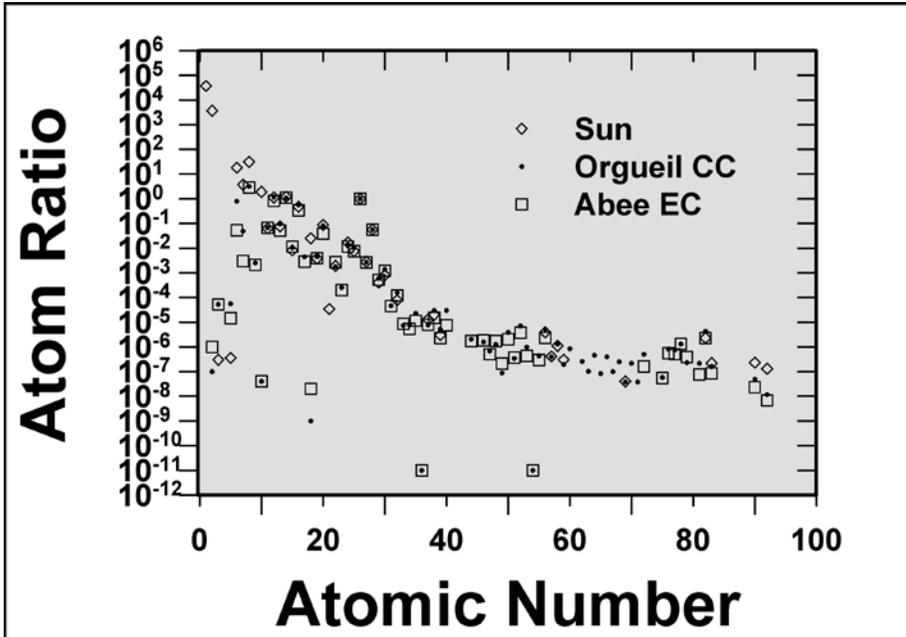


Fig.2-4 Mostra il rapporto tra elementi normalizzati rispetto al ferro. Analisi tra numero atomico (in ascisse) e rapporto atomico (in ordinate) degli elementi più abbondanti nella parte esterna al Sole (Sun), ad eccezione di gas e di altri composti volatili, nella condrite di Orgueil (CC) o condrite comune, e in quella di Abee (EC) o condrite a enstatite.

Il fatto che gli elementi chimici delle condriti abbiano una composizione quasi identica alla parte esterna del sole è l'evidenza che gli stessi elementi erano anche presenti nella materia primordiale già omogeneizzata e nella medesima proporzione. Una ulteriore conferma, sebbene complicata da spiegare, la si ottiene mettendo a confronto la quantità di questi elementi con le proprietà nucleari, e qualcuno fa riferimento a questi numeri come 'magici'.

Le relazioni fondamentali che legano, (i) la composizione isotopica tra tutti gli elementi della Terra e gli stessi nelle meteoriti condritiche e (ii) la quantità di elementi chimici non-gassosi presenti nella parte esterna del sole e quella degli stessi nelle meteoriti condritiche formano la base sulla quale poi dedurre la composizione della Terra nel suo insieme. A complicare le cose c'è tuttavia un qualcosa più fondamentale: non tutte le condriti sono identiche e sebbene questa differenza sia minima, sotto certi aspetti è fondamentale (Fig.2-4).



Francis Birch (1903-1992)

Circa il 90% delle meteoriti che si osservano cadere sono condriti dette comuni e composte da ferro metallo, rocce siliciche e talvolta solfuri di ferro. Molti scienziati, incluso il prestigioso professore di Harvard Francis Birch (1903-1992), ritennero che la Terra fosse in composizione simile a una condrite comune non comprendendo l'importanza delle differenze, e ignorarono un gruppo raro ma fondamentale noto come condriti a enstatite

che devono essersi formate in circostanze ancora poco chiare e in un ambiente scarso di ossigeno.

È scienza quello che si capisce non quello che si crede o si ipotizza. Il mondo è come la Natura che l'ha creato. Al massimo la conoscenza a cui possiamo aspirare è provare a capire la realtà. Come vedremo nel capitolo successivo, intorno al 1940 Francis Birch e altri arrivarono a un punto del logico procedere scientifico dove le strade si dividono e imboccarono quella sbagliata. Questa scelta portò di colpo la verità a fermarsi e aprì la porta a più di mezzo secolo di confusione. Passarono da allora almeno tre decenni prima che potessi scoprire l'errore e immaginare le ipotesi che mi hanno condotto ad avere una nuova visione sulla composizione della Terra, sulla sua origine e dinamica differenti da come la si insegna, nonché una diversa e profonda comprensione dell'Universo.



Inge Lehmann (1888-1993)

III. L'ERRORE FONDAMENTALE

Sul finire del 1936 i sismologi erano riusciti a determinare le dimensioni del nucleo e a catalogare i fatti che ne indicavano lo stato liquido. Analizzando le registrazioni dei sismogrammi del terremoto del 1929, in Nuova Zelanda, scoprirono però qualcosa di anomalo – attraversando materiali diversi le onde sismologiche cambiano velocità e direzione. I sismogrammi mostravano l'esistenza di onde in una zona dove in teoria non dovevano essere osservate perché zona d'ombra (Fig.3-1). Il mistero inquietò i geofisici.

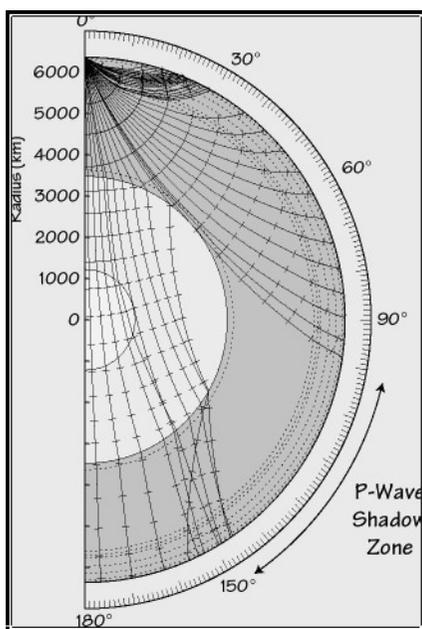


Fig.3-1 Diagramma che riporta le traiettorie delle onde sismiche P e dove le onde dirette non sono rilevabili nella zona d'ombra.

Ci furono discussioni e dibattiti. Alla fine il mistero fu risolto dalla sismologa danese Inge Lehmann (1888-1933). La Lehmann proponeva che

all'interno del nucleo fluido dovesse esserci un nucleo solido e che fosse responsabile di riflettere le onde sismiche nella zona d'ombra (Fig.3-2). Ai nostri giorni questo modo di ragionare verrebbe bollato come 'out of the box'. Ma ragionare fuori dagli schemi è una parte fondamentale del processo mentale per fare nuove scoperte.

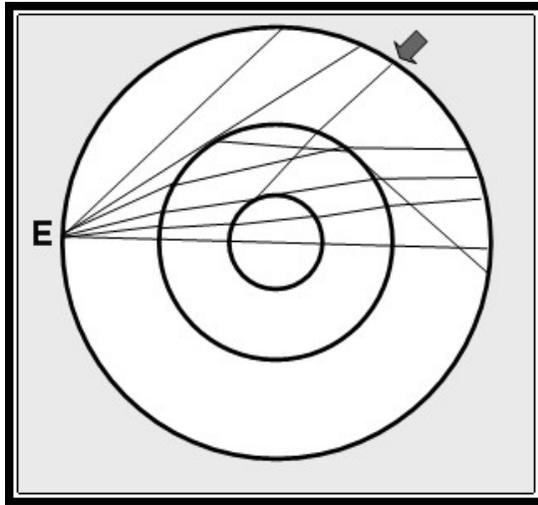


Fig.3-2 Figura originale di Inge Lehmann che dimostra come l'onda sismica con epicentro in E, venga rifratta una prima volta dal nucleo liquido e successivamente dal nucleo interno solido per emergere nella zona d'ombra (freccia).

Risolto il mistero della zona d'ombra se ne presentò un altro, la composizione del nucleo solido. Per la prima volta conoscere la quantità relativa degli elementi che componevano l'interno della Terra era diventato fondamentale per dare una risposta. Accadde invece l'imponderabile che ingenerò un errore che ancora oggi ci portiamo dietro (e che spiegherò dopo). Nel 1940, l'idea di Emil Wiechert, che la Terra potesse contenere un nucleo di ferro (Fe), come nelle meteoriti, e che fosse circondata da un enorme involucro di rocce silicatiche agli studiosi sembrava una soluzione ragionevole. Quale elemento o elementi potevano essere presenti nel nucleo interno solido? Il nichel (Ni)? In fondo la quantità di nichel relativamente al

ferro poteva essere compatibile con la massa interna. In tutte le meteoriti che Francis Birch aveva osservato il nichel era sempre sotto forma di lega col ferro. Birch ragionava così: poiché nichel e ferro sono inseparabili, un nucleo interno di nichel circondato da ferro liquido non poteva coesistere perché i due si sarebbero dovuti dissolvere l'uno nell'altro (o tutto solido o tutto liquido o in parte fuso e in parte liquido).

Inoltre Birch intravide il problema che gli elementi più pesanti del nichel e del ferro, anche sommati al Ni e al Fe, non giustificavano la massa calcolata del nucleo interno solido. Quale altro elemento o elementi potevano comporre il nucleo interno solido? Per Birch la risposta fu che il nucleo è in un continuo stato di solidificazione, cioè la parte solida si comportava come il ghiaccio in un bicchiere d'acqua in solidificazione. Questa è la spiegazione che viene data ancora oggi. Birch si muoveva in una logica di ragionamento corretta, quando si trovò davanti a un bivio che in quegli anni non era chiaro. Le osservazioni che permisero di intuire la direzione corretta arrivarono non studiando le condriti comuni, ma indirizzando la ricerca sulle condriti a enstatite che Birch aveva ignorato.

Alla fine degli anni '70 avevo intuito che un altro elemento, il silicio (Si), poteva essere presente nel nucleo e combinarsi col nichel precipitando come siliciuro (Ni_2Si , Ni_3Si), e formare il nucleo interno solido con una massa vicina a quella calcolata. Ora sembra semplice dirlo in questo modo, e risulta ancora più semplice da capire se si approfondisce l'argomento riguardante la quantità degli elementi nelle condriti. [Galileo sintetizza questo modo di ragionare con «da verità è di facile comprensione, il difficile è come scoprirla»].

Nei corsi introduttivi gli studenti di scienze geologiche ricevono una breve lezione sulla percentuale di elementi che compongono la Terra. Quasi mai viene dato loro da leggere un importante articolo pubblicato da Hans

E.Suess e Harold C.Urey del 1956. Tuttavia, anche una lezione aggiuntiva alla lettura di quell'articolo non è sufficiente ad afferrare l'importanza dell'argomento, che rappresenta la summa di tutto quello che conosciamo del nostro pianeta e del Sistema solare. Fu negli anni '70 che Hans Suess e Harold Urey mi trasmisero – ciascuno di loro due a suo modo – che si può passare una vita a studiare gli elementi che compongono la Terra. Dopo oltre trent'anni spesi a studiarli lo sottoscrivo. Tema di cui non si riesce a immaginare l'importanza scientifica che racchiude e quanto ci sia ancora da fare.

Immaginate di avere la necessità di guidare una macchina in una grandissima città con centinaia di vie che non conoscete. Non c'è mistero su cosa si deve fare, se non prendere una mappa della città e guardare alle arterie principali sulle quali scorre la maggior parte del traffico automobilistico e quasi sempre indicate, attraversate da una miriade di strade secondarie. Compreso questo ci si può muovere dappertutto, e se c'è bisogno di dettagli per arrivare alla meta si guardano le stradine. Facendo uso della stessa tecnica si può capire la quantità di elementi sulla Terra. Disegnerò una mappa e ve la spiegherò in modo che possiate comprendere perché la Terra è fatta come è fatta, senza il bisogno di credere solo a chi ve la insegna diversamente.

Cinque sono gli elementi chimici che compongono il 95% in peso o massa delle condriti sulla Terra (Fig.3–3). Aggiungendo altri quattro elementi portiamo la percentuale a circa 98%. La percentuale dei cinque elementi è talmente grande che qualsiasi conclusione sul comportamento degli elementi minori e di quelli in tracce non può minimamente alterare i fatti che descriverò. Il comportamento degli elementi minori e di quelli in tracce aggiunge solamente i dettagli alla nostra comprensione della Terra. Questo è talmente lineare e semplice che faccio fatica a capire come pochi accademici riescano a non rilevarne il significato.

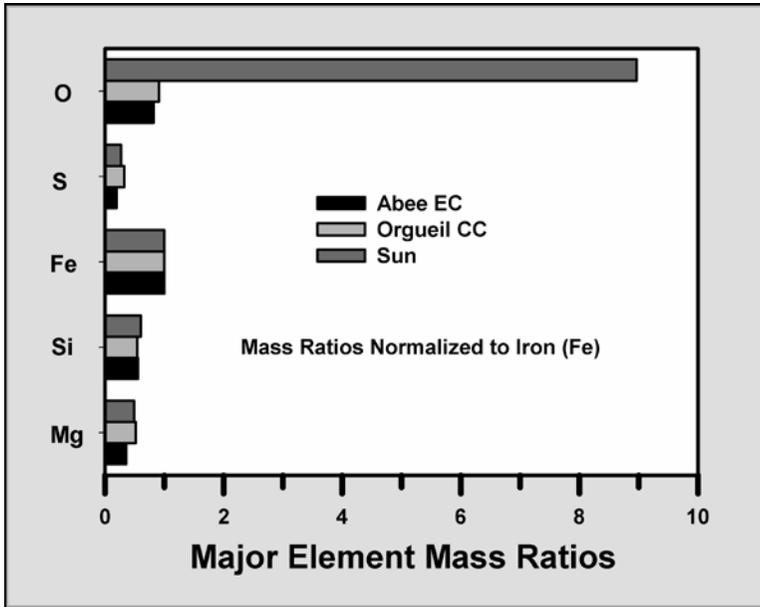


Fig.3-3 Quantità relativa dei rapporti di O, S, Fe, Si, Mg nel Sole (Sun), nella condrite comune di Orgueil (CC) e nella condrite a enstatite di Abee (EC).

Poiché le cose di scienza sono diventate con il trascorrere del tempo sempre più complicate al punto che la conoscenza scientifica e gli scopi a cui si è votata si sono dilatati a dismisura, specializzarsi è diventato un obbligo per gli scienziati – per esempio, benché ci sia quasi sempre sovrapposizioni tra fisica e chimica le due materie sono state di fatto separate.

Negli anni '70 – quale protégé di Harold Urey e Hans Suess – mi era concesso di incontrare persone scientificamente importanti. Ospite era spesso un inglese dell'università di Newcastle Upon Tyne, il Professor S. Keith Runcorn FRS (Fellow of the Royal Society of London). Runcorn era un illustre geofisico che aveva studiato il magnetismo delle rocce per

dedurre il campo magnetico terrestre al momento della formazione delle stesse rocce – con grande rimpianto fu assassinato a San Diego nel suo ultimo viaggio. In uno dei suoi viaggi precedenti, incontrandolo con Urey, mi permisi di porgli una domanda sulla composizione del nucleo. La risposta mi lasciò di stucco «sono un geofisico / non so niente di geochimica». Poiché geofisica e geochimica sono materie essenziali mi domandavo come si potesse comprendere la Terra conoscendo parzialmente una delle due, e lanciavi un'occhiata a Urey che con un abile gesto d'intesa mi sorrise. Capii senza proferire risposta che sull'argomento eravamo d'accordo. Più tardi e con più esperienza compresi che Keith Runcorn sapeva molte più cose di geochimica, se paragonato alla maggior parte dei suoi colleghi geofisici che si specializzano in particolari settori. Qualsiasi specialista che non abbia acquisito una visione globale limita la sua capacità interpretativa.

Quando iniziai a interessarmi di condriti non guardavo tanto ai dettagli circa la loro formazione, ma di più al comportamento primordiale della materia. Le condriti si sarebbero formate all'incirca nello stesso periodo dei pianeti. Poiché rappresentavano la materia primordiale dei pianeti erano materia piccolissima con differenze sostanzialmente minime. L'obiettivo che mi ero preposto era di capire cosa gli elementi che li compongono potessero rivelarmi a riguardo della loro origine, quali fossero questi elementi e le differenze. In un mondo dove tutti tendono a specializzarsi ho dovuto diventare uno scienziato multidisciplinare e imparare dagli altri tutte le cose di cui avevo bisogno. Ho dovuto guardare alle condriti con gli occhi dei migliori mineralogisti al mondo, imparare la metallurgia e la termochimica che mi serviva, comprendere la geochimica e la geofisica, e gli aspetti fondamentali dell'astrofisica. Diventai perciò uno scienziato 'tuttologo' mettendo mano a molte specialità al punto che la mia presenza non era né capita né apprezzata. C'era una ragione per questa mia scelta, volevo capire cosa Madre Natura avesse fatto nel suo laboratorio per

produrre i componenti delle condriti. Questa fase iniziò studiando la quantità di elementi presenti nelle condriti e il loro comportamento in natura.

Gli elementi chimici possono esistere da soli o combinati con altri elementi. Immaginateli per un momento come 'ballerini' a una festa. Per gli elementi che ci interessano la regola è semplice: tre dei cinque elementi: ferro, magnesio e silicio possono esistere come metalli e 'ballare' (combinarsi) con i restanti elementi, ossigeno e zolfo. Quanto a lungo possono 'ballare' e in che modo dipende dalle condizioni ambientali in cui si trovano. Perché i cinque elementi non appaiano astratti è importante prenderli uno ad uno e ricordare come li identifichiamo nel nostro ambiente.

Ferro (Fe). Ciascuno di noi lo conosce. La nostra civiltà ne ha fatto largo uso dai chiodi alle grandi strutture d'acciaio. [L'acciaio non è altro che ferro a cui sono state aggiunte minime quantità di altri elementi come carbonio o silicio; più precisamente si tratta di leghe, che con l'aggiunta di elementi chimici hanno migliorato le proprietà fisiche diventando resistenti all'azione dell'ossigeno]. Il ferro è un metallo a cui piace 'ballare' con l'ossigeno, e se non viene protetto tende a venir 'distrutto'.

Magnesio (Mg). [Il magnesio combinata con l'ossigeno brucia producendo una luce bianca e un calore intenso tanto da essere usato nei bengala per illuminare il cielo di notte; la sostanza fu usata dai primi fotografi nei flash a polvere; i sommozzatori per illuminare il buio delle profondità marine continuano a usare anche oggi il magnesio.] L'affinità con l'ossigeno è così forte da essere in grado di 'rubare' in qualsiasi momento l'ossigeno all'idrogeno dell'acqua.

Silicio (Si). Il silicio si trova come quarzo o biossido di silicio (SiO_2) ed è il principale componente delle sabbie bianche (e nei silicati). [Se gli viene sottratto l'ossigeno diventa una sostanza brillante e friabile, usata come additivo nella fabbricazione degli acciai; per le sue proprietà elettriche è un importante componente nell'elettronica e nella fabbricazione dei pannelli solari]. Al silicio piace l'ossigeno più del ferro, non quanto il magnesio elemento con la più alta affinità per l'ossigeno.

Zolfo (S). [Forse vi è capitato di vedere in farmacia scatole di polvere gialla commercializzate come 'fior di zolfo' o l'avete osservato in cristalli di colore giallo che ricoprono le rocce vicino a fumarole vulcaniche]. Lo zolfo brucia al contatto con l'aria producendo miasmi e gas irritanti, si dissolve nel ferro, forma altre sostanze, e in particolari condizioni può combinarsi anche col magnesio. Lo zolfo si può combinare con il silicio ma – a mia conoscenza – non è mai stato scoperto nelle meteoriti.

Ossigeno (O). Si può combinare con tutti gli elementi sopra citati, anche con se stesso – modalità che troviamo nell'aria che respiriamo (O_2). Più avanti si capirà l'importanza che l'ossigeno ha avuto nel determinare il modo in cui la Terra è stata costruita.

Molti, o quasi, sanno che due atomi di idrogeno (H) combinati con un atomo di ossigeno formano la molecola dell'acqua (H_2O). Immaginatela come due ballerini–idrogeno piroettanti vorticosamente e uniti ciascuno a una delle mani di una ragazza–ossigeno. Le combinazioni degli elementi citati non sono più complicate di questa rappresentazione. Da sottolineare c'è solo che ai 'ballerini' – chi più e chi meno – a tutti piace 'ballare' con le ragazze-ossigeno.

Parlare di 'quantità' di ballerini su una pista di ballo suona strano. Invece potreste parlare di 'numero' di ballerini o, se parlate all'ingegnere–progettista

preoccupato che l'edificio possa cadere, parlereste di 'peso' dei ballerini. In entrambi l'analogia è identica e in ciascuno dei due casi possiamo intuirne i vantaggi. Il ragionamento lo possiamo estendere alla quantità di elementi usando indifferentemente il numero atomico e il peso atomico. La quantità per numero è uguale a quella per atomi. A volte lo scambio è utile: possiamo infatti combinare gli elementi, per esempio un atomo di silicio combinato con due di ossigeno forma la molecola SiO_2 componente fondamentale delle rocce silicatiche.

Immaginate di voler parlare di ballerini senza specificare il numero. Per esempio, potreste dire che c'è un numero doppio di ragazze rispetto ai ragazzi o che il rapporto tra ragazze e ragazzi è di 1 a 2. Il rapporto non è altro che un numero diviso per un altro numero. Lo stesso concetto l'avevamo già espresso introducendo la densità: la massa divisa con il volume o parlando del rapporto tra massa e volume. I rapporti sono importanti quando si vuole calcolare la quantità degli elementi e vengono sempre espressi da un rapporto, per esempio dividendo silicio e ferro (Si/Fe). I rapporti permettono di confrontare gli elementi di una meteorite con qualcosa di più grande, come la materia plasmatica più esterna al Sole. Potete, per esempio, dire che il rapporto tra gli atomi di silicio e quelli di ferro nelle condriti è all'incirca lo stesso della parte più esterna del Sole.

Il rapporto atomico tra quattro dei cinque elementi maggiori (Si, Fe, Mg, S) è all'incirca identico sia nelle condriti che nella materia plasmatica solare. Fa eccezione l'ossigeno che è più abbondante nel Sole che nelle condriti, ed è anche la chiave di lettura per capire quello che narrerò. Immaginate che ci siano più ragazze—ossigeno vogliose di 'ballare'. Si verrebbe a creare una situazione in cui tutti i partecipanti sarebbero obbligati a 'ballare' con più di una ragazza—ossigeno. Questo è successo nelle condriti carbonacee dove tutti gli elementi maggiori si sono combinati all'ossigeno, compreso lo zolfo.

Immaginate adesso che in città ci sia un grande evento che attragga molte delle ragazze–ossigeno. Il risultato sarebbe che poche andrebbero a 'ballare'. I ragazzi–magnesio e i ragazzi–silicio sarebbero i primi a invitarle, seguiti dai ragazzi–ferro. Ai ritardatari non resterebbe che ballare con le ragazze–zolfo, e a completamento di queste coppie non resterebbe altro che guardarsi intorno. Nelle condriti comuni magnesio, silicio e, in parte, il ferro sono uniti con l'ossigeno formando la parte silicatica, mentre il resto del ferro è andato a combinarsi con lo zolfo o si è solidificato come ferro metallo.

A cosa dovrebbe assomigliare l'interno della Terra se avesse la stessa composizione di una condrite comune? Immaginando di surriscaldarne un frammento osservereste che prima fondono i solfuri di Fe e le leghe di Fe e che il liquido prodotto si muoverà per gravità verso il fondo sottostante la parte silicatica. In questa fase si otterrebbe qualcosa di somigliante a quello che tutti immaginano essere la composizione dell'interno della Terra. Ma siamo sicuri sia avvenuto questo? La risposta è no. Per queste ragioni: (i) il nucleo richiederebbe un'ipotesi 'ad hoc': composto cioè unicamente di ferro, ma non ci sono evidenze a sostegno, e (ii) il nucleo risulta troppo grande per avere la composizione di una condrite comune. Ci sono poi aspetti scoperti anni dopo: le 'asperità' sismologiche tra il nucleo e il mantello. Queste non hanno una spiegazione logica, se non ricorrendo ad altre ipotesi. A questo proposito però bisogna fare una considerazione che potrebbe giustificare un nucleo di composizione vicina a quella di una condrite comune, sebbene non unicamente applicabile a queste condriti. Ad alte temperature il ferro metallo e i solfuri di ferro fondono formando un fuso meno denso, ma solo se composto da ferro – da osservazioni di sismica profonda e studi sulla rotazione dell'asse terrestre un nucleo meno denso sarebbe una ipotesi possibile.

Tornando all'analogia dei ballerini immaginiamo un'altra situazione, dove gente famosa decide di partecipare in città ad un grande evento. La prospettiva di incontrare la gente famosa porta molte ragazze–ossigeno a scegliere di andare al grande evento e poche a ballare. I ragazzi–magnesio e i ragazzi–silicio, che in altre occasioni avrebbero avuto a disposizione moltissime ragazze–ossigeno, ne hanno invece poche per ballare con il risultato che alcuni rimangono a bocca asciutta. Addirittura i ragazzi–ferro non ne avrebbero nessuna a disposizione. Le condriti a enstatite sono rare, al punto che Francis Birch le aveva ignorate e che io interpreto (come vedremo dopo) formate in circostanze descritte pocanzi. Una parte del magnesio e del silicio si sarebbe combinato con l'ossigeno dando origine a meteoriti silicatiche dove non troviamo ossidi di ferro, e se portate a temperature elevate causano gli altri costituenti a dissolversi nel liquido. Cosa accade in fase di raffreddamento spiega in modo logico – come avrò modo di raccontare – che 82% sul totale dei componenti interni della Terra ha una composizione prossima alle condriti a enstatite e non alle condriti comuni come si continua a ipotizzare da oltre mezzo secolo.

Negli anni '70 non mi precipitai come fece una gran parte degli scienziati a studiare le rocce lunari appena raccolte proprio per questa ragione. La Luna è materia separatasi dalla materia primordiale e, invece di studiarne i frammenti superficiali, mi sembrava avesse più senso indagare le condriti rare ignorate da Francis Birch.

Facendo una sezione sottilissima (metodo per identificare al microscopio i minerali che formano le rocce) di una condrite a enstatite e ponendola contro luce si notano aree attraversate dalla luce e altre scure o opache. La parte trasparente consiste in minerali silicatici formati da elementi che 'ballano' con l'ossigeno, la parte scura/opaca è composta da quegli elementi metallici (che non hanno trovato ragazze–ossigeno, occupate a correre dietro alla gente famosa).

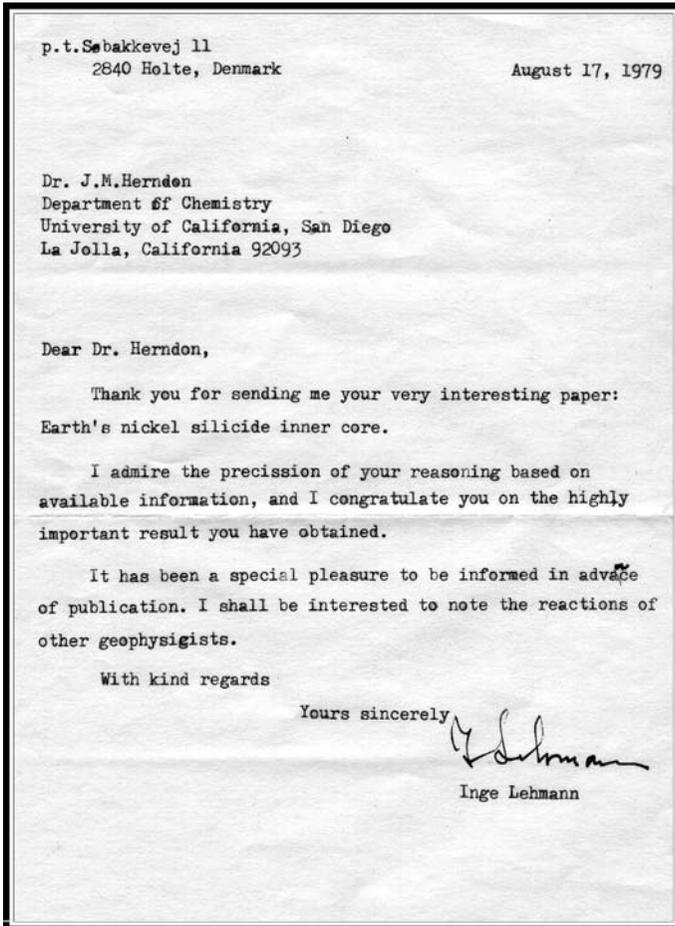
Oggi questo sembra facile da spiegare e da capire ma quando iniziai molte cose non si conoscevano. Potevo stare seduto ore a osservare le minerografie (foto al microscopio) prese dai migliori studiosi, per esempio Paul Ramdohr (1890-1985) e leggere studi che avessero avuto qualche relazione con le condriti a enstatite. Quello che intendevo fare – anche se l’approccio è noioso – era mettere insieme le osservazioni apparentemente slegate tra loro in sequenza logica in modo da evidenziare la causa. Come ho già spiegato il metodo è più importante del metodo scientifico e questo mi ha ripagato.

Negli anni '60, prima che Francis Birch ipotizzasse il nucleo composto di ferro metallo, il silicio era stato identificato nella parte metallica di alcune condriti a enstatite. Nello stesso periodo un nuovo minerale contenente silicio e nichel fu scoperto nello stesso tipo di condriti. Birch era convinto che ferro e nichel nelle meteoriti fossero inseparabili e dovessero trovarsi sempre sotto forma di lega. Nelle condriti a enstatite non era così. Quello che immaginai immediatamente fu, se il silicio poteva combinarsi con il nichel formando il siliciuro di nichel, forse più denso della lega ferro–zolfo fluida del nucleo, quel composto avrebbe potuto precipitare solidificando e rappresentare una massa quasi uguale alla massa calcolata del nucleo interno solido.

Dopo averci pensato su scrissi un breve articolo scientifico presentando la logica su cui si fondava il ragionamento. Entrai nell’ufficio di Harold Urey per farglielo leggere e glielo porsi senza ulteriori commenti aspettando una sua reazione. L’articolo era corto. Il sommario non più lungo di una frase, questa «Da osservazioni della natura si suggerisce che il nucleo interno non è composto da ferro– nichel ma siliciuro di nichel». Come Urey lesse gli occhi gli cominciarono a brillare, un sorriso gli apparve sul volto ed esclamò

«yes! yes!» offrendosi di comunicare l'articolo alla rivista *Proceeding of the Royal Society of London*.

Dopo che l'articolo fu accettato ne inviai copia a Inge Lehmann, la sismologa che aveva scoperto il nucleo interno della Terra. Mi rispose quasi subito e in questo modo «Ho ammirato la precisione del suo ragionamento basato su informazioni finora raccolte e mi congratulo per l'importante risultato raggiunto».



Lettera di congratulazioni da Inge Lehmann.

L'obiettivo della ricerca scientifica è di capire la Natura. Quando accade di mettere in discussione un concetto fondamentale automaticamente si dovrebbero sollevare discussioni e dibattiti. Gli sforzi dovrebbero essere indirizzati a confermare o respingere l'idea con esperimenti o calcoli, verificando se l'idea debba essere respinta o accettata. Questo preferibilmente sulla rivista in cui l'idea era stata pubblicata. C'è una solida ragione per seguire questa prassi. Per una buona scienza due cose devono prevalere: l'obiettività intellettuale e l'integrità morale. Quando io pubblicai che il nucleo interno poteva essere fatto silicuro di nichel, non mi resi immediatamente conto che l'idea avrebbe potuto condurmi a rivedere l'interpretazione geodinamica allora in auge e i problemi che avrebbe creato in tante istituzioni scientifiche.

Immaginando che l'interno della Terra abbia la composizione di una condrite comune conduce a concludere che la composizione del mantello sia sostanzialmente una. Un modello tutto sommato semplice. Sul finire degli anni '30 il sismologo australiano, nato in Nuova Zelanda, Keith Edward Bullen (1906-1976), aveva scoperto che il mantello non potesse avere una struttura omogenea come sembrava [4,5], ma che esisteva una discontinuità sismica che separa il mantello in due parti (Fig.3–4). Una parte inferiore omogenea fino al contatto con il nucleo che rappresentava il 49% dell'intera massa terrestre e una parte superiore che rappresentava il 18% della stessa massa (Fig.3–5). Più tardi si scoprì che quest'ultima parte comprendeva più strati, resti di 'layers of veneer'. Gli scienziati si interrogarono subito come spiegare le discontinuità – ricordo che le onde sismiche incontrando differenti stati cristallini o diverso chimismo cambiano direzione e velocità. Se l'ipotesi è un mantello omogeneo, la soluzione non può che essere il cambiamento di stato cristallino dovuta alla massa con la profondità. Regola fondamentale della ricerca scientifica è scoprire non ipotizzare. Purtroppo molti studiosi tendono a creare modelli basati su ipotesi o su modelli che a loro volta si basano su altre ipotesi, per cui tutto

diventa opinabile e la ricerca diventa inutile e sbagliata. Si deve invece continuare le ricerche seguendo le scoperte importanti, cercando di identificare e quantizzare altre relazioni esistenti in natura. È quello che ho fatto.

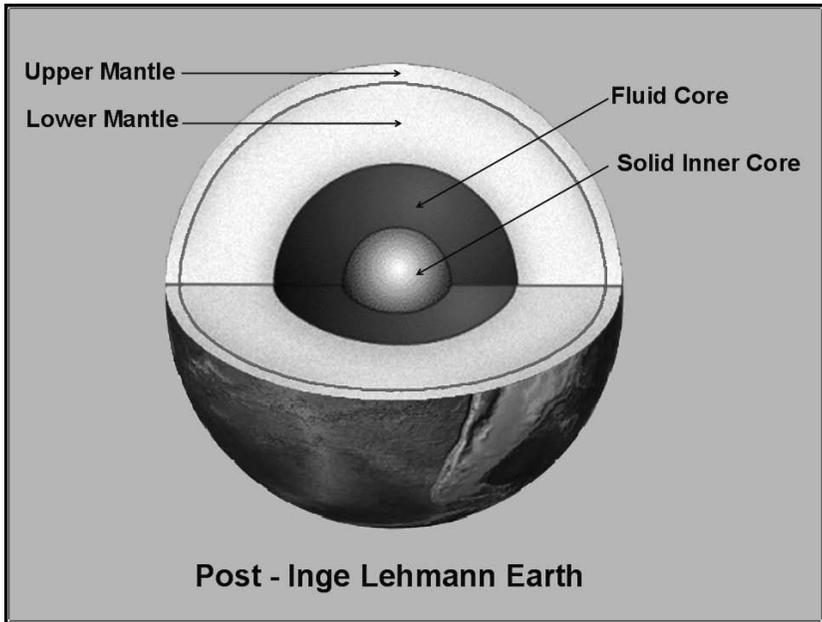


Fig.3-4 Spaccato della struttura interna alla Terra, con un nucleo interno solido (Solid Inner Core) e un nucleo più esterno liquido (Fluid Core) e la discontinuità scoperta da Bullen che separa il mantello inferiore Lower Mantle) da quello superiore (Upper Mantle).

Nel 1979, dopo una conversazione con Inge Lehmann, progredii facendo una serie di esercizi logici. Se il nucleo più interno solido è composto da silicio di nichel questo deve avere la composizione dei minerali più densi nelle condriti a enstatite. Lo stesso principio deve valere per i minerali meno densi che circondano il nucleo, quelli che hanno una composizione simile alle condriti a enstatite. Ma queste condriti sono prive o quasi di ferro combinato all'ossigeno, l'eccezione è rappresentata dalla parte superiore del mantello superiore che contiene ferro in quantità

apprezzabile. Per cui se la parte silicatica del mantello inferiore ha la composizione di una condrite a enstatite ci deve essere una discontinuità e le onde sismiche devono cambiare direzione e velocità. Questa è una previsione che possiamo provare a verificare.

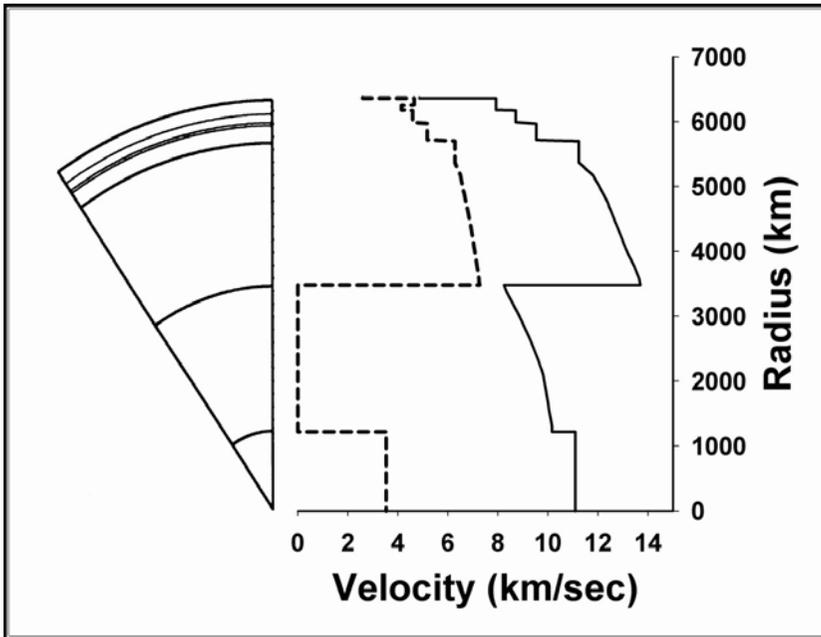


Fig.3-5 Velocità sismiche delle onde P (linea continua) e S (linea tratteggiata), in ascisse, e il raggio terrestre in ordinate. Notare l'esistenza nel mantello superiore di più di una discontinuità.

Se la Terra avesse la composizione di una condrite a enstatite il mantello dovrebbe essere composto da strati di composizioni silicatiche diverse in FeO. A che profondità è la discontinuità principale? A quella che separa il mantello superiore da quello inferiore? Utilizzando i rapporti tra la condrite a enstatite di Abee dove predominano le leghe di ferro e quella dove predominano i silicati [6] con la massa del nucleo ho scoperto la discontinuità. Dalle proporzioni ho potuto calcolare le due masse.

Massa del Mantello = (massa del nucleo) · (massa silicatica di Abee) / (massa lega di Abee)

Ho utilizzato i dati sulla distribuzione delle masse [7], calcolato il raggio dal centro della Terra alla discontinuità sismica e scoperto che l'errore tra mantello inferiore e mantello superiore è all'incirca 1,2%. Questo semplice esercizio mi ha condotto a scoprire il rapporto che intercorre tra la massa interna del nucleo e quella delle masse del mantello [8,9] (Tabella 1) [10].

Tabella 1

<i>RAPPORTO TRA MASSE</i>	<i>VALORI TERRA</i>	<i>VALORI ABEE</i>
Mantello Inferiore / Nucleo Totale	1,49	1,43
Nucleo Interno / Nucleo Totale	0,052	0,052, se Ni ₃ Si 0,057, se Ni ₂ Si
Nucleo Interno / Mantello Inferiore + Nucleo Totale	0,021	0,021

Questo vuol dire che l'82% della massa interna di mantello inferiore + nucleo ha la composizione di una condrite a enstatite e la discontinuità che separa il mantello inferiore da quello superiore segna il limite tra due regioni

chimicamente differenti (e non regioni chimicamente omogenee ma diverse in struttura cristallina).

Dopo aver dimostrato che l'interno della Terra ha una composizione vicina a quella di una condrite a enstatite dimostrerò perché la Terra non può avere la composizione di una condrite comune. Basta fondere una condrite comune e una a enstatite e si potrà osservare che si separano due fasi: una lega densa si posizionerà sotto un'altra meno densa, come negli altiforni nella preparazione degli acciai dove il fuso di ferro si separa dalle scorie. La Terra può essere vista come un crogiuolo sferico dove il 32,5% rappresenta il nucleo composto da una parte liquida e una parte solida, però solo le condriti a enstatite hanno in percentuale una quantità di lega di ferro tale da giustificare la massa del nucleo (Fig.3–6). Se la Terra ha una composizione condritica – come suggerisce la logica – è probabile che sia quella di una condrite a enstatite e non di una condrite comune.

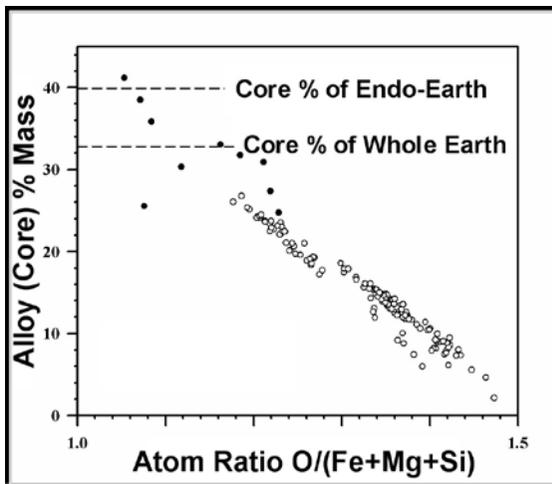


Fig.3–6 % in peso di lega di ferro in 9 condriti a enstatite (circoli neri) e 57 condriti comuni. Solo le condriti a enstatite e non le condriti comuni contengono percentuali di lega di ferro della Terra intera (Whole–Earth) o di quella interna (Endo–Earth) che corrisponde al mantello inferiore + il nucleo.

Bullen, nel 1946, fu il primo a sostenere la presenza di irregolarità sismiche tra nucleo e mantello inferiore [5]. Ricerche successive le hanno interpretate come 'isole' di materia [11,12]. Nella visione di Birch le 'isole' non hanno senso di esistere [13,14], e ho dimostrato che si giustificano solo come precipitati solidi dal mantello al nucleo in condriti a enstatite a bassa densità e alta temperatura [10, 15,17].

Per gli elementi maggiori e minori in quella parte di lega di condrite comune, la composizione è di ferro metallo e solfuri di ferro (Fe+S). Vi ricordate delle ragazze-ossigeno e della gente famosa? La stessa analogia la si può invocare per la condrite a enstatite di Abee, che si sarebbero formate in un ambiente poco ossigenato – le ragazze-ossigeno erano in maggioranza alla festa della gente famosa – in quella parte di lega metallica di una condrite a enstatite contenenti la lega ferro–nichel, solfuri di ferro (FeS), solfuri di magnesio (MgS) e solfuri di calcio (CaS). Il calcio è un elemento minore, ma ha la stessa tendenza a legarsi con ossigeno e magnesio.

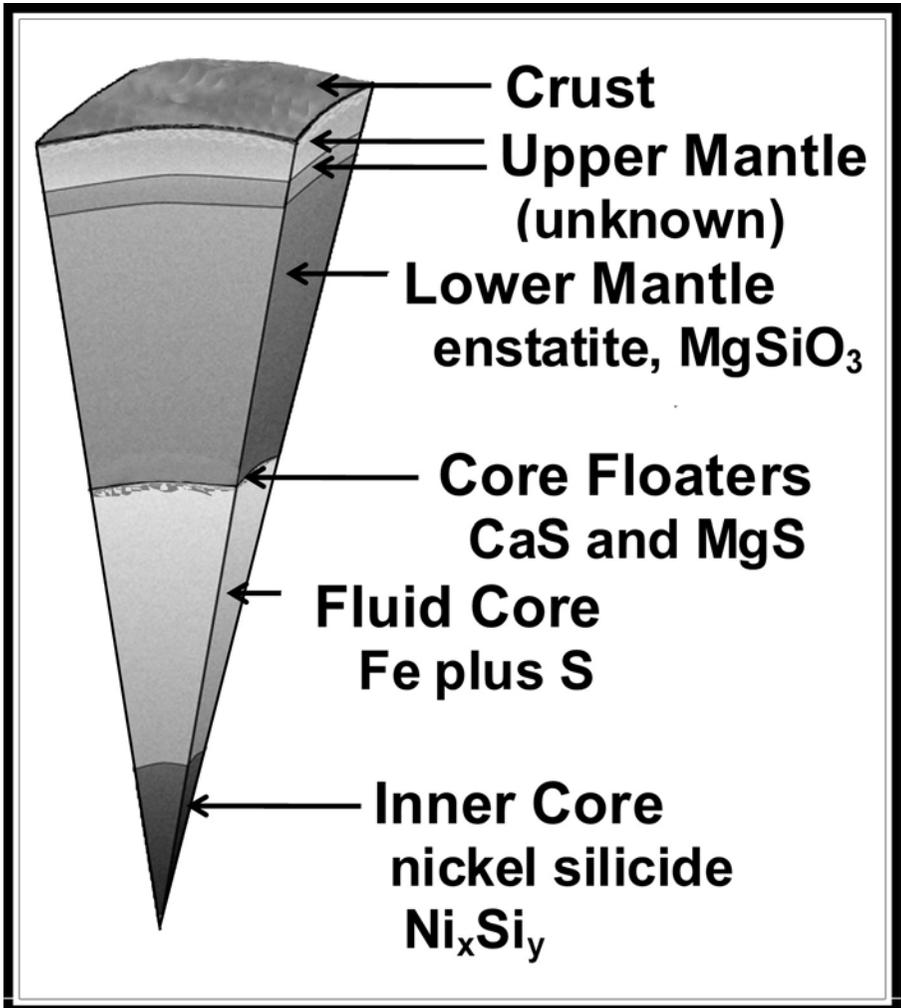
Se accettiamo l'idea di nucleo la cui composizione è di una condrite a enstatite e immaginiamo che la temperatura sia talmente alta da permettere che tutti gli elementi siano stati dissolti nel fuso, cosa succede quando inizia a raffreddarsi? Per immaginarlo bisogna calarsi nei panni di un metallurgista: alcuni elementi come lo zolfo tendono a dissolversi nel fuso di ferro e amano restarci il più a lungo possibile, altri hanno la tendenza a legarsi all'ossigeno. Ma quella situazione non piace al calcio e al magnesio che cercheranno di uscirne combinandosi allo zolfo. Entrambi i composti, solfuri di calcio (CaS) e solfuri di magnesio (MgS), a temperature superiori al punto di fusione del ferro, formano soluzioni solide e meno dense, con il risultato di galleggiare sul fuso. Ho suggerito che questa sia la causa della 'rugosità' sismica tra mantello e nucleo [10, 15, 16, 17]. Come possiamo essere convinti che sia esattamente questo il comportamento del calcio e del magnesio in una lega di ferro? Esiste un processo industriale quasi uguale

dove la presenza di impurità di zolfo è deleteria negli acciai e per rimuoverlo si inietta calcio e magnesio fuso che si combinano con lo zolfo ad alta temperatura [18-20].

Il progressivo raffreddamento del nucleo di una condrite a enstatite conduce alla soluzione logica del mistero che circonda il passaggio tra nucleo a mantello, senza la necessità di doversi adeguare a ipotesi precostituite o introdurre modelli basati su ipotesi arbitrarie e, se non bastasse, nella lega c'è una quantità appropriata di magnesio e calcio.

Nel 1862, Nevil Story-Maskelyne (1833-1911) scoprì in una delle condriti a enstatite un minerale la cui composizione era CaS che chiamò oldhamite (o oldamite), in onore di Thomas Oldham (1816-1878), primo sovrintendente del Servizio Geologico dell'India [21,22]. Nel 1906, il figlio, Richard Oldham scoprì il nucleo [3]. Un giusto tributo a Oldham figlio che il nucleo sia circondato da 'isole' di oldhamite in nome del padre. A parte l'aspetto onorifico, l'oldhamite potrebbe servire a trattenere o respingere elementi incompatibili, meno abbondanti e precipitati ad alta temperatura, come il minerale osbornite, un composto di titanio e azoto [23].

In una Terra la cui composizione del nucleo è simile alle condriti a enstatite, elementi incompatibili come calcio e magnesio che hanno una particolare affinità per l'ossigeno, durante il raffreddamento cercano di allontanarsi, ed essendo l'ambiente in eccesso di zolfo tendono a legarsi a quest'ultimo. Al silicio non piace lo zolfo, ma al diminuire della temperatura si combina al nichel per formare il siliciuro di nichel che suppongo più denso del fluido restante precipitando per gravità dando origine al nucleo della Lehmann – come avevo previsto nell'articolo del 1979 pubblicato nel *Proceeding of the Royal Society of London* [24]. La quantità di nichel precipitata dal nucleo di fluido metallico come siliciuro ha esattamente la stessa massa calcolata per il nucleo interno solido [10].



Composizione dell'interno di terra.

È passato oltre mezzo secolo da quando Francis Birch abbandonò la strada del ragionamento logico, imboccando – dove diverge – quella sbagliata. Ignorando le condriti a enstatite e come conseguenza la sua generazione e le generazioni che seguirono furono indotte in errore creando confusione. Un serio e dilagante abbaglio istituzionale fu introdotto negli

anni 1950. Questo portò in modo subdolo ad abbandonare – nella scienza americana e in quasi tutta la comunità scientifica internazionale – l'obiettività scientifica, introducendo il 'politically correct' o 'consenso carpito' che ha avvelenato la scienza, soppresso il dibattito e inchiodato generazioni di geologi sul sentiero della confusione.

Se in una giornata calda o fredda si immerge un termometro in un bicchiere di acqua e ghiaccio tritato tenendolo ben agitato, il termometro indicherà una temperatura di 0° Celsius (32° Fahrenheit) fino a quando ghiaccio e acqua coesistono con delle differenze. In una giornata calda la temperatura rimane costante fintanto che nel bicchiere c'è ghiaccio e dopo la temperatura inizia a salire. Invece, in una giornata fredda la temperatura rimane costante fintanto che nel bicchiere c'è coesistenza di ghiaccio e acqua, dopodiché la temperatura scende fino a raggiungere la temperatura dell'ambiente esterno. Si deduce che quando c'è coesistenza di due fasi un'aggiunta di calore produce fusione del ghiaccio, ma la temperatura non sale.

Birch aveva immaginato il nucleo interno fatto di ferro metallo o ferro-nichel, che il nucleo interno cristallizzasse da un fluido dello stesso tipo [25], che la temperatura in superficie del nucleo interno dovesse essere esattamente quella di fusione/solidificazione del ferro metallo alla relativa pressione, deducibile facilmente dal peso esercitato della Terra in quel punto. Inoltre pensava che se poteva misurare la temperatura di fusione del ferro a quella pressione, la temperatura doveva essere quella alla superficie del nucleo. Decine di anni di ricerche, milioni di dollari dei contribuenti furono spesi nell'impresa. C'erano dei problemi: la quantità significativa di zolfo nella lega avrebbe abbassato il punto di solidificazione del ferro e non c'erano evidenze che il ferro metallo potesse precipitare dal nucleo perché l'idea che il nucleo interno solido fosse composto da ferro metallo era

semplicemente una congettura basata sull'ipotesi falsa che la Terra avesse la composizione di una condrite comune.

Scienza vuol dire il continuo evolvere nel comprendere la vera natura della Terra e dell'Universo, il continuo progredire da ciò che non si conosce a ciò che si conosce poco, e se la Terra fosse davvero come la si percepisce nel quotidiano non ci sarebbe bisogno della scienza. Implicito nel progredire scientifico è di correggere gli errori come si percepiscono: un riordino del sapere, più corretto, più preciso e con interpretazioni meno errate. Non c'è niente di male se Francis Birch ha commesso un errore sulla composizione della Terra, gli errori fanno parte della ricerca scientifica, ma quando si dimostra che sono avvenuti si dovrebbe dibatterne. Calcoli teorici ed esperimenti dovrebbero essere intrapresi per verificare se ci sono stati errori o se invece l'errore sta nell'oggetto sul quale si vuole fare chiarezza, e solo in questo modo il contraddire dovrebbe portare a rifiutare o ad accettare una ricerca. La scienza incorretta dovrebbe essere corretta subito, e le contraddizioni non dovrebbero essere ignorate altrimenti i fondi per la ricerca e gli sforzi di chi la fa risultano una perdita di tempo. Purtroppo invece è accaduto proprio questo.

Ai giorni nostri si continuano a fare studi approfonditi a pressioni e temperature del nucleo di ferro metallo e non sul siliciuro di nichel. Invece questi esperimenti dovrebbe determinare:

1. A quale temperatura il siliciuro di nichel precipita da soluzioni di Fe-Ni-Si-S.
2. La sua composizione a quella temperatura.
3. Le sue proprietà fisiche a temperature e pressioni del nucleo, specialmente le proprietà elettriche e termiche.

È inoltre fondamentale determinare le temperature alle quali calcio e magnesio possono precipitare come CaS e MgS da una soluzione precisa di

elementi. I risultati degli esperimenti permetterebbero di legittimare a quali condizioni termiche si trova il nucleo.

Ignorare le contraddizioni che insorgono durante la ricerca scientifica è seriamente deprecabile, al punto da diventare anti-scienza, ed è remare contro le fondamenta scientifiche il cui fine ultimo è capire la vera natura della Terra e dell'Universo. Scienza significa anzitutto ricerca della verità, ma per molti individui, come per molte istituzioni, la ricerca scientifica viene percepita come ricerca di denaro e capacità di influenzare e, salvo alcuni rari casi, il denaro impedisce la ricerca della verità. Ignorare chi si oppone con forza al pensiero dominante conduce a non fare progressi scientifici e impedisce che sia il logico progredire del ragionamento la guida della ricerca. Cosa fanno invece certi scienziati? Possono sopprimere che la scienza avanzi, possono manipolare l'opinione pubblica, possono creare modelli e farli passare come scienza, ma non necessariamente che sia vera.

Mi auguro che abbiate seguito il ragionamento e siate convinti che la Terra ha nel suo insieme una composizione vicina a una condrite a enstatite e non quella di una condrite comune. È importante? Certo che sì, perché ora avete preso il sentiero giusto e appreso il progredire logico che vi condurrà a nuove scoperte e a nuove idee, perché c'è ancora molto da scoprire.

IV. PARTENDO DAI FONDAMENTALI

Tutto è energia. Pochi sono coloro che conoscono i fondamenti scientifici su cui si basa l'energia. Quasi tutti però sappiamo cos'è. La maggioranza di noi ha chiaro il concetto di costo dell'energia per riscaldare e climatizzare la casa, e che i processi industriali e manifatturieri hanno tutti bisogno di energia. Inoltre c'è bisogno di energia per trasportare le persone e i prodotti da un posto all'altro, e più importante di tutto ci vuole energia per sostenere il nostro corpo.

La Terra è 'viva', dinamica, perché sostenuta da energia interna. In superficie, i vulcani, i terremoti e i fondi oceanici sono in movimento perpetuo. Sotto la superficie terrestre, solo scalata dall'uomo, sappiamo che la temperatura aumenta con la profondità. C'è invece totale confusione da dove arriva l'energia del pianeta, e questo l'abbiamo ereditato dalla visione trasmessa da Francis Birch. Quello che voglio dire – e lo giustificherò più avanti – che, per come intendo la Terra, l'energia ha origine nelle condriti a enstatite, intendendo non solo l'energia interna, ma come funziona il nostro pianeta.

Almeno mille anni fa in Cina la gente usava pagliuzze di magnetite galleggianti in una bacinella di acqua per orientarsi (alcuni pensano fossero frammenti di magnetite colpiti dal fulmine e ridotte in pagliuzze), perché avevano la proprietà di indicare una direzione preferenziale. Questa osservazione condusse a sviluppare la bussola magnetica ancora in uso tra i naviganti e per quelli che cercano di trovare la giusta direzione. Nel 1600, William Gilbert (1544-1603) pubblicò le sue ricerche intorno al mondo sul magnetismo terrestre dimostrando, contrariamente a chi credeva che avesse un'origine extra-terrestre, che la Terra si comporta come fosse un gigantesco

magnete [26]. Fu nel 1838 che il matematico Johan Carl Friedrich Gauss (1777-1855) dimostrò l'origine del magnetismo terrestre al centro della Terra [27].



William Gilbert (1544-1603)

Sulla Terra è presente un campo magnetico che l'avvolge permanentemente (Fig.4-1), alimentato da un'energia che l'interazione con la materia altrimenti prosciugherebbe, causandone sia l'intensità di decadimento come eventualmente la scomparsa. Per chi immagina la composizione interna della Terra a quella di una condrite comune, l'energia che sostiene il campo magnetico è spiegabile solo ricorrendo a postulati basati su ipotesi alcune al limite dell'assurdo.

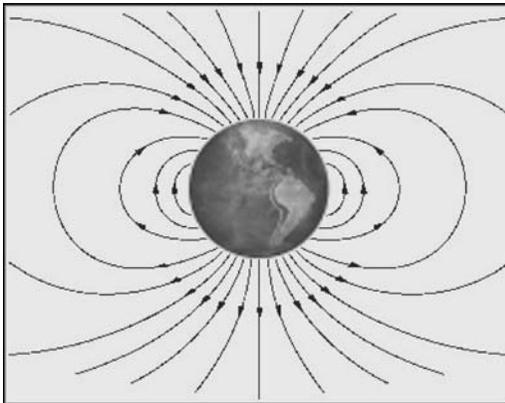


Fig.4-1 Schema del campo magnetico terrestre.

Per esempio, nella visione di Birch quando viene discusso come si tiene in vita il campo magnetico le risposte non hanno mai un solido impianto scientifico: (i) il nucleo interno è in permanente stato di cristallizzazione, (ii) sarebbe il calore latente di cristallizzazione ad azionare il meccanismo che produce il campo magnetico – in un bicchiere di acqua e ghiaccio in una giornata fredda la quantità di calore estratta a formare ghiaccio è minima perché l'ambiente circostante assorbe parte del calore latente di cristallizzazione e la reazione acqua → ghiaccio procede lentamente, (iii) il nucleo interno composto da Fe–metallo in progressivo congelamento avrebbe come conseguenza l'ingrandimento del nucleo solido nel tempo.

Durante la nascita del Sistema solare molti dei componenti isotopici erano radioattivi e instabili e decadevano spontaneamente a una velocità propria e cambiando in isotopi che decadevano a loro volta velocemente, e solo alcuni che avevano velocità di decadimento lente sono tuttora radioattivi. L'uranio per esempio decade attraverso una serie di passaggi obbligati che lo conducono a diventare piombo e questo processo libera energia.

Nella visione di Birch l'unica origine significativa di energia per azionare il pianeta al suo interno veniva dal decadimento di pochi elementi radioattivi naturali. Decine di migliaia di misure di flussi di calore [28] hanno mostrato che gran parte del calore disperso eccede quello prodotto dalla totalità degli elementi radioattivi stimati all'interno della Terra [29]. Ma c'è di più. Birch fa confusione su dove gli elementi radioattivi si trovano. Uranio (U), torio (Th) e uno degli isotopi del potassio (K) hanno affinità per l'ossigeno e nelle condriti comuni dovrebbero combinarsi all'ossigeno nella parte silicatica. Credere che la Terra abbia la composizione di una condrite comune ha sviato generazioni di studiosi convincendoli che uranio e torio abbondano nella crosta e nel mantello, e non nel nucleo dove la produzione di calore

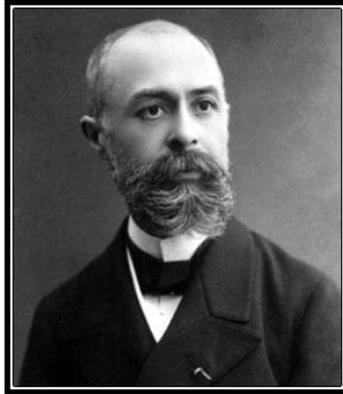
sarebbe necessaria ad azionare il campo geomagnetico – si discute solo sulla possibilità che l'isotopo del potassio possa risiedere nel nucleo.

Dovreste aver capito dove porta il ragionamento. Ho ipotizzato che 82% della materia interna alla Terra – mantello inferiore + nucleo – abbia la composizione di una condrite a enstatite. Questa si è formata originariamente in un ambiente carente d'ossigeno, al punto da non essercene abbastanza per gli elementi particolarmente attratti dall'ossigeno come magnesio e calcio. Uranio e torio invece di 'ballare' con l'ossigeno hanno solidificato con la lega metallica di composizione enstatitica [30]. Composizione uguale alla meteorite di Abee, come nell'82% di mantello e nucleo, perché lo stato di ossidazione della condrite a enstatite di Abee è uguale all'82% della materia interna terrestre [16].

La logica progressiva del ragionamento sta nel capire che avventurarsi lungo un sentiero in regioni sconosciute si può perdere la bussola – a meno di essere in grado di fare regolarmente il punto – della situazione. Questa non è stata la mia esperienza e dopo avervi detto come immagino l'interno della Terra tutto vi sembrerà avere un senso. Ma c'è di più da raccontare, e siamo solo agli inizi. Ci sono problemi importanti che Birch ha sottovalutato, per esempio dove viene generato il campo magnetico. Mi sono accorto di essere andato un po' troppo avanti, e per capire si deve prima sapere a che livello di conoscenza si era arrivati.

Quasi nello stesso periodo in cui Emil Wiechert rifletteva sulla densità della Terra e immaginava un nucleo, il francese Henri Becquerel (1851-1908) studiava dei minerali e sali fosforescenti, materiali che dopo essere stati esposti alla luce emanavano al buio dei bagliori. Decise allora di avvolgerne alcuni in una lastra fotosensibile, riavvolti poi in una carta nera per proteggerla dalla luce. Per giorni non successe niente, fino a quando decise di provare con minerali e sali di uranio che causarono un forte annerimento

della lastra fotosensibile. Questo fu il primo indizio dell'esistenza di una forma di radiazione la cui proprietà era di attraversare la carta fotosensibile. Becquerel aveva scoperto la radioattività.



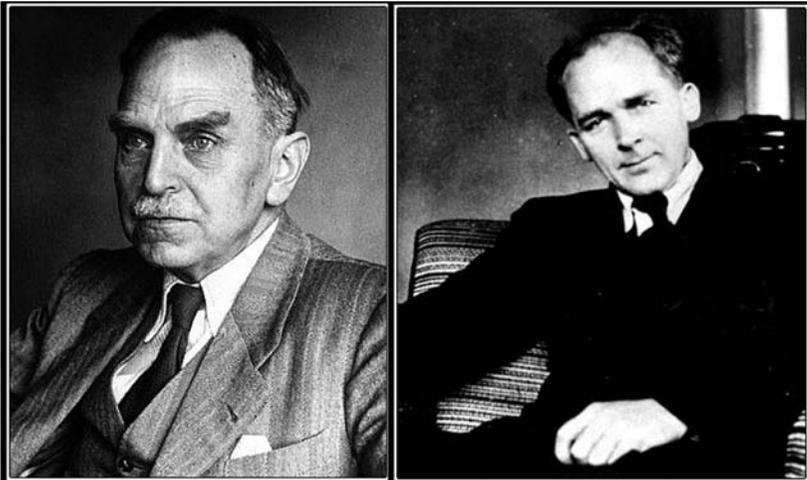
Henri Becquerel (1851-1908)

Agli inizi del XX secolo con la scoperta di nuovi elementi radioattivi ci furono momenti di grande fervore scientifico che portarono a comprendere la radioattività e il decadimento degli elementi. Essenzialmente si tratta di un processo in cui il nucleo instabile di un elemento perdendo energia emette particelle sotto forma di radiazioni elettromagnetiche – più precisamente, nel nucleo di un atomo un elemento progenitore cambia in un altro detto prodotto secondario emettendo particelle di energia e radiazioni che generano calore.

La radioattività fu scoperta in un periodo in cui c'era molto interesse a determinare l'età della Terra. Ricordo che Henry Cavendish ne aveva misurato la densità nella speranza – rivelatesi errata – che l'avrebbe condotto a conoscerne l'età. L'idea di stimare l'età della Terra calcolando la velocità di raffreddamento si basava sull'ipotesi che inizialmente la Terra dovesse essere un corpo caldo. La scoperta della radioattività cambiò tutto. Poiché il decadimento degli elementi radioattivi produceva calore, la base scientifica sulla quale si era proceduto fu messa in discussione, e mentre agli inizi fu percepito come un impedimento il fatto che alcuni elementi

decadessero progressivamente guidò poi a intuire la possibilità di datare qualsiasi materiale radioattivo. Infatti ogni isotopo radioattivo decade in prodotti secondari a una velocità propria e misurabile – esattamente come un orologio – al punto che il decadimento radioattivo è il metodo oggi giorno più preciso per conoscere l'età della Terra, che è di circa 4.5 miliardi di anni, e da la possibilità di datare anche gli eventi geologici.

Oltre che presente in natura la radioattività è prodotta artificialmente. Scoperta nella prima metà del XX secolo: si bombarda il nucleo con particelle sub-atomiche in un processo detto di trasmutazione (un radionuclide primordiale cambia in un altro in un processo dove la differenza energetica è molto piccole perché piccola è la massa coinvolta). Nel 1938 Otto Hahn (1879-1968) e Fritz Strassman (1902-1980) scoprirono qualcosa di eccezionale. Bombardando dell'uranio con neutroni invece di piccoli cambiamenti nella centratura del nucleo lo divisero letteralmente in due parti. Avevano scoperto la fissione dell'atomo, descritta nel 1939 nella rivista *Die Naturwissenschaften* [31].



Otto Hahn (1879-1968) and Fritz Strassman (1902-1980)

La maggior parte del volume di un atomo può essere immaginato come un grande spazio aperto, dove il grosso della massa sta al centro o nucleo, il

quale è composto da protoni e neutroni (senza carica). Ciascun elemento chimico ha nel nucleo un suo numero di protoni caricati positivamente e per poter bilanciare la neutralità elettrica ha un identico numero di elettroni caricati negativamente e distribuiti su orbite diverse. Le proprietà chimiche sono regolate dagli elettroni, che decidono con chi e come un elemento può combinarsi con altri elementi e formare un composto chimico.

Mentre il numero di protoni nel nucleo è sempre uguale, il numero di neutroni può variare e dar vita a un elemento chiamato isotopo. È proprio il numero di neutroni a guidare la stabilità del nucleo, stabilità che si raggiunge quando c'è eccesso di neutroni rispetto ai protoni e aumenta all'aumentare del numero di protoni in un elemento. Quando si scoprì la fissione nucleare c'era una buona ragione per prevedere che il nucleo dell'uranio – numero atomico 92 – diviso dal bombardamento, non solo rappresentava due nuclei più leggeri, ma che venissero liberati anche un certo numero di neutroni (Fig.4-2).

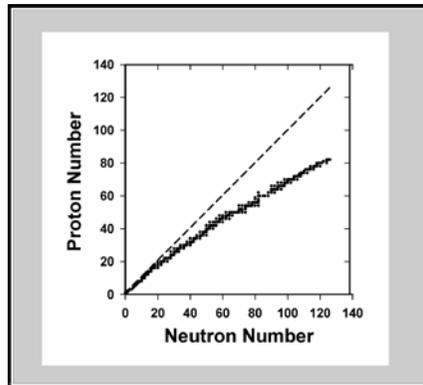


Fig.4-2 Numero di protoni vs numero di neutroni di 244 isotopi stabili. La linea spezzata indica la relazione che avrebbe un numero identico di protoni e neutroni. I puntini indicano che per rendere gli isotopi stabili c'è un eccesso di neutroni, e più gli isotopi sono pesanti più grande deve essere il numero di neutroni in eccesso.

C'è – come ho scritto più volte – un modo di fare scoperte scientifiche più importanti del così detto metodo scientifico, si tratta di associare osservazioni che non hanno un evidente relazione tra di loro in modo da estrarre la sequenza logica. Facendo proprio questo, scienziati nucleari come Niels Bohr (1885-1962), Enrico Fermi (1901-1954) e Leo Szilard (1898-1964) riconobbero la potenzialità della fissione nucleare e costruire un potente ordigno esplosivo. La base dell'idea era l'eccesso di neutroni liberati durante la fissione. Immaginarono che durante la fissione nucleare altri nuclei di uranio avrebbero potuto essere liberati e ingenerare una reazione a catena (Fig.4-3). Siegfried Flügge (1912-1997) riconobbe non solo le implicazioni militari della scoperta, ma la possibilità che reazioni nucleari a catene accadessero in Natura e avessero causato esplosioni dello stesso tipo in depositi naturali di uranio [32].

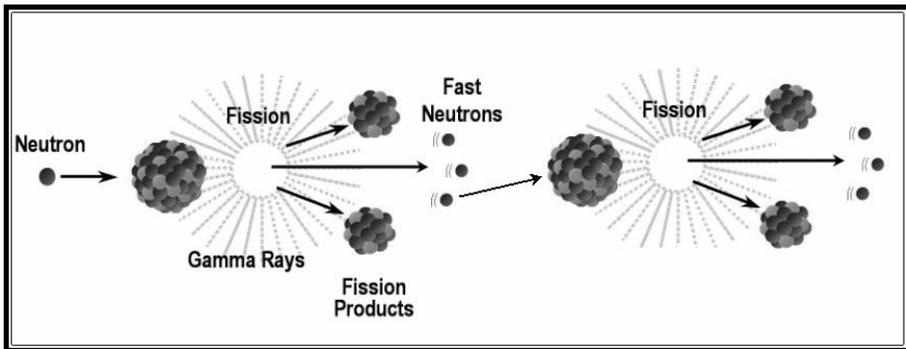
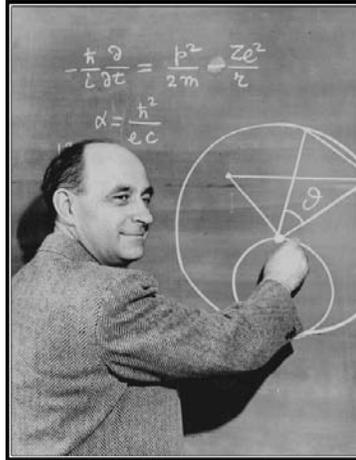


Fig.4-3 Rappresentazione schematica della fissione nucleare a catena.

All'approssimarsi della seconda guerra mondiale la fissione nucleare come arma fu sviluppata nella più totale segretezza. Dopo aver sperimentato che la fissione avveniva effettivamente liberando i neutroni, Enrico Fermi diresse la costruzione del primo reattore nucleare creato dall'uomo – allora non si chiamava reattore ma 'pila' com'era effettivamente, una serie di blocchi di carbone contenenti pezzi di uranio opportunamente posizionati tra i blocchi. La 'pila' di Fermi era stata costruita sotto lo stadio Stagg Field all'università di Chicago. Il 2 Dicembre 1942 la 'pila' raggiunse il punto

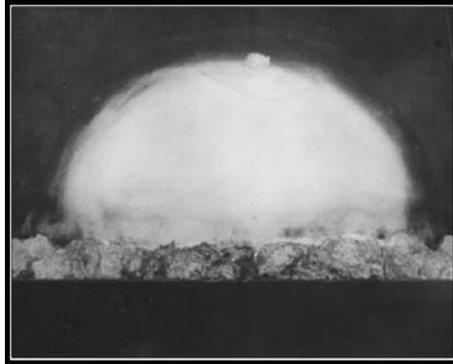
critico, era in atto una reazione nucleare a catena. L'idea dietro un reattore nucleare è alquanto semplice o così sembrava a prima vista. Quello che si richiede alla massa di uranio è di essere abbastanza larga da trattenere una quantità sufficiente di neutroni in eccesso e che l'uranio sia adeguatamente puro da permettere che le reazioni non consumi tutti i neutroni liberati. Come è sempre stato nelle grandi imprese il diavolo ci mise la coda.



Enrico Fermi (1901-1954)

L'uranio naturale consiste di due isotopi, ^{235}U e ^{238}U , ed entrambi alla fine decadono in altrettanti isotopi del piombo. Però le rispettive proprietà di fissione sono diverse come diversa è la velocità di decadimento. ^{235}U decade a una velocità quasi dieci volte più veloce del ^{238}U . Questo vuole dire che di ^{235}U originariamente presente sulla Terra ne era rimasto poco rispetto alla quantità di ^{238}U , su 136 ^{238}U atomi ce n'è solo 1 di ^{235}U . Questo pose seri problemi a Fermi e agli altri nella costruzione sia del reattore nucleare che della bomba. ^{235}U si presta meglio alla fissione del ^{238}U , perché consuma l'eccesso di neutroni in attività non di fissione, per questo bisognava trovare il modo che ciò non avvenisse. Fermi e gli altri lo trovarono, per esempio rallentando il numero in eccesso di neutroni che intensifica la reazione o sperimentando altri modi per arricchire la quantità di ^{235}U in quello naturale.

Poiché sembrava impossibile una reazione nucleare a catena in Natura, non ci fu mai interesse di indagare se questo fosse vero, dato che la priorità era la costruzione della bomba e la creazione di tecnologie in grado di produrre commercialmente dalla fissione nucleare energia elettrica.



Trinity prova della bomba atomica.

A questo punto entra in scena Kazuo (Paul) Kuroda (1917-2001). Kuroda era laureato all'università Imperiale di Tokyo nel 1939, l'anno in cui fu pubblicata la scoperta della fissione nucleare. Dopo la guerra, nel 1952, Kuroda emigrò negli Stati Uniti, all'università dell'Arkansas. Lì, iniziò a pensare alla possibile esistenza di reattori nucleari in Natura, e che il ^{235}U decadendo più velocemente del ^{238}U la proporzione fosse in passato diversa aumentando la capacità di fissionabilità del ^{235}U .



Paul Kazuo Kuroda (1917-2001)

Nel 1956 – usando la teoria di Fermi sulle reazioni nucleari [3] – Kuroda dimostrò che reazioni nucleari a catena potevano essere avvenute in depositi di uranio vecchi di almeno 2 miliardi di anni o più [34]. Alcuni anni più tardi Kuroda mi raccontò che l'idea era talmente impopolare che riuscì a pubblicarla perché a quel tempo una rivista scientifica, il *Journal of Chemical Physics*, usciva con articoli brevi e senza la necessaria revisione scientifica. A questo punto c'è bisogno fare ancora un passo indietro per capire quello che è poi successo.

Prima della seconda guerra mondiale i finanziamenti del Governo alla ricerca scientifica erano poca cosa. Albert Einstein per spiegare il moto browniano, gli effetti fotoelettrici e la relatività ristretta, si auto-sovvenzionava lavorando come impiegato nell'ufficio brevetti svizzero. Niels Bohr, che fece scoperte fondamentali sulla struttura atomica, fulcro e forza trainante di una schiera di scienziati che contribuirono a gettare le basi della meccanica dei quanti, base della tecnologia elettronica dello stato solido e che ha dato tantissimo al mondo, era sostenuto finanziariamente dai produttori della birra Carlsberg. Sebbene i soldi dati alla ricerca scientifica scarseggiavano, nel mondo scientifico c'era rigosità intellettuale e morale. Chi era ammesso al dottorato di ricerca per il conseguimento del titolo era richiesto di contribuire a una scoperta in modo significativo e a iniziare un'altra ricerca se nel frattempo la sua fosse stata preceduta da altri. La rigosità scientifica e morale era insita nel sistema. Prima della seconda guerra mondiale uno scienziato che intendesse pubblicare un articolo lo inviava all'Editore della rivista e gli veniva chiesto che l'articolo fosse approvato da un'autorità scientifica. Il concetto "*peer review*" allora non esisteva.

Dopo la seconda guerra mondiale si sentì il bisogno urgente di spingere la scienza e la tecnologia ad avanzare per riprendere gli anni persi con la guerra. Il Governo si impegnò a finanziare l'impresa. Il 17 Novembre 1944,

il Presidente degli Stati Uniti, Franklin D. Roosevelt (1882-1945) scrisse al Direttore dell'Ufficio della Ricerca e dello Sviluppo Scientifico, Vannevar Bush (1890-1974), a cui chiedeva di esprimersi sulla decisione di finanziare la ricerca scientifica:

«...L'informazione, le tecniche e le esperienze nella ricerca scientifica acquisite dall'Ufficio della Ricerca e Sviluppo Scientifico e dalle migliaia di scienziati delle università dovrebbero essere usati negli anni a venire di pace per migliorare il benessere nazionale, creare una società nuova, nuovi posti di lavoro per migliorare il livello di vita della nazione... nuovi sviluppi ci aspettano in futuro e se questi saranno guidati con sagacia, audacia e impulso con cui abbiamo condotto la guerra, possiamo creare un'occupazione piena e produttiva, e una vita densa e feconda per tutti».



Franklin D. Roosevelt (1882-1945)

Il 25 Giugno 1945 Vannevar Bush rispose al nuovo Presidente degli Stati Uniti, Harry S. Truman (1884-1972), trasmettendogli il rapporto: *Science, The Endless Frontier*, che doveva diventare la 'bibbia' del Governo degli Stati Uniti nel periodo di pace.



Vannevar Bush (1890-1974)

Nel 1951, il Congresso degli Stati Uniti stabilì il National Science Foundation (NSF), l'organo che avrebbe provveduto a finanziare la ricerca scientifica. Subito dopo, qualcuno al NSF o qualcun altro del Consiglio Nazionale della Ricerca, incaricato di sorvegliare l'NSF ebbe un'idea deleteria, la cui applicazione condusse a inquinare e corrompere la scienza americana negli anni successivi. L'idea fu che gli stessi scienziati dovessero essere incaricati di giudicare le proposte di finanziamento NSF in modo anonimo. Il punto cruciale era che l'anonimato avrebbe dovuto incoraggiare l'onestà nella valutazione, anche in situazioni in cui gli esaminandi fossero in competizione sui finanziamenti o avessero altri interessi. Fu esattamente così che nacque il metodo di valutazione anonima che prima non esisteva.

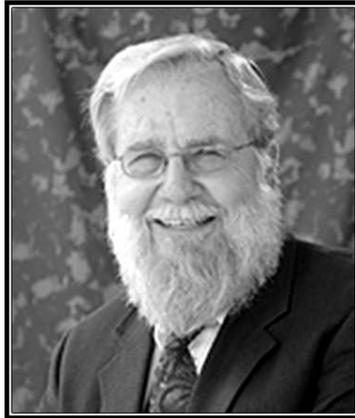
L'idea di essere valutati in forma anonima era considerata una brillante soluzione, al punto che le Agenzie di finanziamento federali, nate successivamente, come la National Aeronautics and Space Administration (NASA), dal 1956 tutte adottarono la valutazione anonima. Un metodo dopo copiato universalmente da quasi tutte le riviste scientifiche. La valutazione anonima doveva essere sembrata all'Amministrazione un colpo di genio, ma l'applicazione inquinò e corruppe la scienza americana, alterando la visione che i fondatori, il Presidente Roosevelt e Vannevar Bush, avevano auspicato.

C'è un difetto nell'applicare l'anonimato come metodo: se conducesse a una maggiore veridicità di giudizio dovrebbe essere considerato un metodo da applicare nelle aule di tribunale. Ma quando lo si è fatto – come durante l'Inquisizione spagnola e nei regimi totalitari – i risultati sono stati sempre uguali: gente denunciata da altri per ragioni diverse e corruzione tra gli accusatori per raggiungere i propri fini. Per anni l'uso dell'anonimato nella NSF, nella NASA e altrove ha corrotto gradualmente la ricerca scientifica americana. Chi è stato chiamato a giudicare, perché coperto dall'anonimato e di dubbia etica morale, ha potuto esprimere in tutta sicurezza affermazioni peggiorative o non vere per eliminare un collega. So per esperienza diretta che qualche Editor scientifico poco scrupoloso, perché coperto dall'anonimato, suggerisce come revisore colleghi con cui uno è in competizione sul piano scientifico, per poi dare un giudizio negativo. Il Premio Nobel, Sir Derek Barton (1918-1998), mi raccontò che un Editor scientifico senza scrupoli talvolta si faceva passare per revisore anonimo, producendo un giudizio negativo in modo da poter rifiutare la pubblicazione. Il sistema è talmente corrotto al punto da incoraggiare e premiare chi manifesta gli istinti più bassi della natura umana, e da più di mezzo secolo ha lasciato in eredità alla NSF solo malversazioni.

Se l'uomo vuol sopravvivere alle avversità della vita deve adattarsi all'ambiente, e la sopravvivenza in questo ambiente crudele ha condotto tanti a vendersi al consenso predominante. Così scienziati e ricercatori hanno imparato velocemente che citare lavori che sfidano il pensiero predominante può significare non vedere più i loro articoli pubblicati e alle richieste di finanziamenti ricevere giudizi negativi. La conseguenza è che i contributi scientifici importanti non vengono quasi mai pubblicati, e invece di essere discussi, dibattuti e verificati da esperimenti o in teoria vengono selettivamente e intenzionalmente ignorati. Sopprimere o ignorare le contraddizioni scientifiche è uguale a mentire alla comunità e ai contribuenti che – per come lo percepisco io – equivale a perpetrare una frode nei

confronti del fisco. A questo proposito Kuroda aveva intuito le conseguenze ad essere giudicati in modo anonimo già nel 1956, solo cinque anni dopo essere stato istituzionalizzato.

Faccio un salto indietro di 16 anni quando ero un dottorando. Un giorno Marvin W. Rowe, il mio relatore di tesi, si precipitò in laboratorio per dirmi che l'allora suo relatore, Paul K. Kuroda, era stato appena informato che scienziati francesi avevano scoperto i resti intatti di un reattore nucleare naturale in una miniera, a Oklo, nella Repubblica del Gabon, in Africa occidentale, e che il reattore aveva funzionato 2 miliardi di anni prima, proprio come Kuroda aveva previsto – più tardi furono scoperti nella stessa regione altri reattori fossili.



Marvin W. Rowe (1937-)

Ricordo di aver pensato che la scoperta avrebbe avuto implicazioni importanti. C'erano però troppi pezzi del mosaico che mancavano per progredire oltre. Era come guardare dentro una nebbia molto fitta. Vent'anni dopo senza rendermene conto ho iniziato a mettere i pezzi assieme.

V. ENERGIA E MAGNETISMO TERRESTRE

Nel 1610, Galileo Galilei, puntando il telescopio verso Giove, scoprì quattro oggetti passare sulla faccia illuminata di Giove che cambiavano posizione notte dopo notte identificandoli correttamente come delle lune gioviane. Non risulta però che Galileo abbia mai osservato ciò che sappiamo essere la caratteristica di Giove, la turbolente atmosfera (Fig.5-1), specialmente la Grande Macchia Rossa, scoperta intorno al 1665 da Giovanni Domenico Cassini (1625-1712).



Giovanni Domenico Cassini (1625-1712)

Più tardi, nell'estate del 1887, vennero osservati dei cambiamenti nella Grande Macchia Rossa, che ingigantì in dimensione e colore mai osservati prima. Dal 1882 si notò una progressiva diminuzione della macchia, tanto che gli astronomi nel 1890 pensarono sarebbe scomparsa. Furono notati altri cambiamenti, inclusa una nuova fascia laterale di turbolenza atmosferica [35].

Malgrado i continui cambiamenti, fino agli anni '60 non ci fu interesse a capire quale marchingegno regolasse questa turbolenza. Prima del 1969 la scienza non credeva che i pianeti potessero produrre energia interna se non dal decadimento di pochissimi minerali radioattivi, e che l'energia dei pianeti fosse quella ricevuta dal Sole, in parte riflessa. Sul finire degli anni '60 gli astronomi scoprirono che Giove irradia all'incirca il doppio dell'energia che riceve dal Sole, e la stessa cosa fu scoperta per Saturno e Nettuno [36]. La turbolenza atmosferica dei pianeti giganti si pensava fosse generata da un'energia interna, e alle turbolenze di Giove (Fig.5-1), Saturno e Nettuno si attribuiva questa origine (Urano non emette radiazione interna e non ha particolari caratteristiche). La domanda che tutti si ponevano era cosa fosse quell'energia.



Fig.5-1 Fotografia in b/n che mostra dettagli delle turbolenze di Giove; la Grande Macchia Rossa (freccia).

Dopo vent'anni i planetologi pensarono di aver considerato ed eliminato tutti i potenziali candidati capaci di spiegare quell'energia interna dichiarando – per definizione o per eliminazione – che fosse energia residuale rimasta dalla formazione dei pianeti, circa 4.5 miliardi di anni fa

[37,38]. È questa una buona ragione per crederci? La soluzione sottintende che si conosce tutto. Ma è davvero così?

In questo modo si offre una soluzione veloce al problema, ma non è detto che sia la risposta giusta. Se l'energia interna di Giove fosse ciò che rimane della sua formazione, allora ci dovrebbero essere delle relazioni logiche di causa ed effetto su cui indagare. Quando iniziai a interessarmi dell'energia interna di Giove, nel 1990, la spiegazione offerta dai planetologi non aveva davvero senso. Il 98% degli elementi che compongono il pianeta sono idrogeno ed elio, entrambi eccellenti conduttori di calore. La turbolenza atmosferica di Giove indica un trasporto calorico particolarmente intenso che non giustifica l'esistenza di un calore residuale dopo 4.5 miliardi di anni, perché Nettuno, che ha una massa equivalente al 5% di quella di Giove, ha un'intensa attività energetica interna.

Quando in una particolare area scientifica i fatti non si configurano legati in modo casuale e logico, è come sventolare la bandiera rossa o lampeggiare gli abbaglianti per indicare che qualcosa non va nel ragionamento. Questo è stato fatto per i pianeti giganti e gassosi inventando l'energia residuale. È possibile che per vent'anni i planetologi non siano stati in grado di intuire che l'energia a scala planetaria era qualcosa di fondamentale? Sapete la risposta, perché ci siete arrivati dopo aver fatto lo sforzo di mettere assieme osservazioni all'apparenza senza una relazione. Ma che esistono se le osservazioni vengono messe in progressione logica, al punto che la strada si illumina alla scoperta. Un giorno mentre facevo compere tutto mi sembrò chiaro, e come un fulmine a ciel sereno mi resi conto che Giove aveva tutti gli ingredienti perché ci fosse un reattore nucleare naturale a fissione al suo centro.

Diamo prima un'occhiata alle implicazione che comporta quest'ultima interpretazione. Sulla Terra l'uranio è un elemento relativamente poco

abbondante, e per poter ipotizzare l'energia prodotta da un reattore nucleare naturale deve esserci un modo di concentrarlo. Alle pressioni che prevalgono all'interno di un pianeta gigante, la densità dipende soprattutto dal numero atomico degli elementi (numero di protoni) presenti e dalla massa atomica (protoni + neutroni). 92 è il numero atomico dell'uranio, ed essendo uno degli elementi più pesanti tenderà a concentrarsi per gravità al centro del pianeta in momenti diversi e successivi. Un reattore nucleare è un concentrato di uranio allo stato puro o di suoi composti. Paul K.Kuroda aveva già dimostrato che raggiunta la concentrazione minima di un metro di spessore era possibile dar vita a un reattore nucleare. Con la scoperta del reattore nucleare fossile a fissione di Oklo, in Gabon, in Africa occidentale, le considerazioni teoriche di Kuroda erano state verificate [39-42]. Ma quali dovrebbero essere quelle adatte a farlo funzionare a scala planetaria e al centro di un pianeta gigante e gassoso?

Kuroda – come tanti altri – sapeva che la quantità di ^{235}U in natura rispetto a quella di ^{238}U è troppo bassa per iniziare una reazione nucleare a catena. Ma aveva anche dimostrato che 2 miliardi di anni prima quel rapporto era diverso. Quali dovrebbero essere a scala planetaria le condizioni perché un reattore nucleare inizi a funzionare? Quando Kuroda applicò la teoria nucleare di Fermi riteneva che l'idrogeno dell'acqua avrebbe rallentato i neutroni e che la fissione sarebbe continuata con neutroni lenti. Più tardi, chi ha studiato ciò che era rimasto dei prodotti fissili nell'area di Oklo scoprì che gli eventi di fissione coinvolgevano i neutroni lenti, ma scoprì altresì l'esistenza di neutroni veloci e la produzione di plutonio. Alcuni reattori nucleari commerciali detti 'breeders' trasmutano ^{238}U in un elemento fissionabile come il plutonio attraverso neutroni veloci. Che i reattori nucleari naturali di fissione possano funzionare come 'breeders' è stato il punto cruciale per mettere in ordine logico che una reazione nucleare naturale di fissione iniziata miliardi di anni prima può continuare utilizzando come combustibile neutroni veloci prodotti da reazioni di tipo 'breeders'.

Un altro punto importante, che mette un ordine logico i fatti, conduce al concetto di sopravvivenza di un reattore nucleare come entità planetaria. Una reazione nucleare a catena richiede una massa di uranio sufficientemente grande in modo da prevenire che la maggioranza dei neutroni in eccesso possano fuoriuscire, e che l'uranio sia sufficientemente puro da neutralizzare che gli stessi neutroni in eccesso siano consumati in attività diverse dalla fissione. Una tipica reazione nucleare divide l'atomo di uranio in due prodotti di fissione che, se lasciati in posto, diluiscono l'uranio assorbendo neutroni e la reazione nucleare a catena rischia di fermarsi. Io penso che a scala planetaria ci sia un meccanismo capace di rimuovere i prodotti fissionati concentrando l'uranio. Alle pressioni interne dei pianeti, la densità dipende dalla massa e dal numero atomico degli elementi presenti e, poiché i prodotti fissili sono la metà della massa e del numero atomico, l'ambiente, essendo meno denso, li spinge a migrare verso l'esterno, lasciando che l'uranio continui ad accumularsi per gravità.

Per dimostrare che un reattore nucleare a fissione poteva esistere al centro dei pianeti giganti feci quello che fece Kuroda applicando la teoria del reattore nucleare di Fermi. Ho descritto anzitutto gli antefatti, spiegato i fondamenti su cui poggia l'idea, e presentato i risultati in un articolo scientifico intitolato '*Nuclear Fission Reactors as Energy Sources for the Giant Outer Planets*' e lo inviai alla rivista tedesca *Naturwissenschaften* nel 1991[43]. L'articolo presentava una idea che i planetologi non avevano preso in considerazione e fu l'inizio di un logico progredire. Fu per me come scoprire un nuovo sentiero nella foresta, e da qui il cammino della conoscenza si allargò a dismisura, sia per quanto riguarda la conoscenza scientifica che la natura umana e quella delle istituzioni.

La NASA sollecitò formalmente e senza restrizioni i membri della comunità scientifica a presentare proposte scientifiche dato che era la stessa

NASA a condurre le ricerche. A prima vista il sistema con il quale la NASA valuta le proposte di ricerca nel suo programma di esplorazione scientifica può non dare adito a dubbi, così quando il mio articolo fu accettato da Naturwissenschaften decisi di sottoporre una proposta di ricerca al Planetary Geophysics Program della NASA, chiedendo a Paul K. Kuroda che aveva ipotizzato l'esistenza di reattori nucleari in natura di parteciparvi, a titolo di co-investigatore aggiunto per il bene comune perché non aveva bisogno di finanziamenti.

La Universities Space Research Association, un'associazione delle maggiori università destinataria dei fondi NASA, ha la sede al Lunar and Planetary Institute, che nel momento in cui feci la proposta dirigeva il Lunar and Planetary Geoscience Review Panel (LPGRP o Gruppo). Il Gruppo serviva la NASA sollecitando una recensione anonima delle proposte che arrivavano. In sezione segreta poi le proposte venivano giudicate e classificate, in modo che la NASA potesse decidere quali programmi dovesse finanziare. Il Gruppo composto dagli Investigatori principali della NASA che finanziavano il Planetary Geophysics Program e il Planetary Geology Program guidò la valutazione e classificò le proposte in base ai programmi della NASA. In altre parole, la mia proposta era in competizione con quelle fatte dalle istituzioni da cui proveniva il personale che serviva nel Gruppo – un conflitto di interessi evidente. In quegli anni, il Presidente dell'LPGRP era legato al Jet Propulsion Laboratory della NASA, gestito dal Caltech (California Institute of Technology), al quale venivano assegnati più del 40% del budget del Planetary Geophysics Program.

Non c'è bisogno di aggiungere che la proposta non fu finanziata. Normalmente la classifica stilata dal LPGRP è segreta, ma riuscii in qualche modo a sapere dal U.S. Congress General Accounting Office – dal 2004 è il Government Accountability Office – che sul merito tecnico il Gruppo aveva classificato la mia proposta la più bassa delle 120 ricevute. Mi

domando quanta integrità scientifica e morale ci sia nella classificazione se ho potuto continuare da scienziato indipendente la ricerca su ciò che scrivo e anche di più, e che l'idea sui nuclei planetari azionati da reattori a fissione nucleare naturali abbia ricevuto un controllo della comunità scientifica internazionale. Cosa fanno queste istituzioni che ricevono fondi dalla NASA? Ammettere l'incompetenza o le irregolarità? No, questo mai. Le scelte sono:

- (1) Fingere che l'idea di reattori nucleari a livello planetario non sia mai esistita.
- (2) Cercare di sopprimere ogni articolo che l'invochi.
- (3) Rilasciare pesanti commenti ai media sull'idea.
- (4) Intimidire la comunità scientifica con implicite minacce sulle carriere se si azzardavano a farne cenno.

In altre parole vuol dire fuorviare la comunità scientifica e il pubblico in generale e lasciar trionfare la scienza barbara.

Quando per la prima volta avevo considerato la possibilità che l'origine dell'eccesso di energia nei pianeti giganti esterni fosse un reattore nucleare naturale avevo anche pensato che ci sarebbe voluto dell'idrogeno per rallentare i neutroni. Come ho spiegato, il composto di uranio ibrido, UH_3 , serve sia da combustibile che da rallentatore di neutroni. Ho cominciato a pensare cosa sarebbe accaduto se il calore prodotto avesse distrutto la molecola di UH_3 . Cosa sarebbe potuto accadere? La reazione nucleare a catena rischiava di arrestarsi? La risposta mi arrivò in un attimo. Ci sarebbe rimasta la possibilità di un reattore nucleare a neutroni veloci. Non c'era bisogno di idrogeno. Questo piccola informazione aprì la porta alla possibilità che reattori nucleari a fissione potessero esistere al centro di pianeti non-idrogenati come la Terra. Avevo poi buone ragioni di credere che 82% dell'uranio avrebbe dovuto risiedere nel nucleo e possibilmente al suo centro.

La Terra ha un campo magnetico vicino al suo centro che consuma energia. L'origine dell'energia risiede lì e sostiene continuamente il campo magnetico, altrimenti sarebbe destinato a collassare. Mi sono allora documentato sugli antefatti, ho fatto i calcoli e scritto un articolo scientifico intitolato, *Feasibility of a nuclear fission reactor at the centre of the Earth as the energy source for the geomagnetic field*, pubblicato nel 1993, sul Journal of Geomagnetism and Geoelectricity [15], in Giappone. La rivista – come molte ai giorni nostri – ricorre alle recensioni anonime. È interessante notare che a differenza di altri casi in cui mi ero imbattuto in anonimi recensori, il cui intento era di ritardare o bloccare la pubblicazione con rilievi senza costrutto e con l'intento di svilire l'articolo, questa volta fu un'esperienza positiva. I recensori, specialmente uno, sembravano interessati a fare in modo che le spiegazioni fossero chiare e i concetti ben argomentati. Conseguenza di ciò fu che la lunghezza dell'articolo subì un raddoppio. Venni a conoscenza dopo la sua morte, nel 2001, che K. Kuroda era uno dei recensori. Nel 1994 pubblicai un altro articolo sui reattori nucleari a fissione nei pianeti nella rivista *Proceeding of the Royal Society of London* [44]. Adesso si prospettava un'altro aspetto dell'interno della Terra precedentemente non compreso e localizzato al centro del nucleo di Inge Lehmann (Fig.5–2).

Quando i magmi ad elevate temperature si raffreddano i minerali magnetici – esempio la magnetite – possono essere magnetizzati dal campo magnetico, e i granuli di magnetite si autorientano nella direzione del campo magnetico esistente in quel preciso momento della storia geologica. All'incirca la metà delle rocce sulla Terra di ogni età sono magnetizzate nella direzione opposta alla direzione del campo magnetico attuale. Misurando con magnetometri sensibilissimi i più minuscoli frammenti di minerali magnetizzati nelle rocce, gli scienziati hanno dimostrato che la direzione del campo magnetico aveva subito inversioni, il nord era diventato il sud e

viceversa e che questo era avvenuto molte volte nella storia geologica, a una media di circa 200,000 anni. L'ultima volta avvenne circa 700,000 anni fa.

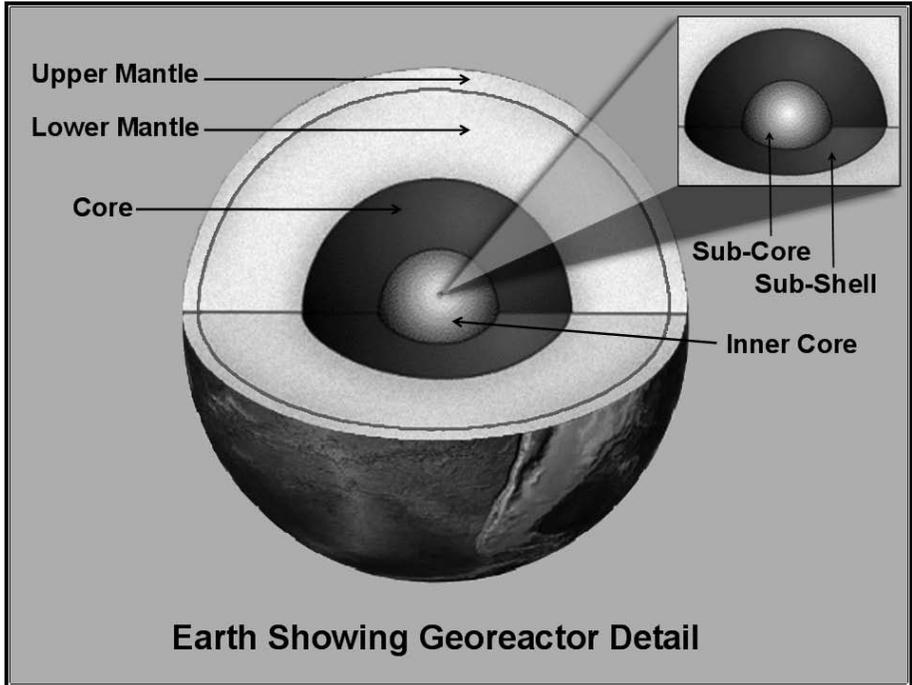


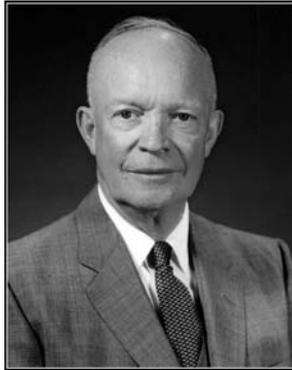
Fig.5-2 Dettagli del georeattore (ingrandimento del nucleo solido interno). Il nocciolo (*sub-core*) è il cuore del reattore e l'involucro esterno (*sub-shell*) è dove finiscono i prodotti di fissione tossici.

L'origine dell'energia che tutti hanno sempre invocato di azionare il campo magnetico può avvenire gradualmente e sempre in un'unica direzione, mentre l'energia prodotta dal decadimento radioattivo diminuisce nel tempo perché gli elementi radioattivi cambiano in altri non radioattivi. Se prendiamo il modello di Birch, la causa dell'inversione del campo magnetico non può essere attribuita a una sorgente di energia variabile e, per definizione, si ipotizza che l'inversione avvenga per instabilità meccanica generata dal campo magnetico.

Contrariamente a tale modello l'energia prodotta da una reazione nucleare a fissione al centro della Terra, o georeattore, può variare, e addirittura spegnersi e riprendersi. La variabilità nel georeattore può insorgere dalla composizione diversa del combustibile; per cambiamenti fisici nella posizione o dimensione del carburante; per i cambiamenti di pressione o temperatura; per l'accumulo di prodotti di fissione tossici e altro ancora. Ci si aspetta, inoltre, che con il reattore in funzione i prodotti della fissione meno densi migrino verso l'esterno, mentre l'uranio si concentra sul fondo. Per esempio, se tutto ad un tratto la velocità di formazione dei prodotti di fissione eccede la velocità di estrazione, la capacità di produzione del georeattore potrebbe diminuire e il georeattore fermarsi e riprendere dopo un periodo di tempo nel quale i prodotti di fissione tossici hanno avuto il tempo di migrare in zone a bassa densità e in modo spontaneo. Nel 1993 avevo suggerito che l'inversione di polarità del campo magnetico terrestre potesse essere riconducibile a queste variazioni di produzione energetica del georeattore [15].

Per certi aspetti è come guardare attraverso una nebbia densa, all'inizio sembra bianca e informe, poi gradualmente si intravedono i contorni delle strutture e infine appaiono i dettagli. Quando si scoprì il nucleo interno lo si immaginava un corpo unico. Nel 1996 pubblicai l'articolo *Substructure of the Inner Core of the Earth* nel *Proceeding of the National Academy of Science (USA)* [16] in cui descrivevo l'esistenza nel nucleo più interno di una centrale di uranio e un'altra esterna contenente i prodotti di fissione e i prodotti del decadimento come il piombo. In quell'articolo avevo osservato che la parte più esterna potesse essere di natura liquida o un liquame e commentai «L'incidenza dell'attività nucleare nella produzione del campo geomagnetico non dovrebbe essere sottovalutata». Queste erano le idee che mi frullavano già allora in testa, erano semi che sarebbero fioriti e dato i frutti dieci anni più tardi.

Dal momento che avevo cominciato a considerare il nucleo interno diversamente da come era stato presentato da Francis Birch, mi trovai davanti un muro di silenzi della comunità scientifica, come se il mio lavoro non fosse esistito. Se la mia ricerca avesse contenuto errori sono convinto che sarebbe stata rifiutata con piacere, ma non lo fu perché i risultati avevano solide basi scientifiche. Dopo aver iniziato a pubblicare articoli in cui descrivevo la possibilità che al centro dei pianeti ci potessero essere dei reattori nucleari naturali fu tutto un 'dèjà vu'. Ma questa volta anche peggio.



Dwight D. Eisenhower (1890-1969)

Nel 1961, nel congedarsi da Presidente degli Stati Uniti d'America, Dwight D. Eisenhower (1890-1969) rimase famoso per i suoi avvertimenti sui pericoli dell'industria militare, e sottolineò anche le influenze negative che la scienza aveva adottato nella distribuzione dei fondi Federali.

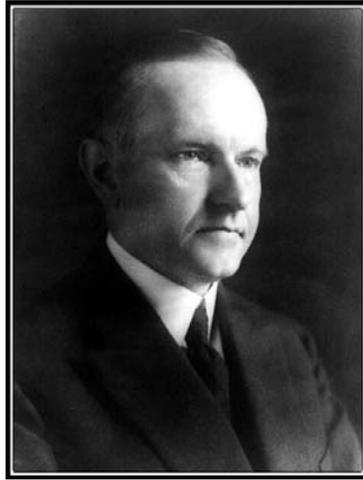
«Ai nostri giorni l'inventore solitario che si arrabatta nel suo sgabuzzino è stato sostituito da una 'task force' di scienziati in laboratori e aree di collaudo. Allo stesso modo un'università libera, storicamente portatrice di idee e scoperte, ha rivoluzionato il modo di fare ricerca, in parte per gli enormi costi che necessitano – un contratto con il governo diventa virtualmente il modo con il quale soddisfare la curiosità intellettuale...La prospettiva di poter controllare la ricerca usando fondi Federali, l'assegnazione dei fondi e il potere che il denaro porta con se, devono essere tenuti in seria considerazione.»

Guardare al futuro è sempre difficile. Ma il Presidente Eisenhower aveva intravisto il problema che si stava delineando nelle istituzioni. Sul finire degli anni novanta percepii ancora di più l'ostilità dell'università e dalle organizzazioni amministrative universitarie. Se la gente era intimidita dalle mie scoperte e dalle mie idee dall'altra si augurava che sparissi, non sapevano però le altre sorprese che li aspettava e il mio piacere doveva ancora arrivare. C'è molto di più nella storia della fissione nucleare da raccontare, come sulle conseguenze del modello che si prospettava, e diverso da quello di Francis Birch.

Molti trattano la ricerca attraverso la logica dell'amministratore. Terminato un obiettivo si passa al successivo, che può condurre a risultati insignificanti o perdere l'opportunità di fare nuove scoperte. Mi sono già espresso sul metodo da adottare per fare ricerca, che è l'opposto del metodo scientifico generalmente usato. Ve lo ripeto. Si deve anzitutto riflettere, anche se viene percepito come una cosa noiosa, sforzandoci di mettere insieme osservazioni apparentemente senza particolari relazioni, in una sequenza che evidenzi la logica in modo da far emergere nuovi ragionamenti, verificandoli attraverso esperimenti o considerazioni teoriche. Madre Natura è misteriosa e ama i suoi segreti, e ci vuole perseveranza e duro lavoro per carpirglieli. J.Cavin Coolidge (1872-1933), Presidente degli Stati Uniti d'America, dava molta rilevanza al valore della perseveranza:

«Niente al mondo può prendere il posto della perseveranza. Il talento da solo non basta, e niente è più comune di uomini di talento senza perseveranza; non basta la genialità e il genio incompreso – è quasi un proverbio; ne basta la scuola perché il mondo è pieno di studenti abbandonati a se stessi. Si può sostenere che perseveranza e determinazione sono caratteri onnipotenti. Il detto 'vai sempre avanti' ha risolto e sempre

risolverà i problemi della razza umana». E aggiungo io, anche molti problemi scientifici.



J. Calvin Coolidge (1872-1933)

In aggiunta alla perseveranza, si deve avere una mente aperta ed essere privo di arroganza – ho già ricordato che da due decenni i planetologi pensavano di aver considerato tutte le possibilità di una sorgente di energia su Giove, invece di interrogarsi se ce ne fosse qualcun'altra. Se qualcuno mi dice che ci sono 'N' modi per fare una cosa, mi viene il sospetto che ce ne possano essere 'N+1', dove '1' sta per qualcosa non ancora immaginato perché ritenuto impossibile.

Dopo aver pubblicato il primo articolo sui reattori nucleari a fissione di natura planetaria, invece di accantonare l'idea ho continuato a pensare cosa potevo inventarmi per far avanzare l'idea. Questo mi portò a interessarmi alla tecnologia dei reattori che mi aprì le porte a nuove scoperte.

La teoria sui reattori nucleari di Fermi è elegante nella sua semplicità e potente quando si tratta di utilizzarla, specialmente ha la qualità di mostrare se un reattore nucleare può sostenere una reazione nucleare a catena. È un approccio molto semplice a un processo enormemente complesso, che

lascia in sospeso molte domande alle quali ingegneri e fisici che valutano i rischi nucleari sulla salute e gli specialisti di smaltimento di scorie nucleari vorrebbero poter rispondere. Per capire la complessità del problema consideriamo che un neutrone divida un atomo di uranio in due parti. Ma esattamente quale delle due? Ci sono circa mille possibilità, in maggioranza radioattive, che decadono a diversa velocità in altrettante specie e che a loro volta possono essere o no radioattive. Questo è un aspetto della complessità che può diventare ancora molto più complessa.

Dopo la scoperta della fissione nucleare furono evidenti le preoccupazioni che tale scoperta poneva da un punto di vista militare, commerciale e di sicurezza nazionale. La conseguenza fu che grandi somme di denaro furono investite per capire e precisare i processi di fissione. Scienziati e ingegneri nucleari avevano lavorato, negli anni '60, all'Oak Ridge National Laboratory, al perfezionamento di programmi informatici capaci di simulare operazioni molto complesse, con differenti tipi di reattori nucleari. Questi programmi sono stati verificati confrontando i risultati con dati prodotti da reattori nucleari in funzione. Un giorno ho telefonato all'Oak Ridge National Laboratory e sono stato messo in contatto con Daniel F. Hollenbach, un ingegnere nucleare che lavora a programmi di simulazione numerica. Dopo molte conversazioni avuto in un lasso di tempo, Hollenbach si rese disponibile a modificare il programma da usare per simulare le operazioni del georeattore – voglio sottolineare che sia Hollenbach che l'Oak Ridge National Laboratory hanno accettato senza un finanziamento il progetto, e questo la dice lunga sulla qualità dell'uomo e su quella della sua stessa istituzione.

La simulazione di un reattore nucleare a fissione a scala planetaria non è molto diversa dal simulare un reattore nucleare commerciale o militare in funzione. Invece di utilizzare il parametro tempo in giorni o anni, per il georeattore sono stati utilizzati i miliardi di anni, e sebbene la simulazione

poteva essere fatta con prodotti di fissione in modalità normale di funzionamento, il programma informatico ha dovuto essere 'ingannato' perché i prodotti della fissione venissero immediatamente rimossi. I risultati della simulazione furono talmente importanti da rendere inutile qualsiasi tentativo dei geofisici di non pubblicare l'articolo.

L'articolo, *Deep-Earth Reactor: Nuclear Fission, Helium and the Geomagnetic Field*, scritto con Hollebach, fu inviato alla rivista *Geophysical Journal International*, creata dall'unificazione della rivista inglese *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* e la francese *Geophysique*. Prima di inviarlo l'articolo fu sottoposto a una severissima revisione interna all'Oak Ridge National Laboratory. Poiché l'articolo aveva delle serie implicazioni sullo stato dell'arte in fatto di reattori nucleari scegliemmo di inviarlo all'Editor francese della rivista – la Francia è nota in tutto il mondo per le conoscenze avanzate sui reattori nucleari e ci sembrava una buona scelta avere dei revisori tecnicamente competenti.

Normalmente quando si invia un manoscritto a una rivista scientifica risponde con una lettera o una email, in cui si viene informati della sua ricezione e assegnato un numero di riferimento. Passarono settimane senza risposta. Inviammo il manoscritto all'Editor francese in persona e non ricevemmo un riscontro. Decidemmo allora di telefonare e lasciammo un messaggio a un suo collega. Ancora una volta nessuna risposta. A quel punto contattammo la sede della rivista a Londra e ci fu spiegato che l'articolo non era stato registrato. Forse l'Editor francese avrà pensato che avremmo lasciato perdere e che l'articolo non avrebbe avuto un seguito. Ma sollecitato dalla sede di Londra, l'Editor francese trovò i revisori che, coperti dall'anonimato, fecero un tale numero di commenti negativi che permisero all'Editor di rifiutare l'articolo. Dai commenti che ricevemmo sembrava di capire che i revisori non avessero le competenze sulla tecnologia dei reattori nucleari. Mi chiedo cosa avrebbe dovuto fare un revisore scientificamente

onesto: commentare l'unicità, la rilevanza e l'importanza del contributo e se c'erano errori avrebbe dovuto indicarli in modo conciso.

Dopo aver saputo quanto accaduto Hatten S.Yoder Jr. (1921-2003), Direttore Emeritus del Carnegie Institution of Washington's Geophysical Laboratory e un eminente petrologo, si offrì di pubblicare lo stesso articolo sulla rivista *Proceedings of the National Academy of Science (USA)*. Si assicurò revisori qualificati e pubblicato nel 2001 [45]. Cosa c'era nell'articolo da creare un atteggiamento antiprofessionale e anti-scientifico dell'Editor francese?

I risultati della simulazione numerica descritta nell'articolo dimostravano che il georeattore era un reattore del tipo 'breeder' e che avrebbe potuto funzionare per tutto il tempo di esistenza della Terra, producendo energia a un livello simile a quello necessario a generare il campo geomagnetico. È interessante notare che quel particolare valore di energia era uscito proprio dai conteggi simulati, e per conservare un minimo di obiettività non abbiamo guardato alle stime del 'valore accettabile' di energia necessaria al campo magnetico, se non dopo aver completato la simulazione.

Per la simulazione numerica uno dei parametri inseriti fu la quantità d'uranio che, in modo molto conservativo, abbiamo dedotto basandoci sull'ipotesi che 82% dell'interno della Terra avesse una composizione vicina alla condrite a enstatite di Abee, e un altro parametro fu il livello costante di energia a cui i calcoli sarebbero stati eseguiti. C'è una relazione tra i due parametri, per una quantità di uranio iniziale il livello energetico determina quanto a lungo il reattore funzionerà prima di esaurire il carburante. Un livello energetico troppo alto conduce a esaurire il carburante prima che siano trascorsi 4.5 miliardi di anni e un livello energetico troppo basso il georeattore non riuscirebbe a sostenersi fino ai nostri giorni. Tra i due estremi – come abbiamo dimostrato – c'è un intervallo di livelli energetici

uguali a quelli ipotizzati necessari ad azionare il campo geomagnetico e sufficienti a far funzionare il georeattore dall'inizio (4.5 miliardi di anni) fino ai giorni nostri (Fig.5-3).

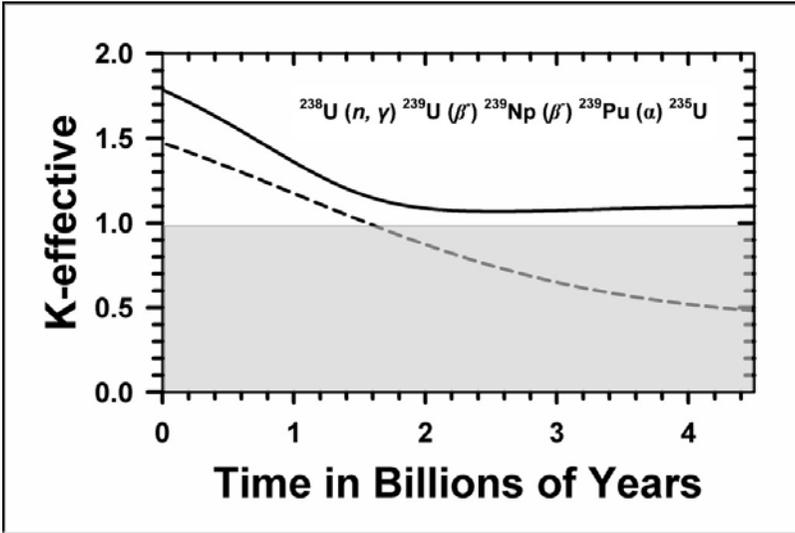


Fig.5-3 Dalla teoria del reattore nucleare di Fermi. Schema: il valore K-effettivo misura se una reazione nucleare è sostenibile. Il valore limite per continuare la reazione nucleare a catena è $K\text{-effettivo} \geq 1$, con valori ≤ 1 la reazione non è sostenibile. La linea continua indica i valori simulati per un reattore nucleare del tipo 'breeding' e mostra che il georeattore di questo tipo può operare per l'intera vita della Terra; la linea spezzata indica come riferimento quella di un reattore nucleare non del tipo 'breeding'.

Per la simulazione abbiamo stimato una potenza in uscita dal georeattore di 3 e di 4 terawatt (TW) – 1TW = 1 milione di megawatt = 10^{12} Joule/s – abbastanza da alimentare da 60 a 80 volte l'energia elettrica di una città come Tokyo. Per il valore conservativo di uranio usato, la potenza poteva arrivare a 10TW. La domanda che ci si dovrebbe porre è se quell'energia possa essere utilizzata a beneficio dell'umanità. La risposta è negativa. Non c'è tecnologia capace di portare quell'energia in superficie –

ricordo che la massima profondità raggiunta dall'uomo con le perforazioni è di circa 12km, un'inezia a confronto dei 6,357km necessari a raggiungere il georeattore. Tuttavia c'è una buona ragione per pensare che quell'energia porti benefici all'umanità in un altro modo: il campo magnetico ci protegge deflettendo i venti solari intorno alla Terra e oltre.

C'è una sostanziale differenza tra lo scienziato vero e chi non lo è. Quello vero è contento di vedere la scienza progredire, anche se rende le cose che si conoscevano non valide, ed è nella natura delle cose gioire quando si aprono nuovi orizzonti alla conoscenza. Lo è per me. I calcoli del georeattore – utilizzando la teoria di Fermi sui reattori nucleari – non permettevano di avere informazioni sulla quantità e sul tipo di prodotti fissionabili. Attraverso la simulazione numerica questo è stato fatto, aprendo la porta a nuove prospettive.

Alla fine degli anni '60 e nel momento in cui gli astronomi scoprivano l'energia interna prodotta da Giove, gli oceanografi avevano scoperto tracce di elio nei basalti oceanici e nelle lave fuoriuscite dalle dorsali oceaniche e dai vulcani sottomarini che formano le isole Hawaii e l'Islanda. L'aspetto strano non era la presenza dell'elio, ma la sua composizione isotopica. L'elio ha due protoni; i suoi isotopi ^3He e ^4He hanno rispettivamente uno e due neutroni in più. Gli oceanografi e i geofisici avevano notato che la proporzione relativa di ^3He nei basalti oceanici era molto più alta che nel ^3He dell'atmosfera terrestre. Detto diversamente, $^3\text{He}/^4\text{He}$ era più alto nei basalti che nell'atmosfera. Perché colpisce tanto la stranezza? Gli elementi radioattivi come uranio e torio, quando decadono emettono particelle alfa. La particella alfa è composta da due protoni e due neutroni che captando due elettroni generano ^4He . Se all'interno della Terra ci fosse stato unicamente ^4He nessuno si sarebbe scomposto, invece c'era ^3He e non si conoscevano meccanismi interni alla Terra in grado di produrlo. La scoperta sorprese un po' tutti. Inoltre, essendo il rapporto di $^3\text{He}/^4\text{He}$ più alto nelle

lave oceaniche che nell'atmosfera escludeva la possibile di contaminazione dall'aria. Come spiegarlo?

Nel cercare una spiegazione i geofisici pensarono che ^3He potesse essere di natura primordiale e rimasto intrappolato al momento della formazione della Terra. Ma i rapporti $^3\text{He}/^4\text{He}$ misurati nelle meteoriti erano esageratamente alti, e ricorsero all'ipotesi che l'elio primordiale sulla Terra si era concentrato rispetto ad ^4He prodotto dal decadimento radioattivo. Questa falsa idea si è trascinata per quasi trenta anni. Poi si è introdotto un'altra ipotesi, che ^3He fosse stato introdotto dalla caduta di polvere cosmica [46] e introducendo una seconda ipotesi che la caduta di polvere fosse in passato maggiore e il gas fosse stato trasportato dalla 'subduzione' all'interno della Terra. Adesso però c'è il georeattore con i suoi calcoli usciti dalla simulazione numerica.

La fissione nucleare, la divisione di un atomo, evoca l'immagine di un atomo di uranio che si divide in due frammenti pesanti. Questo è il caso più comune e viene chiamata fissione binaria. Per mille eventi di fissione binaria c'è un evento di fissione ternaria, l'uranio si divide in tre frammenti, due pesanti e uno leggero. Uno degli idrogeni radioattivi, il trizio (^3H), è un importante prodotto della fissione ternaria. ^3H -beta ha un tempo di dimezzamento di 12,3 anni e decade in ^3He . L'articolo del 2001 mostrava dai calcoli che il georeattore produceva elio nello stesso rapporto $^3\text{He}/^4\text{He}$ misurato nei basalti oceanici. L'elio nei basalti oceanici è l'evidenza di un georeattore nucleare al centro della Terra. Questa è stata la prima dimostrazione che l'elio delle profondità terrestri era uno dei prodotti del georeattore, e un'analisi più precisa è stata fatta due anni più tardi.

Forse molti ricordano negli anni '60 Rod Serling negli episodi della fiction scientifica televisiva dal titolo 'The Twilight Zone', in cui il protagonista si trova trasportato in circostanze strane e surreali in un posto

dove la realtà delle cose non esiste. Ho attraversato quasi trenta anni di ricerca scientifica e per certi versi la mia vita di scienziato ricalca una storia simile all'episodio di 'The Twilight Zone'.

Dal momento in cui ho iniziato a lavorare come scienziato, alla U.S. National Science Foundation si praticava da venti anni la 'revisione anonima', che ha dato e continua a dare uno sleale vantaggio ai perfidi, e ha istituzionalizzato un modo di pensare orientato al consenso ogni qualvolta si chiedono dei finanziamenti. La sindrome del 'pubblica o muori', fomentata da amministratori dell'università affamati di finanziamenti, ha condotto a volgarizzare la scienza, spingendola a costruire dei modelli arbitrari basati sulle ipotesi e impedito di fare della vera scienza. Nessuno però sembra preoccuparsi delle montagne di denaro pubblico sperperate in questo modo. Come scienziato ho l'impressione di partecipare a un episodio di 'The Twilight Zone' che si rivolge a un pubblico istituzionale silenzioso che continua imperterrito a produrre non-scienza, rifiutando di riconoscere le mie pubblicazioni, senza provare minimamente a contraddire la scientificità delle mie affermazioni. È come se ciò che ho pubblicato non fosse mai esistito. Con l'articolo del 2001 qualcosa fuori dall'ordinario accadde.

I giornalisti scientifici leggono regolarmente la letteratura scientifica per cercare idee interessanti, e penso che si informino attraverso i suggerimenti di altri scienziati prima di investire tempo in una storia da pubblicare. Brad Lemley – un redattore di Discover Magazine – vide l'articolo del 2001. Prima di contattare i membri del governo che finanziano la ricerca scientifica decise di informarsi sugli autori e su quello che era stato pubblicato. Lemley si rese conto di avere per le mani qualcosa di più di una storia, e quella raccontata da Lemley apparve come articolo principale su Discover Magazine di Agosto 2002.

La gente comune e gli scienziati appresero la notizia. Ci fu interesse a tutti i livelli della società. Ci furono dibattiti sui media. Gli scienziati cominciarono a interessarsi al problema. K. R. Rao scrisse un articolo su *Current Science*, *Nuclear Reactor at the core of the Earth! – A solution to the riddles of relative abundances of helium isotopes and geomagnetic field variability* [47]. Walter Seifitz, un ingegnere nucleare svizzero verificò i calcoli del georeattore e discusse con altri scienziati nucleari le implicazioni [48]. Da parte mia ci furono interviste, inviti a presentazioni in America e in Europa. Comparvero articoli su giornali come, *The Washington Post*, *The San Francisco Chronicle*, *The Sunday Times of London*, *Die Welt*, *Neue Zürcher Zeitung*, *The Deccan Herald* e altri, e dirette televisive al *Paul Harvey News and Comments*. Ci furono articoli su *Science & View*, *Newton*, *Sciences & Avenir*, *New Scientist* e altri ancora. Ma due giornali in particolare mostrano come la notizia interessasse la gente comune: il *Japan Weekly Playboy* propose un lungo articolo corredato da vignette, simbologie sportive e foto di bellissime ragazze. Ero a Karlsruhe, in Germania, per la Christmas Lecture 2004, alla European Commission's Institute for Transuranium Elements, e trovai tra le notizie dell'Hör Zu, a disposizione nella mia stanza d'albergo, un articolo sul georeattore e gli orari in cui sarebbe andato in onda tutta la storia su un programma televisivo tedesco.

Fu subito chiara una cosa: la gente voleva sapere del mondo in cui viveva e di tutto quello di cui si dibatteva, un sentimento che dovrebbe essere normale per chi fa della scienza la propria vita. Molti sconosciuti cominciarono a porsi delle domande che invece avrebbero dovuto porsi gli scienziati. Per esempio, c'è stato un economista ambientale equadoregno che mi domandava se pensassi che El Niño potesse avere in qualche modo una relazione con le variazioni di rendimento del georeattore. In una lettera a *Discover Magazine*, un altro si interrogava se il rilevamento di antineutrini prodotti dal decadimento radioattivo della fissione potesse mai verificare

l'esistenza del georeattore. A quel tempo ero scettico, anche se in modo eccessivo lo ammetto.

Un'email che ricevetti era di una stagista del Bell Laboratories, la quale aveva deciso di presentare nell'ora di pranzo un seminario sul georeattore. Fui felice di rispondere alle domande che poneva e promise che mi avrebbe informato sull'andamento del seminario. Il seminario andò bene e mi raccontò che qualcuno aveva espresso l'idea di voler scrivere un articolo in cui proponeva delle relazioni con il georeattore, ma non aggiunse altro.

Sembra che nella quotidianità umana e qualche volta nella scienza arriva un momento in cui eventi apparentemente isolati o in particolari circostanze si uniscono in modo tale che tutti poi ne possano beneficiare. Questa convergenza di circostanze ed eventi sembra quasi 'magica', come sembra nel caso degli antineutrini. Neutrini e antineutrini sono particelle elementari, dei quali si pensa abbiano una massa così minuscola da sfuggire a qualsiasi rilevamento, di viaggiare a una velocità vicino a quella della luce e di subire pochissime interazioni con la materia, al punto da poter attraversare la Terra quasi indenni.

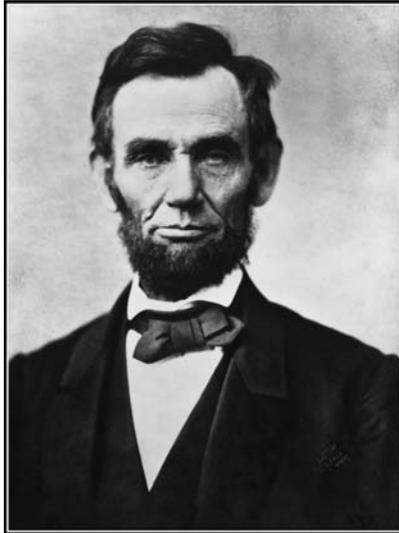
Già negli anni '30 l'impressione era che l'energia prodotta durante il decadimento radioattivo beta sparisse misteriosamente. In altre parole non c'era più bilanciamento energetico. Per preservare il principio che niente si può creare o distruggere fu proposta l'esistenza di una particella 'invisibile' e responsabile di allontanare l'energia senza essere vista. Nel 1956, queste particelle 'invisibili', gli antineutrini, furono finalmente scoperte sperimentalmente [49, 50]. Successivamente si scoprirono i neutrini provenienti dal sole [51], da una supernova [52,53], e gli antineutrini prodotti dai reattori nucleari a fissione [54], che messi in relazione al fatto di cambiare apparentemente da una forma all'altra è diventato un campo di grande interesse per la fisica. Non sorprende che R.S. Raghavan, esperto di

neutrini al Bell Laboratories, dopo aver saputo durante il seminario nell'ora di pranzo del georeattore, scrisse un articolo *Detecting a Nuclear Fission Reactor at the Center of the Earth* [55].

Agli inizi degli anni 1960 si era già sviluppata una discussione sugli antineutrini prodotti durante il decadimento degli elementi radioattivi sulla Terra [56,57]. Nel 1998 Raghavan si impegnò molto a dimostrare la fattibilità di registrare gli antineutrini [58]. L'articolo di Raghavan [55], archiviato su Internet (arXiv.org) nella sezione fisica, ha stimolato l'interesse di gruppi di ricerca della Russia, dell'Italia e dell'Olanda, i primi ad aver intuito la possibilità di rilevare l'antineutrino prodotto dal georeattore [59-61] e condurre la ricerca su concetti tecnologici innovativi [62-69]. Gli scienziati russi ne hanno sottolineato l'importanza nell'articolo 'L'idea di Herndon sul georeattore al centro della Terra, se confermato, aprirà una nuova era alla fisica dei pianeti' [60].

Per un breve tempo sembrava come se la scienza funzionasse come dovrebbe. Aperta a nuove idee, a dibattiti, discussioni, e con la voglia di provare a verificarle. Fu tutto un fuoco di paglia, perché si affacciò la scienza barbara. Un scienziato europeo mi raccontò che Raghavan gli aveva detto che il suo articolo era stato respinto da due riviste, una delle quali, *Physical Review Letters*, perché – lo racconto parafrasando – uno o più dei revisori aveva obiettato sul mio concetto di georeattore. Agli europei il messaggio fu subito chiaro 'cita Herndon e il tuo articolo rischia di non vedere la luce'. Se questi anonimi revisori fossero citati in giudizio dal Dipartimento della Giustizia degli Stati Uniti, penso che avrebbero il coraggio malvagio di dichiarare il falso a membri della facoltà, a chi eroga i finanziamenti del governo, e alla stessa università a cui appartengono. Dato che pago le tasse voglio affermare che c'è qualcosa di sbagliato in un'istituzione che, da una parte, accetta denaro per fare ricerca scientifica e

dall'altra agisce per sopprimerla. È ciò che succede nelle università americane ogni giorno.



Abraham Lincoln (1809-1865)

Invitato a parlare alla Young Men's Lyceum of Springfield, Illinois, il Presidente, Abraham Lincoln (1809-1865) dichiarò nel 1838:

«In quale punto dobbiamo aspettarci l'avvicinarsi del pericolo? Io rispondo: se mai arriverà, arriverà da noi stessi e non da fuori. Se la distruzione deve essere la nostra partita, dobbiamo iniziarla e finirla»

Oltre un secolo più tardi Dwight D. Eisenhower ripeté questo presentimento: «Solo gli americani possono danneggiare l'America». Per più di mezzo secolo il sistema di revisione scientifica voluto dal National Science Foundation (NSF) ha fatto ciò che nessuna potenza straniera o organizzazione terroristica può fare: indebolire lentamente e impercettibilmente la capacità scientifica americana e portare la nazione a un livello scientifico e un sistema educativo improprio, corrompendo individui e istituzioni, premiando i più perfidi e le istituzioni che servono, soffocando la creatività scientifica e infettando l'intera comunità attraverso una pratica

antiscientifica, basata su una visione abnorme del comportamento umano che autorizza e incoraggia a scrivere in segreto tutto quello che vogliono senza nessuna assunzione di responsabilità.

La scienza è verità e ragione, e il suo obbiettivo è di scoprire la natura della Terra e dell'Universo e trasmettere a tutti e dappertutto la vera scienza. Questo dovrebbe essere l'etica dello scienziato, non quello di una scienza barbara.

Gli antineutrini possono attraversare la Terra senza lasciare traccia, e sebbene prodotti in quantità sono difficilmente intercettabili. Intercettarli è la sfida del futuro. Ci vogliono strumenti sensibili per rilevarli. La fisica del neutrino e dell'antineutrino è in questo momento un'area di ricerca piena di aspettative e un campo in cui fare grandi scoperte. Ci sono gruppi nel mondo con sistemi di rilevamento in fase di sviluppo. In questo il consorzio US-Japan – noto con l'acronimo KamLAND – è tecnologicamente tra più avanzati.

A Luglio 2005, in un articolo pubblicato su Nature, il KamLAND riportava la prima intercettazione di antineutrino proveniente dall'interno della Terra [70]. Cosa diceva e cosa avrebbe dovuto dire l'articolo, impone una spiegazione. Detto in modo semplice l'articolo avrebbe dovuto scrivere: «In poco più di due anni di raccolta dei dati, gli 'eventi rilevati' sono stati 152. Dopo aver sottratto dal fondo regionale gli eventi attribuibili ai reattori nucleari commerciali e dopo le dovute correzioni da contaminazioni, soltanto 20-25 degli 'eventi' sono attribuibili provenienti dall'interno della Terra. È impossibile entro i limiti della sperimentazione accertare la proporzione di antineutrini che possono aver avuto origine dal decadimento di uranio e torio o dalla produzione di un georeattore nucleare a fissione posizionato al centro della Terra». I 187 autori del KamLAND imbroglarono la scienza ignorando intenzionalmente che gli antineutrini

potessero avere un'origine dal georeattore. Per quanto riguarda le misure globali di radioattività fu citato Raghavan [58]. Nessun cenno all'articolo *Detecting a Nuclear Fission Reactor at the Center of the Earth* del 2002 [55], come nessun'altra referenza sul georeattore.

Nel discutere la produzione di energia proveniente dal decadimento radioattivo, il travisamento del KamLAND fu in News & Views – articolo della redazione della rivista Nature che accompagna le scoperte scientifiche – sostituito da questa frase:

«Il calore in eccesso deve provenire da altre contribuzioni potenziali quali: la segregazione nel nucleo, la cristallizzazione al suo interno, l'energia di accrescimento o da radionuclidi estinti, per esempio l'energia gravitazionale prodotta dall'accumulo di metalli al centro della Terra convertita in energia termica e dall'energia prodotta dagli impatti durante la fase iniziale di formazione della Terra».

Nessun riferimento alla produzione di calore dal georeattore ma che afferma «deve provenire da altre contribuzioni potenziali». Frase che immagino abbia solide basi scientifiche.

Da che parte sta il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti (DOE) che sponsorizza i travisamenti del KamLAND? Il Direttore del DOE per nome del Segretario del DOE, scrive:

«La seguente clausola di non responsabilità è implicita per tutte le pubblicazioni scientifiche sponsorizzate dal Dipartimento... Né il Governo degli Stati Uniti o alcuna delle sue agenzie, né qualcuno dei suoi dipendenti può dare garanzia, espressa o implicita, o può essere oggetto di responsabilità legali o responsabilità sull'accuratezza, completezza o utilità di qualsiasi informazione, apparecchio, prodotto o processo scoperto...».

Accidenti, e pensare che questa clausola viene dall'Agenzia responsabile per la sicurezza dell'intero inventario di materiale nucleare e scorie radioattive degli Stati Uniti.

L'individuazione di un geo-antineutrino da parte del consorzio KamLAND avrebbe dovuto essere per il Giappone un giorno da celebrare e non di cui vergognarsi. Kazuo Kuroda (Paul K.Kuroda) era nato in Giappone e aveva dimostrato la possibilità che in natura potevano avvenire reazioni nucleari di fissione, e avevo pubblicato nella rivista giapponese *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* l'articolo fondamentale sul georeattore, *Feasibility of a Nuclear Fission Reactor at the Center of the Earth as the Energy Source for the Geomagnetic Field* [15]. Invece di mettere a confronto idee nuove e contraddittorie, la scianza barbara americana, che ha un lungo e documentato primato di ignorare il confronto, e tener fede al credo di sopprimere possibili contraddizioni. Annunciando di aver rilevato il geo-antineutrino, gli scienziati giapponesi del KamLAND, invece di manifestare integrità scientifica hanno voluto seguire un comportamento di scienza barbara, e nel farlo hanno disonorato loro e il Giappone. In fondo dovevano solo formulare una frase opportuna, e aggiungere una referenza che facesse giustizia.

Scienza vuol dire ricerca della verità non travisamento e inganno. C'erano 87 autori dell'articolo sul geo-antineutrino, molti provenivano da prestigiose università e alcuni cresciuti come fisici nucleari. Se volevano contraddire il mio lavoro sul georeattore – ma ne dubito – avrebbero dovuto rispondere ai miei articoli pubblicamente, altrimenti quello sul georeattore andava referenziato. Il KamLAND in questo modo non ha soltanto preso in giro il mondo intero, ma ha dato prova che sarà difficile in futuro credere ai loro esperimenti, ed è pure riuscito nell'impresa di documentare il comportamento arrivista e anti-scientifico delle maggiori

università, finanziate dal Governo degli Stati Uniti. Penso che sarebbe stato anche il momento per manifestare solidarietà a quel manipolo di scienziati che credono nell'onestà intellettuale e non hanno mai avuto paura di schierarsi [62,63,65-69,72,73].

VI. UN DIVERSO GEOMAGNETE

Immaginiamo che nelle notti stellate il nero-porpora del cielo diventi un ricordo, sparito per sempre. Al suo posto assistiamo a un cambiare continuo di splendidi scenari pirotecnici che conferiscono al cielo un aspetto abbagliante e arroventato da fiamme, retro-illuminando l'umanità sottostante presa da sconforto e paura. Questo è lo scenario apocalittico che potrebbe accadere all'umanità, causato da ondate di particelle elettriche che abbattendosi in continuazione eccitano la luminescenza dei gas dell'atmosfera portando devastazione e rovina.

Nelle moderne fiction scientifiche ogniqualvolta si avvicina alla nave spaziale un pericolo si sente il capitano ordinare «Inserite energia nello scudo deflettore». Lo scudo deflettore è una trovata delle fiction. Lo scudo geomagnetico che avvolge la Terra è il nostro deflettore naturale, senza di lui la vita sulla Terra sarebbe diversa sembra.

L'umanità è venuta alla luce sotto i caldi e carezzevoli raggi del Sole. Lontano e non raggiungibile infuria un attacco. Il Sole – solo in apparenza bonario – ci bombarda silenziosamente con qualcosa di più serio dei raggi solari. È un plasma ionizzato, elettricamente conduttivo, con temperature di 1000° Celsius e una velocità di circa 1,6 km/ora, e noto come vento solare. Il campo geomagnetico devia la forza del vento intorno e lontano dal pianeta proteggendoci dal suo attacco furioso. Questo scudo è vicino al collasso, o meglio ci sta abbandonando.

In passato – quando era per così dire tutto normale – le tempeste solari causavano occasionalmente brevi ma intense esplosioni di plasma, che prendevano momentaneamente il sopravvento sul campo geomagnetico. Gli

effetti, originariamente brevi, erano sufficienti a darci un anticipo di quello che ci aspetta con il collasso del campo geomagnetico. Le tempeste solari asportano dal Sole porzioni di plasma iniettandole nell'alta atmosfera terrestre causando a latitudini polari scenari pittoreschi che vanno sotto il nome di aurore boreali al nord e aurore australi al sud.

Agli inizi nessuno prese seriamente questi eventi se non per sottolineare l'aspetto abbagliante delle aurore. Dopo, il fenomeno aumentò di intensità. Spettacolari esibizioni multicolore accesero il cielo di notte fino ai tropici. Poteva essere bello da guardare – uno sfondo romantico a scala e grandezza mai vissuti prima dall'esperienza umana – se non fosse per le devastazioni che l'accompagnano e la potenzialità di distruggere la nostra civiltà.

Vasti segmenti di popolazione sono tuttora senza elettricità. Il crescente bisogno di energia elettrica, sempre di più usata per illuminare città e paesi, agirebbe da generatore incontrollato al passaggio di flussi elettrici scatenati dal vento solare, inducendo sulle linee elettriche esplosioni di corrente che manderebbero in corto circuito e distruggerebbero gli elementi essenziali di funzionamento delle reti elettriche. La stessa fine la farebbero gli impianti elettrici di corrente, gas e petrolio. Le cariche elettriche costruite per raggiungere i punti di alta potenzialità porrebbero rischi di folgorazione e incendio. I satelliti cesserebbero di funzionare perché la componentistica elettronica andrebbe in fumo per le esplosioni di plasma e seguiremmo impotenti alla distruzione dei sistemi di navigazione e di telecomunicazioni. L'intera infrastruttura eretta dall'uomo si disintegrerebbe.

Sotto la generale magnificenza delle splendide aurore notturne, l'umanità si affollerebbe nel terrore. La percezione orribile dell'imminente fame, pestilenza e malattie sarebbero fatti reali e minacciosi. È quello che ci attende mentre la nostra civiltà andrebbe in fumo. All'orrore se ne aggiungerebbe un altro: non sapere cosa causerà il bombardamento da

plasma sull'umanità e chi verrà dopo. Se ci sarà mai un dopo. La domanda che tutti si faranno sarà «Perché ci hanno detto le cose in ritardo?»

È questa l'apocalittica visione del nostro futuro? È qualcosa di ragionevolmente corretto e basato su dati scientifici o dobbiamo immaginarlo un film, una fiction? La risposta è tutte due le cose. Questo scenario non è la scienza che imita l'arte o viceversa, ma uno di quei rari esempi dove la fantasia e i fatti si sovrappongono, come lo è stato il sottomarino nucleare di Giulio Verne o la radio al polso di Dick Tracy. Quello che segue è una bellissima avventura lungo la strada delle scoperte.

Dopo l'uscita di Discover Magazine, ad Agosto 2002, in cui si raccontava la ricerca sul georeattore, vidi l'anteprima di un film della Paramount Picture che sarebbe dovuto uscire più tardi con il titolo, The Core. La trama era intrecciata sull'ipotesi fantascientifica che presentandosi nel nucleo terrestre un mal funzionamento, i protagonisti del film dovevano provare ad aggiustarlo salvando l'umanità. Pensai fosse interessante contattare il regista Jon Amiel. Dopotutto avevamo un interesse comune.

Prima però parlai con l'assistente alla regia del film, il quale mi assicurò che Jon Amiel conosceva l'articolo di Discover Magazine e che mi avrebbe fatto chiamare dal regista nel pomeriggio. Cosa che puntualmente avvenne. Sebbene non avesse una preparazione scientifica particolare, Amiel dimostrò di conoscere il pianeta Terra e come funziona. Dopo seguirono altre telefonate e un invito a pranzo a Hollywood con il produttore David Foster. L'incontro con il regista avvenne quando il film era quasi terminato. Così, né la parte scientifica né la parte di fiction hanno subito una qualche mia influenza. Per una serie di circostanze l'uscita del film nelle sale cinematografiche avvenne il 20 Marzo 2003, tre settimane dopo l'uscita della mia ultima pubblicazione [133]. Una coincidenza tra scienza e fiction.

Quando vidi per la prima volta l'anteprima del film la Prima doveva aver luogo a Novembre 2002. Dopo fu ritardata al 20 Marzo 2003. Quando parlai per la prima volta con Jon Amiel, l'Oak Ridge National Laboratory aveva consentito a fare tre nuove simulazioni numeriche del georeattore per estrarre con più precisione i prodotti di fissione dell'elio. L'articolo, che avevo terminato di scrivere a fine Novembre 2002, era pronto ad essere inviato alla rivista *Proceeding of the National Academy of Science* attraverso la normale procedura di revisione. Hatten S.Yoder, Jr. si offrì ancora una volta di presentarlo. Allora c'erano tre modi di pubblicare in quella rivista: (1) i membri della National Academy of Science (NAS) potevano farlo con due loro articoli ogni anno senza obbligo di passare attraverso la revisione, (2) un non-membro poteva farlo direttamente e l'Editore poteva negargli la pubblicazione anonimamente o inviare l'articolo a un revisore anonimo e (3) consisteva nel lasciare a uno dei membri il diritto di rinunciare a pubblicare uno dei due articoli e presentare in alternativa quello di un non-membro allegando all'articolo la revisione di terzi scelti da lui medesimo. Yoder scelse quest'ultima modalità.

L'articolo avrebbe dovuto essere pubblicato senza particolari opposizioni, dato che confermava e ampliava i risultati precedentemente pubblicati due anni prima dalla stessa rivista. Invece l'Editor in carica esercitò una sua opzione e lo inviò a tre revisori anonimi, i quali cercarono in ogni modo di non farlo pubblicare benché non fossero in grado di esercitare una critica scientificamente credibile. Risposi ai commenti. Ciononostante provarono a sopprimere l'articolo con critiche scientificamente inconsistenti. A questo punto era evidente che qualcosa di strano stava succedendo. Lo stesso Yoder se ne rese conto, e indagando scoprì che l'ufficio editoriale del NAS aveva inviato accidentalmente l'articolo, non ancora accettato, a un membro il cui lavoro scientifico veniva contraddetto dal mio – sufficiente a causare un conflitto di interessi. Bastò questo per convincere l'Editor, un biologo, che l'articolo doveva passare

un'ulteriore revisione e lo inviò ad altri membri del NAS. Quando l'Editor si rese conto di essere stato ingannato e che sull'articolo erano state fatte asserzioni con l'intento di nuocere lo accettò.

Se l'articolo non fosse stato oggetto di malversazioni sarebbe stato pubblicato molto tempo prima della proiezione del film della Paramount Picture e anche ignorato. Invece i due eventi uscirono in contemporanea, e i media furono felici di mettere in relazione la realtà scientifica con la fiction. Questo sollecitò l'attenzione del pubblico sul georeattore e le implicazioni che sollevava.

Il film inizia con strani eventi non apparentemente in relazione tra loro. A Boston i cardiopatici con pacemaker muoiono di colpo. A Londra i colombe non sono più in grado di orientarsi schiantandosi contro gli edifici. Sono i primissimi segnali che il campo magnetico inizia a perdere energia e con il diminuire del campo magnetico i disastri diventano progressivamente sempre più accentuati. Questo aspetto del film enfatizza l'importanza del campo magnetico e la possibilità che possa arrestarsi.

L'età della Terra è circa 4.5 miliardi di anni. Il campo geomagnetico esiste da almeno 3.5 miliardi di anni, e inverte la sua polarità da nord a sud e viceversa in media ogni 200 000 anni. Gli scienziati hanno da tempo ipotizzato che il campo magnetico possa essere sottoposto a una o più inversioni, e ci sono fatti ad indicare che la forza del campo magnetico sia attualmente in diminuzione. L'ultima inversione è stata datata circa a 700 000 anni fa. Fino al 2003 – data di pubblicazione dell'articolo – non c'era ragione di pensare che il campo magnetico fosse in fase decrescente e irreversibile. Dai calcoli fatti sappiamo che per raggiungere la fase terminale passerà forse un miliardo di anni, forse un milione o forse anche molto meno.

Uno degli aspetti più emozionanti della scienza è che qualche volta osservazioni nuove e più precise conducono a scoprire implicazioni importanti e inaspettate. Questo è stato sicuramente il caso con i dati dell'elio venuti alla luce durante la simulazione numerica all'Oak Ridge National Laboratory. Dalla scoperta che ^3He delle profondità marine è di natura endogena e in concentrazioni superiori a quelle atmosferiche [74], il rapporto isotopico $^3\text{He}/^4\text{He}$ nelle lave oceaniche è stato confrontato con quello dell'elio nell'aria ed espresso come R_A – l'elio nei basalti fuoriusciti dalle dorsali oceaniche ha valori medi di $8R_A$ significa una concentrazione di ^3He circa 8 volte maggiore di quella nell'aria.

L'arricchimento di ^3He nelle lave dei fondali oceanici sono un fenomeno generale e statisticamente documentato compilando i dati finora analizzati [75]. Le medie sono utili quando si vuole misurare l'altezza di uomini e donne di paesi diversi. Qualche volta la media tende a mascherare importanti eccezioni. Alcune lave, come quelle che si sono formate e continuano a formarsi nelle Hawaii e in Islanda, mostrano valori altissimi, per esempio $37R_A$ ma anche più alti [76]. È interessante notare che tali valori di ^3He sembrano essere associati a magmi molto profondi chiamati *plume*.

Quando si vogliono fare paragoni che abbiano un senso – sia che si tratti di costi in drogheria o dati scientifici – gli oggetti di paragone devono essere riconducibili alla stessa unità. Perciò quando dico che la simulazione numerica di elio all'Oak Ridge National Laboratory risulta un certo numero, va misurato nella stessa unità dell'elio delle lave oceaniche in relazione all'elio nell'aria espresso in R_A . In questo modo è facile confrontare i dati dell'elio nelle lave oceaniche e quelli ottenuti con la simulazione numerica come fatto nell'articolo del 2003. In Fig. 6–1 ho riprodotto due dei livelli di simulazione in cui dimostro la variazione di elio nelle lave provenienti dalle dorsali oceaniche in formazioni recenti e nelle lave di dorsali oceaniche estinte. La cosa da notare immediatamente è che le variazioni prodotte

numericamente dal georeattore non si basano su alcun postulato, e questo è indirettamente un'evidenza dell'esistenza dello stesso georeattore.

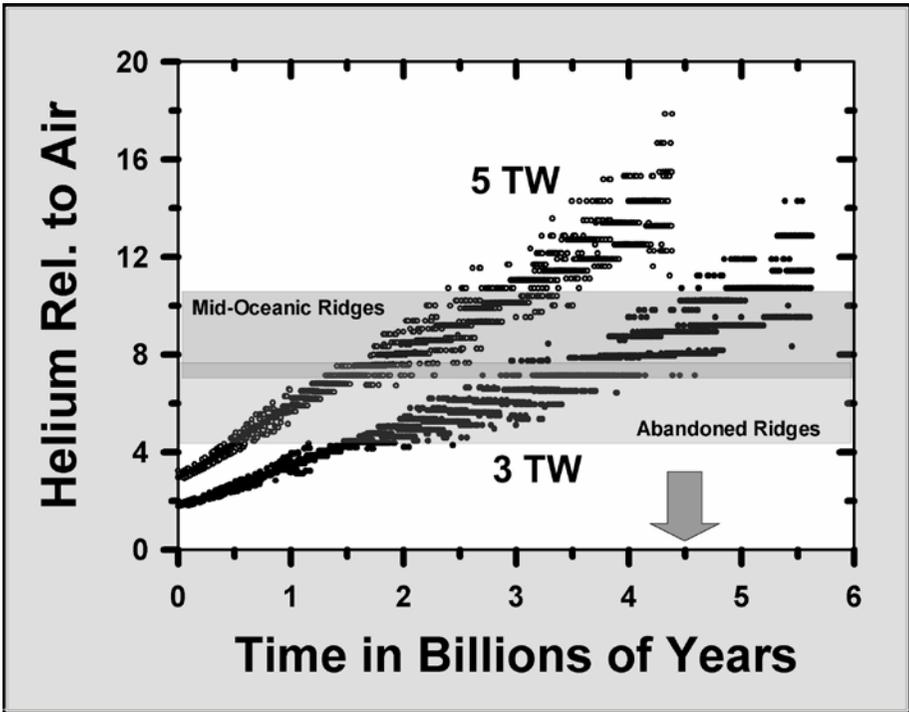


Fig.6-1 I dati sono ^3He e ^4He relativi all'aria; la provenienza dei dati è l'Oak Ridge National Laboratory ottenuti da calcoli di simulazione numerica a due livelli di energia (3TW, 5TW). Le misure di elio nei basalti oceanici proviene da due aree le dorsali oceaniche (Mid-Ocean Ridge) e le dorsali non più attive (Abandoned Ridge), al 95% di confidenza statistica. La freccia indica l'età della Terra.

Si noti anche come i rapporti di elio aumentano all'aumentare dell'età della Terra, prima il rapporto aumenta in modo impercettibile per poi velocizzarsi nel tempo fino ai giorni nostri. Il fatto che sia osservabile un significativo aumento nei rapporti dell'elio indica che il georeattore è prossimo alla sua fine, sta finendo il combustibile. Comprendere ciò è semplice. Anche se l'unità è espressa come rapporto di elio relativo all'aria, e

ciò che conta è il rapporto relativo alla misura ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$. ${}^3\text{He}$ al numeratore è prodotto a una velocità costante dal georeattore a fusione; ${}^4\text{He}$ al denominatore viene prodotto dal georeattore e dal decadimento dei minerali radioattivi nel mantello. Se l'uranio nel georeattore continua a essere meno disponibile pure ${}^4\text{He}$ diminuisce diventando sempre più piccolo. Valori di ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ nelle lave oceaniche, come quelli delle Hawaii e dell'Islanda, indicano che la vita del georeattore sta terminando. C'è rimasto poco carburante. Quando arriverà la fine?

Al momento non c'è modo di sapere quando l'elio di una particolare lava è stato prodotto. Ne siamo in grado di conoscere quanto tempo l'elio ci mette dal georeattore a raggiungere la superficie prima di essere inglobato nelle lave. Queste cose non le sappiamo. Per questo la fine del georeattore non può essere prevista. Ma le implicazioni sono chiare. Da questo punto di vista c'è un parallelismo tra la realtà che ho descritto nel mio articolo del 2003 e la finzione nel film della Paramount Pictures. Al contrario del film non c'è possibilità di risolvere il problema, nessuna possibilità di aggiungere uranio al georeattore.

Aver percepito il legame tra la trama del film e le implicazioni scientifiche che avevo pubblicato nel *Proceeding of the National Academy of Sciences* del 2003, ha fatto sì che un pubblico interessato a conoscere come funziona il georeattore mi ha dato la possibilità di fare un'avventura che capita una volta sola nella vita (a chi vive fuori dall'ambiente cinematografico). Tutto cominciò con un invito alla Prima, con pernottamento al Fuor Season Hotel e limousine, come una qualsiasi star. Arrivato il momento non vedevo l'ora di poter assistere al film. In limousine mi godevo Hollywood quando – con grande sorpresa – la macchina si fermò a fianco del famoso tappeto rosso lungo il quale le star fanno passerella. La porta mi fu aperta dal personale della Paramount Picture che mi accompagnò tutto lungo il tappeto rosso con ai lati centinaia di paparazzi

che sparavano decine e decine di flash e continuavano a ripetere «Dr. Herndon guardi qui! guardi qui!». Dopo pochi passi dovevo fermarmi per una brevissima intervista con i media, e per tutta la lunghezza del tappeto rosso mi riservarono lo stesso trattamento riservato delle star del cinema, incluso un invito al ricevimento, che considero il tributo della Paramount Picture alla scienza.

C'è dell'ironia in tutto questo. Se certi membri della National Academy of Sciences non avessero tentato di eludere la pubblicazione con quegli stupidi giochi di revisione anonima, l'articolo sarebbe stato pubblicato mesi prima del film e forse non avrebbe suscitato nel pubblico tutto quell'interesse. Che non si illudano, la scienza – quella vera – non ha bisogno di chiudersi di fronte a contribuzioni scientifiche tese ad avanzare la conoscenza, e dovrebbero sapere che nuove scoperte portano sempre a nuove idee e a nuove scoperte.

Il film racconta che a causa del progressivo indebolimento del campo magnetico qualcosa va storto al centro della Terra. All'inizio pensavo al georeattore come una sorgente di energia che azionava il meccanismo di produzione del geomagnetismo, più tardi mi convinsi che fosse il georeattore a far funzionare il campo magnetico.

Il movimento della carica elettrica, i.e., la corrente elettrica produce il campo magnetico. Per questa ragione un cambiamento del campo magnetico attraverso un conduttore elettrico può causare flusso di corrente elettrica. Queste osservazioni stanno alla base del funzionamento dei motori elettrici e dei generatori o dinamo. È dal 1939 che si crede il campo geomagnetico terrestre sia prodotto da questo meccanismo.

Nelle zone dove non esiste una rete elettrica la corrente elettrica è prodotta da generatori a diesel, ed è il movimento rotatorio del generatore a

produrla. Un giorno, in una operazione mineraria, in pieno deserto, la società che mi aveva consultato per risolvere problemi tecnici e manageriali mi disse che il generatore aveva smesso di produrre elettricità e sebbene il motore funzionasse la squadra addetta al funzionamento non riusciva a capire perché non veniva prodotta elettricità dato che tutti i contatti del generatore risultavano idonei. Sembrava tutto strano. Così suggerii di fare una connessione di qualche frazione di secondo tra una batteria di un camion e la bobina del generatore per rianimarlo. Rimontato il generatore prese a funzionare perfettamente. Cos'era successo?

Il generatore per produrre corrente elettrica deve possedere un campo magnetico interno, e l'unica funzione del generatore è di amplificare il campo magnetico usando quella piccolissima quantità di magnetismo che generalmente rimane al centro dei fili della bobina. Qualche volta però la bobina si scarica completamente e non ha più la possibilità di riprendersi e di funzionare normalmente. Nel deserto ho suggerito di magnetizzare la bobina attraverso la batteria del camion in modo da dargli quella piccola quantità di magnetismo sufficiente a rivitalizzarla.

Ci sono sufficienti ragioni scientifiche per pensare che il campo magnetico terrestre sia prodotto da qualcosa di simile a una dinamo con effetto amplificante. Invece di un motore a diesel, si è sempre pensato che il movimento del conduttore elettrico della Terra avvenisse per un effetto combinato di convezione e rotazione. Era 1939 quando Walter Elsasser (1904-1991) suggerì che il movimento di convezione della parte fluida del nucleo agisse da dinamo producendo il campo magnetico [77]. Per mezzo secolo questa è l'idea della comunità scientifica senza che nessuno si sia mai posto domande, fino a quando me la sono io posta.

La credenza – quasi universale – che il campo magnetico ha la sua origine nei movimenti convettivi della parte fluida del nucleo ha portato a

non dare peso alla possibilità che potesse essere un'idea errata e che la convezione potesse essere sostenuta permanentemente. Uno scienziato dovrebbe sempre interrogarsi sulle domande considerate 'saggezza comune' e prendere in esame la logica che sta dietro certe affermazioni. Per esempio della Terra si dice che (i) il campo magnetico è vecchio di 3.5 miliardi di anni e (ii) che una parte del nucleo sia composta di una lega di ferro allo stato fluido. Dobbiamo per forza pensare a un movimento convettivo o l'idea della convezione è un espediente per giustificare l'ipotesi di un campo magnetico prodotto dal fluido? O esistono altre spiegazioni? Uno scienziato non dovrebbe usare la 'saggezza comune', ma guardare attentamente ai fondamenti che possono essere stati ignorati.



Subramanyan Chandrasekhar (1910-1995)

Il Nobel Subramanyan Chandrasekar (1910-1995), un'esperto di convezione, la descrive con queste parole [78] «L'esempio più semplice di convezione indotta termicamente si ottiene quando uno strato fluido orizzontale da sotto viene riscaldato generando un gradiente di temperatura contrario. L'aggettivo 'contrario' quantifica il gradiente che a causa dell'espansione termica del fluido diventa più leggero del fluido che sta sopra, instaurando un assetto sbilanciato e potenzialmente instabile. In tali condizioni il fluido tenderà a ridistribuirsi cercando di riequilibrare la debolezza dell'assetto. È così che si origina la convezione, e rappresenta lo sforzo del fluido di tornare allo stato di stabilità».

Nell'articolo pubblicato nella rivista *Current Science*, dal titolo *Nuclear Georeactor Generation of the Earth's Geomagnetic Field*, notavo che di fondamentale c'era solo il mantenere un gradiente di temperatura 'contrario' nel nucleo allo stato fluido [79]. Per ottenere condizioni di continua stabilità perché la convezione agisca in permanenza bisogna mantenere il ferro liquido a un gradiente di temperatura 'contrario' per tutta la storia geologica. In altre parole, il calore trasmesso verso l'alto deve essere rimosso alla stessa velocità altrimenti, a causa del gradiente di temperatura 'contrario' la parte interna del nucleo, che deve essere più calda di quella esterna, fermerebbe il processo. Questo è il problema. Il mantello che avvolge il nucleo funziona più da isolante che da conduttore termico. I silicati del mantello trattengono meno calore di una lega e hanno bassa conduttività termica. Il nucleo è circondato da rocce silicatiche che hanno uno spessore di circa 3.400 km e sono più solide della parte liquida del nucleo. Non è pensabile che possano rimuovere efficientemente il calore per convezione.

Bisogna sempre domandarsi cosa c'è di sbagliato con le idee più popolari, specialmente quelle che tutti accettano per 'default'. C'è decisamente un problema con l'idea di convezione stabile e duratura per quella parte di nucleo ferroso fluido. Questo fatto, già da solo, è un errore imperdonabile. Ci si dovrebbe sempre domandare cos'altro potrebbe esserci di sbagliato e perché va ricorretto con l'idea giusta.

Ricordate la batteria e la necessità di un generatore che mantenga un minimo di campo magnetico per funzionare da amplificatore? La domanda diventa: dove si troverebbe un generatore capace di amplificare il campo magnetico nella parte fluida del nucleo se ciò fosse possibile? La temperatura della lega è troppo alta perché possano esistere resti di magnetizzazione. Qualche volta ho fatto la stessa domanda a dei colleghi scienziati e la risposta è sempre stata l'esistenza di un qualche campo

magnetico nella Via Lattea, la nostra galassia, la cui intensità sarebbe un milionesimo del campo magnetico terrestre. Funziona così? Forse sì o forse no.

Dal 1920 in poi si pensava possibile che l'unica fase liquida esistente nella parte più profonda della Terra fosse una lega di ferro. Nell'articolo *Substructure of the Inner Core of the Earth* pubblicato nel 1996 su *Proceeding of the National Academy of Sciences* suggerivo un'alternativa: che nella parte esterna al georeattore ci fossero prodotti di fissione nucleare [16]. Undici anni più tardi mi resi conto che il georeattore poteva avere proprietà e caratteristiche di una dinamo sufficiente a produrre un campo magnetico.

Nel sommario dell'articolo del 2007 *Nuclear Georeactor Generation of the Earth's Geomagnetic Field* [79] scrivevo che lo scopo dell'articolo è di suggerire che il meccanismo da cui trae origine il campo magnetico e l'energia è azionato da un georeattore nucleare, e concludevo:

- (1) Presento le evidenze che i prodotti della fissione del georeattore nucleare sono allo stato fluido.
- (2) Suggestisco che il campo geomagnetico ha origine nel nucleo che avvolge il georeattore e non in quella parte esterna di lega di ferro.
- (3) Descrivo perché la convezione è più compatibile nel nucleo che avvolge il georeattore di quella parte di nucleo allo stato fluido.
- (4) Anticipo i vantaggi di una dinamo in funzione nel nucleo che avvolge il georeattore.
- (5) Delineo brevemente le ricerche da eseguire per far progredire l'attuale conoscenza che genererebbe il campo magnetico prodotto dal georeattore; presento l'idea sull'origine del

campo magnetico in relazione al georeattore; e che sono concetti e principi applicabili anche a campi magnetici a scala planetaria.

Il calore prodotto dalla fissione nucleare nella parte più interna del nucleo solido (sub-core) arriva alla base del nucleo più esterno (sub-shell), dove sono concentrati i residui della fissione. La parte più esterna del 'sub-shell', quella a diretto contatto con la parte semimetallica di siliciuro di nichel, che agisce da collettore di calore e ha una eccellente conduttività termica, ha la capacità di veicolare l'eccesso di calore in quella parte di nucleo composto dalla lega di ferro fluida e perfettamente in grado di assimilare calore. Questa disposizione del nucleo solido permette ai fluidi di ripristinare e mantenere un ragionevole grado di stabilità, aumento anche dalla bassa accelerazione gravitazionale e dalla scala di lunghezza più breve che c'è nella parte di nucleo composta dalla lega di ferro fluido.

Il meccanismo di dinamo – immaginato responsabile di generare il campo geomagnetico – agisce da amplificatore magnetico iniziato da un piccolissimo campo magnetico. Il movimento combinato di un fluido elettrico conduttivo e la sua convezione in un sistema rotante a cui è sottoposto amplifica e mantiene più o meno stabilmente un campo magnetico molto più grande. Ricordate la batteria del camion e la necessità di avere un generatore che abbia in serbo un minimo di campo magnetico per funzionare poi da amplificatore? L'assenza di un campo magnetico iniziale è una delle principali obiezioni all'idea che si possa produrre un campo geomagnetico internamente al nucleo di lega di ferro fluido. Il problema non esisterebbe se a produrlo fosse la parte liquida del nucleo interno che avvolge il georeattore. Gli elementi pesanti come l'uranio sono in proporzione più ricchi di neutroni degli elementi leggeri, di conseguenza durante la fissione non ci sono solo neutroni liberi necessari al mantenimento della reazione nucleare a catena, ma gli stessi prodotti della

fissione sono ricchi di neutroni. Questi ultimi sono frequentemente elettricamente conduttivi e in generale radioattivi, e decadono emettendo particelle beta che è un elettrone caricato negativamente. Il decadimento beta, così come altre radiazioni ionizzate, hanno la capacità di produrre quel minimo di carica magnetica necessaria ad avviare il geomagnetismo attraverso il movimento di particelle cariche o attraverso la corrente elettrica che insorge dalle cariche separate.

Si dice che Albert Einstein (1879-1955) considerasse l'origine del campo magnetico come uno dei più grandi problemi irrisolti della fisica e, quando era ancora in vita, tante cose non si sapevano. Per Einstein il ragionamento era molto importante. Penso anche che il metodo logico di progredire nella conoscenza che mi ha condotto a concepire il campo geomagnetico prodotto dal georeattore gli sarebbe piaciuto. Tutto è iniziato con l'idea di un nucleo interno composto da silicio e nichel e che 82% dell'interno della Terra abbia una composizione vicina a quella di una condrite anstatite. C'è molto ancora tanto da raccontare, perché il logico progredire nella comprensione conduce – come vedremo – ad altre intuizioni e altre scoperte.

VII. PER COMINCIARE A CAPIRE

Nel decennio in cui l'uomo mise piede sulla luna, gli indigeni dell'Amazzonia culturalmente all'età della pietra entrarono in contatto con la nostra civiltà. Per chi voleva capire quella cultura era come guardare attraverso una finestra magica il nostro passato, un'opportunità per gettare l'occhio sul filo conduttore che accomuna tutta umanità, fatta di pensieri, ideali e aspirazioni, patrimonio universale nascosto del nostro essere uomini. Inoltre, in tutti i popoli ci sono comunanze per quanto riguarda la famiglia, i rapporti intersociali, la voglia di mutuo soccorso, il desiderio di capire dove siamo, e chi siamo. A quest'ultima domanda c'è nelle tradizioni di quasi tutte le culture e religioni del mondo il tentativo di dare spiegazioni, in un modo o nell'altro, sull'origine della Terra. Alcuni – gli scienziati in particolare – contrappongono la scienza alla religione, come se una esclude l'altra, in un conflitto senza fine. Personalmente credo che quando avremo capito tutto non ci sarà più conflitto tra scienza e religione.

Negli anni '70 mi succedeva qualche volta di passare davanti a un'istituzione che aveva lo scopo di fare ricerca. Preso da una certa curiosità un giorno decisi di fermarmi. Fatte le presentazioni fui invitato a visitare i laboratori. Ebbi modo così di conoscere scienziati impegnati a dimostrare che l'età della Terra fosse non più vecchia di 6.000 anni, cercando di dimostrare che i dinosauri avevano un'età più giovane. Perché 6.000 anni? Quella datazione era stata proposta dall'Arcivescovo James Ussher (1581-1656) che, nel 1650, derivò dalla bibbia dove veniva indicato l'anno della creazione, il 4004 B.C.

Dopo aver incontrato gli scienziati conclusi la visita incontrando il Direttore dell'istituto. Dopo aver espresso il mio ringraziamento per la

cortesie ricevuta da tutto lo staff di ricercatori, gli chiesi di spiegarmi cortesemente come giustificasse la sua ricerca e perché ignorasse le migliaia di misure di datazioni radiometriche che indicavano un'età della Terra più vecchia. La sua risposta fu semplice e diretta «Questo è il nostro modello».

Dal 1951, anno di fondazione del National Science Foundation (NSF), costruire modelli in geofisica e astrofisica ha ricevuto il sostegno delle istituzioni governative. I modelli si basano su presupposti, dei quali quasi sempre si crede siano veri. Credere è per definizione presupporre il vero. La risposta del Direttore 'questo è il nostro modello' mette in relazione il credo religioso e la pratica governativa a sostegno della modellizzazione, basata su presupposti che si assume siano veri e allo stesso tempo sopprimere qualsiasi contraddittorio scientifico. Per certi versi il finanziamento governativo assume il carattere di religione, una diffusa religione senza dio a cui mancano i valori umani di redenzione.

I modelli, sebbene ampiamente finanziati da chi paga le tasse da destinarsi alla ricerca scientifica, non hanno una solida base per poterli definire scienza o modelli scientifici, anche se tutto l'impianto si basa sul così detto metodo scientifico. Ricordo l'affermazione sul metodo che si insegna:

- (1) Fare una domanda.
- (2) Ipotizzare una risposta.
- (3) Disegnare esperimenti o calcoli a verifica dell'ipotesi.

I modelli iniziano con uno o più presupposti che si immaginano veri e su queste basi si costruisce la verità, talvolta introducendo altri modelli basati a loro volta su altri presupposti.

Secondo un antichissimo modello all'inizio non c'era niente, poi apparve Raven, l'uomo-uccello, che sbattendo le ali forgiò dalle tenebre una materia solida come la Terra. Secondo un modello più recente, un gas ad altissima temperatura, di composizione simile al Sole, e di un decimillesimo più denso dell'aria, si raffreddò, condensando in polvere e addensando progressivamente granuli, sassi, macigni e pianetini. Collisione dopo collisione entrarono in orbita creando la Terra. Dalla collisione si sprigionò tanto calore da fondere la Terra, creando oceani di rocce fuse, che portò il ferro metallo ad accumulare nel nucleo. I due modelli hanno diverse aspetti in comune. Entrambi si basano sulla credenza che siano veritieri. Il secondo modello è il Standard sulla formazione del Sistema solare che, proposto negli anni '60, è di riferimento per chi voglia apprendere come si è formata la Terra. Anche se ho dimostrato che era sbagliato [80] (come vedremo più avanti).

Invece di cominciare con il credo immaginando che il modello sia vero, ho voluto iniziare con delle osservazioni che sono l'essenza della conoscenza. Osservazioni che mostrano come le meteoriti, la Terra, la Luna, il Sole, almeno nella parte esterna, e probabilmente anche tutti i corpi del Sistema solare si sono formati da materia la cui composizione è quella del Sole. Il mio modo di dimostrarlo è stato di capire la natura fisica delle circostanze in cui si erano formati e i processi che risultavano dall'analisi di tre tipi di condriti emerse da una miscela primordiale. Una miscela che inizialmente aveva più o meno la stessa composizione, ma che durante i processi di solidificazione aveva dato luogo a differenze mineralogiche e, in particolare, un diverso contenuto in ossigeno.

Il modello Standard di formazione del Sistema solare debutta con il credo che la materia planetaria inizia come polvere di gas a una pressione di circa un decimillesimo quella dell'aria che respiriamo. Alcuni scienziati hanno studiato la dinamica dei gas, altri modellato l'accumulo di polvere e

altri ancora i processi di condensazione – un modello apprezzato sia dall'NSF che dalla NASA.

Il modello di condensazione in equilibrio con l'ambiente di formazione si basa sul presupposto che i minerali nelle condrite comuni siano stati condensati da una atmosfera di composizione prossima a quella del Sole [81]. Alla base del presupposto ce n'è un altro, che nella globalità la composizione della Terra sia quella di una condrite comune, ricalcando la visione di Francis Birch. In generale un modello è costruito su presupposti. Lo scopo di modellizzare è di anticipare il risultato, cercando di ottimizzare i presupposti o aggiungendo postulati mirati a ciò che si intende ottenere.

Le condriti comuni contengono qualche volta le condrule, granuli di natura millimetrica, che Henry Clifton Sorby (1826-1908) descrisse come 'intense gocce di pioggia' [82]. Descrizione appropriata perché all'origine potevano essere materiale fuso o quasi, di forma sferica, risultato dalla tensione superficiale creata dalle gocce fuse. I minerali nelle condrule sono essenzialmente gli stessi minerali inglobati nelle meteoriti. La massa di certe condriti comuni – esempio la Mezö-Madaras [Fig.7–1] – risulta per 80% formata da condrule. Alle temperature dove le rocce silicatiche e il ferro metallo fondono le reazioni chimiche tra gocce fuse e gas circostanti sono istantanee.

Da calcoli termodinamici, Hans Suess ed io trovammo che c'era un problema con i minerali delle condriti 'in equilibrio con' o 'condensando da' un gas di composizione vicina a quella del Sole [83]. I silicati delle condriti comuni contengono FeO, e la composizione richiede l'esaurimento di idrogeno di un fattore circa mille volte superiore se rapportato alla materia solare. Per condensare, i minerali devono essere in equilibrio con un gas di composizione vicina a quella del Sole attraverso un'ampia gamma di temperature, che ho dimostrato [84] non poteva essere di un'atmosfera di

composizione prossima a quella solare, e che prima bisognava esaurire l'ossigeno. In altre parole, i minerali delle condriti comuni non possono essere il prodotto di condensazione da un mix primordiale di elementi che formarono il Sistema solare.

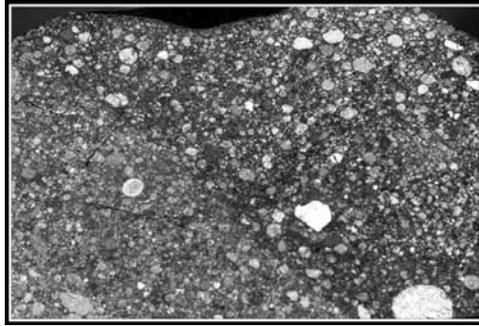


Fig.7-1 Sezione lucida della condrite ordinaria Mezö-Madaras che mostra un'alta proporzione di condrule di cui è costituita in prevalenza.

Se i minerali che formano le condriti comuni non sono prodotti di condensazione da una atmosfera di composizione solare a una pressione di circa un decimillesimo di quella dell'aria che respiriamo, di quali minerali dobbiamo parlare e quali minerali invece dobbiamo aspettarci?

Torniamo all'esempio del ballo. Ricordate le ragazze-ossigeno e la gente-celebre, dove la materia che ha formato la condrite a enstatite di Abee era in presenza di poco ossigeno? Immaginiamo la gente-celebre come ragazzi-idrogeno. Alle ragazze-ossigeno piacciono i ragazzi-idrogeno. Però l'attrazione dipende dalla temperatura e non dalla pressione. Ad alte temperature i ragazzi-idrogeno si tengono stretti alle ragazze-ossigeno ma, scendendo la temperatura, lasciano le ragazze-ossigeno ballare con gli altri.

Detto in modo scientifico la stessa cosa avviene in un'atmosfera a composizione solare. La fugacità dell'ossigeno è dominata dalla reazione $H_2 + \frac{1}{2} O = H_2O$, che è funzione della temperatura, ma del tutto insensibile alla pressione. A particolari temperature, la fugacità dell'ossigeno controlla

lo stato di ossidazione di un condensato e, ad alta temperatura, lo stato di ossidazione diventa estremamente riducente. Il condensato tende a fissarsi alla temperatura dove la reazione con la fase gassosa finisce e/o l'equilibrio si congela durante la separazione del gas dal condensato. Perché spiegare in modo scientifico se l'analogia delle ragazze–ossigeno e dei ragazzi–idrogeno dice la stessa cosa? Essendo il concetto importantissimo è fondamentale spiegare ciò che considero i due punti chiave per capire la composizione dei pianeti e del Sistema solare. Questo è il primo punto chiave. Ora spiego l'altro.

Se vi domandassero di descrivere l'acqua nel vostro ambiente prima pensereste al suo stato liquido (H_2O), dopo a quello solido di ghiaccio. Pensereste mai a quello gassoso? Provate a immaginare un bicchiere di acqua ghiacciata, specialmente d'estate e con un clima umido, vedreste sull'esterno del bicchiere formarsi tante goccioline d'acqua. È successo che l'umidità intorno al bicchiere, H_2O^{gas} , a contatto con il freddo condensa a liquido – la pioggia è il risultato della condensazione. Anche se non lo vedete, nel bicchiere c'è H_2O^{gas} . Ogni solido o liquido è associato al suo gas, sebbene nella maggioranza dei casi la quantità è molto, molto piccola.

Un gas associato a un liquido o a un solido viene chiamato vapore. Per esempio, il mercurio liquido è un metallo, se versato in un contenitore e sigillato dopo un po' troveremmo del mercurio gas, detto vapore di mercurio. A certe pressioni e temperature qualsiasi sostanza tenderà a stabilire uno stato di equilibrio con il suo vapore, stato che non cambia nel tempo. Alcune sostanze, il mercurio come abbiamo visto, sono altamente volatili e tendono facilmente a evaporare manifestando una pressione vapore relativamente alta. Il ferro metallo non è volatile, e a particolari condizioni di temperatura e pressione ha una pressione di vapore bassa. Tutte le sostanze a una particolare pressione tendono ad evaporare all'aumentare della temperatura.

Evaporazione e condensazione sono due facce della stessa medaglia, processi reversibili. L'acqua di stagni, laghi, fiumi e oceani evapora e raffreddandosi condensa, formando nuvole da cui precipitano acqua e neve. Idealmente una sostanza condensa quando la pressione parziale della sostanza allo stato gassoso eccede la pressione vapore allo stato liquido o solido. Per miscele di gas, come l'aria, si parla di 'pressione parziale' facendo sempre riferimento alla pressione di una particolare sostanza.

In una composizione solare di gas ad altissima temperatura, la pressione parziale di una sostanza, per esempio il ferro, è determinata dalla quantità relativa di ferro e dalla pressione totale del gas. La pressione parziale del ferro aumenta all'aumentare della pressione totale. Significa che a pressioni alte il ferro può condensare come liquido anche alle alte temperature e condensare a pressioni basse solo a temperature relativamente basse. In generale, ad alte pressioni la condensazione avviene solo ad alte temperature e a basse pressioni a basse temperature. Questo è il secondo dei punti chiave per comprendere la composizione dei pianeti e la formazione del Sistema solare.

Adesso unite i due punti. In un gas di composizione simile a quella del Sole il fattore responsabile dello stato di ossidazione, la fugacità dell'ossigeno, dipende dalla temperatura non dalla pressione. Ad alta temperatura lo stato di ossidazione è estremamente riducente, mentre a bassa temperatura è ossidante. È perciò lo stato di ossidazione di un condensato che fissa la temperatura in cui cessa la reazione con la fase gassosa e l'equilibrio si congela durante la separazione del gas dal condensato. Nel modello Standard di formazione del Sistema solare si ipotizza che sia invece la bassa pressione a prevalere e in queste condizioni l'ambiente è estremamente ossidante. Ci si aspetta anche che tutti i maggiori elementi nel condensato siano ossidati o combinati con l'ossigeno, e sia

assente il ferro metallo. Il modello però è sbagliato perché se la polvere cosmica condensa a basse pressioni e basse temperature in granuli sempre più grandi da diventare rocce e pianetini, conduce alla contraddizione di pianeti terrestri con un massa del nucleo insufficiente e il condensato risulterebbe esageratamente ossidato per la quantità di ferro metallo che invece troviamo [Fig.7-2].

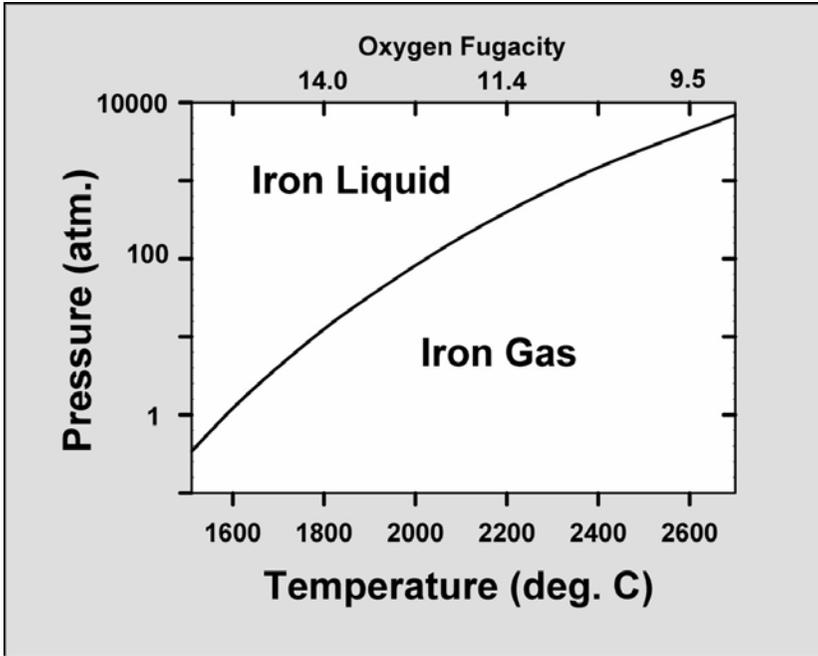


Fig.7-2 Diagramma P-T di condensazione e evaporazione dove viene mostrata la curva del ferro in un'atmosfera di composizione solare. Nell'area in alto a sinistra il ferro liquido (Iron Liquid) e a destra in basso (Iron Gas) il ferro è stabile. Ad ogni punto lungo la curva P-T rappresenta idealmente il punto dove il ferro condensa. Notare che le temperature di condensazione aumentano all'aumentare della pressione; come c'è da notare come i valori della fugacità dell'ossigeno siano indipendenti dalla pressione e che più aumenta la temperatura e più la fugacità dell'ossigeno si riduce (i.e., diventa meno ossidante).

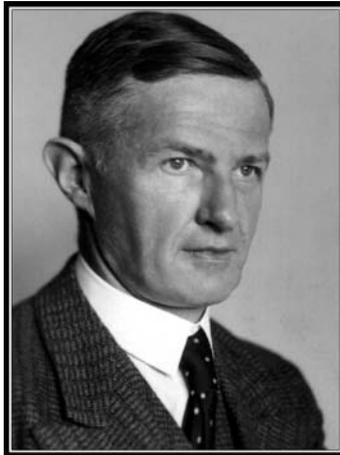
Come dovrebbe risultare il condensato a basse pressioni e basse temperature? A parte che quasi tutti gli elementi combinati all'ossigeno in regime di bassa pressione risulta difficile dirlo. Da un punto di vista teorico una previsione su specifici composti del condensato deve limitarsi alle dinamiche di nucleazione cinetica e alle differenti temperature dei grumoli di gas che si sviluppano a causa del differente modo del gas e del condensato di perdere calore.

Tra le migliaia di condriti che si conoscono, solo poche, come la condrite carbonacea di Orgueil, hanno uno stato di ossidazione e minerali che la compongono con caratteristiche simili a quelle che dovremmo aspettarci da un condensato di materia solare a bassa pressione. Essenzialmente tutti gli elementi che la compongono sono ossidati, e il silicato che predomina non è una fase cristallina ben definita come l'olivina, bensì un fillosilicato a reticolo piano idrato come l'argilla. Non è presente il ferro in forma metallica, ma solo come magnetite (Fe_3O_4). Lo zolfo si trova combinato all'ossigeno e al magnesio come solfuro (FeS). La materia che compone la condrite di Orgueil non può essere un condensato primordiale, ma uno a bassa pressione e bassa temperatura di gas solare ossigenato.

Dopo aver perduto i gas primordiali a causa di successive fusioni, evaporazioni e condensazioni, le condriti del tipo Orgueil si suppone si siano evolute, contenendo minerali come olivina e pirosseno, simili in composizione ad altre condriti carbonacee come l'Allende, dove questi silicati contengono ferro ossidato, tanto da non lasciare traccia di ferro metallo. Importanti ricerche spettroscopiche, basate sulla riflettanza della luce del Sole sui corpi orbitanti nella fascia di Kuiper, una regione oltre l'orbita di Nettuno, sembra siano state identificate delle condriti di composizione carbonacea [85].

Come ho spiegato per la condrite di Orgueil e altre meteoriti simili, i condensati di bassa pressione e di bassa temperatura si sarebbero formati nella parte esterna del Sistema solare o addirittura nello spazio interstellare, e per questa ragione possono solo contribuire alla formazione di pianeti terrestri come componente aggiuntivo nella parte più esterna, la litosfera. Ma allora da dove viene la materia che comprende la quasi totalità dei pianeti terrestri (e il nucleo centrale degli altri pianeti)? Facendo memoria dei punti chiave si può incominciare a decifrare come.

Nel 1944, nella Germania nazista, Arnold Eucken (1884-1950), suggerì, in base alla termodinamica, che la formazione del nucleo terrestre fosse conseguenza di successive condensazioni della materia solare. Pensava a un protopianeta caldo e gassoso che per degassificazione e ripetute condensazioni avesse concentrato i fusi di ferro al suo centro [86]. Eccetto alcune ricerche iniziate negli anni '50 fino agli inizi degli anni '60 [87-90], l'idea fu abbandonata per sposare il modello Standard [91].



Arnold Eucken (1884-1950)

L'associazione mineralogica nelle condriti a enstatite è tra le più riducenti che si conosca. Il silicato prevalente, che è l'enstatite, contiene un po' di ferro ossidato, e la fase metallica il silicio. Magnesio e calcio e gli

elementi con affinità per l'ossigeno, sono concentrati nei solfuri, inoltre si conosce un minerale di azoto.

Suess ed io avevamo dimostrato su basi termodinamiche che ad alte temperature per condensare alle alte pressioni la materia solare basta sia sufficientemente riducente, *i.e.*, cioè una minima fugacità di ossigeno per stabilizzare l'enstatite delle condriti. La formazione di enstatite necessita un equilibrio termodinamico vicino alle sue temperature di congelamento [92].

Finora non ci sono studi adeguati sui condensati di materia solare a quelle condizioni. Estrapolando dalla termodinamica e dalla metallurgia si può fare qualche generalizzazione. In condensati di alta temperatura e alta pressione quasi tutto reagisce con tutto e quasi tutto si dissolve nel tutto. A quelle pressioni il ferro e gli elementi dissolti nel fuso rappresentano la parte meno volatile del condensato, quindi sarebbero i primi a condensare. Questo scenario è quello che aveva immaginato e giustificato da un punto di vista termodinamico proprio Eucken: una Terra formatasi da un protopianeta gigante e gassoso, e il nucleo si sarebbe formato prima del condensamento dei silicati per degassificazione e concentrazione.

In assenza di prove contrarie, la massa interna della Terra e dei pianeti terrestri, e presumibilmente anche quella di altri pianeti, ha uno stato di ossidazione interno simile alle condrite a enstatite di Abee. Con l'eccezione di Mercurio, la parte esterna dei pianeti terrestri, 'regolith', contiene elementi derivati da impatti di condriti carbonacee e di condriti comuni.

Gli uomini tendono a essere creature abitudinarie, e per questo scelgono di preferenza di seguire la routine, evitando i grossi cambiamenti. Nella scienza aiuta fare l'opposto, per esempio guardare alle cose del mondo in modo differente e particolare. Solamente tre degli elementi maggiori delle rocce: ferro, magnesio e silicio, assieme ad altri due elementi con i quali

amano combinarsi, ossigeno e zolfo, compongono il 95% della massa di ciascuna condrite – e di conseguenza ciascuno dei pianeti terrestri. Per oltre mezzo secolo la quantità di elementi maggiori (E_i) nelle condriti è stata espressa con rapporti relativamente al silicio (E_i/Si) e al magnesio (E_i/Mg). Un giorno decisi di riportare su grafico gli stessi rapporti relativamente al ferro (E_i/Fe) e feci una scoperta interessante sulla natura della materia condritica [93].

Riportando sugli assi cartesiani X-Y rispettivamente i rapporti atomici Mg/Fe e Si/Fe delle condriti ho scoperto che si distribuiscono con relativa precisione su tre rette (Fig.7–3). La stessa operazione con Mg e Si , la distribuzione risulta più confusa.

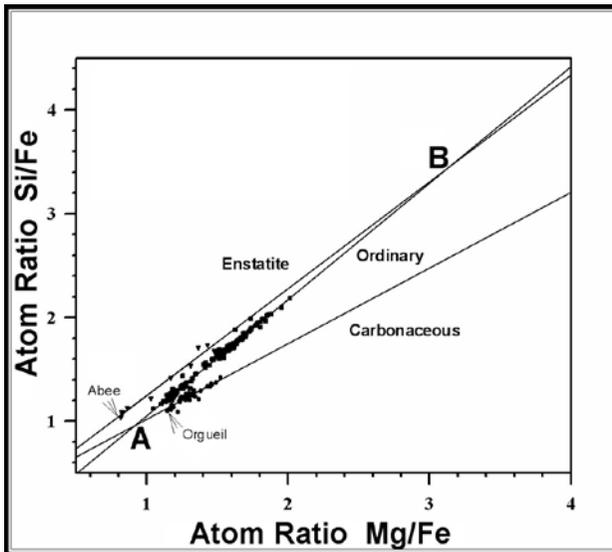


Fig.7–3 Distribuzione lungo tre rette dei rapporti di abbondanza di ferro (Fe), magnesio (Mg) e silicio (Si) normalizzati rispetto al Fe nelle meteoriti condriti. Notare che le condriti comuni intersecano quella delle condriti a enstatite e delle condriti carbonacee nei punti A–B. Notare dove cade la composizione delle condrite ad enstatite di Abee formatasi in un ambiente altamente riducente e di Orgueil in un ambiente altamente ossidante.

In prima approssimazione possiamo dedurre che la coincidenza dei dati lungo le rette indica che la materia primordiale omogeneizzata si è evoluta in tre tipi distinti e che ha conservato più o meno intatta la serie completa di elementi condensabili, diventati i mattoni su cui si è costruito il Sistema solare. Volendo guardare il grafico con più attenzione si nota qualcosa di più importante.

Si noti come la linea delle condriti comuni intersechi le altre due, e come le condriti comuni cadano internamente a due rette (A–B, Fig.7–3). Da un punto di vista scientifico è importante indagare le casualità, e dalle nostre conoscenze cercare di risolvere le casualità che si presentano. Ho notato la stessa casualità in tre isotopi dell'ossigeno su di un grafico – gli isotopi dell'ossigeno ne ha solo tre. In questo genere di grafici ogni punto lungo la retta che interseca le altre due può essere raffigurato come una miscela di due componenti compresi entro i punti di intersezione. Come posso suggerire che riportare sul grafico un isotopo sia la stessa cosa che riportare un elemento? La ragione è che i tre elementi (Mg, Fe, Si) sono tutti condensabili da un gas e che con ossigeno e zolfo compongono la quasi totalità delle meteoriti. Può sembrare di trattare due cose differenti, mele e arance, ma in questo caso speciale di ragionamento parallelo, sebbene astratto, si può considerare valido.

Il significato di tutto questo sta nell'ammettere la possibilità che dalla relazione mostrata nel grafico le condriti comuni siano il prodotto di una miscela di componenti rappresentativi degli altri due tipi, una miscela indifferenziata, composta da condrite carbonacee primitive (punto A) e da condrite a enstatite come componente planetario (punto B), dal quale è stata rimossa la componente della lega di ferro. In altre parole, le condriti comuni non proverrebbe direttamente dalla materia solare, ma piuttosto da materia derivata dagli altri due tipi di condriti.

L'interesse qui non è semplicemente di conoscere l'origine delle condriti, ma di capire la natura dei processi fisici che conducono la materia primordiale omogeneizzata a evolvere i suoi componenti. I componenti delle condriti possiamo considerarli come i risultati di esperimenti in laboratorio, di cui non conosciamo le esatte condizioni di sperimentazione. Ma dare un senso ai dati, può darci un'idea di quali processi siano avvenuti durante la formazione dei pianeti, e quali siano possibili e quali no.

La regione tra Marte e Giove è popolata da centinaia di migliaia di asteroidi, talvolta detti pianetini o planetesimi. Sebbene la maggioranza risieda in questa fascia, un certo numero orbita il Sole, altri orbitano Giove, e alcuni a una distanza dal Sole più vicina di quella del Sole alla Terra. Quando la luce solare riflette sulla superficie di questi asteroidi, la riflessione viene alterata dall'assorbimento delle proprietà della superficie riflettente. Gli studi per conoscerne la composizione paragonando la luce riflessa in laboratorio con la luce riflessa dalla superficie degli asteroidi stessi indicano, che quelli orbitanti il Sole oltre Giove sembrano avere la composizione delle condriti carbonacee, quelli orbitanti il Sole a una distanza più vicina di quella del Sole alla Terra una composizione vicina alle condriti a enstatite, mentre la grande massa di asteroidi tra Marte e Giove sarebbe composta da condriti comuni [147].

C'è un'altra ragione per associare le condriti a enstatite alla parte più interna del sistema solare: la luce riflessa dalla superficie di Mercurio sembra molto simile alla luce riflessa dai silicati a enstatite condritici, una conseguenza dovuta all'assenza o quasi di FeO nei silicati [148]. Sottolineo – come per primo aveva notato Urey – il pianeta Mercurio è costituito principalmente di ferro, e a un certo punto una parte importante dei componenti silicatici, originariamente parte della massa di ferro, sono andati perduti [94].

Consideriamo i pianeti del Sistema solare e immaginiamo di posizionarci a una certa distanza dallo stesso sistema in modo da poterlo osservare nella globalità. Vedremmo quattro pianeti: Mercurio, Venere, Terra e Marte privi dell'involucro gassoso, e gli altri quattro più esterni: Giove, Saturno, Urano e Nettuno giganti e gassosi. La fascia di asteroidi, con centinaia di migliaia di planetesimi posizionata tra i pianeti terrestri interni e i pianeti giganti e gassosi esterni, nonostante la quantità, la massa totale è stata stimata di essere 1/7 di quella lunare.

Dalla densità relativamente alta dei pianeti terrestri e dalla studio delle rispettive rotazioni sappiamo che hanno tutti un nucleo. Sebbene i pianeti terrestri con la possibile eccezione di Mercurio siano – la Terra lo è sicuro – circondati da un 'regolith', internamente tutti dovrebbero essere composti da una massa simile alle condriti a enstatite. Che sia una certezza possiamo dedurlo dal fatto che dei due tipi di condriti primarie solo una composizionalmente produce un nucleo massiccio, quello a enstatite. Questa deduzione è coerente con le osservazioni dalle quali ho interpretato che la Terra al suo interno è in relazione fondamentale con i componenti che esistono nei rapporti di massa di una particolare meteorite, quella a enstatite, e consistente anche ai dati di riflettività solare sulla materia enstatitica degli asteroidi presenti nella fascia interna del Sistema solare.

L'immagine di poter catturare una manciata di materia solare e di scoprire composta da gas pesanti addirittura 300 volte la quantità di materia condensata, e quanto poco di quella materia vi resterebbe in mano dopo essere stata raffreddata ci porta ad un'altra considerazione. Supponiamo adesso che la materia condensata che vi è rimasta in mano abbia la stessa composizione della Terra. Se vi venisse in mente di ricostruire la Terra originaria avreste una massa gigante gassosa della stessa massa di Giove. L'idea di Arnold Eucken di un pianeta Terra che aveva perduto la massa gassosa derivava da considerazioni termodinamiche. Da quanto raccontato

non dovrebbe sorprendere di immaginare la Terra e gli altri pianeti terrestri di essere stati all'origine dei pianeti giganti gassosi. Di importante da capire c'è solo il processo responsabile di aver sottratto i gas primordiali.

È dagli anni '60 che gli astronomi osservano l'evoluzione di stelle appena nate, e hanno notato che qualche volta manifestano periodi con violenti esplosioni accompagnate da fuoriuscite di ammassi di materia nello spazio. L'energia di questa fase parossistica, detta T-Tauri, sembra essere associata a una fase di reazioni di fissione dopo l'accensione termonucleare, legata probabilmente al consumo di deuterio – isotopo dell'idrogeno con massa 2. Ho suggerito che questo sia accaduto subito dopo la nascita del Sistema solare con violenti fuoriuscite di materia dal Sole, investendo i pianeti terrestri e privandoli della parte gassosa. Guardate l'immagine presa dal telescopio Hubble di uno di questi eventi (Fig.7-4).

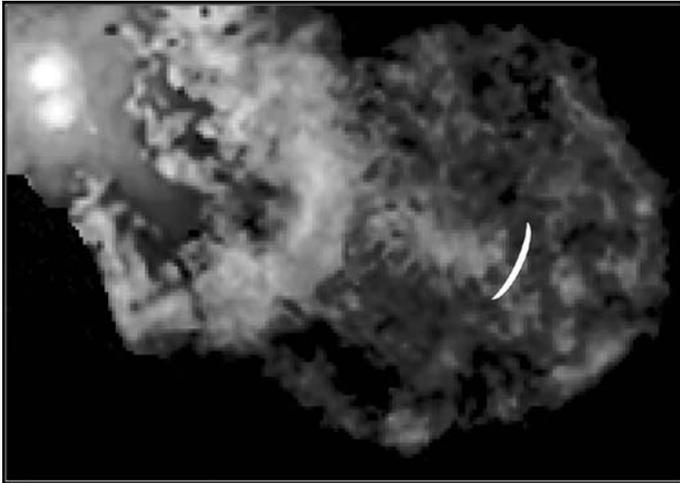


Fig.7-4 Esplosione T-Tauri della stella binaria X-Z Tauri osservata al telescopio Hubble in un intervallo di tempo di 5 anni. La lunetta bianca è il fronte dell'esplosione cinque anni prima. La distanza del fronte attuale è di 130 volte la distanza tra il Sole e la Terra (ovvero 130 parsec). Una tale esplosione avrebbe la potenza di sradicare l'involucro gassoso di un pianeta gigante come Giove.

Come possiamo essere sicuri che sia accaduto tanto tempo fa anche al Sole? Prendendo a prestito il linguaggio giuridico è che in certi casi l'evidenza è 'circostanziale'. Prima delle mie ricerche c'erano le osservazioni sulla violenza esplosiva delle stelle nascenti e il fatto oramai provato che l'atmosfera primordiale, inclusi i gas pesanti, fu sottratta alla Terra e ai pianeti terrestri. Ricordate il grafico delle condriti comuni derivate da due componenti? Alla luce di queste evidenze consideriamo l'idea che ci sia stata l'attività T-Tauri ad aver estirpato i gas primordiali dai pianeti terrestri, squarciando parte del protopianeta Mercurio, espellendo la materia nella fascia asteroidea tra Marte e Giove, la quale mischiandosi con materiale condritico carbonaceo, presente nelle aree più esterna del Sistema solare, abbia originato le condriti comuni.

Le conseguenze di un'insieme di eventi scientifici devono aver senso per essere credibili, e devono essere legati tra loro in modo logico e casuale. L'energia T-Tauri offre un elegante spiegazione sulla materia 'scomparsa' da Mercurio; della rimozione dei gas primordiali nei pianeti terrestri; della presenza di materiale nella fascia asteroidea; dei rapporti chimici sull'origine delle condriti comuni; dell'alta temperatura delle condrule in quasi la totalità delle condriti comuni; e l'origine di parte del materiale aggiunto ai pianeti terrestri, specialmente su Marte. Le stime delle masse coinvolte sono compatibili senza bisogno di ricorrere a postulati [95]. In altre parole, la spiegazione ha un senso.

Per quanto riguarda le conseguenze a un evento T-Tauri le osservazioni sulle stesse condriti comuni offrono supporto a questa idea: non contengono gli elementi siderofili refrattari e non-volatili che amano dissolversi nel ferro durante la condensazione dalla fase gassosa, ed è dimostrato che la loro mancanza nelle condriti comuni deve essere messa in relazione ai componenti planetari [93]. Questa generale mancanza di elementi nelle condriti comuni deve essere attribuita al fatto che siano stati

coinvolti inizialmente nella formazione del nucleo di Mercurio. Tutto questo ha senso, perché offre una soluzione a un problema ancora irrisolto.

Senza rendersene conto la NASA ha speso 212 milioni di dollari per verificare l'idea che ho sempre avuto sulla composizione della materia nella fascia degli asteroidi. La tanto pubblicizzata missione Stardust fu concepita per intercettare una cometa, raccogliere campioni e riportarli sulla Terra per essere analizzati in laboratorio – l'idea era che questi rappresentassero 'antichi granuli di materia pre-solare e condensati di nebulose incorporati nella cometa durante la nascita del Sistema solare'. La scelta della Missione cadde sulla cometa Wild-2, scoperta nel 1978. Si pensava che la cometa Wild-2 avesse per quasi tutta la sua esistenza girovagato lontano dal sistema solare, la cui orbita [Fig.7-5] e il periodo orbitale di sei anni fosse, dal 1974, il risultato dell'interazione gravitazionale con Giove.

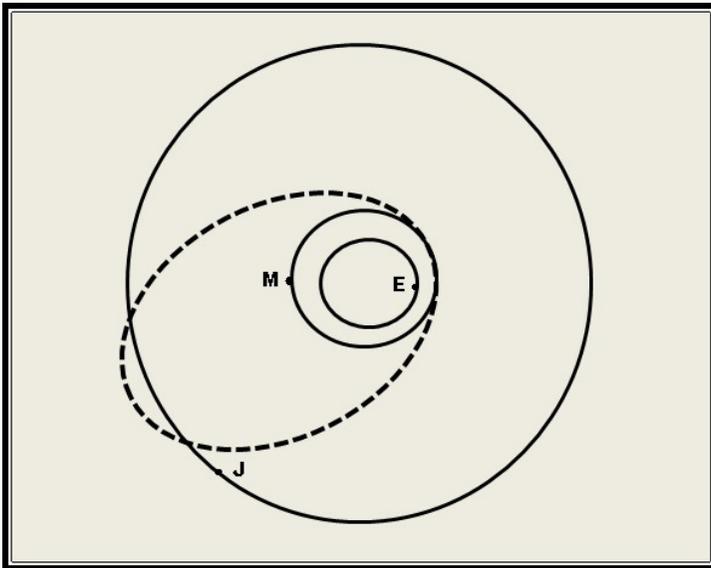


Fig.7-5 Orbita della cometa Wild-2 (tratteggio) rispetto a quelle di Giove (J), Marte (M) e Terra (E). Da quando è stata scoperta nel 1978 la cometa Wild-2 ha ripetutamente attraversato la cintura asteroidale che si trova tra Giove e Marte.

Lo Stardust fu lanciato in orbita il 7 Febbraio 1999 e avvicinò la cometa Wild-2 il 2 Gennaio 2004. La scatola metallica con i campioni fu di ritorno sulla Terra il 15 Gennaio 2005. Gli scienziati della NASA avevano fatto esperienza in altre missioni su come attirare particelle interstellari usando dei gel al silicio e utilizzato la stessa tecnica per intrappolare le particelle nella scia della cometa stessa. Nel passare ripetutamente attraverso la fascia degli asteroidi, la cometa raccoglieva le particelle appartenenti originariamente alla stessa fascia. Non sorprende così che siano state trovate particelle di cristalli di minerali appartenenti a condriti comuni e condriti carbonacee fuse ed evaporate a più riprese, per esempio di minerali di olivina.

I risultati dello Stardust avrebbero potuto essere stati anticipati nel 1970. La condrite carbonacea di Orgueil, trovata in Francia nel 1864, ha uno stato di ossidazione e un'associazione mineralogica con caratteristiche simili a quelle di un condensato di materia solare a bassa pressione, e immaginato da qualcuno che potesse appartenere al nucleo di una cometa. Il principale silicato nella meteorite di Orgueil non è una fase di olivina cristallina, ma un materiale idrato a strati, simile all'argilla e pezzi di cristalli di olivina e pirosseno [96]. Questi pezzi, che non mostrano alterazione, appaiono essere esotici, una miscela aggiunta, forse originaria della fascia degli asteroidi.

Ho anticipato che tre processi sono alla base della formazione del Sistema solare responsabili della diversità della materia che si trova nel nostro Sistema solare e responsabili della struttura interna dei pianeti, che include un reattore nucleare naturale a fissione al centro o georeattore e come vedremo dei processi dinamici, e specialmente quelli geodinamici [80]. Questi processi sono:

- (1) Bassa pressione e bassa temperatura di condensazione della materia solare nelle aree più distanti al Sistema solare e negli spazi interstellari.

- (2) Alta pressione e alta temperatura di condensazione della materia solare nella fase iniziale di formazione dei pianeti con differenziazione interna dei protopianeti giganti e gassosi.
- (3) Sradicamento dei componenti volatili primordiali nei protopianeti più interni al Sistema solare, causata dalla fase T-Tauri, probabilmente legata all'accensione termonucleare del Sole.

L'idea che la Terra possa essere stata per un certo periodo della sua storia il nocciolo di un pianeta gigante e gassoso come Giove all'inizio può suonare strano. Continuando nella progressione logica della conoscenza, le osservazioni cominciano ad avere un senso e una visione più coerente emerge, le cui conseguenze sono profonde e profondamente diverse.

VIII. IN NATURA TUTTO FUNZIONA IN ARMONIA

«Cosa c'è che non vada?». È una frase interrogativa che spesso sentiamo dire. A mio modo di vedere – anche se non gli viene attribuito il giusto significato – è questo un metodo per interrogarsi e fare scoperte scientifiche. Circostanze ed eventi in natura hanno spesso tra di loro una relazione logica e casuale – come le scene di un film confezionato bene. In un film se non si capiscono gli elementi che compongono la trama non tutto fila liscio. O quando c'è qualcosa di sbagliato che facciamo è il momento di correggere quello che non va. Durante le mie ricerche scientifiche mi sono posto molte volte questa domanda e qualche volta questo interrogarmi ha ripagato le mie aspettative.

Qualcosa di simile c'è negli affari con la frase «trova lo sbaglio e correggilo». A livello governativo e all'università sbagliare è pressoché impensabile. Per qualche sconosciuta ragione che non capisco, gli accademici, di sicuro gli astrofisici e i geofisici, troppo occupati a sminuire o nascondere i punti deboli dei loro modelli, teorie e concetti, agiscono ripetutamente in modo aggressivo, sopprimendo ogni suggerimento che possa indicare loro un possibile sbaglio. Per come la vedo scoprire gli sbagli è un invito a trovare una soluzione più corretta, fare nuove scoperte, perché lo scopo della scienza è di conoscere la natura della Terra e dell'Universo non quello di promuovere false interpretazioni.

Il modello Standard di formazione del Sistema solare è stato concepito in tempi in cui si conosceva unicamente il nostro Sistema planetario. Generalmente un modello viene sviluppato per dimostrare ciò che è noto. Studiando come funziona il nostro Sistema planetario, la regione interna

all'orbita di Marte era concepiva soggetta a temperature troppo alte per condensare del ghiaccio – da qui l'idea di chiamare terrestri i pianeti rocciosi. Gli astronomi hanno fotografato pianeti extrasolari e scoperto pianeti gassosi e giganti come Giove, vicinissimi alle rispettive stelle (più vicini della distanza tra la Terra e il Sole). Invece di interrogarsi se poteva esserci qualcosa di sbagliato nel modello Standard, gli astrofisici hanno costruito modelli basandosi sul presupposto che quei pianeti giganti e gassosi fossero inizialmente almeno alla distanza che c'è tra Giove e il Sole dalle rispettive stelle, facendoli poi progressivamente migrare in orbite più vicine.

Le osservazioni che dei pianeti giganti e gassosi fossero posizionati vicini alle rispettive stelle non mi sorprende. Anzi, penso sia l'evidenza che corrobora la mia idea di Terra, un tempo nucleo solido di un pianeta come Giove. Questi pianeti extrasolari diventeranno davvero interessanti il giorno in cui si potranno utilizzare tecniche di risoluzione che individueranno pianeti rocciosi e le circostanze che hanno condotto a perdere la massa gassosa o lasciarla intatta. Per ora ci dobbiamo accontentare di ragionare in modo logico e progressivo, cercando di scoprire le evidenze che un tempo la Terra rappresentava il nucleo solido di un pianeta gigante e gassoso, utilizzando osservazioni ravvicinate. Prima però bisogna sapere qualcosa d'altro.

Nella seconda metà del XIX secolo gli scienziati cominciarono a notare delle similarità tra specie di piante, fossili e strutture geologiche che separano i continenti [Fig.8-1]. Nel 1862, Eduard Suess (1831-1914), geologo e naturalista, nonno di Hans Suess, pensava a un vasto paleocontinente, che chiamò Gondwana, il quale successivamente si frantumò e una parte sprofondò nei fondi oceanici [97]. Forse qualcuno si chiese cosa non andava nell'interpretazione, pensando che fosse impossibile per un continente sprofondare perché le rocce continentali sono meno

dense di quelle basaltiche che ricoprono gli oceani. Alcuni, infatti, se ne resero conto e l'errore fu corretto.

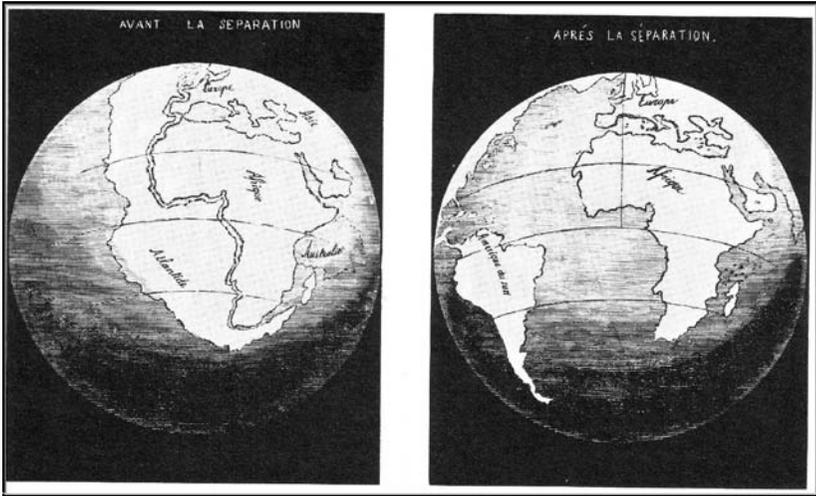


Fig.8-1 Disegno di aperture dell'Oceano Atlantico di Antonio-Sneider Pellegrini, nel 1858.

Secoli prima, Francis Bacon (1561-1626) e altri avevano notato che se non ci fossero stati gli oceani i margini opposti di alcuni continenti combaciavano, esempio la costa orientale del Sud America e quella occidentale dell'Africa. Secoli dopo Alfred Wegener (1888-1930) pubblicò nel 1912 un libro sull'origine di continenti e oceani non convincendo la comunità geologica [98]. Wegener presentò evidenze che una volta i continenti formavano un 'unicum' che chiamò Pangea e che si divise in altri continenti muovendosi nella direzione di apertura degli oceani fino all'attuale posizione. Per circa mezzo secolo la teoria di Wegener fu quasi ignorata dal mondo accademico, particolarmente dagli americani.

È sbagliato rifiutare un'idea nuova. Scienza vuol dire soprattutto confronto e dibattito. Ignorare chi contraddice una tesi dominante non è scientifico. Qualsiasi idea che ambisca ad essere importante o promette di esserlo dovrebbe essere discussa e dibattuta e seguita da esperimenti o

considerazioni teoriche che ne comprovino la validità. Se l'idea si pensa sia sbagliata, si deve almeno controbattere nella letteratura scientifica e possibilmente sulla stessa rivista in cui è stata pubblicata, altrimenti diventa obbligatorio citarla. Il dibattito è di stimolo alla scienza, crea interesse e talvolta dà spunto a nuove idee.



Alfred Wegener (1880-1930)

Dopo mezzo secolo di silenzio il dibattito riprese negli anni '60. La teoria di Wegener fu riesumata investigando le strisce magnetiche dei fondi degli oceani, posizionandola all'interno di una nuova teoria alla quale si era arrivati aggiungendo dettagli con nuovi dati e osservazioni, e nota oggi come teoria della tettonica delle placche o plate tectonics. Questa teoria viene insegnata nelle scuole, nei licei e all'università. Quasi mai si fa cenno alle altre teorie e ai dubbi che la plate tectonics solleva.

Prima della II Guerra Mondiale si sapeva relativamente poco della morfologia dei fondali oceanici. Si conosceva solo di picchi sottomarini lungo la fascia centrale dell'Atlantico. Ma l'estensione della dorsale oceanica – come oggi viene chiamata – fu solo evidente dopo la guerra utilizzando il sonar. Adesso sappiamo che il sistema di dorsali è presente a scala globale, e con un'alta concentrazione di vulcani attivi. Possiamo immaginare la Terra un palla da baseball dove le dorsali sono le cuciture [Fig.8–2].



Fig.8-2 Topografia della crosta continentale (in chiaro). Batimetria (fondo scuro) degli oceani, dove si può notare (in chiaro) il sistema di dorsali, simili a cuciture di una palla da baseball, se immaginati su una sfera.

Durante la II Guerra Mondiale Herry H.Hess (1906-1969), capitano di una nave da guerra, utilizzò il sonar del vascello per misurare i profili di larghe zone dell'Oceano Pacifico. In un certo senso era come guardare negli abissi, e per la prima volta veniva alla luce ciò che altrimenti sarebbe rimasto nascosto. Riflettendo su alcune di queste osservazioni condusse Hess a proporre l'espansione dei fondi oceanici o seafloor spreading, e che il continuo fuoriuscire dei basalti dai vulcani sottomarini lungo la dorsale oceanica facesse muovere progressivamente il fondali oceanici, allontanando di fatto i continenti che in alcuni casi delimitavano vere e proprie fosse oceaniche o trench [Fig.8-3].

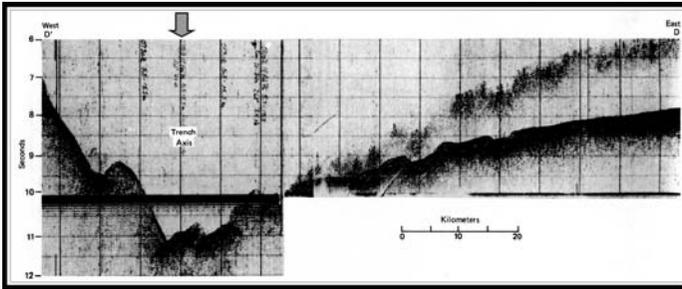


Fig.8–3 Profilo topografico attraverso la fossa delle Marianne rilevato dal sonar.

Un elemento diventa scientificamente importante quando le osservazioni hanno un senso, o detto in un altro modo bisogna mettere le osservazioni in sequenza logica in modo da mettere in evidenza le relazioni esistenti. Hess scoprì nel Sud dell’Oceano Pacifico delle montagne piatte e sommerse detti guyots [Fig.8–4]. Originariamente erano dei vulcani la cui altezza era stata erosa a livello del mare, e questo ha permesso con il tempo di sviluppare tutt’intorno una barriera corallina come avviene nei moderni atolli. Lentamente e col tempo, il movimento dei fondali sui quali erano ancorati furono sommersi e trascinati in acque profonde nelle fosse oceaniche, dove erano stati rilevati dai sonar. L’osservazione dei guyot nelle fosse oceaniche fu per Hess l’evidenza inconfutabile dell’espansione degli oceani.

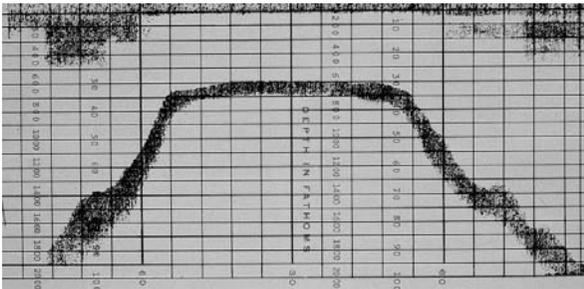


Fig.8–4 Profilo topografico di un guyot nell’Oceano Pacifico rilevato dal sonar di H.H. Hess.

Mentre i fondi oceanici si muovono le dorsali oceaniche sembrano essere sistemi fissi. Ci sono altre strutture chiamati punti caldi o hot-spots che appaiono fisse. Questi punti caldi sulla superficie della Terra rappresentano aree dove fuoriesce una gran quantità di lava. Nel 1963, J.Tuzo Wilson (1908-1993) immaginò la catena di vulcani sommersi Emperor delle isole Hawaii come il risultato del loro passaggio del fondo oceanico sopra un punto caldo, e successivamente si è potuto documentare un'età delle lave progressivamente più vecchia lungo tutta la catena.

Guyot e hot-spots sono prove convincenti dell'espansione dei fondi oceanici, almeno nel concetto di espansione di Hess. Ma evidenze ancora più significative dell'espansione degli oceani sono venute dalle indagini magnetiche dei fondi oceanici. Il campo magnetico terrestre inverte la polarità a una media di circa 200 000 anni. Come la lava si raffredda i minerali magnetici che compongono le lave si comportano come un nastro magnetico registrandone la direzione. Le indagini hanno evidenziato uno schema di strisce simmetrico rispetto alle dorsali oceaniche in cui si alternano magnetizzazioni 'normali' e 'inverse'. Lo schema di strisce dei fondali riflette una serie di inversioni geomagnetiche delle lave che, fuoriuscendo dalle dorsali, registrano le direzioni di movimento, che dalle datazioni dei carotaggi indicano un'età progressiva man mano che si allontanano dalle dorsali.

Sul finire degli anni '60 l'espansione degli oceani fu inglobata nella plate tectonics. L'idea è che la superficie terrestre sia suddivisa in sette placche principali e in un certo numero di placche minori, che muovendosi indipendentemente o entrano in collisione l'una all'altra, o sprofondano nelle fosse presenti vicino ai margini continentali o negli oceani, o slittano l'una a fianco all'altra.

La tettonica delle placche sembra spiegare molte caratteristiche della superficie terrestre, come per esempio i grandi piegamenti che si osservano nelle catene montuose formatesi per collisione. Le strisce magnetiche e le datazioni dei fondi oceanici sembrano evidenze convincenti della teoria. Ma è la teoria corretta? Non necessariamente. Guadiamo le cose più in profondità e interrogiamoci.

Lo sbaglio della plate tectonics sta nell'idea di espansione che Hess utilizza. Non nella parte visibile (documentabile nei fondali oceanici), ma quella parte profonda che si conosce solo indirettamente. Fondamentale perché la teoria possa funzionare è la convezione: quel meccanismo che si immagina in grado di muovere le placche. Hess adattò il presupposto di convezione situato nel mantello per spiegare l'espansione dei fondi oceanici e dopo quasi mezzo secolo di ricerche non c'è la certezza che la convezione del mantello esista davvero (Fig.8-5).

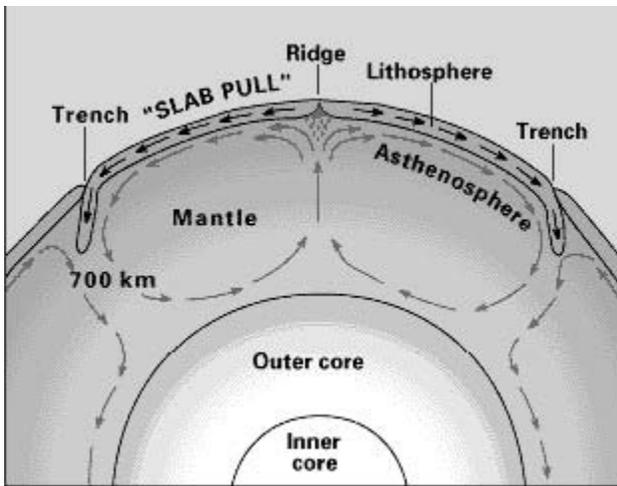


Fig.8-5 Schema del U.S. Geological Survey in cui viene rappresentata l'idea della tettonica delle placche. La direzione delle frecce (in grigio) indica i movimenti convettivi, e della litosfera (in nero) verso la zona di sprofondamento (subduzione).

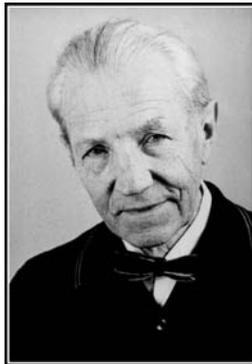
Ripropongo la definizione di convezione del Nobel Chandrasekhar. «L'esempio più semplice di convezione indotta termicamente si ottiene quando uno strato fluido orizzontale viene riscaldato da sotto generando un gradiente di temperatura contrario. L'aggettivo 'contrario' quantifica il gradiente che a causa dell'espansione termica del fluido sottostante diventa più leggero al fluido che sta sopra, instaurando un assetto sbilanciato e potenzialmente instabile. In tali condizioni il fluido tenderà a ridistribuirsi cercando di riequilibrare la debolezza dell'assetto. È così che si origina la convezione, che rappresenta lo sforzo del fluido di tornare allo stato di stabilità».

Il mantello terrestre è quella fascia di rocce semisolide che si trovano tra il nucleo e la crosta, quindi non allo stato di fluido. Hess immaginava la convezione nel mantello possibile a scala geologica. La dimostrazione della sua esistenza deriva da modelli matematici e esperimenti di laboratorio, che per la comunità scientifica assumono il carattere di quasi certezza. Ne contestano la validità. In generale, il fluido in movimento genera celle di convezione che rappresentano 'lo sforzo del fluido di tornare allo stato di stabilità', e ha la tendenza a formare uno schema ordinato di celle di forma esagonale. In superficie strutture terrestri riconducibili a un simile movimento sono assenti. Inoltre, il mantello è stratificato – non uniforme come immaginava Birch – e che inverte sottosopra per convezione non ha proprio senso. Non ci sono dati sperimentali che indichino la possibilità dei basalti oceanici di riciclarsi nel mantello ripetutamente senza subire alterazioni irreversibili. L'energia necessaria ad azionare la convezione è numericamente speculativa – il calore prodotto dalla radioattività non è sufficiente a bilanciare la perdita di calore che fuoriesce in continuazione dalla Terra ed è inferiore a quella necessaria a far funzionare il meccanismo convettivo. Ne ci sono chiare evidenze che le placche sprofondano o vengono risucchiate. L'idea della convezione è un espediente per giustificare l'espansione dei fondi oceanici e dare credibilità alla teoria della tettonica

delle placche. C'è forse qualcosa d'altro che spiega la geodinamica? Queste sono le cose importanti che vanno considerate.

Se nella ricerca scientifica avete la consapevolezza che qualcosa non sia esattamente come vi è stato insegnato, allora aiuta affidarsi al proprio istinto e alle proprie intuizioni. Ricordo la prima volta che mi fu insegnata l'idea che i continenti erano riuniti in un super-continente. A quel tempo l'idea di super-continente – ampiamente insegnato a tutti i livelli – mi disorientava e mi domandai più volte che cosa non andasse con quell'idea. L'intuito mi portava a pensare che la distribuzione di materia su una sfera rotante avrebbe dovuto ridistribuire i continenti uniformemente invece di concentrarli in una sola parte della sfera come invece si immagina avesse operato il super-continente Pangea.

Un giorno lessi di un'altra teoria di geodinamica globale, quella espansionista. Postulata prima della tettonica delle placche che mi fece riflettere perché introduceva alcuni aspetti interessanti, ma non risolveva altri problemi fondamentali.



Ott C. Hilgenberg (1896-1976)

Nel 1933, Otto Hilgenberg (1896-1976) pubblicò un'idea sulla distribuzione dei continenti diversa da quella di Alfred Wegener [99]. Hilgenberg immaginava all'inizio una Terra molto più piccola di come la conosciamo noi: senza oceani e con i continenti uniti come in un enorme

puzzle a incastro a formare una crosta avvolgente l'intero pianeta. La teoria immagina che la Terra iniziò a espandere, frammentando la crosta avvolgente in continenti e oceani. Hilgenberg passò il resto della vita a fabbricare modelli tridimensionali, a pubblicizzare e descrivere l'idea espansionista [Fig.8-6]. I suoi lavori attrassero altri. S.Warren Carey (1911-2002) continuò a pubblicizzare l'idea [100,101]. Nella teoria ci sono però problemi irrisolti.

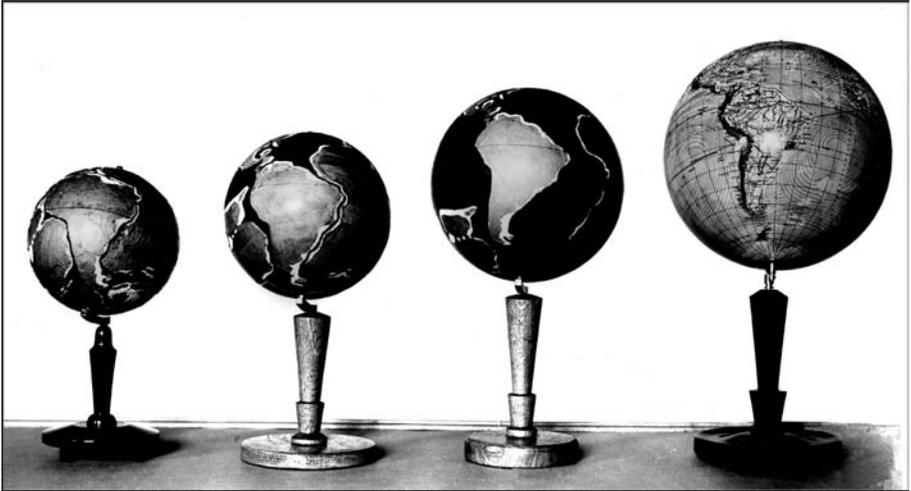


Fig.8-6 La Terra in espansione immaginata da Hilgenberg.

Il primo è la scala temporale dell'evento espansivo. Gli oceanici più antichi hanno un'età di circa 180 milioni di anni. L'età della Terra è circa $4^{1/2}$ miliardi di anni. La teoria ipotizza che la maggiore espansione coincide con la nascita degli oceani separando di fatto i continenti. Non essendoci prima evidenze di oceani espansi, il grosso dell'espansione sarebbe avvenuta negli ultimi 180 milioni di anni. La teoria è in contraddizione con tutte le misure prese dai satelliti orbitanti che escludono una qualsiasi espansione in atto.

Il secondo problema è geologico. La teoria insegna che le montagne si formano essenzialmente per sollevamento verticale, ma non spiega gli orogeni Alpini se non invocando forze di torsione. Come ci sono

spiegazioni interessanti nella tettonica delle placche, anche quella espansionista offre valide soluzioni come l'origine dei continenti da un'unica crosta avvolgente.

Il terzo problema è il più serio, perché non risolve la natura fisica dell'espansione. Per farlo la Terra deve opporsi alla gravità e questo necessita un'energia talmente grande che neppure introducendo il carburante nucleare a disposizione nel georeattore sarebbe in grado di farlo [103]. Nel 1982, Adrian E. Sheidegger fu a proposito di tale energia molto preciso «se mai c'è stata espansione globale si è Avuta per una energia che ancora non conosciamo» [103]. Venti anni dopo ho scritto cos'è questa energia sconosciuta, frutto di un ragionamento logico. Una massa gioviana protoplanetaria di gas primordiale (circa 300 Terre) e un involucro interno solido sul quale avrebbe generato un'energia di compressione enorme e che adesso permette di elaborare una nuova geodinamica.

Nel 1933, Otto Hilgenberg dimostrò istinto e intuizione immaginando la Terra inizialmente avvolta da una crosta continentale continua, non avendo a quel tempo conoscenza che i pianeti del Sistema solare potevano essere costituiti da involucri di materia che cinquanta anni dopo i satelliti avrebbero confermato. Il 41% circa della superficie terrestre includendo le piattaforme continentali è composta di rocce meno dense dei basalti oceanici che bilanciano il resto della massa crostale.

Non c'è una spiegazione geofisica adeguata per spiegare la formazione di masse continentali non-contigue dell'involucro esterno della Terra, se non l'idea di Hilgenberg che in un lontano passato il diametro e la superficie erano inferiori. Come non c'è spiegazione di una Terra la cui composizione si avvicini a una condrite comune in grado di generare un mantello a due componenti. Infine non c'è nel modello Standard di formazione del Sistema solare una spiegazione che possa condurre allo stesso risultato. C'è una

soluzione ed è unificare la teoria della plate tectonics e quella espansionista che ho chiamato Whole-Earth Decompression Dynamics (WEDD o dinamica di decompressione globale della Terra) [104].

Hilgenberg ipotizzava che una Terra ricoperta interamente da materiale continentale, il suo raggio dovesse essere circa la metà. L'estensione della piattaforma continentale sommersa dal mare allora non si conosceva, perché non si conoscevano i suoi limiti. Considerando la profondità del mare di 2 km come limite estremo della piattaforma e usando una moderna cartografia provvista di batimetria, ho calcolato che l'intera superficie occupata dalle rocce continentali il raggio doveva essere circa 64% in meno di quello attuale.

Una Terra con un raggio minore lo invoco sulla base concettuale di essere stata originariamente un protopianeta gigante avvolto da gas, al cui interno c'è un nucleo solido e una parte esterna rocciosa, simile a Giove. La parte solida avvolta dalla massa gassosa era compressa da un peso equivalente 300 volte la massa della Terra e responsabile della riduzione del raggio. La Terra ha densità cinque volte e mezzo l'acqua. Una Terra compressa 64% doveva avere una densità più alta. Ne consegue, che tale densità avrebbe dovuto essere all'incirca uguale alla parte interna solida di Giove.

Se così risultasse dai calcoli, si aggiungerebbe un'evidenza alla precisione della mia interpretazione. Per la Terra il calcolo è semplice; per Giove le cose sono più complicate, ma i fisici hanno già fatto questo calcolo [38,105].

Per la Terra, prendendo la totalità delle rocce continentali rappresentative di una superficie di sfera più piccola si calcola il raggio e il volume. A questo punto basta dividere la massa per il volume per ottenere la densità media. L'incertezza nel calcolo nasce dalla non conoscenza di

quanto sia stato aggiunto alla Terra dallo stadio gioviano in poi. Di questa massa però si può calcolare due estremi: quello attuale, *i.e.* il mantello inferiore più il nucleo e otteniamo una densità media da 17 a 21 volte quella dell'acqua. Per Giove i calcoli indicano una densità media della parte solida da 18 a 20 volte quella dell'acqua. Questo coincide con la mia idea di Terra, alla quale in fase protoplanetaria è stata estirpata gran parte della massa gassosa e dato vita a un pianeta roccioso.

Agli inizi della formazione del Sistema solare sappiamo che dai pianeti interni sono stati estirpati i gas primordiali, non solo idrogeno ed elio ma anche gas più pesanti. Gli astronomi hanno osservato come le stelle più giovani siano spesso instabili ed emettono nello spazio enormi flussi energetici di vento solare [106-108] – vedere l'immagine presa da Hubble (Cap.VII). È ragionevole presupporre che simili flussi siano partiti nello stadio giovanile dal Sole e abbiano estirpato l'involuppo gassoso che – in questa visione – doveva esistere attorno ai pianeti interni.

Privata dell'enorme carico gassoso primordiale la Terra deve aver iniziato a decomprimersi, come una palla di gomma schiacciata per poi rigonfiarsi (WEDD). L'energia immagazzinata nella fase protoplanetaria sarebbe un meccanismo naturale sufficiente a produrre l'espansione.

All'inizio della decompressione – sulla superficie terrestre rigida deve essersi prodotto un sistema di fratture principali riconducibili al sistema globale delle dorsali oceaniche, come proposto dalla tesi espansionistica – l'analogia però finisce qui. La dinamica di decompressione globale della Terra suggerisce un meccanismo alquanto differente per quanto riguarda la dinamica terrestre e comporta la formazione di fratture secondarie, riempite quasi subito [104].

Continuando a decomprimersi – si ipotizza che la Terra abbia cominciato a gonfiarsi internamente, deformandosi plasticamente e producendo cambiamenti nel raggio e nella sfera di curvatura, mentre nella superficie esterna rigida aumentavano le fratture secondarie, che possiamo localizzare essere in tempi moderni le aree dei trench a ridosso i margini continentali, riempite dal continuo estrudere di basalti dalle dorsali in un lento movimento gravitazionale tale da riempire il continuo formarsi di fratture secondarie.

I sismologi usano i dati dei terremoti per creare immagini 3D dell'interno della Terra – tomografia sismica. Tuttavia gruppi diversi di ricercatori usando gli stessi dati ottengono immagini diverse, perché la tecnica è in fase di perfezionamento. La tomografia sismica qualche volta offre immagini di fratture secondarie riempite per decompressione – poiché le immagini rappresentano materiale con caratteristiche diverse dal materiale circostante la distinzione si intuisce. Prima della mia idea sulla dinamica di decompressione, i riempimenti erano interpretati come materiale freddo rispetto a quello circostante più caldo, perché la velocità delle onde sismiche risultava diversa.

Se guardiamo alla dinamica di decompressione globale come la vediamo in superficie risulta simile alla tettonica delle placche, ma con profonde diversità per quanto riguarda l'accrescimento dei fondi oceanici, l'origine dei bacini profondi, sul significato delle zone di subduzione, e sul funzionamento di separazione dei continenti. Le evidenze invocate a supporto della tettonica delle placche sono le stesse della dinamica di decompressione globale – cambia l'interpretazione. Nella tettonica delle placche le dorsali oceaniche sono generatrici dei fondi oceanici, si allontanano progressivamente fino a scomparire, in modo da bilanciare il ciclo. Nella dinamica di decompressione globale i basalti dei fondi oceanici non vengono riciclati da una continua convezione ma vanno a riempire le

fratture di decompressione e inspessire la crosta oceanica. Dai soli studi di superficie è difficile discriminare i due modelli geodinamici.

Dopo 4,5 miliardi di anni la Terra sembra essere alla fine della decompressione. I dati satellitari di durata del giorno terrestre non mostrano particolari variazioni, facendo presumere che non ci siano fratture di decompressione in atto. Anche se questo tipo di fatturazione potrebbe essere episodico, come lo è il rilascio degli stress accumulati in regime sismico o che la decompressione sia finita per sempre. Quello che rimane sarebbero le vestigia del fenomeno, ad esempio la fossa delle Marianne dove il processo di estrusione dei basalti e riempimento delle fratture potrebbe esistere ma è lento, in linea con la lunghezza invariata del giorno terrestre [109].

La manifestazione principale della dinamica di decompressione globale della Terra in superficie è il riempimento delle fratture secondarie di decompressione dei basalti delle dorsali, principalmente vicino ai margini continentali. Le osservazioni geologiche invocate a supporto della tettonica delle placche: le faglie trasformanti, gli archi vulcanici dietro la subduzione, la formazione dei guyot, il contributo dei picchi sottomarini alla topografia irregolare della geologia delle coste, la formazione e distribuzione dei terremoti, e le strisce magnetiche dei fondi oceanici, li considero conseguenza della dinamica di decompressione globale, con lo stesso significato che gli attribuisce la tettonica delle placche. Le differenze più significative dei due modelli geodinamici sono: la formazione dei fondali oceanici, l'origine dei bacini profondi e di quelli parzialmente riempiti da sedimenti, cosa rappresentano le zone di subduzione e quale meccanismo sottende alla separazione dei continenti.

La dinamica di decompressione globale avrebbe dovuto iniziare dopo la rimozione protoplanetaria di idrogeno e componenti volatili, ma

considerando la scala planetaria dell'evento la ripercussione al fenomeno può essere stata ritardata. La Terra non è una palla di gomma che schiacciata reagisce subito al contraccolpo. La ragione è che la Terra non è elastica ma solida, doveva prima fratturarsi e la forza necessaria a iniziare la deformazione doveva essere più alta di quella richiesta a sviluppare la fatturazione. Nel quadro attuali delle conoscenze non è possibile fare una cronologia degli eventi che hanno prodotto il reticolo di fatturazioni primarie generando il sistema delle dorsali oceaniche, né stimare il tempo necessario a reagire alla decompressione. Considerando che gli eventi geologici hanno tempi lunghi è ipotizzabile tempi di decompressione altrettanto lunghi. Il contraccolpo subito dal semplice ritiro dei ghiacciai nell'ultima glaciazione nelle zone nordiche – per esempio – è stato stimato in migliaia di anni [110]. È immaginabile che sia necessario un periodo lunghissimo per reagire alla compressione di una massa atmosferica 300 volte il peso della Terra.

Quando una sostanza viene compressa libera calore, detto anche calore di compressione. La perdita di un carico 300 volte quello della Terra sulla massa sottostante dovrebbe aver liberato una quantità considerevole di calore la cui perdita, per reagire al contraccolpo, deve essere rimpiazzata subito. Potrebbe essere un'altra sorgente di calore presente nei dintorni che abbasserebbe la temperatura e impedirebbe la decompressione.

Tutta la cronologia di decompressione deve risolvere come rimpiazzare la perdita di calore prodotta dalla compressione proto planetaria; lo stato termico protoplanetario precedente la degassificazione; la dinamica di degassificazione: particolarmente al raffreddamento a cui può essere stata esposta; le proprietà del mantello; il raffreddamento risultato dalla decompressione; e il tempo necessario a rimpiazzare la perdita di calore per decompressione. Un compito difficile di stima ma possibile, non certo attraverso modelli agganciati a presupposti ma mettendo assieme

osservazioni apparentemente non relazionabili, che lo diventano se messi in sequenza logica. Il metodo scientifico che io pratico.

La Terra sembra avvicinarsi alla fine della decompressione. Se non fosse così dovremmo osservare un progressivo aumento del giorno solare. Tali misure [109] che negli anni sono sempre più precise escludono questa possibilità e di conseguenza che ci siano in atto fratturazioni secondarie.

La fratturazione secondaria con riempimento delle stesse fratture sono elementi complementari del processo dinamica di decompressione globale. Anche senza fratturazioni secondarie, una stima può essere fatta considerando l'ammontare di riempimento dei basalti attualmente prodotti nel periodo più recente. Si può introdurre il presupposto che in un intervallo di tempo la velocità di formazione di fratture secondarie sulla superficie della Terra sia uguale alla quantità di basalto che le riempirà successivamente. Il volume di basalti fuoriusciti può in questo modo essere messo in relazione alla velocità di decompressione e condurre a un valore infinitesimale per quanto riguarda l'aumento del raggio terrestre, in linea con le misure sulla lunghezza del giorno solare. Estrusioni più voluminose sono certamente avvenute in passato, poiché la percentuale annua di aumento del raggio terrestre se tenuta costante sull'intera vita della Terra risulterebbe di solo 2%.

La formazione di fratture secondarie può essere episodica, come succede per il rilascio degli stress nei terremoti più significativi, o potrebbero essere terminate per sempre. Le stesse fratture tuttavia sono ancora evidenti nei bacini profondi nella cintura circumpacifica, come la fossa delle Marianne e di Tonga, dove la dinamica di decompressione globale di riempimento delle fratture continua.

In poche pagine ho analizzato oltre un secolo di ipotesi geodinamiche: ho esaminato perché la teoria della tettonica delle placche è errata come pure la teoria espansionistica; ho descritto come la Terra si è evoluta proponendo una dinamica di decompressione globale che unisce le due teorie, in una logica consistente con le osservazioni; ho presentato dettagli importanti per capire la scienza, quella vera assente nei libri e quasi sempre esclusa dall'insegnamento. Ho fatto questo perché gli insegnanti possano far conoscere la bellezza e l'eccitamento della scoperta, che diventa evidente quando ci si interroga sulla correttezza scientifica del pensiero dominante, e gli scienziati possano dedicarsi a nuove scoperte. In poche pagine ho descritto dettagli e metodi affinché tutti possano beneficiare. Ma ho anche solo accennato ai punti più importanti, e ho ancora molto da dire su come immagino la Terra in relazione all'Universo.

IX. FLUSSO CALORICO IN SUPERFICIE

Sapere cosa non si conosce è più importante di sapere cosa si conosce. Ho sempre percepito questa verità – almeno nel mio subconscio – ma un insieme di circostanze accadute nel 1974 mi portarono a toccarlo con mano. Iniziai a interessarmi di scienza negli anni '70 ottenendo un B.A. (Diploma) in fisica all'University of California at San Diego (UCSD) nel 1970, e un Ph.D. (Dottorato di Ricerca) in chimica nucleare alla Texas A&M University nel 1974. Un inizio comune a tanti studenti che però cambiò un pomeriggio entrando per presentare alla UCSD la ricerca di dottorato, prendendo coscienza di una nuova dimensione che unisce la comprensione scientifica e la ricerca.

Il pubblico era quello dei seminari universitari americani della metà degli anni '70, un miscuglio di studenti della facoltà, di neolaureati e laureandi, tutti vestiti in modo informale e colletti slacciati, eccetto un signore dai capelli bianchi, vestito di scuro, camicia bianca e cravatta molto sobria. In quel distinto signore riconobbi subito il Premio Nobel Harold C. Urey.

Fui preso dal panico. Benché ero conscio di presentare un argomento a me familiare, il dubbio mi assalì. Mi domandavo chi fossi io e cosa mai potessi insegnare a quell'uomo. Conoscevo quasi tutto di Harold Urey. Dopo aver conseguito il Ph.D. era stato a Copenhagen per un anno di postdoctoral alle dipendenze del Premio Nobel Niels Bohr, considerato il padre della fisica atomica, e uno dei fondatori della fisica quantistica, campo della scienza su cui poggia gran parte della tecnologia della moderna elettronica. Ricordo di aver visto una sua fotografia con Einstein. Sapevo che aveva diretto The Isotope Separation Division nel Progetto Manhattan. Sapevo che assieme ai suoi studenti aveva perfezionato la tecnica di

utilizzare gli isotopi dell'ossigeno per determinare le temperature del recente passato – metodo usato ancora oggi nell'investigare il riscaldamento globale. Non era però questo che mi preoccupava. La causa di tanta esitazione era l'enorme carisma che Urey esercitava e che potevo palpare con i miei stessi occhi.

Due anni prima, studente di dottorato alla Texas A&M University, a College Station, ero andato a Huston per incontrare un scienziato dell'UCLA, al Johnson Space Flight Center della NASA, il quale era lì per una conferenza sulla Luna. Ci incontrammo nell'ora di pranzo, e concludendo la discussione in tempo perché lui potesse partecipare alla sessione pomeridiana accettai un suo invito alla conferenza. Entrando nella salone delle conferenze della NASA c'era moltissima gente, qualche centinaio. L'attesa non era su quello che stava succedendo in quel momento, che coinvolgeva alcuni scienziati in lunghe e noiose discussioni su come descrivere e analizzare le rocce lunari, ma sulla presentazione dell'astronauta-geologo Harrison Schmitt. La discussione si stava prolungando oltre il normale, sospinta dalla fatica e dalla puntigliosità di alcuni che faceva ritardare la presentazione. L'intervento di Harrison Schmitt sebbene interessante e ben argomentato andava per le lunghe e sembrava non finire. La maggioranza era visibilmente stanca – era stata una giornata lunghissima e faticosa – tutti però rimanevano seduti. Dopo una decina di minuti notai che Harold Urey si alzò e sommessamente lasciò la sala. A questo punto quasi un terzo dei convenuti si alzò e lo seguì senza troppo infastidire gli altri. Il suo carisma proveniva, non perché scienziato riconosciuto e onorato, ma perché più di altri aveva convinto la NASA sull'importanza delle missioni lunari, inizialmente senza l'uomo, e successivamente fornendo le giustificazioni scientifiche perché il Presidente John F. Kennedy (1917-1963) decidesse sull'obbiettivo di inviare l'uomo sulla Luna prima degli anni settanta.

Guardando Harold Urey, notai in lui una dolcezza degli occhi e un lieve sorriso sulle labbra, e lo sgomento sparì come per incanto. Riacquistata la fiducia iniziai a parlare. C'erano altri due membri della facoltà che già conoscevo dai tempi dell'università alla UCSD, e fu proprio incontrando uno di loro che ricevetti l'invito a presentare la tesi di dottorato. C'era anche un signore che non avevo mai visto prima, neppure in fotografia, la cui identità mi fu però immediatamente chiara. La sua figura assomigliava al relatore di tesi alla Texas A&M University, Marvin W. Rowe, il quale una volta mi capitò di descriverlo come un grosso e bonario orsacchiotto dagli occhi lucenti, l'uomo non poteva che essere il Prof. Dr. Hans E. Suess. Finita la presentazione e risposto alle domande, Hans Suess si avvicinò e presentandosi mi chiese se potevo incontrarlo nel suo ufficio l'indomani.

Quella sera non riuscii a non pensare cosa avesse in mente l'eminente Professor Suess. Mi chiedevo se voleva essere semplicemente cortesia o che avesse intuito degli errori nella mia presentazione. Avevo appena iniziato, lui era l'uomo che con J. Hans D. Jensen (1907-1973) aveva scoperto la struttura del nucleo atomico che gli valse il Premio Nobel per la fisica. Hans Suess aveva sviluppato la tecnica di datazione del radiocarbonio e pubblicato con Roger Revelle (1909-1991), nel 1957, le prime idee sul pericolo del riscaldamento globale a causa del crescente consumo di combustibili fossili.

Ci incontrammo il giorno dopo all'ora stabilita. Hans Suess sembrava interessato a parlare di vari argomenti, e mi sentii sollevato perché non fece cenno al mio seminario. Mi parlò del suo lavoro sul radiocarbonio, a quel tempo misurava l'età degli anelli di accrescimento degli alberi. Mi disse che confrontando su un grafico l'età misurata al radiocarbonio con l'età dedotta contando il numero di anelli degli alberi invece di una linea retta questa 'svirgolava', specialmente nel periodo conosciuto come 'piccola età del ghiaccio' (~1560-1850 A.D). Il carbonio-14 è radioattivo e viene prodotto dal vento solare bombardando l'alta atmosfera, per Suess voleva dire che la

fuoriuscita di plasma dal Sole non era costante e che la variabilità si riflettesse sul clima. Ne rimasi alquanto impressionato. Sebbene Suess avesse ammonito sul pericolo del riscaldamento globale, era aperto alla possibilità che ci potesse essere anche dell'altro, il coinvolgimento di altri fattori, e lui era nella posizione per dimostrare il grado di variabilità nonché il nesso con la glaciazione globale non meno pericolosa per l'umanità del riscaldamento globale.

Poi guardando lontano – mi disse che aveva dovuto lasciare Vienna perché ebreo per un ottavo; del suo lavoro ad Amburgo dove la discendenza ebrea era nota ai nazisti; che era stato coinvolto nella produzione di acqua pesante col Terzo Reich nel programma di ricerca atomica; e che qualche volta si fa ricerca per sopravvivere. Hans Suess parlava. Lo ascoltavo rapito. Mi domandavo dove volesse condurmi. Infine si fermò, come per studiarmi. Capii immediatamente che avrei scoperto la ragione per cui mi aveva invitato. Quando me lo disse non era niente di quello che avevo immaginato. Suess mi offriva un postdoctoral alla UCSD, e l'opportunità di fare ricerca su un argomento di mia scelta, imparando da due scienziati del calibro di Hans Suess e Harold Urey. Dire che rimasi sorpreso è riduttivo. Ero letteralmente sotto shock. Stordito. Felice. E quasi senza parole. Riuscii a malapena ad aggiungere qualche parola di apprezzamento e di accettazione. Che opportunità! Ma perché io? Durante i mesi successivi spesso mi chiedevo quali particolari circostanze avessero giocato a mio favore per ottenere questa rara opportunità, che non avevo né cercato né richiesto. Solo più tardi mi resi conto che Suess e Urey, oramai a fine carriera, volevano passare a qualcuno le loro conoscenze.

Qualche volta Hans Suess amava nel pomeriggio invitarmi nel suo ufficio. Cominciai ad aspettare con trepidazione le visite pomeridiane, perché Suess ne approfittava per raccontarmi cose personali, qualche volta parlando di scienza o delle cose che reputava importanti nella vita

scientifico. In una particolare occasione mi domandò direttamente se avessi intuito la ragione del perché mi avevano scelto. Naturalmente non lo sapevo. Ricordò che durante il seminario alle domande che seguirono la presentazione, a una in particolare, avevo risposto che non sapevo la risposta perché l'informazione non si conosceva. Poi, guardandomi fisso, quasi a indagare nella mia anima, Hans Suess mi disse che su mille giovani scienziati nessuno o quasi avrebbe risposto in quel modo, ma che la totalità avrebbero tentato di dare una risposta. Mi spiegò che era più importante conoscere quello che non si sa invece di quello che si conosce. Quella fu la lezione del giorno. Dal mio punto di vista posso dire che è una lezione di cui molti scienziati dovrebbero beneficiare.

Conoscere cosa non si sa aiuta a domandarsi cosa c'è di sbagliato e a focalizzare l'attenzione sulla natura delle scoperte che bisogna ancora fare. C'è un metodo che si può usare tanto per cominciare, guardare al passato. Viaggiare nel passato – non con la macchina del tempo di Herber G. Wells – ma attraverso la comprensione storica degli eventi e delle idee che hanno condotto l'umanità ad un altissimo grado di conoscenza e noti in letteratura. Ordinando in successione logica osservazioni e idee in modo che dalla comprensione risulti una sequenza progressiva e conoscendo il già noto e il nuovo appena scoperto, aiuta a riempire le lacune che altrimenti nella sequenza rimangono nascoste e pongono limiti alla conoscenza, *i.e.*, cominciare a conoscere cosa non si sa ancora. Il processo mentale per arrivare a fare scoperte scientifiche rimpiazza in un certo senso un'altra frase 'cosa non si sa' che inizia dalle osservazioni fondamentali che hanno senso per proseguire verso ciò che non si conosce.

Consideriamo ora un esempio del passato. Non c'era una risposta sul perché le rocce continentali avvolgono la superficie terrestre del 41% circa invece del 100%, come è il caso degli altri pianeti terrestri del Sistema solare. Otto Hilgenberg – senza conoscerne la vera ragione – ebbe l'ispirazione di

proporre che in passato la Terra era più piccola e la superficie completamente avvolta da rocce continentali. Ho spiegato che la causa andava ricercata nell'ipotesi che il pianeta all'origine fosse compresso perché avvolto da una enorme massa gassosa come Giove, e che ero convinto dell'idea dopo avere riesaminato la natura della materia da cui si è formato il Sistema solare.

Entrando in una grotta si riscontra un confortevole abbassamento della temperatura, particolarmente d'estate. Scendendo a profondità maggiori – come i minatori in certe miniere – la temperatura sale e solo un sistema di ventilazione permette di tollerare l'ambiente. L'uomo ha penetrato la Terra di pochi chilometri e domandarsi se la temperatura aumenta fino al centro della Terra è una deduzione logica. Alcuni si erano posti l'interrogativo e concluso che non poteva essere così perché il mantello terrestre non è liquido altrimenti le onde-S o di taglio non l'attraverserebbero. Un'altra risposta alla domanda dove e come ha origine il calore non si sapeva fino a poco tempo fa, ne lo si immaginava fosse qualcosa che si potesse dedurre logicamente.

Le ipotesi sui flussi di calore registrati sulla superficie terrestre sono stati a lungo oggetto di ricerca scientifica. Agli inizi gli scienziati non conoscevano nessuna sorgente di calore interna alla Terra, e pensavano che il raffreddamento fosse causato dalla dissipazione del calore accumulato durante la fase planetaria. La scoperta della radioattività cambiò del tutto questa percezione. Da allora il calore generato dal decadimento degli elementi radioattivi fu inquadrato come l'unica sorgente in grado di produrre energia internamente alla Terra. Né la visione di Francis Birch, né il modello Standard di formazione del Sistema solare hanno mai ammesso altre possibilità. Ci sono però due seri problemi con entrambe le ipotesi.

Dal 1939 gli scienziati avevano continuato a misurare i flussi di calore delle rocce continentali [111, 112], e dal 1952 avevano iniziato a misurare quelli dei basalti oceanici [113]. Le rocce continentali contengono maggiori quantità di radionuclidi a vita lunga rispetto alle rocce basaltiche dei fondi oceanici. Quando furono pubblicati i primi dati sui flussi di calore continentali si ritenne che queste rocce fossero le più energetiche in fatto di flusso calorico. La sorpresa arrivò con i basalti oceanici i cui flussi di calore erano ancora più alti. Da dove arrivava tutto questo calore?

Misurare i flussi di calore sulla superficie terrestre è un progetto a lunga scadenza. Una delle stime più recenti si basa su 24.774 osservazioni in 20.201 postazioni indicanti una perdita totale di calore di 44,2 TW [28]. Se la quantità di calore proveniente dai radionuclidi è stimata di variare tra i 19–31 TW, la differenza non la possiamo ritenere proveniente solo dal decadimento radioattivo. A questo dato si deve aggiungere l'energia spesa a far funzionare la convezione nella tettonica a placche. È evidente che c'è un eccesso di energia, o almeno c'era prima della mia ipotesi alternativa.

Dopo quasi un secolo nel quale si era propagandato che fosse il decadimento radioattivo all'origine dell'energia interna alla Terra, per la prima volta ho proposto altre due sorgenti di energia interna, quella generata da un georeattore nucleare al centro e quella accumulata nella fase protoplanetaria da tenere compressa la Terra [15,104]. Sulle conseguenze di una Terra originariamente un pianeta gigante e gassoso come Giove – come presentato nell'ipotesi dinamica di decompressione globale – c'è un serbatoio di energia tale da giustificare anche un processo geodinamico di decompressione totale. Una parte di quell'energia risiede alla base della litosfera – chiamata Mantle Decompression Thermal–Tsunami (MDTT) [114] – e che spiega i flussi di calore nei fondi oceanici, sui continenti e l'aumentare della temperatura con la profondità.

In geofisica nel trasportare calore si invocavano tre processi: conduzione, radiazione e convezione. La conduzione è il passaggio di calore tra gli atomi di un corpo caldo a uno più freddo; metalli e leghe sono in genere degli ottimi conduttori di calore, mentre le rocce silicee non lo sono affatto. La radiazione è il trasferimento di calore attraverso onde elettromagnetiche, si tratta principalmente di trasferire calore dallo spazio e nello spazio. La convezione – ampiamente descritta in precedenza da Chandrasekhar, (Cap. XIII) – è il trasferimento di calore attraverso una massa fluida galleggiante riscaldata da sotto.

Se nel costruire i modelli i geofisici non avessero aderito alla non-scienza e si fossero invece chiesti 'cosa non si conosce' del trasporto di calore avrebbero iniziato a interrogarsi anche su 'cosa non va' nelle loro interpretazioni. Analizziamo allora come i tre processi trasportano calore a scala globale. La conduzione termica è efficace nel nucleo solido e liquido, non per trasportare calore nel mantello termicamente isolante anche a scala geologica. La parte solida della Terra è troppo fredda per essere trasparente o troppo opaca per un efficace trasporto delle radiazioni. Nel capitolo XIII ho spiegato perché i presupposti della convezione non hanno una solida base scientifica, specialmente in quella parte di mantello che non è fluida ma semisolida, né che ci sono evidenze in superficie di strutture convincenti dell'esistenza di convezione, e né che il mantello sia chimicamente stratificato. Ci può essere solo una galleggiabilità controllata localmente dai plume che alimentano gli hot-spot, e responsabili delle isole Hawaii e della catena sottomarina Emperor. Come possiamo immaginare di trasportare calore dal mantello alla base della litosfera?

Durante la fase di decompressione ci deve essere calore aggiunto per rimpiazzare quello che viene perduto durante il processo stesso, altrimenti la temperatura si abbasserebbe impedendo al processo di decompressione di continuare. Questo calore viene prodotto nel nucleo dal decadimento di

uranio e torio e/o durante la reazione di fissione nucleare, o dal decadimento delle sostanze radioattive residenti nel mantello inferiore. Il risultato è una decompressione che inizia alla base del mantello e si propaga in verticale come uno tsunami, fino a raggiungere la base della litosfera che resiste alla decompressione, creando un surriscaldamento e favorendo attività effusiva o intrusiva lungo fratture secondarie provocate dalla stessa decompressione.

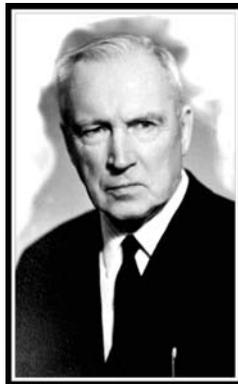
Il MDTT è il meccanismo di trasporto che usando l'energia interna alla Terra accumulata durante la compressione protoplanetaria bilancia la parte di energia calorica interna in eccesso, e importante per l'attività sismica e vulcanica perché i processi geodinamici importanti sono concentrati lungo le fratture secondarie di decompressione.

Per quasi un secolo l'energia prodotta internamente alla Terra si riteneva dovuta esclusivamente al decadimento di radionuclidi a vita lunga. Per quel sbaglio sono state fatte considerazioni importanti errate per la nostra esistenza. La quantità di flusso calorico prodotta dal decadimento radioattivo è pressoché costante se paragonato alla scala di vita dell'uomo. L'aver presupposto un flusso calorico interno alla Terra costante non ha spinto la scienza a verificare se ci fossero variabilità nel flusso calorico.

Questo modo di intendere la Terra generatrice di un flusso calorico costante ha condizionato i modelli climatici e quelli relativi al riscaldamento globale. Questo non ha nessuna giustificazione. Né l'energia prodotta dal georeattore né quella accumulata durante la compressione protoplanetaria e trasferita alla base della litosfera può essere intesa costante, anzi ci si aspetta una certa variabilità. I cambiamenti di flusso calorico incidono sulla dinamica degli oceani, in particolare la circolazione delle acque oceaniche, i quali variano la distribuzione delle condizioni

metereologiche, muovendo le masse calde da un punto all'altro del globo. Di quanto si spostano, per ora non si sa.

C'è un assoluto bisogno di ripensare e di riconsiderare in termini di conseguenze quello che la Terra è stata, un pianeta gigante e gassoso come Giove. Ci sono troppe cose che non si sanno ancora della Terra. Penso che quello che non si sa può iniziare ad avere un senso quando la Terra verrà guardata nello stesso contesto di come la vedo io. Consideriamo, per esempio, l'idea sull'origine del petrolio che si viene estratto dai pozzi petroliferi e successivamente raffinato in benzina e altri prodotti, e di grande impatto sull'economia nazionale. In quasi tutte le scuole si insegna che l'origine del petrolio deriva dalla decomposizione di piante e organismi animali sepolti che, attraverso l'azione del calore e della pressione, col tempo si trasforma in petrolio. C'è anche un'altra idea della quale sentiamo sempre più parlare e discutere, che l'origine del petrolio sia abiotica e non biologica.



Nikolai Kudryavtsev (1893-1971)

Nikolai Kudryavtsev (1893-1971) diede origine alla teoria abiotica del petrolio russo-ukraino [115], introdotta e pubblicizzata in occidente particolarmente da Thomas Gold (1920-2004) [116,117]. Gli argomenti sollevati da Kudryavtsev a supporto della teoria erano che nessuna composto di petrolio appena estratto (crude oil) si avvicina ai tentativi di replicarlo in laboratorio. Citò esempi di crude oil estratto in formazione di

rocce cristalline e fece notare che grandi quantità di gas metano (CH_4) sono spesso associate a eruzioni vulcaniche. Sebbene l'idea sia ancora controversa, c'è un crescente dibattito pubblico in materia e si continua a fare esperimenti che sostengono l'origine non biologica per la formazione di idrocarburi in profondità [118].

La possibilità di avere enormi risorse potenziali di petrolio e gas di origine abiotica dipende molto dalla natura e dalle circostanze come si è formata la Terra [119]. La mia idea di una Terra formatasi da un pianeta tipo Giove è coerente con le osservazioni dei pianeti gassosi che si trovano vicino alle rispettive stelle in altri sistemi planetari [120]. Il punto importante da sottolineare qui è che tutte le evidenze puntano a una formazione della Terra nel suo originario insieme a un'intima associazione con gas primordiali, di cui la massa di metano doveva essere circa 1,5 volte quella della Terra. La possibilità che in queste condizioni composti contenenti carbonio possano essere stati intrappolati è grande, se paragonate alle condizioni nel modello Standard di formazione del Sistema solare. Tutto questo diventa importante quando si tratta di attribuire delle probabilità all'idea di avere potenziali riserve di petrolio e gas abiotici in profondità.

L'assenza di convezione nel mantello, anche se sono presenti masse associate ai punti caldi o hot-spot, significa che contrariamente a quello che si pensa non c'è ragione di ipotizzare nel mantello forme di degassificazione importanti. Ci si aspetta che in tali circostanze la probabilità di energia abiotica sia, comparativamente alle idee precedenti, più credibile.

Una delle conseguenze della formazione della Terra da un pianeta gigante e gassoso è l'esistenza di un enorme serbatoio di energia immagazzinata durante la compressione protoplanetaria capace di azionare il processo geodinamico di decompressione globale del pianeta. Ho suggerito

che una parte di questa energia (MDTT) si è accumulata alla base dell'interfaccia mantello/litosfera [114].

Nel processo di decompressione della Terra il calore generato all'interno del nucleo o nel mantello può aumentare la decompressione rimpiazzando il calore immagazzinato nella fase di compressione protoplanetaria. Il risultato sarebbe un rapido 'tsunami' (spostamento di calore verso l'alto), che si accumula alla base della litosfera e la cui rigidità si oppone alla decompressione. Come la pressione aumenta e comprime la materia all'interfaccia mantello/litosfera si crea un calore di compressione che trova sfogo attraverso fratture secondarie di decompressione o aree tensionali o nel vulcanismo. Il processo può anche accrescere la probabilità di preservare energia non biologica pressurizzando e riscaldando la base della litosfera dove si concentra il metano e altri composti simili provenienti dal mantello.

In generale – scientificamente parlando – ogniqualvolta si assiste a nuove scoperte le idee che erano state accantonate dovrebbero essere riesaminate alla luce dei risultati. Questo è particolarmente vero nella ricerca di petrolio e gas di origine abiotica dove, proponendo un nuovo processo di formazione del Sistema solare e una nuova composizione e una nuova dinamica della Terra, la probabilità che queste risorse esistano davvero aumenta.

Sapere cosa non si sa è un passo fondamentale per fare nuove scoperte; come fondamentale è sapere cosa è importante al punto da sprecare tanto tempo, talvolta troppo, in ricerche inutili in aree che si conoscono, se lo si paragona con il tempo necessario a scoprire cose nuove; e la combinazione tra il sapere cosa non si sa e il sapere cosa è importante è la chiave del successo. C'è però anche un altro aspetto essenziale l'integrità (umana).

Lo scopo della scienza – l'ho ripetuto infinite volte – è quello di scoprire la vera natura delle Terra e dell'Universo. Scienza significa verità non inganno o travisamento, né verso la comunità scientifica né verso il pubblico, in generale. Alle fondamenta, scienza e integrità sono indivisibili. Chi dedica alla scienza tempo all'inganno e a tramare perde il suo tempo, e soprattutto priva se stesso e gli altri dell'opportunità di fare scoperte importanti.

Certamente non sorprenderà nessuno che l'integrità non sia l'interesse primario delle istituzioni che impiegano o rappresentano un largo segmento di scienziati finanziati dal governo. Istituzioni che qualche volta sembrano agire con fermezza contro chi si macchia di frode scientifica. Altre volte la frode scientifica viene intesa in altre forme restrittive che vanno a beneficio della stessa istituzione. Per lungo tempo chi guidava le istituzioni definiva la frode scientifica come un'azione individuale di falsificazione dei dati. Successivamente si è arrivati ai noti scandali della U.S. National Institutes of Health alla definizione di frode, quando nelle pubblicazione vengono aggiunti autori i quali non hanno contribuito alla ricerca. In quest'ultima definizione manca la frode istituzionale. Perché? Le istituzioni, non i singoli individui, sono allo stesso tempo firmatari e destinatari dei finanziamenti e dei contratti. Domandatevi a questo punto se sia etico e anche legale per una istituzione ricevere dei contributi attraverso finanziamenti e contratti allo scopo di condurre ricerca scientifica sapendo e autorizzando uno o più dei suoi dipendenti a:

- (1) Impegnarsi nell'eliminare nuove e importanti comunicazioni scientifiche.
- (2) Falsificare la scienza alla comunità che la rappresenta e al pubblico in generale.
- (3) Ignorare lavori scientifici pubblicati che contraddicono i lavori finanziati dai contribuenti e/o da contratti.

Ciascuna di queste attività – per come la vedo – costituisce una frode delle istituzioni scientifiche.

Sprecano i fondi dei contribuenti a scala nazionale, rallentano il progresso scientifico, ingannano gli altri. Ciascuna di queste azioni – per esperienza – la si conosce e se ne autorizza volontariamente la pratica forte dell'immunità garantita dal Rettore dell'università e da coloro che lo rappresentano, e se informati ufficialmente – sempre per esperienza – i firmatari dei finanziamenti governativi e/o dei contratti non fanno niente, a volte non si curano neppure di voler conoscere le lamentele. La vita continua come sempre. Non si deve correggere niente.

Questo genere di comportamento è simile a certe organizzazioni religiose dove chi le rappresenta in questi anni ha chiuso occhi e orecchie sulle accuse di pedofilia di tanti preti, che al tempo di Galileo ha agito con violenza per sopprimere le contraddizioni che erano state formulate contro la loro idea di Terra e Universo.

Esiste un'insana relazione tra le università e il National Science Foundation (NSF). Gli universitari vengono scelti dal NSF per un periodo di tre anni quali selezionatori pro tempore dei programmi di ricerca. Questi, insieme a un numero di revisori che restano anonimi, assicurano che, solo in alcuni casi, singoli individui o piccole società possano accedere alla competizione universitaria per i fondi. Da oltre un quarto di secolo ho rinunciato a concorrere per i fondi NSF. Le carte erano segnate, la scelta era fatta, il gioco era truccato, e chi selezionava non era onesto.

Nel modo in cui la NSF conduce la selezione si può avere l'impressione che la NSF esiste solo per finanziare le università, ma il Congresso degli Stati Uniti ha esplicitamente inteso la funzione della NSF:

«Nell'esercitare l'autorità e adempiere alle funzioni di cui si fa riferimento nella precedente sezione, uno degli obiettivi della Fondazione sarà quello di rafforzare ricerca e conoscenza in campo scientifico e in quello dell'ingegneria, inclusi i ricercatori indipendenti intesi come individui singoli, in tutti gli Stati Uniti, ed evitare una concentrazione ingiusta della ricerca e della istruzione.» 42 U.S.C. 1862 (e).

Invece di obbedire alla legge, la National Science Foundation ha aperto le porte a un'attività che ha del criminale, creando un sistema di revisione anonima, che usando l'intimidazioni come metodo ha schiacciato decenni di scienza creativa, ottenendo in cambio uniformità di consenso e creando, dopo decenni di pressione selettiva darwiniana, i più adatti a portare all'università i finanziamenti NSF e a sopravvivere in un ambiente dove si è inteso far prevalere l'anonimato come metodo di revisione scientifica, e dove non si richiede né di aderire agli standard scientifici né alla veridicità scientifica. Invece di 'rafforzare la ricerca e la conoscenza in campo scientifico', la NSF ha aperto i cancelli a una scienza barbara, premiandola. Quando tutto questo accadeva, dov'era il Comitato scientifico nazionale il cui mandato era di sorvegliare la NSF?

L'importanza di avere una scienza veritiera, che attribuisca all'etica un valore non è quasi mai né insegnata né per mia esperienza praticata nelle università americane, se non raramente. Queste sono le stesse istituzioni molte delle quali sono comandate a istruire i loro figli e figlie. In tali istituzioni, la verità sembra essere irrilevante, quasi un disturbo. Ma la verità è una necessità assoluta per una condotta non fraudolenta della scienza. Fare ricerca non è solamente parlare di verità ma è la verità (scientifica). Sir Wiston Churchill scrive a proposito: «La verità è incontrovertibile; la cattiveria la si può attaccare e l'ignoranza la si può deridere; ma alla fine quel che rimane è solo la verità.» [121]

X. SCAVANDO NEL MARCIO

La vita sulla Terra è sempre stata una lotta inarrestabile per sopravvivere. Ogni essere vivente esiste perché altri possano vivere. La natura è intransigente, implacabile, banchetta senza bisogno di una festa, sopravvive, si riproduce, e muore. Fin dall'inizio della vita, la battaglia per la sopravvivenza è stata l'unico obiettivo, un'attività totalizzante, e con poco tempo da sprecare energie in qualcosa di meno vitale.

Lentamente, andando oltre le necessità della vita, e progredendo in un mondo aspro e selvaggio, con esitazione, gli esseri umani sono stati in grado di superare la lotta per la sopravvivenza, e per alcuni di guardare o immaginare il mondo come nessuno aveva saputo fare prima. Le osservazioni portano a capire, e solo raramente nasce una nuova idea, un concetto totalmente nuovo, un pensiero senza che qualcuno non lo abbia espresso prima.

La comprensione umana è un'attività distintamente individuale. Ognuno di noi riflette e, attraverso lunghi sforzi, mette in ordine logico idee e osservazioni, in modo che le relazioni casuali facciano emergere un nuovo modo di comprendere le cose. La conseguenza di questo sforzo è che qualche volta l'umanità riesce a fare un passo avanti. Le società avanzate illuminate dalle scoperte tendono a svilupparsi o a offuscarsi nel crepuscolo del buio quando incrociano i barbari.

Per andare avanti nel progresso scientifico, la gente ha bisogno di sapere quello che molti scienziati non sembrano né comprendere né apprezzare, che la scienza è fondata sulla verità e che le scoperte scientifiche devono raccontare la vera natura della Terra e dell'Universo. La verità sembra essere

scomparsa dal panorama accademico. Ma la verità è assolutamente cruciale per la scienza – come ho detto tante volte. Inoltre la verità è un elemento alla base di ogni civiltà. La parola 'verità' è stata scritta 224 volte nella versione di King James della Sacra Bibbia. Nei tribunali americani e di fronte al Congresso degli Stati Uniti i testimoni devono giurare di dire la verità. Le leggi e i Codici Civili obbligano a dire la verità nella pubblicità e negli affari. Questi sono solo alcuni degli esempi.

Nascosti, non responsabili e protetti da anni di segreto voluto dalle istituzioni, i barbari invitati dalla National Science Foundation hanno progressivamente cambiato la scienza, da un arena dove le idee potevano essere dibattute ad una pratica religiosa intollerante, zeppa di pronunciamenti, con punti di vista individuali, dove le idee che non predicano il pensiero dominante vengono escluse – una storia alla Ray Bradbury, il vigile del fuoco di *Fahrenheit 451*, la cui missione era di bruciare i libri per il bene della collettività.

Adesso c'è Internet e la gente vuole conoscere la verità, e non vuole accettare a occhi chiusi il credo religioso catechizzato e mascherato da scienza delle università. Da tre decadi ho pubblicato le mie scoperte e le mie intuizioni in giornali scientifici di rilievo, i quali sono a disposizione per un sfida e un serio dibattito, che non è mai stato raccolto. Per legittimare le ricerche, documentabili attraverso i dati del Science Citation Index, e ricevere finanziamenti, gli accademici ignorano le sfide.

Il mio approccio alla scienza è iniziato con delle solide basi, progredendo passo dopo passo in modo logico, e ancorando la verità scientifica a scoprire il comportamento della materia, le proprietà e le radiazioni emesse. Ho iniziato riesaminando la composizione delle meteoriti, come si comportano, e perché si sono differenziate in altri tipi. Questa progressione logica di ragionare mi ha condotto a descrivere la

composizione della Terra partendo dalle origini, ipotizzando un'energia interna e una geodinamica che non è quella sulla quale vengono elargiti i fondi Federali o la verità che si insegna. Inoltre, la progressione logica mi ha portato a studiare la materia del Sistema solare, l'origine del campo magnetico, a ipotizzare che ci sia un errore di base in astrofisica, come c'è nella visione di Francis Birch sulla composizione della Terra, e a immaginare l'Universo in modo diverso.

Quando nel 1972 venni a sapere della scoperta di resti di un reattore nucleare naturale nella miniera di uranio a Oklo, in Gabon, ho capito che la scoperta era importante, con implicazioni allora tutte da capire e neppure immaginabili. Sono passati vent'anni dalla mia pubblicazione che un reattore a fissione nucleare naturale poteva essere una sorgente di energia dei pianeti giganti esterni. Un anno dopo suggerivo la presenza di un reattore nucleare naturale al centro della Terra e che questi fosse la sorgente del campo magnetico. Da allora sono passati quattordici anni prima di quell'articolo sul georeattore nucleare e ne pubblicai un altro che lo indicavo non solo causa del campo magnetico ma il meccanismo generatore. Due frasi di quell'articolo intravidero un nuovo scoperte «Il concetto di produzione del campo geomagnetico dal georeattore nucleare non è esclusivo della Terra. Gli stessi concetti e principi sono applicabili anche alla produzione del campo magnetico degli altri pianeti».

Talvolta il governo Federale fa cose giuste – come al Los Alamos National Laboratory nel 1991 – di poter archiviare articoli di pre-stampa di fisica, in origine chiamato il LANL e cambiato nel 1999 in arXiv.org. L'idea dietro l'iniziativa si era resa necessaria per eliminare anni di ritardi causati dalla lungaggine delle pubblicazioni dovuta ai revisori anonimi, che in moltissimi casi operavano a bloccare o ritardare le pubblicazioni. L'articolo sull'antineutrino di Raghavan, *Detecting a Nuclear Fission Reactor at the Center of*

the Earth, fu divulgato su arXiv.org mentre nella rivista sulla quale doveva essere pubblicato fu impedito da una scienza barbara.

La scienza si sviluppa attraverso osservazioni, idee e comprensione, e l'interscambio di queste cose tra scienziati è di capitale importanza. Consideravo l'iniziativa di arXiv.org un vantaggio reale per la scienza, un meccanismo rapido per comunicare tra scienziati in particolari aree della fisica, senza ostacoli. La Cornell University rilevò arXiv.org e introdusse l'uso di moderatori anonimi, forse per far diventare arXiv.org una rivista, introducendo la revisione anonima. La pre-condizione per poter pubblicare era di autorizzare la Cornell University a indirizzare l'articolo nella categoria più idonea. A prima vista sembrava una soluzione senza alcuna importanza e una convenienza amministrativa per correggere articoli indirizzati male – anche un serpente corallo velenosissimo può a prima vista essere scambiato per l'altra specie di serpente corallo, ma innocua.

A Settembre 2005 ho provato a pubblicare *What's Wrong with Plate Tectonics* su arXiv.org nella categoria dedicata all'insegnamento della fisica. La pubblicazione fu prima ritardata e poi rifiutata, senza ricevere una qualche spiegazione dai moderatori anonimi. Come avevo poi spiegato al Rettore della Cornell University «Quando leggerà l'articolo constaterà che c'è nella plate tectonics qualcosa di sbagliato. Non c'è nessuna frase che possa essere in qualche modo imprecisa o non corretta. Per quale ragione si vuole sopprimerla? Viene forse dall'idea che i libri di testo non debbano presentare più di un modello ma solo la plate tectonics? Sostengo forse che gli insegnanti debbano apprendere a sfidare il pensiero dominante? A cercare cosa c'è di sbagliato? È perché ho osato indicare i punti deboli della teoria che si considera priva di errori? È perché incoraggio gli studenti a fare domande e a sfidare non solo la tettonica delle placche, ma l'ipotesi di una Terra in espansione? È il fatto che indicando il sistematico ignorare del nuovo e importante rispetto al pensiero dominante è cattiva scienza (come

accaduto per cinquanta anni con la teoria di Wegener)? O è forse che i moderatori sono arroganti e ignoranti da credere che la tettonica delle placche sia perfetta per porre domande? Le domande che sto facendo sono importanti, perché se si sostiene il rifiuto a pubblicare l'articolo, ciò qualifica adeguatamente i principi intellettuali della Cornell University...».

Dopo molta corrispondenza qualcuno alla Cornell University decise che dopo tutto l'articolo poteva essere pubblicato. Nel ringraziare ho aggiunto «Se non altro si dovrebbe ricordare che gli scienziati, non sono sempre onesti e obiettivi come si vorrebbe; per questo da un punto di vista amministrativo si dovrebbe tener conto di questo aspetto della natura umana e operare in modo che non succeda», e concludevo con un paragrafo sulle osservazioni espresse da Galileo, uno dei più grandi scienziati del millennio, sulla natura umana degli stessi scienziati:

«Non ho mai capito, Eccellenza Vostra, perché tutti gli studi che ho pubblicato per il piacere di servire altri abbiano sollevato in alcuni di loro una profonda urgenza di nuocere, sottrarre o sminuire quel poco merito che penso di aver guadagnato, se non con il mio lavoro, almeno con le intenzioni. Nel mio Sidereo Nuncius rivelavo molte idee nuove e meravigliose del cielo che avrebbero dovuto gratificare tutti gli amanti della scienza vera; ed era appena stato stampato che alcuni balzarono in piedi invidiando gli elogi per le scoperte fatte; altri, per contraddire cosa avevo detto, non si sono fatti scrupolo di mettere in dubbio le stesse cose che essi stessi avevano visto con i loro stessi occhi... Quanti di loro hanno attaccato *Historia* e le dimostrazioni intorno alle Macchie Solari, e sotto quale dissimulazione! Le cose che conteneva dovevano aprire gli occhi alla mente e dare spazio a mirabili speculazioni; invece ha incontrato disprezzo e derisione. Molti rifiutarono di credere o non compresero. Alcuni non volendo aderire alle mie idee avanzarono ridicole e impossibili opinioni contro di me; altri sopraffatti dai miei argomenti hanno provato a rubare la

gloria che era mia, pretendendo di non aver letto i miei scritti e dicendo di essere loro ad aver scoperto queste impressionanti meraviglie... Non ho proferito parola di certe discussioni private non ancora pubblicate, di dimostrazioni e di propositi che sono stati impugnati o dichiarati senza senso... La lunga esperienza mi ha insegnato lo stato della natura umana quando si richiede di pensare: meno la gente sa e capisce di queste cose più si sentono in dovere di giudicarle, al contrario per sapere e capire le cose gli uomini dovrebbero essere cauti quando vogliono esprimere un giudizio sulle cose nuove.» [122]



Galileo Galilei (1564-1642)

A Giugno 2007 ho inviato l'articolo *Nuclear Georeactor Generation of Earth's Geomagnetic Field*, perché fosse pubblicato su arXiv.org nella categoria 'geofisica con riferimenti ad astrofisica e fisica generale'. Ricordate le due frasi «Il concetto di produzione del campo geomagnetico dal georeattore nucleare è tipico della Terra. Ma concetti e principi sono generalmente applicabili alla produzione del campo magnetico dei pianeti in genere». A quel tempo non c'era una categoria di fisica dei pianeti, e gli articoli sui pianeti venivano assegnati a astrofisica, non c'era quindi nessun riferimento a tale categoria. L'articolo fu pubblicato in quelli relativi alla fisica dello spazio, non in astrofisica, che equivaleva sotterrarlo perché non fosse notato. A questo punto mi era giunta voce dell'esistenza di una 'lista nera'

che gli anonimi moderatori usavano per indirizzare gli articoli in categorie non appropriate, sotterrandoli per sempre e manipolando l'intero concetto di comunicazione scientifica [123]. Quando l'articolo fu assegnato alla categoria sbagliata, invece di protestare decisi di aspettare e vedere cosa sarebbe accaduto a un altro articolo ancora da inviare, non inserendolo nella categoria astrofisica.

Ai fisici piace la parola 'generalizzare' usata per coprire una area più ampia della quale si parla, ed è ciò che ho fatto con il concetto di reattore nucleare a fissione planetocentrica generatore del campo magnetico. In *Magnetic Field Generation in Planets and Satellites by Natural Nuclear Fusion Reactors* ho generalizzato il concetto di produzione del campo magnetico nei pianeti e nei rispettivi satelliti. Campi magnetici sono stati misurati su Mercurio, Terra, Giove, Saturno, Urano, Nettuno e nella lune di Giove, Ganimede, ed aree magnetizzate su Marte e sulla Luna indicanti che in passato c'è stato un campo magnetico internamente a questi corpi.

Ci sono aspetti comuni nel concetto generale di dinamo planetaria nei reattori nucleari a fissione. La convezione è prodotta dalla rotazione di particelle di fissione nucleare elettricamente conduttive e generate dall'energia di fusione nucleare del georeattore. La sorgente dell'energia e il meccanismo di produzione del campo magnetico agiscono come un'unità unica, autosufficiente, se si stabilisce un gradiente termico minimo sufficiente a sostenere la convezione. In virtù della localizzazione (al centro) le condizioni di operatività li si immagina sempre uguali, *e.g.*, l'ambiente microgravitativo, malgrado le differenze in altri pianeti. La presenza di un campo magnetico iniziale è assicurato dal decadimento beta dei prodotti di fissione di neutroni e da radiazioni ionizzanti. La generalizzazione nella produzione di campi magnetici da reattori nucleari a fissione nei pianeti e satelliti – che ho pubblicato – si collega poi al materiale condrittico a enstatite che costituisce il materiale primario di costruzione del pianeta.

A Luglio 2007 ho inviato l'articolo citato a arXiv.org, alla Cornell University, per essere pubblicato nella categoria di astrofisica. Senza ricevere una qualsiasi notifica l'articolo fu di forza riclassificato nella categoria di geofisica. Dopo averne chiesto ragione, il bibliotecario della Cornell University mi rispose che l'articolo era stato riclassificato dai moderatori anonimi e giudicato affine a geofisica più che astrofisica. Accidenti! Che gli anonimi moderatori della Cornell University, la facoltà, e il personale sapessero leggere? Geofisica significa fisica della Terra e geofisica tratta esclusivamente del nostro pianeta.

Cominciamo dal titolo *Magnetic Field Generation in Planets and Satellites by Natural Nuclear Fission Reactors* è chiaramente più ampio e più generale della geofisica che riguarda solo la Terra; è ovvio dal titolo. Se ci fosse stata una sottoclasse di fisica dei pianeti, quella sarebbe stata il posto giusto. Al momento non c'era, e così gli articoli che riguardano i pianeti e la formazione del sistema solare vengono pubblicati in astrofisica.

C'erano articoli sul pianeta Mercurio in astrofisica e il mio riguardava il campo magnetico di Mercurio; c'erano articoli su Marte in astrofisica e il mio riguardava il campo magnetico estinto di Marte; c'erano articoli su Giove in astrofisica e il mio riguardava il campo magnetico di Giove; c'erano articoli su Saturno in astrofisica e il mio riguardava il campo magnetico di Saturno; c'erano articoli su Nettuno su astrofisica e il mio riguardava il campo magnetico di Nettuno; c'erano articoli su Urano in astrofisica e il mio riguarda il campo magnetico di Urano; c'erano articoli riguardanti il satellite di Giove, Ganimede, in astrofisica e il mio riguarda il campo magnetico di Ganimede; c'erano articoli sul Sistema solare in astrofisica e il mio riguarda il Sistema solare. C'era una intera sezione dell'articolo intitolata 'Nature of Planetary Matter' che esplicitamente

descriveva i processi durante la formazione del Sistema solare responsabili della materia che si osservava nel Sistema solare.

Adesso la domanda. È possibile che possa essere stato commesso un banale errore o c'è una precisa volontà di classificarlo sbagliato? Ho contattato il Presidente del Cornell's Astronomy Department, del comitato consultivo di arXiv.org. Dato che l'articolo forse anticipava una delle più fondamentali e più importanti scoperte sulla comprensione delle scienze planetarie, mi sembrava che se era stato fatto un banale errore dovrebbe poterlo sapere, e correggere la situazione attraverso una semplice telefonata, invece risponde (via email) notando che «certe cose accadono perché sono di routine», ma non fece niente per cambiare. Allora ho formalmente redatto un reclamo al Rettore della Cornell University e ricevuto in risposta «L'ufficio del Rettore non è in grado di offrire altra assistenza». Non ne fui sorpreso. In precedenza il vice Rettore rispondeva «La bibliotecaria ha disposto che né lei né altri hanno competenza in materia né l'autorità di revocare il giudizio dei moderatori anonimi per quanto riguardava la mia richiesta. La stessa cosa si applica all'ufficio del Rettore. Siamo fieri di dare supporto amministrativo a arXiv.org...». Allora chi è incaricato? Chi deve occuparsi della memorizzazione? Nessuno! Chi sembrava avere l'ultima parola sono gli stessi moderatori anonimi. Quando ho portato la materia all'attenzione del Presidente della Cornell University, assieme al link nel quale si accusa l'esistenza della 'lista nera' su arXiv.org [123] non ricevetti mai risposta.

C'è una forma di bellezza, un senso di ordine naturale, che si percepisce sin dall'inizio nel capire la natura del pianeta Terra, del nostro Sistema solare e dell'Universo nella sua totalità. C'è qualcosa di speciale anche nella natura umana, che causa alle persone la volontà di combattere le istituzioni che opprimono e che vogliono operare per dare dignità a loro e all'umanità. Da oltre un trentennio ho iniziato, passo dopo passo, una mia progressione

logica che mi ha portato a capire oltre e che voglio dividere con voi nel prossimo capitolo.

Uno dei grandi misteri del nostro tempo riguarda la materia oscura, non luminosa, dell'universo. Ci sono un paio di idee su cosa possa essere la materia scura, ma nessuno lo sa con certezza. Ci sono indicazioni recenti che gli astronomi sarebbero in grado di riconoscere un'accumulazione galattica di materia scura. Nel 1994 ho pubblicato un articolo nel *Proceeding of the Royal Society of London* sulla possibile natura della materia scura, un articolo che è stato sistematicamente ignorato dalla comunità degli astrofisici. Ad Aprile del 2006 ho inviato un articolo, corto, a *Astrophysical Journal Letters*, *Thermonuclear Ignition of Dark Galaxies*, una estensione dell'articolo del 1994. Mi è stato chiesto di completare il foglio di trasferimento del copyright alla American Astronomical Society, lo sponsor del giornale.

Il modo con il quale le riviste scientifiche funzionano è che all'autore viene richiesto di assegnare il copyright. Se l'articolo viene pubblicato, l'autore deve pagare un tot per pagina. In generale le spese vengono coperte dai finanziamenti e dai contratti. Se successivamente si vuole copia dell'articolo in formato elettronico l'autore è tenuto a pagare il copyright, e questo crea un crescente risentimento perché la ricerca è generalmente pagata con i soldi dei contribuenti, così come l'addebito delle pagine della pubblicazione. L'assegnazione del copyright è il primo passo per pubblicare.

A Maggio 2006, mi è stato comunicato che l'articolo era stato rifiutato. L'Editor di *Astrophysical Journal Letters* nel rifiutare il manoscritto scrisse «Mi dispiace, ma questo revisore (uno dei leader mondiali nel campo) non crede alle sue idee che considera insostenibili, da parte mia concordo con la valutazione», e aggiunge dalle parole espresse dall'anonimo revisore che

dicevano «Dopo anni di ricerche la teoria proposta di III Popolazioni di stelle scure suona strana».

E allora? Ma quasi tutte le rivoluzioni scientifiche sono avvenute dopo anni di ricerche perché agli inizi sembravano strane. Ma le stranezze non possono essere motivo di rifiuto, tanto meno se queste sfidano anni di ricerche. Il rifiuto era stato formulato senza una motivazione scientifica e costituisce un'azione – a mio parere – censoria. Il credo espresso dall'anonimo revisore e dall'Editor era che le mie idee fossero 'insostenibili' e ciò non è un motivo accettabile. L'affermazione scientifica si basa sulla logica attrattiva dei fatti e nessuno finora conosce con precisione la natura della materia scura nell'Universo.

Ho risposto in questi termini all'Editor dicendo anche «Uno degli obbiettivi delle riviste scientifiche è diffondere le idee che la comunità scientifica può considerare, dibattere, rifiutare, e possibilmente essere influenzata dalle stesse».

Dalle passate esperienze potevo aspettarmi di ricevere una risposta dall'Editor in cui suggeriva che uno o più revisori sarebbero stati consultati o suggerire risposte meno caustiche. Invece niente.

A Dicembre 2006 ho inviato un'articolo a *Astrophysical Journal Letters*, *New Concept for Internal Heat Production in Hot Jupiter Exo-Planets* e *Evidence Contrary to the Existing Exo-Planet Migration Concept*. Quando non ricevetti le istruzioni del copyright, ho cominciato a sospettare che non mi fosse accordato un trattamento equo e imparziale, come da sempre è la regola dell'American Astronomical Society.

A Gennaio 2007 ho fatto richiesta al membro della facoltà della Johns Hopkins University, che è Editor-in-Chief dell'*Astrophysical Journal*, di

rimuovere i miei articoli dall'influenza dell'Editor di *Astrophysical Journal Letters* per un conflitto di interessi personali e istituzionali, nonché altri della University of Texas. Ma si rifiutò per evitare una situazione di conflitto. Chiaramente il fatto che abbia fatto un passo formale rivolgendomi al Presidente dell'University of Texas a Austin, in cui facevo presente di essere oggetto di malversazioni dall'Editor e fatta la stessa cosa con l'American Astronomical Society, era di certo una buona ragione per credere che mancassero o sembrassero mancare le condizioni di obbiettività.

Non c'è bisogno di aggiungere che i due articoli sono stati rifiutati sulla base di una revisione lunga, quanto gli articoli e carichi di descrizioni peggiorative e commenti estranei, non documentando nessuna legittima e sostanziale base scientifica sul perché gli articoli erano stati rifiutati. Non ho mai ricevuto un riscontro, né dall'American Astronomical Society, né dal Presidente dell'Università del Texas, né dal Consiglio o dall'Ufficio della Società dei passi fatti. Ciò di cui sono stato oggetto dall'American Astronomical Society è a mio avviso censorio, con l'obbiettivo di sopprimere le idee scientifiche altrui, non solo una volta, ma tre, il che è molto strano, perché la normativa della stessa American Astronomical Society (AAS) recita chiaramente 'Come Society, la AAS deve osservare un ambiente che incoraggi la libera espressione e lo scambio di idee scientifiche'.

Al tempo in cui avevo inviato i tre articoli all'*Astrophysical Journal Letters* li ho pubblicati senza ulteriori interferenze nella categoria di astrofisica sul arXiv.org, rendendoli noti a tutti. Questo però avveniva prima di aver inviato le lettere all'American Astronomical Society. C'è da domandarsi se, alla luce delle mie affermazioni dell'esistenza alla Cornell University su arXiv.org di una 'lista nera' nella categoria di astrofisica sia all'origine del 'forzare la riclassificazione' l'esclusione subita dalla categoria di astrofisica.

È stato alla luce delle evidenze che la Terra non è al centro dell'Universo che quattro secoli or sono, la Chiesa Cattolica Romana, invece di proclamare che la creazione di Dio era un prodigio per tutti di capire e scoprire, ha bruciato gli eretici per rafforzare la sua visione sbagliata. Il comportamento perverso degli uomini, non importa da quale istituzione provengano, allora come oggi, può essere misurata con precisione se rapportata alla verità che viene dallo scoprire le cose fondamentali della Natura. La grande differenza con oggi è che le università ricevono massicci finanziamenti per fare quello che fanno, denaro dei contribuenti guadagnato duramente. Per mia grande fortuna il rogo non è più di moda.

XI. E TUTTO SI ILLUMINA

Chi non ha gettato lo sguardo al cielo in una notte buia e stellata e non si è fatto prendere da stupore e meraviglia? Prendendo coscienza dell'immensità del cosmo amplificata da miliardi di stelle che gravitano nelle galassie – ce ne sono oltre 100 miliardi nell'Universo – la volta stellare fa trattenere il respiro.(Fig.11-1) Non dovrebbe sorprendere quindi che comprendere la natura dell'Universo sia l'interesse primario della scienza, come della religione. È il punto dove la distinzione tra spirito e materia si fa confuso, ma anche punto di non conflittualità quando si conoscerà tutto della Natura. Per adesso non sappiamo tutto. La meta è ancora lontana.



Fig.11-1 Galassia a spirale; in secondo piano altre galassie.

Agli albori del XX secolo, uno dei misteri dell'astrofisica era quale tipo di energia facesse brillare il Sole e le altre stelle. Per un certo periodo si era pensato che il calore fosse generato dal collasso di polvere e gas durante la

nascita delle stelle, ma i calcoli dimostrarono presto che quel calore non era sufficiente a far brillare il Sole per un periodo così a lungo tanto da giustificare la vita sulla Terra. In seguito, fu scoperta la fusione termonucleare di nuclei leggeri quali idrogeno e elio, che unendosi (fusione) rilasciano una enorme quantità di energia [127]. La fusione termonucleare è diversa dalla fissione, la quale divide invece di unire i nuclei come l'uranio rilasciando anch'essa energia.

Alla metà del 1938, la teoria dietro le reazioni che controllano la fusione termonucleare e che dava la vita al Sole e alle stelle era stata compresa [128,129] – si chiama fusione 'termonucleare' perché le temperature sono nell'ordine di milioni di gradi causando gli elementi leggeri che compongono i nuclei a superare la repulsione elettrostatica e a interagire velocemente con altri nuclei. I milioni di gradi di temperatura necessari a iniziare le reazioni di fusione si presupponevano derivassero dal collasso gravitazionale di polveri e gas [130,131]. Il tacito, ma sempre presupposto, coinvolgimento di polveri e gas era che le stelle si formassero da un processo di autocombustione.

Nel 1969, gli astronomi scoprirono che Giove irradia più energia di quanta ne riceve. Ci furono altre verifiche, che Saturno e Nettuno irradiano il doppio dell'energia ricevuta dal Sole [36,132]. Per due decenni nessuno riuscì a formulare una valida spiegazione all'eccesso di energia emanata da questi pianeti. Nel 1992, usando la teoria sui reattori nucleari di Fermi ho potuto dimostrare la possibilità che fosse un reattore nucleare a fusione, planocentrico, la sorgente di energia dei pianeti giganti ed esterni al Sole. Inizialmente ho pensato a reattori a neutroni termici moderati a idrogeno, poi ho dimostrato fattibili i reattori a neutroni veloci che ammettono la possibilità di avere reattori nucleari in pianeti non idrogenati, come la Terra [15,16,44]. Successivamente i calcoli sono stati verificati [48], e ampliati utilizzando simulazioni numeriche [45,133]. I risultati sono compatibili con i dati geofisici [47,134].

Giove, pianeta gigante e gassoso, è paragonabile a una protostella dove le reazioni termonucleari di fusione non sono riuscite a innescarsi, forse perché Giove è ancora troppo piccolo (anche se il più grande dei nostri pianeti). Così, come ho dimostrato fattibile un reattore nucleare a fissione al centro di Giove, ho cominciato a considerare cosa potesse significare, in senso molto più ampio, l'energia espressa da reazioni di fusione termonucleari di una bomba a idrogeno – pensate a una stella come a una bomba a idrogeno in esplosione permanente tenuta assieme dalla gravità e dall'alta temperatura necessaria a iniziare le reazioni di fusione termonucleari innescate da una bomba atomica. Infatti, per esplodere una bomba a idrogeno come innesco si usa proprio una bomba atomica [Fig.11-2].



Fig.11-2 Fotografia presa il 28 Febbraio 1954, sull'atollo Bikini, di esplosione di una bomba-H, e con innesco per la fusione termonucleare a idrogeno è stata usata un bomba-A (atomica) (Operazione Castle / Evento BRAVO).

L'idea che reazioni termonucleari di fusione potessero generare l'energia necessaria a far brillare le stelle era stata prospettata nel 1938 [128], anche se la fissione nucleare non era stata ancora scoperta [31]. Possono le stelle essere come bombe a idrogeno innescate da reattori nucleari a fissione? La risposta può sembrare ovvia, anche perché alcuni degli scienziati coinvolti nello sviluppo di questa teoria, Hans Bethe (1906-2005) e Edward Teller (1908-2003), hanno lavorato allo sviluppo della bomba atomica e della bomba a idrogeno (rispettivamente, bomba-A e bomba-H).



Hans Bethe (1906-2005) and Edward Teller (1908-2003)

Se si ha in mente qualcosa e si immagina possa essere un'idea eccellente, anche se concettualmente sviluppata da altri, si deve anzitutto consultare la letteratura. Avendo avuto in testa un'idea è ciò che ho fatto. Ho consultato subito *Astrophysical Journal* e *Astrophysical Journal Letters*, e come andavo indietro nel tempo mi sono reso conto che ciò che avevo in mente la comunità di astrofisica l'aveva tralasciato. Un'ulteriore ricerca informatica su tutta la letteratura ha confermato il mio sospetto. Gli astrofisici avevano semplicemente presupposto che i milione di gradi di temperatura necessari a innescare una reazione termonucleare nelle stelle era prodotto dal collasso di polvere e gas durante la formazione delle stesse e hanno continuato a mantenere questo presupposto, sebbene ci fossero stati segnali di un possibile errore in questa interpretazione.

Agli astrofisica piace fare modelli basandosi su presupposti e spesso li alterano perché il modello possa poi dare risultati compatibili a ciò che hanno in mente. Nel 1960, quando furono utilizzati i primi computer, Hayashi e Nakano [135] scoprirono che il collasso di polveri e gas era insufficiente a raggiungere temperature di 1 milione di gradi. La spiegazione è che la superficie riscaldata dal collasso di polveri e gas devia le radiazioni di superficie, radiazioni che sono funzione alla quarta potenza (T^4) della temperatura. Essendo $T = 1\,000\,000$ è un fattore di perdita energetica enorme. A questo punto qualcuno avrebbe dovuto chiedersi cosa c'era di sbagliato nell'interpretazione che si era costruita. Invece chi ha creato i modelli di formazione delle stelle non ha fatto altro che invocare presupposti, shock da onde indotte con improvvise fiammate verticali o modificato i parametri di velocità di accrescimento e di opacità per raggiungere le temperature di accensione termonucleari.

Nel 1994 ho pubblicato nel *Proceeding of the Royal Society of London* che nelle stelle le reazioni di fusione termonucleare possono essere innescate dalla fissione nucleare come si fa con le bombe a idrogeno [44]. Questo concetto ha implicazioni fondamentali, perché in precedenza si pensava che la fusione termonucleare si innescasse automaticamente e nell'articolo negavo che fosse necessario. Le stelle dovrebbero accendersi solamente se contengono un innesco di uranio o plutonio, capaci di sostenere una reazione nucleare di fissione. Ciò significa che stelle prive di innesco sono destinate a rimanere permanentemente stelle oscure e suggerito che parte della materia oscura dell'Universo, se non tutta, possa essere composta da queste stelle. Cosa intendevo per implicazioni fondamentali? Volevo dire che la mia idea tocca miliardi di stelle in ciascuno dei 100 miliardi di galassie osservati nell'Universo e probabilmente di più perché sono stelle oscure. Forse esistono già le evidenze che le reazioni termonucleari nelle stelle sono innescate dalla fissione nucleare.

Si possono tracciare un numero illimitato di linee passanti per un punto, ma solo una se i punti sono due. Quando il nostro Sistema solare era il solo conosciuto, gli astrofisici costruivano modelli senza uno standard di riferimento. Quando furono scoperti pianeti giganti e gassosi in Sistemi extrasolari, l'astronomia si trovò di fronte a due scelte:

- (1) provare a spiegare le osservazioni dei pianeti extrasolari nel modo con cui si spiegavano quelli del nostro Sistema, o
- (2) utilizzare invece le osservazioni dei pianeti extrasolari come modello di riferimento per interrogarsi cosa ci potesse essere di errato con i modelli esistenti.

La soluzione di introdurre la migrazione dei pianeti extrasolari come la spiegazione alla presenza di pianeti giganti e gassosi vicinissimi alle rispettive stelle è un esempio di scelta arbitraria del punto (1) a scapito della soluzione del punto (2) citati prima. L'ingiustificato e non scientifico rifiuto del mio articolo, *Evidence Contrary to the Existing Exo-Planet Migration Concept*, fatto dall'American Astronomical Society prova il grado con cui questa organizzazione intende sopprimere la scienza di quelli che esprimono idee in conflitto con i loro 'solidi' modelli astrofisici.

Alcuni di questi pianeti li hanno chiamati Hot Jupiter o Puffy Jupiter; sono grandi come Giove, ma appaiono rigonfi e con una densità più basse rispetto a Giove, il che indica l'esistenza di un calore interno causato dall'espansione dell'involucro gassoso, circostanza che gli astrofisici non sono stati in grado di spiegare. La scoperta degli Hot Jupiters ha sollevato molte discussioni sulla possibilità di una produzione interna di calore, ma finora nessuna spiegazione è arrivata dagli astrofisici che sia applicabile. Per esempio, Hot Jupiters hanno orbite troppo circolari per essere riscaldati all'interno dall'azione gravitazionale come originariamente suggerito [137]. Altre idee, quali la conversione delle radiazioni incidenti in energia

meccanica [138] sembra mancare di una generale applicabilità. In solo due casi gli investigatori scrivono «...c'è una sorgente di calore interna non considerata dai fisici teorici» [139]. In base alla non spiegazione dei fatti, il mio articolo, *New Concept for Internal Heat Production in Hot Jupiter Exo-Planets*, è stato rifiutato dalla American Astronomical Society senza che la decisione avesse una solida base scientifica.

È possibile supporre reattori nucleari a fissione, planocentrici, in pianeti extrasolari che contengano elementi pensanti, e la loro esistenza è sicuramente fondamentale perché questo possa avvenire, ma è improbabile che la sola fissione sia sufficiente a creare il rigonfiamento che apparentemente si osserva. Per esempio, la simulazione numerica sui reattori nucleari eseguita all'Oak Ridge National Laboratory di un pianeta extrasolare con la massa di Giove potrebbe produrre energia da fissione nucleare di circa 400 TW in circa $\frac{1}{2}$ miliardo di anni, periodo troppo corto e non realistico. I 400 TW sono pochi per gonfiare un Hot Jupiter che richiede dai 10 000 ai 10 000 000 TW [137]. Per questa ragione ho suggerito che l'energia necessaria a creare un Hot Jupiter derivi da reazioni di fusione termonucleare iniziate da reazioni di fissione [125]. Contrariamente alle stelle, gli Hot Jupiter non hanno una gravità sufficiente alta da confinare le reazioni termonucleari all'interno dell'involucro gassoso. Si può immaginare che queste avvengano all'interfaccia di una struttura interna, probabilmente il nucleo, inizialmente innescate e sostenute da reazioni di fissione nucleare fino a raggiungere temperature termonucleari. Dopo, per mantenere all'interfaccia le temperature termonucleari richieste, le stesse possono essere aumentate dal calore prodotto dalla fusione che provvederebbe ad espandere i gas e diminuire la densità, contribuendo al rigonfiamento osservato.

Gli Hot Jupiter sembrano esistere nella cuspidale di confinamento gravitativo in quelle stelle dove avvengono reazioni di fusione

termonucleare [140]. La mia idea di reazioni termonucleari negli Hot Jupiter all'interfaccia di una struttura interna, incapace di confinare l'involuppo gassoso del pianeta per insufficienza gravitativa, è la soluzione che non solamente risolve «...c'è una sorgente di calore interna non considerata dai fisici teorici» ma offre l'evidenza sulla correttezza del concetto esposto, ovvero che le stelle nascono per innesco termonucleare dalla fissione.

Si pensi alle galassie, la cui immagine immediata è di spirale discoide avvolta da due 'braccia' curve che l'avvolgono con trilioni di stelle [Fig.11-2]. Una tale struttura è dinamicamente instabile per un ammasso di stelle rotanti tenute insieme dalla gravità, che fa supporre siano circondate da grandi masse sferiche, chiamati aloni, composte da materia oscura, non visibile, che provvede alla stabilità dell'intera struttura [141].

Tutte le stelle luminose contengono elementi pesanti e vengono divise in due categorie in funzione della quantità di elementi pesanti assieme a idrogeno ed elio. Le stelle luminose appartengono principalmente alla Popolazione I, così chiamata perché contengono la più alta concentrazione di elementi pesanti. Nelle stesse galassie ci sono stelle di Popolazione II, perché a loro volta hanno il più basso contenuto di elementi pesanti. Poiché associati alla materia oscura ci sono stelle della Popolazione II [143], nell'articolo del 1994, pubblicato sul *Proceeding of the Royal Society of London*, suggerivo che la materia oscura consistesse di una Popolazione III (che spiegherò), stelle prive di elementi pesanti fissionabili, ma capaci di iniziare la fusione termonucleare [44]. Come?

Per mezzo secolo ha prevalso il concetto che gli elementi vengono sintetizzati dalle stelle [143]. Ciò può essere vero per gli elementi minori come ossigeno e magnesio, ma non per gli elementi pesanti, come l'uranio, che si pensa formato durante l'esplosione di una supernova alla fine della vita di una stella (processo-R). Se il modello richiede che gli elementi come

l'uranio inneschino il processo di formazione delle stelle alla fine della loro vita ci troviamo di fronte al paradosso di dover rispondere cosa abbia innescato le prime stelle.

Nell'articolo rifiutato da *Astrophysical Journal Letters* e pubblicato su *arXiv.org*, *Thermonuclear Ignition of Dark Galaxies*, suggerivo la soluzione del paradosso, che il processo-R avvenisse in altre circostanze [124]. Più precisamente suggerivo che gli elementi pesanti si formassero al centro delle galassie per l'esplosione di materia nucleare massiccia concentrata lì dalla gravità; che gli elementi pesanti prodotti venissero proiettati sul piano galattico attratti da stelle scure concentrandosi dopo al centro delle stesse stelle oscure dando inizio a reazioni di fissione nucleare a catene proseguendole con reazioni di fusione termonucleare in modo da cambiare una galassia oscura in luminosa. Da questo punto di vista, la contribuzione delle stelle luminose in una galassia può essere il risultato della distribuzione di elementi pesanti proiettati nella stessa.

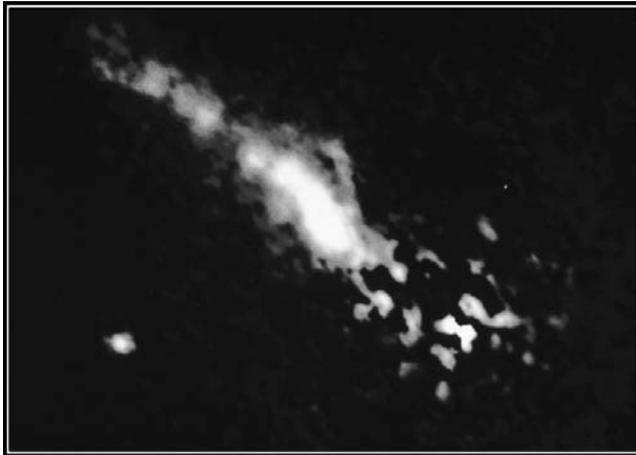


Fig.11-3 Immagine presa con il telescopio Hubble di un jet galattico di natura plasmatica emesso dal cuore della galassia. La luce della galassia è stata rimossa per osservare meglio la natura del jet, la cui lunghezza è circa 10 000 anni luce.

La mia idea che gli elementi pesanti siano sintetizzati nei centri delle galassie e quindi espulsi nello spazio [Fig.11-3] e fecondano una porzione delle stelle scure galattiche facendole diventare stelle luminose può spiegare alcune delle diversità osservate nelle galassie luminose, come nelle galassie a spirale e le galassie a spirale barrata [Fig.11-4], e offre una visione elegante, semplice, e coerente di come si formano.



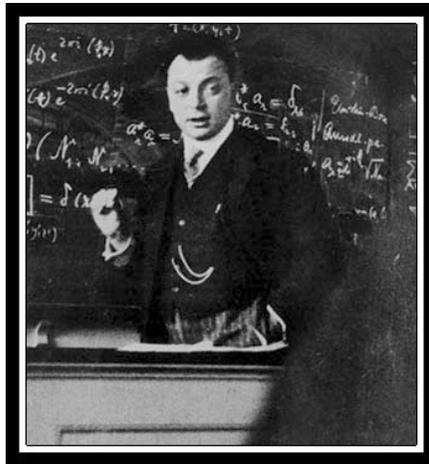
Fig.11-4 Immagine presa con il telescopio Hubble della NCG 1300, una galassia a spirale barrata.

Da tempo gli astronomi hanno riconosciuto l'esistenza di due grandi tipi di materia nell'Universo: idrogeno e elio, che rappresentano i maggiori componenti delle stelle, e gli elementi pesanti a cui danno il nome collettivo di metallicità. Gli astronomi non hanno mai individuato la Popolazione III, quella priva di elementi pesanti come uranio e plutonio, ma necessari a innescare reazioni di fusione termonucleare onde illuminarle.

La comunità astrofisica parla di Popolazione III di stelle, non in relazione alla materia oscura, ma di rappresentare quel gruppo di stelle formati agli inizi dell'Universo. A questo punto c'è bisogno di ricordare gli

antefatti e dare delle spiegazioni. Alcuni fisici teorici affermano – con una buona dose di immaginazione – di poter descrivere l'Universo fino a qualche frazione di secondo dopo l'inizio, e che l'Universo sia esploso da un punto piccolissimo circa 13,7 miliardi di anni fa (teoria del Big Bang) e continua a espandersi. Accomuno il modello alla categoria di asserzioni dell'Arcivescovo James Ussher che la Terra sia stata creata nell'anno 4004 B.C. Perché c'è una totale mancanza di apprezzamento per ciò che ancora non si conosce, e ogni tentativo di capire la natura dell'Universo dovrebbe essere intesa come 'mirabile speculazione', e per usare le parole di Galileo non-scienza. Ci sono troppe cose che non conosciamo, anche se l'impegno di voler capire rappresenta una parte importante della ricerca.

Gli astrofisici amano costruire modelli cosmologici e sebbene utilizzino una matematica sofisticata, rimangono pur sempre modelli che nel migliore dei casi possiamo definire ragionevoli speculazioni.



Wolfgang Pauli (1900-1958)

In generale i modelli cosmologici si basano su poche osservazioni che derivano da interpretazioni di ciò che si conosce o si pensa di conoscere. Il mio modo di guardare all'Universo è diverso, anche se rimane speculativo. Anzitutto cerco di capire cosa non si sa, poi guardo se da quel punto di vista le osservazioni possono essere messe in una sequenza logica (abbiano cioè

un senso), da cui estrarre le relazioni casuali che sembrano più evidenti. C'è anche un precedente su questo modo di procedere. Nel 1930, quando durante il decadimento radioattivo beta, energia e momento sembravano essere scomparsi, Wolfgang Pauli (1900-1958) postulò l'esistenza di una particella allora ancora invisibile per giustificare la discrepanza. Quella particella, il neutrino, fu individuata nel 1956. In virtù delle osservazioni che durante il decadimento beta di una particella l'energia sembrava misteriosamente scomparsa, Pauli mise da parte, non senza riluttanza, la sua certezza nella conservazione di energia e momento, e immaginò l'esistenza di un'altra particella.

In virtù di certe osservazioni della luce nell'Universo, allo stesso modo abbandono la mia certezza sulla conservazione di energia e momento. Di seguito voglio scrivere, in breve:

- (1) delle osservazioni e delle interpretazioni che sottendono al modello del Big Bang;
- (2) quello che sentirete non le ha mai detto nessuno; e
- (3) delle mie speculazioni sulla natura dell'Universo.

In particolare, l'interpretazione di due osservazioni sono il pilastro su cui si basano i modelli finora proposti sull'espansione dell'Universo.

Nel 1929, Edwin P. Hubble (1889-1953) notò che più le galassie più distanti erano da noi più lo spettro della luce si spostava verso lunghezze d'onda del rosso [144] e adottò l'interpretazione di Vesto M. Slipher (1879-1969) che lo spostamento di frequenza dello spettro era causato dalla loro velocità di spostamento radiale o effetto Doppler [145]. Per Hubble e tutti quelli che seguirono, le galassie si allontanano e più sono lontano più si allontanano velocemente. Se l'effetto Doppler rappresenta la realtà significa

che l'Universo si espande. Ma è l'interpretazione corretta? O c'è un'altra spiegazione non presa ancora in considerazione o che non si conosce?

L'implicito presupposto alla base dell'espansione di Hubble è che se non ci fosse espansione la luce viaggerebbe 'per sempre' senza cambiare frequenza e lunghezza d'onda. Molti astronomi, iniziando da Johannes Kopler o Keplero (1571-1630), avevano osservato, a loro modo, che se l'Universo non si espande sarebbe più o meno omogeneo e infinito, da sempre esistente, e invece di avere notti buie queste dovrebbero essere chiare perché illuminate dalla luce delle stelle da tutti i punti dello spazio. Questa osservazione è alla base dei modelli di Universo in espansione.

Mi interrogo allora sull'implicito presupposto che se non ci fosse espansione, la luce viaggerebbe per sempre senza cambiare frequenza e lunghezza d'onda. Non sappiamo niente sul comportamento della luce nel tempo, misurata in miliardi di anni, e non sappiamo niente sul genere di materia che la luce incontra durante il suo transitare, particolarmente della materia che attualmente non rileviamo, un po' come una volta il neutrino. Che la luce perda energia interagendo con materia a noi invisibile o la crei il risultato potrebbero essere causa di una diminuzione della frequenza e un aumento della lunghezza d'onda, cambiare verso il rosso nel suo spostamento galattico. Sarebbe allora interessante conoscere come sarebbe un tale Universo e lo speculare non sarebbe così diverso da quello di un Universo che da un punto a noi ignoto si espande da 13,7 miliardi di anni.

Ricordiamoci dell'esempio nel Capitolo VII: mettere del mercurio liquido in una fiasca e sigillarlo, lo spazio sopra il liquido si saturerebbe di vapori di mercurio fino a quando il sistema raggiunge l'equilibrio, uno stato fisico che non cambia con il tempo fino a quando la temperatura viene tenuta costante, la pressione parziale del gas rimane costante e il sistema rimane in equilibrio. Ma un sistema in equilibrio non significa

necessariamente che ogni cosa rimane statica, ci sarebbero atomi di gas che a contatto del liquido vengono assorbiti e viceversa, il sistema però rimarrebbe sempre in equilibrio. L'Universo si compone di materia e radiazioni elettromagnetiche, inclusa la luce. A me piace immaginare, sospettare, speculare, che l'Universo sia un sistema essenzialmente in equilibrio e che ci sia equilibrio tra materia e radiazioni, un sistema senza inizio o fine, almeno nei termini di cui siamo a conoscenza. Come Keplero e altri hanno notato, se l'Universo non si espandesse, ma fosse più o meno omogeneo, infinito, da sempre esistente (nei termini di cui siamo a conoscenza), e ogni punto della notte fosse illuminato come di giorno dalle stelle attraverso una luce non visibile ai nostri occhi, mi immagino che la luce dell'insieme delle galassie, dopo aver attraversato gli enormi spazi siderali, abbia raggiunto l'equilibrio a frequenze e lunghezze più basse e sarebbero poi quelle radiazioni cosmiche di fondo scoperte nel 1965 da Penzias e Wilson [146].

I fisici delle particelle, usando ciclotroni e apparecchiature simili, accelerano le particelle a velocità fino a portarle a temperature ed energie altissime prima di farle scontrare con altre particelle. I prodotti dallo scontro vengono analizzati e identificati e dai dati i fisici hanno costruito un modello che spiega la composizione della materia, detto Modello Standard. Io penso che, invece di cercare di ricostruire teoricamente la materia da prodotti formati ad alta temperatura, farebbero meglio a considerare i principali componenti delle stelle, idrogeno e elio, condensati, creati in successivi 'step', in un Universo fatto di materia fredda e 'invisibile' in equilibrio con le radiazioni cosmiche di fondo. In generale la condensazione è il modo di amalgamare sostanze singole e diffuse in forme corpose, nel caso dell'Universo penso a una condensazione subatomica che produca idrogeno e elio a bassa temperatura.

Su questa base speculativa dell'ignoto, immaginatevi adesso l'Universo come possa comportarsi. In un mare di materia 'invisibile', componenti subatomici condenserebbero a formare idrogeno ed elio. Col tempo idrogeno ed elio condenserebbero in una regione dell'Universo, attratti dalla gravità. Idrogeno ed elio tenderebbero progressivamente ad accumularsi in ammassi sempre più grandi e a spostarsi in regioni dello spazio a formare stelle scure, forse la massa che ha dato origine al nostro Sole, senza una sorgente di energia interna, quindi molto piccola, qualche chilometro in diametro. Lo stesso processo avviene quando c'è concentrazione di materia subatomica 'invisibile', la quale condensando forma idrogeno ed elio, ammassandosi per dar origine alle stelle oscure. Con il tempo, il gran numero di stelle oscure collaserebbero in assembramenti gravitativi sferici, galassie oscure, aggregandosi al centro a formare una massa densa che a un certo punto diventa instabile emettendo radiazioni elettromagnetiche e getti di materia nucleare, quella dalla quale si formano gli elementi pesanti, verso galassie oscure e remote che incontra, dove dissemina uranio e plutonio innescando reazioni di fusione termonucleare, dando luce alle stelle e riflettendo la luce nell'Universo, in modo da ridistribuire materia subatomica 'invisibile' in un processo tendente all'equilibrio. Vista in questo modo, le molteplici e diverse attività osservate durante l'evoluzione stellare sarebbero piccoli passi in un Universo in cui materia e radiazioni elettromagnetiche cercano in ultima analisi l'equilibrio. Secondo me, questa visione speculativa ha più senso di un Universo iniziato in un punto nell'ignoto 13,7 miliardi di anni fa e che continua a espandersi o che della materia scompare per sempre nei buchi neri.

Lo speculare scientifico è simile allo schizzo dell'artista: immaginare l'Universo un sistema in cui materia e radiazioni tendono all'equilibrio può non portare a niente o può essere la strada che porta a scoperte fondamentali. In futuro si vedrà quale è l'interpretazione giusta e quando avverrà sarà, non costruendo modelli basati su presupposti, ma applicando il

metodo che uso e che ho descritto. Chi intende fare ricerca deve farlo attraverso un lungo sforzo della mente, a volte anche noioso, mettendo assieme osservazioni, anche quelle non legate direttamente in sequenza logica, in modo da far emergere le relazioni casuali e le cose nuove, per poi fare nuove osservazioni, esperimenti, considerazioni teoriche e nuove scoperte. Questa è la grande avventura del futuro, non quella delle istituzioni ma degli individui di ogni dove, e per usare le parole di Galileo, per 'tutti gli amanti della vera scienza'.

BIBLIOGRAFIA

1. Cavendish, H., Experiments to determine the density of Earth. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., 1798. 88: p. 469-479.
2. Wiechert, E., Über die Massenverteilung im Inneren der Erde. Nachr. K. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Kl., 1897: p. 221-243.
3. Oldham, R.D., The constitution of the interior of the earth as revealed by earthquakes. Q. T. Geol. Soc. Lond., 1906. 62: p. 456-476.
4. Bullen, K.E., Note on the density and pressure inside the Earth. Trans. Roy. Soc. New Zealand, 1938. 67: p. 122.
5. Bullen, K.E., A hypothesis on compressibility at pressures on the order of a million atmospheres. Nature, 1946. 157: p. 405.
6. Keil, K., Mineralogical and chemical relationships among enstatite chondrites. J. Geophys. Res., 1968. 73(22): p. 6945-6976.
7. Dziewonski, A.M. and F. Gilbert, Observations of normal modes from 84 recordings of the Alaskan earthquake of 1964 March 28. Geophys. Jl. R. Astr. Soc., 1972. 72: p. 393-446.
8. Herndon, J.M., The chemical composition of the interior shells of the Earth. Proc. R. Soc. Lond, 1980. A372: p. 149-154.
9. Herndon, J.M., The object at the centre of the Earth. Naturwissenschaften, 1982. 69: p. 34-37.
10. Herndon, J.M., Scientific basis of knowledge on Earth's composition. Curr.Sci., 2005. 88(7): p. 1034-1037.
11. Lay, T. and D.V. Helmberger, The shear wave velocity gradient at the base of the mantle. J. Geophys. Res., 1983. 88: p. 8160-8170.
12. Vidale, J.E. and H.M. Benz, Seismological mapping of the fine structure near the base of the Earth's mantle. Nature, 1993. 361:

- p. 529-532.
13. Bina, C.R., Mantle Discontinuities. *Rev. Geophys.*, 1991. Supplement: p. 783-793.
 14. Okamoto, T., et al., Deformation of a partially molten D layer by small-scale convection and the resulting seismic anisotropy and ultralow velocity zone. *Phys. Earth Plan. Inter*, 2005. 153(1-3): p. 32-48.
 15. Herndon, J.M., Feasibility of a nuclear fission reactor at the center of the Earth as the energy source for the geomagnetic field. *J. Geomag. Geoelectr.*, 1993. 45: p. 423-437.
 16. Herndon, J.M., Sub-structure of the inner core of the earth. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1996. 93: p. 646-648.
 17. Herndon, J.M., Composition of the deep interior of the earth: divergent geophysical development with fundamentally different geophysical implications. *Phys. Earth Plan. Inter*, 1998. 105: p. 1-4.
 18. Foster, E., et al., *Stahl u. Eisen*, 1974. 94: p. 474.
 19. Inoue, R. and H. Suito, Calcium desulfurization equilibrium in liquid iron. *Steel Res.*, 1994. 65(10): p. 403-409.
 20. Ribound, P. and M. Olette. Desulfurization by alkaline earth elements and compounds. in *Physical Chemistry and Steelmaking*. 1978. Versailles, France.
 21. Story-Maskelyne, N.S., On aerolites. *Dept. Brit. Ass. Advanc. Sci.*, 1862. 32: p. 188-191.
 22. Story-Maskelyne, N.S., On the mineral constituents of meteorites. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, 1870. 160: p. 198-214.
 23. Bannister, F.A., Osbornite, meteoritic titanium nitride. *Mineral. Mag.*, 1941. 26: p. 36-44.
 24. Herndon, J.M., The nickel silicide inner core of the Earth. *Proc. R. Soc. Lond*, 1979. A368: p. 495-500.
 25. Birch, F., The melting relations of iron, and temperatures in the

- Earth's core. *Geophys. J. Int.*, 1972. 29(4): p. 373-387.
26. Gilbert, W., *De Magnete*. 1600, London: Peter Short. 240.
27. Gauss, J.C.F., *Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus: Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1838*. 1838, Leipzig. 73.
28. Pollack, H.N., S.J. Hurter, and J.R. Johnson, Heat flow from the Earth's interior: Analysis of the global data set. *Rev. Geophys.*, 1993. 31(3): p. 267-280.
29. Kellogg, L.H., B.H. Hager, and R.D. van der Hilst, Compositional stratification in the deep mantle. *Science*, 1999. 283: p. 1881-1884.
30. Murrell, M.T. and D.S. Burnett, Actinide microdistributions in the enstatite meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1982. 46: p. 2453-2460.
31. Hahn, O. and F. Strassmann, Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle. *Die Naturwissenschaften*, 1939. 27: p. 11-15.
32. Flüge, F., Kann der Energieinhalt der Atomkerne technisch nutzbar gemacht werden? *Die Naturwissenschaften*, 1939. 27: p. 402.
33. Fermi, E., Elementary theory of the chain-reacting pile. *Science*, Wash., 1947. 105: p. 27-32.
34. Kuroda, P.K., On the nuclear physical stability of the uranium minerals. *J. Chem. Phys.*, 1956. 25: p. 781-782.
35. Peek, B.M., *The Planet Jupiter*. 1958, London: Faber and Faber.
36. Conrath, B.J., et al., in *Uranus*, J.T. Bergstrahl, E.D. Miner, and M.S. Mathews, Editors. 1991, University of Arizona Press: Tucson.
37. Hubbard, W.B., Interiors of the giant planets, in *The New Solar System*, J.K.B.a.A. Chaikin, Editor. 1990, Sky Publishing Corp.:

Cambridge, MA. p. 134-135.

38. Stevenson, D.J. and E.E. Salpeter, in Jupiter, T. Gehrels, Editor. 1976, University of Arizona Press: Tucson. p. 85.
39. Bodu, R., et al., Sur l'existence anomalies isotopiques rencontrées dans l'uranium du Gabon. C. r. Acad. Sci., Paris, 1972. D275: p. 1731-1736.
40. Cowan, G.A., A natural fission reactor. Sci. Am., 1976. 235(1): p. 36-47.
41. Frejcaques, C., et al., in The Oklo Phenomenon. 1975, I.A.E.A.: Vienna. p. 509.
42. Maurette, M., Fossil nuclear reactors. A. Rev. Nuc. Sci., 1976. 26: p. 319-350.
43. Herndon, J.M., Nuclear fission reactors as energy sources for the giant outer planets. Naturwissenschaften, 1992. 79: p. 7-14.
44. Herndon, J.M., Planetary and protostellar nuclear fission: Implications for planetary change, stellar ignition and dark matter. Proc. R. Soc. Lond, 1994. A455: p. 453-461.
45. Hollenbach, D.F. and J.M. Herndon, Deep-earth reactor: nuclear fission, helium, and the geomagnetic field. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 2001. 98(20): p. 11085-11090.
46. Anderson, D.L., Helium-3 from the mantle - Primordial signal or cosmic dust? Science, 1993. 261(5118): p. 170-176.
47. Rao, K.R., Nuclear reactor at the core of the Earth! - A solution to the riddles of relative abundances of helium isotopes and geomagnetic field variability. Curr. Sci. India, 2002. 82(2): p. 126-127.
48. Seifritz, W., Some comments on Herndon's nuclear georeactor. Kerntechnik, 2003. 68(4): p. 193-196.
49. Cowan, J., C. L., et al., Detection of free neutrinos: A confirmation. Sci., 1956. 124: p. 103.
50. Reines, F. and J. Cowan, C. L., The neutrino. Nature, 1956. 1788:

- p. 446.
51. Davis, R., D.S. Harmer, and K.C. Hoffman, Search for neutrinos from the sun. *Phys. Rev. Lett.*, 1968. 20(21): p. 1205-1209.
 52. Bionta, R.M. and e. al., Observation of a neutrino burst in coincidence with supernova 1987A in the Large Magellanic Cloud. *Phys. Rev. Lett.*, 1987. 58: p. 1494-1496.
 53. Hirata, K. and e. al., Observation of a neutrino burst from the supernova SN1987A. *Phys. Rev. Lett.*, 1987. 58: p. 1490-1493.
 54. Kopeikin, V.I., L.A. Mikaelyan, and V.V. Sinev, Inverse beta decay in a nonequilibrium antineutrino flux from a nuclear reactor. *Physics of Atomic Nuclei*, 2001. 64(5): p. 849-854.
 55. Raghavan, R.S., Detecting a nuclear fission reactor at the center of the earth. *arXiv:hep-ex/0208038*, 2002.
 56. Eder, G., *Nucl. Phys.*, 1966(78): p. 657.
 57. Marx, G., *Czech. J. Phys.*, 1969. B 19: p. 1471.
 58. Raghavan, R.S. and e. al., Measuring the global radioactivity in the Earth by multidetector antineutrino spectroscopy. *Phys. Rev. Lett.*, 1998. 80(3): p. 635-638.
 59. de Meijer, R.J., E.R. van der Graaf, and K.P. Jungmann, Quest for a nuclear georeactor. *Nucl. Physics. News Int.*, 2004. 14(2): p. 20-25.
 60. Domogatski, G., et al., Neutrino geophysics at Baksan I: Possible detection of Georeactor Antineutrinos. *arXiv:hep-ph/0401221 v1* 2004.
 61. Fiorentini, G., et al., Geo-neutrinos: a short review. *arXiv.org/hep-ph/0409152* 2004.
 62. Batygov, M., On the possibility of directional analysis for geo-neutrinos. *Earth, Moon and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 183-192.
 63. de Meijer, R.J. and e. al., Toward Earth antineutrino tomography. *Earth, Moon and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 193-206.
 64. Dye, S.T. and e. al., Earth Radioactivity Measurements with a

- deep ocean anti-neutrino observatory. *Earth, Moon, and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 241-252.
65. Fields, B.D. and K.A. Hochmuth, Imaging the Earth's interior: the angular distribution of terrestrial neutrinos. *Earth, Moon, and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 155-181.
66. Hochmuth, K.A., Probing the Earth's interior with a LENA detector. *Earth, Moon and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 253-264.
67. Lasserre, Scintillating oils and compatible materials for next generation of electron anti-neutrino detectors, after Double Chooz. *Earth, Moon and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 275-284.
68. Tolich, N., et al., A geoneutrino experiment at Homestake. *Earth, Moon, Planets*, 2006. 99(1-4): p. 229-240.
69. Winter, W., Neutrino thermography - learning about the Earth's interior using the propagation of neutrinos. *Earth, Moon and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 285-307.
70. Araki, T. and e. al., Experimental investigation of geologically produced antineutrinos with KamLAND. *Nature*, 2005. 436: p. 499-503.
71. McDonough, W.F., Earth sciences: Ghosts from within. *Nature*, 2005. 436: p. 467-468.
72. Dye, S.T. and e. al., Earth radioactivity measurements with a deep ocean anti-neutrino observatory. *Earth, Moon and Planets*, 2006. 99(1-4): p. 241-252.
73. Rusov, V.D., et al., Geoantineutrino Spectrum and Slow Nuclear Burning on the Boundary of the Liquid and Solid Phases of the Earth's core. *J. Geophys. Res.*, 2007. 112(B09203).
74. Clarke, W.B., M.A. Beg, and H. Craig, Excess He-3 in the sea: evidence for terrestrial primordial helium. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1969. 6: p. 213-220.
75. Anderson, D.L., The statistics of helium isotopes along the global spreading ridge system and the central limit theorem. *Geophys.*

- Res. Lett., 2000. 27(16): p. 2401-2404.
76. Hilton, D.R., et al., Extreme He-3/He-4 ratios in northwest Iceland: constraining the common component in mantle plumes. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1999. 173(1-2): p. 53-60.
77. Elsasser, W.M., On the origin of the Earth's magnetic field. *Phys. Rev.*, 1939. 55: p. 489-498.
78. Chandrasekhar, S., Thermal Convection. *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, 1957. 86(4): p. 323-339.
79. Herndon, J.M., Nuclear georeactor generation of the earth's geomagnetic field. *Curr. Sci.*, 2007. 93(11): p. 1485-1487.
80. Herndon, J.M., Solar System processes underlying planetary formation, geodynamics, and the georeactor. *Earth, Moon, and Planets*, 2006. 99(1): p. 53-99.
81. Larimer, J.W., Chemical fractionation in meteorites I, Condensation of the elements. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1967. 31: p. 1215-1238.
82. Sorby, H.C., *Nature*, 1877. 15: p. 495.
83. Herndon, J.M. and H.E. Suess, Can the ordinary chondrites have condensed from a gas phase? *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1977. 41: p. 233-236.
84. Herndon, J.M., Reevaporation of condensed matter during the formation of the solar system. *Proc. R. Soc. Lond*, 1978. A363: p. 283-288.
85. Lederer, S.M. and F. Vilas, Spectrophotometry of Kuiper Belt objects 20000 Varuna, 2000 Eb₁₇₃ and Centaur 10199 Chariklo. *Earth, Moon and Planets*, 2003. 92(1): p. 193-199.
86. Eucken, A., *Physikalisch-chemische Betrachtungen über die früheste Entwicklungsgeschichte der Erde*. *Nachr. Akad. Wiss. Goettingen, Math.-Kl.*, 1944: p. 1-25.
87. Bainbridge, J., Gas imperfections and physical conditions in

- gaseous spheres of lunar mass. *Astrophys. J.*, 1962. 136: p. 202-210.
88. Kuiper, G.P., On the origin of the Solar System. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1951. 37: p. 1-14.
 89. Kuiper, G.P., On the evolution of the protoplanets. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1951. 37: p. 383-393.
 90. Urey, H.C., *The Planets*. 1952, New Haven: Yale University Press.
 91. Cameron, A.G.W., Formation of the solar nebula. *Icarus*, 1963. 1: p. 339-342.
 92. Herndon, J.M. and H.E. Suess, Can enstatite meteorites form from a nebula of solar composition? *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1976. 40: p. 395-399.
 93. Herndon, J.M., Discovery of fundamental mass ratio relationships of whole-rock chondritic major elements: Implications on ordinary chondrite formation and on planet Mercury's composition. *Curr. Sci.*, 2007. 93(3): p. 394-398.
 94. Urey, H.C., The origin and development of the Earth and other terrestrial planets. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1951. 1: p. 36-82.
 95. Herndon, J.M., Total mass of ordinary chondrite material originally present in the Solar System. arXiv: astro-ph 0410242, 2004.
 96. Reid, A.M., et al., Olivine and pyroxene in the Orgueil meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1970. 34(11): p. 1253-1254.
 97. Suess, E., *Das Antlitz der Erde*. 1885, Prague and Vienna: F. Tempky.
 98. Wegener, A.L., *Die Entstehung der Kontinente*. *Geol. Rundschau*, 1912. 3: p. 276-292.
 99. Hilgenberg, O.C., *Vom wachsenden Erdball*. 1933, Berlin: Giessmann and Bartsch. 56.
 100. Carey, S.W., *The Expanding Earth*. 1976, Amsterdam: Elsevier. 488.

101. Carey, S.W., *Theories of the Earth and Universe - A History of Dogma in the Earth Sciences*. 1988, Stanford: Stanford University Press. 413.
102. Egyed, L., A new dynamic conception of the internal constitution of the Earth. *Geol. Rdsch.*, 1957. 46: p. 101-121.
103. Scheidegger, A.E., *Principles of Geodynamics*. 1982, Heidelberg: Springer-Verlag.
104. Herndon, J.M., Whole-Earth decompression dynamics. *Curr. Sci.*, 2005. 89(10): p. 1937-1941.
105. Podolak, M. and A.G.W. Cameron, Models of the Giant Planets. *Icarus*, 1974. 22: p. 123-148.
106. Herbig, G.H., The properties and problems of T Tauri stars and related objects. *Adv. Astron. Astrophys.*, 1962. 1: p. 47-103.
107. Joy, A.H., T Tauri variable stars. *Astrophys. J.*, 1945. 102: p. 168-195 (plus 4 unnumbered pages of plates).
108. Lada, C.T., Cold outflows, energetic winds, and enigmatic jets around young stellar objects. *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 1985. 23: p. 267-317.
109. Chao, B.F., The geoid and Earth rotation, in *The Geoid and Its Geophysical Interpretation*, P.V.a.N. Christou, Editor. 1994, CRC Press: Boca Raton, Florida. p. 285-298.
110. Mc Connell, R.K., Isostatic adjustment in a layered Earth. *J. Geophys. Res.*, 1965. 70: p. 5171-5188.
111. Benfield, A.F., Terrestrial heat flow in Great Britain. *Proc. R. Soc. Lond*, 1939. Ser A 173: p. 428-450.
112. Bullard, E.C., Heat flow in South Africa. *Proc. R. Soc. Lond*, 1939. Ser. A 173: p. 474-502.
113. Revelle, R. and A.E. Maxwell, Heat flow through the floor of the eastern North Pacific Ocean. *Nature*, 1952. 170: p. 199-200.
114. Herndon, J.M., Energy for geodynamics: Mantle decompression thermal tsunamis. *Curr. Sci.*, 2006. 90: p. 1605-1606.

115. Kudryavtsev, N., *Petroleum Econ. (Neftianoye Khozyaistvo)*, 1951. 9: p. 17-29.
116. Gold, T., The origin of natural gas and petroleum, and the prognosis for future supplies. *Ann. Rev. Energy*, 1985. 10: p. 53-77.
117. Gold, T., *Deep Hot Biosphere*. 2001, New York: Copernicus Books. 243.
118. Kenney, J.F., et al., The evolution of multicomponent systems at high pressures: VI The thermodynamic stability of the hydrogencarbon system: The genesis of hydrocarbons and the origin of petroleum. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 2002. 99(17): p. 10976-70981.
119. Herndon, J.M., Enhanced prognosis for abiotic natural gas and petroleum resources. *Current Science*, 2006. 91(5): p. 596-598.
120. Mayor, M. and D. Queloz, A Jupiter-mass companion to a solar mass star. *Nature*, 1995. 378: p. 355-359.
121. Churchill, W. May 17, 1916.
122. Drake, S., ed. *Discoveries and Opinions of Galileo*. 1956, Doubleday: New York. 301.
123. ArchiveFreedom, <http://archivefreedom.org>.
124. Herndon, J.M., Thermonuclear ignition of dark galaxies. *arXiv.org/astro-ph/0604307*, 2006.
125. Herndon, J.M., New concept for internal heat production in hot Jupiter exo-planets. *arXiv.org/astro-ph/0612603* 2006.
126. Herndon, J.M., Evidence contrary to the existing exo-planet migration concept. *arXiv.org/astro-ph/0612726*, 2006.
127. Oliphant, M.L., P. Harteck, and E. Rutherford, Transmutation effects observed with heavy hydrogen. *Nature*, 1934. 133: p. 413.
128. Bethe, H.A., Energy production in stars. *Phys. Rev.*, 1939. 55(5): p. 434-456.
129. Gamow, G. and E. Teller, The rate of selective thermonuclear

- reactions. *Phys. Rev.*, 1938. 53: p. 608-609.
130. Schwartzchild, M., *Structure and evolution of the stars*. 1958, Princeton: Princeton University Press.
131. Levée, R.D., A gravitational contracting model. *Astrophys. J.*, 1953. 117: p. 200-210.
132. Aumann, H.H., C.M.J. Gillespie, and F.J. Low, The internal powers and effective temperatures of Jupiter and Saturn. *Astrophys. J.*, 1969. 157: p. L69.
133. Herndon, J.M., Nuclear georeactor origin of oceanic basalt ^3He /evidence, and implications. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 2003. 100(6): p. 3047-3050.
134. Herndon, J.M., Solar System processes underlying planetary formation, geodynamics, and the georeactor. *Earth, Moon and Planets*, 2006. 99: p. 53-99.
135. Hayashi, C. and T. Nakano, Thermal and dynamic properties of a protostar and its contraction to the stage of quasi-static equilibrium. *Prog. theor. Physics*, 1965. 34: p. 754-775.
136. Larson, R.B., Gravitational torques and star formation. *Mon. Not. R. astr. Soc.*, 1984. 206: p. 197-207.
137. Bodenheimer, P., D.N.C. Lin, and R.A. Mardling, On the tidal inflation of short-period extrasolar planets. *Astrophys. J.*, 2001. 548: p. 466-472.
138. Showman, A.P. and T. Guillot, Atmospheric circulation and tides of "51 Pegasus-like" planets. *Astron. Astrophys.*, 2002. 385: p. 166-180.
139. Charbonneau, D., et al., Precise radius estimates for the exoplanets WASP-1b and WASP-2b. [arXiv.org/astroph/0610589](https://arxiv.org/abs/2006.06105) 2006.
140. Pont, F. and et.al, A planet-sized transiting star around OGLETR-122; Accurate mass and radius near the hydrogen-burning limit. *Astron. Astrophys.*, 2005. 433: p. L21-L24.

141. Rubin, V.C., The rotation of spiral galaxies. *Science*, 1983. 220: p. 1339-1344.
142. Bacall, J.N., Star counts and galactic structure. *A. Rev. Astron. Astrophys.*, 1986. 24: p. 577-611.
143. Burbidge, E.M. and G.R. Burbidge, Synthesis of the elements in stars. *Rev. Mod. Phys.*, 1957. 29(4): p. 547-650.
144. Hubble, E., A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1929. 15: p. 168-173.
145. Slipher, V.M., The radial velocity of the Andromeda Nebula. *Lowell Observatory Bulletin*, 1912. 2(58): p. 56-57.
146. Penzias, A.A. and R.W. Wilson, A measurement of excess antenna temperature at 4080 Mc/s. *Astrophys. J.*, 1965. 142: p. 419-421.
147. Zellner, B., Leake, M., Morrison, D. and J. G. Williams, The E asteroids and the origin of the enstatite chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1977. 41: p. 1759-1767.
148. Vilas, F., Mercury: absence of crystalline Fe^{2+} in the regolith. *Icarus*, 1985. 64: p. 133-138.

PUBBLICAZIONI SUCCESSIVE

- Herndon, J. M. 2009 Nature of planetary matter and magnetic field generation in the solar system. *Curr. Sci.* **96**, 1033-1039.
- Herndon, J. M. 2009 New concept for internal heat production in hot Jupiter exo-planets, thermonuclear ignition of dark galaxies, and the basis for galactic luminous star distributions. *Curr. Sci.* **96**, 1453-1456.
- Herndon, J. M. 2009 Uniqueness of Herndon's georeactor: Energy source and production mechanism for Earth's magnetic field. *arXiv.org/abs/0901.4509*.
- Herndon, J. M. 2010 Impact of recent discoveries on petroleum and natural gas exploration: Emphasis on India. *Curr. Sci.* **98**, 772-779.
- Herndon, J. M. 2010 Inseparability of science history and discovery. *Hist. Geo Space Sci.* **1**, 25-41