

Marco Arcani

La vita in un guscio di plasma

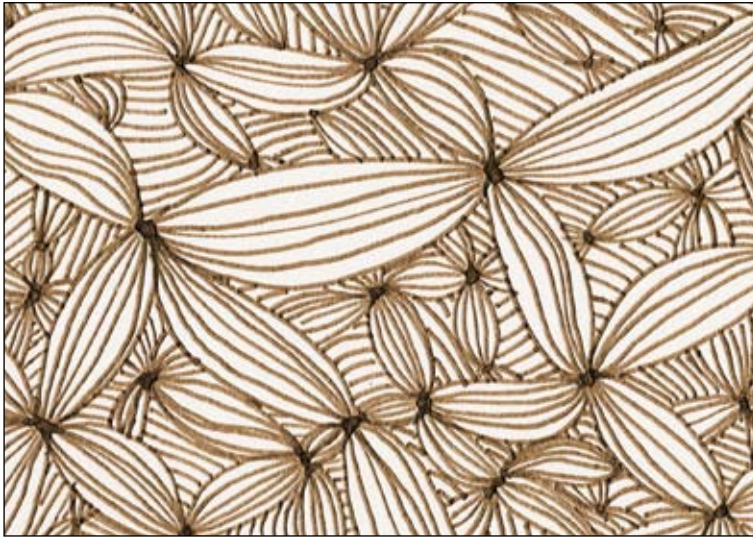
Un prodigio in una perla cosmica

Prefazione

Gli ingredienti che hanno reso possibile lo sviluppo delle forme viventi sulla Terra sono molti e per gli scienziati una delle sfide più grandi rimane quella di riprodurre l'ambiente primordiale adatto per tentare di replicare e svelare il mistero della vita. Sul nostro pianeta la vita si è sviluppata nelle forme più variegata e bizzarra: dalle più semplici e resistenti, quali sono i batteri estremofili, alle più complesse e fragili, tra le quali vi è l'essere umano. La scoperta di migliaia di pianeti in orbita attorno ad altre stelle e l'esempio di adattamento delle forme viventi agli ambienti più ostili sul nostro pianeta fanno pensare che la vita — in qualsiasi forma essa sia concepibile — potrebbe essere molto diffusa nell'universo. Gli astronomi sono perciò alla ricerca di pianeti *Earth-like*, ovvero più simili possibili al nostro. I parametri principalmente tenuti in considerazione sono: la presenza di acqua, le componenti chimiche come il carbonio e le condizioni climatiche come la temperatura; ovvero un sistema stellare stabile e una giusta distanza tra il pianeta e la propria stella. Ma la Terra non è semplicemente una sfera che rotola nello spazio, è un complesso organismo vivo e dinamico, è un corpo protetto e allo stesso tempo interconnesso con l'ambiente esterno. Quando noi umani osserviamo il nostro pianeta dallo spazio, questo ci appare come una bellissima palla azzurra isolata e quasi teneramente indifesa. Osservato con gli occhi di una particella elementare — come un raggio cosmico — il mondo potrebbe apparire invece come un uovo opaco, il cui nocciolo azzurro risulta ben protetto da un'efficace e complessa armatura elettromagnetica. La vita sulla Terra si è sviluppata grazie ad alcune fondamentali componenti chimiche e fisiche, ma non avrebbe potuto diffondersi ed evolversi senza il suo esclusivo guscio di plasma. La struttura a "uovo" del nostro pianeta in realtà è peculiare per alcune caratteristiche ma non è unica, ogni corpo celeste che esibisce un campo magnetico possiede anche un analogo guscio di plasma, Giove e Saturno sicuramente sono avvolti da un ambiente simile e molto più intenso, il Sole stesso possiede il suo enorme guscio chiamato eliosfera, in cui è contenuto tutto il sistema solare, la Galassia che ospita il siste-

La vita in un guscio di plasma

ma solare mostra indizi che ci inducono a pensare che potrebbe avere anch'essa un guscio di plasma. Questa architettura va vista insieme alla struttura filamentosa recentemente scoperta nello spazio, un tessuto nervoso che collega tutti i corpi celesti del cosmo. I filamenti sono le strutture più grandi mai osservate, e ricordano l'idea affascinante e oggi sorprendentemente attuale dei vortici di Cartesio proposta nel XVII secolo dal filosofo e matematico René Descartes. Egli immaginava l'universo permeato da un etere sottile, in cui i corpi celesti sarebbero connessi e trascinati da giganteschi vortici di materia fluida invisibile.



In questa visione olistica si può considerare il nostro pianeta, non come uno sparuto puntino sperduto nello spazio, ma piuttosto come un rifugio ben racchiuso in una specie di Matrioska cosmica (un termine adatto considerata la sua origine di *Mater vitae*) in perfetta armonia e in connessione con gli altri corpi celesti. La vita è quindi nata e cresciuta nel guscio della Terra, nel guscio del Sole, nel guscio della Galassia; le sfere celesti degli antichi pensatori potrebbero in questo senso avere ancora un significato fisico. In questa prospettiva di connessione profonda tra tutti gli elementi, prende senso anche una concezione più radicale, come quella panpsichista, in cui l'universo non può essere considerato semplicemente una macchina da analizzare con strumenti deterministici, ma esso appare piuttosto essere un organismo vivente e cosciente che richiede di essere compreso e studiato come tale.

Un aspetto critico è il fatto che oggi la ricerca scientifica tende sempre più a concentrarsi su fenomeni estremamente specifici, spingendo l'analisi verso dettagli sempre più ristretti. Questo approccio di scomposizione delle fondamenta permette di affinare la comprensione dei singoli aspetti, ma spesso allontana lo sguardo dal disegno più grande. Se vogliamo trovare le risposte ai nostri quesiti più ancestrali dobbiamo ritornare a contemplare la Natura nel suo insieme e non solo le sue parti. Purtroppo l'evoluzione dell'epistemologia ci ha fatto abbandonare la disciplina della Filosofia Naturale — ovvero lo studio della realtà riconoscendo l'uomo come parte integrante della Natura, e non la Natura al servizio dell'uomo — questo ha probabilmente fatto smarrire lo scenario d'insieme. Solo attraverso una visione integrata che unisca il rigore scientifico con la consapevolezza del nostro legame con il cosmo potremmo forse avvicinarci a comprendere il mistero della vita e il ruolo che essa gioca nell'universo.



Nella stesura di questo volume non ho potuto nascondere la mia formazione tecnologica ed "elettrica". Su larga scala, la forza elettromagnetica è la forza più grande della natura, è ciò che tiene insieme la chimica, ciò che permette alle nostre cellule di funzionare, quello che permette al Sole di inviarci il suo calore, e quello che genera il campo magnetico terrestre. Eppure a livello astrofisico le forze elettriche sono spesso ignorate, sottovalutate o considerate insignificanti. Questa concezione limitata ha fatto sorgere diversi problemi e sfide che oggi la ricerca scientifica dello spazio e in particolare quella cosmologica si trova ad affrontare. Mi riferisco a concetti e problemi irrisolti quali: materia oscura, energia oscura, singolarità come buchi neri e molto altro. Concetti questi scaturiti da elucubrazioni matematiche sicuramente valide, ma col difetto di essere applicati a fenomeni presunti reali e non riproducibili in laboratorio. In fisica quando un fenomeno non è compreso, spesso lo si giustifica ammettendo l'esistenza di un "qualcosa" di reale. Numerose sono le particelle ipotizzate in passato che poi sono risultate solo frutto di artefatti di esperimenti, o fenomeni interpretati in modo errato. La tradizione viene mantenuta; infatti dopo decenni di ricerca non c'è traccia di nessuna materia oscura, né di energia oscura e l'invenzione dei buchi neri, così come vengono descritti, possono essere visti come soluzioni teoriche necessarie a giustificare l'emergere di simboli come l'infinito in certe equazioni. Oltre al modello cosmologico attuale basato solo sulla forza di gravità e sulla teoria del Big Bang, esistono da decenni altri modelli alternativi. Uno è la teoria dell'*Universo al Plasma*, un modello cosmologico alternativo che postula che il plasma sia l'entità dominante che forgia l'universo. Questo modello suggerisce che l'universo non abbia avuto un inizio e non avrà nessuna fine, ma sia caratterizzato da una continua evoluzione dovuta a forze e interazioni elettromagnetiche tipiche della fisica dei plasmi. Un'altra teoria è quella dell'*Universo Elettrico*, la quale postula che l'universo sia governato principalmente da interazioni elettriche, piuttosto che dalla gravità, e che i fenomeni cosmici siano guidati da correnti elettriche, forze elettromagnetiche e dal plasma. Queste teorie offrono una valida prospettiva, alternativa alla cosmologia convenzionale. Verosimilmente l'unione delle tre ipotesi potrebbe portare a un modello più vicino a quello dell'universo osservato. Con questo manoscritto, il mio auspicio è di contribuire a stimolare uno spirito critico e di mentalità aperta nei lettori.

Lo scopo principale di questo lavoro è fare luce, dal punto di vista scientifico, sulle caratteristiche e sul funzionamento di una parte invisibile ma vitale del nostro pianeta che è dominata dalle particelle elementari e dalle forze elettriche. Lo studio della magnetosfera, della plasmasfera, nonché delle fasce di Van Allen, delle aurore polari e dei raggi cosmici, nel corso degli anni ha visto un grande sviluppo grazie anche alle numerose missioni spaziali dedicate alla loro indagine. Comprendere il funzionamento di questa parte del nostro pianeta contribuisce alla comprensione del suo stesso funzionamento, del funzionamento dei pianeti in generale e della stretta relazione esistente tra il Sole, la Terra e la vita. Un legame così intenso, da essere oggetto di alcune ricerche, che mettono in risalto la relazione tra l'attività del Sole o della radiazione cosmica e il manifestarsi di disturbi o malattie nella popolazione.

Gli argomenti sono esposti in modo divulgativo con il massimo rigore scientifico possibile. I temi trattati sono quelli in cui il metodo scientifico può essere applicato letteralmente con approccio *galileiano*.



Venegono Inferiore, 2026

Progetto ADA (Astroparticle Detector Array)

Astroparticelle.it: fisica dei raggi cosmici, cosmoclimatologia e astrobiologia.

La vita in un guscio di plasma

Sommario

Introduzione.....	15
1 — Cenni di Magnetismo.....	19
1.1 La calamita.....	21
1.2 L'elettrocalamita.....	25
1.3 La dinamo ad autoeccitazione.....	27
1.4 Magneti superconduttori.....	28
1.5 Monopoli magnetici.....	30
2 — Il plasma.....	33
2.1 Atomi, ioni e isotopi.....	34
2.2 Descrizione generica del plasma.....	38
2.3 Lunghezza di Debye.....	40
2.4 Guaina di Debye.....	41
2.5 Double layer elettrici.....	42
2.6 Forme di plasma.....	43
2.7 L'intricato ambiente del plasma.....	45
2.8 Onde di Langmuir.....	48
2.9 Onde di Alfvén.....	50
2.10 Correnti di Birkeland, plasmoidi e filamenti.....	52
2.11 Correnti di compressione – lo Z-Pinch.....	58
2.12 Instabilità dei plasmi.....	59
3 — Il Sole e l'eliosfera.....	63
3.1 L'origine del sistema solare.....	66
3.2 La fusione nucleare.....	67
3.3 La fissione nucleare.....	69
3.4 Il modello standard del Sole.....	71
3.5 I cicli solari.....	74
3.6 La fotosfera.....	74
3.7 Cromosfera e Corona.....	76
3.8 Il problema della calda corona.....	80
3.9 Il vento solare.....	81

3.10	L'eliosfera.....	85
3.11	La forma dell'eliosfera.....	89
3.12	La dinamo solare.....	92
3.13	I neutrini solari.....	94
4	I Raggi cosmici	99
4.1	I raggi cosmici galattici.....	103
4.2	Particelle cosmiche e campi magnetici.....	104
4.3	Cicli cosmici.....	106
4.4	Accelerazione dei raggi cosmici.....	108
4.5	L'età dei raggi cosmici.....	109
4.6	I raggi cosmici primari.....	113
4.7	I raggi cosmici secondari.....	115
4.8	La radiazione cosmica e la formazione della vita sulla Terra...	119
5	Terrelle	125
5.1	Le prime terrelle.....	129
5.2	La terrella di Birkeland.....	131
5.3	Esperimenti con terrelle moderne.....	134
5.4	L'esperimento Madison.....	136
5.5	L'apparato da tre metri.....	138
5.6	DRESDYN.....	139
6	Il guscio della Terra	143
6.1	Le strutture interne della Terra.....	145
6.2	L'atmosfera.....	147
6.3	La magnetosfera.....	154
6.4	La plasmasfera e le fasce di Van Allen.....	160
6.5	Le aurore polari.....	170
6.6	L'elettrosfera - il circuito elettrico della Terra.....	182
6.7	Space Weather - La Meteorologia Spaziale.....	200
7	La vita in una membrana di plasma	205
7.1	Origine e sviluppo della vita sulla Terra.....	207
7.2	Enigmi dell'acqua e il mistero della sua origine.....	217
7.3	Fosforo e meteoriti.....	222
7.4	Raggi cosmici e topologia del DNA.....	224
7.5	Vita elettrica.....	231
7.6	Volare con l'elettrostatica.....	234

7.7	Api elettriche e altre sorgenti biogeniche.....	235
7.8	Navigazione magnetica.....	237
8	— Esopianeti.....	245
8.1	Scoprire nuovi pianeti.....	247
8.2	Scoprire la vita su altri mondi.....	251
8.3	Esopianeti e campi magnetici.....	255
8.4	Proxima centauri b.....	259
8.5	TRAPPIST-1.....	261
9	— Appendici.....	265
9.1	Conseguenza delle leggi di Maxwell.....	265
9.2	Forza (legge) di Lorentz.....	266
9.3	Forza (legge) di Coulomb.....	267
9.4	Esperimento di Ampère con correnti parallele.....	268
9.5	Il momento del fotone.....	268
9.6	L'effetto fotoelettrico.....	269
9.7	Radiazione Cherenkov.....	270
9.8	Radiazione di Bremsstrahlung.....	271
9.9	Acceleratori di particelle.....	272
9.10	Esperimento di misura del Campo Magnetico della Terra	273
9.11	Moto delle cariche nel c. m. terrestre e mirror point....	280
9.12	Il gocciolatore di Kelvin.....	281
9.13	La forza di Coriolis.....	283
9.14	Costruiamo una terrella.....	284
9.15	Tipi e classi di brillamenti solari.....	288
9.16	Le scale meteorologiche spaziali del NOAA.....	289
	Ringraziamenti.....	295
	Bibliografia.....	297
	Webgrafia.....	298
	Iconografia.....	299

La vita in un guscio di plasma

Introduzione

Il volume è organizzato a partire da un breve capitolo di ripasso sul magnetismo e da un capitolo sulla fisica del plasma, un argomento quest'ultimo che è fondamentale per la natura di questo lavoro, ma che appare raramente nei libri divulgativi. Le motivazioni di questa carenza sono da ricercare nel fatto che questa materia è molto complessa, perfino agli addetti ai lavori. Sebbene possa affermare di conoscere abbastanza approfonditamente la fisica dei raggi cosmici, non posso dire altrettanto per la fisica del plasma cosmico, tuttavia confido di aver raggiunto almeno lo scopo di condividere i concetti che possono essere utili per comprendere meglio il funzionamento del guscio che ci protegge e delle sue parti implicate nei fenomeni del circuito elettrico e magnetico terrestre: la magnetosfera e la plasmasfera. In sostanza, avere un'idea più precisa di cosa sia e come si comporti il plasma è utile per la comprensione degli argomenti trattati nei capitoli successivi e spero che sia utile al lettore anche per comprendere la terminologia usata negli articoli scientifici che trattano questi argomenti in modo più tecnico. Il terzo capitolo riguarda la nostra stella, non essendo altro che una palla di plasma che ingloba tutto il sistema solare. L'argomento successivo è dedicato ai raggi cosmici, particelle ad alta energia coinvolte in moltissime interazioni, alcune delle quali sono legate anche all'origine della vita stessa. Uno spazio ho voluto dedicarlo alle "terrelle", modelli elettromagnetici in miniatura del nostro pianeta che potete anche provare a realizzare in casa. L'aspetto didattico è un altro elemento che per diversi motivi desidero sempre proporre. La modellizzazione del nostro pianeta è un argomento che serve anche come introduzione ai due capitoli centrali, uno dedicato al funzionamento della parte elettromagnetica della Terra, mentre l'altro raccoglie le teorie sulla formazione della vita e come pensiamo possa essersi sviluppata. Un ultimo capitolo riguarda gli studi dedicati alla possibilità di trovare pianeti abitati simili al nostro. Chiude il volume la sezione delle appendici, in cui sono esposti in modo un po' più formale alcuni argomenti che sono richiamati nel testo, oltre a qualche esperimento, tra cui la misura della forza del cam-

po magnetico terrestre. Infine, indico alcune note di "stile" tipografico adottate nel libro. Per questioni scientifiche, nell'esposizione di cifre, ho preferito l'uso del punto come separatore dei decimali e lo spazio breve come separatore per le migliaia. Per quanto riguarda i molti termini che compaiono in lingua inglese, ciò non è dovuto a una passione sfrenata per l'inglesismo, ma è piuttosto una necessità dettata dal fatto che oggi la lingua inglese è la lingua della comunità scientifica e certi termini non sono facilmente traducibili in italiano, se non in modo grottesco. Se fossimo in altri tempi avremmo avuto termini in latino, forse in francese, o in tedesco; con un'eccezione, la fisica quantistica ha in effetti mantenuto molte locuzioni tedesche essendosi sviluppata per opera di autori germanici.

Lo scienziato non studia la natura perché sia utile farlo. La studia perché ne ricava piacere; e ne ricava piacere perché è bella. Se la natura non fosse bella, non varrebbe la pena conoscerla, e la vita non sarebbe degna di essere vissuta.

Henri Poincaré