

Frank Lloyd Dini

Il triangolo di fuoco e l'energia per la vita

*Dalla storia dell'Universo
alla prevenzione in medicina*

seconda edizione

vai alla scheda del libro su www.edizioniets.com



Edizioni ETS



www.edizioniets.com

© Copyright 2014

nuova edizione 2015

EDIZIONI ETS

Piazza Carrara, 16-19, I-56126 Pisa

info@edizioniets.com

www.edizioniets.com

Distribuzione

Messaggerie Libri SPA

Sede legale: via G. Verdi 8 - 20090 Assago (MI)

Promozione

PDE PROMOZIONE SRL

via Zago 2/2 - 40128 Bologna

ISBN 978-884674299-5

INDICE

Prefazione	11
Capitolo Primo	
L'energia	15
L'ultimo dei maghi	17
I Principia	21
Newton, Voltaire e la marchesa	25
L'energia si conserva?	29
Energia cinetica e potenziale	32
Dick Feynman e la storia di Denis	34
Capitolo Secondo	
Calore e energia	39
Il conte Rumford	41
Sadi Carnot e la seconda legge	43
Il figlio del reverendo Clausius	47
La storia di un birraio con la passione per la fisica	49
L'entropia e il pitale del professore	51
Ferdinando e Galileo	57
Lord Kelvin	60
Capitolo Terzo	
Terra, aria, fuoco e acqua	65
La natura della materia: gli atomi e le molecole	67
Una tempesta in un bicchier d'acqua	74
La magia dell'acqua	76
Aria di fuoco	79
Il fuoco e la combustione	82
Capitolo Quarto	
La macchina umana	85
C'è bisogno di energia!	88
Una pentola davvero speciale	92
Alla ricerca del massimo rendimento: il volo degli ibis	96
Eugenio, il maestrino di Pietrasanta	98
Uomini e macchine	100

Capitolo Quinto

Energia, nutrienti e calorie	103
La morte di La Mettrie	104
Verso le Indie Olandesi	107
Herr Professor e il superamento del Vitalismo	108
Quella donna è un drago!	112
Chi ama brucia!	120
Calcolare l'energia del cibo	122
Pigri, moderatamente prigrì e atleti	124

Capitolo Sesto

Centomila miliardi di cellule	129
I primi microscopisti	131
Hooke, Newton e la Royal Society	133
Micrografia	139
Omnis cellula e cellula	141
Eucarioti e protocarioti	144
Il nucleo: la centrale operativa	149
La membrana magica	150
Il citoplasma: un denso "brodo molecolare"	153
Verso l'infinitamente piccolo	155

Capitolo Settimo

La storia dell'Universo è anche la nostra storia	159
Einstein, il comunista e il prete	161
Da Edwin Hubble all'eco del Big bang	164
La nascita del Sole	167
Siamo fatti di stelle	170
La "carta d'identità" delle stelle	172
Chimica del carbonio, chimica della vita	175
Le molecole dello spazio	178
La storia della Terra	181
Fred Hoyle e il Jumbo jet	184
Tutti contro Darwin	189
Alla ricerca del LUCA	192
Il contributo della paleontologia	193
L'urlo di Munch	196
Dalla catastrofe dell'ossigeno all'esplosione del Cambriano	198
Il posto dell'uomo nell'Universo	201

Capitolo Ottavo

La combustione e il patto col diavolo	205
Paracelso: alchimista, mago e guaritore	207
Il triangolo di fuoco e i bozzetti di Madame Lavoisier	210
L'eredità dei Lavoisier	214
Ossigeno: amico o nemico?	216
Radicali e non radicali	218
La guerra per l'energia libera	220

Energia libera, energia animatrice	225
L'arsenale di Torino	227
I fermenti di Van Helmont	229
Capitolo Nono	
La centrale energetica cellulare	233
Il test cardiopolmonare	234
I combustibili della macchina vivente	235
La vera respirazione avviene nei mitocondri	237
Lunga e tortuosa correva la via	238
L'Ebreo errante e il nobile ungherese	241
Capitolo Decimo	
La termodinamica della vita	247
La Teoria dei Sistemi	248
Il patrimonio di ordine originario	253
Fare i conti con l'equilibrio	255
La marcia dell'entropia	257
Danni collaterali	259
Così parlò Schrödinger	262
Sistemi dissipativi	265
Autorganizzazione	266
Le celle di Bénard	268
La danza delle molecole d'acqua	272
Origine della vita e autorganizzazione	274
L'autorganizzazione e l'ormesi	277
Il delitto perenne	278
L'orologio e l'iPhone	280
Non siamo macchine!	283
Eliminare il calore mantenendo la temperatura	286
La leggenda del pollo surgelato	291
L'elogio del freddo	293
Il cuore, motore e ordinatore	295
Invidie accademiche	296
Il cuore del frigorifero	300
L'entropia del corpo umano	303
La colomba di Kant	306
Camminare, correre, nuotare	307
La minaccia dietro l'angolo	310
Adattamento, allenamento, apprendimento	312
L'elefante e il criceto	314
Stiamo freschi!	317
Conclusioni	323
Bibliografia	325
Indice dei nomi	331

PREFAZIONE

Quando si parla di leggi fondamentali della Natura ci riferiamo alle “regole del gioco” sulle quali è fondata la nostra interpretazione dei fenomeni del mondo. Ciò che le rende veramente essenziali è il fatto che esse stanno in un certo senso agli inizi del discorso. Non si possono provare, altrimenti ci sarebbe qualcosa di più fondamentale e profondo a cui dovrebbero essere ricondotte. La loro validità è di tipo fenomenologico, essendo basata sul fatto che nessuno sia mai riuscito a smentirle.

La fisica, che è la scienza della Natura, è alla base di tutto ciò che accade intorno a noi, all'interno di noi e in tutto il cosmo. Tuttavia, la questione se le leggi della fisica abbiano validità e siano pienamente applicabili agli esseri viventi è una controversia che ha lungamente diviso e contrapposto gli studiosi. Dopo un lunghissimo dibattito, oggi possiamo affermare che gli organismi effettivamente seguono i principi fisici della materia inanimata, sebbene posseggano peculiarità che derivano dalla loro complessa organizzazione. Tutto ciò appare logico e accettabile, forse persino scontato, ma per molto tempo non è stato così.

Il percorso che ha portato a concludere che è nelle leggi fisiche che possiamo trovare le basi del funzionamento di ogni componente dell'Universo è cominciato quasi 2.500 anni fa in una piccola città commerciale posta sulle rive dell'Anatolia: Mileto. Fu a Mileto che, grazie al filosofo greco Leucippo e al suo allievo Democrito, si ipotizzò, per la prima volta, che ogni componente della Natura fosse costituito di particelle minuscole e indivisibili: gli atomi.

Ci vollero oltre duemila anni perché si giungesse alla definitiva dimostrazione che gli atomi esistevano veramente e che tutte le cose, persino noi stessi, sono fatte di atomi. Io, ad esempio, sono un insieme di una moltitudine di tre miliardi di miliardi di miliardi di atomi combinati in modo complesso, chiamato Frank Lloyd Dini. Ci sono più atomi nel nostro occhio che stelle in tutte le galassie dell'Universo conosciuto.

Ma se è vero che il nostro corpo è composto di atomi e molecole, che singolarmente seguono le stesse leggi della materia inanimata, perché allora gli esseri viventi sono tanto diversi dalla materia inerte o dai congegni costruiti dall'uomo?

Dobbiamo ammettere di non saperlo. Ma dovremmo per questo rassegnarci? Nessuna plausibile risposta può risolvere in modo soddisfacente il dilemma? È forse questo il motivo per cui le teorie vitalistiche hanno periodicamente ripreso vigore, nonostante siano state più volte smentite dalla forza delle dimostrazioni?

Sebbene qualcuno l'abbia ritenuto possibile, non è pensabile dare una risposta al problema studiando il comportamento delle singole particelle che compongono gli esseri viventi, indipendentemente le une dalle altre. La possibilità di trovare soluzioni a un numero tanto smisurato di equazioni, da permetterci di seguire il movimento di tutte le molecole di un corpo, è persino lontana dalla più fervida immaginazione del più abile programmatore di *computer*.

La risposta a questi fondamentali quesiti è probabilmente da ricercarsi nell'energia che governa i fenomeni naturali. Ogni essere vivente, ogni pianta o animale, per crescere e muoversi, ha bisogno di energia, che, all'interno dei processi della vita, si degrada irreversibilmente in calore, e come tale viene poi dispersa nell'ambiente. È dunque necessario che tutta l'energia che serve per vivere venga poi rigenerata; e questo rappresenta, nel suo insieme, l'aspetto energetico della vita sulla Terra.

Se è vero che tutte le facoltà dell'uomo sono riconducibili a noi stessi, come scrisse Erasmo da Rotterdam cinquecento anni fa, e che un carattere fondamentale della vita è nutrirsi di un flusso di energia, allora è evidente che la fisica e la biologia non possono prescindere l'una dall'altra. Nel libro *L'evoluzione della fisica*, Einstein ricordò come insigni medici abbiano contribuito all'avanzamento della fisica; analogamente, ad indicarci la via sono stati alcuni dei massimi fisici del XIX e XX secolo. Essi si cimentarono nel tentativo di fornire una visione del tutto originale delle basi della biologia.

Le leggi della fisica sostengono la biologia e sulla biologia si fonda tutta la medicina. Qualcuno le ha paragonate alle regole degli scacchi. Ma, chi ci stia dietro tali regole nessuno veramente lo sa, e certamente qui non ci azzarderemo a dare risposte in questo senso.

Tra le branche della fisica, la termodinamica – la scienza nata ai tempi della Rivoluzione Industriale e che tratta le trasformazioni dell'energia da una forma all'altra – fu riconosciuta come l'unica che possa realmente illuminarci per capire il modo di funzionare degli esseri viventi. La sua versatilità risiede nella capacità di riassumere il comportamento complessivo di atomi e molecole attraverso grandezze macroscopiche oppure col ricorso a una descrizione statistica del comportamento delle particelle.

La termodinamica è governata da alcune importanti leggi. La prima (detta anche legge di conservazione dell'energia) e la seconda (la legge

dell'aumento dell'entropia) sono i suoi pilastri. Tali principi sono talmente fondamentali e universali che non sono stati messi in discussione da nessuna delle recenti scoperte della fisica. Ben presto divenne chiaro che entrambe dettano le regole del gioco.

È stato riconosciuto che l'applicazione della termodinamica allo studio dei sistemi viventi può aprire nuovi scenari alla ricerca biomedica. Tuttavia, nonostante l'importanza del tema, questa branca della fisica ha ricevuto minima attenzione e riconoscimento in campo medico. I libri di biochimica e fisiologia ne parlano appena e generalmente in modo superficiale, frammentario e incompleto. I medici, poi, salvo poche eccezioni, non la conoscono affatto. La termodinamica invece può essere molto importante, in primo luogo perché si occupa degli scambi di energia e materia tra il nostro organismo e l'ambiente.

Sulla base di queste premesse, ho pensato di approfondire il tema dei rapporti tra energia, termodinamica ed evoluzione dei sistemi viventi. Non si è trattato di un compito facile, giacché la termodinamica degli esseri viventi è molto più complicata dalla termodinamica classica. Ho ritenuto di aprire il libro parlando dell'energia, che è motore di quello succede intorno a noi, dentro di noi e in tutto l'Universo. Il capitolo finale, la termodinamica della vita, è il più importante¹.

Di sicuro non sarei mai riuscito a portare a termine il compito se non mi fossi potuto avvalere di importanti e qualificati contributi. Per questo, voglio ringraziare Marco Piccolino, professore di Fisiologia e Filosofia della Scienza all'Università di Ferrara, Cosimo Rizzo, professore di Termodinamica dell'Ingegneria chimica a Pisa, Angelo Di Garbo e Franco Gambale, fisici dell'Istituto di Biofisica del CNR, Nicola Cardaci, geologo dell'Università di Pisa, e Vittoria Haziél, scrittrice ed esperta di studi leonardeschi. Un ringraziamento va anche a mio padre, Dino Dini, che, dopo essersi specializzato presso il Caltech di Pasadena, tenne il Corso di Macchine presso la Facoltà di Ingegneria per oltre trent'anni, e a Giuseppe Pierazzini, già direttore dell'INFN di San Piero a Grado, con cui discussi la tesi di laurea sui rapporti tra fisica e medicina. Infine, debbo riconoscenza a Gloria e Sandra Borghini, titolari della Casa Editrice ETS, per la loro fiducia e sostegno e la competenza professionale con cui hanno curato la stesura del libro.

¹ Sebbene il libro si sviluppi secondo la sequenza logica degli argomenti, tuttavia, data l'autonomia narrativa dei capitoli, si potrebbe iniziare la lettura da dove si ritenesse più opportuno, tenendo però presente che l'ultimo capitolo è il più importante e i precedenti ne sono la premessa.

CONCLUSIONI

Adesso che il nostro percorso di conoscenza delle basi fisiche dell'energia degli esseri viventi si sta avviando alla conclusione, possiamo cercare di riassumerne brevemente i contenuti.

Cosa sia in realtà l'energia non lo sappiamo, ma di sicuro è l'ingrediente più importante dei nostri corpi come delle nostre azioni. Noi siamo energia e dipendiamo da un flusso di energia.

Fin da principio ci siamo chiesti da dove venga l'energia che ci pervade e ci fa vivere. Come abbiamo visto, la tentazione di attribuirle a forme soprannaturali magico-mistiche è stata ricorrente nelle varie culture, dai tempi antichi fino alla nascita della scienza moderna in Europa.

Il superamento del *vitalismo* ha permesso di stabilire che non vi è nulla di speciale che distingue i nostri componenti elementari: siamo fatti degli stessi atomi della sostanza inanimata. A prima vista, tutto questo può sembrare sconcertante, ma niente paura! Nemmeno un'impostazione puramente meccanicista può essere esauriente. Non siamo automi che rispondono semplicemente a variazioni di potenziali elettrici, gradienti osmotici, influssi ormonali o stimoli cibernetici. Siamo molto di più!

Dopo aver escluso che l'energia vitale risieda in uno "speciale influsso", non spiegabile scientificamente, o che rifletta esclusivamente l'energia che si manifesta nel funzionamento dei congegni di una macchina, cos'altro rimane se non pensare che la spiegazione risieda nelle leggi fondamentali della fisica?

Vi sono leggi in fisica di cui siamo poco o nulla consapevoli, ma che costituiscono le regole del gioco. Sono le stesse leggi che fanno funzionare l'Universo!

È grazie ai recenti sviluppi della termodinamica che è divenuto possibile studiare i sistemi complessi, aperti e lontani dall'equilibrio. Tali sistemi, a cui possiamo essere assimilati anche noi, sono in grado di autorganizzarsi, così da adattarsi, allenarsi, apprendere, senza la necessità di avvalersi di forze esterne, come quella di una forza invisibile che coordini l'attività molecolare delle cellule; ciò avviene in virtù di processi solo apparentemente casuali e imprevedibili, ma che in realtà racchiudono un ordine interno.

Non c'è dunque bisogno di invocare il caso per spiegare le dinamiche biologiche. I processi vitali seguono le leggi della fisica, purché esse risultino adeguate a garantire specifiche interazioni non-lineari e condizioni lontane dall'equilibrio. Queste condizioni costituiscono i presupposti affinché il flusso di materia ed energia che attraversa gli esseri viventi possa assicurare la costruzione e il mantenimento del loro ordine funzionale.

L'altro aspetto fondamentale è che negli organismi tende ad accumularsi una forma di energia comunque dispersa e inutilizzabile.

Con lo sviluppo della Teoria Cinetico-Molecolare, divenne evidente che il calore rappresenta il corrispettivo del disordine. Il calore dei nostri corpi non è innato, come sostenevano i filosofi e gli scienziati fino al Seicento, ma è un sottoprodotto obbligato del metabolismo. È, allo stesso tempo, utile e dannoso. È facendolo fluire verso l'esterno che possiamo opporci alla crescita dell'entropia. Ma c'è di più, dissipando energia nel trasferimento del calore, gli organismi possono produrre ordine e guadagnare in complessità e organizzazione.

La nostra vita è una quotidiana lotta contro l'entropia. L'invecchiamento stesso può essere interpretato come un processo naturale che riflette gli effetti del carico entropico. Ma, mentre per gli oggetti inanimati tale processo è subito passivamente, gli esseri viventi dispongono di mezzi che consentono di contrastare il declino.

Sebbene i nostri corpi si siano evoluti grazie alla capacità di opporsi al decadimento, non va dimenticato che siamo continuamente esposti a una grande quantità di insidie. Ciò nonostante possiamo difenderci, grazie ai numerosi meccanismi protettivi che la Natura ci offre. È in virtù di questi che possiamo frenare la nostra tendenza a muoverci verso l'equilibrio.

Contravvenendo a secoli di miti e pregiudizi possiamo finalmente affermare che non vi sono spiegazioni fantastiche alla base delle caratteristiche e del funzionamento del nostro corpo. La comprensione di questo può aprirci la strada verso una prevenzione ragionata e consapevole delle malattie e dell'invecchiamento. Ciò può essere realizzato identificando una scala di priorità di intervento sugli stili di vita, sulle condotte alimentari e soprattutto nei rapporti di interrelazione e scambio con l'ambiente esterno. Scegliendo come dosare e modulare gli interventi non riusciremo a fermare il tempo, ma potremmo almeno ridurre la crescita incontrollata della nostra entropia. Pur non trattandosi dell'*elisir* di lunga vita, "dissipare entropia" potrebbe realmente condurci sulla strada del benessere e della prevenzione.

Edizioni ETS
Piazza Carrara, 16-19, I-56126 Pisa
info@edizioniets.com - www.edizioniets.com
Finito di stampare nel mese di ottobre 2015