

MICHAEL BEHE

Introduzione di GIUSEPPE SERMONTI

LA SCATOLA NERA DI DARWIN

LA SFIDA BIOCHIMICA ALL'EVOLUZIONE

CON UNA POSTEAZIONE AGGIORNATA



LA BUSSOLA



MICHAEL J. BEHE

La scatola nera di Darwin

La sfida biochimica all'evoluzione



ISBN 978-88-88747-70-5

Titolo originale:

Darwin's Black Box. The Biochemical Challenge to Evolution

Copyright © 2006, Michael J. Behe

Pubblicato con permesso concesso dalla Free Press.

Una suddivisione della Simon & Schuster, Inc.

New York, NY, USA

Per l'edizione italiana:

Copyright © 2007 Associazione Evangelica Alfa & Omega

Via Pietro Nenni 46 bis, 93100 Caltanissetta, IT

e-mail: info@alfaomega.org - www.alfaomega.org

Prima edizione: agosto 2007

Prima ristampa: dicembre 2011

Seconda ristampa: settembre 2023

Salvo diversamente indicato, le citazioni bibliche sono tratte da:

La Sacra Bibbia Nuova Riveduta 2006 – versione standard

Copyright © 2008 Società Biblica di Ginevra.

Usato previa autorizzazione. Tutti i diritti riservati

Traduzione e adattamento: Antonella Galiero

Revisione: Nazzareno Ulfo

Impaginazione e copertina: Giovanni Marino

Stampa: Mediagraf S.p.a., Noventa Padovana (PD), settembre 2023

Tutti i diritti riservati. È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, non autorizzata

Indice

Introduzione all'edizione italiana.....	5
Prefazione	21

PRIMA PARTE: LA SCATOLA APERTA

1. Biologia lillipuziana.....	29
2. Viti e bulloni	55

SECONDA PARTE: ESAME DEL CONTENUTO DELLA SCATOLA

3. Finché la barca va.....	85
4. Rube Goldberg tra i flutti del sangue.....	111
5. Da qui a lì.....	139
6. Un mondo pericoloso.....	161
7. La strada uccide	187

TERZA PARTE: COSA CI DICE LA SCATOLA

8. Pubblica o muori	215
9. <i>Intelligent Design</i>	243
10. Domande sul progetto	269
11. Scienza, filosofia, religione.....	297

Postfazione: dieci anni dopo.....	323
Appendice: la chimica della vita	349
Riconoscimenti	375
Indice dei nomi.....	377
Indice analitico	381

Introduzione all'edizione italiana

Origini storiche dell'evoluzionismo

L'autore di quest'opera, il biochimico americano Michael J. Behe, è un autorevole critico del neo-darwinismo, collegato al progetto dell'*Intelligent Design*, promosso dal Discovery Institute di Seattle (Wash.). Non è tuttavia un oppositore *tout court* dell'idea di evoluzione, ed anzi inizia con il riconoscere che «i biologi evoluzionisti hanno grandemente contribuito alla nostra comprensione del mondo». Egli sostiene che la teoria di Darwin ha i suoi limiti e soprattutto non è in grado di spiegare il livello molecolare della vita. Questo rimane una “scatola nera”, l'angolo oscuro nel cuore della teoria neo-darwiniana. La “sfida” di Behe al mistero bio-molecolare non ha nulla di teologico, è un problema di complessità biochimica. Tuttavia quest'opera è stata attaccata in Usa e lo sarà in Italia, sul piano religioso, sotto la sbrigativa designazione di “creazionista”.

La creazione biblica non è, come generalmente si afferma, in contrasto con il concetto di “evoluzione”. L'evoluzione biologica nasce semmai in contrasto con la fisica, particolarmente con quella dell'Ottocento, dei tempi di Clausius (1865) e di Boltzmann (1877). Per la fisica dell'“entropia”, l'evoluzione, cioè l'aumento di complessità di un sistema isolato, è un evento altamente improbabile, meglio impossibile. Lo schema dell'evoluzione del cosmo e dei viventi deriva, nella nostra cultura, da una rappresentazione cosmologica, il Genesi 1 (naturalmente non dalla sua caricatura), che apre l'Antico Testamento. I naturalisti del XIX secolo hanno tentato di trasferire la

cosmogonia biblica nella propria filosofia materialista, di appropriarsi della epopea del mondo e dell'uomo, di escluderne il trascendente.

Tutti i presupposti dell'evoluzione, cosmica e biologica, erano presenti nel primo capitolo della Bibbia, che ha struttura naturalistica: l'origine della materia e dell'energia, il formarsi degli elementi, l'organizzazione delle stelle, l'emergere della terraferma, la comparsa della vita e la sua espressione in forme vieppiù complesse e nobili, la finale creazione dell'uomo. «Pur non essendo un libro che possa dirsi scientifico – scrive Giorgio de Santillana nel prologo de *Le origini del pensiero scientifico* (1961) –, la bibbia inizia con una teoria circa le origini del mondo». Essa prospetta i momenti poi enunciati dagli evoluzionisti del XIX e XX secolo. Il “*Fiat lux*” (Genesi 1:3) anticipa il nostro “big-bang”, la emersione della terraferma (v. 8) annuncia il Cambriano, lo spuntare della “verzura” e il guizzare degli esseri marini (v. 21) il Devoniano, la comparsa dei rettili (v. 25) il Carbonifero, l'età dell'uomo e della donna (v. 27) il Pleistocene. Nel testo biblico il Sole e la Luna non sono nominati (si dicono «le due grandi luci», v. 14-16) per non usare i nomi di divinità babilonesi. La prima versione della genesi fu composta a Gerusalemme poco dopo il ritorno dall'esilio babilonese. La seconda, questa più mitica, fu composta prima, precedentemente all'esilio.

La grande novità dell'evoluzionismo moderno rispetto a quegli antichi testi, è il concetto di derivazione graduale, dei taxa più recenti dai più antichi, per un processo di “mutazione” cumulativa. La selezione naturale corrisponde al versetto «Dio vide che questo era buono».

La comparsa successiva sulla scena del mondo delle forme viventi, già postulata nella Bibbia, non implica la metamorfosi delle più semplici nelle più complesse, o la “derivazione” delle seconde dalla prime. I grandi biologi del sette-ottocento che questi avvicendamenti scoprirono (Linneo, 1758; Cuvier, 1812), non ritennero che un tipo potesse trasformarsi in un altro. Due secoli dopo nessuno ha contraddetto nei fatti la loro convinzione. «*Il phylum che ha già imboccata una strada non po' più uscirne: – ha affermato Grassé (1978) – tutt'al più si individualizza mediante una specializzazione supplementare*». Ma il problema cui il neo-darwinismo non ha dato risposta è, innanzitutto, quello della complessità degli inizi. Darwin invece si

era espresso così, in chiusura di *The Origin of Species*: «There is a grandeur in this view of life, with its original several powers, having been originally breathed by the Creator into a few forms or into one» (C'è una grandiosità in questa veduta della vita, con le sue molte potenze originarie, che sono state originariamente insufflate dal Creatore in poche forme od in una).

Complessità delle origini

La scienza del sette-ottocento si fondava su due assunti, tanto fondamentali quanto erronei. Il primo era che quanto più a fondo si fosse proceduto nell'analisi della materia, tanto più questa si sarebbe dimostrata semplice. Il secondo, in qualche misura contraddittorio del primo, predicava che quanto più si scendeva nel cuore della materia vivente, tanto più questa avrebbe mostrato la sua specificità. Questo secondo assunto conteneva qualcosa di magico, un residuo della antica "anima" filosofica. Tali erano dunque i due presupposti taciti della visione evoluzionista, che il mondo vivente procedesse dal semplice al complesso, di specie in specie.

La "teoria cellulare", formulata da Schleiden e Schwann nel 1839, fu il culmine di questa visione. L'organismo, prima quello vegetale poi quello animale, fu immaginato come un insieme di piccoli otri, le "cellule", semplici nella struttura generale, complessi nella loro organizzazione supercellulare. Lo zoologo Dutrochet scrisse, nel 1837: «Queste osservazioni non lasciano alcun dubbio sulla natura otricolare dei globuli che compongono con il loro insieme i tessuti della maggior parte degli organi animali. Ci si rende conto che la natura possiede un piano uniforme per la intera struttura degli esseri organizzati, animali e vegetali». Le cellule risultarono la "scatola nera" della vita, e non è un paradosso asserire che, particolarmente dopo l'avvento della biochimica, esse risultarono molto più complesse dell'organismo, macroscopicamente descritto, di cui facevano parte. Sbagliava Jonathan Swift quando scrisse (trad. libera):

In natura c'è una pulce
Anche lei con le sue pulci,
che hanno addosso pulcettine,
e così fino alla fine (*ad infinitum*).

La cellula non è la miniatura dell'organismo, è qualcosa di molto più complesso delle forme macroscopiche finali.

Prima di essere adottato per descrivere l'*Origine delle specie* (Darwin 1859), cioè la filogenesi, l'evoluzionismo era già implicito nella ontogenesi, nella formazione dell'organismo, nelle procedure del suo "montaggio". Così semplice si riteneva la struttura della cellula che, per tutto l'Ottocento (e ancor oggi nella superstizione popolare), si continuò a ritenere che essa potesse originarsi per "generazione spontanea", come una goccia di fango o di brodo. Per il celebrato evoluzionista tedesco Ernst Haeckel, contemporaneo di Darwin, la cellula non era null'altro che «un globulo omogeneo di citoplasma». Nessuna difficoltà quindi a immaginarne l'origine per "generazione spontanea". Nonostante le famose esperienze di Redi sulle larve delle mosche, di Spallanzani sugli infusori e di Pasteur sui batteri, l'idea della generazione spontanea fu dura a morire. Essa rappresentava il primo passo logico nella origine e evoluzione della vita. Darwin si rammaricò che Pasteur la avesse negata. «Se si potesse dimostrarla – scrisse a Haeckel nel 1873 – ciò sarebbe molto importante per noi». Ma c'era poi bisogno di dimostrarla? Il *Grand Dictionnaire Universel du XIXe Siècle* di Pierre Larousse (1872) dichiarava che la genesi spontanea era «una necessità filosofica, che non poteva farsi dipendere da osservazioni e esperimenti manifestamente impossibili». La contestavano solo i poveri fisiologi «accecati dalla tradizione della scienza dogmatica».

Tutti e due gli assunti della scienza pre-evoluzionista sono stati smentiti. In primo luogo, come s'è detto, la cellula risultò di una complessità altissima. Prima furono individuati i cromosomi (Strasburger, Flemming, 1875), poi i geni (Mendel, 1865, riscoperto nel 1900; Morgan, 1910) poi fu scoperta la struttura a doppia elica del DNA (Crick, Watson, Wilkins, 1950-60) e la struttura tridimensionale delle proteine. Ogni cellula risultò contenere, in termini di nucleotidi, milioni o miliardi di "lettere" ordinate. In termini di geni (genoma), ne comprendeva migliaia o decine di migliaia, in termini di proteine (proteoma) forse dieci volte tanto, organizzate in una rete elaborata. Anche le altre strutture molecolari risultarono di una complessità inimmaginabile. La biochimica sfatò il mito della semplicità dell'origine.

Un singolo flagello batterico, visibile solo al microscopio elettronico, è un elaborato macchinario, composto da un filamento propulsore, un giunto, alcune guarnizioni, un “motore” rotatorio incluso tra lo strato esterno e quello interno della doppia membrana cellulare, la cui complicazione elude la descrizione. Esso contiene oltre duecento tipi di proteine. Non è proponibile che sia nato per caso o per una serie di sbagli fortunati.

La complessità irriducibile

Delusi nella prima aspettativa, che la vita minima fosse elementare, gli evolucionisti si consolarono adottando la complessità della biochimica come riprova che la vita fosse una colossale libreria, un testo che, decrittato, avrebbe sfatato la magia della specificità (l'anima). Il ricco patrimonio genetico registrato nel DNA si prestava a registrare una vastissima informazione, sufficiente a contenere le specificità di ogni individuo e di ogni specie, passibile di auto-replicazione e di “errori di stampa” e quindi di “riproduzione con variazione”, come richiedeva la Teoria. Il DNA parve il substrato ideale per gli esercizi della “mutazione-selezione”. Questa attesa fu però presto delusa. Le differenze interspecifiche attestate al livello del DNA e delle proteine non avevano rilievo nel fenotipo, non erano selezionabili! Per dirla con R. E. Dickerson (1976), «quanto più ci si avvicina al livello molecolare nello studio degli organismi viventi, più simili questi appaiono e meno importanti divengono le differenze fra, per esempio, una mosca e un cavallo» Al livello molecolare le differenze c'erano, ed erano dovute a mutazioni, ed erano sì tanto più numerose quanto più lontane tra loro erano le specie, ma non erano esse responsabili delle variazioni morfologiche, né delle lontananze tassonomiche. Erano, come si disse, mutazioni “neutrali”, indifferenti alla “selezione naturale”. Lo affermò esplicitamente François Jacob (1977), uno dei fondatori della genetica biochimica: «Non sono le novità biochimiche che hanno generato la diversificazione degli organismi [...] Ciò che distingue una farfalla da un leone, una gallina da una mosca, o un verme da una balena è molto meno una differenza nei costituenti chimici che nell'organizzazione o distribuzione di questi costituenti».

Queste citazioni mi hanno suggerito di sottotitolare il mio ultimo

libro sulla evoluzione *Why is a Fly not a Horse?* (Perché la mosca non è un cavallo?) (Discovery Institute Press, Seattle 2006).

L'opera di Michael J. Behe tratta della complessità biochimica della vita, un argomento eluso dai primi evoluzionisti, perché, come Behe nota, la teoria evolutiva è nata senza l'apporto della biochimica. Quando ci si rese conto della complessità della vita minima, questa risultò non realizzabile per gradi, non derivabile passo passo da una semplicità iniziale che, peraltro, non era attestata tra i viventi. Ricordiamo il grado di elaborazione del minuscolo flagello di un invisibile batterio. Behe attribuisce agli incredibili aggregati biochimici una "complessità irriducibile", cioè tale da non poter essere raggiunta per passi successivi. Egli non intende e non può dirci come si sia formata. Questo suo fermarsi e pronunciare uno scientifico "non so" lo ha fatto classificare dai suoi avversari darwiniani come "creazionista". Come se fermarsi alla soglia del mistero significasse adottare come soluzione del problema quell'ignoto che umilmente si confessa di non poter dominare.

Lo sviluppo della biochimica, nella seconda metà del Novecento, ha mostrato che la "scatola nera" della cellula conteneva la gloria di una cattedrale, proprio laddove l'evoluzione presumeva dovesse trovarsi la lacrima solitaria delle origini. Riassumendo, la teoria dell'evoluzione si è formata per opera di discipline non biochimiche (anatomia, embriologia, paleontologia, etc.) e l'avvento della biochimica ha riaperto il problema, mostrando all'origine non solo un'alta complessità, ma una "complessità irriducibile", non perseguibile per gradi attraverso una serie progressiva di complessità intermedie.

Una felice metafora esplicativa della complessità irriducibile è stata proposta da Behe, ed è la ormai famosa "trappola per topi". Questa è composta di cinque parti: una piattaforma di legno, un martello metallico, una molla, un gancio sensibile, una sbarretta, in complesso un "organismo" alquanto semplice. Essa non può formarsi pezzo a pezzo, per successivi perfezionamenti, con il metodo darwiniano, per l'ovvia ragione che funziona solo a completamento dei componenti, la mancanza di un solo pezzo ne azzerava l'utilità e non sono concepibili anelli intermedi gradualmente migliori. Ovviamente la trappola richiede un progetto e un operatore intelligente, per realizzare un congegno che è cento volte più semplice di un flagello batterico.

Tre volte Eva

Un'altra breve digressione biblico-mitologica. Il genesi biblico presenta due nascite di Eva. Prima ella nasce compiuta, accanto ad Adamo («Li creò maschio e femmina», Genesi 1:27). Nella seconda versione ella nasce, per “clonazione”, dalla costola di Adamo (Genesi 2:22). Nel primo caso, Eva nasce adulta, nel secondo da un “germe” o forse da “un errore”, se questo è il senso della *tsela* ebraica, piuttosto che quello canonico di “costola”. Altri testi raccontano di tre prime donne (cfr. R. GRAVES & R. PATAI, *I miti ebraici*, 1969). La prima è la famigerata Lilith, formata con la polvere, come era stato formato Adamo, ma usando soltanto sedimenti e sudiciume invece della pura terra. Ne emerse una strega dissoluta, insofferente di dover sottostare al maschio: un giorno si librò nell'aria e lo abbandonò. Gli angeli mandati da Dio a cercarla la trovarono vicino al Mar Rosso, insieme a demoni lascivi, con i quali ella concepiva più di cento *lilim* al giorno. Mirabile esempio, diremmo, di efficienza riproduttiva, ma poco raccomandabile come madre dei viventi e dell'umanità. Allora Dio provò un'altra volta. Mise insieme ossa, tessuti, muscoli, sangue e secrezioni ghiandolari, poi coprse tutto con la pelle mettendo ciuffi di peli nei posti prescelti. Adamo assisté all'operazione, ma quando Dio gli presentò la compagna costruita pezzo a pezzo ne provò una invincibile ripugnanza e il Signore dovette portarla via. Poi Dio fece la terza Eva, la nostra progenitrice, dalla costola di Adamo, intrecciò i suoi capelli e la adornò come una sposa, con ventiquattro gioielli. Adamo rimase colpito da tanta bellezza. Il mito insegna che la esagerata potenza riproduttiva genera esseri che non sanno far altro che riprodursi (quello che fu detto “il paradosso di Casanova”), ma soprattutto che un essere fatto pezzo a pezzo può avere un'apparenza tollerabile, ma è sgradevole nelle sue fasi di fabbricazione. L'unico modo per costruire una vera bellezza è partire da un germe totipotente (una “staminale”?), che nel testo biblico è la costola di Adamo.

Plotino e gli gnostici

Il tema delle origini animò la filosofia dei primi secoli della nostra era. Da un lato i pensatori gnostici immaginarono un mondo fabbricato da un Demiurgo arruffone, con le modalità dell'artigiano, che assembla alla buona gli oggetti, parte per parte (come la se-

conda Eva), e lascia che la ragione e il tempo perfezionino i suoi prodotti, attraverso un processo riferibile alla moderna evoluzione. D'altro lato i neo-platonici, e segnatamente l'egiziano Plotino (205-270 d. C.), oppongono allo schema artificialista o tecnomorfo degli gnostici l'opera di un intelletto naturale. Gli esseri «sono prodotti con un processo esplosivo, immediato, di irraggiamento simultaneo ed imprevedibile del proprio contenuto interno. L'intelligenza, che contiene tutto dentro di sé, si attualizza di colpo, senza ricorrere a deliberazioni, a materiali o a strumenti preesistenti» (cfr. E. SAMEK LODOVICI, «Riv. Biol.», 1981). Alla totalità che viene dopo le parti (*totalitas post partes*) degli gnostici, Plotino oppone il modello della natura, che realizza i suoi progetti in modo immediato (*totalitas ante partes*). I modelli gnostici avversati da Plotino sono tre: quello *artigianale*, quello *casuale*, a cui si aggiunge quello *finalistico*. Se ragioniamo finalisticamente «porremmo prima un uomo con un aspirazione ad un occhio per vedere, o un animale con una aspirazione a delle corna per difendersi [...]. Quasi che le corna non fossero già l'animale o anche l'occhio o qualsiasi altro organo non fossero già l'uomo» (PLOTINO, *Enneadi*, VI, 8, 21-40)

Il modello darwiniano contiene tutti gli elementi della gnosi (Samek Lodovici, cit.). L'organismo che si evolve risulta costruito dall'esterno, parte per parte, come lo farebbe un artigiano. L'artefice modifica l'opera per miglioramenti successivi, come fa un allevatore di cavalli. Darwin non ebbe bisogno di ricorrere a quel Caso che gli si attribuisce generalmente, perché era convinto della trasmissione ereditaria dei caratteri acquisiti per azione dell'ambiente (*à la Lamarck*). Quando il neo-darwinismo (Weismann, 1875) escluderà l'effetto diretto dell'ambiente e abolirà il ricorso ad ogni finalismo, allora l'evoluzionismo tirerà fuori il Caso, il puro Caso, come motore primo della trasformazione dei viventi, e come risorsa definitiva (cfr. J. MONOD, *Il Caso e la Necessità*, 1970).

All'inizio del Novecento la critica all'*artificialismo* fu ripresa dal filosofo francese Henry Bergson (1907). Egli ribadì il concetto plotiniano che l'Artificio e il Caso sono equivalenti. Laddove l'artificialista assimila il lavoro della natura ad un assemblaggio di parti, il casualista (o atomista) «non si accorge di procedere anch'esso secondo lo stesso metodo, semplicemente mozzandolo. È vero che

fa tabula rasa del fine [...] ma anch'esso pretende che la natura lavori come l'artefice umano mettendo insieme dei pezzi». Fu con il sorgere della biologia molecolare e con l'idea di "mutazione" come alterazione accidentale del DNA che il Caso assunse nell'evoluzionismo il ruolo dominante. «Soltanto il Caso è all'origine di ogni novità, di ogni creazione nella biosfera – sentenziò Jacques Monod –, il caso puro, il solo caso, libertà assoluta ma cieca, alla radice stessa del prodigioso edificio dell'evoluzione». Nel Caso Monod vide l'antidoto ad ogni finalismo antropomorfo, l'affermarsi della nuova religione senza dei e senza profeti. Ma mentre Bergson vedeva nel "principio della vita" o nello "slancio vitale" l'evoluzione stessa, Monod riconosce che tutte le proprietà degli esseri viventi si basano su un *conservatorismo molecolare*. L'evoluzione, secondo Monod, non è una proprietà degli esseri viventi, è l'imperfezione di un meccanismo conservativo.

Una solida opposizione al casualismo di Monod fu formulata dagli "strutturalisti dinamici" di Osaka (1986), che contrapposero:

alle domande esterne, obblighi interni;
alle variazioni casuali, trasformazioni governate da leggi;
all'ordine empirico, un sistema interno di trasformazioni
(Webster, 1987).

La successione dei viventi non ha carattere "storico". Nessuna analisi molecolare può stabilire, dal confronto tra padre e figlio, chi è chi. Né potrà farlo confrontando le anatomie o le molecole di due taxa distinti. L'unico evento storico della generazione organica è il degrado, cui il "conservatorismo molecolare" faticosamente si oppone. L'evoluzione organica è un paradosso, un sasso che rotola salendo la montagna, una serie di errori di stampa che migliorano un testo, una bambola montata per tentativi dal puro caso.

A queste aporie l'evoluzionista oppone l'eccezionalità e la gradualità. Ciò che pare impossibile nell'attualità diventa possibile se i tentativi divengono innumerevoli, se il tempo diviene immenso, se i grandi passi sono la somma di innumerevoli piccoli passi, se si consente, con una buona dose di pazienza, di tentativi e di fortuna, a una mucca di saltare sulla luna.

La difficoltà più grande che si oppone alle ricostruzioni storico-evoluzioniste è in questo semplice interrogativo. “Come può una specie, o un organo, formarsi passo passo, se essa od esso funziona solo a completamento?”. “Come può una zampa diventare un’ala, con l’aiuto della selezione, se tutte le condizioni intermedie tra la zampa e l’ala sono un impiccio, un vano moncherino?”. Al più si deve chiedere alla selezione di sospendere i suoi uffici, proprio in nome della teoria che alcuni (e in certa misura Darwin stesso) identificano con la teoria della selezione naturale.

Una donnola sfuggente

Richard Dawkins (*L’Orologiaio cieco*) pensa di aver trovato un esempio di complessità raggiunta per caso e per gradi, in un esercizio al computer. Egli imposta una serie casuale di 28 tra lettere e spazi:

WDLMNLT DTJBKW IRZREZLMQCOP

Facendo ruotare a caso e contemporaneamente le lettere dell’alfabeto in ogni casella, non solo non ottiene alcuna frase sensata, ma può calcolare che gli occorrerebbero miliardi di anni per dare significato alla riga. In altre parole non ottiene alcun progresso e rimane sempre nella confusione iniziale. Allora Dawkins decide di introdurre un piccolo trucco. Inserisce in memoria un verso di Shakespeare:

METHINKS IT IS LIKE A WEASEL,

che in italiano tradurremmo:

O FORSE SOMIGLIA A UNA DONNOLA.

Istruisce quindi il computer così che “blocchi” ogni lettera variante appena si presenti al punto giusto; p. es. quando al posto della quarta “M” arrivi la giusta “H” (o “S”, se il verso in memoria è in italiano). In queste condizioni, che Dawkins chiama di “*cumulative mutations*”, la frase si forma in pochi minuti. Ovviamente questo esperimento, anziché dimostrare che il caso cieco può formare una

frase sensata, mostra al contrario che solo entro un sistema che è stato istruito, cioè finalizzato a un esito prestabilito, la frase si può formare. Se ne può concludere che non si può formare alcunché, se quell'alcunché non c'è già.

Questo esercizio elusivo (in inglese “*weasel words*” significa “parole ambigue”) consente altre considerazioni. Il verso in memoria di per sé non ha alcun significato, nessuno più della serie di lettere di partenza. Lo acquista solo se situato in un sistema di codici che lo nutrano di senso. Esso richiede un alfabeto, un lessico, una grammatica, una storia, etc. Per un italiano che non sappia di inglese il verso ha la stessa insensatezza della frase iniziale (a parte una più gradevole sonorità). Per un inglese è il verso italiano che è senza senso, né più né meno della iniziale astrusità. Una frase, una formula, una qualunque forma acquista significato solo se inserita in uno o più sistemi di codici (o di “convenzioni naturali”). L'esempio più familiare di codice convenzionale è quello dell'alfabeto Morse. Il più vicino alla nostra materia è quello del famoso “codice genetico”, in virtù del quale una o più triplette di nucleotidi identifica uno su venti amminoacidi. Come notato da A. Sibatani, il codice dà significato al DNA (tramite RNA) pure essendo del tutto arbitrario. Marcello Barbieri (*La teoria semantica dell'evoluzione*, 1985) immagina un'evoluzione che si realizza attraverso l'instaurarsi di successive ‘convenzioni naturali’, ultima tra le quali il linguaggio dell'uomo.

Non è il fine che crea l'oggetto

Rifiutando il gradualismo, Behe non considera l'esito finale come il risultato di una decisione iniziale, sviluppata in un discorso. Il Disegno si rivela solo nella totalità conclusa. In questo Behe non è lontano da Monod (1970), che non crede in un destino realizzato per gradi. «Il destino – scrive il francese – viene scritto nel momento in cui si compie e non prima. Il nostro non lo era prima della comparsa della specie umana [...]. Il nostro numero è uscito alla roulette». Diverso è il “destino” secondo Dawkins, che prefigura un esito finale prestabilito (METHINKS IT IS...) e poi realizzato per gradi. Per Behe il fenomeno complesso non ha invece precursori che lo anticipano e lo preparano, non è il compimento di un'evoluzione. I fenomeni biochimici hanno certamente un “fine”, ma le loro “parti” hanno significato,

per Behe, solo nel “tutto”, entro cui stabiliscono i collegamenti che le rendono funzionali (“*totalitas ante partes*” di Plotino).

Il modello della “trappola per topi” nega la genesi del sistema per passi successivi. Le parti non si aggiungono come fossero gadget applicati a un complesso già operante. Così pretende l'evoluzionismo classico (à la Haeckel) secondo il quale la novità biologica si realizza attraverso aggiunte successive a un sistema progressivamente più funzionale: il pesce che acquista i polmoni, il rettile tetrapode che mette le ali, la giraffa che acquista il suo fatidico collo lungo.

L'evoluzionismo di maniera rimane ancorato alle concezioni dei presocratici. Così è descritta l'azione di Amore (Afrodite) in un frammento di Empedocle (V sec. a.C.): «Esso fece nascere molte teste senza collo, e vagavano braccia nude senza spalle. Occhi erravano qua e là, privi di fronte». Questi oggetti si riunirono «come capitava», a formare esseri chimerici o, eccezionalmente, ordinati. Ritroviamo queste parti che «happened to be around» (capitavano in giro) nelle argomentazioni di Dawkins.

Behe lega il concetto di Disegno alla complessità, limitandolo a quei casi dove «un numero di componenti separate e interagenti sono aggregate in modo tale da realizzare una nuova funzione oltre a quella dei singoli componenti». Il Disegno diventa evidente tanto più quanto più numerose sono le parti, come nei sistemi biochimici che controllano la respirazione cellulare, la coagulazione sanguigna o il flagello batterico.

Quando una struttura è evocata da un insieme che la attende e l'anticipa, è all'opera un disegno. Il livello molecolare dell'organizzazione si esprime in un contesto morfologico altamente strutturato, che lo “anticipa”. Nello sviluppo dei nervi, gli impulsi nervosi sono trasmessi nel campo in cui si costituirà la fibra, prima che la fibra appaia. Questa è organizzata dagli impulsi stessi di cui sarà vettore. È il funzionamento che prepara l'organo: sono le contrazioni embrionali che producono il muscolo e non accade l'inverso, che il muscolo attenda di prendere forma prima di lavorare. Ogni forma attrae lo sviluppo verso se stessa, a riempire il suo spazio e la realtà sembra accorrere verso un bacino preparato per lei, come a cercare la sua configurazione in un paesaggio predisposto. «Ogni forma propria – scrive il matematico René Thom – aspira all'esistenza e

attrae il fronte d'onda degli esseri». Un Disegno è una composizione che si realizza istantaneamente. Non corrisponde alle Cause Finali verso cui gradualmente si sposta la realtà. Come scrisse Francesco Bacone, «le cause finali sono come vergini vestali, consacrate a dio e sterili».

Secondo Behe e il Discovery Institute di Seattle il Disegno che regge la realtà, cosmica o chimica, minerale o vitale, è “intelligente” (*Intelligent Design* o ID): è Disegno in quanto è intelligente. A differenza che nel neo-darwinismo, che considera l'uomo una specie come un'altra, l'uomo e la sua mente hanno certamente una parte centrale nell'*Intelligent Design*. La “intelligibilità” del Disegno è il suo tratto fondamentale. Essa stabilisce un parallelismo tra il Macrocosmo e il Microcosmo, tra il pensiero universale e il pensiero nella nostra mente. C'è dunque, nei sostenitori dell'ID, l'aspirazione dell'uomo al ritorno alla signoria della Natura, da cui il neo-darwinismo lo ha estromesso, facendone un caso tra tanti; c'è una nostalgia del Dio, che una Gnosi spuria ha esiliato dal mondo (Ennio Innocenti, 2003). Tra l'uomo e l'universo esiste una misteriosa complicità: la realtà dispone il suo ordito su cui si svolgono le trame dell'umana intelligenza.

Ci sono problemi di ardua soluzione, altri che sono intrinsecamente insolubili (quanto meno con i solventi della corrente razionalità). Tra questi domina il problema della complessità della vita, che non può spiegarsi con una gradualità progressiva, perché non è il risultato ultimo di un lunghissimo processo: è presente all'inizio, in una ermetica “scatola nera”.

Giuseppe Sermonti
Direttore della «Rivista di Biologia / Biology Forum»

*Stai visualizzando un'anteprima del libro,
per questo motivo alcune pagine non sono disponibili*

*Acquista l'edizione completa in libreria
o sul sito web dell'editore
www.alfaeomega.org*

Prefazione

Un fenomeno molecolare

Non dico niente di nuovo, se affermo che, negli ultimi anni, la scienza ha fatto degli enormi passi in avanti nella comprensione della natura. La nostra conoscenza delle leggi della fisica è talmente raffinata, che siamo ormai in grado di costruire sonde spaziali, capaci di andare a fotografare mondi distanti dalla Terra miliardi di chilometri. Computer, telefoni, luci elettriche, sono solo alcuni degli esempi che testimoniano il dominio della scienza e della tecnologia sulle forze della natura. I vaccini e le colture ad alta produttività hanno posto un freno alla minaccia rappresentata dai più antichi nemici dell'umanità: la malattia e la fame – quantomeno in alcune parti del mondo. Quasi ogni settimana vengono annunciate nuove scoperte nel campo della biologia molecolare, scoperte che rafforzano la speranza di trovare una cura per le malattie genetiche, e non solo.

Eppure, comprendere il modo in cui qualcosa funziona non significa comprendere il modo in cui ha visto la luce. Il moto dei pianeti all'interno del sistema solare, ad esempio, può essere previsto con incredibile accuratezza; ciononostante, l'origine del sistema solare (il modo in cui, in principio, si formarono il sole, i pianeti e le loro lune) è una questione ancora controversa¹. Forse un giorno la scienza riuscirà a risolvere l'enigma, ma resta comunque il fatto che, comprendere l'origine di qualcosa, è diverso dal comprendere il suo funzionamento abituale.

Il controllo della scienza sulla natura ha portato molta gente a

¹ A. G. W. CAMERON, *Origin of the Solar System*, in «Annual Review of Astronomy and Astrophysics», 26 (1988), pp. 441-472.

pensare che essa possa – o addirittura debba – essere anche in grado di spiegare l'origine della natura e della vita. L'ipotesi di Darwin, che la vita possa essere spiegata mediante l'azione della selezione naturale sulla variazione, è stata accettata in maniera assoluta nei circoli colti più di un secolo fa, anche se i meccanismi fondamentali della vita sono rimasti un mistero completo fino a pochi decenni fa.

La scienza moderna ha compreso che, in ultima analisi, la vita è un fenomeno molecolare: tutti gli organismi sono fatti di molecole, che agiscono come viti e bulloni, ingranaggi e pulegge dei sistemi biologici. Ovviamente, esistono caratteristiche biologiche complesse (come la circolazione del sangue) che emergono ad un livello superiore; ma i raffinati dettagli della vita sono il territorio proprio delle biomolecole. È per questo che la biochimica, la scienza che studia queste molecole, ha come missione l'esplorazione delle fondamentali stesse della vita.

A partire dalla metà degli anni '50, la biochimica ha chiarito a fondo i meccanismi della vita a livello molecolare. Darwin ignorava le ragioni della variazione all'interno di una specie (uno dei requisiti fondamentali della sua teoria), ma la biochimica è stata in grado di individuarne la base molecolare. La scienza del XIX secolo non poteva neanche immaginare come funzionasse il meccanismo della vista, quello del sistema immunitario o del movimento, ma la moderna biochimica ha identificato le molecole che permettono queste ed altre funzioni.

Una volta si supponeva che la base della vita dovesse essere eccezionalmente semplice; ma questa aspettativa è stata delusa. La vista, il moto e le altre funzioni biologiche si sono rivelate non meno sofisticate delle telecamere e delle automobili. La scienza ha fatto progressi enormi nella comprensione del modo in cui funziona la chimica della vita, ma l'eleganza e la complessità dei sistemi biologici a livello molecolare hanno paralizzato ogni tentativo scientifico di spiegarne le origini. Non c'è stato praticamente nessun tentativo di chiarire l'origine di specifici sistemi biomolecolari complessi, figuriamoci progressi. Molti scienziati hanno affermato coraggiosamente che le spiegazioni sono già a portata di mano, o lo saranno, presto o tardi, ma non si trova alcun sostegno a simili affermazioni nella letteratura scientifica. Ancora più importante è il fatto che ci sono forti

motivi – basati sulla struttura dei sistemi stessi – che inducono a pensare che non si riuscirà mai a trovare una spiegazione darwiniana per il meccanismo della vita.

Evoluzione è una parola versatile¹: può essere usata da qualcuno per indicare qualcosa di semplice, come un cambiamento nel corso del tempo, e da qualcun altro per indicare il fatto che tutte le forme di vita discendono da un antenato comune, senza specificare il meccanismo alla base del cambiamento. Nel suo più pieno senso biologico, comunque, per *evoluzione* si intende un processo attraverso il quale la vita nacque da materia non-vivente, sviluppandosi in seguito grazie a mezzi esclusivamente naturali. È questo il senso che Darwin diede alla parola, ed è il senso che essa mantiene all'interno della comunità scientifica. Ed è in questo senso che io userò la parola *evoluzione* nel mio libro.

Apologia dei dettagli

Diversi anni fa, Babbo Natale portò in dono al mio figlio maggiore un triciclo di plastica. Sfortunatamente, essendo un uomo particolarmente impegnato, Babbo Natale non ebbe tempo di toglierlo dalla scatola e assemblarlo, prima di consegnarlo, e così il compito toccò a papà. Tolsi i pezzi dalla scatola, aprii il manuale delle istruzioni, e sospirai. C'erano ben sei pagine di dettagliate istruzioni: allineare gli otto diversi tipi di viti, inserire le due viti da 38 millimetri nella stanga attraverso il manubrio, introdurre la stanga nel corpo del triciclo attraverso il foro quadrato, e così via. Io non volevo neanche leggerle, le istruzioni, perché sapevo che non si potevano scorrere come un giornale – il senso è tutto nei dettagli. Ciononostante, mi rimboccai le maniche, aprii una lattina di birra, e mi misi al lavoro. Dopo diverse ore il triciclo era assemblato. Alla fine avevo letto ogni singola istruzione del manuale più di una volta (per farcele entrare in testa), e avevo compiuto esattamente le azioni richieste dalle istruzioni.

¹ PHILLIP E. JOHNSON, *Darwin on Trial*, Washington, Regnery Gateway, 1991, cap. 5; ERNST MAYR, *Un lungo ragionamento. Genesi e sviluppo del pensiero darwiniano*, trad. it. Fiamma Bianchi Bandinelli, Torino, Boringhieri, 1994, pp. 30-33.

A quanto pare, la mia avversione per i manuali di istruzioni è molto diffusa. Sebbene quasi la totalità delle famiglie posseda un videoregistratore, ad esempio, sembra che la maggior parte della gente non riesca a programmarlo. Queste meraviglie tecnologiche sono dotate di esaurienti indicazioni pratiche, ma il solo pensiero di dover studiare ogni singola frase del manuale fa sì che quasi tutti deleghino il compito al primo ragazzino a portata di mano.

Sfortunatamente, gran parte della biochimica assomiglia ad un manuale di istruzioni, nel senso che l'importanza sta nei dettagli. Uno studente di biochimica che si limiti a sfogliare il libro di testo, è praticamente certo di passare gran parte dell'esame fissando il soffitto, mentre gocce di sudore gli scorrono lungo la fronte. Sfolgiare il libro di testo non prepara uno studente a rispondere a domande come: «Delinea dettagliatamente il meccanismo di idrolisi di un legame peptidico attraverso la tripsina, prestando particolare attenzione al ruolo dell'energia di legame dello stato di transizione». Sebbene esistano principi generali della biochimica, che aiutano i comuni mortali a comprendere il quadro complessivo della chimica della vita, i principi generali non vanno oltre questo livello. Una laurea in ingegneria non sostituisce le istruzioni del triclo, né è di aiuto immediato nella programmazione del videoregistratore.

Molte persone, sfortunatamente, sono fin troppo consapevoli delle difficoltà della biochimica. Coloro che sono affetti da anemia mediterranea, e che devono soffrire molto, nel corso della loro breve vita, conoscono bene l'importanza del piccolo dettaglio che ha modificato uno dei 146 residui amminoacidi in una delle decine di migliaia di proteine del loro corpo. I genitori dei bambini che muoiono per la sindrome di Tay-Sachs, o per la fibrosi cistica, o che soffrono di diabete o emofilia, conoscono più di quanto vorrebbero l'importanza dei dettagli biochimici.

Dunque, in quanto scrittore che vuole che la gente legga il suo libro, mi trovo di fronte ad un dilemma: la gente odia leggere i dettagli, ma la storia dell'impatto della biochimica sulla teoria evuzionista risiede unicamente nei dettagli. Pertanto, devo scrivere il genere di libro che alle persone non piace leggere, per poterle convincere di quelle idee, che mi spingono a intraprendere questo lavoro. Ciononostante, per poter apprezzare la complessità bisogna farne esperien-

za. Quindi, gentile lettore, ti prego di avere pazienza: ci saranno un sacco di dettagli in questo libro.

Il libro è diviso in tre parti. La prima parte fornisce la base, e dimostra perché sia ormai necessario mettere in discussione l'evoluzione a livello molecolare – il dominio della biochimica. Questa sezione è in gran parte scevra da dettagli tecnici, anche se alcuni saltano fuori durante la discussione sull'occhio. La seconda parte contiene i “capitoli esemplificativi”, quelli più complessi e maggiormente ricchi di dettagli. La terza parte è una discussione non tecnica sulle implicazioni delle scoperte della biochimica.

La roba difficile, quindi, è confinata principalmente nella seconda parte. In quella sezione, comunque, farò ampio ricorso ad analogie con oggetti familiari, di uso quotidiano, per chiarire i concetti, e anche lì le descrizioni dettagliate dei sistemi biochimici saranno ridotte al minimo indispensabile. I paragrafi che contengono la dose maggiore di dettagli – zeppi di termini tecnici capaci di far addormentare chiunque – sono separati dal testo normale tramite il simbolo □, per preparare il lettore a quanto lo aspetta. Alcuni lettori riusciranno a farsi strada attraverso la seconda parte; altri, invece, potrebbero desiderare di limitarsi a sfogliarla, o addirittura di saltarne alcune parti, per poi tornarci su quando saranno pronti ad assorbire altri dettagli. Per coloro che desiderano comprendere più a fondo la biochimica, poi, ho incluso un'appendice, che ne delinea alcuni principi generali. Consiglio, infine, a coloro che vogliono tutti i dettagli, di andare in biblioteca e prendere in prestito un testo di introduzione alla biochimica.

PRIMA PARTE

La scatola aperta

Biologia lillipuziana

I limiti di un'idea

Questo libro si occupa di un'idea – l'evoluzione darwiniana – che le scoperte della biochimica stanno ormai spingendo al limite estremo. La biochimica è lo studio delle fondamenta ultime della vita: le molecole che costituiscono cellule e tessuti, che catalizzano le reazioni chimiche della digestione, della fotosintesi, dell'immunità, e di altro ancora¹. Gli incredibili progressi della biochimica, dalla metà degli anni '50 in poi, sono un monumentale tributo alla capacità della scienza di comprendere il mondo. Si tratta di progressi che hanno portato molti benefici pratici, alla medicina come all'agricoltura. Per la nostra conoscenza, però, potremmo dover pagare un prezzo: quando si portano alla luce le fondamenta, le strutture che vi poggiano vengono scosse, e a volte crollano. Quando una scienza come la fisica arriva a svelare le proprie fondamenta, è necessario gettar via, rivedere ampiamente, o restringere ad una parte limitata della natura, il vecchio modo di intendere il mondo. Succederà lo stesso alla teoria dell'evoluzione per selezione naturale?

Come molte grandi idee, quella di Darwin è elegantemente semplice. Egli osservò che in tutte le specie esistono delle varianti: alcuni membri sono più grandi, altri più piccoli, alcuni più veloci, alcuni hanno colori più brillanti, e così via. Riflettendo sul fatto che la quantità limitata di cibo non poteva bastare per tutti gli organismi che venivano alla luce, Darwin giunse alla conclusione che gli indi-

¹ Nel termine *biochimica* intendo includere tutte le scienze che investigano la vita a livello molecolare, anche se la specifica ricerca viene portata avanti in un dipartimento con un altro nome, come biologia molecolare, genetica, o embriologia.

vidui, cui il caso aveva fornito una variazione che rappresentava un vantaggio nella lotta per la sopravvivenza, avrebbero avuto la tendenza a sopravvivere e riprodursi, escludendo dalla competizione quelli meno favoriti. Se la variazione fosse stata ereditata, poi, le caratteristiche della specie si sarebbero modificate nel tempo, e a lungo andare avrebbero potuto prodursi grandi cambiamenti.

Per più di un secolo, la maggior parte degli scienziati ha ritenuto che praticamente tutta la vita, o almeno tutte le sue caratteristiche più interessanti, risultassero dalla selezione naturale applicata alla variazione casuale. L'idea di Darwin è stata usata per spiegare il becco del fringuello e gli zoccoli del cavallo, la colorazione della falena, gli insetti schiavi, e la distribuzione della vita nel tempo e nello spazio. Alcuni scienziati hanno addirittura ampliato questa teoria, spingendosi ad applicarla al comportamento umano: perché le persone disperate si suicidano, perché gli adolescenti hanno figli fuori dal matrimonio, perché alcuni gruppi riescono meglio di altri nei test d'intelligenza, e perché i missionari religiosi rinunciano a sposarsi e ad avere figli. Non c'è niente – nessun organo, nessun'idea, nessun senso né pensiero – che non sia stato oggetto della riflessione evoluzionista.

Quasi un secolo e mezzo dopo l'enunciazione, da parte di Darwin, della sua teoria, la biologia evoluzionista è riuscita con successo a dar conto degli schemi della vita che vediamo intorno a noi. A molti, il suo trionfo sembra completo. Ma il vero meccanismo della vita non opera a livello dell'intero animale o organo: le parti più importanti degli esseri viventi sono troppo piccole per essere viste. La vita è una questione di dettagli, e sono le molecole che si occupano dei dettagli della vita. L'idea di Darwin può forse spiegare gli zoccoli dei cavalli, ma è in grado di spiegare le fondamenta della vita?

Poco dopo il 1950 la scienza avanzò al punto da essere in grado di determinare la forma e le proprietà di alcune delle molecole che costituiscono gli organismi viventi. Lentamente, minuziosamente, venne spiegata la struttura di un numero sempre maggiore di molecole biologiche, e il modo in cui esse operano fu dedotto sulla base di innumerevoli esperimenti. I risultati complessivi dimostrano con penetrante chiarezza che la vita è basata su *macchine* – macchine fatte di molecole! Le macchine molecolari trasportano il carico da una parte all'altra della cellula, attraverso "autostrade" fatte di altre

molecole, mentre altre ancora operano come cavi, funi e pulegge, per tenere insieme la cellula. Le macchine azionano gli interruttori cellulari, uccidendo la cellula o facendola crescere. Macchine ad energia solare catturano l'energia dei fotoni, stipandola sotto forma di sostanze chimiche. Macchine elettriche permettono alla corrente di scorrere attraverso i nervi. Macchine manifatturiere costruiscono altre macchine molecolari, oltre a se stesse. Le cellule nuotano usando delle macchine, copiano se stesse con dei macchinari, ingeriscono cibo con dei macchinari. In breve, delle macchine molecolari altamente sofisticate controllano tutti i processi cellulari. I dettagli della vita, pertanto, sono finemente calibrati, e il meccanismo della vita è enormemente complesso.

Siamo in grado di far rientrare tutta la vita nella teoria evolutiva di Darwin? Dal momento che i mezzi di comunicazione di massa amano pubblicare storie emozionanti, e dal momento che alcuni scienziati si divertono a speculare su quanto lontano possano arrivare le loro scoperte, è stato difficile per il pubblico separare i fatti dalle congetture. Per trovare le vere prove, dovete scavare nei giornali e nei libri pubblicati dalla stessa comunità scientifica. La letteratura scientifica riporta gli esperimenti di prima mano, e i resoconti sono generalmente privi di quei voli di fantasia, che si fanno strada nelle successive applicazioni allargate ad altri campi. Ma, come sottolineerò più avanti, se si studia a fondo la letteratura scientifica sull'evoluzione, concentrandosi sulla questione dello sviluppo delle macchine molecolari – le fondamenta della vita –, ci si ritrova di fronte ad un misterioso e assoluto silenzio. La complessità delle fondamenta della vita ha paralizzato i tentativi scientifici di spiegarla: le macchine molecolari innalzano una barriera quanto mai impenetrabile, che limita le possibilità universali del Darwinismo. Per scoprirne il motivo, mi propongo di esaminare, in questo libro, diverse affascinanti macchine molecolari, per poi chiedermi se possano essere spiegate attraverso il meccanismo di mutazione casuale/selezione naturale.

L'evoluzione è un tema controverso, e quindi è necessario occuparsi di alcune questioni fondamentali, all'inizio di questo libro. Molta gente ritiene che, mettere in discussione l'evoluzione darwiniana, debba equivalere necessariamente a sostenere il creazionismo. Il creazionismo comunemente inteso implica il fatto di credere

in una Terra giovane, nata circa diecimila anni fa, secondo un'interpretazione della Bibbia ancora molto popolare. Per la cronaca, non ho alcun motivo per dubitare che l'universo sia vecchio di miliardi di anni, come sostengono i fisici. Inoltre, trovo l'idea della discendenza comune (secondo la quale tutti gli organismi hanno un antenato comune) molto convincente, e non ho alcun motivo particolare per metterla in dubbio. Ho molto rispetto per il lavoro dei miei colleghi, che studiano lo sviluppo e il comportamento degli organismi in una cornice evoluzionista, e penso che i biologi evoluzionisti abbiano contribuito enormemente alla nostra comprensione del mondo. Sebbene il meccanismo darwiniano – la selezione naturale che opera sulla variazione – possa spiegare molte cose, però, io non credo che spieghi la vita molecolare. E non ritengo neppure sorprendente che la nuova scienza del molto piccolo possa cambiare il modo in cui vediamo il molto grande.

Breve storia della biologia

Quando, nella vita, tutto procede con tranquillità, la maggior parte di noi tende a pensare che la società in cui viviamo sia “naturale”, e che la veridicità delle nostre idee sul mondo sia lapalissiana. È difficile immaginare che altre persone, in altri tempi e luoghi, potessero vivere come facevano, o comprendere perché credessero nelle cose in cui credevano. Durante i periodi di cambiamenti radicali, però, quando verità apparentemente solide vengono messe in discussione, può sembrare che niente nel mondo abbia senso. In questi momenti, la storia ci ricorda che la ricerca di una conoscenza affidabile è un processo lungo e difficile, che non è stato ancora completato. Allo scopo di sviluppare una prospettiva dalla quale osservare l'idea dell'evoluzione darwiniana, nelle prossime pagine tratterò una breve storia della biologia. Si tratta, in un certo senso, di una lunga serie di scatole nere: appena aperta una scatola, se ne trova un'altra.

Scatola nera è un termine bizzarro, che definisce un apparecchio che fa qualcosa, ma i cui meccanismi interni sono misteriosi – a volte perché è impossibile vederli, altre perché è semplicemente impossibile comprenderli. I computer sono un buon esempio di scatola nera: la maggior parte di noi usa queste macchine meravigliose senza avere la più vaga idea di come funzionino, elaborando parole e gra-

fici, o giocando ai più diversi giochi, nella felice ignoranza di cosa accada all'interno del contenitore – della scatola, appunto. Se anche dovessimo rimuovere l'involucro, infatti, ben pochi di noi potrebbero raccapazzarsi nel guazzabuglio di pezzi che si trovano all'interno. Non esiste un collegamento semplice e osservabile fra le parti del computer e le cose che la macchina fa.

Immaginate che un computer con una batteria a lunga durata venga trasportato indietro nel tempo di un migliaio di anni, alla corte di re Artù. Come reagirebbe la gente di quell'epoca alla vista di un computer in azione? La maggior parte ne avrebbe soggezione, ma, con un po' di fortuna, ci sarebbe qualcuno interessato a comprendere come funziona. Qualcuno potrebbe notare che le lettere appaiono sullo schermo quando si toccano i tasti. Qualche combinazione di lettere – corrispondente ai comandi del computer – potrebbe far modificare lo schermo e, dopo un po', si inizierebbero a comprendere alcuni comandi: i nostri Inglesi medioevali potrebbero credere di aver svelato i segreti del computer. Ma potrebbe anche accadere che qualcuno rimuovesse l'involucro, e desse un'occhiata ai meccanismi interni del calcolatore. Improvvisamente, la teoria del “come funziona il computer” si rivelerebbe profondamente ingenua. La scatola nera, che era stata lentamente decodificata, ha rivelato un'altra scatola nera.

Nei tempi antichi, *tutta* la biologia era una scatola nera, perché nessuno comprendeva, neppure al livello più generico, il modo in cui funzionavano le creature viventi. Gli antichi, che guardavano a bocca aperta una pianta o un animale, chiedendosi semplicemente come funzionassero, si trovavano al cospetto di un'insondabile tecnologia. Brancolavano letteralmente nel buio.

Le prime indagini scientifiche cominciarono nell'unico modo possibile: ad occhio nudo¹. Un certo numero di libri, risalenti all'incirca al 400 a.C. (e attribuiti ad Ippocrate, il “padre della medicina”), descrivono i sintomi di alcune malattie comuni, attribuendole alla

¹ La ricostruzione storica presentata in queste pagine si basa principalmente su CHARLES J. SINGER, *A History of Biology*, Londra, Abelard-Schuman, 1959. Fra le altre fonti: GORDON R. TAYLOR, *The Science of Life*, New York, McGraw-Hill, 1963; LOIS N. MAGNER, *A History of Life Sciences*, New York, Marcel Dekker, 1979.

dieta e ad altre cause fisiche anziché agli dei. Sebbene questo genere di libri rappresentasse un inizio, gli antichi brancolavano ancora nel buio quando si trattava della struttura degli esseri viventi. Essi credevano che tutta la materia fosse costituita da quattro elementi: terra, aria, fuoco e acqua, e che il corpo umano fosse costituito da quattro “umori”: sangue, flemma, bile bianca e bile nera – e che tutte le malattie fossero causate da un eccesso di uno di questi umori.

Il più grande biologo greco fu anche il maggiore dei loro filosofi: Aristotele. Nato mentre Ippocrate era ancora in vita, Aristotele comprese (a differenza di chiunque altro prima di lui) che la conoscenza della natura richiedeva un’osservazione sistematica. Attraverso attenti esami, egli riconobbe all’interno degli esseri viventi uno stupefacente ordine; un primo, cruciale passo in avanti. Aristotele raggruppò gli animali in due grandi categorie – quelli con sangue e quelli senza –, che, grossomodo, corrispondono alla classificazione moderna di vertebrati e invertebrati. All’interno dei vertebrati individuò le categorie dei mammiferi, degli uccelli, e dei pesci. Raggruppò insieme la maggior parte degli anfibi e dei rettili, e creò una classe a parte per i serpenti. Anche se le sue osservazioni non erano supportate da strumenti tecnici, gran parte del ragionamento aristotelico resta ancora valido, nonostante la conoscenza acquisita nelle migliaia di anni trascorse dalla sua morte.

Nei mille anni successivi, la storia ha registrato solo pochi rilevanti indagatori della biologia. Uno di loro fu Galeno, medico nella Roma del II secolo d.C., il cui lavoro dimostra che l’attenta analisi dell’esterno e (attraverso la dissezione) dell’interno di piante e animali, per quanto necessaria, non è sufficiente a comprendere la biologia. Galeno, ad esempio, cercò di comprendere la funzione degli organi animali. Sebbene sapesse che il cuore pompava il sangue, non poté dedurlo semplicemente osservando il sangue che circolava e ritornava al cuore. Galeno pensava, erroneamente, che il sangue venisse pompato per “irrigare” i tessuti, e che nuovo sangue venisse prodotto di continuo, per rifornire il cuore. La sua teoria fu materia di insegnamento per quasi quindici secoli.

Bisognerà aspettare il XVII secolo perché un Inglese, William Harvey, introduca la teoria che il sangue scorre continuamente in un’unica direzione, compiendo un percorso completo e ritornando

al cuore. Harvey calcolò che, se il cuore pompa solo due onces di sangue per battito, a 72 battiti al minuto, in un'ora avrà pompato 540 libbre³ di sangue – tre volte il peso di un uomo! Dal momento che è chiaramente impossibile produrre in così breve tempo così tanto sangue, il sangue doveva necessariamente essere riutilizzato. Il fatto che Harvey usasse il ragionamento logico (coadiuvato dai numeri arabi, recentemente introdotti, che rendevano i calcoli più semplici) per sostenere una teoria relativa ad un'attività non osservabile, era un evento senza precedenti, che fissò le premesse del moderno pensiero biologico.

Durante il medioevo, l'indagine scientifica accelerò il passo. L'esempio di Aristotele fu seguito da un numero sempre maggiore di naturalisti: molte piante furono descritte dai proto-botanici Brunfels, Bock, Fuchs, e Valerius Cordus. L'illustrazione scientifica si sviluppò, grazie ai disegni di Rondelet, che ritraevano i dettagli della vita animale. Gli enciclopedisti, come Conrad Gesner, pubblicarono enormi volumi, che riassumevano tutta la conoscenza biologica. Linneo ampliò il lavoro di classificazione di Aristotele, introducendo le categorie di classe, ordine, genere, e specie. Gli studi di biologia comparativa mostrarono molte similitudini fra le diverse branche della vita, e si cominciò a discutere l'idea di una discendenza comune.

La biologia avanzò rapidamente, fra il XVII e il XVIII secolo, quando gli scienziati cominciarono a seguire l'esempio di Aristotele e Harvey, combinando un'attenta osservazione con un intelligente ragionamento. Eppure, anche la più attenta osservazione e il più intelligente ragionamento non possono spingersi oltre un certo limite, se le parti più importanti di un sistema sono impossibili da vedere. Anche se l'occhio umano può analizzare oggetti piccoli fino a un decimo di millimetro, molti dei fatti importanti della vita si verificano a livello microscopico, su scala lillipuziana. Così, la biologia raggiunse un punto morto: una scatola nera, la struttura grossolana degli organismi, era stata aperta, solo per rivelare la scatola nera del livello più fine della vita. Per poter procedere oltre, la biologia aveva bisogno di una serie di svolte tecnologiche, la prima delle quali fu il microscopio.

¹ Due onces corrispondono a 0,59 decilitri e 540 libbre a 244,94 chilogrammi (N.d.E.).

*Stai visualizzando un'anteprima del libro,
per questo motivo alcune pagine non sono disponibili*

*Acquista l'edizione completa in libreria
o sul sito web dell'editore
www.alfaeomega.org*

Indice dei nomi

- A**lberts, Bruce, 159, 201
Aristotele, 34–35, 41
Armstrong, Frank, 237–238
- B**acone, Francesco, 17
Baltimore, David, 183
Barbieri, Marcello, 15
Begley, Sharon, 329–331
Bergson, Henry, 12
Blair, Tony, 324
Blobel, Günter, 347
Bloom, Allan, 203
Boltzmann, 5
Bruce, Alberts, 201
Bryan, William Jennings, 301
- C**ampbell, John Angus, 224
Cavalier-Smith, T., 104–106
Cech, Thomas, 222
Clausius, 5
Clinton, Bill, 324
Copernico, 322
Cox, Michael, 235
Coyne, Jerry, 59, 344–345
Creighton, Thomas, 200–201
Crick, Francis H. C., 8, 40, 240,
287, 316–317
Cuvier, 6
- D**'Aquino, Tommaso, 311
- Darrow, Clarence, 301
Darwin, Charles, 5–6, 8, 12, 14,
22–23, 29–31, 37–38, 41–47,
51–53, 55, 57, 59–61, 68, 70–73,
79, 110, 114–115, 137–138, 171,
212, 225, 231, 238, 271, 274,
278–279, 297–307, 320, 322,
325, 335, 338–339, 343–344, 346
Dawkins, Richard, 14–16, 64–73,
80–82, 101, 262, 273–274, 278,
281–284, 318–320, 336–337
Devlin, Thomas, 236
De Duve, Christian, 205–206, 347
Dickerson, Richard E., 9, 303–310
Diogene, 270–272, 284, 290
Doolittle, Russell, 130–138, 184,
230, 331, 343
Dose, Klaus, 218
Dutrochet (zoologo), 7
Dyson, Freeman, 287
- E**ddington, A. S., 312–313
Einstein, Albert, 142, 297, 307,
311–314, 322
Eldredge, Niles, 56–57
Empedocle, 16
Endler, John, 59
- F**ischer, Emil, 38–39
Flemming, 8

Fox, Sidney, 220–221
 Futuyma, Douglas, 288, 290

Galeno, 34

Galileo, 36, 305, 307, 322
 Gamow, George, 364
 Gesner, Conrad, 35
 Gillespie, John, 232
 Goldschmidt, Richard, 55–57, 70
 Gould, Stephen J., 56–57, 70,
 292–293
 Grassé, 6
 Grew, Nehemiah, 36

Haeckel, Ernst, 8, 16, 53, 71, 143,
 346

Harvey, William, 34–35
 Hawking, Stephen, 315
 Hitching, Francis, 65, 69–71, 80–81
 Ho, Mae-Wan, 58
 Hooke, Robert, 36
 Hoppe-Seyler, Ernst, 38
 Horowitz, N. H., 203–206, 211
 Hoyle, Fred, 313–315
 Hubble, Edwin, 312
 Hume, David, 278–282
 Huxley, Thomas H., 301, 328, 346

Innocenti, Ennio, 17
 Ippocrate, 33–34

Jacob, François, 9
 Joyce, Gerald, 222–223, 261

Kaplan, Martin, 59
 Kauffman, Stuart, 60, 205–206,
 232–233, 246–249, 267
 Kendrew, J. C., 39–40
 Khorana, H. Gobind, 364
 Kimura, Motoo, 232
 Kornberg, Arthur, 371

Laudan, Larry, 305–306
 Leeuwenhoek, Anton van, 36, 40
 Lehninger, Albert, 234–236
 Liebig, Justus von, 38
 Linneo, C., 6, 35

Macnab, Robert, 341
 Maddox, John, 319
 Malpighi, M., 36
 Margulis, Lynn, 55, 61, 72,
 105–106, 243–245
 Maxwell, J. C., 320
 McDonald, John, 58, 334
 Mendel, 8
 Miklos, George, 58
 Miller, Kenneth, 284–292, 306,
 328–334, 341–342
 Miller, Stanley, 198–199, 216–222,
 225, 238
 Mims, Forest, 302–303
 Mivart, St. George, 61, 72
 Monod, Jacques, 13–15
 Morgan, 8
 Morris, Henry, 345

Nelson, David, 235
 Newton, Isaac, 232, 297, 305, 307,
 309–310, 320
 Nirenberg, Marshall, 364

Ocha, Severo, 364
 Orgel, Leslie, 222–223, 287, 317
 Orò, Juan, 218
 Orr, Allen, 332–335
 Overton, William, 305

Paley, William, 271–279, 328, 337
 Pasteur, 8
 Pauling, Linus, 215, 227
 Pennock, Robert, 326–330, 334, 341
 Penzias (astronomo), 313

Perutz, Max, 39
Plotino, 11–12, 16

Quinn, Philip, 305

Redi, 8
Ruse, Michael, 283, 305

Santillana, Giorgio de, 6
Saunders, Peter, 58
Schleiden, Matthias, 7, 36–37
Schwann, Theodor, 7, 36–37
Scopes, John, 301–303, 345
Shakespeare, 14
Shapiro, James, 346
Shapiro, Robert, 221, 284,
299–300
Sibatani, A., 15
Singer, Charles, 36
Smith, John M., 60, 206
Sober, Elliot, 278–284
Socrate, 271, 273
Stelluti, 36

Strasburger, 8
Swammerdam, Jan, 36
Swift, Jonathan, 7, 40
Szathmary, Eörs, 105

Thom, René, 16
Thomson, J. J., 37

Voet, D., 238
Voet, J. G., 238

Watson, James, 8, 40, 159, 201,
240–241, 316
Weismann, 12
Wilberforce, Samuel, 301
Wilkins, 8
Wilson (astronomo), 313
Wöhler, Friedrich, 38, 238, 258

Yockey, Hubert, 59

Zasloff, Mike, 163
Zuckerandl, Emile, 215, 227

Indice analitico

- Abzimi**, 262
- Accademia Nazionale delle Scienze, 159, 201, 215, 243–244, 303, 328
- Accelerina, 121–122, 126
- Acidi**
- aspartico, 196–197, 199, 206
 - formico, 194
 - gammalinoleici (Gla), 121–122, 182
 - glutammici (Glu), 121–122
 - nucleici, 189, 218–219, 360–363
- Acqua ossigenata, 62–68, 81
- Adenina (A), 198–199, 202, 218, 361–362
- ADP, 189, 207–209
- Aggressione, minacce di, 161–164
- Alfabeto fonetico, creazione dell'—, 269–270
- Alieni, 145, 255–256, 287, 316–318
- Allevamento selettivo, 261
- Ammina, 355–356
- Amminoacidi**
- anticorpi e —, 165–166
 - categorie di —, 355–356
 - catene, 86, 189–190
 - catene laterali idrocarburiche, 355
 - designati da diversi cordoni, 364
 - mattoncini delle proteine, 38, 85–87, 128, 189, 355–357
 - nelle ricerche sull'origine della vita, 217, 220–221
 - polari, 355
 - proprietà dei diversi —, 85–86
 - riferimenti alla biochimica, 86
 - sequenze, 128
 - struttura degli —, 355–357
- Ammoniaca, 194–196, 198, 202, 205, 216–217
- AMP. *Vedi* Biosintesi dell'AMP
- «Annual Review of Biochemistry» (ARB), 157–158
- «Annual Review of Microbiol.», 341
- Antennapedia, 74
- Anticorpi, 164–182
- Intelligent Design* e —, 261–262
- α 2-antiplasmina, 127–128
- Antitrombina, 126–127, 132, 135
- Apparato di Golgi, 143–144, 148–149, 151, 159, 353
- Arrestina, 50
- Atomi, 39, 50, 190, 192–197, 266, 315, 318, 350, 354–360
- ATP, 97–98, 192–194, 207–209
- Attivatore Plasminogeno di Tessuto (TPA), 132–134, 136
- Auto-catalitica, coagulazione del sangue, 121
- Autorità, conoscenza acquisita tramite la, 239
- Azoto, 190–197, 216, 354–355, 357, 358

- B**asi, 361
 Batteri, DNA dei —, 363
 Batteriofagi, 367–368
 Big Bang, teoria del —, 57–58, 312–316, 320–321
 «Biochemistry», 103–104
 Biochimica
 — della vista, 47–52
 — del sistema immunitario, 172–176
 definizione, 29
 fenomeno molecolare e —, 22
 generazione spontanea e —, 52–53
 Intelligenti design e —, 250, 257–268
 macchine molecolari e —, 30–31, 85–86, 176, 207
 macroevoluzione e —, 42–43
 manuali di —, 234–238
 microevoluzione e —, 42–43, 261
 mutazioni in —, 73–74
 neo-darwinismo e —, 53–54, 55
 primi studi della —, 38–41
 progettare nuove sostanze biochimiche, 261
 progressi dal 1950, 22, 29–30
 sfida l'evoluzione darwiniana, 29, 43, 51
 strutture multicellulari e —, 82
 Biologia
 livello di microscopio, 35–37
 sintesi evuzionistica (neo-darwinismo), 53–54
 teoria della generazione spontanea, 53–54
 Biologia molecolare della cellula (Alberts et al.), 159, 201
 «Biology and Philosophy», 323
 Biosintesi dell'AMP, 189–192
 descrizione, 192–197
 evoluzione darwiniana, 198–206, 210–212
Intelligent Design e —, 267–268
 le regole della —, 207–210
 molecole coinvolte nella —, 190–191
 percorso metabolico $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ e —, 199–206
 riassunta, 197–198
Blueprint for a Cell (C. de Duve), 205
 «Boston Review», 332–333
 Brachino bombardiere, evoluzione del —, 65–68, 74, 80–81
- C**ambriano, 6
 Canale ionico, 49
 Caratteristiche inutili, un'obiezione all'*Intelligent Design*, 288–290
 Carbonifero, 6
 Carbonio, 354–355
 Catene laterali, 356–360
 «Cell», 103–104
 Cellule, 349–354
 aiutante T, 168–171
 B, 166–169, 173–175, 186
 come sistema dinamico, 144, 157
 complessità delle —, 142–144
 eucariote, 105, 143, 158, 244, 249, 340, 352–353, 369
 evoluzione darwiniana e —, 211–212
Intelligent Design e —, 297
 le ricerche di Schleiden e Schwann, 36
 macchine molecolari e —, 31
 mattoncini delle —, 189–212
 nucleo e —, 36–37, 143, 352
 parti delle —, 143
 plasmatiche, 168
 principi biochimici, 349–354

- procarioti, 351, 365–367,
 369–371
 struttura delle —, 349–354
 teoria cellulare della vita, 36
 una scatola nera, 37–38, 43–44
 vegetali, 353–354
 Centro Nazionale per l'Educazione
 Scientifica, 302, 339
 cGMP, 48–50
 Chimica della vita. *Vedi* Biochimica
 Chinone, 63–64
 «Christianity Today», 324
 «Chronicle of Higher Education»,
 324
 Cianuro di idrogeno, 198, 202,
 205, 218, 225
 Ciclo lisogenico, 367–368
 Ciclo litico, 367–368
 Ciglio, 93–110, 324–325, 332,
 339–341, 344–345
 complessità irriducibile e —,
 102–103, 109–110
 flagello a confronto con il —,
 107–109
 funzionamento del —, 97–102
 — e *Intelligent Design*, 264
 la struttura del —, 93–97
 proteine nel —, 109
 tentativo di spiegazione dell'evoluzio-
 ne del —, 101–107, 110
 Circolazione del sangue, 34
 11-cis-retinale, 47, 50–51, 70, 122
 Citidina (C), 361
 Citoplasma, 351–353
 Citoscheletro, 353
 Citosina, 362
 Clorofilla, 354
 Cloroplasti, 354
 Coagulazione del sangue, 115–138
 complessità irriducibile della —,
 115, 125, 137, 280
 evoluzione darwiniana e —,
 128–133
 e *Intelligent Design*, 258–260,
 264–265
 la funzione della —, 125
 la spiegazione di Doolittle,
 130–138, 230
 sistema a cascata, 119–123, 126,
 137
 Codoni, 364
 Collagene, 86, 178
 Complessità irriducibile, 75–79.
Vedi anche Sistemi biochimici
 complessi
 della coagulazione del sangue,
 115, 125, 137, 280
 della macchina di Rube Goldberg,
 112, 125, 280
 del ciglio, 102–103, 109–110
 del flagello batterico, 109–110
 del sistema immunitario, 176–
 177, 182, 186
 trasporto intracellulare e —,
 158–160
 evoluzione darwiniana e —,
 72–78, 153, 211, 230
 precursore fisico della —, 77–78
 trasporto intracellulare e —,
 151–156
 un problema per il darwinismo,
 325–335, 337–341
 Componenti naturali, progettualità
 nei sistemi composti da —, 253
 Computer come scatole nere, 33
 Convertina, 123
 Cooperatività, 266–267
 Cooperazione e simbiosi, 244–245,
 249, 263
 Costituzione degli Stati Uniti, 211
 Creazionismo, 31, 64, 302. *Vedi*
anche Religione

- Cristallografia a raggi X, 39–41, 316
 Cro (proteina), 368
- DDT**, resistenza al, 345
 Desossinucleotidi, 371
 Desossiribosio, 361
 Devoniano, 6
 Diabete, 24, 186, 209
Dialoghi sulla religione naturale (D. Hume), 278
 Dineina, 96–101, 109, 331–332
 Diossido di carbonio, 197, 225
 Dismutasi superossida, 228
 DNA, 363–374
 cambiamenti nel —, 73–74
 geni di anticorpi nel —, 166–167, 172
Intelligent Design e —, 260–262
 interrotto, 173
 nucleotidi del —, 189, 360, 362
 polimerasi I, 371
 polimerasi II, 371
 polimerasi III, 371
 regolazione del —, 367–368
 replicazione del —, 371–374
 RNA polimerasi, 365–366
 struttura del — cellulare, 361–363
 traduzione del —, 369–370
 trascrizione del —, 363–367
 DnaA (proteina), 372
 DnaB (proteina), 372
 DnaC (proteina), 372
 Doppi strati lipidici, 350–351
 Doppler, effetto, 312
 Duplicazione di gene, 128–129, 134
- E**lettrome, 37, 354–355
 α -elica, 358
 Emofilia, 24, 128
 Emoglobina, 38, 226, 240, 248–249, 266–267, 289–290, 360
 Enzima catalizzante, 86
 biosintesi dell'AMP e —, 192–197, 207–209
 coagulazione del sangue a cascata e —, 119, 121–122, 126
 nel brachino bombardiere, 63–65
 Enzimi digestivi, 119
 Eparina, 126
 Esochinasi, 86
 Esplosione del Cambriano, 6, 57
 Eucariote. *Vedi* Cellule: eucariote
Evolution at the Molecular Level (R. K. Selander – A. G. Clark – T. S. Whittam), 233
 Evoluzione darwiniana (gradualismo), 344–346
 accoglimento della —, 61
 alternative alla —, 243–249, 262–268. *Vedi anche* *Intelligent Design*
 biochimica e la sfida alla —, 29, 43, 51
 biosintesi dell'AMP e —, 198–206
 brachino bombardiere e —, 65–68, 74, 80–81
 ciglio e —, 101–106, 110
 complessità irriducibile ed —. *Vedi* Complessità irriducibile
 creazionismo e —, 31–32, 64, 110
 descrizione, 29–30
 e cellule, 211–212
 e coagulazione del sangue, 128–133
 e percorsi metabolici, 199–206, 209–212
 inadeguata a spiegare i sistemi biochimici complessi, 229–242
 limiti della —, 29–32, 55–62, 188–189
 macroevoluzione, 42–43

- microevoluzione, 42–43, 261
 neo-darwinismo e —, 54, 55
 ricerche sull'evoluzione molecolare,
 229–230, 232–233, 241, 243
 selezione naturale e —, 6, 9, 14,
 22, 29–32, 57, 72, 79, 262–263,
 339–344
 sistema immunitario e —, 169–171,
 183–186
 supporto di Dawkins alla —,
 64–71, 336–337
 trasporto a varchi e —, 151
 trasporto vescicolare e —, 160
 vista e —, 44–46, 70–71
Evoluzione molecolare
 comparazione delle sequenze,
 226–227, 228
 conoscenza dell'evoluzione
 molecolare, 239–242
 ed evoluzione darwiniana,
 229–230, 232–233, 241, 243
 metodi matematici, 226
 modelli dettagliati mancanti, 230
 origine della vita, 216–225
- Farmaceutici**, 260
Fattore
 allungamento Tu (EF-Tu), 370
 antiemofilico, 123–124, 126–129,
 133, 135, 264
 B, 181, 184
 Christmas, 123, 128–129, 133,
 135, 264
 D, 181
 di stabilizzazione della fibrina
 (FSF), 127
 H, 181
 Hageman, 122–123
 I, 181
 rilascio, 370
 Stuart, 120–129, 132–136
 tessuto (TF), 123–124, 131–136
Fibrina, 117–120, 125, 127,
 132–133, 135, 181
Fibrinogeno, 116–122, 124–125,
 127, 132–136, 264
Filamenti intermedi, 353
Filosofia
 argomentazioni contrarie all'*Intel-*
ligent Design, 303–314, 321
 e scienza, 319–321
Flagellina, 107
Flagello batterico, 9–10, 16,
 106–110, 112, 249, 341, 352
Foglio- β , 358
Foglio β -pieghettato, 358
Formiato, 194, 196, 202
Fosfodiesterasi, 48–51
Fosforo, 190–195, 354
Fossili, reperti —, 51, 56–57, 61,
 309, 322
Fotosintesi, 29, 46, 85, 211, 235,
 354
Fuso mitotico, 353
- GDP**, 47–49, 207–209
Gene, 324, 364–365. *Vedi*
anche DNA; *Vedi anche* RNA
 di anticorpi, 166–167, 172
 duplicato, 128–129, 133
 insulina, 260
 introni, 227
 mutazioni del —, 73–74, 129,
 172, 261
 pseudo-geni, 289–291
 regolazione genetica, 367–369
 replicazione, 371–373
 scissione del —, 128–129
 traduzione, 369–370
 trascrizione, 363–367
Generazione spontanea, 8, 53
Genoma umano, 324

- Geocentrismo, 327
- Ghiandole ectodermiche, 63, 66
- Girasi, 372
- Gla (acidi gammalinoleici),
121–122, 182
- Glicina, 86, 193, 197, 199
- Glutamina, 193, 195, 197, 199
- Glu (acidi glutammici), 121–122
- GMP, 198, 208–210
- Gradualismo. *Vedi* Evoluzione darwiniana (gradualismo)
- Gruppo azotato, 355
- GTP, 47–49, 192, 197, 199, 209, 370
- Guanilato ciclasi, 49–50
- Guanina (G), 361, 362
- Guida meiotica, 294
- Haemophilus influenzae***, 324
- HIV, resistenza dell'—, 345
- HMK (proteina), 122–123
- I**drochinone, 62–68, 80–81
- Idrofile, zone della molecola, 350
- Idrofobe, zone della molecola, 350
- Idrogeno, 354–355
- Immunoglobulina, 183–184
- Immunologia comparativa, 183
- IMP, 197, 209
- Informazione genetica,
codificazione del'—, 363–364
- Institute for Creation Research, 64
- Insulina, 186, 260, 265
- Integrasi, 368
- Intelligent Design*, 243–268,
270–296, 297–322, 323–348
- alieni e —, 316–318
- anticorpi e —, 261–262
- argomentazioni contrarie
di Hume, 278–281
- di Sober, 278–284
- filosofiche, 303–314, 321
- religiose, 314–316
- scioviniste, 299–300, 321
- sentimentalistiche, 270–271,
311–313
- storiche, 300–303, 321
- caratteristiche prive di utilità e
—, 288–290
- complessità del mondo e —,
292–294
- confutare l'opinione di Paley
sull'—, 276–278
- definizione, 250
- esempi di —, 249–252
- evoluzione e —, 292–294
- e cellule, 297
- obiezione dell'imperfezione
dell'—, 284–288
- e ciglio, 264
- e coagulazione del sangue,
258–260, 264–265
- gene dell'insulina e —, 260–263
- idea pre-darwiniana sull'—,
270–277
- microevoluzione e —, 261
- oggetti artificiali e —, 253–254
- oggetti meccanici e —, 252–253
- opere d'arte e —, 252
- opinione di Dawkins sull'—,
273–274, 337
- opinione di Paley sull'—, 271–276,
337
- origine della vita e —, 219, 322
- progetto biochimico, 250, 257–268
- proteine e —, 261
- scienza e —, 294–298
- sintesi dell'AMP e —, 267–268
- sistemi composti da componenti
naturali e —, 253
- trasporto intracellulare e —, 264
- viaggiatori del tempo —, 316–318

- Intensificatori (sequenze di DNA), 365–366
- Interleuchina, 168, 170, 171
- Introni, 227
- Invertebrati, classificazione moderna di —, 34
- Ioni di sodio, 49–50
- «**J**ournal of Biological Chemistry», 103–104, 309
- «Journal of Molecular Biology», 103–104
- «Journal of Molecular Evolution», 215–216, 225–231, 304–305
- K**iller (proteina), 181
- L'idea pericolosa di Darwin. L'evoluzione e i significati della vita* (D. C. Dennett), 283, 319
- L'origine delle specie* (C. Darwin), 7–8, 37, 44, 278
- L'orologio cieco. Creazione o evoluzione?* (R. Dawkins), 14, 64, 273, 278, 282, 318, 336
- La chiusura della mente americana* (A. Bloom), 203
- Lealtà alla scienza, 299–300, 321
- Legame chimico, 354
- Legame covalente, 354, 370
- Legami idrogeno, 357
- Leggi della natura, 250, 262, 323
- Lenti, uso scientifico delle —, 36
- Lesch-Nyhan, sindrome di —, 209
- Le origini del pensiero scientifico* (G. de Santillana), 6
- Life Itself* (F. Crick), 317
- Lipidi, 363
- Lisosomi, 143–144, 148–151, 153, 156–157, 159, 352–353
- Lobi secretori del brachino, 62–63
- M**acchine ad energia solare, 31, 85
- Macchine manifatturiere, 31
- Macchine molecolari, 30–31, 85–86, 176, 207
- Macroevoluzione, 42–43
- Malaria, parassita della, 324
- Mannosio-6-fosfato (M6P), 149, 152
- Membrana ciliare, 94
- Membrane cellulari, 265–266, 349–354
- Metabolismo, 38, 201, 205–206, 209, 212, 232, 247
- Metarodopsina II, 47–48, 50
- Metodo scientifico, 310
- MHC (proteina), 167–168, 170–171, 183
- Micro-RNA, 324
- Microevoluzione, 42–43, 261
- Microfilamenti, 353
- Microtubuli, 94–103, 264, 331, 340, 353
- Mioglobina, 39, 267
- Mitocondri, 37, 55, 143–144, 244–245, 248, 352, 354
- Modelli matematici dell'evoluzione, 226
- Molecole
- anfifile, 350
 - biomolecole, 354
 - definizione, 354
 - idrofile, 350
 - idrofobe, 350
 - la scienza e il fenomeno molecolare, 21–23
 - magainine, 163–164
 - nella membrana cellulare, 265–266
 - nella sintesi dell'AMP, 190
 - polari, 355
- Molecole TCR, 183–184
- Monte Rushmore, progetto intelligente del —, 256, 263, 291, 338

- Morbillo, 139–142
 Mucopolidiosi di tipo 2 (MLII), 156–157
 Mutazioni, 74, 129, 172, 261, 339–344
 teoria della complessità e —, 246
- «Nature», 103, 240, 324
 Neo-darwinismo, 53–54, 55
 Nexina, 96, 98–101, 103, 109, 264
 NSF (proteina), 150, 152
 Nuclear Magnetic Resonance (NMR), 40–41
 Nucleo, 36–37, 143, 352
 Nucleoide, 351
 Nucleotidi, 8, 15, 74, 189–190, 197, 200, 209, 219, 222–223, 225–228, 290, 360–372
 Nuotare, requisiti per —, 87–93.
Vedi anche Ciglio
- O**biezione dell'imperfezione dell'*Intelligent Design*, 284–288
 Occhio. *Vedi* Vista
 Oggetti artificiali e *Intelligent Design*, 253–254
 Oggetti meccanici e *Intelligent Design*, 252–253
 Opere d'arte e *Intelligent Design*, 252–253
 Organi residuali, 288–290
 Organuli, 158, 340–341, 352–354
 Origine della replicazione, 372
 Origine della vita
 amminoacidi e —, 218, 220–221
 fattori coinvolti nell'—, 293–294
Intelligent Design e —, 219, 321–322
 processi chimici e —, 216–223
 ricerche sull'RNA e —, 222–225
 ricostruzione pessimistica dell'—, 218
 scienza e —, 224–225
Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth (R. Shaphiro), 299
Origins: A Skeptic's Guide to the Origin of Life on Earth (R. Shaphiro), 284
 Ossigeno, 38, 63–64, 67, 89–90, 190–197, 216, 228, 248, 266–267, 318, 354, 357–360
- P**arete cellulare, 351
 Particella di ricognizione del segnale (SRP), 148–149, 154–155
 Particelle virtuali, 315
 Pelle, protezione offerta dalla —, 163
 Percorso
 di complemeno, 178–182
 estrinseco, 123–124
 intrinseco, 123–124
 metabolico $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$, 199–212
 Perossisoma, 143
 «Perspectives on Science and Christian Faith», 304
 Perturbazioni dei sistemi complessi, 246
Philosophy of Biology (E. Sober), 278, 282
 «Philosophy of Science», 324
 Piastrine, 125
 Pili, 352
 Pirimidine, 363
 Plasma, 116–117, 122, 126
 Plasmina, 127, 258–260
 Plasminogeno, 127–128, 132, 134–136, 258–259, 264–265
 Pleistocene, 6
 Polinucleotidi, 223, 361, 363–364, 366, 372
 Polipeptidi, 357, 360, 363–364
 Polisaccaridi, 355, 363

- Pollice del panda, Gould e
l'evoluzione del —, 292–293
- Pori nucleari, 352
- Precallicreina, 122
- Pribnow, scatola —, 365
- Principio antropico, 315
- Principi biochimici, 349–373
degli acidi nucleici, 360–363
dei lipidi, 363
dei polisaccaridi, 363
delle cellule e delle membrane,
349–354
delle proteine, 354–360
del DNA, 363–374
- Proaccelerina, 123–127, 132–135
- Procarioti, 351, 365–367, 369, 371
- «Proceedings of the National
Academy of Sciences», 103–104,
203–204, 231
- Proconvertina, 123, 127, 129,
132–133, 135–136
- Proenzimi, 119, 131
- Progetto biochimico, 250, 257–
268. *Vedi anche Intelligent Design*
- Progetto intelligente.
Vedi Intelligent Design
- Promotori (sequenze di DNA), 365
- Proteasi, 97, 99, 131–132, 134, 184
- Proteine, 324
anticorpi e —, 172
C, 87, 126–128, 133, 135, 264
capacità di legame delle —,
169–170
catene di —, 86
cristallografia a raggi X e —, 39
Cro, 368
dalla duplicazione di geni, 134
del flagello, 110
del sistema di coagulazione del
sangue, 116–119, 129, 135–137,
258
di clatrina, 149
di legame a traccia singola (SSB),
372
DnaA, 372
DnaB, 372
DnaC, 372
funzione delle —, 86–87
gli amminoacidi, elementi di base
delle —, 38, 86–87, 128, 189,
355–357
HMK, 122–123
Intelligent Design nelle —, 261
killer, 181
macchine molecolari e —, 85–86
mascherate, 182
MHC, 167–168, 170–171, 183
motore, 96, 102–103, 264, 331
nell'emoglobina, 226, 266
nel ciglio, 109
nel sistema “complemento”,
178–181
NSF, 150, 152
RAG, 184
regolatrici, 182
ripiegate, 86–87, 357, 358–359
sintesi delle, 148–150, 356
SNAP, 150, 152
struttura delle —, 354–360
struttura primaria delle —,
357–359
struttura quaternaria delle —,
359, 360
struttura secondaria delle —,
358–359
struttura terziaria delle —, 359–361
t-PA, 127
trascrizione del DNA e —,
364–367
trasporto intracellulare delle,
144–145
t-SNARE, 149, 152

- uncino, 107–108
 v-SNARE, 149, 152
 Proteinoidi, 221–222, 235
 Protrombina, 119–124, 129–136
 Pseudo-geni, 289–291
 PTA (antecedente plasmatico della tromboplastina), 123, 258–259
 Punti di legame degli anticorpi, 165–167
 Purine, 363
- R**adiazione di fondo, 313
 RAG (proteina), 184
 «Reader's Digest», 288
 Religione
 creazionismo e —, 30–31, 64, 302
 Intelligent Design e —, argomentazioni contrarie, 314–316
 Paley e —, 271–278
 scienza e —, 300–311, 319–321
 Replicazione del DNA, 371–373
 Repressore, 368
 Resistenza antibiotica, 345
 Reticolo endoplasmatico (ER), 143, 148–149, 353
 Ribonucleotide, 366
 Ribosio, 361
 Ribosomi, 148–149, 154, 235, 248, 353, 369
 RNA
 anticorpi e —, 174
 classi biologiche di —, 361
 Intelligent Design e —, 261
 messaggero (mRNA), 148–150, 361, 369–370
 messaggio, rivisto e corretto nell'—, 173
 origine della vita e —, 222
 pelle e —, 163
 polimerasi, 365–366, 369, 372
 ribosomico (rRNA), 361
 transfer (tRNA), 361, 370
 Rodopsina, 47–51, 70, 86, 228, 288
 batterica, 228
 chinesi, 49–50
 Rube Goldberg, macchina di, 111–114, 123–127, 138, 280
 Ruota, invenzione della —, 269
- S***accharomyces cerevisiae*, 257, 324
 Scatole nere
 cellulari, 37–38, 43–44
 computer, esempio di —, 32–33
 definizione, 32–33
 della vista, 44–46, 51
 la reazione della mente umana, 52
 scatole nere dentro —, 36
 «Science», 103–104
 «Scientific American», 302, 317–318
 Scienza
 fenomeno molecolare e —, 21–23
 filosofia e —, 319–321
 Intelligent Design e —, 294–296, 297–298
 lealtà alla —, 299–300, 320–321
 macchine molecolari e —, 30–31
 origine della vita e —, 223–225
 religione e —, 300–311, 319–321
 sistemi complessi e —, 22
 spiegazioni soprannaturali e —, 314–316, 320–321
 storia e —, 300–303, 321
 Sciovinismo scientifico, 299–300, 303, 321
 Sclerosi multipla, 186
 Selezione naturale. *Vedi* Evoluzione darwiniana (gradualismo): selezione naturale e —
 Simbiosi, cooperazione e, 244, 249, 263–264

- Sintesi abiotica, 205
- Sistema a cascata
 coagulazione del sangue, 119–123,
 126, 137, 181
- Sistema immunitario, 161–186,
 343–345
 complessità irriducibile e —,
 176–177, 182, 186
 ed evoluzione darwiniana,
 169–171, 183–186
 legame della proteina e —, 169
 pelle e —, 163–164
 percorso di complemento e —,
 178–182
 selezione clonale e —, 169–171
 varietà degli anticorpi e —,
 172–173, 176–178
- Sistema secretorio di tipo III
 (TTSS), 341–342
- Sistemi biochimici complessi. *Vedi
 anche* Coagulazione del sangue;
 Complessità irriducibile; *Intelli-
 gent Design*; Sistema immunitario
 la forma dei —, 257
 la funzione dei —, 254
 perturbazioni dei —, 246
 scienza e —, 22
 teoria della formazione di —, 60,
 229–230, 245–249, 262–263,
 291–292
- Sistemi di spedizione, problemi dei
 —, 142
- SNAP (proteina), 150, 152
- Sonde meccaniche spaziali,
 analogia con le —, 145–148
- Spiegazioni soprannaturali, Scienza
 e —, 314–316, 320–321
- Spina dorsale della proteina, 357
- Storia, scienza e —, 300–303, 321
- Summer for the Gods: The Scopes
 Trial and America's Continuing
 Debate over Science and Religion*
 (E. J. Larson), 303
- T**avolette energetiche, 192,
 202–203
 «Technology Review», 288
- Teologia naturale, o sia prove
 dell'esistenza e degli attributi della
 divinità* (W. Paley), 272
- Teoria
 degli equilibri punteggiati, 56–57
 dell'esistenza di infiniti universi,
 316
 dell'orologio molecolare, 227
 dell'universo in espansione,
 312–316
 della bolla nell'universo, 315
 della generazione spontanea, 53
 della relatività di Einstein, 311–312
 dello stato stazionario, 313–314
 del mondo dell'RNA, 222–223
 del mostro di belle speranze, 56
- Terminale C, 357
- Terminale N, 357
- The Causes of Molecular Evolution*
 (J. Gillespie), 232
- The Neck of the Giraffe* (F.
 Hitching), 65, 69
- The Neutral Theory of Molecular
 Evolution* (M. Kimura), 232
- «The New Yorker», 334–335
- «The New York Times», 323
- The Origins of Order* (S.
 Kauffman), 232
- THF (vitamina), 194, 197, 199
- «Thrombosis and Haemostasis»,
 132, 137
- Timina (T), 361, 362
- Topoisomerasi, 366
- Tower of Babel* (R. Pennock),
 326–327, 334

- t-PA (proteina), 127
 Traduzione del DNA, 369–370
 Trans-retinale, 47, 50
 Trans-retinolo, 50
 Transducina, 47–51
 Trappola per topi, complessità
 irriducibile di una —, 75–76, 81,
 330–331
 Trascrizione del DNA, 363–367
 Trasporto
 a varchi, 150–153
 intracellulare, 139–160, 264
 vescicolare, 151–153, 157–160
 Trasporto trans-membrana,
 150–151
 Trasposizione, 294
 Trombina, 117–123, 125–127, 127,
 132, 135–136, 259–260, 264–265
 Trombomodulina, 127
 t-SNARE (proteina), 149, 152
 Tubulina, 94–96, 109, 117, 331–332
- U**ccello kiwi, 345
 Uncino (proteina), 108–109
- Unità di attivazione, 180
 Unità di ricognizione, 180
 Universo ciclico, teoria di un, 314
 Un lungo ragionamento. Genesi e
 sviluppo del pensiero darwiniano
 (E. Mayr), 23, 53
 Uracile (U), 361
- V**acuoli, 143, 354
 Vasi sanguigni, 125–127
 Vertebrati, classificazione moderna
 di, 34
 Vista
 biochimica della —, 176–181
 evoluzione darwiniana e —,
 44–46, 70–71
 le opinioni di Dawkins e di
 Hitching, 69–72
 Vitamina K, 122, 128–129, 264
 v-SNARE (proteina), 149, 152
- W**arfarin, 122–123
- Y**in e yang, scenario —, 131–133

Nel 1996, *La scatola nera di Darwin* aiutò a lanciare il movimento dell'*Intelligent Design*: la teoria secondo cui la natura esibisce prove di una progettualità che va al di là della casualità darwiniana. Ne scaturì un dibattito sull'evoluzione, che continua ad intensificarsi. Tanto per i sostenitori della teoria, quanto per i suoi detrattori, *La scatola nera di Darwin* rappresenta il testo fondamentale dell'*Intelligent Design*, quello che illustra al meglio il ragionamento che deve essere affrontato per poter determinare se l'evoluzione darwiniana sia sufficiente a spiegare la vita come la conosciamo. In una importante, nuova postfazione a questa edizione, Behe spiega che la complessità scoperta dai microbiologi è cresciuta in maniera notevole, negli anni trascorsi dalla prima pubblicazione di questo libro. Questa complessità rappresenta una continua sfida al darwinismo, e gli evoluzionisti non hanno avuto successo nei loro tentativi di spiegarla. *La scatola nera di Darwin* è, oggi, più importante che mai.

«Non si può non dare rilievo alle esigenze di fondo che animano i sostenitori dell'*Intelligent Design* e che portano delle novità non trascurabili nel dibattito scientifico».

FRANCESCO DE CAROLIS, «Studia Patavina»

«Il "progetto intelligente" è più scientifico dell'evoluzionismo. Si fonda infatti su fenomeni riscontrabili nella realtà ed osservabili direttamente. Obbedisce cioè al metodo scientifico, quello induttivo fondato a suo tempo da Galileo Galilei».

MARCO RESPINTI, «Il Domenicale»

«Fra i recenti libri di critica all'evoluzionismo, vi sono svariate ragioni che rendono questo senza dubbio il più importante. Prima di tutto si tratta di un lavoro che presenta idee e concetti innovativi, suffragati da una valida base scientifica. In secondo luogo, le argomentazioni sono presentate in maniera chiarissima; Behe infatti si rivela uno scrittore di talento, riuscendo a rendere il testo sempre estremamente leggibile. I capitoli sono brevi, i contenuti scientifici sono introdotti da metafore tratte dalla vita di ogni giorno che ne facilitano la comprensione, lo stile è frizzante e la logica stringente».

RONALD NALIN, www.creazionismo.org



€ 24,00 (iva compresa)