EVOLUZIONE?

perché l'origine della vita non può essere stata casuale
e perché una specie non può generarne un'altra per caso
(...ciò però non significa che sia opera di Dio...)

Riccardo Merendi

bozza in fase di verifica

Evoluzione?

perché l'origine della vita non può essere stata casuale
e perché una specie non può generarne un'altra per caso
(...ciò però non significa che sia opera di Dio...)

Riccardo Merendi

Riccardo Merendi
Evoluzione?

© Riccardo Merendi
Prima stesura: ottobre 2012
Seconda stesura: agosto 2013
Terza stesura: aprile 2014
Quarta stesura: gennaio 2015

Copertina: Riccardo Merendi

È consentita la riproduzione parziale o totale dell'opera e la sua diffusione, purché non a scopo commerciale e citando la fonte.

www.riccardomerendi.altervista.org
ricmer@alice.it

Premessa

Ogni volta che leggevo o sentivo affermare che *questo* deriva da *quello*, *quest'altro* si è evoluto in *quell'altro*, tutti *questi* avevano *quell'antenato* comune e così via, mi sentivo a disagio perché non riuscivo ad avere un'intima percezione di quanto mi si sottoponeva, come se l'informazione mi si appiccicasse addosso invece che entrarmi dentro.

Allora ho provato a leggere qualcosa sull'argomento, ma il disagio è cresciuto, perché mi pareva che ci si concentrasse sui dettagli di qualcosa del quale non era definito il corpo principale. Un po' come accanirsi per stabilire forma e colore dei ricami che devono adornare una veste senza essersi preoccupati di appurare se la veste esista.

Mi è assolutamente chiara la rozzezza con cui ho trattato gli argomenti e l'incompatibilità dell'approccio adottato con quello accademico degli addetti ai lavori. D'altra parte, sono un ingegnere meccanico (e se anche non lo avessi detto lo avreste capito molto presto) non un biologo. Anzi, confesso che difficilmente potrei reggere al confronto con un biologo, visto che fatico persino a capire i dettagli specialistici di quanto scrivono. Ciò, però, non esclude che possa intuire, se non comprendere, la metodologia che adottano, le linee guida dei loro ragionamenti e le conclusioni a cui giungono. Comunque, non è sul terreno della biologia che mi addentrerò e starò lontano anche dalla filosofia.

Molto semplicemente, non avendo trovato le risposte che cercavo nelle pubblicazioni specializzate (ovviamente non le ho lette tutte, ma chi può averlo fatto? sono un'infinità!), ritengo che prima di procedere ad accatastare prove e indizi pro o contro una determinata teoria, sarebbe opportuno valutare se la stessa abbia qualche concreta probabilità di sussistere.

Per fare un esempio: che probabilità stimate ci siano di essere morsicati se si è aggrediti da un *Rottweiler*? Se la domanda fosse rivolta a me risponderei *moltissime*! Ma se poi mi si chiedesse che probabilità ho di essere assalito da un *Rottweiler*, la risposta diventerebbe *pochissime*: difficilmente incontro cani di quel tipo e, anche se ne incontrassi uno, difficilmente mi assalirebbe. La probabilità di essere morso da un *Rottweiler* sarebbe comunque *bassissima* anche se, nel caso ne incontrassi uno, SE lo stesso non fosse tenuto al guinzaglio e SE mi aggredisse, sarebbe pressoché certo che sarei morso. Quindi, prima di occuparsi dei danni derivanti dal morso di *Rottweiler*, forse sarebbe meglio capire se sia o meno il caso di preoccuparsene: omettere di valutare la *probabilità di base* può portare a valutazioni completamente errate (chi volesse approfondire, potrebbe studiare le probabilità condizionate e il teorema di Bayes).

Altra premessa: non c'è bibliografia (e non è certo un pregio, tutt'altro). Ho cercato, ma non ho trovato materiale coerente con l'approccio adottato. Ciò non significa affatto che non esista ma solo, come ho detto, che non l'ho trovato. Magari non ho cercato bene, o forse sono stato sfortunato, oppure, nella migliore delle ipotesi, ciò che ho scritto è davvero originale.

Concludo garantendo di non avere il benché minimo interesse a partecipare al dibattito tra *creazionisti* ed *evoluzionisti*: una religione vale l'altra e io mi ritengo agnostico (e lo sarò fino a prova contraria).

Nota: alcune riferimenti sono tratti da *Wikipedia*, a dimostrazione che si tratta di informazioni universalmente note e disponibili a chiunque.

Introduzione: dov'è la mucca Carolina?

Secondo la *logica*, date due proposizioni A e B che si contraddicono a vicenda:

- che l'affermazione A sia *vera* è condizione *sufficiente, ma non necessaria*, per garantire che B sia *falsa*.
- che l'affermazione B sia *falsa*, invece, è condizione *necessaria, ma non sufficiente*, perché l'affermazione A possa essere *vera*.

Esempio.
(A) - Tizio dice: *la mucca Carolina è nel recinto*
(B) - Caio dice: *la mucca Carolina è nella stalla*

Se vedessimo la mucca Carolina nel recinto, avremmo la certezza della falsità dell'affermazione secondo la quale la stessa si troverebbe nella stalla (e della falsità di ogni affermazione che colloca altrove la mucca Carolina).

Se, invece, ispezionando la stalla, non vi trovassimo la mucca Carolina, sapremmo con certezza solo che l'animale non si trova lì e che quindi, sempre che la mucca Carolina esistesse, dovrebbe trovarsi altrove, ma sul dove potrebbe trovarsi non potremmo che azzardare ipotesi.

Per quanto mi riguarda, mi limiterò a dare una sbirciata nella stalla e, premesso che l'ambiente è buio e che ci vedo poco e male, proverò a motivare perché a me, lì, non pare di aver visto la mucca Carolina: di dove possa essere, poi, non ho la benché minima idea.

Prima parte: l'origine della *macchina*

1 Il caso

Prendete una quantità a piacere di *materia* e mettete tutto ciò che avete selezionato dove preferite. Poi fate avvenire tutti gli eventi che volete: agitate, scaldate, raffreddate, irradiate... e continuate a fare accadere eventi per tutto il tempo che ritenete necessario.

Senza essere scienziati o esperti di qualsivoglia materia, ritenete possibile che dalla vostra *materia* sia comparso, diciamo, un *pistone*?

Non sapete cos'è un pistone? É presto detto:

*Per **pistone**, nella tecnica, si intende il membro animato di moto rettilineo alternativo del manovellismo di spinta rotativa di un motore alternativo a combustione interna o di una macchina alternativa* (wikipedia).

Non spaventatevi per la definizione un po' *pomposa*: nel motore della vostra automobile c'è un *pistone* dentro ogni *cilindro*!

Chi, invece, sapeva cos'è un *pistone*, potrebbe comunque obiettare che, ignorando lo scopo dell'esperimento, non aveva preso abbastanza *alluminio*.

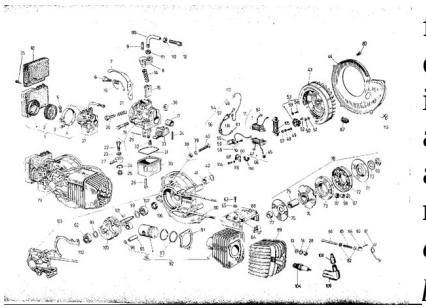
Perché non si dica che vi ho colto di sorpresa ed eliminare ogni possibilità di accampare scuse, vi concedo di ripetere l'esperimento: ora che conoscete l'obiettivo, selezionate di nuovo tutto il materiale che preferite e sistematelo dove meglio credete. Poi fate avvenire eventi: agitate, scaldate, raffreddate,

fondete, irradiate, pregate o imprecate (se pensate possa servire).

Avete ottenuto un risultato migliore?

E se anche siete stati tanto abili (o fortunati) da ottenere un *pistone*, cosa rispondereste se vi chiedessi di proseguire l'opera e far comparire un intero *motore a scoppio*? In fondo vi mancherebbero solo un *albero a gomito*, una *biella*, un *monoblocco*, una *testata*, *valvole* (ma se preferite indirizzarvi verso un *due tempi* trascuratele pure), *olio lubrificante*, *viti*, *dadi*, sistema di *iniezione* o di *accensione* (scegliete liberamente se preferite un *diesel* o un *benzina*), e qualche altro componente secondario.

Non siete pratici della materia? Nessun problema: prendete un catalogo di ricambi e date un'occhiata per farvi un'idea di quanti organi siano indispensabili (quindi senza fronzoli e accessori) perché un *motore* possa avviarsi e funzionare anche solo per qualche secondo.



E mentre vi sforzavate di fare accadere eventi utili a ottenere il *pistone*, prima, e il *cilindro*, poi, avete fatto attenzione a che il *pistone* avesse un diametro vagamente simile a quello del *cilindro*? Già, perché se il *pistone* si è formato, ma è troppo grosso, nel *cilindro* non ci entrerà. Viceversa, se è troppo sottile, non farà tenuta nel cilindro e il gas dello scoppio, invece di esercitare la pressione necessaria al funzionamento del motore, scapperà da tutte le parti.

Ma ammettiamo pure che siate stati abilissimi (o sfacciatamente fortunati) e abbiate ottenuto tutti i pezzi necessari e tutti nelle dimensioni giuste. Ora non vi resta che metterli in un contenitore (è un suggerimento per evitare che se ne perda qualcuno, ma, se preferite, metteteli pure dove volete) e agitare fino a quando il *pistone* si accoppierà con la *biella* (grazie allo *spinotto* che si infilerà nel foro apposito), la *biella* si unirà all'*albero a gomito* e le *viti* si infileranno nelle loro sedi, prima che i *dadi* si avvitino su di loro fino a serrarsi. Poi il *pistone* dovrò infilarsi nel *cilindro* (attenti ai *segmenti*, si rompono facilmente) ecc. ecc.

E non ci siamo preoccupati che il motore potesse funzionare davvero, perché allora non sarebbe bastato che il *pistone* entrasse nel *cilindro*, *qualitativamente* né troppo stretto né troppo lento, ma la precisione degli accoppiamenti tra le parti avrebbe dovuto essere, *quantitativamente*, di centesimi di millimetro.

Se poi non ci foste stati voi a tenere tutto sotto controllo, ritenete che lo *spazio-tempo* sarebbe stato favorevole? Ammettiamo pure che i pezzi, casualmente, si siano formati, ma che il *pistone* si sia materializzato in *India* e il cilindro in *Cina*: avrebbe potuto montarsi, casualmente, il *motore*? (tenuto conto che, magari, la biella era in *California* e il carburatore al *Polo Nord*)

Quanto al tempo, la costruzione non potrebbe durare miliardi di anni, perché ogni parte rimarrebbe utilizzabile qualche anno (o qualche migliaio di anni, non fa molta differenza) ma poi diventerebbe inservibile e a quel punto sarebbe inutile che nel frattempo si fosse formato un altro dei pezzi necessari, in quanto il primo sarebbe già ridotto a un rottame.

Dato che il ragionamento vale per tutte le parti, provate a stimare la probabilità che tutti i pezzi si formino, che tutti abbiano

la misura giusta, che tutti siano efficienti nello stesso periodo di tempo e che tutti si trovino nello stesso posto.

Insomma: secondo voi, *Madre Tecnica* potrebbe partorire, per *caso*, un *motore a scoppio*?

2 Evoluzione

Ok, è stata una pretesa assurda quella di voler far apparire un *motore* tutto d'un colpo: lasciamo lavorare l'*evoluzione*.

Un bel giorno, dal *caos*, si formerà una *sbarretta di ferro*. Poi la *sbarretta*, all'improvviso, subirà un urto tremendo e si *evolverà* in una *sbarretta di ferro storta*. Già è un primo passo: con un altro colpo ben assestato nel punto giusto magari si formerà un *gancio*.

WOW, ora che abbiamo il *gancio* siamo a buon punto per la costruzione del motore... o no?

Aspettiamo con pazienza, dopo tutto abbiamo miliardi di anni a disposizione. Trascorso qualche milione di anni, magari un pezzetto di ferro si staccherà dal gancio e, mosso avanti e indietro dal mare sulla sabbia, potrà diventare una *sfera*: primo passo verso una futura *ruota*.

Peccato che l'acqua di mare, salata, e l'aria del bagnasciuga, contenente ossigeno, faranno arrugginire il ferro e, prima che la *sfera* arrivi ad assumere la sua forma definitiva, il pezzo di ferro si sarà sfaldato e ridotto a polvere di ossido di ferro (in altre parole: *ruggine*).

Ma noi abbiamo tempo e prima o poi si dovrà pur formare una *sbarretta* di acciaio inossidabile: allora sì che, se da questa si staccherà il pezzo giusto, magari avremo la prima sfera.

Ottenuta la prima sfera, riprodurla in una decina di esemplari dovrebbe essere facile. Come? Il *caso* non apprende?

Per nostra fortuna c'è sempre il tempo dalla nostra: in qualche milione di anni dovrà pur formarsi almeno un cuscinetto.

3 Migliaia, milioni, miliardi di anni

Non so voi, ma io non riesco a capacitarmi di intervalli di tempo molto lunghi: già fatico a concepire mille anni e per farlo devo sforzarmi di ricapitolare cosa è successo nella storia tra l'anno mille e il duemila. E a poco mi serve che mi dicano che, se si rapportasse la vita della Terra alle ventiquattro ore di un giorno, la comparsa dell'uomo sarebbe avvenuta pochi secondi prima della mezzanotte. Niente da fare, nemmeno così riesco ad avere la percezione di quanto sia lungo un milione o un miliardo di anni.

Quindi ricorro a uno stratagemma: se ogni anno si percorresse la distanza di un millimetro, allora in un milione di anni ci si sposterebbe di un chilometro e in un miliardo di anni si percorrerebbero mille chilometri. Così, con un po' di sforzo, riesco a farmi un'idea: un uomo, spostandosi di un millimetro all'anno, alla fine della vita avrà percorso poco meno di una decina di centimetri. Per tornare all'anno mille si dovrebbe percorrere un metro, mentre la scomparsa dei dinosauri -sessanta milioni di anni fa- corrisponderebbe circa alla distanza Bologna-Firenze e la formazione della terra -quattro miliardi di anni fa- corrisponderebbe all'incirca alla distanza Lisbona-Mosca, sempre procedendo un millimetro all'anno.

4 Probabilità

Altro concetto che, insieme a quello di *tempo*, gioca un ruolo importante, è quello di *probabilità*. Ai cultori della materia si accapponerà la pelle, ma accontentiamoci della più semplice delle definizioni: *probabilità = rapporto tra numero dei casi favorevoli al verificarsi di un evento e numero di casi possibili, purché tutti i casi abbiano la medesima possibilità di verificarsi.*

Esempio classico: una moneta, non truccata, lanciata in aria e lasciata cadere su una superficie piana, si fermerà mostrando la faccia Testa oppure la faccia Croce. Gli eventi possibili sono due e, se voi aveste scommesso su Testa (uno degli eventi possibili) la vostra *probabilità* di vincere sarebbe stata pari a:

$$\frac{1 \text{ (evento favorevole)}}{2 \text{ (eventi possibili)}} = 0{,}5 = 50\%.$$

Questo non significa che vincereste una volta sì e una volta no, ma che, in una sequenza *abbastanza lunga* di lanci, vincereste all'incirca metà delle volte. Ci sono teoremi e dimostrazioni che rendono il calcolo delle probabilità molto affascinante, ma anche molto complesso, quindi dovremo accontentarci di *intuire* il meccanismo: avrete certamente provato a giocare a Testa o Croce e avrete visto che i risultati non si alternano esattamente T-C-T-C-T-C ma che solo alla lunga il numero di uscite T è *circa uguale* a quello delle C. E, notate bene, *circa uguale* non significa *uguale*, anzi, difficilmente (o meglio, poco *probabilmente*) il numero di uscite T uguaglierà quello delle C.

Potremmo calcolare la probabilità che, dopo un certo numero di lanci, la differenza tra le uscite T e C fosse pari a un valore prefissato, o la probabilità che esca una determinata sequenza -per esempio TTTCTTCT- ma non lo faremo, perché sono

certo che saprete rispondere al quesito che sto per porvi senza bisogno di calcoli: quanto scommettereste sul verificarsi di una sequenza di *mille* T consecutive? E quanto, invece, sul contrario, cioè che, su mille lanci, uscisse almeno una volta C?

E cosa pensereste se, contrariamente a ciò che suppongo abbiate risposto, assisteste a mille lanci di moneta e vedeste uscire sempre T? Riterreste di aver assistito a un evento straordinario (magia, miracolo, altro) o credereste piuttosto che, contravvenendo a quanto stabilito nelle premesse, la moneta fosse truccata?

Fate molta attenzione a quest'ultima domanda, perché se un *prestigiatore* ammette che le sue *magie* -cioè il verificarsi di eventi incredibili e apparentemente inspiegabili- sono frutto di *trucchi*, ci sono molti altri che, invece, hanno cercato, cercano e cercheranno di farvi credere che sia possibile l'impossibile.

Chi sono questi *altri*? Beh, vedete un po' voi, ma la lista è molto più lunga di quanto possa credere chi non si è mai posto il problema.

***

Nota: le parti tra asterischi sono curiosità, precisazioni o dettagli che, per chi non è particolarmente curioso, possono essere tranquillamente saltate.

Nel seguito vedremo come calcolare le probabilità che un evento si verifichi. Per i più impazienti, anticipo che il numero delle sequenze ottenibili lanciando mille volte una moneta è di 302 cifre. Ovviamente, tra tutte le sequenze possibili, una sola è costituita da tutte T: quanto credete sia probabile che si verifichi? Per farvi un'idea di quanto grande sia un numero di 302 cifre, pensate a quanto vorreste essere ricchi. Un milione di Euro? Un miliardo? Mille miliardi? Un miliardo di miliardi? Suppongo che, per la maggior parte di voi, un miliardo di miliardi di Euro cominci a essere una somma difficile da immagi-

nare. Beh, un miliardo di miliardi è un numero di appena 19 cifre: un *uno* seguito da diciotto *zeri*.

Ma non fraintendetemi, il verificarsi della sequenza di *mille* T consecutive non è impossibile: ha le stesse, identiche probabilità di verificarsi di qualsiasi altra sequenza predeterminata e altrettanto lunga. Quello che invece è molto, ma molto più probabile, è che si verifichi una sequenza con circa lo stesso numero di T e di C. Quindi non fate confusione: puntare su una sequenza che abbia quasi lo stesso numero di T e di C comunque disposte, non è lo stesso che puntare su una ben definita sequenza di T e C.

Chi non fosse abituato a ragionare in questi termini magari sarà un po' confuso, ma non c'è motivo di allarmarsi, nel seguito tutto sarà chiarito. D'altra parte l'avevo anticipato: questa nota era per gli impazienti, ma per giungere alla meta ci vorrà tanta, tanta pazienza.

***

5 Equilibrio, ordine, energia

Rimandando a dopo il calcolo della probabilità che, giocando a Testa o Croce, si verifichi una determinata sequenza, proviamo a domandarci quante *probabilità* ci siano che, lanciata la moneta, non esca né Testa né Croce.

Non siate impulsivi, non dite *nessuna*: se giocaste sulla spiaggia, per esempio, le possibilità che la moneta si piantasse nella sabbia in posizione verticale, o quasi verticale, non sarebbe così remota. Ma questo è un volgare espediente fatto apposta per avvertirvi di stare sempre molto attenti e di non *fidarvi* di nessuno (ovviamente, nemmeno di me: anche se sono in buona fede e la mia intenzione non è quella di raggirarvi, per onestà intellettuale vi invito a non abbassate mai la guardia).

Torniamo alla moneta: se siete capaci di mettere una moneta sul tavolo in modo che stia dritta sul suo spessore -e non dubito che ne siate capaci- significa che la moneta può stare in quella posizione. Non è una condizione molto *stabile*, perché basterà una vibrazione del tavolo per far cadere la moneta in una delle due posizioni *stabili* -cioè T o C- ma è comunque possibile che resti dritta, in equilibrio sullo spessore. E se è possibile metterla in quella posizione, è possibile pensare che si fermi in essa anche se lanciata in aria e lasciata cadere: certo non è molto *probabile*, ma nemmeno è *impossibile*.

E cosa accadrebbe se dimezzaste lo spessore della moneta? E se poi lo dimezzaste ancora? È intuitivo che al diminuire dello spessore diminuirebbero anche le *probabilità* che la moneta potesse stare in equilibrio, sempre meno *stabile*, appoggiata sul suo spessore.

Abbozzato il significato di *stabilità dell'equilibrio* sfruttando l'esempio della moneta, possiamo tentare una definizione:

un oggetto è in *equilibrio* tanto più *stabile* quanto maggiore è la sua tendenza a tornare nella posizione di partenza dopo aver subito un *piccolo* disturbo.

Appoggiate la moneta sul tavolo in modo che mostri una delle facce T o C, poi sollevatela un poco da una parte e rilasciatela: cosa accadrà? Dopo aver compiuto qualche oscillazione e/o rotazione, la moneta tornerà ad appoggiarsi sulla stessa faccia di prima. Quindi l'equilibrio era *stabile*.

Ora, con la moneta appoggiata sullo spessore, spingetene lateralmente la sommità. Cosa accade? Se lo spessore della moneta è notevole e lo spostamento molto *piccolo*, la moneta tornerà alla posizione di partenza, ma se lo spostamento sarà stato un poco più ampio o lo spessore un poco più ridotto, la moneta cadrà fino a fermarsi appoggiata su una delle due facce T o C: da una posizione di equilibrio *poco stabile* la moneta si sarà portata ad una condizione di equilibrio *più stabile*.

Altro esempio. Pensate al castello di carte che, con molta cura e facendo attenzione a non tremare, avete impiegato tanto tempo a costruire: basterà una leggera scossa del tavolo o un soffio di vento per farlo crollare.

In altre parole, quanto ritenete probabile che, dando un pugno sul tavolo, una moneta salti in aria e si fermi in equilibrio sul suo spessore o che, soffiando su un mucchio di carte, queste si dispongano a formare un castello?

Se concordate con le considerazioni appena fatte, possiamo provare a sintetizzarle così:

un *sistema isolato* resta inerte o evolve *spontaneamente* verso condizioni di *equilibrio* più *stabili*

Per *sistema isolato*, senza complicarci troppo la vita, intenderemo un *sistema* che non ha interazioni con l'esterno.

Nell'esempio della moneta in bilico sul suo spessore, se considerassimo come *sistema* l'insieme

tavolo + moneta

dovremmo aspettarci che la moneta restasse in equilibrio per sempre, salvo che qualcuno o qualcosa provocasse, dall'esterno del *sistema*, una vibrazione.

A maggior ragione, la moneta posata su una faccia T o C resterebbe in quella posizione per sempre: servirebbe un intervento dall'esterno del *sistema* (per esempio il vostro) per metterla in piedi.

Se invece considerassimo il *sistema* costituito da

moneta + tavolo + Terra

potrebbe accadere che un terremoto (evento interno al *sistema*), facendo vibrare il tavolo, facesse cadere la moneta dalla posizione di bilico.

E se per caso un altro terremoto facesse saltare in aria la moneta e questa, in via ipotetica, cadesse in piedi sullo spessore, non significherebbe che il *sistema* si è evoluto verso un equilibrio più instabile in quanto, mentre la moneta si è fermata in una posizione di equilibrio più instabile, la Terra si sarebbe assestata in una condizione talmente più stabile che il *sistema*, nel suo complesso, si troverebbe in una condizione di equilibrio più stabile di quello che aveva prima della scossa.

Ma ancora non ci siamo: come escludere che le particelle che costituiscono la moneta, in continua vibrazione, a un tratto vibrino tutte nella stessa direzione e facciano rizzare la moneta? Anche se ciò pare impossibile, non possiamo escludere a priori che un evento del genere si verifichi e in quel caso l'equilibrio del *sistema* -a meno di fattori che non conosciamo che

compensino l'effetto rilevato- potrebbe essere diventato più stabile. Un bel problema.

Per garantire che eventi del genere non possano accadere (o meglio, che abbiano una *probabilità bassissima* di accadere) non resta che confidare nella validità dei *principi* che reggono la fisica (che però, come tali, resteranno validi e credibili fino a quando non saranno smentiti).

6 Entropia

Questo capitolo, pur essendo semplificato al limite del lecito (anzi, gli esperti riterranno che sia stato superato il limite della decenza) è un po' complesso, ma serve a inquadrare meglio i concetti espressi in precedenza e a fornire una traccia per chi volesse approfondire: potete anche saltarlo, oppure leggerlo senza darvi troppa pena di capire i dettagli e cogliere solo ciò che intuitivamente vi sembra ragionevole.

Il *secondo principio della termodinamica* recita, nelle sue formulazioni classiche equivalenti (wikipedia):

È impossibile (=altamente improbabile) realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia quello di trasferire calore da un corpo più freddo a uno più caldo senza l'apporto di lavoro esterno (formulazione di Clausius).

oppure

È impossibile (=altamente improbabile) realizzare una trasformazione ciclica il cui unico risultato sia la trasformazione in lavoro di tutto il calore assorbito da una sorgente omogenea (formulazione di Kelvin-Planck).

oppure

È impossibile (=altamente improbabile) realizzare una macchina termica il cui rendimento sia pari al 100%.

Non vi sembra che le postille tra parentesi stonino un po' con le restanti parti delle formulazioni, altrimenti lapidarie?

In effetti le formulazioni originali, risalenti a un paio di secoli fa, non contenevano aspetti probabilistici. Ma poi uscì il film di 007 *Mai dire mai* e i principi dovettero essere rivisti.

Scherzi a parte, anche la fisica, come ogni altra branca della *scienza*, si è evoluta grazie a nuove scoperte e quelle che un tempo erano certezze furono declassate a eventi *altamente improbabili*. E se anticamente ci si rivolgeva al *dio* più opportuno per spiegare l'inspiegabile, in tempi più recenti il ruolo di *mediatore dell'ignoranza* è stato assunto dal concetto di *probabilità*, che viene tirato in ballo ogni volta che qualcosa è incerto. Non è che a priori il metodo *probabilistico* sia migliore di altri sistemi di previsione, ma è quello adottato dagli *scienziati* e che, pare, consente di avventurarsi nell'ignoto limitando meglio di altri i danni derivanti dall'ignoranza.

In nessuna delle tre forme enunciate, il secondo principio della termodinamica pare avere molto a che vedere con la stabilità dell'equilibrio della quale ci siamo occupati nel capitolo precedente. Entrare nel dettaglio porterebbe molto lontano, ma è possibile accennare una traccia per chi volesse approfondire.

Una quarta formulazione del secondo principio della termodinamica, pure questa equivalente alle altre (nel senso che ciascuna si può ricavare da una qualsiasi delle altre), recita (wikipedia):

In un sistema isolato l'entropia è una funzione non decrescente nel tempo: $dS/dt \geq 0$

Senza addentrarci in profondità, avrete sentito parlare di *entropia*, funzione generalmente associata al concetto di *disordine*, e dato che il principio afferma che, in un *sistema isolato*, al passare del tempo l'*entropia* resta costante o aumenta, ne consegue che, nello stesso *sistema isolato*, al passare del tempo il disordine o resta costante o aumenta.

Ecco che possiamo cercare di chiudere il cerchio. Dato che:

- in un sistema isolato l'*entropia*, quindi il *disordine*, tende *spontaneamente* ad aumentare

e

- un sistema isolato tende a evolvere *spontaneamente* verso condizioni di *equilibrio* più stabile

pare ragionevole, anche se non rigoroso, mettere in relazione le due evoluzioni che tendono a verificarsi *spontaneamente*:

più disordine = equilibrio più stabile

Che il ragionamento non sia rigoroso è evidente: possiamo parlare di equilibrio stabile/instabile riferendoci a una singola moneta, per la quale non ha senso parlare di ordine/disordine. Ciò premesso, proviamo ugualmente ad allargare un po' il discorso facendo ricorso all'esperienza: una pila di monete è più ordinata rispetto alla stessa quantità di monete messe alla rinfusa in una scatola, ma è più instabile, infatti basterà un buffetto per farla crollare, mentre potrete agitare quanto volete la scatola senza che vi accorgiate della differenza di aspetto dell'insieme (nonostante tutte le monete abbiano cambiato di posto).

Se poi vi cadessero due pile di monete diverse, difficilmente trovereste sul pavimento le monete di un tipo ancora ben impilate da una parte e quelle dell'altro tipo ben ordinate da un'altra parte: i sistemi, lasciati a se stessi, tendono al disordine e a condizioni più stabili.

***

Per anticipare le conclusioni, l'*entropia* di un sistema termodinamico equivale in un certo senso all'*energia potenziale* (che sarà introdotta tra breve) di un sistema meccanico macroscopi-

co e gli esempi proposti con le monete, in termodinamica sono riferiti a molecole di gas.

***

Per comprendere meglio l'essenza del problema, affidiamoci all'intuizione piuttosto che a enunciazioni, definizioni o dimostrazioni. Prendiamo in esame un esempio: basta una scintilla per incendiare una pozza di *benzina*, mentre occorre un grande *sforzo* per trasformare anidride carbonica e acqua -prodotti della combustione- in *benzina*. Se così non fosse, si potrebbe aggiungere alla marmitta dell'auto un dispositivo che ritrasformi i gas di scarico in *carburante* da rimandare al serbatoio. Invece i gas di scarico sono molto più *stabili* del carburante e fare avvenire il processo inverso alla combustione richiede uno *sforzo pazzesco*: servono *piante* che, sfruttando la *luce* del *sole* (cioè energia), trasformino CO_2 e H_2O in *granturco*, poi un *reattore* che dal *granturco* ricavi *biodiesel* o processi analoghi.

In altre parole, sarà capitato a tutti di imbattersi nel cartello *non fumare, pericolo di incendio*, ma a quanti è capitato di vedere un cartello: *non fumare, perché il fumo potrebbe trasformarsi in benzina e, in seguito, incendiarsi*?

Tornando al concetto di *stabilità*, un altro modo per esprimerla è: un *sistema isolato* è in *equilibrio* tanto più *stabile* quanto minore è l'*energia potenziale* che possiede, intendendo con *energia potenziale* la quantità di *lavoro* che il *sistema isolato* potrebbe sviluppare senza apporto di *energia* dall'esterno (specificazione peraltro inutile se si rammenta la definizione di *sistema isolato*).

Intuitivamente *energia*, *energia potenziale* e *lavoro* sono concetti legati allo *sforzo* che si deve compiere per far avvenire un determinato evento.

Per cercare di rendere meglio l'idea: la moneta in bilico sul suo spessore, cadendo da una parte o dall'altra, potrebbe, per

esempio, far schizzare dell'acqua che si trovasse sotto di lei. Cioè potrebbe compiere un piccolo *lavoro* che invece non potrebbe compiere se fosse già appoggiata sul tavolo in posizione stabile su una delle due facce T o C. Quindi dire che un *sistema isolato* tende a portarsi a una condizione di equilibrio più *stabile* equivale a dire che tende ad assumere uno stato di minore *energia potenziale*.

***

L'acqua non *schizza* spontaneamente ma, al contrario, occorre *lavoro* per farla *schizzare* (i praticanti acquagym sanno bene quanto sia faticoso spostare acqua). Se non siete convinti, invece che agli schizzi provocati da una moneta che cade, provate a pensare a quanto *lavoro* occorra per far *schizzar* fuori l'acqua da un lago: per provocare la tragedia del Vajont servì il *lavoro* fornito dalla frana di un pezzo enorme del monte Toc.

Nota volutamente *polemica* n.1: se state ancora compilando l'elenco di quelli che spacciano per possibile l'impossibile e viceversa senza curarsi di *probabilità*, *equilibrio*, *stabilità*, *energia* e quant'altro, aggiungete alla lista gli sciagurati che convinsero gli abitanti di Longarone che il monte Toc non sarebbe franato.

(n.b.: non erano prestigiatori che intrattenevano il pubblico in un teatro)

Nota volutamente *polemica* n.2: la tendenza a raggiungere il livello minimo di energia -ovvero di massima entropia, ovvero di massimo disordine, ovvero di equilibrio più stabile- è del tutto insensibile ai profitti agognati da chi imbonisce ingenui ascoltatori proclamando verità assolute e necessità inderogabili basandosi su dimostrazioni *truccate* (e se il Vajont non vi basta, date un'occhiata a Chernobyl o a Fukushima: altre centrali, altri contesti, ma medesimo risultato)

***

Dopo tante parole e tanta fatica, discutere di *equilibrio*, *ordine* ed *energia* non ci ha portato altro che alle conclusioni che l'esperienza dimostra ogni giorno senza bisogno di tanti principi, teoremi, laboratori e scienziati:

- le case non si costruiscono da sole ma, al contrario, tendono a crollare
- le tegole già cadute a terra sono meno pericolose di quelle che stanno ancora sui tetti
- se sollevate il ribaltabile di un camion contenente il materiale necessario a costruire una casa, difficilmente troverete a terra il materiale ordinato com'era prima di scaricarlo (e ancor più difficilmente lo troverete sistemato a formare una casa) ma, molto più probabilmente, avrete a terra un cumulo informe di macerie.

In termini più altisonanti, le seguenti affermazioni -riferite a sistemi meccanici macroscopici o termodinamici microscopici- sono pressoché equivalenti:

- un *sistema isolato* tende a evolvere *spontaneamente* verso condizioni di *equilibrio* più *stabili*, cioè di minore *energia potenziale*
- in un *sistema isolato* l'*energia* tende spontaneamente a *degradarsi* (la pregiata *energia meccanica*, alla lunga, si trasforma in *calore* e il *calore* tende a essere disponibile a temperature sempre più basse)
- un *sistema isolato* tende a evolvere *spontaneamente* verso un maggiore disordine (cioè livelli di *entropia* maggiore)

***

Qualcuno potrebbe obiettare che però, in natura, si può assistere ad aumenti di ordine *spontanei*, per esempio *vapore* che si trasforma in *liquido* o *liquido* che *solidifica*, quando è evidente

che un *solido* è più ordinato di un *liquido*, che a sua volta è più ordinato di un *gas*.

Verissimo, ma ciò non contrasta con le regole generali che abbiamo ricavato, in quanto l'aumento di *disordine* vale solo per un *sistema isolato*.

Vediamo meglio il significato e le implicazioni di questa affermazione. È noto che quando, per esempio, una sostanza *solidifica*, cede *calore*. Ma a *cosa* cede il calore? I casi sono due:

- o cede calore a *materia* che appartiene al *sistema*
- oppure cede *calore* al di fuori del *sistema*

Del secondo caso ci occuperemo nel prossimo capitolo, in quanto si tratta di *sistema aperto*.

Nel primo caso ci viene in aiuto una delle definizioni dell'*entropia*:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

dove S indica l'*entropia*, Q il *calore*, T la temperatura e Δ significa *variazione*. In parole: la variazione di *entropia* è pari al *calore* scambiato diviso per la *temperatura* alla quale avviene lo scambio.

Nota: se i corpi fossero alla stessa temperatura, allora il calore potrebbe andare indifferentemente da uno all'altro e l'entropia resterebbe costante: si tratterebbe di quelle che in termodinamica vengono dette trasformazioni *reversibili*, cioè fatto molto lentamente e praticamente a temperatura costante in modo che sia possibile farle avvenire indifferentemente in un senso o nell'altro. Per chi volesse, internet offre molte possibilità di approfondimento.

Dato che le trasformazioni reali NON sono *reversibili* -in quanto per poter scambiare calore occorre una differenza di *temperatura*- avremo che il corpo che, raffreddandosi, cede calore, deve essere a una *temperatura* maggiore di quello che, riscaldandosi, riceve il *calore*. Dovendo poi essere uguale la quantità di *calore* scambiata (il calore ceduto dal corpo caldo è uguale al calore assorbito dal corpo freddo... altrimenti ci sarebbe creazione o scomparsa di energia e avremmo fatto bingo!) consegue che il $\Delta Q/T_c$ del corpo caldo è negativo (in quanto il calore è ceduto) e di valore assoluto minore del $\Delta Q/T_f$ del corpo freddo (essendo $T_c > T_f$) quindi, nel complesso, la somma delle variazioni di *entropia* è maggiore di zero. Vale a dire, l'aumento di ordine dovuto alla solidificazione è minore dell'aumento di disordine dovuto al riscaldamento del corpo a cui si è ceduto calore.

Una delle conseguenze è che l'*energia* si degrada verso livelli sempre meno sfruttabili, cioè l'energia meccanica si degrada in calore e il calore a bassa temperatura è meno sfruttabile di quello ad alta temperatura. Per fare un'analogia forse più comprensibile, è più facile sfruttare la cascata di un piccolo ruscello piuttosto che un grande fiume che scende con poco dislivello. Ma lo scopo non è addentrarsi nella fisica, quindi ci fermiamo qui.

Altra osservazione importante: anche se, nel complesso, il disordine totale del *sistema* aumenta, non è escluso che ci siano zone del *sistema* stesso in cui possa *spontaneamente* aumentare l'ordine a scapito di altre zone nelle quali, per compensazione, aumenterà il disordine (e, nelle seconde, il disordine aumenterà più di quanto sia aumentato l'ordine nelle prime).

Concludendo, è evidente che le case esistono (quasi tutti ci viviamo dentro), ma è altrettanto ovvio che costruirle ha richiesto un progetto ed è costato fatica: non si sono costruite *spontaneamente*.

7 Entropia 2

Chi volesse ulteriormente approfondire il legame tra *entropia* e *disordine* (sempre pregando gli esperti di non scandalizzarsi o, meglio, di saltare il capitolo) potrebbe addentrarsi nella *meccanica statistica* che, per studiare un *sistema*, lo suddivide in un numero molto grande di minuscoli *sottosistemi* interagenti tra loro e, stabilite certe condizioni -per esempio che l'energia totale resti costante, che ogni sottosistema abbia le stesse probabilità di assumere un certo stato e che la somma delle probabilità sia uguale a uno- applicando il calcolo delle probabilità giunge agli stessi risultati ottenuti dallo studio del *sistema* macroscopico. Nell'ottica della *meccanica statistica* assume un ruolo fondamentale il numero di *modi* che i sottosistemi hanno di assumere un determinato *stato*: riprendendo l'esempio delle monete, ciò significa studiare in quanti *modi* sia possibile che, dato un numero N di monete, una certa quantità sia in posizione T e le altre in posizione C. La conclusione a cui si arriva è che la configurazione che può realizzarsi in un numero maggiore di *modi* sarà la più probabile, la più *disordinata*, quella a *entropia* maggiore.

Per esempio, un certo numero di monete avrebbe pochi modi di disporsi in una scatola a formare una pila, mentre ne avrebbe molti di disporsi alla rinfusa: una disposizione alla rinfusa, potendosi verificare in un numero maggiore di modi, sarebbe più probabile = più *disordinata* = maggiore *entropia*.

***

Solo per dare un'idea di come si proceda per calcolare le probabilità basandosi sul numero di modi possibili, immaginiamo di avere tre palline e un contenitore quadrato con le pareti molto alte, suddiviso in 3 x 3 = 9 celle separate tra loro da pareti alte appena quanto basta a permettere a ogni cella di ospitare tutte e tre le palline. Se dalla sommità del contenitore lasciassi-

mo cadere una pallina, questa rimbalzerebbe sul fondo del contenitore o sulle pareti divisorie fino a fermarsi in una delle nove celle.

Facendo cadere nel contenitore le tre palline, le possibilità che si presentano sono:

- tutte e tre le palline in una stessa cella
- due palline in una cella e una in un altra
- tre palline in tre diverse celle

Ora vediamo in quanti *modi* si possono verificare le possibilità.

Essendo nove le celle, ci saranno nove modi possibili di trovare tutte e tre le palline in una stessa cella(tutte e tre nella prima cella, tutte e tre nella seconda e così via).

I modi in cui si potranno avere due palline in una cella e una in una delle altre sono 72: messe due palline in una cella, ci saranno otto possibilità di piazzare l'altra pallina. Essendo nove le possibilità di sistemare le due palline e, per ciascuna di esse, otto le possibilità di piazzare l'altra pallina, consegue che in tutto i modi sono 9 x 8 = 72.

Ragionando allo stesso modo, infine, le sequenze per piazzare le tre palline in celle diverse sarebbero 9 x 8 x 7 / 6 = 84. Infatti ci sono nove possibilità di piazzare la prima pallina, per ciascuna delle quali ci sono otto possibilità di piazzare la seconda (cioè 72 sequenze possibili), per ciascuna delle quali è possibile piazzare la terza pallina in uno delle sette celle rimaste libere. Così si otterrebbero 9 x 8 x 7 = 504 sequenze possibili, ma considerando *indistinguibili* le palline (come abbiamo fatto anche negli altri casi) dovremo dividere per 6 per non tenere conto dell'ordine di riempimento. Considerando per esempio le celle 2, 5 e 6 (o qualsiasi altra tripletta di celle), è indifferente mettere:

1- la prima pallina nella cella 2, la seconda nella 5 e la terza nella 6

2- la prima nella 2 la seconda nella 6 e la terza nella 5

3- la prima nella 5 la seconda nella 2 e la terza nella 6
4- la prima nella 5 la seconda nella 6 e la terza nella 2
5- la prima nella 6 la seconda nella 2 e la terza nella 5
6- la prima nella 6 la seconda nella 5 e la terza nella 2

Si vede che sei diverse sequenze di riempimento danno lo stesso *modo*, da cui 504 / 6 = 84 modi diversi.

Chi non ne avesse ancora avuto abbastanza, potrebbe vedere cosa accadrebbe se le palline fossero di colori diversi e si considerassero *modi* diversi quelli che coinvolgono colori diversi, ma non importasse l'ordine in cui i colori entrano nelle celle.

Per procedere, individuiamo le palline con le iniziali dei colori: R=Rosso, B=Blu, G=Giallo.

I modi in cui le tre palline potrebbero trovarsi in una sola cella resterebbero nove.

I modi in cui si potrebbero avere due palline in una cella e una in un'altra sarebbero: (3 x 9) x (1 x 8) = 216. Infatti le possibilità di mettere due palline in una cella senza tenere conto dell'ordine dei colori sono tre (RB, RG, BG) ed essendo nove le celle, si ottengono 3 x 9 = 27 modi. A quel punto, per ciascuna possibilità si potrebbe mettere la terza pallina in una delle restanti 8 celle, da cui 3 x 9 x 8 = 216.

Ragionando in modo analogo, i modi di distribuire tre palline in tre celle diverse sarebbero: 9 x 8 x 7 = 504. In questo caso si dovrebbe moltiplicare per sei per distinguere le diverse configurazioni di colore, ma poi dividere per sei per non tenere conto dell'ordine di riempimento: tre colori possibili in una cella per nove celle possibili = 3 x 9; due restanti colori disponibili per una delle restanti otto celle = 2 x 8; il terzo colore rimasto per una delle sette celle ancora libere = 1 x 7; infine dividere per le sei sequenze che forniscono il medesimo modo

(3 x 9) x (2 x 8) x (1 x 7) / 6 = 9 x 8 x 7 = 504

***

Da notare infine che l'*ordine* è collegato anche all'*informazione*: nella disposizione delle monete in una pila si ha una buona informazione sul dove si trovi ogni moneta (cioè nella pila). Viceversa, se le monete sono alla rinfusa in una scatola, si avranno meno informazioni sulla posizione delle monete, ciascuna delle quali potrebbe trovarsi in qualsiasi posizione all'interno della scatola. L'*entropia*, quindi, può essere considerata anche una misura delle conoscenza che si ha di un sistema: maggiore *disordine* = minore *informazione* = maggiore *entropia*.

8 Sistema aperto

Nel capitolo precedete, tutte le considerazioni sono state relative a un *sistema isolato*. Cosa cambia se, invece, il sistema è *aperto*? L'abbiamo visto: avere interazioni con l'esterno rende possibile il verificarsi di eventi altrimenti impossibili o, meglio, *altamente improbabili*.

Le possibilità per generalizzare sono almeno due:

- tenere conto degli apporti esterni di materia ed energia e verificare quanto e come influiscono sulle modifiche del *sistema*

oppure

- integrare nel *sistema* le fonti di scambio e studiare cosa accade nel nuovo *sistema isolato* (come quando abbiamo integrato la Terra nel sistema moneta + tavola affinché la scossa di terremoto non fosse un evento esterno al *sistema*).

Dato che questo aspetto, del quale magari al momento non cogliete l'importanza, è uno di quelli decisivi per le sorti di quanto andremo a discutere, è bene stabilire un punto fermo: l'apporto di *materia* e/o *energia*, benché necessario, non è di per sé sufficiente ad aumentare l'ordine di un *sistema*.

***

Riprendete la scatola di monete alla rinfusa: irradiarle di energia ne aumenterà l'*ordine*? Riscaldandosi, le monete raggiungeranno un livello energetico superiore, ma ciò sarà sufficiente ad aumentare il loro livello di organizzazione? Continuate a riscaldare: a un certo punto le monete fonderanno e, continuando a fornire energia, il metallo evaporerà. Non servono calcoli o formule per capire che lo stato liquido è più disordinato di quello solido e che quello gassoso lo è ancora di più. Nonostante la nube gassosa di metallo vaporizzato contenga molta più energia di quella posseduta dalle monete fredde, la sua or-

ganizzazione delle materia risulta infinitamente minore. Se poi si raffreddasse la nube fino a ottenere un agglomerato solido di metallo alla stessa temperatura che avevano le monete nella condizione iniziale, l'energia posseduta dal materiale tornerebbe a essere quella di prima che iniziasse il riscaldamento, ma l'organizzazione della materia non sarebbe nemmeno comparabile con quella originaria. La conclusione è che, se certamente occorre apportare energia e lavoro per trasformare il metallo in monete, ciò non è sufficiente: riscaldare e martellare a *caso* il metallo non porta alla formazione di monete ma solo a metallo caldo e ammaccato.

Guardando da una diversa angolazione, è molto più facile fondere monete per ottenere un blocco di metallo piuttosto che lavorare un blocco di metallo per convertirlo in monete (caratterizzate da forma ben definita, accurata finitura superficiale, coniatura delle immagini sulle facce ecc.).

Riprendendo il primo capitolo, è più probabile che, se tra la materia selezionata per l'esperimento ci fosse stato un *pistone*, questo si sarebbe trasformato in un ammasso informe di alluminio, piuttosto che il contrario. E ciò pur ammettendo di poter introdurre energia a volontà.

Ne risulta che l'apporto di energia dall'esterno del *sistema* è condizione necessaria ma non sufficiente affinché l'ordine del *sistema* stesso aumenti, ovvero, svolgere funzioni coordinate e finalizzate richiede molto più del semplice apporto di energia.

***

9 Hardware e software

Ormai in ogni casa c'è almeno un *computer* e tutti, chi più chi meno, sanno usarlo. Qualcuno sa anche personalizzarne l'operatività per adattarlo meglio alle proprie esigenze, relativamente pochi sanno scrivere software per far compiere al computer funzioni nuove, pochi sono programmatori e pochissimi sono i progettisti di microchip. In ordine inverso, pochissimi sanno cosa c'è dentro e come funziona ogni componente di un computer, relativamente pochi sanno vedere cosa si nasconde dentro un computer ed eventualmente estrarre anche ciò che i normali utenti nemmeno immaginano ci sia, tutti sanno accenderlo e spegnerlo.

Oltre che nei *computer*, ci sono schede elettroniche più o meno complesse in pressoché ogni *macchina*: TV, telefoni, elettrodomestici, barche, automobili: sono diventate rare le *macchine* che non abbiano a bordo una piccola o grande *centralina elettronica*.

Ovviamente le *centraline* sono diverse tra loro, ma tutte hanno in comune di essere costituite da un *hardware* -la parte materiale- e da *software* -l'insieme delle istruzioni che le fa funzionare.

Premessa certamente nota a tutti e volutamente noiosa per preparare il terreno alla domanda cruciale sulle *centraline elettroniche*: sapete di cosa si tratta, sapete grosso modo a cosa servono, sapete a grandi linee come funzionano, sapete che sono costruite e programmate da umani come voi e che ciò avviene nel vostro tempo, mentre voi siete in vita. Bene. Se vi si desse una centralina elettronica qualsiasi e tutta la documentazione e la strumentazione che chiedete, credete che sapreste decodificare il *software* memorizzato al suo interno?

In altre parole, a voi, proprio voi, si consegna una centralina elettronica qualsiasi e vi si forniscono tutti i mezzi che desiderate, chiedendovi di trascrivere in linguaggio umano il *software*

residente nella sua memoria. Unica condizione: non potete rivolgervi al progettista o al programmatore della centralina. Credete che riuscireste nell'impresa?

Salvo rare eccezioni, la risposta sarà che non sapete nemmeno da che parte cominciare. Eppure si tratta di oggetti che usate quotidianamente e che, almeno grandi linee, conoscete.

Per dare un'ordine di grandezza dell'entità della difficoltà, sappiate che un esperto di elettronica, davanti a un problema del genere, già è fortunato se, attraverso il processo di *reverse engineering* -cioè cercare di risalire alle caratteristiche dell'oggetto basandosi sulle reazioni dell'oggetto stesso a determinati *stimoli*- riuscirà a dialogare con la *centralina* e a farle compiere alla meno peggio alcune delle funzioni per le quali è stata progettata.

Ovviamente, tanto più esperto e vicino alle conoscenze del progettista sarà il tecnico che affronta la sfida, tanto migliore sarà il risultato.

Ma torniamo a voi, proprio voi. Mettiamo che un bel giorno riusciste a scaricare tutto il contenuto della memoria della centralina: credete che vi trovereste davanti un libro scritto nella vostra lingua? Beh, scordatevelo: quello che vi si presenterebbe sarebbe un'interminabile sequenza di 1 e 0 (o, se preferite, di + e -, ON e OFF, punto e linea o qualsiasi coppia di caratteri).

Essere riusciti a estrarre il contenuto della memoria sarebbe già, per voi, un fantastico successo, ma -non offendetevi se ve lo dico- sareste lontani dall'obiettivo quasi quanto prima: non conoscete l'*alfabeto*, la *grammatica*, la *sintassi*, e nemmeno il *vocabolario* della lingua che avrete sotto gli occhi.

Provare per credere. Questa è la trascrizione di un programma in linguaggio binario.

00100011011100010111010101100101011100110111010001101111001000000111000001110010011011110110011 1

01110010011000010110110101101101010110000100100000
110111001101111011011100010000000110011001100001

00100000011000010110110001110100011100100110111 10
01000000110001101101000011001010010000000 1101100

01100101011001110110011101100101011100100110 01010
01000000111001101100101001000000011100110 1110100

01100101011100110111001101101111000011010000 10100
01000110110100101101110001000000110001101101111

01100100011010010110001101100101001000000011000100
1101001011011100110000101110010011010010 1101111

001000000110010100100000001110010011010010111 00110
11000110111001001101001011101100110010101110010

01110011011010010010000000111001101110101001000000
1110101011011100010000000110000101101100011 10100

01110010011011110010000000110011001101001011011000
11001010000011010000101001101001011011010111 0000

01101111011100100111010000100000001101111011100 1100
00110100000101000100011011000001011100110111 0011

01100101011001110110111001100001001000000011010010
11011000010000000110111001101111011011010110 0101

00100000011001000110010101101100000100000001100 1100
11010010110110001100101001000000110010001100001

00100000011101010111001101100001011100100110 01010
00011010000101001101110011011110110110101100101

01011111011001100110100101101100011001010011110100
1001110100010101110110011011110110110001110101

01111010011010010110111101101110011001010010011100
00110100000101000100011011100110110010100100000

01100101011100110110100101110011011101000110 01010
01011000010000000110001101100000101101110011 00011

01100101011011000110110001100001001000000011010010
11011000010000000110011001101001011011000110 0101

00100000011001000110100100100000001101111011101010
1110100011100000011101010111010000100000000001101

000010100110100101100110001000000110111011100110
010111001110000011000010111010001101000001011 10
011001010111100001101001011100110111010001110011 00
101000011011100110111101101101011001010101111 1
011001100110100101101100011001010010101100100111 0
010111001110100011110000111010000100111001010 01
001110100000110100001010001000000010000000010000 00
010000001101111011100110010111001110010011001 01
011011010110111101110110011001010010100001101110 01
101111011011010110010101011111011001100110100 1
011011000110010100101011001001110010111001110100 0
111100001110100001001110010100100001101000010 10
001000110110000101110000011100100110010100100000 0
110100101101110001000000110110001100101011101 00
011101000111010101110010011000010010000001101001 0
010000001100110011010010110110001100101001000 00
011011100110010101100011011001010111001101110011 01
100001011100100110100100001101000010100110011 0
001000000011110100100000011011110111000001100101 0
110111000101000011011100110111101101101100101 1
010111110110011001101001011011000110010100101011 0
010011100101110011100000111100100100111001010 0
001000000010011101110010011000100010011100101001 0
000110100001010011001100011000100111101001000 00
011011110111000001100101011011100010000000101000 0
110111001101111011011010110010101011111011001 10
011010010110110001100101001010110010011100101110 0
111010001111000011101000010011100101100000100000
001001110110000100100111001010010000110100001010 0
010001101101001011011010111000001101111011100 11
011101000110000100100000011011000110000100100000 0
111011001100001011100100110100101100001011000 10
011010010110110001100101001000000110001001111001 0
111010001100101001000000110000101101100001000 00

01110110011000010110110001101111011100100110010100
10000000100111001000000010011100101100001000000
01110000011001010111001000100000011100000110111 0
11101000110010101110010001000000110000101110110
01110110011010010110000101110010011001010010000000
11010010110110000100000011101110110100001101001
01101100011001010000110100001010011000100111100 10
11101000110010100111101001001110010000000100111
00001101000010100110001001111001011101000110010 10
11101000111100001110100001111010010011100100111
00001101000010100110111000111101001100000000011010
00010100010001101100011011010010110001101101100
01101111001000000111011101101000011010010110110001
10010100111010001000000110110001100101011001 11
01100111011001010010000001110101011011100010000 00
11000110110000101110010011000010111010001110100
01100101011100100110010100100000011000010110110 00
11011000110000100100000011101100110111101101100
01110100011000010010000001100110011010010110111 00
11011110010000001100001011011000110110001100001
00100000011001100110100101101110011001010010000 00
11001000110010101101100001000000110011001101001
01101100011001010010000000001101000010100111101 10
11010000110100101101100011001010010000000110001
00111010000011010000101000100000001000000010000 00
01000000010001100100000011011000110010101100111
01100111011001010010000001110101011011100010000 00
11000100111100101110100011001010000110100001010
00100000001000000010000000100000011000100111100 10
11101000110010100100000001111010010000001100110
00101110011100100110010101100001011001000010100 00
01100010010100100001101000010100010000000100000
00100000001000000010001101101001011011000010000 00
11000110110100101100011011011000110111100100000

0111001101101001001000000110100101101110011101000
1100101011100100111001001101111011011010110010 1
0111000000100000011000010110110001101100011000010
0100000011001100110100101101110011001010010000 0
0110010001100101011011000010000001100110011010010
1101100011001010000110100001010001000000100000
0010000000100000011010010110011000100000011000100
1111001011101000110010100111101001111010010011 1
0010011100111010000011010000101000100000001000000
0100000001000000010000000100000001000000010000 0
0110001001110010011001010110000101101011000011010
0001010001000000010000000100000001000000001101
0000101000100000001000000010000000100000001000110
1110011011101000110000101101101011100000110000 1
0010000001101100011000010010000001110110011000010
1110010011010010110000101100010011010010110 1100
0110010100001101000010100010000000100000001000000
0100000011010010110011000100000011011110111001 0
0110010000101000011000100111100101111010001100 1010
0101001001111010011110100110001001100110010000 0
0110111101110010001000000110111101110010011001 0000
1010000110001001111001011101000110010100101001
0011110100111101001100010011000000100000011011 1101
1100100010000001101111011100100110010000101000
0110001001111100101110100011001010010100100111 1010
0111101001100110011001000111010000011010000 1010
0010000000100000001000000010000000100000001000000
0100000001000000010001101110011011001010010000 0
0110001101100001011100100110000101110100011101000
1100101011100100110010100100000011011100110 1111
0110111000100000011100110111010001100001011011010
1110000011000010110001001101001011011000110 0101
0010000001101100011011110010000001110011011011 1101
1100110111010001101001011101000111010101101001

01110011011000110110010100100000011000110110111101
10111000100000011100110111000001100001011111010
01101001011011110000110100001010001000000010000000
01000000010000000100000001000000010000000100000
01100010011110010111010001100101011101000111100001
11010000111101001001110010000000100111000011101
00001010001000000010000000100000001000000011001010
11011000111001101100101001110100000110100001010
00100000001000000010000000100000001000000001000000
01000000010000001100010011110010111010001100101
01110100011110000111010000111101011100110111010001
11001000101000011000100111100101110100011001101
00101001000011010000101000100000001000000001000000
01000000111000001110010011010010110111001110100
00100000011000100111100101110100011001010111010000
11110000111010000101100000011010000101000100000
00100000001000000010000000100011011100110110001110
11100100110100101110110011001010010000001101100
01100001001000000111011001100001011100100110100100
11000010110001001101001011011000110010100100000
01110011011101010110110000100000011001100110100100
11011000110010100100000011001100011000100001101
00001010001000000010000000100000001000000001000110
11001100011000100101110011101110111001001101001
01110100011001010010100001100010011110010111010000
11001010111010001111000011101000010101100100111
00111011001001110010100100001101000010100010000000
01000000010000000100000000011010000101000100000
00100000001000000010000000100011001000000011000110
11011110110111001110110011001010111001001110100
01100101001000000110100101101100001000000011000100
11110010111010001100101001000000110111001100101
01101100011011000010011101100101011100010111010100
11010010111011001100001011011000110010101101110

011101000110010101001000000110100101101110011101000
110010101110010011011110010000001000000101010011
0100001101001001010010010000110100001010001000000
010000000100000001000000110001001111001011110100
011001010010000000111101001000000110111101110 0100
110010000101000011000100111100101110100011001 01
0010100100001101000010100010000000100000001000000
010000000100011011000110110111101101110011101 10
011001010111001001110100011001010010000000110110 00
110000100100000001110110011000010111001001101001
0110000101100010011010010110110001100101001000000
110001001111001011101000110010100100000001101001
011011100010000000111010101101110011000010010000 00
111001101110100011100100110100101101110011001 11
0110000100100000001110000001100101011100100010 00000
111000000110111101110100011001010111001001101100
011000010010000000111001101100011011100100110100 10
111011001100101011100100110010100100000001101110
011001010110110000100000001100110011010010110110 00
1100101001000000110011000110001000001101000010 10
0010000000010000000100000001000000110001001111001 0
111010001100101011101000111100000111010000111101
0111001101110100011100100010100001100010011110010
111010001100101001010010000110100001010001000000
0010000000010000000100000001000110110000101100111 0
110011101101001011101010111001101110100011000 01
001000000110110001100001001000000011011000111010 10
110111001100111011010000110010101111010011110 10
0110000100100000001100001001000000001100110010000 00
110001101100001011100100110000101110100011101 00
0110010101110010011010010000110100001010001000000 0
010000000100000001000000110100101100110001000000
011011000110010101101110001010000110001001111 0010
111010001100101011101000111100000111010000101001

001111000011001100111010000011010000101000100000001000000001000000001000000001000000001000000001000000

001000000011000100111100101110100011001010111010001111000011101000011110100100111001000000000100111

001010110110001001111001011101000110010101110100011111000011101000000110100001010001000000000100000

0010000000010000000010001101110011011101000110000101101101011100000011000010010000000110110001100001

0010000000111011001100001011100100110100101100001011000100110100101101100011001010000110100001010

001000000001000000001000000001000000011100000011100100110100101101110011101000010000000110001001111001

0111010001100101011101000111100001110100001011000000110100001010001000000001000000001000000000100000

0010001101110011011000110111001001101001011101100110010100100000011011000110000100100000001110110

01100001011100100110100101100001011000100110100101101100011001010010000001110011011101010101101100

0010000000110011001101001011011000110010100100000011001100011000010000110100001010001000000000100000

00100000000100000000100011011001100011000100101110011101110111001001101001011101000110010100101000

011000100111100101110100011001010111010001111000011101000010101100100111001110110010011100101001

0000110100001010001000000001000000001000000001000000000110100001010001000000001000000001000000000100000

001000110010000000110001101101111011011100111011001100101010111001001110100011001010010000001101100

00100111011010010110111001110100011001010111001001101111100100000001101110011001010110110001101100

011000010010000000110001101101111011100100111001001101001010111001101110000011011110110111001100100

01100101011011100111010001100101001000000111001101110100011010000110010011001101001011011100110011101100001

0010000001100100011010010010000000110000001000000
1100101001000000011000100001101000010100010000 0
0010000000100000001000000110001001111001011101000
1100101001000000011110100100000011000100110100 1
0110111000101000011000100111100101110100011001010
0101001010110110011001000111010010111010010111 0
0111001001101010011101010111001101110100001010000
0111000001011000010000000100111001100000010011 1
0010100100001101000010100010000000100000001000000
0100000001000110111001101110100011000010110110 1
0111000001100001001000000110110001100001001000000
1110110011000010111001001101001011000010110001 0
0110100101101100011001010000110100001010001000000
0100000001000000010000001110000011100100110100 1
0110111001110100001000000110001001111001011101000
1100101000011010000101000100000001000000010000 0
0010000000100011011000110110111101101110011101 1001
1001010111001001110100011001010010000001101100
0110000100100000011101100110000101110010011010010
1100001011000100110100101101100011001010010000 0
0110001001111001011101000110010100100000011010010
1101110001000000111010101101110011000010010000 0
0111001101110100011100100110100101101110011001 1101
1000010010000001110000011001010111001000100000
0111000001101111011101000110010101110010011011 0001
1000010010000001110011011000110111001001101001
0111011001100101011100100110010100100000011011100
1100101011011000010000001100110011010010110 1100
0110010100100000011001100011000100001101000010100
0100000001000000010000000100000011000100111 1001
0111010001100101011101000111100001110100001111 0101
1100110111010001110010001010000110001001111001
0111010001100101001010010000110100001010001000000
0100000001000000010000000100011011100110110 0011

0111001001101001011101100110010100100000011011000
110000100100000011101100110000101110010011010 01

0110000101100010011010010110110001100101001000000
111001101110101011011000010000000110011001101001

0110110001100101001000000110011000110001000011010
0001010001000000001000000001000000001000000001100110

0011000100101110011101110111001001101001011101000 1
100101001010000110001001111001011101000110010 1

0111010001111000011101000010100100001101000010100
010000000100000000100000000100000000100011011011 11

0110011101101110011010010010000000110111000100000 0
110001101100001011100100110000101110100011101 00

0110010101110010011010010010000000111011001100001 0
0100000011000010010000000110001101100001011100 00

0110111100001101000010100010000000010000000010000 00
0100000011011100010101100111101001100010000110 1

```
#questo programma non fa altro che leggere se stesso
#in codice binario e riscriversi su un altro file
import os
#assegna il nome del file da usare
nome_file='Evoluzione'
#se esiste, cancella il file di output
if os.path.exists(nome_file+'.txt'):
    os.remove(nome_file+'.txt')
#apre in lettura i file necessari
f = open(nome_file+'.py', 'rb')
f1= open (nome_file+'.txt', 'a')
#imposta la variabile byte al valore ' ', per poter avviare il while
byte=' '
bytetxt=''
n=0
#ciclo while: legge un carattere alla volta fino alla fine del file
while 1:
    # legge un byte
    byte = f.read(1)
    #il ciclo si interromep alla fine del file
    if byte=='':
        break
    
    #stampa la variabile
    if ord(byte)==13 or ord(byte)==10 or ord(byte)==32:
```

0000101000100000000100000000100000000100000011010010
1100110001000000011011100011110100111101001100 01

0011001000111010000001101000010100010000000010000000
0100000000100000000100000000100000000100000000100000

0110011000110001001011100111011101110010011010010 1
110100011001010010100000100111010111000110111 0

00100111001010010000110100001010001000000001000000

```
            #se carattere non stampabile lo sostituisce con spazio
            bytetxt=' '
        else:
            bytetxt=str(byte)
        print bytetxt,
        #scrive la variabile sul file f1
        #f1.write(bytetxt+';')

        # converte il byte nell'equivalente intero ASCII
        byte = ord(byte)
        #converte la variabile byte in una stringa per poterla scrivere nel file f1
        bytetxt=str(byte)
        #aggiusta la lunghezza a 3 caratteri
        if len(bytetxt)<3:
            bytetxt=' '+bytetxt
        #stampa la variabile
        print bytetxt,
        #scrive la variabile sul file f1
        #f1.write(bytetxt+';')

        # converte l'intero nella corrispondente stringa di 0 e 1
        byte = bin(byte)[2:].rjust(8, '0')
        #stampa la variabile
        print byte
        #converte la variabile byte in una stringa per poterla scrivere nel file f1
```

01000000010000000100000001000000010000000100000

```
        bytetxt=str(byte)
        #scrive la variabile sul file f1
        f1.write(bytetxt)
        #ogni n caratteri va a capo
        n+=1
        if n==12:
            f1.write('\n')
            n=0

f.close()
f1.close()
#le  righe che cominciano con # sono commenti
```

01101110001111010011000000011010000101000100000001000000010000000100000001000000010000000100000001000000100000

00100000000011010000101001100110001011100110000110110110001101111011100110110010100101000001010010000011010000101001100110001100011011000110111101110011011001010010100000101001

00001101000010100110011000110001001011100110000110110110001101111011100110110010100101000001010010000011010000101001100110001100011011000110111101110011011001010010100000101001

#	35	00100011	q	113	01110001	u	117	01110101	e	101	01100101	s	115	01110011	t	116	01110100	o	111	01101111		32	00100000
p	112	01110000	r	114	01110010	o	111	01101111	g	103	01100111	r	114	01110010	a	97	01100001	m	109	01101101	m	109	01101101
a	97	01100001		32	00100000	n	110	01101110	o	111	01101111	n	110	01101110		32	00100000	f	102	01100110	a	97	01100001
	32	00100000	a	97	01100001	l	108	01101100	t	116	01110100	r	114	01110010	o	111	01101111		32	00100000	c	99	01100011
h	104	01101000	e	101	01100101		32	00100000	i	108	01101100	e	101	01100101	g	103	01100111	g	103	01100111	e	101	01100101
r	114	01110010	e	101	01100101		32	00100000	s	115	01110011	e	101	01100101		32	00100000	s	115	01110011	t	116	01110100
e	101	01100101	s	115	01110011	s	115	01110011	o	111	01101111		13	00001101		10	00001010	#	35	00100011	i	105	01101001
n	110	01101110		32	00100000	c	99	01100011	o	111	01101111	d	100	01100100	i	105	01101001	c	99	01100011	e	101	01100101
	32	00100000	b	98	01100010	l	105	01101001	n	110	01101110	a	97	01100001	r	114	01110010	i	105	01101001	o	111	01101111
	32	00100000	e	101	01100101		32	00100000	r	114	01110010	i	105	01101001	s	115	01110011	c	99	01100011	r	114	01110010
i	105	01101001	v	118	01110110	e	101	01100101	r	114	01110010	s	115	01110011	i	105	01101001		32	00100000	s	115	01110011
u	117	01110101		32	00100000	u	117	01110101	n	110	01101110		32	00100000	a	97	01100001	l	108	01101100	t	116	01110100
r	114	01110010	o	111	01101111		32	00100000	f	102	01100110	i	105	01101001	l	108	01101100	e	101	01100101		13	00001101
	10	00001010	i	105	01101001	m	109	01101101	p	112	01110000	o	111	01101111	r	114	01110010	t	116	01110100		32	00100000
o	111	01101111	s	115	01110011		13	00001101		10	00001010	#	35	00100011	a	97	01100001	s	115	01110011	s	115	01110011
e	101	01100101	g	103	01100111	n	110	01101110	a	97	01100001		32	00100000	i	105	01101001	l	108	01101100		32	00100000
n	110	01101110	o	111	01101111	m	109	01101101	e	101	01100101		32	00100000	d	100	01100100	e	101	01100101	l	108	01101100
	32	00100000	f	102	01100110	i	105	01101001	l	108	01101100	e	101	01100101		32	00100000	d	100	01100100	a	97	01100001
	32	00100000	u	117	01110101	s	115	01110011	a	97	01100001	r	114	01110010	e	101	01100101		13	00001101		10	00001010
n	110	01101110	o	111	01101111	m	109	01101101	e	101	01100101	_	95	01011111	f	102	01100110	i	105	01101001	l	108	01101100
e	101	01100101	=	61	00111101	'	39	00100111	E	69	01000101	v	118	01110110	o	111	01101111	l	108	01101100	u	117	01110101
z	122	01111010	i	105	01101001	o	111	01101111	n	110	01101110	e	101	01100101	'	39	00100111		13	00001101		10	00001010
#	35	00100011	s	115	01110011	e	101	01100101		32	00100000	e	101	01100101	s	115	01110011	i	105	01101001	s	115	01110011
t	116	01110100	e	101	01100101	0	44	00101100		32	00100000	c	99	01100011	a	97	01100001	n	110	01101110	c	99	01100011
e	101	01100101	l	108	01101100	l	108	01101100	a	97	01100001		32	00100000	i	105	01101001	l	108	01101100		32	00100000
f	102	01100110	i	105	01101001	l	108	01101100	e	101	01100101		32	00100000	d	100	01100100	i	105	01101001		32	00100000
o	111	01101111	u	117	01110101	t	116	01110100	p	112	01110000	u	117	01110101	t	116	01110100		32	00100000		13	00001101

00001101000010100010001101101100011001010010000000
01000000111001001101001011001110110100001100101
00100000011000110110100001100101001000000110001 10
1101111011011010110100101101110011000110110 1001
01100001011011100110111100100000011000110110111101
10111000100000001000110010000001110011011011 11
01101110011011110010000001100011011011110110110101
10110101100101011011100111010001101001000011 01
00001010

Credete che una *cosa* così lunga e intricata faccia chissaché?

Beh, tutto quel listato corrisponde a un programmino inutile e insignificante che non fa altro che scrivere se stesso in formato binario: quello che ho usato per creare l'esempio.

Il programma è il seguente:

Non ci credete? Controllate pure. Per aiutarvi, vi fornisco la prima parte della decodifica:

In rosso i caratteri del nostro alfabeto, in verde il numero -in base *dieci*- che una convenzione assegna ad ogni carattere e infine, in nero, il valore del numero verde espresso in binario -cioè in base *due*- che è l'unico *alfabeto* che un computer è in grado di comprendere.

Considerate poi che, se aveste davvero a che fare con una centralina, il programma non sarebbe una *semplice* traduzione in binario, carattere per carattere, di quanto scritto dal programmatore, ma una versione ulteriormente tradotta in linguaggio macchina, che vi risparmio.

10 Champollion e i geroglifici egiziani

Avrete sentito parlare dello studioso Jean François Champollion e dalla sua ossessione per la decifrazione dei geroglifici egiziani. Tra storia e leggenda, pare che comunque, se non fosse stata ritrovata la famosa stele di Rosetta che riportava lo stesso testo sia in geroglifico egiziano che in greco -lingua nota- non sarebbe riuscito nell'impresa di decodificare la scrittura dell'antico Egitto. Eppure, era una scrittura umana, inventata da umani per comunicare con altri umani. Ma anche senza scomodare personaggi così illustri, prendete un libro scritto con il nostro alfabeto, ma con parole di un'altra lingua.

Den grundades 1924 av Estrid Ericson, som tio år senare knöt Josef Frank till företaget. Tillsammans skapade de den lika eleganta som färgstarkt mönstrade och högst personliga inredningsstil som genomsyrar sortimentet än idag.

A meno che non conosciate la lingua (e non è impossibile: è una lingua umana, creata da umani per gli umani e, per giunta, contemporanea) non capirete il significato. Ma siete comunque fortunati, perché alcune convenzioni corrispondono a quelle della nostra lingua: si riconoscono facilmente un paio di nomi propri e una data. Meglio di niente.
(ah, è un trafiletto preso da internet in lingua svedese)

Ora provate con questo:

торговый капитализм и происходило быстрое накопление капитала. Стало очевидным технологическое и военное превосходство западноевропейских стран, приступивших к колониальным захватам по всему миру. Россия, отрезанная от морской торговли и практически лишённая портов, нуждалась в выходе к незамерзающим

морям, в новой организации армии, в эффективнейших органах управления

Ci capite qualcosa? E ancora non brancolate nel buio: forse avrete riconosciuto i caratteri cirillici (brano in russo copiato da internet).

11 Crittografia

Fin dalla notte dei tempi è stata sentita l'esigenza -principalmente per questioni militari- di trasmettere messaggi che fossero comprensibili solo ai legittimi destinatari. Nel corso della storia, fior di scienziati e matematici hanno dato il meglio di loro per inventare sistemi di comunicazione adatti allo scopo. Contemporaneamente, altrettanto brillanti scienziati e matematici hanno fatto del loro meglio per rendere vani gli sforzi dei primi. Spionaggio e controspionaggio: una sfida al limite delle capacità intellettive umane.

Eppure abbiamo visto come sia estremamente facile, addirittura elementare, creare un codice indecifrabile: basta usare parole nuove, magari scritte in un alfabeto nuovo, *et voilà*, il gioco è fatto. Già, peccato che, così facendo, si precluderebbe la possibilità di comprensione anche a chi, invece, dovrebbe capire.

Il difficile, infatti, non sta tanto nel rendere indecifrabile un messaggio, quanto nel renderlo comprensibile *solo* al destinatario. Ecco quindi, di nuovo, l'importanza del *codice*, cioè dell'insieme delle convenzioni che permettono, a chi le conosce, di scambiare informazioni.

Scendendo terra terra, per la stragrande maggioranza delle persone già un rebus di una rivista di enigmistica può risultare indecifrabile, eppure è ideato da umani, per umani e con lo scopo di essere risolto (altrimenti chi comprerebbe più le riviste di enigmistica?).

Che si tratti di messaggi cifrati o di semplici rebus, il concetto cambia poco: chi li affronta *sa* che esiste una chiave per decifrarli e venirne a capo. Eppure la stragrande maggioranza delle persone, specialisti compresi, non sarà in grado di violarne il segreto senza ricorrere alla fonte: la cattura di una *spia*, nel primo caso, o, nel secondo, la lettura della soluzione *riportata nel prossimo numero*.

Se volete addentrarvi nell'argomento, affascinante e decisivo nella storia dell'umanità, vi consiglio di cominciare da *Enigma*, il sistema di cifratura utilizzato dai tedeschi nella seconda guerra mondiale: benché ne fosse noto il principio, le combinazioni possibili erano talmente tante che non si poteva decodificare un messaggio in tempo utile senza conoscere la chiave. E la chiave veniva cambiata ogni giorno, rendendo vani gli sforzi di chi, magari, era riuscito a decodificare un messaggio.

Se invece siete amanti della matematica, cimentatevi con RSA, il sistema attualmente usato nelle transazioni bancarie su internet e basato su una singolare proprietà di certe operazioni matematiche che sono facili da eseguire in un verso ma difficili (possibilmente *impossibili*) in senso contrario. Nel caso particolare, si tratta della *fattorizzazione* di un numero: mentre è facile calcolare il prodotto di due numeri primi, al momento non è noto che sia stato trovato il modo per risalire, sapendo il risultato della moltiplicazione, ai fattori di partenza. È ovvio che non stiamo parlando di numeri compresi nella tavola pitagorica -tutti sanno che 21 = 7 x 3 e 45 = 9 x 5- bensì di numeri di centinaia di cifre: nemmeno i computer, lavorando per anni, riuscirebbero a trovare la soluzione andando per tentativi, tante sono le possibilità da controllare.

Dopo quanto detto, quanto ritenete probabile che, apportando modifiche casuali a un messaggio intercettato, questo assuma un diverso significato in grado di ingannare il legittimo destinatario?

In altre parole, prendete la frase in caratteri cirillici e aggiungete qualche scarabocchio: credete che un russo li interpreterebbe come lettere del suo alfabeto? E se, invece, copiaste caratteri esistenti e li sistemaste a caso nel testo, credete che un russo vi leggerebbe qualcosa di comprensibile? O se, ancora, copiaste parole intere e le sistemaste a caso qua e là, credete

che un russo coglierebbe un significato nelle nuove frasi risultanti?

Esempio più concreto.

messaggio originale: *sopra la panca la capra campa, sotto la panca la capra crepa*

aggiunta casuale di scarabocchi: *so¥pra©¤l ƥa paƀꝑnca la ⸝ꝯ ca⇝ prƀa ca∬⌥mpa, so▽tt⤴o la pa⚘nc⋊ a la cap≣ꝟra c⌥reƀpa*

aggiunta/sostituzione casuale di lettere: *soargpra la pjwuefla awpra we cwergb sfrrrrotto luya perca la cawea cdfrepa*

spostamento/aggiunta casuale di parole*: panca sopra sotto la la la la crepa panca campa panca, sotto capra capra la panca la sopra capra*

Quanto stimate probabile che, procedendo in questo modo, si possa ottenere una nuova frase di senso compiuto? E se, invece di una singola frase, si trattasse di più frasi? Oltre al significato di ogni singola frase, affinché l'insieme avesse senso dovrebbe essere garantita anche la coerenza tra le stesse.

Se foste voi, proprio voi, a dover trasformare un messaggio in un altro per ingannare il nemico, o a dover deviare una transazione finanziaria, apportereste modifiche *casuali* al messaggio intercettato?

Cosa c'entra questo con le *macchine*? Lo vedremo presto.

12 Un breve riepilogo

Per non perdere di vista il traguardo, cioè la verifica della possibilità che *Madre Tecnica* possa partorire per *caso* una *macchina*, ricapitoliamo brevemente quanto visto negli ultimi capitoli.

- è *altamente improbabile che* un *sistema chiuso* evolva *spontaneamente* verso condizioni di *equilibrio* più *stabile*, ovvero un livello superiore di *ordine*
- è *altamente improbabile* che, solo fornendo *energia* e/o *materia*, si aumenti il livello di *ordine* di un *sistema* (ovviamente *aperto*)
- è *altamente improbabile* riuscire a decodificare un messaggio cifrato se non si dispone della chiave

(figurarsi se non se ne conosce l'alfabeto, la lingua, la grammatica, la sintassi e nemmeno, lo scopo)

- è *altamente improbabile* ottenere un messaggio di senso compiuto modificandone a *caso* uno che, in origine, aveva senso compiuto
- in condizioni di ignoranza, il concetto di *probabilità* aiuta a fare considerazioni sulla possibilità di verificarsi degli *eventi*

Ora applicate secondo coscienza quanto visto e provate a rispondere di nuovo alla domanda posta alla fine del primo capitolo: è *significativamente probabile* la generazione *casuale* di una *macchina* o l'ottenimento di una *macchina* diversa apportando modifiche *casuali* a una *macchina* esistente.

Per chi non ne avesse ancora avuto abbastanza, nel seguito proveremo ad approfondire uno degli aspetti che si presta particolarmente bene ad essere affrontato per via numerica.

13 Ancora Testa o Croce

Riprendete il tabulato del programma visto qualche capitolo addietro: notate niente di familiare? Avevamo appena parlato di lanci di moneta e di probabilità che uscisse T o C o che si verificasse una determinata sequenza. Se nel tabulato sostituissimo T a 0 e C a 1 (o viceversa) otterremmo una possibile sequenza di lanci di moneta. E che probabilità ci sarebbero che, lanciando una moneta non truccata, si verificasse *esattamente* la sequenza del tabulato?

Generare sequenze a *caso* e tradurle nel nostro alfabeto seguendo la convenzione di assegnare un carattere a ogni gruppo di otto lanci, porterebbe a un'enormità di risultati possibili: insieme a un numero impressionante di sequenze di caratteri di nessun significato, si otterrebbero terzine della *Divina Commedia*, versetti della *Bibbia*, il vostro estratto conto bancario e righe di altri programmi che svolgono funzioni diverse. In più, si otterrebbe una gran quantità di sequenze *quasi* comprensibili, che forse un teologo tenterebbe di aggiustare in un versetto della *Bibbia*, un letterato in una terzina della *Divina Commedia*, un ragioniere in un estratto conto e un programmatore in un programma per computer.

Vediamo di quantificare i concetti di *numero impressionante*, *enormità* e *gran quantità*: con 4 lanci, le sequenze possibili sono

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^4 = 16.$$

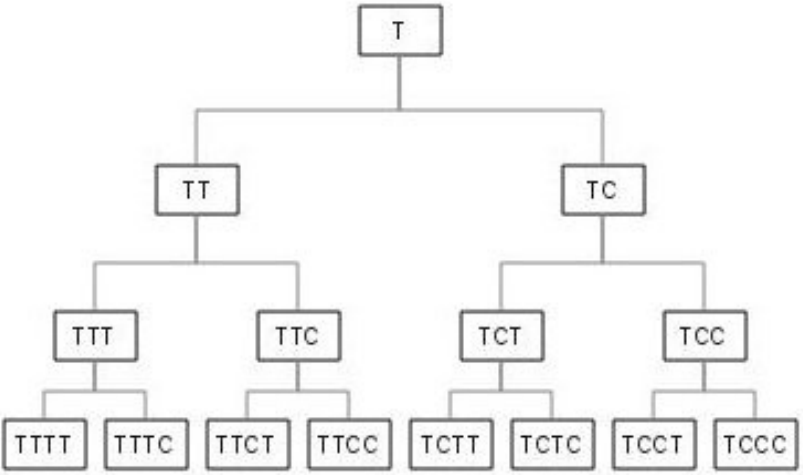
***

L'operazione *elevamento a potenza* equivale a moltiplicare la base (il numero scritto in grandezza normale) per se stesso tante volte quanto indicato dall'esponente (il numerino scritto in alto a destra); nel caso in cui la base sia 10, l'esponente indica

quanti zeri avrebbe il numero scritto nella notazione usualmente adottata. Per esempio: 10 x 10 x 10 = 10^3 = 1.000

***

L'*albero* che segue chiarisce il concetto: ad ogni lancio, ad ogni sequenza già ottenuta se ne aggiungono due, una con C finale e una con T finale.



Essendo altrettante le sequenze che cominciano con C, ne deriva che con quattro lanci di moneta si possono ottenere sedici diverse sequenze.

A ogni lancio che si aggiunge, il numero di sequenze ottenibili raddoppia, in quanto ogni sequenza possibile fino a quel momento ne genera altre due: una aggiungendo alla fine T e una aggiungendo alla fine C. In breve il numero delle sequenze possibili diventa elevatissimo.

n lanci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
n sequenze	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1.024	2.048	4.096	8.192	16.384	32.768	65.536

Il programma che abbiamo visto è costituito da 1.920 caratteri alfabetici che, considerando una codifica a otto *bit* per carattere (*bit= binary digit* = unità elementare di informazione usato dai computer, che può valere 0 oppure 1) corrispondono a 1.920 x 8 = 15.360 caratteri 0 o 1.

Da quanto abbiamo visto, una serie di 15.360 lanci può generare un numero di sequenze diverse pari a $2^{15.360}$, cioè 2 moltiplicato per se stesso 15.360 volte.

Molte calcolatrici, davanti a un'operazione del genere, daranno come risultato *errore* o *infinito*, ma noi abbiamo bisogno di lavorare con numeri di questa entità e vogliamo farlo in base 10, non in base 2. Quindi adotteremo un'approssimazione. Considerato che

$2^{10} = 1.024 \approx 1.000$

(≈ significa *circa uguale*)

deriva che

$2^{10} \approx 10^3$

Nel seguito, quindi, per passare da potenze di 2 a potenze di 10 non faremo altro che dividere per 10 l'esponente della potenza di 2 e poi moltiplicare per 3 il risultato della divisione, ottenendo così l'esponente a cui elevare 10.

Il numero di sequenze possibili generate da 15.360 lanci di moneta sono quindi:

$2^{15.360} = (2^{10})^{1.536} \approx (10^3)^{1.536} = 10^{4.608}$

Vale a dire, un *uno* seguito da quattromilaseicentootto *zeri*.

Nell'approssimazione siamo stati *scarsi*, quindi il valore, in realtà, sarebbe *più grande*, ma per noi, interessati a ragionare su ordini di grandezza e non a trovare risultati esatti, è un'approssimazione sufficiente. Anche se nel seguito *giocheremo* con gli *zeri* con grande disinvoltura (al limite del *pazzesco*),

vi invito a tenere sempre presente che, nella vita reale, uno, due o tre zeri in più o in meno fanno una grande differenza: se un chilo di carote costasse un Euro, lo paghereste mille Euro? Non credo proprio. Eppure i numeri che andremo ad affrontare saranno talmente enormi che a volte trascurare qualche zero non farà alcuna differenza.

***

Questa nota è più complessa e più noiosa delle altre e non perderete niente saltandola, ma per i *precisini* e i più volonterosi, vediamo quale sarebbe il numero di sequenze possibili se non avessimo fatto ricorso a un'approssimazione.

Per quanti non lo sapessero, il *logaritmo* di un numero *b* in base *a* è l'esponente al quale si deve elevare *a* per ottenere *b* e si indica $log_a\, b$. Quando non si indica la base, si intende che essa sia 10 e $log_{10}\, b$ è una funzione che le calcolatrici sanno calcolare.

Inoltre, una proprietà utile per calcolare logaritmi in base qualsiasi è:

$$\log_a b = \frac{\log b}{\log a}$$

Tornano ai nostri numeri, $\log_{10} 1.024 = 3{,}010299957$

Quindi l'equivalenza vera sarebbe:

$$2^{15.360} = (2^{10})^{1.536} = (10^{3{,}010299957})^{1.536} = 10^{4.624}$$

Cioè, per passare dall'approssimazione al valore vero, bisognerebbe aggiungere sedici zeri, vale a dire moltiplicare per dieci milioni di miliardi.

10.000.000.000.000.000
sedici zeri

10.000.000 x 1.000.000.000
sette zeri x nove zeri
dieci milioni di miliardi

Aver approssimato 1.024 a 1.000 -se aveste un credito di 1.024 Euro, non vi accontentereste di riscuoterne 1.000?- porta a uno svarione abissale. Tornando alle carote, sarebbe come pagarne un chilo più di quanto costerebbero dieci milioni di ville da un miliardo di Euro ciascuna. Eppure, come vedremo, uno *svarione* così abnorme e grossolano non sarà determinante per i risultati.

In modo simmetrico, possiamo calcolare la lunghezza delle sequenza che renderebbe possibili $10^{4.608}$ combinazioni.

$$\log_2 10^{4.608} = \frac{\log 10^{4.608}}{\log 2} = \frac{4.608}{0{,}3010299957} = 15.307$$

Che i caratteri binari fossero 15.307 invece dei 15.360 considerati -vale a dire, che il programma fosse costituito da 15.307/8=1.913 caratteri alfabetici invece dei 1.920 originari- non sembrerebbe dover fare molta differenza (basterebbe togliere una parola di sette lettere) eppure il numero di sequenze possibili varierebbe di 10 milioni di miliardi di volte.

Nota: che $\log_{10}1024$= 3,010299957 e $\log_{10} 2$ = 0,3010299957 ovviamente non è un caso, infatti se $\log_{10}2^{10}$=a e $\log_{10}2$=b si ha che $10^a=2^{10}$ e $10^b=2$ da cui, sostituendo l'espressione di 2, $10^a=(10^b)^{10}$ e quindi a=10b

***

Assumiamo quindi che le sequenze possibili siano $10^{4.608}$: avete idea di quanto sia enorme questo numero?

Nei prossimi capitoli tenteremo di intuirne l'ordine di grandezza e ricordate, anche se non lo ripeteremo, che in verità il numero sarebbe molto, molto più grande: non il doppio o il triplo -che già sarebbe tanto- ma addirittura dieci milioni di miliardi volte tanto.

14 Un numero davvero grande

Tentiamo di intuire quanto sia grande il numero $10^{4.608}$, che rappresenta il numero delle combinazioni possibili di 15.360 caratteri 0 e 1 (o T e C o linea punto ecc.).

Proviamo a sfruttare l'equivalenza con le distanze che ci ha aiutato a concepire i tempi molto lunghi. Se scrivessimo ognuna delle sequenze possibili su un foglietto di carta e ogni foglietto di carta avesse spessore un millimetro, otterremmo una pila di foglietti alta un chilometro per ogni milione di sequenze. Quindi in totale la pila di tutti i foglietti sarebbe alta, togliendo sei zeri per passare da millimetri a chilometri, $10^{4.602}$ chilometri, cioè un 1 seguito da 4.602 zeri.

Purtroppo, questa volta, usare il paragone con le distanze non viene in aiuto.

Proviamo in un modo diverso.

Un *anno luce* corrisponde alla distanza percorsa dalla luce in un anno viaggiando a 300.000 chilometri al secondo ed è pari a circa 10^{13} Km.

300.000	x	60	x	60	x	24	x	365	=	$9{,}46^{12} \approx 10^{13}$
Km/sec		sec/min		min/ora		ore/giorno		giorni/anno		Km/anno luce

Quindi 10^{13} Km equivalgono a un anno luce e per ottenere in anni luce una distanza espressa in chilometri non resta che dividere il numero di Km per 10^{13}: togliendo 13 zeri ai 4.602, la nostra distanza sarebbe pari a $10^{4.589}$ anni luce.

L'universo *osservabile* è stimato essere una sfera di diametro 93 miliardi di anni luce (wikipedia), cioè 93 miliardi di volte la distanza percorsa dalla luce in un anno viaggiando a trecento-

mila chilometri al secondo. Tale numero si può scrivere $93 \cdot 10^9 = 9{,}3 \cdot 10^{10} \approx 10^{11}$

***

nota: il simbolo "·" rappresenta l'operatore "moltiplicazione" ed ha lo stesso identico significato del simbolo "x": in certi casi, il primo è preferito al secondo per snellire le formule

***

Quindi la nostra pila, togliendo altri undici zeri, andrebbe avanti e indietro tra i confini opposti dell'universo osservabile per $10^{4.578}$ volte.

Risulta evidente che la situazione non cambierebbe molto nemmeno usando carta sottilissima: anche usando foglietti dello spessore di un millesimo di millimetro -quindi togliendo altri tre zeri- la pila non si ridurrebbe a una dimensione concepibile.

(Nota: Se volete, per esercizio, potete verificare se l'insieme dei foglietti riempirebbe l'intero spazio dell'universo osservabile. Per quanto riguarda me, ne ho abbastanza e mi fermo qui.)

Ora, tra tutti i foglietti che costituiscono quella pila di dimensione inconcepibile, su **uno solo** è scritta la sequenza giusta.

In altre parole, la probabilità di ottenere casualmente una sequenza equivalente a quella corrispondente al nostro inutile, brevissimo e insignificante programmino è di 1 su $10^{4.608}$

cioè $\frac{1}{10^{4.608}} = 0,\underbrace{tre\_pagine\_di\_zeri}\,1$

Questo numero -che ha la prima cifra significativa alla quattromilaseicentoottava posizione dopo la virgola- è relativamente più facile da immaginare rispetto al suo inverso, perché mentre $10^{4.608}$ è talmente grande da non essere immaginabile, il suo inverso è talmente piccolo da essere facilmente immaginabile: è praticamente ZERO.

Volendo essere pignoli, il problema, simmetrico rispetto al precedente, è che il valore sarebbe talmente *vicino a zero*, ma senza essere *zero*, da non poterne concepire la distanza.

Per fornire un termine di paragone, le probabilità di fare *sei* al *superenalotto* sono:

$$\frac{1}{6 \cdot 10^8}$$

Ci sono quattromilaseicento zeri di differenza. In più, volendo, ci sarebbero anche i sedici zeri che abbiamo trascurato fin dalla prima approssimazione, che già da soli ridicolizzerebbero gli otto zeri delle combinazioni del superenalotto. Regolatevi un po' voi.

***

Per calcolare le probabilità di fare *sei* al Superenalotto occorre innanzitutto introdurre, per chi non la conoscesse, l'operazione *fattoriale*, che si indica con ! e consiste nel moltiplicare un numero per se stesso, ogni volta diminuendolo di 1 fino ad arrivare a 1.

Esempi.

$3! = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$
$4! = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 24$

Per trovare quante combinazioni di *sei* numeri si possono ottenere con i 90 numeri del lotto, si procede come segue.

Il primo numero delle *sestine* può essere uno qualsiasi dei 90 numeri. Il secondo numero può essere ciascuno degli 89 numeri rimanenti, quindi il numero degli *ambi* sarà $90 \cdot 89$. Analogamente, il numero dei *terni* sarà uguale al numero degli *ambi* moltiplicato per 88 e così via fino al numero delle *sestine* che sarà

$90 \cdot 89 \cdot 88 \cdot 87 \cdot 86 \cdot 85$

cioè, usando l'operatore *fattoriale*

$90!/(90-6)!$

A questo punto, però, bisogna considerare che tutte le sestine formate dagli stessi sei numeri sono equivalenti tra loro: per esempio 3-15-34-66-59-12 è equivalente a 66-59-12-3-15-34 e a 3-15-59-12-34-66 ecc.

Quindi, quante sestine si possono fare con gli stessi sei numeri scambiandoli di posto?

Procedendo come prima, sarà facile verificare che se ne possono fare 6!, da cui il numero di sestine diverse si riduce a:

$90!/(90-6)!/6! = 90!/84!/6! = 622.614.630 \approx 6 \cdot 10^8$

Nota.

Può essere interessante ricordare che una scommessa si dice *equa* se il moltiplicatore in caso di vittoria è l'inverso delle probabilità di vincere.

Se, per esempio, giocate a Testa o Croce e avete quindi il 50% di probabilità di vincere (cioè 1/2), la scommessa sarebbe *equa* se a chi vince venisse pagata 2 volte la posta. Con questa condizione, alla lunga il vostro bilancio sarebbe di pareggio o poco discosto dal pareggio.

In riferimento al *Superenalotto*, la scommessa sarebbe *equa* se, giocando 1 Euro, in caso di vittoria si vincessero oltre *seicentoventiduemilioni* di Euro (ma è fin troppo ovvio che nessuno avrebbe vantaggio a organizzare lotterie *eque*).

***

Nei prossimi capitoli saranno esposte considerazioni più o meno fantasiose, ma tutte mortalmente noiose, sulla possibilità di ottenere per *caso* qualcosa di funzionante. Anticipando che le probabilità saranno irrimediabilmente ZERO, non perderete molto saltando direttamente al capitolo 19.

15 Non diamoci per vinti

Tentiamo un'altra via per cercare di concepire quanto sia grande il numero $10^{4.608}$

Un bicchiere del volume di circa 200 cm^3, cioè 1/5 di litro, può contenere qualcosa come 10^{24} molecole d'acqua.

***

In 12 grammi di *carbonio-12* (che ha, appunto, massa atomica 12) sono contenuti $6{,}022 \cdot 10^{23}$ atomi (numero di Avogadro).

Si definisce *mole* una quantità pari a $6{,}022 \cdot 10^{23}$ molecole di una determinata sostanza.

Ne risulta che, analogamente a quanto accade per il C-12, una *mole* di qualsiasi materia ha massa, espressa in grammi, pari al suo peso molecolare.

In riferimento alla molecola dell'acqua, che ha formula H_2O e, quindi, massa atomica 18, una mole avrà massa 18 grammi, e dato che 1g di acqua distillata a 4 °C ha volume 1 cm^3, risulta che il volume di una *mole* di acqua, cioè 18 g, sarà pari a 18 cm^3.

Ne consegue che:

$$\frac{200\ cm^3}{18\ cm^3/mole} = 11{,}111\ moli$$

da cui:

$$11{,}111\ moli \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{molecole}/mole = 6{,}69 \cdot 10^{24}\ \text{molecole}$$

che approssimiamo per difetto a 10^{24}

***

Per cercare di farvi un'idea di quanto sia piccola una molecola d'acqua, considerate che il volume di tutti i mari e gli oceani della terra è stimato in 1,34 miliardi di Km^3 (wikipedia). In tale volume sono contenuti

$$\frac{1{,}34\cdot 10^9\ Km^3 \cdot\ 10^{15}\ cm^3/Km^3}{200\ cm^3} = 6{,}7\cdot 10^{21} \text{ bicchieri d'acqua}$$

In altre parole, ci sono molte più molecole d'acqua in un bicchiere (oltre 10^{24}) di quanti bicchieri d'acqua ci stiano in tutti i mari e gli oceani della Terra (meno di 10^{22}), cioè un bicchiere rispetto a tutti i mari è oltre cento volte più grande di quanto sia una molecola d'acqua rispetto al bicchiere.

Se volete, pensate di versare in mare un bicchiere di molecole d'acqua marcate per poter essere riconosciute, poi aspettate che le molecole si distribuiscano in modo uniforme in tutti i mari. Infine prelevate da un mare qualsiasi un bicchiere d'acqua: ci trovereste un centinaio delle molecole marcate.

Dato che ormai avete intuito (beati voi) quanto sia piccola una molecola d'acqua e quanto siano grandi i mari, provate a stimare quale sia la probabilità di pescare una singola e ben determinata molecola d'acqua in mezzo a tutte le altre molecole d'acqua dei mari.

Considerato che i mari e gli oceani contengono

$$\frac{1{,}34\cdot 10^{9}\,\mathrm{Km}^3\cdot 10^{15}\,\mathrm{cm}^3/\mathrm{Km}^3}{18\ \mathrm{cm}^3/\mathrm{mole}}\cdot 6\cdot 10^{23}\ \text{molecole/mole}=4{,}46\cdot 10^{46}\,\text{molecole}$$

la probabilità di pescare una singola e ben precisa molecola (che, credo, sia una delle cose più assurde che si possano sperare) è di uno su $4{,}4\cdot 10^{46}$, valore infinitamente più grande rispetto alla probabilità di pescare, tra tutti i foglietti riportanti le possibili combinazioni, quello con la combinazione vincente, che abbiamo visto essere uno su $10^{4.608}$: ci sono oltre quattromilacinquecentocinquanta zeri di differenza.

16 Un altro tentativo

Facciamo un altro tentativo di concepire l'entità del numero $10^{4.608}$.

Supponiamo che un computer possa controllare mille sequenze in un secondo. Nel nostro caso, il controllo consiste nel prelevare una sequenza tra quelle esistenti e verificare se sia o meno uguale a quella di riferimento.

Per controllare le $10^{4.608}$ sequenze possibili impiegherebbe

$$\frac{10^{4.608}}{10^{3}} = 10^{4.605} \text{ secondi}$$

che, tenendo conto che in un anno ci sono

$$60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \approx 10^{7} \text{ secondi}$$

corrispondono a

$$\frac{10^{4.605}}{10^{7}} = 10^{4.598} \text{ anni}$$

Computer lento! Prendiamone pure uno che elabori un miliardo di sequenze al secondo: gli anni, togliendo altri sei zeri, si ridurrebbero a $10^{4.592}$: considerate che l'età della Terra è di circa $4 \cdot 10^{9}$ anni e vi farete un'idea di cosa significhi un'impresa del genere.

Ma forse ce la facciamo usando più computer. Diciamo di voler completare il lavoro in un milione di anni (tempo ragionevole, no?). Se un computer impiegherebbe $10^{4.592}$ anni a controllare tutte le combinazioni possibili, volendo terminare il la-

voro in un milione di anni servirebbero $10^{4.592}/10^6 = 10^{4.586}$ computer. E dove li mettiamo così tanti computer?

Diciamo che un computer compatto, senza monitor, abbia dimensioni 20 cm x 20 cm x 3 cm = 1.200 cm^3 che, per comodità, arrotondiamo a 1.000 cm^3, cioè 1 dm^3.

Dividendo per mille, per trasformare in metri cubi, otteniamo 10^{-3} m^3 e, dividendo ancora per un miliardo, otteniamo 10^{-12} Km^3.

La Terra è all'incirca una sfera di raggio 6.500 Km: la approssimiamo, per eccesso, a un cubo di lato 6.500 x 2 = 13.000 Km.

Il volume della Terra, approssimato molto per eccesso, è quindi di circa:

$$(1{,}3\cdot 10^4)^3 = 1{,}3\cdot 10^{12}\ Km^3$$

Cioè, riempiendo tutto il volume della terra di computer, ce ne starebbero

$$\frac{1{,}3\cdot 10^{12}}{10^{-12}} = 1{,}3\cdot 10^{12}\cdot 10^{12} = 1{,}3\cdot 10^{24}$$

A noi ne servono $10^{4.586}$, quindi mancano ancora 4.562 zeri. Attenzione, non 4.562 computer, ma 1 e 4.562 zeri computer.

Ultimo tentativo: e se ogni computer fosse grande, o meglio, piccolo come una molecola d'acqua?

Da quanto abbiamo visto, ogni molecola d'acqua ha volume:

$$\frac{18\ cm^3}{6\ ,022 \cdot 10^{23}} = 3 \cdot 10^{-23}\ cm^3$$

Ricordando che il volume della terra è circa $1{,}3 \cdot 10^{12}$ Km^3, se la terra fosse costituita solo da molecole d'acqua, se ne conterebbero:

$$\frac{1{,}3 \cdot 10^{12}\ Km^3 \cdot 10^{15}\ cm^3/Km^3}{3 \cdot 10^{-23}\ cm^3} = 4{,}3 \cdot 10^{49}$$

Niente da fare, a noi di computer ne servirebbero $10^{4.586}$: non riusciremmo a controllare tutte le sequenze nemmeno riempiendo completamente la terra con calcolatori delle dimensioni di una molecola d'acqua, che elaborassero un miliardo di sequenze al secondo e che lavorassero per un milione di anni.

Vogliamo esagerare? Ci accontenteremo, invece di impiegare un milione di anni, di impiegarne dieci miliardi, cioè più del doppio della vita della Terra. Togliamo ancora quattro zeri: resta ancora un fabbisogno di $10^{4.582}$ computer contro una disponibilità di meno di 10^{51}.

E considerate che dovreste disporre di computer piccoli come molecole d'acqua.

I più attenti faranno notare che, statisticamente, non necessariamente si devono controllare tutte le sequenze per trovare quella cercata. Vediamo cosa significa questa obiezione.

Decidendo di controllare tutte le sequenze, si avrà in partenza una probabilità pari al 100% (cioè la certezza) di trovare quella cercata.

Ma supponiamo di accontentarci di avere il 50% di probabilità di trovare la sequenza desiderata: quante sequenze dovremmo controllare?

Se dividessimo il numero totale delle sequenze possibili in due gruppi, quella che cerchiamo apparterrebbe a un gruppo oppure all'altro; quindi, decidendo di controllare uno dei due gruppi, avremo il 50% di probabilità che la sequenza cercata appartenga a quello.

Analogamente, se ci accontentassimo di un 33,33% di probabilità di successo, ci basterebbe controllare 1/3 delle sequenze.

Ovviamente, al diminuire dei controlli da fare diminuisce anche il tempo necessario.

Dove ci porta questo ragionamento?

Supponiamo di avere a disposizione i 10^{51} computer che compiono 10^{9} controlli al secondo e di farli lavorare per 10^{10} anni. In tutto riuscirebbero a controllare:

$$10^{51} \cdot 10^{9} \cdot 10^{10} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 3 \cdot 10^{77} \text{ sequenze}$$

Che probabilità ci sono che in un gruppo di $3 \cdot 10^{77}$ sequenze ci sia quella che cerchiamo?

$$\frac{3 \cdot 10^{77}}{10^{4.608}} = 3 \cdot 10^{-4.531}$$

Ciò significa che già in partenza sapremmo che la probabilità di trovare la sequenza che cerchiamo è ZERO.

Potremmo provare con computer piccoli come molecole di idrogeno (H_2) -molto più piccole di quelle di acqua- o calcolare quanti pianeti o sistemi solari o galassie servirebbero per contenere i computer necessari, ma a questo punto mi arrendo: tutti

gli sforzi che potrei fare non basterebbero a rendere intuibile quanto insignificante sia la probabilità che un evento casuale estragga la sequenza del nostro software: il numero è così piccolo o, simmetricamente, le sequenze possibili sono così tante, da sfuggire alla comprensione.

A ciò aggiungete che un programma *vero* è ben più complesso di quello dell'esempio e può essere composto da centinaia di sottoprogrammi, ciascuno costituito da milioni di caratteri: fate ciò che potete per stimare quante sono le probabilità che si generi casualmente la sequenza giusta che lo rappresenta.

Tutto questo senza esserci ancora minimamente preoccupati del fatto che la sequenza giusta, una volta trovata, dovrebbe caricarsi nella *scheda* giusta, costituita dai *componenti* giusti. Dopodiché, la *scheda* dovrebbe installarsi sulla *macchina* giusta, equipaggiata dal *motore* giusto, il cui *pistone* siete riusciti a generare dal *caos* all'inizio dei tempi.

Certo, la sequenza che cerchiamo potrebbe essere la prima che controlliamo e anche tutto il resto potrebbe accadere, ma se a voi serve una fortuna sfacciata per vincere una *tombola*, cosa servirebbe al *caso* per generare una macchina funzionante?

Il motivo per cui ci siamo soffermati solo sul *software* invece che considerare anche l'*hardware* è fin troppo banale: sul primo abbiamo potuto ragionare numeri alla mano, mentre avremmo potuto trattare il secondo solo in termini qualitativi perché, benché sia evidente che anch'esso non può generarsi per *caso*, stimare le varie probabilità non sarebbe stato altrettanto semplice e *oggettivo*.

Il risultato, però, è comunque apprezzabile in quanto, dato che per ottenere il *tutto* occorrono *tutte* le parti, dimostrare che una parte NON può generarsi per *caso* implica che a maggior ragione non può generarsi per *caso* il *tutto*.

17 Un piccolo aiuto

Per non lasciare niente di intentato, contiamo i caratteri che rappresentano il programma e ci accorgiamo che la sequenza contiene 8.253 *zeri* e 7.107 *uno*, per un totale di 15.360 caratteri.

Orrore: il numero di *zeri* è maggiore di quello di *uno* di 1.146 unità. Cioè, rispetto al totale, gli *zeri* sono il 54% mentre gli *uno* sono solo il 46%.

Certo, non siamo tanto lontani da 50%, ma nemmeno vicini quanto ci si potrebbe aspettare da una distribuzione davvero *casuale*.

La spiegazione sta nel fatto che i caratteri alfabetici originali sono rappresentati da numeri piccoli, per cui l'*ottupla* di *zero-uno* che li rappresenta comincia sempre con *zero* (riguardate il tabulato). Quindi il vantaggio che ha lo *zero* rispetto all'*uno* è dato dalla convenzione di codifica e se stessimo studiando la distribuzione degli *zeri* e *uno* nel tabulato potremmo concludere che la moneta che lo ha generato era truccata.

Per la verità, anche se a noi non interessa la distribuzione di *zeri* e *uno*, questa osservazione ha una ripercussione anche sul numero delle combinazioni possibili, perché se invece di una codifica a *otto* caratteri binari se ne prendesse una a *sette* -dato che il primo carattere è sempre *zero*, ai fini della trasmissione di informazioni è come non ci fosse- si otterrebbe un numero di possibili sequenze molto minore. Rifacendo i calcoli si ottiene:

1.920 x 7 = 13.440 (anziché 15.360), quindi, coi passaggi già visti

$2^{13.440} = (2^{10})^{1.344} = (10^{3})^{1.344} = 10^{4.032}$
(invece di $10^{4.608}$)

Il numero si è ridotto di 10^{576} volte , cioè è più corto di quasi *seicento* zeri (e dopo quello che abbiamo visto, comincerete a

intuire cosa significhi un numero di seicento cifre), ma nonostante ciò è ancora talmente grande da non modificare sostanzialmente i risultati ottenuti finora.

18 Un altro aiuto

Non è corretto a livello logico, ma qualcuno potrebbe comunque obiettare che non tutte le sequenze generate casualmente sarebbero accettabili: nella sequenza corrispondente al programma c'è un numero ben definito di *uno* e un numero ben definito di *zeri*, quindi le combinazioni possibili sono molto meno di quelle considerate fino ad ora.

Anche se accettare questa impostazione sarebbe come ammettere di sapere a priori quali elementi costituiranno la sequenza -cosa che, ovviamente, il *caso* non potrebbe sapere- vediamo come si modificano le cose in questo scenario.

Tenuto conto anche di quanto visto nel capitolo precedente, lavoreremo su sequenze lunghe solo 13.440 caratteri (anziché quella iniziale di 15.360) e con una distribuzione di *zeri* e *uno* pari al 50%. La situazione diventa:

Lunghezza sequenza:	13.440 caratteri
Numero zeri:	6.720
Numero di uno:	6.720

***

Per trovare il numero di sequenze che ci interessa cominciamo con un esempio in piccolo: lanciando 6 volte una moneta, quante sequenze hanno 3 C e 3T?

Il ragionamento è molto simile a quello usato in precedenza per calcolare il numero di *sestine* del Superenalotto.

Immaginiamo la sequenza come un casellario con 6 posti. Partendo da casellario vuoto, la prima T può occupare una qualsiasi delle 6 posizioni. Per ciascuna delle 6 posizioni in cui avete piazzato la prima T, la seconda T potrà occupare una delle 5 caselle rimaste libere, quindi le coppie possibili di due T sono 6 x 5 = 30. Analogamente, la terza T potrà occupare una

della quattro posizioni rimaste libere dopo aver piazzato le prime due T, quindi le triplette saranno 30 x 4 = 120.

Ciò sarebbe vero se se le tre T fossero diverse tra loro, ma dato che, per il nostro scopo, una T vale l'altra, le combinazioni, per esempio:

_ T_1_T_2_ _T_3

sarà uguale alla

_ T_3_T_1_ _T_2

e alla

_ T_2_T_1_ _T_3

e così via per tutte le combinazioni possibili di tre elementi che sono, immaginando uno schedario di 3 caselle da riempire con 3 schede: 3 x 2 x 1 = 3! = 6

Quindi le combinazioni possibili e diverse tra loro di 3 T sistemate in 6 caselle saranno 120/6 = 20.

Trovato il numero delle combinazioni diverse in cui possiamo sistemare le T abbiamo trovato il numero che cerchiamo, in quanto le C andranno a riempire le caselle rimaste vuote senza cambiare il numero di combinazioni possibili.

Tradotto in formula, il ragionamento del casellario diventa, chiamando N_T il numero di T da piazzare, N_C il numero di C da piazzare ed $N=N_T+N_C$

numero sequenze possibili = $N!/N_C!/N_T!$

Nell'esempio:
N! = 6x5x4x3x2x1

$N_C! = 3x2x1$
$N_T! = 3x2x1$

Quindi: $N!/N_C! = 6x5x4 = 120$, che è proprio il numero di combinazioni in cui abbiamo visto possiamo sistemare le tre tessere T; dividere ancora per $N_T! = 6$ rende conto dal fatto che tutte le tessere T sono equivalenti.

***

Passando ai numeri che ci interessano:

numero sequenze = 13.440! / 6.720! /6.720! =

$= 1{,}7 \cdot 10^{49.651} / (6x10^{22.803})^2 = 4{,}8 \cdot 10^{4.043}$

Considerato che il numero totale delle sequenze lunghe 13.440 caratteri è $10^{4.045}$, non è che considerare solo quelle con lo stesso numero di *zeri* e *uno* aiuti molto: i numeri differiscono *solo* di un fattore 100, cioè per ogni sequenza con lo stesso numero di *zeri* e *uno* ce ne sono cento con numero diverso di *zeri* e *uno*.

La cosa, a prima vista molto *strana*, si può capire se si pensa che, per esempio, solo una sequenza è costituita da tutti *zeri* e solo una è costituita da tutti *uno*.

***

Nell'esempio fatto con N = 6 abbiamo visto che le combinazioni possibili che hanno 3 T e 3 C sono 20, mentre tutte le combinazioni possibili sono $2^6 = 64$.

Calcolando tutte le possibilità:

combinazione	n
6T e 0C	1
5T e 1C	6
4T e 2C	15
3T e 3C	20
2T e 4C	15
1T e 5C	6
0T e 6C	1
tot	64

Si vede che il maggior numero di combinazioni possibili si ha con 3T e 3C, ma si vede anche che la somma delle altre è più del doppio.

Per gli amanti del gioco d'azzardo, ciò che significa che, giocando a *testa o croce*, la sequenza più probabile di una serie di lanci sarà quella con lo stesso stesso numero di uscite T e C, ma che sarà molto più probabile che si verifichi una sequenza con numero di C e T diverso.

Attenzione: anche se è più probabile che si verifichi una sequenza con lo stesso numero di C e T, ciò non significa che dopo tante uscite T sarà più probabile un lancio C: ad ogni lancio le probabilità di T e C restano 50% ed è una sciocchezza giocare i numeri ritardatari al lotto.

Ma non siamo qui per applicare il calcolo combinatorio al gioco d'azzardo, quindi torniamo alle nostre *macchine*.

***

19 Commenti

C'è ancora un aspetto non del tutto marginale da considerare prima di lasciare l'argomento software.

Osservate il tabulato del programma scritto in chiaro: vedete quante righe rosse ci sono? Al contrario di ciò che si potrebbe pensare, le righe in rosso non sono le più importanti ma, al contrario, funzionalmente sono del tutto inutili: si tratta di *commenti*.

Persino il programmatore che ha elaborato il software (figuriamoci un altro), a distanza di anni -a volte anche solo di giorni- non sarebbe in grado di raccapezzarsi nello sterminato tabulato del suo programma. Quindi i programmatori commentano ogni istruzione in modo da poter ricostruire, a distanza di tempo, la logica e il funzionamento del programma.

Le righe di commento non vengono considerate durante l'elaborazione e potrebbero essere completamente eliminate dal programma senza variare in alcun modo il risultato. Ne risultano alcune conseguenze:

- si riduce drasticamente il numero dei caratteri significativi del programma
- aumentano, e di molto, le probabilità di ottenere casualmente una sequenza che corrisponda al programma nelle sole parti funzionali
- tutte le sequenze che differiscono solo per i caratteri di commento sono funzionanti (eventuali errori contenuti nelle righe di commento non provocano alcun danno)

Considerando quindi di dimezzare il numero dei caratteri significativi, si ottiene che la sequenza *funzionale* sarebbe lunga *solo*, diciamo, 6.000 caratteri binari, e ripetendo i calcoli le combinazioni possibili sarebbero *solo* $10^{1.800}$.

$1/ 10^{1.800}$ è infinitamente più grande di $1/10^{4.608}$ ma, ciò nonostante, ripetendo calcoli e ragionamenti, le probabilità di successo restano ZERO.

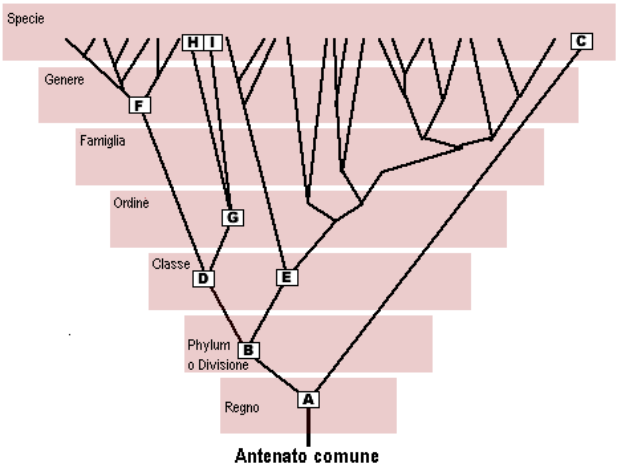
20 Computer quantistico

I più aggiornati, a questo punto obietteranno che con un computer quantistico il problema della ricerca del foglietto con la combinazione *vincente* potrebbe essere risolto in un tempo ragionevole. È possibile che sia così (lascio a voi studiare il funzionamento dei *QBit* e degli algoritmi quantistici), ma il problema non consisteva nel trovare la combinazione giusta, bensì cercare di intuire quanto sia improbabile estrarre *a caso* la combinazione giusta tra quelle possibili. Anche se un computer quantistico potesse compiere contemporaneamente un numero enorme di confronti e potesse quindi esaurire lo spoglio delle schede in un tempo ragionevole, ciò non aumenterebbe le probabilità di pescare *per caso* il foglietto vincente.

Se poi, invece, l'avvento dei computer quantistici conducesse all'adozione di logiche nuove, in grado di affrontare gli eventi *attualmente* ritenuti dominati dal *caso* in modo diverso, allora tutto sarebbe stravolto, si dovrebbe abbandonare il concetto di *probabilità* e il mondo assumerebbe un aspetto completamente diverso (se non altro, sparirebbero lotterie e casinò): ciò però non dimostrerebbe che una macchina può emergere dal *caos* per *caso*, bensì, magari, si troverebbe cosa spinge la materia ad aggregarsi in forma organizzata.

21 Classificazione

Per raggruppare le *macchine*, prendiamo a prestito la classificazione usata per un tipo di entità molto diverse e che hanno stimolato studi più approfonditi su similitudini e differenze. È un campo molto discusso e controverso, in continua evoluzione, con distinzioni complesse e macchinose. A noi, che procediamo in modo grossolano -perché, per ora, i risultati ottenuti sono talmente netti da non richiedere sofisticate distinzioni- non serve stabilire con esattezza il confine tra un gruppo e l'altro, quindi possiamo adottare un schema qualsiasi tratto da Wikipedia e ragionare su quello.



Si vede, alla base, un progenitore comune: sarebbe quello che dovrebbe formarsi per *caso*, del quale abbiamo discusso fino ad ora e che non siamo riusciti a far generare se non con una probabilità talmente insignificante da essere praticamente *zero* (ma non proprio *zero*, perché, lo sappiamo, il biglietto vincente esiste).

Per la verità ci siamo occupati principalmente del *software*, perché affrontabile per via numerica, ma supponiamo pure che il biglietto vincente esista anche per l'*hardware* (tanto, già che abbiamo sfidato la fortuna del *caso* oltre ogni limite, tanto vale continuare a farlo per vedere dove ci può condurre il ragionare per assurdo).

Supponendo, quindi, contro ogni logica e ogni probabilità, che il *caso* fosse riuscito a superare lo scoglio insuperabile della costituzione della prima *macchina* funzionante, non resterebbe che far generare tutte le altre. Le vie possibili sono almeno due: generare ogni altra specie di *macchina* partendo da zero, oppure procedere dalla prima per ottenere le altre.

La prima strada presenterebbe, per ogni nuova specie di *macchina*, gli stessi identici problemi trattati fino ad ora, con la conseguenza che, se già le probabilità di ottenere una macchina erano *zero*, le probabilità di ottenerne due nello stesso modo sarebbero *zero* x *zero*, cioè, se mai possibile, ancora più *zero*.

Considerato che il numero di *zeri* dopo la virgola raddoppierebbe per due *macchine*, triplicherebbe per tre *macchine* e così via, la probabilità che tante macchine diverse si formino per *caso* diventa uno *zero* sempre più estremo.

Tenendo bene a mente la premessa per cui, contro ogni logica e ogni probabilità, il *caso* dovrebbe essere riuscito a superare lo scoglio insuperabile della costituzione della prima *macchina* funzionante, non resta che sondare l'altra via.

22 Evoluzione progressiva

Abbiamo visto quanto siano esigue le probabilità di pescare l'unico *software* che ci interessa tra i tantissimi possibili (due eufemismi per evitare di usare i termini *impossibile* e *infiniti*), senza il quale il nostro *hardware*, formatosi non si sa come, pure lui, contro ogni logica e ogni probabilità, resterebbe comunque inutilizzabile.

Questa premessa presta il fianco a una critica molto fondata: perché pretendere di pescare proprio *quel* software? Pur ammettendo che sia (quasi) impossibile pescare quel programma, non si può non tenere conto del fatto che magari uno qualsiasi degli altri *software* formati dallo stesso numero di caratteri andrebbe bene non per fare quella cosa, ma un'altra: come dire, invece di formarsi per caso un *monopattino*, andrebbe comunque bene se si formasse un *triciclo*, uno *schiaccianoci* o qualsiasi altra *macchina*.

Tutti i calcoli svolti fino a questo momento sono relativi alle probabilità di ottenere casualmente una sequenza ben precisa, ma il *caso* non può sapere quale dovrà essere il risultato e certamente le possibilità di ottenere casualmente ***una*** *macchina* sono molto più elevate di quelle di ottenere ***quella*** *macchina*.

Si può affrontare la questione cercando di ottenere altri *software* funzionanti apportando piccole modifiche *casuali* al *software* considerato.

Affinché si possa pensare a modifiche del *software*, non avendo a disposizione un programmatore per effettuarle ma dovendosi affidare al *caso*, non resta che considerare che la prima *macchina* dovrebbe essere in grado di replicarsi. Tutte le *macchine*, comunque formatesi, che non fossero in grado di replicarsi, escluderebbero la possibilità di introdurre errori o comunque, differenze. Quindi, per ipotizzare la comparsa di tutte le specie di *macchine*, almeno la capostipite dovrebbe avere la capacità di replicarsi (e scusate se è una condizione da poco).

Riassumendo (senza ogni volta ripetere la formuletta *contro ogni logica e ogni probabilità*) :

- deve essersi formato un *hardware*
- deve essersi formato un *software*
- *hardware* e *software* devono essere compatibili
- il *software* deve essersi installato nell'*hardware*
- la *macchina* deve disporre di una fonte di energia
- la *macchina* deve avere e la capacità di sfruttare la fonte di energia disponibile
- deve esistere la materia necessaria alla duplicazione
- la *macchina* deve essere in grado di replicare se stessa o, comunque, di costruire altre *macchine*
- la *macchina* deve essere in grado di introdurre errori nel *software* durante la duplicazione (va da sé che, se la macchina tendenzialmente si duplicasse senza errori, le probabilità di ottenere una copia del *software* diversa dall'originale, ma funzionante, sarebbero, al solito, ancora più *zero*)

Spero vi rendiate conto che continuare ad aggiungere condizioni equivale a ridurre le probabilità di successo, ma non mi pare di poter escludere alcuna delle condizioni poste.

Direi che abbiamo finito: ricordando che nemmeno per sogno si potrebbe sperare di far funzionare una macchina in grado di replicarsi con un software striminzito come quello di cui disponiamo, con l'ottimismo degli incoscienti partiamo pure per la nostra avventura.

Anticipo nuovamente la noiosità dei prossimi capitoli, dall'esito ormai scontato: si può tranquillamente saltare al capitolo 26.

Il programma è costituito da 1.920 caratteri alfabetici, divisi in 242 parole, su 66 righe.

I caratteri ASCII (***A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange*) a disposizione sono 128 (trascurando la tabella estesa che ne comprenderebbe 256).

La lunghezza media delle parole è 1.920/242= 8 e il numero medio di parole per riga è 242/66= 4. Il numero medio di caratteri per riga è 1.920/66=29 che, a 8 bit per carattere, significa una sequenza di 232 *zero* e *uno*.

Le sequenze possibili di *zero* e *uno* lunghe 232 sono:

$2^{232} \approx 10^{70}$

Tra queste, la stragrande maggioranza non avrà alcun senso e, ricordiamolo, il benché minimo errore di grammatica o di sintassi in una delle istruzioni funzionali renderebbe il programma inutilizzabile, quindi non ci si potrà accontentare di righe *quasi* giuste.

Proviamo a stimare quante possono essere le sequenze corrispondenti a istruzioni funzionanti.

Diciamo che un centinaio di parole rappresenti i comandi eseguibili e considerato che, oltre ai comandi, ci sono funzioni, nomi di variabili e numeri, assumiamo, per ora, che le parole utilizzabili possano essere un migliaio.

Con 10^3 parole si possono comporre 10^{12} frasi di quattro parole ciascuna (la prima parola può essere una qualsiasi delle 10^3 parole, come pure la seconda e così via).

La maggior parte delle frasi, formate a *caso*, non avrà senso perché unione di parole incompatibili tra loro.

Per esempio, riferendoci al linguaggio comune piuttosto che a quello di programmazione per agevolare la comprensione (ma il concetto non cambia):

cane fiume di corsa, *i gli vanno fra*, *due giraffa topo poco* ecc.

Altre frasi non sarebbero accettabili per l'ordine errato delle parole.

Per esempio:

cane il è bello, *è cane il bello*, *bello cane il è* ecc.

Oppure le frasi potrebbero contenere errori.

Per esempio:

il cane sono bello, *gli cane è bello*, *il cane è bella* ecc.

Stimiamo che, tra tutte le frasi, quelle accettabili siano una ogni mille, valore del tutto arbitrario, solo per vedere cosa accadrebbe (salvo poi verificare se l'ipotesi è sensata). Risulta che le sequenze valide -cioè le frasi di senso compiuto- potrebbero essere

$$10^{12} / 10^3 = 10^9$$

Con queste premesse, se la macchina, nel riprodursi, cambiasse in una riga un numero qualsiasi di caratteri, ci sarebbe una probabilità pari a

$$\frac{10^{9} \text{ sequenze significative}}{10^{70} \text{ sequenze possibili}} = 10^{-61}$$

che una nuova riga fosse un'istruzione eseguibile.

Dato che le modifiche, essendo *casuali*, potrebbero avvenire indistintamente su qualsiasi riga -anche tutte- ed essendo le righe 66, si avrebbe che la probabilità che tutte le righe modificate fossero di senso compiuto sarebbero:

$(10^{-61})^{66} = 10^{-4.026}$

cioè una su $10^{4.026}$: siamo di nuovo nell'ordine di grandezza delle probabilità che trovammo per la formazione casuale del programma di esempio e, come allora, dovremmo arrenderci all'evidenza che le probabilità di eventi del genere sono ZERO.

***

Nota1 : la cosa è facilmente spiegabile, in quanto è indifferente che si cerchi di ottenere un nuovo programma funzionante modificando casualmente tutto un programma esistente o assemblando casualmente il programma partendo da foglio bianco

Nota2: che tutte le righe siano di senso compiuto non significa che si tratti di un programma, infatti, perché un programma funzioni, è necessario che le righe, oltre a essere corrette, siano anche coordinate tra loro per conseguire uno scopo, cosa che ridurrebbe drasticamente il numero dei programmi funzionanti

***

Anche considerando che metà delle righe potrebbe essere di commenti, le probabilità di avere 33 righe funzionanti sarebbe:

$(10^{-61})^{33} = 10^{-2.013}$

e il risultato, pur essendo molto maggiore, costituirebbe comunque probabilità ZERO.

A questo punto è anche evidente come sia poco influente il numero delle parole di senso compiuto e la frequenza delle frasi accettabili. Per esempio, considerando un numero di parole pari a 500.000 (numero stimato di lemmi dell'intero dizionario di lingua inglese, circa doppio rispetto a quello della lingua italiana) e trascurando la lunghezza delle parole si otterrebbe:

numero di frasi di quattro parole = $(5 \cdot 10^5)^4 = 5 \cdot 10^{20}$

Ammettendo che tutte le frasi siano valide (ovviamente assurdo):

$$\frac{5 \cdot 10^{20} \text{ sequenze significative}}{10^{70} \text{ sequenze possibili}} = 5 \cdot 10^{-50}$$

e quindi:

$(10^{-50})^{33} = 10^{-1.650}$

Pur avendo introdotto ipotesi assurdamente favorevoli, le probabilità restano ZERO.

24 Ottenere una nuova riga funzionante

Ricordando che nel programma ci sono righe di commento, risulta che, se la modifica sarà apportata a una di quelle, la nuova macchina sarà funzionante come quella che l'ha generata anche se la riga non avrà senso. Al contrario, se la modifica avrà interessato una riga funzionante, la nuova macchina sarà non funzionante. Ciò non è strettamente vero, in quanto una riga di commento potrebbe essere trasformata in una riga da eseguire ma non funzionante e, viceversa, una riga funzionante potrebbe trasformarsi in un'altra riga funzionante, ma per non complicare troppo i calcoli trascuriamo questi casi.

Inoltre, a favore dell'ottenimento di un nuovo software funzionante, ipotizziamo che venga modificata solo una riga per ogni duplicazione.

***

Se si modificasse più di una riga per ogni duplicazione, le probabilità di ottenere software funzionanti diminuirebbero, infatti aumenterebbero le probabilità di modificare le righe funzionanti.

Per esempio, se si modificassero due righe a ogni duplicazione, considerato che le righe in totale sono 66, le possibilità sarebbero le seguenti.

numero di combinazioni di due righe modificate (p.e. prima e seconda, prima e terza, prima e quarta ecc.):

66!/64!/2! = 2.145

numero di combinazioni di due righe di commento modificate:

33!/31!/2!= 528

numero di combinazioni di due righe funzionanti modificate:

33!/31!/2!= 528

numero di combinazioni di una riga di commento e una riga funzionante modificate:
$33^2 = 1.089$

verifica del totale:
528 + 528 + 1.089 = 2.145

Ne consegue che la probabilità di avere due modifiche nelle righe di commento sarebbe pari a:
528/2.145=0,24

cioè circa metà rispetto allo 0,5 di avere modifiche solo nelle righe di commento se si modifica una sola riga.

Analogamente, con tre righe modificate si avrebbe:

totale combinazioni = 66!/63!/3! = 45.760

modifica di tre righe di commento = 33!/30!/3! = 5.456

modifica di tre righe funzionanti= 5.456

modifica di una riga di commento e di due righe funzionanti=
33·33!/31!/2!=17.424

modifica di una riga funzionante e di due righe di commento=
33·33!/31!/2!=17.424

tot= 5.456+5.456+17.424+17.424= 45.760

Da cui, la probabilità di avere modifiche solo nelle righe di commento:

5.456/45.760 = 0,12

che sono ancora meno di quelle trovate in precedenza.

Concludendo, com'era intuitivo fin dall'inizio, più righe si modificano a ogni duplicazioni e meno sono le probabilità che le modifiche interessino solo righe di commento e che, quindi, il software sia ancora funzionante.

D'altra parte, però, ipotizzare che si modifichi solo una riga a ogni duplicazione implica che la *macchina* sia predisposta per questo e, abbiamo visto, introdurre nuove condizioni riduce le probabilità che un evento si verifichi. In altre parole:

- ottenere una *macchina* che sappia duplicarsi è meno probabile rispetto a ottenere una *macchina* qualsiasi (immaginate voi quanto meno probabile)
- ottenere una *macchina* che, nel duplicarsi, introduce modifiche al software, è meno probabile che ottenere una *macchina* che si riproduce e basta
- ottenere una *macchina* che a ogni duplicazione modifica una sola riga del *software* è meno probabile che ottenere una *macchina* che introduce modifiche casuali

Ammettere che la *macchina*, nel duplicarsi, modifichi sempre una e una sola riga del *software* è, nell'assoluta improbabilità del contesto, la condizione che con maggiore probabilità porterà alla formazione di una *macchina* diversa e funzionante.

***

Supponiamo, quindi, che la prima *macchina* in qualche modo si sia formata e che abbia cominciato a riprodursi. Supponiamo anche -sfruttando il fatto che per grandi numeri la *fre-*

quenza diventa uguale alla *probabilità*- che ogni 10^{61} *macchine* nuove se ne generi una con il *software* diverso e funzionante (con $1/10^{61}$ = probabilità che si formi una nuova riga funzionante).

Ovviamente non può esistere *mezza macchina* funzionante, quindi il numero delle nuove *macchine* dovrebbe essere approssimato all'intero inferiore, ma per numeri abbastanza grandi -e dopo poche duplicazioni i numeri diventano grandi- possiamo trascurare questo aspetto. Alla prima duplicazione ci sarà una probabilità pari al 50% che la nuova *macchina* sia non funzionante (perché si è modificata una delle righe funzionanti), ma prima o poi la prima *macchina* riuscirà a duplicarsi in un'altra funzionante e da quel momento in poi, supponendo che nessuna macchina si guasti *mai* e continui a riprodursi *per sempre* (altra semplificazione poco probabile, ma trascuriamo anche questa) il numero di macchine nuove funzionanti crescerà, a ogni duplicazione, di un fattore 1,5 (cioè, delle nuove macchine, metà sarà funzionante e metà no).

Quindi, moltiplicando per 1,5 ad ogni duplicazione, alla *ennesima* duplicazione si avranno

$2 \cdot (1,5)^n$

macchine funzionanti.

Il numero di duplicazioni necessarie a ottenere un parco *macchine* funzionanti di 10^{61} esemplari -numero che, statisticamente, renderebbe possibile la comparsa di *macchine* diverse e funzionanti- si ottiene da:

$2 \cdot (1,5)^n = 10^{61}$

da cui, ricordando definizione e proprietà dei *logaritmi*:

$n = \log_{1,5}(10^{61}/2) = 344$

Raggiunto, dopo la 344*esima* duplicazione, il numero critico di macchine, alla 345*esima* duplicazione, statisticamente, si dovrebbe vedere la comparsa della prima *macchina* diversa funzionante.

Da quel momento in poi, ad ogni duplicazione è probabile che appaiano *macchine* diverse e funzionanti a un ritmo sempre crescente. Considerato che il numero totale di macchine raddoppia a ogni duplicazione, alla seconda duplicazione è probabile che si formino due *nuove macchine funzionanti*, alla terza quattro *nuove macchine funzionanti* e così via con le potenze di *due*.

Inoltre, anche il nuovo tipo di macchina si duplicherà (salvo che la modifica non sia tale da renderla incapace di duplicarsi) e formerà una popolazione in aumento con un tasso di crescita 1,5.

Nota: anche per la nuova *macchina* le prime duplicazioni potrebbero non portare ad aumento del numero degli esemplari -in quanto il 50% sarebbe non funzionante- ma, alla lunga, pure la nuova specie comincerebbe a crescere con tasso 1,5

Ricominciando a contare da *uno* le duplicazioni successive alla 344*esima* ed etichettando le *macchine* diverse e funzionanti con una lettera diversa, si avrebbe:

duplicazione oltre la 344*esima*	macchine diverse
1	1 tipo a

2	2 tipo a 1 tipo b 1 tipo c
3	4 tipo a 2 tipo b 2 tipo c 1 tipo d 1 tipo e 1 tipo f 1 tipo g

Nota: anche se non è probabile che accada, non si può escludere che una delle duplicazioni porti nuovamente alla comparsa di una macchina già comparsa in precedenza.

In sostanza, raggiunto il numero critico di 10^{61} macchine, diventerebbe molto probabile che la popolazione si differenziasse a un ritmo esponenziale.

Il tutto non richiederebbe nemmeno molto tempo perché, supponendo che avvenga una duplicazione ogni anno, in meno di quattro secoli si potrebbe disporre della prima *macchina* funzionante con *software* diverso ottenuta *casualmente*. Se poi la duplicazione avvenisse in un giorno, basterebbe meno di un anno. Questa volta il tempo pare essere favorevole e, come diceva *Frankenstein Junior* : SI... PUÒ... FARE!

Ci sarebbe solo un minuscolo problema da risolvere prima di stappare lo *champagne*: ricordate quante molecole di acqua potrebbe contenere l'intero pianeta Terra?

Abbondantemente approssimato per eccesso, il numero di molecole d'acqua che la Terra potrebbe ospitare sarebbe 10^{51}.

Nonostante abbiamo preso in considerazione un software di una semplicità estrema (assolutamente inadeguato a far funzio-

nare alcunché), abbiamo accettato l'esistenza della prima macchina funzionante e abbiamo sempre grossolanamente arrotondato i numeri a favore del *caso*, nonostante tutto ciò, per ottenere la prima *macchina* diversa e funzionante servirebbero 10^{61} macchine in grado di duplicarsi, contro un numero di molecole d'acqua occupanti l'intero volume del pianeta Terra pari a 10^{51}.

Ammesso di disporre di *macchine* piccole come molecole d'acqua, mancherebbero ancora qualcosa come *dieci* zeri, cioè servirebbero *dieci miliardi* di pianeti Terra per ospitare il numero critico di *macchine*, piccole come molecole d'acqua, in grado di generare nuove popolazioni di *macchine* con *software* diverso ma funzionante.

Se invece assumessimo $5 \cdot 10^{-50}$ come probabilità che una riga di commento diventi funzionante (come fatto al termine del capitolo precedente introducendo condizioni spudoratamente favorevoli), allora il numero critico di macchine si ridurrebbe a $2 \cdot 10^{49}$: come dire che ogni macchina potrebbe essere formata addirittura da una *cinquantina* di molecole d'acqua.

In questo caso, però, cosa accadrebbe alla prima duplicazione? Il volume della Terra raddoppierebbe, e così via ad ogni duplicazione arrivando ben presto a occupare tutto l'Universo. Senza considerare un altro piccolo problema: quale materia userebbero le *macchine* per duplicarsi? Potrebbero cannibalizzarsi tra loro, ma allora addio duplicazione.

Tralasciando gli spunti fantascientifici, sempre probabilisticamente parlando, una *macchina* diversa e funzionante potrebbe comunque apparire anche da una popolazione di numerosità inferiore a quella che abbiamo definito *critica*, ma *un* solo esemplare - pur se in grado di duplicarsi e, quindi, di formare una sua popolazione- non basterebbe a giustificare l'innumerevole quantità di *specie* di *macchine* diverse presenti sulla Terra:

se è lecito sperare di vincere a una lotteria, sarebbe grottesco credere di poter vincere sempre.

Inoltre, tutte le ipotesi fatte erano a favore del verificarsi dell'evento desiderato, quindi ogni ulteriore complicazione introdotta non farebbe che ridurre le probabilità di ottenere un *software* diverso e funzionante -cioè una nuova *specie* di *macchina*- a seguito di errori *casuali*.

Primo tra tutti i fattori da considerare potrebbe riguardare la vita utile delle *macchine*: se le *macchine* perdessero la capacità di funzionare -o anche solo di duplicarsi- dopo un certo periodo, magari anche il fattore tempo potrebbe diventare critico.

Poi ci sarebbe da considerare che, pur essendo la nuova riga di *software* corretta e funzionante, magari (anzi, quasi certamente) potrebbe essere inutile, insignificante, addirittura dannosa o semplicemente incompatibile con le altre. Per esempio, la nuova riga potrebbe cancellare un *file* creato da una delle altre, o rendere un *loop* infinito, o interrompere prematuramente un ciclo: è molto più probabile che le nuove istruzioni, generate a *caso*, pur se formalmente perfette, siano dannose piuttosto che utili. Si potrebbe cercare di stimare le probabilità che le nove istruzioni fossero, oltre che corrette -e quindi individualmente funzionanti- anche compatibili con un *software* funzionante nel suo complesso, ma ciò non è necessario in quanto già la prima condizione (istruzione corretta) è sufficiente a escludere che l'evento possa verificarsi.

25 Un'ultima verifica

Invece del *software* usato finora, molto semplice e costituito da poche righe, proviamo a prenderne uno strutturato in modo del tutto diverso, cioè costituito da una sequenza lunga 348.000 caratteri *zero/uno* invece dei miseri 15.000 del programmino che abbiamo preso come esempio.

Le righe sarebbero, ricordando che ogni riga era costituita mediamente da 232 caratteri *zero-uno*:

$348.000/232 = 1.500$

Per aumentare le probabilità di ottenere righe funzionanti, supponiamo anche che le righe di commento costituiscano, invece di metà, il 97% del programma, cioè siano: $1.500/100 \cdot 93 = 1.395$

(Nota: perché proprio 348.000 e 97% vi sarà chiaro tra qualche capitolo)

A questo punto, essendo le righe di commento in numero decisamente superiore a quello delle righe funzionanti, converrà ipotizzare che a ogni duplicazione si possano apportare modifiche multiple e casuali, in quanto le modifiche a righe di commento, se non risultassero utili, quanto meno non sarebbero dannose.

Con queste nuove ipotesi, mantenendo 10^{-61} come probabilità di ottenere una nuova riga funzionante, si avrebbe che la probabilità di ottenere un nuovo *software* funzionante sarebbe:

$$1-(1-10^{-61})^{1.500} \approx 1-(1- 1.500 \cdot 10^{-61}) \approx 1{,}5 \cdot 10^{-58}$$

(*nota: tra gli asterischi, sotto, troverete sia la spiegazione della formula che il metodo approssimato per ottenere il risultato*)

Il numero critico di *macchine*, con un programma molto più lungo ma allo stesso tempo molto più commentato, è diminuito di *mille* volte dal 10^{-61} del capitolo precedente. Ciononostante, all'atto pratico, le implicazioni sarebbero poco diverse.

***

Procedimento per calcolare le probabilità di ottenere almeno una riga funzionante.

Sia *p* la probabilità che una riga diventi funzionante: la probabilità che una riga sia NON funzionante sarebbe (1-*p*).

Essendo n le righe, le probabilità che tutte siano NON funzionanti sarebbe $(1-p)^n$, da cui la probabilità che almeno una riga sia funzionante sarebbe $1-(1-p)^n$

Metodo approssimato per calcolare $(1-a)^n$ con *a* molto piccolo.

Essendo $a<1$, a^2 sarà minore di *a*, a^3 sarà ancora minore e così via.

a=	a^2=	a^3=
0,9	0,81	0,729
0,5	0,25	0,125
0,1	0,01	0,001
0,01	0,0001	0,000001
0,001	0,000001	0,000000001

Con queste premesse, con a molto piccolo, potremo trascurare qualsiasi potenza di a rispetto a 1 e rispetto ad a.

Ne deriva che:
$(1-a)^2 = (1-a)\,(1-a) = 1- a- a+a^2 \approx 1-2a$

$(1-a)^3 = (1-a)^2\,(1-a) \approx (1-2a)\,(1-a) = 1-a-2a+2a^2 \approx 1-3a$

da cui: $(1-a)^n \approx 1-na$

***

26 Altre vie

Per non rassegnarmi all'idea che un evento sia così *altamente improbabile* da poter essere considerato *impossibile*, visto che pare non riuscirsi a generare per *caso* una *macchina*, mi spoglio per un momento degli abiti dell'ingegnere e provo, a rischio di scivoloni ancora più clamorosi, ad esplorare un campo sconosciuto: quello letterario.

Ricorderete quando accennammo al fatto che 1.920 caratteri potevano ordinarsi a formare "...terzine della *Divina Commedia*, versetti della *Bibbia*, il vostro estratto conto bancario o righe di altri programmi che svolgono funzioni diverse...".

In effetti, la portata dell'osservazione è molto vasta: considerato che, mediamente, una cartella editoriale è di 1.800 caratteri, con i 1.920 che abbiamo (o meglio "ho") deciso di usare come esempio, si possono formate TUTTE le pagine di TUTTI i libri di TUTTI i generi, scritti in TUTTE le lingue del pianeta. E, naturalmente, anche TUTTI i brani di TUTTI i giornali e di TUTTI i periodici scritti dalla scoperta della scrittura e che potranno essere scritti fino alla fine dei tempi. Nonché TUTTI gli opuscoli, i manifesti, i santini, i manuali di istruzioni ecc.

Ne risulta che sapere quante siano le pagine comprensibili potrebbe essere un buon metodo per stimare le possibilità di successo, cioè NON di estrarre LA pagina presa come esempio (il tabulato del software), ma una QUALSIASI pagina di significato compiuto.

Non che il compito sia diventato facile, ma proviamo a fare qualche tentativo.

Ho preso una pagina qualsiasi di questo libro e risulta che contiene 277 parole, poste su 34 righe, per un totale di 1907 caratteri, cosa che sembra confermare la correttezza dell'ipotesi di

partenza. In media: 277/34= 8 parole/riga, ciascuna di 1907/277= 6,88 caratteri.

Considerato che in precedenza si era considerato un tabulato composto da più righe (66) e, di conseguenza, meno parole/riga (4), i risultati ottenibili sarebbero diversi ma non in modo sostanziale: la differenza tra la struttura di un software e quella di un brano di prosa è significativa ma non più di tanto. Differenze analoghe potrebbero emergere considerando la poesia.

Vicolo cieco.

Sondiamo un'altra via.

Quanti libri esistono al mondo? Stando al numero stimato da Google (ricavato da una breve ricerca su Internet) al 1 agosto 2010 sarebbero stati 129.864.880 (cioè circa $1{,}3 \cdot 10^8$), numero che, ammesso sia attendibile, è destinato certamente ad aumentare in quanto scrittori e giornalisti non hanno smesso di scrivere. Inoltre, se quello era il numero dei libri, possiamo stimare che esistano almeno qualche migliaio di volte tanto quotidiani/periodici, cioè mille pubblicazioni per ogni libro. Il valore è, come sempre, del tutto arbitrario, quindi discutibile, ma andiamo avanti, solo per vedere dove si arriva. Consideriamo quindi 10^{12} pubblicazioni. Facendo una media, sempre arbitraria, di 300 pagine/pubblicazione, risulterebbe che le pagine scritte -diverse e di senso compiuto- sarebbero

$$10^{12} \cdot 300 = 3 \cdot 10^{14}$$

Assumendo che i caratteri tipografici siano circa 90 (lettere -maiuscole e minuscole- punteggiatura, spazio, cifre, parentesi, lira, dollaro, percento, segni matematici ecc.), risulta che le sequenze possibili sarebbero

$$90^{1.907} = 5{,}5 \cdot 10^{3.726}$$

La probabilità di pescare, tra tutte le pagine possibili, una pagina di senso compiuto, sarebbe pari a

$3 \cdot 10^{14} / 5{,}5 \cdot 10^{3.726} = 5{,}5 \cdot 10^{-3.713}$

Pur essendo il numero molto più grande del $10^{-4.608}$ che rappresentava la probabilità di pescare, tra tutti i foglietti possibili, quello riportante la sequenza del nostri software di prova (e considerate che *novecento* zeri in meno dopo la virgola sono qualcosa di impressionante), le considerazioni già fatte resterebbero valide.

Altro vicolo cieco.

Tra l'altro, per completezza, è ora anche di stimare cosa accadrebbe se, invece dell'insulso e inutile programmino di una misera paginetta, si avesse a che fare con un vero software. Ipotizziamo -sempre in modo del tutto arbitrario, ma così, giusto per avere un'idea- che il numero dei software sia pari a quello dei libri e che un software *vero* sia lungo quanto un libro. Abbiamo stimato in 300 pagine da 1.800 caratteri ciascuna la lunghezza di un libro medio, ipotesi che porta a 300·1.800 = 540.000 il numero totale di caratteri, i quali, codificati a 8 bit/carattere, forniscono sequenze lunghe 540.000x8= 4.320.000 bit.

Il numero possibile di sequenze lunghe 4.320.000 caratteri binari è, con le ormai consuete approssimazioni,

$$2^{4.320.000} = (2^{10})^{432.000} = (10^{3})^{432.000} = 10^{1.296.000}$$

numero che ridicolizza il $10^{4.624}$ che abbiamo finora considerato e che, per quanto *piccolo*, già ci aveva creato difficoltà insormontabili.

Comunque, per completezza, la possibilità di estrarre una delle 10^{12} pubblicazioni sensate tra quelle possibili sarebbe

$10^{12} / 10^{1.296.000} = 10^{-1.295.988}$

Non si può più nemmeno parlare di vicolo cieco: è sparito anche il vicolo!

Se poi pensaste a 3 *miliardi* di caratteri invece che 4 *milioni*, provate a immaginate (se ci riuscite) dove si andrebbe a finire (perché proprio 3 miliardi lo capirete tra qualche pagina).

Avrei potuto partire subito da questi numeri e abbandonare immediatamente ogni tentativo di dimostrazione, ma non immaginavo che la cosa fosse così spaventosamente abnorme, quindi ero partito per gradi, pronto a fare tante considerazioni. E comunque, per tentare di farmi un'idea, avevo bisogno di confrontare grandezze almeno vagamente comprensibili: se fossi partito subito con numeri così immensi non mi sarei reso conto di cosa significavano. Come peraltro, purtroppo, non mi rendo conto ora.

27 Trabocchetti

Fino a questo momento abbiamo calcolato probabilità talmente vicine a ZERO da far sembrare che *altamente improbabile* possa coincidere con *impossibile*. Purtroppo quella delle *probabilità* è un'arma a doppio taglio: da una parte consente di fare considerazioni anche quando la mancanza di conoscenza impedisce di avere certezze, dall'altra, però, rischia di portare a formulare paradossi. Per esempio, abbiamo visto che la probabilità di ottenere una sequenza di *mille* T consecutive lanciando una moneta è pari a

$$1/2^{1.000} \approx 10^{-300}$$

valore che ci porterebbe a stimare *impossibile* il verificarsi di quell'evento.

Al proposito, si può ricordare che si diffuse una certa inquietudine quando gli astronomi stimarono in

$$1/37 = 2{,}7 \cdot 10^{-2} \ (2{,}7\%)$$

la probabilità che l'asteroide 99942 Apophis colpisse la Terra.

In seguito, quando le stime furono rettificate a una probabilità di impatto pari a

$$1/250.000 = 4 \cdot 10^{-6} \ (0{,}0004\ \%)$$

anche il presidente degli USA decise che non valeva la pena preoccuparsi.

Se ne potrebbe dedurre che una probabilità inferiore a 10^{-6} equivale, in pratica, a *evento impossibile*.

Figuriamoci quindi quindi quanto sia *impossibile* un *evento* che ha probabilità di verificarsi pari a 10^{-300}.

A questo punto, però, sorge un piccolo problema: abbiamo visto che ognuna delle singole sequenze di T e C lunghe mille ha la medesima probabilità di verificarsi di qualsiasi altra, quindi ogni singola sequenza ha probabilità di verificarsi pari a 10^{-300} e, di conseguenza, risulta *impossibile* che si verifichi. Ne deriverebbe che nessuna delle sequenze può verificarsi, mentre è ovvio che, lanciando la moneta mille volte, è assolutamente certo che una delle sequenze si verificherà.

E aumentando il numero dei lanci di moneta, e quindi la lunghezza della sequenza, si potrebbe far diventare piccola a piacere la probabilità di verificarsi di ogni singola, specifica sequenza, eppure resterebbe comunque la *certezza* che una di esse si verificherà.

Intanto l'ultima affermazione NON è vera, in quanto all'aumentare del numero dei lanci aumenta anche la *probabilità* che la moneta si fermi almeno una volta in bilico sul suo spessore: una moneta *normale* ha uno spessore e per escludere questa possibilità si sarebbe dovuto specificare l'impossibilità di questo evento (ma questo, per la seconda volta, sarebbe un espediente per mettervi nel sacco, cosa che non mi passa nemmeno per l'anticamera del cervello di fare). Poi bisogna stare molto attenti a non farsi ingannare da ambigue formulazioni del contesto, aspetto di cui ci occuperemo dopo la prossima nota tra asterischi.

***

La probabilità che si verifichi un evento *oppure* un altro è pari alla somma delle probabilità che si verifichino i singoli eventi. Per esempio, la possibilità che lanciando un dado a sei

facce esca 2 oppure 3 è pari a 1/6 + 1/6 = 2/6 (dei 6 casi possibili, 2 sono favorevoli).

Torniamo anche a occuparci della probabilità che un evento si verifichi almeno una volta che, abbiamo visto in una nota precedente, è pari a $1-(1-p)^n$

Esempio.

La probabilità che, tirando due volte un dado a sei facce, questo si fermi <u>almeno</u> una volta sul 5 è pari a

$1-(1-1/6)^2 = 1-(5/6)^2 = 1 - 25/36 = 11/36$

La probabilità che, invece, esca <u>entrambe</u> le volte 5 è

$1/6 \times 1/6 = 1/36$

La probabilità che esca <u>una sola</u> volta 5 è

$11/36 - 1/36 = 10/36$

Le possibilità sono riportate nella tabella seguente.

1	1	1	1	**1**	1	2	2	2	2	**2**	2	3	3	3	3	**3**	3	4	4	4	4	**4**	4	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	6	6	6	6	**6**	6
1	2	3	4	**5**	6	1	2	3	4	**5**	6	1	2	3	4	**5**	6	1	2	3	4	**5**	6	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	1	2	3	4	**5**	6

Ne consegue che, con l'aumento del numero di ripetizioni previste, aumenta anche la probabilità del verificarsi almeno una volta di uno qualsiasi degli eventi possibili.

Attenzione: il ragionamento vale *prima* di effettuare la serie di prove -o, quanto meno, *prima* di conoscere l'esito delle prove- in quanto *dopo* aver conosciuto con *certezza* l'esito, non avrà più senso parlare di probabilità.

***

Ora, analogamente all'esempio dei lanci di moneta, si potrebbe essere tentati di affermare che, pur essendo *altamente improbabile* estrarre il software cercato tra tutti quelli possibili, si avrebbe comunque la certezza di estrarne uno. Infatti è così: non c'è alcun dubbio che mescolando caratteri a caso si ottenga una sequenza che può rappresentare un software, ma che la sequenza rappresenti un software *funzionante* è tutt'altra faccenda.

Ovviamente si potrebbe ancora obiettare che abbiamo considerato solo i software che sono *funzionanti* secondo la nostra esperienza, ma che ci potrebbero essere infinite altre possibilità di *funzionamento* che non riusciamo nemmeno concepire.

Verissimo, ma in tal caso *forse* esisterebbero infiniti altri tipi di macchine che, *forse*, renderebbero ancora più favorevole la probabilità che se ne realizzasse una per caso: coi condizionali, i *se* e i *forse* non si va molto lontano.

Una risposta possibile a questo tipo di obiezioni è che, dubitando della possibilità di percepire la realtà, sarebbe del tutto inutile cercare di comprenderla e spiegarla: tanto varrebbe risparmiare tempo e fatica (e, magari, rifugiarsi subito in una religione).

28 L'uovo e la gallina

Quanto detto al capitolo precedente merita ancora qualche riflessione: ottenere una *sequenza* di T e C presuppone che il *sistema* sia *organizzato* per generare sequenze di T e C. Deve esistere la moneta, la moneta deve avere due facce distinguibili una dall'altra, la moneta deve essere lanciata, si deve poter verificare il risultato del lancio, si devono poter registrare i risultati. Un po' come dire che, perché si possa generare una *sequenza* di T e C, è necessario che esistano un *hardware* -inteso come materia organizzata e idonea a un ceto impiego- e un *software* -inteso come sequenza di istruzioni coordinate e finalizzate a un obiettivo- in grado di generare *sequenze*.

Senza volerlo, siamo arrivati a chiederci se sia nato prima l'uovo o gallina, quesito antico quanto il mondo e tutt'altro che risolto.

Uovo? Gallina? Formulato in questo modo il dilemma lancia un ponte inquietante verso un mondo completamente diverso e del tutto sconosciuto: non aprite quel *pollaio*!

(ma, detto sottovoce, la domanda resta: è possibile che, tra uovo e gallina, qualsiasi sia stata la prima entità a generarsi, si sia generata per *caso*?)

29 Una domanda formulata male

Dopo quanto detto finora, resta comunque *pensabile* che dal *caos* si siano materializzati -per puro *caso*, senza scopo e senza criterio- un *pistone*, un *cilindro* ecc. fino a un *motore* completo e a ogni altra *macchina*. Ma anche così, il circolo diventerebbe vizioso, perché si tornerebbe a pagina uno di quanto avete letto fino ad ora: quanto è probabile che ciò sia avvenuto?

Anche questa domanda, però, nasconde un'insidia, perché abbiamo visto che non ha senso parlare di *probabilità* quando si conosce il risultato dell'evento. Affermare, dopo aver assistito al verificarsi di una sequenza di *mille T consecutive*, che quell'evento era *altamente improbabile* è di scarsa utilità: ormai l'evento si è verificato, punto e basta.

Ma il problema non è quello. Non si tratta di discutere se l'evento si sia o meno verificato -essendo sotto gli occhi di tutti, non ci sarebbe alcunché da disquisire- bensì del *come* sia stato possibile il suo verificarsi: si è trattato di lanci *onesti* o la moneta era *truccata*?

Ecco che parlare di *probabilità* torna a essere corretto: l'ignoranza non riguarda l'evento -ormai noto- ma la modalità con cui si è verificato. Essendo *altamente improbabile* che il lancio ripetuto di una moneta *non truccata* abbia generato una sequenza di *mille* T consecutive, a quale conclusione si potrebbe giungere?

Mettiamola così: voi, proprio voi, siete membri della giuria che deve decidere su un caso di *mille* T consecutive e NON ci sono prove che la moneta fosse truccata. Quale sarebbe la vostra intima convinzione? Assolvereste o condannereste chi sostiene che la moneta NON era truccata?

Non c'è che dire, un bel caso di coscienza.

Quando, bontà vostra, vi sarete messi tutti d'accordo e avrete raggiunto un verdetto, cambiate aula e, di fronte all'evidenza della moltitudine di *specie* di macchine esistenti, discutete la possibilità che si siano generate *per caso*.

30 Colpo di grazia

Per quanti sforzi abbiamo fatto, non siamo riusciti a trovare alcun modo che abbia la benché minima probabilità concreta di generare per *caso* specie di *macchine* diverse partendo da *macchine* esistenti: nonostante ci siamo messi nelle condizioni più favorevoli, ammesso e non concesso che si fosse generata la prima macchina *funzionante*, né il *tempo* né lo *spazio* consentono di ottenere nuove specie per *caso*. I casi possibili di modifica sono risultati talmente tanti e quelli favorevoli talmente pochi che ottenere per *caso* qualcosa di funzionante è risultato *altamente improbabile*.

Ma c'è un aspetto al quale abbiamo accennato e che è bene considerare meglio: per sperare di ottenere macchine diverse in seguito a *errori casuali* è stato necessario ipotizzare che le *macchine*, nel riprodursi, introducessero sistematicamente *errori*. Viceversa, se già così i fattori *tempo* e *spazio* sono stati avversi, non ci sarebbe stata storia. Questo, però, implica una conseguenza devastante: come abbiamo visto, ad ogni duplicazione almeno metà delle *macchine* generate sarebbe non funzionante. A parte aspetti secondari derivanti dalla spaventosa moria di *macchine*, constatare che in gran parte le nuove nate sono difettose sarebbe condizione necessaria (anche se non sufficiente) per la sussistenza dell'ipotesi che ad ogni duplicazione vengano introdotti *errori*. Ma se, invece, ad ogni duplicazione le *macchine* risultassero tutte pressoché identiche a quelle dalle quali si sono duplicate, allora l'ipotesi di introduzione di *errori* -casuali o non casuali che fossero- si dimostrerebbe infondata.

Risultato: affinché si possa ipotizzare il verificarsi di frequenti *errori* di duplicazione -casuali o meno che siano- è necessario che una gran quantità di nuove *macchine* sia non funzionante. A voi trarre le conseguenze del caso.

31 La macchina primordiale

Tralasciando per un attimo il problema della generazione delle *macchine* come le conosciamo e della probabilità che le stesse si siano generate per *caso*, proviamo a concepire qualcosa di *funzionante* che non necessiti di un preesistente *sistema* ordinato e finalizzato.

Immaginiamo un pianeta dotato di atmosfera, in orbita intorno a una stella. Immaginiamo poi che sul pianeta ci sia un mare di sostanza liquida, in riva al quale si trovi una spiaggia di sabbia costituita da granelli bianchi e neri.

***

Per la verità anche questa premessa, che pare innocua e priva di difficoltà concettuali, nasconde qualche insidia: come si è formata la sabbia partendo dagli elementi chimici? E come si sono formati gli elementi stessi? E l'atmosfera? E il mare? E il pianeta? E la stella? Ma, soprattutto, perché? In breve si arriverebbe a meditare sull'origine dell'Universo e i suoi infiniti *perché* e a quel punto, volendo a tutti i costi avere subito delle risposte, non si potrebbe che abbracciare una religione.

***

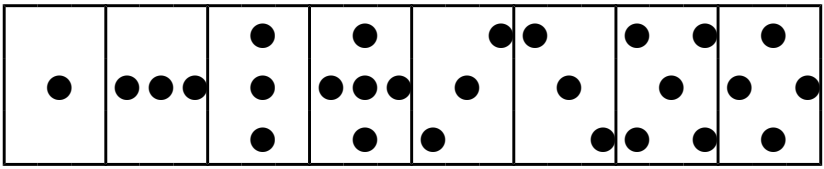
L'atmosfera del pianeta, per effetto del riscaldamento differenziato delle diverse superfici conseguente all'energia proveniente dalla stella, sarebbe soggetta alla formazione di venti i quali, agendo sulla superficie del mare, provocherebbero delle onde. Il frangersi delle onde sulla spiaggia sposterebbe di continuo i granelli costituenti la sabbia e potrebbe provocare la formazione di immagini che *qualcuno* (per esempio noi del pianeta Terra) potrebbe interpretare come forma di attività organizzata: con quale probabilità i granelli di sabbia bianca e nera possono disporsi a formare immagini comprensibili da qualcuno?

***

Se nessuno potesse percepire qualsivoglia forma di *organizzazione*, nessuno si porrebbe nemmeno il problema di comprendere se tale *organizzazione* fosse più o meno *casuale*. Di nuovo, il problema sfocerebbe nella filosofia: se nessuno fosse in grado pensare, esisterebbe il pensiero? Nel caso specifico, le immagini hanno una peculiarità oggettiva o è l'osservatore ad attribuirgliela? Cioè, un'immagine esiste indipendentemente dalla possibilità di essere vista? È ovvio che la Gioconda resta al suo posto ed è potenzialmente visibile anche quando il Louvre è chiuso -a meno che qualcuno la rubi oppure che, fantascientificamente, ogni immagine si formasse solo se guardata da qualcuno- ma costituirebbe un'immagine anche per *qualcuno* non dotato del senso della vista (nota: non qualcuno che dispone del senso della vista, sebbene non funzionante, bensì un essere del tutto privo sia della vista che dei concetti ad essa associati). Quante entità o forme di organizzazione ci sfuggono perché inaccessibili ai nostri sensi?

***

Il problema, al solito, è stimare la probabilità che un'immagine, tra quelle possibili, risulti percepibile, cioè abbia una forma che l'osservatore possa distinguere. Con la spiaggia che funge da schermo e i granelli di sabbia che fungono da pixel, se lo schermo fosse di 3 x 3 pixel, supponiamo che le forme identificabili in quanto dotate di una certa particolarità e/o simmetria fossero 8 (al solito, in modo del tutto arbitrario).



Il totale delle forme possibili è:
0 punti = 1
1 punto = 9
2 punti = 9!/7!/2! = 36
3 punti = 9!/6!/3! = 84
4 punti = 9!/5!/4! = 126
5 Punti = 9!/4!/5! = 126
6 punti = 9!/3!/6! = 84
7 punti = 9!/2!/7! = 36
8 punti = 9
9 punti = 1

totale = 512

Il risultato si sarebbe più facilmente ricavato pensando che il primo pixel può essere bianco o nero; anche il secondo pixel può essere bianco o nero, quindi le combinazioni possibili di due pixel sono 2x2=4; proseguendo il ragionamento, le combinazioni possibili sono, per l'appunto, $2^9=512$

Con uno schermo così minuscolo, le probabilità che si formi casualmente un'immagine identificabile sarebbe pari a

$8/512= 1{,}56\cdot10^{-2}$

Se una probabilità analoga che un meteorite colpisse la terra aveva allarmato l'umanità, significa che il verificarsi di un evento del genere è tutt'altro che *altamente improbabile*.

Ora si prospettano due possibili sviluppi:

- considerare schermi più grandi (una spiaggia di 3x3 granelli di sabbia fa un po' ridere)
e
- considerare la possibilità che si formi una sequenza di immagini (la formazione di una singola immagine, per quanto interessante, non basterebbe ad attribuire proprietà particolari al *sistema*)

Procedendo come appena visto, risulta che con uno schermo 4x4 le immagini possibili sarebbero 65.536, che salirebbero a 33.554.432 con uno schermo 5x5 e a 68.719.476.736 con uno schermo 6x6.

Molto più difficile è contare quante sarebbero le immagini identificabili: oltre alle varie simmetrie, all'aumentare del numero di pixel si formerebbero rappresentazioni di oggetti, corpi, volti, composizioni, paesaggi ecc.

Ipotizzando, in modo del tutto arbitrario, che anche le immagini identificabili aumentassero con la stessa *potenza* di quelle possibili, si avrebbe:

pixel	imm. possibili	$\log_a b$	imm. identificabili	probabilità
3x3	512		8	$1{,}56 \cdot 10^{-2}$
4x4	65.536	$\log_{512} 65.536 = 1{,}78$	$8^{1,78} = 40$	$40/65.536 = 6{,}10 \cdot 10^{-4}$
5x5	33.554.432	1,56	315	$9{,}39 \cdot 10^{-6}$
6x6	68.719.476.736	1,44	3.959	$5{,}76 \cdot 10^{-8}$

Ammesso che la progressione ipotizzata abbia un senso e che quindi nel numero che rappresenta la probabilità si aggiungano 2 zeri dopo la virgola ad ogni aumento di 1x1 pixel -cosa che sembra possibile stando a come comincia la sequenza ma che non sono in grado di dimostrare (qualche matematico vuole

aiutarmi?)- con uno schermo di 1.000x1.000 pixel (per la verità gli schermi delle TV non sono quadrati, ma il numero dei pixel per uno schermo HD è approssimativamente quello) si avrebbe una probabilità di immagine identificabile pari a

$x \cdot 10^{-2.000}$

Se quanto sopra fosse anche solo vagamente verosimile, la probabilità di una sequenza di due immagini identificabili consecutive sarebbe pari a $x^2 \cdot 10^{-4.000}$ e tre immagini consecutive avrebbero probabilità $x^3 \cdot 10^{-6.000}$: già saremmo oltre i valori ottenuti come probabilità di pescare casualmente un software funzionante tra quelli possibili.

A costo di ripeterlo fino alla noia, si tratta di pure e arbitrarie congetture, che ho voluto elaborare per cercare di rendermi conto se sia possibile il verificarsi per *caso* di un qualche evento dall'apparenza organizzata.

Si impone a questo punto una considerazione che, magari, qualcuno ha già fatto leggendo questo capitolo: guardando le nuvole in cielo, è relativamente frequente scorgere teste di drago, infiorescenze, elfi e troll (trascuro di proposito il caso in cui l'immagine formatasi sia quella della *Madonna*) che, a volte, si deformano mosse dal vento in altre forme note. Ciò dimostra che è possibile assistere a sequenze di immagini identificabili formatesi per puro *caso*?

Per quanto riguarda il problema della sequenza, una spiegazione potrebbe essere che, formatasi la prima immagine in modo casuale, quelle successive NON sono puramente casuali, in quanto, essendo piccola la velocità di spostamento delle particelle che formano la nuvola, le deformazioni risultano lente e progressive, facendo muovere il drago o trasformandolo in un altro.

Resterebbe da capire come potrebbe formarsi la prima immagine identificabile, se fosse improbabile come il numero calcolato sembra far supporre.

Significa che le considerazioni esposte in questo capitolo sono errate? Al crescere delle dimensioni del video, le immagini identificabili sono molto più numerose di quanto stimato? O la fantasia è molto, molto potente? A suffragio dell'ultima ipotesi, si noti che anche nella casuale disposizione delle stelle c'è chi ha ravvisato immagini identificabili, al punto da raggruppare gli astri in costellazioni evocanti figure reali o mitologiche.

Ovviamente passare da *immagini* -pure forme non funzionanti- a *macchine*, il passo sarebbe enorme, tuttavia che si possa formare *per puro* caso qualcosa di organizzato secondo una logica potrebbe preludere ad altre possibilità: forse la materia è predisposta per *organizzarsi* e ciò che per noi sarebbe casuale potrebbe essere invece una proprietà intrinseca?
(ma, se così fosse... non sarebbe più *casuale*!)

32 La pozione magica

Ancora più sorprendente della formazione casuale di immagini nelle nuvole è la reazione *Belousov-Zhabotinsky*, che fa periodicamente cambiare colore alla soluzione liquida nella quale avviene.

Un *oscillatore* è qualcosa che pare dotato di organizzazione -nel senso che è distinguibile dal caos circostante- e nella reazione la materia è libera di evolversi a suo piacimento.

Studi successivi alla scoperta della reazione hanno dimostrato che la stessa non è in contrasto con le leggi dell'*entropia*, ma se si dimostrasse che la materia tende spontaneamente ad assumere una certo livello di organizzazione sarebbe necessario ridefinire il concetto di *casuale*: nessuno, infatti, considera *casuale* che, in determinate condizioni, *idrogeno* e *ossigeno* si uniscano per formare *acqua*.

33 Fiocchi di neve

Non si poteva abbandonare l'argomento trattato nei due capitoli precedenti senza parlare dei cristalli di neve che, oltre a essere *bellissimi*, dimostrano una simmetria stupefacente.

Come già nella reazione *Belousov-Zhabotinsky*, anche nei cristalli di neve la *materia -acqua* nel caso specifico- si aggrega, senza alcuna guida dall'esterno né alcuna costrizione, per formare qualcosa dall'aspetto definito e distinguibile dal *caos* circostante.

Intanto è bene precisare che i cristalli di neve con simmetrie come quella dell'immagine sono piuttosto rari, poi è facile osservare che, per quanto notevole, la simmetria non è perfetta. Ciò nonostante, i cristalli di neve dotati di sorprendente simmetria non sono così rari come un'aggregazione puramente casuale farebbe pensare e le imperfezioni sono davvero piccole. Lasciando agli scienziati specializzati lo studio della formazione dei cristalli di neve (su internet potete trovare spiegazioni a volontà), prendiamo spunto dalla loro simmetria, che nasce *spontaneamente*, per verificare quale sia la probabilità di ottenere casualmente un'*immagine* con lo stesso grado di simmetria.

Spero che ormai siate diventati lettori abbastanza attenti per cogliere una distinzione fondamentale: lavorare su *immagini* NON è la stessa cosa che lavorare con *molecole d'acqua*. Le conclusioni a cui giungeremo, quindi, saranno relative al mondo delle *immagini*, NON a quello dei *cristalli di neve*.

Ciò premesso, stimiamo la probabilità che un'immagine si ripeta per *caso* uguale a se stessa sei volte, come accade nei fiocchi di neve. Nelle condizioni (al solito arbitrarie) riportate per i più volonterosi tra i prossimi asterischi, tale probabilità è di $10^{-15.000}$ cioè un numero piccolo come quelli che abbiamo incontrato fino ad ora.

***

Supponiamo di avere sei schermi in bianco e nero, ciascuno di 10 x 10 pixel (per semplificare il calcolo). Nel primo schermo realizziamo una configurazione qualsiasi di pixel bianchi e neri: qual è la probabilità che, casualmente, i pixel del secondo schermo assumano la stessa, identica configurazione?

Soffermiamoci su uno dei pixel del primo schermo: il corrispondente pixel del secondo schermo potrà essere uguale o diverso, quindi la probabilità che i due pixel siano uguali è pari a 1/2. Per rendervene conto meglio, pensate di assegnare il colore del pixel del secondo schermo basandovi sul lancio di una moneta: Testa = Bianco, Croce = Nero (o, ovviamente, viceversa).

Ripetendo il ragionamento per ognuno dei 100 pixel, si conclude che la probabilità che, per *caso*, tutti i pixel del secondo schermo siano uguali ai rispettivi del primo schermo è pari a $1/2^{100}$. Allo stesso risultato si sarebbe giunti osservando che le possibili configurazioni di uno schermo sono 2^{100} e che quindi il verificarsi di una particolare configurazione -cioè quella del primo schermo- ha probabilità $1/2^{100} \approx 10^{-30}$

La probabilità che il secondo e il terzo schermo abbiano la stessa immagine del primo si ottiene moltiplicando tra loro le singole probabilità, e cioè $10^{-30}\cdot 10^{-30}=10^{-60}$. Quindi, fissata un'immagine qualunque in uno degli schermi, che in tutti gli altri cinque schermi si possa formare *casualmente* la medesima immagine ha probabilità

$$(10^{-30})^5=10^{-150}$$

Se invece di 10x10 -che fornirebbe una definizione dell'immagine molto scadente- gli schermi fossero di 100x100 pixel, ripetendo i calcoli si otterrebbe una probabilità di ottenere un'immagine con la simmetria di un fiocco di neve pari a

$$(1/2^{10.000})^5=1/2^{50.000}=1/10^{15.000}=10^{-15.000}$$

***

Una probabilità $10^{-15.000}$ è addirittura minore di quella di pescare per *caso* il *software* dell'esempio iniziale tra tutti quelli possibili, quindi si ripropone la solita domanda: è possibile o non lo è? O meglio, di fronte a un'immagine dotata di straordinaria simmetria, è ragionevole ritenere che si sia formata per *caso*? Per agevolarvi, vi invito a ricordate cosa avete deciso quanto, in qualità di membri della giuria, siete stati chiamati a giudicare se la moneta con la quale era stata realizzata una sequenza di *mille* T consecutive fosse o meno truccata (e vi ricordo che, in quel caso, la probabilità di verificarsi dell'evento era pari a $1/2^{1.000} \approx 10^{-300}$, quindi infinitamente maggiore rispetto a quella del verificarsi dell'immagine considerata).

A questo punto non resta che trovare il trucco oppure arrendersi. Beh, il trucco c'è e l'abbiamo già visto: la formazione di un'immagine non ha niente a che vedere con la formazione di un cristallo; ovvero, che non sia possibile generare per caso

l'*immagine* di un cristallo di neve, non significa affatto che non possa materializzarsi il cristallo. Sarebbe come dire che, dato che non è possibile creare casualmente una foto che vi ritrae, allora è impossibile che voi esistiate. (O credete che, disegnando punti neri su una griglia col metodo del lancio di una moneta, possa formarsi il vostro ritratto?)

Vi avevo messo in guardia, state attenti ai trucchi che si possono fare con le probabilità!

Ciò che possiamo affermare è che:

- è *altamente improbabile* che si formi per *caso* un'immagine come quella di un fiocco di neve
- è assolutamente certo che i cristalli di neve esistono e si formano senza troppe difficoltà

Le due affermazioni NON sono in contrasto tra loro.

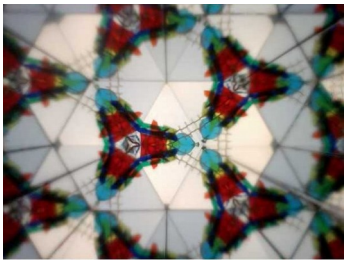
L'ho tirata tanto in lungo con i fiocchi di neve perché sono uno degli argomenti portati a sostegno della possibilità che qualcosa di *ordinato* si possa formare per *caso*.

Purtroppo per voi non finisce qui, perché l'argomento si presta a parecchie altre considerazioni, che però tratterò telegraficamente per non sfinirvi: a voi documentarvi e approfondire.

1) Prendete un pezzo di ghiaccio, fondetelo, vaporizzatelo, poi inserite un granello di polvere nella nube e raffreddate il tutto: otterrete un cristallo di neve. QUINDI, essendo dimostrato che l'acqua tende ad aggregarsi in cristalli di elevata simmetria, è dimostrato ANCHE che, dopo una nevicata, si formeranno spontaneamente degli *igloo*... o no?

(per la verità, come *macchine*, gli *igloo* sono piuttosto semplici, non essendo dotate di organi in movimento, ma la loro eventuale formazione spontanea e per *caso* sarebbe pur sempre di grande interesse)

2) Che ve ne pare di questa *immagine*? Nella sua semplicità, è dotata di sufficiente *simmetria*? (potete trovarne complesse a piacere)



Le probabilità di ottenerla per *caso*, come abbiamo visto, sono praticamente nulle, ma basta un *caleidoscopio* affinché la *simmetria* diventi la norma invece che un'eccezione.

Morale? Molto semplice: ogni volta che si scopre una *tendenza*, il *caso* è escluso dal gioco. Giova qui ricordare che *caso* e *probabilità* sono costruzioni tipicamente umane: se non vedeste il caleidoscopio, le immagini che si formano sarebbero *incredibilmente* fantastiche (fantastiche lo sono comunque, ciò che non regge è l'avverbio *incredibilmente*). Magari basterebbe un qualche tipo di *occhiale* per rendere visibile ciò che a tutt'oggi pare governato dal *caso*.

3) Aggiungere a caso *uno* o *zero* a una sequenza può portare alla formazione di un *software* (attenzione: ciò non significa che il *software* sia caricato nell'opportuno *hardware*, a sua volta alimentato e funzionante), mentre annerire punti su una griglia NON può portare a un cristallo di neve. Conclusione: ha senso ipotizzare di ottenere per *caso* un *software* lanciando una moneta, mentre NON ha senso pensare di ottenere per *caso* un cristallo di neve lavorando sulla sua immagine. I ragionamenti fatti sulle probabilità, quindi, reggono. Diverso sarebbe stato se avessimo aggiunto molecole d'acqua a un germe di cristallo, ma allora avremmo dovuto seguire le regole di accrescimento dei cristalli e di certo non si sarebbe trattato di un processo *casuale* (altrimenti addio simmetria).

4) Aumentando o diminuendo a piacere il numero dei pixel degli schermi si potrebbe ottenere qualsiasi valore di probabilità di ottenere per *caso* un'immagine con la simmetria del cristallo di neve. Essendo ovvio che la probabilità di generare un cristallo di neve è fissa e ben determinata in natura, consegue che le considerazioni fatte sulla probabilità di ottenere *immagini* non sono in alcuna relazione con quelle di ottenere *cristalli*.

34 Il punto della situazione

Nonostante gli esempi e i valori usati per i calcoli siano stati scelti arbitrariamente -e siano quindi discutibili- pare si possa ricapitolare la situazione come segue:

- è più che *altamente improbabile* che si generi per *caso* un *software* funzionante
- è più che *altamente improbabile* che, da un *software* funzionante, per duplicazione, se ne generi un altro diverso ma pure quello funzionante
- è più che *altamente improbabile* che per *caso* si crei un *hardware*
- è molto più che *altamente improbabile* che un *software* funzionante e un *hardware* funzionante generatisi per *caso*, *casualmente* si accoppino
- affinché si potesse ipotizzare la possibilità di generazione di macchine diverse a seguito di errori *casuali*, sarebbe necessario assistere alla comparsa di una gran quantità di macchine non funzionanti.

In definitiva, se è *super altamente improbabile* che una *macchina* funzionante, formata da *hardware* e *software*, si generi per *caso*, sarebbe *super super altamente improbabile* che se ne generassero per *caso* un gran numero, tutte diverse.

Per onestà intellettuale, non posso fingere di dimenticare il dilemma delle *immagini identificabili* formatesi per *caso* o, ancora più eclatante, la simmetria dei *fiocchi di neve*: ciò significa che la *materia* ha la tendenza ad aggregarsi *spontaneamente* in forma di *macchina*?

Seconda parte: le tappe evolutive della *macchina*.

35 La *macchina* viene dall'acqua

Esaurite le vie del calcolo, passiamo ora a più amene e rilassanti considerazioni *qualitative*.

Il primo mezzo di trasporto di cui si siano ritrovati i resti è la *piroga*: un tronco scavato, usato per muoversi in acqua. Non si può ancora parlare di *macchina*, in quanto non dispone di organi mobili, ma è di certo un precursore. Nel corso degli anni (migliaia? milioni? poco importa), dopo l'avvento della *ruota*, l'incrocio di quest'ultima con la *piroga* diede origine al primo *carro*, probabilmente *anfibio* in quanto poteva sia galleggiare sull'acqua che muoversi in terra sulle ruote.

Da quel momento l'evoluzione della *macchina* è stata dirompente: *carri* sempre più sofisticati adattati per la guerra, *carriole* per il lavoro, *carretti* per il trasporto delle merci. Intanto anche la *piroga* si evolveva in *barche*, prima, e in *navi*, poi, a *remi*, i primi esemplari e, dopo una fortunata mutazione, anche a *vela*.

A fianco di questi dominatori della terra e dei mari, si svilupparono molte altre forme di *quasi macchine* minori (per la maggior parte non dotate di organi mobili, ma comunque insiemi di più parti), destinate principalmente alla costruzione delle prime: *seghe*, *martelli*, *trapani*, *accette* ecc. Inoltre, sempre nel medesimo periodo, vennero via via selezionandosi nuovi materiali, quali i *metalli* e i *vetri*, e nuove forme di aggregazione di vecchi materiali, come le *corde* e i *tessuti*.

Poi, per qualche decina di migliaia di anni, l'evoluzione pare essersi arrestata: si è assistito all'adattamento all'ambiente delle *macchine* esistenti -sempre più sofisticate e con vantaggi competitivi rispetto alle precedenti- ma senza novità di particolare

rilievo, con piccole eccezioni come, per esempio, la *stampa* e la *polvere da sparo* che aprirono nuove linee evolutive.

Per avere un nuovo impulso si deve aspettare il diciottesimo secolo d.C. quando, quasi all'improvviso e praticamente contemporaneamente (secolo più secolo meno) comparvero da una parte *macchine alternative* (a *vapore* e a *combustione interna*) e dall'altra *macchine elettriche*.

Queste nuove forme di *macchina* dimostrarono subito il loro vantaggio in termini sia competitivo che evolutivo, arrivando in breve a differenziarsi per conquistare anche gli abissi e i cieli.

36 Estinzioni

Nel corso degli anni alcune specie si estinsero. All'improvviso, forse per una catastrofe climatica, le gigantesche *radio a valvola termoionica*, che avevano dominato le trasmissioni per anni, scomparvero. Quasi contemporaneamente si diffuse un'altra specie, molto più piccola, che risultò vincente: la *radio a transistor*.

Il vantaggio evolutivo del *transistor* rispetto alla *valvola termoionica* è evidente: minori dimensioni (che lo rendevano idoneo a essere inserito praticamente ovunque), una robustezza incredibile (se confrontata con il fragile involucro in vetro della *valvola)*, una durata eccezionale (praticamente indistruttibile rispetto ai filamenti incandescenti delle valvole, che tendevano a bruciarsi), e con un immenso vantaggio in termini di consumo energetico. Il *transistor* può a buon diritto essere considerato il capostipite di un'incredibile varietà di specie elettroniche che, in breve, si differenziarono per soddisfare ogni esigenza di controllo delle *macchine*.

Al dominio delle nuove specie corrispose la scomparsa di altri mastodonti che avevano dominato nel periodo precedente: complicate, grosse e rumorose *macchine da scrivere* furono surclassate dalla *videoscrittura computerizzata*, ingombranti e delicati *dischi in vinile*, e relativi enormi lettori, furono sostituiti dai più affidabili *compact disk*, gigantesche *macchine fotografiche ottiche* furono soppiantate dalle più versatili, facili da usare e a volte miniaturizzate *macchine fotografiche digitali*, meravigliosi carburatori -insuperabili capolavori della fluidodinamica- scomparvero a favore delle meno affascinanti, ma più adattabili, iniezioni elettroniche.

ricostruzione computerizzata di una valvola termoionica agonizzate, sopraffatta da una nube di transistor

37 Tassonomia

Inserire immagine delle linee evolutive delle macchine: dalla piroga alla nave, dal carro all'automobile e al treno, dall'aereo al missile spaziale ecc.

38 Misteri

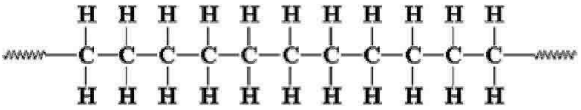
Accettando che la Terra si sia formata quattro miliardi di anni fa, è molto strano che non si trovino reperti di *macchine*, o *quasi macchine*, o *precursori di macchine* risalenti a più di un milione e mezzo di di anni fa che, per stare dalla parte del sicuro, arrotondiamo a due milioni.

Mettiamo pure che per molto tempo l'atmosfera sia stata ostile e le condizioni non idonee, ma resta strano che per ben tre miliardi e novecentonovantottomilioni di anni non sia accaduto niente -non un *pistone*, non una *valvola*, non un *martello*- e che poi, in soli due milioni di anni, ci sia stata l'esponenziale proliferazione di macchine che da una semplice *piroga* ha portato all'infinita diversità di forme di *macchine* che conosciamo.

Con la solita equivalenza in distanze, sarebbe come dire che da Lisbona alla periferia di Mosca non è accaduto niente; poi, a due chilometri dal centro di Mosca, si è cominciato a vedere qualcosa, e a venti centimetri dal punto centrale della Piazza Rossa si è scatenato l'inferno.

Per miliardi di anni il *caso* non è riuscito a generare alcunché né di inorganico (*dadi*, *rondelle*, *viti, pistoni*) ma nemmeno di organico: *poliammide* (nylon), *polietilene*, *polipropilene* (moplen) e via discorrendo. E questo è ancora più strano perché *carbonio, idrogeno, ossigeno* e *azoto* erano tra gli elementi più diffusi e meglio miscelati tra loro.

Passi che il *caso* non sia riuscito, per le troppo esigue probabilità, a estrarre *alluminio* e a fonderlo in un *pistone*; già più incredibile è che non sia riuscito a formare un *mattone* o un *coccio* di *terracotta* (processo che, per la sua relativa semplicità, è di gran lunga più probabile degli altri) ma che da molecole di metano -certamente esistente- non sia riuscito a mettere insieme una molecola di *polietilene*, pare davvero strano.



Eppure, non un fossile di *sacchetto*, non una *pellicola*, non un pezzetto di massa informe.

E nemmeno dopo la comparsa della *piroga* e di tutti i suoi successori ci sono tracce di questo materiale fino gli inizi del 1900: non ci sono reperti, nessuno lo ha ritratto in un dipinto, nessuna cronaca ne parla. Pare impossibile che una delle molecole più semplici della *chimica organica* non si sia formata per miliardi di anni e che poi, dopo la sua comparsa, si sia riprodotta in quantità spaventosamente elevate.

Certo, forse il polietilene si è formato, ma poi i suoi resti non hanno resistito al passare del tempo ed è per questo che non li abbiamo trovati. Sarebbe un po' in contrasto con la possibilità di evoluzione casuale, che avrebbe piuttosto dovuto portare ad altre specie, ma può anche essere andata così.

39 Linee di montaggio e rottamai

Avrete sentito parlare delle linee di montaggio dalle quali nascono le *macchine*. Bene, secondo voi, che possibilità ci sono che da una linea che produce, diciamo, *monopattini*, a un tratto, per errore, esca una *bicicletta*? O, perché no, una *motocicletta*? E forse, dopo che sarà uscita, per *caso* o per una serie fortunata di *errori*, una *motocicletta*, vi aspettate che escano in sequenza: un'*automobile*, un *trattore*, un *aeroplano*, un *sottomarino*, un *missile* spaziale?

Un errore di montaggio, un pezzo sbagliato, una disattenzione *et voilà*, il prodotto di partenza si evolve in un prodotto diverso ma ugualmente funzionante. Alla faccia di tutti i dannati che ogni giorno ingaggiano una lotta furibonda contro il *caos* (cugino stretto del *caso* -che, solo per puro *caso*, ne è anche l'anagramma-**)** che, se lasciato libero di agire per un attimo, invece di produrre nuove e mirabolanti *macchine* produce solo *scarti* e prodotti difettosi.

E quante volte vi è capitato di assistere alla rinascita di un'auto che, entrata dallo sfasciacarrozze ammaccata e semidistrutta, all'improvviso è tornata nuova fiammante? Avete mai assistito al prodigio del vostro tosaerba che, invece di farvi impazzire per andare in moto, a un tratto parte e falcia il prato senza che voi dobbiate muovere un dito?

Ricordate quando parlavamo di *entropia*? Beh, è più o meno di questo che si occupa: le auto si guastano, si deteriorano e alla fine si distruggono più o meno spontaneamente -a volte serve un incidente, altre volte basta lasciar lavorare il tempoma non ne vogliono sapere di rigenerarsi altrettanto spontaneamente.

Per restare in tema di rottamazioni, di certo vi sarà capitato di veder montare il fanale di un'auto da rottamare su un'altra

ancora in buono stato. A volte, se proprio non si trova il fanale uguale a quello da sostituire, un bravo meccanico può adattarne uno simile. E che dire di chi si diverte a montare supermotori su piccole automobili, o ruote gigantesche su utilitarie, per poi partecipare a gare o esposizioni? Certo, un motore si monta meglio e più facilmente sul telaio al quale il *caso* lo ha destinato, ma con qualche accorgimento e una buona tecnica lo si può adattare a qualsiasi altro telaio: si tratta di deviazioni pilotate dell'*evoluzione* della macchina.

40 Considerazioni

Finora abbiamo rapportato il numero di eventi desiderati con quello degli eventi possibili e, con l'aiuto del calcolo combinatorio, abbiamo stimato quale fosse la *probabilità* di successo.

Ma chi ci dice che questo approccio sia corretto? La risposta è fin troppo semplice: nessuno.

Non è detto che un evento poco probabile non si verificherà, né, al contrario, si può affermare che un evento molto probabile si verificherà. Il concetto di *probabilità* fa il paio con quello di *ignoranza*: se non si sa cosa accadrà, pare sensato puntare sull'evento più *probabile*, ma questo è tutt'altro che saper prevedere il futuro.

Un esempio può chiarire il concetto.

Io tiro una moneta, guardo cosa è uscito, poi chiedo a voi di indovinare l'esito del lancio. Vedete la differenza tra la mia posizione e la vostra davanti allo stesso evento? Io non ho bisogno di indovinare o fare calcoli basandomi sulle probabilità o altro: io so cosa è accaduto. Voi, al contrario, benché sappiate che l'evento è già accaduto, non sapete quale ne sia l'esito e quindi, per voi, le possibilità di T o C continuano a essere 50% esattamente come prima che l'evento accadesse.

Siamo davanti a un bivio: ciò che deve ancora accadere è imprevedibile o, viceversa, è determinato ma pare a noi imprevedibile perché non abbiamo abbastanza informazioni?

Quando guardate un film, ad ogni scena vi domandate cosa accadrà nella successiva e come si concluderà la vicenda, ma il film è già impresso sulla pellicola fino alla fine: ciò che per voi è un mistero, è tutt'altro che tale.

Quindi? La nostra esistenza si svolge a mano a mano che la viviamo o è già impressa su un film che qualcuno ha girato? Le nostre scelte cambiano l'unico futuro che si verificherà o ci sono infiniti futuri, uno per ciascuna scelta che possiamo fare?

La fantascienza pullula di romanzi e film basati su questi interrogativi.

Però alcune considerazione si possono fare:

- basandosi sul calcolo delle probabilità, chi organizza le lotterie e il gioco d'azzardo si arricchisce alle spalle di chi partecipa (ricordate il concetto di *scommessa equa* trattato in precedenza)

- anche se non fosse possibile scoprire la verità, studiare come avvengono i fenomeni (attenzione: *come* avvengono, NON *perché* avvengono) può portare a qualche vantaggio; per esempio, studiare come i corpi cadono e notare che ci sono *elevatissime probabilità* che tutti i corpi cadono, può portare a concepire una ruota a pale che, sfruttando la caduta dell'acqua, fa muovere le macine del mulino facendo risparmiare un sacco di fatica al mugnaio (e soprattutto al suo asino aggiogato alla macina)

- da che mondo è mondo c'è sempre stato qualcuno che ha sfruttato l'ignoranza degli altri per arricchirsi alle loro spalle: se non si sa una cosa, forse per pigrizia o chissà per quale altro motivo, si tende a dare credito a qualcuno che si proclama esperto dell'argomento (e, spesso, gli *esperti* si riuniscono in *caste* per consolidare il privilegio della propria posizione)

Dove portano queste considerazioni? Ovviamente, da nessuna parte, ma se si preferisse un onesto *non lo so* a una spiegazione incomprensibile, spesso illogica e intrinsecamente incoerente, forse ci sarebbero meno *parassiti* in giro. Ma così non è, e la paura, anzi, il terrore dell'ignoto, forse fa parte della nostra natura e la necessità di disporre comunque di una qualsiasi spiegazione -per quanto incredibile, assurda e irreale possa essere- forse va oltre il limite di qualsiasi ragionamento. *Filosofia*, *religione* e *scienza* si sono disputate il primato della *conoscenza*, modificandosi nel tempo con sempre nuovi *postulati*, *dogmi* e *teorie* che prendevano il posto delle precedenti, risulta-

te talmente incredibili ed errate da far domandare come potessero essere state concepite. Eppure, in ogni tempo, la gente ha creduto alla *scienza* contemporanea sorridendo delle *superstizioni* precedenti. Cosa vi fa credere che oggi sia diverso?

Terza parte: l'origine della *vita*

41 Dubbi

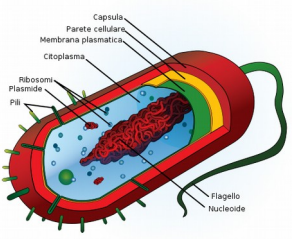
Il dilemma dell'uovo e della gallina, piombatoci tra capo e collo mentre stavamo parlando di *macchine*, ha lanciato un ponte inquietante tra *macchine* e *animali*. Ma se fino ad ora, bene o male, avevo una pallida idea di ciò di cui scrivevo, da questo punto in poi mi avventurerò in un campo sconosciuto, per cui preparatevi al peggio. Insieme all'avvertimento rivolto ai lettori, formulo un invito a *biologi*, *etologi*, *paleontologi* o chiunque sia in grado di farlo, a correggere le considerazioni che seguiranno (magari anche quelle che precedono, se sono errate). Volendo -anche se dubito che vorranno farlo in quanto si basano si certezze un po' particolari- possono partecipare anche quanti sono certi che ogni giorno, in migliaia di luoghi della Terra, del *vino* si trasformi in *sangue* e del *pane* in *carne*.

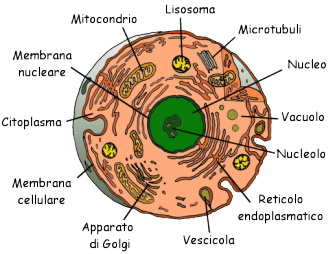
***

Una nota è d'obbligo. *Vino in sangue* e *pane in carne* non sono modi di dire o locuzioni simboliche: la *transustazione* -ovvero la trasformazione della sostanza- per chi ci *crede* avviene davvero, nonostante le *caratteristiche sensibili* rimangano inalterate e poco importi quanto *altamente improbabile* sia quel tipo di *eventi*. Ma non voglio certo addentrarmi in un ginepraio del genere: già fatico a capire ciò che sembra vero, figuriamoci se posso affrontare tali *misteri*.

***

42 Cellula





Quelle riportate, sono alcune rappresentazioni schematiche di cellule tratte da internet (per la precisione un *procariota*, cioè non dotato di nucleo, e un *eucariota*, cioè dotato di nucleo). Pur nella loro diversità grafica, concettualmente si somigliano e pare evidente che, per quanto complesse possano essere, il numero dei loro componenti non è nemmeno confrontabile con quello delle parti di una *macchina*: per rendersene conto basterà dare un'occhiata al disegno di *motore* riportato all'inizio. E quello era solo un *motore*, quindi sottoinsieme di una *macchina*. Non c'è dubbio, quindi, che una *cellula* sia molto più *semplice* di una *macchina*.

Ops, mi dicono che sono già incappato nella prima mostruosità dovuta alla mia incompetenza: pare che la più primitiva della *cellule* sia molto più complessa di una *macchina* e che attui processi che una *macchina* nemmeno si sogna.

Per non portarvi fuori strada non entrerò in dettagli: studiate, valutate e confrontate. Io ho provato a farlo e mi sono reso conto che, in effetti, una *cellula* è un'*entità* estremamente sofisticata, che svolge processi complicatissimi e regolati da equilibri incredibilmente delicati. Non ultimo, una *cellula* è capace di riprodursi da sola, senza bisogno di una catena di montaggio che la assembli (almeno così pare).

Ma allora, se il *caso* non sarebbe in grado di produrre una semplice *macchina*, come può aver generato una ben più complessa *cellula*?

Riguardo le dimensioni, pare che un uomo sia costituito da qualcosa come 10^{14} cellule che, stimato il volume di un adulto (per eccesso) in circa 1.800 mm x 500 mm x 250 mm = $2{,}25 \cdot 10^8$ mm^3, fornirebbe per il volume di una cellula il valore:

$2{,}25 \cdot 10^8 / 10^{14} = 2{,}25 \cdot 10^{-6}$ mm^3

Ricordando che $6{,}022 \cdot 10^{23}$ molecole d'acqua hanno volume 18 $cm^3 = 18 \cdot 10^3$ mm^3, deriva un volume delle singola molecola d'acqua pari a $18 \cdot 10^3 / 6{,}022 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{-20}$ mm^3

Quindi, ogni *cellula* può occupare il volume di

$2{,}25 \cdot 10^{-6} / 3 \cdot 10^{-20} \approx 10^{14}$

molecole d'acqua (al solito, accontentiamo degli ordini di grandezza).

Se considerassimo cellule molto più piccole, lunghe appena 1 millesimo di millimetro, quindi del volume di 10^{-9} mm^3 -come se fossero di forma cubica- ognuna occuperebbe lo spazio di $10^{-9}/3 \cdot 10^{-20} \approx 10^{10}$ molecole d'acqua. Fate pure dimagrire le *cellule* quanto volete, appiattitele, tiratele, comprimetele: resteranno sempre immensamente più grandi di una molecola d'acqua (anche perché le *cellule* sono in gran parte costituite proprio di acqua).

Ma se occorrerebbero 10^x (*x* dipende dalle ipotesi di partenza) pianeti Terra per generare *macchine* diverse e funzionanti duplicando entità piccole come molecole d'acqua, ne occorre-

rebbero 10^{10} -cioè *dieci miliardi*- volte tanto se a duplicarsi fossero *cellule*.

E dove sarebbe la materia necessaria per le duplicazioni?

E dopo la *cellula*, come potrebbe essersi evoluto un *organismo*, insieme funzionante di *organi* costituiti da *cellule* specializzate?

Avete idea di quanto sia complesso, per esempio, un *naso*? Un *orecchio*? Un *cervello*? O anche solo un *semplice dente*?

Mettete pure tutto ciò che volete nel *crogiolo* e fate pure accadere qualsiasi evento possiate immaginare: riuscirete mai a ottenere un *occhio*?

Pare che gli *scienziati* esultino per essere riusciti a far scaturire -dal *crogiolo* primordiale- qualche *amminoacido*: risultato sorprendente, ma da qui a dire che la vita può essere stata generata dal *caso* è come dare per dimostrato che una cattedrale gotica può essersi costruita per *caso* perché in una provetta si è formato un *cristallo*, per quanto brillante, affascinante e meraviglioso possa essere.

(e, badate bene, una *cellula* è infinitamente più complessa di una cattedrale gotica)

E che dire della infinità di esseri di ogni specie animale e vegetale che ogni giorno passano dalla vita alla morte? In ogni *cadavere* ci sono non solo una quantità enorme di amminoaci-

di, ma anche membrane, organi e organelli già costituiti. Eppure, non è noto che da una cadavere si sia mai sviluppata una forma vivente. Certo, molti esseri viventi si servono dei *cadaveri* per estrarre ciò che di buono hanno da offrire -non molto diversamente da chi si reca in un supermercato per nutrirsi dei *cadaveri* altrui (animali o vegetali)- ma, per quanto strano possa sembrare, gli esseri viventi prima o poi diventano cadaveri mentre, per quanto noto, mai da un cadavere si è originato qualcosa di vivo (tranne rari casi di clamorose, ma scarsamente documentate, resurrezioni).

Qualcuno, particolarmente sveglio, farà notare che a volte nascono creature da madri appena decedute. Beh, quelle creature erano già vive anche prima che la madre morisse, e per carità non entriamo del ginepraio di stabilire quando un feto diventa vivo!

Non resta che concludere che la *broda primordiale* aveva maggiori probabilità di generare una vita di quante ne abbia oggi un bel mucchio di componenti preassemblati, più o meno putrefatti.

In altre parole -tornando al confronto con le macchine- sarebbe come dire che è più probabile ottenere una macchina funzionante *per caso* attendendo che i componenti si materializzino da mari, monti, foreste e deserti piuttosto che recandosi da un demolitore e riassemblando i resti di macchine già esistenti, pur se non più funzionanti!

43 DNA

Avrete sentito parlare di DNA: *acido desossiribonucleico*. Dopo lunghe e sofisticate ricerche, durate decine di anni e che hanno visto impegnati i migliori scienziati della Terra, pare ormai assodato (salvo clamorose smentite alle quali la *scienza* ci ha abituato) che il DNA, semplificando al limite del vergognoso, costituisca il *software* della cellula. In esso sarebbero raccolte tutte le informazioni che consentono a una *cellula* non solo di sintetizzare quanto le è necessario per vivere, ma anche di riprodursi e, nel caso degli esseri più evoluti, di riprodurre, da una sola *cellula*, tutto un organismo.

(Per mantenere l'insostenibile parallelo con le *macchine*, il DNA sarebbe il corrispondente di *progetto*, *disegni meccanici*, *software*, *cicli di lavorazione*, *istruzioni di montaggio*, *libretto di manutenzione* e *manuale di uso* di un'automobile.)

Non mi addentrerò negli infiniti dubbi che, da profano, non riesco a risolvere, come, per esempio:

- come fa una *cellula* a sapere che deve posizionarsi di fianco a quella che l'ha generata, e non sopra di essa, per formare una foglia larga e piatta invece di un informe ammasso verdastro?
- come fanno le *cellule* di foglia di pino a sapere che devono disporsi ad ago invece che a lobi come quelle del fico?
- come fanno le *cellule* a sapere che hanno raggiunto il bordo di una *gamba* e che è ora di cominciare a produrre *pelle* e *peli* invece che continuare a duplicarsi in forma di *ossa*, *nervi* e *muscoli*?
- perché, se è tanto facile, non si assiste frequentemente alla comparsa di nuove specie? (e dire che duplicazioni di cellule, tra naturali e artificiali, se ne verificano di continuo e in gran quantità sotto gli occhi degli scienziati)

- perché, visto l'elevato numero di duplicazioni che in ogni istante si verifica sulla Terra, non si trovano cellule di specie diverse in un unico organismo? (per *caso*, dovrebbe accadere)

Di certo qualche *scienziato* conoscerà la risposta a queste *semplici* domande -anche se io non l'ho trovata- ma, come detto, non è di questo che ci occuperemo perché resteremo a un livello molto più basso.

Se è vero, come pare sia vero, che un filamento di DNA è costituito da una lunghissima sequenza di coppie di *adenina-timina* e *guanina-citosina* (lascio a voi documentarvi sugli aspetti chimici e biologici) verrebbe da dire che anche nella *cellula* le informazioni sono memorizzate in codice binario: niente impedisce di assegnare, per semplificare la scrittura della sequenza, il carattere T alla coppia *adenina-timina* e il carattere C alla coppia *guanina-citosina* (o viceversa, che è lo stesso): così facendo la sequenza delle coppie di basi di un filamento di DNA verrebbe ad avere l'aspetto ben noto della sequenza dei lanci di una moneta.

Oppure potreste usare i caratteri 0 e 1, ottenendo la forma del tabulato di una qualsiasi memoria di computer.

A questo punto risulterà evidente dove voglio andare a parare: ammesso e non concesso che si siano formate molecole di *adenina*, *timina*, *guanina* e *citosina* in quantità sufficienti, che tutte si siano formate nello stesso luogo e nello stesso periodo di tempo e che si siano legate tra loro in una catena di DNA, che probabilità ci sono che possa formarsi **una ben precisa sequenza** formata da ***3,2 miliardi*** di coppie?

Già, perché pare che sia quello il numero di coppie costituenti un filamento di DNA di una *cellula* umana.

Tornate indietro e ripassate quanto detto. Se volete, rifate i calcoli. Io vi ricordo solo che nel nostro esempio il numero di caratteri che costituivano il programma era ***15 mila***, e già con

quel numero, di sei ordini di grandezza più piccolo, eravamo andati in crisi nera.

Ah, già, sono di nuovo stato esagerato, come quando ho preteso che otteneste subito un intero motore partendo dalla materia grezza: scegliete pure voi quale *cellula* trattare.

Vagando per il web si trovano informazioni a iosa, non sempre concordi tra loro, ma l'ordine di grandezza basta a farsi un'idea.

Le quantità di DNA delle varie cellule è generalmente espresso in *pg*, cioè *picogrammi* (il prefisso *pico* significa 10^{-12}, cioè 1 pg = 1 milionesimo di milionesimo di grammo) e una delle cellule con meno DNA pare essere quella del *mycoplasma* (che, per essere onesto, manco so cosa sia) che, dando credito a chi lo ha detto (perché non ho verificato di persona) conterrebbe $8{,}4 \cdot 10^{-4}$ pg di DNA.

Se è vero, con le stesse limitazioni di cui sopra, che il DNA di una cellula umana pesa 7 pg ed è costituita da $3{,}2 \cdot 10^{9}$ coppie, con una semplice proporzione si ottiene che il DNA del *mycoplasma* è costituito da circa

$$\frac{3{,}2 \cdot 10^{9}\ \text{(coppie DNA umano)}}{7\ \text{(pg DNA umano)}} \cdot 8{,}4 \cdot 10^{-4}\ \text{(pg DNA } \textit{mycoplasma}\text{)} =$$

$$= 348.000\ \text{(coppie DNA } \textit{mycoplasma}\text{)}$$

Nota: è ovvio che sarebbe stato più facile leggere direttamente quante coppie costituiscono il DNA del *mycoplasma*, ma non l'ho trovato né non mi sono dato tanta pena per trovarlo, perché ciò che interessa è l'ordine di grandezza

Ricordate la nota nella quale si diceva che avreste capito perché avevo scelto proprio 348.000 come numero di caratteri co-

stituenti un programma? Beh, ora lo sapete e, magari, ricordate anche che il tabulato che abbiamo considerato nell'esempio iniziale era composto solo da 15.000 caratteri.

Attenti a non lasciarvi ingannare dal fatto che il numero di caratteri costituenti uno dei più piccoli DNA è solo 30 volte maggiore di quello dei caratteri che costituivano il programmino di esempio: 2 elevato a un esponente 30 volte maggiore non genera 30 volte più sequenze.

Cioè: $2^{348.000}$ non è per niente uguale a $30 \cdot 2^{15.000}$

Infatti: $2^{348.000} = 10^{104.400}$ mentre $2^{15.000} = 10^{4.500}$

Quindi il rapporto tra i due numeri vale $10^{100.000}$, cioè con il numero di caratteri di uno dei più piccoli DNA si possono generare 1 e centomila zeri volte le sequenze ottenibili con il numero di caratteri corrispondenti al programmino usato come esempio.

Ora, considerate pure la più semplice e primordiale delle forme di vita e date pure per vero che quella prima entità sia la progenitrice comune di tutte le specie: essendo la prima, quell'entità è quella che deve essersi formata agitando, scaldando e raffreddando la famosa scatola: a voi calcolare le probabilità che la sequenza di DNA di una cellula, cioè il suo *software*, possa essere stato estratto per caso dall'inconcepibile numero di sequenze possibili.

(nota: vale la pena di ricordare che per costituire una cellula, come per le *macchine*, oltre al *software* deve essersi generato anche l'*hardware*: per ottenere il *tutto* occorre prima ottenere *tutte* le *parti*)

Anche se non è per niente vero, supponiamo che tutti i DNA siano costituiti dallo stesso numero di coppie (300 mila non è nemmeno simile a 3,2 miliardi).

Supponiamo anche che le specie viventi siano cento milioni, numero più alto che ho trovato in giro (una stima che pare accettabile si aggira intorno a 8-9 milioni).

Resta comunque una domanda: quante specie viventi potrebbero esistere? Si sono già formate tutte o se ne possono *evolvere* altre? E anche: quante specie viventi sono esistite in passato, pur se ormai estinte?

Al solito, formuleremo congetture del tutto arbitrarie per stimare qualche ordine di grandezza.

Con 300.000 caratteri si possono formare $2^{300.000} = 10^{90.000}$ sequenze diverse.

Considerate 10^8 le specie diverse, la possibilità di estrarre a caso un DNA funzionante sarebbe pari a:

$$10^8/10^{90.000}=10^{-82.000}$$

Non ho più forza né fantasia per cercare di mostrare quanto un numero del genere sia piccolo. E se anche le specie possibili fossero un milione o un miliardo o un miliardo di miliardi più numerose, la probabilità di estrarre a caso un DNA funzionante sarebbero e resterebbero sempre ZERO.

Ancora una volta ricordo che *pescare* un DNA funzionante tra tutti i DNA possibili costituisce una scorciatoia logica ma che la faccenda sarebbe ben più complessa: come detto, per ottenere il tutto occorre prima ottenere tutte le parti componenti e, se non si riesce a ottenere una parte, a maggior ragione non si riuscirà a ottenere il tutto.

Occorrerebbe, disponendo della *scatola* nella quale disporre gli ingredienti di base (carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto ecc.), prima far comparire amminoacidi, acidi nucleici ecc., poi da questi far comparire proteine, DNA ecc., poi membrane, organelli ecc., poi assemblare una cellula, poi far generare il software, poi installare il software nell'hardware, poi rendere funzionante la cellula e infine, presumibilmente, *debuggare* il tutto per correggere eventuali errori. Non molto diverso dall'ottenere una macchina funzionante partendo dalla materia grezza.

E mi pare ce ne sia d'avanzo anche senza voler indagare il perché o percome nell'universo siano presenti gli elementi chimici.

45 Una strana coincidenza

Pare che solo il 3% del DNA in dotazione alle cellule serva a qualcosa, cioè ben il 97%, punto più punto meno, sarebbe apparentemente inutile. Vi ricorda niente un numero così elevato di caratteri apparentemente inutili?

Non si tratta di prendere le parti di *evoluzionisti* o *creazionisti* (una fede vale l'altra) ma semplicemente di constatare che un programmatore, di fronte a un programma così complesso, non avrebbe di certo lesinato in commenti.

46 Gli apparati della cellula

Su questo mi dilungherò ancor meno che su altri punti: fatevi un giro per internet, leggete come funzionano le cellule, di quanti e quali *organelli* sono composte, quante reazioni chimiche si svolgono al loro interno, quanti tipi di proteine sono in grado di sintetizzare ecc. Quando avrete finito e crederete di aver più o meno capito di cosa si tratta, provate a cercare un brano di una vera pubblicazione scientifica e vi renderete conto che ciò che vi appariva molto complicato, al limite della comprensione, non era che una schematizzazione grossolana, un gioco per bambini rispetto a quanto davvero gli scienziati studiano e a quanto davvero accade nei laboratori.

La differenza è addirittura maggiore di quella che passa tra una rivista specializzata di motori -valida per sostenere dignitosamente una discussione al bar- e un testo di ingegneria che, per quanto complesso e pieno di formule, è del tutto insufficiente a progettare davvero un motore.

Ma chi non fosse nemmeno riuscito a far nascere, dal *caos*, con il solo aiuto del *caso*, un semplice *pistone*, come pensa di cavarsela con i componenti di una cellula?

Per gli altri, più fortunati (o illusi), può essere utile ripercorrere i passi già visti per le macchine e provare a pensare di *costruire* una *cellula* intera, prima, e, nel caso avessero successo, un intero *organismo*, poi.

A tutti loro, i migliori auguri.

47 Errori

Per coloro i quali, pur non credendo che dalla linea di montaggio di un'automobile possa uscire un sottomarino, sono comunque convinti che una infinita serie di *errori casuali* possa portare dal coccodrillo al coniglio, e anche per quelli che, invece, sono convinti che un unico, prodigioso *errore casuale* possa far nascere una salamandra da un uovo di rana, facciamo alcune osservazioni.

Che direste se vi dicessi che da una linea di produzione che duplica un CD dei *Rolling Stones* un giorno, per errore, è uscito un CD dei *Beatles*?

E se invece volessi farvi credere che, per cause sconosciute (uno sbalzo di tensione, un urto al masterizzatore, un difetto del disco ecc.), uno dei CD è uscito non identico all'originale, ma con un piccolo *errore*, e che, una volta inserito in un PC, quel CD, a seguito di un'altra circostanza casuale (altro sbalzo di tensione, altro urto al masterizzatore, una ditata sul CD ecc.) ha prodotto un software che si è installato nel computer, il quale software, un bel giorno, aggredito da un virus informatico, invece di far piantare il computer ha fatto comparire a video tutti i versetti della *Divina Commedia*? Anzi, meglio, ha fatto comparire un poema inedito?

O pensate davvero che, mentre un errore che si verifica in un sistema di duplicazione di CD può condurre solo a CD difettosi, il sistema di duplicazione del DNA possa essere soggetto a errori tali da cambiare il *numero di cromosomi* della cellula figlia dando vita a una nuova *specie* di esseri vivi e vitali?

Perché è questo che deve accadere per avere una nuova *specie*: un *cane* ha un numero di cromosomi diverso da quello di un *gatto*.

Ok, ci sono molte specie con lo stesso numero di cromosomi (diversi tra le due specie, ma in egual numero; come del resto ogni motore otto cilindri ha otto pistoni... ma mica sono tutti uguali i pistoni di tutti gli otto cilindri, magari di marche diverse), ma se proprio volete far finta di non capire, restringiamo e semplifichiamo: come si può riuscire, disponendo di una specie con un determinato numero di cromosomi, a fare in modo che un giorno scaturisca una *specie* diversa con un *diverso numero di cromosomi*? Che tipo di errore deve verificarsi per ottenere un prodigio del genere? Per quanto niente sia impossibile, quanto è *probabile* che una duplicazione sia talmente catastrofica -o fortunata- da creare un DNA completamente diverso, suddiviso in un differente numero di cromosomi e che l'essere che ne deriva sia vivo, vitale e capace di riprodursi?

Tornando all'esempio dei CD, sarebbe come credere possibile che un programma memorizzato su un certo numero di CD, a seguito di uno o più errori casuali verificatisi durante la riproduzione, si duplicasse in un numero diverso di CD e diventasse un programma che fa tutt'altro rispetto a quello originale.

Ma non basta. Ottenuto questo nuovo programma che sta in un numero diverso di dischi, nel corso delle duplicazioni dovrebbe verificarsi anche un'infinità di altri errori tali da generare tutti i software, i videogiochi, i sistemi operativi, i romanzi, le canzoni e quanto a oggi è distribuito su CD.

Come già visto per le *macchine*, delle due l'una: o le duplicazioni avvengono tendenzialmente senza *errori* -e allora addio possibilità di ottenere per questa via *specie* diverse- oppure *errori* se ne devono verificare un'infinità -ma in questo caso si dovrebbe assistere a un numero spaventoso di nati morti o non funzionanti, cosa che in natura non si verifica.

Prendete pure posizione secondo coscienza, ma per favore non dite che queste ipotesi relative ai CD sono *impossibili* a verificarsi, mentre la trasformazione di una specie in un'altra è *possibile*, solo perché ne sapete di computer e CD molto più di quanto ne sapete di cellule.

Non sarà, per caso, che se vi dico che copiando un CD dei Rolling Stones mi è uscita una compilation dei Beatles, mi crederete pazzo o bugiardo -perché sulla base della vostra esperienza sapete benissimo che non può essere accaduto- mentre se un conduttore televisivo vi racconta che i mammiferi si sono evoluti *per caso* dai pesci ci credete perché non avete mai allevato né mammiferi né pesci e perché... se lo dicono in TV sarà di certo vero!?

Attenti, il problema non è il cambiamento di *specie*, ma la postilla *per caso*.

48 Sindromi genetiche

Sono note -alcune anche relativamente diffuse- sindromi causate da anomalie nel numero o nella configurazione dei geni. Nessuna di quelle anomalie, al momento, è stata riconosciuta come nuova *specie* né dimostra vantaggi evolutivi rispetto agli individui di origine.

49 Comparsa nuove specie e rischio di estinzione

Una specie è considerata a rischio di estinzione se ha una popolazione, a seconda della gravità del rischio, inferiore a *cento*, *mille* o *duemilacinquecento* individui adulti.

Non ha importanza che i dati siano o meno esatti e/o assolutamente significativi: lasciamo i cavilli ai naturalisti e accontentiamoci, come sempre, dell'ordine di grandezza. Per stare dalla parte del sicuro, consideriamo il numero più sfavorevole e diciamo che, perché una specie NON si estingua, basta che la sua popolazione sia costituita da *cento* individui.

Ora, credo che i naturalisti che studiano le estinzioni dovrebbero fare due chiacchiere con quelli che propagandano l'evoluzione delle specie.

(attenzione, non l'evoluzione *della* specie, cioè la selezione di certi caratteri all'interno di una singola specie dovuti a influenze climatiche, condizioni di vita ecc., ma l'evoluzione *delle* specie, cioè la creazione di nuove specie a partire da quelle esistenti).

Supponiamo pure che gli eventi a probabilità *quasi* nulla (quasi, perché non dobbiamo mai dimenticare che niente è impossibile) si siano verificati (cioè che duplicando un disco dei Rolling Stones se ne sia ottenuto uno dei Beatles o che da una linea di montaggio di un'automobile sia uscito un sottomarino): perché la nuova specie NON si estingua, dovrebbero coesistere almeno cento individui in grado riprodursi.

Avete fatto mente locale sulle implicazioni dell'ultima condizione? Per le specie che si riproducono per accoppiamento di *maschio* e *femmina* sarebbe necessario che si verificassero *contemporaneamente* errori diversi e tali da dar vita a due soggetti diversi ma della stessa nuova specie.

Al solito, le probabilità che si verifichino due eventi è il prodotto delle probabilità del verificarsi dei singoli eventi e moltiplicare ZERO per ZERO fornisce come risultato, se mai possibile, uno ZERO ancora più ZERO.

E ottenuta, con un *piccolo* aiuto da parte della fortuna, la prima coppia, questa sarebbe inesorabilmente destinata all'estinzione, a meno che quanto sostengono gli ecologisti non sia una infondata fantasia.

Quindi sarebbe necessario ottenere, a seguito di errori casuali, un centinaio di individui della stessa specie, eventualmente più meno ripartititi equamente tra maschi e femmine, e tutti nell'arco di vita caratteristico della specie che si è formata.

Se considerate che la probabilità che si verifichino più eventi si ottiene moltiplicando le probabilità dei singoli eventi, pensate cosa può ottenersi moltiplicando *quasi zero* per *quasi zero* cento volte.

***

Tornado alla nostra moneta, diciamo che la combinazione vincente sia, per semplicità, una serie di *cento* Teste consecutive.

(nota: una qualsiasi sequenza determinata e prefissata ha le stesse probabilità di verificarsi che ha la sequenza di tutte T)

Al primo lancio la probabilità di ottenere Testa è pari al 50% , che si può scrivere anche 1/2 o 0,5.

Al secondo lancio, si ha di nuovo probabilità 50% che esca Testa, ma la probabilità che esca Testa due volte consecutive è 0,5 x 0,5 = 0,25 cioè 25% : la probabilità è dimezzata.

La cosa si spiega facilmente.

Un lancio può dare T o C, cioè si hanno due possibilità, delle quali una è quella desiderata; quindi la probabilità, per come

l'abbiamo definita -rapporto tra numero di eventi favorevoli e numero totale di eventi possibili- è pari a 1/2 = 0,5

Su due lanci le possibilità sono quattro:

TT, TC, CT, CC

delle quali solo una è quella desiderata: TT

quindi la probabilità è 1/4 = 0,25

Ad ogni lancio il numero delle possibilità raddoppia, mentre il numero degli eventi desiderati resta sempre uno e sappiamo che, raddoppiando il denominatore della frazione, consegue che il risultato dimezza.

Considerate che 0,5 è una probabilità enorme rispetto a quella di ottenere un disco dei Beatles copiandone uno dei Roling Stones. Eppure se moltiplichiamo 0,5 per se stesso cento volte otteniamo

$0{,}5^{100} = 8 \cdot 10^{-31} = 0{,}0000000000000000000000000000008$

che è una probabilità minuscola.

Se volete vederla in una altro modo, la scommessa equa vi frutterebbe, giocando 1 Euro, una vincita di: 10^{30} Euro, cioè

1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 Euro

che, se non vi fa molto effetto, potete confrontare con *un milione* di Euro, prezzo di una *modesta* villa:

1.000.000

Ancora non vi basta? Allora pensate che se, invece di una moneta, usaste un dado a sei facce, la probabilità di vedere uscire *sei* (o *uno*, o qualsiasi altra faccia) per cento volte consecutive sarebbe

$(1/6)^{100} = 1{,}5 \cdot 10^{-78}$

cioè, il numero degli zeri è più che raddoppiato.

E 1/6 è ancora una probabilità decisamente favorevole rispetto a quella di ottenere il famoso disco dei Beatles duplicandone uno dei Rolling Stones.

***

50 L'anello mancante

Qualcuno crede che, se trovasse l'*anello mancante* tra *scimmia* e *uomo*, potrebbe dimostrare che l'*uomo* deriva dalla *scimmia*.

Ho provato a cercare un *motore elettric*o con delle *quasi valvole*, un *quasi pistone*, un *quasi albero a gomito*, un *quasi carburatore* che funga da anello mancante tra il *motore a scoppio* e il *motore elettrico* ma non ho trovato alcunché del genere.

Certo, le mani dei trichechi somigliano molto alle pinne di un pesce, un delfino è un mammifero con molte caratteristiche dei pesci e l'ornitorinco ha il becco di una papera: va a finire che aveva ragione quel compagno di classe delle elementari che diceva che se sua nonna avesse avuto le ruote sarebbe stata un carriola!

Credo sia chiaro per tutti che le *macchine* sono composte da molti elementi simili (ruote, cuscinetti, leve, camme ecc.) e credo nessuno si stupisca se dico che la costruzione di *macchine* più complesse è stata resa possibile dalla precedente esistenza di *macchine* più semplici: difficilmente si sarebbe potuto costruire un *razzo* senza prima aver costruito un *biplano*. Ma il punto non è questo. La domanda chiave è: il *razzo* si è evoluto dal *biplano* per errori di duplicazione?

Certo che i prodotti più scadenti sono risultati meno adatti ad affermarsi e quindi si sono estinti, ma che si siano estinti o abbiano avuto successo, la domanda resta: si erano generati *per caso*?

51 Meccatomia comparata

Un serbatoio per la benzina, un carburatore per dosare combustibile e comburente (o, nelle specie più evolute, un sistema di iniezione), cilindri e pistoni per respirare, una camera di scoppio per trasformare energia chimica in pressione (e, quindi, in energia meccanica), ingranaggi e catene per trasferire forze e movimento.

Grasso per accumulare energia, sangue per trasportare ossigeno e altre sostanze, polmoni per respirare, muscoli per trasformare energia chimica in energia meccanica, tendini e leve per trasferire forze e movimento.

Ruote per avanzare e, dove il terreno è più cedevole, cingoli. Gambe per camminare, adatte anche ai terreni più impervi, ma con basse velocità (in bicicletta, la stessa potenza muscolare permette velocità e durata molto maggiori).

telaio per sostenere le parti - scheletro osseo
telecamere - occhi
pinze - mani
eliche - pinne
impianto elettrico - sistema nervoso
centralina elettronica - cervello

Due mondi estremamente diversi ma con una caratteristica comune: convertire energia chimica in energia meccanica per compiere funzioni.

Due mondi separati da una grande, enorme differenza: delle *macchine* conosciamo lo scopo, delle altre entità no.

Chi ha riso o, più benevolmente, sorriso dell'ingenuo tentativo di far emergere un *pistone* dal caos, come riesce a stare serio

di fronte alla pretesa di far emergere, dallo stesso caos, un osso?

Chissà che atteggiamento adotteranno davanti alla misteriosa esistenza delle *macchine*, quelli che arriveranno dopo l'estinzione dell'uomo.

Sia chiaro, sarei un pazzo se pretendessi di sostenere che *macchine* e *esseri viventi* hanno la stessa genesi. Molto più semplicemente, e modestamente, credo che ragionare su ciò che si conosce abbastanza bene -le *macchine*- possa aiutare a considerare fattori che, non so per quale motivo, ci si ostina a ignorare: un po' di studio interdisciplinare potrebbe aiutare gli evoluzionisti a smettere di sostenere una teoria che semplici ragionamenti logici e altrettanto semplici calcoli probabilistici dimostrano essere priva di qualsiasi fondamento.

Ciò nulla toglie alle brillanti osservazioni di Darwin: semplicemente, non disponeva delle informazioni necessarie a confutare la sua teoria.

Ma oggi, tali informazioni sono disponibili ed è assurdo ostinarsi a ignorarle solo perché, negando la teoria dell'*evoluzione delle specie*, ci si troverebbe di fronte a un vuoto angosciante.

O forse è una questione economica? Da un giorno all'altro una quantità spropositata di libri, documentari, docenti, ricercatori e chi più ne ha più ne metta, diventerebbero inutili e non più commercialmente sfruttabili.

52 Miracoli e malattie

Nessun poeta -non me ne vogliano i *poeti*, ma credo siano quanto di più lontano ci può essere da chi si occupa di *macchine*- grida al miracolo quando, per un motivo che gli è del tutto sconosciuto, un *meccanico* riesce a *resuscitare* la sua *automobile* che dava per spacciata.

Nessuno si azzarderebbe a dire che i motivi per cui si trova uno *pneumatico* a terra sono ancora sconosciuti o che non si conosce l'origine del cessare di far luce di una *lampadina*.

E se, andando in bicicletta, a un tratto vi accorgeste di pedalare a vuoto, credereste di essere vittima di un guasto del quale, sebbene riparabile, ancora non sono stati comprese le cause scatenanti?

Ridete pure e assumete un'espressione di sufficienza: è un vostro diritto. Spero che comincerete a ridere e assumerete la stessa espressione quando un luminare della *scienza*, davanti al vostro *male*, vi parlerà di malattia dall'eziologia ancora incerta, di cause ignote, di meccanismi ancora oscuri.

Provate, la prossima volta che assisterete a un servizio in TV che esalta i prodigiosi progressi della medicina, a fare un elenco delle malattie delle quali si conoscono cause e rimedi e di quelle che, invece, vengono curate per tentativi specificando bene che *ogni organismo è diverso dall'altro e può reagire in modo diverso*: in nessun altro campo un'esternazione del genere -palese ammissione di totale ignoranza (nel senso letterale della parola: non conoscenza)- sarebbe considerato come sintomo di virtù, coscienza e professionalità.

Che direste a un architetto che, al momento di presentarvi la parcella, vi dicesse che la casa che vi ha progettato forse crollerà presto perché le leggi della statica non sono ben note?

E come reagireste se un autoriparatore vi dicesse, al momento di presentarvi il conto, che ha provato a cambiare le gomme

ma che forse il motore continuerà a spegnersi perché, lo sanno tutti, ogni *macchina* è diversa dall'altra?

Tiro a indovinare: denuncereste l'architetto e dareste dal cialtrone al meccanico.

Ah, una precisazione: anche se vanno sempre a braccetto e sono studiate nelle stesse università, non confondete *medicina* e *chirurgia*. La seconda, che si occupa di utilizzare le *macchine* per modificare con il metodo *smonta/rimonta*, che è tipico delle *macchine*, ciò che *macchina* non è - cioè gli esseri viventi- è molto più parente con l'ingegneria che con la medicina.

Un intervento *laser* per rimediare a un difetto della vista NON equivale a sapere perché si manifesta la miopia e quindi saperla prevenire o saper ripristinare le condizioni ottimali dell'occhio. L'estrazione di un dente cariato, o la sua otturazione, NON equivale a sapere perché la carie si è generata e saperla quindi prevenire o saper ripristinare le condizione sane del dente. Impiantare una testa di femore in ceramica NON equivale a conoscere le cause dell'artrosi e saperle prevenire o curare. Eseguire un trapianto di rene NON equivale a sapere perché l'organo originale è andato in avaria e poterne quindi prevenire il danno o saperlo riparare. Praticare la dialisi NON significa sapere come ripristinare il sistema originale di filtraggio del sangue. Sostituire una valvola aortica con una sintetica NON significa saper riparare il cuore. Sostituire un cristallino diventato opaco con uno sintetico NON significa sapere prevenire il danno o saper sostituire/riparare il pezzo originale.

Tutti questi interventi -e le centinaia di interventi analoghi- NON sono prodigi della medicina, bensì prodigi dell'applicazione del sistema tipico di riparazione delle *macchine* applicato a entità che macchine non sono.

Prove ripetute hanno dimostrato che, spesso, questo metodo *funziona*, quindi, a livello di utilità, per chi soffre è certamente meglio di niente, ma a livello di comprensione ha ben poco si-

gnificato: la vera comprensione consisterebbe nel sapere come ripristinare un dente sano, ricostruire un occhio che vede, rimuovere l'artrosi o anche solo saper prevenire un semplice raffreddore.

(il tutto, ovviamente, senza minimamente sfiorare lo scabroso business del farmaco, nel quale, pare, si creino malattie -vere o presunte- per lucrare dalla loro cura, aspetto che rientra nel campo del crimine e non in quello della *pseudoscienza* né, tanto meno, in quello della *scienza*).

In soldoni, un conto è provare a strappare la sufficienza con il metodo del *copia-incolla* in un compito del quale nemmeno si era compreso il quesito (e già saper copiare è una dote non comune), tutt'altro è elaborare una risposta pertinente dopo aver ben compreso la domanda e conoscendo la risposta.

Immagino vi stiate chiedendo cosa c'entri tutto questo con l'*evoluzione*. È presto detto: invece di affidarsi a numeri di entità disumana e incomprensibile, forse fare riferimento a problemi più vicini all'esperienza quotidiana può rendere meglio l'idea di quanto sia assurdo pretendere che le specie si siano evolute *casualmente* e *spontaneamente* una dall'altra -cioè che una cellula possa aver elaborato *casualmente* e *spontaneamente* un DNA diverso capace di generare un essere vivo e vitale diverso da quello che l'ha generato- se nemmeno con immensi sforzi *coordinati* e *mirati* si riesce, non dico a *creare*, ma nemmeno a *riparare* una *cellula guasta*.

Certo, le spiegazioni potrebbero essere tante, tra le quali:
- il calcolo delle probabilità non ha fondamento
- il *caso* è più efficace ed efficiente degli sforzi umani

Nel primo caso, significherebbe che il concetto di *probabilità* e tutte le considerazioni e i teoremi che ne derivano sono un'affascinante costruzione logica ma priva di qualsiasi utilità.

Nel secondo caso, significherebbe che i più grossi sforzi *intelligenti* non sono in grado di riprodurre ciò che invece si genera *facilmente* per *caso* -e che dev'essere *facile* è dimostrato dalla quantità spropositata di specie, tra animali e vegetali, che popolano la Terra.

In entrambi i casi, visto che *sensi*, *scienza* e *intelligenza* sono gli unici strumenti a disposizione per comprendere l'Universo, significherebbe arrendersi all'evidenza che è inutile tentare di capire i misteri della natura, ivi compreso quello dell'origine e della diversificazione delle specie.

Oppure, forse, si dovrebbe ricorrere a strumenti diversi (leggi *superstizione*, *fede*, *magia*) che però hanno il piccolo difetto di non essere molto governabili e riproducibili, almeno per ora.

Vicolo cieco? Non è detto: decine di migliaia di anni fa il *fuoco* era inspiegabile e, quindi, divino; oggi chiunque può avere un accendino in tasca e usarlo senza particolari timori reverenziali. Non necessariamente ciò che non si conosce oggi sarà precluso alla conoscenza per sempre ma, allo stesso tempo, non è detto che sia meglio inventare una favola piuttosto che lasciare sospeso il giudizio in attesa di ulteriori sviluppi.

53 Un aeromodellista eccezionale

State dormendo beatamente e siete svegliati dal ronzio di un zanzara. Se l'insetto pungesse, facesse il suo carico di sangue e se ne andasse, sarebbe seccante, ma non più di tanto. Invece no, la zanzara continua a ronzare. Vi svegliate completamente. Attendete che la zanzara si posi sulla vostra fronte e con una manata fortunata la spiaccicate. Finalmente, soddisfatti, potete riprendere il vostro sonno.

Quante volte si sarà ripetuta questa scena? Non lo so, ma per quanto grande possa essere il numero, non lo sarà mai abbastanza: le zanzare, purtroppo, non sono certo a rischio di estinzione (è una battuta, cari animalisti: non ho alcuna intenzione di sconvolgere l'equilibrio degli ecosistemi!).

Ma non è della lotta contro le zanzare che voglio parlare. Quanti, prima di richiudere gli occhi, si sono soffermati un attimo a pensare a quale prodigio *tecnico* avevano appena distrutto?

Non posso sapere che esperienza abbiate come modellisti, o meccanici, o ingegneri, o semplici amanti del fai-da-te, ma guardate un insetto come quello che avete appena distrutto e

provate a pensare di doverlo riparare. Non dico progettare e costruire, ma *semplicemente* riparare.

Avete idea di come realizzare una delle articolazioni delle sue zampe? O il giunto che collega le ali al corpo? Sapreste far volare un *oggetto* così minuscolo? Sostentamento, propulsione, atterraggio, decollo, carburante, strumentazione di volo: sapreste mettere tutto quello che serve in così poco spazio? Sì? Ditemi chi siete e vi farò più ricco di quanto al mondo si sia mai visto.

Pur avendo a disposizione milioni di esemplari da studiare, copiare, dai quali ricavare pezzi di ricambio, nessuno è ancora riuscito nemmeno lontanamente a realizzare qualcosa di così minuscolo e, allo stesso tempo, così perfetto.

E tutto questo, di nuovo, sarebbe frutto del *caso*, di errori di duplicazione, di *evoluzione* da un'altra specie. Gli irriducibili diranno che la capacità di volare si è *evoluta* gradualmente da una specie all'altra: niente da obiettare, anche i fratelli Wright avranno fatto molte prove, e molte più di loro ne avevano fatte tutti quelli che, prima di loro, aveva provato a volare. E con ciò? Il punto è che il *volo* umano è stato frutto di tutto tranne che di errori *casuali*: da Leonardo in poi (ma che dico, da Icaro in poi) una schiera innumerevole di geni e pionieri ha dedicato tempo, risorse ed energia a quel progetto. E anche se il *caso*, a volte, o anche spesso, ha favorito certe scoperte, sono serviti comunque enormi sforzi mirati e coordinati per trasformare intuizioni *casuali* e/o eventi *fortunati* nei prodigi delle tecnica che conosciamo.

Tornando alla zanzara, occuparsi di un insetto intero sarebbe troppo complesso, quindi concentriamoci solo su uno dei suoi organi: gli occhi. Sono diversi dai nostri, probabilmente forniscono una visione grossolana, a mosaico, ma ciò li rende per caso meno meravigliosi?

Quando, ma soprattutto, come, da esseri unicellulari privi occhi, si è evoluto un qualsiasi abbozzo di organo vedente?

Progettare una fotocamera a colori con risoluzione di *quantivolete* megapixel è niente in confronto al riuscire ad ottenere su una lastra un'ombra sfocata in bianco e seppia. Scoperto un principio, svilupparlo e portarlo alle fantascientifiche conseguenze è quasi un gioco da ragazzi: basti dire che sono occorse decine di migliaia di anni per avere la prima fotografia, ma poi è bastato un secolo per rendere disponibile a chiunque la possibilità di inquadrare, cliccare e ottenere foto tecnicamente favolose (se poi le immagini sono orrende, non è certo colpa della macchina).

Torniamo agli occhi. Quale errore può essersi verificato perché a un tratto un essere privo di sensori di luce abbia procreato una nuova specie capace di percepire stimoli luminosi? E mica dico *vedere*: mi accontenterei di percepire la luce. Avete idea di cosa significhi poter reagire a un segnale luminoso?

a) occorre *qualcosa* di sensibile alla luce, cioè un *sensore*

b) serve un *trasduttore* che trasformi l'output del *sensore* in un segnale utilizzabile

c) è necessario disporre di un *decodificatore* in grado di interpretare il segnale

d) si deve convogliare il segnale dal *trasduttore* al *decodificatore*

e) se, poi, si vuole *vedere*, serve anche un *software* per elaborare il segnale del *decodificatore* e renderlo comprensibile

all'unità centrale che si occuperà di interpretare il significato dell'immagine

Vi sembra complicato? Beh, non è che una schematizzazione molto semplificate e grossolana. Per la verità ogni step nasconde insidie e difficoltà che, se volete, potete affrontare diventando ingegneri ottici, elettronici od oculisti.

Ora, non staremo a rifare un'infinità di calcoli con numeri inconcepibili per dimostrare che la probabilità che eventi del genere avvengano *spontaneamente* o *casualmente* è ZERO.

E dopo, quando avrete finito di dilettarvi con la *vista*, passate al *radar* dei pipistrelli: quelli sono ciechi, ma hanno un sistema non meno sofisticato della vista per acquisire immagini del mondo che li circonda. Senza ripetere il ragionamento sulla catena di apparati che servono per percepire una forma per mezzo di ultrasuoni, notiamo solo come il *caso* deve aver commesso un *errore* davvero fortunato per far uscire dal suo cappello magico non un coniglio ma un *sonar* (mi correggo: ha estratto sia il coniglio sia il sonar).

E se, invece, così fosse, significherebbe che il *caso* è di gran lunga più *efficace* ed *efficiente* della *progettazione*. Per ottenere nuove *macchine*, invece di studiare ingegneria, sarebbe meglio affidarsi alle lotterie.

Nota. Devo proprio essere sfortunato, perché ogni volta che sbaglio a battere un tasto mentre scrivo devo tornare indietro per correggere: mai una volta che per errore mi esca una frase meravigliosa.

54 Non esageriamo

Esaltare solo le vittorie del *caso* è scorretto: nessun animale vola veloce come un razzo, nessuno solleva oggetti pesanti come quelli che può sollevare una gru, nessuno è riuscito a portare l'acqua nella sua tana e a farla scorrere secondo la propria volontà, nessun animale ha disegnato la Gioconda né si veste e si sveste a seconda delle variazioni del clima.

Però una differenza resta sostanziale: le *macchine* hanno richiesto sforzi coordinati, progetti e lavoro durissimo. Gli esseri viventi si sarebbero generati per *caso*, anzi, per *errore*.

55 Il metodo galileano

La parola *scienza* deriva dal latino *scientia*, che significa *conoscenza*.

Per *linguisti*, *scienziati*, *filosofi* e *classificatori* è importante stabilire esattamente cosa rientri nella *scienza* e cosa, invece ne sia escluso. Chi volesse, può trovare materiale a non finire sull'argomento, partendo dall'*epistemologia*, cioè la branca della *filosofia* che studia condizioni e metodi per avere conoscenza *scientifica*. Ecco che, senza ancora avere detto nulla, già si sono introdotti due termini che andrebbero definiti con precisione: *filosofia* ed *epistemologia*. Un possibile passo successivo potrebbe consistere nella distinzione tra *induzione* -cioè il ricavare regole generali osservando casi particolari- e *deduzione* -cioè partire da regole generali per *dedurre* i casi particolari. E con questo, senza essere di molto avanzati verso la meta, abbiamo introdotto altri termini che andrebbero sviscerati: *induzione* e *deduzione*.

Giungere alla definizione esatta di *scienza* porterebbe molto lontano e anche accontentarsi di intuire vagamente cosa si intenda per *scienza* non è semplice, perché dire, per esempio, che è *scientifica* una conoscenza *uguale per tutti* (cioè oggettiva) e *verificabile* (cioè dimostrabile mediante prove) già presta il fianco a numerose critiche, prima tra tutte quella relativa alla validità delle prove sperimentali. A questo proposito, basterà osservare che ripetere molte volte un esperimento che si conclude *sempre* con il *medesimo risultato* (al riguardo invito a leggere la nota tra i prossimi asterischi) non garantisce in modo assoluto e certo che il *principio* posto a base dell'esperimento stesso sia corretto. Viceversa, basterà un solo fallimento dell'esperimento per dimostrare in modo inequivocabile che il *principio* era errato.

Quindi, se da una parte risulta estremamente difficile -se non addirittura impossibile- stabilire in assoluto cosa sia *vero* e cosa

non lo sia, dall'altra risulta che la prova sperimentale è condizione necessaria, sebbene non sufficiente, anche solo per ipotizzare una teoria *scientifica*.

***

A proposito dei risultati di un esperimento, si possono fare alcune considerazioni che, qui appena accennate grossolanamente, meriterebbero di essere approfondite.

La prima riguarda il fatto che non è possibile ripetere *esattamente* lo stesso esperimento quanto meno perché:

- gli oggetti usati non possono essere identici

. se si riutilizzassero gli oggetti già usati in precedenza, sarebbero cambiati per effetto della prova già subita

. se invece si usassero oggetti diversi, non potrebbero essere *identici* in quanto costituiti da materia diversa e di diversa dimensione (sul problema delle dimensioni si veda il seguito)

- il periodo di tempo e/o il luogo della ripetizione dell'esperimento non possono essere gli stessi:

. non è possibile tornare indietro al tempo del primo esperimento per ripeterlo

. non è possibile svolgere due esperimenti nello stesso spazio: per quanto vicini possano essere, due corpi (campioni di prova, strumenti, sperimentatori ecc.) non possono occupare lo stesso spazio

Per esempio, due esperimenti condotti a pochi metri di distanza uno dall'altro li sottopone a forze gravitazionali diverse: l'incidenza sarà trascurabile, ma come esserne certi?

Qualche secondo dopo l'effettuazione del primo esperimento, al momento di ripeterlo, per quanto ci si sforzi di mantenere costanti, pressione, temperatura, illuminazione, rumore ecc., le posizioni relative dei corpi dell'universo saranno cambiate: di nuovo, la forza gravitazionale agente sui corpi sarà diversa.

Non resta che affidarsi alle ripetizioni (quindi, di nuovo, alla statistica e alle probabilità) per isolare il nocciolo dell'esperimento dalla variabilità delle condizioni. E qui non si può non accennare all'affascinante *teoria del caos* che, detto in modo molto grossolano, si occupa della sensibilità dei sistemi alle condizioni iniziali: minuscole differenze nelle condizioni iniziali di un sistema possono portare a enormi differenze di evoluzione del sistema stesso (immagino abbiate sentito parlare dell'*effetto farfalla*: una farfalla batte le ali in un luogo e provoca un uragano dalla parte opposta della Terra).

La seconda considerazione, anche senza scomodare il principio di indeterminazione di Heisenberg, riguarda le *misure*. Chiunque abbia a che fare con *misure*, di qualsiasi genere, sa benissimo quali e quante difficoltà si incontrano nello stabilire una grandezza: gli strumenti non sono *esattamente* uguali tra loro, sono affetti da *errori* e anche il metodo di misura implica *errori*. Per arginare il problema, di nuovo si ricorre alla statistica affidandosi alle ripetizioni: si misura moltissime volte la stessa grandezza con lo stesso strumento per verificare la dispersione dei valori rilevati e quindi determinare la curva caratteristica dello strumento. Poi si misura la stessa grandezza con strumenti diversi e, magari, si fa compiere la misura a sperimentatori diversi. Alla fine, bene che vada, si ottiene la *probabilità* che la grandezza misurata sia compresa in un certo intervallo.

Senza poi parlare della difficoltà di stabilire le unità di misura: lunghezza di un metro, massa di un chilo, volume di un litro ecc.

***

Tornando a bomba: se sollevo un oggetto e, una volta eliminato il sostegno, l'oggetto cade, allora posso ipotizzare una *teoria* secondo la quale l'oggetto è attratto dalla Terra. In seguito

potrò ripetere l'esperimento in tanti modi per verificare la sua ripetibilità e, magari, potrò ampliare l'ambito di validità della *teoria* dicendo che ogni oggetto dotato di *massa* è attratto dagli altri oggetti dotati di *massa*. Si potranno inventare sempre nuovi esperimenti per mettere alla prova la teoria e se, un bel giorno, accadrà che un oggetto dotato di massa non sarà attratto da un altro oggetto dotato di massa, la teoria sarà smentita.

In soldoni, in questo consiste il metodo *scientifico galileano* che, oggi, è accettato come valido per acquisire conoscenza *scientifica*.

Un altro, differente metodo di acquisire conoscenza, in voga nel medioevo, era quello dell'*ipse dixit*, cioè *l'ha detto lui* (in genere ci si riferiva a quanto aveva scritto Aristotele).

Non sorridete dando per scontato che questo secondo metodo non possa essere accettabile: se il *lui* che afferma le cose *sapesse tutto* e *dicesse sempre la verità*, allora potrebbe anche essere vero che una cosa è vera perché l'ha detta *lui*.

Sorridete ancora? Beh, forse non vi siete mai soffermati a considerare che il metodo *ipse dixit*, dal medioevo, è sopravvissuto fino ai giorni nostri e che miliardi di persone basano la propria conoscenza, o una parte di essa, proprio su di esso: tutti quelli che hanno *fede* in una *religione* o in una *pseudoscienza* (quella di chi, in malafede, diffonde *false certezze* e/o statistiche manipolate). Limitandoci al campo delle *religioni* (le *pseudoscienze* sono crimini contro l'umanità), non ci sono prove di quanto affermano e, anzi, molte sono le *verità* non dimostrabili che sfidano la logica, forse proprio per prendere le distanze da un metodo *logico-deduttivo-sperimentale* che le metterebbe immediatamente al tappeto.

E non è che i vari *distinguo*, nonché l'artificio di dividere il campo tra conoscenza da affidare alla *scienza* e conoscenza da affidare alla *religione* migliori di molto la situazione: nel tentativo di conciliare *scienza* e *religione* resta irrisolta un'incongruenza di fondo, soprattutto alla luce del fatto che con il pas-

sare del tempo, nonostante gli innumerevoli roghi coi quali si è cercato di rallentare il processo, si è costantemente ridotto il campo della *conoscenza* affidata alla *religione* a vantaggio della *conoscenza* derivata dalla *scienza*.

Forse si potrebbe formulare la *teoria* che la *religione*, in ogni tempo, si è occupata di ciò che la *scienza* non era *ancora* riuscita a spiegare: secondo il metodo galileano sarebbe una teoria come un'altra, suffragata da qualche prova sperimentale (per esempio, il *fuoco* non è più stato considerato una divinità dopo che l'uomo ha scoperto come generarlo a piacimento e come sfruttarlo per i propri scopi ecc.) pronta a essere smentita dalla prima prova contraria, mentre secondo il metodo dell'*ipse dixit* sarebbe un'assurdità da non prendere nemmeno in considerazione.

Non a caso *scienza* e *religione* coesistono da sempre, coi *sacerdoti* delle due branche in perpetua lotta per il sopravvento.

Ma stiamo divagando. Il punto è che non c'è una sola, singola, minuscola **prova sperimentale riproducibile** che una specie si sia trasformata in un'altra.

Quindi si può parlare tranquillamente di *religione* evoluzionistica -e chiunque è libero di crederci, esattamente come chiunque è libero di credere nella *reincarnazione*, nella *transustazione* o in qualsiasi altra affermazione predicata da qualsiasi religione- mentre è del tutto improprio spacciare la teoria dell'*evoluzione delle specie* -cioè quella che teorizza la possibilità che una specie si evolva in un'altra e che, al limite, tutti gli esseri viventi derivino da un unico progenitore comune- come *scienza*.

Invece è proprio quello che accade ogni volta che, in una pubblicazione o una trasmissione televisiva, argomenti *scientifici* vengono subdolamente accostati alla *teoria dell'evoluzione*

delle specie. Se, per esempio, dall'evidenza (nel senso di *visibile con gli occhi*) *scientifica* (nel senso di oggettiva e riproducibile) che mostra una similitudine morfologica tra due specie, si *deduce* che una si è evoluta dall'altra, si compie un passaggio illogico e arbitrario: a un'affermazione *evidentemente* (nel senso di visibile con gli occhi) *vera* si fa seguire una *congettura* priva di qualsiasi fondamento scientifico.

Non che la cosa sia grave di per sé: semplicemente si mischiano spudoratamente *scienza* e *religione*.

D'altra parte il fenomeno è ben noto e consolidato: il *missionario* porta in un villaggio *medicina* e *religione* e, dato che ciò che dice riguardo alla *medicina* risulta *vero* -perché i suoi rimedi riescono davvero a guarire le malattie e ad alleviare le sofferenze- *allora* anche la sua *religione* viene presa per *vera* in quanto si trasferisce ad essa le *verità* che il missionario ha dimostrato in un altro campo.

La gente, in generale, è semplice e reagisce molto più ai bisogni primari che alla speculazione intellettuale: se sei capace di migliorare le mie condizioni di vita (insegnandomi a procurami più facilmente cibo e acqua, a curare le malattie ecc.) perché mai non dovrei credere a ciò che affermi essere alla base della tua superiorità, cioè il tuo *dio*?

Ma mentre lo scopo del missionario è ben chiaro, è difficile individuare chi ci guadagni nello spacciare per *scientifica* la *teoria dell'evoluzione delle specie*: è questo il quesito a cui si deve dare risposta se si vuole capire il motivo del successo di una delle più clamorose mistificazioni della storia.

Una delle ipotesi può essere che l'evoluzionismo confutava il creazionismo cristiano -secondo il quale Dio aveva creato tutte le specie, tra la quali una, addirittura, a sua immagine e somiglianza- e forse non è un caso che la teoria di Darwin esplose proprio in quell'Inghilterra che solo trecento anni prima aveva

visto Enrico VIII staccarsi dalla chiesa di Roma e sanare il bilancio del suo regno confiscandone i beni. Ma siamo nel campo delle congetture e sarebbe un peccato cadere nello stesso tipo di errore che si cerca di evidenziare.

56 Darwin: intuizioni e microscopio non bastano

Che coi mezzi dei quali disponeva -occhi, intelletto e poco più- Charles Darwin (1809-1882) abbia ipotizzato la sua mirabile teoria, gli fa certo onore. Che oggi, con i mezzi dei quali disponiamo e le conoscenze via via accumulate, ancora ci sia chi crede, sostiene e diffonde la teoria della evoluzione delle specie -intesa come possibilità che una specie si trasformi in un'altra- è molto meno onorevole. A meno, come detto, di non trasferire la *teoria dell'evoluzione delle specie* nel campo delle *religioni*, cosa che la renderebbe automaticamente *off-limits* per qualsiasi considerazione *logico-scientifica*.

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, se fino a Galileo (1564-1642) aveva regnato incontrastato l'*ipse dixit*, per cui ciò che aveva affermato Aristotele non andava interpretato ma accettato, ed era vero a prescindere da qualsiasi considerazione, poco alla volta si era affermato il principio che una teoria, per essere scientificamente accettabile, doveva superare la prova di esperimenti ripetuti che ne confermassero la validità.

Si noti che Galileo è di ben duecento anni precedente a Darwin e che in quei duecento anni il metodo scientifico-galileano si era ampiamente affermato. Pare quindi strano che una teoria che non ha mai superato il benché minimo riscontro sperimentale abbia avuto il successo che ha avuto: mentre infatti, per esempio, la teoria della gravitazione elaborata da Isaac Newton (1642-1727) ha superato infinite prove sperimentali e continua a rendere conto del fatto che tutti i corpi dotati di massa sono attratti gli uni dagli altri, mai nessuno è riuscito a trasformare una specie in un'altra agendo casualmente e/o simulando l'accadimento di errori.

Da notare che tutti i sostenitori della *teoria dell'evoluzione delle specie* si affannano a cercare le prove della fondatezza della teoria stessa tra i resti fossili: nessuno prova a trasformare

una specie in un'altra! Significa per caso che oggi le condizioni sono diventate tali da rendere impossibile l'evoluzione di altre nuove specie? Che il processo che nel corso di qualche migliaio di secoli ha prodotto innumerevoli specie diverse, a un tratto non è più in grado di generarne nemmeno un'altra?

L'*evoluzione delle specie* si configura più come un dogma che come una teoria: si tratta di una verità in cui bisogna credere anche se non ne è possibile alcuna dimostrazione sperimentale.

Se, poi, l'ingegneria genetica riuscisse a compiere il prodigio di creare una specie partendo da un'altra, ciò non significherebbe affatto che la teoria di Darwin è fondata: l'intervento mirato, coordinato e tutt'altro che *casuale* di un ingegnere sarebbe cosa ben diversa rispetto a uno, o una serie di errori *casuali*. Certo, l'ingegneria genetica produce esseri dalle caratteristiche diverse da quelle che avrebbero in natura (che, comunque, non sono *altre specie*, anche se non si può escludere che, a furia di mescolare DNA, una nuova specie possa essere generata), ma ciò può essere attribuito a tutto tranne che al *caso*.

Il paragone con le *macchine* è, ancora una volta, speculare: un *hacker*, senza conoscere il sorgente del programma sul quale lavora e basandosi solo su limitate osservazioni sul funzionamento del programma stesso, può riuscire a *craccarlo*, cioè riuscire a farlo funzionare anche in condizioni che il programmatore aveva cercato di escludere (per esempio, escludere la necessità di digitare una *password*).

Di solito gli *hacker* non hanno successo al primo tentativo, ma taglia qui, incolla là, prima o poi, magari senza sapere di preciso perché, ottengono il risultato: il fatto che sia possibile trasformare un programma in un altro, diverso ma funzionante, non significa che il cambiamento sia *casuale* o che un programma si *evolva* in un altro.

Oppure, un ingegnere potrebbe elaborare il progetto di una motocicletta e, aggiungendo due ruote e qualche altro ammennicolo, ottenere quello di un'automobile: ciò non dimostrerebbe affatto che dalla linea di produzione di una motocicletta potrebbe *casualmente* e per *errore*, uscire un'automobile.

E comunque, anche prescindendo dalla prova sperimentale (comunque necessaria per poter attribuire la qualificazione *scientifica* a una teoria), la *teoria dell'evoluzione delle specie* non è in grado nemmeno di spiegare sulla carta, quindi teoricamente, come possa essere probabilisticamente possibile la trasformazione di una specie in un'altra per *caso*.

Quando elaborò la sua teoria, Darwin poteva forse conoscere gli studi del contemporaneo Gregor Johann Mendel (1822-1884) che, lavorando sui piselli, dedusse alcuni aspetti dell'ereditarietà genetica (ma pare non sia stato così, in quanto gli studi di Mendel furono pubblicati solo nel 1865 e rimasero pressoché sconosciuti fino ai primi del '900) e forse, prima di morire, ebbe anche la possibilità di sentir parlare del lavoro di Thomas Hunt Morgan (1866-1945) sui moscerini Drosophila melanogaster ma, anche se così fosse, gli studi dei precursori della genetica non erano in contrasto con le sue osservazioni e teorie.

Fu solo con gli studi di James Dewey Watson (1928-), Francis Harry Compton Crick (1916-2004) e Maurice Hugh Frederick Wilkins (1916-2004) -quando ormai Darwin era già scomparso da tempo- che il DNA fu riconosciuto come sede della memoria dei caratteri degli individui e impronta specifica di ogni specie.

Se per Darwin e i sui seguaci poteva essere affascinante pensare a un pesce che per *caso* trasforma branchie in polmoni e pinne in zampe, dopo la scoperta e tipizzazione del DNA, banali calcoli dimostravano come tale eventualità fosse probabili-

sticamente *impossibile*. Eppure, molti hanno continuato a propagandare la teoria dell'evoluzione delle specie spacciandola per *scientifica*.

57 I sensi non bastano

Immaginate di arrivare sulla Terra da un pianeta alieno e che la vostra vista non consenta di vedere la materia organica. Ai vostri sensi si presenterebbe una grande varietà di *macchine* che consumano energia, si muovono e svolgono attività a voi incomprensibili, in quanto, non potendo vedere l'uomo, non capireste a cosa servono.

I più attenti e meticolosi della vostra comitiva non tarderebbero a identificare, nelle macchine, componenti comuni o simili tra loro, come ruote, sportelli, viti, vernici ecc. Il passo successivo, se per caso anche nel vostro pianeta di origine fosse consuetudine *catalogare* le cose, sarebbe ordinare le macchine secondo criteri più o meno arbitrari:

- chi catalogasse per colore, per esempio, metterebbe insieme Ferrari, capi di Armani, la bandiera comunista
- chi invece catalogasse per presenza o meno di porte/sportelli, unirebbe in una famiglia automobili, aerei, elicotteri, sottomarini, case, roulotte, gabbie per uccelli

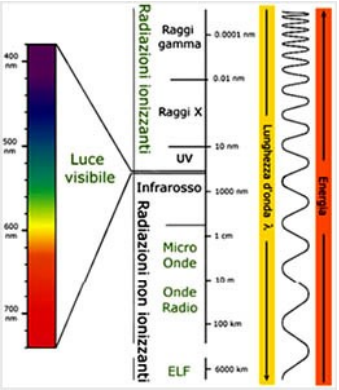
In linea di principio, una classificazione non sarebbe migliore di un'altra.

Tornado a noi, cosa vi fa pensare che i miseri, per quanto favolosi, cinque sensi umani siano sufficienti a individuare la *vera* realtà?

Quante cose oggi diamo per assodate ma che per i nostri predecessori semplicemente non esistevano perché mancavano gli apparecchi che hanno consentito di riportare determinati fenomeni all'interno del ristretto campo di percezione sensoriale?

Per esempio, fino a quando non si è scoperta la radio, la maggior parte delle onde elettromagnetiche *non esisteva* sem-

plicemente perché non era possibile intuirne la presenza al di fuori della ridottissima gamma di frequenza percepibile dagli occhi (e, anche quelle, non erano considerate onde elettromagnetiche).



In compenso, dopo aver trovato il modo di *vedere* e *udire* le onde elettromagnetiche, gli apparecchi che le sfruttano si sono moltiplicati a dismisura: radio, televisori, telefoni cellulari, telecomandi, collegamenti wireless, macchine per raggi x, forni a microonde, ecc.

Chi vi assicura che non ci siano altre *entità* che sfuggono completamente alla percezione umana?

Comunicare coi morti potrebbe essere e restare una panzana clamorosa, ma provate a pensare a come sareste stati accolti fino al 1491 se aveste affermato non solo che esisteva un altro continente, ma che era possibile comunicare con i suoi abitanti. Probabilmente sareste finiti su un rogo. Se oggi affermaste che è possibile parlare al telefono con un abitante di New York sareste guardati con sospetto, perché sarebbe talmente ovvio che il proclamarlo vi farebbe passare per pazzo.

Chi vi assicura che non ci siano altri *eventi* che accadono in nostra presenza ma che non riusciamo a percepire? E che non ce ne siano altri che, sebbene percepiti, non riusciamo a interpretare? Fulmini e scintille sono noti all'uomo fin dalla notte dei tempi, ma prima di saper generare e sfruttare i fenomeni elettrici sono passate decine di migliaia di anni.

Certi robot sono dotati di sensori che sentono la vicinanza di un metallo, facoltà che l'uomo non ha. Nel modo di quei robot, la classificazione degli oggetti sarebbe tra metallici e non metallici, non certo tra minerali, vegetali e animali. In una futura società di quei robot, magari diventati capaci di riprodursi, nessuno percepirebbe la presenza di chi li ha creati... a meno che non avesse una vite in un femore! A proposito: come escludere che un giorno sia possibile rilevare uno dei creatori delle specie, reso percepibile ai nostri sensi da qualche suo difetto? Fantascienza!

L'uomo è dotato di certi sensi e di un certo tipo di capacità di ragionamento: ovvio che cerchi di comprendere tutto ciò che può sfruttando le risorse delle quali dispone, ma da qui a credere, o anche solo sperare, di poter comprendere la *verità* di ciò che lo circonda, il passo è tutt'altro che breve.

***

Alcuni esempi di come la realtà, anche se concettualmente *semplice*, sia complessa e difficile da prevedere.

Primo esempio. Una partita a scacchi si gioca su una scacchiera che ha un ben determinato numero di caselle, con un altrettanto ben determinato numero di pezzi che hanno un ben definito modo di muoversi. Concettualmente è evidente che le partite possibili sono in numero finito (cioè non sono infinite), eppure questo numero è talmente grande da sfuggire (almeno

per ora) alla possibilità di individuare la partita *perfetta*: a mano a mano che i computer aumentano in potenza di calcolo e capacità di memoria avanza la frontiera delle mosse prevedibili, ma siamo ancora bel lontani dal poter *vedere* una partita fino alla fine in tutte le sue varianti.

Secondo esempio. Una bolla di aria calda sale rispetto alla circostante aria più fredda: è un fatto noto, facile da riprodurre e universalmente accettato. Inoltre, la miscela aria-acqua è stata studiata a fondo ed è considerata ben nota. Sul movimento dell'aria e sulla sua interazione con l'acqua si basa la meteorologia: una massa di aria calda e umida sale, nel salire la sua pressione diminuisce e, con essa, diminuisce la sua temperatura (studiando un po' di termodinamica è facile rendersene conto). L'aria che sale richiama altra aria dalle zone circostanti (creando il *vento*) e quando, nel salire, la temperatura diventa abbastanza bassa, l'acqua condensa e piove. Semplice, no? Ma allora, perché è così difficile azzeccare le previsioni e sarebbe quasi impossibile senza l'aiuto delle foto provenienti dai satelliti? Troppa aria, troppe zone di riscaldamento e raffreddamento, troppe interferenze dovute a mari, montagne e laghi ecc.: il principio è semplice, ma la realtà troppo complessa per applicare il modello.

Terzo esempio. Domanda: in quanti modi si può scrivere un numero come somma di altri numeri, indipendentemente dalla sequenza degli addendi?

Prendiamo ad esempio il numero 4:

$$4 = 3 + 1 = 2 + 2 = 2 + 1 + 1 = 1 + 1 + 1 + 1$$

La risposta alla domanda, riferita al numero 4, è che i modi di ottenerlo come somma di altri numeri sono 5.

Concettualmente non sembra un grosso problema, non vi pare?

Per agevolare chi volesse approfondire, la funzione che, dato un numero, fornisce il numero dei modi di ricavarlo come somma di altri numeri, è detta *funzione di partizione* e questa è una delle soluzioni (Wikipedia)

$$p(n) = \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \sum_{k=1}^{\infty} \sqrt{k}\, A_k(n)\, \frac{d}{dn} \left(\frac{\sinh\left(\frac{\pi}{k}\sqrt{\frac{2}{3}\left(n-\frac{1}{24}\right)}\right)}{\sqrt{n-\frac{1}{24}}} \right),$$

dove

$$A_k(n) = \sum_{0 \le m < k\ ;\ (m,k)=1} e^{\pi i s(m,k) - 2\pi i \frac{nm}{k}},$$

Vi sembra ancora semplice? Eppure la domanda lo era!

(nota: pare che matematici americani abbiano scoperto una formula che non prevede una somma infinita di termini, cercatela se siete interessati all'argomento: è ancora più complicata!)

La matematica applicata alla fisica e alla tecnologia ha permesso di realizzare opere prodigiose, ma sarà davvero quella la strada per comprendere e prevedere la realtà?

E, per inciso, pensate al sistema geocentrico: teoricamente non era sbagliato (anzi, per molto tempo esprimere dubbi al riguardo significava candidarsi al rogo), ma le traiettorie degli astri risultavano complicatissime. Poi, un giorno, Copernico provò a vedere cosa sarebbe accaduto adottando come riferimento il sole: prodigio, le traiettorie diventavano *semplici* ellissi! Siamo *sicuri* che stiamo guardando le *cose* dal punto di vista *giusto*?

***

58 Un linguaggio primordiale

Ancora immaginando che veniate da un altro pianeta, supponiamo ora che foste dotati di udito simile a quello umano: se vi capitasse di intercettare la comunicazione tra due *macchine* non capireste cosa si dicono perché non sareste in grado di decifrare i trilli che si scambiano i due *modem*. Ma di certo qualcuno della vostra comitiva, incuriosito dalla singolare capacità di comunicare delle macchine, comincerebbe a studiare, sperimentare, inventare strumenti sempre più sofisticati per cercare di interpretare quella *sorprendete* forma di comunicazione.

Dopo tanti sforzi e tento tempo speso in compagnia delle *macchine*, finalmente venuti a capo del mistero di quei trilli, è probabile che il responso sarebbe del tipo: *si tratta di un linguaggio molto semplice e primordiale, basato su due soli caratteri (+/-, 1/0, ON/OFF) che probabilmente permette agli individui di comunicare qualche concetto di utilità reciproca*.

Per coloro, particolarmente fantasiosi, ai quali il trillo dei *modem* ricorda il linguaggio dei *delfini*, è bene chiarire che la similitudine è puramente *casuale*.

59 Vita: energia e organizzazione

Molte pagine addietro abbiamo visto come non basti apportare energia per trasformare del metallo in monete. Se ciò era vero per la materia inanimata, sarà vero anche per quella animata?

Se state leggendo, significa che siete vivi, quindi sapete bene quanto vi costa mantenervi tali: quanto meno dovete respirare e nutrirvi e, mentre l'aria che vi circonda è abbondante e gratuita -almeno fino a quando non tasseranno pure quella- per procacciarvi il cibo, a meno che non apparteniate alla categoria dei parassiti, dovete lavorare. E comunque, foste anche parassiti, un apporto generalizzato di energia non basterebbe a farvi sopravvivere: non basta stare stesi al sole e nemmeno mettersi in un forno per assorbire l'energia necessaria a restare vivi. Per sopravvivere è necessario seguire un metodo ben definito e molto preciso di acquisizione dell'energia.

Non importa dilungarsi su argomenti ovvi: per mantenersi vivi occorre darsi un gran daffare, mentre per imputridire e scomparire basta lasciar lavorare il tempo. Ma se ciò è vero e sotto gli occhi di tutti, come si può ipotizzare che il processo possa invertirsi per *caso*? Occorre una tale organizzazione della materia perché un'entità possa essere considerata viva e serve una tale organizzazione dell'ambiente circostante affinché una vita resti tale, che fatico a immaginare come si possa concepire che tutto ciò sia frutto del *caso*.

Per fare un insulso e minuscolo esempio, supponete che l'energia che entra nel sistema Terra sia, per qualche ragione, troppo abbondante: non è che ciò avrebbe come conseguenza un aumento della vita bensì, al contrario, ne causerebbe l'estinzione in quanto, per esempio, tutta l'acqua evaporerebbe e il pianeta si trasformerebbe in un deserto. E se, nelle nuove condizioni, si sviluppasse una nuova e diversa forma di vita, le considerazioni svolte rimarrebbero comunque valide.

60 Il laboratorio della Natura

Quante volte ci si sente consigliare un rimedio *naturale*, di certo migliore e meno dannoso di uno sintetico? Può anche essere vero, ma ci andrei piano a generalizzare: nel laboratorio chimico della *Natura* avvengono prodigi che i chimici nemmeno si sognano. Partendo dagli stessi ingredienti, ogni pianta sintetizza colori, gusti e profumi diversi, con una varietà sorprendente: siete mai entrati in un negozio di spezie? I veleni sintetizzati da certe piante non hanno alcunché da invidiare a quelli umani. Per non parlare della fotosintesi clorofilliana, che cattura e accumula l'energia della radiazione solare da ben prima che l'uomo esistesse.

Non è il momento né il luogo per proseguire un elenco che sarebbe interminabile: ciò che mi preme far notare è che tutto questo, ovviamente, avviene grazie al *caso*: figuriamoci se ci fosse un progetto!

61 Conclusione

La storia è prodiga di esempi di allucinazioni collettive e *verità* che, nel tempo, sono state rettificate, smentite, sostituite. Scienziati e religiosi si sono dati un gran daffare per imporre le proprie verità, salvo poi essere superati da scoperte successive: chi cent'anni fa vi praticava un *salasso* per guarirvi da una malattia, con la stessa, arrogante supponenza oggi vi fa una *trasfusione*; chi costrinse Galileo ad abiurare, ha ritenuto opportuno ricredersi e chiedere scusa (ma chi fu arso sul rogo può percepire le scuse?)

Si ripropone quindi la domanda delle domande: meglio disporre comunque di una risposta, pur sapendo che è sbagliata, o è meglio lasciare aperta una questione che non si sa risolvere?

La storia pare privilegiare di gran lunga la prima ipotesi: meglio fidarsi di sacerdoti che affermano di sapere da dove veniamo e dove andremo piuttosto che vivere con l'angoscia dell'incertezza. Poco importa se Iside e Osiride, Zeus e Era, Giove e Giunone, Manitou, sono tutt'ora studiati pur se, come divinità, sono stati abbandonati.

Chissà se un domani più o meno prossimo le nostre religioni non saranno studiate come curiose superstizioni. O se in futuro non ci si chiederà se i ricchi personaggi che, vestiti in modo eccentrico, celebravano i riti, in verità non approfittassero della superstizione dei fedeli per gestire il potere politico ed economico. In fondo è questo che oggi si insegna dei sacerdoti dell'antico Egitto.

Ma così vanno le manipolazioni della storia: anche la rivoluzione francese, con tutte le sue teste tagliate, è portata come esempio supremo di legittima rivendicazione dei diritti dei cittadini e simbolo assoluto di *liberté*, *egalité* e *fraternité*, salvo, contemporaneamente, predicare la *totale condanna di ogni for-*

ma di violenza (condanna con la quale, sono convinto, concordassero pienamente anche Luigi XVI e Maria Antonietta).

Magari, con un po' di modestia, si potrebbe sfruttare la benché dubbia analogia con le *macchine* per spostare l'attenzione da *chi siamo* e *da dove veniamo* a più modesti e di certo meno nobili *a cosa serviamo* e *a chi serviamo*, domande preliminari al chiedersi *chi* ci abbia progettato e *perché* lo abbia fatto. Ma dubito che una visione così utilitaristica dell'esistenza sia compatibile con la presunzione di essere il centro dell'universo e il fine ultimo della creazione o con l'arroganza di chi ritiene di poter stabilire quali esseri viventi siano da rispettare e quali invece si possano soggiogare, sterminare o, addirittura, mangiare (e poco importa che si tratti di vegetali o animali).

Però, di nuovo, sto divagando e sfiorando pericolosamente il confine della fantasia e della fantascienza: meglio fare molti passi indietro e accontentarsi di ciò che le nostre limitate possibilità ci consentono.

Riprendendo l'introduzione, la *logica* non richiede che si conosca la *verità* per dimostrare la *falsità* di un'affermazione, quindi dimostrare l'impossibilità *logica* che l'origine della vita possa essere stata *casuale* e che le specie possano essersi evolute *casualmente* una dall'altra non implica affatto che si sappia la *verità* o che sia indispensabile proporre in alternativa l'operato del dio di una qualsiasi religione o la provenienza da un mondo alieno (anche se nessuna di queste possibilità può essere esclusa).

Inoltre, non dimentichiamo che se si scoprisse che la materia ha una *tendenza* spontanea ad aggregarsi in forme *vive*, allora tutto il castello logico-probabilistico crollerebbe: come abbiamo visto, quando si evidenzia una *tendenza* il *caso* esce subito di scena. Se però esistesse una *tendenza* della materia a organizzarsi in forme *vive*, allora dovrebbe manifestarsi, almeno di

tanto in tanto, continuando a produrre nuove specie, cosa che pare non verificarsi.

Infine, poi, chi ci assicura che la *logica* sia lo strumento giusto per perseguire la conoscenza della *verità*? Una vecchia storiella racconta di un tale che, chiesto a un ubriaco che cercava le sue chiavi sotto a un lampione se fosse proprio lì che le aveva perse, ottenne in risposta: "No, ma è solo qui che ci vedo qualcosa!"

Indice

Premessa....1
Introduzione: dov'è la mucca Carolina?....3
Prima parte: l'origine della macchina....4
1 Il caso....4
2 Evoluzione....8
3 Migliaia, milioni, miliardi di anni....10
4 Probabilità....11
5 Equilibrio, ordine, energia....14
6 Entropia....18
7 Entropia 2....27
8 Sistema aperto....31
9 Hardware e software....33
10 Champollion e i geroglifici egiziani....47
11 Crittografia....49
12 Un breve riepilogo....52
13 Ancora Testa o Croce....53
14 Un numero davvero grande....60
15 Non diamoci per vinti....65
16 Un altro tentativo....68
17 Un piccolo aiuto....74
18 Un altro aiuto....76
19 Commenti....79
20 Computer quantistico....81
21 Classificazione....82
22 Evoluzione progressiva....84
23 Ottenere una nuovo software funzionante....86
24 Ottenere una nuova riga funzionante....90
25 Un'ultima verifica....98
26 Altre vie....101
27 Trabocchetti....105
28 L'uovo e la gallina....109
29 Una domanda formulata male....110
30 Colpo di grazia....112

31 La macchina primordiale.....113
32 La pozione magica.....119
33 Fiocchi di neve.....120
34 Il punto della situazione.....126
Seconda parte: le tappe evolutive della macchina.....127
35 La macchina viene dall'acqua.....127
36 Estinzioni.....129
37 Tassonomia.....131
38 Misteri.....132
39 Linee di montaggio e rottamai.....134
40 Considerazioni.....136
Terza parte: l'origine della vita.....139
41 Dubbi.....139
42 Cellula.....140
43 DNA.....144
44 Dubbi.....148
45 Una strana coincidenza.....150
46 Gli apparati della cellula.....151
47 Errori.....152
48 Sindromi genetiche.....155
49 Comparsa nuove specie e rischio di estinzione.....156
50 L'anello mancante.....160
51 Meccatomia comparata.....161
52 Miracoli e malattie.....163
53 Un aeromodellista eccezionale.....167
54 Non esageriamo.....171
55 Il metodo galileano.....172
56 Darwin: intuizioni e microscopio non bastano.....179
57 I sensi non bastano.....183
58 Un linguaggio primordiale.....188
59 Vita: energia e organizzazione.....189
60 Il laboratorio della Natura.....190
61 Conclusione.....191

Riccardo Merendi è nato a Faenza (Ra) nel 1959 e vive a Ravenna.

Ingegnere meccanico, libero professionista, è autore dei romanzi: La Pietra dei Maya (1998), Diamond (1999) , Aspides (Halley Editrice, 2005), Incunabolo (Il Punto d'Incontro, 2007)