

# *La scienza di fronte all'inesattezza nel reale - il senso del bello scientifico*

[Daniele Gouthier, Elena Joli]

## *Introduzione*

Viviamo in un'epoca nella quale non è possibile considerare la scienza come un'attività estranea alla società. Da un lato, questa la chiama sempre più spesso in causa perché si esprima su questioni determinanti, dagli armamenti all'alimentazione, all'energia, alla medicina. Dall'altro, il dibattito sulla scienza che prende forma in una dialettica tra diversi attori sociali (giornalisti, parlamentari, insegnanti, industriali, medici ecc.) ha raggiunto una massa critica tale da non potere più essere ignorato dalla stessa comunità scientifica neppure quando si dedica alla propria attività specialistica di ricerca. Il nodo che lega la conoscenza scientifica alla sua diffusione nella società si è cioè serrato in modo inestricabile.

La consapevolezza della dimensione sociale della scienza e dell'importanza della sua comunicazione ci hanno guidato nell'elaborazione di questo studio. Il nostro obiettivo ultimo era quello di esaminare modi, forme e contenuti della comunicazione della scienza, il suo legame con l'informazione come bacino cui attingere, la nascita dei termini che vengono utilizzati per descrivere il mondo che ci circonda.

Vorremmo subito mettere in chiaro che esiste una grande distanza fra la comunicazione formale della scienza e la comunicazione pubblica della scienza. Nella comunicazione scientifica formale, ciò che conta è che la scienza venga pubblicata<sup>1</sup>. La pubblicazione sancisce il raggiungimento di un traguardo nell'attività di ricerca e il conseguimento del consenso (un articolo scientifico sottoposto a quella che si chiama *peer-review*, una recensione colta, ha ottenuto un riconoscimento ufficiale dei contenuti che espone), ma anche la possibilità di condividere *rapidamente* con i colleghi i risultati raggiunti. La comunicazione pubblica della scienza, invece, che si confronta da vicino e per necessità con i bisogni, le sensibilità, (spesso) i pregiudizi della società, assume a pieno titolo il ruolo di un'attività sociale. Comunicare la

---

<sup>1</sup> Ziman J., *La vera scienza*, Dedalo, Bari, 2002.

scienza in pubblico diventa dunque un momento costitutivo della prassi scientifica che costringe, addirittura, a ripensare cos'è la scienza.

Quando la scienza viene raccontata in pubblico, gli attori sociali che vi prendono parte, non essendo scienziati, comunicano tra loro con un linguaggio povero di rigore e nel quale l'ambiguità la fa da padrona. Cosa perdiamo e cosa guadagniamo, scegliendo un registro in cui predomina l'ambiguità e il rigore latita?

Per rispondere a questa domanda, si è reso necessario circoscrivere il nostro campo d'indagine partendo da una messa a fuoco delle peculiarità epistemologiche e metodologiche della scienza e della sua relazione con il mondo circostante. Solo in un secondo tempo, cercheremo di prendere in esame il ruolo del rigore nella comunicazione formale della scienza.

Ci siamo accorti cioè che non era possibile puntare direttamente verso il traguardo prefissato. Il nostro viaggio intellettuale doveva forzatamente essere preceduto da alcuni "scali" intermedi, così da chiarire a noi stessi e ai lettori lo scenario entro il quale ci muoviamo e aggiustare, ove necessario, le coordinate della nostra rotta.

La prima tappa, che giustifica la produzione del presente lavoro, analizza il legame fra l'inesattezza del mondo che lo scienziato osserva e la maggiore esattezza e dunque rigidità della descrizione scientifica. In questo articolo diremo dunque cos'è per noi la scienza; parleremo poi del ruolo della bellezza in qualità di antidoto al proliferare di gradi di libertà che caratterizzano la realtà come insieme di oggetti, e in veste di strumento che fa percepire una possibilità di costruzione di un modello, allo scopo di descrivere, con gli occhi della scienza, quegli stessi oggetti.

Il passo successivo alla registrazione di un modello è la sua comunicazione, sia quella formale che quella pubblica. La transizione dall'inesattezza a uno stadio di maggiore esattezza lascia tracce riconoscibili nell'ambiguità linguistica che contraddistingue anche le più rigorose definizioni scientifiche. Il secondo scalo di viaggio si preoccupa di trasferire le riflessioni sull'inesattezza che contraddistingue la realtà osservata all'ambiguità ineliminabile dei termini linguistici che la scienza crea e utilizza per descrivere. L'origine di questi termini, ossatura delle definizioni e degli enunciati scientifici, risente tanto della condizione di isolamento propria della fase di

creazione nel processo scientifico quanto dell'influenza di contributi extra-scientifici. Udiamo di nuovo l'eco che ci rimanda l'immagine della scienza come attività sociale...

A quel punto, il traguardo sarà nella linea di mira e saremo pronti per mettere in relazione la scienza con una molteplicità di pubblici, ai quali i suoi contenuti devono essere comunicati.

### ***1. Rigore versus inesattezza***

Gli scienziati adottano il rigore - non solo nella scelta di un linguaggio specialistico, ma proprio nella struttura del processo logico del loro pensiero - perché porta a una rappresentazione della realtà più facilmente fruibile dai loro pari. È evidente però che il rigore è *una* possibile - e plausibile - traduzione di ciò che la realtà esprime allo scienziato in veste di osservatore: come tutte le traduzioni, anche il rigore aggiunge e toglie qualcosa alla comprensione del fenomeno al quale si applica.<sup>2</sup>

La realtà, in tutta la sua inesattezza, contiene molta più informazione della descrizione rigorosa che ne dà la scienza. Ma l'esattezza, la sistematicità e la possibilità di essere condivisa che la scienza aggiunge all'informazione naturale, trasformano in qualcosa di molto prezioso la fruizione diretta di un fenomeno. Possiamo sintetizzare questo guadagno, tentando una definizione di scienza che tenga conto della funzione del rigore, ma che sia contemporaneamente aperta a comprendere anche la condivisione - nel senso più ampio - dei contenuti della scienza stessa: *scienza è ogni processo di trasformazione del sapere che propone una rappresentazione esatta, sistematica e condivisa dell'inesattezza.*

Gli enunciati della scienza sono il risultato di un insieme di analisi il cui oggetto è sempre un complicato intreccio di dati ed elaborazioni teoriche. Quindi possiamo dire che riguardano (non solo la realtà ma anche) le costruzioni teoriche modellate in precedenza: in questo senso possiamo usare un'espressione quale *trasformazione del sapere*, al posto di *processo incrementale* e di *sviluppo per accumulazione*. Scegliamo

---

<sup>2</sup> Ci riferiamo genericamente a *realtà* come all'insieme di enti e fenomeni di cui la scienza si occupa. E' nostra intenzione concentrare l'interesse unicamente allo studio di tali oggetti e delle loro relazioni, senza approfondire alcuna questione ontologica. Parafrasando E. P. Wigner che nel 1983 era alle prese con la definizione di "esistenza" di una particella, ammettiamo che un oggetto del mondo che ci circonda esiste solo se è un concetto utile per descrivere le proprietà della natura di cui è supposto essere una parte.

cioè di respingere l'idea di un modello deficitario nel quale la scienza progredisce aggiungendo novità positive a un sapere precedente primitivo e abbozzato. Ciò corrisponderebbe a ignorare la complessità del fenomeno, a nascondersi che vi sono direzioni nelle quali un progresso si realizza e altre che possono invece produrre una momentanea regressione. Anche chi è convinto che la scienza debba fornire soluzioni a problemi concreti, non ignora che fondamentalmente si tratta di una macchina, o meglio un algoritmo, che agisce sul sapere, per produrre nuova conoscenza: la scienza è imprescindibilmente teorica, non insiste tanto su oggetti reali (anche quando osserva una roccia, un rituale di accoppiamento, una cellula al microscopio), quanto sull'informazione che questi contengono, sul sapere che è già stato elaborato su di essi.

Scendiamo invece a un livello più operativo e consideriamo la scienza una macchina che riduce l'inesattezza - e che ammette in ogni momento la possibilità di trasformazioni successive che offrano nuove rappresentazioni più esatte. Intendiamo, cioè, che la scienza si occupa di oggetti dei quali ignora la natura e che vuole capire; per capirli, deve darne una lettura che trascuri gli aspetti inessenziali e cristallizzi quelli significativi; che superi l'inesattezza del singolo fenomeno, della singola astrazione, del singolo fatto, e arrivi a una loro rappresentazione *più* esatta.

L'inesattezza è un elemento ineliminabile di ogni processo conoscitivo, di ogni sviluppo scientifico, di ogni nuova teoria; è una caratteristica essenziale dei *fatti* ai quali s'interessa la scienza, ma anche – sia chiaro - dei *risultati* che raggiunge.

---

La natura offre ogni giorno ai nostri occhi una delle sue meraviglie: tutti gli alberi contengono rami, foglie, tronchi in costante, lenta e progressiva crescita. Ma per quanto cerchiamo, non troveremo mai in un albero due foglie uguali, in un cespuglio due trifogli identici, oppure durante una nevicata due fiocchi perfettamente sovrapponibili. Gli elementi della natura sono *asintoticamente* identici: tutte le foglie di una stessa specie *tendono* a essere le une uguali alle altre, tutti i trifogli in un cespuglio sono *per approssimazione* sovrapponibili. Questi oggetti reali sono approssimazioni inesatte di un prototipo esatto, e vengono descritti dalla scienza sotto forma di modelli, che rappresentano la realtà e forniscono le relazioni tra questo e la teoria sviluppata.

La ricerca di un modello esatto (più esatto, per la precisione) ha lo scopo di garantire il rispetto del principio di riproducibilità di ogni osservazione scientifica. Posso essere certo di aver trovato un trifoglio quando osservo una pianta erbacea con tre (o assai raramente quattro) foglioline di forma ovale che si dipartono da un'origine comune all'estremità superiore del gambo. Le caratteristiche delle foglioline (per esempio, la dimensione variabile) non fanno parte dei parametri significativi del mio modello di classificazione. Si noti che anche un quadrifoglio è comunque un trifoglio. Neppure il numero variabile di foglioline è dunque un elemento discriminante della definizione botanica di questa pianta. Il quadrifoglio<sup>3</sup> rappresenta un'anomalia del processo di riproduzione, il prodotto di una mutazione genetica che ha una probabilità non nulla di verificarsi. La non vantaggiosità di tale anomalia non soddisfa il principio di selezione darwiniana e la mutazione del trifoglio con quattro foglie rimane confinata a qualche rara benché fisiologica apparizione. La definizione botanica di trifoglio - Heisenberg<sup>4</sup> ce lo insegna – non è rigorosa per sua stessa natura, poiché poggia a sua volta su assunti arbitrari.

La terminologia specialistica concepita per esprimere un concetto scientifico, per quanto rigorosa, non può definire termini scientifici senza fare appello a una certa dose di ambiguità, poiché ogni scelta terminologica poggia a sua volta su altre scelte linguistiche meno esatte del termine che si vuole definire. L'ambiguità diventa quindi un requisito che viene rivendicato anche nella comunicazione della scienza perché racchiude in sé una caratteristica fondamentale della scienza e della sua relazione con i fenomeni osservati. Maggiore esattezza significa maggior rigidità del rappresentante rispetto al rappresentato. In altre parole, qualunque descrizione della realtà è più "debole" della realtà stessa, nel senso che ne rappresenta un'approssimazione, ma proprio per questo guadagna la possibilità di essere resa sistematica. In natura due

---

<sup>3</sup> Solo la lingua italiana ammette un termine indipendente – quadrifoglio, appunto – per indicare un trifoglio a quattro foglie. Sia l'inglese che il francese infatti lo chiamano “trifoglio a quattro foglie”, rispettivamente, *four-leaved clover* e *trèfle à quatre feuilles*. L'italiano, da questo punto di vista, pone in ombra il problema dell'ambiguità della definizione (che tuttavia sussiste immutato). Chi ci dice, infatti, se non una pre-conoscenza o un'intesa in seno alla comunità linguistica italiana, che il quadrifoglio sia un'anomalia del trifoglio, piuttosto che un tipo di pianta completamente diverso? L'utilizzo dell'espressione “trifoglio a quattro foglie”, traduzione letterale dall'inglese e dal francese, fa emergere con prepotenza la questione propriamente ontologica, riguardante la messa a fuoco dei parametri significativi nella definizione di tale pianta.

L'ambiguità della definizione si riflette dunque nell'inglese e nel francese, ma non emerge in italiano.

<sup>4</sup> Heisenberg W, *Fisica e filosofia*, il Saggiatore, Milano, 1994.

rette parallele non esistono, il parallelismo è una rappresentazione maggiormente esatta del dato rappresentato da infinite coppie di rette con quel comportamento.

Cosa garantisce che il modello trifoglio sia davvero una rappresentazione scientifica dei mille trifogli che possiamo incontrare in natura?

Non la *sola* possibilità di verificarne sperimentalmente la bontà.

Non la *sola* esattezza, che avvicina il modello al prototipo (che sta nella mente di Dio, della natura, o nell'iperuranio tra le idee platoniche, a seconda delle nostre convinzioni personali).

Perché il modello trifoglio diventi una rappresentazione scientifica di tutti i trifogli, sono necessarie altre due caratteristiche: la sistematicità e la condivisione. La prima, come abbiamo detto, permette di ricavare il modello dalla possibilità di osservare *tutti* i trifogli passati, presenti e futuri. Naturalmente, non è importante (né, tanto meno, concretamente possibile) che questa osservazione abbia luogo: la sua sola possibilità garantisce già la stabilità del modello. Ogni nuova osservazione corregge in parte il modello, e ne restituisce una versione successiva che riconosciamo come conforme a quella di partenza, e che si applica potenzialmente a una classe (infinita) di problemi, e non a un singolo quesito.

La condivisione del modello introduce un ulteriore e necessario elemento di stabilità: risponde al bisogno di consenso cui la scienza aspira, nell'obiettivo di costituire un *sapere*, la cui veridicità può essere in linea di principio verificata da ciascuno. E questa ricerca del consenso costituisce un altro aspetto essenziale della natura sociale dell'impresa scientifica.

---

Abbiamo detto che qualsiasi elemento osservato reca in sé un contenuto di inesattezza inevitabilmente destinato a essere rimosso (almeno in parte) qualora si cerchi di offrirne una rappresentazione.

Anche una rappresentazione poetica (“Si sta come d'autunno sugli alberi le foglie”) ignora innumerevoli aspetti e caratteristiche della realtà (i soldati) per dare risalto a un solo elemento significativo (la precarietà della vita).

L'inesattezza è ciò che riconosce al singolo individuo, al singolo fenomeno la propria peculiarità, e che dà conto del fatto che il singolo soldato può essere vivo o morto. Una rappresentazione più esatta cancella le specificità non significative e

cristallizza, irrigidisce il fenomeno nei suoi elementi che sono di interesse scientifico. In altre parole, conserva le regolarità ineliminabili a scapito di ciò che – in un'elaborazione teorica - non è significativo.

Ciò si applica se il *dato iniziale* è il risultato di un esperimento o di un'osservazione, ma anche se proviene da una simulazione o da una precedente elaborazione teorica. I dati iniziali appaiono alla scienza portatori di un ordine non compreso che va trasformato in uno schema più comprensibile.

In un ragionevole parallelo tra entropia e inesattezza, e che chiama in causa anche la relazione fra aumento dell'ordine ed estrazione di informazioni da un sistema, possiamo dire che una trasformazione scientifica introduce un nuovo ordine ma non è detto che diminuisca l'entropia (l'inesattezza) totale. La scienza semplifica e, se vogliamo, impoverisce un aspetto della realtà al fine di comprenderne una specifica caratteristica, e lascia invariato, nella sua genericità, tutto il resto.

Se, come diceva Henri Michaux, la vita risiede nelle pieghe, non nelle superfici lisce e regolari, non nelle forme squadrate, allora ci piace pensare che ogni trasformazione del sapere sia incarnata da un processo non lineare, che spesso e volentieri si ripiega su se stesso, che si compone di vie annidate e non direttamente progressive. Anche questo processo allora produce rappresentazioni che *successivamente* verranno viste come inesatte e che quindi forniranno spunto per nuove ricerche.

## ***2. Il senso del bello scientifico***

Il pubblico chiede alla scienza certezze e soddisfacimento di bisogni tout court. La scienza risponde trasmettendo l'immagine di un processo più esatto della realtà ma necessariamente non esente da inesattezza. La società reagisce con sconcerto e insoddisfazione.

Nulla di nuovo sotto il sole: questo sconcerto è radicato anche tra gli scienziati, ogni volta che prendono coscienza che la propria disciplina si fonda su presupposti inesatti; che ogni definizione rigorosa contiene comunque una certa dose di ambiguità; che la scelta di assiomi e postulati ha natura arbitraria.

Lo scienziato stesso in realtà cerca, più o meno coscientemente, strategie comunicative che diano la sicurezza del rigore scientifico ma che non annullino mai del tutto l'ambiguità costitutiva e ineliminabile, sulla quale poggia la possibilità della comunicazione.

Tra le strategie adottate vi è l'affidarsi al senso del bello che guida lo scienziato nelle scelte inconse, e lo aiuta a riconoscere il *non mutamento nel mutamento*<sup>5</sup>. Come nella selezione di una specie, il senso del bello ha una funzione evolutiva che porta al successo alcune teorie, alcune visioni del sapere, rispetto ad altre: sopravvivono le teorie che in un inquadramento rigoroso conservano traccia dell'inesattezza dei fenomeni che studiano, pur muovendosi nella costante tensione al suo superamento. E la bellezza diventa un meccanismo che concorre a metabolizzare l'inesattezza, o, detto altrimenti, un parametro indicatore di un avanzamento dell'esattezza.

Nei confronti della conoscenza, la percezione del bello serve ad attirare l'attenzione e a indirizzare il processo conoscitivo; ma anche a costruire un orizzonte - non sempre razionale e rigorosamente delimitato - nel quale muovere la propria attività di ricerca. L'evoluzione del pensiero scientifico che vuole lasciare lo stato di inesattezza muove dal fascino, che ha il ruolo di semplice detonatore, per affidarsi al senso del bello che ne prolunga gli effetti e permette la loro compenetrazione con le scelte sistematiche: l'invenzione è scegliere, e questa scelta è imperativamente governata dal senso di bellezza scientifica<sup>6</sup>. Prima cioè che entrino in gioco le scelte metodologiche, che vengano messe in atto le strategie che portano una teoria a essere condivisa dalla comunità scientifica, in quel momento iniziale c'è solo, da parte dello scienziato, la percezione di una qualche forma di esattezza, che si presenta con contorni sfumati e viene letta con gli occhi imprestati dal senso di bellezza scientifica. In altre parole, grazie al confronto, o meglio allo scontro fra l'inesattezza della natura e la percezione di una sua rappresentazione più esatta, mediata dalla bellezza, diventa possibile l'avvio della costruzione di un modello.

Nel 1864, James Clerk Maxwell iniziò il suo programma di studi sull'elettromagnetismo. Dopo essersi immerso completamente nello studio delle

---

<sup>5</sup> Caglioti G., "Strutture numeriche, autoorganizzazione e senso del bello", *Bollettino UMI*, serie VIII, vol. IV-A, 2001, 209-245.

<sup>6</sup> Hadamard J., *La psicologia dell'invenzione in matematica*, Hopefulmonster, Firenze, 1993.

ricerche elettriche di Michael Faraday, a cui riconosceva una altissima competenza sperimentale, si accinse a formulare da un punto di vista matematico una teoria dell'elettricità e del magnetismo. La perfetta simmetria della legge di trasformazione del campo elettromagnetico in  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  nel vuoto, suggerì a Maxwell che in quelle equazioni doveva mancare qualcosa. Se un campo magnetico variabile è accompagnato da un campo elettrico, e se la simmetria rispetto a  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  deve essere generale, Maxwell ipotizzò che anche un campo elettromagnetico variabile possa dar luogo a un campo magnetico. La percezione di una bellezza incarnata nella realizzazione di una simmetria mancante fu la molla che fece introdurre a Maxwell la "corrente di spostamento" nelle sue equazioni.

Poiché abbiamo detto che uno degli obiettivi della scienza è offrire *rappresentazioni più esatte dell'inesattezza*, possiamo vedere lo scienziato come chi si muove per cercare di dedurre, dalla materia bruta, lo schema di un ordine, di una regolarità, di una chiave di lettura; e la chiave di lettura è già il primo passo dell'attività scientifica vera e propria. Il fascino mette in luce le diverse opzioni che possono essere scelte; il senso del bello governa la scelta vera e propria, e serve allo scienziato per mettere in un contesto rigoroso quanto coglie, intuisce, percepisce; per mettere a fuoco cosa rimane invariato in un processo di trasformazione verso l'esattezza.

---

Le tre tappe fondamentali nell'evoluzione darwiniana degli esseri viventi sono la mutazione, la selezione e la diffusione. Il momento critico del processo evolutivo è costituito dalla fase della selezione, ed è qui che interviene la bellezza. Il fiore usa la propria bellezza per attirare a sé l'insetto che si era posato su un esemplare della sua stessa specie. Solo così, infatti, aumenta la probabilità che l'insetto realizzi effettivamente l'impollinazione, e garantisca dunque la sopravvivenza della specie fiore.

La bellezza del fiore è il meccanismo che consente la realizzazione della simbiosi tra l'insetto che impollina, e il fiore che nutre. È la creatrice del sistema ordinato fiore-insetto-fiore, e ciò dà supporto all'idea che, in natura, la nozione di bello è fortemente connotata da uno stretto legame con quella di sopravvivenza e si configura quindi come criterio etico.

Possiamo suggerire che lo stesso accada anche nel processo d'evoluzione di una teoria: un meccanismo di scelta delle idee che presenti un pur modesto vantaggio selettivo tende a consolidarsi durante l'evoluzione di una scoperta e di un'invenzione scientifica. Il senso del bello configura dunque, in ogni caso, un criterio di bontà e validità scientifica.

Il mondo naturale insegna e mostra che il bello è funzionale, concepito per la realizzazione di uno scopo ben preciso ai fini della conservazione della specie, e non si riduce a una qualità puramente estetica. D'altra parte, è possibile, e questo è interessante nella nostra discussione, delineare una contiguità anche fra l'idea di bello e quella di verità: l'eleganza - proprietà chiaramente estetica - delle formule matematiche, dei modelli fisici, delle strutture portanti del corpus della scienza, ha da sempre costituito uno spartiacque di fronte alla necessità di stabilire la sopravvivenza dei prodotti della ragione umana. Il connubio fra bello e vero è felicemente ospitato nelle pieghe della scienza e spesso è stato il motore di ricerche e scelte metodologiche (come accadde con l'introduzione della corrente di spostamento da parte di Maxwell), e compare come indicatore del riconoscimento di una qualche forma di ordine, sia questo dinamico (lo chiameremo *autoorganizzazione*) o statico (le cui rappresentazioni sono la *simmetria* e l'*autosomiglianza*)<sup>7</sup>. Il bello può allora essere visto come un indicatore dell'esistenza di un processo stabile - come in natura, nell'evoluzione dei viventi, così nella scienza, nella produzione, selezione e sopravvivenza di idee e teorie.

C'è poi un indubbio stimolo alla creatività che sorge da pure ragioni estetiche. Esiste un'idea di bellezza formale che pervade l'intero edificio scientifico, le cui fondamenta comprendono tanto i fenomeni quanto i "metafenomeni". Prevedere la collocazione di una gemma che nascerà, colmare una lacuna nel sistema periodico di Mendeleev, trovare un'antiparticella che equilibra l'esistenza di una particella, sono atti dettati da una ragione estetica: quella di realizzare il completamento di una qualche forma di ordine, che, di caso in caso, si concretizza nell'attualizzazione della simmetria di un ramo mediante la posizione dei suoi fiori, nel rispetto

---

<sup>7</sup> Caglioti G., "Strutture numeriche, autoorganizzazione e senso del bello", *Bollettino UMI*, serie VIII, vol. IV-A, 2001, 209-245.

dell'autosomiglianza di una tabella, nella ricostruzione dell'autoorganizzazione di materia e antimateria.

Naturalmente, tra le forme di ordine citate la più proficua è quella dinamica perché consente di prendere in considerazione i processi invece che i soli risultati che ne conseguono. L'autoorganizzazione è un criterio che la natura adotta per migliorare il rendimento di uno sforzo compiuto in nome di un sotteso principio di economia. Il mondo naturale è ricco di prove che spingono a considerare l'autoorganizzazione un solido principio guida per la struttura degli organismi viventi. Si pensi all'occhio umano, e al meraviglioso progetto che lo ha dotato di cristallino e iride regolabili, capaci di messa a fuoco e acutezza visiva. Questo stesso criterio compare anche nella selezione di idee scientifiche, pittoriche, architettoniche, musicali. Si cela dietro l'armonia di uno Stradivari, le proporzioni del Partenone, le dimensioni ottimali del libro che tenete in mano, l'organizzazione dei quadri di Albrecht Dürer.

Potremmo portare il discorso a uno dei suoi estremi e dire che l'autoorganizzazione è la creazione, in quanto è il criterio dinamico che dà forma alla forma. È un gioco di richiami interni che permette all'armonia di sgorgare dalla materia o dalle idee. È la stabilità di un processo prima ancora della stabilità del suo esito, che viene ridotta a essere corollario della precedente. Il senso del bello si appella all'autoorganizzazione proprio perché questa riesce a registrare i mutamenti, il loro andamento; perché tiene conto dell'evolversi di un fenomeno, di un'idea, di una struttura. In una parola, permette di cogliere l'ordine in qualcosa che cambia e che quindi, in prima approssimazione, sembrerebbe avere la tendenza a essere sfuggente e disordinato.

Quando, invece, vogliamo fotografare il risultato del processo evolutivo di un'idea, la forma statica di ordine che corrisponde all'autoorganizzazione è l'autosomiglianza. Già abbiamo fatto riferimento all'autosomiglianza del sistema periodico di Mendeleev: questa forma di ordine consente allo scienziato di congetturare l'esistenza di un elemento prima che questo sia effettivamente conosciuto, proprio sulla base della natura ordinata del sistema.

La stabilità come esito geometrico è esemplificata, come paradigma di autosomiglianza, dai frattali, sin dalla loro definizione. Questi offrono poi un buon esempio della corrispondenza tra autoorganizzazione (che si può cogliere

nell'iterazione di un algoritmo generatore) e autosomiglianza (che è condensata nel risultato finale - il frattale vero e proprio - con la sua geometrica consistenza, spogliato di tutta la dinamicità del processo che lo ha generato): la bellezza concettuale, l'utilità pratica e il piacere dell'occhio sono simultanei ed inaspettati<sup>8</sup>.

---

Nell'analisi del senso di bellezza nella scienza, abbiamo messo in luce tre forme di ordine a cui appellarci, e cioè una forma dinamica (l'autoorganizzazione) e due forme statiche (l'autosomiglianza e la simmetria).

Quando Maxwell introduce la corrente di spostamento nella formulazione delle sue equazioni dell'elettromagnetismo lo fa in nome di una simmetria formale che a priori non ha alcuna necessità scientifica, se non la disposizione armonica di una struttura teorica. Quando Mendeleev congetta una tavola di riorganizzazione tassonomica degli elementi chimici esistenti in natura prima ancora che tali elementi siano identificati, lo fa di nuovo in nome della simmetria. Con questo intendiamo che *deve* esistere una struttura che *può* essere disposta armonicamente e che la simmetria è la sua disposizione armonica, o capovolgendo il punto di vista, c'è simmetria quando l'osservatore *vede* una struttura disposta armonicamente.

In ogni caso, la simmetria prevede la relazione tra gli elementi interni di una struttura; e relazionare gli elementi di una struttura vuol dire trovare leggi di invarianza che coinvolgano alcuni aspetti dell'oggetto, concreto o astratto che sia, per il quale vige la simmetria. Detto altrimenti, quello che succede è che ci sono trasformazioni che agiscono sulla struttura ordinata, la mutano, la deformano ma, nel farlo, lasciano invariati alcuni elementi (che è proprio ciò che fa il senso del bello scientifico nei confronti dell'inesattezza). La simmetria non è altro che *il non mutamento quale esito di un mutamento*. Ci troviamo cioè di fronte a una disposizione che, pur potendo assistere alla trasformazione dei propri singoli elementi, non viene mutata nel suo complesso e quindi costituisce per l'osservatore un riferimento permanente che può essere compreso e assimilato. Se assumiamo che si abbia simmetria, cioè invarianza rispetto a una modifica, quando la modifica apportata a un sistema non produce alcun effetto osservabile, allora l'invarianza di un oggetto, dovuta

---

<sup>8</sup> Mandelbrot,

a una sottostante simmetria, allude all'esistenza di quantità "non osservabili". Consideriamo, per esempio, la possibilità di realizzare un'inversione temporale, cioè di assistere allo svolgimento di un processo all'indietro, come accade quando si riavvolge la pellicola di un nastro magnetico. In tal caso, se i due processi, diretto e inverso, sono possibili, non ci è dato, tramite questi, di distinguere il verso del tempo, che appare quindi come *non osservabile*. Vale la pena far notare che la Natura ammette, fra le altre, due fondamentali simmetrie che sono costantemente sotto gli occhi di ciascuno di noi e che hanno un ruolo principale nel modellare la nostra percezione della realtà: stiamo parlando dell'omogeneità e dell'isotropia dello spazio e del tempo. Infatti, sono proprio queste proprietà di simmetria a sancire l'equivalenza di qualsiasi posizione spaziale o temporale (omogeneità) e la non esistenza di direzioni privilegiate di osservazione (isotropia).

Se vogliamo descrivere come il senso del bello tragga dalla simmetria una qualche chiave di comprensione, possiamo schematizzare il processo dinamico in atto per mezzo di un percorso in tappe successive: lo scienziato è affascinato da un fenomeno, da una congettura, da un evento, che stimolano il suo senso del bello; nella fase dell'osservazione riconosce una forma di ordine statico, che dispone il fenomeno osservato armonicamente secondo una struttura; poi lo scienziato riesce a imporre un nuovo ordine che gli permette di ottenere una rappresentazione del fenomeno osservato. A questo punto ci troviamo di fronte a due forme di ordine: quello intrinseco che è descritto dall'invarianza della struttura sotto alcune trasformazioni e quello dettato dallo scienziato che impone una propria chiave di lettura. È evidente che lo scienziato arriva a comprendere il fenomeno che sta osservando e studiando, solo se riesce a creare una situazione nella quale i due ordini sono almeno parzialmente compatibili.

### ***Conclusioni aperte: dall'inevitabilità dell'inesattezza alla necessità dell'ambiguità***

L'importanza che abbiamo accordato alla bellezza all'interno del processo di creazione e scoperta nella scienza sta nel riconoscimento del suo ruolo nel passaggio dall'inesattezza degli oggetti osservati alla maggiore esattezza della descrizione

scientifico. Il punto di arrivo che la scienza realizza è in questo senso la proposta di un modello, inteso come riduzione dell'inesattezza, destinato a essere uno strumento operativo duttile e utilizzabile non solo nella prassi scientifica. L'inesattezza riflette infatti la realtà come insieme di fenomeni caratterizzati da un numero elevato di gradi di libertà: per descrivere il mondo naturale è necessario stabilire quali di questi gradi di libertà sono secondari, ed esaminare poi solo le caratteristiche riproducibili di un fenomeno. Galileo scopre la legge di caduta dei gravi: la descrizione teorica e modellizzata del fenomeno enuncia le leggi che lo governano *in assenza di attrito*, considerando quest'ultimo come un fattore secondario, come un elemento potremmo dire di disturbo. Eppure l'attrito è tanto reale e imprescindibile nel mondo naturale del quale ogni giorno abbiamo esperienza, quanto non significativo nella messa a fuoco degli elementi necessari per descrivere l'essenza fisica del moto di caduta di un corpo. È chiaro quindi che mentre tutti i gradi di libertà costituiscono l'oggetto *reale* dunque *inesatto*, un modello scientifico per dirsi tale deve saperlo scomporre nelle sue componenti peculiari, analizzarle in modalità seriale, cioè una per volta, e dare quindi del fenomeno stesso una descrizione *più esatta*. L'inesattezza è dunque un punto di partenza necessario, che ogni modello scientifico riconosce come tale.

La nostra analisi del ruolo e dello statuto della bellezza nella scienza ha cioè come scopo quello di riconoscere la necessità di un antidoto per metabolizzare l'ambiguità. Il senso del bello scientifico, che porta a riconoscere *il non mutamento nel mutamento*, va inteso come motore evolutivo che porta al successo di alcune teorie e alcune visioni del sapere rispetto ad altre.

Senza avere la pretesa di dire una parola definitiva sul ruolo della bellezza nella scienza, crediamo che questa abbia un'importanza non secondaria anche nella pratica della comunicazione pubblica della scienza. Il ricorso alla bellezza, ancora una volta, gioca un ruolo di primo piano, poiché il suo scopo è quello di comunicare che una trasformazione è in atto. Come si percepisce l'attualità di una trasformazione? Solo enunciandone gli elementi fissi, quelli che restano invariati: se tutto si trasforma, diventa impossibile mantenere qualsiasi riferimento vincolante fra il punto di partenza e quello di arrivo, e si corre il rischio di trovarsi fra le mani un mero processo dinamico, la cui consistenza intrinseca non offre però mezzi per garantire una

possibilità di trasmissione. Merita sicuramente una riflessione più approfondita l'analisi delle dinamiche che portano lo scienziato a usare e proporre le parole idonee a una comunicazione orizzontale, e il comunicatore a scegliere a trovare le parole che vanno invece bene per il suo pubblico. Qual è il modo migliore, la strategia comunicativa vincente? Come si tiene fede all'obiettivo di favorire la digestione dell'inevitabile ambiguità da parte del pubblico?