

# Dentro la scienza

PARTE

1

• **Robert S. Root-Bernstein**

**Scoperte per caso?** (seconda parte)

[I caratteri e le strategie dell'indagine scientifica]

• **Michael Erard**

**Una congiunzione molto "scientifica"**

[L'uso del "quindi" nel linguaggio scientifico]

## L'autore e l'opera

Professore di fisiologia alla Michigan State University, **Robert S. Root-Bernstein** si è occupato in numerosi studi delle modalità, delle strategie e dei caratteri delle scoperte scientifiche.



*Il brano riporta per esteso la conclusione dell'articolo, la cui prima parte è pubblicata nel volume a stampa alle pagg. 33-38 (che suggeriamo di rileggere con il relativo apparato di note per la comprensione di questa seconda parte e dell'intero ragionamento dello studioso).*

*Prendendo in considerazione la ricostruzione storica di alcune scoperte scientifiche "per caso" lo studioso conclude che esse non sono il risultato di casualità o di fortuna.*

*Ciò che conduce gli scopritori a raggiungere nuovi traguardi è la capacità di osservazione e di trarre le corrette deduzioni*

*logiche da fatti nuovi o inattesi. Il metodo di lavoro è un procedimento all'indietro; è il tentativo di indurre da ciò che si vede ciò che sta a monte, ossia la causa logica di ciò che ha provocato il fatto.*

*La ricostruzione storica delle scoperte scientifiche rivela che esistono **strategie e metodi di pensiero** più efficaci di altri nel condurre alla scoperta scientifica, metodi e strategie che si riferiscono in generale alla capacità dello scienziato di riconoscere problemi interessanti e di comprendere risultati inaspettati.*

*Tra questi "strumenti mentali" spiccano il gioco, il coltivare una **proficua confusione** aspettando che riveli qualcosa di inaspettato, l'**identificazione con l'oggetto della ricerca**, l'**intuizione** di come dovrebbe funzionare il mondo, la **percezione dell'ordine che sta alla base delle cose**, la capacità di percepire modelli visivi e verbali.*

*Si tratta di strategie e metodi che non appartengono ai procedimenti scientifici canonici. Negli esempi riportati, la scoperta non è nata dalla verifica o dalla confutazione di un'ipotesi ma dai risultati inattesi della loro sperimentazione; ogni scienziato ha scoperto un problema nuovo, un'anomalia che ha portato alla scoperta di qualcos'altro.*

*Da queste considerazioni consegue la necessità di un **ripensamento della formazione scientifica**: essa non può limitarsi a valutare gli studenti solo in base alla loro capacità di giungere a conclusioni corrette ed accettate, ma deve anche suggerire come porre quel tipo di problemi che conduce a nuove scoperte.*

*[seguito del brano riportato alle pagg. 33-38 del volume a stampa]*

### Strategie e metodi dell'indagine scientifica

Virtualmente ogni scoperta cosiddetta casuale che è stata riesaminata alla luce di ulteriori prove storiche ha dovuto essere reinterpretrata analogamente alle vicende di Pasteur, Minkowski e Fleming. Più volte i documenti hanno rivelato che le scoperte non avvengono in seguito a un colpo di fortuna, ma sono l'inevitabile, anche se imprevista, conseguenza di una linea di indagine accuratamente pianificata e razionale adottata da uno scienziato. Ne consegue che, contrariamente all'ortodossia filosofica<sup>1</sup> gli esperimenti basati su di un'ipotesi non corretta spesso si concludono con risultati a sorpresa che portano a una scoperta. Gli scopritori dunque non sono semplicemente benedetti dal destino, anzi, sembra che abbiano il modo di sollecita-

**1. ortodossia filosofica:** i principi codificati e riconosciuti della filosofia della scienza, che affermano, tra l'altro, la non validità di esperimenti basati su ipotesi non corrette, in quanto produrrebbero risultati non validi.

re l'inaspettato, il che migliora le loro possibilità di fare nuove osservazioni. Quindi 10 nelle scoperte ci deve essere una logica, o almeno una serie di strategie. Si impone così un interrogativo: perché scoperte vengono fatte da certi scienziati e non da altri? È possibile imparare le loro strategie?

Io credo di sì. Ma queste strategie non sono così facilmente codificate<sup>2</sup> come le regole della prova scientifica, in quanto si riferiscono a una serie di cose, dalla capacità di 15 riconoscere problemi interessanti alla comprensione di risultati inaspettati. Il modo in cui lo scienziato tratta tali questioni è in funzione della sua personalità globale - l'insieme degli interessi, delle capacità, delle esperienze e delle aspirazioni che lo caratterizzano come essere umano. Tuttavia, dovrebbe essere possibile identificare alcuni dei metodi di pensiero più efficaci. 20

### **Coltivare una proficua confusione e dare credito al risultato insolito o inaspettato**

Fleming non era il solo ad avere questa tendenza a mescolare le cose per vedere cosa ne sarebbe scaturito. Konrad Lorenz<sup>3</sup>, il grande studioso del comportamento animale, era altrettanto scrupoloso nel coltivare una sua proficua confusione. Lorenz viveva tra gli oggetti della sua ricerca: decine di mammiferi, uccelli, rettili e pesci. Non quantificava, né controllava o sperimentava, ma imparava a conoscere ogni singola 25 creatura, poi le metteva insieme e le osservava in attesa dell'insolito, del bizzarro nel caos che ne risultava. Per esempio, il suo interesse per uno dei più importanti concetti dell'etologia, quello dei movimenti intenzionali (movimenti con un significato: è il caso degli uccelli, che muovono la testa a scatti come segnale di allarme prima di alzarsi in volo), derivò da un esperimento involontario. Aveva insegnato ad un corvo 30 libero a mangiare carne cruda dalla sua mano e un giorno lo aveva nutrito a intervalli per alcune ore. Infilava la mano nella tasca dei pantaloni, tirava fuori un pezzetto di carne e il corvo si precipitava ad afferrarlo con il becco. Dopo un po' Lorenz era andato a riposarsi vicino ad una siepe.

Vedendolo mettere la mano in tasca e tirarne fuori un altro pezzetto di carne, l'uc- 35 cello si era precipitato affamato per afferrare col becco il nuovo boccone. Lorenz urlò di dolore, ma rimase profondamente impressionato constatando come gli animali rispondano fedelmente a questi movimenti. Una qualità mentale che facilita la scoperta è la propensione a gingillarsi<sup>4</sup>, a fare giochi e a coltivare un certo grado di confusione perché riveli l'insolito o l'inaspettato. Guardando gli scienziati che hanno 40 mancato di fare certe scoperte - Allison nel laboratorio di Fleming; i collaboratori di Richet negli esperimenti sull'anafilassi; Crookes, il collega di Röntgen - vediamo che, in tutti questi casi, costoro si erano rifiutati di dare credito ad un fenomeno che aveva un significato, solo perché non era quello che stavano cercando. *“È solo una contaminazione”. “Deve avere iniettato la soluzione sbagliata”. “Rimandi indietro 45 le lastre fotografiche e dica ai fornitori di mandarcene delle buone domani. Altrimenti cancelliamo l'ordine”.*

Un classico esempio di questo tipo di reazione ci è stato riferito da Jocelyn Bell Burnell<sup>5</sup> in un'intervista sulla sua scoperta dei pulsar. Burnell stava puntando il suo radio telescopio verso una regione del cielo, in un momento in cui si aspettava di 50 raccogliere solo un debole segnale, quando il pennino del dispositivo di registrazione aveva cominciato a muoversi di qua e di là. Ripetendo l'osservazione a intervalli di una settimana ottenne gli stessi risultati, e un esperimento dopo l'altro, giunse alla conclusione che non c'era niente che non funzionasse negli strumenti. Alla fine Burnell si accorse di aver individuato la presenza di sorgenti stellari di onde radio 55 pulsanti, o pulsar, già ipotizzate dagli scienziati, ma fino ad allora mai trovate. Poco

---

2. **codificate:** sistemate in modo ordinato e coerente.

3. **Konrad Lorenz:** scienziato austriaco, padre dell'etologia (dal greco *ethos* "co-

stume, comportamento"), la scienza che studia il comportamento animale.

4. **gingillarsi:** trastullarsi, perdere il tempo in cose o lavoretti di poco conto.

5. **Jocelyn Bell Burnell:** astrofisica britannica (1943), scopritrice con Antony Hewish delle pulsar, le stelle di neutroni.

tempo dopo Burnell seppe che un collega aveva osservato lo stesso fenomeno, aveva dato un bel calcio al suo tavolo degli strumenti e aveva trascritto il risultato come aberrazione<sup>6</sup> meccanica. Possiamo immaginare come in seguito lui stesso si sia preso a calci.

60

### **Pensare in modo universale, ricercare verità universali**

Naturalmente non tutte le anomalie o i risultati inattesi portano ad una scoperta. Come disse una volta Sherlock Holmes<sup>7</sup> *“è importantissimo nell’arte dell’investigazione essere capaci di riconoscere tra vari fatti quali sono marginali e quali essenziali”*. Comunque, sia Charles Richet che il fisico George P. Thomson sostengono che non c’è correlazione tra la difficoltà di un problema e la sua importanza. L’os- 65 servazione più banale nella mente dello scienziato che possiede immaginazione può produrre sorprese che hanno un grandissimo significato.

Per elevare il banale all’universale lo scienziato deve, prima di tutto, essere un pensatore globale; questo significa che deve essere in grado di capire come certi principi si applichino ai diversi fenomeni. Il biochimico Albert Szent-Györgyi ce ne offre un 70 buon esempio. La sua scoperta dei principi universali secondo cui l’ossigeno reagisce ai tessuti vivi, derivò dall’osservazione che banane e limoni reagiscono diversamente all’ossigeno: le banane una volta ammaccate diventano marroni, invece ai limoni non accade. La sua conclusione fu che i limoni contengono qualcosa che influenza il modo in cui essi reagiscono all’ossigeno, e più tardi scoprì che si trattava dell’acido 75 ascorbico – la vitamina C. Ma l’intuizione di Szent-Györgyi non si fermò lì. Egli si accorse che simili reazioni ossidanti dovevano verificarsi in tutti gli organismi viventi e andò avanti nel suo lavoro per dimostrare come il tessuto muscolare usi l’ossigeno. *“Guardando oggi a questo lavoro”, disse anni dopo, “penso che banane, limoni e uomini, per quanto diversi possano sembrare, hanno tutti fundamentalmente lo 80 stesso sistema di respirazione”*.

### **Identificarsi con l’oggetto della ricerca**

Nella ricerca delle verità universali è necessario che uno scienziato conosca profondamente le cose o le creature che studia, al punto da identificarsi con loro. Lorenz conosceva perfettamente il comportamento normale di tutti i suoi animali - l’alimentazione, la lotta, l’accoppiamento, la nidificazione, le impronte, l’allevamento e 85 così via - così da poter riconoscere un comportamento fuori della norma. Pasteur e Fleming avevano la stessa fatale<sup>8</sup> familiarità con i microbi. Ma intimità non significa mera conoscenza.

In un’intervista la genetista Barbara McClintock, vincitrice del Premio Nobel per la medicina nel 1983, ha descritto così il suo metodo di ricerca: avere *“una sensibilità 90 per l’organismo”*. Parlando del suo lavoro sui cromosomi<sup>9</sup> del fungo Neurospora ha detto: *“Ho scoperto che più ci lavoravo più diventavano importanti, e mentre lo facevo non mi sentivo al di fuori, ma ero con loro, ero parte del sistema... Ero addirittura capace di vedere le parti interne dei cromosomi - lì c’era veramente tutto. Ero sorpresa perché in realtà mi sentivo come se... quelli fossero miei amici. Quan- 95 do osservi queste cose, diventano parte di te. E dimentichi te stessa. La cosa più importante di tutto questo lavoro è che dimentichi te stessa”*.

**6. aberrazione:** anomalia, deviazione dal normale comportamento o funzionamento.

**7. Sherlock Holmes:** personaggio creato dallo scrittore inglese A. Conan Doyle,

per antonomasia l’investigatore capace di risolvere ogni caso misterioso con le sole armi dell’intelligenza, della capacità di osservazione e di deduzione.

**8. fatale:** l’aggettivo assume in questo

caso il significato di “risolutiva, decisiva”.

**9. cromosomi:** componenti della cellula portatori delle informazioni genetiche.

## Intuire, percepire come il mondo dovrebbe funzionare

Il matematico Jacob Bronowski, in un suo saggio, ha scritto che è “l’impegno personale” dello scienziato che differenzia dal semplice tecnico. Il fisico e filosofo Michael Polanyi la chiama “conoscenza personale”.

100

La ricompensa per questa interiorizzazione dell’oggetto del proprio lavoro è l’intuizione. Lo scienziato impara a percepire ciò che si deve aspettare, a sentire come il mondo dovrebbe funzionare.

Peter Debye, un americano di origine olandese che vinse nel 1936 il Premio Nobel per la chimica per il suo lavoro sulla struttura molecolare<sup>10</sup>, disse una volta che era solito domandarsi: “Cosa vuol fare l’atomo di carbonio?”.

Il virologo Jonas Salk, scopritore del vaccino antipolio<sup>11</sup>, nel suo libro *Anatomy of Reality* scrisse: “Mi immaginerei come un virus, oppure come una cellula cancerosa<sup>12</sup> e cercherei di percepire come sarebbe essere loro. Mi immaginerei anche come il sistema immunitario impegnato a combattere un virus o una cellula cancerosa”. 110

## Saper percepire modelli visivi e verbali

Essenzialmente, l’intuizione è la capacità di percepire l’ordine che sta alla base delle cose, quindi è collegata a un altro strumento mentale indispensabile allo scienziato: la percezione dei modelli visivi e verbali. La tavola periodica degli elementi<sup>13</sup> del chimico russo Dmitri I. Mendeleev è un classico esempio di come i fatti ordinati producano nuove intuizioni. Prima della sua scoperta, nel 1868, i chimici avevano avuto grosse difficoltà a percepire la relazione tra gli elementi. Mendeleev notò che quando sistemava tutti gli elementi sulla carta secondo il loro peso atomico, gli elementi chimicamente collegati apparivano a intervalli regolari o periodici. (Per esempio il magnesio, il calcio e lo stronzio che si trovano tutti nella stessa colonna, hanno la stessa valenza). La sua tavola aveva molti vuoti, ma Mendeleev predisse correttamente l’esistenza di elementi mancanti, e infatti lo scandio, il gallio e il germanio furono scoperti non molti anni dopo.

115

120

Tutte le buone teorie hanno alla base un processo ordinativo che rivela modelli nascosti.

## Vedere ciò che tutti hanno visto e pensare ciò che nessuno ha pensato

Ormai dovrebbe essere chiaro che le scoperte scientifiche non sono mai del tutto casuali. Certo, contengono un elemento di sorpresa, quella felice sorpresa che modifica la percezione che una persona ha della natura. Ma i migliori scienziati sanno come sorprendersi a bella posta<sup>14</sup>. Sanno usare la più vasta gamma di strumenti mentali (compresi i giochi, il pensiero universale, l’identificazione con l’oggetto di ricerca, l’intuizione e il riconoscimento di modelli) e sono in grado di riconoscere mancanze o incoerenze nella loro comprensione del mondo. Infine sono abbastanza intelligenti da interpretare le loro osservazioni in modo tale da modificare anche la percezione degli altri scienziati. Come disse Albert Szent-Györgyi “la scoperta consiste nel vedere ciò che tutti hanno visto e pensare ciò che nessuno ha pensato”.

125

130

**10. struttura molecolare:** le molecole (insiemi di atomi) si uniscono tra loro in forme spaziali ben definite, caratteristiche per ogni sostanza.

**11. vaccino antipolio:** vaccino contro la poliomielite, malattia infettiva causata da un virus caratterizzata dall’infiammazione del midollo spinale che può determinare

spesso anche paralisi.

**12. cellula cancerosa:** che si divide in modo anomalo, formando ammassi tumorali.

**13. tavola periodica degli elementi... valenza:** disposizione degli elementi chimici ordinati in base al loro peso atomico (rapporto tra la massa di un atomo di un

elemento e la dodicesima parte di quella dell’atomo del carbonio 12). La valenza è la capacità di combinarsi di un elemento, espressa dal numero di atomi di idrogeno che possono combinarsi con un atomo dell’elemento considerato.

**14. a bella posta:** di proposito, deliberatamente.

## Ripensare la formazione scientifica

Siamo costretti ad accettare anche un'altra conclusione. Il processo della scoperta <sup>135</sup> non si può distinguere da quello della sperimentazione logica. In ciascuno degli esempi discussi finora - Pasteur, Minkowski, Fleming e gli altri - gli esperimenti non hanno né convalidato né invalidato l'ipotesi iniziale, ma si sono conclusi con qualcosa di inaspettato. Ciascuno di questi scienziati ha scoperto un problema nuovo, un'anomalia che ha portato alla scoperta di qualcos'altro. Quindi, apparentemente, <sup>140</sup> le scoperte più importanti non nascono dalla verifica o dalla confutazione di preconcetti, ma dai risultati inattesi della loro sperimentazione.

Questa circostanza ha implicazioni pratiche. Oggi accumuliamo esperimenti i cui risultati sono prevedibili invece di esperimenti che possano stupire. Analogamente educiamo gli scienziati, quasi esclusivamente, ai metodi della dimostrazione e della <sup>145</sup> prova. E gli studenti sono valutati in base alla loro capacità di giungere a conclusioni corrette ed accettate. Questo tipo di formazione è necessaria, ma è anche insufficiente, perché serve solo a verificare ciò che sappiamo, a costruire l'edificio della scienza codificata senza suggerire come porre quel tipo di problemi che porta a nuove scoperte. <sup>150</sup>

Una conclusione sorprendente? Forse, ma questo è il messaggio contenuto nel lavoro di Pasteur, Minkowski, di Fleming e di decine di scienziati che hanno avuto successo. È curioso che gli storici e i filosofi persistano ad ignorare la loro testimonianza. Forse che noi percepiamo solo ciò che ci aspettiamo di vedere?

Riduzione da Robert S. Root-Bernstein, *La scoperta e il caso*,  
in *The Sciences*, maggio/giugno 1988  
pubblicato su *Prometeo*, anno 7, n. 26, giugno 1989 (trad. di L.Pigliapoco)



*Louis Pasteur  
nel suo laboratorio,  
dipinto di Albert Edelfelt  
(1885).*