

La verità oltre la soglia

Giuseppe Vitiello

English title The truth beyond the threshold

Abstract The threshold notion is recurrent in physics. The term threshold enters as energy threshold in the photoelectric effect, as maximum speed velocity in special relativity, signaling the wave/particle dualism in quantum theories, the maximum profit in the work production in thermodynamics, marking transitions between different dynamical regimes in non-equilibrium systems and in biology, in the transition between the syntax and the semantics levels in linguistics and in the brain activity in the consciousness act, in constructing knowledge and in the truth evaluation function. Expressions as threshold process, to be on the threshold, etc., find precise formal, mathematical meanings in physics.

Key words threshold, photoelectric effect, light velocity, maximum profit, syntax, semantics, symmetry breakdown, order, truth, the Double

1. Soglia come discontinuità

In fisica molti fenomeni rimandano alla nozione di soglia, sia in termini strettamente formali (matematici), sia ricorrendo a interpretazioni più o meno calzanti ai vari sensi in cui la nozione è correntemente utilizzata. L'effetto fotoelettrico è un fenomeno "a soglia". La luce è descritta da onde luminose, o radiazioni elettromagnetiche (em), ciascuna con frequenza ν e lunghezza d'onda λ , con $\lambda\nu = c$, dove c è la velocità della luce nel vuoto.^{1,2}

¹ B. Rossi, *Optics*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading (MASS.) 1957, p. 246.

² E. Amaldi, *Fisica Generale*, Parte II, Tipo-Litografia Marves, Roma 1962, cap. x, p. 481.

Un'onda luminosa è rappresentata anche in termini di fotoni, "quantì" (particelle) di energia indivisibile $E = h\nu$, con h la costante di Planck.³ Per semplicità supponiamo di illuminare un metallo con luce monocromatica. Un elettrone prossimo alla superficie del metallo può essere estratto da un fotone (effetto fotoelettrico) che gli ceda una quantità di energia E_s , detta energia di estrazione, caratteristica del metallo considerato.⁴ Si osserva che questo accade solo se l'energia del fotone $h\nu_0$ è maggiore o uguale a E_s , $h\nu_0 \geq E_s$. Fotoni di energia minore, anche se le loro energie sommate sono pari a E_s , non producono l'estrazione dell'elettrone. ν_0 è la *frequenza di soglia* fotoelettrica del metallo considerato. L'elettrone estratto ha energia $K = h\nu_0 - E_s$.

Per un dato metallo si osserva quindi l'effetto fotoelettrico solo se esso è investito da un'onda di lunghezza d'onda minore o uguale a $\lambda_0 = c/\nu_0$.⁵ Non è l'intensità del fascio luminoso, cioè la sua energia complessiva, che permette di estrarre l'elettrone dal metallo. Questo aspetto non è spiegabile in termini di fisica non quantistica. L'estrazione è istantanea e avviene se e solo se il fascio luminoso contiene fotoni con frequenza uguale o superiore a quella di soglia ν_0 . L'effetto fotoelettrico ci introduce alla nozione di soglia come discontinuità, nel senso che "al di qua e al di là della soglia" si osservano comportamenti fisici del tutto diversi.

2. La soglia irraggiungibile

Sia nella fisica galileiana che in relatività speciale le relazioni tra le grandezze fisiche che descrivono un dato fenomeno, le *leggi della fisica*, sono indipendenti dal riferimento inerziale in cui sono descritte (postulato della relatività). Riferimento inerziale è quello in cui non

³ Il valore di h è 6.67×10^{-34} Joule $\times$ sec; $c = 300.000$ Km/sec. La velocità della luce in un mezzo materiale è minore di c e data da c/n , dove n l'indice di rifrazione assoluto del mezzo n dipende dalla frequenza ν dell'onda luminosa ed è un numero maggiore di 1.

⁴ Per esempio, per il sodio $E_s = 2,36$ eV, per il potassio 2,3 eV.

⁵ Per il sodio $\lambda_0 \approx 5300$ Å; potassio $\lambda_0 \approx 5410$ Å; luce verde in entrambi i casi; $1 \text{ Å} = 10^{-10}$ metri.

ci sono forze attribuibili a stati di accelerazione o di decelerazioni su percorsi rettilinei o a rotazioni. Un ulteriore postulato detta che la velocità della luce c nel vuoto ha lo stesso valore in tutti i riferimenti inerziali e in tutte le direzioni.

Nelle formule della relatività speciale compare il cosiddetto *fattore di Lorentz* $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. Il simbolo $\sqrt{}$ indica radice quadrata e v denota la velocità del riferimento in cui si opera (le velocità v e c sono dei vettori, ma nel seguito mi riferisco alle loro lunghezze o moduli). γ è determinante nelle trasformazioni di Lorentz, nella dilatazione del tempo e contrazione dello spazio, nella quantità di moto⁶ p di una particella di massa di riposo m_0 (misurata cioè nel riferimento in cui la particella ha velocità zero), $p = \gamma m_0 v$, su cui non mi soffermo ulteriormente.

Al tendere di v a c , γ cresce ‘indefinitamente’ (tende all’infinito). Per $v = 0$, $\gamma = 1$; γ è molto vicino a 1 per v molto minore di c , cioè nel limite non-relativistico $v^2/c^2 \approx 0$ in cui le formule della relatività speciale ridanno quelle non-relativistiche.

Si può mostrare sperimentalmente che per quanto grande sia l’energia che si possa dare a una particella dotata di massa, per esempio a un elettrone, la sua velocità *tende asintoticamente* a c , cioè vi si avvicina “quanto si vuole”, tuttavia senza che c sia mai raggiunta.⁷ Se v e c fossero uguali, v^2/c^2 sarebbe uguale a uno, e $(1 - v^2/c^2)$ sarebbe zero. Ma questo non è accettabile perché γ sarebbe dato da una frazione con uno zero a denominatore, che non è definita. Se v fosse maggiore di c , la quantità v^2/c^2 sarebbe maggiore di uno, $(1 - v^2/c^2)$ sarebbe un numero negativo e la radice quadrata darebbe un numero immaginario, fatto non accettabile poiché γ è un numero reale. Dunque non può esserci velocità v maggiore di quella della luce nel vuoto. Per particelle dotate di massa v può crescere, tuttavia senza mai uguagliare c , che si presenta quindi come *soglia non solo invalicabile, ma addirittura irraggiungibile*.

Una particella di massa nulla ha invece velocità uguale a c . La velocità del fotone, essendo esso il quanto di luce, è c ; esso ha massa uguale a zero e quantità di moto definita dalla relazione $p = hv/c$, che,

⁶ La quantità di moto di una particella è data dal prodotto della massa per la velocità.

⁷ D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fondamenti di Fisica*, Casa editrice Ambrosiana, Milano 2004, p. 858.

usando $\lambda v = c$, diventa $p = h/\lambda$. Questa è la *relazione di de Broglie*, derivata qui per il fotone, ma valida per ogni particella. È ampiamente verificata sperimentalmente e lega il carattere corpuscolare (discreto) espresso dalla quantità di moto p al carattere ondulatorio (continuo) espresso dal secondo membro h/λ . Essa fa passare dal linguaggio corpuscolare a quello ondulatorio, una vera e propria *metafora*, ricca di concreto significato fisico.⁸

L'insuperabilità del limite della velocità della luce impone che l'azione con cui un sistema *A* causa effetti su un sistema *B* si *propaghi* a velocità non superiore a c . Si può inoltre mostrare che il *principio di causalità* (la causa precede l'effetto) non dipende dal riferimento. In fisica, due particelle interagiscono scambiandosi dei *mediatori* che verificano appunto tale principio.⁹ L'*informazione* da essi trasmessa non può quindi propagarsi a velocità superiore a c .

In termini di onde, un mediatore (o particella) può essere descritto come un "pacchetto d'onde", sovrapposizione di onde piane,¹⁰ che abbia una regione di interferenza positiva, la cui velocità (*velocità di gruppo*) è limitata da c . Considerando invece una singola onda piana, è possibile definire la *velocità di fase* o *d'onda* $v = \lambda v$, che è la velocità con cui ogni singolo punto dell'onda si sposta *in sincronia* con tutti gli altri punti. Si dice allora che c'è *correlazione di fase* tra i punti, o che essi oscillano in fase. Questo non genera contraddizione con i principi su menzionati dal momento che non c'è trasmissione di azione o informazione.

È interessante notare che la forma $(1 - a/b)$ ricorre nella descrizione dell'*orizzonte*, con $a = 2l$, $b = R$; l rappresenta l'altezza dell'osservatore sul piano dell'orizzonte, R denota il raggio della Terra e $2l$

⁸ La lunghezza d'onda di un elettrone con una energia cinetica di 100 eV è di 1,2 Å, paragonabile cioè alle dimensioni atomiche. Quella di una palla con una massa di 1 Kg lanciata con una velocità di 10 m/sec è di $6,6 \times 10^{-25}$ Å, cioè al di sotto di qualsiasi dimensione fisicamente significativa. La relazione di de Broglie è fondamentale in ambito quantistico; pur restando matematicamente valida, non dà risultati fisicamente interessanti per oggetti 'macroscopici'.

⁹ Esempi di mediatori sono i fotoni scambiati nell'interazione tra due cariche elettriche.

¹⁰ Un esempio di onda piana è fornito da un'onda sinusoidale che si estende su tutto lo spazio, sempre uguale a se stessa e che quindi non trasferisce informazione.

è molto minore di R . La distanza L dell'orizzonte dall'osservatore è data da $\sqrt{2Rl}$. La nave compare o scompare all'orizzonte e il sole sorge o tramonta all'orizzonte. Esso rappresenta tuttavia una soglia irraggiungibile dall'osservatore.

3. Altra soglia irraggiungibile.

Il secondo principio della termodinamica.

Poiché non è possibile eliminare attriti e dissipazioni, dobbiamo necessariamente tener conto di scambi di calore e del ruolo della temperatura. Non è dunque possibile prescindere dalle leggi della termodinamica. Il che ci porta a considerare un'altra soglia irraggiungibile che condiziona il mondo del lavoro, dell'economia, della finanza, oltre a un universo di importanti fenomeni fisici. Essa è intrinseca al secondo principio della termodinamica e pone un limite superiore al rendimento nella produzione di lavoro, dunque al profitto generalmente inteso.

L'enunciato del secondo principio della termodinamica, nella forma del Postulato di Lord Kelvin,¹¹ afferma che «è impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia una trasformazione in lavoro di calore tratto da una sorgente a temperatura uniforme».

Questo principio esprime l'impossibilità sperimentale di trasformare in lavoro L tutto il calore Q estratto da una sorgente di energia termica. Se al contrario ciò fosse possibile potremmo utilizzare senza perdite le enormi quantità di energia termica contenute in serbatoi naturali, quali il suolo e il mare. Si noti che l'enunciato dichiara impossibile una trasformazione il cui *unico* risultato sia la trasformazione di calore in lavoro.¹² C'è dunque un *altro* processo che entra nella produzione di lavoro estraendo calore Q , da una sorgente a temperatura T .¹³ In termini del tutto generali, esso è rappresentabile con una cessione di una parte

¹¹ Si veda per esempio E. Fermi, *Termodinamica*, Boringhieri, Torino 1958, p. 37.

¹² Per brevità non commento sull'equivalenza tra l'enunciato di Kelvin e quello di Clausius. Si veda E. Fermi, *Termodinamica*, cit.

¹³ T denota la temperatura termodinamica assoluta, che è indipendente dalle proprietà della sostanza termometrica usata per misurarla.

Q_2 di Q_1 a un serbatoio (per comodità denominato anch'esso sorgente) a temperatura T_2 minore di T_1 .

Il secondo principio detta così come funziona il più generale motore termico.¹⁴ Qualunque sia l'ingegneria o la tecnologia usata, la produzione di lavoro L implica oltre all'energia "investita" Q_1 anche una *ineliminabile* "spesa" o "costo" Q_2 . Il lavoro prodotto è dato dalla differenza $L = Q_1 - Q_2$ (Figura 1). Si può mostrare inoltre che il *massimo rendimento* ottenibile è quello del *motore ideale*¹⁵ dato da $\eta = (Q_1 - Q_2)/Q_1 = 1 - Q_2/Q_1$ che è dunque sempre minore di 1 perché il costo Q_2 non può mai essere zero. In termini delle temperature delle sorgenti si ha $\eta = 1 - T_2/T_1$, con T_2 sempre diversa da zero. Bisogna infine considerare che il rendimento *effettivo* dei motori realistici è ben al di sotto del rendimento massimo η poiché essi sono molto lontani dall'essere reversibili; in essi i processi di attrito e di dissipazione aumentano di una quantità δQ il costo del lavoro portandolo a $Q_2' = Q_2 + \delta Q$.

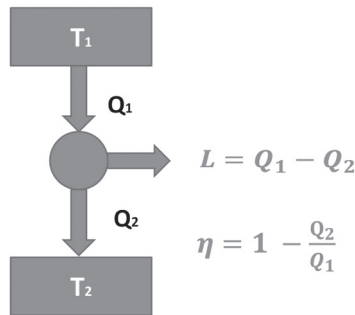


Figura 1. T_2 minore di T_1 . Q_2 minore Q_1 . T_2 e Q_2 sempre diversi da zero.

Il rendimento η non può dunque essere mai maggiore del valore di soglia $1 - Q_2/Q_1$. Per ottimizzare η occorre che il rapporto Q_2/Q_1 , sebbene sempre diverso da zero, sia più piccolo possibile. È istruttivo ci-

¹⁴ Il motore è detto termico perché nella produzione di lavoro sono coinvolti calore e temperatura. In tal senso un qualsiasi motore è un motore termico.

¹⁵ Nel motore *ideale* le trasformazioni avvengono tanto lentamente da potersi considerare reversibili.

tare alcuni esempi concreti: «se il propulsore della vostra auto fosse un motore ideale avrebbe un rendimento del 55% circa, il suo rendimento reale si aggira invece attorno al 25% nelle migliori condizioni di funzionamento. Una centrale elettronucleare è una macchina termica più complessa che riceve calore dal nocciolo del reattore, compie lavoro facendo girare delle turbine e scarica il calore a bassa temperatura nel fiume vicino. Se fosse una macchina termica ideale renderebbe circa il 40%, mentre i rendimenti reali si collocano attorno al 30% (...). L'impianto elettronucleare di North Anna, vicino a Charlottesville, Virginia, U.S.A., sviluppa una potenza di 900 MegaWatt di energia elettrica. Allo stesso tempo, secondo il progetto,¹⁶ scarica energia nel vicino fiume con una potenza di 2100 MegaWatt. Questo impianto e tutti gli altri come questo, nucleari o no, buttano più energia di quanta ne producano. Sono esempi reali del motore in Fig. 1».¹⁷

In altri settori applicativi, di grande interesse sociale ed economico, si può rendere minimo il costo del lavoro Q_2 , esportando la produzione in paesi dove i salari sono più bassi, oppure creando serbatoi di disoccupazione con il relativo abbattimento del costo del lavoro per ovvia legge di mercato, riducendo le spese per la sicurezza sul posto di lavoro, azzerando progressioni di anzianità, fino a forme di schiavismo con il precariato strutturale e licenziamento libero, che di fatto elimina ogni diritto di sciopero e sindacale, e lo sfruttamento delle persone migranti.¹⁸ Esiste poi il serbatoio di circa un milione e mezzo di studenti degli istituti superiori cui viene imposto di prestare presso industrie e aziende lavoro non retribuito,¹⁹ caricando anzi sulle fa-

¹⁶ Si noti: non per difetto o malfunzionamento, ma secondo il progetto!

¹⁷ D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fondamenti di Fisica*, cit. p. 472.

¹⁸ Oppure caricando sulla collettività (lo Stato) i costi previdenziali, o fino alla "eliminazione dei dipendenti", utilizzando manodopera di fatto dipendente dal caporato, agenzie interinali e simili.

¹⁹ Il Ministro del Miur ribadisce che "L'alternanza scuola lavoro è una modalità didattica innovativa... non è uno stage, un tirocinio o un'esperienza lavorativa". A parte il fatto che "la modalità didattica" è *nei fatti* un lavoro non retribuito (cos'altro se non un lavoro?), viene così sancito che le aziende e le industrie hanno competenza nel definire la "modalità didattica" e i relativi contenuti, interferendo con la libertà di insegnamento e l'autonomia didattica sancita dalla Costituzione

miglie i costi per gli spostamenti degli studenti sul posto di lavoro.²⁰ Mantenendo ben chiaro il punto che la scuola non è un'azienda, è oltrémodo auspicabile, anzi necessario, che scuola e mondo della produzione abbiano scambi e travasi di conoscenze, ma mai questo può giustificare sfruttamento, per di più minore.

Il rapporto Q_2'/Q_1 può essere reso più piccolo anche aumentando il denominatore Q_1 . Allo scopo basta ri-definire "la sorgente T_1 ", incorporando in essa "aiuti" che vengano da terzi che non ne esigono la restituzione, per esempio sotto forma di "detassazione delle imprese per favorire la crescita" (del rendimento) o di prestiti bancari senza garanzie, ma con "salvataggi" delle banche a carico della collettività.

4. Di soglia in soglia

Esistono in fisica dei fenomeni in cui, sebbene la soglia rappresenti una "discontinuità", essa segnala un *passaggio*, una *transizione tra innumerevoli fasi o regimi dinamici*, l'uno fisicamente non equivalente all'altro e ciascuno caratterizzato da un diverso valore di una quantità osservabile del sistema, il *parametro d'ordine*. La discontinuità consiste nel fatto che il comportamento macroscopico del sistema in una fase è non descrivibile in termini di quello che il sistema esibisce in una fase diversa. Ciascuna fase rappresenta una *novità* rispetto all'altra. La soglia tra fase e fase è descritta da una singolarità, l'essere *sulla soglia* corrisponde a un processo fisico ricco di fluttuazioni e di instabilità, generalmente non reversibile, a meno di un'azione da parte di un agente esterno. Esiste invece una direzione temporale privilegiata (*freccia del*

(Art. 33) anche a protezione della cultura e della formazione del cittadino dalla subordinazione alla cieca ideologia del profitto a ogni costo. <http://www.miur.gov.it/documents/20182/0/RepubblicaFI130518.pdf/b75ab889-d8a8-4015-8871-bc232807b5f0?version=1.0> (la Repubblica, 13.05.2018).

²⁰ Il secondo principio della termodinamica non è violato perché l'Asl (Alternanza scuola lavoro) è finanziata con 100 milioni annui (comma 39, legge 107/2015), distribuiti in rivoli vari (commi 33, 37, 38). L'Asl è obbligatoria per gli studenti perché la Commissione dell'esame di Stato tiene conto delle competenze acquisite dallo studente nell'Asl (comma 30).

tempo) nell'andare di soglia in soglia, di fase in fase, che minimizza, in ogni fase, il bilancio (energia libera) tra l'energia del sistema e l'energia associata all'ordine in cui i componenti elementari del sistema sono stati collocati dalla sua *dinamica interna*.

Il sistema può situarsi in una fase e restarci per un tempo più o meno lungo, in dipendenza delle condizioni dell'ambiente. Basta tuttavia uno *stimolo minimo* (trigger) per *varcare una soglia*, provocare una transizione ad altra fase. Il processo non è controllato dallo stimolo, è da esso soltanto innescato. Il processo è invece regolato dalla dinamica interna al sistema ed è detto di *rottura spontanea della simmetria*, poiché le simmetrie presenti nella fase iniziale possono essere diverse nella fase finale. Si parla infatti di "riarrangiamento dinamico della simmetria". Non è dunque l'intensità dello stimolo, la forza da esso esercitato, che conta, quanto l'essere lo stimolo risonante, essere in fase²¹ con il sistema. Innescato il processo, lo stimolo può anche essere eliminato (azzerato).

La rottura spontanea della simmetria implica la formazione dinamica di correlazioni a grande distanza tra i componenti elementari. È in tal modo che l'ordine tra di essi è generato e dinamicamente sostenuto. Le correlazioni si propagano in maniera da non interferire distruttivamente, ma in modo *coerente*, così da creare una *trama*, o tessuto, che coordina (*all'unisono*) i modi oscillatori dei componenti elementari. Il loro comportamento appare quindi come quello di un sistema macroscopico (transizione dal microscopico al macroscopico). Esempi sono forniti dai cristalli, magneti, superconduttori, dalla fisica delle particelle elementari e in generale da tutti i sistemi dove si osservano strutture ordinate nello stato di minima energia.

Un meccanismo di rottura spontanea della simmetria è quello che porta alla distinzione (al mettere ordine) tra *le cose*, assegnando loro un *nome*. È allora interessante che nel *Cratilo* platonico²² Socrate sostenga che il *bello*, to kalón, sia «nella potenza denominativa dell'intelligenza,

²¹ La parola *fase* è qui usata con significato diverso dalla fase come regime dinamico. L'ambiguità è risolta dal contesto. L'essere *in fase* denota la sintonia tra stimolo e sistema, la loro condivisione di moti oscillatori di pari frequenza.

²² F. Desideri, *Origine dell'estetico. Dalle emozioni al giudizio*, Carocci editore, Le Frecce, Roma 2018, pp. 12-13, che cita *Cratilo*, 416b-d.

diánoia, capacità di stabilire i nomi e, così, di poter chiamare gli enti (...). Non la stabilità di una cosa, ma la dinamica di un'attività, quella del nominare (...). Esso non è altro che l'eponimo della *phrónesis*: è il nome della mente, "la quale produce cose tali che, dicendole *kalá* [belle], ci rallegriamo"» (cfr. anche la Sezione 7). È interessante che venga sottolineato l'aspetto *dinamico*, che segna il divenire del processo, e che Socrate esprima «il dubbio che tutti questi nomi non c'ingannino, dal momento che "tutto scorre" e anche coloro che posero i nomi, forse illudendosi di mettere a ciò un debole argine, ne sono travolti e precipitano con noi in un vortice».²³ Il 'debole argine' rimanda nel nostro discorso alla fragilità della soglia per il cui superamento un minimo stimolo, purché in fase, è sufficiente.

Altri esempi che *vivono* di transizioni di fase, dell'*andare di soglia in soglia*, sono i sistemi biologici. In essi è possibile individuare ciascuno degli aspetti discussi sopra. Un sistema vivente è un sistema *lontano dall'equilibrio*, che procede attraverso una successione continua di transizioni di fase.

Per brevità non mi soffermo²⁴ sull'importante ruolo che la non-linearità della struttura matematica gioca nella nostra discussione.

5. Dal sapere al comprendere e al sentire, e viceversa²⁵

Negli studi di linguistica esiste un dibattito che sembra ancora non chiuso, o forse è più che mai aperto, considerando anche la sua attualità in questioni di intelligenza artificiale, o, visto che non c'è unanimità su come intendere la parola intelligenza, in questioni relative alla costruzione di calcolatori che possano sostituire agenti umani in una molteplicità di funzioni (dai robot nella produzione industriale al 'sol-

²³ F. Desideri, *Origine dell'estetico. Dalle emozioni al giudizio*, cit.

²⁴ G. Vitiello, "Opacità del mondo e conoscenza", in «Atque», 18, 2016, pp. 17-32.

²⁵ Per Gramsci il percorso verso la conoscenza va attraverso i tre gradini del *sapere, comprendere, sentire, e viceversa*. A. Gramsci, *Quaderni del Carcere*, Quad. n. 2, 1932-33, a cura di V. Gerratana, Einaudi editore, Torino 1977, p. 1505.

dato' artificiale ma intelligente nelle azioni militari). Il dibattito verte sul *come* si passi da un livello di componenti elementari e delle regole (grammaticali) con cui essi si possono "*mettere assieme*" (sintassi), al livello del loro *significato*, o della *semantica*.

Senza entrare in dettagli sull'uso delle nozioni "sintassi" e "semantica" (anche qui ci sarebbe molto da precisare), il problema è quello del *come* una stringa di segni (lettere, sillabe, parole, frasi, etc.) possa esprimere un *concetto*. Anche questa è una nozione su cui ci sarebbe molto da precisare e discutere. Tuttavia, prendendo come esempio proprio queste mie affermazioni, pur nella loro vaghezza e imprecisione, mi sembra ragionevole pensare che il lettore abbia *compreso* abbastanza qual è il problema cui mi riferisco. Anzi, egli non solo comprende, o si sforza di comprendere, ma *sente* anche, ha cioè un *sentire*, per esempio, avversione o interesse, fastidio o curiosità, o altro. *Il fatto* è che i 'segni' (le lettere) che il computer sta disegnando sul monitor traducendo il picchietto delle mie dita sulla tastiera, affinché possano significare qualche cosa hanno bisogno di un lettore ("incluso me stesso che legge sé stesso"). *Di per sé*, essi non *possono* significare nulla; *nemmeno si pone il problema del loro significato*. Occorre dunque un *raddoppio* dei gradi di libertà: i segni, o chi li disegna con un qualche strumento, una penna, un computer, o come onde sonore, con la parola pronunciata o silente, parlando con sé stesso, etc., e "un altro" che *li faccia suoi, li porti dentro di sé*, il lettore. Il significato è nella *relazione* tra questi *due*, tra i loro *mondi*, il loro bagaglio di altre scritture, altre letture...

Ma il significato non è mai definitivo, proprio perché nasce da una relazione tra due "dentro di sé", due mondi che *non sono mai definitivi*; a ogni rilettura (anche di me stesso) posso comprendere e sentire diversamente, che *include* anche il confermare quanto avevo già compreso e sentito. Il comprendere e il sentire, e perfino la stessa percezione del segno, sono *sempre nuovi*, mai eventi necessari e univoci in una traiettoria o successione di eventi. In tale contesto, l'immagine del vortice, cui fa riferimento Socrate nel Cratilo (cfr. la Sezione 5) e la sensazione di essere da esso travolti diventa l'inebriante coscienza di una inesauribile diversità. È la ricchezza di Babele, lo stupore della novità, la profondità del pensare, la sfida del comprendere, la libertà dell'errare, la forza della poesia.

Ma come è possibile che nasca un significato tra “i due”? Una indicazione,^{26, 27, 28} nell’ambito del Programma minimalista in linguistica, viene dalla struttura della rottura spontanea della simmetria. Il lessico è l’insieme dei componenti elementari del nostro sistema linguistico. Assieme alle regole grammaticali, esso è il nostro sistema “microscopico” con le simmetrie che lo caratterizzano. Come si è visto, la rottura spontanea della simmetria genera la formazione dinamica di correlazioni che su domini di componenti elementari originano uno dei loro possibili diversi ordinamenti. Questi costituiscono il livello “macroscopico”, non vivono a livello “sintattico” dei componenti elementari. Le correlazioni sono *modi collettivi*, caratteristici di un dato ordinamento, indipendenti, entro certi limiti, da variazioni dei componenti microscopici (fluttuazioni microscopiche). *L’assegnazione* del significato corrisponde al *riconoscimento* di tali modi collettivi (ordinamenti). Arriviamo in tal modo alla costruzione dello *spazio dei concetti*, un collezione di stati macroscopici tra loro ortogonali (diversi), generati attraverso un meccanismo di rottura spontanea della simmetria, a ciascuno dei quali possiamo accedere varcando una soglia indotti da uno stimolo minimo, ma sintonizzato, ‘in fase’, con un più generale contesto.

6. *La verità oltre la soglia*

Nel modello quantistico dissipativo²⁹ lo studio del cervello è condotto dalla prospettiva dei sistemi dissipativi. Senza entrare in det-

²⁶ M. Piattelli-Palmarini, G. Vitiello, “Linguistics and some aspects of its underlying dynamics”, in «*Biolinguistics*», 9, 2016, pp. 96-115.

²⁷ M. Piattelli-Palmarini, G. Vitiello, “Third factors in language design: some suggestions from Quantum Field Theory”, in *The Cambridge Companion to Chomsky*, J. McGilvray ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2016, pp. 134-152.

²⁸ M. Piattelli-Palmarini, G. Vitiello, “Quantum field theory and the linguistic minimalist program: a remarkable isomorphism”, in «*J. Phys.: Conf. Ser.*», 880, 012016.

²⁹ G. Vitiello, “Dissipation and memory capacity in the quantum brain model”, in «*Int. J. Mod. Phys.*», B9, 1995, pp. 973-989.

tagli, per i quali rimando ad altri lavori,^{30, 31, 32} ricordo che il cervello è un sistema *aperto* sul mondo che lo circonda, incluso lo stesso soggetto, con un continuo scambio di energia, in varie forme e modalità. Il formalismo matematico richiede che si tenga conto sia del cervello, sistema A , che dell'ambiente in cui esso è immerso, sistema $\tilde{A}$, in modo che si possa considerare il sistema complessivo $\{A, \tilde{A}\}$ come un sistema *chiuso*, tale che ogni flusso di energia in uscita o in ingresso sia nullo. Formalmente, il sistema $\{A, \tilde{A}\}$ è rappresentato da uno stato coerente, con A e $\tilde{A}$, il sé e il suo mondo, *accoppiati* indissolubilmente l'uno all'altro (*entanglement*). Nel bilancio tra gli scambi energetici tra A e $\tilde{A}$, ogni flusso di energia che esce da A entra in $\tilde{A}$, e viceversa: $A \rightarrow \leftarrow \tilde{A}$, $\tilde{A}$ è dunque l'immagine di A con la freccia dei flussi energetici, cioè la freccia del tempo, invertita. $\tilde{A}$ è l'immagine, o il *Doppio*^{33, 34, 35} di A nello *specchio del tempo*. L'incontro tra i due è "sullo specchio", il *presente*, la *soglia che accoppia* l'uno all'altro, *non separa ma lega* l'uno dall'altro, appartiene a entrambi.

Il modello dissipativo può dar conto di molti dati sperimentali.^{36, 37} Una delle conclusioni è che la *memoria non è memoria di informazioni*, ma *memoria di significati*. L'attività mentale-cerebrale è costruzio-

³⁰ G. Vitiello, *My Double unveiled*, John Benjamins Publ. Co., Amsterdam 2001.

³¹ G. Vitiello, "Essere nel mondo: Io e il mio Doppio", in «Atque», 5, 2008, pp. 155-176.

³² H. Atmanspacher, "Quantum approaches to consciousness", in Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2015 <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/>

³³ G. Vitiello, "Dissipation and memory capacity in the quantum brain model", *ivi*.

³⁴ G. Vitiello, *My Double unveiled*, *ivi*.

³⁵ W.J. Freeman, G. Vitiello, "Matter and Mind are entangled in two streams of images that guide behavior and inform the subject through awareness", in «Mind and Matter», 14 (1), 2016, pp. 7-24.

³⁶ W.J. Freeman, G. Vitiello, "Vortices in brain waves", in «Int. J. Mod. Phys.», 24, 2010, pp. 3269-3295.

³⁷ W.J. Freeman, R. Livi, M. Obinata, G. Vitiello, "Cortical phase transitions, nonequilibrium thermodynamics and the time-dependent Ginzburg-Landau equation", in «Int. J. Mod. Phys.», 26, 2012, 1250035 (29 pagine).

ne di significati. Attraverso il ciclo di *azione-percezione*^{38,39} il cervello inquadra le esperienze percettive nel bagaglio esperienziale acquisito nel passato. Nel continuo *dialogo* con il Doppio il sé è teso (*intenzione*) al più soddisfacente e armonioso “essere-nel-mondo”,^{40,41} alla realizzazione dell’esperienza che «possiamo identificare come “estetica”»,⁴² «esperienza di una fusione del percepiente e del percepito anteriore al loro distinguersi» (...) «prima del linguaggio». «Esperienza senza soggetto (e senza oggetto)», il sé e il suo Doppio nella loro unità,⁴³ non traducibile nelle strutture logiche del linguaggio, non-computazionale. Nel modello dissipativo l’atto di *coscienza* risiede in questa *intuizione*, “istantanea presa d’atto” dell’altro,⁴⁴ della soglia che unisce il sé all’altro, da cui nasce e si sviluppa il dialogo tra il sé e il suo Doppio. Questo implica una “risposta attiva”, reciproca, e la dimensione estetica diventa dimensione *etica*,⁴⁵ carica di *valori*, che danno l’immagine del bagaglio di conoscenza del soggetto nel divenire dinamico della sua identità.

La memoria di significati, “ciò che non si dimentica”, e la “verità” che attraverso di essi si costruisce e si riformula, l’*aletheia*, si fondono⁴⁶ nello *stupore* del confronto continuo tra il sé e il Doppio. Nel modello dissipativo, le quantità che caratterizzano la dinamica cerebrale (sistema A), sono determinate dal calcolo di quantità equivalenti del Doppio (sistema $\tilde{A}$), e viceversa. Il significato di questo aspetto formale, matematico, è che il sistema complessivo $\{A, \tilde{A}\}$ possie-

³⁸ W. J. Freeman, *Mass Action in the Nervous System*, Academic Press, New York 1975.

³⁹ M. Merleau-Ponty, *The Structure of Behavior*, trad. ingl. Beacon, Boston 1942/1963.

⁴⁰ F. Desideri, *La percezione riflessa*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2011.

⁴¹ G. Vitiello, “The aesthetic experience as a characteristic feature of brain dynamics” in «Aisthesis», 1/2015, www.fupress.com/aisthesis

⁴² F. Desideri, *Origine dell’estetico. Dalle emozioni al giudizio*, cit.

⁴³ G. Vitiello, “The dissipative brain”, in G. Globus, K.H. Pribram, G. Vitiello (a cura di), *Brain and Being – At boundary between science, philosophy, language and arts*, John Benjamins, Amsterdam, 2004, pp. 315-334.

⁴⁴ G. Vitiello, *My Double unveiled*, cit.

⁴⁵ G. Vitiello, “The dissipative brain”, *ivi*.

⁴⁶ S. Tagliagambe, “Creatività”, in «Atque», 12, 1995, pp. 25-46.

de “in sé stesso” una *funzione di verifica della verità* (*truth evaluation function*).^{47, 48} È il Doppio che fornisce al sé *la possibilità di verifica della verità, e viceversa*. Nella *coppia*, né l’uno, né l’altro possiede la verità, ma l’uno la può leggere nell’altro. Per l’uno *la verità è oltre la soglia* che lo lega all’altro.

⁴⁷ M. Piattelli-Palmarini, G.Vitiello, “Linguistics and some aspects of its underlying dynamics”, cit.

⁴⁸ G. Basti, A. Capolupo, G. Vitiello, “Quantum field theory and coalgebraic logic in theoretical computer science” in «Progress in biophysics and molecular biology», 130, 2017, pp. 39-52.

Riassunto In fisica la nozione di soglia è ricorrente in diverse accezioni. Energia di soglia nell'effetto fotoelettrico; soglia come velocità limite in relatività speciale, soglia che marca il dualismo onda/corpuscolo in teorie quantistiche, come rendimento massimo nella produzione di lavoro in termodinamica; regione di transizione tra regimi dinamici nei sistemi al non-equilibrio e in biologia; in linguistica nella transizione sintassi/semantica e nell'attività cerebrale nell'atto di coscienza, nella costruzione di conoscenza e nella funzione di valutazione della verità. Espressioni del tipo processo a soglia, essere sulla soglia, varcare la soglia, e altre ancora, acquistano in fisica una connotazione formale, anche matematica, precisa.

Parole chiave soglia, effetto fotoelettrico, velocità della luce, massimo rendimento, sintassi, semantica, rottura della simmetria, ordine, verità, il Doppio

Giuseppe Vitiello È professore onorario di Fisica Teorica presso l'Università di Salerno, Dipartimento di Fisica "E.R. Caianiello" e associato all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Gruppo Collegato di Salerno. Svolge attività di ricerca nella fisica delle particelle elementari e nella fisica dei sistemi biologici e del cervello. È autore di circa duecento pubblicazioni su riviste scientifiche specialistiche, di numerosi reports in rendiconti di conferenze internazionali, di capitoli in volumi monografici, dei testi *Quantum Field Theory and its macroscopic manifestations* (assieme a M. Blasone e P. Jizba – London 2011) e *Quantum Mechanics* (assieme a H. Umezawa – Napoli 1985 e (in giapponese) Tokyo, Japan 2005), del volume *My Double unveiled* (Amsterdam 2001) sul modello dissipativo quantistico del cervello. Ha curato la pubblicazione di rendiconti di conferenze internazionali e, assieme a Gordon Globus e a Karl Pribram, del volume *Brain and Being. At the boundary between science, philosophy, language and arts* (Amsterdam, 2004). Ha collaborato dal 2003 con Walter J. Freeman (scomparso nel 2016) su problemi di neuroscienze e collabora dal 2009 con Luc Montagnier (Nobel per la Medicina 2008) sulle proprietà elettromagnetiche del DNA.