

# IL RELATIVISMO NELLA SCIENZA: DALLE GEOMETRIE NON-EUCLIDEE ALLA TEORIA SOGGETTIVA DELLE PROBABILITÀ

**Ing. Luca Nicotra**

Redattore della rivista Controluce - Roma



# Che cosa è il relativismo?

- E' il contrario di assolutismo: è quell'atteggiamento dell'intelletto che pone attenzione alle relazioni di un oggetto (concreto o ideale) con altri oggetti, analizzandone i suoi mutamenti, al mutare di questi.

# Protagora di Abdera (V sec a.C)

- *“Di tutte le cose è misura l’uomo; di quelle che esistono, in quanto esistono; di quelle che non esistono, in quanto non esistono”.*

# Il relativismo 'cinematico'

- Relatività degli aspetti puramente cinematici del moto: posizione, velocità e accelerazione.
- Zenone (V sec. a. C.) nel suo quarto paradosso sul moto (*Stadio*) considera tre file di punti materiali  $A_1, A_2, A_3, \dots B_1, B_2, B_3, \dots C_1, C_2, C_3, \dots$  disposti a distanze uguali entro ciascuna fila. La fila di punti A è immobile, mentre le file di punti B e C si muovono con velocità  $v$  ma in versi opposti. Zenone, per dimostrare che la velocità non è un attributo intrinseco dei corpi, mostra che la velocità di un punto della serie C è  $v$  se riferita alla serie A ed è  $2v$  se riferita alla serie B di punti.

# Il relativismo 'cinematico'

- Nicolò Cusano(1401-1464). L'unico fatto sperimentalmente rilevabile che ci può far affermare che un corpo si muove è la variazione della sua distanza da un altro: *“Se infatti uno, stando su una nave, non vedesse spiaggia, come mai potrebbe arguire che la nave si muove?”* (*De Docta Ignorantia*, capitolo XIII, II libro)

# Modernità di Cusano

- Cusano contesta in tutto l'aristotelismo: i cieli non sono incorruttibili, cioè gli astri sono soggetti a mutamenti, l'universo è infinito e composto di infiniti astri, quindi ogni punto può essere considerato centro di esso. La Terra, pertanto, non occupa un posto privilegiato in questo universo ed è possibile la vita intelligente in altri astri; tutti i corpi si muovono, comprese quelle stelle che, sembrando a noi ferme, chiamiamo 'stelle fisse'

# Cusano precursore di Einstein

- Cusano, anticipando le idee di Albert Einstein di oltre quattro secoli, asserisce che tutti i moti sono relativi e reali, perché non esiste una realtà assoluta, ma l'unica realtà è nel relativo.
- D'accordo con lui: Giordano Bruno (1548-1600) per il quale i mondi sono infiniti e tutti i moti sono soltanto relativi, Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) e Giorgio Berkeley (1685-1753): se esistesse nell'intero universo un solo corpo celeste, non avrebbe senso parlare di moto o di quiete, perché mancherebbe la percezione della variazione di qualsiasi rapporto spaziale con altri corpi.

# Relativisti a metà

- Nicolò Copernico (1473-1543), Galileo Galilei e Isaac Newton (1642-1727), credono, invece, nell'esistenza di uno spazio assoluto:
  - distinguono fra moti relativi e moti assoluti: i primi sono riferiti a sistemi di riferimento in moto rispetto allo spazio assoluto; i secondi, invece, sono riferiti direttamente allo spazio assoluto. In tal senso Copernico potrà dire che il Sole è fermo.

# Relatività della traiettoria di un corpo

La traiettoria di un sasso lasciato cadere dalla cima dell'albero di un veliero in moto rettilineo uniforme, è vista come:

- Una retta verticale da un passeggero sulla nave
- Una parabola da un passeggero rimasto sul molo. (Infatti, rispetto al terreno, il moto del sasso è il risultante del moto accelerato di libera caduta verticale con il moto rettilineo orizzontale e uniforme della nave, che il sasso continua a mantenere per inerzia).

# Relatività dello spazio e della velocità

- Spazi e velocità di un corpo rispetto a un altro corpo in moto si sommano o si sottraggono a spazi e velocità di quest'ultimo, a seconda che i moti dei due corpi siano concordi o discordi:
  - un'auto viaggia su un'autostrada e percorre 50 chilometri dal casello, si ferma ad un'autogrill, e riparte fermandosi dopo 30 chilometri. Rispetto al casello ha però coperto uno spazio di 80 chilometri;
  - un'auto viaggia a 100 Km orari e l'auto che lo precede viaggia, invece, a 70 Km orari (rispetto alla strada): quell'automobilista sta avvicinandosi alla seconda auto alla velocità di 30 Km orari e quindi deve prepararsi per il sorpasso.

# Il relativismo 'dinamico': il principio d'inerzia di Bruno-Galilei

- *Se la risultante delle forze applicate a un corpo è nulla, esso persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.*

La pietra lanciata in alto all'interno della nave cade nello stesso punto da cui è lanciata (*“senza perdere punto né deviar da la sua linea, verrà al prefisso loco”*), perché, non essendo ad essa applicata nessuna forza in grado di modificarne il moto nella direzione della rotta della nave, anche quando è in aria tende a mantenere il moto rettilineo uniforme che condivideva con la nave prima del lancio (*“e la una pietra porta seco la virtù del motore, il quale si muove con la nave”*).

(Giordano Bruno – La cena de le ceneri, dialogo III, 56)

# Il relativismo 'dinamico': il principio classico di relatività di Bruno-Galilei

- Nessuna esperienza meccanica eseguita all'interno di un sistema isolato (ovvero soggetto a forza risultante nulla) può farci discernere se il sistema è fermo o si muove di moto rettilineo uniforme, ovvero le leggi della meccanica sono invarianti rispetto a sistemi quiescenti o in moto rettilineo uniforme.

# Sistemi inerziali

- Sono gli infiniti sistemi di riferimento in quiete o in moto rettilineo uniforme rispetto al sistema di riferimento assoluto legato alle stelle fisse : il triedro alfa di Charles Neumann (1870)

# Forze inerziali

- Ristabiliscono la validità del principio d'inerzia anche in sistemi non inerziali :
  - Forza di trascinamento
  - Forza di Coriolis
    - caso particolare: forza centrifuga
- Compaiono tutte le volte che il sistema di riferimento si muove di moto vario (cioè non rettilineo uniforme) rispetto alle stelle fisse. Ernst Mach (1838-1916) si domanda: sono dovute alle stelle fisse?

# Il principio d'inerzia. Lo spazio agisce sui corpi e viceversa

Dunque lo spazio assoluto agirebbe sui corpi condizionandone il movimento, quasi come un contenitore in grado di guidare gli oggetti in esso contenuto, e le stelle fisse agirebbero sullo spazio creando tali sue caratteristiche, dette 'metriche'. Questa reciprocità di azione, dello spazio sui corpi e dei corpi sullo spazio, fu affermata per la prima volta da Bernhard Riemann (1826-1866) e poi ripresa da Albert Einstein (1879-1955) e da Henry Poincaré (1854-1912): *“Lo spazio è in realtà amorfo e solo le cose che sono al suo interno gli danno una forma”*

# Il pendolo di Foucault

Léon Foucault (1819-1868), per dimostrare sperimentalmente il moto di rotazione della Terra attorno al proprio asse, esegue un celebre esperimento con un pendolo sferico, costituito da una grossa sfera di ottone del peso di 28 Kg appesa, con un filo lungo 67 m, alla volta del Panthéon a Parigi, tramite un giunto sferico, in modo da lasciar libero di ruotare il piano di oscillazione del pendolo .

# I risultati

- Ai poli, ci si attende questi risultati: poiché il piano di oscillazione non cambia, se la Terra fosse ferma, la punta del pendolo dovrebbe tracciare, ad ogni oscillazione, sempre lo stesso segmento; se, invece, la Terra ruotasse, allora la punta del pendolo dovrebbe descrivere successivamente, nell'arco di 24 ore, i diametri di un intero cerchio. A Parigi, tuttavia, a causa della sua latitudine, in caso di moto della Terra attorno al proprio asse, la punta del pendolo traccerebbe soltanto una parte dei diametri del cerchio e poi ritornerebbe indietro: e ciò avvenne.

# Cosa dimostra veramente il pendolo di Foucault?

- Secondo Foucault: il moto assoluto della Terra
- Secondo Mach: soltanto il moto relativo fra Terra e Stelle fisse. Gli stessi risultati sono interpretabili pensando:
  - la Terra è in moto attorno al suo asse e la volta delle Stelle Fisse è immobile: il piano di oscillazione del pendolo è fisso.
  - o
  - La Terra è immobile e la sfera delle stelle fisse ruota attorno all'asse terrestre: il piano di oscillazione del pendolo ruota anch'esso assieme alle stelle fisse attorno all'asse terrestre.

# Il quinto postulato di Euclide

- *Per un punto fuori di una retta, su un piano, si può condurre una parallela e una soltanto alla retta data.*
- E' poco evidente, è veramente un postulato? Si tenta di dimostrarlo.
- Nel 1733 il padre gesuita Giovanni Gerolamo Saccheri (1667 – 1733) scrive un'opera dal titolo *Euclides ab omni naevo vindicatus* (Euclide liberato da ogni difetto) e, suo malgrado, sviluppa una prima forma delle due geometrie non-euclidee: iperbolica ed ellittica.

# Le geometrie non-euclidee

- Le due possibili negazioni del quinto postulato sono:
  - 1) *sul piano, per un punto fisso fuori di una retta data passa più di una retta parallela alla data;*
  - 2) *sul piano, per un punto fisso fuori di una retta data non passa alcuna retta parallela alla data.*
- Sulla prima il matematico russo Nicolaj Ivanovic Lobacevskij, nel 1826, costruisce geometria non-euclidea iperbolica, sulla seconda Bernhard Riemann, nel 1854, edifica la geometria non-euclidea ellittica.
  - Anche Janos Bolyai e Karl Friedrich Gauss formulano indipendentemente la stessa geometria iperbolica di Lobacevskij.

# La verità, in matematica, diventa relativa (1)

- Eugenio Beltrami nel 1868, propone per la prima volta un modello euclideo della geometria iperbolica, indicando una particolare superficie (detta pseudosfera) della geometria euclidea, sopra la quale sono soddisfatti gli assiomi della geometria di Lobacevskij-Bolyai:
  - le geometrie non euclidee hanno la stessa validità logica di quella euclidea e non sono più considerate pure astrazioni matematiche.

# La verità, in matematica, diventa relativa (2)

- I matematici analizzano criticamente i principi della loro scienza e sorgono diverse scuole di pensiero: assiomatismo, formalismo, logicismo.
- Assiomatismo-Formalismo: ogni ramo della matematica è un sistema ipotetico-deduttivo: postulati + proposizioni da essi derivate con la deduzione logica. I postulati possono essere scelti arbitrariamente purchè siano fra loro coerenti.
- 'Vero' è semplicemente sinonimo di 'coerente' all'interno di un certo sistema ipotetico-deduttivo.
- Benjamin Peirce nel 1864 costruisce ben 162 algebre differenti, partendo da altrettanti insiemi diversi di postulati.

# Pirandello matematico

*“Nulla potrebbe dare una rappresentazione drammatica più perfettamente aderente al pensiero del matematico che quella dei magistrali lavori pirandelliani in cui ogni personaggio procede sino in fondo colla sua logica allucinante, strumento tagliente e perfetto che tuttavia nulla può sulla logica altrui se è diversamente impostata, a meno che non il ragionamento ma un improvviso barlume dell’anima non sconvolga tale impostazione.”*

(Bruno de Finetti, *Pirandello Maestro di Logica* . “Quadrivio” , 5 -12-1937)

# La Teoria della Relatività

- Estende a tutti i campi della fisica e a tutti i sistemi di riferimento (inerziali e non inerziali) il principio di relatività di Bruno-Galilei:
  - *Tutte le leggi della fisica rimangono invariate qualunque sia il sistema di riferimento in cui vengono studiate.*
- Non esiste né lo spazio assoluto né il tempo assoluto, tutti i moti sono relativi.
- Variano a seconda dello stato di quiete o di moto del sistema di riferimento:
  - la simultaneità di due eventi
  - le durate temporali
  - le distanze e le lunghezze
  - la massa

# Il relativismo gnoseologico

- Nei primi decenni del secolo XX, infuriano le polemiche pro e contro il relativismo e la relatività einsteiniana. E' questo il clima in cui operano, in particolare in Italia, filosofi come Adriano Tilgher e Antonio Aliotta, e matematici come Bruno de Finetti:
  - “...il relativo è esso medesimo la realtà e non lascia nulla fuori di sé.” (A. Aliotta – *Relativismo e idealismo*, p. 92)

# Relativismo come conoscenza incerta

L'esperienza è l'unica sorgente di verità per il fisico e per tutti: soltanto i singoli fatti della scienza sono certi, in quanto compiuti. Ma questi non fanno scienza, perché *“un cumulo di fatti è tanto poco una scienza, quanto un mucchio di pietre una casa.”* (Henry Poincaré, *La scienza e l'ipotesi*, La Nuova Italia, Firenze, 1950, p. 138)

# Come si costruisce la scienza

- Singoli fatti - Generalizzazione
  - prevedere altri fatti significa stabilire che in circostanze analoghe si compiranno fatti analoghi.
  - correggere le piccole deviazioni dei singoli fatti rispetto al fatto che li media.
- “*Buone esperienze*” (Poincarè) o “*sensate esperienze*” (Galilei) sono quelle che permettono di prevedere il maggior numero possibile di fatti che hanno la massima probabilità di accadere

# La scienza è soltanto probabile

*“Così in virtù della generalizzazione, ciascun fatto osservato ce ne fa prevedere un gran numero; solo che noi non dobbiamo dimenticare che il primo solo è certo e che tutti gli altri sono soltanto probabili. Per quanto saldamente stabilita ci possa sembrare una previsione, non siamo mai assolutamente sicuri che l'esperienza non la smentirà, se cercheremo di verificarla. [...] Così in un gran numero di circostanze il fisico si trova nella stessa situazione del giocatore che calcola le probabilità”.*

(Henry Poincaré, *La scienza e l'ipotesi*, La Nuova Italia, Firenze, 1950, pp. 140, 175)

# Il probabilismo definettiano

- Bruno de Finetti (1906-1985), matematico, statistico, economista e filosofo accoglie in pieno il 'probabilismo' che il Poincaré addita nella scienza e in particolare si riallaccia alla sua affermazione che c'è qualcosa di soggettivo nell'esprimere la probabilità di un evento.
- De Finetti sviluppa fino in fondo questa intuizione del Poincaré facendone il programma scientifico della sua intera vita di scienziato:
  - rigorosa rifondazione assiomatica della teoria delle probabilità, fondata sulla definizione soggettiva della probabilità “Il grado psicologico di affidamento di un certo individuo rispetto a una certa supposizione” (B. de Finetti, *Sul significato soggettivo della probabilità*. “Fundamenta Mathematicae”, Warsawa 1931, p. 301.)

# Il relativismo soggettivo

- La definizione di probabilità definettiana altro non è che quella dell'uomo della strada e il modo di calcolarla, basato sullo schema delle scommesse al gioco, riporta la probabilità alle sue origini.
- Bruno de Finetti è un relativista come l'Aliotta e il Tilgher: ma il suo relativismo è totalmente soggettivo.
- Da questo soggettivismo deriva necessariamente il suo antideterminismo e la sostituzione della logica del certo del razionalismo determinista con la logica dell'incerto del suo probabilismo soggettivo.

# Il relativismo soggettivo

- Il binomio esperienza-subconscio è ciò che ci guida nello stabilire lo scopo e l'utilità dell'invenzione di un nuovo concetto. *“I concetti vengono inventati da noi: nessuno dirà che i concetti e le verità scientifiche provengano da una rivelazione soprannaturale. Non possiamo quindi cercare la spiegazione di un concetto qualsiasi all'infuori e indipendentemente dal quadro delle nostre sensazioni ed esperienze al di là del quale il concetto stesso neppure esisterebbe.”*  
(Bruno de Finetti - *L'invenzione della verità*, Cortina editore, Milano 2006, p. 84).

# Bruno de Finetti: “*La probabilità non esiste*” (quella oggettiva!)

- “Chiamare col nome di ‘realtà empirica’ quella parte delle nostre impressioni che dipendono esclusivamente e immediatamente dalle nostre sensazioni è una convenzione di linguaggio che siamo liberissimi di fare, e la intendiamo stabilita. Allora possiamo dire ‘oggettive’ quelle proposizioni che riguardano la realtà empirica.[...]”
- “Negando alla probabilità ogni valore oggettivo, intendo dunque affermare che, comunque un individuo valuti la probabilità di un dato evento, nessuna esperienza potrà dargli ragione e nessuna potrà dargli torto.”

(Bruno de Finetti, *Probabilismo*, Perrella, Napoli 1931, pp. 7,8 )

# La probabilità è relativa e soggettiva

- **Il concetto di probabilità è relativo:**

*“...il fatto che due casi ci appaiano ugualmente probabili dipende dal gruppo di circostanze che ci sono note od ignote. Basta questo per distruggere il feticcio di una probabilità ‘vera’, esistente nel ‘regno di tenebre e di mistero’ della realtà ultrasensibile, per abbattere una specie di semi-determinismo che considera due casi ugualmente probabili come due casi di fronte a cui la natura è ancor libera di scegliere, e che, non presentando nessuna caratteristica per farsi preferire, mettono la natura nell’atroce imbarazzo dell’asino di Buridano. Sembra impossibile. Ma qualcuno pensa proprio così: che la probabilità dipenda dal fatto che un evento non è ancora ‘deciso’.”*

(Bruno de Finetti, *Probabilismo*, Perrella, Napoli 1931, pp.11,12, 13 )

# La scienza del relativo

- *“La scienza, intesa come scopritrice di verità assolute, rimane dunque, e naturalmente, disoccupata per mancanza di verità assolute. Ma questo non porta a distruggere la scienza, porta soltanto a una diversa concezione della scienza.”* (Bruno de Finetti – *Probabilismo*. Perrella, Napoli 1931, p. 1)
- Non si cerca il ‘perché dei fatti’ ma il ‘perché della loro previsione’: i fatti non hanno bisogno di una causa per accadere, bensì *“è il nostro pensiero che trova comodo di immaginare dei rapporti di causalità per spiegarli, coordinarli, e renderne possibile la previsione.”* (Bruno de Finetti – *Probabilismo*. Perrella, Napoli 1931, p. 2)

# Il relativismo come conoscenza limitata e provvisoria

Le verità scientifiche sono limitate ad un certo campo e sono provvisorie. La scienza progredisce grazie all'iterarsi della sostituzione delle vecchie ipotesi con nuove 'verità'. Ciò non è un rinnegare come errate le prime, bensì un superare i loro limiti con nuove idee che consentono una nuova interpretazione della realtà fisica più precisa e ampia, di cui quella antecedente risulta, in genere, un caso particolare.

# La Teoria del Quasi-Niente

- La cosiddetta Teoria Standard o del Quasi-Tutto, appare una teoria del 'Quasi-Niente', essendo la sua validità confinata ad appena il 4% della materia dell'Universo, che è quella a noi finora nota.

# Conclusione

Il più alto insegnamento morale e scientifico del relativismo è che esso, ogni volta che opera contro gli assoluti e quindi contro i dogmi di varia natura che ne sono la necessaria espressione, compie *“un beneficio che si iscrive nell’attivo della libertà.[...]In ciascuno di questi casi un determinato settore della conoscenza umana é stato trasformato, e quasi sempre a favore di una più ampia libertà.”*

(Eric Temple Bell – *La magia dei numeri*. Cap. XXV, Longanesi, Milano, 1949, p. 364.)