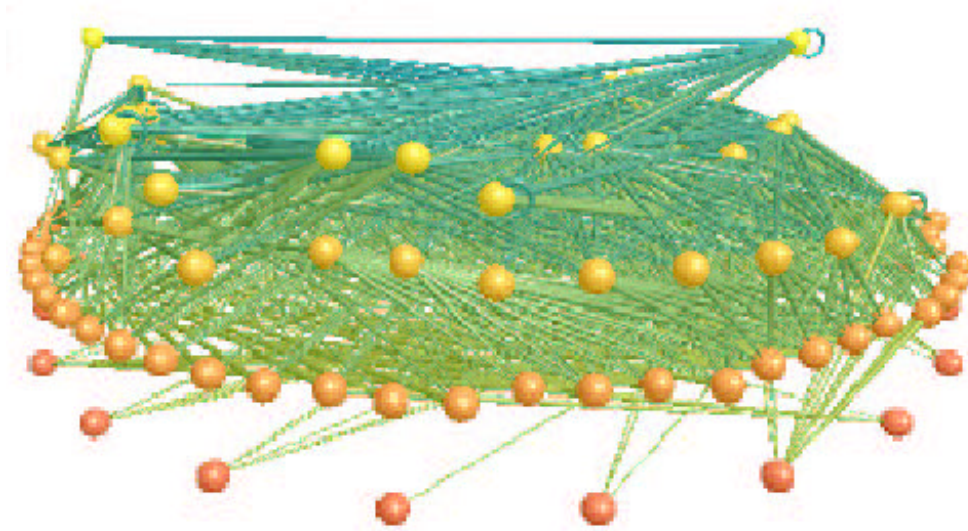


# Evoluzione epistemologica dei concetti di continuo e discreto in ambito filosofico e scientifico

**Manlio De Domenico**  
**Università degli studi di Catania**



Grafo tridimensionale

*“ La filosofia è scritta in questo grandissimo libro  
che continuamente ci sta aperto innanzi  
a gli occhi (io dico lo universo). [...] Egli è scritto  
in lingua matematica, e i caratteri son  
triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche “*

**Galileo Galilei**

## Introduzione

---

Ogni giorno, fin dagli inizi della sua comparsa, l'uomo tramite un'analisi sensoriale ha percepito come *continui* determinati oggetti, movimenti e mutamenti qualitativi, la cui evoluzione nello spazio e nel tempo procede per mezzo di fasi non distinguibili.

Nel corso degli anni l'evoluzione della razionalità e dell'esperienza soggettiva hanno fatto sì che la nozione di continuo venisse anche associata agli stessi concetti di spazio tempo e materia, così come le fasi di un mutamento si possono considerare finite o infinite a seconda della nostra associazione mentale del continuo all'infinito o meno.

Lo scopo di quanto segue non è quello di dare una definizione rigorosa di continuo e di discreto, ma è quello di analizzare l'evoluzione del pensiero filosofico e scientifico umano in relazione a tali concetti così contrastanti.

Partendo dalle origini della moderna civiltà occidentale, tratteremo un percorso dell'evoluzione conoscitiva che prende piede nei primi grandi filosofi greci e si manifesta successivamente in maniera molto evidente anche nei grandi pensatori del XVII e del XVIII secolo, fino a giungere ai giorni nostri, all'interpretazione "comune" del continuo e del discreto ed alla loro interpretazione alla luce di una concezione "epistemologica" dell'universo.

## Dalla conoscenza mistica alla ricerca di una conoscenza razionale

---

Nell'antichità la conoscenza degli oggetti, delle leggi che li governano e dei loro mutamenti, possedeva basi prettamente mistiche, e per esempio, precisi avvenimenti naturali quali un'eclissi o un terremoto o ancora un fulmine, venivano associati ai desideri o alle emozioni di ben determinate divinità.

Presso gli egizi per esempio, il sole era venerato come un dio con il nome di Ra e allo stesso modo la luna, il cielo (dea Nut), l'acqua primordiale (Nun e Nunet), lo spazio infinito (Heh e Hehet), solo per citarne alcuni. Anche la luce, le tenebre, le stelle erano associate ad uno o più divinità. Ma mentre gli elementi della natura erano adorati e temuti come dei, le loro manifestazioni fisiche (terremoti, temporali, eclissi, inondazioni del fiume Nilo) erano considerate come espressioni dell'ira di questi idoli.

Negli egiziani, così come nei babilonesi e negli antichi greci e nelle civiltà precolombiane, la conoscenza del mondo ha basi prettamente religiose, mistiche se vogliamo, e la mancanza della ricerca di una spiegazione *razionale* degli eventi ha fatto sì che queste credenze prosperassero negli anni.

I primi a cercare un ordine razionale negli avvenimenti di natura, e a tentare soprattutto di dare una spiegazione convincente (non basata su credenze mistiche dovute all'ignoranza o alla fede) di tali avvenimenti, o di altri, quali per esempio il ciclo dell'acqua, furono i greci della scuola di Mileto, nel VI sec. a.C.

Talete, tra i primi di questi, basò la struttura della sua conoscenza sull'acqua, dando più di una volta la spiegazione di come tutto funzioni:

[... *la Terra è sostenuta dall'acqua, che è trascinata come un'imbarcazione e che, quando si dice che trema (per terremoto), allora essa fluttua per il movimento dell'acqua...*] (Seneca, *Nat. Quaest.*, III 14)

Talete fu il primo a pensare che la luna fosse illuminata dal sole ed ebbe numerose altre intuizioni spesso guidate da una forma ancora grezza di logica e di matematica, che tuttavia lo distaccano dal periodo del misticismo e lo fanno ricordare come il primo uomo che documentò un sapere che voleva essere razionale, non più religioso.

È in questo nuovo ambiente che prendono piede le prime concezioni di spazio e tempo e della loro natura: continua o discreta.

Principalmente fu proprio per questo motivo che l'uomo si pose il problema del continuo: proprio per definire gli oggetti dello spazio e i loro mutamenti nel tempo.

A questo proposito, è necessario menzionare il grande filosofo Eraclito, il teorico del *divenire*, ovvero di quel *continuo* processo di mutamento a cui tutto nell'universo è soggetto. Riportiamo di seguito uno dei suoi frammenti più famosi, che racchiude quasi tutto il suo pensiero:

[... *negli stessi fiumi scendiamo e non scendiamo, siamo e non siamo...*]

In queste parole il filosofo afferma che non toccheremo mai per due volte la stessa acqua dello stesso fiume, una volta immersa la mano, poiché esso *scorre e fluisce*. Allo stesso modo nulla può ripetersi una seconda volta, tutto è unico, e questo procedere di mutamenti è *continuo*.

Qui Eraclito è sicuramente tra i primi a dare un grosso peso al concetto di continuo, non limitandosi a definirlo ma ponendolo addirittura alla base dell'esperienza fisica dell'universo: la diretta conseguenza di un mutare continuo è l'unicità di un evento.

Questo atteggiamento non è molto diverso da quello di un fisico moderno mentre prepara un esperimento: egli sa già a priori che non può ripetere **tutte** le condizioni (quelle che vengono chiamate *condizioni iniziali*) in cui si svolge l'esperimento, ma solo alcune, quelle che egli crede di poter controllare. Dunque lo stesso esperimento (come nel caso della discesa nel fiume di Eraclito) produrrà risultati simili nella migliore delle ipotesi, ma mai uguali (unicità dell'evento).

Oggi, che conosciamo i principi della teoria del caos, siamo portati a pensare che le condizioni da riprodurre sono molto numerose (ma non infinite) e che l'unicità di un evento smetterebbe di esistere se avessimo la possibilità di sviluppare esperimenti e di fare misurazioni la cui precisione è dell'ordine della scala di Planck (il limite invalicabile che la meccanica quantistica dà alla nostra esplorazione della natura). Il limite di Planck sostituisce la convinzione che era dominante fino agli inizi del secolo scorso, ovvero quella che per ottenere misure *esatte* fosse necessaria una precisione *infinita*. Come vedremo più avanti questa cela il concetto di continuo e verrà messa in crisi giusto poco dopo.

Il divenire di Eraclito aveva solo gettato la base, in quanto furono altri filosofi suoi contemporanei e i suoi successori a delineare una concezione sempre più marcata dell'universo come continuo o come discreto. Primo tra tutti Parmenide, che alla base del suo edificio della conoscenza pone l'*essere*.

Parmenide di Elea, viene spesso ricordato come il filosofo opposto ad Eraclito: la sua teoria del *permanere* negava in maniera molto evidente la dinamicità eraclitea, e proponeva un universo statico, tutt'altro che mutevole. L'*essere* parmenideo è ingenerato, imperituro, omogeneo, immutabile e finito.

È la finitezza dell'essere su cui si basa il suo concetto di continuo: esso non potrebbe essere infinito perché dovrebbe altrimenti essere composto da infinite parti, ma d'altro canto non può che non essere indivisibile, poiché "*tutto è continuo*". Negare una qualunque delle affermazioni appena fatte avrebbe provocato un passaggio dall'*essere* al non-*essere*, e questo nella dottrina parmenidea non era permesso. La dimostrazione che dà Parmenide di tutto questo è però approssimativa, seppur supportata da una discreta logica. Tuttavia le sue affermazioni implicavano che il mondo e l'universo dove viviamo non dovrebbero esistere. Un tentativo passato alla storia di difendere la teoria del maestro dagli attacchi dei pitagorici (teorici del discreto) fu quello fatto da Zenone e dai suoi famosi quattro paradossi, di cui per brevità riporto solo i due più noti:

[  
***Achille e la tartaruga***

*Achille gareggia con una tartaruga che parte in posizione avvantaggiata. Una volta partiti, il veloce Achille prima raggiunge la posizione iniziale della più lenta tartaruga in un certo tempo. In quello stesso tempo però la tartaruga ha percorso un breve tratto e dunque si trova ancora in vantaggio.*

*Achille dopo raggiunge la nuova posizione della tartaruga, che però si è spostata di un altro breve tratto, e così via procedendo all'infinito. Dunque Achille non raggiungerà mai la tartaruga.*

***La freccia***

*Un arciere scocca una freccia: essa mentre si sposta occupa sempre uno spazio uguale a sé stessa, ma ciò che occupa uno spazio sempre uguale a sé stesso è immobile non in movimento, pertanto la freccia è sempre in quiete e il suo movimento è un'illusione.] (C.B.Boyer, *Storia della matematica*, V, 11)*

I paradossi di Zenone mettono in risalto la continuità del moto, dunque dello spazio e del tempo per le loro conseguenze. Tuttavia è facile comprendere come essi siano dei puri sofismi che partono da premesse sbagliate, quale è per esempio il credere che un corpo che occupi uno spazio uguale a sé stesso non possa essere in moto (non si tiene conto della dimensione temporale!), o arrivano a conclusioni sbagliate, quale è per esempio il confondere la somma di infiniti termini con un risultato infinito (in epoca più recente questa sarebbe chiamata *serie convergente*, ovvero somma di infiniti termini che converge ad un numero; l'errore di Zenone è stato quello di supporre tale somma sempre *divergente*).

Questi paradossi sono possibili soltanto se si presuppone l'infinita divisibilità dello spazio e del tempo, e dunque la loro continuità.

Del tutto contrari a questa struttura dell'universo furono i pitagorici, setta di filosofi mistici matematici, che ponevano alla base di tutto i numeri interi e i loro rapporti.

Il loro capo spirituale, che viene ricordato con il nome di Pitagora, era considerato come un vero e proprio sommo sacerdote, come un grande saggio dal grande carisma.

Pitagora ipotizzava che alla base di tutto vi fosse il numero (“... *dunque tutto è numero...*”), in particolare il numero intero, e che l'universo potesse essere descritto in termini di rapporti di numeri interi (numeri *razionali*, il cui nome non è un caso ma pone l'accento sul carattere logico e determinista dei pitagorici). Inoltre era venerata come figura sacra il *Tetractis*, un triangolo equilatero in cui erano iscritti i dieci numeri della nostra base numerale dalle proprietà matematiche molto affascinanti, considerato come l'origine di tutte le cose.

$$\begin{array}{cccc} & & & 1 \\ & & & 2 & 3 \\ & & & 4 & 5 & 6 \\ & & & 7 & 8 & 9 & 10 \end{array}$$

Il molteplice viene generato dall'opposizione tra pari e dispari, che rispettivamente assumevano le concezioni di illimitato e limitato rispettivamente, nella dottrina pitagorica.

Ciò che comunque non permise ai pitagorici di prendere il sopravvento in ambito filosofico e matematico, fu la spinosa questione della commensurabilità.

Infatti un allievo della scuola scoprì che non proprio tutto poteva essere spiegato in termini di rapporti di numeri interi (e quindi non tutto poteva essere discretizzato), ma esistevano in natura quantità numeriche che non avevano questa sacra proprietà. Poiché grande merito va reso ai pitagorici per il loro carattere dimostrativo e rigoroso, lo studente preparò anche una dimostrazione, che adesso riporteremo, e che, come vuole la leggenda, fu la causa del suo omicidio da parte del maestro Pitagora, che non poteva concepire l'esistenza di tali grandezze *incommensurabili*.

Siano  $d$  e  $s$  la diagonale e il lato di un quadrato, ed assumiamo che essi siano commensurabili cioè che il loro rapporto sia un numero razionale, uguale a  $p/q$ , dove  $p$  e  $q$  sono due numeri primi tra loro, cioè senza fattori comuni. Per il teorema di Pitagora,  $d^2 = s^2 + s^2$ , ovvero  $(d/s)^2 = (p/q)^2 = 2$ .

Ne segue che  $p^2 = 2q^2$ , cioè  $p$  è pari, e per le ipotesi fatte deve essere necessariamente  $q$  dispari. Tuttavia, posto  $p = 2r$ , e sostituendo nella precedente espressione per il quadrato, abbiamo  $4p^2 = 2q^2$ , che implica  $q^2 = 2r^2$ , cioè  $q$  pari! Ma non esiste nessun intero positivo che sia contemporaneamente pari e dispari, di conseguenza non esistono numeri interi tali che il quadrato del loro rapporto sia pari a 2. Questo equivale a dire che il numero “*radice quadrata di 2*” non è un numero razionale.

Questi numeri, si scoprì subito dopo, che non erano pochi, ma almeno tanti quanti i numeri interi e costituivano l'insieme dei numeri che verranno chiamati *irrazionali*, e si capì anche che in natura abbiamo a che fare sempre con tali grandezze e mai con numeri interi, in opposizione a quanto disse

il matematico Hardy secoli più tardi: *“I numeri interi sono opera di Dio, tutto il resto è opera dell’uomo”*. La scoperta dell’incommensurabilità diede un grosso credito alle teorie continue della materia, dello spazio e del tempo, ed infatti, salvo i fisici pluralisti, da Platone e Aristotele in poi (e con quest’ultimo in massima parte) la “scienza” occidentale e tutto l’edificio della conoscenza furono costruiti sull’ipotesi del continuo.

Carattere fisico e più vicino a noi oggi, almeno per certi aspetti, fu quello dei fisici atomisti Democrito e Leucippo, mentre lo stesso non possiamo dire di Anassagora e Empedocle, pluralisti non atomisti.

Questi ultimi due, attribuivano l’inizio di tutto ad un principio detto Nous e superavano con la teoria delle quattro radici la visione eleatica del mondo. Tuttavia la loro fisica è molto carente, perché mentre si soffermano sulla descrizione degli oggetti, non sviluppano affatto la natura e l’origine dei quattro elementi fondamentali, ma al contrario ne parlano con tono quasi assiomatico. Inoltre viene confermato il carattere continuo dell’universo ma non si dà una spiegazione convincente del perché dovrebbe essere effettivamente così:

[...*in effetti del piccolo non c’è il minimo ma sempre un più piccolo (è impossibile in realtà che ciò che è non sia), ma anche del grande c’è sempre uno più grande: e per quantità è uguale al più piccolo e in rapporto a se stessa ogni cosa è e grande e piccola...e poiché non può esistere il minimo, niente potrebbe starsene disgiunto né venire a essere in sé ma, come all’inizio, così anche adesso tutte le cose insieme...in ogni cosa c’è parte di ogni cosa ad eccezione dell’Intelletto (Nous)...*] (Anassagora, *Frammenti scelti*)

In queste parole Anassagora descrive la sua concezione continua del mondo e delle cose tramite la teoria dell’*infinita divisibilità*, riportata brevemente nel frammento appena citato. Ancora una volta, come nei filosofi prima di lui, si parla di continuità e infinita divisibilità, ma non c’è nessun tentativo epistemologico di andare a fondo nella ricerca dell’essenza di questi concetti, che vengono dati per certi.

Così come nel caso di Anassagora, anche la filosofia di Leucippo e Democrito muove i primi passi in opposizione alla scuola di Elea, ma al contrario di quella del Nous, Democrito (l’unico di cui ci sia rimasto qualcosa tra i due) propone una fisica della natura più reale, più sentita e meglio interpretata. Per questo a pieno diritto egli può essere definito il primo fisico della storia:

[... *Nulla si produce senza motivo, ma tutto con una ragione e necessariamente...*] (Leucippo, *Frammenti scelti*)

[... *Opinione il dolce, opinione l’amaro, opinione il caldo, opinione il freddo, opinione il colore; verità gli atomi e il vuoto...Noi in realtà non conosciamo nulla che sia invariabile ma solo aspetti mutevoli secondo la disposizione del nostro corpo e di ciò che penetra in esso o gli resiste...*] (Democrito, *Frammenti scelti*)

Democrito basa la struttura dell’universo sull’alternanza tra vuoto e pieno, descrivendo alla base di tutto gli *indivisibili* o *atomi*. Essi sono i mattoni della materia e ogni cosa ne è composta: il molteplice è generato dai loro diversi movimenti vorticosi. Democrito, così come il maestro Leucippo, aveva discretizzato la materia, abbattendo così l’infinita indivisibilità di Anassagora o la continuità di Parmenide. Nulla o quasi ci è restato riguardo la sua concezione di spazio e di tempo, ma a buon diritto egli può essere considerato più che attuale: anche oggi, per quanto ne sappiamo, tutto è costituito da mattoncini elementari (non dobbiamo confondere i nostri atomi con quelli di Democrito: egli parlava di tasselli piccoli non ulteriormente divisibili, noi abbiamo dato il nome di

“atomo” a quello che non credevamo più divisibile, e che invece si è rivelato composto di particelle ancora più piccole quali elettroni, protoni e neutroni).

Viene da chiedersi quanto avesse intuito bene Democrito nella sua fisica: infatti oggi sappiamo che, almeno in teoria, esistono enti ancor più piccoli, ancora *più elementari* di quelli prima menzionati, i Quark. La nostra mente è capace di concepire enti ancor più piccoli, la cui esistenza o meno può essere confermata solo da teorie future e dalle prove sperimentali; ma quanto possiamo andare oltre? Esiste un limite naturale oltre il quale non ci è più concesso andare? In questo senso va collocata la teoria democritea: esiste un limite discreto alla nostra esplorazione della realtà, un limite oltre il quale si trovano soltanto il vuoto ed elementi non più divisibili con le nostre capacità. Ed è qui che si colloca la grande crisi dell'uomo e la sua finitezza di fronte al misterioso tessuto dell'universo: quante altre particelle “più elementari” delle precedenti scopriremo andando avanti? Ma sono esse stesse elementari o è possibile andare a fondo? È questo il nodo della questione democritea: il filosofo ammette che c'è un limite, una fine che afferma che il tessuto universale è discreto, e di conseguenza soggetto all'aggettivo di “numerabile” secondo il matematico Cantor nella sua dissertazione sui numeri trans-finiti. Verso la fine di questo lavoro, vedremo cosa sappiamo o crediamo di sapere oggi, in epoca moderna, introducendo superficialmente le nuove teorie che si stanno affacciando, e notando quanto Democrito avesse ragione.

La breve parentesi è stata fatta per sottolineare quanto l'importanza del continuo, e di conseguenza del discreto, sia attuale e aperta, e come essa non sia un solo problema matematico o fisico, ma alla base soprattutto filosofico.

Democrito non ebbe però il successo che si sarebbe meritato, e fu soltanto l'ispiratore della successiva dottrina epicurea, di cui abbiamo una vasta descrizione nel “De rerum natura” del latino Lucrezio.

Ben più fortunato è stato invece Aristotele, l'ultimo grande filosofo dell'antichità che si occupò a fondo del problema fisico di continuo e discreto e che chiuse questo capitolo per decine di secoli.

Mentre per il suo maestro Platone, il continuo era costituito da indivisibili, per Aristotele “*nulla che sia continuo può comporsi di indivisibili*”; di conseguenza il tempo non è una somma di istanti e la linea non è una somma di punti. Il continuo aristotelico è “*ciò che è divisibile in divisibili all'infinito*”. Per questo la divisione di una grandezza continua risulta essere il limite di due grandezze contigue, ovvero con gli estremi in comune.

Aristotele dava una grossa importanza all'Atto e alla Potenza (teoria del divenire), ed a questo proposito riportiamo il classico problema della nascita dell'universo con un rebus: chi viene prima, l'uovo o la gallina? Il problema alla base di questo quesito è molto profondo e trascende questa trattazione sul continuo. Tuttavia questo ci serve per mostrare che in Aristotele il continuo aveva carattere potenziale così come l'infinito, ovvero è possibilità. Per esempio un bimbo è tale in atto ma un uomo in potenza, potenzialmente. Per Aristotele, dato che tutto diviene come realizzazione di ciò che è in potenza (Entelekia), verrebbe prima l'uovo. Il continuo non può avere spiegazione in atto, poiché solo all'infinito ci si può accorgere di esso (realizzazione di ciò che è in potenza).

Lo spazio e il tempo aristotelici risentono di questa concezione e vengono classificati come enti che non hanno un'esistenza oggettiva. Il tempo per esempio è eterno, è l'uomo a misurarlo e a scandire il divenire delle cose mediante l'immagine del passato e del futuro.

Con lui si chiude il grande ciclo del passaggio da una conoscenza mistica a una conoscenza razionale, con le sue teorie che non verranno più contraddette per numerosi secoli, fino all'avvento dell'era scientifica con Galileo, dove in parte, si comincia a smontare la dottrina aristotelica e si innesca un processo di razionalizzazione e matematicizzazione della fisica senza precedenti.

## Fisica moderna: dal continuo di Galileo e Newton al discreto delle superstringhe

---

La dottrina aristotelica resta incontrastata per secoli, e fino agli inizi del XVII sec. né i matematici né i fisici osarono attaccare le idee del grande filosofo greco riguardo il continuo e l'infinito potenziale. L'idea stessa del continuo ha prodotto in questi secoli matematici e fisici illustri quali Fermat e Pascal, ma anche loro portavano avanti un concetto di continuo troppo radicato, e grande prova ne è per esempio la tecnica della *discesa infinita* operata nelle sue dimostrazioni di matematica da Fermat, il principe dei dilettanti, il genio francese che gettò anche le basi dell'ottica moderna, tutto a partire dall'assunzione che il corpo dei numeri reali, e dunque la retta del piano cartesiano, fosse continua, cioè che presi due numeri reali **a** e **b** qualunque, in mancanza esplicita di "assenza di punti" (come definiva Fermat), esiste sempre un terzo numero reale **c** compreso tra i due precedenti.

In realtà Fermat non stava aggiungendo niente di nuovo, in quanto già altri matematici e fisici ben più antichi di lui come Archimede, ~~nanovrando~~ il *metodo di esaustione* erano a conoscenza di qualcosa di molto simile.

La grande opera del francese fu quella di reinterpretare tutto sotto una nuova luce, e di fatto gettò le basi dell'analisi moderna, poi messa a punto da Leibniz e Newton.

Ma fu Galileo, lo scienziato italiano della nuova era scientifica, ad andare per primo a negare alcuni concetti aristotelici, quali per esempio la posizione della Terra e del sole nel sistema solare (teorie che acquisì in larga parte da Copernico) e il carattere del continuo e dell'infinito.

Effettivamente Galileo fu solo la punta di un iceberg che si era fatto intravedere già molti decenni prima. Il suo grande merito fu quello di aver introdotto il moderno *metodo sperimentale* e di aver fornito, tramite questo metodo, risultati fisici consistenti, in diversi campi della fisica.

Il continuo di Galileo è adesso un continuo attuale, costituito da "indivisibili" e non da "quanti" privi di dimensione.

In altre parole per Galileo, è continuo *tutto ciò che è costituito da un numero infinito di elementi discreti e indivisibili*.

Più tardi Leibniz farà una netta divisione del continuo fisico da quello matematico (ed è in lui che questo accade in tutti questi secoli di storia), sostenendo a proposito del primo che *nulla avviene in natura per gradi e che non esistono mutamenti discontinui*.

In questa concezione egli fu profondamente segnato dalle sue teorie filosofiche riguardo gli enti primordiali a-spaziali e a-temporali delle monadi, enti "senza porte e senza finestre", a cui egli dava importanza fondamentale per la realizzazione dell'universo.

L'ultimo grande fisico che si occupò del problema del continuo, dello spazio e del tempo fu Newton, che riprese il lavoro di Galileo e diede vita ad un corpo di conoscenze fisiche e matematiche paragonabili probabilmente a nessun 'altro nella storia. Tuttavia egli non potendo risolvere il problema dello spazio e del tempo con le monadi del suo grande rivale, Leibniz, e volendo comunque mantenere una descrizione fisica più che filosofica, si limitò ad affermare che spazio e tempo fossero continui e assoluti, al di fuori dei nostri sensi. Dunque il continuo newtoniano è identico a quello galileiano e in questo senso non apportò modifiche al suo pensiero.

Tutto questo rimane immutato per qualche secolo: soltanto i lavori pionieristici dei matematici Dedekind e Cantor mantengono aperto (e tentano di risolverlo rigorosamente) il problema concettuale di una definizione di continuo. Effettivamente riuscirono nel loro intento: Cantor addirittura costruisce un nuovo sistema di numeri, quello dei trans-finiti, a cui è legata la questione tutt'altro che chiusa dell'*ipotesi del continuo*:

*L'infinito dei numeri naturali si dice numerabile, quello dei reali non-numerabile: è dunque possibile mettere in corrispondenza biunivoca ogni insieme infinito di numeri reali o con l'insieme dei numeri naturali o con l'insieme dei numeri reali?*

La trattazione di questo argomento seppur molto interessante dal punto di vista concettuale e matematico, trascende ciò di cui stiamo parlando, ma è giusto ricordare che essa aprirà nuove frontiere di pensiero, che culminerà nelle dimostrazioni logiche del grande matematico K.Gödel, mettendo in crisi l'intera impalcatura assiomatica della matematica moderna.

Il continuo fisico fu per molti anni ancora dimenticato fino a quando, verso la fine del XIX sec. ci si accorse sperimentalmente che non tutto era continuo.

Gli esperimenti di Millikan e Faraday mostravano come, in elettromagnetismo, la carica non era distribuita in maniera continua, ma discreta, come multipli interi di una carica fondamentale chiamata *elettrone*.

In particolare Millikan con esperimenti accurati riuscì anche a misurare indirettamente tale carica fondamentale, allontanandosi di poco dal valore che oggi conosciamo.

Molti esperimenti agli inizi del XX sec. mostravano ormai numerose incongruenze nella meccanica classica di Newton.

I lavori di Rutherford mostravano come la materia dovesse essere composta da atomi e inoltre, la struttura di tali atomi doveva prevedere una zona ricca di cariche positive, una zona vuota e una invece di cariche negative. Anche la materia non era dunque continua, ma composta da innumerevoli particelle microscopiche a cui venne dato il nome di *particelle elementari* che avevano una propria massa e una propria carica. Egli ipotizzò anche l'esistenza di una particella dotata di massa e carica neutra, il neutrone, poi confermato dagli esperimenti, e rielaborò il precedente modello atomico ideato da Thomson ispirandosi a quello del giapponese Nagaoka.

Fino ad allora l'atomo era solo un'ipotesi: adesso era una realtà. I modelli si susseguono e gli esperimenti abbondano, c'è gran fervore tra i fisici e nascono due teorie che rivoluzioneranno il nostro moderno modo di pensare: la relatività di A.Einstein e la meccanica quantistica di N.Bohr, M.Planck, P.Dirac.

La fisica e con essa la nostra concezione del mondo subisce profondi mutamenti: la continuità della materia già messa in dubbio molto tempo prima, adesso non trova basi solide sugli esperimenti, essa è discreta; la carica è anch'essa discretizzata e il dualismo onda-particella della luce, porta molti fisici a verificare la veridicità sia della teoria di Newton sia quella di Huygens, scoprendo prima sperimentalmente e poi anche matematicamente, che la luce era essa stessa quantizzata, e i suoi quanti vennero chiamati *fotoni*.

L'uomo aveva concepito finalmente che il continuo aveva ragione di esistere solo in matematica, e che esso era un'astrazione che lo ha aiutato a meglio comprendere quanto invece "tutto" (o quasi) fosse discreto.

La meccanica quantistica è la teoria del discreto per eccellenza, e i suoi futuri sviluppi nell'elettrodinamica quantistica, produrranno risultati sperimentati in accordo con quelli teorici mai visti prima.

La fisica corre velocemente verso la metà del secolo che già ritroviamo tre delle quattro interazioni fondamentali (elettromagnetica, nucleare debole e forte) descritte in termini di quanti: l'universo realmente è discreto. Restano due questioni spinose: la quarta forza, quella gravitazionale, non trova (e non ha ancora trovato) il suo quanto sperimentalmente, ed inoltre la relatività ha modificato per sempre la nostra visione dello spazio e del tempo, intrecciandoli indissolubilmente in un unico tessuto chiamato spazio-tempo, che regge le trame dell'universo. La gravità risulta essere la curvatura stessa di questo tessuto.

La scienza moderna adesso è orientata a dimostrare come tutto sia discreto, così come gli antichi tendevano a dimostrare che tutto era continuo come nel caso di Eraclito o di Parmenide, per citarne due tra tutti quelli menzionati.

E lo spazio e il tempo? Agli inizi degli anni '60 ormai in molti credevano che la questione sulla discretizzazione delle forze fondamentali e sulla continuità del tessuto spazio-temporale relativistico fosse definitivamente risolta. Il problema del resto era “soltanto” quello di inquadrare all'interno di una stessa teoria due cose così diverse come la relatività e la quantistica.

Come del resto insegna la storia, risolvere un problema non fa che generarne altri più complicati. Ancora oggi tentiamo di trovare una *teoria del tutto* e chi prima di noi ci ha provato si è scontrato con il continuo relativistico e il discreto quantistico. La ricerca di una teoria unica in accordo con gli esperimenti ha prodotto diverse candidate, tra cui la teoria delle stringhe, poi superata da quella delle superstringhe e dalla teoria M di E. Witten in epoche molto recenti.

Si è ipotizzato che anche le particelle più elementari siano in definitiva costituite da mattoncini davvero elementari, così piccoli che non li vedremo mai: le stringhe. Esse si trovano alla scala di Planck, il limite che la natura ha imposto (o che noi abbiamo imposto alla natura?) e vibrano, ognuna in maniera diversa tanto da creare le particelle elementari che noi conosciamo.

La teoria risponde bene a tante domande, ma è oscura su altrettanti aspetti, introducendo uno spazio a 11 dimensioni, concettualmente inconcepibile da un essere umano. Il grado di astrazione dell'uomo ha raggiunto così il livello ultimo: la fisica pretenderebbe così di spiegare l'inosservabile, e questa non è più scienza.

Il discreto moderno pretende di essere qualcosa di paragonabile al continuo degli antichi: un mistero divino, comunque sia non osservabile e non misurabile direttamente.

Ma l'importanza delle nuove teorie del *tutto* non sta tanto in questi aspetti sofisticati quanto nei profondi mutamenti che ancora una volta il pensiero dell'uomo è costretto a subire: infatti perché tutto funzioni è necessario che lo spazio-tempo relativistico sia “bucato” ovvero non sia continuo.

Concettualmente non abbiamo idea di cosa significhi per esempio sparare un proiettile in uno spazio discreto, poiché non sapremmo spiegare come gli elementi che costituiscono l'oggetto riescano a passare da un punto ad un altro limitrofo senza passare per “qualcos'altro”. È questo il moderno enigma, ciò che la nostra mente si chiede e a cui ancora non riesce a dare risposta, e che oltretutto alza problemi di carattere filosofico non indifferenti. Che cos'è un tempo discreto? Come può dunque viaggiare un'informazione? Come riesce a dunque a verificarsi un evento?

Non va dimenticata la rivoluzione innescata agli inizi del XX sec., dunque è possibile che in un domani anche prossimo, possiamo ritrovarci ad affrontare una situazione simile.

Si diceva che dopo la trattazione di Einstein, solo 5 persone al mondo capirono realmente cosa voleva dire. Oggi il numero è cresciuto, ma è ugualmente probabile che all'inizio non concepiremo la discretizzazione di **tutto**, anche di quello che va non solo contro i nostri sensi, ma contro il nostro stesso modo di pensare. È questa la chiave moderna della concezione di continuo e discreto: il primo è un'astrazione matematica, il secondo una realtà fisica sempre più schiacciante.

Tuttavia le superstringhe e le teorie ad esse vicine non sembrano essere in grado di portarci all'“archè” o al “Nous” di Anassagora.

Oggi la gravità quantistica a loop ha proposto teorie ancora più sorprendenti, accompagnate questa volta da metodi indiretti per verificarle sperimentalmente. La scienza ha ancora coscienza di sé dunque e sa di non potersi permettere di cadere nel misticismo e nel mistero in cui era avvolta la conoscenza ai tempi di Talete. In fondo, cosa sono le reti di spin o le superstringhe? Sono forse le nuove monadi di Leibniz, o sono gli atomi di Democrito, gli indivisibili ultimi?

Il pensiero scientifico moderno è rivolto a braccia aperte verso il discreto e le sue strabilianti e nascoste proprietà. Il pensiero comune però non è ancora pronto a questo. È passato più di un secolo per fare entrare nelle nostre case il concetto di materia come insieme di atomi, come insieme di

piccoli punti di carbonio, di idrogeno, ossigeno, etc. Ancora oggi la relatività causa problemi ai non addetti ai lavori ed è soltanto “accarezzata” dagli studenti alle prime armi, così come la quantistica. Le loro profonde verità sono ancora celate tra le carte di “eletti”.

Quanto tempo dovrebbe dunque essere dato al mondo, per capire che beviamo acqua discreta e respiriamo aria discreta e viviamo in media 75 anni discreti su un pianeta discreto? Credo in fondo che l’idea di continuo conforti noi tutti, scienziati e non, studiosi e non. Che al pari dell’idea che abbiamo del Bene, essa ci accompagni durante l’arco della nostra vita, che sia un’idea innata che abbiamo di noi e delle nostre interazioni con ciò che ci circonda e con l’universo in generale.

## **Bibliografia**

---

Riporto la nota bibliografica delle fonti non esplicitamente citate nel testo:

- **Grande Enciclopedia De Agostini**, De Agostini, 2000
- **“Storia della matematica”**, **C.B.Boyer**, Saggi Mondadori, 1998
- **“Storia della fisica”**, **G.Gamow**, Saggi Mondadori, 2000
- **“Filosofia”**, **M.De Bartolomeo – V.Magni**, Atlas, 2002
- **“Fare filosofia”**, **N.Abbagnano – G.Fornero**, Paravia, 1998