

# 5 Lo Spazio e il Tempo Assoluti di Newton

Di nuovo, per poter compiere passi in avanti occorre di farne indietro. Eravamo infatti alle soglie del 1900 e torniamo a fine 1600. Eravamo giunti alle battute finali del meccanicismo e torniamo al suo ispiratore: Isaac Newton. Perché? Per occuparci di uno dei risultati più interessanti dei primi anni del 1900, la Relatività Ristretta, opera del nostro mentore sin qui: Albert Einstein, seguendo il criterio storico epistemologico seguito sinora, occorre andare alla radice delle concezioni che tale teoria andò a modificare: le concezioni di **tempo** e di **spazio**.

## 5.1 I Principia (brani tratti dai)

Andiamo a vedere quindi quali sono le concezioni di tempo e spazio su cui si fonda la fisica classica, illustrate all'interno dell'opera di **Isaac Newton** conosciuta volgarmente come **Principia** e il cui titolo integrale è: **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (1686)**. La struttura del libro è la seguente: **Definizioni - Assiomi o Leggi del movimento - I libro: Il moto dei corpi - II libro: Il moto dei corpi - III libro: Il sistema del mondo - Scolio Generale (inserito nella seconda edizione 1713)**

Leggiamo alcuni brani (da: *Principi Matematici della Filosofia Naturale*, Utet, Torino 1965).

### da **Definizioni**

Fin qui è stato indicato in quale senso siano da intendersi, nel seguito, parole non comunemente note. Non definisco, invece, tempo, spazio, luogo e moto, in quanto notissimi a tutti. Va notato, tuttavia, come comunemente non si concepiscano queste quantità che in relazione a cose sensibili. Di qui nascono i vari pregiudizi, per eliminare i quali conviene distinguere le medesime quantità in:

✘ **assolute e relative, vere e apparenti, matematiche e volgari.**

**Il tempo assoluto**, vero, matematico, in sé e per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente, e con altro nome è chiamato durata;

**[il tempo] relativo**, apparente e volgare, è una misura (esatta o inesatta) sensibile ed esterna della **durata per mezzo del moto**, che comunemente viene impiegata al posto del vero tempo: tali sono l'ora, il giorno, l'anno.

**Lo spazio assoluto**, per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile;

**Lo spazio relativo** è una misura o dimensione mobile dello spazio assoluto, che i nostri sensi definiscono in relazione alla sua posizione rispetto ai corpi, ed è comunemente preso al posto dello spazio immobile.

**Il moto assoluto** è la traslazione di un corpo da un luogo assoluto in un luogo assoluto,

**Il [moto] relativo** [è la traslazione di un corpo] da un luogo relativo in un luogo relativo. Così in una nave spinta dalle vele .....[...]

Ma **la quiete vera** è la permanenza del corpo nella medesima parte di quello spazio immobile nella quale la stessa nave si muove.

**Tutte le cose sono collocate nel tempo quanto all'ordine della successione, nello spazio quanto all'ordine della posizione.**

Definiamo, infatti, tutti i luoghi dalle distanze e dalle posizioni delle cose rispetto a qualche corpo, che assumiamo come immobile; ed in seguito, con riferimento ai luoghi predetti valutiamo tutti i moti, in quanto consideriamo i corpi come trasferiti da quei medesimi luoghi in altri.

È nella loro essenza essere luoghi: ma è assurdo che i **luoghi primari** siano mossi. Questi sono dunque i luoghi assoluti, e i moti assoluti sono le sole traslazioni da questi luoghi.

Vero è che, in quanto quelle parti dello spazio non possono essere viste e distinte fra loro mediante i nostri sensi, usiamo in loro vece le loro misure sensibili.

Così, invece dei luoghi e dei moti assoluti usiamo i relativi; né ciò riesce scomodo nelle cose umane: ma **nella filosofia occorre astrarre dai sensi**.

La quiete e il moto, assoluti e relativi, si distinguono gli uni dagli altri mediante le loro proprietà, le cause e gli effetti. Gli effetti per i quali i moti assoluti e relativi si distinguono gli uni dagli altri sono le **forze di allontanamento dall'asse del moto circolare**. [...]

### ***Esempio del cerchio rotante***

Si sospenda un recipiente ad un filo abbastanza lungo, e si agisca con moto circolare continuo fino a che il filo a causa della torsione, si indurisce completamente.

Si riempia il recipiente di acqua e lo si faccia riposare insieme con l'acqua; lo si muova, poi, con forza subitanea, in senso contrario, in cerchio; allora, allentandosi il filo, continuerà a lungo in questo moto.

All'inizio la superficie dell'acqua sarà piana, come prima del moto del vaso; e poiché il vaso, comunicata gradualmente la forza all'acqua, fa in modo che anch'essa inizi più sensibilmente a ruotare, l'acqua comincerà a ritirarsi a poco a poco dal centro e salirà verso i lati del vaso, formando una figura concava (come io stesso ho sperimentato) e, a causa del moto sempre più accelerato, salirà via via di più finché compiendo le sue rivoluzioni insieme al vaso in tempi uguali, giacerà nel medesimo in quiete relativa. [...]

All'inizio, quando il moto relativo dell'acqua nel vaso era massimo, [...] non era ancora cominciato il suo **vero** moto circolare. [...] Dopo, diminuito il moto relativo dell'acqua, [...] il suo **vero** moto circolare cresceva continuamente fino al punto massimo in cui l'acqua giaceva in quiete relativa nel vaso.

Come i veri moti siano da ricavare dalle loro cause, dagli effetti e dalle differenze apparenti, e per contro come dai moti sia veri che apparenti si ricavino le loro cause ed effetti, verrà insegnato largamente in seguito. A questo fine è stato infatti composto il seguente trattato.

## **da Assiomi o Leggi del movimento**

### **Legge I**

Ciascun corpo persevera nel proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, salvo che sia costretto a mutare quello stato da forze impresse.

[ES] I proiettili perseverano nei propri moti salvo che siano rallentati dalla resistenza dell'aria, e sono spinti verso il basso dalla forza di gravità [...]

### **Corollario V**

I moti relativi dei corpi inclusi in dato spazio sono identici sia che quello spazio giaccia in quiete, sia che il medesimo si muova in linea retta senza moto circolare.

### **Legge II**

Il cambiamento di moto è proporzionale alla forza motrice impressa, ed avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza è stata impressa

### **Legge III**

Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria: ossia, le azioni di due corpi sono sempre uguali fra loro e dirette verso parti opposte.

## **da Libro III: Regole del filosofare**

### **Regola I**

*Delle cose naturali non devono essere ammesse cause più numerose di quelle che sono vere e bastano a spiegare i fenomeni.* [semplicità]

Come dicono i filosofi: La natura non fa nulla invano, e inutilmente viene fatto con molte

cose ciò che può essere fatto con poche. La natura, infatti, è semplice e non sovrabbonda in cause superflue delle cose.

## Regola II

*Perciò, finché può essere fatto, le medesime cause vanno assegnate ad effetti naturali dello stesso genere. [invarianza]*

## Regola III

*Le quantità dei corpi che non possono essere aumentate e diminuite, e quelle che appartengono a tutti i corpi sui quali è possibile impiantare esperimenti, devono essere ritenute qualità di tutti corpi. [generalizzazione]*

## Regola IV

*Nella filosofia sperimentale, le proposizioni ricavate per induzione dai fenomeni, devono, nonostante le **ipotesi** contrarie, essere considerate vere o rigorosamente o quanto più possibile, finché non intervengano altri fenomeni, mediante i quali o sono rese più esatte o vengono assoggettate ad eccezioni.*

Questo affinché l'argomento dell'induzione non sia eliminato mediante ipotesi.

## da Libro III, Le proposizioni

### Ipotesi I

*Il centro del sistema del mondo è in quiete*

Questo è accordato da tutti, sebbene alcuni discutano sul fatto se nel centro del sistema siano in quiete la Terra o il Sole. Vediamo che cosa segue di qui.

### Proposizione XI Teorema XI

*Il comune centro di gravità della Terra e del Sole e di tutti i pianeti è in quiete.*

Infatti il centro (cor. V) o è in quiete o si muove uniformemente in linea retta. Ma se quel centro si muove sempre, anche il centro del mondo si muoverà: contro l'ipotesi.

### da Scolio Generale (inserito nella seconda edizione)

[...] Questa elegantissima compagine del Sole, e dei pianeti e delle comete non poté nascere senza il disegno e la potenza di un ente intelligente e potente. [...] Egli regge tutte le cose non come anima del mondo, ma come **signore dell'universo**. E a causa del suo dominio suole essere chiamato Signore-Dio, παντοκράτωρ. [...] È eterno e infinito, onnipotente e onnisciente, ossia, dura dall'eternità in eterno e dall'infinito è presente nell'infinito [...] Dura sempre ed è presente ovunque, ed esistendo sempre ed ovunque, fonda la durata e lo spazio. [...] Lo conosciamo solo attraverso i suoi attributi, per la sapientissima e ottima struttura delle cose e per le cause finali, e l'ammiriamo a causa della perfezione; ma lo veneriamo, invero, e lo adoriamo a causa del **dominio**. [...]

“Fin qui ho spiegato i fenomeni del cielo e del nostro mare mediante la forza di gravità, ma non ho mai fissato la **causa** della gravità. Questa forza nasce interamente da qualche causa, che penetra fino al centro del Sole e dei pianeti, senza diminuzione della capacità, e opera non in relazione alla quantità delle *superfici* delle particelle sulle quali agisce (come sogliono le cause meccaniche) ma in relazione alla quantità di materia *solida*. La sua azione si estende per ogni dove ad immense distanze, sempre decrescendo in proporzione inversa al quadrato delle distanze. [...] In verità non sono ancora riuscito a dedurre dai fenomeni in ragione di queste proprietà della gravità, e **non invento ipotesi**.”

Qualunque cosa, infatti, non deducibile dai fenomeni va chiamata *ipotesi*; e nella filosofia *sperimentale* **non trovano posto le ipotesi sia metafisiche** [seee!], sia fisiche, sia delle qualità occulte, sia meccaniche. In questa filosofia le proposizioni vengono dedotte dai fenomeni e sono rese generali per induzione. In tal modo divennero note l'impenetrabilità, la mobilità e l'impulso dei corpi, le leggi del moto e la gravità. Ed è sufficiente che la gravità

esista di fatto, agisca secondo le leggi da noi esposte, e spieghi tutti i movimenti dei corpi celesti e del nostro mare”.

## 5. 2 Un estratto del commento della prof. Olivia Levrini<sup>1</sup>:

### La struttura dei *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1686)

Già dall'indice del libro si nota che Newton sceglie di strutturare i *Principia* sul **modello della geometria euclidea**: un rigoroso sistema assiomatico che si apre con definizioni e assiomi e procede con una concatenazione di lemmi, proposizioni e teoremi.

Questa scelta, oltre che corrispondere ad una strategia espositiva opportuna perché codificata, riflette anche la convinzione profonda del carattere euclideo dello spazio e, quindi, del mondo. La geometria non è solo uno strumento per ragionare sulla realtà delle cose: essa è propriamente inscritta nella natura e dà la scansione stessa dello spazio.

Quasi dunque a non turbare il rigore della deduzione logico-matematica che impronta l'opera, sono relegate in *Scolii a latere* tutte le considerazioni e le riflessioni che possono servire a collegare il significato attribuito ai concetti con la *prospettiva culturale di Newton* e quindi con quella sua particolare visione del mondo (o forse con la visione del mondo che Newton voleva accreditare come sua).

Per comprendere l'idea che Newton aveva dello spazio è quindi necessario reintrecciare i diversi piani (definitorio, geometrico, d'uso, teologico, ecc.) nei quali l'autore stesso l'ha scomposta e tener contemporaneamente conto, per quanto possibile, dei condizionamenti dell'ambiente politico, accademico e culturale che hanno talora favorito e talora frenato una presa di posizione esplicita su questioni a quei tempi particolarmente delicate.

### Lo spazio e il tempo di Newton

#### *Spazio e tempo assoluti*

Newton utilizza il termine "assoluto" per indicare spazio e tempo, etimologicamente, come 'sciolti' da ogni legame con oggetti o fenomeni ("per loro natura senza relazione ad alcunché di esterno"), a differenza di spazio e tempo del pensiero comune che sono "relativi", "sensibili", "apparenti", "volgari" e "misurabili".

Lo spazio di Newton è, dunque, **assoluto** in quanto:

- esistente indipendentemente dall'esistenza di corpi materiali (esiste in sé, non è un sistema di **relazioni** fra corpi);
- dotato di proprietà indipendenti dall'interazione con la materia (non ha cioè **caratteristiche dinamiche**);
- definito indipendentemente dalle misure e dalle osservazioni che si possono fare sugli oggetti sensibili (non è cioè **relativo**, a differenza di quello che viene "comunemente" concepito come spazio e rispetto al quale "conviene distinguere").

Si tratta di uno spazio **sostanziale**, dotato di realtà, un contenitore indifferente alla materia in esso contenuta e all'osservatore che in esso analizza i movimenti della materia.

Analogamente, il **tempo assoluto** indica un fluire eterno, sciolto dallo spazio ed esistente indipendentemente dalla sua misura volgare in ore, giorni e anni.

#### *Uno spazio infinito, omogeneo, "immobile"...*

La fiducia di Newton nella **semplicità** e **invarianza** della **natura** (cfr. "Regole del filosofare") si traduce nella **generalizzazione** alla totalità dello spazio delle proprietà geometriche percepite e valide in **ambito locale** e, dunque, nell'ipotesi di uno spazio omogeneo, uniforme, continuo, così come continuo, uniforme ed eterno è lo scorrere del tempo.

---

<sup>1</sup> Ricercatrice presso l'Università di Bologna

L'*immobilità* dello spazio è garantita dal fatto che esso è detto essere incernierato attorno ad un centro fermo (il "*comune centro di gravità della Terra e del Sole e di tutti i pianeti* "). Fra tante ipotesi implicite questa è l'**unica ipotesi esplicita presente nei Principia** che Newton si trova costretto ad imporre per garantire forse l'unicità del contenitore e lo fa "fingendo" un'ipotesi che non sembra obbedire né al criterio di uniformità della natura, né di semplificazione delle cause, contravvenendo così al 'rasoio' che si era autoimposto nelle "Regole del filosofare".

**...rispetto al quale sono definibili il "moto assoluto" e "la quiete vera"**

Benché il concetto di Sistema di Riferimento e, in particolare, di Sistema di Riferimento Inerziale faccia parte esplicitamente di una rilettura post-newtoniana della meccanica (ovvero dell'analisi ottocentesca effettuata per **liberare la teoria dal contenitore spaziale**), è comunque possibile attribuire allo spazio assoluto il ruolo di Sistema di Riferimento privilegiato, perché è, rispetto ad esso, che Newton definisce "*il moto assoluto*" come "*la traslazione di un corpo da un luogo assoluto in un luogo assoluto*" e "*la quiete vera*" come "*la permanenza del corpo nella medesima parte di quello spazio immobile nella quale la stessa nave si muove*".

"Nella filosofia occorre astrarre dai sensi", perché, come dirà anche nell'Ottica: "[...] *compito principale della filosofia naturale è di argomentare muovendo dai fenomeni senza immaginare ipotesi, e dedurre le cause dagli effetti, finché arriviamo alla vera Causa Prima, che certamente non è meccanica*" (da Ottica o trattato sulle riflessioni, rifrazioni, inflessioni e sui colori della luce - Libro III).

Nello specifico, il fine dei Principia, e Newton lo afferma esplicitamente al termine dello Scolio che conclude le "Definizioni", è proprio quello di studiare i **moti veri**, e quindi innanzitutto di distinguere il "vero" dal "sensibile". E' infatti attraverso questo tipo di indagine che, come detto nello Scolio Generale che conclude i Principia, diventa possibile perseguire il **fine ultimo della filosofia naturale**: costruire, muovendo dai fenomeni, un discorso su **Dio**, quel Dio "eterno e infinito" che "fonda la durata e lo spazio".

Il fine specifico dei Principia e quello più generale della filosofia naturale sono perseguibili in quanto, da una parte, esistono criteri ("le proprietà, le cause, gli effetti" già citati) che consentono di distinguere fra assoluto e relativo e, dall'altra, è possibile individuare leggi generali la cui esistenza è testimonianza dell'esistenza di un ordine.

L'armonia del cosmo, a sua volta, è il segno di un disegno divino, dell'intelligenza e della volontà di un Agente. Lo spazio assoluto, vero, è dunque per Newton la manifestazione più palese dell'onnipotenza di Dio nel mondo e la **gravità** ne garantisce la coesione, oltre a rendere unitario il quadro dell'universo riunendo fisica terrestre e celeste.

La filosofia naturale era intervenuta modificando la dominante immagine aristotelica dello spazio sulla base di un rinnovato criterio di ordine, di armonia. Eccone le tappe principali:

**l'ordine sta nell'eleganza formale, nella simmetria, e si concretizza in un universo a sfere, finito, centrato nel sole (Copernico)**

si rompe il legame fra materia e proprietà dello spazio; le sfere sono idee di sfera, hanno perso il carattere di sostanzialità

**l'ordine sta nelle relazioni matematiche che rendono conto del dato di esperienza e si concretizza in un sistema di orbite circolari (Tycho)**

l'esistenza di sfere, prive di potere descrittivo, non ha ragione di essere postulata; dalle sfere si passa alle circonferenze

**l'ordine sta nella formalizzazione matematica che esprime la legge di "armonia musicale" e si concretizza in orbite ellittiche percorse a velocità variabile ma prevedibile (Keplero)**

l'idea statica, a priori, di 'forma perfetta è superata perché priva di potere interpretativo; sono le caratteristiche del moto a definire le traiettorie.

Alla concezione aristotelico-tolemaico di un cosmo perfetto perché pieno di materia incorruttibile e ben organizzata si è sostituita un'idea, che Newton farà sua, di ordine formale che emerge dagli eventi.

**L'“armonia” non è dunque più da ricercarsi in un'immagine di materia incorruttibile, ma nella formalizzazione matematica con la quale descrivere la realtà.**

È proprio nell'opera di Galileo che questa rottura trova una codifica: quando, nel “Saggiatore”v (1623), specifica che è la matematica il linguaggio in cui “il libro della natura” è scritto, egli sta in realtà suggerendo il modo nel quale quel libro va letto, dà una sorta di prescrizione per la nuova scienza.

Per Galileo non si pone il problema dell'esistenza di uno spazio ‘vero’: è sufficiente che per tutti i “sistemi di riferimento” in moto relativo rettilineo e uniforme valgano le stesse leggi fisiche per considerarli sistemi equivalenti.

Ma per Newton era diverso: i luoghi, la quiete, i moti relativi, quelli che definiamo sulla base della nostra percezione, hanno una natura diversa rispetto ai “luoghi primari”, assoluti e immobili nello spazio, e ai moti rispetto ad essi.

Lo spazio di Newton, lo spazio ‘vero’, è uno solo, quello immobile, in quiete vera rispetto al centro di massa del sistema solare: è ‘non relativo’ nel senso che *nessuno* degli spazi percepiti, sperimentati, dai diversi osservatori è quello vero.

Già alla fine del ‘600, fra i criteri che Newton introduce per distinguere fra spazio, quiete e moto assoluto e relativo, solo gli “effetti” apparvero sufficientemente convincenti.

**L'esperimento mentale del secchio rotante**, nella concezione di Newton, costituisce una prova a favore dell'esistenza dello spazio assoluto fondata sulla seguente argomentazione: il particolare moto di allontanamento dell'acqua dall'asse di rotazione non ammette una spiegazione in termini di moto relativo tra acqua e secchio o, se vogliamo, di interazione dell'acqua con i corpi vicini. Ripercorriamo l'esperimento concentrandoci su due situazioni:

1. Si appenda un secchio pieno d'acqua ad un filo e, dopo aver attorcigliato il filo, si lasci andare il secchio. Il secchio comincerà a ruotare su sé stesso. Nei primi istanti di rotazione del secchio, l'acqua, non partecipando ancora del moto del secchio, rimane ferma.

*Si ha dunque una situazione per cui c'è un **moto relativo** tra acqua e secchio e la superficie dell'acqua presenta una configurazione piana;*

2. Dopo qualche istante di rotazione, l'acqua comincerà a ruotare insieme al secchio e assumerà una configurazione concava, ovvero su di lei agiranno forze che tendono ad allontanarla dall'asse di rotazione. Quando l'acqua ruota con la stessa velocità angolare del secchio, si immagina di fermare il secchio. L'acqua continua a ruotare.

*In questa situazione si ha ancora un moto relativo tra acqua e secchio, ma la superficie dell'acqua, questa volta, presenta una configurazione concava.*

Nel corso dell'esperimento si hanno, dunque, due situazioni simmetriche per quel che riguarda il moto relativo, ma “discernibili”, in quanto la superficie dell'acqua assume configurazioni diverse, quindi complessivamente **asimmetriche**.

Il problema di fondo è: qual è la ragione di questa asimmetria? In altri termini, qual è la ragione o l'origine della *forza centrifuga* che agisce sull'acqua quando questa è in rotazione?

Nella concezione di Newton l'**asimmetria** tra le due situazioni è la **prova** che nel secondo caso si è in presenza di un moto accelerato “assoluto” e, dunque, una prova della *necessità* di assumere l'esistenza dello spazio assoluto o, diremmo oggi, di un **sistema di riferimento assoluto, privilegiato**, quale “causa” di questo fenomeno.

Oggi si è tentati di considerare tali problemi oziosi perché si è portati ad accettare come “un fatto di natura” (o semplicemente per abitudine) la distinzione tra sistemi di riferimento inerziali e non inerziali e, quindi, a vedere la non-inerzialità del sistema rotante come “la causa” della asimmetria tra le due situazioni.

Come mostrarono **Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach** (1838 – 1916), fisico e filosofo austriaco, e **Einstein**, tale spiegazione sposta soltanto il problema, senza risolverlo. Infatti, la domanda “qual è la ragione fisica della distinzione tra sistemi di riferimento inerziali e non inerziali?” può essere pensata come una riformulazione dei problemi sollevati dal secchio rotante ed è tale domanda che muoverà Einstein a costruire la **relatività generale**.

Un problema di carattere soprattutto filosofico è legato alla natura assoluta, alla **sostanzialità**, dello spazio di Newton e fu **Leibniz**, l'eterno rivale, a sollevarlo.

Gli argomenti che Leibniz formulò contro la concezione spaziale newtoniana sono ancora considerati gli attacchi più forti al sostanzialismo, nonché quelli che permisero la formulazione più lucida della cosiddetta visione “relazionista” dello spazio.

Per Leibniz lo spazio non è altro che un insieme di relazioni formali, un “ordine di coesistenza tra le cose”, costruito dall'uomo per comprendere il mondo naturale:

*“Ecco come gli uomini giungono a formarsi il concetto dello spazio. Essi considerano che più cose esistono insieme, e trovano fra esse un ordine di coesistenza, secondo cui il rapporto delle une e delle altre è più o meno semplice. È la loro posizione o distanza. Quando avviene che una di quelle coesistenze muti il suo rapporto con una pluralità di altre coesistenze, che restano fra loro immutate, e quando un nuovo venuto acquista lo stesso rapporto che il primo aveva con gli altri, si dice che quello è venuto al posto di questo; un tale cambiamento viene chiamato movimento ed è attribuito a quello in cui risiede la causa immediata del cambiamento. [...] E supponendo o fingendo che tra tali coesistenze vi sia un numero sufficiente di quelle che non hanno subito alcun mutamento, si dirà che le coesistenze che hanno con queste coesistenze fisse un rapporto uguale a quello che le altre avevano rispetto alle stesse, hanno occupato lo stesso posto delle precedenti. Ciò che comprende tutti questi posti viene chiamato spazio.” (dalle “Lettere fra Leibniz e Clarke”, 1717)*

La critica di Leibniz può essere riformulata come segue: un sostanzialista, ipotizzando l'esistenza di un contenitore esterno rispetto agli eventi, deve trarre la conclusione che una disposizione, ad esempio, di tre oggetti orientata verso ovest sia diversa rispetto alla stessa disposizione orientata verso est, dal momento che le posizioni assolute degli oggetti rispetto al contenitore variano.

Tuttavia, stando “dentro al mondo” e alla sua fenomenologia, qualora non cambino le posizioni reciproche, non è possibile trovare nessun elemento (“nessuna ragione”) che permetta di discriminare tra (“discernere”) le due disposizioni. Il sostanzialismo, pertanto, si basa su una descrizione teorica che introduce, senza una ragione sufficiente, *asimmetrie non riconoscibili nei fenomeni stessi*.

Le critiche di Leibniz non furono le uniche. **Mach**, ad esempio, due secoli dopo la pubblicazione dei Principia, fondò la sua critica sul problema dell'**accettabilità scientifica di un assoluto non osservabile**. Infatti, nonostante i tentativi di Newton di trovare criteri che permettessero di distinguere fra moti assoluti e relativi, e quindi di rivelare lo spazio assoluto, questo restava, per Mach, un *“puro ente ideale, non conoscibile sperimentalmente.”* [...] e, come tale, non poteva essere considerato un oggetto fisico.

E, comunque, secondo Mach, qualora si debba scegliere tra due “teorie” (o interpretazioni della stessa teoria) equivalenti sul piano sperimentale, quella più probabilmente vera e, quindi, da preferire sulla base di un **principio di economia**, è quella “più semplice”, ovvero quella basata sul minor numero di ipotesi:

*“Se si resta sul terreno dei fatti, non si conosce altro che spazi e luoghi relativi. Relativi sono i moti dell'universo sia nel sistema tolemaico sia in quello copernicano, quando si astragga dal presunto misterioso mezzo che pervade lo spazio. Queste due teorie sono ugualmente corrette, solo che la seconda è più semplice e più pratica dell'altra. [...]” (Mach, 1883) viii*

Il celebre principio di economia di Mach non è di natura *estetica* o *pratica*: esso si basa sulla profonda convinzione che sia *la natura stessa* a seguire tale principio.