

Da Newton a Leibniz

Francesco Paoli

Filosofia della scienza, 2023-24

Concezioni classiche dello spazio

- Secondo Aristotele, l'universo è un *plenum* materiale, finito in estensione e limitato dalla sfera esterna delle stelle fisse. Al di là di essa non vi è uno spazio vuoto. Il moto assoluto non viene messo in discussione.
- Cartesio (*Principia Philosophiae*, 1644): poiché la materia è tutt'uno con l'estensione (*res extensa*), non può esistere uno spazio vuoto. Accanto ai moti relativi dei corpi, vi è anche un moto assoluto: “il trasferimento di una parte di materia o di un corpo dall'intorno dei corpi immediatamente contigui e considerati a riposo, all'intorno di altri”.

Isaac Newton (1642-1727)



- 1 *Primo principio.* Un corpo mantiene il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, finché una forza non agisce su di esso.
- 2 *Secondo principio.* L'accelerazione di un corpo è direttamente proporzionale e ha la stessa direzione della forza agente su di esso, mentre è inversamente proporzionale alla sua massa ($\vec{F} = m \vec{a}$).
- 3 *Terzo principio.* Per ogni forza che un corpo *A* esercita su di un altro corpo *B*, ne esiste istantaneamente un'altra uguale in modulo e direzione, ma opposta in verso, causata dal corpo *B* che agisce sul corpo *A*.

Newton: la gravitazione universale

Nel terzo libro dei *Principia* Newton espone la *legge di gravitazione universale*. La forza di attrazione gravitazionale su un corpo di massa m , generata dal campo gravitazionale di un corpo di massa M , è data da:

$$\vec{F} = -G \frac{m \cdot M}{|r|^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|r|},$$

dove:

- G è la *costante di gravitazione universale*;
- \vec{r} è il vettore che congiunge i centri di massa (da M a m), e $|r|$ è il suo modulo.

Newton: la relatività galileiana

Relatività galileiana: le leggi della meccanica hanno sempre la stessa forma nei sistemi di riferimento inerziali. Non si può distinguere un sistema di riferimento da un altro in moto rettilineo uniforme rispetto al primo.

Le *trasformazioni galileiane* permettono di esprimere le tre coordinate spaziali in un sistema di riferimento conoscendone l'espressione in un altro; ciò consente di spostare le analisi da un osservatore inerziale a un altro.

Esempio:

$$x' = x - vt$$

Gli osservatori effettuano misure simultanee ma sono lontani l'uno dall'altro, quindi devono scambiarsi segnali. Galileo, conscio di tale problema, provò a misurare la velocità della luce fra due osservatori che facevano segnali con una lanterna. Ne dedusse che la velocità è elevatissima e archiviò la questione come irrilevante ai fini pratici.

Secondo Galileo (e poi Newton) il tempo, che si può considerare come una quarta coordinata, è lo stesso in entrambi i sistemi inerziali: di conseguenza gli intervalli temporali fra due eventi successivi saranno gli stessi per entrambi gli osservatori.

Newton: la concezione dello spazio

- 1 Lo spazio assoluto (il *sensorio di Dio*) esiste ed è immobile, senza alcuna relazione ad alcunché di esterno. E' distinto dalla materia ed esiste indipendentemente da essa.
- 2 Gli spazi relativi sono misure dello spazio assoluto in relazione a qualche sistema di riferimento, e possono essere in moto.
- 3 La posizione di un corpo è lo spazio che esso occupa, e può essere assoluta o relativa a seconda che tale spazio sia assoluto o relativo.
- 4 Il moto assoluto (relativo) è il cambiamento di posizione assoluta (relativa). Il moto assoluto esiste e ogni corpo possiede una reale quantità di moto.
- 5 Il moto reale è quello assoluto e non quello relativo.

Newton: l'argomento delle proprietà

- Assunzione: condizione necessaria perché un corpo sia in quiete reale è che sia in quiete rispetto agli altri corpi.
- Supponiamo che A sia un corpo in quiete assoluta, ad es. nella regione delle stelle fisse. Noi osserviamo adesso un corpo B vicino a noi. Supponiamo di conoscere la configurazione relativa nel tempo di tutti i corpi nelle nostre vicinanze, incluso B .
- Tale conoscenza non ci consente di stabilire se B è in quiete rispetto ad A , e quindi (per la nostra assunzione) in quiete reale.
- Quindi è impossibile stabilire se un corpo è in quiete reale partendo dalla sua configurazione nel tempo rispetto ai corpi nelle immediate vicinanze.

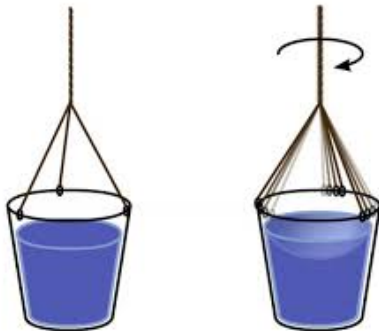
Newton: l'argomento delle cause

- Assunzione: l'applicazione di una forza è condizione necessaria e sufficiente per la generazione (o l'alterazione) del moto di un corpo.
- Tuttavia, l'applicazione di una forza non è condizione sufficiente per la generazione di un moto relativo: se applichiamo la stessa forza a tutti i corpi nel medesimo sistema, la loro configurazione relativa rimarrà invariata.
- L'applicazione di una forza non è neanche condizione necessaria per la generazione di un moto relativo: se applichiamo la stessa forza a tutti i corpi nel medesimo sistema tranne che al corpo A , si genererà un moto relativo rispetto al corpo A , al quale però non è stata applicata alcuna forza.
- Quindi, il vero moto di un corpo non è il suo moto relativo, ma quello assoluto.

Newton: l'argomento degli effetti

- Assunzione: la forza centrifuga cui è soggetto un corpo in moto circolare è direttamente proporzionale alla sua quantità di moto circolare reale.
- Esperimento del secchio rotante: la forza centrifuga cui è soggetta l'acqua può essere misurata osservando quanto l'acqua tende a salire lungo le pareti del secchio durante la rotazione.
- Quando il secchio viene rilasciato, ruota rapidamente rispetto al riferimento dell'osservatore, mentre l'acqua è in quiete rispetto allo stesso riferimento. Quindi l'acqua è in moto relativo rispetto al secchio, ma non si rileva alcun effetto di una forza centrifuga.
- In seguito, l'acqua gradualmente inizia a salire lungo le pareti del secchio, sino a che non è in quiete relativamente al secchio e in moto rispetto all'osservatore. E' in questa fase che l'azione della forza centrifuga è al massimo.
- Quindi il moto circolare reale non può essere quello relativo.

Il secchio rotante di Newton



Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)



Leibniz: moto assoluto e moto relativo

- Per la relatività galileiana, presi due corpi in moto uniforme l'uno rispetto all'altro, non c'è modo di sapere quale dei due sia realmente in moto.
- Leibniz ha una posizione più estrema: presi due corpi *qualsiasi* in moto l'uno rispetto all'altro, non c'è modo di sapere quale dei due sia realmente in moto.
- Tuttavia, non sostiene che ogni moto sia moto relativo. Il moto, infatti, non è mero cambiamento di posizione, ma *cambiamento di posizione provocato da una causa*.
- P. es., dati due treni in stazione in moto relativo l'uno rispetto all'altro, è realmente in moto quello che è causa del proprio movimento. La presenza di una forza, o azione, che causa il moto rompe la simmetria delle ipotesi.
- Il fisico, in ogni caso, deve accontentarsi di studiare i moti relativi.

Samuel Clarke (1675-1729)



Le tesi di Clarke sullo spazio

- ① Lo spazio è logicamente e metafisicamente anteriore ai corpi e agli eventi fisici.
- ② I corpi e gli eventi fisici esistono nello spazio
- ③ Anche se possiamo distinguere delle regioni nello spazio, in senso stretto lo spazio è indivisibile perché non possiamo separare una regione spaziale dall'altra.
- ④ Dal punto di vista ontologico lo spazio è un attributo divino, perché rappresenta l'immensità di Dio.

Leibniz contro Clarke: l'argomento teologico

Se lo spazio fosse un attributo divino, ne sarebbe un attributo essenziale. Ma lo spazio ha parti; quindi vi sarebbero parti nell'essenza di Dio, il che è assurdo.

Leibniz contro Clarke: l'argomento della ragion sufficiente

- Per il Principio di ragion sufficiente, dev'esserci un motivo se Dio ha creato il mondo in un certo modo anziché in un altro.
- Supponiamo per assurdo che Dio abbia creato il mondo in uno spazio assoluto del tutto omogeneo; non vi sarebbe alcuna ragione per cui possa aver creato il mondo orientato in un certo modo, anziché in un altro (ad es. ruotandolo di 90°), all'interno di questo spazio.
- Poiché la supposizione di uno spazio assoluto porta a una violazione del Principio di ragion sufficiente, esse deve essere rigettata come assurda.

Leibniz contro Clarke: l'argomento dell'identità degli indiscernibili

- Per il Principio di identità degli indiscernibili, enti che non sono distinguibili mediante almeno una proprietà devono essere identici.
- Ma lo spazio con il suo orientamento attuale e un ipotetico spazio ruotato di 90° sarebbero enti distinti, anche se nessuno (neanche Dio o un angelo) potrebbe riuscire a discriminarli.
- Poiché la supposizione di uno spazio assoluto porta a una violazione del Principio di identità degli indiscernibili, esse deve essere rigettata come assurda.

- Lo spazio non è un ente di per sé, ma un mero *sistema di relazioni* tra gli enti.
- Usa la metafora di un albero genealogico, che non esiste indipendentemente dai suoi componenti, ma è un mero sistema astratto di relazioni che esistono tra antenati, discendenti, fratelli ecc. Allo stesso modo lo spazio non esiste che come sistema astratto di relazioni tra i corpi.
- Tuttavia, per altri aspetti Leibniz è più vicino ai propri predecessori. Pensa che lo spazio sia infinito, continuo, omogeneo e infinitamente divisibile, e ritiene che il mondo sia un *plenum* di tipo aristotelico (altrimenti, se esistesse il vuoto, questo non sarebbe il migliore dei mondi possibili).