



La legge della pigrizia cosmica

A volte la fisica è illuminata da oscuri concetti di carattere metafisico

La meccanica ha ricevuto il suo fondamento matematico nel 1687, quando Newton diede nei *Principia* la definizione di forza che oggi noi esprimiamo con la formula $F = ma$. Altre definizioni (si veda la rubrica di luglio 2014) erano state date in precedenza da Galileo e Cartesio, da un lato, e da Leibniz, dall'altro, anche se in seguito si capì che in realtà avevano definito l'effetto della forza nel tempo e nello spazio, introducendo i concetti di impulso e di lavoro che oggi noi esprimiamo con le formule $Ft = mv$ e $Fs = mas$ (o, equivalentemente, $Fs = mv^2/2$).

A metà del Settecento un approccio completamente diverso fu introdotto da Pierre Louis Moreau de Maupertuis, in due lavori che fecero discutere: *L'accordo di leggi diverse apparentemente incompatibili*, del 1744, e *Le leggi del moto e della quiete dedotte da un principio metafisico*, del 1746. L'idea di Maupertuis fu introdurre il nuovo concetto di azione, che noi oggi esprimiamo con la formula $Fts = mvs$, e di fondare la meccanica sul principio di minima azione: tra tutte le traiettorie possibili, cioè, un corpo si muove lungo quella che rende minima l'azione.

Le discussioni al proposito vertevano sulla «metafisica» contenuta nel principio. Innanzitutto, il fatto che esso è di natura globale, invece che locale: in altre parole, mentre la legge di Newton permette di determinare la traiettoria punto per punto, Maupertuis isola solo l'intera traiettoria tra tutte quelle possibili. Poi, il fatto che proprio questa globalità sembra assegnare al principio una caratteristica «teleologica» e «finalistica»: in altre parole, sembra che il movimento sia determinato dai suoi effetti finali, più che dalle sue cause iniziali.

C'erano però dei precedenti, che alla luce del nuovo principio risultarono esserne anticipazioni. Già nel primo secolo il greco Erone aveva notato che il cammino di riflessione seguito dalla luce che si muove in uno stesso mezzo segue il percorso più corto. Verso il 1000 l'arabo Alhazen aveva poi notato che il cammino di riflessione e di rifrazione seguito dalla luce che si muove in mezzi diversi segue il percorso più veloce. Maupertuis capì che la luce si muove in generale seguendo il percorso più pigro, rispetto a un'azione che combina lo spazio e la velocità.

Eulero difese il principio di Maupertuis fin da subito, perché intuì che si poteva dimenticarne la metafisica e interpretarlo in maniera puramente fisica. In una nota del 1744, *Sul moto delle particelle determinato con un metodo di massimi e minimi*, mostrò che era possibile derivare dal principio non soltanto la forma della traiettoria di un corpo in movimento, ma anche le equazioni classiche del moto.

L'intuizione di Eulero mostrò che non c'era contrapposizione fra l'approccio locale di Newton e quello globale di Maupertuis, basati rispettivamente sulle nozioni di forza e di azione. E nel 1755 Lagrange applicò il metodo di Eulero per risolvere il problema della tautocrona, cioè della curva di discesa gravitazionale di un corpo che impiega lo stesso tempo ad arrivare a terra, da qualunque punto della curva esso parta.

Lagrange generalizzò ulteriormente il metodo nella *Meccanica analitica* del 1788, e riformulò l'intera meccanica alla maniera di Maupertuis, con una differenza. Quest'ultimo aveva infatti definito l'azione Fts scomponendo la nel prodotto dell'impulso Ft per lo spazio, facendo entrare in gioco la quantità di moto mv . Lagrange la scompose invece nel prodotto del lavoro Fs per il tempo, facendo entrare in gioco l'energia cinetica $mv^2/2$.

La sistematizzazione definitiva di questo approccio fu effettuata da Hamilton in *Un metodo generale della dinamica*, del 1834. Egli definì la lagrangiana L come la somma algebrica dell'energia cinetica e

dell'energia potenziale di un sistema meccanico, e la più generale hamiltoniana H come la somma algebrica di tutte le energie di un sistema qualunque. E mostrò che le equazioni del moto si possono derivare dalla condizione che il prodotto Lt o Ht sia stazionario: cioè un minimo, un massimo o un flesso.

L'approccio di Maupertuis fu poi adattato anche alla relatività e alla meccanica quantistica. Nella prima, per esempio, la traiettoria di un corpo in un campo gravitazionale è una linea di minima lunghezza chiamata geodetica. E nella seconda la costante di Planck che lega l'energia alla frequenza nella formula $E = hv$ è appunto un quanto di azione. A dimostrazione del fatto che le oscurità metafisiche a volte finiscono per illuminare la fisica.



Tra masse e forze. Pierre-Louis Moreau de Maupertuis in un dipinto del 1740 opera di Robert Tournières.