

Il concetto newtoniano di forza

da M. Jammer, *Storia del concetto di forza nella fisica classica e moderna* (1960), tr. Milano Feltrinelli 1980, pp. 129 ss.

La forza di gravitazione: le affermazioni di Newton

Che Newton non avesse dunque rifiutato la possibile esistenza di un *mezzo etereo* inteso come strumento per una teoria sostanzialmente cinetica [meccanica] della gravità, per lo meno al tempo in cui stava componendo la prima edizione dei *Principia*, risulta in modo ovvio dalle sue osservazioni sulla Definizione I, dove afferma: "Non considero qui un mezzo, se pure un tale mezzo esista, che permei liberamente gli interstizi tra le parti dei corpi."

"Se pure un tale mezzo esista". Queste parole sono caratteristiche dell'atteggiamento di Newton nei confronti del problema della natura della gravitazione, almeno per quanto concerne la pubblicazione citata. Non essendo in possesso di materiale sperimentale e d'osservazione sufficiente a dar concretezza a una specifica teoria sulla natura della gravitazione, Newton preferiva astenersi dal pronunciare giudizi su questo problema e discuteva la gravitazione indipendentemente dal fatto che potesse trattarsi di un'azione a distanza o di un risultato dell'azione per contatto tra particelle d'etere e materia ordinaria. Pur parlando di "corpi che si attraggono l'un l'altro", delle attrazioni di un corpuscolo verso le diverse particelle d'etere" e di "attrazione mutua", e pur usando espressioni analoghe che avrebbero potuto ingannare il lettore facendogli credere di aver a che fare con una concezione delle forze intese come innate nella materia e agenti a distanza, in nessun punto della prima edizione dei *Principia* Newton fa affermazioni che tendano in questa direzione.

Inoltre, nella seconda edizione dei *Principia* (1713) egli fece una dichiarazione esplicita in proposito (essendosi forse reso conto della possibilità di dare adito a tali fraintendimenti), scrivendo:

Uso qui la parola *attrazione* in generale per indicare un qualsiasi tentativo fatto dai corpi per avvicinarsi l'uno all'altro, sia che questo tentativo sorga dall'azione dei corpi stessi, in quanto tendenti l'uno verso l'altro o agitandosi l'un l'altro grazie a spiriti emessi; sia che esso sorga dall'azione dell'etere o dell'aria, o di un qualsiasi altro mezzo, corporeo o incorporeo, che in qualsiasi maniera spinga, gli uni verso gli altri, i corpi che in esso sono situati.

All'inizio del libro III ("Sistema del mondo") nel capitolo in cui si discute delle regole del ragionamento in filosofia, Newton, aggiunse, nella seconda edizione, questa frase: "Io non affermo che la gravità sia essenziale ai corpi: parlando della loro *vis insita* non intendo altro che la loro inerzia." Quest'improvvisa riesumazione del concetto di *vis insita* e la sua nuova interpretazione in termini di inerzia era dovuta alla necessità di neutralizzare la precedente espressione, e cioè la Definizione III, in cui l'inerzia era indicata come una "forza innata della materia," "un potere di resistere," nonché le osservazioni sull'inerzia comprese nella Regola III, dove Newton aveva stabilito che tutti i corpi sono "dotati di certi poteri (che noi chiamiamo inerzia)". Abbiamo, infine, il famoso detto di Newton "*hypotheses non fingo*," alla fine del libro III, nello Scolio generale, in cui afferma con enfasi:

Fino ad ora abbiamo spiegato i fenomeni del cielo e del nostro mare mediante il potere della gravità, ma *non abbiamo ancora assegnato una causa a questo potere...* Non sono ancora stato capace di scoprire la causa di queste proprietà della gravità a partire dai fenomeni, e non intendo *fungere ipotesi*; infatti tutto ciò che non è dedotto dai fenomeni dev'essere chiamato ipotesi; e le ipotesi non hanno posto nella filosofia sperimentale, siano esse metafisiche oppure fisiche, si riferiscano a qualità occulte o a qualità meccaniche. In questa filosofia proposizioni particolari vengono *inferite dai fenomeni*, e sono poi *generalizzate per induzione*. È, questo il modo in cui sono state scoperte l'impenetrabilità, la mobilità, le forze impulsive dei corpi e le leggi dei moto e della gravitazione. Ed è per noi sufficiente che la gravità esista realmente, e che agisca secondo le leggi che noi abbiamo spiegato, e che serva ampiamente a render ragione di tutti i moti dei corpi celesti e del nostro mare.

L'interpretazione di Bentley e l'opposizione di Newton

[...] La mutua attrazione senza contatto o impulso, così sosteneva [Bentley], non è un attributo della mera materia ma qualcosa che è necessariamente dovuto a un principio immateriale, a una mente immateriale e vivente che deve "dar forma e attuazione alla morta materia, e reggere la struttura del mondo." Secondo Bentley la gravitazione universale era al di sopra di ogni meccanismo e di ogni causa materiale, e procedeva "da un più alto principio, da un'energia e un'impressione divine".

L'interpretazione data da Bentley della gravitazione universale non incontrò l'approvazione di Newton. Newton così si oppone alle affermazioni di Bentley in una lettera inviata a quest'ultimo nel 1692:

A volte lei parla della gravità come se fosse essenziale e inerente alla materia. La prego di non attribuire a me una simile concezione; infatti la causa della gravità è proprio ciò che io non pretendo di conoscere, e pertanto sarebbe necessario molto più tempo per prenderla in considerazione.

In modo simile Newton si rivolge a Bentley, fornendogli queste indicazioni, in una seconda lettera:

È inconcepibile che la materia bruta e inanimata possa, senza la mediazione di qualcos'altro che non sia materiale, operare sul resto della materia e influenzarlo *senza un mutuo contatto*, come dovrebbe accadere nel caso della gravitazione qualora questa fosse essenziale e inerente alla materia nel senso di Epicuro. E questa è una delle ragioni per cui desidero che lei non attribuisca a me la gravità come innata. Che la gravità sia innata, inerente ed essenziale alla materia, così che *un corpo possa agire su un altro attraverso il vuoto e a una certa distanza*, senza la mediazione di un qualcos'altro mediante cui l'azione e la forza di quei corpi possano essere trasmesse dall'uno all'altro, è per me *un'assurdità* così grande che non credo che alcuna persona che abbia qualche facoltà razionale di pensiero in questioni filosofiche possa mai cadervi. La gravità dev'essere causata da un agente che agisce costantemente secondo certe leggi; ma che questo agente sia materiale oppure immateriale, è questione che ho lasciato alla considerazione dei miei lettori.

Per quanto segue, è importante notare che queste lettere a Bentley furono pubblicate molti anni dopo la pubblicazione dei *Principia*, per cui non poterono avere alcuna influenza immediata sui commentatori di Newton durante il Settecento. Si aggiunga che le osservazioni (Scolio generale) con cui egli dà libero sfogo al suo entusiasmo religioso e in cui parla di Dio come di un Ente nel quale "tutte le cose sono contenute e mosse," forniscono altro materiale ai suoi interpreti teisti, consentendo loro di dare credibilità alle proprie dottrine sulla teoria newtoniana della gravitazione.

Rapporto tra nozione di forza e assiomi del moto

[...] Per rendere più dettagliata e più completa la presente analisi citiamo ora i tre famosi assiomi del moto secondo Newton, senza tuttavia entrare in una particolareggiata discussione critica, in quanto torneremo su questi concetti illustrando le critiche rivolte nell'Ottocento al concetto di forza newtoniano.

Legge I: Ogni corpo persevera nel proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, a meno che non sia costretto da forze impresse a mutare questo stato.

Legge II: La variazione del moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e si verifica secondo la linea retta lungo cui questa forza viene impressa.

Legge III: Ad ogni azione corrisponde sempre una reazione opposta ed eguale; ovvero le azioni mutue tra due corpi sono sempre eguali e dirette in senso contrario.

Le prime due leggi del moto - da Newton attribuite a Galileo e a Huygens - aggiungono ben poche informazioni sulla concezione della forza di Newton.

Il primo assioma, ossia il principio d'inerzia, viene spesso interpretato come una definizione qualitativa della forza. La traduzione della seconda legge, anche se fedele all'originale latino, può facilmente venir male interpretata; scrivendo "*mutatio motus*" Newton voleva significare quanto oggi potremmo chiamare "modalità di variazione della quantità di moto". La seconda legge stabilisce pertanto che la modalità di variazione della quantità di moto è proporzionale alla forza impressa e si sviluppa secondo la direzione di questa forza. Ovvero, secondo la moderna notazione matematica,

$$F = d(mv)/dt.$$

Poiché Newton distingue chiaramente tra definizioni e assiomi (o leggi del moto), è ovvio che la seconda legge del moto non era da lui intesa alla stregua di una definizione della forza, anche se come tale viene interpretata dagli studiosi moderni delle fondazioni della meccanica. E neppure si trattava del semplice enunciato di un metodo per la misura delle forze. Secondo Newton *la forza era un concetto dato a priori*, in via intuitiva, e, in ultima analisi, *in analogia alla forza muscolare dell'uomo*. La Definizione IV non va pertanto interpretata come se si trattasse di una definizione nominale, ma piuttosto come un'asserzione riassuntiva della caratteristica proprietà delle forze di determinare accelerazioni.

Nondimeno, verso la fine della discussione che segue alla Definizione VIII, Newton dichiara quanto segue:

Riferisco la forza motiva al corpo come un tendere e una propensione dell'intero verso un centro, derivanti dalla propensione delle varie parti prese insieme... e la forza assoluta al centro, in quanto questo è dotato di una qualche causa senza cui quelle forze motrici non potrebbero esser propagate attraverso gli spazi circostanti; sia che la causa si identifichi con un qualche corpo centrale (così come è il magnete nel centro della forza magnetica, o la Terra nel centro della forza gravitazionale), sia che si tratti di un qualcosa d'altro che non si manifesta. Infatti in questa sede desidero dare solamente una nozione *matematica* di quelle forze, senza considerarne le cause e le sedi fisiche.

E poche righe più avanti Newton sottolinea nuovamente questo punto: "considero queste forze *non fisicamente, ma matematicamente*". Queste note sembrano indicare che Newton stesse già tendendo a un'interpretazione più positivista del concetto di forza [cioè meno legata a concetti "metafisici" o "filosofici", ovvero a *spiegazioni* della natura, e più a concetti matematici, ovvero a semplici *descrizioni*].

L'incredibile grandezza del genio newtoniano si rivela con tutta chiarezza nella sua posizione rispetto alla natura reale della forza in generale - posizione che, in ultima analisi, non implicava scelte decisive - nonché rispetto alle forze gravitazionali in particolare. Non solo egli fondò il primo sistema autonomo di causalità fisica, capace di rappresentare gli aspetti più profondi dell'esperienza fisica e, inoltre, altamente soddisfacente da un punto di vista logico; egli, se così si può dire, superò se stesso nel concepire il carattere problematico delle nozioni fondamentali del proprio sistema. In occasione del duecentesimo anniversario della morte di Newton, Einstein dichiarava: "Newton stesso era ben più cosciente della debolezza insita nel suo edificio intellettuale di quanto non lo fosse la generazione di dotti scienziati che gli seguì. Questo fatto ha sempre destato la mia più profonda ammirazione".