

LA TEORIA CINETICA DELLA MATERIA

È forse possibile spiegare i fenomeni del calore in termini del moto di particelle interagenti con forze semplici? Prendiamo un recipiente contenente una certa massa di gas – aria, ad esempio – ad una certa temperatura. Comunicandole calore, innalziamo la temperatura ed accresciamo perciò l'energia del gas. Ma qual è il legame fra questo calore ed il moto? La possibile esistenza di un legame è suggerita, sia dal punto di vista filosofico, che abbiamo provvisoriamente adottato, sia dal modo con cui il moto genera calore. Il calore deve essere energia meccanica se tutti problemi hanno da essere d'indole meccanica. Scopo della *teoria cinetica* è per l'appunto quello di presentare il concetto di materia, sotto tale aspetto. Secondo questa teoria i gas sono aggregati di un enorme numero di particelle o *molecole* che si muovono in tutte le direzioni, urtandosi a vicenda e cambiando la direzione del proprio moto ad ogni collisione. Deve esserci perciò una velocità (scalare) media delle molecole, così come in una grande collettività umana si riscontra un'età media ed una ricchezza media. Esisterà dunque un'energia cinetica media per ogni particella. Una maggior quantità di calore nel nostro recipiente significa una maggiore energia cinetica media. Pertanto, secondo questa rappresentazione, *il calore* non è già una forma di energia speciale e diversa dall'energia meccanica, ma è *propriamente l'energia cinetica del moto molecolare*. Ad ogni determinata temperatura corrisponde una determinata energia cinetica media per molecola. Questa non è affatto una congettura arbitraria. Se vogliamo farci una rappresentazione meccanica della materia, che sia coerente, non possiamo fare a meno di considerare l'energia cinetica di una molecola come una misura della temperatura del gas.

Questa teoria non è un mero gioco della fantasia. Si può dimostrare che la teoria cinetica dei gas, non soltanto concorda con l'esperimento, ma che essa conduce altresì ad una comprensione più profonda dei fatti. Ciò può venir illustrato con alcuni esempi.

Prendiamo un recipiente chiuso superiormente da un pistone, libero di muoversi in senso verticale e portante dei pesi. Il recipiente contiene un certo quantitativo di gas che terremo a temperatura costante. Se inizialmente il pistone è in riposo, in una data posizione, esso potrà venir mosso verso l'alto togliendo dei pesi o verso il basso aggiungendone. Per spingere il pistone in basso occorre impiegare una certa forza che agisce contro la pressione interna del gas. Qual è, secondo la teoria cinetica, il meccanismo di questa pressione interna? Un enorme numero di particelle, costituenti il gas, si muovono in tutte le direzioni. Esse bombardano le pareti ed il pistone, rimbalzando come palle lanciate contro un muro. Questo continuo bombardamento, effettuato da un grandissimo numero di particelle, mantiene il pistone ad una certa altezza opponendosi alla forza di gravità che attira verso il basso il pistone ed i pesi sovrapposti. In un senso abbiamo la forza di gravità che è costante, e nel senso opposto i numerosissimi urti irregolari delle molecole. Affinché possa esservi equilibrio, bisogna che l'effetto complessivo di tutte le piccole forze irregolari, agenti sul pistone, sia eguale alla forza di gravità.

Supponiamo ora che – sempre mantenendo la temperatura invariata – il pistone venga spinto verso il basso, in modo da comprimere il gas e da ridurre il volume ad una frazione del primitivo, diciamo metà. Che cosa possiamo aspettarci che avvenga, secondo la teoria cinetica? La forza dovuta al bombardamento sarà più efficace di prima, o meno? Le particelle sono ora stipate più fittamente. Benché l'energia cinetica media sia la stessa, le collisioni fra particelle e pistone si verificheranno ora con maggior frequenza. La forza sarà, pertanto, maggiore. È evidente che secondo questa raffigurazione offertaci dalla teoria cinetica, occorrerà un maggior peso per mantenere il pistone nella posizione inferiore. Questo semplice fatto sperimentale è notissimo, ma la sua predizione scende logicamente dalla rappresentazione cinetica della materia.

Consideriamo un altro caso. Prendiamo due recipienti identici contenenti volumi eguali di gas diversi, diciamo idrogeno e azoto, entrambi alla stessa temperatura. Supporremo che ambo i recipienti siano chiusi da pistoni portanti pesi uguali. Ciò significa che ambo i gas possiedono volumi, temperature e pressioni eguali. La temperatura essendo la stessa anche l'energia cinetica media è – in conformità alla teoria – la stessa. E poiché le pressioni sono eguali, i due pistoni sono bombardati con forze complessive eguali. In media ogni particella è dotata di eguale energia ed i volumi di ambo i gas sono eguali. Ne segue che anche il numero delle molecole di ambo i gas deve essere eguale, ancorché essi siano chimicamente differenti. Questo risultato è della massima importanza per la comprensione di molti fenomeni chimici. Esso significa che il numero delle molecole in un dato volume e a data temperatura e pressione costituisce una caratteristica non soltanto di un singolo gas, bensì di tutti i gas. È sorprendente che la teoria cinetica possa non solo predire l'esistenza di simile numero universale, ma che essa ci ponga altresì in grado di determinarlo. Torneremo su questo punto, quanto prima.

La teoria cinetica della materia spiega, sia quantitativamente, sia qualitativamente le leggi dei gas desunte dalle prove sperimentali. Inoltre la teoria non si applica soltanto ai gas, ancorché essa abbia registrato i suoi maggiori successi in tale ambito. Un gas può venir liquefatto mediante riduzione della temperatura. Una caduta nella temperatura della materia significa una diminuzione dell'energia cinetica media delle sue particelle. È senz'altro chiaro che l'energia cinetica media di una particella liquida è inferiore a quella della corrispondente particella gassosa.

Una sorprendente manifestazione del moto di particelle nei liquidi si ebbe, per la prima volta, con il cosiddetto *movimento browniano*, un importante fenomeno che, senza la teoria cinetica della materia, rimarrebbe assolutamente misterioso ed incomprensibile. Esso fu osservato per la prima volta dal botanico Brown e venne spiegato ottanta anni

dopo, al principio del presente secolo. L'unico apparecchio occorrente per studiare il movimento browniano è un microscopio, anche non molto buono.

Brown stava lavorando con granuli di polline di talune piante, ossia:

... particelle o granuli d'insolite dimensioni, la cui lunghezza variava fra un quattromillesimo ed un cinquemillesimo, circa, di pollice (da 6 a 5 millesimi di millimetro).

Egli continua:

Esaminando la forma di queste particelle immerse nell'acqua mi accorsi che molte di esse si trovavano in moto... Questi movimenti erano tali da convincermi, dopo ripetute osservazioni, che essi non potevano essere causati né da correnti nel fluido, né dalla sua graduale evaporazione, ma che dovevano appartenere alle particelle stesse.

Ciò che Brown osservava era l'incessante agitazione dei granuli sospesi in acqua, visibile al microscopio. È uno spettacolo impressionante!

La scelta di speciali piante è forse essenziale per il fenomeno? Brown rispose all'interrogativo ripetendo l'esperimento con i pollini di una grande varietà di piante e constatò che tutti i granuli sospesi in acqua esibivano lo stesso moto, purché fossero abbastanza piccoli. Egli riscontrò inoltre la stessa specie d'incessante ed irregolare movimento con minutissime particelle di sostanze non soltanto organiche ma anche inorganiche. Il fenomeno si manifestò perfino con un frammento di sfinge finemente polverizzato!

Come può spiegarsi questo movimento? Esso sembra in contraddizione con tutta l'esperienza anteriore. La disamina delle successive posizioni occupate da una particella ogni trenta secondi circa, rivela la fantastica forma del suo percorso. Tuttavia la cosa più stupefacente è il carattere manifestamente eterno del movimento. Un pendolo oscillante, immerso nell'acqua si arresta ben presto se non è soccorso da una forza esterna. L'esistenza di un moto che non s'indebolisce mai, sembra contrastare con ogni esperienza. Questo enigma venne brillantemente chiarito dalla teoria cinetica della materia.

Guardando nell'acqua, anche con i più potenti microscopi, non riusciamo a distinguere né le molecole, né il loro moto così come viene rappresentato dalla teoria cinetica della materia. Dobbiamo inferirne che se la teoria considerante l'acqua come un aggregato di particelle, è corretta, le dimensioni delle particelle stesse debbono essere inferiori ai limiti di visibilità dei migliori microscopi. Continuiamo ciò malgrado ad appoggiarci alla teoria cinetica e ad ammettere che essa ci offra una raffigurazione coerente della realtà. Le particelle browniane, visibili al microscopio vengono bombardate da quelle molto più piccole di cui si compone l'acqua. Il movimento browniano si verifica sempreché le particelle bombardate siano abbastanza piccole. Il movimento si produce perché il bombardamento non è uniforme su tutti i lati e non può venir compensato per motivo del suo carattere irregolare e casuale. Il moto osservabile è dunque il risultato di un moto invisibile. Il comportamento delle particelle immerse rispecchia, fino a un certo punto, quello delle molecole d'acqua e ne costituisce, per così dire, un ingrandimento tale, da renderlo visibile al microscopio. Il carattere irregolare ed accidentale del percorso delle particelle browniane rispecchia un'analogia irregolarità nel percorso delle particelle più piccole costituenti la materia del liquido. È perciò plausibile che uno studio quantitativo del movimento browniano ci offra un più profonda comprensione della teoria cinetica della materia. È chiaro che il movimento browniano visibile dipende dalla dimensione delle molecole bombardanti. Il movimento browniano non esisterebbe affatto se le molecole bombardanti non possedessero una certa dose di energia, od in altre parole se non possedessero massa e velocità. Non fa perciò meraviglia che lo studio del movimento browniano conduca alla determinazione della massa di una molecola.

Tratto da:

Albert Einstein, Leopold Infeld, *L'evoluzione della fisica – dai concetti iniziali alla relatività e ai quanti*, Universale Bollati Boringhieri, Torino, 2000 (1938)