

p_0) tende a zero. La relazione [B] potrebbe dunque essere più opportunamente proposta nella forma

$$[C] \quad T = \lim (p_0 \rightarrow 0) 273,15 \text{ K} \frac{p}{p_0} .$$

Vale a dire, la misura Kelvin della temperatura del gas (e dei corpi in equilibrio termico col gas) è il limite al quale sempre più si avvicina il numero $273,15 p/p_0$ man mano che, al diminuire del quantitativo di gas presente nel contenitore, il valore della pressione p_0 (e ovviamente anche della pressione p) si approssima allo zero^[1].

Col termometro a gas si possono misurare temperature di pochi kelvin, quindi molto prossime allo zero assoluto: l'utilizzo a temperature ancor più basse è impedito dal fatto che a tali temperature si verifica il passaggio del gas allo stato liquido.

1.2 Temperatura e calore

1. Se i corpi non fossero costituiti da particelle (molecole, o altro^[2]) animate da «agitazione termica», animate cioè da un continuo, disordinato, casuale movimento l'una rispetto alle altre, l'idea di temperatura non esisterebbe. Al di là infatti della definizione operativa che ne è stata data, il significato del termine **temperatura** sta nella correlazione tra la temperatura di un corpo e l'energia cinetica «termica» delle sue particelle costitutive (l'energia cinetica che le particelle possiedono nel moto di agitazione disordinata): *la temperatura risulta tanto più elevata quanto più grande è il valore medio dell'energia cinetica di traslazione delle particelle nel moto di agitazione termica*^[3].

2. La relazione tra i valori di tali grandezze (temperatura e valore medio dell'energia termica di traslazione) è *diversa* a seconda della natura del materiale che si considera: l'uguaglianza della temperatura non assicura l'uguaglianza dell'energia termica di traslazione, e viceversa. Per piccole differenze di temperatura, è quindi possibile che ci sia una maggiore energia termica di traslazione là dove la temperatura è minore. È la differenza di temperatura, non la differenza

¹ Valori di pressione troppo bassi non possono essere ovviamente più misurati: il limite di cui sopra deve essere valutato per estrapolazione. In pratica, come temperatura di riferimento è più facilmente ottenibile in laboratorio la temperatura di 273,16 K (temperatura dell'acqua «al punto triplo», vedere al cap. 7).

² Nello stato di *plasma*, ad esempio, la materia non è costituita da molecole, ma da atomi che hanno perso gli elettroni più esterni (o, al limite, tutti gli elettroni) e da elettroni liberi. Altro esempio: le particelle di ciò che chiamiamo «fumo» sono costituite ognuna da milioni di molecole.

³ L'energia cinetica di traslazione si ottiene moltiplicando la metà della massa della molecola per il quadrato della velocità del suo centro di massa. L'energia cinetica associata all'agitazione termica include anche termini rotazionali (rotazione della molecola attorno al centro di massa) e, alle alte temperature, vibrazionali (oscillazione del valore della distanza tra gli atomi costitutivi della molecola). Al crescere della temperatura cresce anche il valore di tali termini.

nel valore medio dell'energia termica di traslazione, che determina quale dei due corpi si raffredderà: è quindi di per sé possibile che, al contatto, l'energia termica di traslazione aumenti là dove in partenza ce n'è già di più.

3. In ogni caso, per poter parlare di temperatura di un sistema di particelle occorre che il numero delle particelle sia molto elevato, se vogliamo che al contatto tra due corpi sia sempre quello più caldo a raffreddarsi (anche in intervalli di tempo molto brevi): in questo senso *la temperatura di una singola particella, o di un piccolo numero di particelle, non esiste*. Quando infatti due corpi sono a contatto, nella zona di contatto si verificano, per effetto dell'agitazione termica, urti tra particelle di un corpo e particelle dell'altro corpo, con conseguente, continuo trasferimento di energia cinetica, su scala particellare, da un corpo all'altro. In un singolo urto può accadere che si verifichi uno spostamento di energia cinetica da una molecola del corpo meno caldo a una molecola del corpo più caldo. Tuttavia è più probabile che lo spostamento avvenga in senso inverso: perciò, se il numero degli urti è elevato lo spostamento complessivo di energia cinetica avviene *sempre* dal corpo più caldo al corpo meno caldo.

4. L'energia che i corpi scambiano in relazione al valore della loro temperatura ha, in fisica, un nome preciso: **calore**. Potremmo quindi definire il calore come *energia cinetica che un corpo riceve o perde direttamente a livello del moto di agitazione termica*^[4]. Se i corpi non fossero costituiti da particelle animate da un moto interno di agitazione termica, anche il termine «calore», come il termine «temperatura», non esisterebbe. Chiaramente, in uno scambio di energia cinetica da una singola molecola a un'altra molecola il termine calore non può essere usato. Una trasformazione senza spostamento di calore (in entrata o in uscita) si definisce **adiabatica**.

Si noti che non dobbiamo, in fisica, concepire il calore come un qualche cosa che i corpi possiedono, non ha senso parlare di «calore contenuto in un corpo» (come accade spesso nel linguaggio corrente, e come per molto tempo si è fatto anche in fisica^[5]): l'idea di calore si riferisce esclusivamente a *energia in fase di transito*.

5. È tipico che lo spostamento di calore produca variazioni di temperatura, tuttavia lo spostamento di calore non rappresenta di per sé, nei riguardi delle variazioni di temperatura, né una condizione necessaria, né una condizione sufficiente. Non è necessaria perché *effetti di variazione della temperatura possono verificarsi anche indipendentemente da scambi di calore*. Un filo metallico, ad esempio, si riscalda al passaggio della corrente elettrica, senza aver ricevuto calore: l'effetto di riscaldamento deriva dagli «urti» tra gli elettroni di conduzione, in movimento lungo il filo, e le particelle (atomi o gruppi di atomi) del reticolo cristallino, con conseguente spostamento di energia cinetica dal moto ordinato degli elettroni di conduzione al moto di agitazione termica delle particelle del reticolo. Altro esempio: un pistone mobile che comprime il gas contenuto in un recipiente produce un effetto di riscaldamento senza che il gas abbia ricevuto

⁴ *Direttamente* significa senza passaggi energetici intermedi. Si veda il punto 5.

⁵ Come nella vecchia teoria del *fluido calorico*.