

Principio di equivalenza

1. Il primo principio della termodinamica^[1] è un principio di conservazione dell'energia che tiene conto della possibilità che i corpi acquisiscano o perdano energia (cinetica e potenziale) non solo a livello macroscopico ma anche a livello delle particelle costitutive (tipicamente, molecole); e stabilisce che variazioni di tale energia 'interna' possono verificarsi sia per effetto dell'esecuzione di lavoro (da parte di forze che agiscono sul sistema considerato), sia per effetto di uno scambio di calore (in entrata o in uscita dal sistema considerato). Il riscaldamento di una massa gassosa, per esempio, può derivare sia da un'azione meccanica di compressione (riduzione del volume), sia dal contatto con un corpo più caldo. In questo senso, il primo principio della termodinamica ha il significato di *principio di equivalenza tra lavoro e calore*.

2. Se a tale equivalenza vogliamo dare un preciso aspetto quantitativo, dobbiamo misurare quanto calore occorre fornire per ottenere la stessa variazione dell'energia interna che si ottiene con l'esecuzione di una certa quantità di lavoro. Oppure, quale quantità q di calore occorre rimuovere per riportare l'energia interna di un sistema al valore che aveva prima che fosse eseguita sul sistema un certo lavoro L .

3. L'esperimento classico è quello del mulinello di Joule. Tramite un sistema di palette mobili si compie su un certo quantitativo d'acqua un certo lavoro L misurabile, con ciò producendo nell'acqua un moto vorticoso e in definitiva un effetto di riscaldamento; si riporta poi l'acqua alla temperatura iniziale (e quindi allo stato fisico iniziale e all'energia interna iniziale) mediante sottrazione di una quantità misurata q di calore. In forza del primo principio, il lavoro L eseguito sull'acqua e il calore q sottratto all'acqua devono essere espressione di una stessa quantità di energia. Se quindi L viene misurato in joule ($L = x \text{ J}$) e q in calorie ($q = y \text{ cal}$) l'uguaglianza $x \text{ J} = y \text{ cal}$ porta alla relazione di equivalenza $1 \text{ J} = (y/x) \text{ cal}$. Si trova che il valore del rapporto joule/caloria è

$$1 \text{ J} = 4,19 \text{ cal}$$

il che viene espresso dicendo che l'**equivalente termico del lavoro** è 4,19 cal/J, oppure dicendo che l'**equivalente meccanico del calore** è $(1/4,19) \text{ J/cal} = 0,239 \text{ J/cal}$.

4. Schema del mulinello di Joule (fig. 1). Le palette del mulinello sono solidali a un albero posto in rotazione dalla caduta di un blocco di peso noto. Il lavoro compiuto dal mulinello sull'acqua coincide, a parte il segno, col lavoro resistente compiuto dall'acqua sul

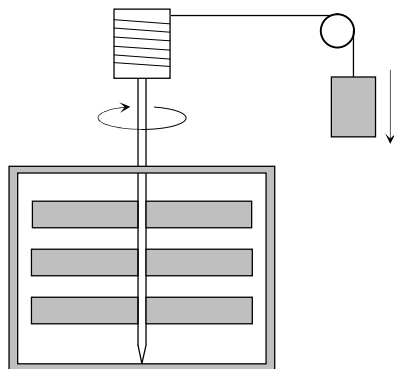


Fig. 1

¹ Introdotta e discussa nel capitolo 10 del testo *La Fisica del calore*.

mulinello, e si determina considerando che quest'ultimo deve corrispondere (a meno dell'energia cinetica acquisita dal blocco, e a meno del lavoro resistente degli attriti che contrastano la rotazione dell'albero) al lavoro motore mgh compiuto sul blocco dalla forza peso.