
Corso: Termodinamica classica/Continuazione della Meccanica e Primo principio/Seconda esperienza di Joule

La seconda esperienza di Joule ha propositi diversi dalla prima; dopo aver *verificato* sperimentalmente l'esistenza del primo principio, Joule si propose di trovare un'espressione che permettesse di calcolare l'energia interna che, come abbiamo detto, è una funzione di stato, cioè dipenderà esclusivamente dai parametri termodinamici p, V, T del sistema in un determinato stato di equilibrio.

L'apparato sperimentale della seconda esperienza è molto semplice: Joule racchiuse un gas in un contenitore isolato termicamente; il contenitore era diviso in due ambienti, in uno vi era il gas, nell'altro il vuoto, separati da un setto. Aprendo il setto, il gas si espande in tutto il contenitore (viene chiamata **espansione libera** una trasformazione che avviene in queste condizioni). Si osservò che la temperatura del gas *variava di molto poco*.

L'esperienza venne ripetuta diverse volte, ogni volta prendendo un gas più rarefatto della precedente; si osservava che, più il gas era rarefatto, meno variava la temperatura. Si definisce quindi **gas ideale** un gas *al limite di bassissima densità*.

Nell'espansione libera, non vi sono scambi di calore tra sistema e ambiente (il contenitore è isolato); inoltre, poiché il volume totale del contenitore non varia (varia il volume del gas, ma non del contenitore) il gas non compie o subisce lavoro sull'ambiente; quindi risulta essere:

$$\Delta U = Q - L = 0$$

Inoltre, durante la trasformazione la pressione non è ben definita, il volume aumenta e la temperatura resta costante. Per questo motivo, si suppose che l'energia interna fosse funzione **della sola temperatura**, e non degli altri parametri termodinamici.

1 Calore specifico del gas perfetto a pressione e volume costanti

Per poter ricavare un'espressione dell'energia interna, possiamo sfruttare le espressioni dei calori specifici. Dato il primo principio $\Delta U = Q - L$, vale in una



qualunque trasformazione infinitesima:

$$dU = \delta Q - \delta L$$

Dove ricordiamo che calore e lavoro dipendono dalla trasformazione, mentre l'energia interna, essendo funzione di stato, ha una variazione assoluta. Ricordando l'espressione del calore specifico $c = \frac{\delta Q}{dT}$, per un gas perfetto risulta di interesse notevole il numero di moli, e non la massa; avremo quindi che il **calore specifico a volume costante** di un gas perfetto sarà pari a:

$$c_V = \frac{1}{n} \left(\frac{\delta Q}{dT} \right)_V = \frac{1}{n} \left(\frac{dU}{dT} \right)_V + \left(\frac{\delta L}{dT} \right)_V = \frac{1}{n} \frac{dU}{dT}$$

(il contributo del lavoro è nullo perché è a volume costante). Da questa ricaviamo che l'espressione dell'energia interna di un gas perfetto è data da $U(T) = nc_V T$.

A pressione costante, invece:

$$c_p = \frac{1}{n} \left(\frac{\delta Q}{dT} \right)_p = \frac{1}{n} \left[\frac{dU}{dT} + \left(\frac{\delta L}{dT} \right)_p \right] = \frac{1}{n} \left[\frac{dU}{dT} + \left(p \frac{dV}{dT} \right)_p \right]$$

Sfruttando la legge del gas perfetto $pV = nRT$, differenziandola otteniamo $p dV + V dp = nR dT$; poiché $p = \text{cost}$, vale $dV = \frac{nR dT}{p}$; sostituendola nell'espressione qui sopra:

$$c_p = \frac{1}{n} \left[\frac{dU}{dT} + nR \frac{dT}{dT} \right] = c_V + R$$



2 Fonti per testo e immagini; autori; licenze

2.1 Testo

- **Corso:Termodinamica classica/Continuazione della Meccanica e Primo principio/Seconda esperienza di Joule** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3ATermodinamica_classica/Continuazione_della_Meccanica_e_Primo_principio/Seconda_esperienza_di_Joule?oldid=39766 *Contributori:* Dan

2.2 Immagini

2.3 Licenza dell'opera

- [Project:Copyright Creative Commons Attribution Share Alike 3.0 & GNU FDL]
- [Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0](#)

