

# ESPERIENZA DI TERMODINAMICA N. 3

## TRASFORMAZIONE DEL LAVORO IN CALORE

### 1. INTRODUZIONE:

Obiettivo di questa esperienza è di misurare l'equivalente meccanico della caloria facendo uso del calorimetro di Callendar.

### 2. STRUMENTAZIONE:

- supporto meccanico;
- calorimetro in alluminio;
- sensore di temperatura;
- cavo adattatore da 4/2 mm;
- fune;
- bidone da 5 litri;
- contrappeso;
- acqua;

### 3. CALORIMETRO DI CALLENDAR:

La struttura stabile dell'apparecchio per l'equivalente termico (figura 1) è costituita da un albero con una base isolata termicamente e due cuscinetti di alluminio a sfera con una scanalatura a elica. In questa scanalatura viene avvolta una fune vincolata da un contrappeso da un lato e a cui è appeso un bidone di 5 Kg dall'altra. Nel cuscinetto è applicata una manovella che ci permette di avvolgere la fune ed inoltre c'è un totalizzatore incorporato per la misurazione dei giri eseguiti; il tutto è fissato da un morsetto da tavolo.

Tutta questa struttura è a contatto con un sensore di temperatura, o una resistenza NTC, collegato tramite un cavo adattatore a un misuratore di temperatura che confronterà la temperatura iniziale del calorimetro d'alluminio da quella finale dopo aver compiuto dei giri con la manovella.



*Figura 1. Calorimetro di Callendar*

#### 4. CENNI TEORICI:

Per determinare l'equivalente meccanico della caloria, cioè il valore in Joule di una caloria, è possibile utilizzare il calorimetro di Callender.

Ma questo concetto fu dimostrato da Joule tramite una famosa esperienza (1850) effettuata con uno strumento denominato "*mulinello di Joule*", visibile di seguito nella figura 2. I due pesi raffigurati, scendendo verso il basso mettono in rotazione il mulinello contenuto nel calorimetro.

L'acqua, contenuta nel calorimetro, agisce sulle palette creando un attrito viscoso che cresce all'aumentare della velocità delle palette. In breve tempo, però, la resistenza idrodinamica che agisce sul mulinello diventa uguale (in modulo) alla forza peso agente sulle due masse per cui queste scendono con velocità costante perciò il sistema è in equilibrio. Dopo di ciò si può verificare sperimentalmente che la temperatura del sistema è aumentata di una quantità  $\Delta T$ . Ciò evidenzia la produzione di una quantità di calore  $Q_{\text{tot}}$  calcolabile attraverso la relazione  $Q_{\text{tot}} = C\Delta T$ ; dove  $C$  è la capacità termica che tiene conto dell'acqua, del mulinello a palette, del termometro e delle pareti interne del calorimetro.

Dal punto di vista dell'energia meccanica, l'energia cinetica finale  $K$  delle due masse è minore della loro energia potenziale  $U$  iniziale: è stata dissipata una quantità di energia  $\Delta E = U - K$  per attrito nel calorimetro. Dopo  $N$  ripetizioni, l'energia dissipata per attrito è  $E_{\text{tot}} = N \Delta E$ . Joule arrivò a dimostrare che il rapporto  $E_{\text{tot}} / Q_{\text{tot}}$  è costante ed è pari a 4,18 J/cal. Ne consegue che calore ed energia sono la stessa entità fisica.

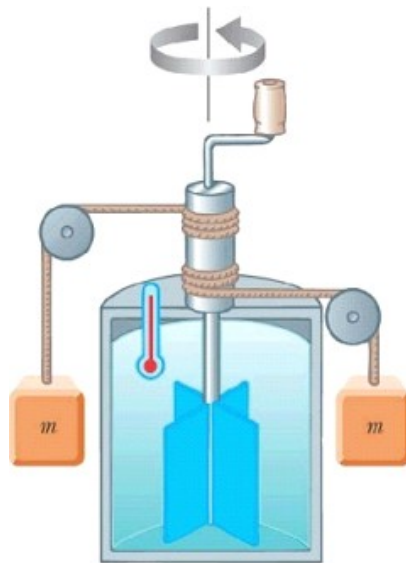


Figura 2. *Mulinello di Joule*

Mediante il calorimetro di Callendal è possibile svolgere lo stesso esperimento trasformando l'energia meccanica in energia termica attraverso il lavoro fatto dalle forze di attrito. Il rapporto tra il lavoro fatto girando la manovella, espresso in joule e il calore ottenuto dall'attrito radente della fune che strisciava, espresso in calorie, fornisce il rapporto tra l'unità joule e l'unità caloria.

#### 5. PROCEDURA SPERIMENTALE:

1) Ponendo a contatto termico i due cilindretti e, una volta stabilito l'equilibrio termico (qualche minuto), regolare la manopola del sensore termico in modo che l'indice si disponga sullo zero. Separare poi i due cilindretti e girare la manovella a velocità costante avvolgendo la fune; bisogna contare con precisione il numero di giri effettuati, che non deve essere inferiore a cento. Al termine,

si legge con cura la temperatura ora segnata dal misuratore di temperatura, e confrontandola con quella registrata all'inizio dell'esperimento si rileva un incremento sensibile, dovuto all'attrito radente con il quale la fune strisciava contro la cassa del calorimetro. Il lavoro di rotazione si è interamente trasformato in calore, ed è così facile ricavare l'equivalente meccanico della caloria calcolando  $\frac{L}{Q}$  rapporto tra il lavoro meccanico apportato dai giri della manovella e calore apportato dalla differenza di temperatura.

1) Ponete a contatto termico i due cilindretti e, una volta stabilito l'equilibrio termico (qualche minuto), regolate la manopola del sensore termico in modo che l'indice si disponga sullo zero. Separate poi i due cilindretti e fate cadere il peso misurando l'altezza di caduta e il tempo impiegato. Misurate il valore massimo della temperatura del cilindretto, che si raggiungerà qualche istante dopo che il peso avrà toccato terra.

Verificate l'isolamento termico del cilindretto dall'ambiente con ulteriori misure di temperatura a opportuni intervalli di tempo. A questo punto potete calcolare il rapporto  $\frac{L}{Q}$  (equivalente meccanico del calore) conoscendo il valore della massa del peso in caduta, l'altezza da cui cade e la capacità termica del cilindretto di alluminio.