

Laboratorio di Fisica

Esperienza con Arduino: temperatura nei passaggi di stato
– Liceo Massimo D’Azeglio di Torino –

Descrizione Esperienza di laboratorio di fisica in cui lo studente usa Arduino per esplorare il comportamento della temperatura durante i passaggi di stato della materia.

Scopi dell’esperimento Analizzare il comportamento della temperatura in funzione del tempo (o del calore assorbito/ceduto) durante i passaggi di stato della materia; misurare il calore latente e verificarne la legge teorica.

Strumenti e materiale:

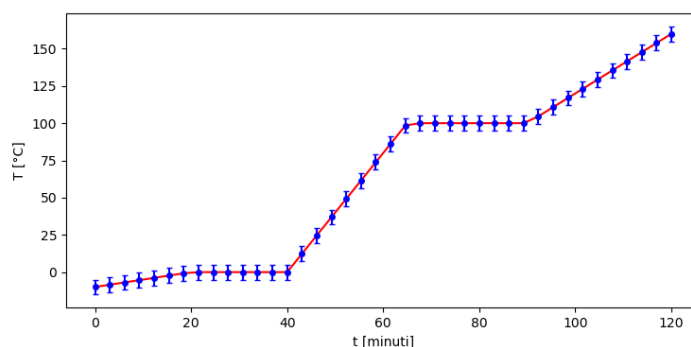
- scheda Arduino Uno, computer, un sensore di temperatura (TMP36)
- becker con acqua, cubetti di ghiaccio, fornello, bilancia

Richiami teorici Per evidenziare il ruolo del calore latente nei vari passaggi di stato della materia e rafforzare la distinzione tra le grandezze temperatura e calore, si può rappresentare il valore di temperatura di una sostanza solida cui venga fornito/sottratto calore in funzione dello scorrere del tempo. Si rappresenta come variabile indipendente l’istante di tempo perché più facile da misurare, ma esso è direttamente proporzionale al calore assorbito: $Q \propto t$.

Il diagramma che si ottiene sarà il grafico di una funzione definita a tratti: lineare per i valori di tempo in cui è presente un solo stato della materia (solido, liquido o aeriforme), costante per i valori in cui avviene il passaggio di stato ed è quindi presente uno stato misto (solido+liquido, liquido+aeriforme):

$$T(t) = \begin{cases} kt + T_0 & \text{presente un solo stato} \\ T_c & \text{cambiamento di stato} \end{cases} \quad (1)$$

dove k è una costante inversamente proporzionale al prodotto del calore specifico della sostanza per la massa della sostanza, T_0 è una temperatura costante dipendente dalle condizioni iniziali, T_c è la temperatura costante caratteristica del cambiamento di stato (es. temperatura di ebollizione).



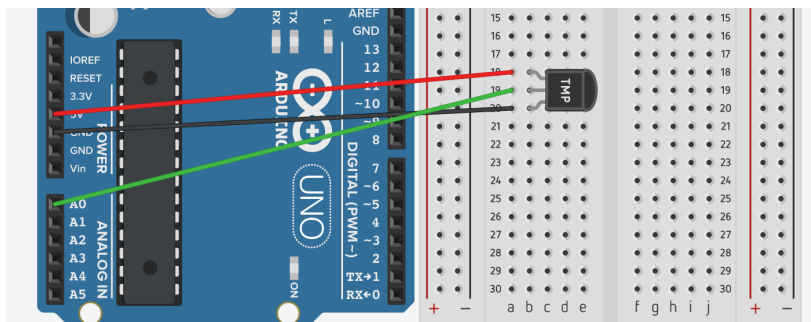
Per tutto il tempo in cui la temperatura rimane costante, il calore fornito NON contribuisce ad aumentare il valore di temperatura, ma in qualche modo rimane nascosto o latente. L’energia infatti viene utilizzata per rompere i legami strutturali della sostanza e cambiarne lo stato. Tale energia è proporzionale alla sola massa della sostanza:

$$Q_f = L_f m \qquad Q_v = L_v m \quad (2)$$

dove L_f o L_v viene (impropriamente, perché non è un calore!) chiamato *calore latente* di fusione o vaporizzazione.

Svolgimento: presa dati L'esperimento richiede l'utilizzo di acqua e di componenti elettronici. Si raccomanda la massima cautela perché ovviamente computer e Arduino NON devono entrare a contatto con l'acqua!

1. Misurare la massa del becker m_0 ponendolo sulla bilancia di precisione.
2. Riempire il becker con circa 10 cL di acqua a temperatura ambiente e immergervi tre cubetti di ghiaccio. Quindi misurare la massa complessiva m_1 calcolare la massa dell'acqua m come differenza: $m = m_1 - m_0$ (ripetere sempre tre misure per calcolare media e incertezza).
3. Implementare un circuito analogo a quello mostrato nella seguente figura, con il sensore non sulla basetta, ma a contatto con il becker contenente acqua.



4. Disporre il becker pieno sul fornello acceso e azionare l'ancoretta magnetica agitatrice.
5. Leggere sul monitor seriale di Arduino i valori di temperatura e annotarli sia su carta che su un foglio di calcolo o una macro in Python.
6. Quando l'acqua raggiunge l'ebollizione e la temperatura rimane costante, spegnere il fornello.

Svolgimento: analisi dati Rappresentare i valori trovati su un diagramma temperatura-tempo come quello mostrato nella pagina precedente. Stimare l'incertezza sulla temperatura, cercando le specifiche del sensore in rete e tenendo conto del setup sperimentale usato.

Evidenziare le zone di passaggio di stato e calcolare l'equazione della funzione a tratti che meglio rappresenta i dati.

Consultando le tabelle in rete, calcolare l'energia latente di fusione e da questa stimare il fattore di proporzionalità tra il tempo e il calore. Quindi rappresentare i valori su un diagramma temperatura calore.

Trarre delle conclusioni sui risultati ottenuti, sui possibili errori sistematici, casuali o accidentali commessi e ipotizzare differenti versioni dell'esperimento che riducano gli errori e mettano in luce altri interessanti aspetti termodinamici.

Codice Si riporta un esempio di codice per misurare la temperatura con Arduino: è presente una conversione da valore digitale letto (`val`) a differenza di potenziale (`voltage`) e da essa a temperatura. Impostando un `delay` di 5000, le misure sono distanziate tra loro di 5 s.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int val = analogRead(A0);
  float voltage = (val / 1024.0) * 5.0 ;
  float t = (voltage - .5) * 100;
  Serial.println(t);
  delay(5000);
}
```