

Verifica sperimentale della legge di Joule

Materiale utilizzato

Per l'esecuzione dell'esperienza è necessario utilizzare:

- Un trasformatore
- Dei cavi rossi e neri (per convenzione i cavi rossi sono sempre connessi al polo positivo mentre quelli neri al polo negativo)
- Un ponte a diodi
- Un amperometro
- Un multimetro o tester
- Un calorimetro con resistenza incorporata
- 400 cc (centimetri cubici) di acqua circa (presi con cilindro graduato)
- Un cronometro (nel nostro caso per comodità ci siamo avvalsi del cellulare come cronometro).

Premessa teorica

Effetto Joule

Consideriamo un circuito elettrico in cui scorra una corrente di intensità I , e ai cui capi sia presente una differenza di potenziale ΔV . Allora nel circuito si sviluppa una potenza P pari al prodotto tra intensità di corrente e differenza di potenziale:

$$P=I V$$

Questo fenomeno prende il nome di effetto o legge di Joule.

L'effetto Joule si verifica quando un flusso di elettroni percorre una resistenza: gli elettroni urtando anelasticamente contro i nuclei del metallo perdono energia (che si disperde sotto forma di calore).

Quest'ultima è facilmente calcolabile attraverso la formula $L=q*\Delta V$ (1) (dove q indica la carica e ΔV la differenza di potenziale); sappiamo però che la carica è pari all'intensità di corrente per il tempo \rightarrow in formula $q= I * t$ (2) quindi, sostituendo quest'ultima nella formula (1), otteniamo $L=I*\Delta t*\Delta V$ (3). Per i conduttori ohmici inoltre vale la prima legge di Ohm per la quale $\Delta V = I * R$ (4) (dove R è la resistenza).

Otteniamo quindi $L= I^2 *R * \Delta t$ (5) (sostituendo il ΔV della (1) con quanto ricavato nella (3)). L però è pari anche alla massa dell'acqua per il calore specifico della stessa per la variazione di temperatura.

$$\text{In formula} \rightarrow L=I^2 *R *t=i*\Delta V*\Delta t=m_{H_2O}*c_{H_2O}*\Delta T^\circ$$

L'effetto Joule ha molte applicazioni: le stufe elettriche, il grill di un forno elettrico ma anche le piastre di cottura a resistenza (anche se ormai obsolete) o le lampadine ad incandescenza. Purtroppo talvolta però è

Relazione di fisica

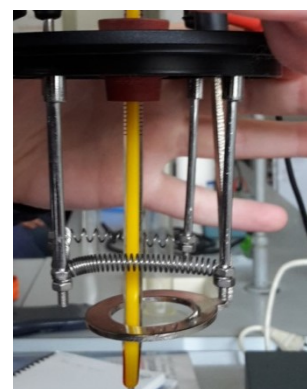
28 Marzo 2018 – laboratorio di fisica del Liceo Viale dei Tigli

causa di sgradevoli inconvenienti (se due cavi di un impianto elettrico si scorteciano e vengono a contatto tra loro l'impianto è escluso e la corrente percorre una strada più breve (corto circuito); se però la resistenza crolla, a parità di ΔV , l'intensità cresce enormemente. Va considerato infine che tra intensità di corrente e energia dissipata c'è una proporzionalità quadratica diretta: ipotizzando che il valore dell'intensità raddoppi rispetto alla situazione "normale", il calore sarebbe quattro volte maggiore e quindi in grado di provocare un incendio. Rimedi a questo grave problema sono fusibili e salvavita (oggi più diffusi).

Calorimetro



Il calorimetro o calorimetro delle mescolanze è uno strumento impiegato per la misurazione di calori specifici e latenti delle varie sostanze. Il termine calorimetro deriva dal latino calor e metrum, rispettivamente calore e metro; pertanto lo strumento è letteralmente un misuratore di calore. Si tratta di un contenitore leggero (di massa piccola → minimo assorbimento di calore) e ben isolato termicamente (le sue pareti sono infatti rivestite di materiale isolante → adiabatiche) in modo da impedire che si verifichino scambi di calore del sistema con



l'ambiente esterno. Il coperchio ermetico è forato. Il primo foro è adibito all'introduzione di un termometro per rilevare la temperatura del sistema, il secondo invece permette l'inserimento dell'agitatore che uniforma la temperatura del liquido contenuto all'interno del calorimetro. Nel nostro caso abbiamo utilizzato un calorimetro con resistenza incorporata. Il calorimetro è costituito da un vaso Dewar ovvero un contenitore capace di mantenere il suo contenuto isolato dell'ambiente esterno. L'isolamento termico è ottenuto mediante aree di vuoto.

Consultare relazione riguardante le leggi di Ohm per conoscere le funzioni degli altri strumenti utilizzati.

La legge fondamentale della calorimetria (che servirà successivamente) è $Q = c * m * \Delta T$. Dove la quantità di calore è Q, m è la massa, c il calore specifico e il delta è la differenza tra temperatura finale e quella iniziale.

Esecuzione dell'esperienza

- La prima operazione è collegare il trasformatore (meglio se dotato di fusibile) alla presa da 220 V – corrente alternata (AC).
- Successivamente connettere le boccole (nel nostro caso verdi) del ponte a diodi con quelle gialle del trasformatore (uscita 6,3 V)
- Collegare, mediante un cavo nero a doppia uscita, la boccola (nera) di uscita del raddrizzatore con una delle boccole che si trovano sul coperchio del calorimetro; connettere invece la boccola rossa del ponte con quella dell'amperometro da 5 A, attraverso un cavo rosso.

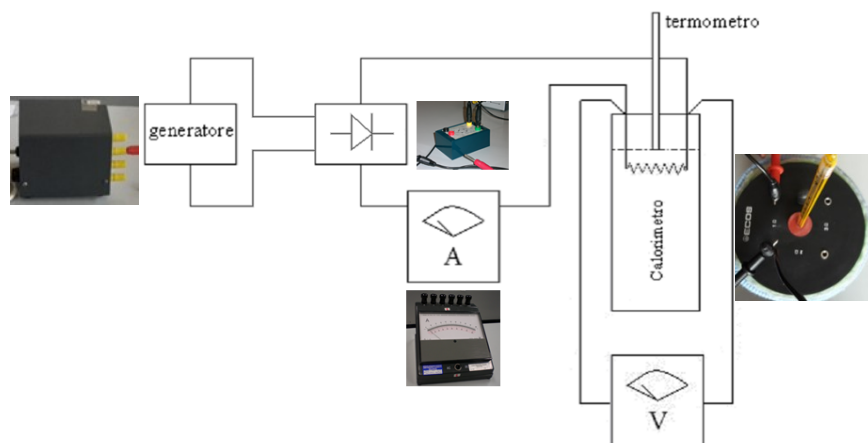
Relazione di fisica

28 Marzo 2018 – laboratorio di fisica del Liceo Viale dei Tigli

- Il circuito verrà completato connettendo con un cavo rosso l'uscita da 0 A dell'amperometro con la boccia restante situata sul coperchio del calorimetro (se si desidera può essere inserito un interruttore)
- Il calorimetro dotato di resistenza (nel nostro caso da 1 Ohm) richiede un quantitativo d'acqua pari ad almeno 400 cc (centimetri cubici) di acqua in modo che la resistenza non gremi. Il coperchio del calorimetro, come si può facilmente notare dalla foto, è forato in due punti, necessari rispettivamente per infilare il termometro nel nostro caso a mercurio (per la rilevazione della temperatura) e l'agitatore (da non ruotare ma semplicemente alzare e abbassare con una frequenza non superiore a una salita e una discesa al secondo).
- Nelle spine a doppia entrata (collegate alle boccole del calorimetro) infilare gli spinotti del voltmetro (o nel nostro caso del multimetro che ne fa le veci).
- A questo punto non rimane che partire; è necessario che ogni componente del gruppo da 4 persone abbia un compito bene preciso affinché l'esperimento proceda correttamente. In primo luogo uno dei componenti dovrà chiudere il circuito, contemporaneamente un altro dovrà azionare il cronometro (o un cellulare in modalità cronometro) e avvertire gli altri ogni 30 s. Il terzo componente dovrà quindi rilevare la temperatura e comunicarla al quarto componente, incaricato invece di annotare tutti i dati.



Schema circuitale



Relazione di fisica

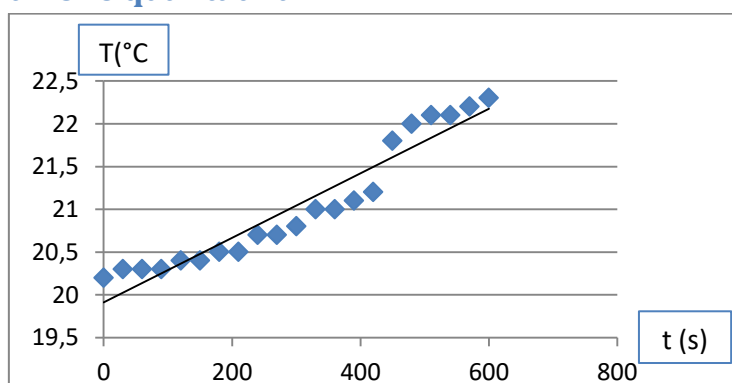
28 Marzo 2018 – laboratorio di fisica del Liceo Viale dei Tigli

Dati (e relativa elaborazione)

Tabella

t (s)	T (°C)	ΔT (°C)
0	20,2	0,0
30	20,3	0,1
60	20,3	0,1
90	20,3	0,1
120	20,4	0,2
150	20,4	0,2
180	20,5	0,3
210	20,5	0,3
240	20,7	0,5
270	20,7	0,5
300	20,8	0,6
330	21,0	0,8
360	21,0	0,8
390	21,1	0,9
420	21,2	1,0
450	21,8	1,6
480	22,0	1,8
510	22,1	1,9
540	22,1	1,9
570	22,2	2,0
600	22,3	2,1

Grafico - dimostrazione qualitativa



Purtroppo questa esperienza è soggetta a numerosi errori: infatti è opportuno considerare l'incertezza strumentale (in particolare del calorimetro che, essendo vecchio, disperde calore) nonché l'imperizia degli sperimentatori. Il grafico però dovrebbe illustrare la proporzionalità diretta esistente tra la temperatura in gradi (sulle ordinate) e il tempo in secondi (ascisse) si tratta quindi di una semiretta uscente dall'origine.

Relazione di fisica

28 Marzo 2018 – laboratorio di fisica del Liceo Viale dei Tigli

Calcoli

Mediante la formula (3) è possibile calcolare la Q o L quando t vale ad esempio 90s, 300s e 600s. In tutti i casi il ΔV è pari a 3,62V e l'intensità di corrente I è invece pari a 1,95 A (queste misurazioni sono state determinate all'inizio dell'esperienza e sono rimaste costanti) pertanto Q vale:

1. $Q = 1,95 \text{ A} \cdot 90 \text{ s} \cdot 3,62 = 635,31 \text{ J}$
2. $Q = 1,95 \text{ A} \cdot 300 \text{ s} \cdot 3,62 = 2117,70 \text{ J}$
3. $Q = 1,95 \text{ A} \cdot 600 \text{ s} \cdot 3,62 = 4235,40 \text{ J}$

Verifica del lavoro svolto

Come già precisato la vecchiaia dell'apparecchiatura unita all'inesperienza degli esecutori dell'esperienza hanno causato degli errori. Per valutare la gravità di quest'ultimi (o in altre parole l'attendibilità dell'esperienza) occorre confrontare il risultato teorico ottenuto utilizzando la legge del calorimetro con quello invece pratico ottenuto sperimentalmente.

La formula per determinare l'errore percentuale è la seguente:

$$\frac{(\text{Valore massimo} - \text{valore minimo})}{\text{Valore massimo}} * 100$$

Pertanto nel nostro caso il valore massimo è costituito dal Q_{max} teorico che, (per $t=600\text{s}$) come da calcolo riportato precedentemente, risulta 4235,4 J. Con la legge del calorimetro è poi possibile calcolare teoricamente Q (che nella formula sarà Q_{min}). $Q_{\text{min}} = 0,400 \text{ kg} * 4186 \text{ J}/(\text{Kg} * ^\circ\text{C}) = 3516,24 \text{ J}$.

Eseguendo il calcolo sopra descritto si ottiene $(719,16)/4235,4 * 100 = 17 \%$ (risultato accettabile in quanto inferiore al 20%).

Conclusione

Grazie a quest'esperienza abbiamo potuto dimostrare sperimentalmente la legge di Joule.

Sitografia e Bibliografia

<http://www.fmboschetto.it/>

https://it.wikipedia.org/wiki/Vaso_di_Dewar

<http://www.oilproject.org/lezione/joule-legge-esperimento-spiegazione-resistenza-elettrica-elettromagnetismo-15067.html>

Libro di testo di fisica intitolato: "I problemi della fisica" – J. Cutnell, K. Johnson, D. Young e S. Stadler.