

Laboratorio di termodinamica: esperienza 1

Termometro: misura della costante di tempo τ

Strumenti a disposizione:

- recipiente con acqua a temperatura ambiente
- thermos con acqua "calda".
- termometro a mercurio con fondo scala di 100 °C
- cronometro con risoluzione temporale di 0.01 s

Richiami di teoria:

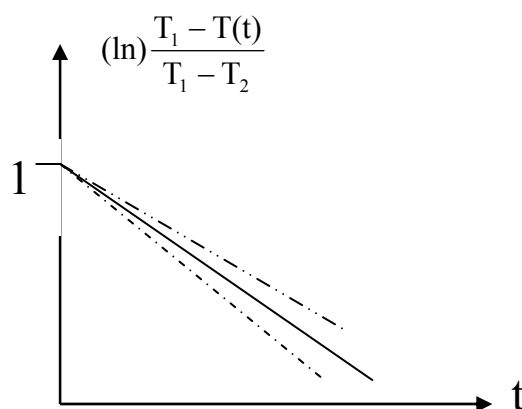
Indichiamo con:

- T_1 : temperatura thermos "caldo"
- T_2 : temperatura del thermos a temperatura ambiente
- $T(t)$: temperatura del termometro all'istante t
- τ : costante di tempo del termometro

La temperatura indicata dal termometro, inizialmente a temperatura T_2 , una volta immerso in un thermos con acqua a temperatura T_1 , varia secondo la legge temporale:

$$\ln \frac{T_1 - T(t)}{T_1 - T_2} = -\frac{t}{\tau}$$

misurando quindi la temperatura del termometro a diversi istanti di tempo e riportando su grafico semilogaritmico il tempo t ed il rapporto tra le temperature, si ricava la costante di tempo del termometro con un procedimento opportuno:



Organizzate i dati nel modo nel modo seguente:

$T(t) \pm \Delta T$	$t \pm \Delta t$	$T_1 \pm \Delta T_1$	$T_2 \pm \Delta T_2$	$\frac{T_1 - T(t)}{T_1 - T_2} \pm \Delta(\quad)$
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

- Prendete come istante iniziale quello dell'immersione del termometro nell'acqua calda.
- Ripetere la misura 3÷5 volte (ovvero fare 3÷5 serie di misure).

Attenzione: assicuratevi che il termometro vada in equilibrio termico quando lo immergete di nuovo nel bagno freddo

Procedimento di misura (parte 1- $\tau \sim$ qualche secondo):

Si può decidere di misurare i tempi per ogni dato intervallo di temperatura oppure viceversa. Supponiamo di prefissare le temperature alle quali misurare i tempi.

- 1) Prendete il termometro dal bagno freddo e mettetelo nel bagno caldo ed osservate il fenomeno. Potete in questo modo avere una stima qualitativa del tempo necessario per raggiungere la temperatura finale (dovrebbe impiegare una decina di secondi)
- 2) Prefissate le temperature a cui fare la lettura del termometro (potete fissare 5÷8 punti). E' opportuno che l'intervallo tra due temperature sia maggiore dell'errore di sensibilità del termometro.
- 3) Prendete il termometro dal bagno freddo e mettetelo nel bagno caldo e fate partire il cronometro. Quando il termometro raggiunge la temperatura prefissata fermate il cronometro. Riportate il termometro nel bagno freddo, aspettate che raggiunga l'equilibrio termico e ripetete la misura dei tempi per un'altra temperatura.
- 4) Per le misure più difficili ripetete la misura più volte (riportando sempre il termometro nel bagno freddo) ed assumete la semidispersione delle misure come errore sui tempi.
- 5) Ripetere 3÷5 volte la serie di misure necessarie per riportare i dati sperimentali su grafico semilogaritmico. Fatte attenzione che T_1 e T_2 variano.

Errori di misura:

- $\Delta T(t), \Delta T_1, \Delta T_2, \Delta t$: errore di sensibilità dello strumento, a meno che non si siano fatte più misure, nel qual caso si utilizza la deviazione standard dell'insieme
- $\Delta \frac{T_1 - T(t)}{T_1 - T_2}$: propagazione degli errori statistici

Analisi dei dati:

- 1) Trovate una prima stima della costante di tempo mediante l'analisi grafica.
- 2) Fate un fit della funzione linearizzata con il metodo dei minimi quadrati. Valutate se l'errore sui tempi è trascurabile rispetto a quello sulle temperature o viceversa, altrimenti usate il metodo con errore sia sulle ascisse che sulle ordinate.
- 3) Stabilite se il punto a $t=0$ può essere assunto senza errore o meno e controllate l'effetto sul fit.
- 4) Valutate il metodo migliore per combinare i vari insiemi di misure e come migliora l'errore su τ . (Potete combinare i singoli punti oppure la misura finale). Se due costanti di tempo differiscono in misura maggiore dell'errore di misura, cosa vuol dire?

Procedimento di misura (parte 2- $\tau \sim$ qualche decina di secondi):

Aumentiamo ora artificialmente la costante di tempo del termometro. Per fare questo si inserisce un cappuccio di gomma sul bulbo del termometro. Fate tale operazione in acqua a temperatura ambiente in modo che il cappuccio resti pieno d'acqua. In tali condizioni avremo artificialmente cambiato sia la capacità termica che la conducibilità termica e quindi il τ del termometro. La misura della nuova costante di tempo del termometro risulterà facilitata rispetto al caso precedente. Per fare ciò ripetete il procedimento di misura della prima parte, facendo una sola serie di misure con molti punti. Non è necessario rimettere ogni volta il termometro nell'acqua fredda.

Fate attenzione che l'andamento iniziale si discosta da quello teorico, dato il tempo finito del passaggio di calore attraverso il cappuccio. Prendete come inizio dei tempi quello in cui l'andamento diventa lineare (sul grafico semilogaritmico).