

MISURE CON IL TERMOMETRO ANALOGICO

Da un'idea di **Silvia Defrancesco** e **Luigi Gratton** - Liceo scientifico "G. Galilei" e Museo Tridentino di Scienze naturali, Trento
attività svolta con le classi 3[^]D/3[^]G - a.s. 2009/10

Introduzione

In questa attività si trae lo spunto da situazioni quotidiane, per la discussione di alcune questioni relative alla misura della temperatura ed ai meccanismi di scambio termico.

Nelle esperienze descritte in seguito utilizziamo termometri analogici a mercurio.

Apparecchiatura e materiale utilizzato

- Termometri analogici a Hg;
- Acqua demineralizzata;
- Calorimetro a resistenza;
- Becher;
- Cronometro digitale.

RAFFREDDAMENTO in ACQUA

Procedura

1. Scaldiamo il termometro fino alla temperatura di circa 50°C, bagnandolo nel calorimetro ad acqua.
2. Lo immergiamo quindi in un becher contenente acqua fresca (a temperatura ambiente), osservando il comportamento della colonnina di mercurio: registriamo il valore della temperatura ogni 10 secondi.

RAFFREDDAMENTO in ARIA

Procedura

3. Scaldiamo il termometro fino alla temperatura di circa 50°C, bagnandolo nel calorimetro ad acqua.
4. Lasciamo raffreddare il termometro in aria, senza agitarlo e cercando di tenerlo il più lontano possibile dal "respiro", registrando il valore della temperatura ogni 20 secondi.

Rilevazione ed elaborazione dei dati

Grandezze misurate - Tab. 1

<i>Grandezza misurata</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Strumento utilizzato</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore misurato</i>
Temperatura registrata	T	Termometro analogico	°C	Vedi Tab.3
Tempo di raffreddamento	Δt	Cronometro digitale	s	Vedi Tab. 3
Temperatura dell'acqua	T _{acqua}	Termometro analogico	°C	18,2
Temperatura dell'aria	T _{aria}	Termometro analogico	°C	20,2

Caratteristiche degli strumenti utilizzati - Tab. 2

<i>Strumento Utilizzato</i>	<i>Sensibilità</i>	<i>Portata (campo)</i>
Termometro analogico	0,2	0-55
Cronometro digitale	0,01	/

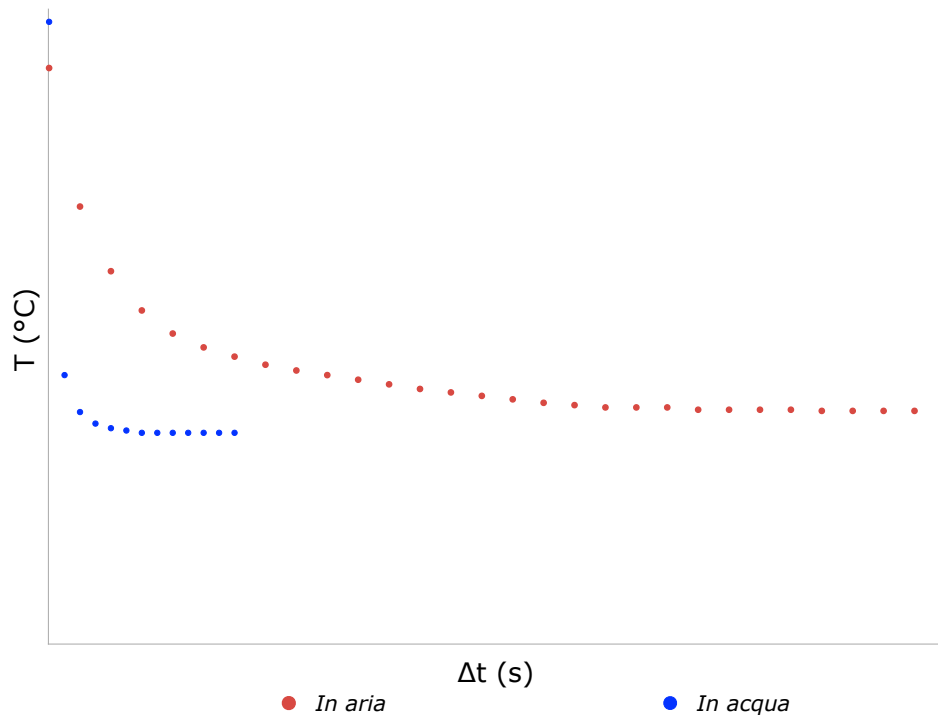
Misure dirette - Tab. 3 (*raffreddamento in acqua*)

T (°C)	Δt (s)
54,0	0
23,4	10
20,2	20
19,2	30
18,8	40
18,6	50
18,4	60
18,4	70
18,4	80
18,4	90
18,4	100
18,4	110
18,4	120

Misure dirette - Tab. 3' (*raffreddamento in aria*)

T (°C)	Δt (s)	T (°C)	Δt (s)	T (°C)	Δt (s)
50,0	0	22,6	220	20,4	440
38,0	20	22,2	240	20,4	460
32,4	40	21,9	260	20,4	480
29,0	60	21,6	280	20,3	500
27,0	80	21,3	300	20,3	520
25,8	100	21,0	320	20,3	540
25,0	120	20,8	340	20,3	560
24,3	140	20,6	360	20,3	580
23,8	160	20,6	380		
23,4	180	20,6	400		
23,0	200	20,4	420		

Grafico



Osservazioni

- In ambedue le situazioni è presente una diminuzione della temperatura mostrata dal termometro: essa è dovuta, ovviamente, allo scambio di energia tra il sistema termometrico e l'ambiente circostante;
- La velocità di raffreddamento del termometro diminuisce man mano che la temperatura del bulbo si avvicina a quella dell'ambiente;
- Nel caso del raffreddamento in acqua la temperatura decresce più rapidamente.
- La temperatura indicata smette, o quasi, di variare quando essa si avvicina al valore dell'ambiente circostante (acqua o aria). In realtà la diminuzione di temperatura non cessa ma il sistema impiega un tempo "infinito" per raggiungere la condizione di equilibrio termico: si dice che la temperatura indicata dal termometro si avvicina *asintoticamente* al valore ambientale.

Spiegazioni

- ✓ Due sistemi a diversa temperatura possono scambiare energia termica mediante tre meccanismi: La *conduzione* è dovuta al contatto diretto fra i sistemi ed è, perciò, presente nel nostro caso poiché il bulbo è effettivamente immerso nell'ambiente. L'energia scambiata è, approssimativamente, proporzionale alla differenza di temperatura che è circa la medesima in ambedue i casi. La costante di proporzionalità è un coefficiente che tiene conto della "qualità" dello scambio termico: sia l'acqua sia l'aria non sono buoni conduttori termici ma l'aria lo è molto meno dell'acqua.

Aria ed acqua sono fluidi ed in quanto tali risultano interessati anche dalla *convezione*, naturale e forzata (più efficace). Nel nostro caso abbiamo cercato di riprodurre solamente quella naturale,

raccomandando a chi misura di non respirare sul bulbo: pertanto questo termine di scambio può essere considerato trascurabile.

Per ciò che concerne il termine di *irraggiamento* anche esso è trascurabile rispetto a quello di conduzione. Ciò è dovuto al basso valore della temperatura del sistema "radiante" (il termometro) ed a quello estremamente piccolo della costante di Boltzmann:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = e \cdot (5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot S \cdot T^4$$

- ✓ L'equazione che descrive lo scambio di calore tra il termometro e l'ambiente è, quindi, del tipo:

$$m \cdot c \cdot \Delta T = k \cdot (T - T_a) \cdot \Delta t$$

Il primo membro è da riferire all'*equazione fondamentale della calorimetria*, il secondo allo scambio per *conduzione*.

In esso: T è la temperatura istantanea del termometro, T_a quella dell'ambiente (aria o acqua), il prodotto *m · c* rappresenta la capacità termica del termometro, considerato come un corpo di massa m e calore specifico "medio" c, infine k è una costante proporzionale al coefficiente di conducibilità (come si desume dalle unità di misura W/K, essa è $\lambda \cdot (S/d)$). Come si sa la conducibilità termica è molto maggiore in acqua ($\lambda=0,68$) che non in aria ($\lambda=0,02$).