

## LA PRONTEZZA DEL TERMOMETRO

### Materiali utilizzati:

- Termometro con sensibilità di 1°C e portata di 112°C
- Baker con dell'acqua
- Fornello
- Cronometro
- Computer con Excel e Scidavis

### Premessa teorica:

Il calore (Q) è l'energia trasferita tra oggetti a causa della loro differenza di temperatura. se due oggetti in contatto termico hanno una temperatura diversa, il calore fluisce da quello più caldo a quello più freddo, fino a quando non raggiungono entrambi la stessa temperatura, cioè l'equilibrio termico.

La Temperatura, indicata con T, può essere definita in tre diversi modi:

-Definizione operativa: è una grandezza fisica scalare che permette di esprimere quantitativamente le sensazioni soggettive di "caldo" e di "freddo".

-Definizione cinetica: è una misura dell'energia cinetica media delle molecole.

-Definizione principio: Un corpo a contatto con altri corpi si dice che è in equilibrio termico con essi se nè si riscalda e né si raffredda (l'interazione si suppone avvenga solo tra i corpi e non con l'ambiente).

La proprietà condivisa con i corpi a contatto viene detta temperatura.

Per misurare la temperatura si usano strumenti chiamati termometri, che sfruttano gli effetti fisici determinati dalla temperatura stessa. Si fissano convenzionalmente una temperatura di riferimento (quella di qualità dell'acqua, di cui il ghiaccio ecc.) e un intervallo unitario di temperatura. Ciò equivale a scegliere una scala termodinamica. Le scale termodinamiche più usate sono la scala Celsius (°C) e la scala kelvin (K).

L'unità di misura per la temperatura è il kelvin. In questa scala, detta scala assoluta, la variazione di 1 K è identica a quella di 1°C. La temperatura del ghiaccio fondente è pari a 273 K (corrisponde a 0°), quella dei valori d'acqua bollente vale 373 K (corrisponde a 100°) e quella dello zero assoluto (temperatura al di sotto del quale non è possibile raffreddare un corpo) vale 0 K (-273°). Le temperature della scala in Kelvin (T) si ottengono da quella in gradi Celsius (t) sommando a quest'ultime il numero 273.

$$T = t + 273 \text{ K}$$

Allo stesso modo per passare dalla scala in Kelvin (T) alla scala in gradi Celsius (t) si usa la formula inversa:

$$t = T - 273^{\circ}$$

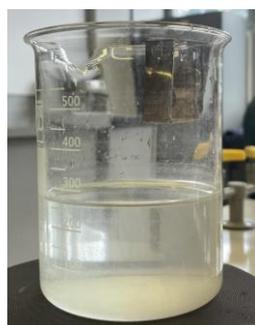
Questa esperienza di laboratorio ci consente di determinare la prontezza di un termometro.

La prontezza è l'intervallo di tempo che serve al termometro per rispondere a una data variazione di temperatura.

Il tempo caratteristico, indicato con il  $\tau$ , è una costante che varia in base al materiale.

In particolare, per un termometro questo tempo caratteristico è importante perché ci dice quanto tempo dobbiamo aspettare prima di conoscere il valore della temperatura che stiamo misurando, operazione tipica che si esegue quando si misura la temperatura corporea.

L'andamento della funzione del tempo è esponenziale, tanto più rapido quanto minore è  $\tau$  quanto più pronto è il termometro.



Sappiamo che due corpi a temperatura differente se posti in contatto termico si scambiano calore. L'osservazione sperimentale indica che essi si portano a una uguale temperatura  $T_f$ , detta temperatura di equilibrio. Tale osservazione si riassume nella legge di raffreddamento di Newton:

$$T(t) = T_f - (T_f - T_o)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

In altre parole, l'oggetto raggiunge la stessa temperatura dell'ambiente con un andamento esponenziale determinato dalla costante termica di tempo .

**Procedimento:**

Per iniziare abbiamo posto il beker con l'acqua sul fornello e abbiamo alzato la temperatura a 250° circa. Abbiamo poi segnato il valore della temperatura ambiente che ci servirà in seguito per calcolare  $\Delta T$ . Quando l'acqua nel baker ha iniziato a bollire abbiamo spento il fornello e inserito il termometro nell'acqua.

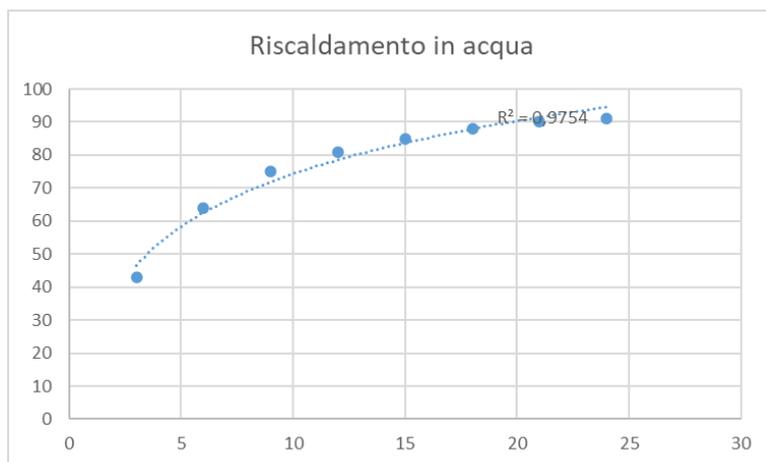
Con l'utilizzo di un cronometro abbiamo registrato l'innalzamento della temperatura ad intervalli regolari: appena inserito il termometro la temperatura si è alzata molto rapidamente ma con il passare dei secondi si è stabilizzata circa a 90°. Durante questo processo abbiamo registrato un video per poterlo riguardare e assicurarci di aver preso correttamente i dati.

Successivamente abbiamo estratto il termometro dall'acqua per registrare l'abbassamento della temperatura. Abbiamo svolto lo stesso procedimento che abbiamo usato per registrare l'innalzamento.

I dati ottenuti li abbiamo inseriti in una tabella per poi creare due grafici.

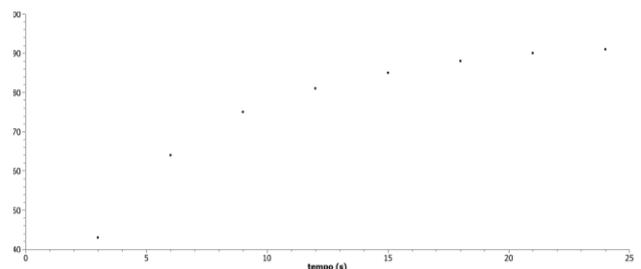
Con i dati della temperatura misurata con il termometro in acqua abbiamo poi ricavato i seguenti grafici:

Tempo (s)	Temperatura (°C)
0 ± 1s	19 ± 1°C
3 ± 1s	43 ± 1°C
6 ± 1s	64 ± 1°C
9 ± 1s	75 ± 1°C
12 ± 1s	81 ± 1°C
15 ± 1s	85 ± 1°C
18 ± 1s	88 ± 1°C
21 ± 1s	90 ± 1°C
24 ± 1s	91 ± 1°C



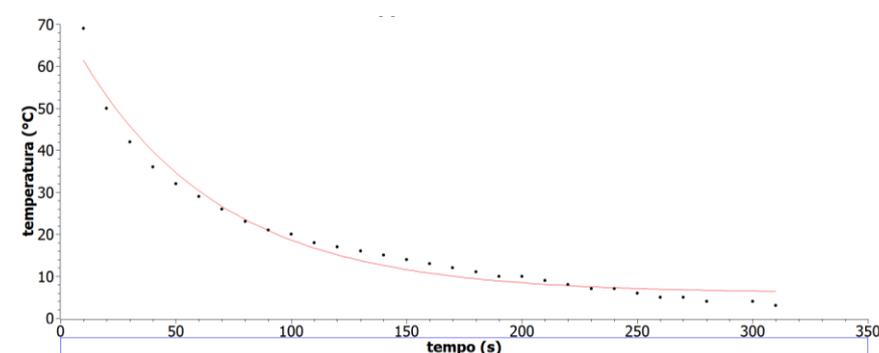
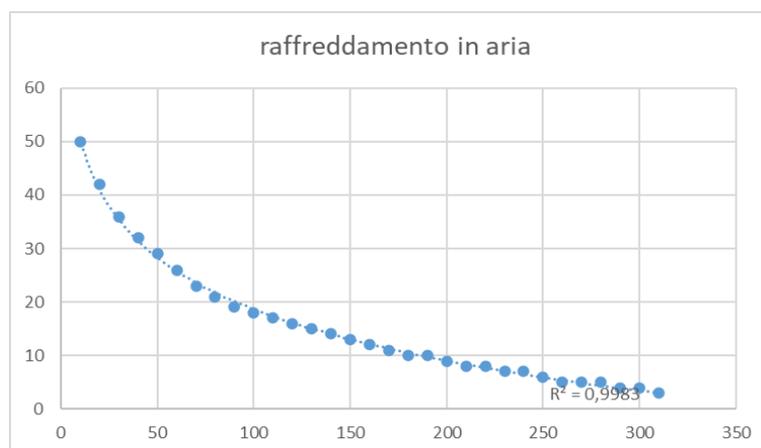
```
[mercoledì 1 maggio 2024 16:54:23 ora legale Europa occidentale Plot: "Graph1"]
Exponential decay fit of dataset: Table1_2, using function: y0+A*exp(-x/t)
Y standard errors: Unknown
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0,0001
From x = 3 to x = 24
A (amplitude) = 7.174,05541333809 +/- inf
t (e-folding time) = 0,00482413066276315 +/- inf
y0 (offset) = 77,125 +/- 7,58090500370656

Chi^2 = 1.894,875
R^2 = 0,961704997877973
```



Successivamente abbiamo trattato i dati del raffreddamento del termometro estratto dall'acqua. La temperatura finale è data dalla differenza di quella misurata tramite il video fatto in precedenza e la temperatura ambiente di 22 gradi. Ne abbiamo ricavato i seguenti grafici:

tempo (s)	temperatura (°C)
0 ± 1s	69 ± 1°C
10 ± 1s	50 ± 1°C
20 ± 1s	42 ± 1°C
30 ± 1s	36 ± 1°C
40 ± 1s	32 ± 1°C
50 ± 1s	29 ± 1°C
60 ± 1s	26 ± 1°C
70 ± 1s	23 ± 1°C
80 ± 1s	21 ± 1°C
90 ± 1s	19 ± 1°C
100 ± 1s	18 ± 1°C
110 ± 1s	17 ± 1°C
120 ± 1s	16 ± 1°C
130 ± 1s	15 ± 1°C
140 ± 1s	14 ± 1°C
150 ± 1s	13 ± 1°C
160 ± 1s	12 ± 1°C
170 ± 1s	11 ± 1°C
180 ± 1s	10 ± 1°C
190 ± 1s	10 ± 1°C
200 ± 1s	9 ± 1°C
210 ± 1s	8 ± 1°C
220 ± 1s	8 ± 1°C
230 ± 1s	7 ± 1°C
240 ± 1s	7 ± 1°C
250 ± 1s	6 ± 1°C
260 ± 1s	5 ± 1°C
270 ± 1s	5 ± 1°C
280 ± 1s	5 ± 1°C
290 ± 1s	4 ± 1°C
300 ± 1s	4 ± 1°C



[venerdì 3 maggio 2024 17:35:42 ora legale Europa occidentale Plot: "Graph1"]  
 Exponential decay fit of dataset: Table1\_2, using function:  $y_0 + A \cdot \exp(-x/t)$   
 Y standard errors: Unknown  
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0,0001  
 From x = 10 to x = 310  
 A (amplitude) = 65,1818994038656 +/- 2,50049021551489  
 t (e-folding time) = 60,9712961868838 +/- 0,00125601567911478  
 y0 (offset) = 5,97010704309243 +/- 0,937976307407045

---

Chi<sup>2</sup> = 180,435624124758  
 R<sup>2</sup> = 0,989081712203512

Infine, abbiamo ricavato le equazioni dei due grafici grazie all'aiuto di Scidavis

L'equazione generale è:  $y = y_0 + Ae^{-\frac{x}{\tau}}$  con A che rappresenta l'ampiezza del grafico, e è l'esponente e  $\tau$  è il tempo caratteristico

- Nel caso del riscaldamento in acqua risulta:  $y = 77,13 + 7.714,06e^{(-x/4,82 \cdot 10^{-3})}$   
 quindi  $\tau = (4,82 \cdot 10^{-3} \pm 0,01 \cdot 10^{-3})$  s con  $R^2 = 0,961$
- Nel caso del raffreddamento in aria risulta:  $y = 5,97 + 65,18e^{(-x/60,97)}$   
 quindi  $\tau = (60,97 \pm 0,01)$  s con  $R^2 = 0,989$

Conclusioni:

Alla fine di questa esperienza, in cui lo scopo era verificare la prontezza del termometro arrivando ad un  $R^2$  pari a 1, possiamo affermare che l'esperimento è riuscito poiché l' $R^2$  risulta: nel caso del raffreddamento in aria pari a 0,98 e nel caso del riscaldamento in acqua pari a 0,96, dunque entrambi molto vicini a 1. Tuttavia, i risultati ottenuti tramite l'esperimento non sono precisi, questo perché bisogna tenere in considerazione possibili errori di sensibilità ed eventuali imprecisioni nella misurazione della costante di tempo. Un altro fattore rilevante è che inizialmente, in entrambi i casi analizzati, la temperatura varia molto velocemente, e quindi i valori misurati potrebbero non essere precisamente quelli corretti.