

1 Termologia

1. La **temperatura** è la grandezza fisica che misura lo stato termico di un sistema fisico (un corpo).

2. **Scale termometriche.**

- Scala Celsius ($^{\circ}C$). Proposta nel 1742. $0^{\circ}C$ è la temperatura di fusione del ghiaccio, mentre $100^{\circ}C$ è la temperatura di ebollizione dell'acqua (alla pressione atmosferica).

- Scala Kelvin (K). Proposta nel 1862, è la scala termometrica utilizzata dal SI. Se T è la temperatura di un corpo in gradi kelvin si ha:

$$T = t^{\circ} + 273 \quad (1.1)$$

Nella scala kelvin il ghiaccio fonde a $273 K$ e l'acqua bolle a $373 K$. Un grado kelvin è uguale a un grado celsius

$$1^{\circ}C = 1 K \quad (1.2)$$

3. **Calore = energia.** Il calore è l'energia trasferita tra un sistema e il suo ambiente (per esempio, tra due oggetti) a causa di una differenza di temperatura. Il calore fluisce sempre dai punti a temperatura maggiore a quelli a temperatura minore, finchè non viene raggiunto l'equilibrio termico.

4. L'unità di misura del calore, nel Sistema Internazionale, è il **joule (J)**.

Nella vita di tutti i giorni viene spesso usata come unità di misura la **caloria (cal)**, che è definita come la quantità di calore necessaria a portare la temperatura di un grammo di acqua distillata, sottoposta alla pressione di 1 atm, da $14,5^{\circ}C$ a $15,5^{\circ}C$

$$1 cal = 4,186 J \quad (1.3)$$

5. **Trasmissione del calore.**

Conduzione. È il modo in cui si trasmette il calore nei solidi. Nella conduzione il calore si trasmette per contatto, senza trasporto di materia.

Convezione. È il modo in cui si trasmette il calore nei fluidi; in questo caso vi è trasporto di materia (si veda il moto convettivo dei fluidi).

Irraggiamento. Tutti i corpi emettono una certa quantità di energia per irraggiamento. Si tratta dell'energia irradiata da un corpo sotto forma di onde elettromagnetiche.

L'energia che si trasmette per irraggiamento non ha bisogno di un mezzo fisico nel quale propagarsi in quanto le onde elettromagnetiche si possono propagare anche nel vuoto (si pensi, ad esempio, ai raggi solari che giungono a noi; prima di incontrare l'atmosfera terrestre attraversano lo spazio vuoto).

6. **Trasmissione di calore nei solidi.** Si consideri un corpo di forma cilindrica avente sezione A e lunghezza L . La quantità di calore che fluisce in un intervallo di tempo Δt tra due parti del corpo aventi differenza di temperatura pari a ΔT è espressa dalla seguente legge (di Fourier):

$$Q = k \frac{A \Delta T}{L} \Delta t \quad (1.4)$$

7. **Conduttività termica.** La costante k che compare nella formula (1.4) si chiama *conduttività termica*. Essa misura l'attitudine di una sostanza a trasmettere calore. La conduttività termica dipende solo dalla natura del materiale, non dalla sua forma.

8. **Capacità termica.** Se a un corpo si fornisce una quantità di calore Q che determina una variazione di temperatura ΔT allora la capacità termica C del corpo è

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1.5)$$

La capacità termica C è sempre positiva: se si fornisce calore al corpo Q e ΔT sono positivi, se invece il corpo cede calore Q e ΔT sono negativi.

9. **Calore specifico.** La capacità termica di un corpo dipende non solo dal tipo di sostanza di cui il corpo è fatto ma anche dalla sua massa m . Il calore specifico c è la capacità termica per unità di massa

$$c = \frac{C}{m} \quad (1.6)$$

Il calore specifico si misura in $\frac{joule}{chilogrammo \cdot kelvin} = \frac{J}{kg \cdot K}$.

10. **Legge fondamentale della termologia**

$$Q = mc \Delta T \quad (1.7)$$

cioè il calore necessario per far aumentare la temperatura di un corpo è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura, alla massa del corpo e al calore specifico del materiale di cui è fatto il corpo stesso.

11. **Equilibrio termico.** Se un corpo caldo viene immerso in un calorimetro contenente acqua, la quantità di calore ceduta dal corpo è uguale alla quantità di calore assorbita dall'acqua e da quella assorbita dal calorimetro (principio di conservazione dell'energia), cioè

$$Q_{ceduto} = Q_{assorbito} \quad (1.8)$$

cioè

$$m_b \cdot c_b \cdot (T - T_b) = m_a \cdot c_a \cdot (T - T_a) + m_c \cdot c_c \cdot (T - T_c) \quad (1.9)$$

12. **Dilatazione lineare.** Una sbarra di lunghezza l_0 si trova alla temperatura T_0 . Se si aumenta la temperatura della sbarra da T_0 a T (con $T > T_0$), si osserva sperimentalmente che la sbarra si allunga di una quantità Δl che è proporzionale alla lunghezza iniziale l_0 della sbarra e all'aumento di temperatura $\Delta T = T - T_0$. In sintesi

$$\Delta l = \lambda l_0 \Delta T \quad (1.10)$$

dove λ è una costante denominata **coefficiente di dilatazione lineare**. Tale costante dipende solamente dal materiale con cui è fatta la sbarra (i valori di λ relativi a molti materiali comuni sono in genere molto piccoli; si veda la tabella riportata nel libro di testo). Se $T_0 = 0$ l'equazione (1.10) assume la seguente forma

$$l = l_0 + \lambda l_0 T \quad (1.11)$$

Quest'ultima uguaglianza fornisce la lunghezza l della sbarra quando si trova alla temperatura T . La quantità l_0 indica in questo caso, la lunghezza della sbarra alla temperatura $T_0 = 0$.

13. Dilatazione superficiale.

Una lastra di superficie s_0 si trova alla temperatura T_0 . Se si aumenta la temperatura della sbarra da T_0 a T (con $T > T_0$), si osserva sperimentalmente che la superficie della lastra si dilata di una quantità Δs che è proporzionale alla superficie iniziale s_0 e all'aumento di temperatura $\Delta T = T - T_0$. In sintesi

$$\Delta s = \sigma s_0 \Delta T \quad (1.12)$$

dove σ (coefficiente di dilatazione superficiale) è una costante che dipende solamente dal materiale con cui è fatta la lastra.

Il coefficiente di dilatazione superficiale σ è circa il doppio di quello lineare

$$\sigma \approx 2\lambda \quad (1.13)$$

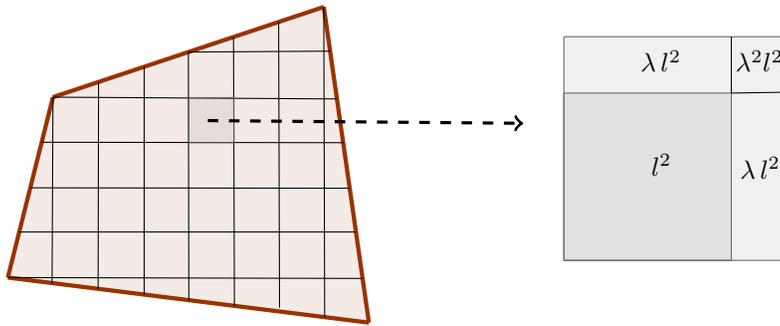


Figura 1: La lastra è stata suddivisa in tanti quadratini di lato l .

Questo fatto si spiega nel seguente modo: si suddivide la lastra in piccoli quadratini di lato l (si veda la figura). Se si varia la temperatura della lastra di $\Delta T = 1$ il lato di ogni singolo quadratino si dilata di λl dove λ è il coefficiente di dilatazione lineare. La superficie del quadratino diventa $s = (l + \lambda l)^2$; esso si è pertanto dilatato di

$$\Delta s = (l + \lambda l)^2 - l^2 = l^2(2\lambda + \lambda^2) \quad (1.14)$$

essendo λ molto piccolo, la quantità λ^2 è trascurabile ($\lambda^2 \approx 0$) e l'uguaglianza (1.14) diventa $\Delta s \approx 2\lambda s_0$. Pertanto il coefficiente di dilatazione superficiale è $\sigma \approx 2\lambda$. ■

14. Dilatazione cubica.

Per quanto riguarda un solido costituito da materiale omogeneo valgono considerazioni analoghe a quelle fatte per il caso lineare e superficiale. Se il solido, alla temperatura T_0 , ha volume v_0 allora, aumentando la temperatura da T_0 a T (con $T > T_0$), si osserva sperimentalmente che il suo volume si dilata di una quantità Δv che è proporzionale al volume v_0 e all'aumento di temperatura $\Delta T = T - T_0$. In sintesi

$$\Delta v = \kappa v_0 \Delta T \quad (1.15)$$

dove κ (coefficiente di dilatazione cubica) è una costante che dipende solamente dal materiale che costituisce il solido.

Con argomentazioni analoghe al caso superficiale (Esercizio) si dimostra che il coefficiente di dilatazione cubica κ è circa il triplo di quello lineare

$$\kappa \approx 3 \lambda \quad (1.16)$$

15. Dilatazione dei gas. Gay-Lussac, 1802.

Riscaldamento a pressione costante. Si consideri un gas che alla temperatura T_0 occupa un volume pari a V_0 . Allora la variazione di volume del gas è direttamente proporzionale al volume iniziale V_0 e all'aumento di temperatura $\Delta T = T - T_0$ (la temperatura è espressa in gradi Celsius). Si ha

$$\Delta V = \alpha V_0 \Delta T \quad (1.17)$$

con α costante.

Posto $T_0 = 0^\circ C$ il volume del gas alla temperatura T è

$$V = V_0 + \alpha V_0 T \quad (1.18)$$

Gay-Lussac ha inoltre determinato il valore della costante α ; egli ha scoperto che la variazione di volume che subisce un gas per la variazione di temperatura di un grado centigrado è $\frac{1}{273}$ del volume che il gas occupa a 0° centigradi. In altre parole, posto $T = 1$ in (1.18)

$$V - V_0 = \frac{1}{273} V_0 \quad (1.19)$$

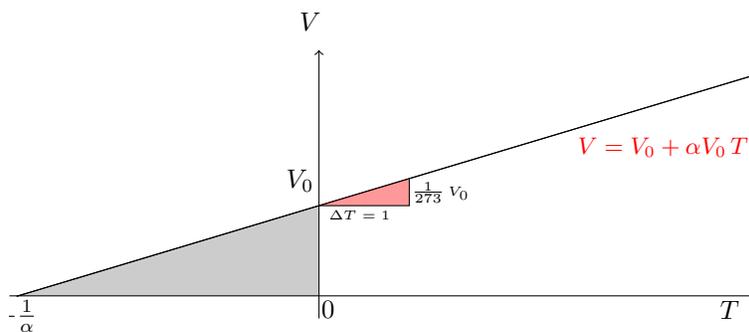


Figura 2: La variazione di volume che subisce un gas per la variazione di temperatura di un grado centigrado è $\frac{1}{273}$ del volume che il gas occupa a 0° centigradi.

Si osservi la figura 2: la retta $V = V_0 + \alpha V_0 T$ interseca l'asse T nel punto $T = -\frac{1}{\alpha}$, inoltre il triangolo grigio è simile a quello rosso e vale quindi la proporzione $\frac{V_0}{\frac{1}{273}} : 1 = V_0 : \frac{1}{\alpha}$. Quindi si ottiene

$$\alpha = \frac{1}{273} \quad (1.20)$$

La temperatura $T = -\frac{1}{\alpha} = -273^\circ$, che corrisponde allo zero assoluto nella scala Kelvin, rappresenta la temperatura alla quale un qualunque gas perfetto ha volume (e pressione) nulla. L'introduzione della scala Kelvin risulta perciò essere una conseguenza della legge di Gay-Lussac.

La temperatura più bassa finora ottenuta in laboratorio è di un solo millesimo di grado maggiore dello zero assoluto.

Riscaldamento a volume costante. In questo caso la variazione di pressione del gas è direttamente proporzionale alla pressione iniziale p_0 e all'aumento di temperatura $\Delta T = T - T_0$

$$\Delta p = \alpha p_0 \Delta T \quad (1.21)$$

dove $\alpha = \frac{1}{273}$ come nel caso del riscaldamento a pressione costante.