



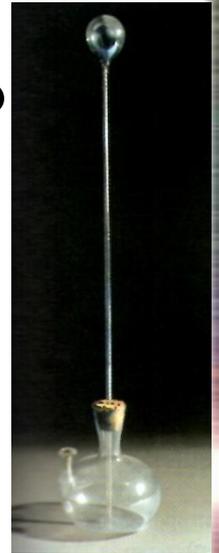
TEMPERATURA E CALORE

Termometri, dilatazione termica, calore specifico



Termoscopio

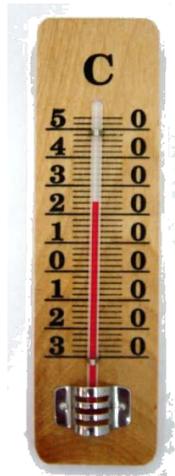
- ▶ Un oggetto può ad alcuni sembrare caldo, ad altri freddo, oppure due oggetti nella stessa stanza sembrano essere uno più freddo (metallo) ed uno più caldo (legno): la sensazione di caldo e freddo è quindi una soggettiva
- ▶ Per rendere invece la cosa oggettiva costruiamo uno strumento detto **termoscopio**; è un recipiente chiuso da un tappo forato in cui è inserito un tubicino; dentro c'è un liquido [Termoscopio Galileo](#)
- ▶ Il termoscopio sfrutta la **dilatazione termica**, ovvero la proprietà dei corpi a dilatarsi quando scaldati e a contrarsi quando vengono raffreddati





Termometro

- ▶ Per definire la temperatura è necessario introdurre un nuovo strumento di misura, il **termometro**
- ▶ Anche i termometri si basano sul fenomeno della **dilatazione termica** di alcuni materiali sottoposti ad un aumento di temperatura (per esempio mercurio)
- ▶ Per tarare il termometro si fissa la temperatura (altezza della colonna di mercurio) in due situazioni facilmente riproducibili
- ▶ Nella **scala centigrada** o **scala Celsius**:
 - ▶ Immerso in ghiaccio fondente a pressione atmosferica: $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ▶ Immerso in acqua bollente a pressione atmosferica: $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ▶ Si divide l'intervallo in 100 parti uguali



Termometro



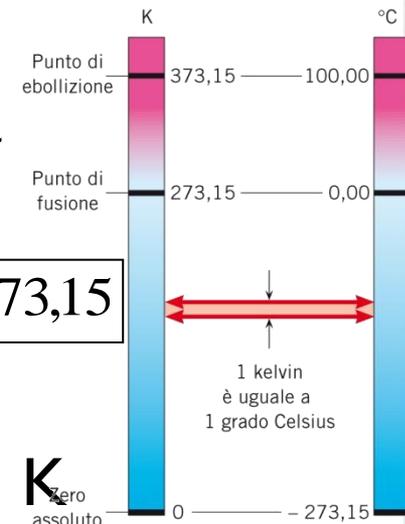
Temperatura

Unità F-Lez.2
Par I pag 165

- ▶ Allora la **temperatura** si definisce come la **grandezza fisica che si misura con un termometro**
- ▶ Oltre alla scala Celsius e a quella Farheneit, utilizzata soprattutto nei paesi anglosassoni, vi è una terza scala usata in campo scientifico: la **scala Kelvin** o **scala assoluta**
- ▶ Parte dalla minima temperatura che è possibile raggiungere, detta **zero assoluto**, uguale a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'ampiezza di un kelvin è uguale a quella di un grado centigrado, perciò

$$\Delta T_K = \Delta T_C \quad \Delta = \text{variazione} \quad T_K = T_C + 273,15 \quad T_C = T_K - 273,15$$

- ▶ La temperatura di fusione del ghiaccio è $273,15\text{ K}$ e quella dell'acqua bollente è $373,15\text{ K}$





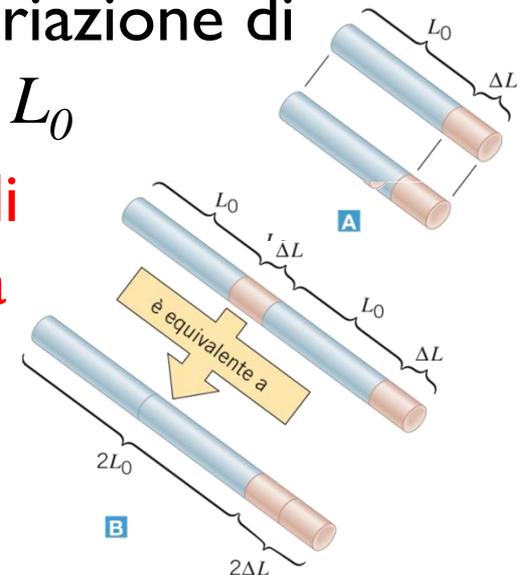
Dilatazione termica lineare solidi

Unità F-Lez.2
Par 2 pag 166

- ▶ In una sbarretta metallica riscaldata (di lunghezza molto maggiore rispetto all'altezza) si osserva un aumento della sua lunghezza, mentre se viene raffreddata se ne osserva una diminuzione: il fenomeno è detto **dilatazione lineare**
- ▶ Sperimentalmente si vede che la variazione di lunghezza ΔL è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura ΔT e alla lunghezza iniziale L_0
- ▶ Quindi: **Se la temperatura di un solido di lunghezza iniziale L_0 cambia di ΔT , la sua lunghezza cambia di una quantità:**

$$\Delta L = \lambda L_0 \Delta T$$

λ = coefficiente di dilatazione lineare [$^{\circ}\text{C}^{-1}$ o K^{-1}]. Dipende dal materiale



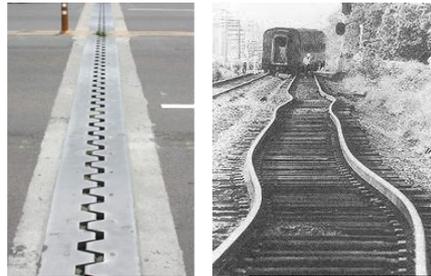


Dilatazione termica lineare solidi

- ▶ Ecco alcuni coefficienti di dilatazione lineare: per esempio il piombo si allunga di quasi 3mm se T aumenta di 100 °C
- ▶ La dilatazione lineare deve essere → tenuta in considerazione in vari ambiti dell'ingegneria:

λ : Coefficienti di dilatazione lineare ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	
Alluminio	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Argento	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Calcestruzzo	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Ferro	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Nichel	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Oro	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Ottone	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Piombo	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Rame	$1,7 \cdot 10^{-5}$

- ▶ Ponti
- ▶ Ferrovie
- ▶ Oleodotti



Lunghezza rotaia	ΔL per $^{\circ}\text{C}$
12 [m]	$12 \cdot 10^{-6} \cdot 12.000 = 0,144 [mm]$
18 [m]	$12 \cdot 10^{-6} \cdot 18.000 = 0,216 [mm]$
24 [m]	$12 \cdot 10^{-6} \cdot 24.000 = 0,288 [mm]$
30 [m]	$12 \cdot 10^{-6} \cdot 30.000 = 0,360 [mm]$
36 [m]	$12 \cdot 10^{-6} \cdot 36.000 = 0,432 [mm]$
48 [m]	$12 \cdot 10^{-6} \cdot 48.000 = 0,576 [mm]$

Se T cresce di 40°C una rotaia di 48 m si allunga di 23 mm!



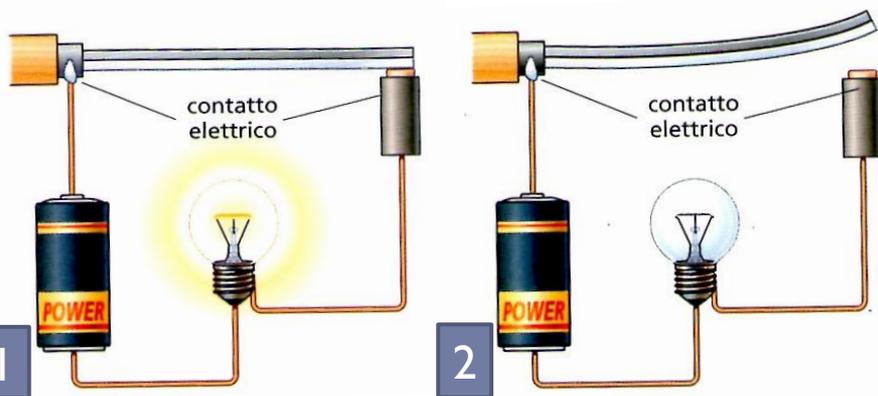
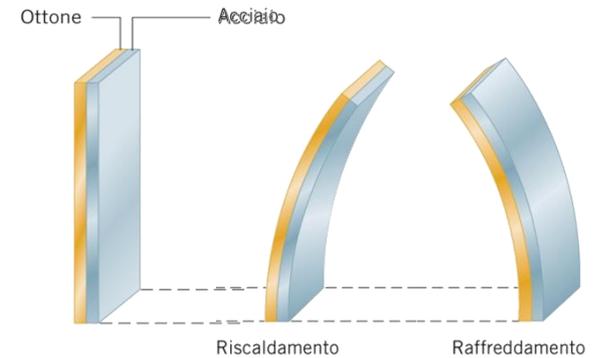
Dilatazione termica lineare solidi

- ▶ **Lamina bimetallica**: è formata da due lamine sottili saldate fra loro ma di materiali diversi (diversi coefficienti di dilatazione lineare). Cosa accade se viene scaldata? E raffreddata?

$$(\lambda_{\text{ottone}} > \lambda_{\text{acciaio}})$$

Video Walter Lewin

- ▶ Sono usate come interruttori termici

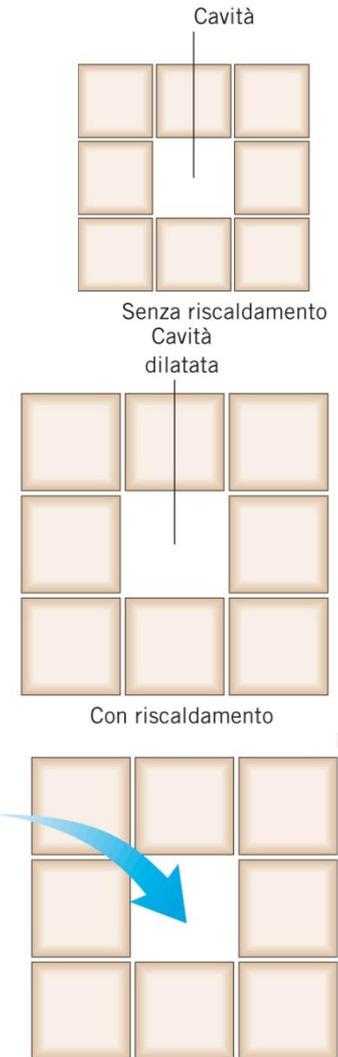


- 1) Il circuito elettrico è chiuso e l'apparecchio funziona
- 2) L'apparecchio si scalda troppo, la lamina si piega e si interrompe il contatto elettrico, staccando l'apparecchio. Poi si raffredda, la lamina torna alla forma normale e si chiude il contatto elettrico; l'apparecchio torna a funzionare



Dilatazione termica lineare solidi

- ▶ I solidi si dilatano una volta scaldati. E le cavità?
- ▶ Cosa succede alle dimensioni della cavità se scaldiamo tutte le piastrelle?
- ▶ Smontiamo tutte le piastrelle, scaldiamole e poi rimontiamole. Si saranno dilatati anche i lati che fanno da confine alla cavità, quindi anche lei si è dilatata
- ▶ Se scaldiamo un'altra piastrella vediamo che entra esattamente nella cavità
- ▶ Quindi cavità e materiale si dilatano allo stesso modo. Anche una cavità si dilata





Dilatazione termica volumica

Unità F-Lez.2
Par 1 pag 167

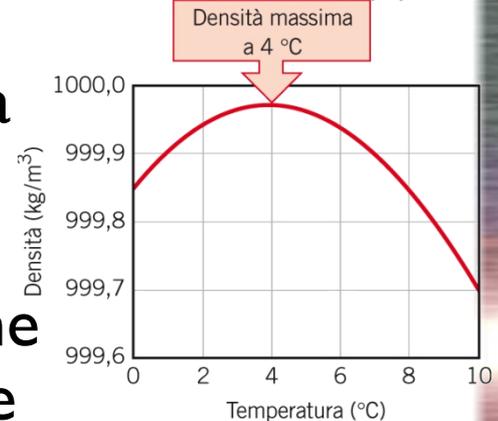
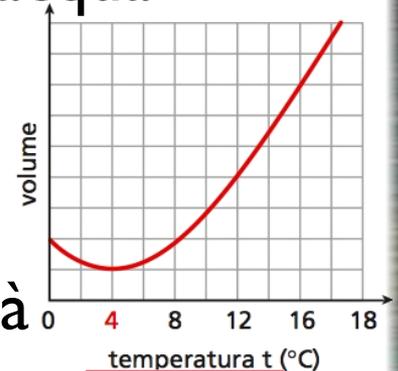
- ▶ Abbiamo visto solidi con lunghezza molto maggiore dell'altezza e dilatazione di un solo lato. In realtà tutte e tre le dimensioni si dilatano, solo che la dilatazione è proporzionale alla lunghezza iniziale, quindi per i lati corti è molto piccola, quasi non si nota
- ▶ Quindi, quando un corpo solido o un liquido vengono scaldati, ci sarà dilatazione in tutte le tre dimensioni, perciò si parla di **dilatazione termica volumica**
- ▶ Sperimentalmente si vede che la variazione di volume ΔV è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura ΔT e al volume iniziale V_0 . Quindi: **Se la temperatura di un solido di volume iniziale V_0 cambia di ΔT , il suo volume cambia di una quantità:** $\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$

γ = coefficiente di dilatazione cubica [$^{\circ}\text{C}^{-1}$ o K^{-1}] . Dipende dal materiale



Comportamento anomalo dell'acqua

- ▶ C'è un'eccezione a quanto visto fino ad ora: l'acqua
- ▶ Se viene raffreddata il suo volume diminuisce, come ci aspettiamo, ma solo fino a 4°C . Dopo, al diminuire di T , il volume aumenta
- ▶ Vediamo il corrispondente grafico della densità
- ▶ Questo è importante per il mantenimento della vita nei laghi ghiacciati: quando l'acqua in superficie si raffredda fino a 4°C scende sul fondo perché più densa e manda in superficie acqua più calda dal fondo. Alla fine tutta l'acqua raggiunge i 4°C . Se la T scende ancora l'acqua in superficie si raffredda e ghiaccia, ma è meno densa, quindi galleggia. Sotto il ghiaccio $T > 0^{\circ}\text{C}$





Calore

- ▶ Toccando un oggetto possiamo dire se esso è più caldo o più freddo della nostra mano
- ▶ Se è più caldo sentiamo la nostra mano scaldarsi e possiamo osservare che l'oggetto diminuisce la propria temperatura, mentre se è più freddo sentiamo la mano raffreddarsi e notiamo la temperatura dell'oggetto crescere
- ▶ Ma cosa significa che un corpo si scalda e uno si raffredda?
- ▶ **Un corpo caldo perde energia termica, quindi si raffredda, mentre il corpo freddo acquista energia termica, quindi si riscalda**





Calore

- ▶ Possiamo allora dire che dell'energia è fluita dall'oggetto caldo a quello freddo. Questa energia che fluisce viene chiamata **calore** (Q)

*Il **calore** è l'energia che fluisce da un corpo a temperatura maggiore verso un corpo a temperatura minore, a causa della differenza di temperatura [unità di misura J=Joule]*

- ▶ Attenzione!!! Non è corretto dire che un corpo “possiede” del calore. Possiede energia, la quale eventualmente può essere ceduta a un corpo più freddo: questa **energia in transito** da un corpo più caldo ad uno più freddo è il **calore**



Capacità termica

- ▶ Corpi diversi assorbono (o cedono) quantità di calore diverse per scaldarsi (o raffreddarsi)
- ▶ Il rapporto fra calore assorbito (o ceduto) e la variazione di temperatura è detta **capacità termica del corpo**:

Quantità di calore necessaria per alzare la temperatura del corpo di un kelvin

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Unità di misura:
Joule/Kelvin [J/K]
oppure Joule/°C [J/°C]

- ▶ Se la massa del corpo aumenta è intuitivo che ci vorrà più calore per innalzarne la temperatura di un kelvin
- ▶ Sperimentalmente si vede che se la massa raddoppia anche C raddoppia, cioè la **capacità termica è direttamente proporzionale alla massa**



Calore specifico

Unità F-Lez.4
Par I pag 175

- ▶ Introduciamo allora una nuova grandezza che tenga conto della massa: il **rapporto fra il Capacità termica del corpo e la sua massa**
- ▶ E' detta **calore specifico della sostanza** di cui è fatto il corpo

$$c = \frac{C}{m} \quad [\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})] \text{ oppure } [\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})]$$

è la quantità di energia (calore) necessaria per variare di un kelvin (o un °C) la temperatura di un kilogrammo di quella sostanza

- ▶ Il calore specifico non è legato al corpo, quindi è un valore tipico della sostanza di cui è fatto il corpo (tab. pag. 175)

Sostanza	calore specifico ($\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)	Sostanza	calore specifico ($\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)
Acqua	4186,0	Idrogeno (273 K)	14300
Alluminio	880	Mercurio	138,1
Anidride carbonica (273 K)	820	Oro	129
Argento	240	Ossigeno (273 K)	920,9
Aria (273 K)	1004,6	Ottone	380
Carbonio	850	Rame	387
Elio (273 K)	5100	Vapore d'acqua (273 K)	2000
Ferro	460	Vetro (in media)	800



Legge fondamentale termologia

- ▶ E' quindi logico che il **calore assorbito (o ceduto) da un corpo dipende dal tipo di sostanza (calore specifico) di cui è fatto, è direttamente proporzionale alla massa del corpo e alla variazione di temperatura**
- ▶ Troviamo l'equazione che lega il calore assorbito (o ceduto) alla massa del corpo, al tipo di sostanza (cioè al calore specifico) ed alla variazione di temperatura
- ▶ Sappiamo che:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C \cdot \Delta T \quad \text{ma} \quad c = \frac{C}{m} \Rightarrow C = \text{cm} \quad \text{sostituisco}$$

- ▶ Perciò: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ **Legge fondamentale della termologia**



Legge fondamentale termologia

► **Esempio Il jogging provoca la febbre?**

Un mezzofondista di 65 kg che corre per mezz'ora produce $8,0 \cdot 10^5$ J di calore. Se il calore prodotto non venisse rimosso, di quanto aumenterebbe la temperatura corporea del nostro sportivo? (Calore specifico corpo umano $3500 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$)

$$Q = mc\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{8,0 \cdot 10^5 \text{ J}}{(65 \text{ kg}) [3500 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})]} = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

► **Esercizio svolto pag 176 e PROVA TU pag 176**





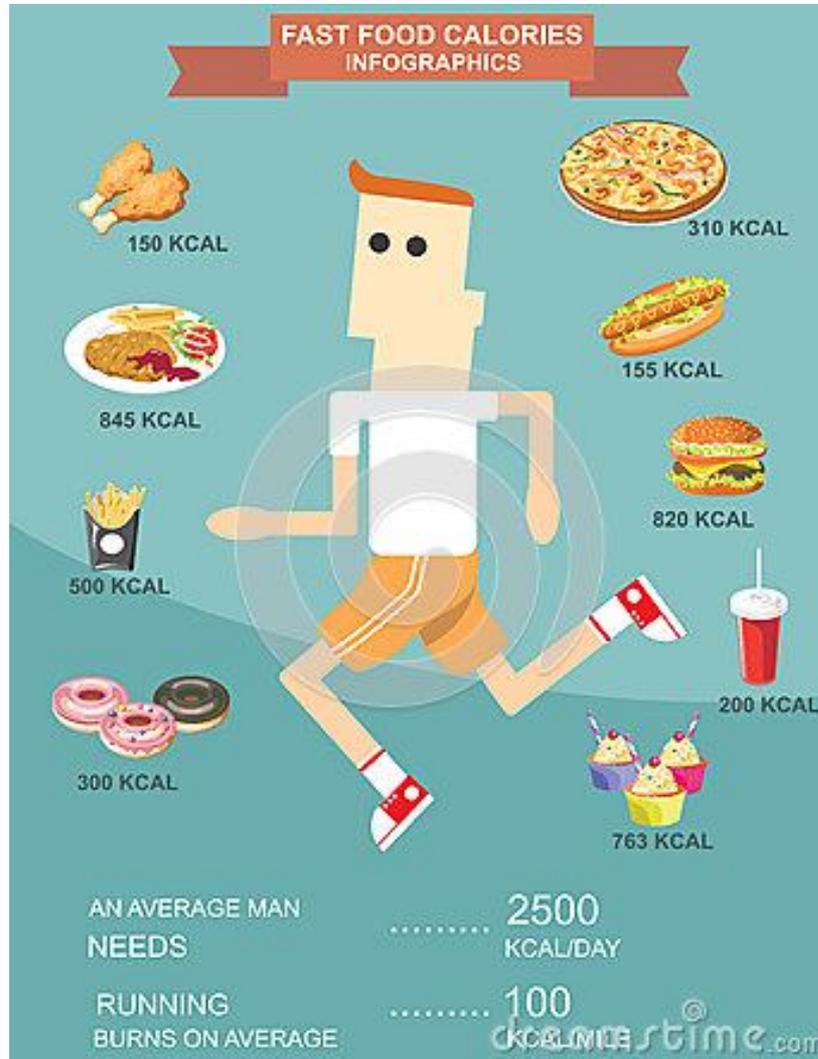
Caloria

- ▶ Una vecchia unità di misura per il calore è la **caloria**:
Una caloria è la quantità di energia necessaria per innalzare la temperatura di 1 g di acqua da 14,5 a 15,5 °C a pressione atmosferica
- ▶ Si può dimostrare che: $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$
- ▶ Il calore specifico dell'acqua allora diventa:
 $c = 4186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) = 1000 \text{ cal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) = 1 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$
- ▶ I nutrizionisti usano anche dire $1 \text{ kcal} = 1 \text{ Cal}$





Caloria e cibo





Caloria e cibo

