

# **Proprietà dei materiali**

## **Analisi dimensionale e unità di misura**

S.I.

Sistema Internazionale

S.I.B.

Sistema Imperiale Britannico

S.I.  
Sistema Internazionale

S.I.B.  
Sistema Imperiale Britannico

GRANDEZZE	SIMBOLO	SI	SIB
Massa	[M]	kg	lb, oz
Tempo	[t]	s	s
Lunghezza	[L]	m	ft, in
Temperatura	[T]	K	°C, °F
Quantità di materia	[n]	mol	mol
Intensità di corrente elettrica	[i]	A	A
Intensità di corrente luminosa	[lv]	cd	cd

## Fattori di conversione SI ↔ SIB

### MASSA

1 lb = 0,454 kg

1 oz = 0,0284 kg

### LUNGHEZZA

1 ft = 0,3048 m

1 in = 0,0254 m

## TEMPERATURA

$$1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$$

$$\text{ma } \text{K} = 273,15 + ^{\circ}\text{C}$$

$$^{\circ}\text{F} = \text{K} \cdot 1,8 - 459,67$$

Oppure

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \cdot 1,8 + 32$$

	Punto di fusione del ghiaccio		Punto di ebollizione dell'acqua
273,15 K	← 100 →		373,15 K
0°C	← 100 →		100°C
32°F	← 180 →		212°F
491,67°R	← 180 →		671,67°R



## Grandezze derivate

Velocità  $\rightarrow v = \frac{[L]}{[t]} \rightarrow \frac{m}{s}$

Accelerazione  $\rightarrow a = \frac{[L]}{[t]^2} \rightarrow \frac{m}{s^2}$

Superficie  $\rightarrow S = [L]^2 \rightarrow m^2$

Volume  $\rightarrow V = [L]^3 \rightarrow m^3$

Densità  $\rightarrow \rho = \frac{[M]}{[L]^3} \rightarrow \frac{kg}{m^3}$

## Grandezze derivate

Forza  $\rightarrow F = \frac{[M][L]}{[t]^2} \rightarrow \frac{kg \cdot m}{s^2} = N$

Pressione  $\rightarrow p = \frac{[F]}{[L]^2} \rightarrow \frac{N}{m^2} = Pa$

Energia  $\rightarrow E = [F] \cdot [L] \rightarrow N \cdot m = J$

Potenza  $\rightarrow P = \frac{[F] \cdot [L]}{[t]} \rightarrow \frac{J}{s} = W$

# Multipli e sottomultipli

Nano-	n	$10^{-9}$
Micro-	$\mu$	$10^{-6}$
Milli-	m	$10^{-3}$
Centi-	c	$10^{-2}$
Deci-	d	$10^{-1}$
---	---	1
Deca-	da	$10^1$
Etto-	h	$10^2$
Chilo-	k	$10^3$
Mega-	M	$10^6$
Giga-	G	$10^9$



# MASSA

Tonnellata	Quintale	kg	hg	dag	g	dg	cg	mg	μg
10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	<b>1</b>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-9</sup>

$$1 \text{ lb} = 0,454 \text{ kg}$$

SIB ↔ SI

- 32 kg → lb?

Devo impostare una semplice proporzione

$$\frac{x \text{ lb}}{32 \text{ kg}} = \frac{1 \text{ lb}}{0,454 \text{ kg}}$$

↓

$$x \text{ lb} = \frac{32 \text{ kg}}{0,454 \text{ kg}} \cdot 1 \text{ lb} = 70 \text{ lb}$$

- 12 lb → kg?

Devo impostare una semplice proporzione

$$\frac{x \text{ kg}}{12 \text{ lb}} = \frac{0,454 \text{ kg}}{1 \text{ lb}}$$

↓

$$x \text{ kg} = 5,44 \text{ kg}$$

# LUNGHEZZA

Lunghezza  
[L]

km	hm	dam	<b>m</b>	dm	cm	mm	μm	nm
10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	<b>1</b>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-9</sup>

Superficie  
[S] = [L]<sup>2</sup>

km <sup>2</sup>	hm <sup>2</sup>	dam <sup>2</sup>	<b>m<sup>2</sup></b>	dm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	μm <sup>2</sup>	nm <sup>2</sup>
10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	<b>1</b>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-18</sup>

Volume  
[V] = [L]<sup>3</sup>

km <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	dam <sup>3</sup>	<b>m<sup>3</sup></b>	dm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	μm <sup>3</sup>	nm <sup>3</sup>
10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	<b>1</b>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-18</sup>	10 <sup>-27</sup>

# LUNGHEZZA

Conversione tra multipli e sottomultipli

km	hm	dam	<b>m</b>	dm	cm	mm	μm	nm
$10^3$	$10^2$	$10^1$	<b>1</b>	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$



$$124 \text{ cm} \rightarrow \text{m} ? \Rightarrow 124 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 1,24 \text{ m}$$

$$7,2 \text{ km} \rightarrow \text{m} ?$$

$$3521 \text{ m} \rightarrow \text{km} ? \Rightarrow 3521 / 10^3 = 3,521 \text{ km}$$

$$3,7 \text{ m} \rightarrow \text{cm} ?$$

# LUNGHEZZA

Conversione tra multipli e sottomultipli

km	hm	dam	<b>m</b>	dm	cm	mm	μm	nm
$10^3$	$10^2$	$10^1$	<b>1</b>	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$



$$35700 \text{ cm} \rightarrow \text{dam} ? \Rightarrow 37500 \cdot 10^{-3} \text{ dam} = 37,5 \text{ dam}$$

$$0,02 \text{ dam} \rightarrow \text{cm} ? \Rightarrow 0,02 \cdot 10^3 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

# SUPERFICIE

Conversione tra multipli e sottomultipli

km <sup>2</sup>	hm <sup>2</sup>	dam <sup>2</sup>	<b>m<sup>2</sup></b>	dm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	μm <sup>2</sup>	nm <sup>2</sup>
10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	<b>1</b>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-18</sup>

$$7200 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{m}^2 ? \Rightarrow 7200 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$0,5 \text{ m}^2 \rightarrow \text{cm}^2 ? \Rightarrow 0,5 / 10^{-4} \text{ cm}^2 = 5000 \text{ cm}^2$$

$$16420 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{cm}^2 ?$$

$$0,03 \text{ dam}^2 \rightarrow \text{dm}^2 ?$$

# VOLUME

Conversione tra multipli e sottomultipli

km <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	dam <sup>3</sup>	<b>m<sup>3</sup></b>	dm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	μm <sup>3</sup>	nm <sup>3</sup>
10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	<b>1</b>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-18</sup>	10 <sup>-27</sup>

$$57320 \text{ m}^3 \quad \rightarrow \text{dam}^3 ? \quad \Rightarrow 57320 / 10^3 \text{ dam}^3 = 57,32 \text{ dam}^3$$

$$12000 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \text{m}^3 ?$$

$$1,5 \cdot 10^{-17} \text{ dam}^3 \quad \rightarrow \text{mm}^3 ?$$

# LUNGHEZZA

SIB ↔ SI

$$1 \text{ yd} = 0,914 \text{ m}$$

$$1 \text{ ft} = 0,305 \text{ m}$$

$$1 \text{ in} = 0,025 \text{ m}$$

35 cm → in ?

- Da cm a m → 35 cm ⇒  $35 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,35 \text{ m}$
- Imposto la proporzione per passare da m a in

$$\frac{x \text{ in}}{0,35 \text{ m}} = \frac{1 \text{ in}}{0,025 \text{ m}}$$

$$x \text{ in} = \frac{0,35 \text{ m}}{0,025 \text{ m}} \cdot 1 \text{ in} = 14 \text{ in}$$

# DENSITÀ

$$\rho = \frac{[M]}{[L]^3} \rightarrow \frac{kg}{m^3}$$

Spesso espressa in  $g/cm^3$

$$1 \frac{kg}{m^3} = \frac{1000 g}{1000000 cm^3} = \frac{10^3 g}{10^6 cm^3} = 10^{-3} \frac{g}{cm^3}$$

$$1 \frac{kg}{m^3} = 10^{-3} \frac{g}{cm^3}$$

# DENSITÀ

## ESERCIZIO 1

Calcolare la densità in  $\text{kg/m}^3$  e  $\text{g/cm}^3$  di una sbarretta di materiale metallico di dimensioni  $1 \text{ m} \times 10 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  e peso  $m = 81,3 \text{ kg}$

Risposta:  $2710 \text{ kg/m}^3$ ,  $2,71 \text{ g/cm}^3$

## ESERCIZIO 2

Calcolare il peso in kg di un cubetto di acciaio ( $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ ) con lato  $3,2 \text{ cm}$ .

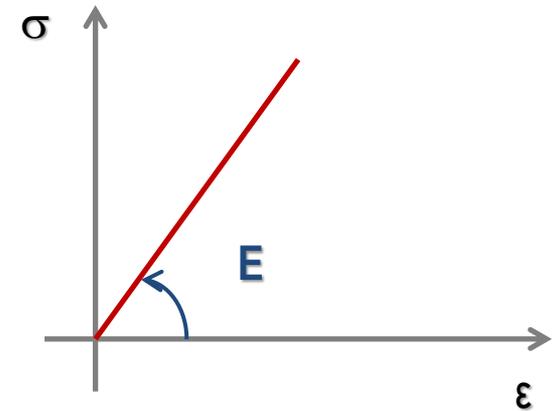
Risposta:  $0,256 \text{ kg}$

# PROPRIETÀ MECCANICHE

RIGIDITÀ                      ➔                      E (GPa)

RESISTENZA                ➔                       $\sigma$  (MPa)

DEFORMAZIONE          ➔                       $\varepsilon$  (---, %)



**LEGGE DI HOOKE**       $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

# PROPRIETÀ MECCANICHE

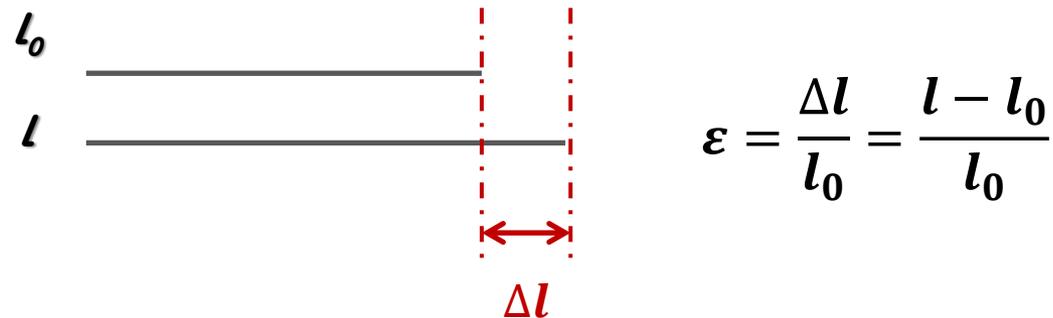
$\sigma$  (MPa)

$\sigma$  è uno SFORZO e ha le dimensioni di una pressione, generalmente viene fornito in MPa

$$\sigma \rightarrow p = \frac{[F]}{[S]} \text{ (Pa)}$$

$\varepsilon$  (---, %)

$\varepsilon$  è una DEFORMAZIONE ed è un rapporto tra lunghezze, perciò è una quantità adimensionale che può essere espressa anche in percentuale.



$$\varepsilon = 0,003 \rightarrow \varepsilon_{\%} = \varepsilon \cdot 100 = 0,3\%$$

# PROPRIETÀ MECCANICHE

## ESERCIZIO 1

Una lega di titanio ha le seguenti proprietà meccaniche:

$$\sigma_R = 999 \text{ MPa} \quad \sigma_S = 896 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_R = 10\% \quad E = 99 \text{ GPa}$$

Calcolare la deformazione di snervamento  $\varepsilon_s$  in valore assoluto e percentuale.

*Risposta:  $\varepsilon_s = 0,9\%$*

## ESERCIZIO 2

Una lega di alluminio (2024-T3) ha le seguenti proprietà meccaniche:

$$\sigma_R = 483 \text{ MPa} \quad \sigma_S = 345 \text{ MPa}$$

$$\rho = 2780 \text{ kg/m}^3 \quad E = 73 \text{ GPa}$$

- Calcolare il peso di una sbarretta 50 cm x 7 cm x 3 mm;
- Calcolare la deformazione a snervamento in valore assoluto e percentuale.

*Risposta:  $m = 0,29 \text{ kg}$ ;  $\varepsilon_s = 0,47\%$*

# PROPRIETÀ MECCANICHE

## ESERCIZIO 3

Una lega di acciaio ha le seguenti proprietà meccaniche:

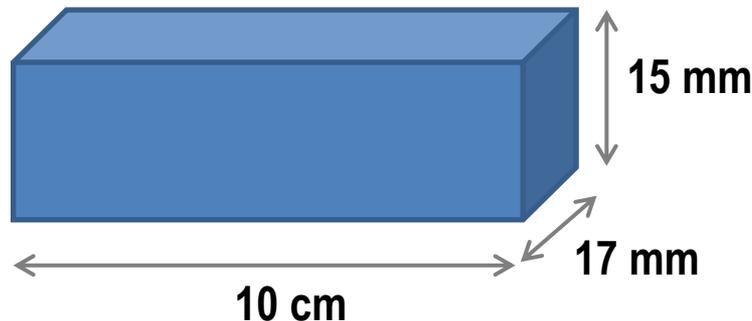
$$\sigma_R = 1200 \text{ MPa} \quad \sigma_S = 800 \text{ MPa}$$

$$\rho = 8 \text{ g/cm}^3 \quad E = 200 \text{ GPa}$$

Una sbarretta di questo materiale di dimensioni 10 cm x 17 mm x 15 mm, viene messa in trazione lungo il lato maggiore.

In seguito ad un allungamento  $\Delta l = 2 \text{ mm}$ , il comportamento è ancora elastico lineare?

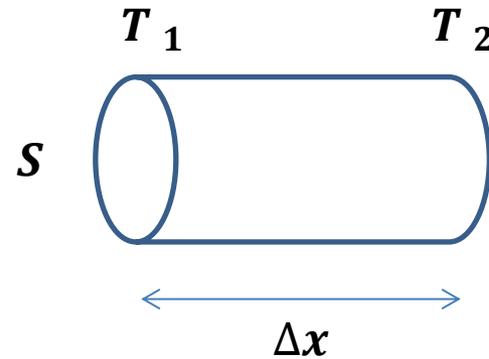
*Risposta:  $\varepsilon = 2\% > \varepsilon_s = 0,4\%$*



# CONDUCIBILITÀ TERMICA

$$q = \lambda \cdot \Delta T$$

$$\text{dove : } q = \frac{Q}{S} \cdot \Delta x$$



Q = flusso di calore → J/s = W

S = superficie → m<sup>2</sup>

$\Delta x$  = lunghezza → m

$\Delta T$  = temperatura → K

$\lambda$  = conducibilità termica →  $\frac{W}{mK}$

La conducibilità termica può essere espressa anche come  $\frac{kcal}{h m ^\circ C}$

# CONDUCIBILITÀ TERMICA

## ESERCIZIO 1

Convertire le unità di misura  $\frac{W}{mK} \leftrightarrow \frac{kcal}{h m ^\circ C}$  sapendo che 1 cal = 4,184 J per i seguenti materiali:

1. Acciaio ( 20% di Cr):  $\lambda = 22 \frac{W}{mK}$

Risposta1:  $\lambda = 18,93 \frac{kcal}{h m ^\circ C}$

2. Piombo:  $\lambda = 30 \frac{kcal}{h m ^\circ C}$

Risposta2:  $\lambda = 34,87 \frac{W}{mK}$

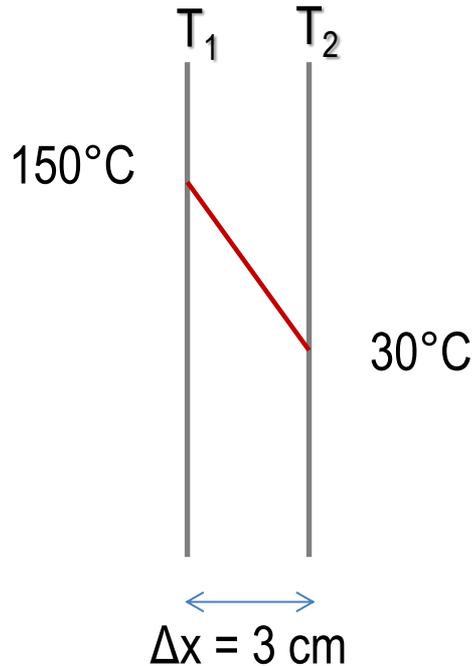
3. Alluminio:  $\lambda = 175 \frac{kcal}{h m ^\circ C}$

Risposta3:  $\lambda = 203,4 \frac{W}{mK}$

# CONDUCIBILITÀ TERMICA

## ESERCIZIO 2

La temperatura sulla superficie calda di una parete isolante di area  $1 \text{ m}^2$  e spessore  $3 \text{ cm}$  è di  $150^\circ\text{C}$ . In condizioni stazionarie se  $Q = 200 \text{ W/m}^2$ , quale sarà la conducibilità termica massima del materiale utilizzato se la superficie fredda non deve superare i  $30^\circ\text{C}$ ?

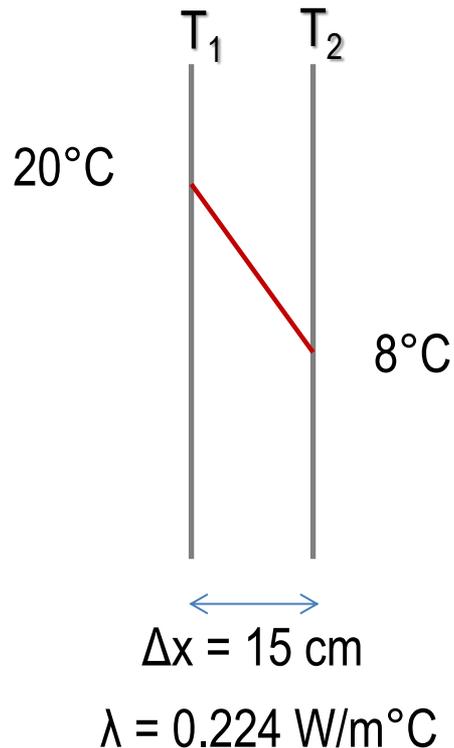


$$\frac{Q}{S} \cdot \Delta x = \lambda \cdot \Delta T$$

$$\lambda = \frac{Q}{S} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta T} = 0,05 \frac{W}{mK}$$

# CONDUCIBILITÀ TERMICA

## ESERCIZIO 3



Una parete, di spessore 15 cm e superficie di dimensioni 3,5 x 5 m, presenta rispettivamente le temperature superficiali di  $8^\circ\text{C}$  e  $20^\circ\text{C}$ . La conducibilità termica dello strato è pari a  $\lambda = 0.224 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Determinare il flusso termico scambiato tra le due superfici della parete.

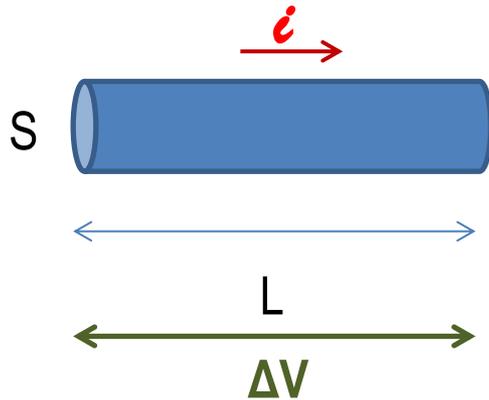
Risposta:  $W = 313,6 \text{ W}$

# CONDUCIBILITÀ ELETTRICA

$$\sigma = \frac{J}{E}$$

J = densità di corrente elettrica (A/m<sup>2</sup>)

E = intensità di campo elettrico (N/C o V/m)



Prima legge di Ohm

$$R = \frac{V}{i}$$

V → potenziale elettrico (V)

i → intensità di corrente elettrica (A)

L → lunghezza (m)

S → superficie (m<sup>2</sup>)

R → resistenza → V/A = Ω

$$R = \frac{L}{\sigma S}$$

$$\sigma = \frac{L}{RS}$$

$$\sigma \rightarrow (\Omega m)^{-1}$$

# CONDUCIBILITÀ ELETTRICA

## ESERCIZIO

Si consideri una striscia di metallo in un circuito integrato, con dimensioni  $L = 2.8$  mm , area della sezione  $A = 4 \mu\text{m}^2$  .Ai capi del conduttore metallico viene applicata una tensione pari a 0.1 V. La corrente che scorre nel conduttore è :  $5 \cdot 10^{-3}$  A.  
Determinare la conducibilità

Risposta:  $\sigma = 3,5 \cdot 10^7 (\Omega\text{m})^{-1}$

