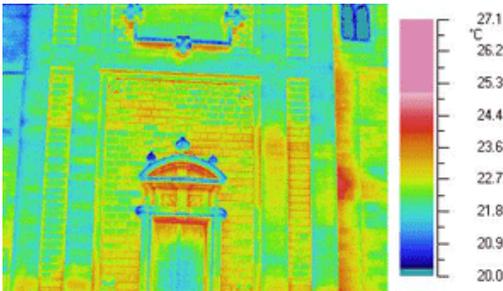


Termologia

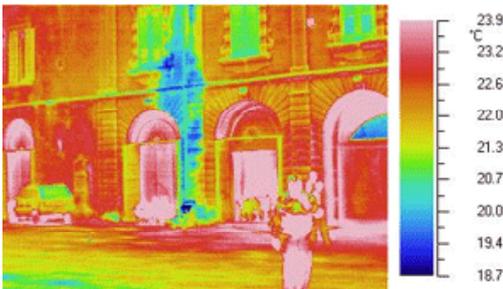
La termologia studia il comportamento dei corpi rispetto al calore.

Si osserva che i corpi in base alla dispersione o assorbimento di calore variano la loro temperatura.



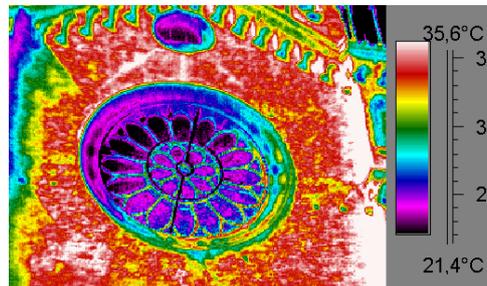
La termografia applicata al campanile del duomo di Lecce.

La temperatura è una grandezza utile alla descrizione delle proprietà dei materiali e per lo scambio termico.



Perdita di umidità in Piazza Duomo a Lecce

Un'opera d'arte si trova in ambienti con i quali interagisce.

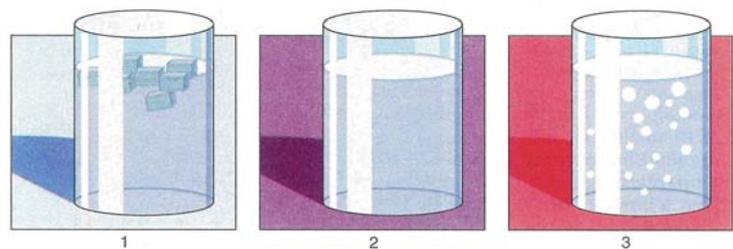


Le nuove tecnologie disponibili permettono di osservare e studiare il comportamento termico di edifici e opere d'arte in modo non invasivo.

La Temperatura

La temperatura descrive lo stato di caldo o di freddo di un corpo.

La nostra sensibilità è soggettiva.



Servono sistemi che abbiano delle proprietà sensibili a T , misurabili e riproducibili.

Proprietà: la dilatazione dei solidi e dei liquidi in funzione della temperatura.

*Tali sistemi sono detti **TERMOMETRI**.*



Taratura del termometro

*Il termometro deve fornire un'informazione numerica dello stato di caldo o freddo: **misura**.*

Si utilizza acqua e ghiaccio, si immerge il termometro nel contenitore e al livello del liquido termometrico si marca un segno.

Vi si attribuisce il valore 0

(0 °C scala Celsius).

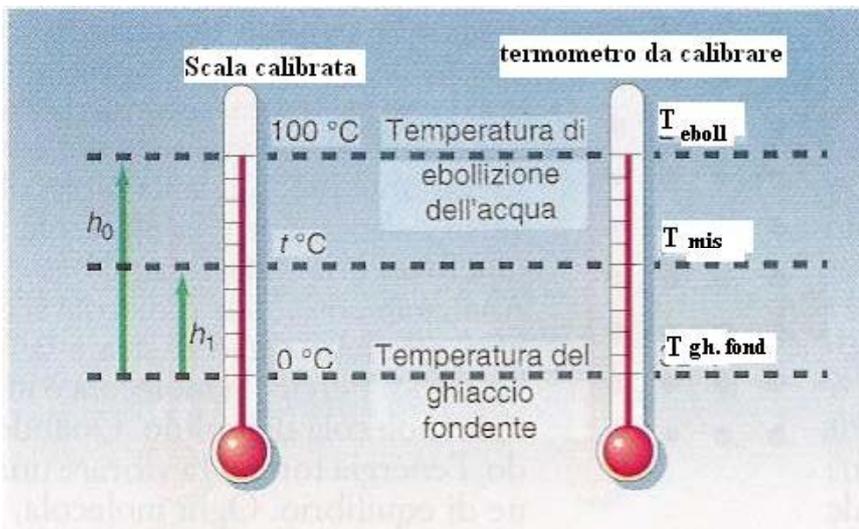
Poi si immerge, lo stesso termometro, in un contenitore, dove si trova acqua in ebollizione, il liquido termometrico si dilata e raggiunge un livello superiore lungo il capillare .

Vi si attribuisce il valore 100

(100 °C scala Celsius).



Taratura di un termometro



Il punto di ebollizione dell'acqua (distillata) e quello di fusione del ghiaccio sono riproducibili alla stessa pressione atmosferica.

$$\left(\frac{h_1}{h_0} \right)_{\text{calibrata}} = \left(\frac{h_1}{h_0} \right)_{\text{misurata}},$$

$$\frac{T_{\text{cal}} - 0 \text{ } ^\circ\text{C}}{100 \text{ } ^\circ\text{C} - 0 \text{ } ^\circ\text{C}} = \frac{T_{\text{mis}} - T_{\text{fus}}}{T_{\text{eb}} - T_{\text{fus}}},$$

$$T_{\text{cal}} = 100 \frac{T_{\text{mis}} - T_{\text{fus}}}{T_{\text{eb}} - T_{\text{fus}}} \text{ } ^\circ\text{C}$$

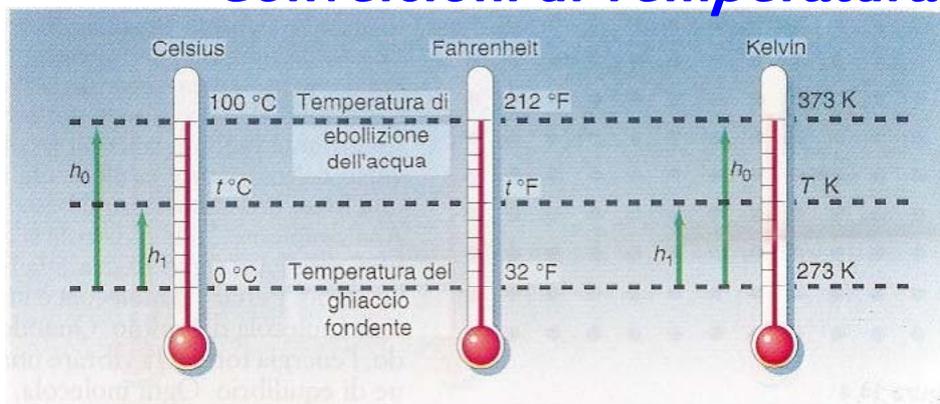
Possiamo quindi fissare una scala graduata su un termometro, tale che 100 °C sia l'indice per l'ebollizione 0 °C l'indice per la fusione del ghiaccio.

Scale Termometriche

Per motivi storici esistono varie scale termometriche, le prime due, più diffuse, risultano di interesse per chi viaggia o scambia opere d'arte, la terza di interesse fisico:

	Congelamento	Ebollizione	Divisioni
Scala Celsius (1742)	0 °C 	100 °C 	100
Scala Fahrenheit (1724)	32 °F	212 °F	180
Scala Kelvin o assoluta (1847)	273.15 K	373.15 K	100

Conversioni di Temperatura



Le altezze del liquido coincidono, il valore attribuito cambia:

$$(h_1)_{\text{Celsius}} = (h_1)_{\text{Fahrenheit}} = (h_1)_{\text{Kelvin}},$$

ma anche

$$(h_0)_{\text{Celsius}} = (h_0)_{\text{Fahrenheit}} = (h_0)_{\text{Kelvin}}.$$

Possiamo dividere entrambi :

$$\left(\frac{h_1}{h_0}\right)_{\text{Celsius}} = \left(\frac{h_1}{h_0}\right)_{\text{Fahrenheit}} = \left(\frac{h_1}{h_0}\right)_{\text{Kelvin}}$$

Caso turistico-artistico:

Per le proprietà fisiche:

↓

$$\left(\frac{h_1}{h_0}\right)_{\text{Celsius}} = \left(\frac{h_1}{h_0}\right)_{\text{Fahrenheit}},$$

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32},$$

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_F - 32}{180}.$$

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

$$\left(\frac{h_1}{h_0}\right)_{\text{Celsius}} = \left(\frac{h_1}{h_0}\right)_{\text{Kelvin}},$$

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_K - 273.15}{373.15 - 273.15},$$

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_K - 273.15}{100}.$$

$$T_C = T_K - 273.15$$

Il calore si trasmette da un corpo a T maggiore a quello a T minore, finché i due corpi non raggiungono

l'equilibrio termico.

Legge zero della termodinamica:

se due sistemi A e B sono in equilibrio con un terzo sistema C, allora A e B sono in equilibrio tra loro.

Grazie a questa legge possiamo definire lo stato termico di un sistema mediante la temperatura e quindi mediante l'utilizzo di termometri.

Termometri

Termometri a liquido: mercurio (da -38.9 °C a 360 °C).

Basse T Alcool colorato (-80 °C) ... pentano ...

Termometri di massima: strozzatura nel bulbo.

e minima.

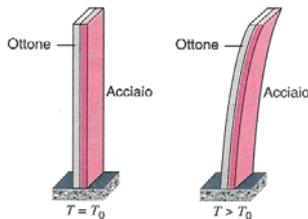


FIGURA 21.7 Un bimetallo, consistente di due strisce saldate, di ottone e di acciaio, alla temperatura T_0 . Quando la temperatura è maggiore, il bimetallo s'incurva come in figura; se invece è minore, s'incurva dal lato opposto. Molti termostati sono basati su questo principio, azionando un contatto elettrico con l'estremità mobile del bimetallo.

Termometri metallici

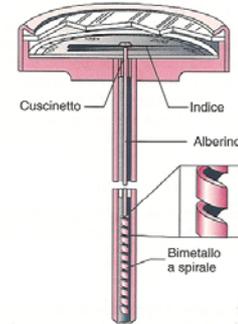


FIGURA 21.8 Un termometro operante secondo il principio del bimetallo, che è avvolto a spirale e si stringe o si allarga al variare della temperatura.

Termometri a resistenza elettrica. Platinum resistor 100 PTR 100

Coppie termoelettriche. TC K, T

Termometri ottici rivelatori di infrarosso

Temperatura: grandezza fisica

- La fisica è una scienza “operativa”:

Definizione di Temperatura:

La temperatura è quella grandezza :

che si misura con il termometro.

Per definire una grandezza si stabiliscono i seguenti criteri

1. Criterio di uguaglianza.
 2. Criterio di somma.
 3. Criterio di misura con campione.
1. Due corpi hanno T uguali se il termometro dà la stessa risposta.
 2. Due corpi a T_1 e T_2 diverse . Scambio di energia? ($m_1c_1(T_1-T_{eq})=m_2c_2(T_{eq}-T_2)$).
 3. **Il campione di misura di T è il K (anche usato comunemente °C).**

Grandezze Fisiche : la lunghezza.



Il piede: era letteralmente il piede del re.

La iarda: distanza tra l'estremità del braccio disteso e la parte posteriore del collo.

Il pollice: distanza tra l'estremità e la nocca del pollice del re.

Dopo la rivoluzione francese: l'Assemblea Nazionale incarica l'Accademia delle Scienze di Parigi per individuare criteri **universali e riproducibili**.

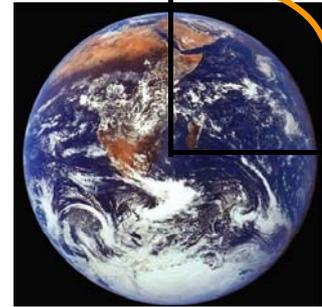
Viene definito il sistema metrico decimale.

1791 METRO = 1/10.000.000 della distanza polo-equatore

Campione in platino-iridio del metro BIPM a Parigi
Campione italiano a Roma c/o Ufficio Metrico centrale

1960 metro ottico: 1 650 763.73 volte la lunghezza d'onda nel vuoto della luce rosso arancione del (^{86}Kr)

1983 dalla velocità della luce 299 792 458 m/s si deriva il campione di 1 m
1 metro: distanza percorsa in $(1/299\ 792\ 458)$ s dalla luce nel vuoto.



I criteri per definire una grandezza fisica applicati alla lunghezza.

1. Criterio di uguaglianza.

A

2. Criterio di somma.

3. Criterio di misura con campione.

B

1. Criterio di uguaglianza:

Nel sovrapporre l'inizio di A con l'inizio di B, anche i due estremi devono coincidere.

2. Criterio di somma: $C=A+B$ è dato dalla sovrapposizione dell'inizio di B con la fine di A:

C

3. Criterio di misura con campione (u.m. \leftrightarrow): definito un campione, immutabile, riproducibile e universalmente riconosciuto, si verifica quante volte il segmento sta nel campione

$\leftrightarrow \leftrightarrow \leftrightarrow \leftrightarrow \leftrightarrow$ $C = 4.25 \text{ u.m. (m)}$

Per la lunghezza il sistema internazionale usa il metro.

unità di misura della massa

Massa: quantità di materia presente in un corpo.

1795 - chilogrammo quantità di materia contenuta in 1000 cm³ di acqua a 0 °C.

1799- chilogrammo quantità di acqua contenuta in 1000 cm³ di acqua a 4 °C.

1889 ad oggi –chilogrammo massa del prototipo di platino-iridio, cilindro di h=39 mm e d=39 mm, depositato c/o BIPM a parigi.

Campioni italiani a Roma c/o Ufficio Metrico Centrale

Unità di massa atomica 1/12 del ¹²C = 1.664 ·10⁻²⁷ kg

unità di misura del tempo

Per misurare il tempo si utilizza un fenomeno periodico, per esempio la rotazione della terra.

La suddivisione storica in 24 h, 60 min, 60 s ha origine dalla civiltà Babilonese, come la suddivisione degli angoli. L'accademia delle scienza ha provato ad utilizzare il sistema decimale senza risultato.

Campione secondo (s): durata di 9192 631 770 oscillazioni di radiazione ¹³³Cs.

Per la matematica dire $x = y$, implica che quello che è a sinistra dell'uguaglianza (1° membro) è uguale a quello che è a destra (2° membro).

- *Per la fisica le grandezze in una formula devono essere omogenee, ovvero le lunghezze non possono essere uguali al tempo.*
 - *Si deve avere $x \text{ metri} = y \text{ metri}$.*
 - *Oppure $x \text{ secondi} = y \text{ secondi ecc}$.*
 - *Non si possono sommare grandezze differenti.*

Grandezze fondamentali e dirette.

• **Grandezze fondamentali:** # minimo di grandezze necessarie per descrivere i processi fisici.

• **Grandezze dirette:**

si misurano direttamente **con il campione.**

✓ **Lunghezza** si misura con il regolo (fondamentale)

✓ **Tempo** si misura con l'orologio (fondamentale)

✓ **Massa** si misura con la bilancia (fondamentale)

✓ **Temperatura** si misura con il termometro (fondamentale)

Le grandezze fondamentali, dipendono dal tipo di sistema di unità di misura.

La *lunghezza* è fondamentale, ma il campione oggi è definito indirettamente, come spazio percorso da un'onda elettromagnetica (luce) in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ s.

Grandezze derivate (esempio la velocità)

- Lo spazio si misura in metri
- Il tempo in secondi
- Quanto rapidamente percorriamo lo spazio nel tempo (velocità)



x_1 posizione del corpo a $t = t_1$ x_2 posizione del corpo a $t = t_2$

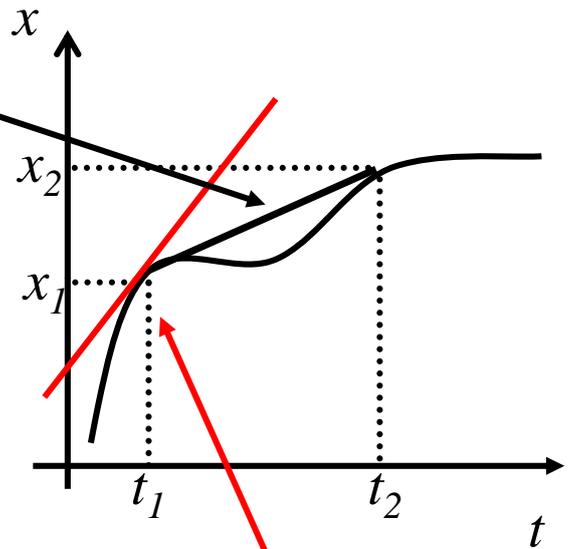
Spostamento = $x_2 - x_1$

Velocità (media): $v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $\frac{\text{m}}{\text{s}} \left(\frac{\text{metri}}{\text{secondi}} \right)$

Variazioni finite (Δ) ed infinitesime (d)

$$\text{velocità media } v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Pendenza della retta nera



$$\text{velocità istantanea } v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

$$v(t_1) = \left. \frac{dx}{dt} \right|_{t_1} = \text{velocità calcolata in } t_1$$

Pendenza della retta rossa

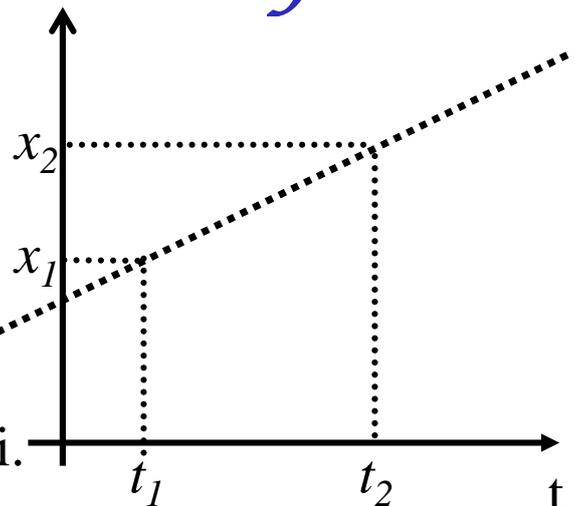
Moto rettilineo uniforme: velocità costante nel tempo

$$x_2 = x(t_2)$$

$$x_1 = x(t_1)$$

$$\text{velocità media } v_{media} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La velocità è costante: spostamenti uguali in intervalli di tempo uguali.



$$\text{velocità media } v_{media} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \text{velocità istantanea} = v$$

Dipendenza lineare

$$x(t) \propto t$$

x proporzionale a t

Ponendo:

$$x_0 = x(t=0)$$

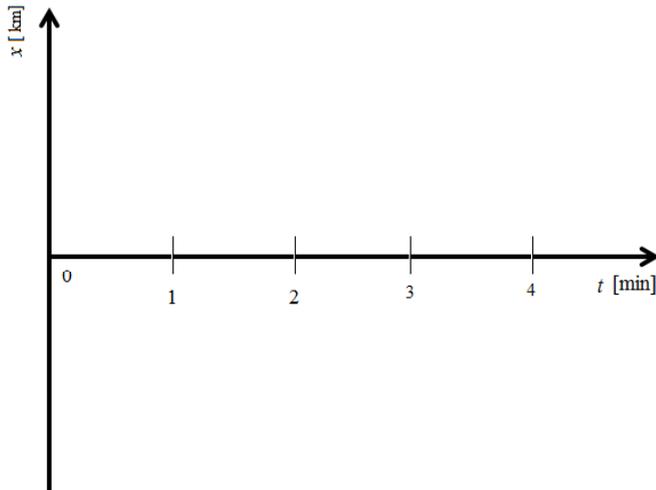
$$v_0 = v(t=0)$$

\Rightarrow

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t$$

Esercizi

- Esercizio 1.1: trovare le dimensioni di a , e di v_0 nella seguente relazione $x=x_0+ v_0 \cdot t + 1/2 a \cdot t^2$, dove x è espresso in cm, e t in s.
- Esercizio 1.2: trovare le dimensioni di h , nella seguente relazione $E=hc/\lambda$, dove E è espresso in J, c in m/s e λ in m.
- Data la relazione $x=x_0+v_0t$, dove $x_0 = - 1.0$ km da un semaforo (collocato quindi in $x = 0.0$), quanto impiega un'auto che viaggia a 30 km/h per arrivare al semaforo? Disegnare il grafico della posizione dell'auto rispetto al semaforo per gli istanti $t = 1, 2, 3$ e 4 minuti.



- Verificare che in caso di moto uniforme, la velocità media è uguale alla velocità istantanea.

Sistemi di unità di misura

Il sistema internazionale:

- *Stabilisce le unità fondamentali e le derivate.*
- *Stabilisce il modo di “scrivere” e presentare risultati:*
 - *Simboli delle grandezza in corsivo m,*
 - *misura delle grandezze numero e u.m. in testo piano separati da un spazio (utilizzo della virgola per le cifre decimali ma ammesso il punto : 1.00 m 1 000 m.*
- *Prefissi ecc. si rimanda a pieghievole da studiare con cura o documento ufficiale.*

Uno strumento pratico:

l'analisi dimensionale

Riprendo considerazioni precedenti:

- *Si deve avere x metri = y metri.*
- *Oppure x secondi = y secondi ecc.*
- *Non si possono sommare grandezze differenti.*

L'analisi delle dimensioni di una formula, permette di verificare se va bene o no.

Permette di controllare anche immediatamente che non si siano fatti errori nel calcolo.

Esercizi

- Utilizzando il pieghevole del SI verificare le seguenti equazioni se sono corrette oppure no?

$F = ma$, dove $[F] = \text{N}$, $[a] = \text{m/s}^2$ e $[m] = \text{kg}$.

$$F_A = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot \rho \cdot g : [F_A] = \text{N}, [r] = \text{m}, [g] = \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \text{ e } [\rho] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T : [V] = \text{m}^3, [\beta] = \text{°C}^{-1} \text{ e } [T] = \text{°C}$$

$$P = nkT : [P] = \text{W}, [n] = \text{m}^{-3}, [k] = \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ e } [T] = \text{K}$$

Grandezze scalari e vettoriali

- Grandezze **scalari** sono identificate da un numero (e u.m.) : temperatura (T) in K, massa (m) in kg, tempo (t) in s.
- Grandezze **vettoriali** sono identificate da un numero (intensità o **modulo**), una retta **direttrice** ed un **verso** : posizione (x), spostamento (Δx), velocità (v), accelerazione (a), forza (F), ecc.

La terminologia ha terminologie e concetti che successivamente si è scoperto, che possono essere descritti dalle leggi della meccanica (teoria cinetica dei gas), meccanica statistica.

In ogni caso per comprendere la terminologia bisogna conoscere “il modo” di parlare e presentare della fisica.

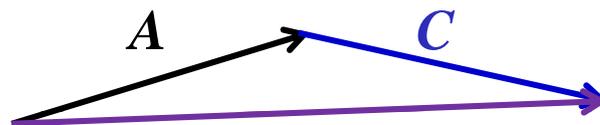
Grandezze vettoriali (es. facile spostamento)

1. Criterio di uguaglianza:

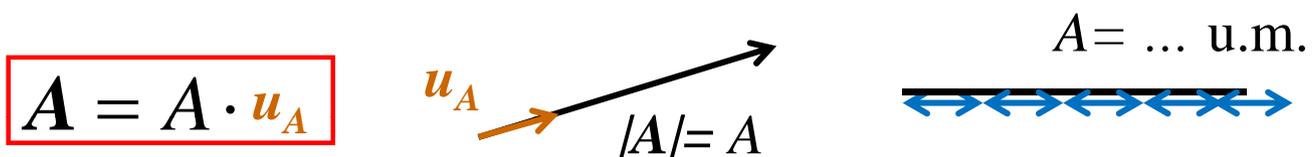
se facendo coincidere l'inizio di A con l'inizio di B anche la fine di entrambi coincide.



2. Criterio di somma: $D=A+C$ è dato dalla sovrapposizione dell'inizio di B con la fine di A :



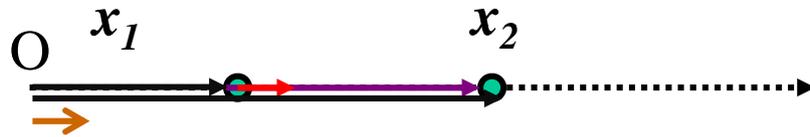
3. Criterio di misura con campione : il modulo del vettore contiene le dimensioni, il versore invece individua direzione



I vettori nel SI si scrivono in corsivo e grassetto.

I vettori un bel linguaggio (PRATICO)

- Riprendiamo la situazione del moto di un punto nello spazio. Rispetto ad un riferimento (O come origine $x=0$) si ha la posizione nell'istante $t = t_1$ è un vettore, anche la posizione a $t = t_2$



u_x (versore= vettore unitario adimensionale)

x_1 posizione del corpo a $t = t_1$ x_2 posizione del corpo a $t = t_2$

Spostamento $\Delta x = x_2 - x_1 = x_2 \cdot u_x - x_1 \cdot u_x = (x_2 - x_1) \cdot u_x$

La velocità (media): v

$$v_m = \frac{(x_2 - x_1) u_x}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} u_x$$

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot u_x = \frac{dx}{dt} \cdot u_x$$

Taratura di una termocoppia in classe

Si utilizza un multimetro commerciale equipaggiato per la misura di Temperature con Termocoppie di tipo K (Cromel -Allumel), e si procede alla calibrazione immergendo la giunzione della termocoppia prima in ghiaccio fondente e poi in acqua in ebollizione.

Termocoppia	T_{fus} [°C] (T di fusione del ghiaccio)	T_{eb} [°C] (T di ebollizione dell'acqua)
Tipo K	2	101

Qual è l'equazione di calibrazione per ogni termocoppia?

Per equazione (o curva) di calibrazione si intende la relazione:

$$T_{cal} = f(T_{mis})$$

Misure in aula

*Tab. 1: misure di temperatura nell'aula rilevate
Con multimetro e termocoppia tipo K.*

<i>Studente</i>	Antonella	Amy	Maria Teresa	Alice	Giuseppe
T_{mis} [°C]	22, 21	21, 20	20, 21	21, 22	21, 22

*Ogni studente fornisca la misura della temperatura
(si intende quella calibrata).*

Qual è la temperatura media dell'aula?

*Misura della temperatura dal termometro presente in aula:
20.5 °C.*