

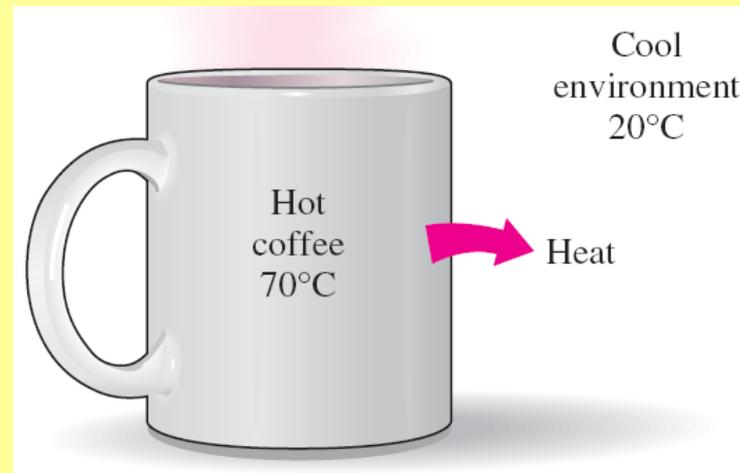
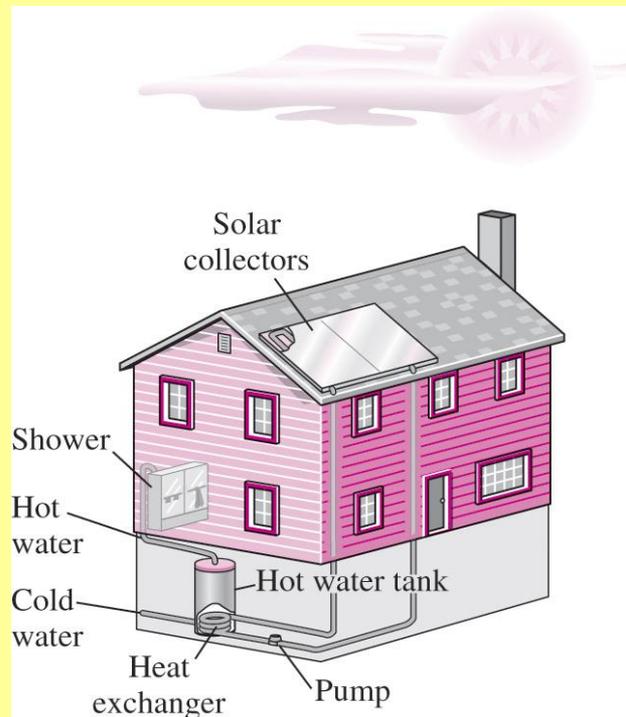
# Lezione di Fisica Tecnica

## 29/09/2020

### **Grandezze fondamentali e unità di misura**

# Cos'è la Fisica Tecnica

Studio degli scambi di energia e di materia tra i sistemi e l'ambiente circostante.



Il calore si disperde nel verso delle temperature decrescenti

# Tematiche principali del corso

## 1. Elementi di Termodinamica

### 1.1 Aria Umida

## 2. Trasmissione del calore

### 2.1 Verifiche termoigrometriche

## 3. Benessere termoigrometrico

# Termodinamica

La Termodinamica studia le trasformazioni di un sistema a seguito di scambi di energia (calore e/o lavoro) con altri sistemi o con l'ambiente esterno.

Si definisce “Sistema Termodinamico” una porzione di spazio o di materia separata dal resto dell'ambiente circostante da una superficie di contorno, **CONFINE**, attraverso cui interagisce con l'esterno o con altri sistemi mediante scambi di energia e/o di massa.

## **Grandezza fisica**

Entità che descrive delle proprietà di un sistema fisico o del suo comportamento.

## **Volume**

Spazio occupato da un corpo o da un sistema.

## **Forza**

Grandezza che indica l'interazione tra due corpi o tra due sistemi.

## **Grandezze omogenee**

Grandezze che esprimono la medesima proprietà

## **Grandezze dimensionali**

Grandezze la cui entità è definita da un valore numerico, accompagnato da un'unità di misura, che ne esprime la misura.

### ***Esempio:***

La lunghezza di un tavolo è una grandezza dimensionale, riconducibile ad una proprietà fondamentale (**la dimensione lineare**), cui si possono riferire tutte le altre grandezze ad essa omogenee (per esempio lo spazio percorso da un corpo lungo una traiettoria oppure una delle tre dimensioni di un volume).

**Tale grandezza è misurabile con l'unità di misura denominata metro (m).**

## **Grandezze adimensionali**

Grandezze che non hanno dimensione ed il cui valore è esprimibile con un numero puro.

Si definisce **misura** il procedimento mediante il quale si fa corrispondere un numero ad una grandezza fisica.

Effettuare una misura significa assegnare ad una grandezza fisica (es. massa, tempo, lunghezza etc.) un valore numerico che indica quante volte l'unità di misura prescelta, a cui si assegna il valore uno, è contenuta nella grandezza fisica da misurare.

Ogni grandezza fisica sarà caratterizzata da un numero (*la misura*) seguita da un simbolo che ricorda l'unità di misura utilizzata per la misurazione.

Le unità di misura sono suddivise in:

UNITÀ DI MISURA FONDAMENTALI, definite direttamente da un campione;

UNITÀ DI MISURA DERIVATE da quelle fondamentali.

Per le unità di misura si introduce il concetto di *dimensione*, che denota la natura fisica di una grandezza.

La dimensione di una grandezza si esprime con una lettera compresa tra parentesi quadre: ad esempio, la dimensione “lunghezza” si esprime con il simbolo [L].

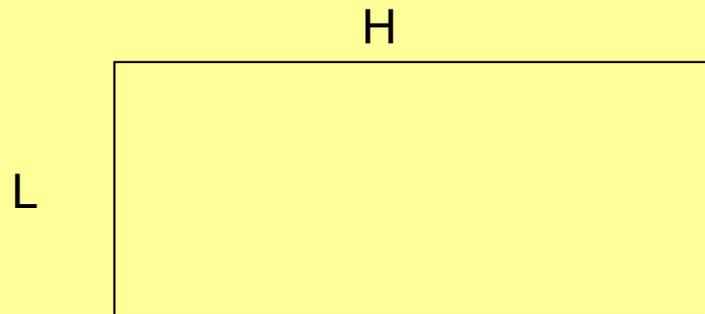
# Sistema coerente

- La definizione di una determinata grandezza non può avvenire in maniera arbitraria.

## Esempio:

L'unità di superficie non deve essere definita ma derivata, dato che è data dal prodotto di **2** lunghezze.

$$A = L \cdot H = [m] \cdot [m] = [m^2]$$



# Sistema Internazionale

Le sette grandezze fondamentali

GRANDEZZA	DIMENSIONE	UNITA' DI MISURA	SIMBOLO
Lunghezza	[L]	metro	m
Massa	[M]	kilogrammo	kg
Tempo	[T]	secondo	s
Corrente elettrica	[I]	ampere	A
Temperatura termodinamica	[ $\theta$ ]	kelvin	K
Intensità luminosa	[J]	candela	Cd
Quantità di sostanza		mole	mol

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA	SIMBOLO
Lunghezza	tragitto percorso dalla luce nel vuoto in un tempo di 1/299792458 di secondo	metro	m
Massa	massa del campione platino-iridio, conservato nel Museo Internazionale di Pesi e Misure di Sèvres (Parigi)	kilogrammo	kg
Tempo	durata di 9192631770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio-133	secondo	s
Corrente elettrica	quantità di corrente che scorre all'interno di due fili paralleli e rettilinei, di lunghezza infinita e sezione trascurabile, immersi nel vuoto ad una distanza di un metro, induce in loro una forza di attrazione o repulsione di $2 \cdot 10^{-7}$ N per ogni metro di lunghezza	ampere	A
Temperatura termodinamica	valore corrispondente a 1/273.16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua	kelvin	K
Intensità luminosa	intensità luminosa di una sorgente che emette una radiazione monocromatica con frequenza $540 \cdot 10^{12}$ Hz e intensità energetica di 1/683 W/sr.	candela	Cd
Quantità di sostanza	quantità di materia di una sostanza tale da contenere tante particelle elementari quante ne contengono 0.012 kg di carbonio-12.	mole	mol

# Sistema internazionale

Le grandezze derivate dal SI

GRANDEZZA	DIMENSIONE	UNITA'	SIMBOLO
Velocità	$[LT^{-1}]$	metro/secondo	m/s
Accelerazione	$[LT^{-2}]$	metro/secondo quadrato	m/s <sup>2</sup>
Forza	$[MLT^{-2}]$	newton	1N=1kg/s <sup>2</sup>
Energia, Lavoro, Calore	$[ML^2T^{-2}]$	joule	1J=1Nm
Potenza	$[ML^2T^{-3}]$	watt	1W=1J/s
Pressione	$[ML^{-1}T^{-2}]$	pascal	1Pa=1N/m <sup>2</sup>
Volume	$[L^3]$	metro cubo	m <sup>3</sup>
Volume specifico	$[L^3/M]$	metrocubo/kilogrammo	m <sup>3</sup> /kg
Densità (massa volumica)	$[ML^{-3}]$	kilogrammo/metro cubo	kg/m <sup>3</sup>
Entalpia specifica	$[L^2T^{-2}]$	joule/kilogrammo	J/kg
Entropia	$[L^2T^{-2}\theta^{-1}]$	joule/(kilogrammo·kelvin)	J/kgK
Portata volumetrica	$[L^3T^{-1}]$	metri cubi/secondo	m <sup>3</sup> /s
Portata massica	$[MT^{-1}]$	kilogrammi/secondo	kg/s
Conduttività termica	$[MLT^{-3}\theta^{-1}]$	watt/(metro·kelvin)	W/mK
Conduttanza superficiale	$[MT^{-3}\theta^{-1}]$	watt/(metro quadro·kelvin)	W/m <sup>2</sup> K

# Multipli e sottomultipli

MULTIPLI			SOTTOMULTIPLI		
Prefisso	Simbolo	Fattore	Prefisso	Simbolo	Fattore
deca	da	$10^1$	deci	d	$10^{-1}$
etto	h	$10^2$	centi	c	$10^{-2}$
kilo	k	$10^3$	milli	m	$10^{-3}$
mega	M	$10^6$	micro	$\mu$	$10^{-6}$
giga	G	$10^9$	nano	n	$10^{-9}$
tera	T	$10^{12}$	pico	p	$10^{-12}$
peta	P	$10^{15}$	femto	f	$10^{-15}$
exa	E	$10^{18}$	atto	a	$10^{-18}$
zetta	Z	$10^{21}$	zepto	z	$10^{-21}$
yotta	Y	$10^{24}$	yocto	y	$10^{-24}$

# Sistema di misura anglosassone

- Temperatura [° Fahrenheit]
- Pressione [psi **pound per square inch – libbre per pollice quadrato**]
- Volume [gal, in]
- Massa [lb, oz]
- Energia [Btu]
- Potenza [HP]

# Sistema Tecnico di misura (Sistema degli Ingegneri)

- Temperatura [° C]
- Pressione [atm]
- Volume [l]
- Forza Peso [kg<sub>f</sub>- kp]
- Energia termica [cal]
- Energia meccanica [kg<sub>f</sub>·m]
- Potenza [CV]

# Principali fattori di conversione

Grandezza fisica	Unità di misura	Simbolo	Moltiplicare Dividere	Unità di misura	Simbolo
Lunghezza	Inch	in	$2.54 \cdot 10^{-2}$	metro	m
Volume	gallone UK	gal	$4.546 \cdot 10^3$	metri cubi	m <sup>3</sup>
Massa	libbra	lb	$4.536 \cdot 10^{-1}$	kilogrammo	kg
Pressione	kilogrammo forza / metro quadro	kp/m <sup>2</sup>	9.807	Pascal	Pa
Energia	kilocaloria	kcal	$4.187 \cdot 10^3$	joule	J
Forza	kilogrammo forza	kg <sub>f</sub>	9.807	newton	N
Potenza	horse power	HP	$7.45 \cdot 10^2$	watt	W

## Fattori di conversione più comuni tra unità di misura S.T e S.I

- $1 \text{ Wh} = 1 \text{ Wh} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$

multiplo  $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \times 3600 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

- $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$

multiplo  $1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal} = 1000 \times 4,186 \text{ J} = 4186 \text{ J} = 4,186 \text{ kJ}$

- Tep (tonnellata equivalente di petrolio) =  $4,186 \cdot 10^{10} \text{ J}$

# Joule e Caloria

- Il fattore di conversione tra caloria e joule vale 4,186 ed è comunemente chiamato “*equivalente meccanico della caloria*”.

Nel Sistema Tecnico, infatti, si utilizzava la caloria solo per misurare l'energia termica ed il joule per l'energia meccanica. Nel Sistema Internazionale tutte le forme di energia sono invece misurabili con la stessa unità di misura, il joule (J).

- $1\text{ cal} = 4,186\text{ J} \Rightarrow$
- $1\text{ kcal} = 4,186 \times 1000 = 4186\text{ J}$
- $1\text{ kcal/h} = 1 \times 4,186 = 4,186\text{ kJ/h} = 4,186 \times 1000 = 4186\text{ J/h}$   
 $= 4186/3600 = 1,163\text{ J/s} = 1,163\text{ W}$

Da cui discende:

- $1\text{ W} = 1/1,163 = 0,86\text{ kcal/h}$

Per esprimere nell'S.I. una quantità di calore pari a 3500 cal, si scrivere la seguente equivalenza:

$$3500\text{ cal} = 3500 \cdot 4,186 = 14651\text{ J} = 14,651\text{ kJ}$$

# Energia elettrica

- Per l'energia elettrica, viene utilizzata una specifica unità di misura dell'energia denominata kilowattora.
- Per questa valgono le seguenti relazioni di equivalenza:

$$1\text{kWh} = 1\text{kWh} \cdot 3600 \text{ s/h} = 3600 \text{ kJ/s} \cdot \text{h} \cdot \text{s/h} = 3600 \text{ kJ}$$

- Pertanto, un'energia elettrica di 10 kWh, corrispondente al consumo di una potenza di 1 kW per 10 ore di esercizio, può essere espressa con le unità dell'S.I. utilizzando la seguente equivalenza:

$$10 \text{ kWh} = 10 \cdot 3600 \text{ kJ} = 36000 \text{ kJ} = 36 \cdot 10^3 \text{ kJ} = 36 \text{ MJ}$$

- Una grandezza fisica per la cui misura sono in uso comune molte unità non appartenenti al Sistema Internazionale è la pressione.
- Nei diversi settori della fisica, infatti, si trovano spesso unità come l'atmosfera (atm), il bar (bar), i millimetri di mercurio (mmHg). Di seguito vengono riportate le equivalenze che consentono di trasformarle nella corrispondente unità ufficiale dell'S.I. che è il **Pascal**.
- $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$   
 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$   
 $1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} \Rightarrow 1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$   
 $1 \text{ mmHg} = 133,3 \text{ Pa}$

# Analisi dimensionale

L'*analisi dimensionale* utilizza il fatto che le dimensioni possono essere trattate come quantità algebriche, e quindi le grandezze possono essere sommate o sottratte fra loro solo se hanno le stesse dimensioni.

## *Esempio*

- l'unità di misura della grandezza fisica *lunghezza* è il metro (simbolo **m**);
- l'unità di misura della grandezza fisica volume è il **m<sup>3</sup>**, cioè m elevato alla terza potenza. Dimensionalmente significa:

$$[V] = [L^3]$$

# In sintesi:

- Qualunque proprietà fisica possiede una dimensione.
- 
- La grandezza assegnata ad una dimensione si chiama **unità**.
- Dimensioni di base:
  - massa  $m$ , lunghezza  $L$ , tempo  $t$ , e temperatura  $T$  chiamate “grandezze **primarie** o **dimensioni fondamentali**
  - velocità  $v$ , energia  $E$ , superficie e volume  $V$  sono espresse in funzione di dimensioni primarie e sono chiamate **dimensioni secondarie** o **derivate**.

**TABLE 1-1**

The seven fundamental (or primary) dimensions and their units in SI

Dimension	Unit
Length	meter (m)
Mass	kilogram (kg)
Time	second (s)
Temperature	kelvin (K)
Electric current	ampere (A)
Amount of light	candela (cd)
Amount of matter	mole (mol)

# Unità di misura

Massa [M]      kg

Lunghezza [L]    m    (spazio, spostamento)

Tempo [T]        s

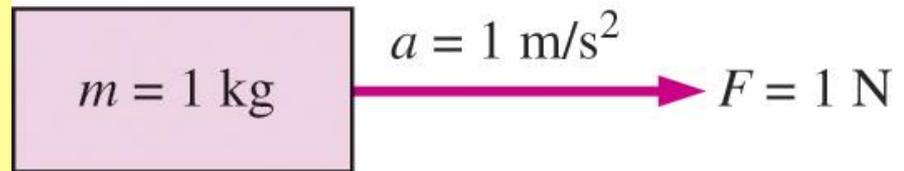
$[\text{Velocità}] = [\text{spazio}]/[\text{tempo}] = [L]/[T] = \text{m/s}$

# Alcune unità di misura

Force = (Mass)(Acceleration)

$$F = ma$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$



[Energia, lavoro] =[forza]x[spostamento]=

[massa]x[accelerazione]x[spostamento]=

[M]x[L]/[T<sup>2</sup>]x[L]=[M]x[L<sup>2</sup>]x[T<sup>-2</sup>]

Dall'equazione dimensionale si ricava l'unità di misura

kg m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> = N x m = J (joule)

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Lavoro = Forza × Distanza

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$$

# In sintesi

- Le **leggi fisiche fondamentali** che correlano tra loro le grandezze suddette derivano dalla dinamica :

⇒ **forza** = massa · accelerazione (Forza Peso = massa x accelerazione di gravità)  $F = m \cdot a \rightarrow \text{kg m s}^{-2} = \text{N}$

⇒ **pressione** = forza/superficie =  $F/A \rightarrow \text{kg m s}^{-2}/\text{m}^2 = \text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2} = \text{N}/\text{m}^2$   
→ **1Pa** =  $1\text{N}/\text{m}^2$

⇒ **lavoro** = forza · spostamento  $\rightarrow \text{kg m s}^{-2} \cdot \text{m} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} = \text{J}$   
→ **1J** =  $1\text{N} \cdot \text{m}$

⇒ **potenza** = lavoro eseguito nell'unità di tempo  $\rightarrow \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{s}^{-1} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$   
→ **1W** =  $1 \text{N} \cdot \text{m}/\text{s} = 1\text{J}/\text{s}$

- Importante: non confondere l'unità di misura dell'energia espressa in kWh con la potenza che è espressa in kW.

### *Esempio*

Un apparecchio domestico avente la potenza di 0,75 kW se rimane in funzione per 5 minuti, quanta energia consuma?

$$0,75\text{kW} \times 5 \times 1/60 = 0,062 \text{ kWh}$$

In maniera equivalente:

$$0,75\text{kW} \times 5 \times 60 = 225 \text{ kJ}$$

Infatti

$$225/3600 = 0,062 \text{ kWh}$$

Trasformare le seguenti unità di misura, evidenziando i casi in cui  
ciò non è possibile

- $300 \text{ K} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ \text{ C}$
- $-120 \text{ } ^\circ \text{ C} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ K}$
- $127 \text{ } ^\circ \text{ C} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ K}$
- $25 \text{ } ^\circ \text{ C} (\Delta t) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ K} (\Delta t)$
- $257 \text{ Wh} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$
- $4500 \text{ kJ} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kWh}$
- $128 \text{ kJ/s} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ}$
- $12000 \text{ kcal} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Wh}$
- $10000 \text{ MW} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Gcal/h}$
- $200 \text{ HP} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Wh}$
- $10 \text{ Bar} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Pa}$
- $127 \text{ kg/cm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Pa}$
- $120000 \text{ Pa} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Bar}$

## Trasformare le seguenti unità di misura, evidenziando i casi in cui ciò non è possibile

- $300 \text{ K} = 300 - 273,15 = 26,85 \text{ } ^\circ \text{ C}$
- $-120 \text{ } ^\circ \text{ C} = -120 + 273,15 = 153,15 \text{ K}$
- $127 \text{ } ^\circ \text{ C} = 127 + 273,15 = 400,15 \text{ K}$
- $25 \text{ } ^\circ \text{ C} (\Delta t) = 25 \text{ K} (\Delta t)$
- $257 \text{ Wh} = 257 \times 3600 = 925200 \text{ J}$
- $4500 \text{ kJ} = 4500 / 3600 = 1,25 \text{ kWh}$
- $128 \text{ kJ/s} = \underline{\hspace{4cm}} \text{ kJ}$
- $12000 \text{ kcal} = 12000 \times 4186 / 3600 = 13953 \text{ Wh}$
- $10000 \text{ MW} = 10000 \times 3600 / 4,186 / 1000 = 8600 \text{ Gcal/h}$
- $200 \text{ HP} = \underline{\hspace{4cm}} \text{ Wh}$
- $10 \text{ Bar} = 10 \times 100000 = 1000000 \text{ Pa}$
- $127 \text{ kg/cm}^2 = 9,8 \times 127 \times 10000 = 12.446.000 \text{ Pa}$
- $120000 \text{ Pa} = 120000 / 100000 = 1,2 \text{ Bar}$

$$E = 25 \text{ kJ} + 7 \text{ kJ/kg}$$

dove E è l'energia totale di un sistema

Possibile scrivere questa espressione?

$$E = 25 \text{ kJ} + 7 \text{ kJ/kg}$$

25 kJ è energia

7 kJ/kg è energia per unità di massa (energia specifica)

Per sommare i due termini occorre moltiplicare il secondo per la massa  $m$  del sistema, in modo così da eliminare il kg al denominatore.

In tal modo i termini diventeranno omogenei (kJ) e potranno essere sommati perché entrambi esprimeranno la grandezza energia

## Esercizio

Un corpo di massa  $m = 1 \text{ kg}$  sulla Terra pesa  $9,81 \text{ N}$ .

$$P = m \cdot g = 1 \cdot 9,81 = 9,81 \text{ [kg]/[m/s}^2\text{]} = 1 \text{ [N]}$$

Se  $m = 500 \text{ g}$

$$P = m \cdot g = 500 / 1000 \cdot 9,81 = 4,90 \text{ [kg]/[m/s}^2\text{]} = 4,90 \text{ [N]}$$