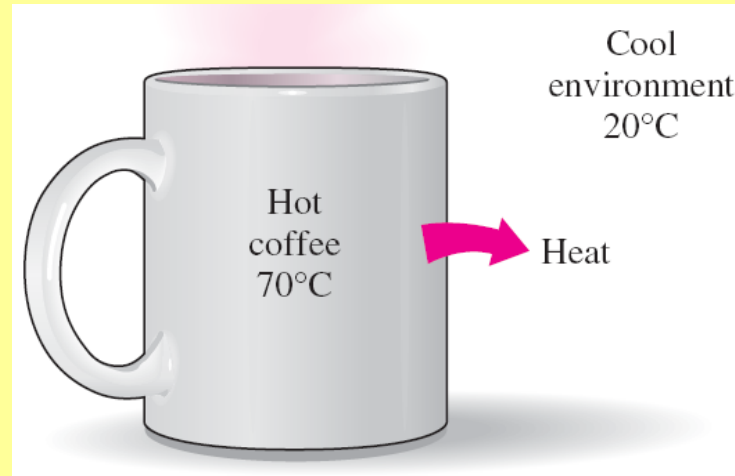
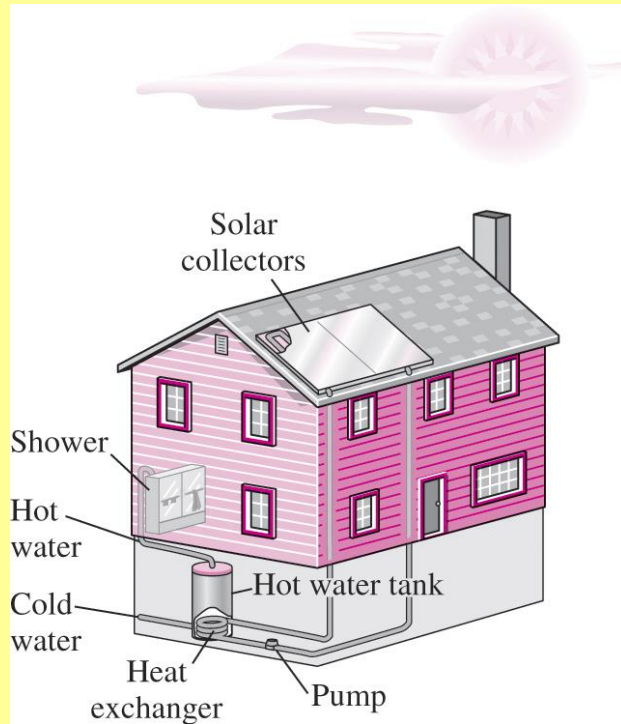
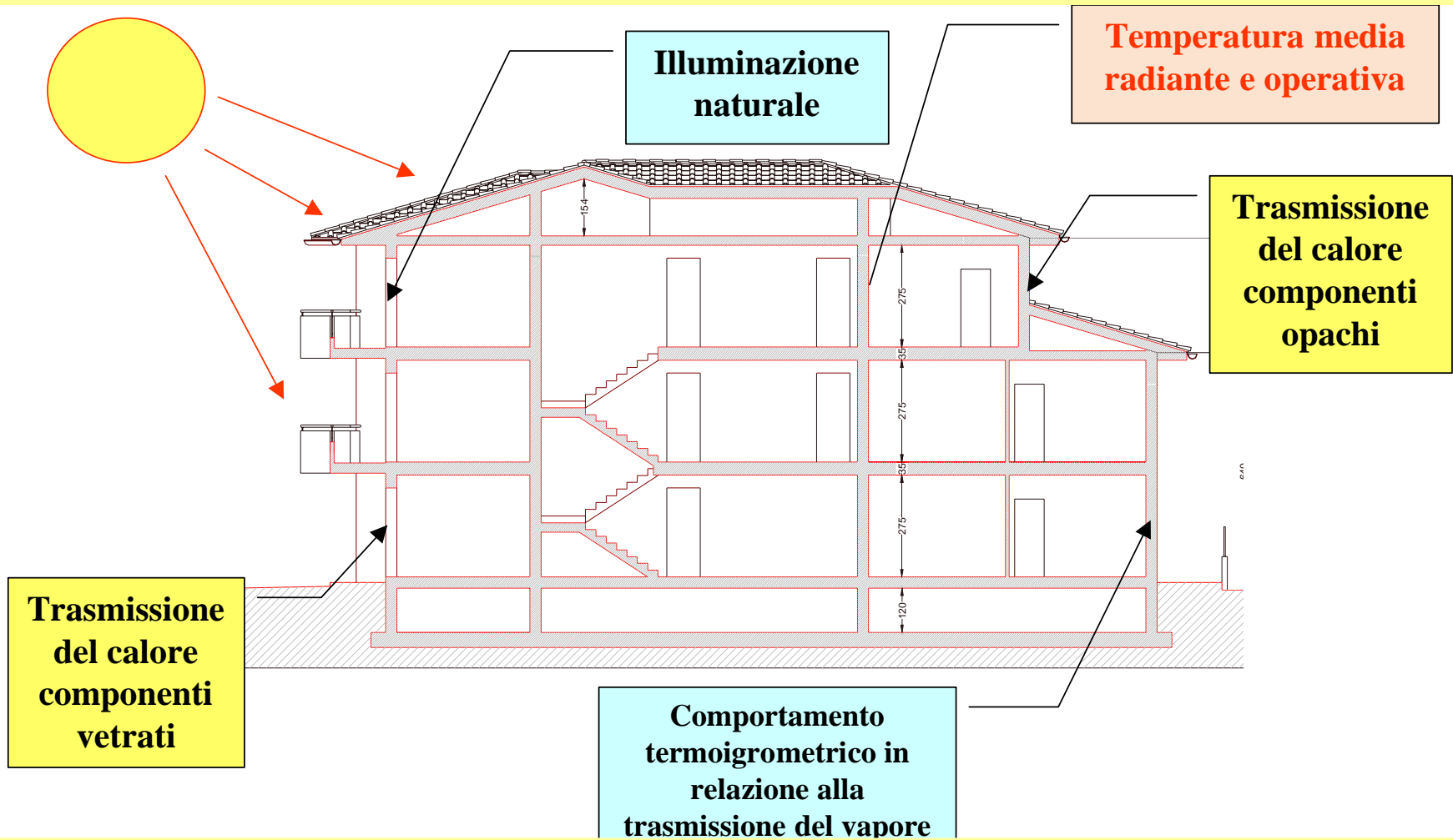


Cos'è la Fisica Tecnica

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

5. Illuminotecnica

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 una 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.

Ad esempio, il **coefficiente di riflessione di una superficie ρ** , definito dal rapporto tra due grandezze omogenee, energia riflessa ed energia incidente, non ha dimensioni e può assumere valori numerici compresi tra 0 ed 1.

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.

Lunghezza

Quando misuriamo la lunghezza di uno spigolo di un tavolo facciamo un rapporto fra la lunghezza (entità fisica data dalla proprietà dei corpi di avere un'estensione geometrica) e il **metro di riferimento**.

Metro di riferimento

Pertanto dire 1,55 m vuole dire che la lunghezza dello spigolo misurata equivale ad 1,55 volte quella del metro, inteso come oggetto standardizzato, eguale per tutti, la cui misura è garantita essere eguale a quella di un **campione depositato presso il Museo di Pesi e Misure di Parigi**.

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].

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 **m³**, cioè m elevato alla terza potenza. Dimensionalmente significa:

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

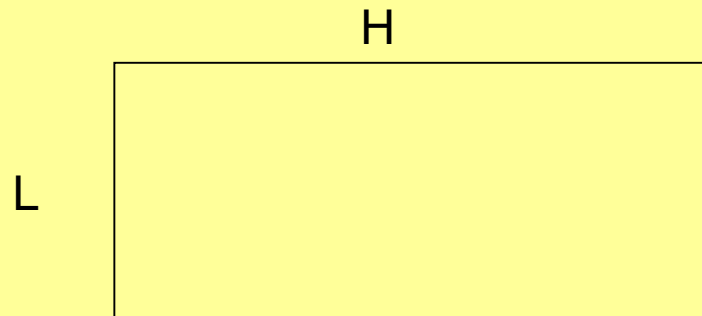
Sistema coerente

- 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	[θ]	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

Unità derivate del SI

➤ Tutte le unità derivate del sistema internazionale possono ottenersi mediante la relazione:

$$u_{SI} = m^{\alpha} \cdot kg^{\beta} \cdot s^{\gamma} \cdot A^{\delta} \cdot K^{\varepsilon} \cdot mol^{\zeta} \cdot cd^{\eta}$$

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^2
Forza	$[MLT^{-2}]$	newton	$1N=1kg/s^2$
Energia, Lavoro, Calore	$[ML^2T^{-2}]$	joule	$1J=1Nm$
Potenza	$[ML^2T^{-3}]$	watt	$1W=1J/s$
Pressione	$[ML^{-1}T^{-2}]$	pascal	$1Pa=1N/m^2$
Volume	$[L^3]$	metro cubo	m^3
Volume specifico	$[L^3/M]$	metrocubo/kilogrammo	m^3/kg
Densità (massa volumica)	$[ML^{-3}]$	kilogrammo/metro cubo	kg/m^3
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^3/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 ² 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	μ	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]
- Peso [kg_f - kp]
- Energia termica [cal]
- Energia meccanica [$\text{kg}_f \cdot \text{m}$]
- 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 ³
Massa	libbra	lb	$4.536 \cdot 10^{-1}$	kilogrammo	kg
Pressione	kilogrammo forza / metro quadro	kp/m ²	9.807	Pascal	Pa
Energia	kilocaloria	kcal	$4.187 \cdot 10^3$	joule	J
Forza	kilogrammo forza	kg _f	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

- $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$ multiplo $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ multiplo $1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$
- $1 \text{ kcal} = 1,163 \text{ Wh}$
- Tep (tonnellata equivalente di petrolio) = $4,186 \cdot 10^{10} \text{ J}$
- kep (chilogrammo equivalente di petrolio) = $4,186 \cdot 10^7 \text{ J}$

POTENZA ED ENERGIA

Per trasformare	in	moltiplicare per
kcal/h	W	1,163
CV	kW	0,7355
kcal	MJ	0,004187
Mcal	MJ	4,187
MWh	MJ	3600
MJ	kWh	0,278
kgm	Wh	0,00272
CVh	MJ	2,6478
BTU	kJ	1,055

PRESSIONE

Per trasformare	in	moltiplicare per
mbar	Pa	100
Pa	mbar	0,01
mmH ₂ O	Pa	9,807
mmH ₂ O	daPa	0,9807 (≅ 1)

- Per esprimere una misura di forza peso pari a 20 kp, dobbiamo convertirla nell'unità di misura corrispondente del Sistema Internazionale, il *newton*, nel modo seguente:

$$20 \text{ kp} = 20 \cdot 9,807 \cong 196 \text{ N}$$

- Per quanto riguarda l'unità di misura del calore che veniva utilizzata nel Sistema Tecnico, la caloria, il fattore di conversione 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).

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

Da cui discende:

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

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

$$3500\text{ cal} = 3,5\text{ kcal} = 3,5 \cdot 4186\text{ J} = 14651\text{ J} = 14,651\text{ kJ}$$

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

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

- 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:

$$10 \text{ kWh} = 10 \cdot 3600 \text{ kJ} = 36000 \text{ kJ}$$

- 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**.
- $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$
 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$
 $1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} \Rightarrow 1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$
 $1 \text{ mmHg} = 133,3 \text{ Pa}$

Esercizio 1

Per i seguenti valori numerici:

$$A = 5.31 \text{ kp}$$

$$B = 431.73 \text{ kcal}$$

$$C = 450 \text{ gal}$$

$$D = 7.003 \text{ HP}$$

si individui la grandezza fisica corrispondente e si convertano i valori sopra riportati in unità SI

Svolgimento esercizio 1

A è forza

$$F = 5.31 \text{ kp} = 5.31 \cdot 9.807 = 5.21 \cdot 10 \text{ [N]}$$

B è energia

$$E = 431.73 \text{ kcal} = 431.73 \cdot 4.187 \cdot 10^3 = 1.808 \cdot 10^6 \text{ [J]}$$

C è volume

$$V = 4500 \text{ gal} = 4500 \cdot 4.546 \cdot 10^{-3} = 2.046 \cdot 10 \text{ [m}^3\text{]}$$

D è potenza

$$P = 7.003 \text{ HP} = 7.003 \cdot 7.45 \cdot 10^2 = 5.22 \cdot 10^3 \text{ [W]}$$

Esercizio 2

Per i seguenti valori numerici:

$$E = 56.8 \text{ } ^\circ \text{ F}$$

$$F = 3.5 \text{ bar}$$

si individui la grandezza fisica corrispondente e si convertano i valori sopra riportati in unità SI

Svolgimento esercizio 2

Per i seguenti valori numerici:

E è una temperatura $E = 56.8 \text{ } ^\circ \text{F} = (56-32)/1.8 = 13.8 \text{ } ^\circ \text{C}$

F è una pressione $F = 3.5 \text{ bar} = 3.5 \cdot 1 \cdot 10^5 = 0.35 \text{ Mpa} = 0.35 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Esercizio 3

Effettuare l'analisi dimensionale della grandezza fisica espressa dalla relazione:

$$x = f \cdot \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \left(\frac{w^2}{2} \right) \cdot \rho$$

in cui:

f è un coefficiente numerico adimensionale,

L è la lunghezza di una tubazione,

D è il suo diametro,

w è la velocità del fluido che scorre in essa

ρ è la sua densità.

Svolgimento esercizio 3

$$x = f \cdot \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \left(\frac{w^2}{2} \right) \cdot \rho$$

$$[x] = \frac{[L] \cdot [L^2] \cdot [M]}{[L] \cdot [T^2] \cdot [L^3]} = [L^{1+2-1-3}] \cdot [M] \cdot [T^{-2}] = [L^{-1} M T^{-2}]$$

La grandezza X ha le dimensioni di una pressione.

$$[x] = \frac{[m] \cdot [m^2] \cdot [kg]}{[m] \cdot [s^2] \cdot [m^3]} = [m^{1+2-1-3}] \cdot [kg] \cdot [s^{-2}] =$$

$$[m^{-1} kg \cdot s^{-2}] = \left[\frac{kg}{m \cdot s^2} \cdot \frac{m}{m} \right] = Pa$$

L'unità di misura della grandezza x è il Pascal.

Esercizio 4

Effettuare l'analisi dimensionale della grandezza fisica espressa dalla relazione:

$$J = \frac{w \cdot A \cdot M \cdot p \cdot \Delta\theta}{s \cdot a \cdot V}$$

in cui

w è una velocità,

A è una superficie,

M è il peso molecolare,

p è una pressione,

$\Delta\theta$ è un intervallo di tempo,

s è una lunghezza,

a è un'accelerazione

V un volume.

Svolgimento esercizio 4

$$J = \frac{w \cdot A \cdot M \cdot p \cdot \Delta\theta}{s \cdot a \cdot V}$$

$$[J] = \frac{[LT^{-1}] \cdot [L^2] \cdot [ML^{-1}T^{-2}] \cdot [T]}{[L] \cdot [LT^{-2}] \cdot [L^3]} = [L^{1+2-1-1-3}] \cdot [M] \cdot [T^{1-1}] = [ML^{-3}]$$

La grandezza J ha le dimensioni di una densità.

$$[J] = \frac{\left[\frac{m}{s}\right] \cdot [m^2] \cdot \left[\frac{N}{m^2}\right] \cdot [s]}{[m] \cdot \left[\frac{m}{s^2}\right] \cdot [m^3]} = \frac{[N \cdot m]}{\left[\frac{m^5}{s^2}\right]} = \frac{kg \cdot m \cdot m \cdot s^2}{s^2 \cdot m^5} = \frac{kg}{m^3}$$

	UNITÀ DI MISURA	SIMBOLO	FATTORE DI CONVERSIONE
Energia	chilocaloria	kcal	$4,18 \cdot 10^3$
	chilowattora	kWh	$3,6 \cdot 10^6$
	chilowattora	kWh	859,84
	chilogrammetro	kg_fm	9,80
	British thermal unit	Btu	$1,055 \cdot 10^3$
	petrolio equivalente	tep	10^7
			1Mtep
Potenza	chilocaloria per ora	kcal/h	1,163
	chilogrammetro al secondo	kg_f/s	9,80

potenza	chilocaloria per ora	kcal/h	1,163	W
	chilogrammetro al secondo	kg _f /s	9,80	W
pressione	bar	bar	10 ⁵	Pa
	chilogrammo per metro quadrato	kg _f /m ²	1	mm H ₂ O
	chilogrammo per metro quadrato	kg _f /m ²	9,80	Pa
	atmosfera fisica	atm	1,013 • 10 ⁵	Pa
	atmosfera fisica	atm	760	mm Hg
	atmosfera fisica	atm	1,033 • 10 ⁴	mm H ₂ O
lunghezza	inch (pollice)	in	0,0254	m
	foot (piede)	ft	0,3048	m
massa	pound (libbra)	lb	0,4536	kg
	ounce (oncia)	oz	2,83 • 10 ⁻²	kg
forza	chilogrammo	kg _f	9,80	N
	pound (libbra)	lb _f	4,44	N