

FONDAMENTI di FISICA TECNICA

Marco Frascarolo/Emanuele de Lieto Vollaro

Marco.frascarolo@uniroma3.it

Emanuele.delietovollaro@uniroma3.it



Anno 2017/18

**GRANDEZZE-UNITA' DI MISURA
ANALISI DIMENSIONALE**

MATERIALE DIDATTICO

1. Yunus A. Çengel, “Termodinamica e trasmissione del calore”, McGraw-Hill

2. Giuliano Dall’O “Architettura e impianti”, CittàStudi

3. PRESENTAZIONI SVOLTE DURANTE IL CORSO

Fondamenti di Fisica tecnica

Anno 2017/18

Emanuele.delietovollaro@uniroma3.it

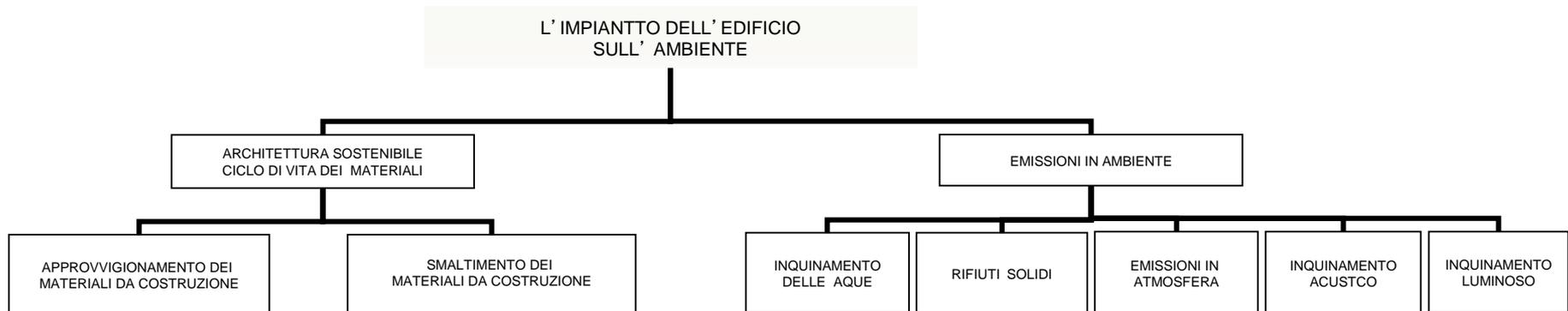
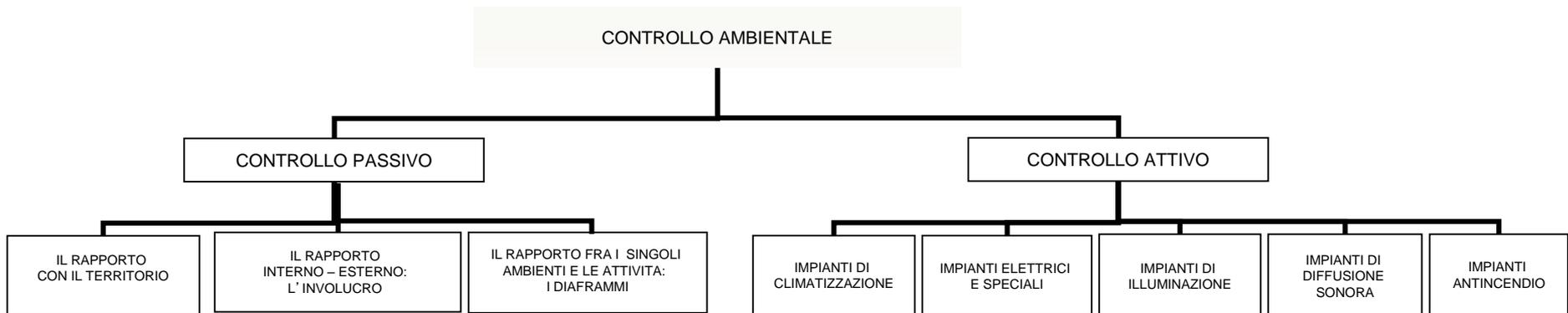
http://www.lift.uniroma3.it/didattica_LaboratorioFisicaTecnica.html

Testi

Termodinamica e Trasmissione del calore

Autore: Yunus Cengel

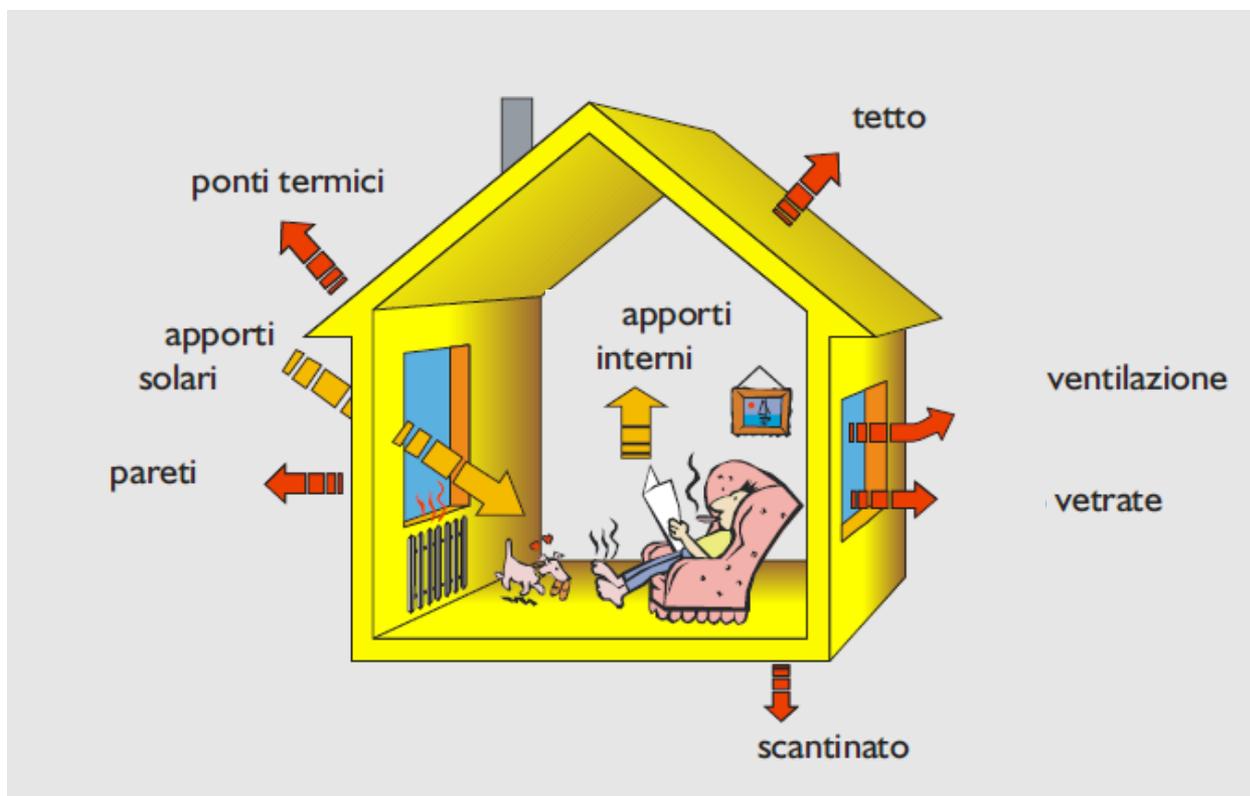
AMBITI DI STUDIO DELLA FISICA TECNICA/IMPIANTI



Sistema Edificio-impianto: Bilancio energetico di un edificio

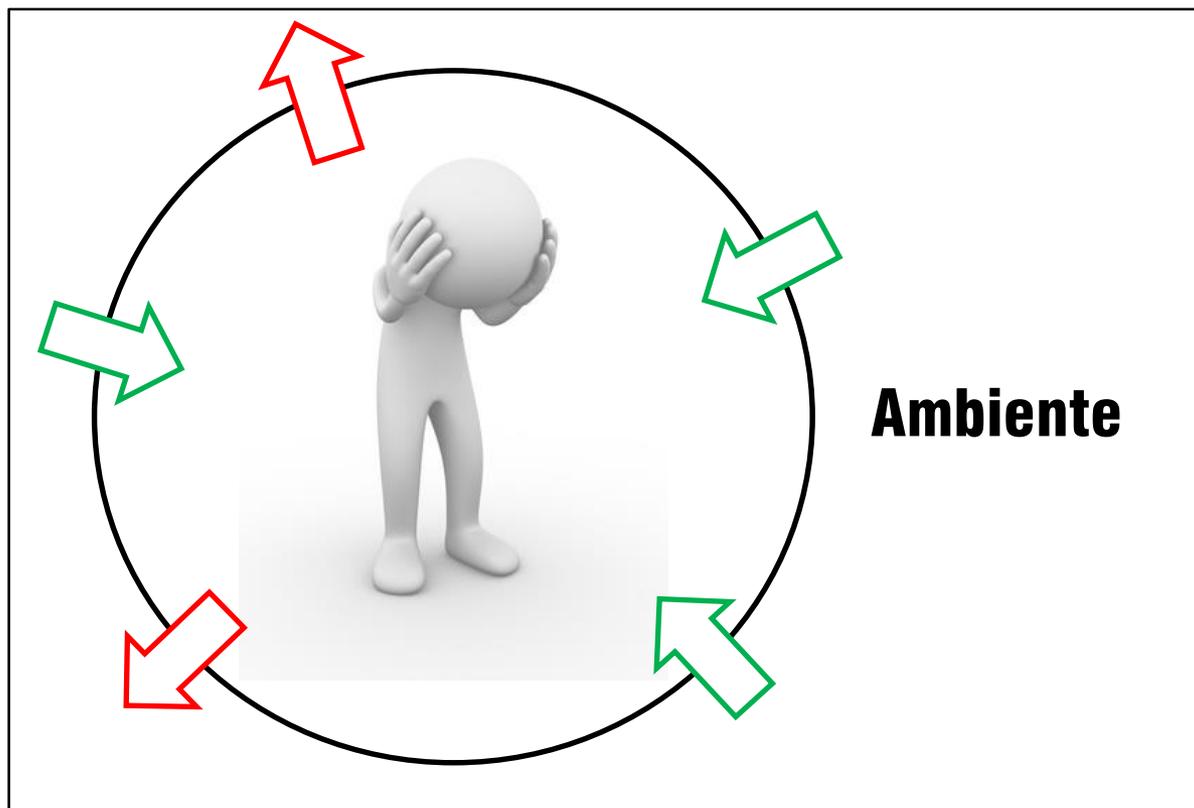
L'edificio va quindi considerato come un sistema complesso che interagisce con l'ambiente esterno mediante **flussi di materia ed energia**.

calore entrante o uscente dall'involucro



Benessere

Si considera l'**uomo** inserito in un **ambiente** con il quale mantiene una serie di **relazioni** che è necessario conoscere per poter ottimizzare un qualsiasi progetto di architettura.



Grandezze fisiche e sistemi di unità di misura

Descrizione dei fenomeni fisici:

- " termici
- " termodinamici

Grandezza:

ente capace di fornire descrizioni del fenomeno fisico, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, in base a regole opportunamente e convenzionalmente assunte

- Grandezze Fondamentali
- Grandezze Derivate

Definire quantitativamente la grandezza fisica, cioè associare ad essa un numero, individua la *misurazione*

Sistemi di Unità di Misura:

Insieme di unità fisiche atte a misurare le diverse grandezze coordinate tra loro in modo opportuno

Sistema di Unità di Misura Internazionali SI

Sistema Tecnico

Sistemi CGS ed MKS

American Engineering



Sistema SI_ Unità fondamentali e supplementari

Sistema di Unità di Misura Internazionali SI 1960-1966

Le unità di misura legali da utilizzare per esprimere le grandezze sono riportate nel D.P.R. 12 agosto 1982, n. 802, "Attuazione della Direttiva CEE n. 80/181 relativa alle unità di misura"

Le unità di misura di tutte le grandezze fisiche si basano su sette grandezze fondamentali e due grandezze supplementari

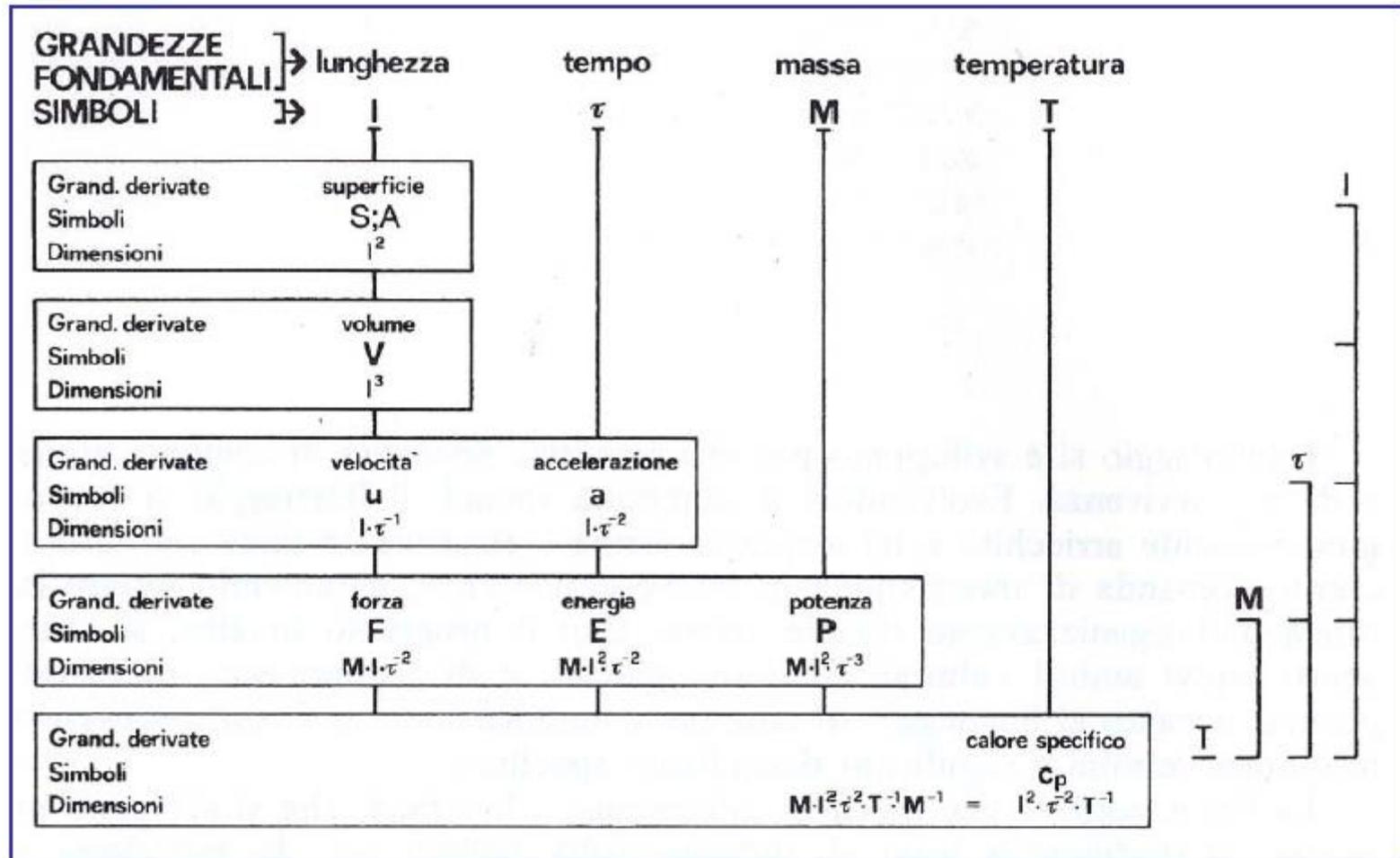
Unità fondamentali

<i>Grandezza</i>	<i>Unità</i>	<i>Simbolo</i>
Lunghezza	metro	m
Massa	Kilogrammo	Kg
Tempo	secondo	s
Intensità di corrente elettrica	ampère	A
Temperatura termodinamica (T)	kelvin	K
Intensità luminosa	candela	cd
Quantità di materia	mole	mol

Unità supplementari

Angolo piano	radiante	rad
Angolo solido	steradiane	sr

Esempi di grandezze fondamentali e derivate



➔ **Forza** forza che imprime ad un corpo con massa 1 Kg l'accelerazione di 1 m/s^2
N Newton

➔ **Lavoro; energia; quantità di calore**

lavoro compiuto dalla forza di 1 N quando il suo punto di applicazione si sposta di 1 m nella direzione e nel verso della forza

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

➔ **Potenza; flusso energetico**

Potenza di un sistema che produce il lavoro di 1 J in un s.

Watt W $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

➔ **Pressione**

pressione esercitata dalla forza di 1 N applicata perpendicolarmente ad una superficie con area di 1 m^2

pascal Pa $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

Distinte le grandezze e le relative unità di misura in *fondamentali*, fissate direttamente ed arbitrariamente, e *derivate*, con definizioni e corrispondenti unità di misura assunte in funzione di quelle fondamentali, si definisce

dimensione di una grandezza derivata rispetto ad una data grandezza fondamentale l'esponente della potenza della grandezza fondamentale considerata cui la grandezza derivata è proporzionale

Sia y una grandezza derivata e x_1, x_2, \dots, x_n grandezze fondamentali, il loro legame funzionale può essere rappresentato da una relazione del tipo:

$$y = x_1^\alpha x_2^\beta \dots x_n^\zeta$$

In cui gli esponenti $\alpha, \beta, \dots, \zeta$ prendono il nome di dimensioni della grandezza fisica y rispetto alle grandezze fondamentali x_1, x_2, \dots, x_n

Grandezza	Dimensioni	Unità SI	Simbolo
Velocità	$[LT^{-1}]$	metro/secondo	m/s
Accelerazione lineare	$[LT^{-2}]$	metro/secondo quadrato	m/s ²
Densità (massa volumica)	$[MT^{-3}]$	Kilogrammo/metro cubo	Kg/m ³



Trasmissione del calore _ energia termica

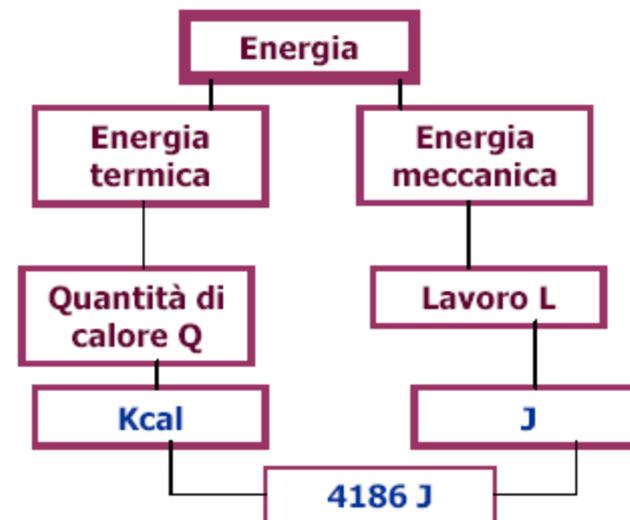
Il calore è una forma di energia e la sua unità di misura è il Joule, (J), o la Kilocaloria

1 Kcal

è la quantità di calore o l'equivalente meccanico necessario per innalzare la temperatura di un Kg di acqua distillata da 14,5 a 15,5 °C in condizioni di pressione normale.

La pressione normale di riferimento: $1 \text{ atm} = 101,325 \text{ N/m}^2 = 760 \text{ Torr}$ al livello del mare

1 Kcal corrisponde a 4186 Joule





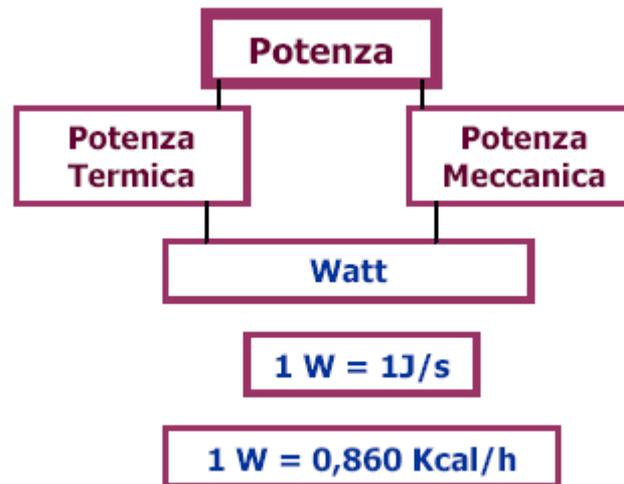
Trasmissione del calore _ potenza

La Potenza è definita come lavoro sviluppato nell'unità di tempo

Nel 1873 è stata introdotta l'unità Watt (W) :

$$1W = 1Js^{-1}$$

Il flusso di calore o la potenza termica q sono la quantità di calore rispettivamente trasmessa o sviluppata nell'unità di tempo, misurata in Watt



Che Cos'è l'Energia?

L'**energia** è definita come la capacità di un corpo o di un sistema di compiere lavoro

Che Cos'è la Potenza?

La **potenza** è definita come la rapidità con cui viene sviluppata una certa quantità di lavoro



L'uomo ha esercitato una forza sull'oggetto e lo ha spostato pertanto l'uomo ha energia dentro di sé

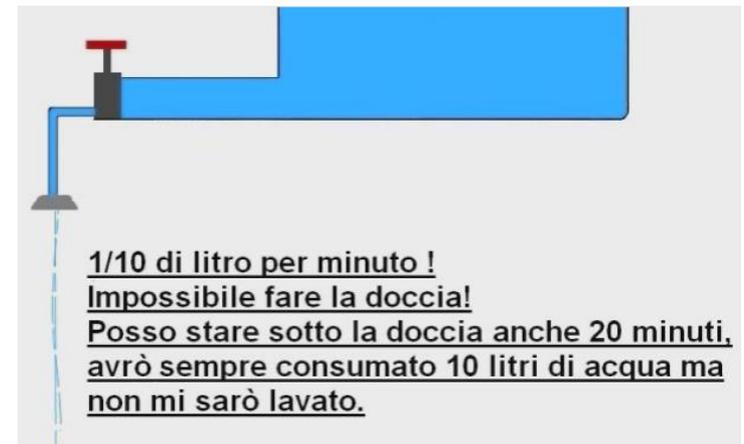
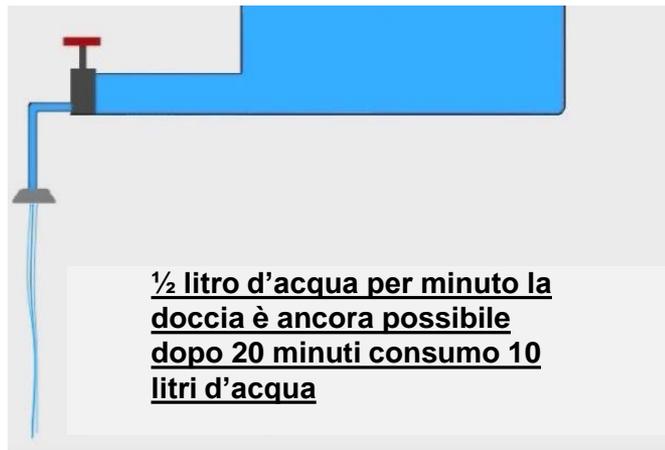
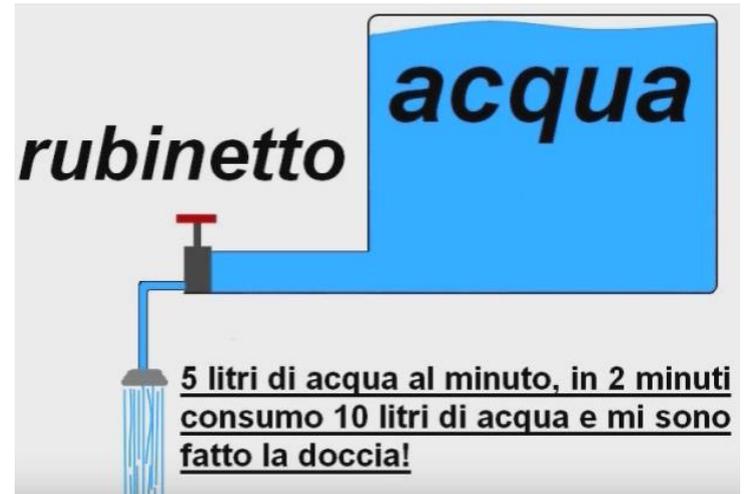
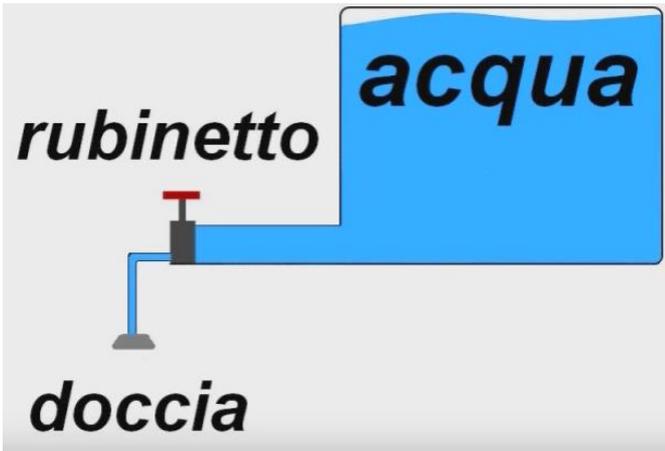


Il vento esercita una forza sull'albero spostando le piante pertanto il vento ha energia dentro di sé



Un'onda esercita una forza in grado di spostare più persone pertanto l'onda ha energia dentro di sé







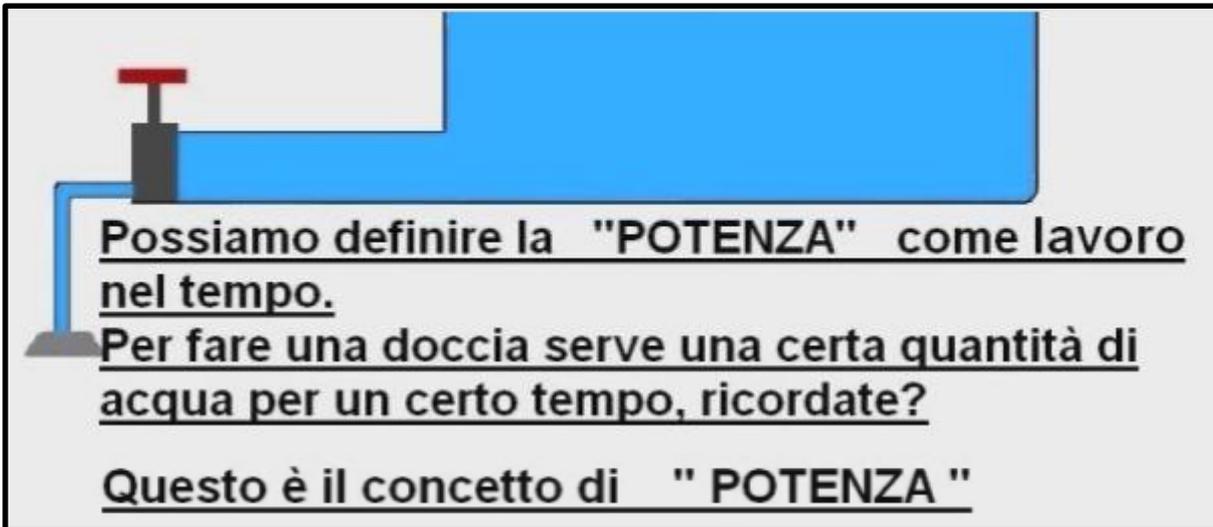
Possiamo dire che "acqua = energia"
Nel serbatoio ne ho molta, posso anche
averne una quantità immensa, una quantità
che magari nemmeno riuscirò mai a consu-
mare!

Questa è "ENERGIA"



Posso averne quanta ne voglio ma, per usarla
deve essere disponibile e regolata a seconda
dei miei bisogni!
Inutile avere troppa acqua in poco tempo così
come è inutile averne troppo poca per molto
tempo.

Adesso ci avviciniamo al concetto di "POTENZA"



Possiamo definire la "POTENZA" come lavoro
nel tempo.

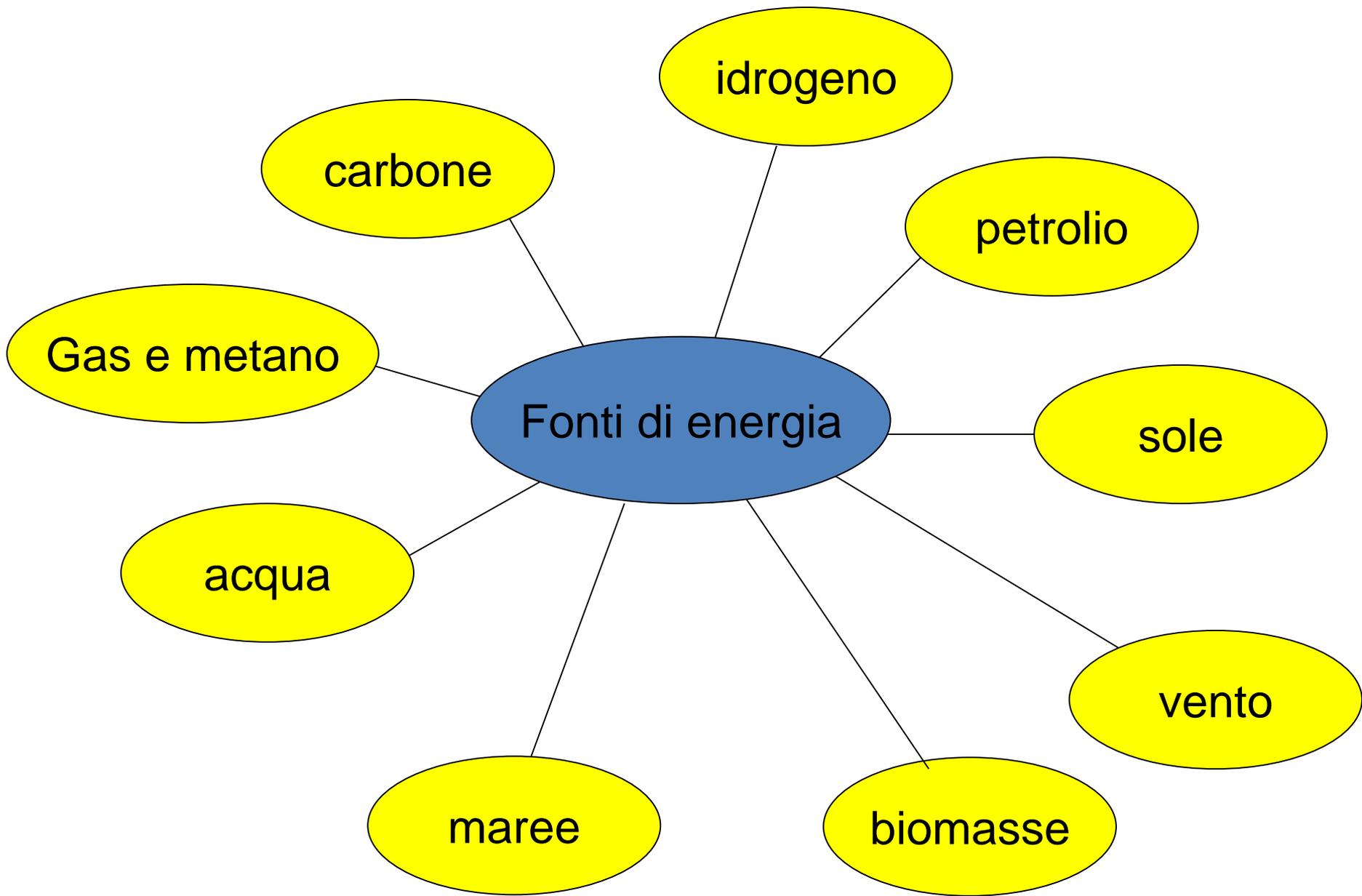
Per fare una doccia serve una certa quantità di
acqua per un certo tempo, ricordate?

Questo è il concetto di " POTENZA "

Elettrica o termica il concetto si applica alla stessa maniera.

Dire 5 litri per minuto o dire 300 litri ora è la stessa cosa, stiamo sempre parlando della stessa potenza.

Cambia la quantità di acqua nel tempo!

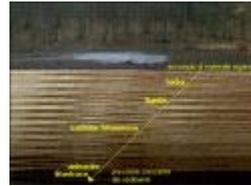


Carbone



Il **carbone** è un combustibile fossile estratto dal terreno in miniere sotterranee o a cielo aperto.

È un combustibile pronto all'uso, formato da roccia sedimentaria nera o bruna.



È composto principalmente da carbonio e idrocarburi, oltre a vari altri elementi assortiti, compresi alcuni a base di zolfo .



Gas e metano

Il gas naturale è un gas prodotto dalla decomposizione anaerobica di materiale organico.

In pratica, un gas può anche essere definito come un aeriforme non condensabile a temperatura ambiente.

Il metano è un idrocarburo semplice formato da un atomo di carbonio e 4 di idrogeno; la sua formula chimica è CH_4 , e si trova in natura sotto forma di gas.



Metano CH_4

acqua

*L'acqua, in condizioni di temperatura e pressione standard, è un liquido incolore e insapore, con punto di fusione a 0 °C e punto di ebollizione a 100 °C. La sua molecola è composta da un atomo di ossigeno cui sono legati due atomi di idrogeno; la sua formula chimica è pertanto **H₂O**.*



vento

Il **vento** è un fenomeno naturale che consiste nel movimento ordinato, quasi orizzontale, di masse d'aria dovuto alla differenza di pressione tra due punti dell'atmosfera. In presenza di due punti con differente pressione si origina una forza detta *forza del gradiente di pressione* o *forza di gradiente* che agisce premendo sulla massa d'aria per tentare di ristabilire l'equilibrio.

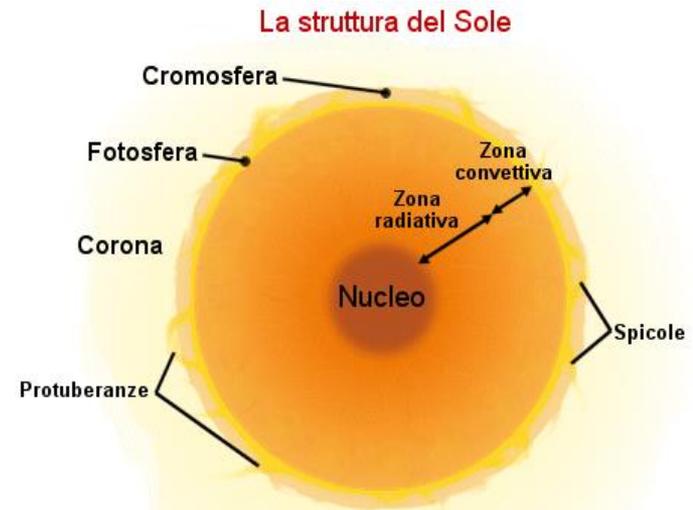


sole

*Il **Sole** è la stella madre del sistema solare, attorno al quale orbitano gli otto pianeti principali, il pianeta nano Plutone*

e innumerevoli altri corpi minori, tra cui gli asteroidi, una buona parte di comete, le comete, gli oggetti trans-nettuniani e polvere sparsa per lo spazio.

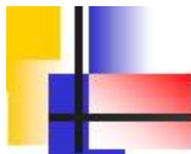
Il simbolo astronomico del Sole consiste di un cerchio con un punto al centro



Energia termica

*L'**energia termica** è la forma di energia derivata da una qualsiasi fonte di calore.*

Macroscopicamente la quantità posseduta di tale energia è proporzionale alla **temperatura**, alla **massa** e al **calore specifico** del corpo (**capacità termica**).



Unità di energia

Unità	<i>Joule</i> J	<i>Kilogrammitor- zometro</i> kgf · m	<i>Kilocalorie</i> kcal	<i>Kilowatt ora</i> kW · h	<i>Cavallo vapore ora</i> CV h	<i>British thermal unit</i> Btu
1 J = 10 ⁷ erg =						
1 Nm = 1 Ws =	1	0,101972	$2,38844 \cdot 10^{-4}$	$2,77778 \cdot 10^{-7}$	$3,77673 \cdot 10^{-7}$	$9,47817 \cdot 10^{-4}$
1 kgfm =	9,80665	1	$2,34228 \cdot 10^{-3}$	$2,72407 \cdot 10^{-6}$	$3,70370 \cdot 10^{-6}$	$0,29491 \cdot 10^{-3}$
1 kcal =	$4,1868 \cdot 10^3$	426,935	1	$1,16300 \cdot 10^{-3}$	$1,58124 \cdot 10^{-3}$	3,96832
1 kW h =	$3,6 \cdot 10^6$	$3,670978 \cdot 10^5$	859,845	1	1,35962	$3,41214 \cdot 10^3$
1 CV h =	$2,647796 \cdot 10^6$	$2,70000 \cdot 10^5$	632,416	0,735409	1	$2,50963 \cdot 10^3$
1 Btu =	$1,055056 \cdot 10^3$	$1,075857 \cdot 10^2$	0,251996	$2,93071 \cdot 10^{-4}$	1	



Unità di energia(lavoro)_Fattori di conversione

UNITÀ	<i>cercata in</i>							
<i>data in ↓</i>	eV	erg	J	kgm	kWh	lbf ft	l atm	ton (di TNT)
eV	1	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$	$1,63 \cdot 10^{-20}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$1,18 \cdot 10^{-19}$	$1,58 \cdot 10^{-21}$	$3,81 \cdot 10^{-29}$
erg	$6,24 \cdot 10^{11}$	1	10^{-7}	$1,02 \cdot 10^{-8}$	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$7,38 \cdot 10^{-8}$	$9,87 \cdot 10^{-10}$	$2,38 \cdot 10^{-17}$
J	$6,24 \cdot 10^{18}$	10^7	1	0,102	$2,78 \cdot 10^{-7}$	0,738	$9,87 \cdot 10^{-37}$	$2,38 \cdot 10^{-10}$
kgm	$6,12 \cdot 10^{19}$	$9,81 \cdot 10^7$	9,8062	1	$2,72 \cdot 10^{-6}$	7,23	$9,68 \cdot 10^{-2}$	$2,33 \cdot 10^{-9}$
kWh	$2,25 \cdot 10^{25}$	$3,6 \cdot 10^{13}$	$3,6 \cdot 10^6$	$3,67 \cdot 10^5$	1	$2,66 \cdot 10^6$	$3,55 \cdot 10^4$	$8,57 \cdot 10^{-4}$
lbf ft	$8,46 \cdot 10^{18}$	$1,36 \cdot 10^7$	1,36	0,138	$3,77 \cdot 10^{-7}$	1	$1,36 \cdot 10^{-2}$	$3,29 \cdot 10^{-10}$
l atm	$6,32 \cdot 10^{20}$	$1,01 \cdot 10^9$	101	10,33	$2,81 \cdot 10^{-5}$	73,31	1	$2,41 \cdot 10^{-8}$
ton (di TNT)	$2,62 \cdot 10^{28}$	$4,2 \cdot 10^{16}$	$4,2 \cdot 10^9$	$4,29 \cdot 10^8$	$1,17 \cdot 10^3$	$3,04 \cdot 10^9$	$4,15 \cdot 10^7$	1

memento :

eV = elettronvolt	kWh = chilowattora	ton (di TNT) = energia liberata
J = joule	lbf ft = libbra-forza piede	dalla distruzione di una
kgm = chilogrammetro	l atm = litro atmosfera	tonnellata di tritolo

Unità di energia (quantità di calore)_ Fattori di conversione

UNITÀ	<i>cercata in</i>			
<i>data in</i> ↓	cal_{IT}	J	th	Btu_{IT}
cal_{IT}	1	4,1868	10^{-6}	$3,97 \cdot 10^{-3}$
J	0,239	1	$2,39 \cdot 10^{-7}$	$9,48 \cdot 10^{-4}$
th	10^6	$4,19 \cdot 10^6$	1	$3,97 \cdot 10^3$
Btu_{IT}	252	1 055,06	$2,52 \cdot 10^{-4}$	1

memento :

cal_{IT} = caloria internazionale
 th = termia

Btu_{IT} = british thermal unit (internazionale)

Trasmissione del calore_Fattori di conversione

Kcal/h → W

$$1 \text{ Kcal} = 4186 \text{ J}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s} \longrightarrow \underline{1 \text{ Kcal/h}} = 4186 \text{ J/h} = 4186/3600 \text{ J/s} = \underline{1,163 \text{ W}}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

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

$$1 \text{ Kcal} = 4186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal/s} = 4186 \text{ W}$$

$$1 \text{ Kcal/h} = 1,163 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 0,860 \text{ kcal/h}$$

$$W = \text{kcal/h}$$

$$1W = 1J/s$$

$$1\text{kcal} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$1\text{kcal/h m } ^\circ\text{C} = 1,1636 \text{ W/m K}$$

$$1 \text{ kcal/ Kg } ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ kJ / Kg K}$$

Assumendo come unità la kilocaloria il calore specifico dell'acqua risulta 1:

$$\text{Kcal/h} \longrightarrow c_p = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$\text{Watt} \longrightarrow c_p = 4186 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$$



Unità di pressione

La pressione p è definita come forza incidente sull'unità di superficie
l'unità nel Sistema SI è il *pascal*, **Pa**:

$$1Pa = 1Nm^{-2}$$

Per molto tempo l'unità di misura prevalente è stata l'*atmosfera*, **atm**, definita come la *pressione esercitata da una colonna di mercurio alta 760 mm, al livello del mare, a 45° di latitudine e a 0 °C*

In identiche condizioni la pressione poteva essere misurata in **torr** definita come la pressione esercitata da 1 mm di mercurio.

Il ***torr*** è generalmente espresso nella forma **mmHg**:

$$1atm = 760 torr = 760 mmHg$$

Risulta inoltre:

$$1atm = 10330kpm^{-2}$$

Un liquido, avente peso specifico γ che riempie una colonna di altezza H e di sezione unitaria, ha peso $H\gamma$, corrispondente alla sezione esercitata sulla base. Per il mercurio γ risulta $13,5956 \text{ g/cm}^3$; la colonna esercita quindi una pressione di 10330 Kg/m^2

Unità di pressione

Nel 1954 l'unità ***atmosfera, atm***, è stata ridefinita nella forma:

$$\mathbf{1\ atm = 101325\ Pa}$$

Risultando:

$$1\ Pa = 0,98692 \cdot 10^{-5}\ atm$$

$$1\ Pa = 1,01976 \cdot 10^{-5}\ at$$

L'unità multipla del Pascal, denominata ***bar***, è definita: $1\ bar = 10^5\ Pa$

Le relazioni con le unità *atmosfera* e *atmosfera tecnica*, risultano:

$$\mathbf{1\ bar = 0,98692\ atm = 1,01976\ at}$$

L'***atmosfera tecnica, at***,

introdotta dal Sistema Tecnico, è definita dalla relazione :

$$1\ at = 1\ kpc\ m^{-2}$$

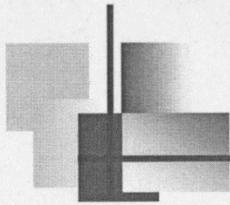
e in pascal:

$$1\ at = 9,81 \cdot 10^4\ Pa$$



Unità di pressione_ Fattori di conversione in unità SI

Pressione	1 Pa	pascal	1 N/m ²
	1 at	atmosfera tecnica 1 at = 1 kgf/m ²	98 066,5 Pa
	1 atm	atmosfera fisica 1 atm = 10 330 kgf/m ² 1 atm = 10 330 mmH ₂ O	101 325 Pa (1,013 25 bar)
	1 bar		10 ⁵ Pa
	1 baria	1 dyn/cm ²	0,1 Pa
	1 inHg		3 390 Pa
	1 kgf/m ²	o 1 kp/m ²	9,806 65 Pa
	1 mmHg	Chiamato anche torr	133,322 Pa
	1 mmH ₂ O	1 mmH ₂ O = 10 ⁻⁴ at	9,806 65 Pa
	1 pdl/ft ²		1,49 Pa
1 psi		6,89 × 10 ³ Pa	



Temperatura

Nel sistema SI la Temperatura , individuata quale grandezza termodinamica, con riferimento al Teorema di Carnot, risulta la quinta grandezza fondamentale

Concetto di Temperatura

Principio zero della termodinamica:

"gli insiemi dei punti di equilibrio di due sistemi fisici posti in contatto diatermico presentano valori esprimibili come insieme intersezione degli insiemi dei valori delle grandezze di stato dei due sistemi. Il predetto insieme si assume a dominio di una grandezza di stato cui viene dato il nome di temperatura e ogni suo possibile ordine di numerazione si assume a scala di misura di tale grandezza"

La temperatura è la grandezza di stato che assume lo stesso valore in due sistemi che, posti a contatto diatermico, sono pervenuti in condizioni di equilibrio

La **densità** ρ esprime la massa dell'unità di volume occupato da una sostanza, in Kg/m^3 , risulta quindi sinonimo della *massa volumica*

Per **Peso specifico** γ , espresso in N/m^3 si intende il peso dell'unità di volume di una sostanza:

$$\gamma = g\rho$$

Tablelle delle unità di misura

TABELLA 1.6
Unità SI. Multipli e sottomultipli

Nome	Simbolo	Fattore di moltiplicazione	
unità	1	1	1
deca	da	10^1	10
etto	h	10^2	100
kilo	k	10^3	1.000
mega	M	10^6	1.000.000
giga	G	10^9	1.000.000.000
tera	T	10^{12}	1.000.000.000.000
⋮	⋮	⋮	⋮

Nome	Simbolo	Fattore di demoltiplicazione	
deci	di	10^{-1}	
centi	c	10^{-2}	
milli	m	10^{-3}	
micro	μ	10^{-6}	
nano	n	10^{-9}	
pico	p	10^{-12}	
⋮	⋮	⋮	⋮

Esempio

$$\begin{aligned}
 1 \text{ millimetro:} & \quad 1 \text{ mm} & = & 1 \cdot 10^{-3} \text{ m} & = & 0,001 \text{ m} \\
 1 \text{ micrometro:} & \quad 1 \mu\text{m} & = & 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} & = & 0,000.001 \text{ m} \\
 1 \text{ nanometro:} & \quad 1 \text{ nm} & = & 1 \cdot 10^{-9} \text{ m} & = & 0,000.000.001 \text{ m} \\
 1 \text{ unità Angstrom:} & \quad 1 \text{ U.A.} & = & 1 \cdot 10^{-10} \text{ m} & = & 0,000.000.001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$3.500.000 \text{ Watt} = 3,5 \cdot 10^6 \text{ Watt} = 3,5 \text{ MW (Megawatt)}$$

Tab. 3 Unità SI, multipli e sottomultipli

*Il Sistema internazionale:
sistemi di misura e cifre significative*

Esercizi

Esercizio

- Analisi dimensionale della grandezza “Forza” e relativa unità di misura nel sistema internazionale.

$$F = M \cdot a = M \cdot l \cdot t^{-2} = [N]$$

Esercizio

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

$$Q = G \rho C_p DT$$

in cui, G è una Portata, ρ è una densità, C_p è un calore specifico, DT è una differenza di temperatura.

Esercizio

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

$$Q = G \rho C_p DT$$

in cui, G è una Portata, ρ è una densità, C_p è un calore specifico, DT è una differenza di temperatura.

$$G = l^3 t^{-1}$$

$$\rho = M l^{-3}$$

$$C_p = \cancel{M} l^2 t^{-2} M^{-1} T^{-1}$$

$$DT = T$$

$$Q = \cancel{l^3} t^{-1} M \cancel{l^3} l^2 t^{-2} \cancel{T^{-1}} T$$

forza F $M \cdot l \cdot t^{-2}$	energia E $M \cdot l^2 \cdot t^{-2}$	potenza P $M \cdot l^2 \cdot t^{-3}$
-----------------------------------------------	---------------------------------------------------	---------------------------------------------------

Esercizio

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 numero di moli, p è una pressione, $\Delta\theta$ è un intervallo di tempo, s è una lunghezza, a è un'accelerazione e V un volume.

Svolgimento esercizio

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

La grandezza J ha le dimensioni di una densità.

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

Esercizio

Si determini il consumo di energia elettrica giornaliero di un appartamento di cui sotto:

PHON	1500 W	Utilizzo 15 minuti (tra le ore 07:00-8:00)
3 LAMPADIE	da 75 W	Utilizzo 1 h (tra le ore 18:00-21:00)
FORNO	2 KW	Utilizzo 45 minuti (ore 13)
TELEVISIONE	20 W	Utilizzo 1 h alle 8:00 e 2 h alle 21:00
LAVASTOVIGLIE	2 KW	Utilizzo 25 minuti pomeriggio
ASPIRAPOLVERE	1500 W	Utilizzo 20 minuti alle ore 20:00
SPREMI AGRUMI	40 W	Utilizzo 5 minuti tra le 7:00 e le 8:00

Calcolare inoltre il costo totale considerando che in fascia F1 (tra le ore 8:00-19:00) il costo dell'energia elettrica è di circa 0,25 €/KWh ed in fascia F2 (19:00-8:00) il costo è di circa 0,15 €/KWh.

Svolgimento esercizio

PHON	1500 W	Consumo $(15/60)*1500 \text{ W} = 0,375 \text{ KWh}$
3 LAMPADE	75 W	Consumo $(3* 1h) *75 \text{ W} = 0,225 \text{ KWh}$
FORNO	2 KW	Consumo $(45/60) *2 \text{ KW} = 1,5 \text{ KWh}$
TELEVISIONE	20 W	Consumo $3h * 20 \text{ W} = 0,06 \text{ KWh}$
LAVASTOVIGLIE	2 KW	Consumo $(25/60)* 2 \text{ KW} = 0,83 \text{ KWh}$
ASPIRAPOLVERE	1500 W	Consumo $(20/60)* 1500 \text{ W} = 0,5 \text{ KWh}$
SPREMI AGRUMI	40 W	Consumo $(5/60)* 40 \text{ W} = 0,0033 \text{ KWh}$

Consumo finale= 3,5 KWh

Svolgimento esercizio

Utilizzatore	Consumo	Fascia	Prezzo	F1	F2	
Phon	0,375 KWh	F2	0,056 €			
Lampade	0,225 KWh	F1-F2	0,04 €	0,018 €	0,022 €	
Forno	1,5 KWh	F1	0,37 €			
Televisore	0,06 KWh	F1-F2	0,011 €	0,005 €	0,006 €	
Lavastoviglie	0,83 KWh	F1	0,20 €			
Aspirapolvere	0,5 KWh	F2	0,075 €			

Costo Energia= 0,75€

Costo medio Energia utilizzata = 0,21€/KWh