

principi di IDRAULICA

1° PARTE – IDROSTATICA: 1 PROBLEMI– 2 PRINCIPI E TEORIA– 3 ESERCIZI– 4 LABORATORIO

IDROSTATICA: studio di fluidi [gas e **liquidi**] in quiete.

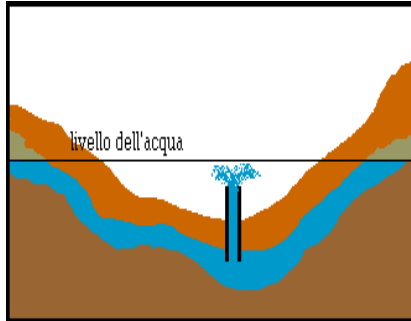
La statica dei fluidi studia il comportamento dei fluidi in quiete ovvero in condizioni d'equilibrio statico.

1 – problemi, studio di casi reali = ESEMPI DI APPARECCHIATURE IDRAULICHE:

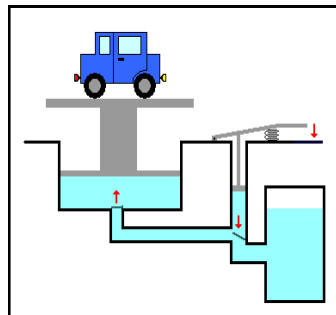
Esperienze e situazioni da spiegare per il loro interesse ed utilità



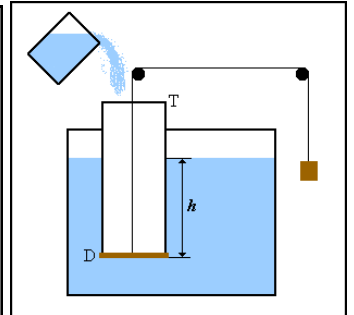
DIGHE



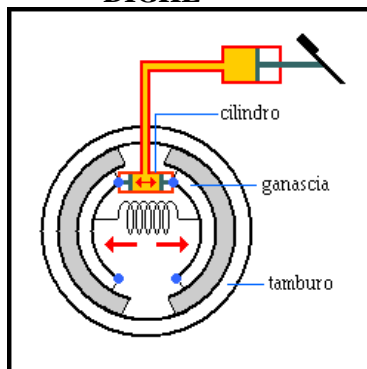
POZZI ARTESIANI



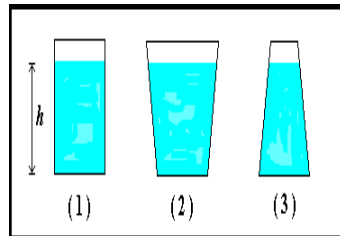
MARTINETTI IDRAULICI



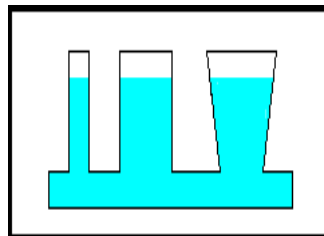
ESPERIENZE LIQ.



FRENO IDRAULICO



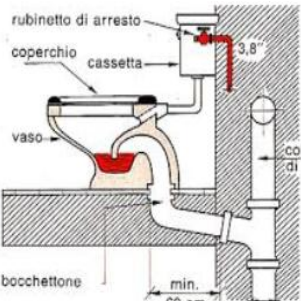
SERBATOI VARIE FORME



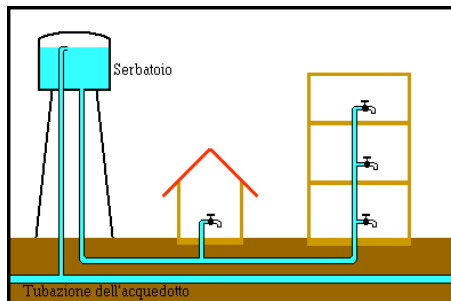
VASI COMUNICANTI



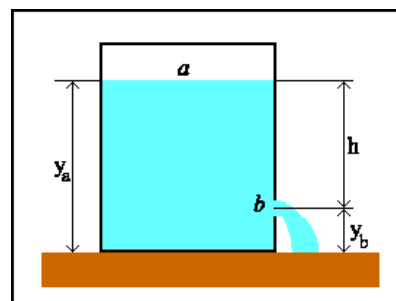
SUBACQUEI



SIFONE IDRAULICO



ACQUEDOTTO



SERBATOI

2 – principi e teorie (risoluzione dei casi precedenti)

Premessa - possiamo avere:

- fluidi **incomprimibili**, (p.es. **liquidi**), quando il volume di una massa di fluido è indipendente dalla pressione applicata
- fluidi **comprimibili**, (es. **gas**) quando il volume dipende dalla pressione. Verranno studiati a parte.

2.1 - PRINCIPI DI BASE:

- **DENSITÀ:** rappresenta la **massa** per unità di volume di un corpo: dens. oppure $\rho = m/Vol$; unità Kg/m^3
Es: $T=20^\circ$ H_2O : 998 kg/m^3 ; Hg: 13590 Kg/m^3 ; olio: 920 Kg/m^3 ;.... [e anche acqua: $\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$]

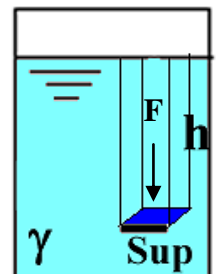
- **Peso Specifico:** rappresenta il **peso** per unità di volume di un corpo: $\gamma = P/Vol$; unità N/m^3
Es: $T=20^\circ$ H_2O : 9790 N/m^3 ; Hg: 133320 N/m^3 ; olio: 9020 N/m^3 ;... [e anche acqua: $\gamma=9810 \text{ N/m}^3$]

► $\gamma = \rho g$

- **PRESSIONE:** rappresenta la **forza** applicata sull'unità di **superficie**;

$p = F/Sup$, in unità $1Pa = 1N/m^2$

1 bar = $100'000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 1,0197 \text{ kg/cm}^2 = 10,198 \text{ mH}_2\text{O} = 750 \text{ mmHg} = 0,987 \text{ atm}$
1 at.tecnica = $1 \text{ kgf/cm}^2 = 10 \text{ mH}_2\text{O} = 735,56 \text{ mmHg} = 98066,50 \text{ Pa} = 98,067 \text{ kPa} = 0,981 \text{ bar}$



2.2 - LEGGI FONDAMENTALI

■ LEGGE DI STEVINO: [Fig.A]

la **pressione** esercitata dal **peso** di una colonna di liquido in un suo punto di profondità **h** (distanza dal pelo libero del fluido, a contatto con l'ambiente esterno) è direttamente proporzionale a **h**;

la **pressione** su una superficie immersa in fluido risulta quindi:

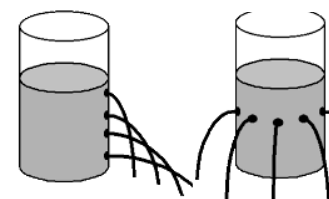
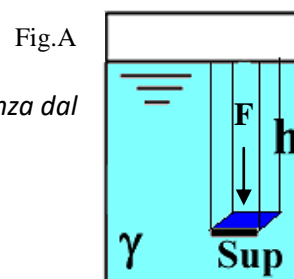
$$p = \text{peso } P_{\text{col.liq.}} / \text{superf.} = \gamma \text{ Vol} / \text{Sup} = \gamma (\text{Sup} \times h) / \text{Sup} = \gamma \times h$$

la **pressione idrostatica** è quindi definita come: ► **$p = \gamma \cdot h$** .

è funzione solo della **profondità h** e del **peso specifico** del liquido γ , non dalla superficie:

punti a stessa profondità hanno stessa pressione;

vedi anche principio vasi comunicanti, [Fig.B] serbatoi forati, sub, dighe.



■ PRINCIPIO DI PASCAL:

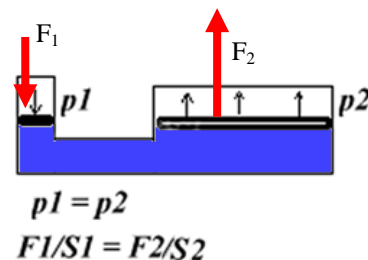
la **pressione** [F/Sup] esercitata in un punto di un liquido si trasmette con la stessa intensità in ogni parte del liquido;

=> i fluidi presentano la proprietà di trasmettere in tutte le **direzioni** la pressione applicata in un punto del liquido:

$$p_1 = F_1/\text{Sup}_1 = F_2/\text{Sup}_2 = p_2;$$

conseguenze: piccola F_1 su Sup_1 piccola → grande F_2 su Sup_2 grande;

applicazioni: martinetto idraulico; freno idraulico; pressa idraulica.

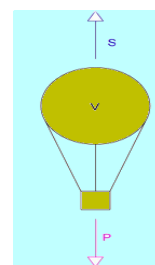


■ PRINCIPIO DI ARCHIMEDE: [per i fluidi: liq. e gas]

un corpo immerso in un fluido riceve una **spinta**, dal basso verso l'alto, pari al **peso** del **volume** di fluido spostato;

per liquidi: **peso** $P = \gamma_P \text{ Vol}$; **spinta** $S = \gamma_L \text{ Vol}$; [γ_P = peso specif. corpo; γ_L = peso specif. liquido]

⇒ N.B.: risultante $R = S - P = V (\gamma_L - \gamma_P)$; → se $\gamma_L > \gamma_P$ il corpo sale ($S > P$), viceversa scende.



● PRESSIONE ASSOLUTA E RELATIVA:

La **misura della pressione** può essere effettuata secondo una scala assoluta o una scala relativa.

- nella **scala assoluta** (p_{ASSOL}) si attribuisce un valore $p=0$ al **vuoto** assoluto,
- nella **scala relativa** (p_{REL}) si attribuisce il valore $p=0$ alla **pressione atmosferica**;

$$\text{► } p_{\text{ASS}} = p_{\text{REL}} + p_{\text{ATM}}$$

(la scala relativa si chiama anche scala effettiva)

misure: **1bar ass. = 1bar rel + 1atm**; 1 ATA = 1ATE + 1;

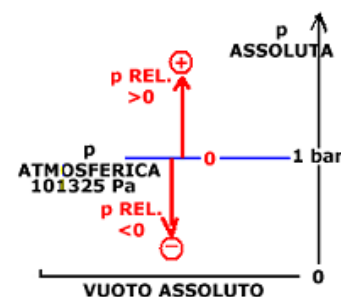
La **misura** della pressione può essere effettuata con l'ausilio di semplici strumenti indicati di seguito:

- tubi **manometrici** [o a U] e **barometrici**;

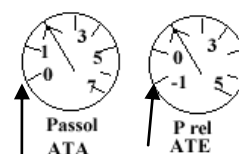
ambidue sono dei semplici tubi connessi ad un'estremità con l'ambiente (serbatoi,...) dove si deve misurare la pressione: l'altra estremità è aperta o chiusa nei manometri e chiusa nei barometri. All'interno è contenuto un liquido che presenta un elevato peso specifico (p.es. Hg). La differenza di livello del liquido tra i due rami rappresenta la pressione interna dell'ambiente di misura, che viene misurata nella scala relativa per il manometro ed in quella assoluta per barometro.

- tubi **piezometrici**, che impiegano per la misura lo stesso liquido da misurare.

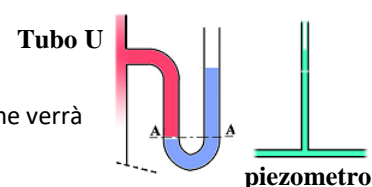
- **manometri**: altri sistemi di misura della pressione in un liquido, che funzionano con altri principi, come verrà indicato nella sezione strumenti di misura del documento controllo automatico.



MISURATORI



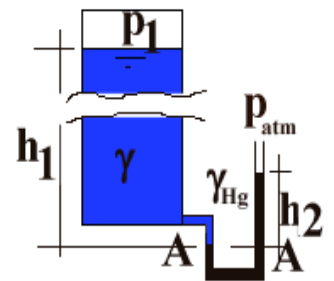
FONDO SCALA



Esempi di MISURA della PRESSIONE IDROSTATICA :

● TUBI MANOMETRICI ad U aperti/chiusi:

Inseriamo, sul fondo di un serbatoio contenente un liquido di peso specifico γ , chiuso con pressione sul pelo liquido p_1 , un tubo ad U aperto (manometro), contenente mercurio (Hg). Liquido $[\gamma]$ e mercurio $[\gamma_{Hg}]$ sono in equilibrio fra loro, rispetto alla sezione A/A: la relazione di uguaglianza delle pressioni nelle sezioni A a sinistra e A a destra, alla stessa quota, sarà:



$$\text{(tubo U aperto) equilibrio: } p_{A/A} = p_1 + \gamma h_1 = p_{atm} + \gamma_{Hg} h_2; \quad [\text{con } h_2 = h_{Hg}]$$

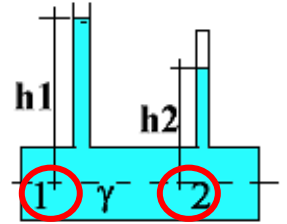
nel caso di $p_1 = p_{atm}$, si ricava $\rightarrow h_1 = h_2 \times (\gamma_{Hg} / \gamma)$ ovvero $p_A = k \cdot h_2$, con $k = \text{costante dei liq.}$

= misura della pressione esercitata dal liquido sul fondo, e anche (in opportuna scala) del livello di liquido nel serbatoio. Nel caso di manometro a tubo U chiuso, con liquido che sale in quel ramo all'altezza h_2^* , si avrà $\rightarrow p_1 + \gamma h_1 = \gamma_{Hg} h_2^*$

● PIEZOMETRI:

sono tubi inseriti in una tubazione, di solito aperti all'estremità; il liquido in essi contenuto si innalza in modo proporzionale alla **pressione interna** alla tubazione.

▪ tubo aperto: pressione **effettiva (relativa)** nel punto 1 $p_1 = \gamma \times h_1$; assoluta $p_1 = \gamma \cdot h_1 + p_{atm}$;



▪ tubo chiuso: press. assoluta nel punto 2 $p_2 = \gamma \cdot h_2$.

2.3. EQUAZIONE della STATICA dei LIQUIDI

L'equazione fondamentale della statica mette in relazione le **forme di ENERGIA** [=capacità a compiere un lavoro] possedute da un liquido in quiete.

Un liquido possiede le seguenti forme di energia per **massa puntiforme**: [vedi unità in appendice]

• Energia **INTERNA**: dipende, nei sistemi in cui non sono in atto reazioni chimiche, solamente dalle variabili di stato temperatura e pressione. Per i liquidi incompressibili non dipende dalla pressione, per cui per tutte le trasformazioni a **temperatura** costante la sua variazione sarà **nulla**. $E_{int} = 0$

• Energia **POTENZIALE**: l'energia posseduta da una massa di liquido posta ad una **quota z** rispetto ad un piano di riferimento. Si esprime nella formula:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z. \quad [\text{in fig. a lato } = mg z_1]$$

• Energia di **PRESSIONE**: rappresenta il **lavoro** che può effettuare il liquido avente una certa pressione [p.es. facendo salire una massa liq. di una altezza h]:

$$E_{press} = m \cdot g \cdot p/\gamma = m \cdot g \cdot h \quad [\text{in fig. a lato } = mg h_1]$$

• Energia **CINETICA**: rappresenta l'energia di moto del liquido con massa m:

$$E_{cin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

■ TEOREMA della CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA [IDROSTATICA]:

\Rightarrow in un liquido in quiete, [$E_{cin} = 0$ liquido in quiete; $E_{int} = 0$ a $T = \text{cost.}$], le varie forme di **energia** possono **trasformarsi** vicendevolmente ma **la loro somma deve rimanere costante**.

$$E_{tot} = E_{pot} + E_{press} = 0 \quad \text{e sostituendo:}$$

$$E_{tot} = m \cdot g \cdot z + m \cdot g \cdot p/\gamma = 0$$

$$E_{tot} = z + p/\gamma = \text{costante} \quad [\text{per unità di peso } mg \text{ di fluido}]$$

BILANCIO DELLE FORZE IN GIOCO – verifica dell'equazione:

[vedi fig1: massa di liquido baricentro B; vol. V; superficie S; $\Sigma \text{press. laterali} = 0$]:

$$\rightarrow F_1 + F_{peso} - F_2 = 0; \quad F_1 = p_1 S; F_2 = p_2 S; F_{peso} = \gamma V = \gamma S \Delta h = \gamma S (h_1 - h_2); \Delta h = h_1 - h_2;$$

quindi sostituendo (per unità sup.): $p_1 + \gamma(h_1 - h_2) - p_2 = 0$;

$$\rightarrow h_1 + p_1/\gamma = h_2 + p_2/\gamma;$$

in generale in un p.to del liquido in quiete di **quota z**:

$$\rightarrow z + p/\gamma = \text{costante} \quad \text{eq. della statica}$$

► Def.: z = altezza **geometrica**; p/γ = altezza **piezometrica**; [$1/\gamma = V_s$ volume specifico].

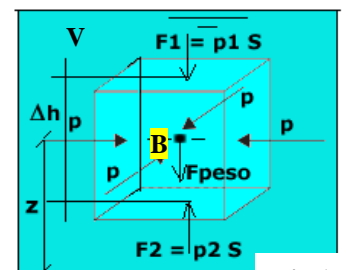
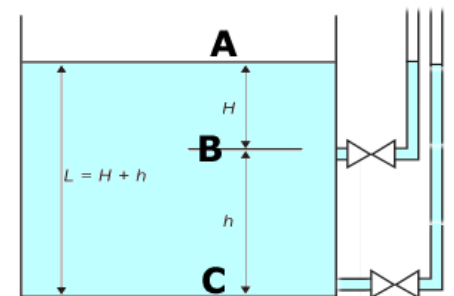
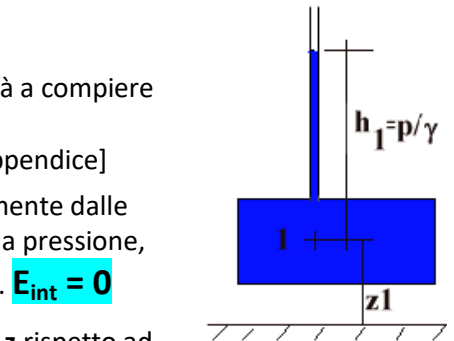
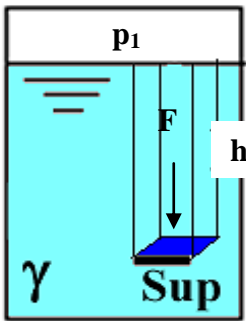
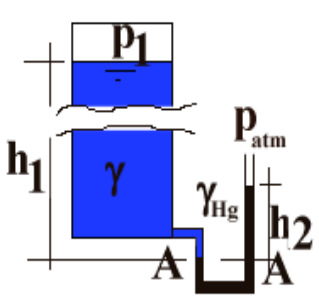
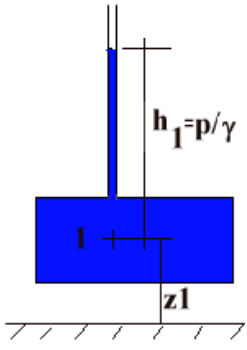
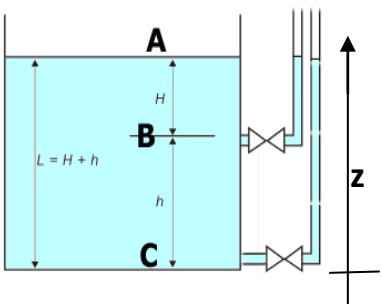


Fig.1

- ESERCIZI - casi più comuni e formule:

VEDI DOCUMENTO A PARTE -

<p>3.1-</p>  <p>$p_{sup} = p_1 + \gamma h_1$</p>	<p>3.2-</p>  <p>$p_{A/A} = p_1 + \gamma h_1 = p_{atm} + \gamma_{Hg} h_2$</p>	<p>3.3-</p>  <p>$p_1 = \gamma h_1 + p_{atm}$ $z_1 + p_1/\gamma = \text{costante}$</p>	<p>3.4</p>  <p>En. = $z + p/\gamma = \text{cost.}$ en. potenziale + en. press.</p>
---	---	---	--

4 - LABORATORIO TECNOL. CHIMICHE: [vedi CD 3chimica]

4.1 - programma in excel - IDRAULICA_1B.xls

ESPERIENZA DI IDROSTATICA - INSERIRE I DATI NELLE CASELLE GRIGIE - I RISULTATI SONO NELLE CASELLE GIALLE

1) PRESSIONE IDROSTATICA (SERBATOIO CHIUSO)

TABELLA DATI:

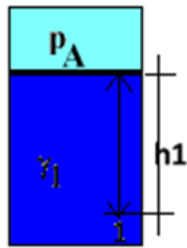
h		m
γ		N/m ³
pA		kPa assoluta

RISULTATI PRESSIONE NEL P.TO1

p1	0,00	kPa assoluta
p1	-101,33	kPa relativa

AZZERA DATI ES 1

N.B. 1atm=101,325 kPa



2) PIEZOMETRO (APERTO)

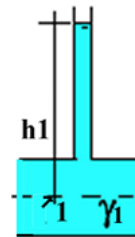
TABELLA DATI:

h1		m
γ_1		N/m ³

RISULTATI

p1	101,325	kPa assoluta
p1	0,000	kPa relativa

AZZERA DATI ES 2



3) MANOMETRO AD U (APERTO)

TABELLA DATI:

h1		m
γ		N/m ³
pA		kPa assoluta

γ_{Hg} 133320 N/m³

RISULTATI

h2	-0,76	m Hg
----	-------	------

AZZERA DATI ES 3

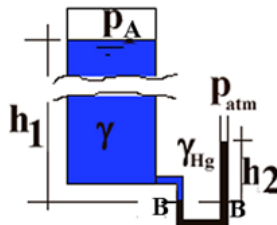


TABELLE DI CONVERSIONE DELLE UNITA' PIU' COMUNI

→ INSERIRE I DATI NELLE CASELLE GRIGIE - I RISULTATI SONO NELLE CASELLE GIALLE

1) PRESSIONE

p (Kg/cm ²)		p (kPa)	
p (kPa)	0,000	p (atm)	0,00
p (bar)	0,00000	m H2O	
p (Pa)	0	mm Hg	0,00
m H2O	0		

INDICE

AZZERA DATI PRESSIONE

2) PESO SPECIFICO

ρ (Kg/m ³)	
γ (N/m ³)	0

AZZERA PESO

3) MOTO DI LIQUIDI

ρ (Kg/m ³)		D (m)		D (m)		v (m/s)	
Q (dm ³ /min)		Q (m ³ /s)		v (m/s)		Q (m ³ /s)	
Q (m ³ /s)	0	Sez.(m ²)	0,0000	Sez.(m ²)	0,0000	D (m)	#DIV/0!
Q (m ³ /h)		v (m/s)	#DIV/0!	Q (m ³ /s)	0,0000	Sez.(m ²)	#DIV/0!
Q (m ³ /s)	0,0000						
Q (Kg/s)	0						

Calcolatore p idrostatica:

<https://www.translatorscafe.com/unit-converter/it-IT/calculator/hydrostatic-pressure/>

4.2 – VIDEO idraulica su Youtube

pressione idrostatica – stevino – pascal -

<https://www.youtube.com/watch?v=J2uyTBlyMdY> – vasi comunicanti

<https://www.youtube.com/watch?v=UIHCSHijLMA> – esperim. Fisica della pressione

<https://www.youtube.com/watch?v=p64X8owM19s> – legge di Stevino

<https://www.youtube.com/watch?v=47hAn7SU1oY> – equilibrio dei fluidi, la pressione

https://www.youtube.com/watch?v=DvWq35Ec_BE – pressione nei liquidi

4.3 – UNITA' DI MISURA

A. TABELLE UNITA' DI MISURA:

(VEDI esercizi e esercitazioni su DOCUMENTO ESERCIZI DI IDRAULICA – docum. EXCEL)

Volume V

metro cubo	m ³	1 m ³ = 1'000 dm ³
decimetro cubo; litro	dm ³	1 dm ³ = 1 l = 0,001 m ³
centimetro cubo	cm ³ , cc	1 cm ³ = 0,001 dm ³ = 0,001 l

Pressione p - Forza/Superficie

pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ² 1 kPa = 0,01 bar = 0,1 N/cm ² = 0,10 mH ₂ O = 7,5 mmHg = 0,0099 atm
bar	bar	1 bar = 100'000 Pa = 100 kPa = 1,0197 kg/cm ² = 10,198 mH ₂ O = 750 mmHg = 0,987 atm
millibar	mbar	1 mbar = 100 Pa = 0,010 mH ₂ O = 0,750 mmHg = 0,00102 kg/cm ²
millimetri di mercurio	mmHg	1 mmHg = 133,322 Pa = 0,133 kPa = 0,00133 bar = 0,0136 mH ₂ O = 0,00131 atm = 0,00136 kg/cm ²
atmosfera tecnica = kgf/cm ²	at, kg/cm ²	1 at = 1 kg/cm ² = 735,56 mmHg = 10 mH ₂ O = 98066,50 Pa = 98,067 kPa = 0,981 bar = 0,968 atm
atmosfera metrica	atm	1 atm = 101'325 Pa = 760 mmHg = 1,033 at = 10,33 mH ₂ O = 1,01 bar
metri colonna d'acqua	mH ₂ O	1 mH ₂ O = 9806 Pa = 0,09806 bar = 73,55 mmHg = 0,9806 N/cm ² = 0,09678 atm = 0,0999 at

Portata Fv in Volume

metri cubi al sec.	m ³ /s	1 m ³ /s = 60 m ³ /min = 3'600 m ³ /ora = 1'000 l/s = 60'000 l/min
metri cubi al min.	m ³ /min	1 m ³ /min = 0,0167 m ³ /s = 60 m ³ /h = 16,67 l/s = 1'000 l/min
metro cubo all'ora	m ³ /h	1 m ³ /h = 0,000278 m ³ /s = 0,0167 m ³ /min = 0,28 l/s = 16,67 l/min
litri al secondo	l/s	1 l/s = 0,001 m ³ /s = 0,06 m ³ /min = 3,6 m ³ /h = 60 l/min
litri al minuto	l/min	1 l/min = 0,001 m ³ /min = 0,06 m ³ /h = 0,0167 l/s

Velocità v

metri al secondo	m/s	1 m/s = 60 m/min = 3,6 km/h
kilometri all'ora	km/h	1 km/h = 0,278 m/s = 16,67 m/min
metri al minuto	m/min	1 m/min = 0,0167 m/s = 0,06 km/h

Forza

Newton	N	1 N = 0,102 kg _f
Kg. forza; kg. peso	kg _f ; kg _p	1 kg _f = 9,81 N
tonnellata peso	t	1 t = 9'806,65 N = 1'000 kg _f

Densità' ρ = Massa/volume

kg _m su metro cubo	kg/m ³	1 kg/m ³ = 0,001 kg/dm ³ = 0,001 t/m ³ = 0,001 g/cm ³
kg su decimetro cubo	kg/dm ³	1 kg/dm ³ = 1'000 kg/m ³ = 0,001 g/cm ³ = 1 t/m ³ = 1 g/cm ³
tonnellata su metro cubo	t/m ³	1 t/m ³ = 1'000 kg/m ³ = 1 kg/dm ³ = 0,001 kg/cm ³ = 1 g/cm ³

Peso specifico γ = Peso/volume

kg_f su metro cubo	kg _f /m ³	1 kg _f /m ³ = 9,81 N/m ³
N su metro cubo	N/m ³	1 N/m ³ = 0,102 kg _f /m ³

Lavoro W - Energia - Calore

joule	J	1 J = 1N·m = 0,102 kgf·m = 0,00024 kcal
Kg. forza per metro	kgf·m	1 kgf·m = 9,807 J = 0,0023 kcal
cavallo vapore per ora	CV·h	1 CV·h = 270'000 kgf·m = 0,736 kW·h = 632,41 kcal
kilocaloria	kcal	1 kcal = 4,1868 kJ = 426,93 kgf·m = 0,0016 CV·h = 0,0012 kW·h
kilowatt per ora	kW·h	1 kW·h = 3'600 kJ = 1,36 CV·h = 859,8 kcal

Potenza W - Lavoro/Tempo

kilowatt	kW	1 kW = 1,36 CV = 859,84 kcal/h = 101,97 kgf·m/s
cavallo vapore	CV;	1 CV = 0,735 kW = 75 kg·m/s = 542,47 lbf·ft/s = 632,41 kcal/h = 75 kgf·m/s
Kg. forza per metri al secondo	kg _f ·m/s	1 kgf·m/s = 0,01 kW = 0,013 CV = = 8,43 kcal/h
kilocaloria all'ora	kcal/h	1 kcal/h = 0,0012 kW = 0,0016 CV = 0,12 kgf·m/s

Temperatura T

Kelvin	K	$K = ^\circ C + 273,15$	$K = 1,8 \cdot ^\circ R$	$K = [5/9 \cdot ^\circ F] + (459,67/1,8)$
grado Celsius	$^\circ C$	$^\circ C = (^\circ F - 32) \cdot 5/9$	$^\circ C = K - 273,15$	$^\circ C = (5/9) \cdot ^\circ F - (32/1,8)$
grado Fahrenheit	$^\circ F$	$^\circ F = 9/5 \cdot ^\circ C + 32$	$^\circ F = ^\circ R - 459,67$	$^\circ F = (9/5) \cdot K - 459,67$
grado Rankine	$^\circ R$	$^\circ R = (5/9) K$	$^\circ R = 491,67 + (9/5) \cdot ^\circ C$	$^\circ R = 459,67 + ^\circ F$