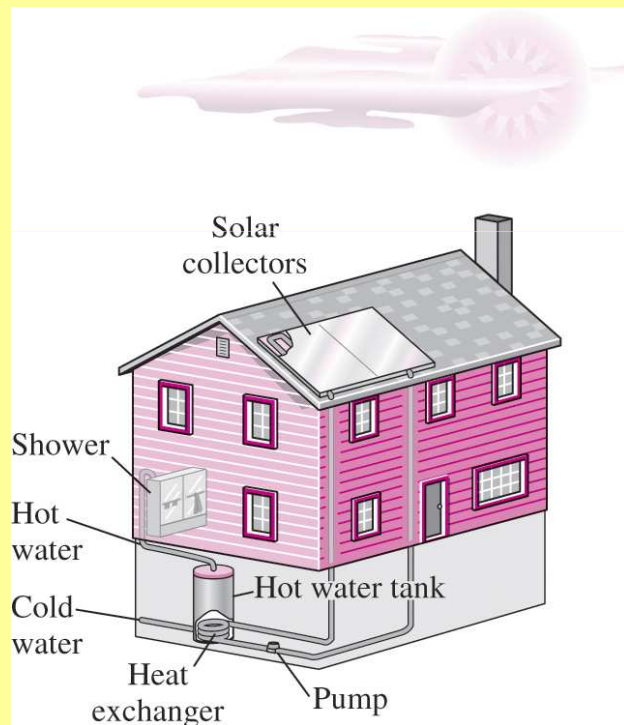


Introduzione

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

Obiettivi del corso

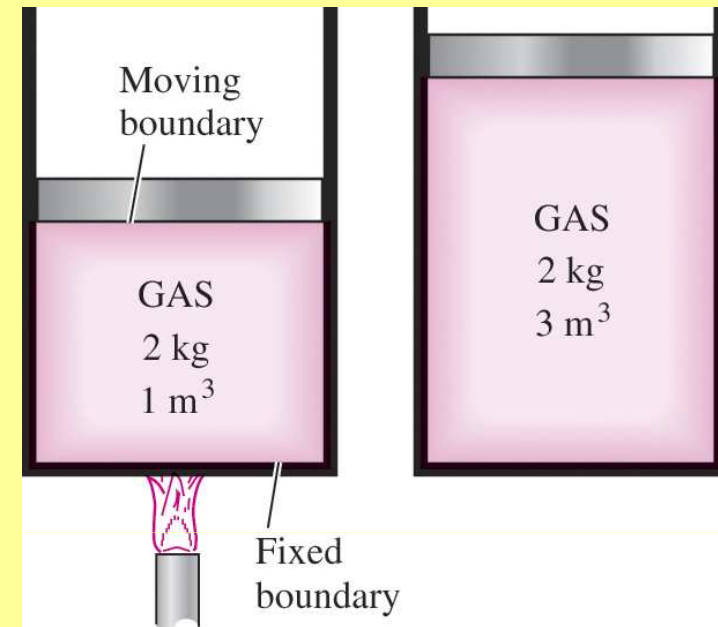
- Principi fondamentali della termodinamica applicata e in particolare dei bilanci di massa e di energia per i sistemi chiusi e aperti che sono rappresentativi di applicazioni reali riguardanti il comportamento del sistema edificio-impianto.
- Caratteristiche e Comportamento termico dei componenti dell'involucro edilizio, attraverso l'acquisizione delle leggi che governano i meccanismi di scambio termico in regime stazionario.
- Metodologie di valutazione qualitativa e quantitativa per la determinazione degli scambi energetici attraverso i componenti edilizi, in vista dei successivi moduli di insegnamento dell'area impiantistica

Tematiche principali del corso

1. Elementi di Termodinamica
2. Aria Umida
2. Trasmissione del calore
3. Illuminotecnica

Sistemi e volumi di controllo

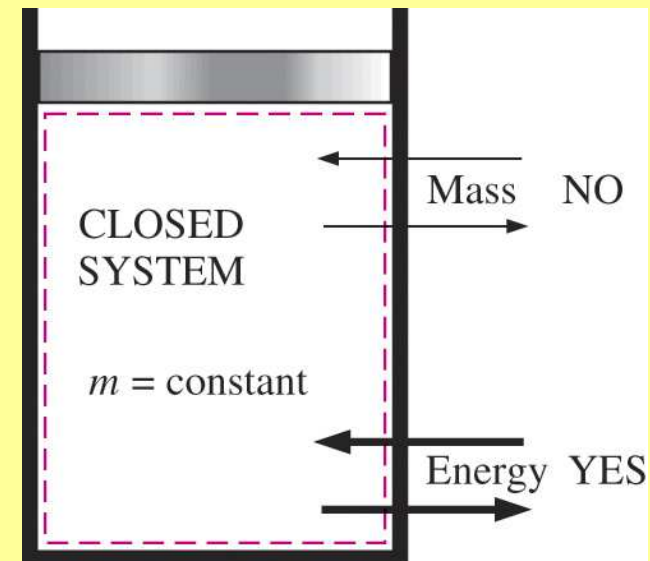
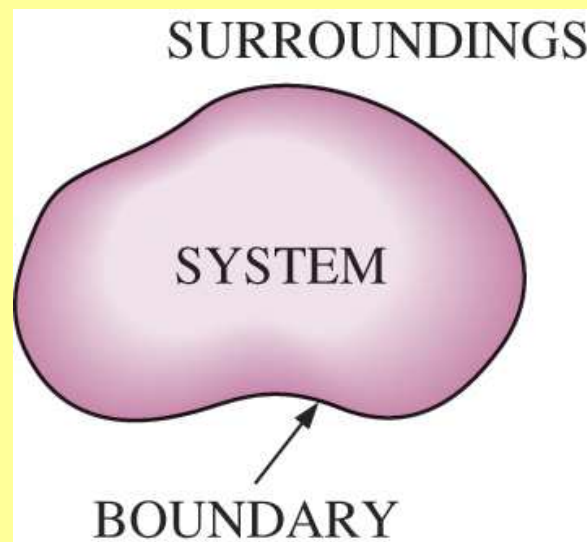
- **Sistema:** Quantità di materia di materia o una regione di spazio scelto per lo studio.
- **Ambiente:** Massa o regione al di fuori del sistema
- **Confine:** Superficie reale o immaginaria che separa il sistema dall'ambiente.
- Il confine di un sistema può essere *fisso* o *movibile*.
- I sistemi possono essere *chiusi* o *aperti*.

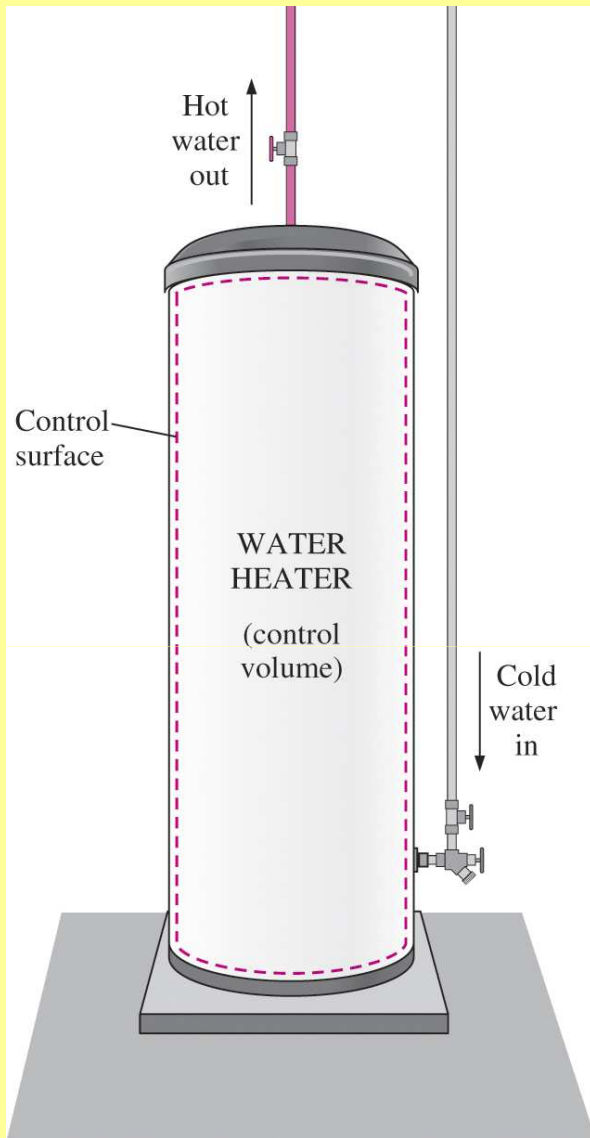


Sistema chiuso (Massa di controllo):

Una quantità invariabile di massa.

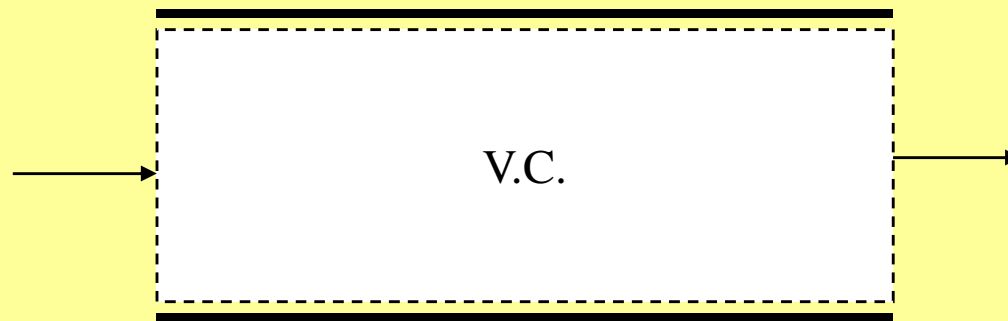
Non c'è attraversamento di massa attraverso il confine.





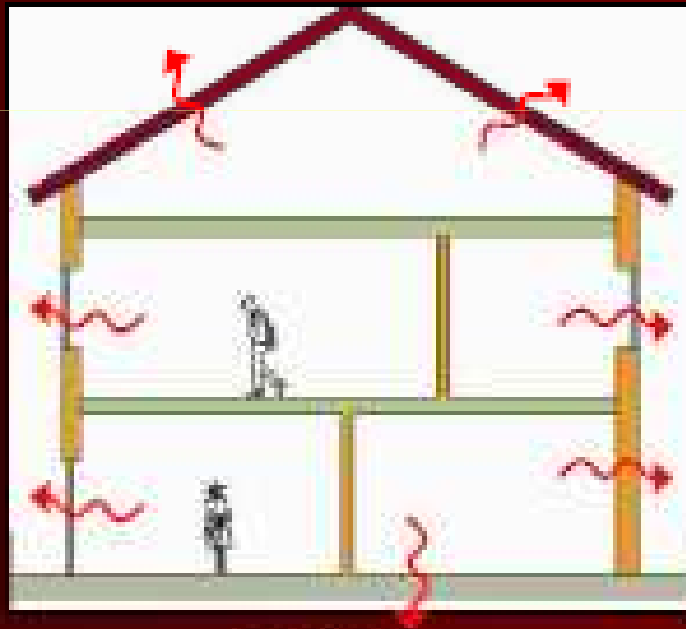
Un sistema aperto con un ingresso e un'uscita

- **Sistema aperto (volume di controllo):**
- Porzione di spazio in cui sia la massa che l'energia possono attraversare il confine del volume.
- **Superficie di controllo:**
- È la superficie che racchiude il volume

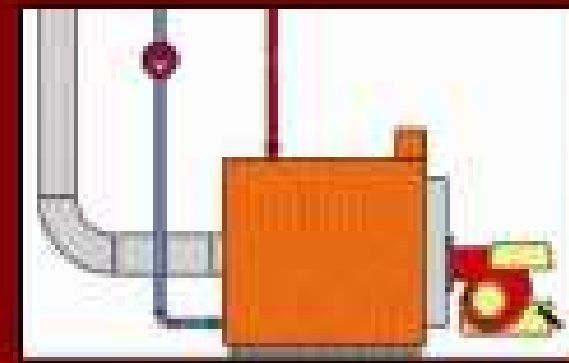


L'edificio è un sistema aperto che scambia con l'ambiente massa ed energia:

- energia termica (calore)
- massa d'aria



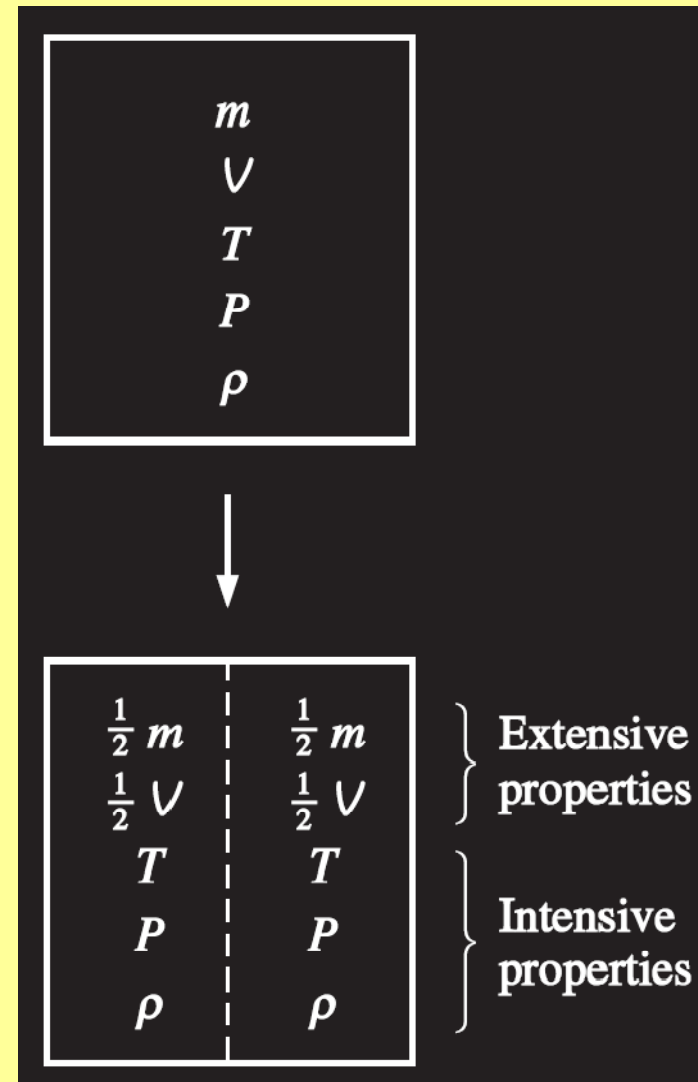
Edificio



Impianto

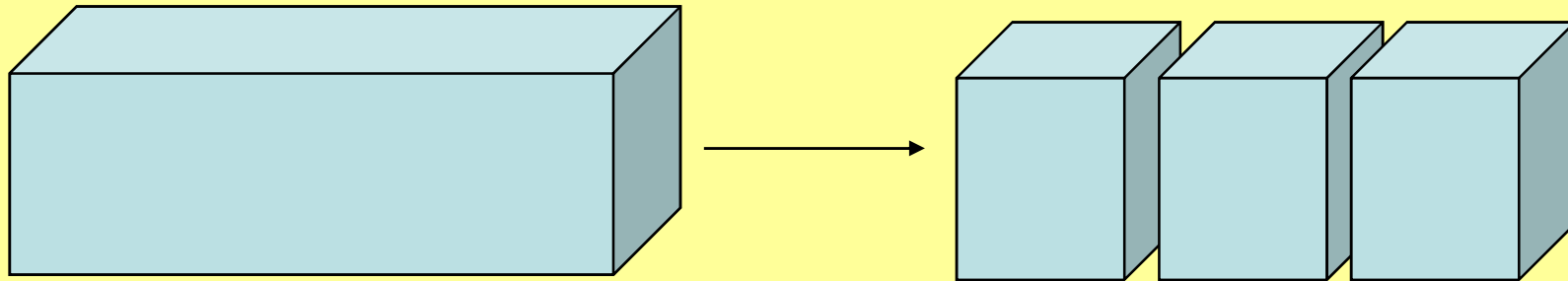
Proprietà di un sistema

- **Proprietà:** Una caratteristica di un sistema.
- Alcune sono la pressione P , temperatura T , volume V , e la massa m .
- Le proprietà possono essere *intensive* or *extensive*.
- **Proprietà intensive:** Quelle che sono indipendenti dalla massa di un sistema, come la temperatura, la pressione e la densità.
- **Proprietà extensive:** Quelle i cui valori dipendono dalla misura o dall'estensione del sistema.



Criterio per differenziare le proprietà intensive e quelle estensive.

Proprietà di un sistema



$$V_{\text{tot}} = 300 \text{ litri}$$

$$m_{\text{tot}} = 3 \text{ kg}$$

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 100 \text{ litri} \quad V_2 = 100 \text{ litri} \quad V_3 = 100 \text{ litri}$$

$$m_1 = 1 \text{ kg} \quad m_2 = 1 \text{ kg} \quad m_3 = 1 \text{ kg}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C} \quad T_2 = 25^\circ\text{C} \quad T_3 = 25^\circ\text{C}$$

Si può scrivere:

$$V_{\text{tot}} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$m_{\text{tot}} = m_1 + m_2 + m_3$$

$$T_1 = T_2 = T_3$$

Allora volume e massa dipendono dall'estensione del sistema

Proprietà di un sistema

- **Massa e volume sono proprietà estensive** e ad esse è applicabile la proprietà additiva.
- **La temperatura non è estensiva, ma è intensiva** e resta costante al variare della massa del sistema

- **Proprietà specifiche:**

Proprietà estensive per unità di massa.

Infatti se si divide una proprietà estensiva per la massa considerata essa non gode più della proprietà additiva e soddisfa la definizione di proprietà intensiva

Esempio: *volume specifico* $v = \text{Volume}/\text{massa} = V/m$

peso specifico $\gamma = \text{Peso}/\text{massa} = P/m$

Proprietà interne ed esterne

Proprietà esterne:

Proprietà che dipendono dal moto del sistema o dalla sua posizione in un campo di forze e vengono misurate rispetto ad un sistema di riferimento esterno al sistema

Esempio: velocità, energia cinetica, energia potenziale.

Proprietà interne:

Proprietà che sono suscettibili di misura all'interno dei confini del sistema

Esempio: pressione, temperatura, volume specifico

DENSITÀ

Densità

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Volume specific

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

Peso specifico

Il peso di un volume unitario di sostanza

$$\gamma_s = \rho g \quad (\text{N/m}^3)$$

$$V = 12 \text{ m}^3$$
$$m = 3 \text{ kg}$$



$$\rho = 0.25 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \frac{1}{\rho} = 4 \text{ m}^3/\text{kg}$$

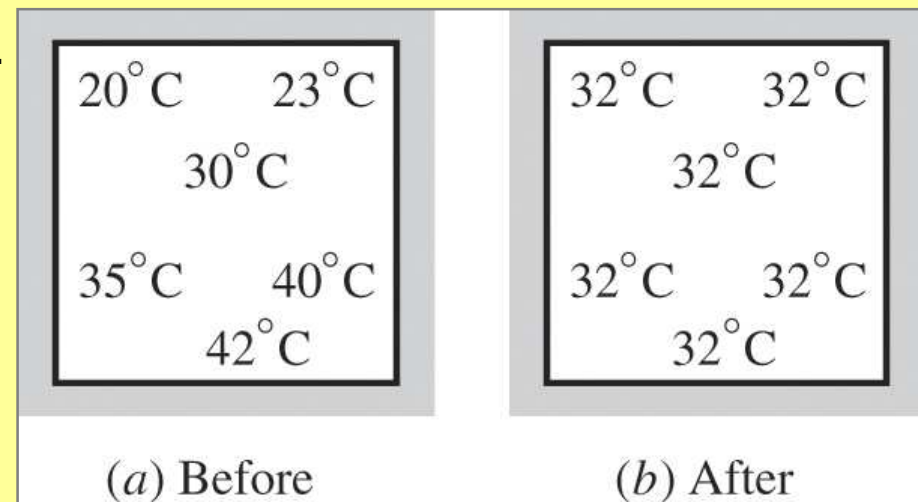
Densità è “massa per unità di volume”

Il volume specifico è volume per unità di massa

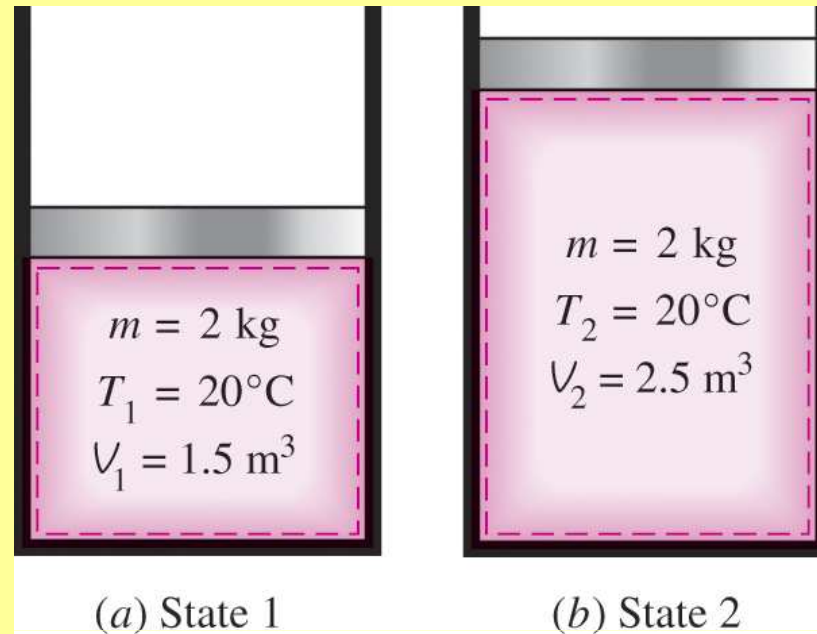
STATO TERMODINAMICO

Per **stato termodinamico** si intende la condizione di un sistema definita dai valori delle proprietà che lo caratterizzano (p , v , T)

- Si dice che un sistema è in **equilibrio termodinamico** se tali proprietà non variano nel tempo di bilancio.
- Non ci sono cambiamenti del sistema.
- **Equilibrio termico:**
Se la temperatura è la stessa all'interno di tutto il sistema.
- **Equilibrio meccanico:**
Se non ci sono cambiamenti di pressione in nessun punto del sistema.
- **Equilibrio di fase:**
Se non ci sono cambiamenti di fase all'interno del sistema.
- **Equilibrio chimico:**
Se non avvengono reazioni chimiche all'interno del sistema.



Un sistema chiuso che raggiunge l'equilibrio termico.



Un sistema a due differenti stati.

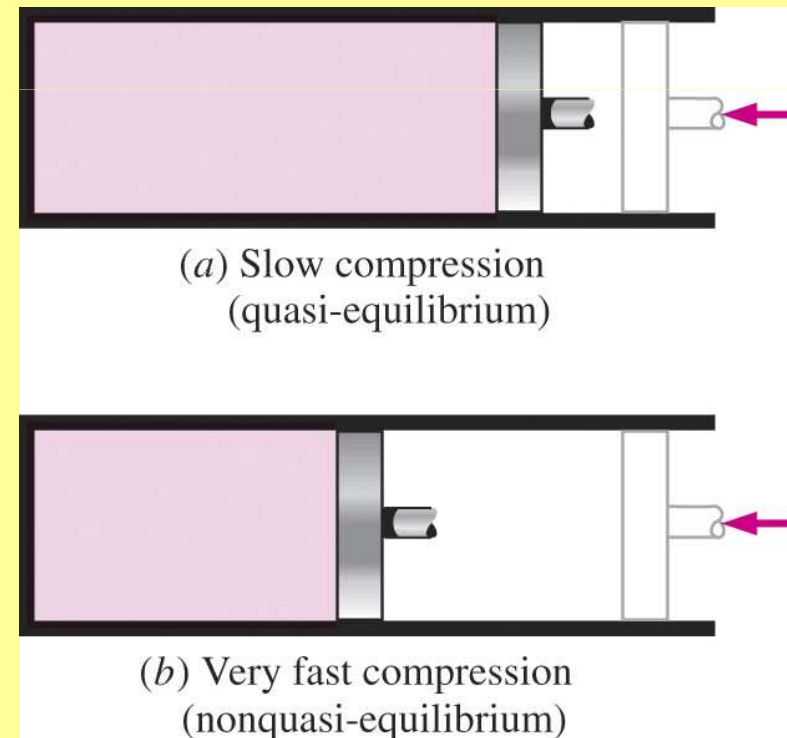
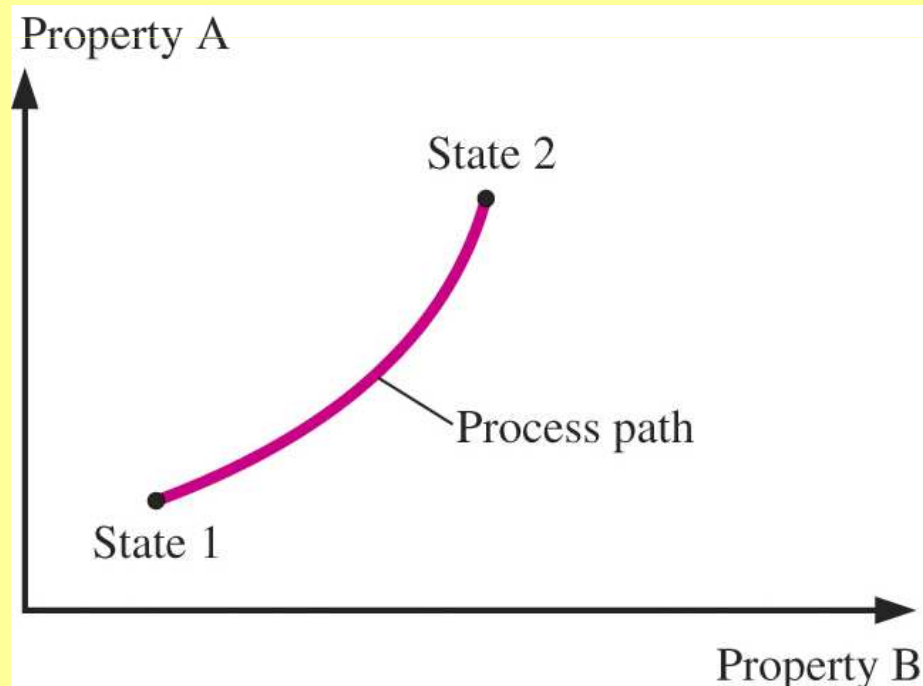
Quando un sistema passa da uno stato di equilibrio a un altro, si dice che esso subisce una **trasformazione**.

Ciò avviene se esiste qualche interazione tra ambiente e sistema di tipo energetico

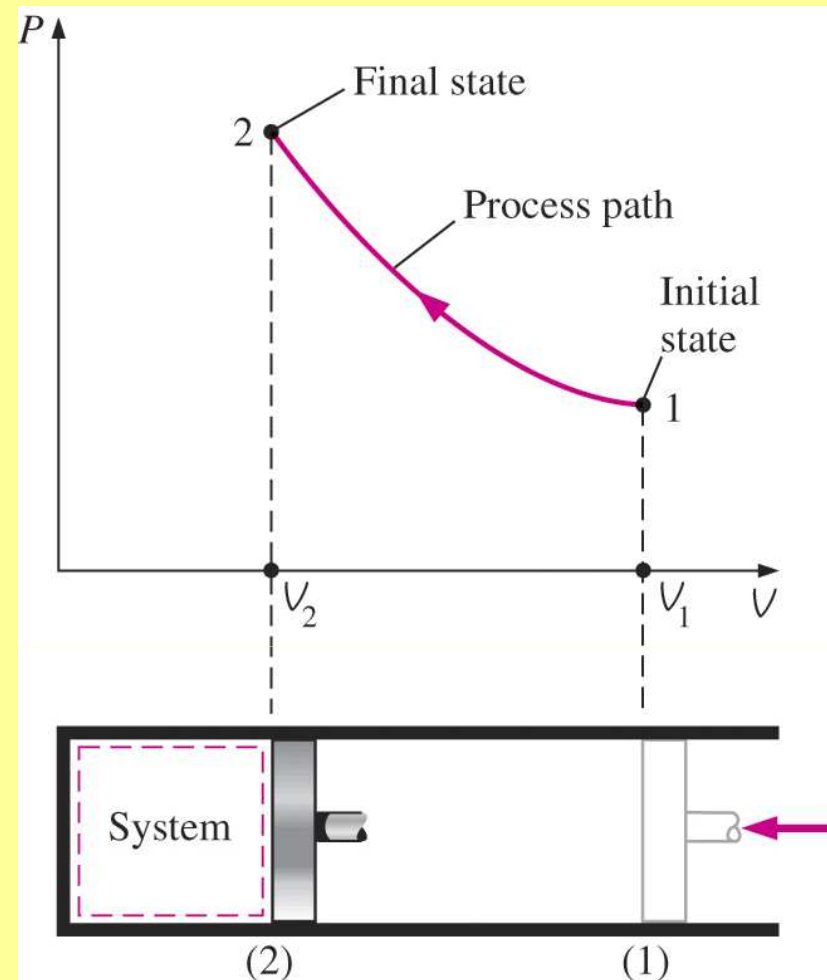
Trasformazione o processo: Cambiamento del sistema, in virtù del quale un sistema passa da uno stato di equilibrio a un altro.

Percorso: La serie di stati attraverso cui un sistema passa durante una trasformazione.

Per descrivere un processo completamente, si devono conoscere gli stati iniziale e finale il percorso e le interazioni con l'ambiente.



- Le trasformazioni si possono descrivere attraverso i diagrammi di stato le cui coordinate sono le proprietà termodinamiche: temperatura T , pressione P e volume V (o volume specifico v).
- Il prefisso *iso-* è spesso impiegato per individuare un processo in cui una certa proprietà rimane costante.
- **Trasformazione isotermico:** Process in cui la T rimane costante.
- **Trasformazione isobarica:** Process in cui la P rimane costante.
- **Trasformazione isocora:** Process in cui v rimane costante.
- **Ciclo:** Processo in cui lo stato iniziale coincide con lo stato finale.



Il diagramma P - V di un processo di compressione.

Unità di misura

- 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 , and volume V sono espresse in funzione di dimensioni primarie e sono chiamate **dimensioni secondarie** o **derivate**.
- **Sistema Metrico SI** : Sistema semplice e logico basato su una relazione decimale tra le varie unità.

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)

TABLE 1–2

Standard prefixes in SI units

Multiple	Prefix
10^{12}	tera, T
10^9	giga, G
10^6	mega, M
10^3	kilo, k
10^2	hecto, h
10^1	deka, da
10^{-1}	deci, d
10^{-2}	centi, c
10^{-3}	milli, m
10^{-6}	micro, μ
10^{-9}	nano, n
10^{-12}	pico, p

Unità di misura

Massa [M] kg

Lunghezza [L] m (spazio, spostamento)

Tempo [T] s

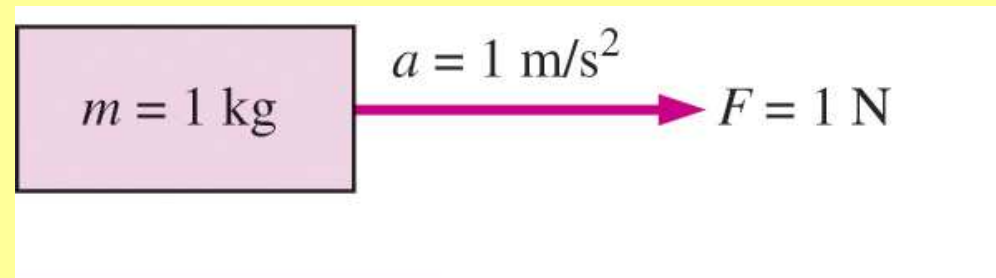
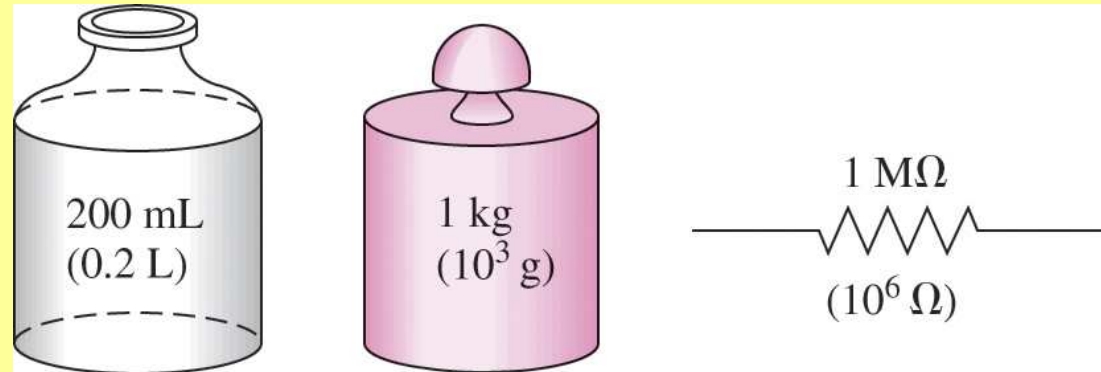
$[\text{Velocità}] = [\text{spazio}]/[\text{tempo}] = [L]/[T] = \text{m/s}$

Alcune unità di misura

Force = (Mass)(Acceleration)

$$F = ma$$

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



$$\begin{aligned} [\text{Energia, lavoro}] &= [\text{forza}] \times [\text{spostamento}] = \\ &= [\text{massa}] \times [\text{accelerazione}] \times [\text{spostamento}] = \\ &= [\text{M}] \times [\text{L}] / [\text{T}^{-2}] \times [\text{L}] = [\text{M}] \times [\text{L}^2] / [\text{T}^{-2}] \end{aligned}$$

Nota: l'equazione dimensionale si ricava l'unità di misura

$$\text{kg m}^2/\text{s}^2 = \text{Nxm} = \text{J (joule)}$$

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

Lavoro = Forza \times Distanza

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

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



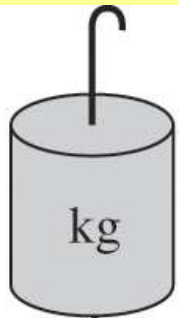
$$W = mg \quad (\text{N})$$

W peso

m massa

g accelerazione
di gravità

Un corpo che pesa **60 kgf** sulla Terra pesa solo **10 kgf** sulla luna.



$$g = 9.807 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} W &= 9.807 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \\ &= 9.807 \text{ N} \\ &= 1 \text{ kgf} \end{aligned}$$

Pressione

Pressione: Forza esercitata ortogonalmente ad una superficie per unità di superficie stessa

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

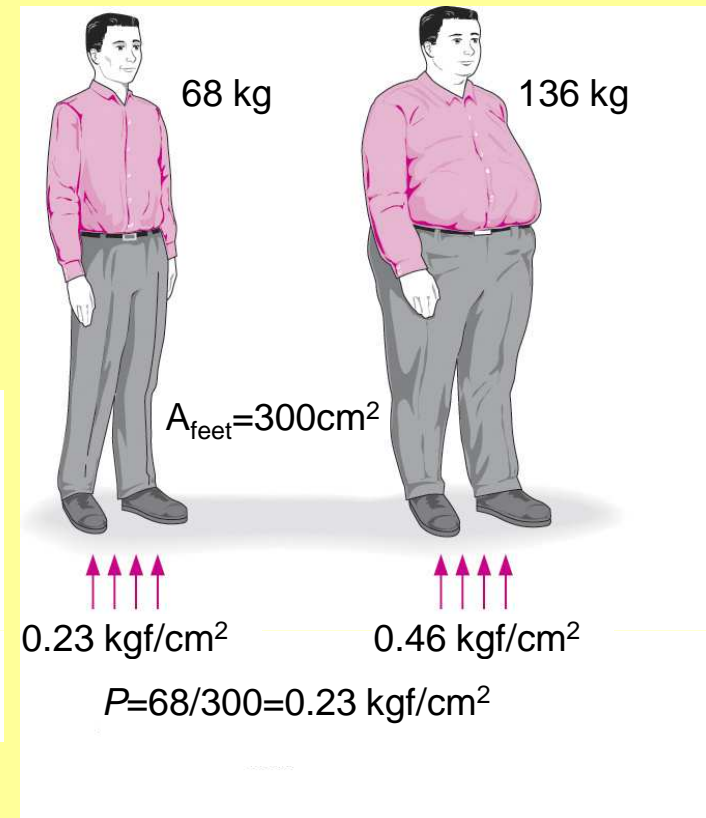
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bars}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.807 \text{ N/cm}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$= 0.9807 \text{ bar}$$

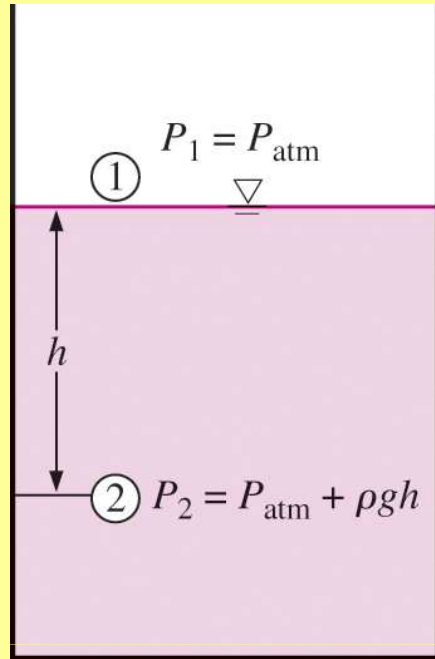
$$= 0.9679 \text{ atm}$$



La pressione sul piede di una persona robusta è maggiore di quella esercitata sul piede di una magra.

Pressione:

$$p = \text{Peso} / \text{Superficie} = mg/S = \rho Vg/S = \rho Shg/S = \rho gh$$

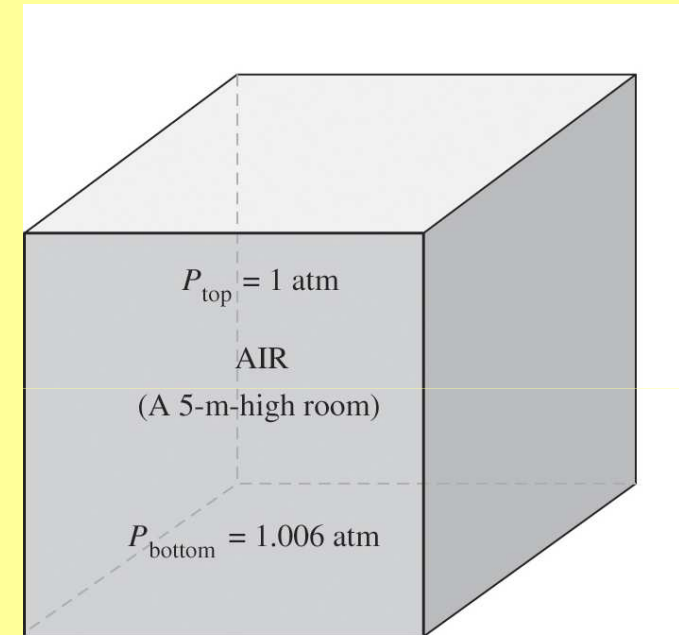


In un liquido in quiete la pressione aumenta linearmente all'aumentare della distanza dalla superficie.

Pressione:

$$p = \text{Peso/Superficie} = mg/S = \rho Vg/S = \rho Shg/S = \rho gh$$

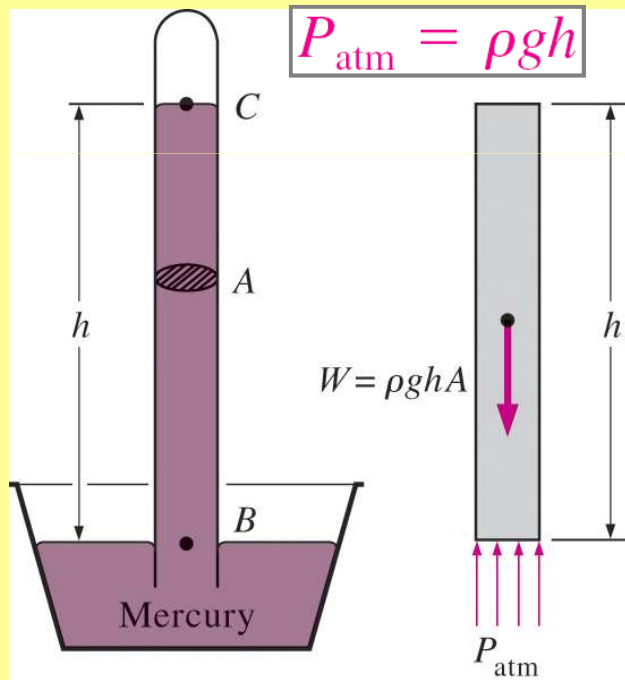
In un volume riempito con gas, la variazione di pressione al variare dell'altezza è trascurabile



$$\Delta P = P_2 - P_1 = - \int_1^2 \rho g dz$$

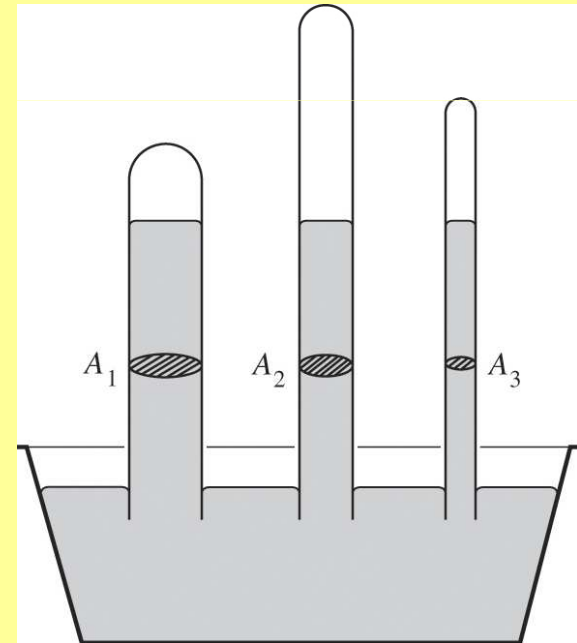
BAROMETRO – PRESSIONE ATMOSFERICA

- Il **barometro misura la pressione atmosferica**.
- *Pressione in atmosfera standard*, che è definita come la pressione prodotta da una colonna di mercurio di 760 mm in altezza a 0°C ($\rho_{\text{Hg}} = 13\,595 \text{ kg/m}^3$) per effetto dell'accelerazione di gravità standard ($g = 9,807 \text{ m/s}^2$).



Barometro

L'ampiezza della sezione trasversale non ha effetto sulla lunghezza della colonna di mercurio
Non c'è capillarità (tensione superficiale)



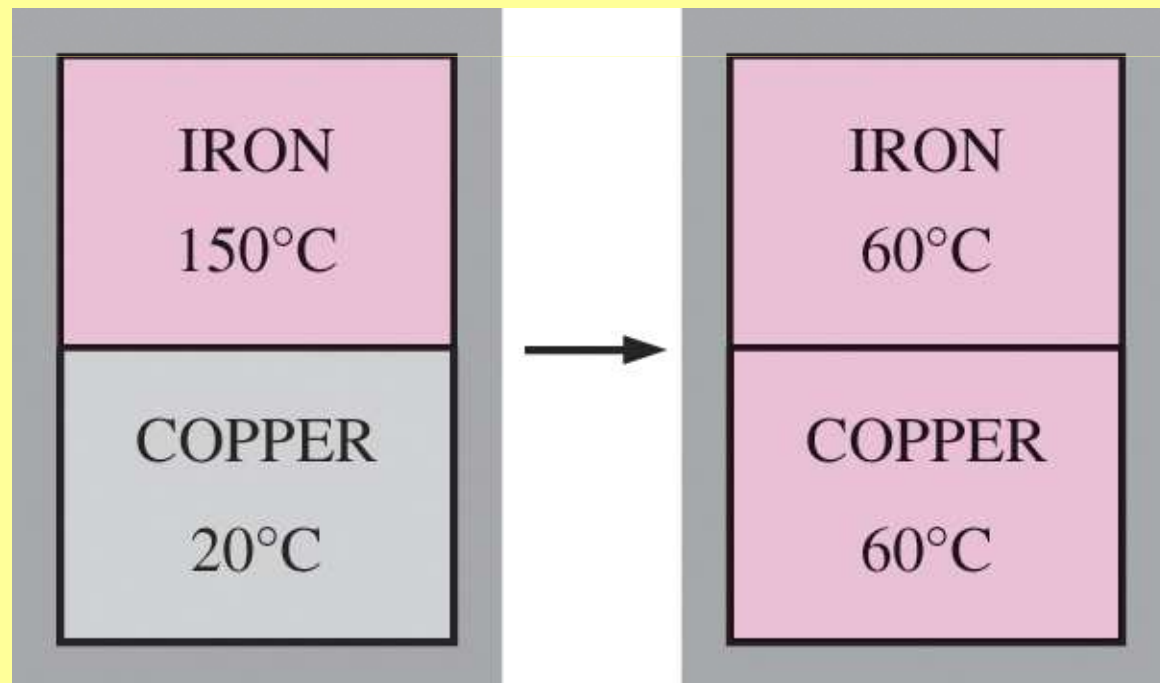
TEMPERATURA E IL PRINCIPIO ZERO DELLA TERMODINAMICA

- **Principio zero:**

Se due corpi sono in equilibrio termico con un terzo, essi sono pure in equilibrio termico l'uno con l'altro.

- Sostituendo il terzo corpo con un termometro, il principio zero si può riformulare come *due corpi sono in equilibrio termico se entrambi hanno la stessa temperatura anche se non sono in contatto.*

Due corpi che raggiungono l'equilibrio termico dopo essere stati messi in contatto in un contenitore isolato

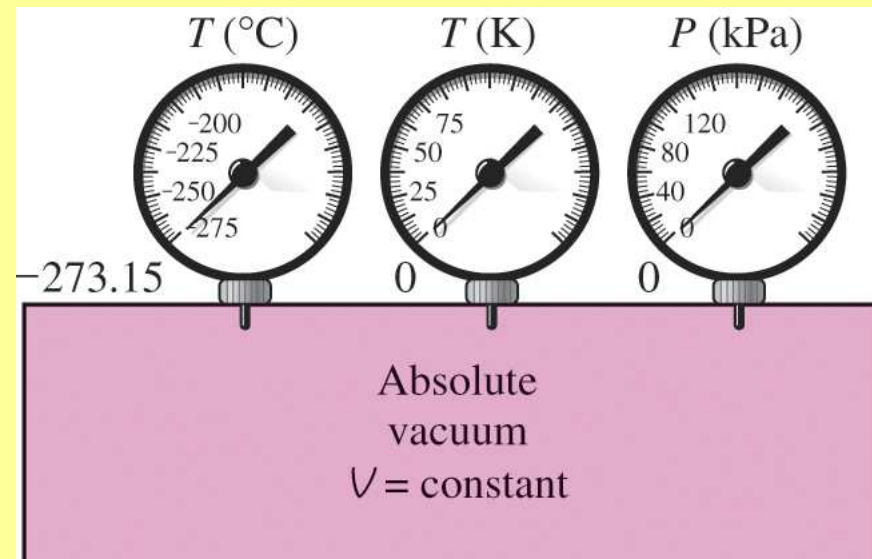
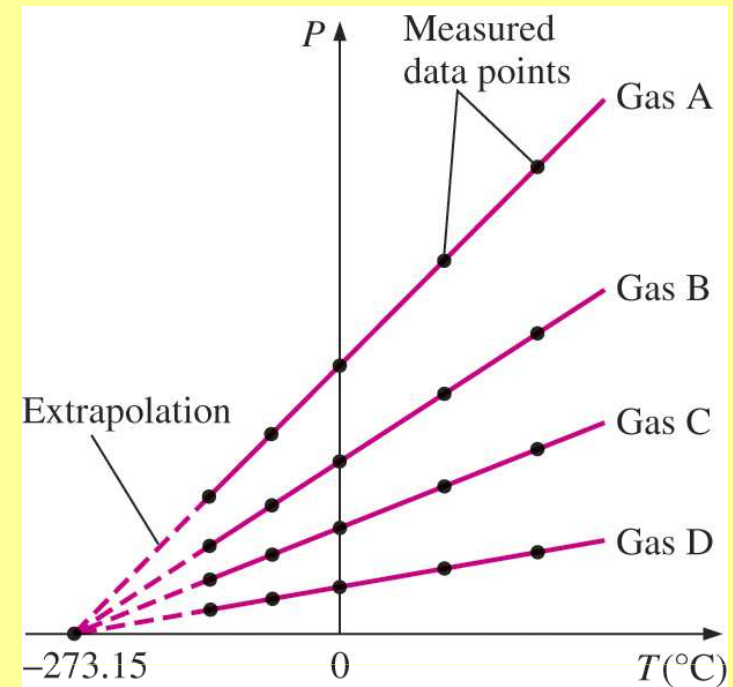


Scale di Temperatura

- Tutte le scale di temperatura sono basate su alcuni stati fisici facilmente riproducibili, come il punto di ebollizione e di congelamento dell'acqua:
ice point e ***steam point***

- Ice point (punto di congelamento):** Miscela di ghiaccio e acqua che è in equilibrio con vapore alla pressione di 1 atm ($T = 0^\circ\text{C}$).

- Steam point (punto di vaporizzazione):** Miscela di acqua liquida e acqua allo stato di vapore che è in equilibrio alla pressione di 1 atm (100°C).

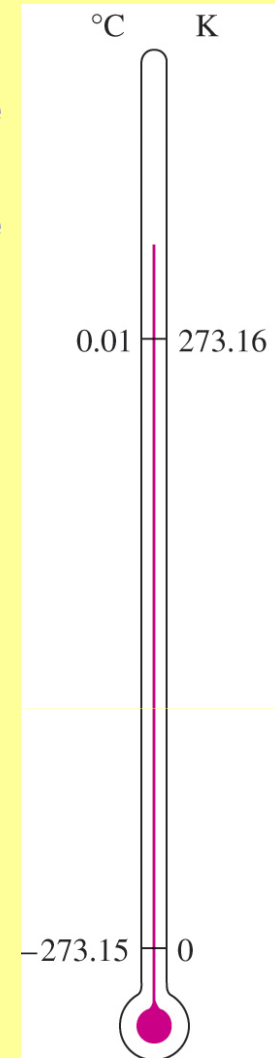


$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

Confronto tra le
scale di
temperature

$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$$



- La temperatura di riferimento nella scala Kelvin è quella al punto di congelamento (**ice point**), 273.15 K, che è anche la temperatura alla quale l'acqua fonde (**melt point**).

Unità di misura della temperatura

- Le unità di misura accettate per la temperatura sono il *kelvin* (simbolo K) e il *grado Celsius* (simbolo °C)
- Le due unità di misura sono dimensionalmente omogenee e pertanto nel SI la temperatura si può esprimere sia in K che in °C.
- La relazione tra la temperatura in gradi Celsius e quella in kelvin è la seguente:

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$$

$$\Delta T(^{\circ}\text{C}) = \Delta T(\text{K})$$

Energia

L'energia è una proprietà estensiva di un sistema e può variare secondo tre diverse modalità:

- a) Modalità **calore**
- b) Modalità **lavoro**
- c) A seguito di trasferimento di massa non realizzabile in un sistema chiuso (confini impermeabili alla massa).
 - 1. Si parla di energia trasmessa sotto forma di calore se la causa è una differenza di temperatura
 - 2. Si parla di energia trasmessa sotto forma di lavoro se la causa è l'azione di una forza (pressione) risultante diversa da zero

Energia

- Né lavoro, né calore sono proprietà di stato del sistema, bensì grandezze in transito tra sistema e ambiente o tra due sistemi ed esistono quando c'è scambio di energia e quindi varia il contenuto di energia del sistema.
- L'energia è invece una proprietà del sistema.
- Si utilizza in genere la seguente convenzione:

Il **lavoro** si considera positivo se compiuto dal sistema sull'ambiente, negativo nel caso contrario

Il **calore** si assume positivo se è entrante nel sistema, negativo nel caso contrario



Caratteristiche dei confini di un sistema rispetto agli scambi di energia

- **Confine adiabatico:**

confine che non consente gli scambi di calore tra il sistema e l'ambiente

- **Confine rigido:**

confine che non consente scambi energetici sotto forma di lavoro di variazione di volume

- **Confine mobile:**

confine che consente scambi energetici sotto forma di lavoro di variazione di volume

- Un sistema si dice **isolato** se attraverso il suo confine non avviene nessuna modalità di scambio energetico