

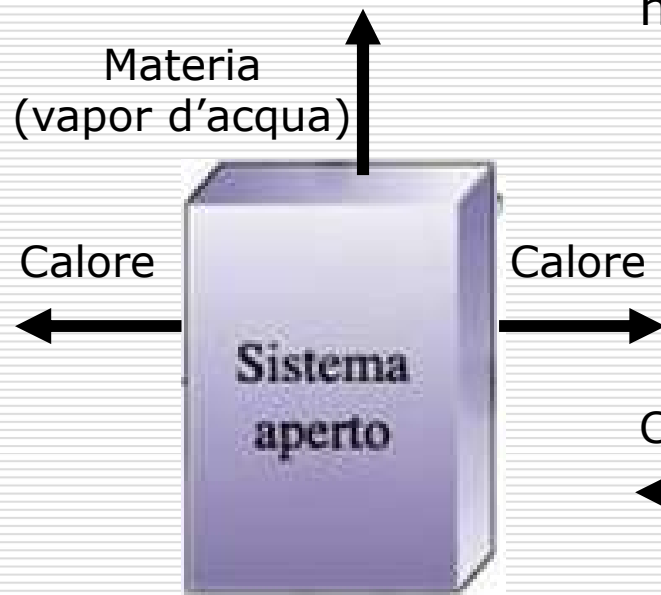
Termologia e Termodinamica

(Dall'Allegato A: Programmi relativi ai quesiti delle prove di ammissione ai corsi di laurea magistrale in Medicina e Chirurgia, in Odontoiatria e Protesi Dentaria, in Medicina Veterinaria e ai corsi di laurea delle professioni sanitarie.)

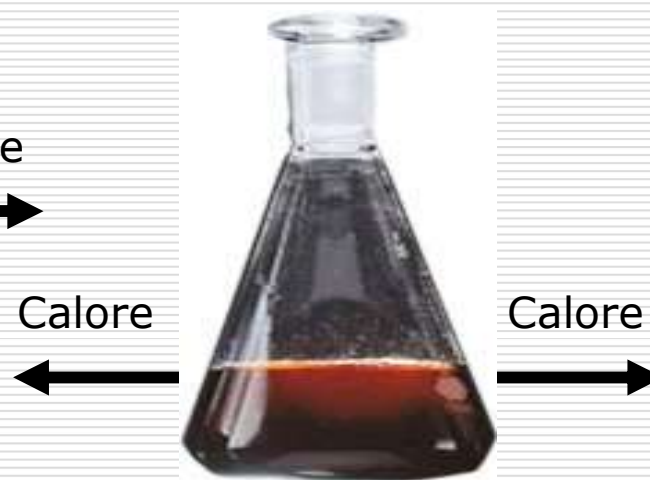
- **Termometria e calorimetria**
 - **Capacità termica e calore specifico**
 - **Modalità di propagazione del calore:**
 - **conduzione**
 - **convezione**
 - **irraggiamento**
 - **Cambiamenti di stato e calori latenti**
 - **Leggi dei gas perfetti**
 - **Primo principio della termodinamica**
 - **Secondo principio della termodinamica**
-

Sistemi termodinamici

Sistema aperto: scambia con l'ambiente materia e calore



Sistema chiuso: scambia con l'ambiente calore ma non materia



Sistema isolato: non scambia con l'ambiente né calore né materia



Proprietà intensive / estensive

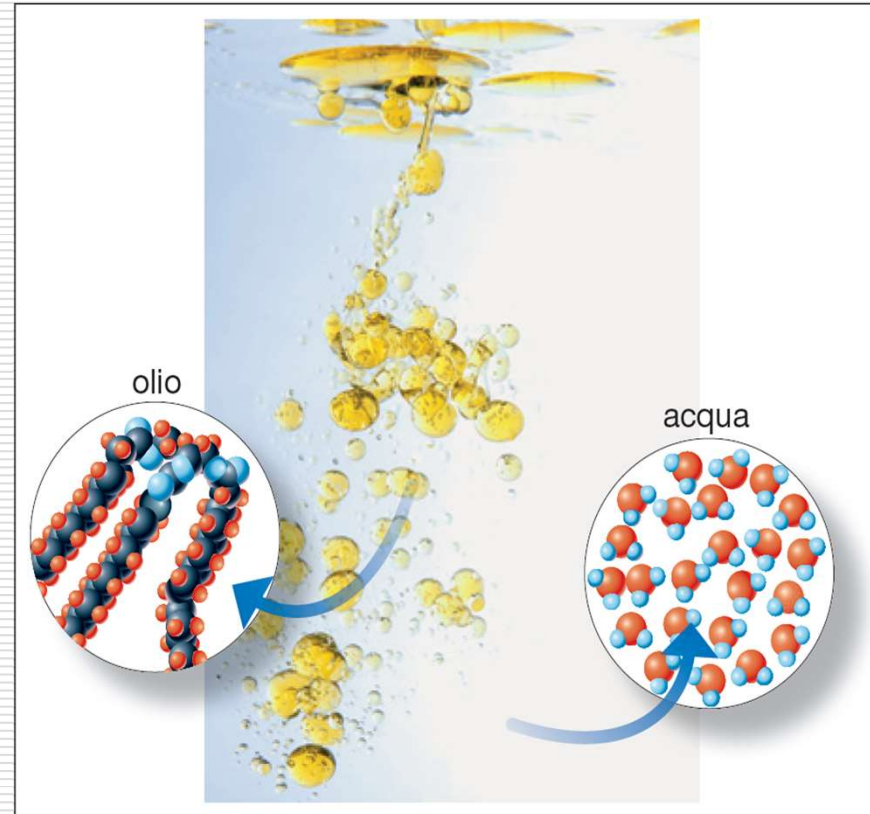
Un sistema termodinamico possiede proprietà estensive ed intensive.

- Sono **estensive** quelle proprietà che dipendono dalla quantità di sostanza; ad es. massa, volume
- Sono **intensive** quelle proprietà che dipendono dalla natura delle sostanze ma non dalla loro quantità; ad es. temperatura, pressione

Sistemi omogenei/eterogenei

- I sistemi possono essere **omogenei** o **eterogenei**
- Si dice **fase** una porzione di materia fisicamente distinguibile e delimitata, con proprietà intensive uniformi in tutte le sue parti. (es: l'acqua contenuta nel bicchiere è una fase).
- Il contenuto del bicchiere è costituito da due fasi:
 - se nell'acqua sono contenute bollicine gassose
 - se è presente sabbia sul fondo
 - se è presente olio in superficieAlcune proprietà intensive (es. colore, densità) sono diverse nelle due fasi.
- Un sistema **omogeneo** è costituito da una sola fase.
- Un sistema **eterogeneo** è costituito da più fasi. Un sistema eterogeneo può comunque apparire uniforme.

Sistemi omogenei/eterogenei



Acqua e gas, o acqua e olio, sono sistemi eterogenei.

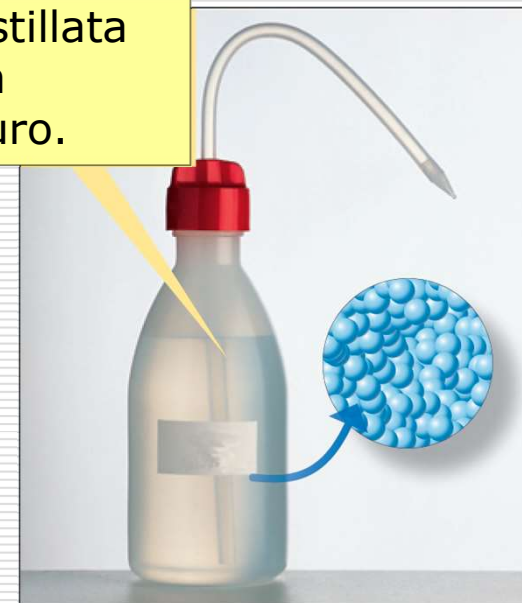
Sistemi puri e miscugli

- Un sistema puro è formato da una sola sostanza, identificabile con una sola formula chimica.
- Un miscuglio contiene più sostanze.

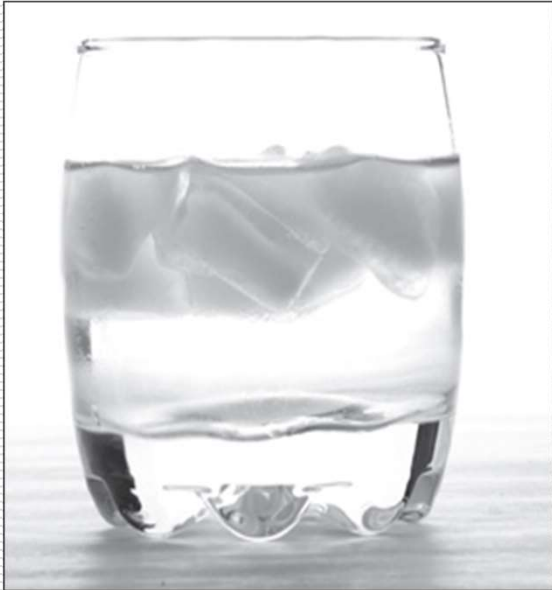


L'acqua potabile è un miscuglio, perché è una soluzione costituita da più componenti.

L'acqua distillata (H_2O) è un sistema puro.



Sistemi puri e miscugli



Anche un sistema puro può essere eterogeneo. L'acqua distillata a 0 °C è in parte in fase solida (ghiaccio) e in parte in fase liquida; il sistema è pertanto fisicamente eterogeneo.

- Un sistema **puro** può essere:
 - *omogeneo* (ad es. H_2O a 20°C)
 - *eterogeneo* (ad es. H_2O a 0°C)
- Un **miscuglio** può essere:
 - *omogeneo* (soluzioni: es. NaCl in H_2O)
 - *eterogeneo* (ad es. latte, granito)

Sistemi puri e miscugli

Differenze tra sistemi omogenei e sistemi eterogenei

	Definizione	Sostanza	Miscuglio
Sistema omogeneo	è costituito da una sola fase	acqua pura, oro puro, cloruro di sodio puro	acqua di rubinetto, sale marino, acciaio, leghe metalliche
Sistema eterogeneo	è costituito da due o più fasi	acqua pura e ghiaccio	acqua e sabbia, legno, granito, latte, marmo, fumo, nebbia

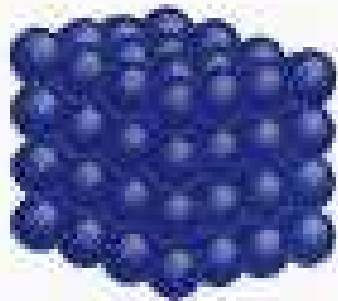
Miscugli omogenei/eterogenei

- Un miscuglio **omogeneo** è detto **soluzione** (NaCl e H₂O, etanolo e H₂O). La sostanza più abbondante è detta **solvente**, quelle meno abbondanti sono dette **soluti**.
- I miscugli **eterogenei** differiscono al variare dello stato di aggregazione dei costituenti.
 - **Schiuma**: dispersione di un gas in un liquido (panna montata)
 - **Nebbia**: miscuglio acqua-aria (nubi)
 - **Fumo**: miscuglio di un solido e un gas (fumo dei camini)
 - **Emulsione**: miscuglio di liquidi immiscibili (maionese)
- I **colloidi** hanno caratteristiche intermedie tra quelle dei miscugli omogenei e quelle dei miscugli eterogenei. (es. citosol, albume, gelatina, budini, caramelle gomgnose)

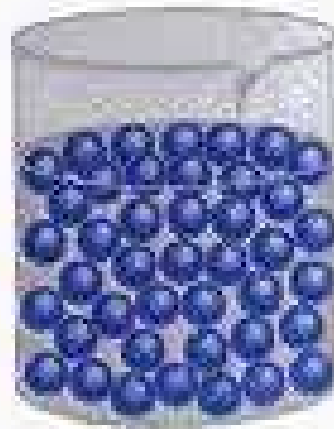
Miscugli omogenei/eterogenei

Sostanze pure omogenee	Sostanze pure eterogenee	Miscugli omogenei	Miscugli eterogenei	Colloidi
alcol al 100%	acqua e ghiaccio 	soluzione di acqua e sale	acqua e sabbia	albume
ossigeno	ossigeno liquido in presenza di ossigeno gassoso	vino limpido 	granito	gelatina
piombo	piombo solido immerso in piombo fuso	aceto limpido	latte 	budino 

Le fasi della materia



Solida



Liquido



Aeriforme

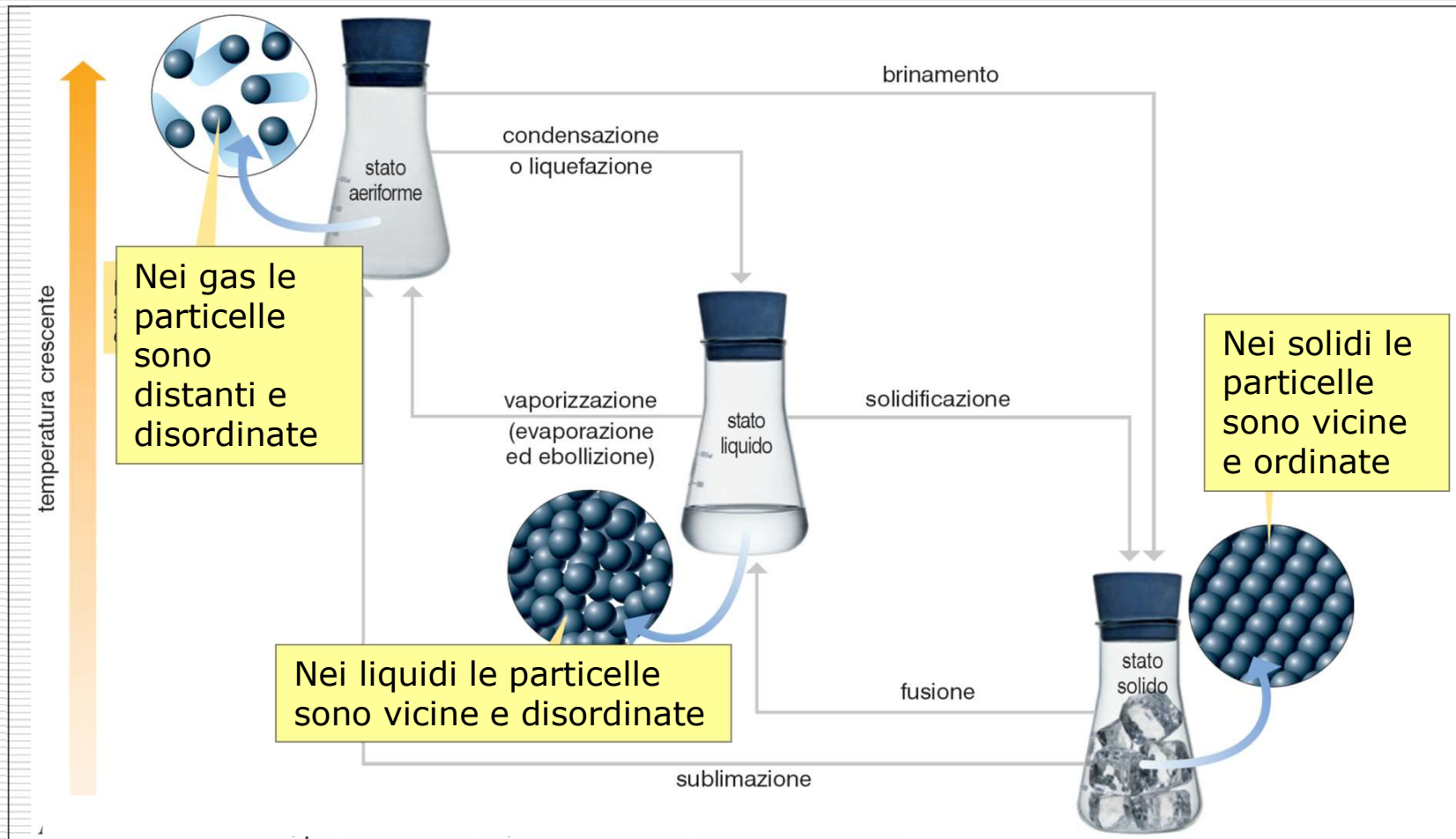
Le fasi della materia

Proprietà dei tre **stati di aggregazione** della materia

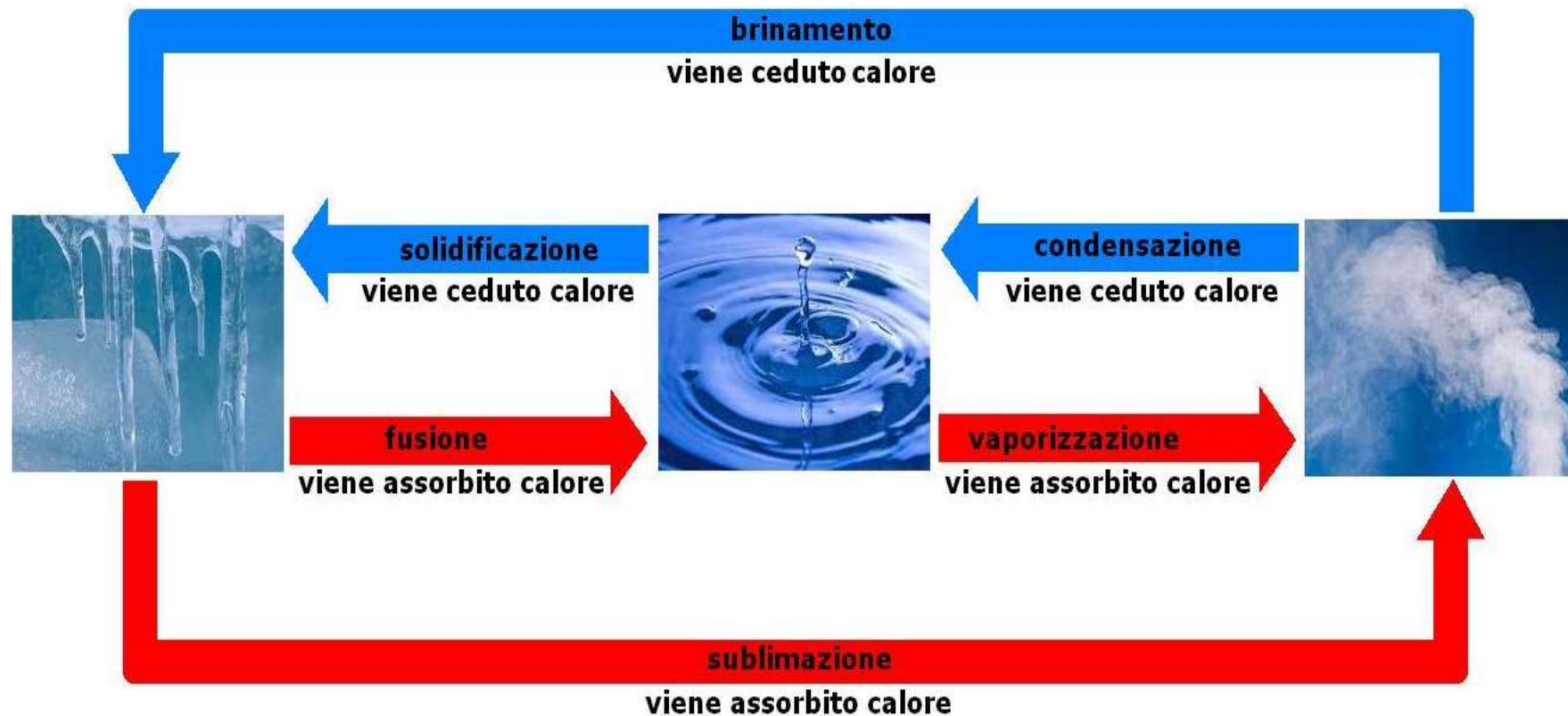
	Solido	Liquido	Aeriforme
Volume	proprio	proprio	occupa tutto il volume disponibile
Forma	propria	assume la forma del recipiente	assume la forma del recipiente
Densità	alta	media	bassa
Effetto della pressione	incomprimibile (a pressioni non elevate)	incomprimibile (a pressioni non elevate)	comprimibile

Lo stato di aggregazione della materia dipende dalla sua **composizione**, dalla **temperatura** e dalla **pressione**.

Passaggi di stato



Passaggi di stato



Passaggi di stato

Le sostanze passano da uno stato fisico all'altro a causa di variazioni di **temperatura** e/o **pressione**.

Il passaggio di stato **da aeriforme a liquido** è detto:

- **condensazione** se avviene per raffreddamento ($T \downarrow$)
- **liquefazione** se avviene per aumento della pressione ($p \uparrow$)

In ogni passaggio di stato c'è trasferimento di **calore**.

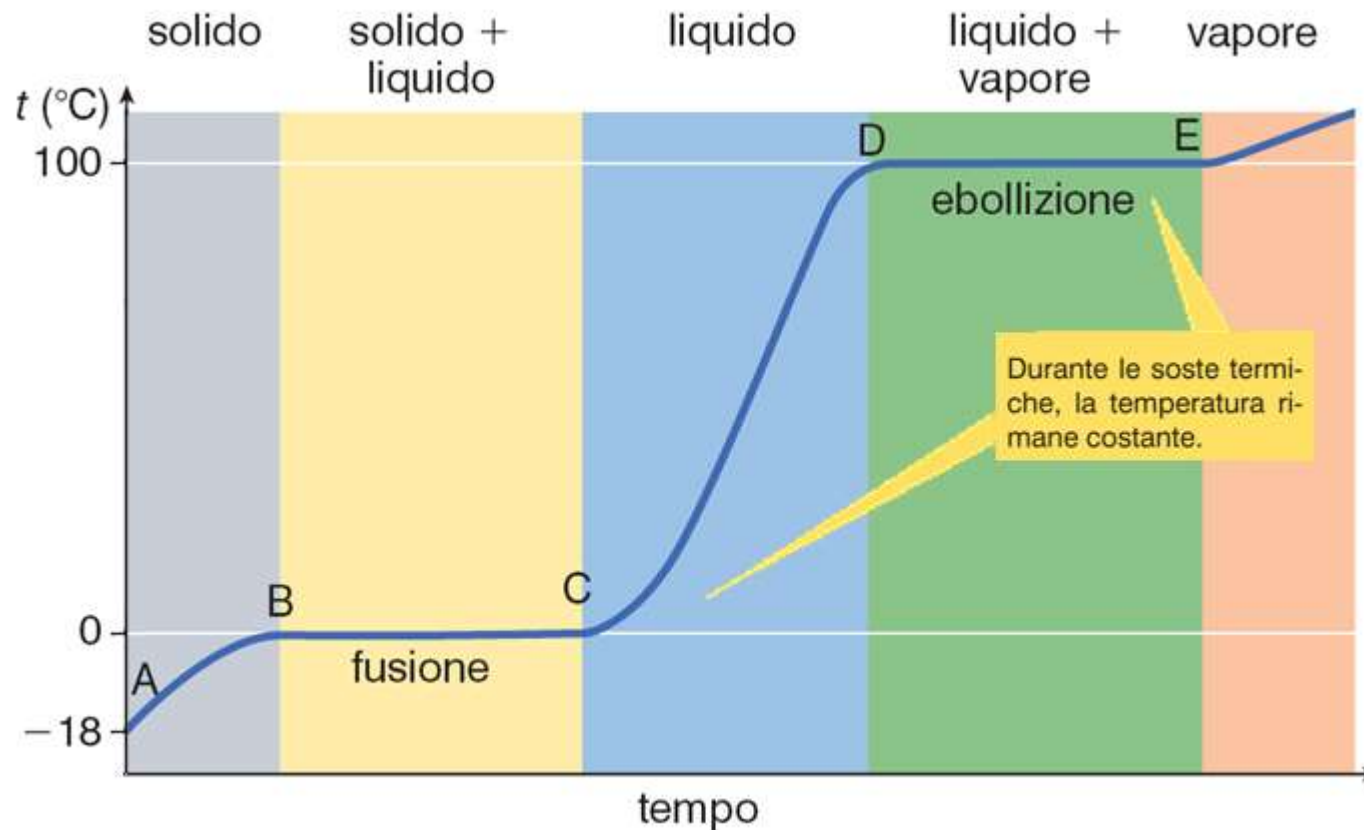
Passaggi di stato

Nel passaggio **da liquido ad aeriforme** si ha **sempre** una **diminuzione della densità**. Il passaggio è detto:

- Evaporazione se la pressione del vapore che si forma nel liquido è inferiore alla pressione atmosferica.
- Ebollizione se la pressione del vapore che si forma nel liquido è superiore alla pressione atmosferica.

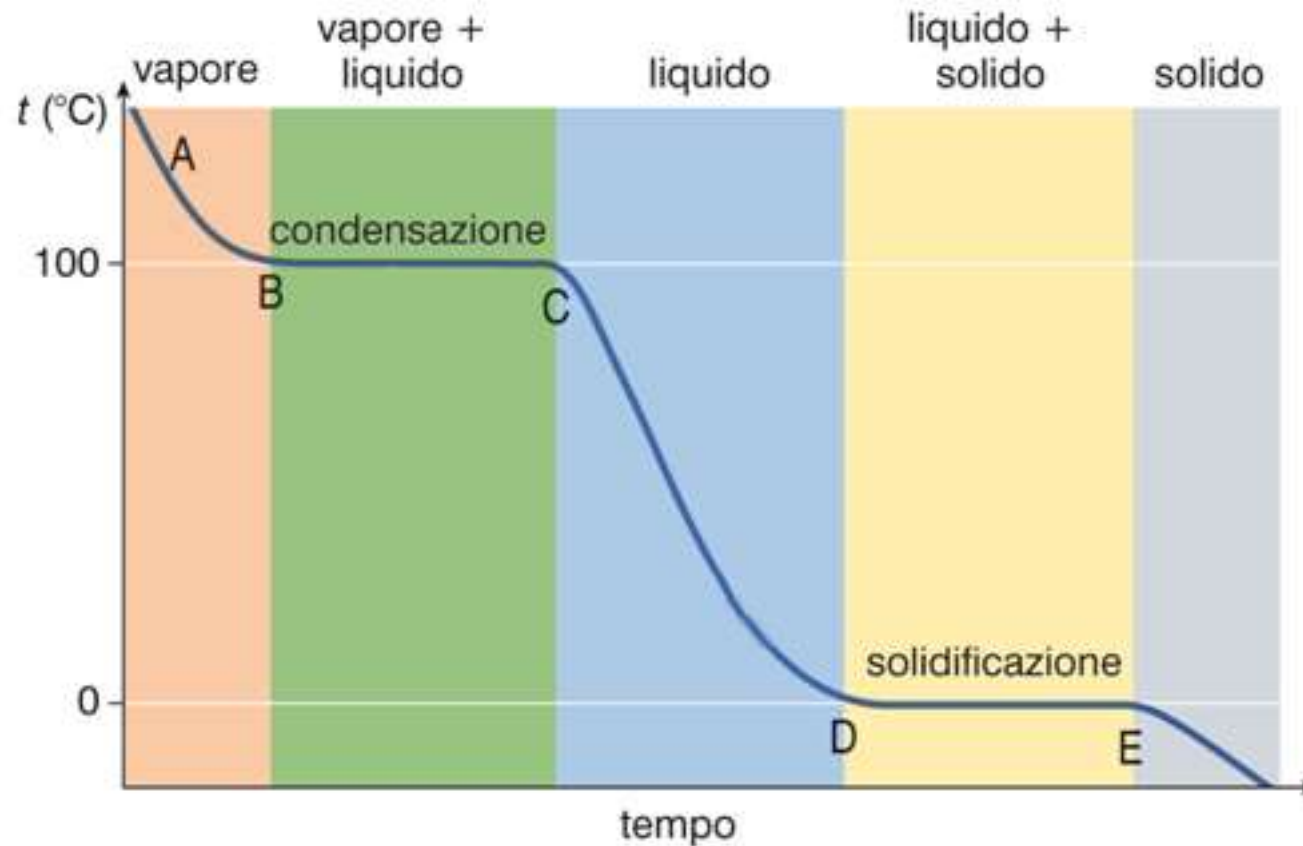
Nel passaggio **da liquido a solido**, si verifica **di solito** una piccola diminuzione di volume e quindi un piccolo **aumento di densità**. L'**acqua** costituisce un'importante **eccezione**.

Curva di riscaldamento



Curva di riscaldamento (H_2O)

Curva di raffreddamento



Curva di raffreddamento (H_2O)

Passaggi di stato

- La temperatura alla quale coesistono acqua liquida e ghiaccio è detta temperatura di fusione dell'acqua
- Il segmento B-C, detto sosta termica, ha una lunghezza che dipende dalla quantità di ghiaccio che deve fondere
- Durante la fusione la temperatura non sale perché il calore che viene assorbito serve a vincere le forze di coesione del solido
- Ogni sostanza pura ha la sua temperatura di fusione caratteristica
- A 100 °C osserviamo un'altra sosta termica, corrispondente all'ebollizione dell'acqua

Passaggi di stato

- La temperatura a cui la pressione del vapore eguaglia la pressione atmosferica è detta temperatura di ebollizione
- La temperatura di fusione e quella di ebollizione sono proprietà intensive delle sostanze pure
- La lunghezza delle soste termiche dipende invece dalla quantità di sostanza
- La temperatura di condensazione è uguale alla temperatura di ebollizione a parità di pressione
- La temperatura di solidificazione è uguale alla temperatura di fusione a parità di pressione

Calore latente

I passaggi di stato di sostanze pure avvengono a **temperature** ben **precise** e caratteristiche per ogni sostanza. Queste temperature rimangono costanti per tutta la durata del processo.

Il **calore latente** λ è la quantità di energia scambiata (sotto forma di calore) durante lo svolgimento di un passaggio di stato (o "transizione di fase ")

A seconda del tipo di passaggio di stato si ha:

- calore latente di fusione (o solidificazione)
- calore latente di vaporizzazione (o condensazione)
- calore latente di sublimazione (o brinamento)

Il calore necessario al passaggio di fase è:

$$Q = \lambda \cdot m$$

Calore specifico

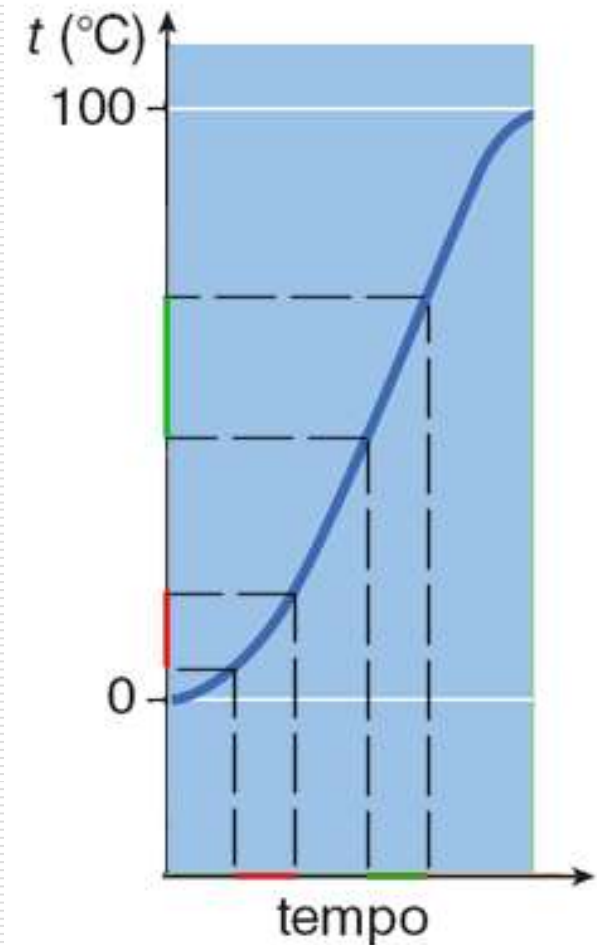
Fuori dalle soste termiche la temperatura della sostanza aumenta (o diminuisce) proporzionalmente al calore che viene assorbito (o ceduto).

Si definisce **calore specifico**, detto anche calore specifico massico, di una sostanza la quantità di calore necessaria per innalzare, o diminuire, la temperatura di una unità di massa di 1 K.

Una grandezza analoga è il calore specifico molare, detto anche **calore molare**, definito come la quantità di calore necessaria per innalzare, o diminuire, la temperatura di una mole di sostanza di 1 K.

Calore specifico

Esaminiamo la parte della curva di riscaldamento fuori dalle soste termiche. Mantenendo il flusso di calore costante nel tempo, si vede che in differenti regioni del grafico a uguali intervalli di tempo, cioè a uguali quantità di calore corrispondono differenti variazioni di temperatura.



Calore specifico

Questo significa che il calore specifico non è costante, ma una funzione della temperatura:

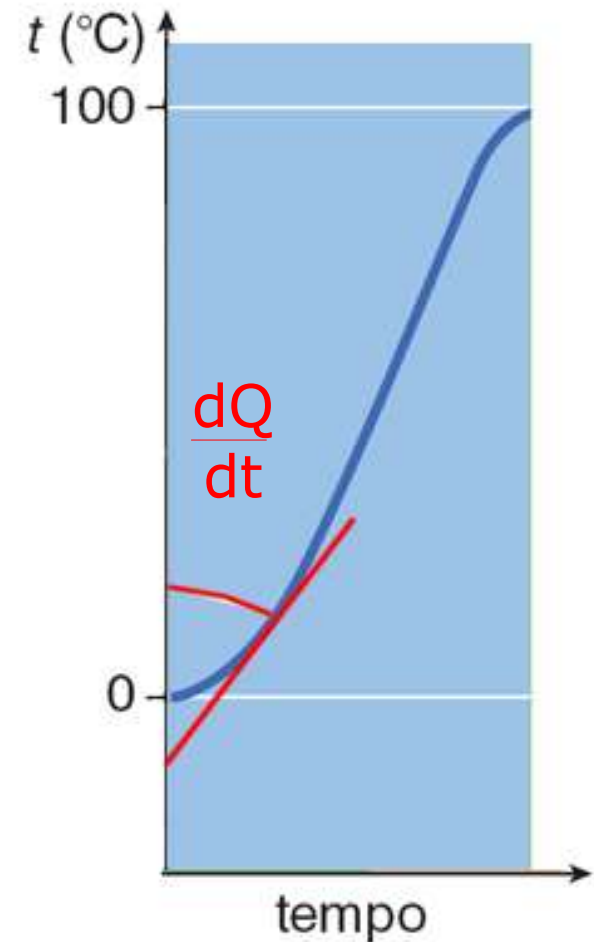
$$c = c(T)$$

Il calore specifico massico viene quindi definito come

$$c(T) = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT}$$

Dalla definizione si ottiene:

$$dQ = m c(T) dT$$



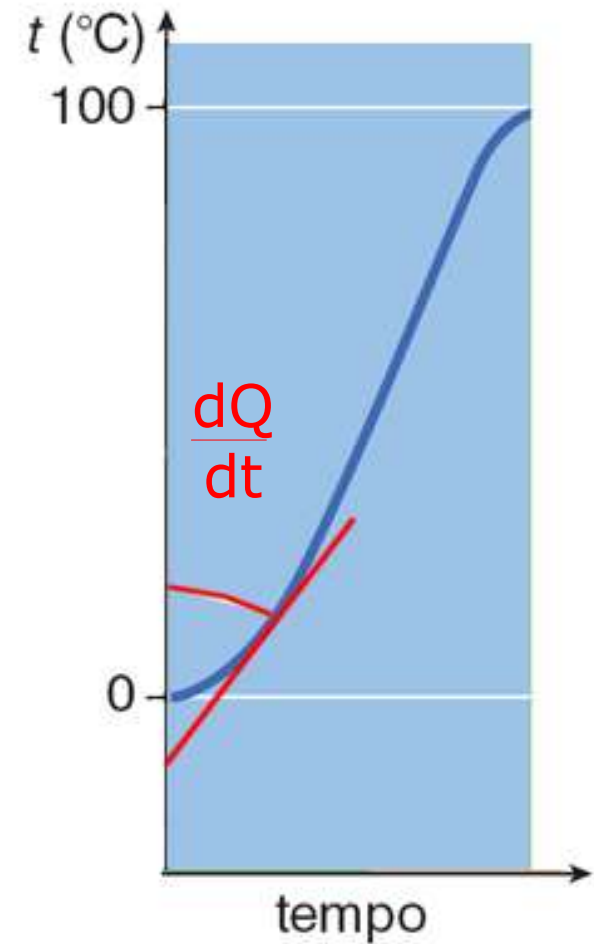
Calore

Integrando l'ultima relazione si ottiene la quantità di calore Q che provoca una variazione di temperatura ΔT per una quantità di massa m di una sostanza il cui calore specifico è $c(T)$

$$Q = m \int_{T_I}^{T_F} c(T) dT$$

Se $c(T)$ è costante nell'intervallo di temperatura tra T_I e T_F , allora l'integrale si riduce a

$$Q = m c \Delta T = m c (T_F - T_I) \quad (1)$$



Calore – Capacità termica

Se nella relazione

$$Q = m c \Delta T = m c (T_F - T_I)$$

- la temperatura finale è maggiore di quella iniziale allora la quantità di calore Q è **positiva** e il calore si dice **assorbito**
- la temperatura finale è minore di quella iniziale allora la quantità di calore Q è **negativa** e il calore si dice **ceduto**

La quantità **$C = m c$** si chiama **capacità termica**.

Calorimetria – Equilibrio termico

Se due corpi 1 e 2 a diversa temperatura entrano in "contatto" termico il corpo a temperatura maggiore (T_1) cede calore al corpo a temperatura minore (T_2) sino a che non raggiungono entrambi la stessa temperatura T_E (**equilibrio termico**). Il calore ceduto da 1 sarà uguale in modulo al calore assorbito da 2, ovvero la somma dei due calori sarà nulla.

$$\begin{array}{ccc} m_1 c_1 (T_E - T_1) & + & m_2 c_2 (T_E - T_2) = 0 \\ (< 0) & & (> 0) \end{array}$$

ovvero

$$|m_1 c_1 (T_E - T_1)| = |m_2 c_2 (T_E - T_2)|$$

Calorimetria – Equilibrio termico

La temperatura di equilibrio T_E è:

$$T_E = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

Se i due corpi hanno:
uguale massa ($m_1 = m_2$) allora

$$T_E = \frac{c_1 T_1 + c_2 T_2}{c_1 + c_2}$$

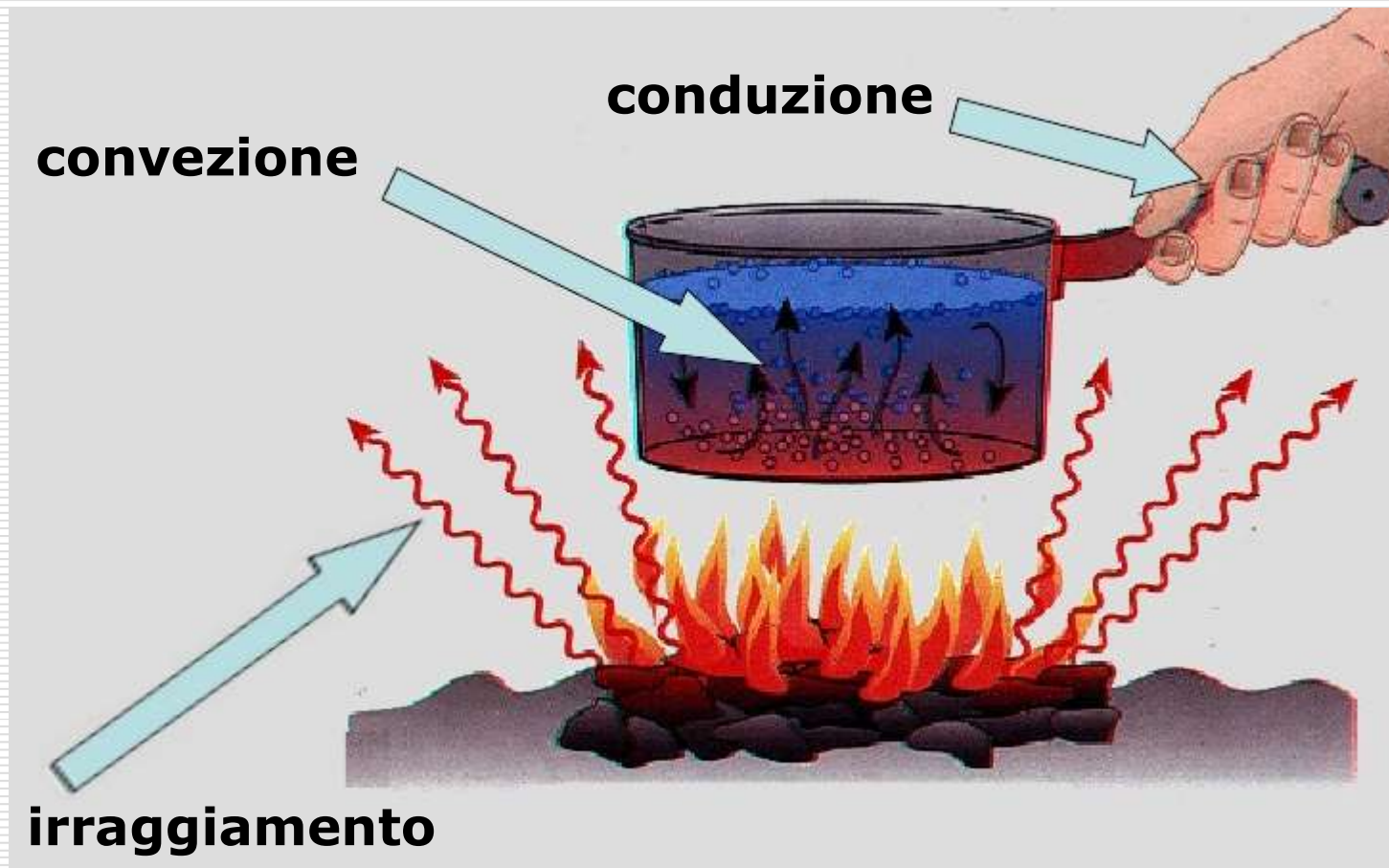
uguale calore specifico ($c_1 = c_2$) allora

$$T_E = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$$

uguale capacità termica ($m_1 c_1 = m_2 c_2$) allora

$$T_E = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

Trasmissione del calore



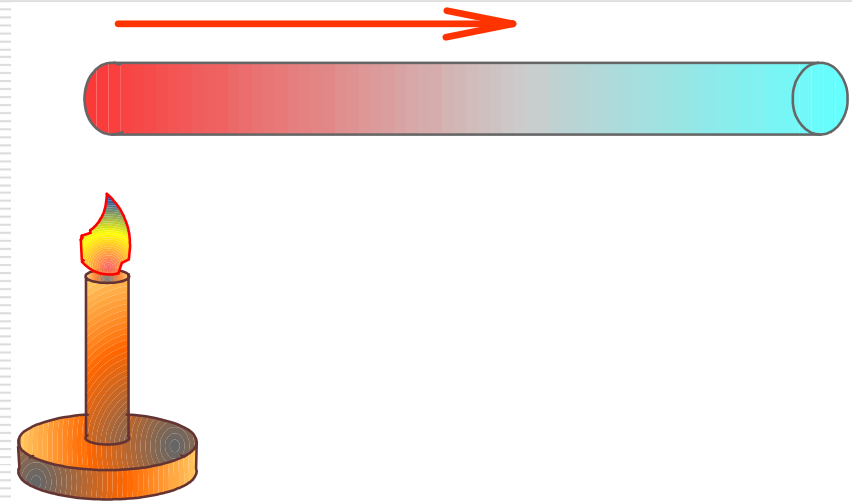
Conduzione

E' la modalità **principale** di con cui si propaga il calore nei corpi **solidi**, dall'estremità riscaldata al resto del corpo.

Il calore si propaga **senza spostamento di materia**.

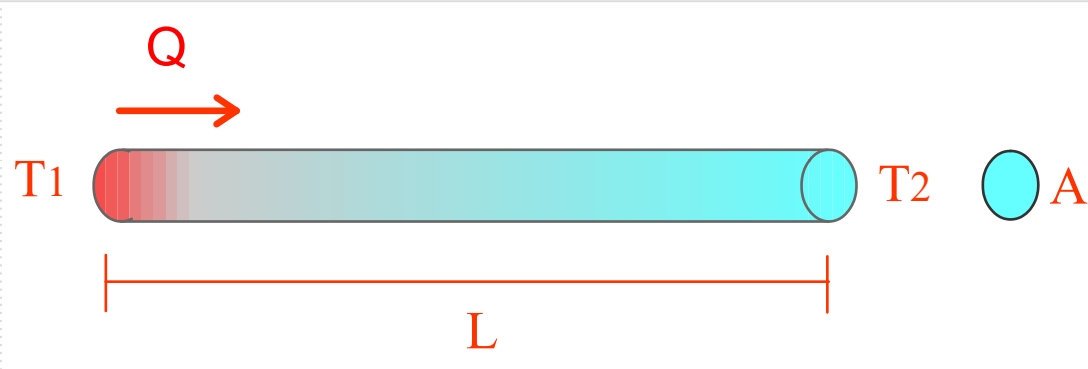
Alcuni corpi **-conduttori-** trasmettono facilmente il calore (rame, ferro, alluminio, tutti i metalli);
altri **-isolanti-** si oppongono alla propagazione del calore (legno, plastica, vetro, ceramica, etc.)

Si definisce la **conducibilità termica k**.



Conduzione

Quanto calore si propaga per conduzione?

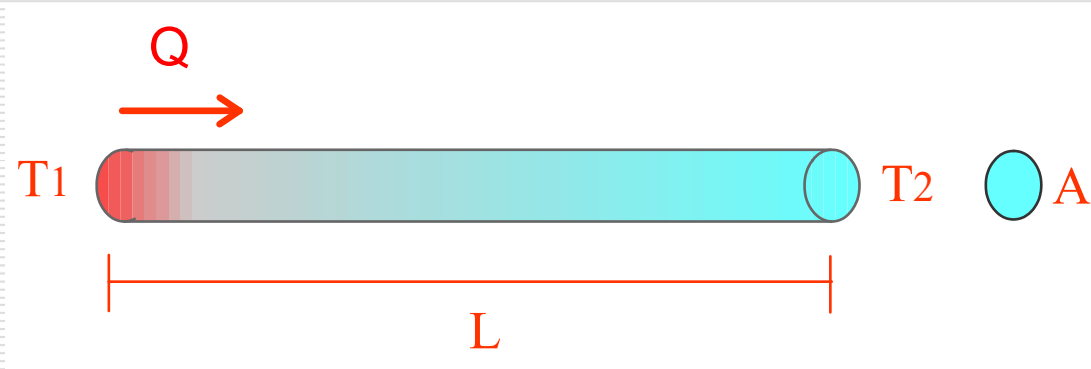


Il calore trasmesso è **direttamente** proporzionale a:

- area della sezione **A**
- differenza di temperatura tra gli estremi: $\Delta T = T_1 - T_2$ ($T_1 > T_2$)
- intervallo di tempo Δt nel quale viene trasmesso calore
- caratteristiche del materiale: coefficiente di conducibilità (o conduttività) termica **k**

Inversamente proporzionale alla lunghezza **L** della sbarra

Conduzione



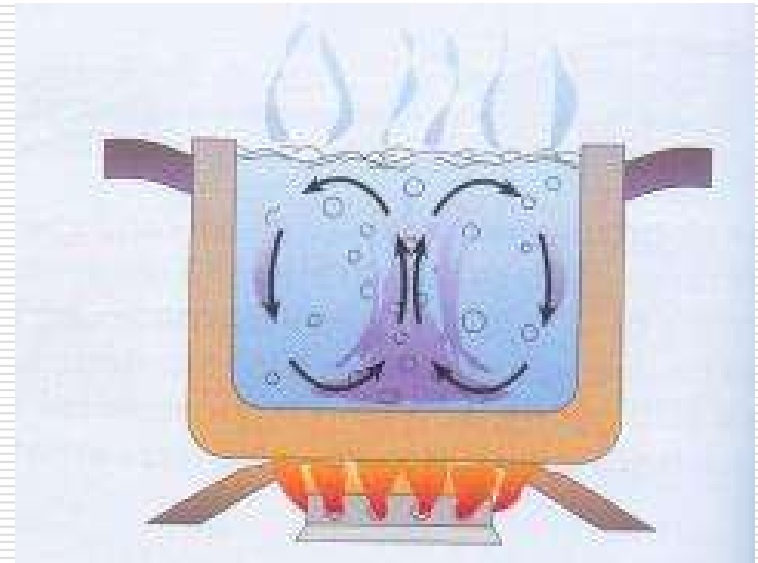
Si ottiene quindi la relazione di Fourier:

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{L} \Delta t$$

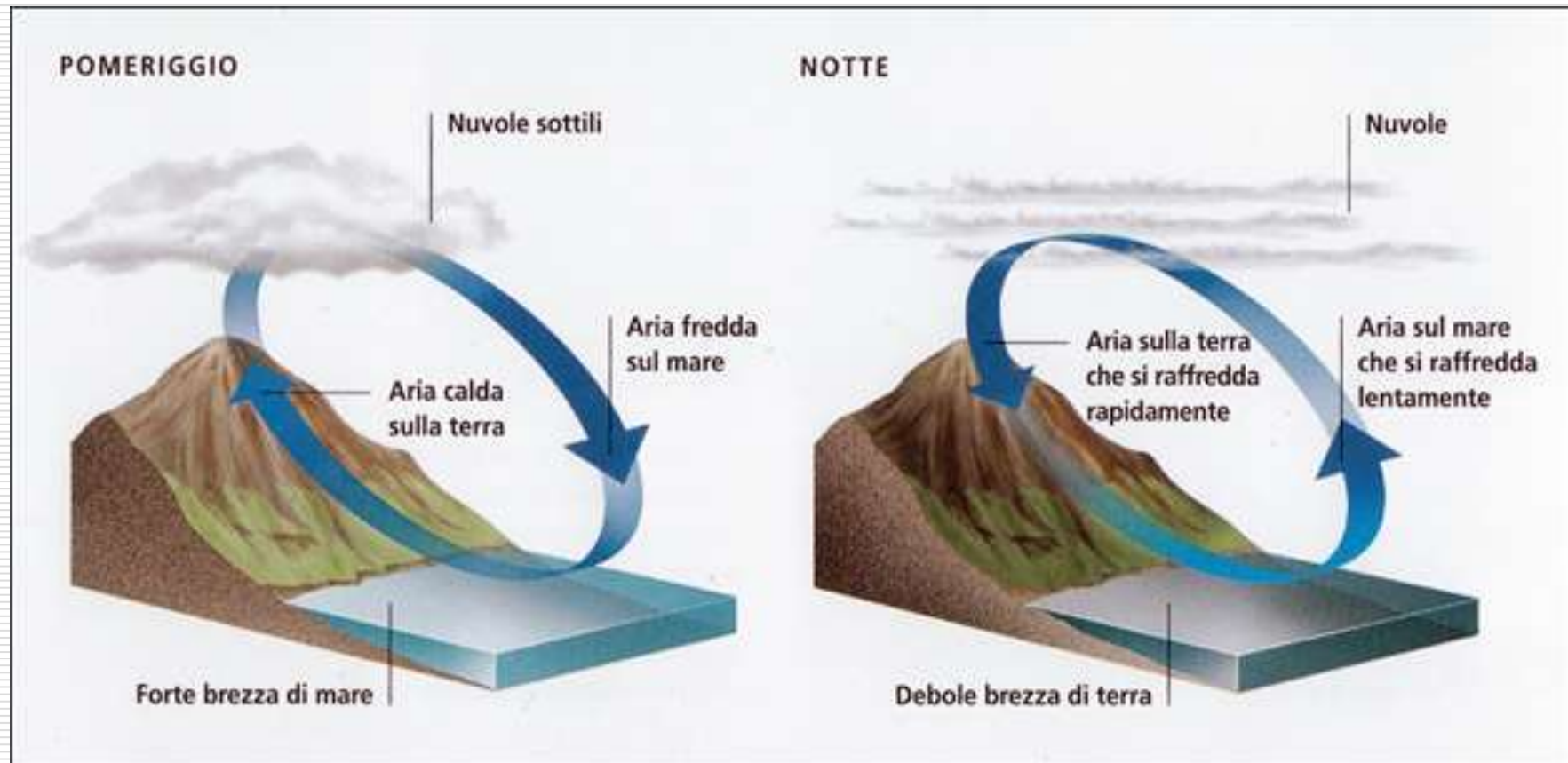
Convezione

E' la modalità **principale** di con cui si propaga il calore nei **fluidi**: le molecole dei fluidi si muovono liberamente.

La parte di fluido dove aumenta la temperatura, tende ad espandersi (o ad aumentare la pressione) e diminuisce la propria densità; fra parti di fluido a diverse temperature, cioè con differenti densità, viene a mancare l'equilibrio idrostatico; la forza di gravità fa sì che porzioni più dense di liquido si spostino verso il basso, e porzioni più calde vengano sospinte in alto.



Convezione



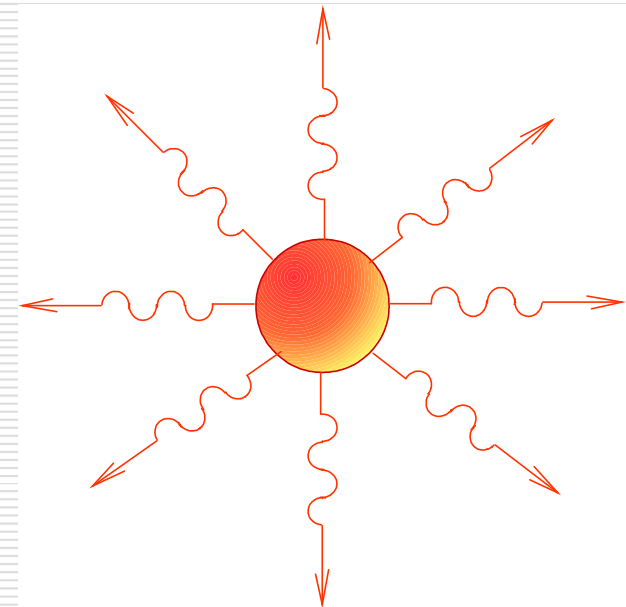
Irraggiamento

E' l'unica modalità di trasmissione del calore che può avvenire nel **vuoto**.

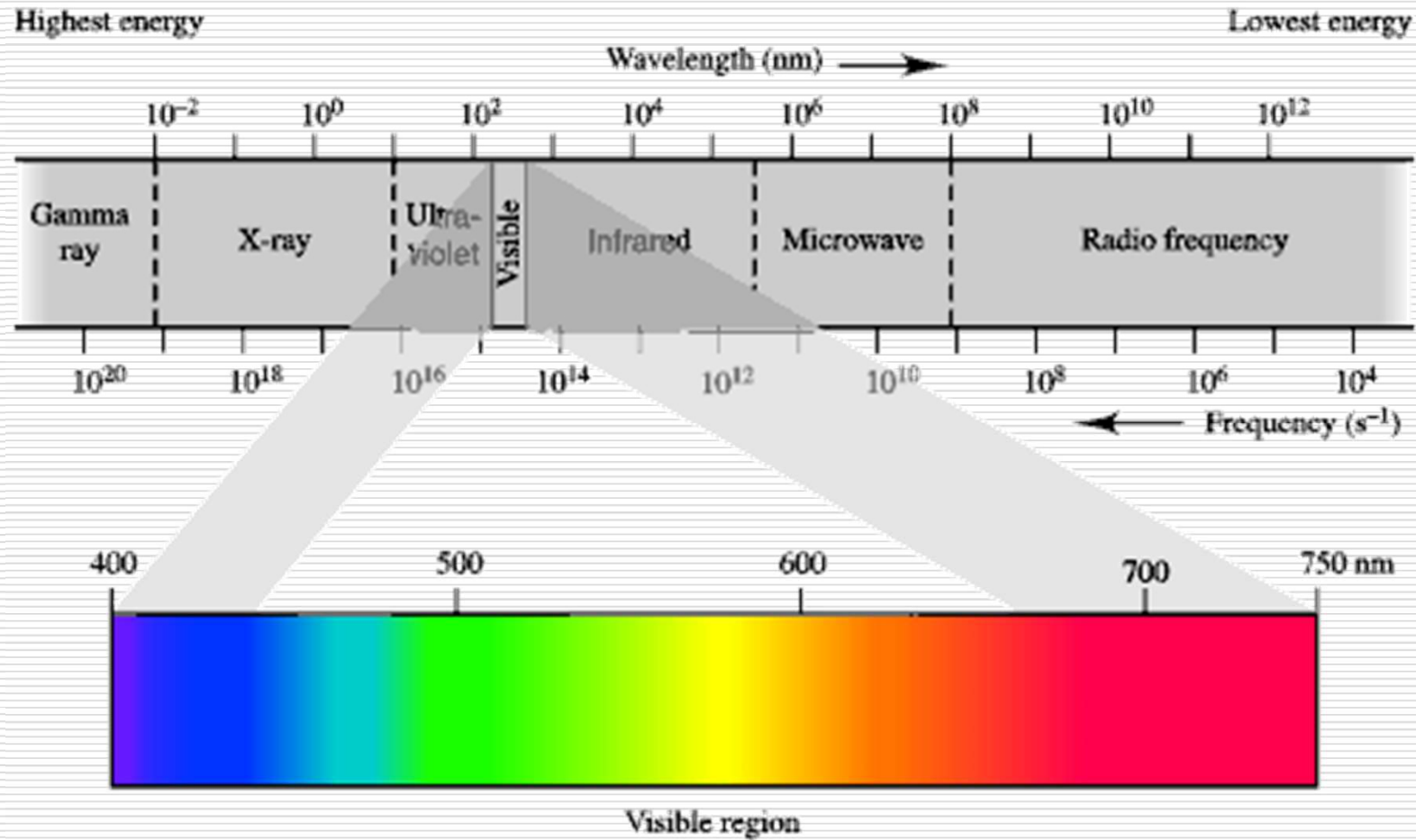
Tutti i corpi sono sorgenti di radiazioni elettromagnetiche:

- radiazione visibile
- radiazione ultravioletta
- radiazione infrarossa (termica)

Il calore viene trasmesso mediante la radiazione infrarossa che ha una lunghezza d'onda λ compresa tra $1\ \mu\text{m}$ e $100\ \mu\text{m}$.



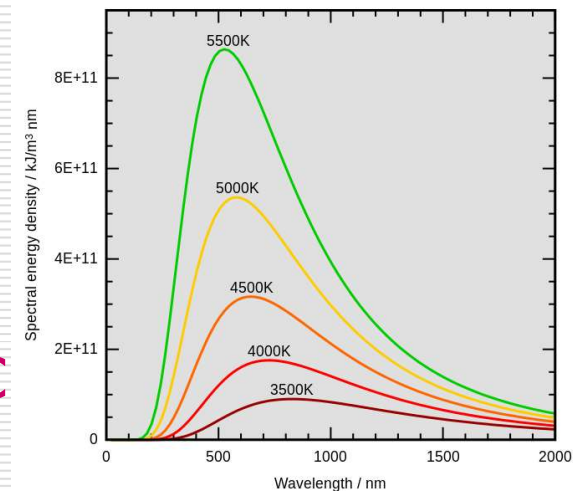
Lo spettro elettromagnetico



La legge di Wien

Detta anche legge dello spostamento di Wien è una legge fisica sperimentale, che consente di individuare per quale lunghezza d'onda λ è massima l'emissione radiativa di un corpo nero a temperatura T.

- Rosso -----> $\approx 800\text{ }^{\circ}\text{C}$
resistenza stufa o forno elettrico
- Giallo -----> $\approx 5000\text{ }^{\circ}\text{C}$
Sole: temperatura di circa 6000 °C
- Blu -----> $\approx 20.000 - 30.000\text{ }^{\circ}\text{C}$
stelle molto calde



2011-2012 (79)

In una giornata primaverile, ci sentiamo a nostro agio con una temperatura dell'aria di 20 °C. Se ci immergiamo completamente in acqua a 20 °C, invece, sentiamo freddo. Relativamente alla situazione descritta, quale è la spiegazione più plausibile?

- A) E' una sensazione a livello percettivo, senza un reale fondamento fisico
 - B) La conduzione ha un ruolo importante nel passaggio di energia dal corpo all'esterno e la conduttività termica dell'acqua è molto più grande di quella dell'aria
 - C) L'acqua in contatto con la pelle evapora, sottraendoci calore
 - D) L'aria prossima alla pelle, al contrario dell'acqua, assorbe il calore che emettiamo come radiazione infrarossa, trattenendolo vicino alla pelle
 - E) Il meccanismo con cui il nostro corpo cede calore all'esterno è di tipo convettivo, ed è più efficace nell'acqua
-

2006-2007 (70)

Il corpo umano alla temperatura di circa 36 gradi centigradi equivale ad una sorgente di radiazione che emette circa 1000 Watt di potenza (una piccola stufa!), come mai non siamo visibili al buio? Perché:

- A) per essere visti occorre essere illuminati da una sorgente esterna
 - B) ad una temperatura così bassa non vengono emesse onde elettromagnetiche
 - C) la componente di radiazione emessa alle frequenze visibili è trascurabile
 - D) nel nostro corpo non circola una corrente elettrica sufficiente
 - E) la pelle blocca le radiazioni elettromagnetiche emesse dal corpo umano
-

2006-2007 (73)

In montagna, ci si abbronzia facilmente e rapidamente perché:

- A) il ghiaccio e le rocce catalizzano i raggi solari
 - B) l'energia perduta camminando si trasforma in calore
 - C) la pressione atmosferica inferiore limita le difese della pelle
 - D) la componente ultravioletta è maggiore
 - E) siamo più vicini al sole e quindi l'intensità della luce è maggiore
-

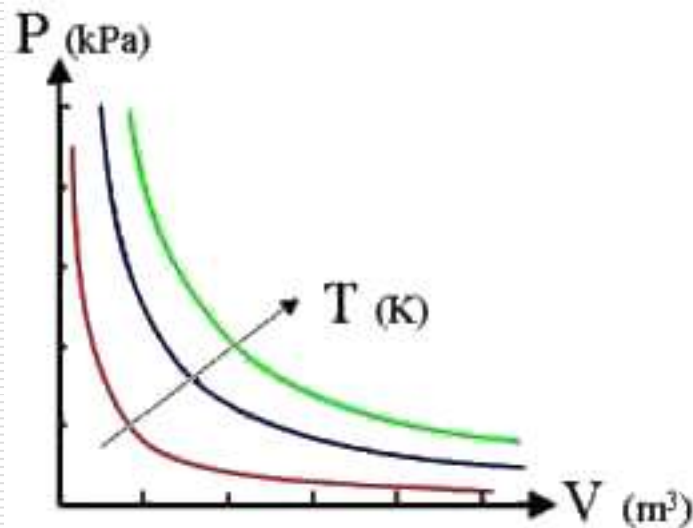
Legge di Boyle (1622)

E' anche chiamata legge dell'isoterma: il volume occupato dal gas, a temperatura costante, è inversamente proporzionale alla pressione alla quale il gas è sottoposto.

$$p V = \text{cost se } T = \text{cost}$$

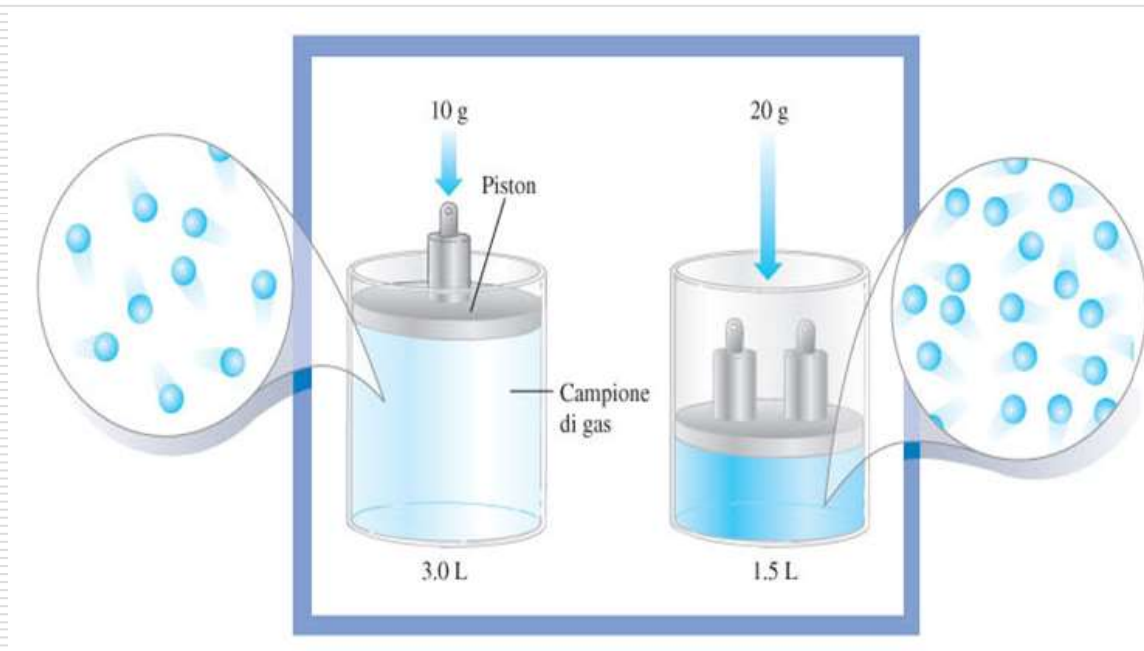
Ovvero, dati due stati 1 e 2 alla stessa temperatura, per essi vale quindi

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$



Nel piano di Clapeyron (p, V) le curve della legge di Boyle sono rami di iperbole equilatera, con la temperatura crescente con la distanza dall'origine

Legge di Boyle



Interpretazione molecolare: se il volume viene ridotto, un numero maggiore di molecole urtano le pareti nell'unità di tempo, generando una pressione più alta

Legge di Charles

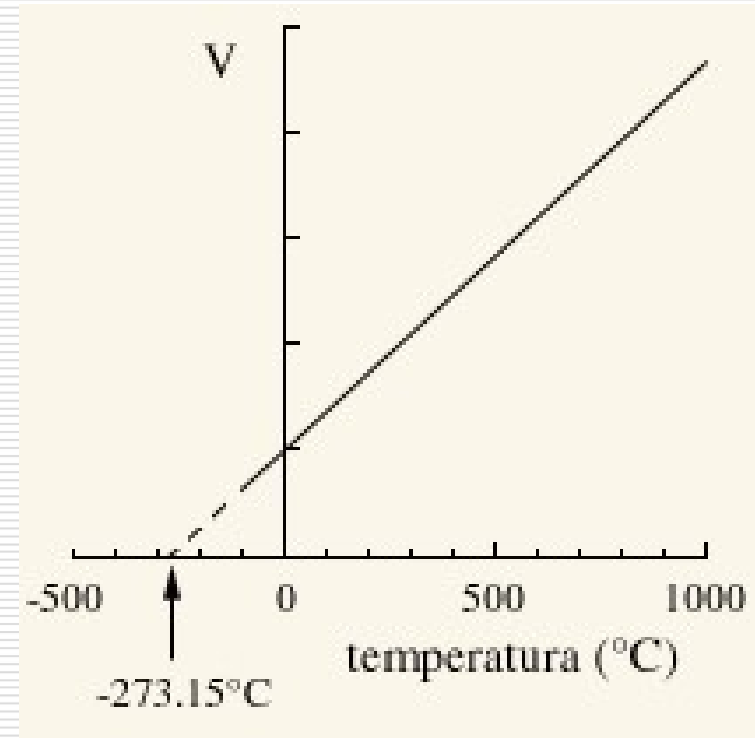
E' chiamata anche I Legge di Gay-Lussac. A pressione costante, il volume di una data quantità di gas:

- è direttamente proporzionale alla sua temperatura assoluta
- aumenta di $\alpha=1/273$ del volume che occupa a 0°C , per ogni aumento della temperatura di 1°C

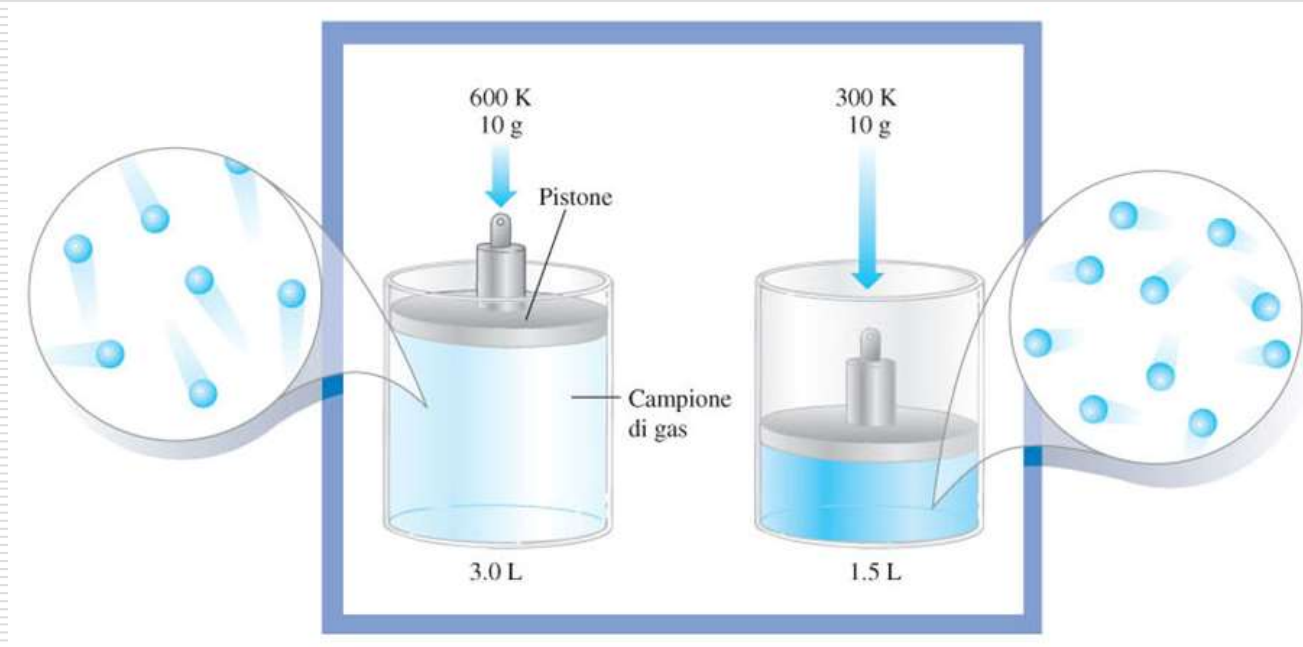
$$V = V_0(1 + \alpha t)$$

Si può anche scrivere nella forma:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



Legge di Charles



Interpretazione molecolare: a temperatura minore, le molecole urtano le pareti con frequenza e velocità minore; il volume deve quindi essere anch'esso minore per mantenere la stessa pressione

Seconda Legge di Gay-Lussac

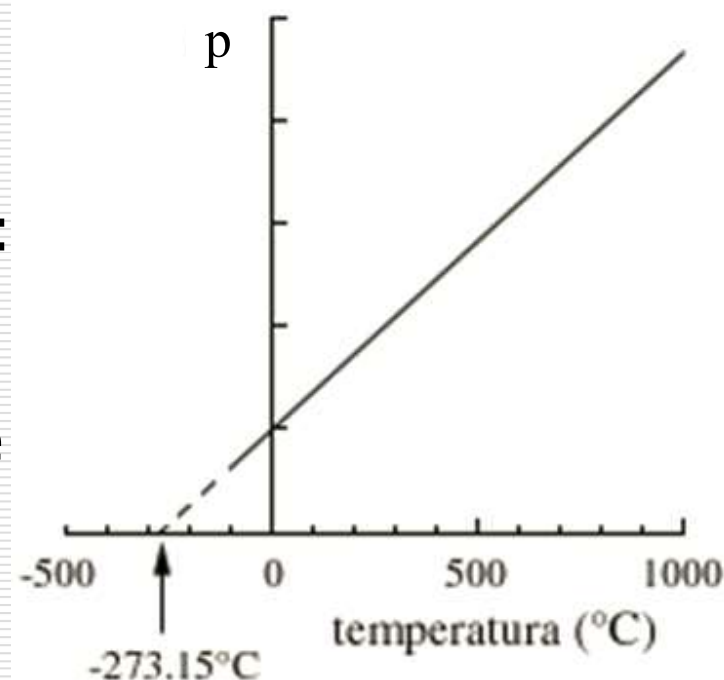
E' chiamata anche legge di Amontons. A volume costante, la pressione di una data quantità di gas:

- è direttamente proporzionale alla sua temperatura assoluta
- aumenta di $\alpha=1/273$ della pressione che ha a 0°C , per ogni aumento della temperatura di 1°C

$$p = p_0(1 + \alpha t)$$

Si può anche scrivere nella forma:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



Legge di Avogadro

Volumi uguali di gas nelle stesse condizioni di temperatura e di volume, contengono un ugual numero di molecole.

Una mole di qualunque gas, alle medesime condizioni di temperatura e di pressione, occupa lo stesso volume.

Alla temperatura di 0°C (273°K) e alla pressione di 1 atm questo volume (volume molare standard) è pari a $22,4 \text{ l/mol}$

Conseguenza: il volume di un gas è proporzionale al numero di moli del gas stesso

Equazione dei gas perfetti

Riassumiamo le leggi viste sin'ora:

$$\left\{ \begin{array}{ll} V \propto 1/p & \text{legge di Boyle} \\ V \propto T & \text{legge di Charles – Gay Lussac} \\ V \propto n & \text{legge di Avogadro} \end{array} \right.$$

Combiniamo queste relazioni ed otteniamo una sola legge:

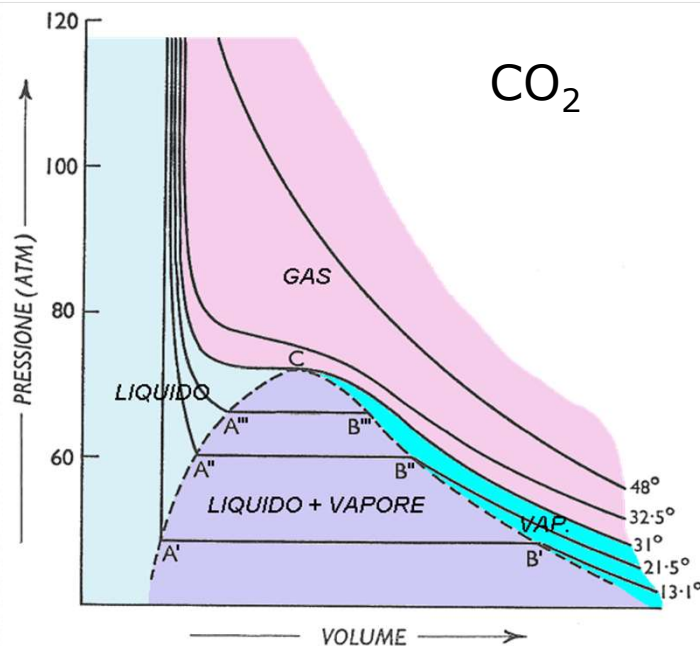
$$V \propto nT/p \Rightarrow pV = nRT$$

$R = 8,314472 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ è la costante universale dei gas
Le temperature devono essere espresse in **Kelvin!**

Gas e vapore (gas reali)

Un aeriforme è:

- un **gas** se è al di **sopra** della sua temperatura critica
- un **vapore** se è al di **sotto** della sua temperatura critica



Sopra la **temperatura critica** è impossibile liquefare il gas, anche a pressioni elevatissime.

$T_c(\text{O}_2) = -119^\circ\text{C}$; $T_c(\text{H}_2\text{O}) = 374^\circ\text{C}$

Sopra la temperatura critica vale la Legge di **Boyle**: $pV = \text{cost}$

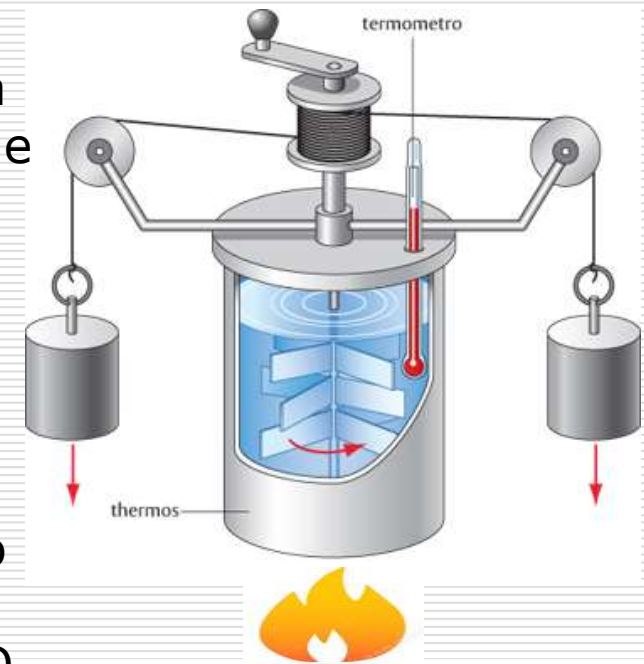
Esperienza di Joule (1800)

Il sistema termodinamico è costituito da un recipiente a pareti adiabatiche riempito di acqua.

1. Il mulinello viene messo in rotazione compiendo del lavoro $W_1 = 2mgh$ fornito dalla variazione energia potenziale di due masse che scendono sotto l'azione della forza di gravità. L'acqua si riscalda per effetto dell'attrito.
2. Un conduttore di resistenza R percorso da corrente viene messo nell'acqua. Sia W_2 l'energia dissipata per effetto Joule.
3. Due blocchi di metallo immersi nell'acqua vengono strofinati. W_3 è il lavoro speso contro le forze di attrito.
4. Il sistema viene riscaldato fornendo il calore Q

Si osserva che per una uguale variazione di temperatura

$$W_1 = W_2 = W_3 = Q$$

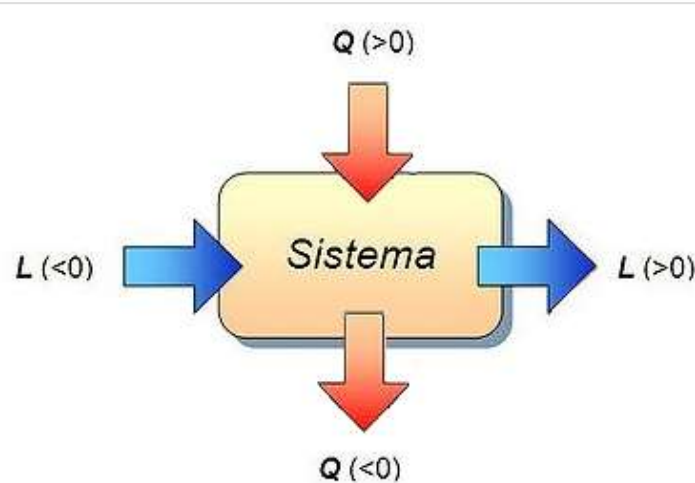


I Principio d. Termodinamica

Il primo principio della termodinamica

$$Q = \Delta U + L$$

è il principio di conservazione dell'energia includendo sia gli scambi energetici meccanici (**lavoro**) sia quelli termici (**calore**).



Convenzione dei segni degli scambi energetici :

- Il calore Q è
positivo se assorbito dal sistema
negativo se ceduto
- Il lavoro L è
positivo se compiuto dal sistema
negativo se subito

I Principio d. Termodinamica

Se un gas acquista calore dall'ambiente (Q positivo), la sua energia interna tende ad aumentare, se cede calore all'ambiente (Q negativo), la sua energia interna tende a diminuire.

Se un gas si espande (L positivo), compie un lavoro a spese della sua energia interna che quindi tende a diminuire, se viene compresso (L negativo) è l'ambiente che trasferisce energia al gas e l'energia interna del gas tende ad aumentare.

II Principio d. Termodinamica

Impone dei limiti alle trasformazioni di energia.

Formulazione di **Clausius**

«È impossibile realizzare una trasformazione il cui **unico** risultato sia quello di **trasferire** calore **da** un corpo più **freddo a** uno più **caldo** (senza l'apporto di lavoro esterno)»

Formulazione di Kelvin

«È impossibile realizzare una trasformazione ciclica il cui **unico** risultato sia la trasformazione in **lavoro** di **tutto** il calore assorbito da **una** sorgente omogenea (una sola temperatura)»

2012-2013 (77)

Rispetto a una comune pentola chiusa, una pentola a pressione permette di cuocere i cibi in minor tempo principalmente perché:

- A) l'elevata pressione fa sì che il vapor acqueo penetri più in profondità nei cibi
 - B) la temperatura di ebollizione dell'acqua è superiore a quella che si avrebbe in una comune pentola
 - C) il coperchio sigillato evita la dispersione di calore
 - D) l'elevato spessore del fondo della pentola consente una migliore distribuzione del calore
 - E) la mancata dispersione dell'acqua permette di cuocere i cibi senza bruciarli
-

2010-2011 (72)

Una data quantità di gas perfetto, a partire da uno stato di equilibrio, subisce una trasformazione sino a raggiungere un nuovo stato di equilibrio in cui sia il volume che la temperatura sono il doppio di quelli iniziali. Quale delle seguenti affermazioni è corretta?

- A) Dato che la temperatura del gas è raddoppiata, la pressione finale è il doppio di quella iniziale
 - B) Dato che la temperatura del gas è aumentata, la pressione finale è aumentata, ma sono necessari ulteriori dati sulla trasformazione per quantificare l'aumento
 - C) Nessuna delle altre affermazioni è corretta
 - D) Dato che il volume del gas è aumentato, la pressione finale è diminuita, ma sono necessari ulteriori dati sulla trasformazione per quantificare la diminuzione
 - E) Dato che il volume è raddoppiato, la pressione finale è la metà di quella iniziale
-

2008-2009 (73)

Le molecole che evaporano da una tazza d'acqua ad 80 gradi, sono quelle che:

- A) si sono ionizzate per riscaldamento
 - B) hanno minore velocità
 - C) risultano più leggere
 - D) pesano di più
 - E) hanno maggiore velocità
-

2006-2007 (71)

Che cosa produce nella gomma per auto la pressione sufficiente per conservare la sua forma anche durante la corsa dell'auto?

- A) Il surriscaldamento delle gomme
 - B) L'aumento di volume delle molecole d'aria con la temperatura
 - C) L'urto delle molecole d'aria contro le pareti interne della gomma
 - D) La speciale mescola con cui sono costruite le gomme
 - E) Lo spostamento, per forza centrifuga, dell'aria contenuta nella gomma
-

2005-2006 (69)

Un gas perfetto è racchiuso in un cilindro e mantenuto a temperatura costante T .

Se il suo volume viene fatto espandere lentamente fino a raggiungere il doppio del valore iniziale:

- A) la temperatura interna aumenta
 - B) anche la pressione esercitata dal gas raddoppia
 - C) la pressione esercitata dal gas resta costante
 - D) la pressione esercitata dal gas si dimezza
 - E) la temperatura interna diminuisce
-

MeC+OPD 2016/17

A temperatura costante, se la pressione si dimezza, il volume di un gas perfetto:

- A) quadruplica
 - B) rimane costante
 - C) si dimezza
 - D) si riduce a un quarto
 - E) raddoppia
-

MeC+OPD 2015/16

Il volume di una data massa di un gas ideale viene trasformato adiabaticamente.

Quale tra le seguenti affermazioni riguardanti questa trasformazione deve essere vera?

- A. La temperatura assoluta NON cambia
 - B. NON vi è alcuno scambio di energia termica con l'ambiente circostante
 - C. La pressione NON cambia
 - D. La variazione di temperatura assoluta è direttamente proporzionale alla variazione di pressione
 - E. La variazione di volume è istantanea
-

MeC+OPD 2013/14

Un blocco di ghiaccio della massa di 0,5 kg alla temperatura di 0 °C viene trasformato a pressione atmosferica in acqua alla temperatura finale di +10 °C. Il blocco richiede un dispendio energetico di 188 kJ per apportare tale trasformazione. Calcolare il calore latente specifico di fusione del ghiaccio. [capacità termica specifica espressa in kJ/(kg•K): ghiaccio 2,12; acqua 4,18]

A) 334

B) 167

C) 376

D) 355

E) 372

oppure...

ci si ricorda che $\lambda = 79.8 \text{ cal g}^{-1}$

e si converte il valore in unità S.I.:

$$\begin{aligned}\lambda &= (79.8 \text{ cal g}^{-1})(4.184 \text{ J cal}^{-1}) = 333.9 \text{ J g}^{-1} = \\ &= 333.9 \text{ kJ kg}^{-1}\end{aligned}$$

LPS 2014/15

Indicare quale dei seguenti processi fisici NON rappresenta un passaggio di stato.

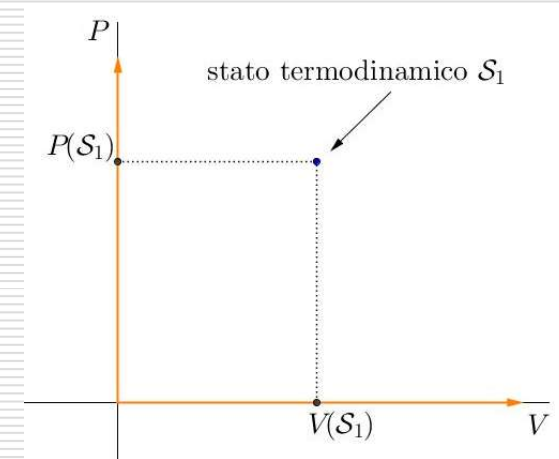
- A) Solidificazione
 - B) Sublimazione
 - C) Conduzione
 - D) Fusione
 - E) Condensazione
-

Stato termodinamico

In Termodinamica uno stato è la condizione di un sistema in un determinato istante. Per determinare lo stato termodinamico bisogna conoscere il valore delle variabili di stato con cui si caratterizza il sistema.

Se il sistema è un gas ideale, lo si caratterizza con le variabili (p, V, T) . Queste sono legate dall'equazione di stato, per cui è sufficiente la conoscenza di due di esse per caratterizzare lo stato del sistema.

Si può rappresentare lo stato di un sistema mediante un grafico in cui due delle variabili di stato sono riportate in ascisse e ordinate. Molto utilizzato è il piano (p, V) , chiamato *piano di Clapeyron*.



Stati di equilibrio

Particolarmente importanti sono gli stati di equilibrio e gli stati stazionari, ovvero quelli in cui i valori delle variabili termodinamiche restano costanti nel tempo.

Se in un sistema le variabili termodinamiche restano costanti senza intervento dall'esterno allora il sistema è in uno **stato di equilibrio**.

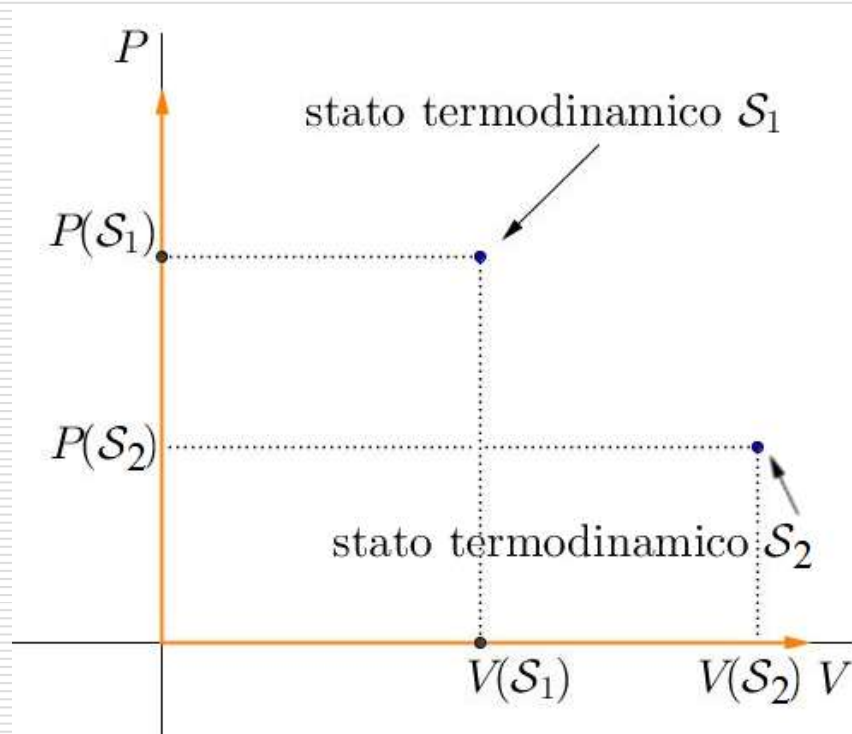
Se è necessario agire sul sistema per mantenere costante il valore delle variabili termodinamiche allora è in uno **stato stazionario**.

L'equilibrio termodinamico richiede che siano verificati:

- equilibrio meccanico
- equilibrio chimico
- equilibrio termico

Trasformazioni termodinamiche

Una trasformazione termodinamica è un passaggio del sistema da uno stato di equilibrio termodinamico ad un altro.



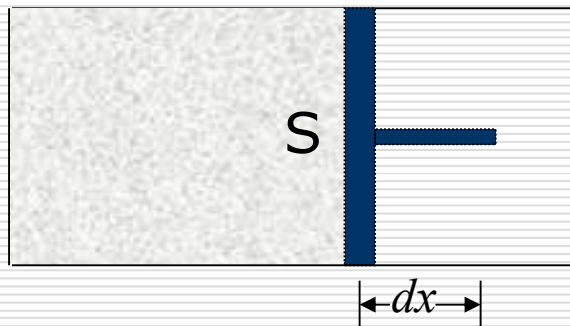
Per descrivere le condizioni in cui avvengono si utilizzano le definizioni di trasformazioni:

- **quasistatiche**
- **reversibili**
- **irreversibili**

Trasformazioni quasi statiche reversibili, irreversibili

- ❑ È **quasistatica** una trasformazione termodinamica in cui il sistema passa attraverso una successione continua di stati di equilibrio, che differiscono infinitesimamente l'uno dall'altro. Il sistema può ritornare nello stato iniziale ripercorrendo a ritroso la trasformazione.
- ❑ Se la trasformazione quasistatica avviene senza che siano presenti forze dissipative allora è detta **reversibile**. Ripercorrendo a ritroso una trasformazione reversibile ritornano nello stato di partenza non solo il sistema, ma anche l'ambiente.
- ❑ Se una trasformazione non è reversibile, allora è detta **irreversibile**. Sono irreversibili, ad esempio, tutte le trasformazioni spontanee.

Lavoro



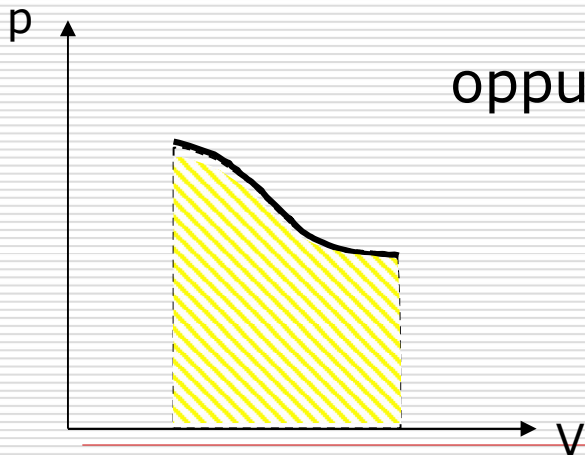
In una espansione infinitesima di volume $dV = S dx$ si compie il lavoro

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F dx = p S dx = p dV$$

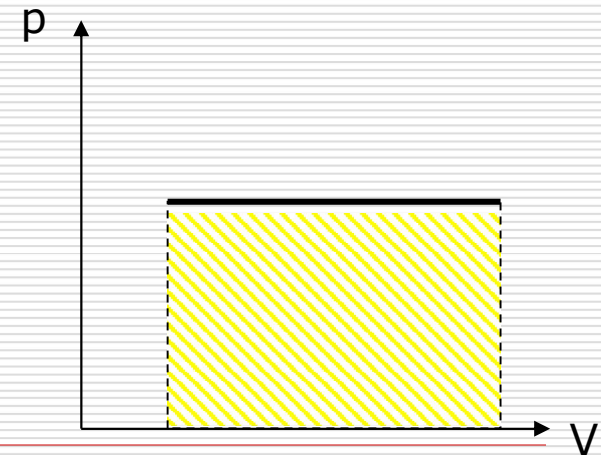
Il lavoro finito è:
$$W = \int_{V_A}^{V_B} p(V) dV$$

L'integrale si può calcolare se la trasformazione è reversibile

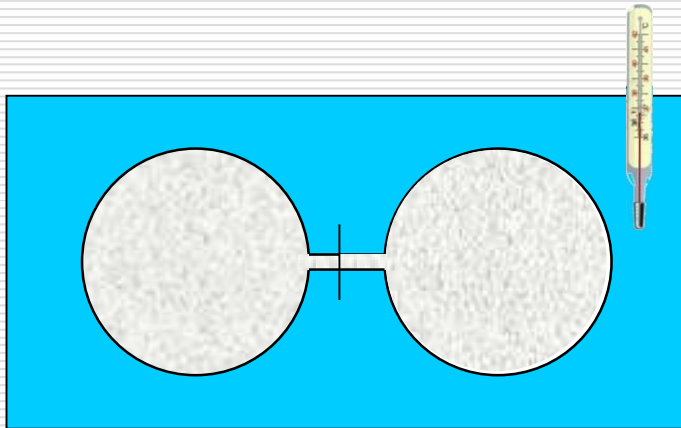
oppure se p è costante



$$W = p \int_{V_A}^{V_B} dV = p \Delta V$$



Espansione libera di un gas (Esperienza di Joule)

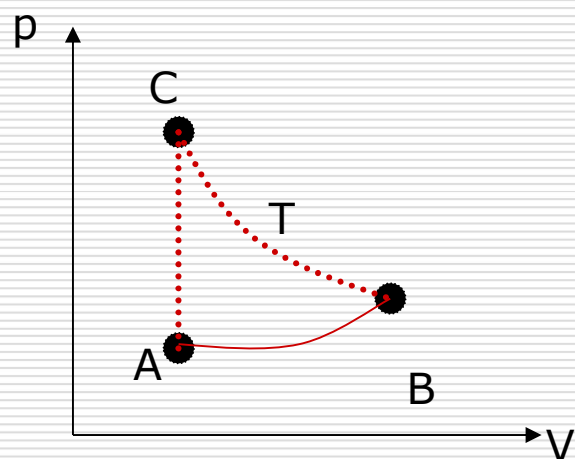


Un gas viene fatto espandere liberamente in un contenitore a pareti rigide e diatermiche. Il contenitore è racchiuso in un secondo contenitore contenente liquido, in contatto termico col contenitore del gas. Nell'espansione non si osserva variazione di temperatura, cosicché si deduce che

non c'è stato scambio di calore: $Q=0$. Le pareti rigide fanno sì che anche il lavoro sia nullo: $W=0$. Per il primo principio della termodinamica $Q=\Delta U+W$ si ha allora che $\Delta U=0$. Il volume varia, e per la legge di Boyle anche la pressione varia. Dato che l'unica variabile termodinamica che non varia è la temperatura, come conseguenza

$$U = U(T)$$

Energia interna del gas ideale



Poiché U è una funzione di stato

$$\Delta U = U_B - U_A = U_B - U_C + U_C - U_A = U_C - U_A$$

$U_B = U_C$ (sono sulla stessa isoterma), quindi:

$$\Delta U = U_B - U_A = n c_V \Delta T \quad \text{se } c_V \text{ è costante}$$

$$\Delta U = U_B - U_A = n \int_{T_A}^{T_B} c_V(T) dT \quad \text{se } c_V = c_V(T)$$

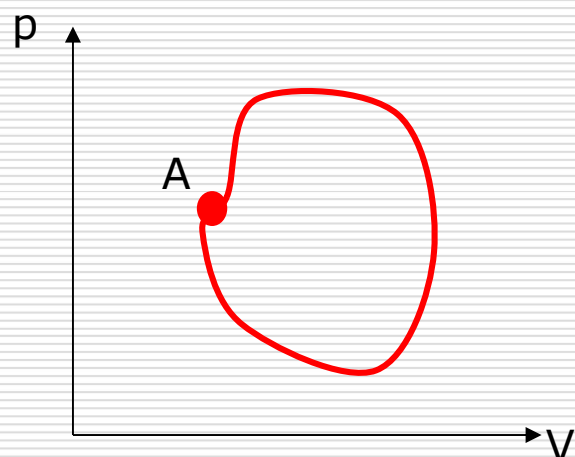
Per trasformazioni infinitesime:

$$dU = n c_V dT$$

da cui

$$c_V = \frac{1}{n} \frac{dU}{dT}$$

Trasformazioni cicliche



Sono trasformazioni in cui lo stato finale coincide con quello iniziale. Dato che l'energia interna è una funzione di stato:

$$\Delta U = U_F - U_I = 0$$

Il primo principio della termodinamica allora è: $Q = L$

Se il calore è positivo allora anche il lavoro è positivo, e così anche nel caso in cui siano negativi.