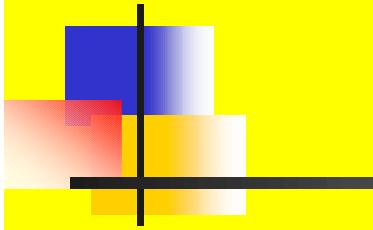
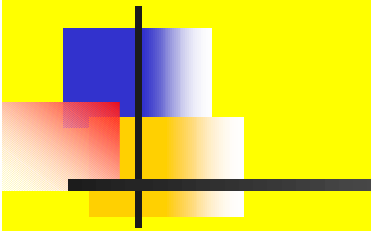


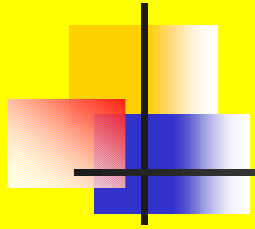
TERMOLOGIA & TERMODINAMICA



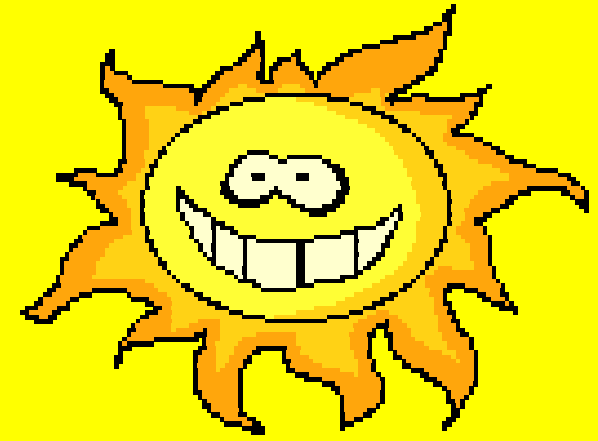
TERMOLOGIA & TERMODINAMICA



A cura del Prof. Paolo BARCHIESI



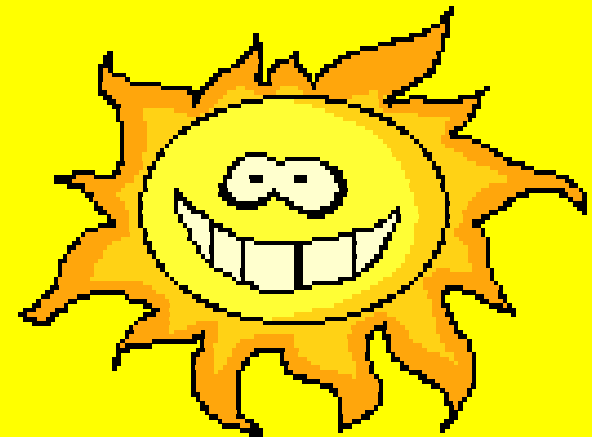
TERMOLOGIA





TERMOLOGIA

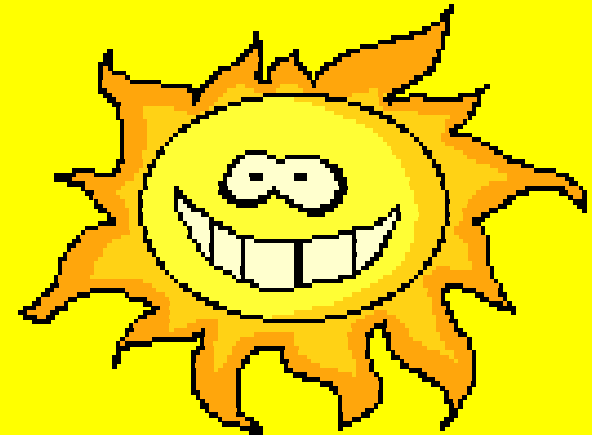
- Il calore





TERMOLOGIA

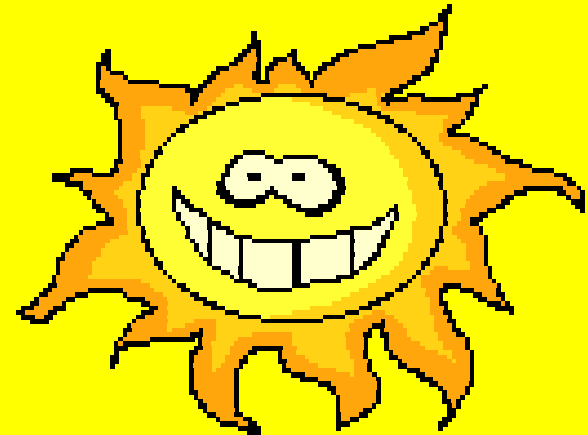
- Il calore
- La temperatura





TERMOLOGIA

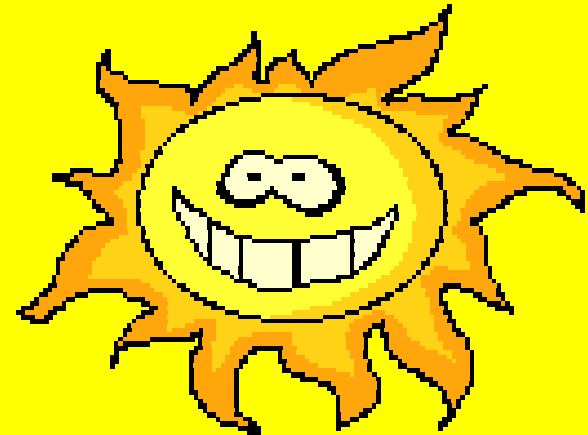
- Il calore
- La temperatura
- Teoria cinetica dei gas ideali





TERMOLOGIA

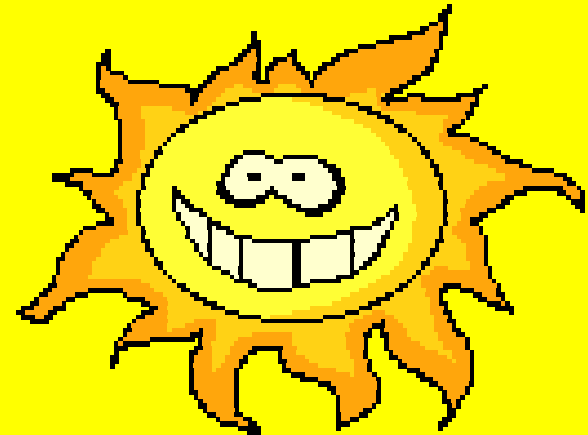
- Il calore
- La temperatura
- Teoria cinetica dei gas ideali
- Termometria





TERMOLOGIA

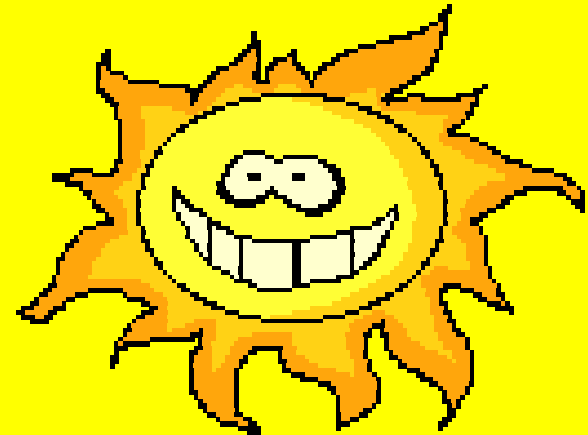
- Il calore
- La temperatura
- Teoria cinetica dei gas ideali
- Termometria
- Calorimetria





TERMOLOGIA

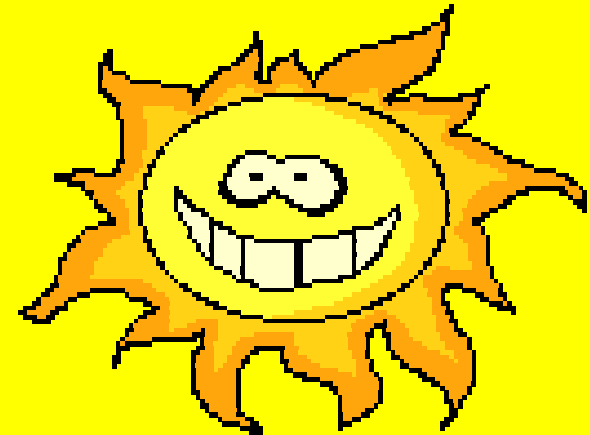
- Il calore
- La temperatura
- Teoria cinetica dei gas ideali
- Termometria
- Calorimetria
- Propagazione del calore



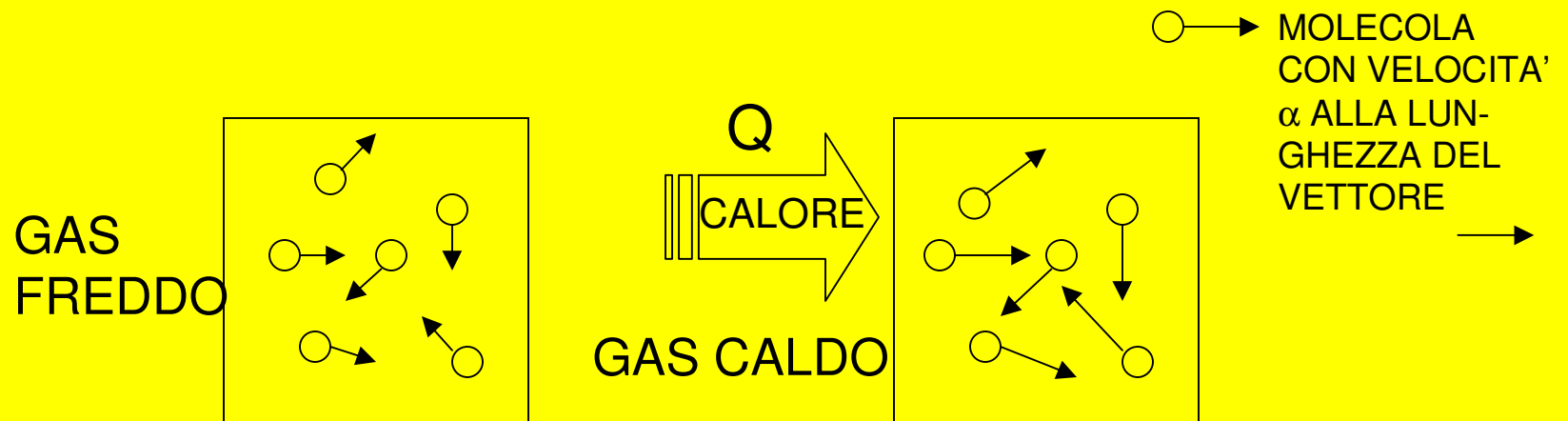


TERMOLOGIA

- Il calore
- La temperatura
- Teoria cinetica dei gas ideali
- Termometria
- Calorimetria
- Propagazione del calore
- Dilatazione termica

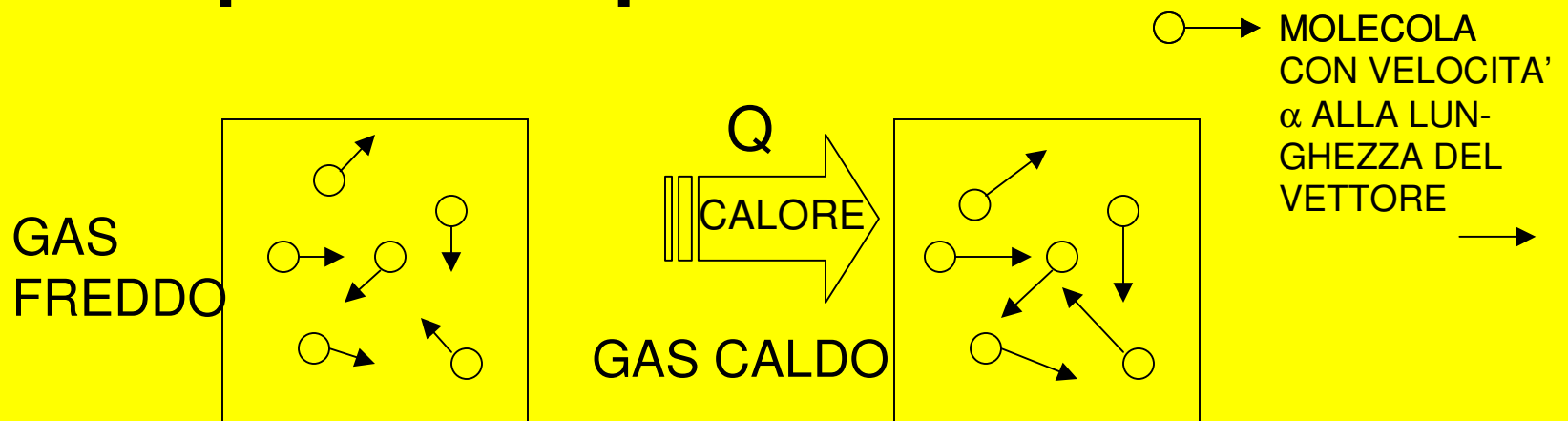


IL CALORE



IL CALORE

Il calore è una grandezza fisica assimilabile ad una forma di energia che si trasmette spontaneamente dai corpi caldi a quelli freddi.





LA TEMPERATURA



LA TEMPERATURA

La temperatura, detta anche intensità di calore, viene spesso usata per identificare meglio lo stato termico o livello termico di un corpo.

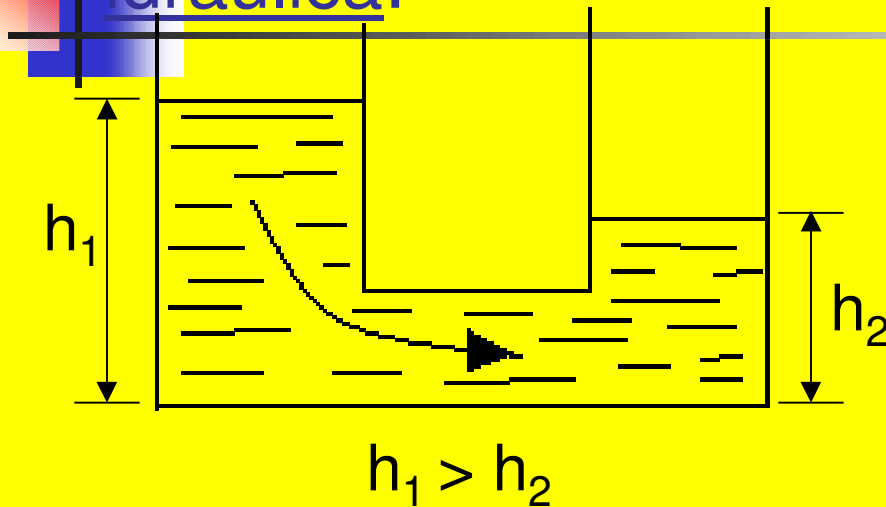


LA TEMPERATURA

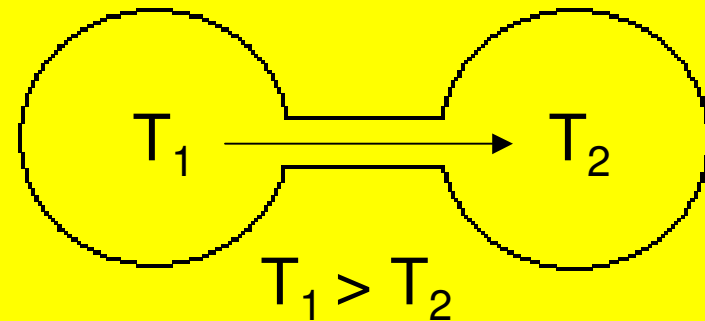
La temperatura, detta anche intensità di calore, viene spesso usata per identificare meglio lo stato termico o livello termico di un corpo.

Quindi se un corpo è più caldo di un altro, significa che ha una temperatura superiore.

Per chiarire la differenza esistente tra calore e temperatura si può ricorrere all'analogia idraulica:



IN DUE VASI COMUNICANTI, CONTENENTI UN LIQUIDO A LIVELLO DIVERSO, UNA QUANTITA' DEL LIQUIDO PASSA DAL LIVELLO PIU' ALTO A QUELLO PIU' BASSO.

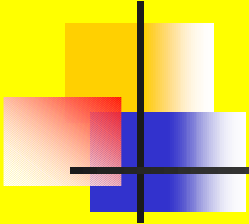


TRA DUE CORPI POSTI A CONTATTO, A TEMPERATURA DIVERSA, UNA QUANTITA' DI CALORE PASSA DAL CORPO PIU' CALDO A QUELLO PIU' FREDDO.

Nell' analogia il calore rappresenta la quantità di liquido contenuto in un recipiente e la temperatura rappresenta invece il livello a cui il liquido si dispone.

Perciò temperatura e calore sono grandezze legate da una relazione di causa ed effetto, pur rimanendo distinte.

TEORIA CINETICA DEI GAS IDEALI



Si fonda su alcune ipotesi:

- Densità del gas molto bassa \rightarrow notevole distanza tra le molecole \rightarrow forza di coesione nulla;
- Volume v di ciascuna molecola trascurabile rispetto al volume totale V del gas \rightarrow urti tra molecole trascurabili;
- Gas contenuto in un recipiente cubico di faccia S ;
- Numero totale delle molecole pari a N ;
- Velocità media delle molecole, calcolata indipendentemente dal verso del movimento, pari a \bar{v} .

Da queste ipotesi si ricavano la formula di Joule – Clausius e la relazione fondamentale





FORMULE DI JOULE – CLAUSIUS

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{(N \cdot m \cdot \overline{v^2})}{V}$$

$N = 6,022 \cdot 10^{23}$ (numero di Avogadro)

$$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \frac{(m \cdot \overline{v^2})}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot E_c$$

E_c = energia cinetica media



RELAZIONE FONDAMENTALE

$$E_c = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T$$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
(costante di Boltzmann)

Stabilisce che la temperatura assoluta è proporzionale all'energia cinetica media delle molecole e quindi ***la temperatura assoluta di un gas rappresenta l'indice dell'energia di agitazione termica delle sue molecole.***

TERMOMETRIA

Studia la misurazione della temperatura dei corpi

SCALE TERMOMETRICHE

- Celsius °C

(centigrada)

<u>0</u>	<u>100</u>
T fusione ghiaccio a pressione atmosferica	T ebollizione acqua a pressione atmosferica

- Reaumur °R

<u>0</u>	<u>80</u>
----------	-----------

- Fahrenheit °F

<u>0</u>	<u>32</u>	<u>100</u>	<u>212</u>
T solidificazione miscela acqua e sale		T corpo umano	

- Kelvin K

(assoluta)

<u>273,15</u>	<u>373,15</u>
---------------	---------------

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

$$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{R} = 100/80 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/4 \cdot ^{\circ}\text{R}$$

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

$$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{R} = 100/80 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/4 \cdot ^{\circ}\text{R}$$

$$^{\circ}\text{R} = 4/5 ^{\circ}\text{C}$$

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

$$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{R} = 100/80 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/4 \cdot ^{\circ}\text{R}$$

$$^{\circ}\text{R} = 4/5 ^{\circ}\text{C}$$

■ 2) Celsius – Fahrenheit

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

$$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{R} = 100/80 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/4 \cdot ^{\circ}\text{R}$$

$$^{\circ}\text{R} = 4/5 ^{\circ}\text{C}$$

2) Celsius – Fahrenheit

$$^{\circ}\text{C}/ (^{\circ}\text{F} - 32) = 100/180 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

$$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{R} = 100/80 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/4 \cdot ^{\circ}\text{R}$$

$$^{\circ}\text{R} = 4/5 ^{\circ}\text{C}$$

2) Celsius – Fahrenheit

$$^{\circ}\text{C}/(^{\circ}\text{F} - 32) = 100/180 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$$

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

$$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{R} = 100/80 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/4 \cdot ^{\circ}\text{R}$$

$$^{\circ}\text{R} = 4/5 ^{\circ}\text{C}$$

■ 2) Celsius – Fahrenheit

$$^{\circ}\text{C}/(^{\circ}\text{F} - 32) = 100/180 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$$

■ 3) Celsius – Kelvin

CONVERSIONI DELLE SCALE TERMOMETRICHE

1) Celsius - Reamur

$$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{R} = 100/80 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/4 \cdot ^{\circ}\text{R}$$

$$^{\circ}\text{R} = 4/5 ^{\circ}\text{C}$$

■ 2) Celsius – Fahrenheit

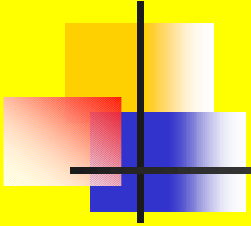
$$^{\circ}\text{C}/(^{\circ}\text{F} - 32) = 100/180 \quad ^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$$

■ 3) Celsius – Kelvin

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15 \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

CALORIMETRIA



CALORIMETRIA



Studia la misurazione delle quantità di calore.



CALORIMETRIA



Studia la misurazione delle quantità di calore.

Le definizioni fondamentali sono:



CALORIMETRIA



Studia la misurazione delle quantità di calore.

Le definizioni fondamentali sono:

- **CALORIA (cal)** - Quantità di calore necessaria per elevare di un grado centigrado (da 14,5 a 15,5) 1g di acqua distillata alla pressione atmosferica.



CALORIMETRIA



Studia la misurazione delle quantità di calore.

Le definizioni fondamentali sono:

- **CALORIA (cal)** - Quantità di calore necessaria per elevare di un grado centigrado (da 14,5 a 15,5) 1g di acqua distillata alla pressione atmosferica.

La scelta della temperatura di 15°C è dovuta al fatto che a quella temperatura la caloria corrisponde alla caloria media tra 0° e 100°C.



CALORIMETRIA



Studia la misurazione delle quantità di calore.

Le definizioni fondamentali sono:

- **CALORIA (cal)** - Quantità di calore necessaria per elevare di un grado centigrado (da 14,5 a 15,5) 1g di acqua distillata alla pressione atmosferica.

La scelta della temperatura di 15°C è dovuta al fatto che a quella temperatura la caloria corrisponde alla caloria media tra 0° e 100°C.

- **CHILOCALORIA (kcal)** - Quantità di calore necessaria per elevare di un grado centigrado 1 kg di acqua distillata nelle stesse condizioni sopra precisate.



- **CALORE SPECIFICO (C_p)** - Quantità di calore necessaria per elevare di un grado centigrado la temperatura di 1kg di un corpo. Si misura in kcal/(kg °C) o in J/(kg K).

$C_{p\text{medio}}$ in kcal/kg °C					
ACCIAIO	0,118	ALLUMINIO	0,215	ARGENTO	0,056
FERRO	0,115	NICHEL	0,110	ORO	0,032
PIOMBO	0,031	RAME	0,093	STAGNO	0,057
ZINCO	0,093	ACQUA	1,000	ALCOOL E.	0,581
BENZENE	0,406	MERCURIO	0,033	OLIO	0,475
GHIACCIO	0,500	VAPORE ACQUEO	0,480	ARIA	0,240
IDROGEN O	3,580				

Per trasformare in J/kg °C basta moltiplicare per 4186.



- **CAPACITA' TERMICA (C)** - Quantità di calore necessaria per elevare di un grado centigrado la temperatura di un corpo di massa m.

Si ricava che

$$C = m \cdot c_p$$

- **CALORE SENSIBILE O DI RISCALDAMENTO (Q)**

Calore necessario per riscaldare un corpo senza che subisca un cambiamento di stato.

$$Q = m \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1)$$

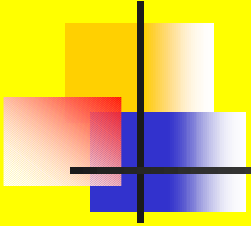
- **CALORE LATENTE ?**

Calore necessario per ottenere a temperatura costante la completa fusione di 1 kg di un solido o la completa ebollizione di 1 kg di un liquido

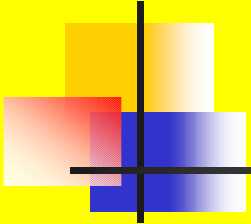
$$Q_f = m \lambda_f \quad \text{Calore di fusione}$$

$$Q_e = m \lambda_e \quad \text{Calore di ebollizione}$$

PROPAGAZIONE DEL CALORE

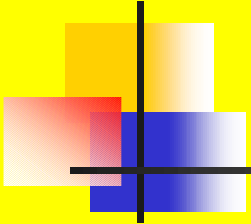


PROPAGAZIONE DEL CALORE



La propagazione del calore può avvenire in tre modi:

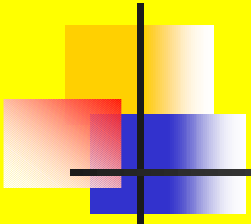
PROPAGAZIONE DEL CALORE



La propagazione del calore può avvenire in tre modi:

- **CONDUZIONE:** avviene nei solidi senza spostamento di materia;

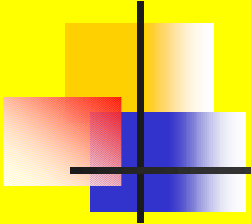
PROPAGAZIONE DEL CALORE



La propagazione del calore può avvenire in tre modi:

- **CONDUZIONE:** avviene nei solidi senza spostamento di materia;
- **CONVEZIONE:** avviene nei fluidi con spostamento di materia. Le molecole del fluido trasportano il calore creando due correnti, una calda ascendente e una fredda discendente;

PROPAGAZIONE DEL CALORE



La propagazione del calore può avvenire in tre modi:

- **CONDUZIONE:** avviene nei solidi senza spostamento di materia;
- **CONVEZIONE:** avviene nei fluidi con spostamento di materia. Le molecole del fluido trasportano il calore creando due correnti, una calda ascendente e una fredda discendente;
- **IRRAGGIAMENTO:** avviene nel vuoto per mezzo di onde elettromagnetiche (raggi infrarossi).

FORMULE DI TRASMISSIONE DEL CALORE - CONDUZIONE

- **TRASMISSIONE DI CALORE ATTRAVERSO UNA PARETE**

--LEGGE DI FOURIER--

$$Q = K/s \cdot S \cdot (t_2 - t_1) \cdot \tau$$

con:

Q quantità di calore in kcal o J

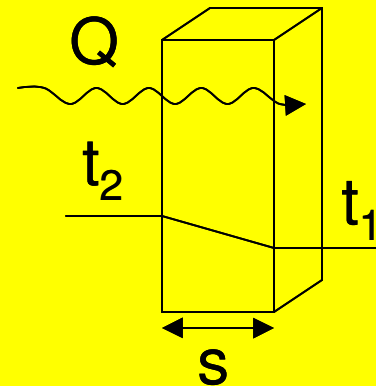
s spessore in m

K coefficiente di conducibilità termica in kcal/h m °C o J/s m K

S superficie della parete in m²

t₁, t₂ temperatura delle due facce della parete in °C o K

τ tempo in h o s



SEGUE 

FORMULE DI TRASMISSIONE DEL CALORE - CONVEZIONE

- **TRASMISSIONE DI CALORE TRA UNA PARETE E UN FLUIDO**

LEGGE DI NEWTON

$$Q = h \cdot S \cdot (t_p - t_f) \cdot \tau$$

con:

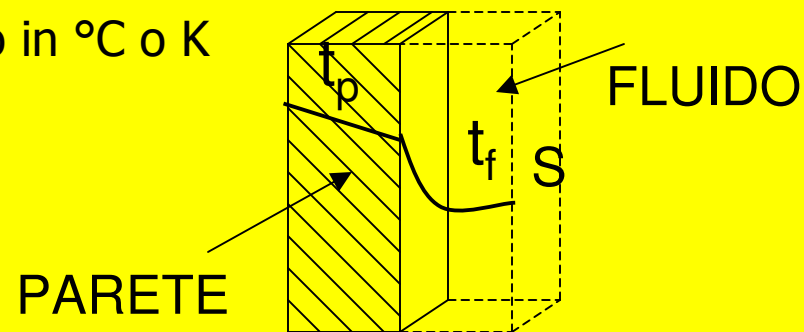
Q quantità di calore in kcal o J

h coefficiente di convezione in
kcal/h m² °C o J/s m² K

S superficie della parete in m²

t_p, t_f temperatura parete e fluido in °C o K

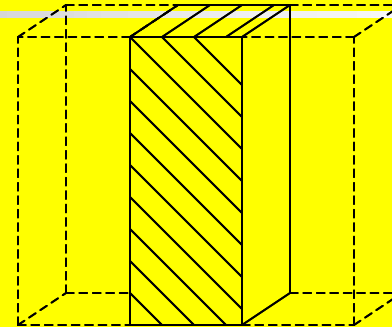
τ tempo in h o s



3) TRASMISSIONE DI CALORE TRA DUE AMBIENTI SEPARATI DA UNA PARETE

$$Q = U \cdot S \cdot (t_1 - t_2) \cdot \tau$$

$$U = 1 / (1/h_i + s/K + 1/h_e)$$



con U coefficiente globale di scambio di calore

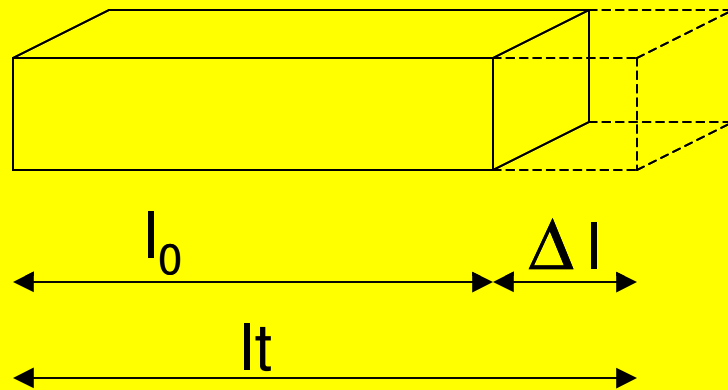
4) IRRAGGIAMENTO LEGGE DI STEFAN-BOLTZMANN

$$Q = s S T^4$$

con s costante che dipende dal materiale della superficie del corpo emettente

DILATAZIONE LINEARE DEI SOLIDI

Una sbarra solida riscaldata subisce un allungamento, cioè si dilata linearmente, raffreddata si accorcia



$$\Delta l = l_0 \cdot \lambda \cdot \Delta t$$

$$l_t = l_0 \cdot (1 + \lambda \Delta t)$$

con

l_t lunghezza alla temperatura t °C

l_0 lunghezza alla temperatura 0 °C

λ coeff. di dilatazione lineare in $1/^\circ\text{C}$

Δl , Δt allungamento, aumento di t

DILATAZIONE CUBICA DEI SOLIDI

Un corpo solido riscaldato aumenta di volume e si dilata; raffreddato si contrae.

$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

$$\alpha = 3 \cdot \alpha_l$$

con

V_t volume alla temperatura t °C

V_0 volume a 0 °C

α coeff. di dilatazione cubica in $1/^\circ\text{C}$

ΔV aumento di volume

Δt aumento di temperatura

DILATAZIONE CUBICA DEI LIQUIDI

Un liquido riscaldato aumenta di volume e cioè si dilata (dilatazione cubica); raffreddato diminuisce di volume.

$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

α dei liquidi è più alto di quello dei solidi

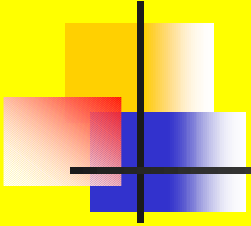
DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

I GAS RISCALDATI SI DILATANO IN DUE MODI DIVERSI:

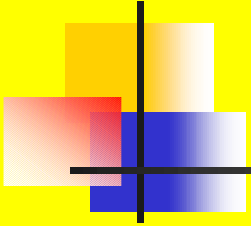
- A PRESSIONE COSTANTE
- A VOLUME COSTANTE



DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

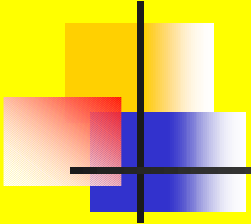


DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



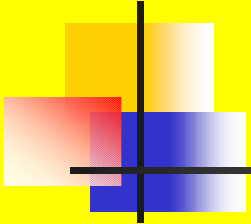
1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC
PRESSIONE = K ISOBARE

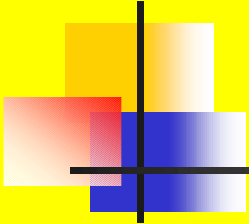
DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC **PRESSIONE = K ISOBARE**

L'aumento di volume subito da un gas, riscaldato a pressione costante:

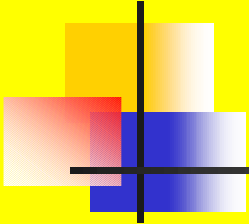
DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC **PRESSIONE = K ISOBARE**

**L'aumento di volume subito da un gas, riscaldato a pressione costante:
è proporzionale al suo volume iniziale,**

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



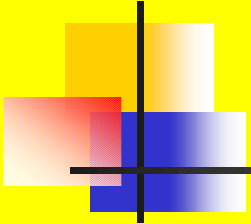
1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC **PRESSIONE = K ISOBARE**

L'aumento di volume subito da un gas, riscaldato a pressione costante:

è proporzionale al suo volume iniziale,

è proporzionale al suo aumento di temperatura,

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

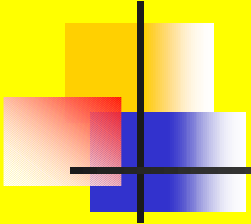


1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC **PRESSIONE = K ISOBARE**

L'aumento di volume subito da un gas, riscaldato a pressione costante:

**è proporzionale al suo volume iniziale,
è proporzionale al suo aumento di temperatura,
è indipendente dalla natura del gas**

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



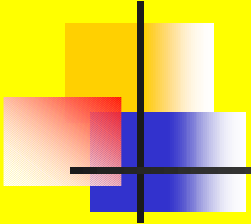
1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC PRESSIONE = K ISOBARE

L'aumento di volume subito da un gas, riscaldato a pressione costante:

è proporzionale al suo volume iniziale,
è proporzionale al suo aumento di temperatura,
è indipendente dalla natura del gas

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



1. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC PRESSIONE = K ISOBARE

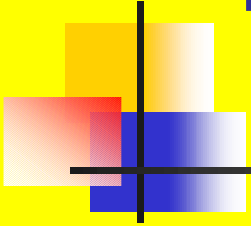
L'aumento di volume subito da un gas, riscaldato a pressione costante:

è proporzionale al suo volume iniziale,
è proporzionale al suo aumento di temperatura,
è indipendente dalla natura del gas

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

$\alpha = 1/273$ (è UGUALE PER TUTTI I GAS) per ogni grado di temperatura

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o CHARLES

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



**2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o
CHARLES**

VOLUME = K ISOCORE



DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o CHARLES

VOLUME = K ISOCORE

L'aumento di PRESSIONE subito da un gas, riscaldato a volume costante:



DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o CHARLES

VOLUME = K ISOCORE

L'aumento di **PRESSIONE** subito da un gas, riscaldato a volume costante:
è proporzionale alla sua pressione iniziale,

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS



2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o CHARLES

VOLUME = K ISOCORE

L'aumento di **PRESSIONE** subito da un gas, riscaldato a volume costante:
è proporzionale alla sua pressione iniziale,
è proporzionale al suo aumento di temperatura,



DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o CHARLES

VOLUME = K ISOCORE

L'aumento di **PRESSIONE** subito da un gas, riscaldato a volume costante:
è proporzionale alla sua pressione iniziale,
è proporzionale al suo aumento di temperatura,
è indipendente dalla natura del gas

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o CHARLES

VOLUME = K ISOCORE

L'aumento di **PRESSIONE** subito da un gas, riscaldato a volume costante:
è proporzionale alla sua pressione iniziale,
è proporzionale al suo aumento di temperatura,
è indipendente dalla natura del gas

$$p_t = p_0 \cdot (1 + \beta \Delta t)$$

DILATAZIONE CUBICA DEI GAS

2. LEGGE DI VOLTA – GAY LUSSAC o CHARLES

VOLUME = K ISOCORE

L'aumento di **PRESSIONE** subito da un gas, riscaldato a volume costante:
è proporzionale alla sua pressione iniziale,
è proporzionale al suo aumento di temperatura,
è indipendente dalla natura del gas

$$p_t = p_0 \cdot (1 + \beta \Delta t)$$

$\beta = 1/273$ è **UGUALE PER TUTTI I GAS**

TERMODINAMICA



TERMODINAMICA

- Sistema termodinamico



TERMODINAMICA

- Sistema termodinamico
- Trasformazioni e leggi dei gas



TERMODINAMICA

- Sistema termodinamico
- Trasformazioni e leggi dei gas
- Lavoro in una trasformazione



TERMODINAMICA

- Sistema termodinamico
- Trasformazioni e leggi dei gas
- Lavoro in una trasformazione
- Principi della termodinamica



TERMODINAMICA

- Sistema termodinamico
- Trasformazioni e leggi dei gas
- Lavoro in una trasformazione
- Principi della termodinamica
- Le macchine termiche



TERMODINAMICA

- Sistema termodinamico
- Trasformazioni e leggi dei gas
- Lavoro in una trasformazione
- Principi della termodinamica
- Le macchine termiche
- Ciclo di Carnot

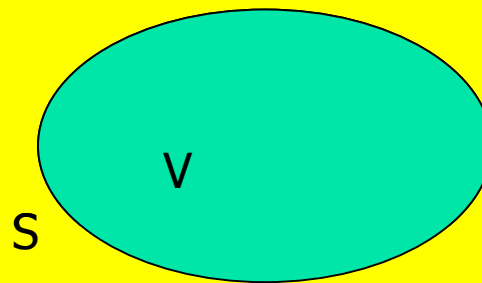


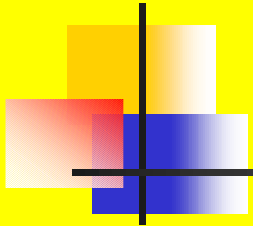
TERMODINAMICA

Studia le trasformazioni di calore in lavoro e di lavoro in calore.

SISTEMA TERMODINAMICO

E' una parte di materia contenuta in una regione di spazio V racchiusa da una superficie S , attraverso la quale possono avvenire scambi di energia.

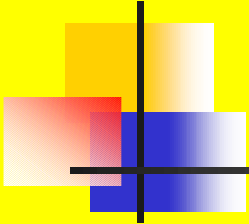




PRESSIONE, VOLUME TEMPERATURA



PUNTO DI VISTA MACROSCOPICO



PRESSIONE, VOLUME TEMPERATURA



PUNTO DI VISTA MACROSCOPICO

Richiede poche proprietà fondamentali misurabili (p , V , T) che non hanno bisogno di ipotesi sulla struttura della materia; sono suggerite dai sensi e sono direttamente misurabili.

PRESSIONE, VOLUME TEMPERATURA



PUNTO DI VISTA MACROSCOPICO

Richiede poche proprietà fondamentali misurabili (p , V , T) che non hanno bisogno di ipotesi sulla struttura della materia; sono suggerite dai sensi e sono direttamente misurabili.

PRESSIONE, VOLUME TEMPERATURA

PUNTO DI VISTA MICROSCOPICO



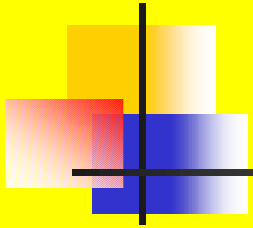
PUNTO DI VISTA MACROSCOPICO

Richiede poche proprietà fondamentali misurabili (p , V , T) che non hanno bisogno di ipotesi sulla struttura della materia; sono suggerite dai sensi e sono direttamente misurabili.

PRESSIONE, VOLUME TEMPERATURA

PUNTO DI VISTA MICROSCOPICO

Si ipotizza che il sistema sia costituito da N molecole interagenti e si introduce la probabilità e lo stato di equilibrio; c'è bisogno di ipotesi sulla struttura della materia e di parecchie quantità, che non sono specificate dai sensi e non sono misurabili direttamente.

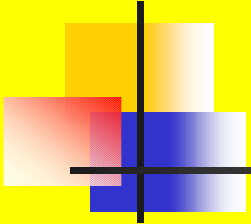




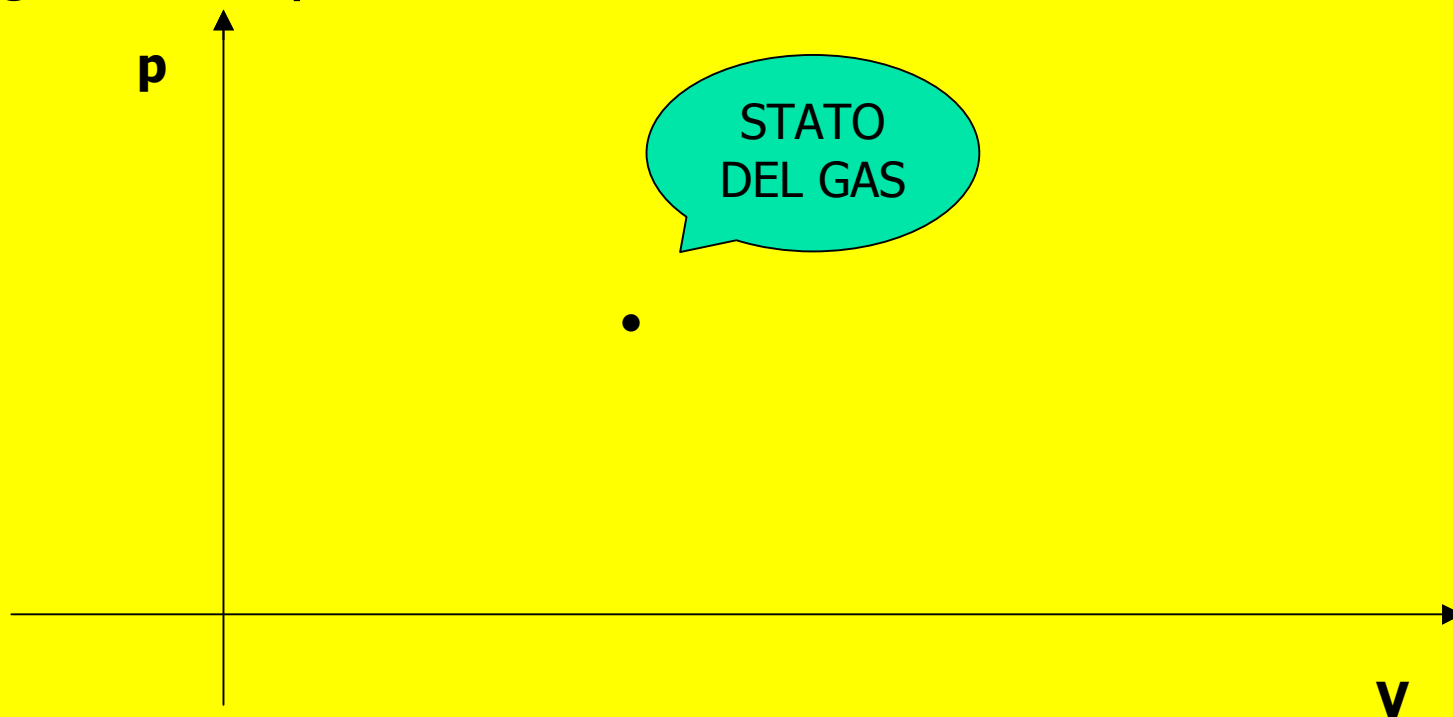
CONFRONTO TRA I DUE PUNTI DI VISTA

Pur essendo diversi tra loro devono condurre agli stessi risultati; le poche proprietà misurabili direttamente sono in realtà medie nel tempo di un gran numero di caratteristiche microscopiche (vedi teoria cinetica dei gas ideali)

STATO DEL GAS



Lo stato del gas è determinato da un punto nel diagramma pV .





EQUAZIONE DI STATO



EQUAZIONE DI STATO

- $p V = n R T$



EQUAZIONE DI STATO

- $p V = n R T$

- pressione x volume = numero moli x costante gas perfetti x temperatura



EQUAZIONE DI STATO

- $p V = n R T$

- pressione x volume = numero moli x costante gas perfetti x temperatura

- in chimica $R=0,082$ (l atm/mol K)



EQUAZIONE DI STATO

- $p V = n R T$

- pressione x volume = numero moli x costante gas perfetti x temperatura

- in chimica $R=0,082$ (l atm/mol K)

- Nel S.I. $R=8,31$ (J/mol K)



EQUAZIONE DI STATO

- $p V = n R T$

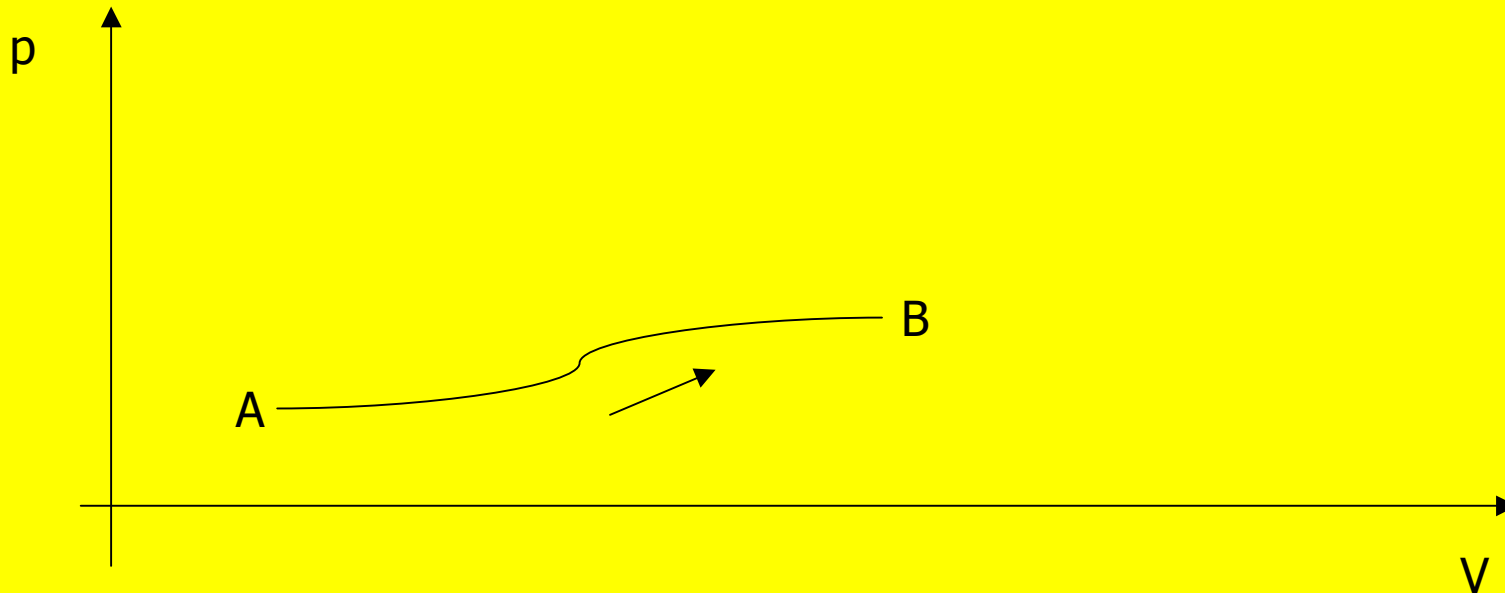
- pressione x volume = numero moli x costante gas perfetti x temperatura

- in chimica $R=0,082$ (l atm/mol K)

- Nel S.I. $R=8,31$ (J/mol K)

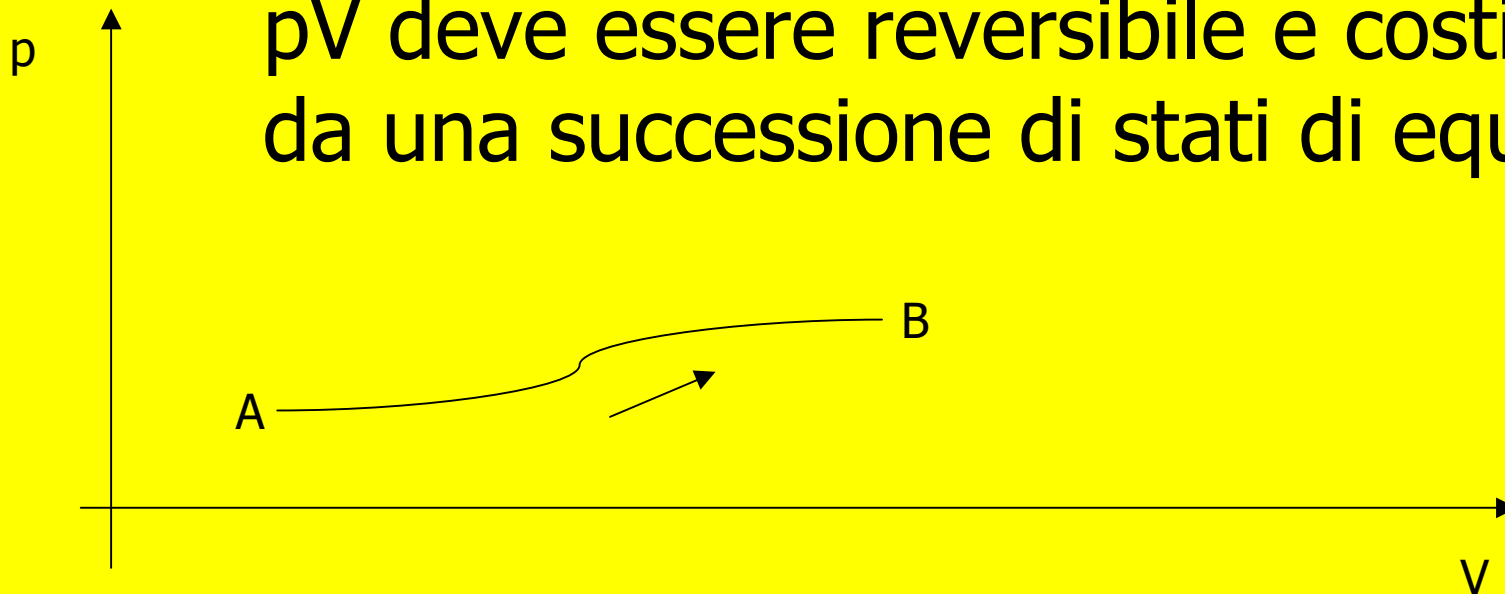
- L'equazione di stato lega le 3 grandezze fondamentali (p, V, T).

TRASFORMAZIONI



TRASFORMAZIONI

- La trasformazione termodinamica è una successione di stati per cui il sistema passa dallo stato 1 allo stato 2. Per essere rappresentata su un diagramma pV deve essere reversibile e costituita da una successione di stati di equilibrio



TRASFORMAZIONI E LEGGI DEI GAS

1° **ISOBARA** ($p=k$)

1° Legge di Gay - Lussac

$$K \rightarrow V_A/V_B = T_A/T_B$$

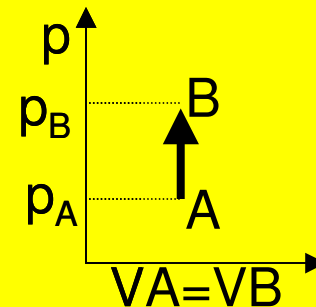
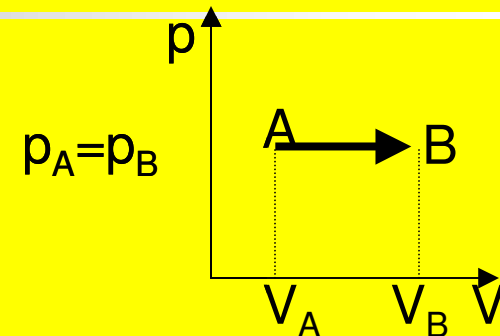
$$C^\circ \rightarrow V_t = V_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

2° **ISOCORA** ($V=k$)

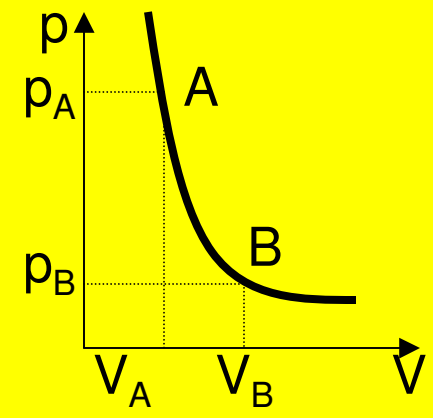
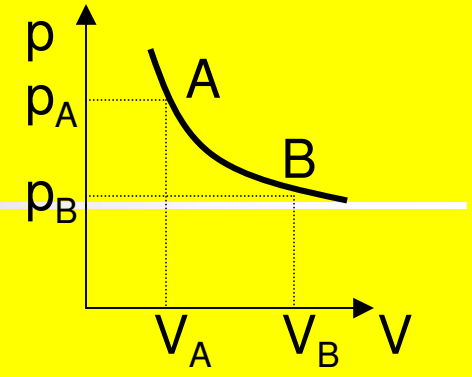
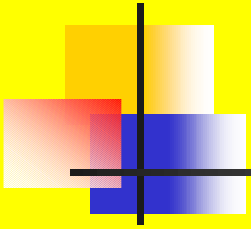
2° Legge di Gay - Lussac e Charles

$$K \rightarrow p_A/p_B = T_A/T_B$$

$$C^\circ \rightarrow p_t = p_0 \cdot (1 + \beta \Delta t)$$



SEGUE 

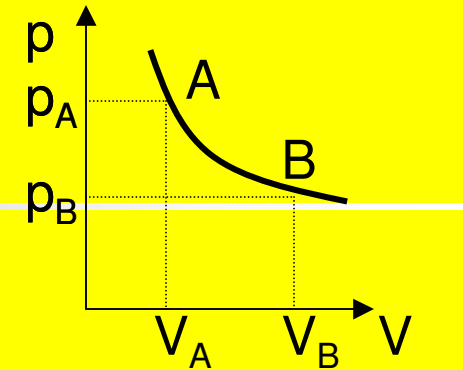


3° ISOTERMA

$$T=k$$

Legge di Boyle e Mariotte

$$p_A \cdot V_A = p_B \cdot V_B$$



4° ADIABATICA

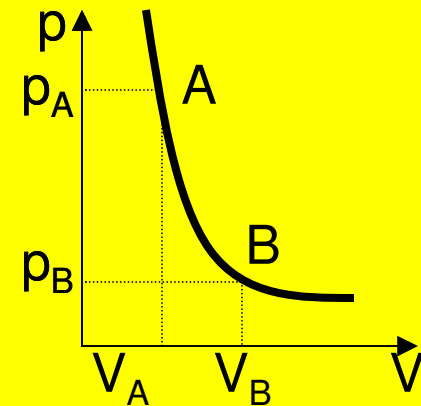
$$Q=0$$

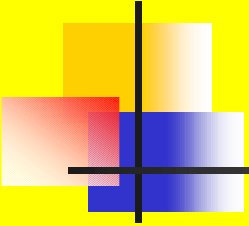
$$p_A \cdot V_A^\gamma = p_B \cdot V_B^\gamma$$

$$\gamma = C_p / C_v$$

$$\gamma_{\text{monoatomici}} = 5/3$$

$$\gamma_{\text{biatomici}} = 7/5$$





1° ISOBARA

$$p=k$$

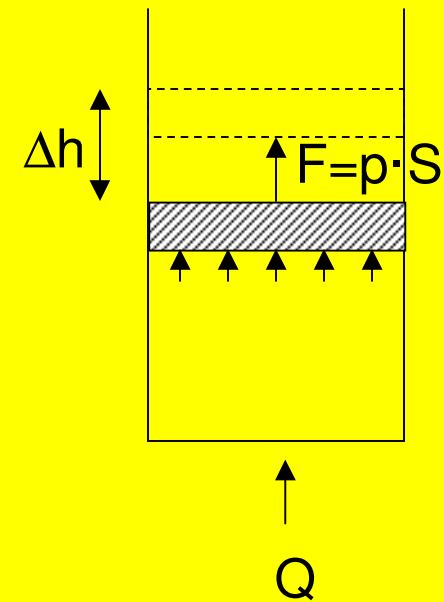
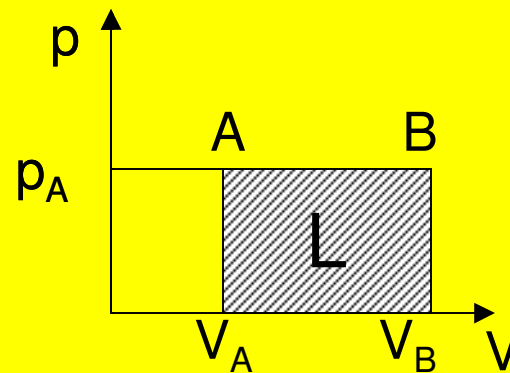
$$L=F \cdot s = F \cdot \Delta h$$

$$L=p \cdot S \cdot \Delta h$$

$$L=p \cdot \Delta V$$

2° ISOCORA

$$V=k \quad L=0$$



LAVORO IN UNA TRASFORMAZIONE

1° ISOBARA

$$p=k$$

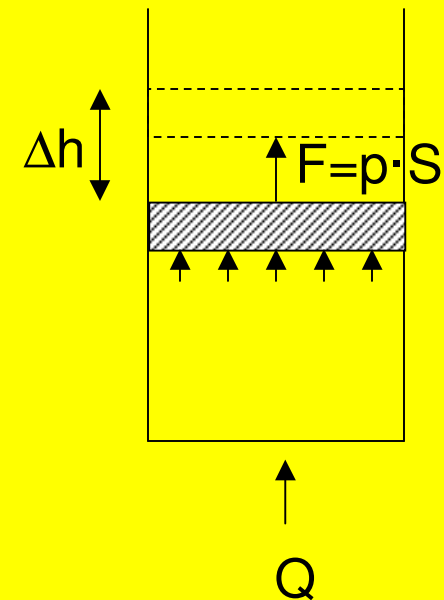
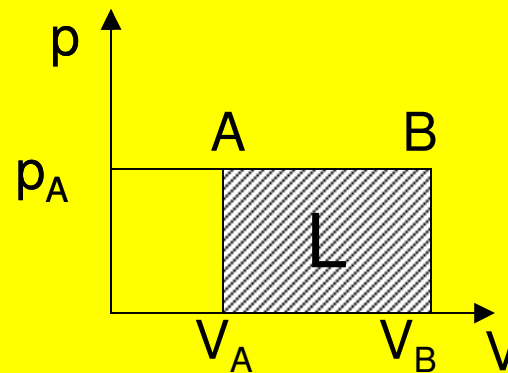
$$L=F \cdot s = F \cdot \Delta h$$

$$L=p \cdot S \cdot \Delta h$$

$$L=p \cdot \Delta V$$

2° ISOCORA

$$V=k \quad L=0$$

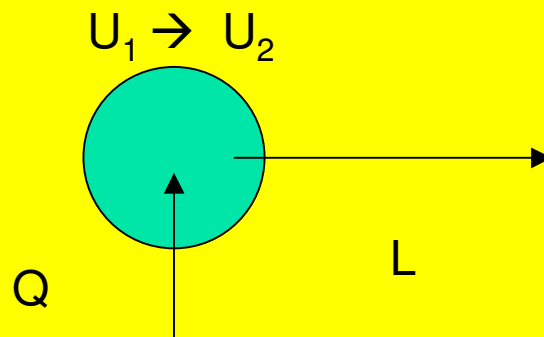


PRINCIPI DELLA TERMODINAMICA

1° PRINCIPIO

Se un corpo assorbe una certa quantità di calore Q , questa in parte viene impiegata per compiere un lavoro esterno e in parte per aumentare l'energia interna U di un corpo.

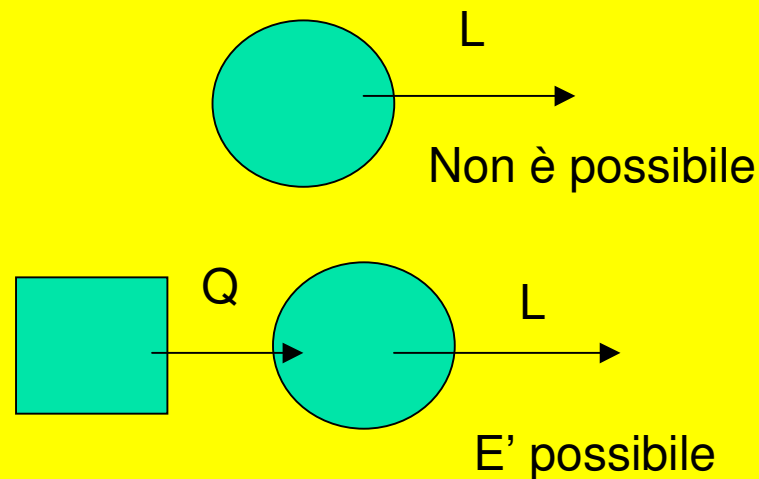
$$Q = L + \Delta U$$



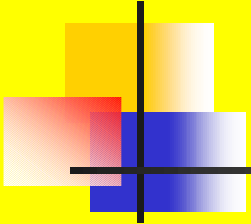
Il primo principio si può considerare una generalizzazione del teorema di conservazione dell'energia meccanica.

IMPOSSIBILITA' DEL MOTO PERPETUO DI PRIMA SPECIE

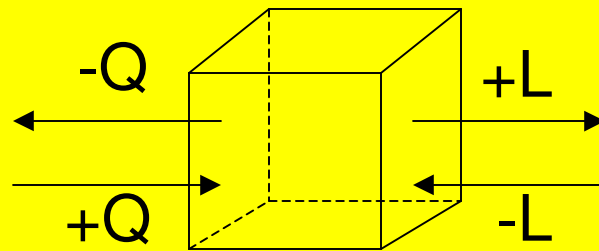
E' impossibile costruire una macchina che fornisca lavoro senza prelevare energia da una sorgente.



SEGNI DEL CALORE E LAVORO



**IL CALORE E' POSITIVO ENTRANTE
IL LAVORO E' POSITIVO USCENTE**



Segni di Q e L

2° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

Il primo principio non pone limiti alla possibilità di trasformare energia da una forma all'altra; il 2° principio li pone:

$L \rightarrow Q$ (il lavoro può essere tutto trasformato in calore)
 $Q \rightarrow L$ (il calore NON può diventare tutto lavoro)

2° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

2° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA



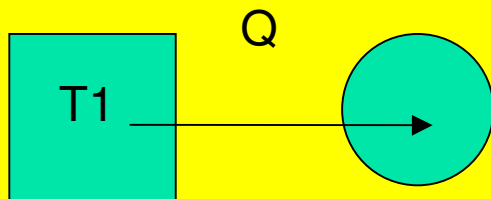
- a) ENUNCIATO DI KELVIN – E' impossibile realizzare una trasformazione il cui **unico** risultato finale sia quello di trasformare il calore Q , sottratto ad una sorgente, in lavoro L .

- b) ENUNCIATO DI CLAUSIUS - Non esiste alcun processo che abbia come **solo** risultato finale un passaggio di calore da un corpo freddo a un corpo caldo.

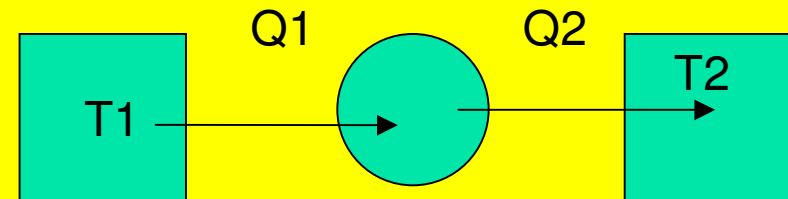
IMPOSSIBILITA' DEL MOTO PERPETUO DI 2° SPECIE

Una macchina termica non può funzionare se ha a disposizione una sola (anche enorme) quantità di calore, se non può cioè disporre di una differenza di temperatura.

Una macchina deve comunque cedere calore ad un serbatoio a una temperatura più bassa.



non funziona



funziona



LE MACCHINE TERMICHE

Sono dispositivi che trasformano energia termica in energia meccanica (calore Q in lavoro L) con un funzionamento ciclico.

FUNZIONANO ATTRAVERSO 3 FASI:

1. ASSORBONO CALORE Q_A DA UNA CALDAIA, LA SORGENTE CALDA
2. TRASFORMANO UNA PARTE DEL CALORE ASSORBITO PER COMPIERE IL

LAVORO L_{CICLO}

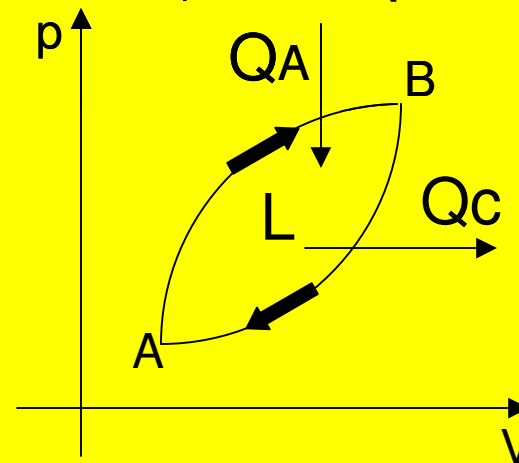
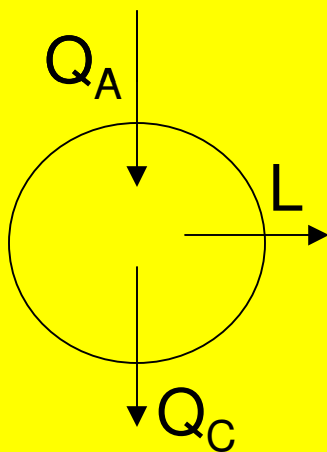
3. CEDONO UNA PARTE DEL CALORE ASSORBITO Q_C A UN CORPO FREDDO, LA SORGENTE FREDDA. POI RICOMINCIA IL CICLO

RENDIMENTO DI UNA MACCHINA TERMICA

E' il rapporto tra il lavoro eseguito in un ciclo e il calore assorbito

$$\eta = L_{\text{eseguito}} / Q_{\text{assorbito}}$$

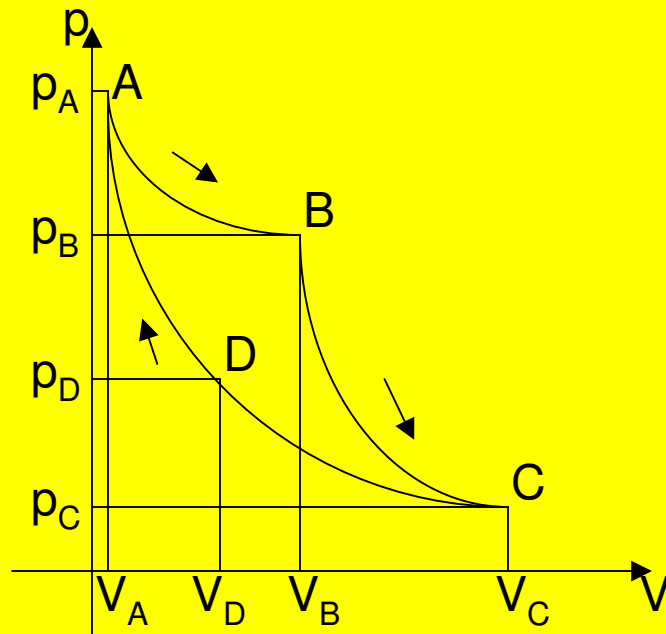
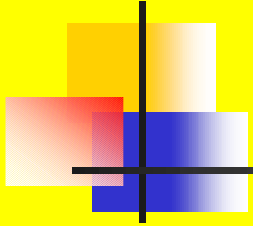
$$\eta = (Q_A - Q_C) / Q_A = 1 - (Q_C / Q_A) \quad 0 < \eta < 1$$



$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$$

$$Q_{\text{ciclo}} = L_{\text{ciclo}}$$

$$L_{\text{ciclo}} = Q_A - Q_C$$



da A a B – espansione isoterma
da B a C – espansione adiabatica
da C a D – compressione isoterma
da D a A – compressione adiabatica

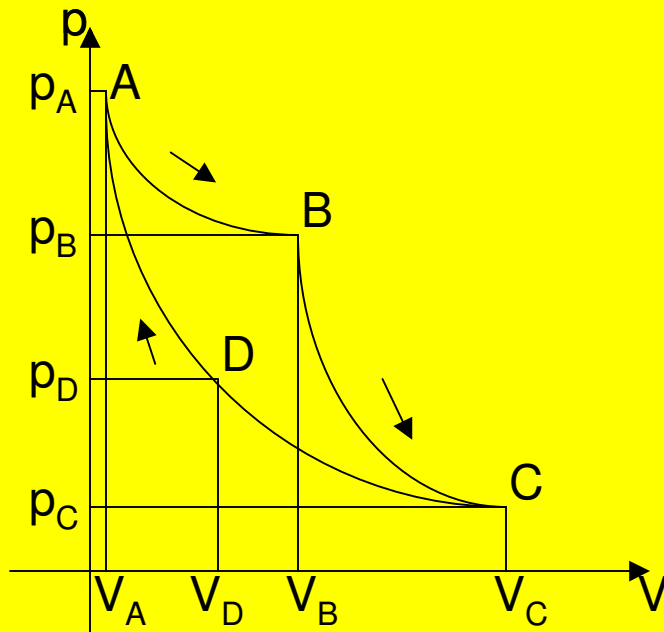
FINE

CICLO DI CARNOT

E' formato da 4 trasformazioni: 2 isoterme e 2 adiabatiche

$$\eta = (T_A - T_C)/T_A = 1 - (T_C/T_A)$$

Qualunque macchina reale che funzioni fra le stesse temperature ha un rendimento inferiore a quello della macchina di Carnot, che è comunque inferiore a 1.



da A a B – espansione isoterma
da B a C – espansione adiabatica
da C a D – compressione isoterma
da D a A – compressione adiabatica

FINE