

## IL LAVORO

Dove non sono indicate operazioni, nelle formule, si deve considerare che è presente una moltiplicazione

Il lavoro è un mezzo di trasformazione dell'energia.

Prodotto scalare=operazione tra 2 vettori che dà come risultato una grandezza scalare.

$$L = \vec{F} * \vec{S} = FS \cos \alpha$$

(Lavoro) (Forza) (Spostamento)

$\alpha$ =angolo compreso tra i 2 vettori

Il cos di 0 è uguale a 1 (L=Fs)

Il cos di 90° è uguale a 0 (L=0)

Il cos di 180° è uguale a -1 (L = -Fs)

L'unità di misura del lavoro è il Joule [J]

L'energia è la capacità di compiere un lavoro. L'energia si misura in J.

Il lavoro è un mezzo di trasformazione dell'energia.

## ENERGIA MECCANICA, CINETICA E POTENZIALE

$$E_{meccanica} = E_{cinetica} + E_{potenziale}$$

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$  (energia di movimento)

m=massa v=velocità

$E_p = mgh$  (energia di posizione)

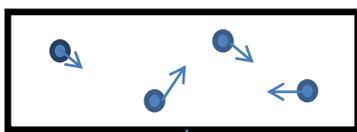
g=acc. di gravità h=altezza

L'energia non si crea non si distrugge ma si trasforma.

Principio di conservazione dell'energia meccanica: l'energia meccanica in assenza di attrito si conserva sempre. Quando c'è l'attrito una parte dell'energia meccanica si trasforma in energia interna (energia meccanica microscopica).

## PASSAGGIO “concettuale” ALLA TERMOLOGIA

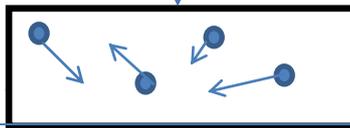
Agitazione termica:



$$E_m = E_p \quad E_c = 0$$

L'oggetto inizia a cadere  $E_p \downarrow$        $E_c \uparrow$

h      No Attrito



Quando l'oggetto sta per toccare terra:  $E_m = E_c \quad E_p = 0$

Una volta che l'oggetto cade al suolo l'energia cinetica si trasforma in energia interna dell'oggetto e del suolo.

## QUANTITA' DI MOTO

La Quantità di moto è una grandezza fisica vettoriale e derivata che si ottiene moltiplicando la massa per la velocità, si indica spesso con la lettera q:

$$\vec{q} = m\vec{v}$$

La quantità di moto gode di un importante principio di conservazione:

“in un sistema isolato (somma delle forze esterne pari a zero) la quantità di moto rimane costante”

Questa significa che se due oggetti (che supponiamo costituiscano il sistema), che non subiscono forze esterne, si urtano la loro quantità di moto (pari alla somma delle quantità di moto dei due oggetti) NON cambia. In formule:

prima dell'urto

$$\vec{q}_1 = m_1\vec{v}_1 \quad \vec{q}_2 = m_2\vec{v}_2 \quad \vec{q}_t = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

Dopo l'urto (l'apice indica la quantità di moto e la velocità dopo l'urto, la massa non ha apice perché NON cambia)

$$\vec{q}_1' = m_1\vec{v}_1' \quad \vec{q}_2' = m_2\vec{v}_2' \quad \vec{q}_t' = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$$

In base al principio di conservazione possiamo scrivere la seguente equazione

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2' \quad \text{a)}$$

Gli urti fra punti materiali possono essere di due tipi: elastici e anelastici.

Gli urti **elastici** sono quegli urti in cui si conservano la quantità di moto e l'energia cinetica

Gli urti **anelastici** sono quelli in cui si conserva solo la quantità di moto.

Per gli urti anelastici vale l'equazione **a)** mentre per gli urti elastici vale l'equazione **a)** e quella **b)** qui sotto descritta:

$$\frac{1}{2}m_1\vec{v}_1^2 + \frac{1}{2}m_2\vec{v}_2^2 = \frac{1}{2}m_1\vec{v}_1'^2 + \frac{1}{2}m_2\vec{v}_2'^2 \quad \text{b)}$$

## LA TEMPERATURA

E' una grandezza fisica scalare e fondamentale, si misura in Kelvin nel S.I. ma è di uso normale la scala Celsius.

$$T \qquad \qquad t \qquad \qquad T=t+273.15$$

$$\text{Kelvin} \qquad \text{Gradi centigradi} \qquad \qquad t=T-273.15$$

Per le variazioni di temperatura non cambia nulla se si usano i kelvin o i gradi centigradi

$$\text{Es. } t_i=20^\circ\text{C}=293\text{K}$$

$$t_e=10^\circ\text{C}=283\text{K}$$

$$t_i-t_e=10^\circ\text{C}=10\text{K}$$

La temperatura si misura con il termometro. Esistono vari tipi di termometro. Comunemente usato è il termometro basato sulla dilatazione lineare e sull'equilibrio termico (il term. legge la "sua" temperatura per cui per poter conoscere la temperatura del corpo a cui siamo interessati dobbiamo portare lo strumento alla stessa temperatura del corpo ed è per questo che il principio dell'equilibrio termico è uno dei principi su cui si basa il funzionamento dei normali termometri).

La temperatura è una grandezza fisica macroscopica legata all'energia cinetica traslazionale (movimenti non di rotazione) media molecolare. Questo vuol dire che due quantità diverse dello stesso gas (il gas è solo a titolo di esempio) a temperature diverse hanno molecole che si muovono a velocità diverse, tanto maggiore è la temperatura tanto più grande è la velocità.

## LA DILATAZIONE

### LINEARE e VOLUMICA

La dilatazione volumica avviene in tutte le direzioni, la dilatazione lineare in una direzione.

In natura non si ha mai una vera e propria dilatazione lineare ma la si attribuisce a dilatazioni che avvengono **prevalentemente** in una direzione.

$$\Delta l = \lambda l_0 \Delta t \quad \text{si può scrivere} \quad l - l_0 = \lambda l_0 (t - t_0)$$

$$\Delta V = k V_0 \Delta t \quad \text{“} \quad V - V_0 = k V_0 (t - t_0)$$

$l/V$  = lunghezza/volume finale

$l_0/V_0$  = lunghezza/volume iniziale

$t$  = temperatura finale

$t_0$  = temperatura iniziale

$\lambda, k$  = coefficiente di dilatazione lineare/volumica (caratteristico per ogni sostanza, notiamo che  $(k \approx 3 * \lambda)$ )

## LA LEGGE FONDAMENTALE DELLA TERMOLOGIA

$$\Delta E = cm \Delta t$$

$\Delta E$  = calore o, in generale, energia scambiata

$c$  = calore specifico (quantità di calore che un 1 Kg di una sostanza deve acquistare per aumentare la sua temperatura di 1 K)

$m$  = massa

$\Delta t$  = variazione di temperatura

$C$  = capacità termica (quantità di calore che l'intera massa di una sostanza deve acquistare per aumentare la sua temperatura di 1 K)

Notiamo che  $C = cm$  ossia la capacità termica si ottiene moltiplicando il calore specifico per la massa. Se si fornisce la stessa quantità di calore a due corpi con capacità termica diversa il corpo con capacità termica maggiore subirà una crescita di temperatura inferiore all'altro.

## EQUILIBRIO TERMICO

Supponiamo di mettere a contatto in modo adiabatico (senza scambio di calore con l'esterno) due sostanze a temperatura diversa. Proprio perché siamo in condizioni adiabatiche il calore ceduto dalla sostanza più calda (sostanza 2) sarà uguale (ma di segno opposto) a quello assorbito dalla sostanza più fredda (sostanza 1)

$$-Q_2 = Q_1$$

-Calore ceduto = Calore acquistato

La sostanza più calda cede calore e si raffredda:

$$Q_2 = m_2 c_2 (t_e - t_2)$$

Il calore ceduto è negativo, perché  $t_e$  è minore di  $t_2$ .

La sostanza fredda acquista calore e si riscalda:

$$Q_1 = m_1 c_1 (t_e - t_1)$$

Il calore acquistato è una quantità positiva, perché  $t_e$  è maggiore di  $t_1$ .

Si ha quindi l'equazione dell'equilibrio termico:

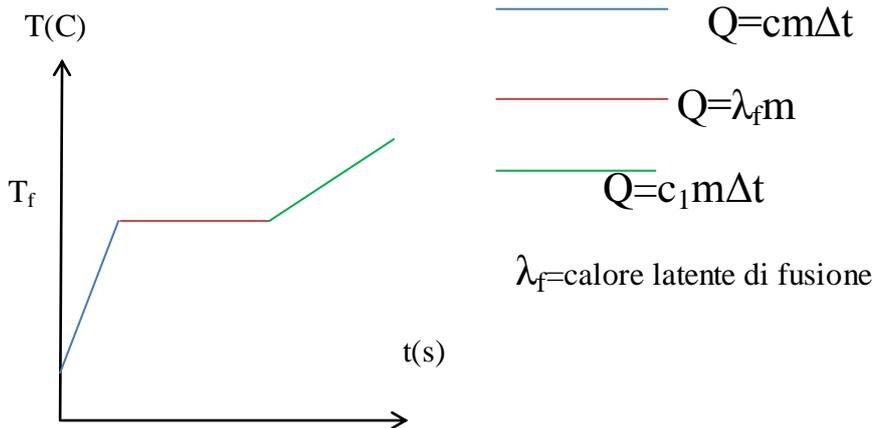
$$m_1 c_1 (t_e - t_1) = - m_2 c_2 (t_e - t_2)$$

partendo da questa relazione è possibile calcolare la temperatura di equilibrio o, eventualmente, qualora sia fornita questa, altre incognite richieste, invertendo la formula. Lasciando agli studenti le inversioni più semplici, ricaviamo la formula della temperatura di equilibrio:

$$T_e = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

### PASSAGGI DI STATO

La materia ha tre stati di aggregazione: solido, liquido e gassoso. Quando la materia



Durante il passaggio in rosso la temperatura si mantiene costante perché l'energia viene usata completamente per spezzare i legami tra le molecole. Nella parte verde del tracciato l'equazione che regola il comportamento della temperatura in base al calore scambiato è la medesima ma è cambiato il calore specifico, in quanto la medesima sostanza in stati diversi di aggregazione ha calori specifici diversi.

## DIFFERENZE TRA EVAPORAZIONE ED EBOLLIZIONE

### Evaporazione

Riguarda solo la superficie del liquido.

Avviene a tutte le temperature in cui il materiale è liquido.

Cresce al crescere della temperatura e diminuisce al crescere della pressione (poiché se la pressione aumenta un minor numero di molecole riesce a “liberarsi”).

### Ebollizione

Riguarda tutto il liquido.

Avviene ad una temperatura precisa.

La T di ebollizione aumenta all'aumentare della pressione.

## CONDUZIONE E CONVEZIONE

La conduzione e la convezioni sono due metodi di propagazione del calore la loro principale differenza è che nella convezione oltre allo scambio di calore avviene anche uno scambio di materia.

Nella conduzione gli atomi della sostanza che acquisisce energia aumentano la loro energia cinetica media; l'energia viene poi trasmessa agli atomi vicini per mezzo di urti, atomi che a loro volta li trasmettono agli atomi a loro vicini e così via. Il risultato di questo processo è uno spostamento di energia da una parte di sostanza ad un'altra senza spostamento di materia poiché gli atomi mentre vibrano rimangono nelle loro posizioni di equilibrio.

Nella convezione le molecole esposte al calore aumentano di velocità e tendono a salire verso l'alto per il principio di Archimede mentre quelle fredde scendono prendendo il posto di quelle calde e originando delle correnti convettive. Nella convezione si ha quindi anche uno spostamento di materia.

## LA LEGGE DELLA CONDUZIONE

$$Q = \frac{kA\Delta T\Delta t}{d}$$

Q=calore propagato

K=coefficiente di conducibilità termica (caratteristico per ogni sostanza)

A=area della parete

$\Delta T$ =intervallo di temperatura

$\Delta t$ =intervallo di tempo

d=spessore della parete

## L'IRRAGGIAMENTO

L'irraggiamento è un meccanismo di trasmissione dell'energia che avviene mediante radiazioni elettromagnetiche. Qualunque corpo emette radiazioni elettromagnetiche ma solo i corpi più caldi riescono ad emettere radiazioni visibili. L'irraggiamento avviene anche in assenza di materia e la potenza irradiata da un corpo caldo (cioè l'energia emessa nell'unità di tempo) è direttamente proporzionale all'area della superficie che emette e alla quarta potenza della temperatura assoluta:

$$\text{potenza irradiata} = cT^4$$

$c$ =costante che dipende dal materiale di cui è costituita la superficie emittente.

## LA PRESSIONE

$$P = F_p / A$$

$F_p$ =forza premente

$A$ =area della superficie

La pressione si misura in pascal [Pa] o in atmosfere [atm].

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

## LE GRANDEZZE CARATTERISTICHE DEI GAS

Le grandezze che definiscono lo stato di un gas sono 4 e sono:

- pressione (legata agli urti che le molecole compiono contro le pareti del gas);
- volume (lo spazio occupato dal gas);
- temperatura (proporzionale all'energia cinetica media traslazionale del gas);
- numero delle moli (proporzionale al numero di particelle che il gas contiene).

## L'ENERGIA INTERNA DI UN CORPO: U

L'energia interna di un corpo è formata da tre elementi fondamentali:

- l'energia cinetica media traslazionale molecolare;
- l'energia cinetica media rotazionale molecolare;
- L'energia potenziale.

## I VARI TIPI DI TRASFORMAZIONI DI UN GAS

Esistono quattro tipi di trasformazioni particolari di un gas:

- a volume costante (isovolumiche o isocore);
- a temperatura costante (isotermiche);
- a pressione costante (isobariche);
- senza scambio di calore con l'esterno (adiabatiche).

### LA LEGGE DI BOYLE

La legge di Boyle riguarda le trasformazioni isotermiche ed afferma che:

“A temperatura costante, il volume che occupa una certa quantità di gas è inversamente proporzionale alla pressione del gas.”

E cioè:

$$pV = \text{costante}$$

che riferita a due stati si esprime così:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Spiegazione della legge a livello microscopico: la temperatura si mantiene costante, il che significa che la velocità media delle molecole non cambia quindi per poter aumentare il numero di urti sulle pareti (a cui è legata la pressione) devono diminuire le distanze che le molecole devono percorrere (e quindi il volume).

### LE LEGGI DI GAY-LUSSAC

Le leggi di Gay-Lussac riguardano trasformazioni isobariche ed isovolumiche:

**Trasformazione isobarica:**

in °C :  $V = V_0(1 + \alpha t)$

in K:  $V = V_0(1 + \alpha(T - 273.15)) = V_0(1 + \alpha T - 1) = V_0 \alpha T$

che riferita a due stati:

$$V_1 = V_0 \alpha T_1$$

$$V_2 = V_0 \alpha T_2$$

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

Spiegazione della legge a livello microscopico: dovendo rimanere costante il numero di urti ( $p=\text{cost}$ ), aumentando la temperatura e di conseguenza essendo maggiore la velocità media traslazionale, necessariamente devono aumentare le distanza percorse e quindi il volume.

**Trasformazione isovolumica:**

in °C:  $p=p_0(1+\alpha t)$

in K:  $p=p_0(1+\alpha(T-273.15))=p_0(1+\alpha T-1)=p_0\alpha T$

$p_1= p_0\alpha T_1$

$p_2= p_0\alpha T_2$

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

Spiegazione della legge a livello microscopico: dovendo rimanere costanti gli spazi percorsi ( $V=\text{cost}$ ), aumentando la temperatura e di conseguenza essendo maggiore la velocità media traslazionale, necessariamente aumenta l'impulso sulle pareti e quindi la pressione.

**L'EQUAZIONE DI STATO DEI GAS PERFETTI**

Si definisce gas perfetto un gas che sia lontano dal punto di liquefazione e che sia rarefatto, cioè che le sue molecole siano abbastanza distanti da non interagire e quindi non ha energia potenziale interna.

$$PV=nRT$$

$n$ =numero delle moli

$R$ =costante universale dei gas (8.31J/mol\*K)

$T$ =temperatura (SOLO in K)

Oppure  $pV=NkT$

$N$ =numero di molecole nel gas

$k$ =costante di Boltzmann ( $1.37*10^{-23}$ J/K)

**ENERGIA CINETICA MEDIA ED ENERGIA CINETICA INTERNA DI UN GAS PERFETTO**

L'energia cinetica media di un gas perfetto monoatomico è uguale a:

$$E_c=3/2KT \quad \text{per 1 molecola}$$

$$E_{c_{interna}} = \frac{3}{2}NKT \quad \text{per tutto il gas}$$

## PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

Il primo principio della termodinamica afferma che la variazione di energia interna di un corpo è uguale al calore scambiato meno il lavoro scambiato:

$$\Delta U = Q - L$$

Con la seguente convenzione di segni:

Q assorbito +                      Q ceduto -

L fatto +                              L subito -

## LAVORO IN UNA TRASFORMAZIONE TERMODINAMICA

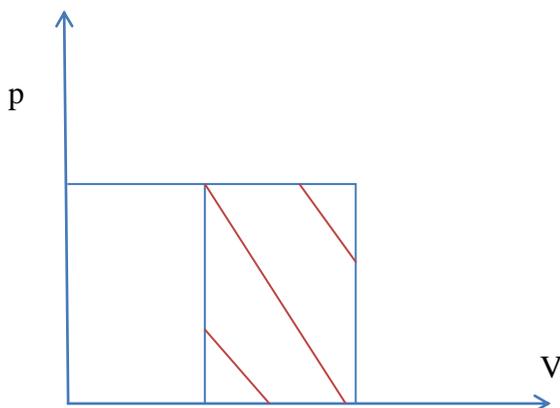
Le trasformazioni dei gas possono essere rappresentate graficamente in un grafico pressione-volume, detto piano di Clapeyron.

Una trasformazione isoterma viene rappresentata mediante un'iperbole.

Una trasformazione isobarica viene rappresentata mediante un segmento parallelo all'asse delle ascisse.

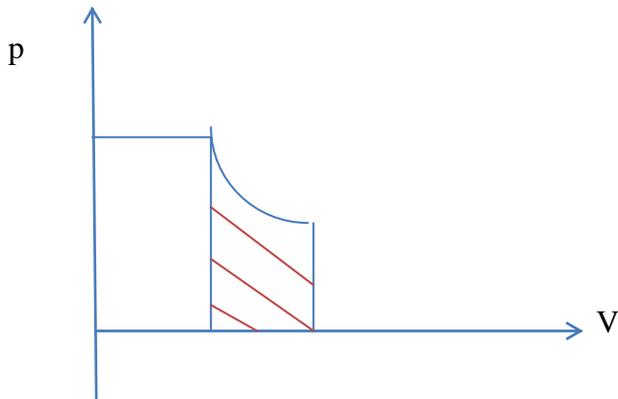
Una trasformazione isovolumica (o isocora) viene rappresentata mediante un segmento parallelo all'asse delle ordinate.

In generale il lavoro in una trasformazione è pari all'area sottesa dalla curva che rappresenta la trasformazione nel piano di Clapeyron, in particolare in una trasformazione isobarica il lavoro è uguale al prodotto tra pressione e variazione di volume:



In una trasformazione isovolumica il lavoro è nullo poiché non c'è variazione di volume.

In una trasformazione isoterma il lavoro è uguale all'area compresa tra la curva e l'asse del volume:



Il primo principio per le trasformazioni particolari assume le seguenti forme:

$\Delta U=Q$  per le isocore

$\Delta U=Q-p\Delta V$  nelle isobare

$Q=L$  nelle isoterme

## IL SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

Esistono due enunciati per il secondo principio della termodinamica quello di Kelvin e quello di Clausius.

Enunciato di Kelvin: È impossibile realizzare una trasformazione il cui risultato sia solo quello di convertire in lavoro il calore prelevato da una sola sorgente. Quindi è impossibile avere una macchina termica il cui rendimento sia uguale ad 1.

Enunciato di Clausius: È impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia il passaggio di calore da un corpo a una data temperatura a un altro a temperatura maggiore del primo.

## IL RENDIMENTO DI UNA MACCHINA TERMICA

Il rendimento di una macchina termica è dato dal rapporto fra il lavoro fatto dalla macchina ed il calore assorbito dalla sorgente a temperatura maggiore

$$r = \frac{L}{Q}$$

Una macchina termica NON può avere mai un rendimento uguale ad 1, come si evince confrontando la formula del rendimento con l'enunciato di Kelvin.