I° PRINCIPIO TERMODINAMICA

PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE NETTE IN RELAZIONE, CALORE, LAVORO ED ENERGIA

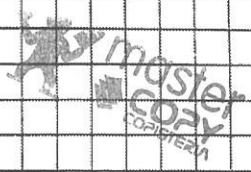
$$\Delta E = \Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p = E_{ENTRA.} - E_{USCENTE}$$

ΔU: INTERNA; ΔE_c: CINETICA; ΔE_p: POTENZIALE

CINETICA + POTENZIALE: CONSIDERATE NULLE

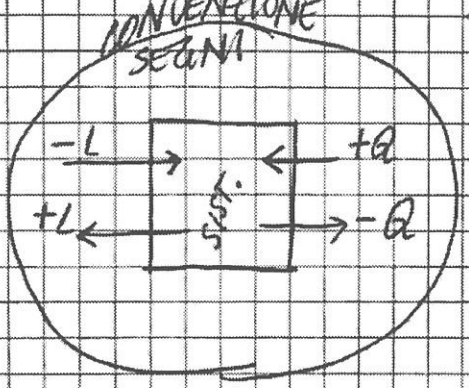
$$\Rightarrow \Delta E = \Delta U .$$

PRINCIPIO 0 DELLA TERMODINAMICA
SE 2 CORPI SONO IN EQUILIBRIO TERMICO CON UN TERZO CORPO ALLORA LO SONO FRA DI LORO



ENERGIA SI PUÒ TRASFERIRE IN 3 FORME:
- CALORE
- LAVORO
- FLUSSO DI MASSA

SISTEMA CHIUSO $\Rightarrow$ FLUSSO DI MASSA $= 0$



$$Q = \dot{Q}\,\Delta t \qquad L = \dot{L}\,\Delta t \qquad \Delta E = \frac{dE}{dt}\Delta t \qquad [kJ]$$

$1\,J = N \cdot m$

$W = J/s$

$$\bar{q} = \frac{Q}{m} \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

- SIST. CHIUSO — VOLUME DI CONTROLLO V_c — NO SCAMBIO DI MASSA CON ESTERNO
- SIST. APERTO — V_c — SCAMBIO DI MASSA

1° PRINC. (IN GENERALE) FORMA INTENSIVA

$$du = dq - dl$$

- du: VARIAZ. INFINITESIMA DI E INTERNA
- dq: QUANTITÀ CALORE INTRODOTTO O SOTTRATTO
- dl: QUANTITÀ LAVORO SCAMBIATO

→ NON DIPENDONO DA PERCORSO

GRANDEZZE DI STATO:
- i ENTALPIA
- u E. INTERNA

GRANDEZZE DI SCAMBIO O DI LINEA:
- q CALORE
- l LAVORO

→ DIPENDONO DAL PERCORSO NON DALLO STATO

1° PRINC. FORMA ESTENSIVA $dU = dQ - dL$

$I = U + pV$

DIPENDE DALLA DIMENSIONE DEL SISTEMA

E. INTERNA

$du = dq + dl_t$

SIST. CHIUSO

esempio → aria chiusa con contorno mobile



LAVORO DI TRASFORMAZ. (NO SCAMBIO DI MASSA)

TRASFORM. QUASISTATICA → posso definire in ogni punto lo stato di equilibrio

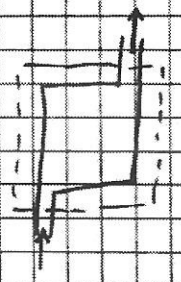
$dl_t = pdv$ SE TRASF. REVERSIBILE VALE:

$l_t = \int p dv$

TRASF. REVERSIBILE

SIST. APERTO

ip. • REGIME STAZIONARIO; esempio →



$L = L_u + L_{SPINTA}$

- L_u = LAVORO UTILE → DELLE PARTI MECCANICHE
- L_{SPINTA} = LAVORO DI PULSIONE → COMPIUTO O SUBITO PER FAR ENTRARE O USCIRE FLUIDO DAL SISTEMA

$dq = di + dl_t$

- di → ENTALPIA
- dl_t → LAVORO CONTINUO $dl_c = -vdp$

$i = u + pv$

$di = du + pdv + vdp$

$di = dq + vdp$

$di = dq - (-vdp)$

dl_c

Muster COPY COPISTERIA

~~$du = dq$~~ **CALORE SPECIFICO**

PROPRIETÀ CHE PERMETTE DI CONFRONTARE LA CAPACITÀ DI ACCUMULO DI ENERGIA (È RICHIESTA PER INNALZARE DI 1°C o 1K LA MASSA UNITARIA DI UNA SOSTANZA)

$c_p = \frac{kJ}{kg\,K}$

CALORI SPECIFICI

c_v → A VOL. COST.

c_p → A PRESS. COST.

$c_p > c_v$ ∀ SOSTANZA

~~Equazione~~ $u(T, v)$, $i(T, p)$ $\xrightarrow[\text{GAS PERFETTI}]{\text{PER}}$ $u(T)$, $i(T)$

$$c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v = \frac{du}{dT} \rightarrow \text{ISOVOLUMICA}$$

$$c_p = \left(\frac{\partial i}{\partial T}\right)_p = \frac{di}{dT} \rightarrow \text{ISOBARA}$$

master copy copisteria

PER I GAS PERFETTI →

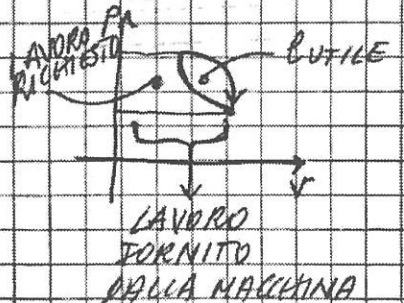
$$\Delta i = c_p \Delta T$$

$$\Delta u = c_v \Delta T$$

SIST. CHIUSO SOGGETTO A CICLO

STATO INIZIALE = STATO FINALE ⇒ $di = 0$

$$\Sigma q - \Sigma l_c = 0$$



$$\text{RENDIMENTO} = \frac{\text{RISULTATO UTILE OTTENUTO}}{\text{SPESA PER OTTENERE RISULTATO}}$$

RENDIMENTO DI COMBUSTIONE

$$\eta_{(combustione)} = \frac{Q}{P_c} = \frac{\text{CALORE LIBERATO CON COMBUSTIONE}}{\text{POTERE CALORIFICO DEL COMBUSTIBILE BRUCIATO}}$$

↓

QUANTITÀ DI CALORE CHE SI LIBERA QUANDO UNA QUANTITÀ UNITARIA DI COMBUSTIBILE A T_{amb} VIENE BRUCIATA ED I PRODOTTI DI COMBUSTIONE VENGONO RAFFREDDATI A T_{amb}

PCI → INFERIORE — QUANDO L'ACQUA PRESENTE NEI GAS CEDE SOTTO FORMA DI VAPORE → SI PERDE IL CALORE DEL VAPORE

PCS → SUPERIORE — L'ACQUA PRESENTE NEI GAS DI COMBUSTIONE VIENE COMPLETAMENTE CONDENSATA → VIENE RECUPERATO IL CALORE DI VAPORIZZAZIONE

SOSTANZE PURE → STESSA COMPOSIZIONE CHIMICA IN TUTTA LA MASSA (es. acqua, azoto, ecc.)

LIQUIDO SOTTORAFFREDDATO → FASE LIQUIDA NON IN PROCINTO DI EVAPORAZIONE

LIQUIDO SATURO → IN PROCINTO DI EVAPORAZIONE

VAPORE SATURO → IN PROCINTO DI CONDENSAZIONE

VAPORE SURRISCALDATO → VAPORE NON IN PROCINTO DI CONDENSARE (VAPORE SATURO SECCO)

REGOLA DELLE FASI → **GIBBS** → $N_{GL} = N_n + 2 - N_f$

- N_{GL} → gradi di libertà
- N_n → componenti indipendenti del sist. (specie molecolari) = 1
- N_f → fasi del sistema 1 o 2

Custer COPY CORISTERIA

CALORE LATENTE → CALORE ASSORBITO DALLA SOSTANZA DURANTE CAMBIAMENTO DI FASE

CALORE SPECIFICO ← $Q = mc\Delta T$ → GENERALE

$Q = m \cdot r(T)$ → DURANTE PASSAGGIO DI STATO

Q = CALORE, m = MASSA, $r(T)$ = CALORE LATENTE

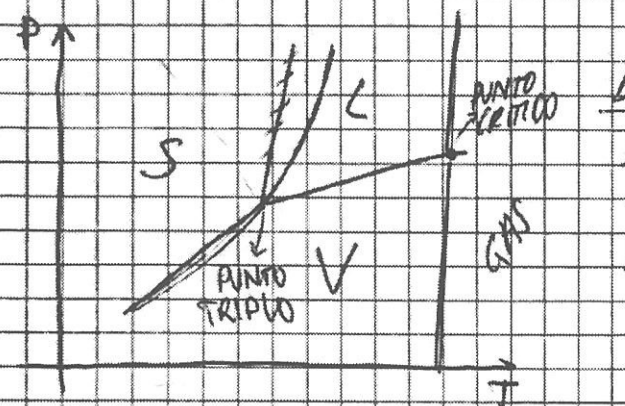


DIAGRAMMA P-T

SOSTANZE CHE SOLIDIFICANDO DIMINUISCONO IL VOLUME

INIZIANO A SOLIDIFICARE DALL'INTERNO (PARTENDO DAL BASSO)

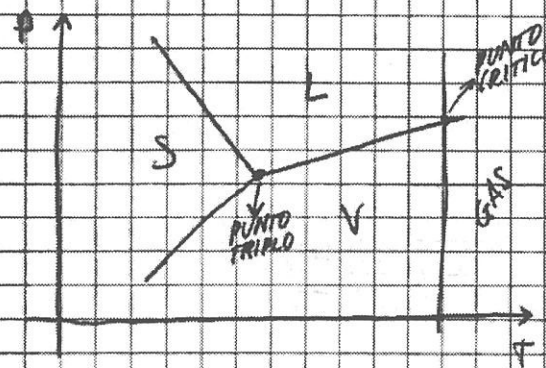
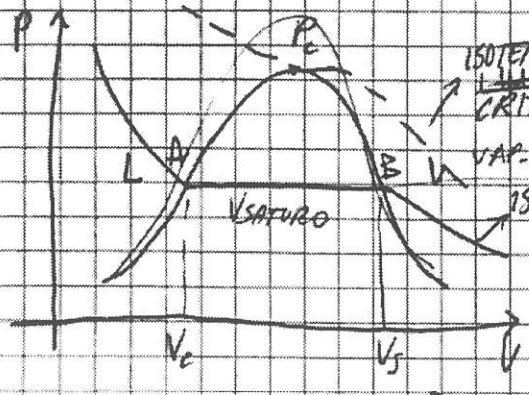
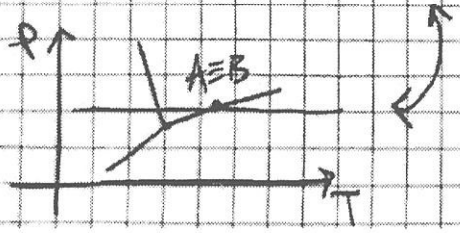


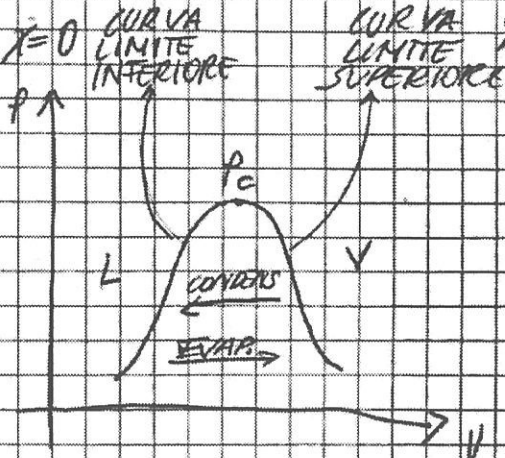
DIAGRAMMA P-T ACQUA

SOLIDIFICANDO AUMENTA IL VOLUME

SOLIDIFICA A PARTIRE DALLA SUPERFICIE







TITOLO $\chi = \frac{m_V}{m_V + m_L}$