Energia = Exergia + Anergia

d(xy) = dx\*y + dy\*x

U2 – U1 = Q – L Forma Integrale 1° Principio

dU = dQ – dL = dQ - p·dV Forma Differenziale 1° Principio

dU = dQ - p·dV - V·dp + V·dp

dU = dQ – d(p·V) + V·dp

dU + d(p·V) = dQ + V·dp

d(U+p·V) = dQ + V·dp

dH = dQ + V·dp Forma Entalpica del 1° Principio

H2 – H1 = Q + 

Lavoro di Compressione Espansione

L = F \* x = p \* A \*x = p \* (V2 – V1)

L = F1 \* dx + F2\*dx + F3\*dx+ … FN\*dx



p

F = p \* A

x

Q

Energia Interna U ed Entalpia H (energia, Joule)

H = U + p\*V

Sistema a V= cost: U2 – U1 = Q M\*cv\*(T2-T1)=Q

Sistema a p=cost: H2 – H1 = Q V\*\*cp\*(T2-T1)=Q

Riscaldamento da 0 °C a 20 °C

DUE CAPACITA’ TERMICHE SPECIFICHE (riferita all’unità di massa)

cp a pressione costante

cv a volume costante

cp = 1000 J/kgK (ARIA)

cv = 717 J/kgK (ARIA)

ENTROPIA S (J/K)

ENTROPIA SPECIFICA s (J/kgK)

Cp,aria = 1000 J/kgK : capacità termica specifica dell’aria

Cp,aria = 4187 J/kgK : capacità termica specifica dell’acqua

T1 = 1500 °C

Q1 = Q2 + L = 1000 J + 0.834 \* Q1

Q1 = 1000 / (1-0.834) = 6024 J

L=5024 J  = L/Q1 = 1 – T2/T1

 = 1 – 293/1773 = 0.834

Q2 = 1000 J

T2 => T3 T3 > T2 = 20 °C

C\*(T3-T2) = Q

M = 100kg C = Q /(T3-T2)

S1 = - Q/ T1 = 6024 / 1773 = 3.397 J /K

S2 = + Q/ T2 =1000 /293 = 3.413 J/K

s2 = 3.413/100 = 0.03413 J/kgK

(T3-T2) = Q / C = Q / (M\*c) = 1000 /(100 \* 4187) = 0.0023 °C

(T3-T2) = Q / C = Q / (M\*c) = 1000 /(100 \* 1000) = 0.01 °C

T1 > T2  => |S1| < |S2 |

Stot = S1 +S2 = 0

TEOREMA DELL’AUMENTO DELL’ENTROPIA

UNITA’ DI MISURA DELL’ENTROPIA: J/K

STESSA UNITA’ DELLA CAPACITA’ TERMICA:

Miscele di gas perfetti

* Aria (miscela di Azoto N2 e Ossigeno O2)
* Miscele di aria e vapore d’acqua

L’ARIA è composta per il 79% di Azoto e per il 21% di Ossigeno (percentuali molari o volumetriche)

1000 kmol di aria = 210 kmol di O2 e 790 kmol di N2

1000 l di aria = 210 l di O2 e 790 l di N2

+ 1% di altre cose: vapore d’acqua, CO2, gas rari (neon, argon, krypton)

Ricambi orari di legge sono:

0.5 volumi/h edilizia residenziale

1 volume/h terziario, uffici, negozi, etc.

2 volumi/h scuole, asili, ospedali, chiese, cinema, luoghi di pubblico spettacolo

Massa MOLARE DI N2 è N2 = 28 kg/kmol

Massa Molare di O2 è 32 O2 = 32 kg/kmol

Massa molare media dell’aria è 29 kg/kmol (sarebbe 28.84 kg/kmol)

1000 kmol di aria contengono 210\*32 kg di O2 e 790\*28 kg di N2

Quindi 1000 kmol di aria hanno una massa totale di 28840 kg

Regola di calcolo delle proprietà di una miscela:

Le proprietà della miscela sono la media **pesata** delle proprietà dei componenti.

**Frazione Massica** dell’Ossigeno

mO2 = MO2 / Mtot = 210\*32 / 28840 = 23.3 %

mN2 = MN2 / Mtot = 790\*28 / 28840 = 76.7 %

Calcolo dell’entalpia dell’aria:

haria = hO2 \* mO2 + hN2 \* mN2 = cpO2 \* t \* mO2 + cpN2 \* t \* mN2 = cp’ \* t => cp’(aria) =1004 J/kgK

NITROX 40% di O2 e 60% di N2

p\*v = R\*T p\*V = M\*R\*T p\*V = n\*R0\*T

R0 = 8314 J/kmolK costante **universale** dei gas perfetti

RO2 = R0 / O2 = 8314 / 32 = 259.8 J/kgK costante **specifica**

RN2 = R0 / N2 = 8314 / 28 = 296.9 J/kgK costante **specifica**

Raria = RO2 \* mO2 + RN2 \* mN2 = 259.8\*0.233 + 296.9\*0.767 = 288.2 J/kgK = 287 J/kgK

Miscele di aria e vapore di acqua

Quantificare la presenza di acqua: 2 descrittori

Umidità relativa UR (% 0%..100%) o grado igrometrico ϕ (0..1)

ϕ = pvap / psat(T) è rilevante per il corpo umano

pv = ϕ \* psat(T)

Titolo della miscela NON E’ LA FRAZIONE MASSICA !!!

x = y = Mvap / Maria-secca titolo

mv = Mvap / Mtot frazione massica

S misura in gv /kga = 4 – 10 – 20 gv /kga

Varia solo aggiungendo o togliendo vapore

x = x (ϕ,T) = Mv / Ma

Eq. di stato dei gas perfetti (2 volte)

pa \* V = Ma \* Ra \* T pv \* V = Mv \* Rv \* T

Ma = pa \* V / (Ra \* T) Mv = pv \* V / (Rv \* T)

y = Mv / Ma = [ pv \* V / (Rv \* T)] / [pa \* V / (Ra \* T)]

y = pv/pa \* Ra/Rv = 0.622 \* pv/pa = 0.622 \* ϕ \* psat(T)/pa

y = 0.622 \* ϕ \* psat(T) / (ptot - ϕ \* psat(T))

y\* ptot – y\* ϕ \* psat(T) = 0.622 \* ϕ \* psat(T)

y\* ptot = (0.622 \* psat(T) + y \* psat(T)) \* ϕ

ϕ = y\* ptot / (0.622 \* psat(T) + y \* psat(T))

Conosciamo la ptot = p atmosferica = 1.013 bar

ptot = pa + pv Legge di Dalton => pa = ptot - pv

Diagramma PSICROMETRICO

T (°C)

