



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1131

DATA: 07/10/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Bettale

MATERIA: Termodinamica appl. e Trasmissione del Calore Eserc.

Prof. Giaretto

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

TERMODINAMICA APPLICATA e TRASMISSIONE del CALORE di Giaretto

ESERCITAZIONI

carlo.cima@polito.it

Enjoy your sweet side



Pink Sugar

B - PRIMO PRINCIPIO SISTEMI APERTI E CHIUSI

K

B.1

Un compressore ideale comprime 500 kg/h di azoto (N_2 , 28 kg/kmol) da 1 a 10 bar secondo una politropica di esponente $n = 1.3$. La temperatura iniziale del gas sia pari a 10 °C. Determinare:

- la portata di volume all'aspirazione;
- la portata di volume alla mandata;
- la temperatura finale del gas;
- la potenza termica scambiata;
- la potenza meccanica fornita.

[$G_{V1} = 0.117 \text{ m}^3/\text{s}$, $G_{V2} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$, $T_2 = 481.7 \text{ K}$, $\Phi = -6825 \text{ W}$, $W_1 = -35493 \text{ W}$]

K

B.2

Un compressore aspira una portata volumetrica $G_{V1} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$ di azoto alla pressione $p_1 = 1$ bar ed alla temperatura $T_1 = 20^\circ\text{C}$ e la comprime fino alla pressione $p_2 = 30$ bar.

Nell'ipotesi che l'azoto si comporti come un gas ideale e che tutte le trasformazioni siano reversibili, determinare la potenza di compressione, la temperatura finale dell'azoto e l'eventuale potenza termica scambiata nel caso di:

- compressione isoterma monostadio,
- compressione adiabatica monostadio,
- compressione adiabatica bistadio con interrefrigerazione.

→ RAPPORTO DI COMPRESSIONE COSTANTE

[isoterma monostadio $\Phi = W_1 = -14.17 \text{ kW}$; adiabatica monostadio $T = 775 \text{ K}$, $W_1 = -23.95 \text{ kW}$; adiabatica bistadio $T = 477 \text{ K}$, $W_1 = -18.25 \text{ kW}$, $\Phi = -9.125 \text{ kW}$]

AL
PST

B.3

Un cilindro orizzontale contenente aria è chiuso lateralmente da un pistone, che scorre senza attriti, collegato ad una molla di costante elastica pari a 100 kN/m.

L'aria si trova inizialmente in equilibrio con l'ambiente esterno ($p_0 = 1 \text{ ata}$, $T_0 = 20^\circ\text{C}$).

Determinare la quantità di calore che deve essere fornita al fluido per deformare la molla di 2 cm.

Si assuma che il pistone abbia una sezione retta pari a 100 cm^2 , che l'aria occupi un volume iniziale V_1 di 1 dm^3 e si comporti come una sostanza ideale con $\gamma = 1.4$ e $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$.

[$Q = 689 \text{ J}$]

AL
PST

B.4

Un cilindro verticale chiuso superiormente da un pistone libero di scorrere senza attrito contiene una massa $M = 0.1 \text{ kg}$ di azoto (gas ideale di massa molare = 28 kg/kmol, $\gamma = 1.4$) inizialmente in equilibrio con l'esterno. SOLO TERMICO!!!

Al gas vengono somministrate una quantità di calore Q ed una quantità di lavoro tecnico L_1 trasferito da una ventola collegata ad un grave che cade di 1 m.

Sapendo che la sezione del pistone è $S_p = 1 \text{ m}^2$ e che la sua massa è $M_p = 500 \text{ kg}$, che il grave ha una massa $M_g = 12640 \text{ kg}$, che la pressione e la temperatura esterna sono rispettivamente 1 bar e 25°C , determinare il calore che deve essere fornito all'azoto per quintuplicare il suo volume.

[$Q \approx 0$]

PROCESSO IRREVERSIBILE

$p_1 = p_2$

T

B.5

In un dispositivo adatto all'espansione di un fluido, una portata di 20 kg/s di aria entra alla pressione $p_1 = 40$ bar ed alla velocità $w_1 = 180 \text{ m/s}$. Ad espansione avvenuta risulta $T_2 = 500^\circ\text{C}$ e $w_2 = 270 \text{ m/s}$. Nell'ipotesi che durante il processo, adiabatico, si sviluppi una potenza tecnica di 6000 kW, si valuti la temperatura di ingresso dell'aria e l'area della sezione di ingresso del dispositivo. Si consideri l'aria una miscela ideale di gas ideali con $\gamma = 1.4$ e $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ e si trascuri la variazione dell'energia potenziale.

[$T_1 = 819^\circ\text{C}$, $A_1 = 87 \text{ cm}^2$]

$\Delta T = 25, 85$

AL
PST

B.6) Un cilindro con pistone disposto orizzontalmente il cui volume iniziale è V_1 , contiene un gas ideale alla pressione P_1 e alla temperatura T_1 .

Al sistema così costituito viene fornita una quantità di lavoro $L_{1,2}$ attraverso una trasformazione adiabatica reversibile e, successivamente, viene sottratta una quantità di calore $Q_{2,3}$ mediante una trasformazione isocora reversibile.

Qualora si attuasse, con le stesse modalità esposte, prima la trasformazione isocora e poi quella adiabatica reversibile, gli stati finali del gas coinciderebbero?

④ ae e in eq, $p_0 = p_1 = ?$
 $p_2 = p_0 + M_p g / S_p$

D - PRIMO E SECONDO PRINCIPIO: CAMBIAMENTI DI FASE, GAS REALI E MISCELE IDEALI

TAB. SAT. ~~D.1)~~ Un recipiente rigido di 0.15 m^3 , dotato di una valvola di sicurezza, contiene vapore umido alla pressione di 1 bar con 1% di titolo. Il recipiente riceve calore da una capacità termica esterna alla temperatura di 260°C . Quando la pressione all'interno raggiunge il valore di 21 bar, la valvola di sicurezza si apre e scarica all'esterno vapore. Il processo continua fino a quando il titolo all'interno del recipiente raggiunge il 90%. Determinare la massa scaricata all'esterno, il calore ricevuto dal recipiente, l'entropia complessivamente generata.
 $[\Delta M = 6.593 \text{ kg}, Q = 19.0 \text{ MJ}, S_{\text{gen}} = 4.95 \text{ kJ/K}]$ *esce il vapore!*

GAS REALI ~~D.2)~~ Una mole di un gas che occupa inizialmente un volume pari a $2b$ (b è il co-volume) è fatta espandere in modo isoterma e reversibile fino a raddoppiare il volume inizialmente occupato. Determinare il rapporto tra le quantità di calore da fornire al gas nel caso sia considerato ideale o reale in base all'equazione di Van der Waals.
 $[Q^{\text{id}} / Q^{\text{vdW}} = 0.631]$ **NO**

~~D.3)~~ Un flusso continuo di vapore umido ad una pressione p_1 di 15 bar subisce un processo di laminazione/trafilazione fino alla pressione p_2 di 2 bar. Sapendo che il vapore in uscita ha una temperatura T_2 pari a 150°C , determinare la temperatura ed il titolo del vapore in ingresso e la variazione di entropia del fluido.
 $[T_1 = 198.2^\circ\text{C}; x_1 = 99\%; \Delta s = 0.85 \text{ kJ/kgK}]$ *Mouier*

TAB SAT ~~D.4)~~ Un recipiente termicamente isolato del volume di 1 m^3 , contiene vapor d'acqua alla temperatura T_1 di 400°C ed alla pressione p_1 di 50 bar. Aperta una valvola si spilla vapore fino a quando all'interno si raggiunge lo stato di vapore saturo secco. Sapendo che la massa di vapore spillata è il 76% di quella iniziale, nell'ipotesi che all'interno del recipiente la trasformazione sia reversibile, determinare la temperatura finale del vapore e la sua densità iniziale.
 $[T_2 \approx 165^\circ\text{C}; \rho = 15.28 \text{ kg/m}^3]$

GAS REALI ~~D.5)~~ Per un gas di Van der Waals contenuto in un dispositivo cilindro-pistone che opera un ciclo di Carnot, ricavare le energie scambiate lungo le trasformazioni e verificare che il rendimento termico non dipende dalla scelta della sostanza che compie il ciclo. Nel caso il ciclo sia compiuto da 1 kmol di ossigeno ($a=134.7 \text{ Nm}^4/\text{kg}^2, b=0.0009 \text{ m}^3/\text{kg}, M=32 \text{ kg/kmol}, c_v=2.5R$), confrontare le energie scambiate nell'ipotesi che il gas segua il comportamento di Van der Waals oppure quello ideale. Si assegnino i valori delle temperature estreme del ciclo, del volume molare all'inizio della compressione isoterma e del calore molare scambiato lungo questa trasformazione.

MISCELE IDEALE ~~D.6)~~ In un contenitore rigido e adiabatico 2 kmol di O_2 (32 kg/kmol) e 4 kmol di N_2 (28 kg/kmol) sono inizialmente separate da un setto impermeabile, anch'esso rigido ed adiabatico. I due gas sono alla temperatura di 400 K e inizialmente i volumi occupati sono 3 e 5 m^3 , rispettivamente per l'ossigeno e l'azoto. In seguito alla rimozione del setto, determinare la variazione dell'entropia della miscela, supponendo isoterma il processo di mescolamento.
 $[\Delta S = 31.9 \text{ kJ/K}]$

MISCELE SEPARAZIONE ~~D.7)~~ Una miscela è costituita da 0.9 kmol di O_2+N_2 e 0.1 kmol di CO_2 . Essa è racchiusa in un contenitore rigido nel quale sono presenti delle membrane semi-permeabili alle molecole biatomiche (**a** in figura) o a quelle triatomiche (**b** in figura). Inizialmente la miscela è alle condizioni termiche e barometriche dell'ambiente esterno ($T_0=300 \text{ K}, p_0=1 \text{ bar}$). Alle due membrane è fornito lavoro tale che nello stato finale, di equilibrio barometrico tra le molecole biatomiche e quelle triatomiche, sia realizzata la completata separazione della CO_2 . Nell'ipotesi che la miscela sia ideale costituita da gas ideali, supponendo la trasformazione isoterma e le membrane di volume trascurabile rispetto al contenitore, determinare la minima quantità di lavoro che è necessario fornire dall'esterno.



$[L_i^{\text{id}} = -810.85 \text{ kJ}]$ *peccato*

PSICO ~~D.8)~~ Una portata d'aria di 1.09 kg/s nello stato (A) alla temperatura di 26°C e umidità relativa del 50% è miscelata in modo adiabatico con 0.12 kg/s d'aria nello stato (E) alla temperatura di 34°C e umidità relativa del 70%. Nell'ipotesi di trasformazione isobara alla pressione di 1 atm, della risultante miscela (M) determinare la temperatura, l'entalpia e l'umidità specifiche, la temperatura di rugiada.
 $[T_M \approx 26.9^\circ\text{C}; h_M \approx 57.0 \text{ kJ/kg}_{\text{a.s.}}; x_M \approx 11.8 \text{ g/kg}_{\text{a.s.}}; T_{R,M} \approx 16.5^\circ\text{C}]$

F - CICLI DIRETTI E INVERSI A VAPORE

- RANKINE -

F.1) Un ciclo di Rankine a vapore saturo opera tra le pressioni di vaporizzazione e condensazione di 600 lbf/in² e 1.2 lbf/in², rispettivamente.
 Supponendo che nella turbina si realizzi una espansione adiabatica con rendimento isoentropico pari a 0.80, trascurando le variazioni di energia cinetica e potenziale del fluido di processo, valutare il rendimento termico del ciclo e verificare come il lavoro specifico compiuto dalla pompa si possa trascurare.
 [$\eta = 27.4\%$]

F.2) Un dispositivo cilindro pistone contiene una massa unitaria d'acqua alla pressione di 1 bar nello stato termodinamico corrispondente a quello di una miscela liquido-vapore in cui la frazione in massa di vapore è il 28.47% (stato 1). La miscela è compressa in modo adiabatico sino alle condizioni di liquido saturo (stato 2) e successivamente espansa sino alle condizioni di vapore saturo secco alla pressione iniziale (stato 3), infine è sottratto calore a pressione costante per riportare il fluido nello stato iniziale. Nell'ipotesi che tutte le trasformazioni siano internamente reversibili e che tra gli stati 2 e 3 la variazione di entropia della miscela sia proporzionale alle variazioni di temperatura, determinare il lavoro specifico scambiato lungo le trasformazioni.
 [$l_{1,2} = -193.86$ kJ/kg; $l_{2,3} = 696.07$ kJ/kg; $l_{3,1} = -121.12$ kJ/kg] CHIUSSO



- REFRIGERAZIONE -

F.3) Un ciclo frigorifero a compressione di vapori di R134a opera fra la pressione di condensazione $p_c = 8$ bar e la pressione di evaporazione $p_E = 1$ bar. Ipotizzando la compressione adiabatica e reversibile, determinare il coefficiente di prestazione del ciclo, supponendo che all'uscita del condensatore e dell'evaporatore il fluido sia in condizioni sature.
 [COP = 3.22]

F.4) Con i medesimi dati del precedente esercizio, valutare il coefficiente di prestazione del ciclo qualora sia impiegato uno scambio rigenerativo tra il fluido all'uscita del condensatore e il fluido all'uscita dell'evaporatore, ipotizzando che attraverso lo scambiatore il calore di rigenerazione sia pari a 5 kJ/kg.
 [COP = 3.34]

F.5) Un impianto frigorifero opera con un ciclo a doppia compressione e doppia laminazione di vapori di R134a e separatore intermedio, in cui la temperatura di evaporazione è -35 °C, la temperatura di condensazione è 50 °C e la pressione intermedia è pari alla media geometrica tra la pressione di evaporazione e quella di condensazione. Sapendo che la potenza frigorifera richiesta è 50 Mcal/h, determinare la potenza ideale di compressione.
 [$W_t = -26.54$ kW] Φ W_{tc}^{id}

F.6) Con i medesimi dati del precedente esercizio, calcolare la potenza ideale di compressione qualora si utilizzasse un ciclo a semplice compressione di vapore senza scambiatore rigenerativo.
 [$W_t = -34.6$ kW]

F.7) Verificare se è possibile costruire una macchina frigorifera a semplice compressione di vapori di R134a che, operando fra le temperature di -20°C (evaporazione) e 40°C (condensazione), abbia il coefficiente di prestazione almeno pari a 2/3 di quello di una macchina di Carnot che operi tra queste temperature. Si assuma che il fluido di processo esca dall'evaporatore come vapore saturo secco e dal condensatore come liquido saturo e che il rendimento isentropico del compressore sia 0.8. Qualora la condizione precedente non sussistesse, per conseguire la prestazione richiesta ricavare la temperatura di sottoraffreddamento del fluido da realizzare a fine condensazione.
 [$T_{3'} = 26.8$ °C]

MEDIA GEOMETRICA
 $\bar{p} = p_I = \sqrt{p_E p_C}$

H - GENERAZIONE INTERNA DI CALORE E TRANSITORI TERMICI

- H.1) Una corrente elettrica di intensità $I = 200$ A passa attraverso un filo di acciaio inossidabile del diametro di 1 in e lungo 3 ft. Se la resistività elettrica del filo è $70 \mu\Omega\text{cm}$, calcolare la temperatura al centro del filo (T_{MAX}) quando la temperatura superficiale esterna è mantenuta a 176.7°C . Si assuma per l'acciaio una conducibilità termica pari a $19.37 \text{ kcal}/(\text{h m } ^\circ\text{C})$.
 $[T_{MAX} = 176.9^\circ\text{C}]$
- H.2) Si determini la massima intensità di corrente I_{MAX} che può essere trasportata da un cavo in rame di diametro 2.59 mm, isolato con una guaina di gomma di spessore 1.27 mm, quando è immerso in un ambiente alla temperatura di 48.9°C e la guaina non deve superare la temperatura di 93.3°C . Si assuma il coefficiente di convezione tra la superficie esterna della guaina e l'aria ambiente è $19.52 \text{ kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$, la conducibilità della gomma $0.119 \text{ kcal}/(\text{h m K})$ e la resistività elettrica specifica del rame pari a $0.024 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.
 $[I_{MAX} = 52.63 \text{ A}]$
- H.3) Una sbarretta tonda di rame, di raggio $r = 1$ cm e lunghezza $l = 10$ cm, che si trova inizialmente alla temperatura $T_i = 20^\circ\text{C}$, è immersa in un bagno d'olio, alla temperatura $T_o = 80^\circ\text{C}$, ogni 10 minuti per la durata di 10 s. Si supponga l'aria alla temperatura di 20°C , il coefficiente di scambio termico per convezione con l'aria $\alpha_a = 8 \text{ kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$, il coefficiente di scambio termico per convezione $\alpha_o = 500 \text{ kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$, il calore specifico del rame 400 J/kgK , la densità del rame 8900 kg/m^3 , la conducibilità termica del rame 390 W/m K . Determinare la temperatura della sbarretta dopo due cicli.
 $[T_{fin} = 39.32^\circ\text{C}]$
- H.4) Il funzionamento di un dispositivo elettronico è analizzato in condizioni transitorie ipotizzando che la sua resistenza termica interna sia trascurabile rispetto quella esterna. A partire dalle condizioni iniziali di equilibrio termico con l'ambiente esterno, nel dispositivo è generato un flusso termico costante pari ad 0.1 W . Dopo un tempo pari al triplo di quello caratteristico del dispositivo l'eccesso di temperatura misurato è 50°C . Determinare il coefficiente di convezione sapendo che la superficie disperdente del dispositivo è pari a 1 cm^2 .
 $[\alpha = 19 \text{ W/m}^2\text{K}]$

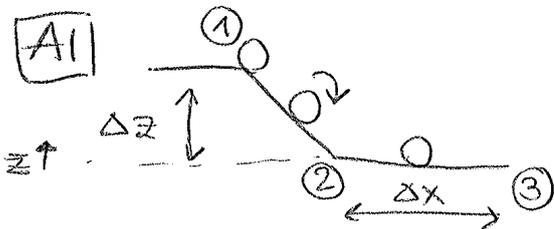
I. - ALETTE E COEFFICIENTE DI CONVEZIONE

- I.1) Su una tubazione metallica sono da collocare alette anulari di spessore trascurabile. Il raggio esterno della tubazione è 2 cm, mentre quello delle alette è 4 cm. Il flusso specifico riferito alla superficie totale esterna che deve essere disperso verso l'ambiente è 38 W/m^2 , in condizioni operative in cui si prevede il coefficiente di convezione pari a $4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ e l'eccesso di temperatura alla radice di 10°C . Nel caso l'efficienza di una singola aletta sia fissata al 94.8 %, determinare il passo minimo tra e alette.
 $[p = 2.3 \text{ mm}]$
- I.2) Un dissipatore termico per refrigeratore termoelettrico è costituito da una lastra piana di alluminio larga 800 mm e alta 1000 mm sulla quale sono disposte parallelamente alla dimensione maggiore 40 alette rettangolari aventi un'altezza di 30 mm ed uno spessore $d = 3$ mm.
 La temperatura alla radice delle alette è di 40°C , la temperatura dell'aria ambiente è 20°C , la conducibilità termica dell'alluminio può essere assunta pari a 203 W/mK ed il coefficiente limite di scambio termico è pari a $7 \text{ W}/\text{m}^2^\circ\text{C}$ tanto per la superficie non alettata tanto per le alette.
 Determinare l'eccesso di temperatura ϑ_L all'estremità delle alette, la potenza Φ_{tot} dispersa dal sistema, l'efficienza $\eta_{al,tot}$ della schiera di alette.
 $[\vartheta_L = 19.8^\circ\text{C}, \Phi_{tot} = 430 \text{ W}, \eta_{al,tot} = 99.7\%]$ *ipotesi aria omogenea*
- I.3) Il filamento di platino di un anemometro a filo caldo (resistività $0.194 \mu\Omega\text{m}$) della lunghezza di 5 mm e del diametro di 0.1 mm è investito da una corrente d'aria alla temperatura di 20°C , con velocità compresa fra 1.2 m/s e 10 m/s. Si valuti la corrente che si rende necessaria per mantenere il filamento alla temperatura di 280°C , supponendo trascurabili l'irraggiamento e la conduzione termica lungo il filo. [Correlazione suggerita: $Nu = C Re^n Pr^{0.33}$]
- | Re | C | n |
|---------|-------|-------|
| 4÷40 | 0.903 | 0.385 |
| 40÷4000 | 0.683 | 0.466 |
- Dimensione carati d*
- $[w = 1.2 \text{ m/s} \Rightarrow I = 1.274 \text{ A}; w = 10 \text{ m/s} \Rightarrow I = 1.916 \text{ A}]$
- I.4) Le alette di raffreddamento di un transistor di potenza che dissipa 5 W non devono superare la temperatura di 93°C durante il funzionamento. Se l'apparecchiatura opera in aria a 73°C , calcolare la superficie di scambio dell'aletta di raffreddamento per un corretto funzionamento, trascurando gli effetti dell'irraggiamento (si supponga di impiegare una aletta rettangolare di altezza 10 cm). [Correlazione suggerita: $Nu = 0.40(Gr Pr)^{0.25} = 0.40(Ra)^{0.25}$]
 $[S = 683.7 \text{ cm}^2]$

TEOREMA DELL'ENERGIA CINETICA !

$$W_i = W_t + W_o + \frac{dE_p}{dt} + \frac{dE_c}{dt} + W_a$$

$$L_i = L_t + L_o + \Delta E_p + \Delta E_c + L_a$$



$\Delta z = 2m$
 1-2 no attrito
 2-3 $L_a = a \Delta x$
 $a = 4 \frac{J}{kgm}$

$v_{10x} = ?$
 $\Delta x = ?$

Q1

$$L_i = L_t + L_o + \Delta E_p + \Delta E_c + L_a$$

$L_a = 0$
 $L_o = 0$
 $L_i = 0$

$L_t = 0$

$\Delta E_p = -g \Delta z$
 $\Delta E_c = \frac{1}{2}(W_2^2 - W_1^2)$
 $\Delta E_c = \frac{1}{2} W_2^2$

$\Delta E_p + \Delta E_c = 0$
 $g \Delta z + \frac{1}{2} W_2^2 = 0$
 $W_2^2 = -2g \Delta z$
 $W_2 = \sqrt{2g \Delta z} = 6,261 \approx 6,3 \text{ m/s}$
 $W_2 = W_{max} \rightarrow$ poi decelera
 X CU ATTRITO

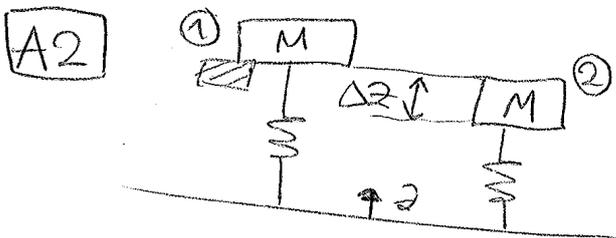
$\Delta E_p = \int_1^2 W dw$
 $\Delta E_c = \int_1^2 g dz$

Q2

$$L_i = L_t + L_o + L_a + \Delta E_p + \Delta E_c$$

$\Delta E_p = 0$
 $L_o = 0$
 $L_i = 0$
 $L_t = 0$

$L_a + \Delta E_c = 0$
 $\Delta E_c = \frac{1}{2}(W_3^2 - W_2^2) = -\frac{W_2^2}{2}$
 $L_a = a \Delta x = 4 \Delta x$
 $L_a = -\Delta E_c$
 $4 \Delta x = 19,6$
 $\Delta x = 4,9m$



$k = ?$

Q1

$$L_i = L_o + L_t + L_a + \Delta E_p + \Delta E_c$$

nono NO attrito EQUILIBRIO

$\Delta E_p = g \Delta z$ $\Delta E_p = Mg \Delta z$

$$L_t = \int_1^2 k z dz = \int_{\Delta z}^0 k z dz = k \frac{\Delta z^2}{2}$$

$L_t = -\Delta E_p$
 $L_t = -\Delta E_p$

$k \frac{\Delta z^2}{2} = Mg \Delta z$ PESO = AZIONE
 manov
 $k = \frac{2Mg}{\Delta z}$
 ↓ la posizione finale non è una forza di equilibrio
 NO VA CONTRO LE IPOTESI INIZIALI

Caso ideale

$$L_i^{id} = L_o^{id} + L_T^{id} + \cancel{\Delta E_c} + \cancel{\Delta E_p} + \cancel{Q} \times \cancel{G_{EF}} \text{ (non c'è)} \text{ (REVERSIBILE)}$$

$$\Delta x^{id} = 2\Delta x = 0,2m$$

$$L_T^{id} = \frac{k(\Delta x^{id})^2}{2} = 3000 J$$

$$L_o^{id} = \rho_e \Delta V^{id} = \rho_e S \Delta x^{id} = 1961,33$$

$$L_i^{id} = L_o^{id} + L_T^{id} = 4961,33 J$$

$$L_a = L_i^{id} - L_i = 3230 J$$

CH $Q - L_i = \Delta u$

$$\Phi(t) - W(t) = \frac{du(t)}{dt}$$

ap $Q - L_t = \Delta h$

$$\rho = \frac{\bar{J}}{\bar{M}}, R = \frac{\bar{R}}{\bar{M}}$$

$$pV = RT$$

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

$$pV = nRT$$

$$\Delta h = c_p \Delta T$$

$$R = c_p - c_v$$

$$c_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R \quad \gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

180C $q = c_v \Delta T$

180B $q = c_p \Delta T$

180T $L_i^{id} = L_t^{id} = RT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

ap $pV^\gamma = k$

[B2]

Compressione ideale

$$G = 500 \text{ kg/h } N_2$$

$$(28 \text{ kg/kmol} = \bar{M})$$

$$p_1 = 1 \text{ bar} \quad p_2 = 10 \text{ bar}$$

$$pV^{1,3} = k \quad n = 1,3$$

$$T_1 = 10^\circ C = 283,15 K$$

apert

$$W_{sp} = \frac{d(pV)}{dt} = \sum_j \pm (pV)_j G_j$$

$$L_t + L_o + \Delta E_c + \Delta E_p + L_a + \int_r W dp = 0$$

$$L_t^{id} = - \int_r V dp$$

$$L_i^{id} = \int_r p dV$$

$\rightarrow \frac{0 \text{ e } 810,2}$

$$\Phi - W_t = \frac{d}{dt} \left[u + E_c + E_p + pV \right] +$$

$$+ \sum_j \pm G_j (u + pV + E_c + E_p)_j$$

$$G_{V1} = ?$$

$$G_{V2} = ?$$

$$T_2 = ?$$

$$\Phi = ?$$

$$W_t = ?$$

B. 1° PRINCIPIO SISTEMI APERTI E CHIUSI

① COMPRESSIONE IDEALE
POLITROPICA ②
SISTEMA APERTO

$\rho = 0,13889 \text{ kg/s}$

$\dot{G}_2 = \dot{G}_1 = 500 \text{ kg/h}$ $\frac{500 \text{ kg}}{1 \text{ h}} = \frac{500000 \text{ g}}{3600 \text{ s}} = 138,89 \text{ g/s}$
 $N_2 \rightarrow \bar{M} = 28 \text{ kg/kmol}$ $\bar{R} = 8314$ $R = \frac{\bar{R}}{\bar{M}} = 297$

$p_1 = 1 \text{ bare}$ $T_1 = 10^\circ\text{C} = 283,15 \text{ K}$

$p_2 = 10 \text{ bare}$

$n = 1,3 < \gamma = 1,4$ (ADIABATICA)

$G_{V1} = ?$ $G_{V2} = ?$ portate di volume $T_2 = ?$ $\Phi_{12} = ?$ $W_{E,12} = ?$

CONSIDERAZIONI SU n

$-1 < n < 1,4$

ISOT
 $Q = 0$
 $\Phi = Wt$

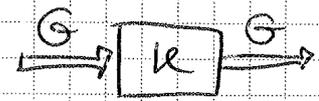
ADIAB
 $\Phi = 0$

$0 < |\Phi| < |Wt|$

$n = n(c)$

DIPENDE DAL CALORE SPECIFICO

EQ. STATO



① $p_1 v_1 = RT_1$ $G_1 = \rho_1 G_{V1}$

$v_1 = \frac{RT_1}{p_1} = \frac{1}{\rho_1}$

$\rho_1 = \frac{1}{v_1} = \frac{p_1}{RT_1}$

$G_{V1} = \frac{G_1}{\rho_1} = G_1 \frac{RT_1}{p_1} = 0,13889 \cdot 297 \cdot \frac{283,15}{10^5} = 0,117 \text{ m}^3/\text{s}$

HAI FIRMATO più cartoline **CHE AUTOGRAFI**
 e vuoi partecipare a un **PROGRAMMA?**



② Compressione $\left\{ \begin{array}{l} \text{ISOTERMA MONOSTADIO a} \\ \text{ADIABATICA MONOSTADIO b} \\ \text{ADIABATICA BISTADIO con c} \\ \text{INTERREFRIGERAZIONE} \end{array} \right.$

TRASFORMAZIONI REVERSIBILI
GAS IDEALI SISTEMA APERTO

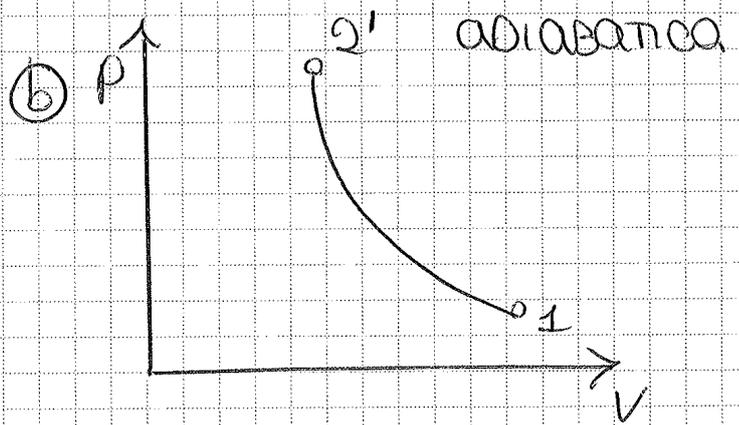
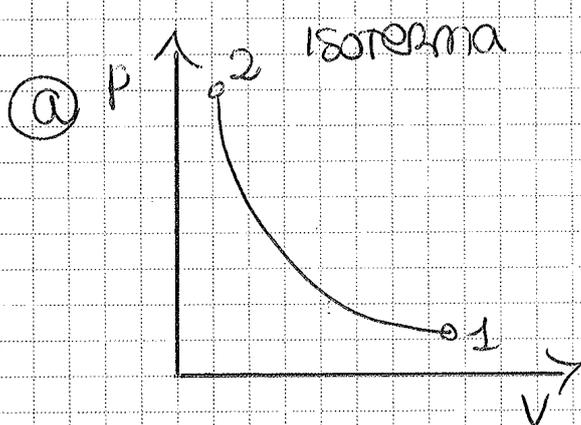
$$G_{V1} = 150 \text{ m}^3/\text{h} = 0,041667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$N_2 \quad \bar{M} = 28 \text{ kg/kmol}, \quad R = 297$$

$$p_1 = 1 \text{ bare} \quad T_1 = 20^\circ\text{C} = 293,15 \text{ K}$$

$$p_2 = 30 \text{ bare}$$

$$T_{2'} = ? \quad T_2 = ? \quad \Phi_{\dot{W}} = ?$$



EQ STATO

$$p_1 v_1 = RT_1$$

$$v_1 = \frac{RT_1}{p_1} = 0,87 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$G = G_1 = p_1 G_{V1} = \frac{1}{v_1} G_{V1} = 0,04789 \text{ kg/s}$$

IW Trading Room - Tecnologia d'avanguardia

Postazioni professionali e le più evolute piattaforme di trading.

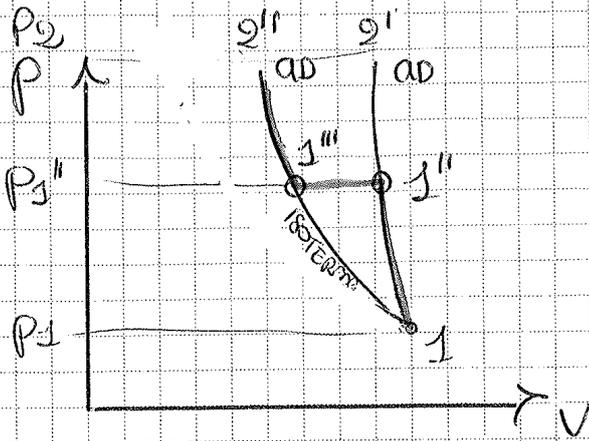
Visita il sito o chiamaci per prenotare un appuntamento!

www.iwbank.it

Numero Verde 800991187

IWBank
Scelta da chi sa scegliere

○ **ADOBATICA REVERSIBILE BISTADIO CON INTERREFRIGERAZIONE**



SI FRAZIONA LA COMPRESSIONE
 X DIMINUISCE T
 DOPO INTER SI RIPORTA A T₁

Punto minimo $p_{1'''} = \sqrt{p_1 p_2} = 5,477$ bare media geometrica

1, 1'' prima compressione ($\Phi=0$ xie adiab)

$$W_{t_{1,1''}} = -G c_p (T_{1''} - T_1) = -9,12 \text{ kW}$$

$$\text{con } T_{1''} = T_1 \left(\frac{p_1}{p_{1''}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 477 \text{ K}$$

1''', 2'' seconda compressione ($\Phi=0$ xie adiab)

$$T_2 = T_{1'''} \quad p_{1'''} = p_{1''}$$

IL RAPPORTO DI COMPRESSIONE E COSTANTE $\frac{p_{1''}}{p_1} = \frac{p_2}{p_{1''}}$ xie 2 compressioni

$$W_{t_{1''',2''}} = -G c_p (T_{2''} - T_{1'''}) = -G c_p (T_{2''} - T_1)$$

$$T_{2''} = T_1 \left(\frac{p_2}{p_{1''}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

⇒ $W_{t_{1,1''}} = W_{t_{1''',2''}}$ le potenze di compressione nei 2 stadi sono uguali



TEOREMA DEL' ENERGIA CINETICA

$$L_i = L_T + L_0 + \cancel{\Delta E_p} + \cancel{\Delta E_c} + L_{00} = 0$$

Lavoro con l'unico oggetto in grado di agire meccanicamente col sistema (> 0)

Lavoro contro la pressione dell'aria esterna

Cilindro orizzontale

Stati finali e iniziali di equilibrio

$$L_0 = p_0 (V_2 - V_1) = 19,62 \text{ J}$$

$$L_T = \int kx dx = \frac{k}{2} (x_2 - x_1)^2 = k \frac{(\Delta x)^2}{2} = 20 \text{ J}$$

$$L_i = L_T + L_0 = 39,62 \text{ J}$$

non si può calcolare L_i con le formule $\int p dv$ se varia sia p che $v \rightarrow \int p(v) dv$

Primo principio sistemi chiusi

$$Q - L_i = \Delta U = U_2 - U_1 = M c_v (T_2 - T_1)$$

$$Q = L_i + M c_v (T_2 - T_1)$$

eq stato $p_2 V_2 = n R T_2$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{n R}$$

cons. massa $p_2 = p_0 + \frac{k \Delta x}{S}$ Forza sup

prima non si sente la pressione della molla se siamo in eq, ora l'abbiamo schiacciata

$$T_2 = 1069 \text{ K}$$

$$Q = 689 \text{ J}$$



TEOREMA ENERGIA CINETICA ALLA MORDA TRASCE

$$L_i = L_T + L_o + \cancel{\Delta E_p} + \cancel{\Delta E_c} + \cancel{W_a}$$

STATI DI EQUILIBRIO INIZIO E FINE FERMO

OGGETTO RIGIDO
 STATO A NESSUNO LAVORO COMPLETO p EST

(NON XK CONSIDERIAMO IL GRAVE NON IL GAS)

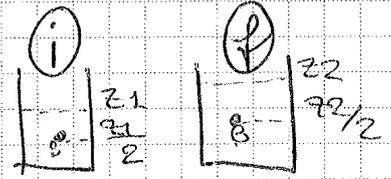
$$L_t = -\Delta E_p \quad (\text{SICCOME STATO A NESSUNO DESCRIZIONE...}) \quad \text{LAVORO COMPLETO DAL SISTEMA > 0 (SISTEMA GRAVE)}$$

$$L_t = -(-Mg g (z_2 - z_1)) = Mg g \Delta z = 124.097 \text{ J}$$

LAVORO SUBITO DAL SISTEMA (SISTEMA MORDA) $L_t = -124.097 \text{ J}$

TEOREMA ENERGIA CINETICA AL GAS

$$L_i = L_T + L_o + \cancel{\Delta E_c} + \cancel{\Delta E_p} + \cancel{W_a}$$



VENTOSITÀ

$$L_o = p_1 (V_2 - V_1)$$

$$L_o = p_1 (4V_1) = 35.420 \text{ J}$$

LA DEF CORRISPONDE A p_0 EST E IL PESO DEL PISTONE

$$\Delta E_p = Mg \Delta z$$

$$\Delta E_p = Mg \left(\frac{z_2}{2} - \frac{z_1}{2} \right)$$

$$z_1 = \frac{V_1}{S_p}$$

$$z_2 = \frac{V_2}{S_p}$$

$$\Delta E_p = 0,17 \text{ J}$$

TRASCURABILE

$$L_i = L_T + L_o = -88.677 \text{ J}$$

$L_i < 0$ VIENE SUBITO DAL GAS

$$L_o = p_0 (V_2 - V_1)$$

SE VOGLIO p_0 IN L_o AGGIUNGO A $L_t = p_p \Delta z = \frac{Mg \Delta z}{S_p} = Mg \frac{\Delta V}{S_p}$

$$\Delta V = S \Delta z$$

$$L_t = \frac{Mg}{S_p} (V_2 - V_1) + m_{pistone}$$

PRIMO PRINCIPIO SISTEMA APERTO STAZIONARIO

$$\dot{\Phi} - Wt = \sum \pm G_j (h + e_c)$$

$$Wt = -G (c_p(T_2 - T_1) + \frac{1}{2}(w_2^2 - w_1^2))$$

$$\dot{e}_t = -\Delta h - \Delta e_c$$

$$\dot{e}_t + \Delta e_c = c_p(T_1 - T_2)$$

$$\frac{320250}{1004,5} = (T_1 - T_2)$$

$$T_1 = 1092 \text{ K}$$

$$T_2 = 818,81^\circ\text{C} = 819^\circ\text{C}$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} G (w_2^2 - w_1^2) = 405000$$

$$c_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R = 1004,5$$

$$w_1 = \frac{RT_1}{p_1} = 0,07851 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\dot{e}_t = \frac{Wt}{G} = 300000 \text{ J}$$

$$c_p = 1004,5$$

$$\Delta e_c = \frac{1}{2}(w_2^2 - w_1^2)$$

$$\Delta e_c = 20250$$

$$G = p_1 A_1 w_1$$

$$A_1 = \frac{G}{p_1 w_1} = \frac{G w_1}{w_1} = 0,87 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,0087 \text{ m}^2$$

$$= 0,87 \text{ dm}^2 = 87 \text{ cm}^2$$

~~ma $Wt = 6000 \text{ kW} !!$~~

~~$$\dot{e}_t = \int_1^2 -w dp$$~~

~~$$q = \dot{\Phi} = 0$$~~

~~$$Wt_{id} = G \dot{e}_t = -519326,5$$~~

~~$$\frac{\gamma}{\gamma - 1} R T = w^2$$~~

~~$$\Delta T = 25,85$$~~

~~$$T_1 = 819^\circ\text{C}$$~~

~~$$A_1 = 87 \text{ cm}^2$$~~

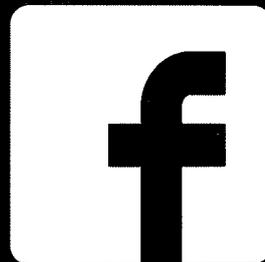
~~$$q = \dot{e}_t_{id} = \Delta h = c_p \Delta T = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R \Delta T$$~~

~~$$\Delta h = 25966,325 \text{ J/kg}$$~~

~~$$-\dot{e}_t_{id} = \Delta h$$~~

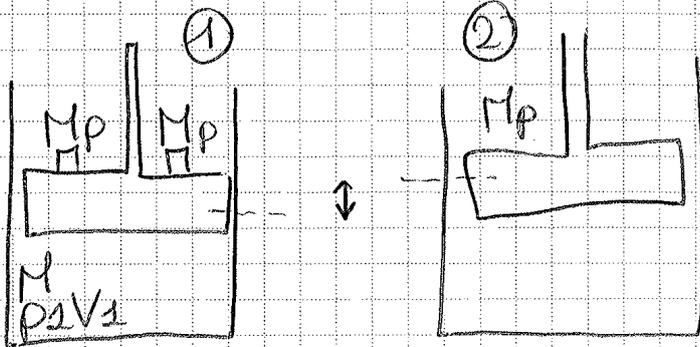
~~$$\dot{e}_t_{id} = -25966,325$$~~

FREE FUTOOL



C. 1° e 2° PRINCIPIO SIST. OTTICI

① CIL/PIST VERT + PESO
TRASF. ADIABATICA ESPANSIONE



MARITORE TRASCURABILE

$$M = 10 \text{ kg}$$

$$p_1 = 1 \text{ bare}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300,15 \text{ K}$$

$$p_0 = 1 \text{ bare}$$

$T_2 = ?$ $L = ?$ $\Delta S = ?$ $L_{rev} = ?$ (

① $p_1 = p_0 + 2p_p$ ci da' la pressione iniziale, ma noi dobbiamo sapere che e' dovuta al peso e alla p esterna

$$p_p = \frac{p_1 - p_0}{2} = 4,5 \text{ bare} \quad \left(p_p = \frac{F_p}{S} = \frac{M_p g}{S} \right)$$

$$s p_1 = s p_0 + 2 s p_p \quad \left(s p_p = M_p g \right)$$

$$\left(M_p = \frac{p_p s}{g} \right)$$

② $p_2 = p_0 + p_p = 5,5 \text{ bare}$ come la p_1 , e' dovuta alla p esterna e al peso

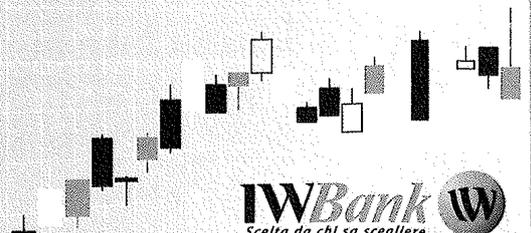
IW Trading Room - Formazione gratuita

Corsi di Formazione operativa e assistenza di tutor.

Visita il sito o chiamaci per prenotare un appuntamento!

www.iwbank.it

Numero Verde 800991187



IWBank 
Scelta da chi sa scegliere

$$V_2 = \frac{-M_{CV}(T_2 - T_1)}{p_2} + V_1 \quad C_V = \frac{R}{\gamma - 1}$$

$$V_2 = - \frac{(MRT_2 - MRT_1)}{(\gamma - 1)p_2} + V_1$$

$$V_2 = - \frac{(p_2 V_2 - p_1 V_1)}{(\gamma - 1)p_2} + V_1 = - \frac{p_2 V_2}{(\gamma - 1)p_2} + \frac{p_1 V_1}{(\gamma - 1)p_2} + V_1$$

$$V_2 + \frac{V_2}{\gamma - 1} = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \frac{1}{\gamma - 1} + 1 \right)$$

$$V_2 \left(\frac{\gamma - 1 + 1}{\gamma - 1} \right) = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \frac{1}{\gamma - 1} + 1 \right)$$

$$V_2 = \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \frac{1}{\gamma - 1} + 1 \right)$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \frac{1}{\gamma} + \frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) = V_1 \frac{1}{\gamma} \left(\frac{p_1}{p_2} + \gamma - 1 \right)$$

$$V_1 = \frac{MRT_1}{p_1} = 0,861 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 1,387 \text{ m}^3$$

$V_1 \rightarrow V_2 \uparrow$
 $T_1 \rightarrow T_2 \downarrow$

Dalla stessa relazione

$$T_2 = \frac{T_1}{\gamma} \left(\frac{p_2}{p_1} \right) \left[\left(\frac{p_1}{p_2} \right) + \gamma - 1 \right] = 261,4 \text{ K}$$

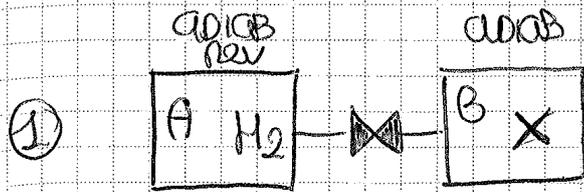
L'UNIVERSITÀ SPIEGATA DA CERES

**RETTORE: È LA MASSIMA AUTORITÀ.
 È COLUI CHE REGGE PIÙ CERES DI TUTTI.**

Studia Ceres responsabilmente anche su ceres.com o sulla nostra pagina facebook.



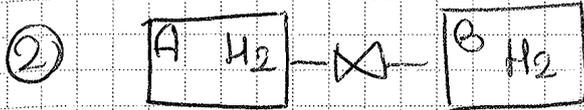
② Sistema chiuso / RIGIDO / TERM. ISOLATO
2 recipienti collegati da valvola



$$V_A < V_B \quad V_B = 2V_A$$

$$V_A = 0,2 \text{ m}^3 \quad V_B = 0,4 \text{ m}^3$$

$$M = 2 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \quad R = 4857$$



$$P_{A1} = 12 \text{ bar} = P_1$$

$$T_{A1} = 22^\circ\text{C} = 295,15 \text{ K} = T_1$$

$$M_{2A}, M_{2B} = ?$$

$$T_{2A}, T_{2B} = ? \quad \Delta S = ?$$

$$P_2 = P_{2A} = P_{2B} = ?$$

EQ. Pressioni

$$P_{2A} = P_{2B} = P_2$$

① EQ. STATO

$$M_{H_2} = \frac{P_1 V_A}{R T_1} = 0,1956 \text{ g}$$

$$M_{H_2} = M_{2A} + M_{2B} \quad \text{sistema chiuso}$$

② EQ. STATO

$$P_2 V_A = M_{2A} R T_{2A}$$

$$P_2 V_B = M_{2B} R T_{2B}$$

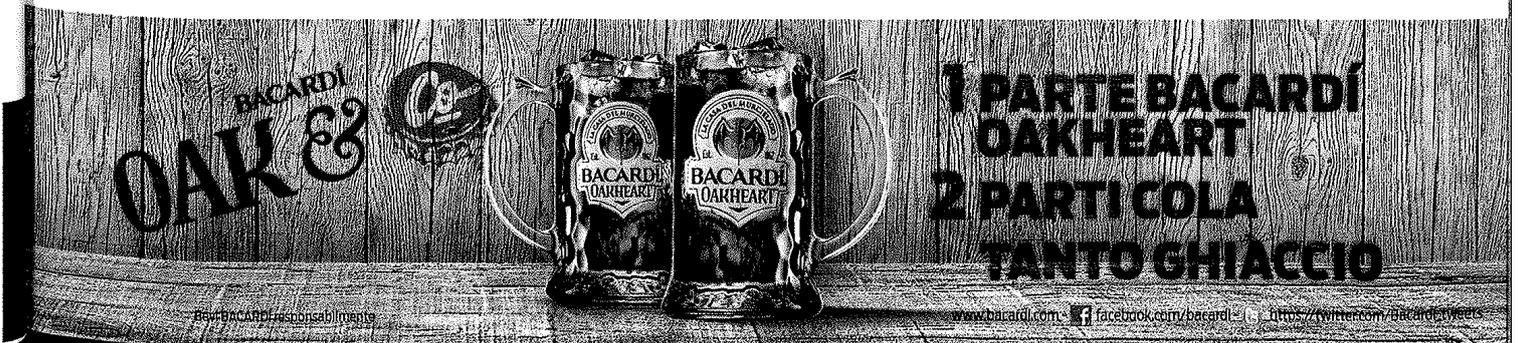
② adiabatica

A) reversibile

$$T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 215,6 \text{ K}$$

mi manca $P_2 \rightarrow$



GIBBS e ATTIVITÀ!

$$\Delta S = \cancel{\Delta S_A} + \Delta S_B$$

AD PAV
= ISOBARICA

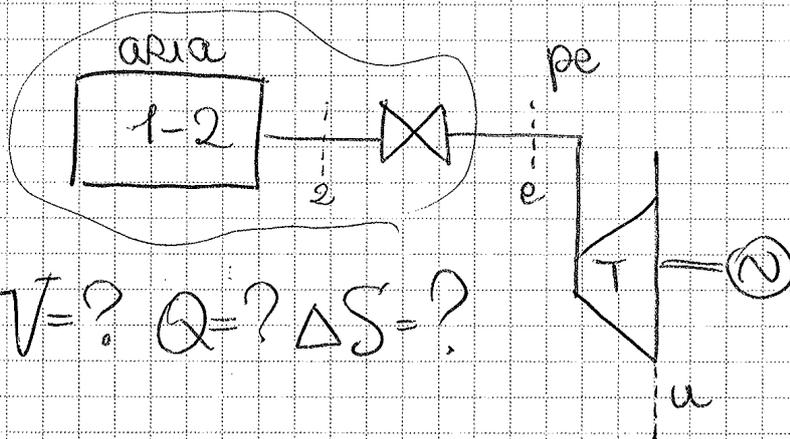
$$\Delta S = \Delta S_B = S_{irr} = M_{AB} \left[c_p \ln \left(\frac{T_{2B}}{T_1} \right) - R \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right) \right]$$

(Q=0)

$$S_{irr} = 0,8 \frac{kJ}{K}$$

dal 2° prin sist chiusi $\Delta S = \frac{Q}{T} + S_{irr}$
adiab

③ SERBATOIO + VALVOLA DI LAMINAZIONE + TURBINA (alternatore)
sistema aperto



$V=?$ $Q=?$ $\Delta S=?$

$$W_{t,e} = 75 W$$

$$p_e = 7 \text{ bar} = \text{cost}$$

$$p_1 = 140 \text{ bar}$$

$$T_1 = 20^\circ C = 293,15 K$$

$$T_2 = \text{cost} = T_2$$

$$p_2 = p_e \text{ (1 hora)}$$

$$p_u = 1 \text{ bar}$$

IL SISTEMA TERMODINAMICO DA STUDIARE È

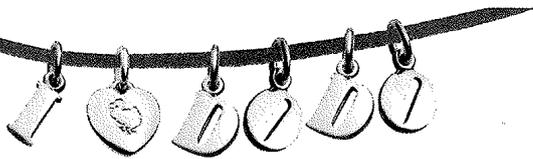
SERBATOIO + VALVOLA

no adiab
no sistemi che agiscono meccanicamente

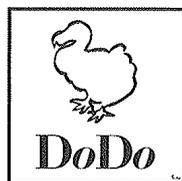
adiab (isobarica) → stato?

SCAMBIO TERMICO NEL SERBATOIO

Practs in Italy with books



Milano - Corso Matteotti, 9
Milano - Corso Genova, 12
Milano - La Rinascente - Piazza Duomo



shop dodo.it



gufetto
amo la notte



$$L_t = -(M_1 - M_2) \frac{\delta}{\delta - 1} R (T_u - T_e)$$

$$L_t = (M_2 - M_1) \frac{\delta}{\delta - 1} R (T_u - T_e)$$

$$L_t = W_t \cdot t = 75 \cdot 3600 = 270 \text{ kJ}$$

$$(M_2 - M_1) = L_t \frac{\delta - 1}{\delta R (T_u - T_e)}$$

$T_u = ?$

$T_e = ?$

$$T_e = T_1 = T_2$$

$$(M_1 - M_2) = 2,15 \text{ kg} = \Delta M$$

$$Q = (M_1 - M_2) R T_1 = 180,9 \text{ kJ}$$

EQ. STATO

$$\begin{cases} p_1 V = M_1 R T_1 \\ p_2 V = M_2 R T_1 \\ M_1 - M_2 = 2,15 \text{ kg} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V = 13,6 \text{ l} \\ V = 0,0136 \text{ m}^3 \end{cases} \begin{matrix} \text{volume del} \\ \text{serbatoio} \end{matrix}$$

2° PRINCIPIO x Sistemi aperti

$$\frac{dS}{dt} = \sum_j \frac{\Phi_j}{T_j} + \sum_{in}$$

$$\frac{dS}{dt} = \left(\frac{dS}{dt} \right)_{V_0} + \sum_k \pm G_k S_k \quad \begin{matrix} \text{DERIVATA} \\ \text{MATERIALE} \end{matrix}$$

$$\left(\frac{dS}{dt} \right)_{V_0} + \sum_k \pm G_k S_k = \sum_j \frac{\Phi_j}{T_j} + \sum_{in}$$

il volume di controllo G non entra
esce solo

PER RIPRENDERSI
DA UN MAXIESAME
BASTA UNA
MINIVACANZA COSTA.



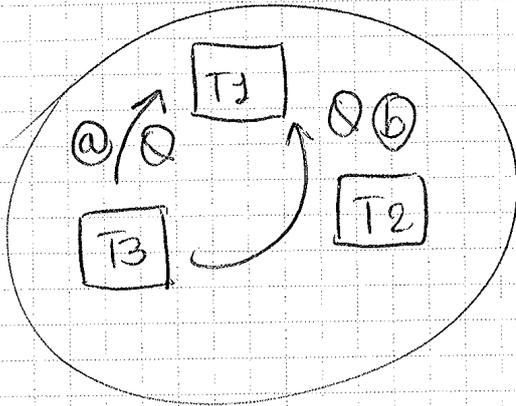
3,405
GIORNI
FRANCIA E SPAGNA
da **€250*** p/p
DA SAVONA

*Prezzo
PrenotaSubito p/p
in cabina doppia
interna Classic
(n. 30 posti
disponibili), riferito
alla partenza
dell'8/4/13
d.C. Mediterraneo.
Escluse tasse
portuali (€ 30 p/p)
e quota di servizio
(€ 21 p/p).

Costa
CROCIERE

④ 3 Termostati

SISTEMA ISOLATO



$$T_1 = 350^\circ\text{C} = 623,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 400^\circ\text{C} = 673,15 \text{ K}$$

$$T_3 = 450^\circ\text{C} = 723,15 \text{ K}$$

$$\Delta S = ? \quad Q = 200 \text{ kJ}$$

Processo rev.

① $T_3 \rightarrow T_1 \quad Q = 200 \text{ kJ}$

$$ds = \frac{dq}{T} + s_{irr}$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T_1} - \frac{Q}{T_3} = 44,38 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

② $T_3 \rightarrow T_2 \rightarrow T_1 \quad Q = 200 \text{ kJ}$

$$\Delta S = Q \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_3} \right) + Q \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = Q \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_3} \right)$$

$$\Delta S = 44,38 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$



L'UNIVERSITÀ SPIEGATA DA CERES.

BORSA DI STUDIO:
PER GLI STUDENTI PIÙ MERITEVOLI È PIENA DI CERES.

Studia Ceres responsabilmente anche su ceres.com o sulla nostra pagina facebook.



$$T_{fin} = \frac{C_p}{C_v} T_2 = \gamma T_2$$

⑫ Compressione adiabatica REV x il compressore è ideale

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 606,4 \text{ K}$$

$$T_{fin} = \gamma T_2 = 848,96 \text{ K}$$

EQ STATO

$$M_{fin} = \frac{p_{max} V}{R T_{fin}} = 272 \text{ g} = 0,272 \text{ kg}$$

PRIMO PRINCIPIO x SISTEMI APERTI SU COMPRESSE

stazionario
adiabatico

$$W_t = G (h_1 - h_2) = - G (h_2 - h_1)$$

$$L_t = M_{fin} C_p (T_1 - T_2) = -76,21 \text{ kJ}$$

2° PRINCIPIO

compressione → ideale → isentropia → $\Delta S = 0$

serbatoio → $\frac{ds}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T} + G s_2 + \Sigma i_{irr}$

$$\Delta S = M_{fin} s_2 + S_{irr}$$

$$S_{irr} = S_{in} - S_{out} - M_{fin} s_2$$

$$S_{irr} = M_{fin} s_{in} - M_{fin} s_{in} - M_{fin} s_2$$

$$S_{irr} = M_{fin} (s_{in} - s_2) = 83,2 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$s_{fin} - s_2 = C_p \ln \left(\frac{T_{fin}}{T_2} \right) - R \ln \left(\frac{p_{fin}}{p_2} \right) = 306 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$\beta = \text{cost}$

TANTO CHIACCIO
50% MARTINI BIANCO
50% MARTINI PROSECCO
1/4 DI LIME PREMUTO
E MENTA FRESCA

MARTINI

ROYALE

LUCK IS AN ATTITUDE™

ENJOY THE NEW COCKTAIL

SEGUICI SU FACEBOOK.COM/MARTINI

Bevi MARTINI® Responsabilmente.

$$\begin{aligned}
 v_{2L} &= 0,0011809 \text{ m}^3/\text{kg} & v_{2V} &= 0,00434 \text{ m}^3/\text{kg} \\
 h_{2L} &= 2999,7 \text{ kJ/kg} & h_{2V} &= 920 \text{ kJ/kg} \\
 s_{2L} &= 6,39152 \text{ kJ/kgK} & s_{2V} &= 2,97021 \text{ kJ/kgK}
 \end{aligned}$$

ma non conosciamo x_2 ! $M_1 = M_2 = \frac{V}{v_1} = \frac{V}{v_2}$ VALORI CHIUSI

$$v_2 = v_1 = 0,038 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \times \text{ LA MASSA ISOCORA}$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_{2L}}{v_{2V} - v_{2L}} = 0,1701$$

$$h_2 = (1 - x_2) h_{2L} + x_2 h_{2V} = 1256,2 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = (1 - x_2) s_{2L} + x_2 s_{2V} = 3,10 \text{ kJ/kgK}$$

$$u_2 = h_2 - p_2 v_2 = 1218,0 \text{ kJ/kg}$$

ora ②!!

PRIMO PRINCIPIO x SISTEMI CHIUSI (TRASF. ISOCORA)

$$Q_{12} - L_{12} = \Delta U$$

$$Q_{12} = \Delta U = M(u_2 - u_1) \quad \text{SOLO x GAS IDEALI!}$$

$$Q_{12} = M_2 u_2 - M_1 u_1 = M(u_2 - u_1) = 6515 \text{ kJ}$$

③ TRASF. ISOBARA

$$p_2 = p_3 \rightarrow \begin{aligned} h_{2L} &= h_{3L} \\ h_{2V} &= h_{3V} \end{aligned}$$

conosciamo x_3 ! x ci



Oggi prenditi una serata libera
Lascia fare ai nostri Chef Professionisti

Non cucinare, ordina online!

Don't cook
JUST EAT.IT
ORDINA ONLINE DAI TUOI RISTORANTI PREFERITI



⑫ CHIUSO

$$\Delta S_{12} = S_2 - S_1 = \frac{Q_{12}}{T_S} + \Sigma irr_{12}$$

$$\Sigma irr_{12} = -\frac{Q_{12}}{T_S} + M_2 S_2 - M_1 S_1 = 2,778 \frac{kJ}{K}$$

⑬ APERTO

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_{vc} - G_{su} = \frac{\dot{Q}}{T_S} + \Sigma irr$$

$$s_u = s_{2v}$$

come

$$h_u = h_{2v}$$

$$S_3 - S_2 - S_{2v}(M_3 - M_2) = \frac{Q_{23}}{T_S} + \Sigma irr_{23}$$

$$\Sigma irr_{23} = -\frac{Q_{23}}{T_S} - S_{2v}M_3 + S_{2v}M_2 + M_3 S_3 - M_2 S_2 = 2,17 \frac{kJ}{K}$$

$$\Sigma irr = \Sigma irr_{12} + \Sigma irr_{23} = 4,95 \frac{kJ}{K}$$

⑭ GAS REALI/IDEALI

1 mole (N=1)

$$V_1 = 2b$$

→
ESPANSIONE
ISOTERMA
REVERIBILE

$$V_2 = 2 \cdot V_1 = 4b$$

$$\frac{Q_{id}}{Q_{vav}} = ?$$

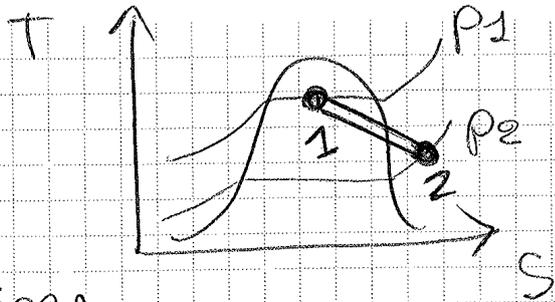
L'UNIVERSITÀ SPIEGATA DA CERES.

**DISPENSA: LUOGO IN CUI CONSERVARE
LA CERES QUANDO IL FRIGO È GIÀ PIENO.**

Studia Ceres responsabilmente anche su ceres.com o sulla nostra pagina facebook.

CERES

③ Vapore umido
Laminazione
SIST. APERTO



Vapore umido

$$p_1 = 1 \text{ bar}$$

$$T_1 = ?$$

$$x_1 = ?$$

TAB. SATURAZ

$$T_1 = T_{S1} = 198,2^\circ\text{C}$$

$$h_{1v} = 2789,75 \text{ (} h_f < h_{1v} \text{)}$$

$$h_{1L} = 814,32$$

$$s_{1v} = 6,4413$$

$$s_{1L} = 2,31365$$

non abbiamo x_1

$$x_1 = \frac{h_f - h_{1L}}{h_{1v} - h_{1L}}$$

ma $h_1 \leftarrow h_1 = h_2$

$$x_1 = 0,99$$

$$s_1 = (1 - x_1) s_{1L} + x_1 s_{1v} = 6,289 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = 0,88 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Laminazione

isotropica

$$\Delta s = ?$$

$$p_2 = 2 \text{ bar} = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$T_2 = 150^\circ\text{C} = 423,15 \text{ K}$$

TAB SATURAZ

$$p_2 \rightarrow T_{S2} = 120^\circ\text{C}$$

$$T_S < T_2$$

lo stato 2 è vapore
surriscaldato
fuori dalla curva

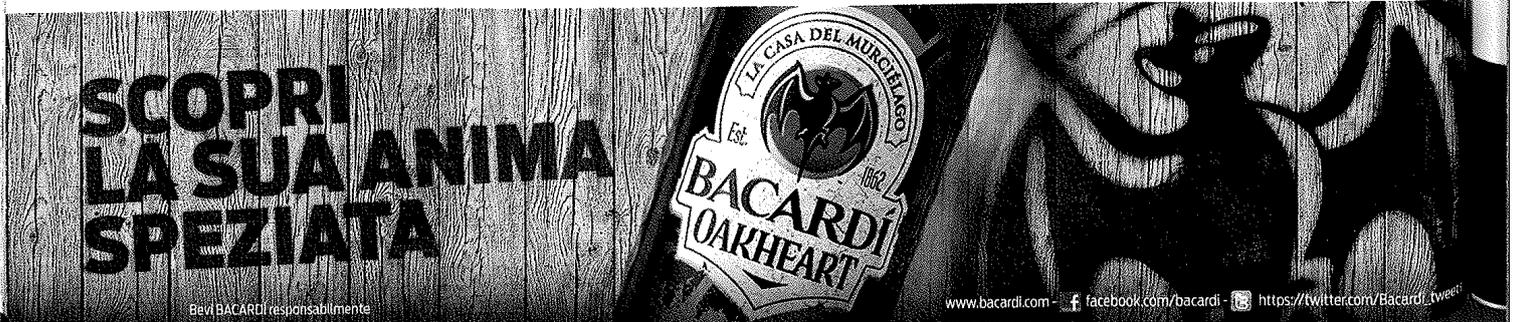
mostrer

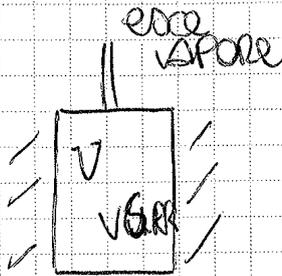
$$h_2 \approx 2770 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_2 = 7,25 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\left. \begin{matrix} h_2 \\ s_2 \end{matrix} \right\} p_2$$

La laminazione è
infatti un processo
irreversibile





$\Delta M = 0,76 M_1$
 $M_2 = M_1 - 0,76 M_1 = 0,24 M_1$

adiab. rigido rev. int.
 $\dot{Q} = 0$
 $V = 1 m^3$

① $T_2 = 900^\circ C > T_{s1}$
 $p_1 = 50 \text{ bar}$
 max. vel.
 $n_1 \text{ s}_1$
 $3200 / 6,695$

$T_2 = ?$
 ② $p_1 = p_2 = 50 \text{ bar}$
 $v_2 = v_{1v} = 1205$
 $h_2 = h_{1v} = 25982$
 $s_2 = s_{1v} = 8,0776$
 $u_2 = h_2 - p_2 v_2 = -57'657,8 \frac{kJ}{kg}$
 $u_2 = h_{1v} - p_1 v_{1v}$
 $x_2 = 1$

principio S. aperti

$\dot{Q} - \dot{W} = \frac{dE}{dt} + \dot{G} h_u$

$M_2 u_2 - M_1 u_1 = -\Delta M h_{1v}$

$M_1 (0,24 u_2 - u_1) = -0,76 M_1 h_{1v}$

$u_1 = 0,76 h_{1v} + 0,24 u_2$

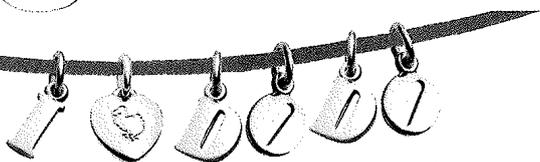
$\rightarrow p = \frac{1}{v_1}$

$\rightarrow v_1 = \frac{h_1 - u_1}{p_1}$

$\rightarrow u_1 = h_1 - p_1 v_1$

0,332
0,34233

3,01356
2,02



$h_{1v} (-11867,800) \quad h_1 (-11405,872)$

Genova - Via XX Settembre, 246/R



shop dodo.it

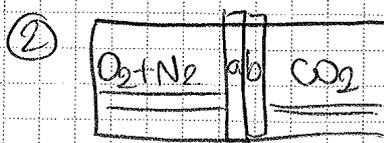
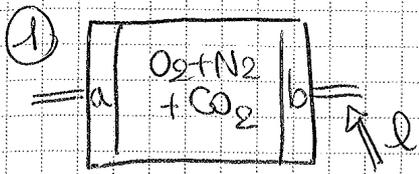


pipistrello
la notte è piccola

$50 \cdot 10^5 = 5 MPa$



⑦ MISCELE DALTON
 SISTEMA CHIUSO
 SEPARAZIONE GAS



CONTENITORE RIGIDO
 EQ. BAROMETRICO

$n_{O_2+N_2} = 0,9 \text{ kmol}$

$n_{CO_2} = 0,1 \text{ kmol}$

$T_0 = 300 \text{ K} = T_1 = T_2$

$p_0 = 1 \text{ bar} = p_1$

⑧ ISOTERMO

$l. \text{ min} = ?$
 QUANDO IL PROCESSO È REVERSIBILE

⑫ ISOTERMO

~~$q = l_{id} = l_{id} = -R T_0 \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right) = R T_0 \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$~~

CONSIDERAZIONI PRECEDENTI

$p_2 = p_{CO_2} + p_{NO}$

$p_{CO_2} = \frac{n_{CO_2} R T}{V} = n_{CO_2} p = 0,1 \text{ bar}$

$p_{NO} = \frac{n_{NO} R T}{V} = n_{NO} p = 0,9 \text{ bar}$

$p_{CO_2} + p_{NO} = p_1$

$V = \frac{n_{NO} R T}{10^5 p_{NO}} = 24,993 \text{ m}^3 = 24993 \text{ dm}^3 \text{ o } l$

$y_{CO_2} = 0,1$

$y_{NO} = 0,9$

TAO

... FOLLOW ROYALE ...

EVERY SATURDAY NIGHT @ TAO // FOLLOW US... WE FOLLOW YOU!

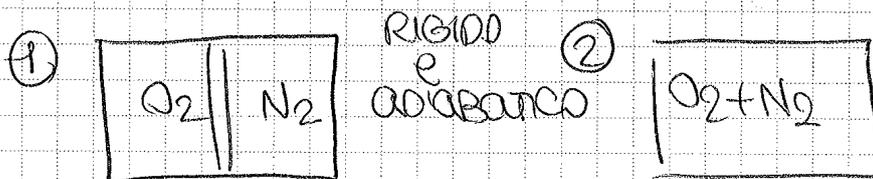
Info & Reservation : 349.4328423 - 393.9470195

$$S_2 = n_{CO_2} \left[\bar{c}_{p,CO_2} \ln\left(\frac{P_2}{P_0}\right) - \bar{R} \ln\left(\frac{P_2}{P_0}\right) \right] + m \left[\bar{c}_{p,N_2} \ln\left(\frac{P_2}{P_0}\right) - \bar{R} \ln\left(\frac{P_2}{P_0}\right) \right]$$

$$S_2 - S_1 = n_{CO_2} \left[-\bar{R} \ln\left(\frac{P_2}{P_{CO_2}}\right) \right] + m \left[-\bar{R} \ln\left(\frac{P_2}{P_{N_2}}\right) \right]$$

$$Q_{12}^{rev} = L_{12}^{rev} = -810,85 \text{ kJ} < 0 \quad \text{perché è fornito LAVORO}$$

⑥ MISCELAZIONE di 2 GAS



$n_{O_2} = 2 \text{ moli} \quad (\bar{M} = 32)$

$n_{N_2} = 4 \text{ moli} \quad (\bar{M} = 28)$

$T = 400 \text{ K}$

$V_{O_2} = 3 \text{ m}^3$

$V_{N_2} = 5 \text{ m}^3$

$V = 8 \text{ m}^3$

$\Delta S = ?$

MIXING ISOTERMO

① sono separati

$$P_{O_2} = \frac{n_{O_2} \bar{R} T}{V_{O_2}} = 2,217 \text{ Pa} \cdot 10^5$$

$$P_{N_2} = \frac{n_{N_2} \bar{R} T}{V_{N_2}} = 2,661 \text{ Pa} \cdot 10^5$$

non sono pressioni parziali! ognuna è la pressione totale del proprio GAS

$(P_1 = 4,878 \cdot 10^5 \text{ Pa})$

MARKETING PER PASSIONE, MARKETING PER PROFESSIONE

MiMeC Master in Marketing e Comunicazione

www.unibocconi.it/mimec



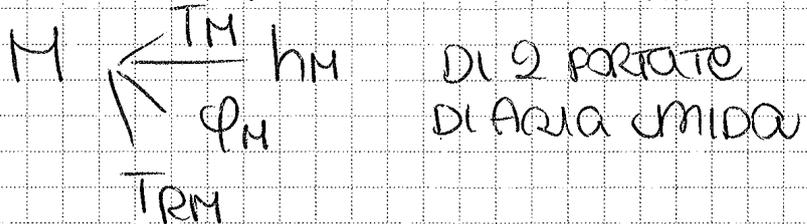
Università Commerciale Luigi Bocconi

⑧ PSICOMETRIA
MIXING
SISTEMA APERTO

$G_A = 1,09 \text{ kg/s}$ aria secca
 $T_A = 26^\circ\text{C}$
 $\varphi_A = 0,5$

$G_E = 0,12 \text{ kg/s}$ secca
 $T_E = 34^\circ\text{C}$
 $\varphi_E = 0,7$

MIXING ADIABATICO
ISOBARO $p = 1 \text{ atm}$ (come x TUTTI I processi di ARIA umida)



① $x_A = 0,692 \frac{\varphi_A P_{SA}}{p - \varphi_A P_{SA}} = 0,0105 \frac{\text{kgv}}{\text{kgd}}$

$P_{SA} = P_s(T_A)$ tabella = $0,03363 \text{ bare}$

$G_{AV} = G_A x_A$

$h_{(1+x)_A} = c_{pa} T_A + (c_{pv} T_A + h_0) x_A = h_A$

$c_{pa} = 1 \text{ kJ/kgK}$

$c_{pv} = 1,9 \text{ kJ/kgK}$

$h_0 = 2500 \text{ kJ/kg} = h_0 !!$

$T_A \text{ in } ^\circ\text{C}$

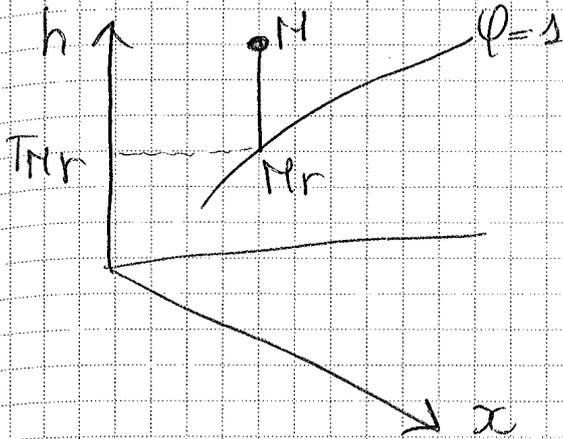
$h_A = 5276 \text{ kJ/kg}$

PURO DIVERTIMENTO.

100% Vodka Biologica
Made in Italy
BEVI RESPONSABILMENTE.



x trovare T_{MR} uso Maxwell



T_{MR} è la temperatura dello stato saturo ($\phi_{MR} = 1$) a pari umidità specifica ($x = x_M$)

$$p_v = p_{vSM} \phi_M$$

$$p_{vSM} = p_s(T_{MR})$$

$$x_{MR} = x_M = 0,622 \frac{p_{vSMR}}{p - p_{vSMR}}$$

Ricavo $p_{vSMR} = \frac{x_{MR} p}{0,622 + x_{MR}} = 0,01888 \text{ bar}$

↓ Tabelle $16^\circ < T < 17^\circ$

$$\frac{T_{MR} - 16^\circ}{17^\circ - 16^\circ} = \frac{p_{vSMR} - p_{vs 16^\circ}}{p_{vs 17^\circ} - p_{vs 16^\circ}}$$

$$T_{MR} = 16,58^\circ \text{C}$$

⑨ PSICOMETRIA

DEUMIDIFICAZIONE (BATTERIA ARIERA)

POST-RISCALDAMENTO

$$G_M = 1,23 \text{ kg/s}$$

$$x_M = 0,01181$$

$$h_M = 57 \text{ kJ/kg}$$

$$T_M = 26,8^\circ \text{C} \quad T_{Me} = 16,58^\circ \text{C}$$

① $T_I = 18^\circ \text{C}$, $\phi_I = 0,7$ stato finale

$T_{OL} < T_{RM}$ RSH
 $T \rightarrow T_I$ RSC

$\Phi = ?$ $f_{BP} = ?$ $T_{AL} = 10^\circ \text{C}$
 $G_{cond} = ?$

LET'S SEE THE WORLD FROM A DIFFERENT POINT OF VIEW
 LET'S SEE THE WORLD FROM A DIFFERENT POINT OF VIEW
 LET'S SEE THE WORLD FROM A DIFFERENT POINT OF VIEW
 LET'S SEE THE WORLD FROM A DIFFERENT POINT OF VIEW
 LET'S SEE THE WORLD FROM A DIFFERENT POINT OF VIEW

$$h_N = c_{pa} t_n + x_n (r_0 + c_{pv} t_n) = 29,2 \frac{kJ}{kg_{a.a}}$$

$$\textcircled{10} x_I = x_k = 0,692 \frac{p_{vI}}{p - p_{vI}} = 0,0092 \frac{kg_{pv}}{kg_{a.a}}$$

$$p_{vI} = p_{sat} \varphi_I$$

$$p_{sat} = p_{sat}(T_1) \text{ TABELLE}$$

$$h_I \approx 41,2 \frac{kJ}{kg_{a.a}}$$

1° PRINCIPIO miscelazione adiabatica x SISTEMI APERTI

$$\frac{dU}{dt} = \cancel{\dot{Q}} - \cancel{W_t} + f_{BP} G_M h_M + (1 - f_{BP}) G_M h_N - G_M h_k = \text{BILANCIO ENERGIE}$$

Stazion. adiab.

$$\left\{ \begin{aligned} f_{BP} G_M h_M + G_M h_N - f_{BP} G_M h_N - G_M h_k &= 0 \\ f_{BP} h_M - f_{BP} h_N &= h_k - h_N \end{aligned} \right.$$

BILANCIO PORTATE

$$f_{BP} G_M x_M + (1 - f_{BP}) G_M x_N = G_M x_k$$

$$f_{BP} = \frac{x_k - x_N}{x_M - x_N} \approx 0,38$$

$$h_k = f_{BP} (h_M - h_N) + h_N \approx 39,8 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_k = c_{pa} t_k + x_k (r_0 + c_{pv} t_k) \rightarrow t_k = 15,52^\circ C$$

NON balli L'HIP HOP 

e vuoi partecipare a un **PROGRAMMA?**

yo!
young
& eni
youngandeni.com

SFOGLIA 

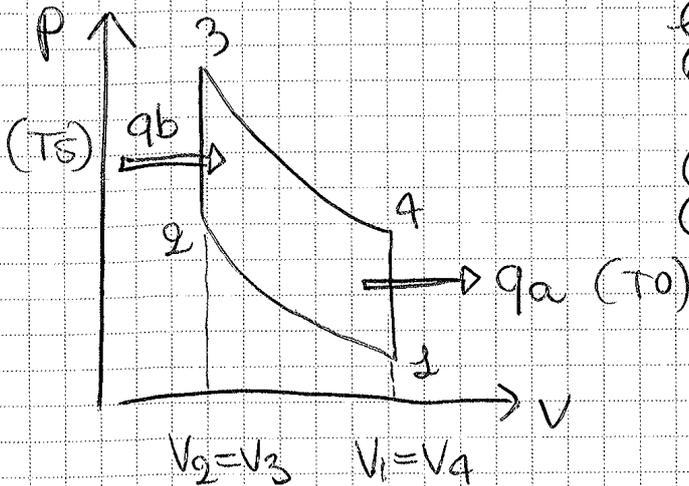
① cicli

① ciclo Otto

aria standard
combustione esterna
condizioni ideali

$$\gamma = 1,4 \quad R = 287$$

Sorgente di T



② adiab. rev

③ isocore

④

$$T_3 = 1390^\circ\text{C} = 1663,15 \text{ K}$$

$$T_1 = 15^\circ\text{C} = 288,15 \text{ K}$$

$$q_{\text{fornito}} = q_b = 190 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

$$q_b = 795,340 \text{ kJ}$$

$$r_c = ? \quad \eta = ? \quad \frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{min}}} = ?$$

$$T_s = 1500^\circ\text{C} = 1773,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 15^\circ\text{C} = 288,15 \text{ K}$$

$$\Delta S = ?$$

$$C_v = 717,5$$

$$C_p = 1004,5$$



EVERY THURSDAY
CIRQUE DU SOIR
LONDON



22) adiabatica

$$p_1 v_1^\gamma = p_2 v_2^\gamma$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^\gamma = r_v^\gamma$$

$$\frac{p_{\max}}{p_{\min}} = r_v^\gamma \frac{p_3}{p_2}$$

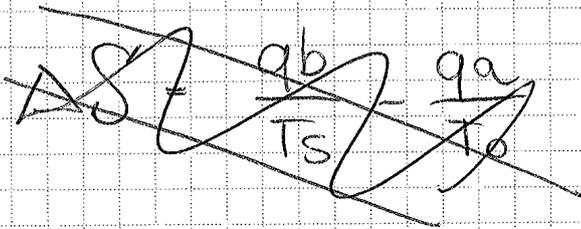
$$\frac{p_{\max}}{p_{\min}} = (5,14)^\gamma \cdot 2,9985 = 29,66 \checkmark \quad \text{oppure uso le 2 EQ. di Stato}$$

23) isocora

$$v_2 = v_3$$

$$\frac{RT_2}{p_2} = \frac{RT_3}{p_3}$$

$$\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} = 2,9985$$



q_a

14) isocora

$$q_a = Q = \Delta U$$

$$q_a = c_v (T_2 - T_4) = -413,172 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

~~$\Delta S = 1,8894 \text{ kJ}$~~

$$\Delta S_{12} \text{ e } \Delta S_{34} = 0$$

sono adiab reversibile

ΔS_{23} isocora come ΔS_{41}

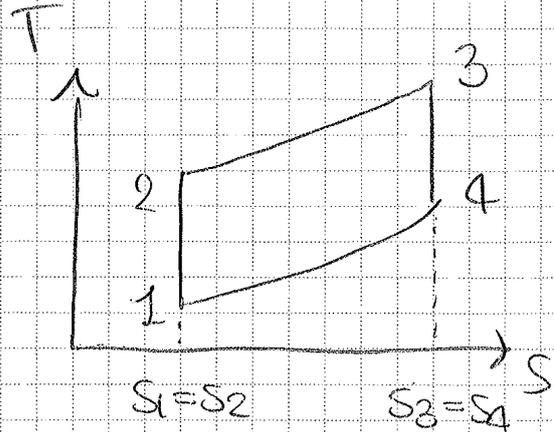
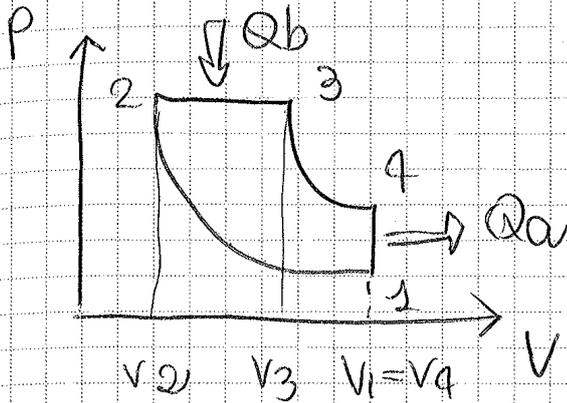
$$6188 = \Delta S_{23} = c_v \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) + R \ln\left(\frac{v_3}{v_2}\right) \quad (ab)$$

$$\Delta S_{41} = c_v \ln\left(\frac{T_4}{T_1}\right) \quad (aa)$$

TUTTI I VENERDÌ
MAGAZZINI GENERALI

I CLUB
HAUS
80'S

② ciclo DIESEL
cicli ideali



- ⑫ ③④ ADIAB. REV
- ⑬ ISOBARA
- ⑭ ISOCORA

$\eta = ?$

$T_1 = 30^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$

$T_2 = 400^\circ\text{C} = 673,15 \text{ K}$

$T_3 = 1700^\circ\text{C} = 1973,15 \text{ K}$

$P_1 = 15 \text{ psi} = 103422 \text{ Pa}$

$$\eta = 1 - r_v^{1-\gamma} \left[\frac{r_c^\gamma - 1}{\gamma(r_c - 1)} \right]$$

$$r_v = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_4}{v_2}$$

$$r_c = \frac{v_3}{v_2}$$

$$r_v = \frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 7,35$$

$$r_c = \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_3}{T_2} = 2,93$$

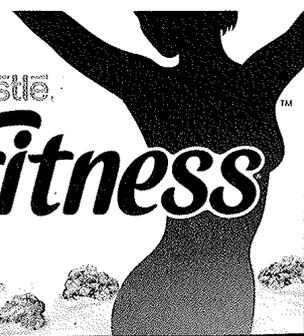
⑬ ISOBARA
 $P_2 = P_3$
 $\frac{RT_2}{v_2} = \frac{RT_3}{v_3}$
 $\frac{v_3}{v_2} = \frac{T_3}{T_2}$

$$\eta = 1 - 0,45 (1,296)^{0,916} \approx 0,42 \quad 41,6\%$$

PROVA FITNESS YOGURT, E ABBANDONATI AD UNA NUOVA FORMA DI PIACERE!



Nestlé
Fitness



$$\eta_{10} = 1 - r_b \frac{1-\gamma}{\gamma} = 0,4959 = 49,6\%$$

$$Q_n = Q_{te} + Q_{tc} = 422,27 \text{ kJ}$$

12) comx

$$Q - Q_{tc} = \Delta h$$

$$Q_{tc} = -c_p(T_3 - T_2) = c_p(T_2 - T_1) = -296,6 \text{ kJ}$$

$$(Q_{tc}^{id} = - \int_1^2 v dp = - \int_1^2 \frac{RT}{p} dp =)$$

34) espan

$$Q_{te} = c_p(T_3 - T_4) = 718,87 \text{ kJ}$$

adiabatiche

$$T_1 p_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 p_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

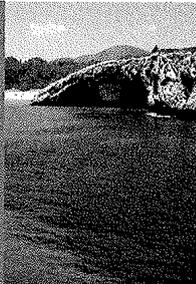
$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 0,5041$$

$$T_2 = \frac{T_1}{0,5041} = 595,12 \text{ K}$$

$$T_4 = \frac{T_3}{0,5041} = \frac{727,5 \text{ K}}{0,5041} = 1443,2 \text{ K}$$

$$T_4 = \frac{T_1 T_3}{T_2}$$

PER RIPRENDERSI
DA UN MAXIESAME
BASTA UNA
MINIVACANZA COSTA.



**3,405
GIORNI**
FRANCIA E SPAGNA
da
€250* p/p
DA SAVONA

Prezzo
Preziosa Subito p/p
in cabina doppia
interna Classic
(n. 40 posti
disponibili), riferito
alla partenza
dell'8/4/13
di C. Mediterraneo.
Escluso tasse
portuali (€ 80 p/p)
e quota di servizio
(€ 21 p/p).

Costa
CROCIERE

LAVORO DISSIPATO

$$l_{ac} = l_{tc}^{id} - l_{tc}^{re} = c_p (T_2^{re} - T_2) = 32,96 \text{ kJ}$$

$$l_{ae} = l_{te}^{id} - l_{te}^{re} = c_p (T_a^{re} - T_a) = 71,87 \text{ kJ}$$

$$l_{ai} = 107,83 \text{ kJ}$$

X PROF,
 $l_{aie} = c_e (T_a^{re} - T_3)$

$$l_{ai,c} = c_c (T_2^{re} - T_1)$$

polinomio
 di esponente = 9/2
 da precisare

$$T_3 p_3^{\frac{1-n_c}{n_c}} = T_2 p_2^{\frac{1-n_c}{n_c}}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = r_p^{\frac{n_c-1}{n_c}}$$

$$\ln \frac{T_3}{T_2} = \frac{n_c-1}{n_c} \ln r_p$$

$$n_c = \frac{1}{1 - \frac{\ln(T_3/T_2)}{\ln(r_p)}} = 1,445$$

$$n_c = \frac{c_c - c_p}{c_c - c_v} \rightarrow c_c = \frac{n_c c_v - c_p}{n_c - 1} = 0,073$$

$$\Delta h = c_p (T_2^{re} - T_2) = \text{lavoro speso in più ma minore e locale}$$



Oggi prenditi una serata libera
 Lascia fare ai nostri Chef Professionisti

Non cucinare, ordina online!

Don't cook
JUST EAT.IT
 ORDINA ONLINE DAI TUOI RISTORANTI PREFERITI



23) $q_{23} - l_{23} = \Delta U = cv(T_3 - T_2) = 0$

$q_{23} = l_{23}$ ENTRANTE

$l_{23} = RT_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) = 534,481 \frac{kJ}{kg}$

$\frac{V_3}{V_2} = \frac{\frac{RT_3}{P_3}}{\frac{RT_2}{P_2}} = \frac{P_2}{P_3} = \frac{P_2}{P_1}$

$v_3 = \frac{RT_3}{P_3} = 1,6672 \frac{m^3}{kg}$

$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} = 8,476$

31) ~~$q_{31} = cv(T_3 - T_1) = cv(T_2 - T_1) = 285,7 \frac{kJ}{kg}$~~
 ~~$q_{31} = cp(T_4 - T_3) = -400 \frac{kJ}{kg}$~~
 ~~$l_{31}^{id} = \int_3^1 p dV = p_1(V_1 - V_3) = -119,285 \frac{kJ}{kg}$~~

~~$l_n = \sum l_i = 298,721 \frac{kJ}{kg}$~~

~~$q_{31} = cp(T_4 - T_3) = -400 \frac{kJ}{kg}$~~
 ~~$l_{31} = q_{31} - cv(T_1 - T_3) = -119,3$~~

$\eta = \frac{l_n}{q_{entrante}} = \frac{l_n}{q_{23}} = 0,26 = 26\%$

JOIN OUR TEAM
 SEND PHOTOS AND CV
 info@clubhaus80s.com

I CLUB HAUS 80's

$\left. \begin{matrix} p_a \\ p_c \end{matrix} \right\} \rightarrow \begin{matrix} T_{id} = 42,2^\circ\text{C} \\ V_{1L} = 1,088 \cdot 10^{-3} \\ h_{1L} = 176,8 \\ S_{1L} = 0,6018 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} T_{id} \\ V_{1L} \\ h_{1L} \\ S_{1L} \end{matrix}} \right\} \text{PARTE LIQUIDA}$

$\left. \begin{matrix} h_{4V} = 2577,3 \\ S_{4V} = 8,2137 \end{matrix} \right\} \text{PARTE VAPORE}$

④ vapore umido

$x_{4d} = \frac{S_{4d} - S_{1L}}{S_{4V} - S_{1L}} = 0,716 \quad S_{4d} = S_3$

$h_{4d} = (1 - x_{4d})h_{1L} + x_{4d}h_{4V} = 1896,3 \text{ kJ/kg}$

④ stato reale

$\eta_{s,e} = \frac{le^e}{le^d} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4d}} \Rightarrow h_4 = h_3 - (h_3 - h_{4d})\eta_{s,e}$
 $h_4 = 2077,1 \text{ kJ/kg}$

$h_4 < h_{4V} \rightarrow$ ④ è vapore umido

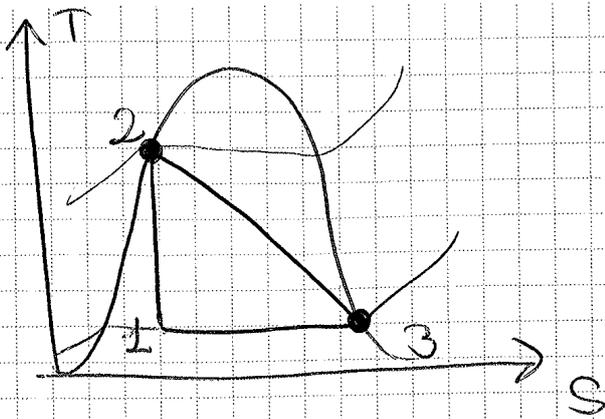
$x_4 = \frac{h_4 - h_{1L}}{h_{4V} - h_{1L}} = 0,792 \approx 0,8$

TAO

... FOLLOW ROYALE ...

EVERY SATURDAY NIGHT @ TAO // FOLLOW US... WE FOLLOW YOU!

Info & Reservation : 349.4328423 - 393.9470195



① $p_1 = p_{base}$

T_1

h_{1V}

h_{1L}

S_{1V}

S_{1L}

V_{1L}

V_{1V}

(x₁) $h_1 =$

$S_1 =$

$V_1 =$

$u_1 = h_1 - p_1 V_1$

② $S_2 = S_1$

ma $S_2 = S_{2L} \rightarrow$ CERCO SULLA ZONA E TRAO

$p_2 = p_{base}$

$T_2 =$

$V_{2L} = V_2$

$h_{2L} = h_2$

$u_2 = h_2 - p_2 V_2$

③ $e = 1V$

$V_3 = V_{3V}$

$h_3 = h_{3V}$

$S_3 = S_{3V}$

$p_3 = p_1$

$u_3 = h_{3V} - p_1 V_{3V}$



② sapere surriscaldato

$$\left. \begin{aligned} p_2 &= p_c \\ s_2 &= s_1 \text{ x caldas} \end{aligned} \right\} \text{mouler } h_2$$

③ complex calor

$$\begin{aligned} l_{tc} &= h_1 - h_2 \rightarrow \text{effetto utile} \\ q - l_{tc} &= \Delta h \end{aligned}$$

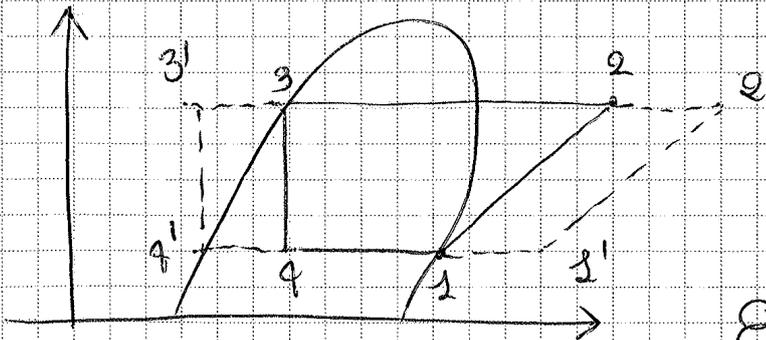
④ usozara

$$q_e = q_a = \Delta h = h_1 - h_4 \quad (l_{tc} = 0)$$

$$E_f \text{ COP} = \frac{h_1 - h_4}{|h_2 - h_1|} = \frac{q_e}{|l_{tc}|} = 3,22 \quad (E_f > 1)$$

④ Storno + Scambiatore rigenerativo

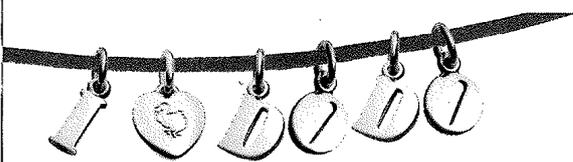
con $q_{rig} = 5 \text{ kJ/kg}$ COP=?



$$\begin{aligned} l_{tc} &= h_2 - h_1 \\ l_{tc}' &= h_2' - h_1' \end{aligned}$$

massale

$$E_f = \frac{h_3 - h_4'}{h_2' - h_1'}$$



Milano - Corso Matteotti, 9
Milano - Corso Genova, 12
Milano - La Rinascente - Piazza Duomo



shop dodo.it



corno

Il corno di Dodo.
Scaramanzia o vanità,
meglio indossarlo.



CONSERV. S.I.

$$G_{eh2} + G_{ch8} = G_{eh3} + G_{ch9}$$

$$\frac{G_c}{G_E} = \frac{h_2 - h_3}{h_5 - h_8}$$

CONSERV. EN. ELETTR.

$$\Phi_E = G_E (h_1 - h_4)$$

$$G_E = 0,329 \text{ kg/s}$$

$$\rightarrow G_c = 0,535 \text{ kg/s} \rightarrow |W_{tot}| = 26,6 \text{ kW}$$

LINDE FOGGIO



mai
all'esame

KING'S CLUB ST. MORITZ WINTER 2012-2013

I
CLUB
HAUS
80's

www.clubhaus80s.com

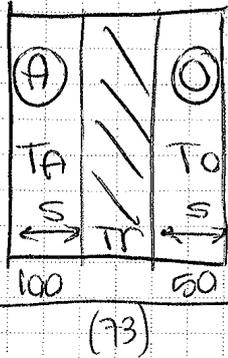
TRASMISSIONE CALORE

CONDUZIONE STAZIONARIA

STRATO PIANO con R

61

$T_A > T_O$



$S = 0,050 \text{ m}$

$\lambda_a = 30 \text{ kcal/m}^\circ\text{C}$

$\lambda_b = 70 \text{ //}$

$T_A = 100^\circ\text{C}$

$T_O = 50^\circ\text{C}$

$\phi_R = 20 \cdot 10^3 \text{ W/m}$

$\phi_a = ?$

Stazionario senza GEN H

FORNIRE

$$\begin{cases} \phi_a = \frac{\lambda_a}{s} (T_A - T_R) \\ \phi_b = \frac{\lambda_b}{s} (T_R - T_O) \end{cases}$$

scelgo lo II
FUSO (VORSO X)
 $T_A \rightarrow T_R \rightarrow T_O$

$\phi_a + \phi_b = \phi_0$ con entrata ed esce in O

sistema ricavo

$$\phi_0 = \frac{T_A - T_O - \phi_R \frac{s}{\lambda_b}}{\frac{s}{\lambda_a} + \frac{s}{\lambda_b}} = 18425 \text{ W/m}^2 = 15,8 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

$\phi_0 = \phi_a + \phi_b = 38425 \text{ W/m}^2$

$T_R = 73,6^\circ\text{C}$

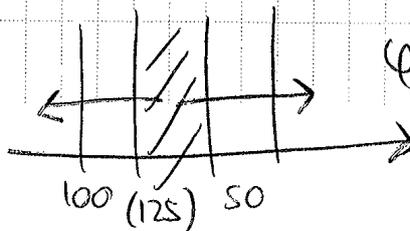
IFUSI SONO TUTTI POSITIVI QUINDI LA DIREZIONE E' CORRETTA

DE FORNIRE

$\phi_R = 140 \text{ kW/m}^2$

$\phi_a = -17585$

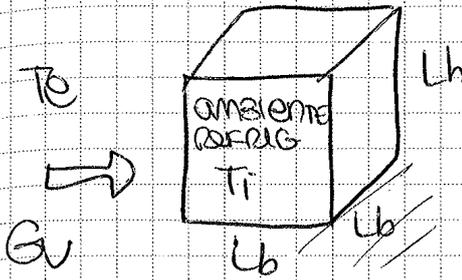
$T_R = 125,2^\circ\text{C}$



$\phi_a < 0$ rispetto a X

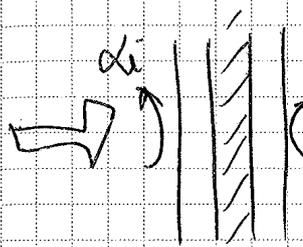


G2 CUBO AMBIENTE



$L_b = 0,6m$
 $L_h = 1,4m$
 $T_i = -4^{\circ}C$
 $T_e = 30^{\circ}C$

aria standard
 $R = 287$
 $c_p = 1007 J/s$
 $G_v = 2 m^3/h$
 $G_v = 5,55 \cdot 10^{-4} m^3/s$
 $T_0 = 0^{\circ}C$
 $p_0 = 1 atm = 101325 Pa$
 $\rho_0 = 1,293 kg/m^3$



$\lambda_I = 0,04 W/mK$
 $S_I = 0,03 m$
 $\alpha_e = \alpha = 8 W/m^2K$
 $\alpha_i =$

$\eta_a = 0,915$
 $Re = ?$
 $\alpha \Phi' = 0,8 \Phi$
 $\Delta S = ?$

Pavimento Usato

$G = G_i p_e$
 $p_e = \frac{1}{2e} = \frac{\rho_0}{R T_e} = 1,165 kg/m^3$

$G = 0,647 g/s$

$S_{tot} = 4L_b L_h + L_b^2 \rightarrow$ tutto il pavimento

Fourier

$\varphi = \frac{T_i - T_e}{R} = \alpha \Delta T$

$T_i \rightarrow T_e$ usc e neg (No)
 $T_e \rightarrow T_i$ ent e pos ✓

$\varphi_c = \frac{T_i - T_e}{\frac{2}{\alpha} + \frac{S}{\lambda}} = -19,03 W/m^2 \rightarrow \Phi_c = \varphi_c S_{tot} = -72,3 W$

$\Phi_c = 72,3 W$ ambiente

$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e}$

Φ_c FUSCO CONDUZIONE

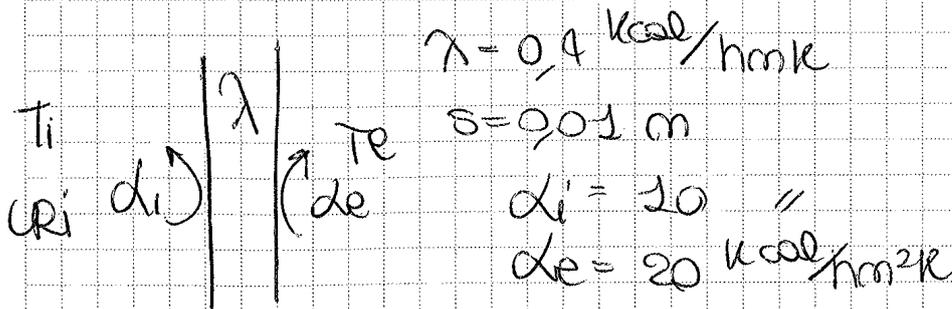
reciti solo quando dici **UNA BALLA**
e vuoi partecipare a un PROGRAMMA?



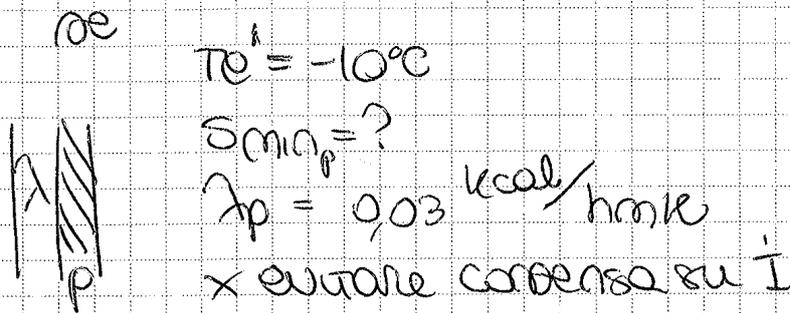
youngandeni.com

SFOGLIA

(G3) STRATO PIANO
(+) CONDENSATA

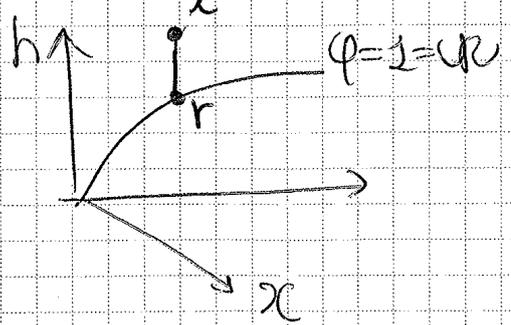


$\alpha_i = 0,8$
 $T_i = 15^\circ\text{C}$
 $T_e = ?$ x avere condensazione?



$\alpha_e = \varphi$
 x psicrometria

$p_s(T_i) = 0,01706$ bare da tabelle
 $p_v = \alpha_i p_s(T_i) = 1364,8 \text{ Pa}$ pressione parziale del vapore nell'aria intera



$r = \text{RUGIADA}$
 $x_r = x_i$
 $p_{v,r} = p_v$
 $T_r = 11,4^\circ\text{C}$

interdazione x trovare T_r

$\varphi = \alpha_i (T_i - T_{wi}) = \alpha_i (T_i - T_r) = 4,9 \text{ W/m}^2$ FUSO FACOLA INTERNA
 $\varphi = \frac{T_i - T_e}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \frac{s}{\lambda}}$ FUSO SU INTERO SISTEMA x STAZIONARIO

PER RIPRENDERSI
 DA UN MAXIESAME
 BASTA UNA
 MINIVACANZA COSTA.



3,405 GIORNI
 FRANCIA E SPAGNA
 da **€250*** p/p
DA SAVONA

*Prezzo
 Prontostiplo p/p
 in cabina doppia
 interna Classic
 (n. 30 posti
 disponibili) infor
 alla partenza
 dell'8/1/19
 di C. Mediterranea
 Escuse tasse
 portuali (€ 80 p/p)
 e quota di servizio
 (€ 21 p/p)



metodo volante

$$\Phi = \alpha S \Delta T \text{ in generale}$$

$$t_3 = 30^\circ\text{C}, \varphi_L = \frac{\Phi_L}{L} = 170 \text{ W/m}$$

Flusso cilind. est

$$\Phi = \alpha_e (2\pi R_I L) (T_3 - T_e)$$

$$\varphi_L = \frac{\Phi}{L} = 170 \text{ W/m}$$

$$\text{ricavo } R_I = \frac{\varphi_L}{\alpha_e 2\pi (T_3 - T_e)} = 0,15 \text{ m}$$

Flusso del sistema

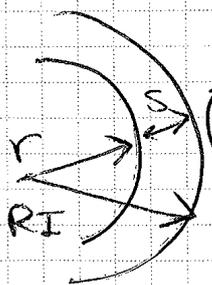
$$\varphi_L = \frac{2\pi (T_1 - T_3)}{\frac{1}{\alpha_i h} + \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right) + \frac{1}{\lambda_I} \ln\left(\frac{R_I}{r_e}\right)}$$

$$\text{ricavo } \lambda_I = 0,29 \text{ W/mK} \quad (10^{-1} / 10^{-2})$$

$$(\lambda_{cassa} = 100 / 100)$$

(55)

condotto cil.



$$r = d/2 = 0,000816 \text{ m}$$

$$s = 0,00071 \text{ m}$$

$$R_I = 1,625 \text{ mm} = 0,001625 \text{ m}$$

$$\lambda_I = 0,118 \text{ W/mK}$$

$$\alpha = 39,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$s_c = ? \quad \Delta\Phi = ? \quad s = s_c$$

$$\Delta T = k$$

MaGER

www.unibocconi.eu/mager



Università Commerciale
Luigi Bocconi

GREEN MANAGEMENT, ENERGY AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY

(H)

GENERAZIONE CALORE + TRANSISTORI TERMICI

(H1)

STRATO CIL

$$I = 200A$$

$$d = 0,0254m$$

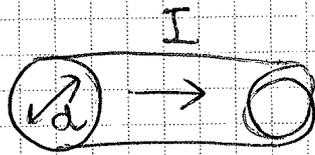
$$L = 0,9144m$$

$$R = \rho_e = 70 \mu\Omega \cdot cm = 7 \cdot 10^{-7} \Omega m$$

$$T_{max} = ?$$

$$T_e = T_s = 176,7^\circ C$$

$$\lambda = 19,37 kcal/hm^\circ C$$

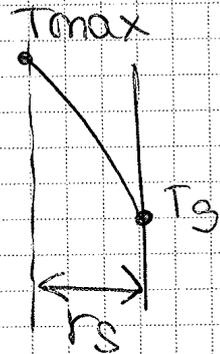


(cu ∞)

EQ. TX STRATO CILIN CON H

$$T = T_s + \frac{H}{4\lambda} (r_s^2 - r)$$

$$T_{max} = T_s + \frac{H}{4\lambda} r_s^2 \quad (r=0)$$



mi manca H

$$R = \frac{\rho_e L}{\pi r_s^2} \quad \text{PER DEF}$$

$$\Phi = RI^2 \quad \text{POTENZA}$$

$$H = \frac{\Phi}{V} = \frac{\Phi}{\pi r_s^2 L} = \frac{RI^2}{\pi r_s^2 L} = \frac{\rho_e L}{\pi r_s^2} \left(\frac{I^2}{\pi r_s^2 L} \right)$$

$$\text{RISULTATO } T_{max} = T_s + 0,2^\circ C = 176,9^\circ C$$

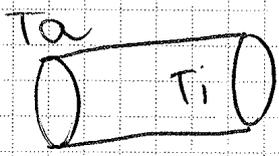
TAO

... FOLLOW ROYALE ...

EVERY SATURDAY NIGHT @ TAO // FOLLOW US... WE FOLLOW YOU!

Info & Reservation : 349.4328423 - 393.9470195

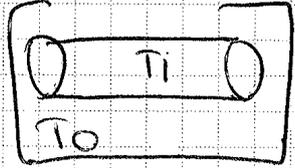
13 TRANSISTORE



$r = 1 \text{ cm}$
 $L = 20 \text{ cm}$
 $T_i = 20^\circ\text{C}$
 $T_a = 20^\circ\text{C}$

$c = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$
 $\lambda = 390 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$
 $\rho = 8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
 $\alpha_a = 8 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{C}^\circ}$

BASSO CUI



$T_o = 80^\circ\text{C}$
 ogni 10 minuti
 x 10 secondi
 $\alpha_o = 500$

T_{fin} SBARRETTA DOPO 2 cicli

$$B_i = \frac{\alpha L}{\lambda} = 0,07 < 0,1 \quad \text{così considero } T = T(t) \quad (B_{ia} < B_{io})$$

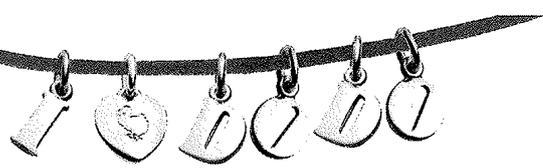
TRANSISTORE SENZA H

$$\theta = \theta_0 e^{-t/t_0}$$

$$\theta = (T - T_{AMB})$$

$$\theta_0 = (T - T_{AMB}) \text{ a } t=0$$

$$t_0 = \frac{\rho c V}{\alpha S} = \rho \frac{c L \delta}{\alpha \delta} = \frac{\rho c L}{\alpha} < \begin{matrix} 0 & 27,83 \text{ s} \\ A & 1739,2 \text{ s} \end{matrix}$$



shop dodo.it



quadrifoglio
uno su mille



Torino - Via XX Settembre, 60

(114)

TRANSITOIO

dispositivo con $R_i \ll R_e$

inizio: eq termico con amb est $T_i = T_a$

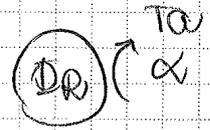
Φ generato: $\Phi_R = 0,1 \text{ W}$

dopo $t = 3\tau$

$\theta(3\tau) = 50^\circ\text{C}$ eccesso di T_i

se $S = 1 \text{ cm}^2$, $\alpha = ?$

$0,01 \text{ dm}^2 = 0,001$



$$\frac{dT}{dt} \rho c V = - \alpha S (T - T_a) + \Phi_R$$

convezione

convezione interna

$$\frac{dT}{dt} = - \alpha \frac{S}{\rho c V} (T - T_a) + \frac{\Phi_R}{\rho c V}$$

$$\frac{d(T - T_a)}{dt} + \alpha \frac{S}{\rho c V} (T - T_a) = \frac{\Phi_R}{\rho c V}$$

$T - T_a$
e l'equazione
di T

$$\frac{d\theta}{dt} + \alpha \frac{S}{\rho c V} \theta = \frac{\Phi_R}{\rho c V}$$

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\Phi_R}{\rho c V}$$

$$\tau = \frac{\rho c V}{\alpha S}$$

$$\frac{1}{\rho c V} = \alpha S \tau$$

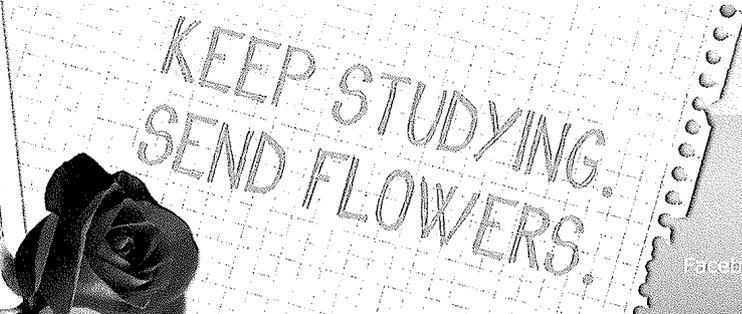
$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \tau \alpha S \Phi_R$$

RISOLVO EQ. DIFFERENZIALE

$$\theta(t) = \frac{\tau}{\rho c V} \Phi_R (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

evoluzione dell'equazione
in presenza di
generazione interna
di potenza

$$\theta(3\tau) = 50^\circ$$



Interflora
YOUNG



www.interflorayoung.it

Like

Facebook.com/InterfloraYoung



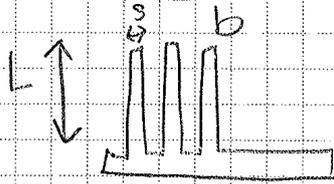
1.2

Lastra Piana alette Rettangolari

$b = 3000 \text{ mm}$
 $h = 800 \text{ mm}$



$n = 40$ alette
 $\left\{ \begin{array}{l} L = 30 \text{ mm} \\ s = 3 \text{ mm} \end{array} \right.$



$T_0 = 40^\circ\text{C}$ radice al
 $T_a = 20^\circ\text{C}$ ambiente

$\lambda = 203 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$

$\alpha = 7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$

COEFF UNITARIO
DI SCAMBIO
TERMICO

$Q_L = ?$ $\dot{Q}_{TOT} = ?$ $\eta_{TOT} = ?$

• IPOTESI : dispersione sul punta trascurabile
 alette con punta adiabatica

$\theta(x) = \theta_0 \frac{\cosh[\beta(L-x)]}{\cosh(\beta L)}$

$\beta = \sqrt{\frac{\alpha P}{\lambda A}}$

~~$P = 2(b+s)$~~ $\rightarrow P = 2(b+s) = 2,006 \text{ m}$

$A = sb = 0,003 \text{ m}^2$

$\beta = 4,803 \frac{1}{\text{m}}$

$\theta(L) = \theta_L = \theta(x=L) = \theta_0 \frac{\cosh(0)}{\cosh(\beta L)} = 19,8^\circ\text{C}$

TAO

... FOLLOW ROYALE ...

EVERY SATURDAY NIGHT @ TAO // FOLLOW US... WE FOLLOW YOU!

Info & Reservation : 349.4328423 - 393.9470195

$$Nu = C Re^n Pr^{0,33}$$

temperatura di film $T_f = \frac{T_c + T_s}{2} = 150^\circ C$

coefficiente di conduzione dell'aria $\lambda = 0,0355 \frac{W}{mK}$

$$Nu = \frac{\alpha X}{\lambda} = \frac{\alpha L}{\lambda}$$

$$Re = \frac{\rho \omega X}{\mu} = \frac{\omega X}{\nu}$$

TABELE $\nu = 0,291 \cdot 10^{-4} \frac{m^2}{s}$

$$Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda} = \frac{\nu \rho c_p}{\lambda} = \frac{\nu}{\omega} = 0,688$$

$X = \text{dimensione canale} = L \rightarrow$

aperte
del
tubo



in questo caso $L = d$

$$Re < \begin{matrix} 41 & (\omega_1) \\ 34 & (\omega_2) \end{matrix}$$

$\rightarrow C = 0,903 \quad n = 0,385$

$$Nu = C Re^n Pr^{0,33} \quad \alpha = \frac{Nu \lambda}{d} < \begin{matrix} 489 \\ 402 \end{matrix}$$

$$H = pe \frac{I^2}{S^2} = pe \left(\frac{I}{\pi d^2/4} \right)^2$$

potenza generata
x effetto Joule
= dissipata
in stazione

$$\Phi = HV \quad \varphi = \frac{\Phi}{S} = \frac{HV}{S} = \alpha (T_c - T_a)$$

FREE FUTOOL

