Prof. Angelo Serafino Caruso, Docente di Meccanica, Macchine ed Energia
Istituto Tecnico Industriale "E. Majorana" – Rossano (CS)

Le mie lezioni:

Esercizi svolti in Quarta Classe

http://www.astrofisica.news/

Esercizio

Determinare il carico unitario nella sezione pericolosa della trave in Fig.7.1, sapendo che L=2mt, F=450 daN, A=6500 mm2 e K=8 daN/mm2.

Esercizio

Calcolare le dimensioni della trave a sezione rettangolare in Fig.7.2, per F1=200 daN, F2=250 daN, F3=30 daN, L=2 mt, L2=1,5mt L3=0,8 mt, b=0,6 h, K=9 da N/mm2.

Esercizio

Calcolare le dimensioni della trave a sezione quadrata in Fig.7.3, per q=300 daNmt, L=2 mt, K=10 da N/mm2.

Esercizio

Una trave lunga 5 mt è incastrata, all'altro estremo sopporta un carico concentrato di 100 Kg. a) Calcolare le reazioni sugli appoggi e il momento flettente massimo riportando i risultati sul diagramma del taglio e del momento in scala opportuna. b) Dimensionare la trave considerando una sezione quadrata in acciaio.

Esercizio

Una trave lunga 5 mt, con un carico concentrato in mezzeria di 100 Kg, è appoggiata alle estremità.

a) Calcolare le reazioni sugli appoggi e il momento flettente massimo riportando i risultati sul diagramma del taglio e del momento in scala opportuna.

b) Dimensionare la trave considerando una sezione quadrata in acciaio.

Esercizio

Una trave lunga 5 mt è incastrata da un lato e poggiata all'altro estremo, sopporta in mezzeria un carico concentrato di 100 Kg.

a) Calcolare le reazioni sugli appoggi e il momento flettente massimo riportando i risultati sul diagramma del taglio e del momento in scala opportuna.

b) Dimensionare la trave considerando una sezione quadrata in acciaio.

Si ricorda che il carico di sicurezza è pari a $K=10\ Kg/mm^2$ *e che* $Wf=Mf/K=bh^2/6$.

Un recipiente cilindrico di diametro pari a 800 mm contiene gas compresso a 0,2 dN/mm^2, per k=12 N/mm^2. Calcolare lo spessore della parete e spiegare il procedimento adottato.
Commentare e descrivere il procedimento di calcolo con riferimento alle unità di misura.

<u>RISOLUZIONE</u>

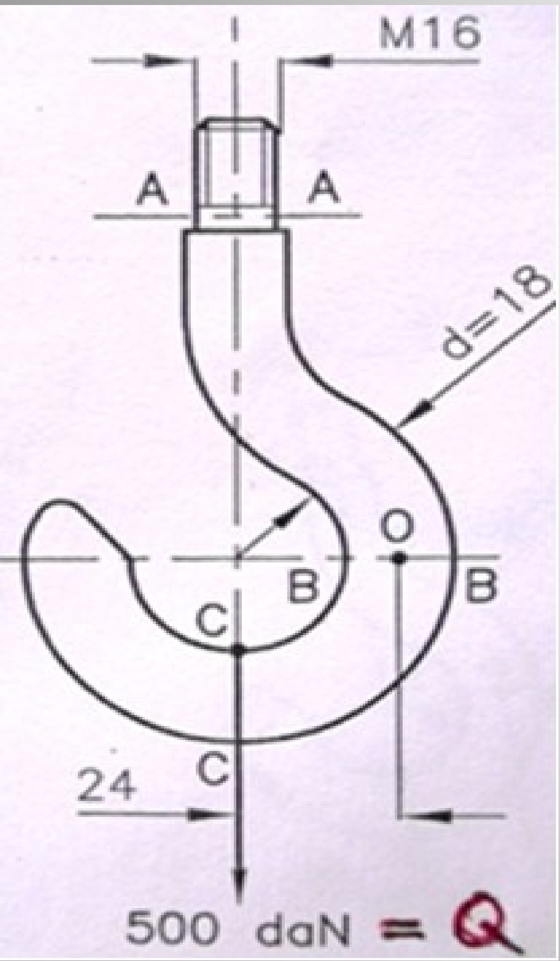
Sigma= F/A= pd/2s >> 2s=pd/sigma >> s=pd/2sigma = pd/2k = 6,6 mm

Determinare, inoltre, lo spessore della parete di un recipiente sferico con le stesse caratteristiche.

Sigma=F/A= pd/4s = 3,3 mm

Esercizio

Verificare le Sezioni del Gancio indicate nel disegno sotto riportato, sapendo che il peso da sostenere è Q=500 daN, la vite è M16 e il diametro del gancio è d=18 mm.
Si conosce la Tensione ammissibile pari a σam=24 daN/mm².



RISOLUZIONE

La SEZIONE A-A è soggetta a Trazione per cui $\sigma = Q/A$

Essendo il diametro del nocciolo pari a 13,54 mm, l'area

$A = \pi x 6{,}77^2 = 143{,}91$ mm²

Segue che $\sigma = 500/143{,}91 = 3{,}47$ daN/mm²

La SEZIONE B-B è soggetta a Trazione-Flessione-Compressione: Troviamo l'area $A = 3{,}14 x 9^2 = 254{,}34$ mm²

Mf=Qxbraccio(CO)=12.000 daNmm

il Modulo di resistenza a flessione

Wf(circolare)=$0{,}1d^3 = 583{,}20$ mm³

$\sigma_t = Q/A = 1{,}96$ daN/mm² (Sigma a Trazione)

$\sigma_f = Mf/Wf = 20{,}57$ daN/mm² (Sigma a Flessione)

Quindi, a destra del punto "O"

si ha: $\sigma_{dx} = \sigma_t - \sigma_f = 18{,}62$ daN/mm²

E a sinistra del punto"O" si ha: $\sigma sx = \sigma t + \sigma f = 22{,}54$ daN/mm²

La SEZIONE C-C è soggetta a Taglio: L'area $A = 3{,}14 x 9^2 = 254{,}34$ mm²,
quindi $\tau = Q/A = 1{,}96$ daN/mm²

CONFRONTIAMO LE TENSIONI NELLE VARIE SEZIONI:

Nella Sez. A-A, $\sigma = 3{,}47$ daN/mm² $< \sigma am = 24$ daN/mm² - OK

Nella Sez. B-B, $\sigma dx = 18{,}62$ daN/mm² e $\sigma sx = 22{,}54$ daN/mm² $< \sigma am = 24$ daN/mm² - OK

Nella Sez. C-C, $\tau = 1{,}96$ daN/mm² < di $\tau = 0{,}58 x 24$ $(\sigma am/\sqrt{3}) = 13{,}92$ daN/mm² - OK

Si consideri il gancio in movimento con un carico a fatica pulsante (1/3):

Allora, $\sigma am = 24/3 = 8$ daN/mm² e $\tau = 13{,}92/3 = 4{,}64$ daN/mm², Rivediamo la situazione:

In A-A $\sigma = 3{,}47 < \sigma am = 8$ daN/mm² - OK

Nella Sez. B-B, $\sigma dx = 18{,}62$ e $\sigma sx = 22{,}54$ daN/mm² > $\sigma am = 8$ daN/mm²

NON E' VERIFICATA!

Nella Sez. C-C, $\tau = 1{,}96$ daN/mm² < $\tau = 4{,}64$ daN/mm² - OK

Esercizio

Calcolare il lavoro svolto e la potenza assorbita da una Gru (è meglio un verricello) che solleva il carico Q=500 daN, ad un'altezza h=15 m in un tempo t=50 s. Si consideri che il rendimento del motore elettrico che aziona la gru è pari a η=90%.

RISOLUZIONE

Il lavoro svolto, L=Qxh=75.000 Joule

La potenza, P=L/t=1.500 W = 1,5 kW

La potenza assorbita, comprensiva delle perdite, vale:

Pass=Pnetta/η=1,5/0,90=1,66 kW.

Esercizio

Un albero motore gira con n1=900 giri/min e trasmette una potenza pari a P=15 kW con un rapporto di trasmissione i=2. L'albero è parte di una coppia di ruote dentate cilindriche a denti diritti in acciaio con σR di rottura=1.200 N/mm².

Si chiede di eseguire il proporzionamento delle ruote.

Assumere come angolo di pressione α=15 , da cui deriva dalla tabella del minimo numero dei denti che la ruota motrice deve avere un numero di denti pari a Z1=25 con 10<λ<30. Si fissa il grado di sicurezza pari a n=4.

RISOLUZIONE

Si ricava il momento torcente:

Mt=9.549xP/n1[(kW)/(giri(min)]=159,15 Nm=159.150 Nmm

Oppure Mt=P/ω[(watt)/(rad/secondi)]=P.60/2πn1=159.235 Nmm

La tensione ammissibile σamm= σR/n=300 N/mm²

Per avere il carico di sicurezza dinamico bisogna assegnare un valore della velocità periferica che dovrà essere confermato successivamente, poniamo, in prima analisi, la velocità periferica V=3 m/s.

σad=σamm A/A+V (dove A=3 per ingranaggi meno precisi per ruote lente e velocità periferica V<5 m/s e A=6 per ingranaggi precisi per ruote veloci con 5≤V<20 m/s)

Quindi: $\sigma ad=\sigma amm\ A/A+V=150\ N/mm^2$

Per cui il modulo

$m=\sqrt[3]{[10,5xMt/\lambda x\sigma adxZ1]} = 3,55mm$

tale valore si approssima a 4 in riferimento alla tabella appropriata.

Allora: Diametro Primitivo, dp1= m. Z1=4.25=100 mm

Verifichiamo adesso la velocità periferica V=dp1.π.n1/60=4,71 m/s

Valore diverso da quello imposto precedentemente,

per cui rifacciamo i calcoli con V=5 m/s

$\sigma ad=\sigma amm\ A/A+V= 112,5\ N/mm^2$

Si ricalcola $m=\sqrt[3]{[10,5x159.150/10x112,50x25]}$=3,90 mm che si approssima a 4,

vale comunque quello di prima,

a conferma si ricalcola la velocità periferica V=dp1.π.n1/60=4,71 m/s (questo è ovvio)

Adesso, possiamo continuare con il proporzionamento: RUOTA

Altezza del dente h=2,25 m = 9 mm

Diametro Primitivo dp1=m.Z1= 100 mm

Diametro di Testa dt1=dp1+2.m= 108 mm

Diammetro di Base db1=dp1-2,5.m= 90 mm

Larghezza b=λ.m= 40 mm

Adesso, possiamo continuare con il proporzionamento: RUOTA MOSSA

Numero Denti $Z2=i.Z1=50$

Diametro Primitivo $dp2=dp1.i=200$ mm

Diametro di Testa $dt2=dp2+2.m=208$ mm

Diammetro di Base $db2=dp2-2{,}5.m=190$ mm

Numero di giri $n2=n1/i=450$ g/m

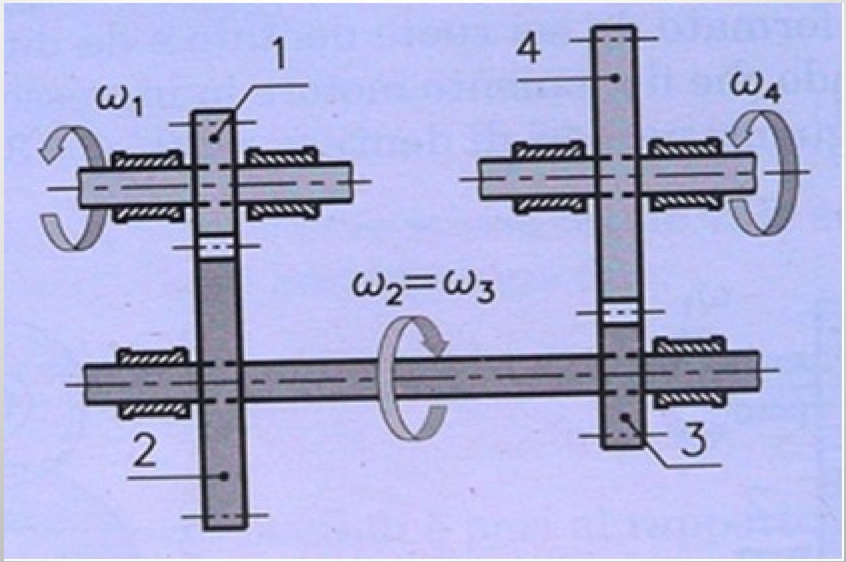
Larghezza $b=\lambda.m=40$ mm

Altezza Dente $h=2{,}25.m=9$ mm

Esercizio

Il riduttore sotto riportato è formato da due alberi indipendenti d'ingresso e d'uscita collegati a un albero intermedio che ruotano con velocità angolare ω e si accoppiano tramite le ruote dentate corrispondenti.

Sapendo che il Momento entrante, Me=100 Nm, il modulo delle ruote a sinistra, ms=2,5 mm, e quello a destra, md=3 mm, i numeri dei denti sono rispettivamente, Z1=20, Z2=40, Z3=18 e Z4=32, calcolare il rapporto di trasmissione totale e il momento torcente in uscita oltre a verificare la condizione di coassialità tra gli alberi, ovviamente si prescinde dagli attriti.



RISOLUZIONE

Il rapporto di trasmissione totale, it=is.id=Z2/Z1xZ4/Z3=3,55

La Potenza uscende, P4=P1, Potenza entrante che possiamo esprimerla come

$M4.\omega 4 = M1.\omega 1$

da cui $M4 = M1.\ \omega 1/\omega 4 = M1.it = 355$ Nm

Per la condizione di coassialità fra gli alberi, si ha: ms(Z1+Z2)=md(Z3+Z4)

Sostituendo i valori nimerici: 150=150

N.B. ciò è basato sul fatto che il rapporto di trasmissine è espresso anche come il rapporto dei raggi primitivi che sono in presa, infatti deve essere sempre r1+r2=r3+r4 e ciò è vero anche per il fatto che normalmente si considera il modulo md=ms.

Esercizio

L'albero d'ingresso entra con un numero di giri pari a n1=3.000 g/min, il numero dei denti è per Z1=38 e per Z2=55, qual è il rapporto di trasmissione tra
le ruote dentate di destra per avere in uscita nd=600 g/m?

RISOLUZIONE

PREMESSO CHE IL RAPPORTO DI TRASMISSIONE: $i=n1/n2=\omega 1/\omega 2=d2/d1=z2/z1$

Il numero dei giri dell'albero intermedio
è nai=n1.Z1/Z2=2.072 giri/min ≈ 2.000 g/m

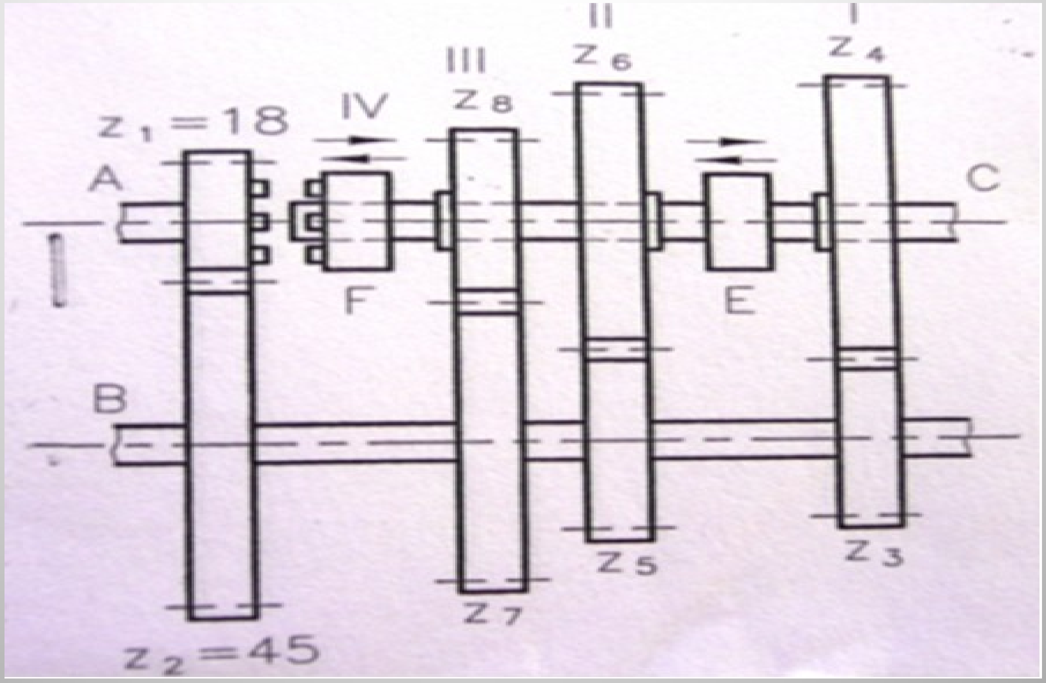
Siccome la distanza degli alberi è costante e quindi r1+r2=r3+r4
si procedere con la somma dei denti 38+55=93 denti
i=nai/[n2]=[n3]/n4 ma essendo n2=n3 (albero intermedio) si ha:

i=nai/n4=3,33=Z4/Z3 e siccome deve essere Z4+Z3=93, si ha:
Z4=3,33xZ3 segue 3,33xZ3+Z3=93 >> Z3(3,33+1)=93 >> Z3(4,33)=93
Quindi Z3=93/4,33=21,47 ≈ 22 denti e Z4=93-Z3=93-22=71 denti

ESERCIZIO

Un cambio è così strutturato: A: Albero motore, B: Albero intermedio e C: Albero d'uscita.

Le ruote dentate 1 e 2 sono sempre in presa, le ruote 2, 3, 5 e 7 sono calettate sull'albero B, le ruote 4, 6 e 8 sono folli sull'albero C e, per l'innesto della marcia, si bloccano sull'albero mediante i manicotti E e F. La quarta marcia si può ottenere bloccando direttamente gli alberi A e C mediante un innesto a denti frontali (presa Diretta).



L'albero motore compie 2500 g/m e sull'albero di uscita "C" si vogliono ottenere n1^=500 g/m in 1^ marcia, n2^=800 in 2^, n3^=1300 g/m in 3^ e 2500 in 4^ marcia.
Sapendo che i denti di Z1 e Z2 sono rispettivamente 8 e 45,
calcolare il numero dei denti delle ruote dentate di ciascun calettamento.

i=na/nb=Zb/Za

nb=na.Za1/Zb2=2.500x18/45=1000 g/m

Ma gli alberi hanno la stessa distanza per cui per la condizione di coassialità fra gli alberi
deve essere m(Z1+Z2)=m3^(Z8+Z7)=m2^(Z6+Z5)=m1^(Z4+Z3)=alla somma dei denti considerando come accade di solito che i moduli sono tutti uguali.

Quindi Z1+Z2=18+45=63

1^ velocità di marcia: i=nb/n1=1000/500=2,00 g/m per cui Z4/Z3=2 e Z3+Z4=63

Segue Z4=2xZ3 > Z3+(2xZ3)=63 >> Z3(1+2)=63

Z3=63/(1+2)=21 e Z4=63-Z3=63-21=42

2^ velocità di marcia: i=nb/n2^=1000/800=1,25 g/m per cui Z6/Z5=1,25 e Z5+Z6=63

Segue Z6=1,25xZ5 > Z5+(1,25xZ5)=63 >> Z5(1+1,25)=63

Z5=63/(1+1,25)=28 e Z6=63-Z5=63-28=35

3^ velocità di marcia: i=nb/n3^=1000/1300=0,77g/m per cui Z8/Z7=0,77 e Z7+Z8=63

Segue Z8=0,77xZ7 > Z7+(0,77xZ7)=63 >> Z7(1+0,77)=63

Z7=63/(1+0,77)=35,59 ≈ 36 e Z8=63-Z7=63-36=27

La 4^ marcia è in presa diretta con 2.500 g/m

Definire i rapporti di trasmissione del cambio a 4 marce nella figura precedente.

Il rapporto fra la velocità di una marcia e quella ottenuta con la marcia precedente, detto spaziatura, deve risultare costante;
tale costante, detta ragione del cambio, spesso è scelta fra valori unificati riportati nella tabella 3.1, desunti dalla serie numerica di Renard.

K-1 << La Ragione, R= √nk/n1 << con K, Numero delle Marce; n1 e nk, Marcia più corta (1^) e più lunga (4^)
Quindi, essendo n1 = 500 g/m e nk = 2.500 g/m

$R = \sqrt[3]{nk/n1} = \sqrt[3]{2500/500} = \sqrt[3]{5} = 1,709$

$n2 = n1.R = 500 \times 1,709 = 854,5\ g/m \approx 855\ g/m$

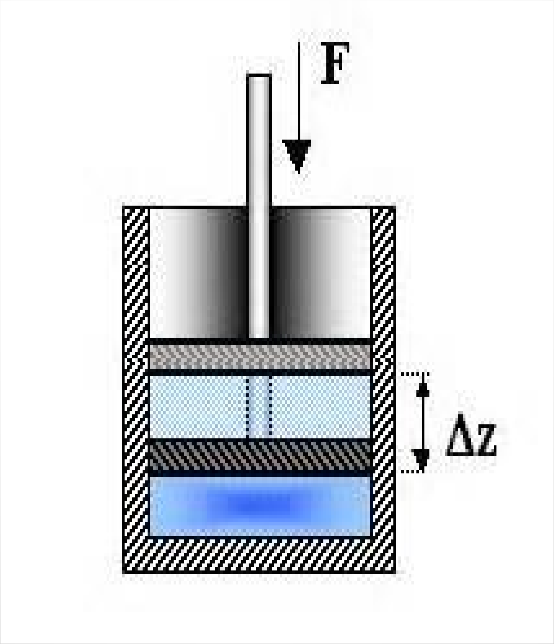
$n3 = n2.R = 855 \times 1,709 = 1.461,19\ g/m \approx 1.461\ g/m$

$n4 = n3.R = 1461 \times 1,709 = 2.496,84\ g/m \approx 2.500\ g/m$

N.B. i risultati NON sono proprio esatti.

Esercizio

Il sistema, cilindro/stantuffo con diametro interno di 50 mm è pieno di aria compressa alla pressione di 5 bar. Il pistone contrasta una forza perpendicolare ad esso di 600 N che lo spinge verso il basso di ΔZ=10 cm. Calcolare il lavoro svolto dal sistema trascurando gli attriti. Si chiede, inoltre, di verificare il sistema in funzione del diagramma P-V a pressione costante (isobara).



RISOLUZIONE

Allora si calcola la sezione del cilindro, $S=\pi d^2/4=0,00196\ m^2$ e la forza esercitata dall'aria compressa, verso l'alto, $Fc=pxS= 980\ N$

Essa è maggiore della forza esterna agente sul sistema,verso il basso, $F=600\ N$: $Fc>F$

Quindi il lavoro svolto dal sistema è

$L=Fc \times \Delta Z - F \times \Delta Z = \Delta Z\ (Fc-F) = 38\ J$

Termodinamicamente parlando ciò avviene a pressione costante: ISOBARA

Nel diagramma (P-V) di una isobara,

si ha un rettangolo di base volume (Vfin-Viniz) e altezza p (pressione),

quindi, posso scrivere che $\Delta L = p\ (Viniz-Vfin) =$

$= 5x100.000[Pa] \times [0,10x(3,14x0,050^2/4)] = 98\ J$

VERIFICA: $\Delta L= Fc \times \Delta Z = 980 \times 0,10 = 98\ J$.

Esercizio

Determinare a) lo stato fisico finale dell'aria (Passoluta, Volume specifico e Temperatura in Kelvin), b) il lavoro compiuto sul fluido da un stantuffo immerso in un cilindro di diametro d=40 cm che contiene 3 kg d'aria alla temperatura di 27°C e sovraccaricato da una forza F=2000 daN, supponendo che venga sottratta al fluido una quantità di calore pari a 150 kJ. C) Se, invece, somministrimo calore al fluido a 40°C, qunt'è lo spostamento dello stantuffo?

RISOLUZIONE Domanda a) Stato Fisico Finale

Dati= Cp (calore specifico a pressione costante dell'aria)

=996 J/kg.K=0,996 KJ/kg.k

Patm in Pascal = 98.066,5 Pa [N/m²] - R=287

Pressione Iniziale= Pi = F/A=20.000/3,14 x 0,20²=20.000/0,1256 = 159.235,67 Pa

Pressione assoluta = Pass = Pi + Patm = 159.235,67 + 98.066,5 = 257.302,17 Pa

Sottraiamo il calore Q=-m.cp(T2-T1) >> T2-T1 = -Q/mcp = -150 kJ/3 kg x 0,996 kJ/kg.k= -50,20 k

Ma essendo Tk=273,15 + C = 273,15+27=300,15 K=T1

e quindi, T2= -50,20 + 300,15 = 249,95 K

Volume specifico, V2=RT2/Pass = 287x249,95/257.302,17 = 0,278 m³/kg

RISOLUZIONE Domanda b) Lavoro compiuto

Il lavoro, L = m.Pass(V2-V1)

ma bisogna determinare prima il volume specifico iniziale V1= RT1/Pass=

= 287 x 300,15/257.302,17 = 0,334 m^2/kg

Quindi L=3 x 257.302,17 (0,278 - 0,334) = -43.226,76 J che è NEGATIVO

RISOLUZIONE Domanda c) Somministriamo calore

V1, prima del riscaldamento = 0,334x3 = 1,002 m^3 e essendo

Tk=273,15 + °C = 273,15+40=313,15 °K=T2

Si ha che V2, dopo il riscaldamento = V1xT2/T1= 1,045 m^3

La variazione di Volume è

V2-V1 = 1,045 m^3 - 1,002 m^3 = 0,043 m^3 = 43.000 cm^3

e lo stantuffo si sposta di ΔZ= V2-V1/Area = 43.000/3,14 x 20^2 = 34,23 cm

Esercizio

Stesso sistema, determinare la variazione di Energia Interna somministrando 1000 J di calore e il gas compie un lavoro esterno di 820 J.

RISOLUZIONE

$\Delta U = U2 - U1 = Q - L = 1000 - 820 = 180\ J$

Ricalcolare ΔU per una trasformazione isoterma di 1 kg di gas sapendo che $T1 = 330$ °K e $T2 = 360$ °K con $Cv = 0,72$ kg/kg.k

RISOLUZIONE

$\Delta U = U2 - U1 = Cv(T2 - T1) = 0,72\ (360 - 330) = 21,60\ kJ$

Esercizio

Calcolare il rendimento termico teorico del cilindro di un motore in base ai seguenti dati: Calore Introdotto (Q1) = 2400 kJ/kg e Calore Sottratto (Q2) = 1750 kJ/kg.

Nel ciclo di Carnot determinare il rendimento nel caso di 2 salti di temperatura uguali ma con temperature estreme diverse, uno con T1=1000 K e T2=900 K e l'altro con T1=250 K e T2=150 K.

Commentare e descrivere il procedimento di calcolo con riferimento alle unità di misura.

RISOLUZIONE

η=Q1-Q2/Q1=0,27

ηc=T1-T2/T1=0,1

e ηc=T1-T2/T1=0,4

Esercizio

Calcolare l'efficienza "ε" dell'impianto di condizionamento operando con il ciclo di Carnot inverso, sapendo che la temperatura estiva esterna è di 40 C=t_1 all'ombra e che si desidera avere un'ambiente a temperatura interna di 23 C=t_0. Ovviamente in condizioni ideali, trascurando le perdite.

RISOLUZIONE

L'impianto di condizionamento deve sopperire al flusso termico che attraversa le pareti, passiamo alle temperature assolute:

T_1=273,13K +t_1=273,13 K+40 C=313,13 K e

T_0=273,13K +23t_0=296,13 K

Efficienza o Coefficiente di prestazione

ε= T_0/ T_1-T_0=296,13/(313,13-296,13)=296,13/17=17,42

Vuol dire che per ogni singola unità di lavoro spesa per il funzionamento della macchina frigorifera di Carnot, si deve estrarre dalla stanza 17,42 unità di calore, ovviamento trascurando le perdite.

Esercizio

Un termostato inferiore a temperatura ambiente, t_0=10 C e due superiori, rispettivamente a t_1=650 C e t_3=1400 C, formano due cicli di Carnot. Per il 1^ ciclo, la differenza tra il calore entrante e quello uscente è Q_1=450 kJ/kg e per il 2^, Q_2=300 kJ/kg. I cicli sono attivi in senso orario è come fluido operativo usano azoto.

Trovare l'entropia riportartandola sul diagramma entropico (T/S) e calcolare i rendimenti. ***Disegnare lo schema di riferimento***

RISOLUZIONE

Trasformiano tutte le temperature in gradi Kelvin:T=273,13K +t_0

T_0=273,13 K+10 =283,13 K, T_1=273,13 K+650 =923,13 K e

T_2=273,13 K+1400 =1673,13 K

Per disegnare il diagramma T/S bisogna calcolare:

$\Delta S_1=Q_1/T_1-T_0$=450/(923,13-283,13)=450 kJ/kg/640 K=0,703 kJ/kgK

$\Delta S_2=Q_2/T_2-T_0$=300/(1673,13-283,13)=300kJ/kg/1390 K=0,215 kJ/kgK

e considerare l'isoterma T_0=283,13 K come base comune

e l'altezza è pari alla differenze delle temperature: T_2-T_0 e T_1-T   già trovate.

Troviamo i rendimenti:

$\eta_1=1-T_0/T_1=1-(283{,}13/923{,}13)=1-0{,}305=0{,}69$ e

$\eta_2=1-T_0/T_2=1-(283{,}13/1673{,}13)=1-0{,}169=0{,}83$

Il rendimento di quest'ultimo è maggiore perché la macchina di Carnot lavora tra temperature più alte.

Il lavoro non dipendente dalla quantità di calore scambiata (area racchiusa nei rettangoli del diagramma T/S).

ESERCIZIO

Un termosifone di un impianto di riscaldamento ad acqua calda, riceve dalla caldaia l'acqua a temperatura t_1=90°C e, a sua volta il termosifone la rimanda in caldaia fredda a temperatura t_0=20°C.

Qual è la variazione di entropia considerando che dQ_1=240 KJ/kg e dQ_0=100 KJ/Kg? Disegnare lo schema di riferimento.

Si precisa che l'acqua esce dalla caldaia a 100°C ed esce dal termosifone a 30°C.

<u>RISOLUZIONE</u>

Si riporta tutto alle temperature assolute

T_1=273,13K +t_1=273,13 K+90 C=363,13 K

T_0=273,13K +t_0=273,13 K+20 C=293,13 K

e ΔT_1= ΔT_0=273,13K +10 C=283,13 K

Allora, nel tratto TRA CALDAIA E TERMOSIFONE

$dS=dQ_1/T_1-dQ_1/(T_1+\Delta T_1)$ che è positiva:

dS=240 KJ/kg/363,13 K-240/(363,13 K+283,13 K)=0,66–(240/646,26)=
=0,66–0,37=0,29 kJ/kgK

Nel tratto compreso tra TERMOSIFONE E CALDAIA

$dS=dQ_0/(T_0-\Delta T_0)-dQ_0/T_0$ >> anche qui è positiva:

dS=100/(293,13 K–283,13 K)-100/293,13 K=100/10-0,34=10-0,34=9,66 kJ/kgK.

ESERCIZIO

Descrivere e rappresentare in un abbozzo lo schema dei componenti di uno dei generatori di vapore, seguenti:

Caldaia tipo Cornovaglia,

VEDI FIGURA PAG. 293, Fig.18.1

- Caldaia a tubi di fumo,

VEDI FIGURA PAG. 294, Fig.18.2

- Caldaia a tubi d’acqua sub-orizzontali,

VEDI FIGURA PAG. 295, Fig.18.3

ESERCIZIO

Il tubo di Laval si adatta alla bocca di efflusso per sfruttare al meglio l’energia cinetica potenziale disponibile in relazione al salto effettivo di pressione (p1-p2).

Disegnare il tubo di Laval e descrivere la formula per dimensionare la lunghezza (l).

PAG. 287 Fig. 17.3 Con >> l=(d1-d2/2)/(tag.ά/2)