

**Esame di Fisica Tecnica – Ingegneria Gestionale 3 – A.A. 2015/2016**  
**prova del 28/01/2016**

Cognome e Nome:

Matricola:

--	--	--	--	--	--

x

y

**Esercizio 1**

Una massa di  $5+x$  kg di  $\text{CO}_2$  viene riscaldata dalla temperatura di 300 K alla temperatura di  $500+20y$  K. Determinare la variazione di energia interna impiegando il calore specifico alla temperatura media di trasformazione: \_\_\_\_\_ kJ [3 punti]

$$m = 5 + x \text{ 'kg di H}_2$$

$$T_1 = 300 \text{ 'K}$$

$$T_2 = 500 + 20 * y \text{ 'K}$$

$$t_m = (T_1 + T_2) / 2 \text{ 'K}$$

$$c_v = c_{v\_co2}(t_m) \text{ 'kJ/kgK}$$

$$DU = m * c_v * (T_2 - T_1) \text{ 'kJ}$$

$$\text{Risultato} = DU \text{ ' kJ}$$

**Esercizio 2**

In uno scambiatore di calore, entra una portata massica di  $1+x$  kg/s di miscela liquido-vapore alla temperatura di  $75+2x$  °C e titolo  $0.80+y/100$ , uscendone in condizioni di liquido saturo. Nel secondo circuito entra acqua alla temperatura di 10°C uscendone a  $20-x$  °C. Calcolare la portata massica di acqua che circola nel secondo circuito assumendo per quest'ultima un calore specifico di 4.18 kJ/kgK: \_\_\_\_\_ kg/s [3 punti]

$$m_1 = 1 + x \text{ '[kg/s]}$$

$$T_{11} = 75 + 2 * x \text{ '[°C]}$$

$$x_{11} = 0.8 + y / 100$$

$$x_{12} = 0$$

$$T_{21} = 10 \text{ '[°C]}$$

$$T_{22} = 20 - x \text{ '[°C]}$$

$$c_{p2} = 4.18 \text{ '[kJ/kgK]}$$

$$m_2 = ?$$

'Trovo la soluzione considerando che la potenza termica ceduta nel primo circuito è pari a

$$Q_1 = m_1 * x_{11} * h_{lv}(T_{11})$$

$$' e poi ponendo  $Q_1 = -Q_2 = m_2 * c_{p2} * (T_{22} - T_{21})$$$

$$h_{lv11} = h_{lv\_acqua}(T_{11}) \text{ [ricavato dalla tabella]}$$

$$Q = m_1 * x_{11} * h_{lv11}$$

$$m_2 = Q / (c_{p2} * (T_{22} - T_{21}))$$

$$\text{Risultato} = m_2$$

**Esercizio 3**

Una pompa di calore geotermica funziona in base ad un ciclo di Carnot inverso ideale prelevando calore dal sottosuolo alla temperatura di  $15-x$  °C e riversandolo in un impianto per la produzione di acqua calda sanitaria alla temperatura di  $40+2y$  °C. Sapendo che la potenza termica prelevata dal sottosuolo è pari a  $120+5x$  kW, determinare la potenza meccanica necessaria a far funzionare l'impianto: \_\_\_\_\_ kW [3 punti]

$$t_i = 273.15 + 15 - x \text{ '[K]}$$

$$T_s = 273.15 + 40 + 2 * y \text{ '[K]}$$

$$Q_i = 120 + 5 * x \text{ '[kW]}$$

$$L_m = ?$$

$$' Trattandosi di PdC si avrà  $COP = Q_s / L_m = T_s / (T_s - T_i)$$$

$$' d'altra parte  $Q_s = Q_i + L_m \implies (Q_i + L_m) / L_m = T_s / (T_s - T_i)$$$

$$' \implies Q_i / L_m + 1 = T_s / (T_s - T_i) \implies L_m = Q_i * (T_s / (T_s - T_i) - 1)^{-1}$$

$$L_m = Q_i * (T_s / (T_s - t_i) - 1)^{-1}$$

NOTE: E' necessario consegnare solo il presente foglio debitamente compilato. Salvo diversa indicazione i risultati saranno considerati corretti se il valore sarà contenuto entro un intervallo del  $\pm 2\%$  rispetto al valore di riferimento. La consegna con almeno 40 min di anticipo dà diritto al 10% di incremento sulla valutazione conseguita, mentre l'incremento sarà proporzionalmente ridotto se l'anticipo è inferiore.

Risultato = Lm [kW]

#### Esercizio 4

Un impianto a turbo gas con rigenerazione funziona in base ad un ciclo Joule-Brayton ad aria standard, con rapporto manometrico di compressione pari a  $6+x/2$  ed efficienza di rigenerazione del 90%. Sapendo che in caldaia vengono bruciati  $10+y$  kg/s di combustibile ( $H_c = 9500$  kcal/kg) con un rendimento di combustione del 92%, mentre l'aria entra nel compressore alla temperatura di  $270+2y$  K e alla pressione di 100 kPa e in turbina alla temperatura di  $1200+10x$  K, determinare:

- la temperatura di ingresso in caldaia: \_\_\_\_\_ K [3 punti]
- la potenza utile netta fornita dall'impianto: \_\_\_\_\_ MW [3 punti]
- il rendimento termico del motore: \_\_\_\_\_ % [3 punti]

```
beta = 6 + x / 2
mc = 10 + y 'kg/s
hc = 9500 * 4.186 'kJ/kg
etac = 0.92
T1 = 270 + 2 * y 'K
p1 = 100 'kPa
T3 = 1200 + 10 * x '[K]
eps = 0.9
```

```
' Costanti
k = 1.4
cv = 0.718 'kJ/kgK
cp = 1.005 'kJ/kgK
```

```
' A seguito della prima compressione adiabatica avremo che
T2 = T1 * beta ^ ((k - 1) / k)
' Mentre all'uscita della turbina sarà
T4 = T3 / (beta ^ ((k - 1) / k))
T5 = T2 + eps * (T4 - T2)
```

```
'sapendo che la potenza termica somministrata in caldaia è
Q = mc * hc * etac 'kW
' e che d'altra parte è pure pari a m*cp*(T3-T5) ==>
m = Q / (cp * (T3 - T5))
Lu = m * cp * (T3 - T4 - (T2 - T1))
eta_t = Lu / Q
```

```
Risultato 1 = T5 'K
Risultato 2 = Lu / 1000 'MW
Risultato 3 = eta_t * 100 '%
```

#### Esercizio 5

Un sistema di accumulo del freddo è composto da un serbatoio cilindrico avente diametro di  $4+x/3$  m e altezza di  $2+y/10$  m. La base poggia sul terreno e, pertanto, si può ritenere nullo lo scambio termico attraverso essa. Le pareti e la copertura sono costituite da uno strato di  $10+x$  cm di calcestruzzo ( $\lambda = 1.4$  W/m°C), seguito da uno strato di lana di roccia ( $\lambda = 0.035$  W/m°C) e rifinito esternamente da un pannello prefabbricato avente spessore di 2 cm e  $\lambda = 0.05+y/1000$  W/m°C: Sapendo che all'interno del serbatoio la temperatura è di  $-x$  °C e che si possono trascurare gli scambi superficiali, mentre all'esterno l'aria si trova alla temperatura di 20 °C e il coefficiente di scambio termico superficiale si può assumere pari a 16 W/m<sup>2</sup>°C, e trattando infine le pareti come superfici piane, determinare:

- lo spessore di lana di roccia necessario a garantire che la potenza termica complessivamente entrante nel serbatoio sia minore di  $250+100y$  W: \_\_\_\_\_ cm [3 punti]
- la temperatura sulla superficie esterna del serbatoio: \_\_\_\_\_ °C [3 punti]

```
D = 4 + x / 3 '[m]
h = 2 + y / 10 '[m]

s1 = (10 + x) / 100 '[m]
l1 = 1.4 '[W/m°C]
l2 = 0.035 '[W/m°C]
s3 = 2 / 100 '[m]
l3 = 0.05 + y / 1000 '[W/m°C]
```

NOTE: E' necessario consegnare solo il presente foglio debitamente compilato. Salvo diversa indicazione i risultati saranno considerati corretti se il valore sarà contenuto entro un intervallo del  $\pm 2\%$  rispetto al valore di riferimento. La consegna con almeno 40 min di anticipo dà diritto al 10% di incremento sulla valutazione conseguita, mentre l'incremento sarà proporzionalmente ridotto se l'anticipo è inferiore.

```

ti = -x '[°C]
te = 20 '[°C]
hse = 16 '[W/m2°C]
Const Pi As Single = 3.14159265358979

'Voglio dimensionare s2 in modo che Q=250 W
Q = 250 + 100 * y '[W]
'Calcolo l'area della superficie scambiante
A = Pi * D * h + Pi * (D / 2) ^ 2 '[m2]
'Poichè Q=A*(te-ti)/Rtot ==>
Rtot = A * (te - ti) / Q '[m2°C/W]

```

```

'Calcolo le resistenze unitarie già note
R1 = s1 / l1
R3 = s3 / l3
Rse = 1 / hse
'Per cui
R2 = Rtot - R1 - R3 - Rse
s2 = R2 * l2 '[m]
'Infine per determinare la temperatura superficiale...

```

```
tse = te - (Rse / Rtot) * (te - ti)
```

```

Risultato 1 = s2 * 100 '[cm]
Risultato 2 = tse '[°C]

```

### Esercizio 6 [tolleranza 5%]

In una palestra, durante l'ora di punta, la presenza degli occupanti determina un carico termico sensibile di 500+20x W e un carico igrometrico di 1000+20y g/h di vapore d'acqua. Spendo che si vuole mantenere l'ambiente a temperatura di 22 °C e umidità relativa del 50%, e che l'aria viene immessa in ambiente alla temperatura di 17°C, determinare:

- la portata massica di aria secca che deve circolare: \_\_\_\_\_ kg/h [3 punti]
- l'entalpia dell'aria nelle condizioni d'ingresso: \_\_\_\_\_ kJ/kg [3 punti]

```

Qs = 500 + 20 * x '[W]
mv = 1000 + 20 * y '[g/h]
ta = 22 '[°C]
ura = 50 '[%]
ti = 17 '[°C]

```

```

'ma = ?
'ha = ?

```

```

'costanti
ca = 1.005 '[kJ/kg°C] cp aria
cv = 1.82 '[kJ/kg°C] cp vapore
hv0 = 2501.3 '[kJ/kg] entalpia di vaporizzazione

```

```

'Per prima cosa troviamo la pendenza della retta d'immissione
'mi serve determinare l'entalpia del vapore
hv = hv0 + cv * ta '[kJ/kg]
pend = (Qs / 1000) / (mv / 3600) + hv / 1000 'Ho riportato tutto in [kJ/g]

```

```

'individuo le coordinate del punto A
xa = titolo(ta, ura)
ha = entalpia_x(ta, xa)

```

```

'trovo graficamente il punto di immissione
xi = x_immissione(ha, xa, pend, ti)
hi = entalpia_x(ti, xi)
'pertanto la portata massica sarà
ma = mv / (xa - xi) '[kg/h]
ma2 = 3600 * (Qs / 1000 + mv * hv / (3600000)) / (ha - hi)
Risultato 1 = (ma + ma2) / 2 '[kg/h]
Risultato 2 = hi '[kJ/kg]

```

NOTE: E' necessario consegnare solo il presente foglio debitamente compilato. Salvo diversa indicazione i risultati saranno considerati corretti se il valore sarà contenuto entro un intervallo del  $\pm 2\%$  rispetto al valore di riferimento. La consegna con almeno 40 min di anticipo dà diritto al 10% di incremento sulla valutazione conseguita, mentre l'incremento sarà proporzionalmente ridotto se l'anticipo è inferiore.