# POLITECNICO DI MILANO

# ESERCITAZIONI DI SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

##### Allievi Fisici A.A. 2021/2022

##### Prof. Andrea Giostri

**Ripasso Termodinamica**

**1.** Una sfera di rame di diametro d=20 cm, a temperatura TCu= 95 °C, viene posta in un recipiente rigido perfettamente adiabatico contenete una massa mH2O di acqua pari a 50 kg a temperatura TH2O=20°C. Il recipiente viene chiuso immediatamente dopo avere immerso la sfera di rame. Sapendo che ρCu=8938 kg/m3 e cCu=389.37 J/kgK, determinare la temperatura finale raggiunta e calcolare l'aumento di entropia associato alla trasformazione.

*[Risultati: Tfinale=24.89 °C; ΔS=378 kJ/K]*

**2.** Si immagini di avere un recipiente rigido di volume pari a 3 m3, al suo interno sia contenuta aria alla T di 25°C e pressione di 101325 Pa. La massa molare dell’aria è pari a 28.84 kg/kmol.

a) determinare la costante R\* dell’aria e la sua densità in condizioni ambiente.

b) si immagini di riscaldare l’aria a volume costante portandola fino a 500°C, quanto è il calore necessario? Quale sarà la pressione alla fine del riscaldamento?

[*Risultati: ρaria = 1,18 kg/m3; Q = 1212 kJ; P = 262.7 kPa]*

**3.** Una massa di aria m = 0.01 kg è contenuta a pressione atmosferica all’interno di un cilindro verticale adiabatico avente sezione trasversale S=0.01 m2 ed un metro di altezza. Utilizzando la costante dei gas calcolata nell'esercizio precedente, si calcoli il lavoro necessario per comprimere l'aria mediante una trasformazione adiabatica e reversibile fino a dimezzarne il volume, e la pressione alla fine della trasformazione. [*Risultati: 809.35 J; 2.674 bar]*

**Esercizi addizionali**

**4.** In un cilindro ad asse orizzontale, chiuso da uno stantuffo che scorre idealmente senza attrito, è racchiusa una massa di azoto (MM=28.013) pari a mN2= 1 kg. Il gas viene compresso, partendo dalle condizioni iniziali T1=20°C e V1=0,859 m3 fino V2= 0,2746 m3. Determinare la temperatura del gas al termine della compressione e il lavoro scambiato con l’esterno, ritenendo sia il cilindro che lo stantuffo adiabatici. Si supponga poi di introdurre nel cilindro una massa di rame mCu=1 kg, sotto forma di paglietta finissima. Supponendo rame ed azoto sempre in equilibrio termico e noto il calore specifico del rame cCu, pari a 385 J/kgK, determinare: il calore specifico della trasformazione subita dal gas, la temperatura finale, il volume specifico finale, e il lavoro scambiato con l’esterno. *[risultato: T2,isoentropica=462 K; L=125.4 kJ* ; *cx=-385 J/kgK; n=1.263; T2,politropica=395.82K; L=115.7 kJ]*

**5.** Una massa di aria pari a 1 kg viene portata dalle condizioni iniziali p1=1 bar, T1= 25°C alle condizioni finali p2=5 bar, T2=25 °C. Calcolare lavoro e calore scambiati e la variazione di energia interna ed entropia per ciascuna delle seguenti trasformazioni, supposte reversibili: a) compressione isocora + scambio di calore a pressione costante; b) compressione isoterma; c) compressione isoentropica seguita da scambio di calore a volume costante.

*Risultati : a. L=-Q=3431 kJ DU=0 kJ DS=-464 J/K*

*b. L=-Q=138 kJ DU=0 kJ DS=-464 J/K*

*c. L=-Q=194 kJ DU=0 kJ DS=-464 J/K*

**Sistemi aperti**

**6.** Calcolare la variazione di pressione tra l’ingresso e l’uscita di un condotto divergente disposto orizzontalmente, avente diametro di ingresso D1 = 1.2 m e diametro di uscita D2 =2.4 m, nel quale fluisce una portata di acqua pari a 3.3 m3/s. L’asse del condotto si trova 3 m al di sotto del pelo libero del bacino in cui l’acqua è scaricata. Si effettui il calcolo nelle seguenti ipotesi:

a) flusso ideale all’interno del diffusore

b) perdita per attrito pari a 0.6 J/kg

Determinare nei due casi la spinta orizzontale esercitata dal fluido sulle pareti del condotto.

*[Risultati: Caso ideale:* Δ*p =3997 Pa ; F=-440.07 kN. Caso b:* Δ*p =3394.9 Pa; F=-440.02 kN]*

**7.** Una portata di aria (MM=28.84 kg/kmol) pari a 0.05 kg/s attraversa un tubo di sezione pari a 0.0156 m2 raffreddandosi da 75°C a 40°C. La differenza di pressione misurata agli estremi dello stesso è pari a 6.75 mbar; la pressione all'uscita del tubo è atmosferica. Determinare la risultante degli sforzi tangenziali agenti sulla superficie del tubo.

*[Risultati: T=10.54 N]*

**8.** In un sistema aperto, un flusso di azoto (N2) avente portata pari a 3 kg/s è raffreddato da 500°C fino a 300°C cedendo calore ad un flusso di acqua di 3 kg/s a 15°C. Calcolare la potenza termica scambiata, la temperatura di uscita dell'acqua. Il calore specifico a pressione costante dell’azoto è approssimabile col seguente polinomio a+bT+cT2 [kJ/kg K], con a, b e c rispettivamente pari a 0.6911, 0.0008 e -2.463E-07. Il calore specifico dell’acqua è pari a 4.186 [kJ/kg K].

*[Risultati: P=670.3 kW, Tacqua=68.3 °C]*

**9.** Un compressore ideale avente rapporto di compressione pari a 3, elabora 5000 m3/h di aria atmosferica (p=pamb; rapporto aria=cp/cv=1.39) alla temperatura di 20°C. Calcolare la temperatura dell’aria all’uscita e la potenza della macchina.

[*Risultati*: Tuscita=125.8°C, P=181.1 kW]

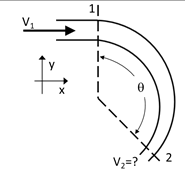
**10.** Una macchina idraulica (adiabatica) elabora una portata di acqua, a pressione atmosferica, senza variazione di quota tra l’ingresso e l’uscita della macchina. La pressione all’uscita è pari a 3bar. La velocità all’ingresso della macchina è pari a 8 m/s, la velocità allo scarico della macchina è pari a 10 m/s, e la potenza meccanica scambiata con l’esterno è pari a 350 kW. A cavallo della macchina l’incremento di temperatura è 0.01°C. Si chiede di specificare se la macchina è motrice o operatrice, calcolare la portata massica di acqua elaborata, il rendimento idraulico e il diametro del condotto che adduce l’acqua alla macchina.

*[Risultati: m=1353 kg/s, idr=0.838, Din=0.46 m]*

**Esercizi addizionali**

**11.** Una macchina a fluido comprimibile elabora una portata di aria (cp=1004 J/kg/K; R=287 J/kg/K) a partire dalle condizioni T1=25°C e P1=1.0 bar valutate sulla flangia di ingresso. La velocità dell’aria rispettivamente all’ingresso e all’uscita della macchina è pari a 100 m/s e 110 m/s. La macchina può essere ritenuta in prima approssimazione adiabatica e ideale. La pressione di scarico è pari a 5 bar. Si calcoli la portata massica elaborata dalla macchina sapendo che la potenza meccanica scambiata dalla macchina con l’esterno è pari a 1 MW e si indichi se la macchina è motrice o operatrice. Si determini inoltre l’area delle sezioni di ingresso e di uscita della macchina.

*[Risultato: portata massica 5.68 kg/s; S1=0.0486 m2; S2=0.014m2]*

**12.** Una portata di acqua pari a 0.424 m3/s di acqua attraversa la tubazione ad asse orizzontale riportata in figura. Il diametro della sezione di ingresso è 300 mm mentre il diametro della sezione di uscita è 200 mm. La pressione nella sezione di ingresso è pari a 96.4 kPa. Assumendo un flusso ideale, valutare la spinta orizzontale per un valore di  pari a 135° e il valore di  che massimizza la spinta orizzontale.

**Dati per la risoluzione dei quesiti**

Costante dei gas. R = 8.314 kJ/kmol/K,

Pressione atmosferica = 101325 Pa =1.01325 bar

Calore specifico dell’acqua = 4.186 kJ/kg/K

Densità acqua = 1000 kg/m3