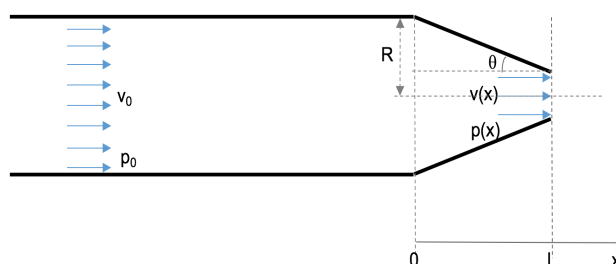


Università degli Studi di Siena  
 Corso di Laurea FTA - A.A. 2019/20  
 Corso di Fluidi e Termodinamica  
 Esame del 2/7/2020

1) Un fluido ideale di densità  $\rho=1.1 \text{ g/cm}^3$  scorre in un condotto cilindrico orizzontale di raggio  $R=20 \text{ cm}$  con velocità  $v_0=6 \text{ m/s}$  e pressione  $p_0$ . In prossimità della fine del condotto (a partire da  $x=0$  in figura), vi è un restringimento a forma di tronco di cono di altezza  $L=50 \text{ cm}$  e angolo  $\theta=15^\circ$ . Determinare:



- a) la velocità del fluido in funzione di  $x$  nella zona in cui il tubo si restringe;
- b) la pressione del fluido in funzione di  $x$ ;
- c) il valore di  $p_0$  sapendo che la pressione all'uscita del condotto ( $x=L$ ) è  $1 \text{ atm}$ .

2) Una macchina termica reversibile assorbe calore da una sorgente a temperatura  $T_1 = 500 \text{ K}$  e cede calore ad una massa  $m=1 \text{ kg}$  di acqua inizialmente alla temperatura di  $50^\circ\text{C}$ . La macchina cessa di funzionare quando tutta la massa d'acqua è evaporata. Calcolare:

- il calore  $Q_1$  che la macchina assorbe dalla sorgente;
- il rendimento della macchina;
- la variazione di entropia della sorgente.

[calore latente di ebollizione dell'acqua  $\lambda= 2.272 \times 10^6 \text{ J/kg}$ ; calore specifico dell'acqua  $c = 4186 \text{ J/(kg K)}$ ]

3) Una massa  $m=50 \text{ g}$  di gas perfetto monoatomico subisce un'espansione isoterma reversibile in cui il volume del gas triplica rispetto al volume iniziale. L'energia interna del gas  $U = 4 \times 10^3 \text{ J}$  e la variazione di entropia nella trasformazione è  $10 \text{ J/K}$ . Calcolare:

- a) la temperatura del gas;
- b) la quantità di calore scambiata dal gas con l'esterno;
- c) il peso molecolare del gas;
- d) la variazione di entropia dell'ambiente.

## SOLUZIONI

1) Equ. continuità

$$v_0 \pi R^2 = v(r) \pi r^2$$

$$v(r) = \frac{v_0 R^2}{r^2} = \frac{v_0 R^2}{(R - x \operatorname{tg} \alpha)^2} = v(x)$$

$$r = R - x \operatorname{tg} \alpha$$

Bernoulli'  $\frac{1}{2} \rho v_0^2 + p_0 = p(x) + \frac{1}{2} \rho v^2(x)$

$$p(x) = p_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 \left[ 1 - \frac{R^4}{(R - x \operatorname{tg} \alpha)^4} \right]$$

$$p(x=0) = p_0 \quad \text{OK}$$

$$p(x=L) = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_0 = p(L) - \frac{1}{2} \rho v_0^2 \left[ 1 - \frac{R^4}{(R - L \operatorname{tg} \alpha)^4} \right] =$$

$$= 10^5 - \frac{1}{2} \cdot 1.1 \cdot 10^3 \cdot 6^2 \left[ 1 - \frac{0.2^4}{(0.2 - 0.5 \operatorname{tg} 15^\circ)^4} \right] = 1.747 \cdot 10^6 \text{ Pa} \\ \approx 17.5 \text{ atm}$$

2) Macchine reversibile

Ugn. Clausius  $\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$

$\int \frac{\delta Q_1}{T_1} + \int \frac{\delta Q_2}{T} = 0$   
↑ assorb.    ↓ ceduto

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{m\lambda}{T_{eb}} - \int_{T_i}^{T_{eb}} \frac{mc dT}{T} = 0$$

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{m\lambda}{T_{eb}} - mc \log \frac{T_{eb}}{T_i} = 0$$

$$Q_1 = T_1 m \left( \frac{\lambda}{T_{eb}} + c \log \frac{T_{eb}}{T_i} \right) = 500 \cdot 1 \cdot \left( \frac{2.272 \cdot 10^6}{373} + 4186 \log \frac{373}{323} \right) = 3.35 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{m\lambda + mc(T_{eb} - T_i)}{Q_1} = 0.259$$

$$\Delta S_{\text{org}} = - \frac{Q_1}{T_1} = -6694 \text{ J/K}$$

$$3) \quad U = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} nRT$$

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = nc_v \ln \frac{T_f}{T_i} + nR \ln \frac{V_f}{V_i} = 0 + nR \ln 3$$

$$n = \frac{\Delta S}{R \log 3} = \frac{10}{8.31 \cdot \log 3} = 1.095 \text{ mol}$$

$$T = \frac{2U}{3nR} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^3}{3 \cdot 1.095 \cdot 8.31} = 293 \text{ K}$$

$$Q = \mathcal{L} = \int p dV = nRT \log \frac{V_f}{V_i} = 1.095 \cdot 8.31 \cdot \log 3 \cdot 293 = 2929 \text{ J}$$

$$M = \frac{m}{n} = \frac{509}{1.095} = 45.66$$

$$\Delta S_{\text{ambiente}} = \frac{-Q}{T} = -10 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

