Esercitazione 01 - Bilanci e Equazione di Stato

Esercizio 07 (link registrazione)

Corso di Fisica Tecnica
a.a. 2019-2020

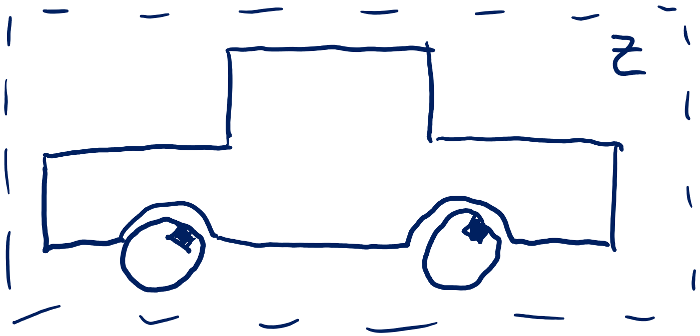
Prof. Gaël R. Guédon
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

1.7. *[avanzato]* Un'auto di massa M_{auto} = 1275 kg ha quattro freni a disco. Ciascun freno è costituito da un disco di 3 kg e da una coppia di pinze di 0.25 kg di massa complessiva. Si supponga che l'auto viaggi a 150 km/h quando, improvvisamente, frena riducendo la propria velocità a 50 km/h. A causa della frenata i freni si riscaldano: supponendo che la variazione di energia cinetica dell'auto sia interamente dissipata dai freni e che questi si comportino tutti allo stesso modo, determinare:

- La temperatura raggiunta dai freni (temperatura iniziale di 20 °C).
- Le variazioni di energia ed entropia dei freni.
- Se il processo subito dai freni è reversibile o irreversibile.

Ipotesi aggiuntive: trascurare le dispersioni termiche verso l'ambiente e le variazioni di volume. Calore specifico del disco c_{dis} = 420 J/kgK, calore specifico delle pinze dei freni c_{pinze} = 1000 J/kgK

[$\boldsymbol{T_{F,\mathrm{freni}} = 182.9\ °\mathrm{C};\ \Delta E_{\mathrm{freni}} = 983.8\ \mathrm{kJ};\ \Delta S_{\mathrm{freni}} = 2,672\ \mathrm{kJ/K}}$; **irreversibile**]



$M_A = 1275$ kg

$M_D = 3$ kg (1 DISCO)

$M_P = 0,25$ kg (2 PINZE)

1 FRENO

$N_F = 4$ (NUMERO FRENI)

1 : INIZIALE

2 : FINALE

$w_1 = 150$ km/h $= 41,7$ m/s

$w_2 = 50$ km/h $= 13,9$ m/s

$T_1 = 20\,°C = 293,15$ K

Z : isolato

$$\Delta E = Q^{\leftarrow} - L^{\rightarrow}$$

E: ENERGIA TOTALE

$$E = U + E_c + E_p$$

$$\Delta\left(U + \frac{1}{2}Mw^2 + Mgz\right) = Q^{\leftarrow} - L^{\rightarrow}$$

$$\Delta E_z = \underbrace{\cancel{Q_z^{\leftarrow}}}_{0} - \underbrace{\cancel{L_z^{\rightarrow}}}_{0} = 0 \qquad z \text{ ISOLATO}$$

$$\Delta E_A + \Delta E_F = 0 \rightarrow \Delta E_A = -\Delta E_F$$

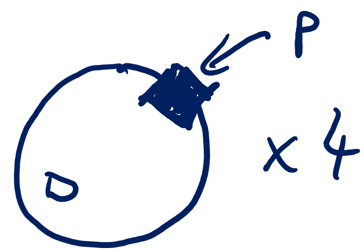
$$\Delta\left(\cancel{U} + \cancel{Mgz} + \frac{1}{2}Mw^2\right)_A = -\Delta\left(U + \cancel{Mgz} + \cancel{\frac{1}{2}Mw^2}\right)_F$$

$$\Delta\left(\frac{1}{2} m w^2\right)_A = -\Delta U_F$$

$$\Delta U_F = -\frac{1}{2} M_A \left(w_2^2 - w_1^2\right)$$

$$\Delta U_F = \frac{1}{2} \times 1275 \times \left(13{,}9^2 - 41{,}7^2\right) = 983\,300 \text{ J}$$

$$\Delta U_F = 983{,}3 \text{ kJ}$$



$$\Delta U_F = \Delta U_D + \Delta U_P$$

$$\Delta U_F = N_F\left[M_D c_D (T_2 - T_1) + M_P c_P (T_2 - T_1)\right]$$

$$\Delta U_F = N_F (M_D c_D + M_P c_P)(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{\Delta U_F}{N_F\left(M_D c_D + M_F c_F\right)}$$

$$T_2 = 293{,}15 + \frac{983{,}300 \times 10^3}{4\left(3 \times 420 + 0{,}25 \times 1000\right)} = 456{,}03\ K$$

$$T_2 = 182{,}9\ °C$$

$$\Delta S_F = \cancel{S_Q} + S_{IRR}$$

$$\Delta S_F = N_F\left(M_D c_D + M_P c_P\right) \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\Delta S_F = 4\left(3 \times 420 + 0{,}25 \times 1000\right) \ln\left(\frac{456}{293}\right) = 2670\ J/K$$