

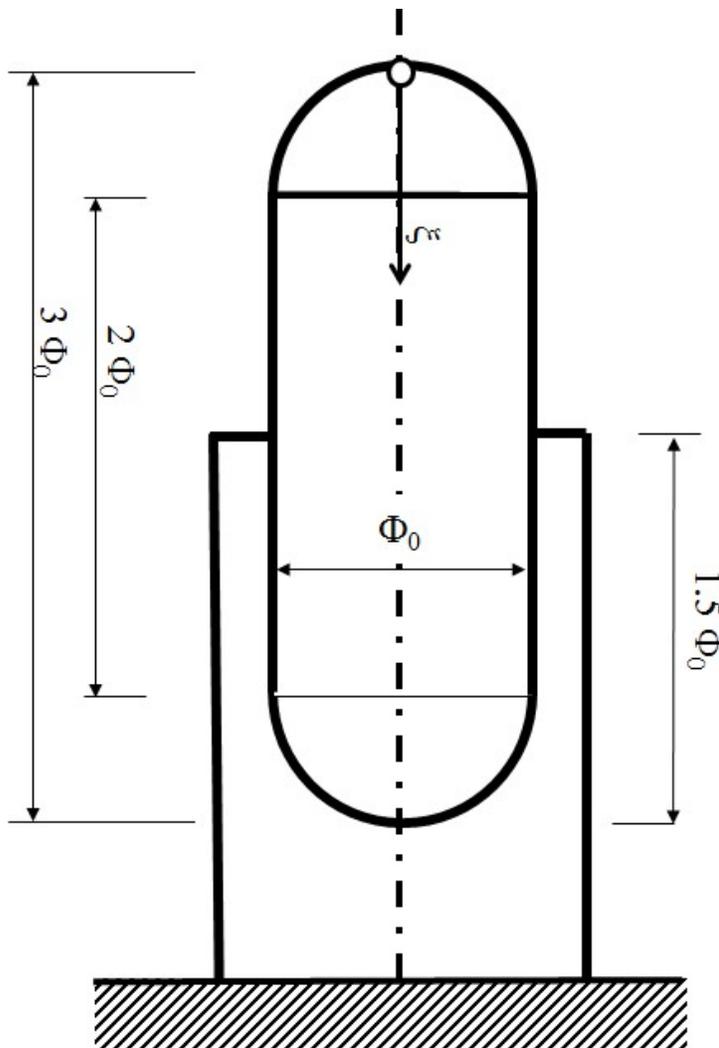
COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
A.A. 2015-16
PROVA IN ITINERE DEL 01/06/2016

Esercizio 1

E' dato il recipiente in acciaio mostrato in sezione in Fig. 1.1, costituito da due parti emisferiche collegate ad una cilindrica, che costituiscono un unico volume interno, chiuso alle estremità. Il recipiente è sostenuto da una gonna cilindrica

Si determini, trascurando gli effetti locali:

1. l'andamento delle caratteristiche di sollecitazione membranali in funzione della coordinata ξ dovute alla pressione interna p_0 .
2. lo spessore minimo richiesto per il cilindro e per il tronco di cono
3. assumendo per l'intero recipiente uno spessore uniforme e pari al maggiore tra quelli trovati al punto 2, l'andamento della caratteristica $N_{\varphi\varphi}$ **prodotta dal solo peso proprio del recipiente**



$$\alpha := \frac{\pi}{6}$$

$$\Phi_0 := 2.5 \cdot \text{m}$$

$$E := 210000 \cdot \text{MPa}$$

$$\nu := 0.3$$

$$\sigma_{\text{amm}} := 180 \cdot \text{MPa}$$

$$p_0 := 2.5 \cdot \text{bar}$$

$$\rho_0 := 7800 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

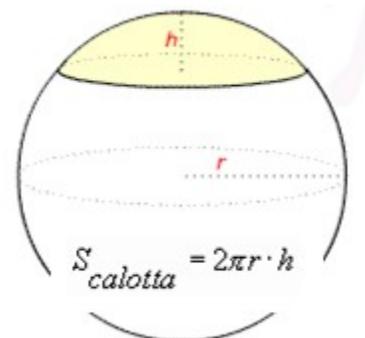


Fig. 1.1

Quesito 1

$$H_{10} := \frac{\Phi_0}{2} = 1.25 \text{ m}$$

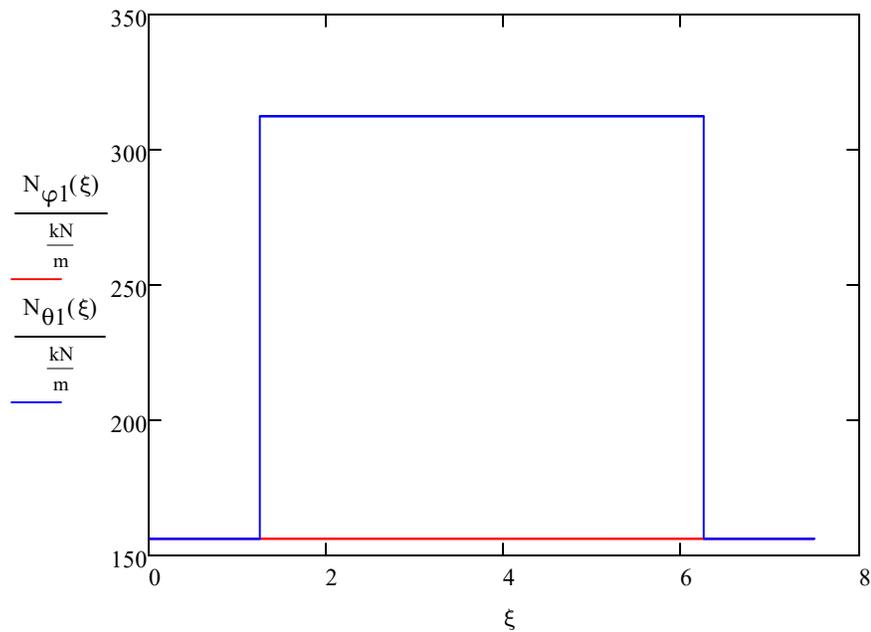
altezza tronco di cono

Le caratteristiche generalizzate di sollecitazione sono:

$$N_{\varphi 1}(\xi) := \begin{cases} \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{4} & \text{if } 0 \leq \xi \leq H_{10} \\ \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{4} & \text{if } H_{10} + 2 \cdot \Phi_0 \leq \xi \leq 3 \cdot \Phi_0 \\ \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{4} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{\theta 1}(\xi) := \begin{cases} \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{4} & \text{if } 0 \leq \xi \leq H_{10} \\ \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{4} & \text{if } H_{10} + 2 \cdot \Phi_0 \leq \xi \leq 3 \cdot \Phi_0 \\ \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\xi := 1 \cdot \text{mm}, 2 \cdot \text{mm} \dots 3 \cdot \Phi_0 - 1 \cdot \text{mm}$$



Quesito 2

$$s_{sf1} := \frac{|N_{\theta 1}(H_{10})|}{\sigma_{amm}} = 0.868 \cdot \text{mm}$$

$$s_{cil1} := \frac{N_{\theta 1}\left(\frac{3\Phi_0}{2}\right)}{\sigma_{amm}} = 1.736 \cdot \text{mm}$$

Quesito 3

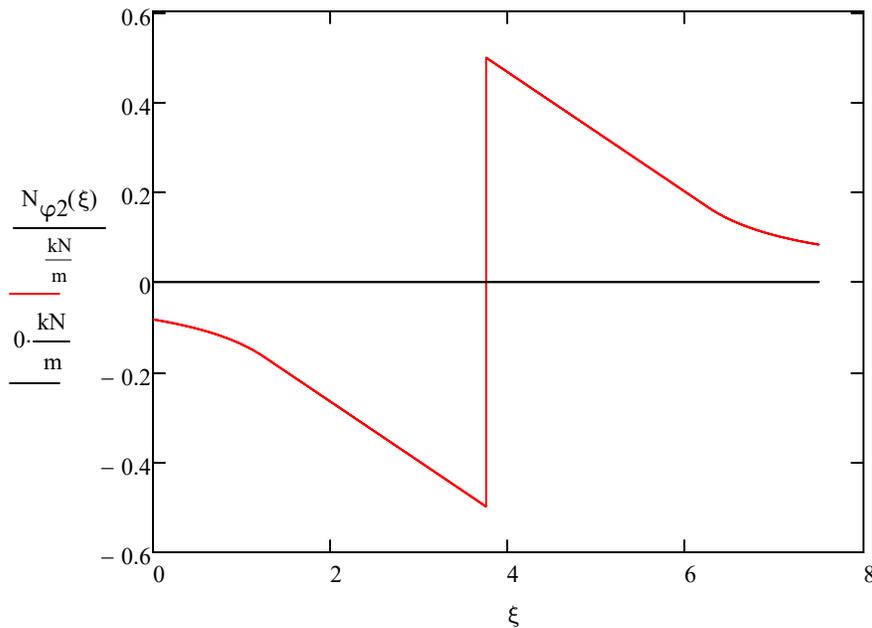
$$R_0 := \frac{\Phi_0}{2}$$

$$R_\gamma(\xi) := R_0 \cdot \sin\left(\arcsin\left(\frac{R_0 - \xi}{R_0}\right)\right)$$

$$W := \left(\pi \cdot \Phi_0 \cdot 2 \cdot \Phi_0 + 4 \cdot \pi \cdot R_0^2\right) \cdot s_{c11} \cdot \rho_0 \cdot g$$

Le caratteristiche generalizzate di sollecitazione dovute al peso proprio sono:

$$N_{\varphi 2}(\xi) := \begin{cases} \frac{\rho_0 \cdot g \cdot s_{c11} \cdot R_0 \cdot \xi}{R_\gamma(\xi) \cdot \sin\left(\arcsin\left(\frac{R_0 - \xi}{R_0}\right)\right)} & \text{if } 0 < \xi \leq H_{10} \\ \frac{\rho_0 \cdot g \cdot s_{c11} \cdot R_0 \cdot (3 \cdot \Phi_0 - \xi)}{R_\gamma(3 \cdot \Phi_0 - \xi) \cdot \sin\left[\arcsin\left[\frac{R_0 - (3 \cdot \Phi_0 - \xi)}{R_0}\right]\right]} & \text{if } H_{10} + 2 \cdot \Phi_0 \leq \xi \leq 3 \cdot \Phi_0 \\ \left[-(R_0 + \xi - H_{10}) \cdot s_{c11} \cdot \rho_0 \cdot g\right] & \text{if } H_{10} < \xi \leq 1.5 \cdot \Phi_0 \\ \left[-(R_0 + \xi - H_{10}) \cdot s_{c11} \cdot \rho_0 \cdot g + \frac{W}{2\pi \cdot R_0}\right] & \text{otherwise} \end{cases}$$



Esercizio 2

La tubazione mostrata nella Fig. 2.1 viene montata a T_{amb} con uno stato di tensione nullo. Successivamente viene portata alla temperatura T_1 a cui permane per un tempo t_{11} , quindi viene portata alla temperatura T_{12} per un ulteriore tempo t_{12} . Si determini:

- il valore iniziale e finale di tensione durante l'intervallo temporale iniziale t_{11}
- il valore iniziale e finale di tensione durante l'intervallo temporale successivo t_{12}
- la lunghezza del tubo una volta che, al termine dell'intervallo t_{12} , viene riportato a T_{amb} e smontato dai vincoli

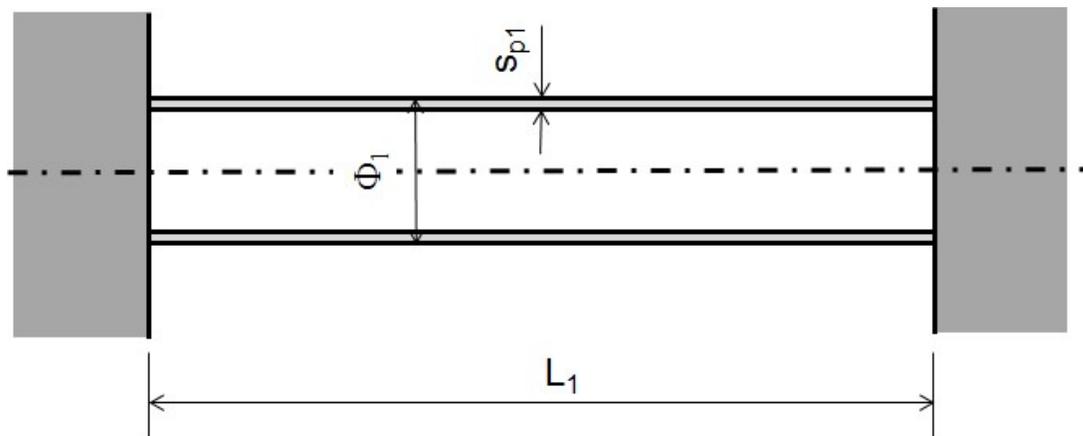


Fig. 2.1

$$L_1 := 6000 \cdot \text{mm} \quad \Phi_1 := 1000 \cdot \text{mm} \quad s_{p1} := 25 \cdot \text{mm} \quad \alpha_1 := 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{^\circ\text{C}} \quad T_{amb} := 20 \cdot ^\circ$$

$$T_{11} := 700 \cdot ^\circ \quad t_{11} := 500 \cdot \text{hr}$$

$$T_{12} := 600 \cdot ^\circ \quad t_{12} := 5000 \cdot \text{hr}$$

$$n_{11} := 3.5 \quad B_{11} := 5.078 \cdot 10^{-18} \cdot \frac{1}{\text{s}} \quad E_{11} := 70000 \cdot \text{MPa} \quad \text{Dati materiale a } 700 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$n_{12} := 3.5 \quad B_{12} := 5.078 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{1}{\text{s}} \quad E_{12} := 100000 \cdot \text{MPa} \quad \text{Dati materiale a } 600 \cdot ^\circ\text{C}$$

Quesito 1

$$\sigma_{01} := \alpha_1 \cdot (T_{11} - T_{\text{amb}}) \cdot E_{11} = 571.2 \cdot \text{MPa} \quad \text{Tensione iniziale}$$

$$\sigma_{t11} := \left[\left(\frac{\sigma_{01}}{\text{MPa}} \right)^{1-n_{11}} + (n_{11} - 1) \cdot B_{11} \cdot \left(\frac{E_{11}}{\text{MPa}} \right) \cdot t_{11} \right]^{\frac{1}{1-n_{11}}} \cdot \text{MPa} = 201.837 \cdot \text{MPa}$$

Quesito 2

$$\varepsilon_{c11} := \frac{\sigma_{01} - \sigma_{t11}}{E_{11}} = 5.277 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{02} := [\alpha_1 \cdot (T_{12} - T_{\text{amb}}) - \varepsilon_{c11}] \cdot E_{12} = 168.339 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{t12} := \left[\left(\frac{\sigma_{02}}{\text{MPa}} \right)^{1-n_{12}} + (n_{12} - 1) \cdot B_{12} \cdot \left(\frac{E_{12}}{\text{MPa}} \right) \cdot t_{12} \right]^{\frac{1}{1-n_{12}}} \cdot \text{MPa} = 131.899 \cdot \text{MPa}$$

Quesito 3

$$\varepsilon_c := \varepsilon_{c11} + \frac{(\sigma_{02} - \sigma_{t12})}{E_{12}} = 5.641 \times 10^{-3}$$

$$\Delta L := -\varepsilon_c \cdot L_1 = -33.846 \cdot \text{mm}$$

Esercizio 3

Il perno in acciaio ferritico ed il mozzo esterno in acciaio inox mostrati in Fig. 3.1 vengono uniti tramite un montaggio forzato con interferenza " i_2 " a temperatura ambiente ($20\text{ }^\circ\text{C}$).

Determinare:

- la coppia trasmissibile tra albero e mozzo dopo il montaggio
- la coppia trasmissibile se albero e mozzo vengono riscaldati alla temperatura T_2

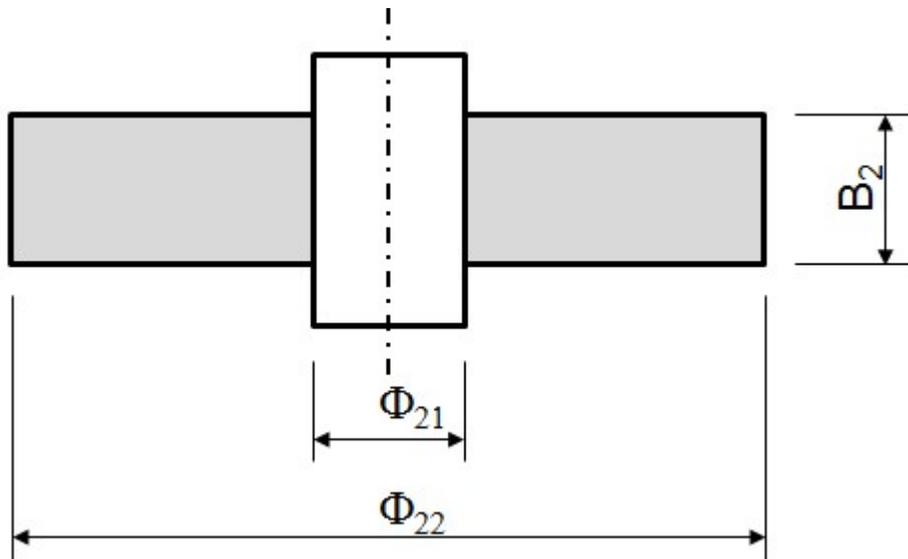


Fig. 3.1

$$\Phi_{21} := 40\text{-mm} \quad \Phi_{22} := 220\text{-mm} \quad B_2 := 40\text{-mm} \quad T_2 := 200\text{-}^\circ$$

$$f_2 := 0.3 \quad \text{coefficiente di attrito tra albero e mozzo, indipendente dalla temperatura}$$

$$i_2 := 0.04\text{-mm}$$

$$E_3 := 205000\text{-MPa} \quad \nu := 0.3 \quad \text{uguali per i due tipi di acciaio}$$

$$\alpha_{2\text{inox}} := 1.8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{^\circ} \quad \text{coefficiente dilatazione termica inox}$$

$$\alpha_{2\text{ferr}} := 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{^\circ} \quad \text{coefficiente dilatazione termica ferritico}$$

Quesito 1

$$R_c := \frac{\Phi_{21}}{2} = 20 \cdot \text{mm}$$

$$R_e := \frac{\Phi_{22}}{2} = 110 \cdot \text{mm}$$

$$p_{c2amb} := i_2 \cdot \frac{(R_e^2 - R_c^2)}{2 \cdot R_c \cdot R_e^2} \cdot E_3 = 198.223 \cdot \text{MPa}$$

$$M_{\max_amb} := p_{c2amb} \cdot 2 \cdot \pi \cdot B_2 \cdot R_c^2 \cdot f_2 = 5.978 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Quesito 2

$$i_{T2} := i_2 + (T_2 - T_{\text{amb}}) \cdot (\alpha_{2\text{ferr}} - \alpha_{2\text{inox}}) \cdot R_c = 0.018 \cdot \text{mm}$$

$$p_{c2T2} := i_{T2} \cdot \frac{(R_e^2 - R_c^2)}{2 \cdot R_c \cdot R_e^2} \cdot E_3 = 91.183 \cdot \text{MPa}$$

$$M_{\max_T2} := p_{c2T2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot B_2 \cdot R_c^2 \cdot f_2 = 2.75 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$