>

Meccanica applicata alle macchine

da A.A. 2008 - 2009

corso da 9 crediti

per allievi iscritti al Corso di Laurea in Ingengeria Meccanica

CUSCINETTO COMPLETO LUBRIFICATO SECONDO IL SOMMERFELD

(cuscinetto portante lubrificato con larghezza infinita)

FORMULE DI RIFERIMENTO

>

DEFINIZIONE DELL'ALTEZZA DEL MEATO

h = altezza in funzione dell'angolo theta

delta = gioco tra perno e cuscinetto

e = eccentricità

epsilon = eccentricità relativa

Espressione delle tensioni tangenziali (confronta la 4.108 di pagina 253)

$$\frac{\mu V}{h} + \frac{pp\, h}{2 R}$$

Espressione dell'altezza h

$$h := \delta\,(1 + \varepsilon \cos(\theta))$$

CALCOLO DEL h0

valore del numeratore:

$$\int_{0}^{2\pi} \frac{1}{\delta^2 (1 + \varepsilon \cos(\theta))^2} \, d\theta$$

valore del denominatore:

$$\int_{0}^{2\pi} \frac{1}{\delta^3 (1 + \varepsilon \cos(\theta))^3} \, d\theta$$

calcolo integrale del numeroatore

$$hosu := \frac{2\, I\, \mathrm{csgn}\left(I \sqrt{-1 + \varepsilon^2}\, (-1 + \varepsilon)\right) \pi}{(-1 + \varepsilon^2)^{(3/2)}\, \delta^2}$$

calcolo integrale del denominatore

$$hogiu := -\frac{I\, (\varepsilon^2 + 2)\, \mathrm{csgn}\left(I \sqrt{-1 + \varepsilon^2}\, (-1 + \varepsilon)\right) \pi}{\sqrt{-1 + \varepsilon^2}\, \delta^3\, (1 - 2\, \varepsilon^2 + \varepsilon^4)}$$

calcolo dell'altezza a gradiente nullo ho

e

calcolo del gradiente pp delle pressioni

$$ho := -\frac{2\, \delta\, (1 - 2\, \varepsilon^2 + \varepsilon^4)}{(-1 + \varepsilon^2)\, (\varepsilon^2 + 2)}$$

$$pp := \frac{6\,\mu\,V R\,\varepsilon\,(3\,\varepsilon + \varepsilon^2 \cos(\theta) + 2\cos(\theta))}{\delta^2\,(\varepsilon^2 + 2 + 3\,\varepsilon^3 \cos(\theta) + 6\,\varepsilon \cos(\theta) + 3\,\varepsilon^4 \cos(\theta)^2 + 6\,\varepsilon^2 \cos(\theta)^2 + \varepsilon^5 \cos(\theta)^3 + 2\,\varepsilon^3 \cos(\theta)^3)}$$

semplificazione dell'espressione ho:

$$-\frac{2\,(-1 + \varepsilon^2)\,\delta}{\varepsilon^2 + 2}$$

semplificazione dell'espresisone del gradiente:

$$pp := \frac{6\,\mu\,V R\,\varepsilon\,(3\,\varepsilon + \varepsilon^2 \cos(\theta) + 2\cos(\theta))}{\delta^2\,(\varepsilon^2 + 2)\,(1 + \varepsilon \cos(\theta))^3}$$

calcolo delle pressioni come integrale del gradeinte delle pressioni

$$\int \frac{6\,\mu\,V R\,\varepsilon\,(3\,\varepsilon + \varepsilon^2 \cos(\theta) + 2\cos(\theta))}{\delta^2\,(\varepsilon^2 + 2)\,(1 + \varepsilon \cos(\theta))^3}\,d\theta$$

calcolo delle pressioni in funzione di theta

$$p := -\frac{12\,\mu\,V R\,\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)\left(\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon - 2 - 2\tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2\right)}{\left(-1 - \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 + \varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon\right)^2 (\varepsilon^2 + 2)\,\delta^2}$$

semplificazione delle espresisoni

$$p := -\frac{12\,\mu\,V R\,\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)\left(\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon - 2 - 2\tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2\right)}{\left(-1 - \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 + \varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon\right)^2 (\varepsilon^2 + 2)\,\delta^2}$$

$$p := -\frac{12\,\mu\,V R\,\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)\left(\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon - 2 - 2\tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2\right)}{\left(-1 - \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 + \varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon\right)^2 (\varepsilon^2 + 2)\,\delta^2}$$

Calcolo della forza portante per unità di lunghezza assiale del cuscinetto

$$N := R \int_0^{2\pi} \frac{6\,\mu\,V R\,\varepsilon\,(3\,\varepsilon + \varepsilon^2 \cos(\theta) + 2\cos(\theta))\cos(\theta)}{\delta^2 (\varepsilon^2 + 2)(1 + \varepsilon\cos(\theta))^3}\, d\theta,\ CauchyPrincipalValue$$

$$N := -\frac{12\, I\, R^2\,\varepsilon\,\mu\, V\, csgn\left(I\sqrt{-1+\varepsilon^2}\,(-1+\varepsilon)\right)\pi}{\delta^2(\varepsilon^2+2)\sqrt{-1+\varepsilon^2}}$$

Calcolo della componente tangenziale

$$R\_hor := \int_0^{2\pi} -\frac{12\,\mu\,V R^2\,\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)\left(\varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon - 2 - 2\tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2\right)\cos(\theta)}{\left(-1 - \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 + \varepsilon \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon\right)^2 (\varepsilon^2 + 2)\,\delta^2}\, d\theta$$

$$R\_hor := 0$$

Ipotesi di epsilon compreso tra 0 e 1

ipotesi di delta maggiore di 0

Ulteriore espressione (semplificata) di N (si elimina la componente immaginaria)

$$\frac{12\, R^2\, \varepsilon\sim\, \mu\, V \pi}{\delta\sim^2\, (\varepsilon\sim^2 + 2)\, \sqrt{-1 + \varepsilon\sim^2}}$$

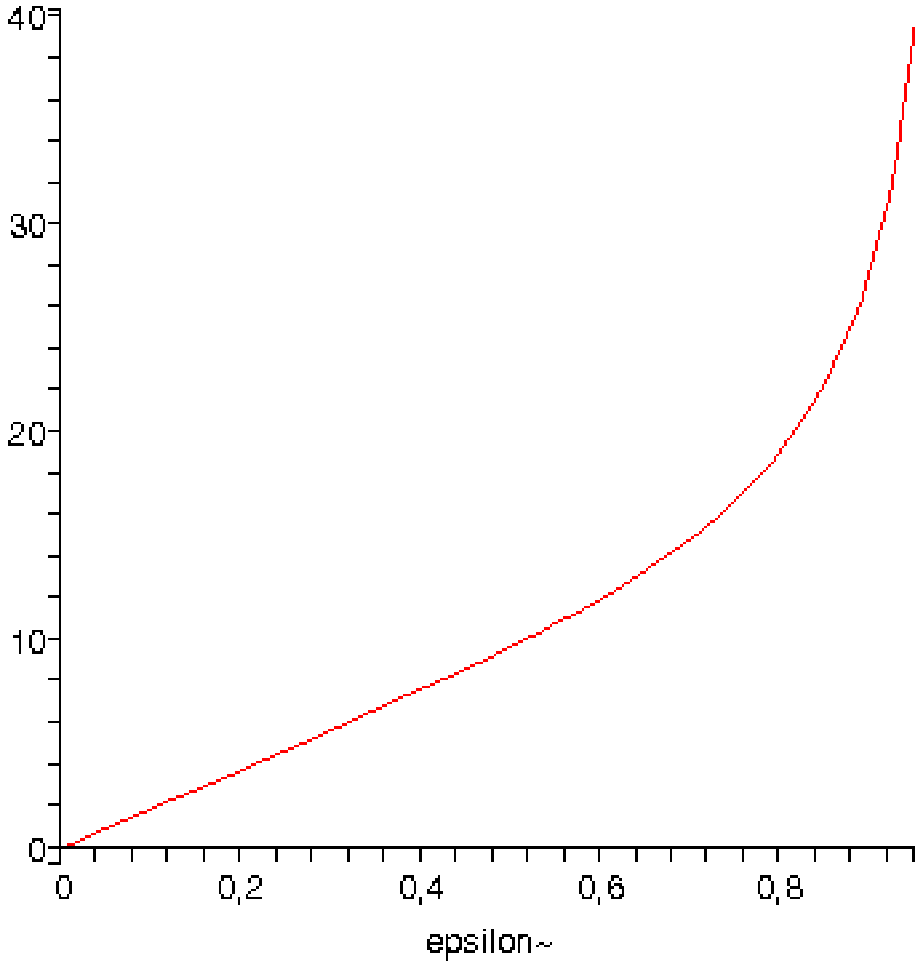
Ulteriore espressione di p (pressione) semplificata

$$-\frac{12\, \mu\, V R\, \varepsilon\sim\, \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right) \left(\varepsilon\sim\, \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon\sim - 2 - 2\tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2\right)}{\left(-1 - \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 + \varepsilon\sim\, \tan\left(\frac{1}{2}\theta\right)^2 - \varepsilon\sim\right)^2 (\varepsilon\sim^2 + 2)\, \delta\sim^2}$$

Espressione e grafico del fattore adimensionale A(n) avendo posto:

$$N\_ := \frac{A\_(\varepsilon\sim)\, \mu\, V R^2}{\delta\sim^2}$$

$$A(\varepsilon\sim) := \frac{12\, \varepsilon\sim\, \pi}{(\varepsilon\sim^2 + 2)\, \sqrt{1 - \varepsilon\sim^2}}$$



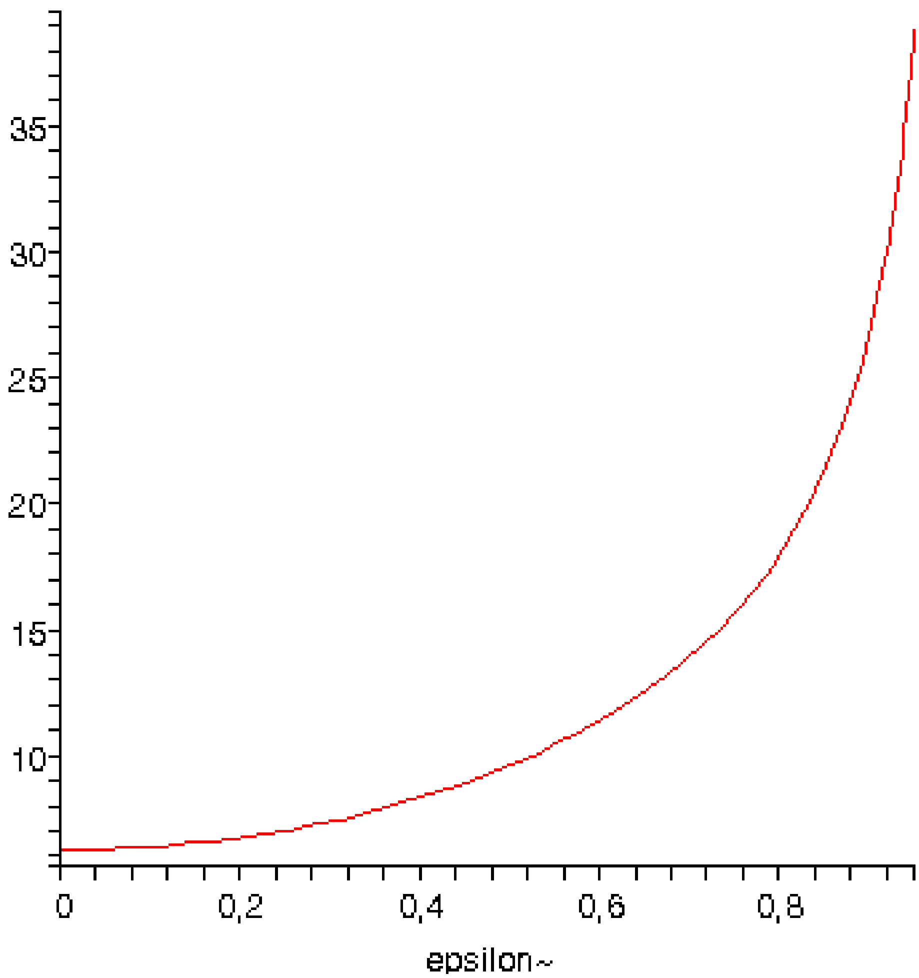
Espressione delle tensioni tangenziali (confronta la 4.108 di pagina 253)

$$\tau(\theta) := \frac{\mu V}{\tilde{\delta}\,(1 + \tilde{\varepsilon}\cos(\theta))} + \frac{3\,\mu V \tilde{\varepsilon}\,(3\,\tilde{\varepsilon} + \tilde{\varepsilon}^2\cos(\theta) + 2\cos(\theta))}{\tilde{\delta}\,(\tilde{\varepsilon}^2 + 2)\,(1 + \tilde{\varepsilon}\cos(\theta))^2}$$

$$T := R\int_0^{2\pi} \frac{\mu V}{\tilde{\delta}\,(1 + \tilde{\varepsilon}\cos(\theta))} + \frac{3\,\mu V \tilde{\varepsilon}\,(3\,\tilde{\varepsilon} + \tilde{\varepsilon}^2\cos(\theta) + 2\cos(\theta))}{\tilde{\delta}\,(\tilde{\varepsilon}^2 + 2)\,(1 + \tilde{\varepsilon}\cos(\theta))^2}\,d\theta$$

$$T\_ := \frac{4\,R\,\mu\,V\,(2\,\tilde{\varepsilon}^2 + 1)\,\pi}{\sqrt{1 - \tilde{\varepsilon}^2}\,(\tilde{\varepsilon}^2 + 2)\,\tilde{\delta}}$$

$$B(\tilde{\varepsilon}) := \frac{4\,(2\,\tilde{\varepsilon}^2 + 1)\,\pi}{\sqrt{1 - \tilde{\varepsilon}^2}\,(\tilde{\varepsilon}^2 + 2)}$$



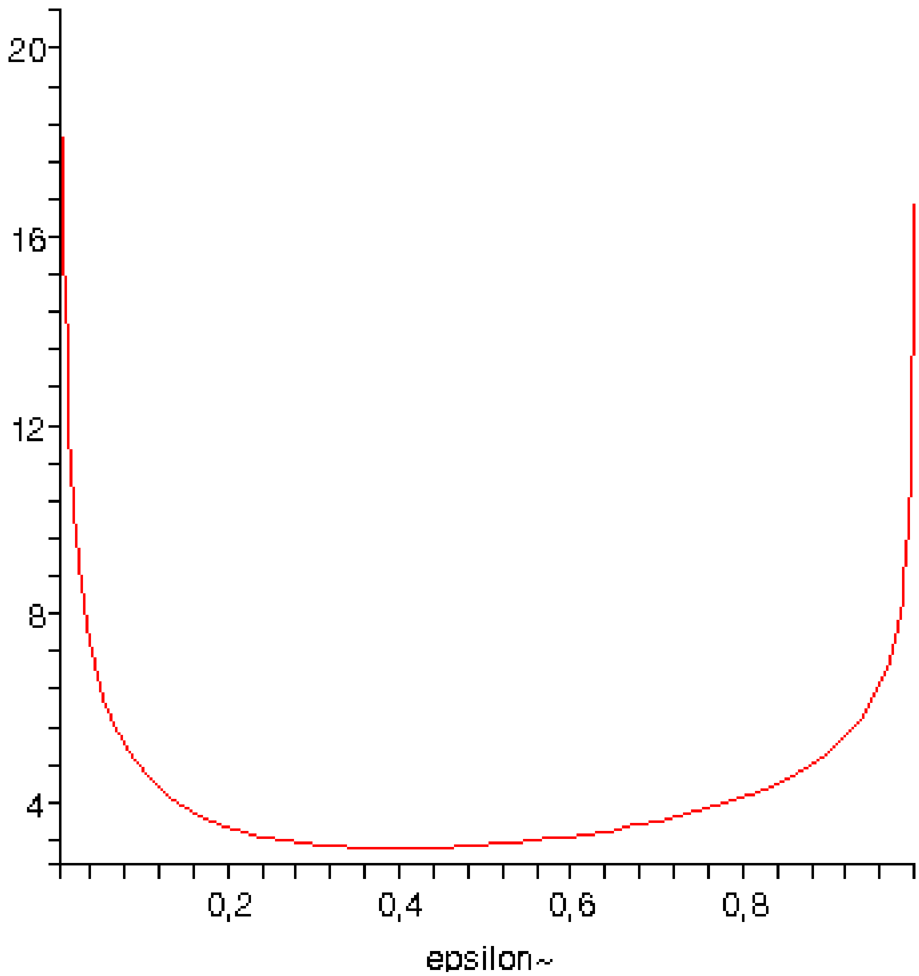
coefficiente di attrito mediato

$$A\_(\tilde{\varepsilon}) := \frac{12\,\tilde{\varepsilon}\,\pi}{(\tilde{\varepsilon}^2 + 2)\,\sqrt{1 - \tilde{\varepsilon}^2}}$$

$$f\_med := \frac{(2\,\tilde{\varepsilon}^2 + 1)\,\tilde{\delta}}{3\,\tilde{R}\,\tilde{\varepsilon}}$$

$$f\_med\_ := \frac{kk\,\sqrt{3}\,\tilde{\delta}\,\sqrt{\tilde{\varepsilon}^2 + 2}\,(1 - \tilde{\varepsilon}^2)^{(1/4)}}{6\,\tilde{R}\,\sqrt{\tilde{\varepsilon}}\,\sqrt{\pi}}$$

$$k(\tilde\varepsilon) := \frac{2\sqrt{\pi}\,(2\,\tilde\varepsilon^2+1)\,\sqrt{3}}{3\sqrt{\tilde\varepsilon}\,\sqrt{\tilde\varepsilon^2+2\,(1-\tilde\varepsilon^2)}^{(1/4)}}$$



Attribuzione dei dati numerici

$$\mu := 0.07$$

$$R := 0.0375$$

$$\varepsilon := 0.7$$

$$\delta := 0.07$$

$$V := 1.176$$

Grafico delle pressioni e dei gradienti delle pressioni (grafico rettificato)

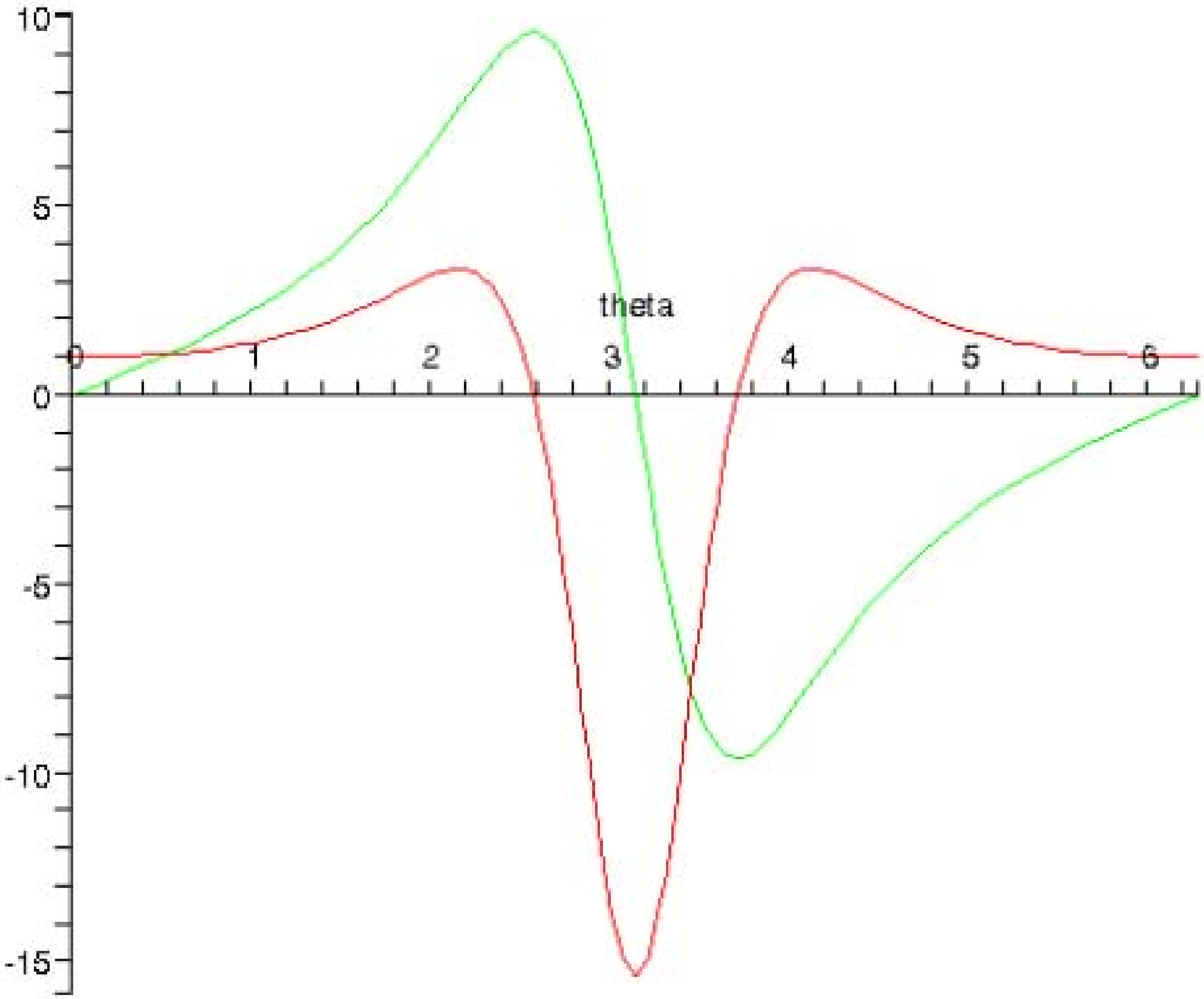
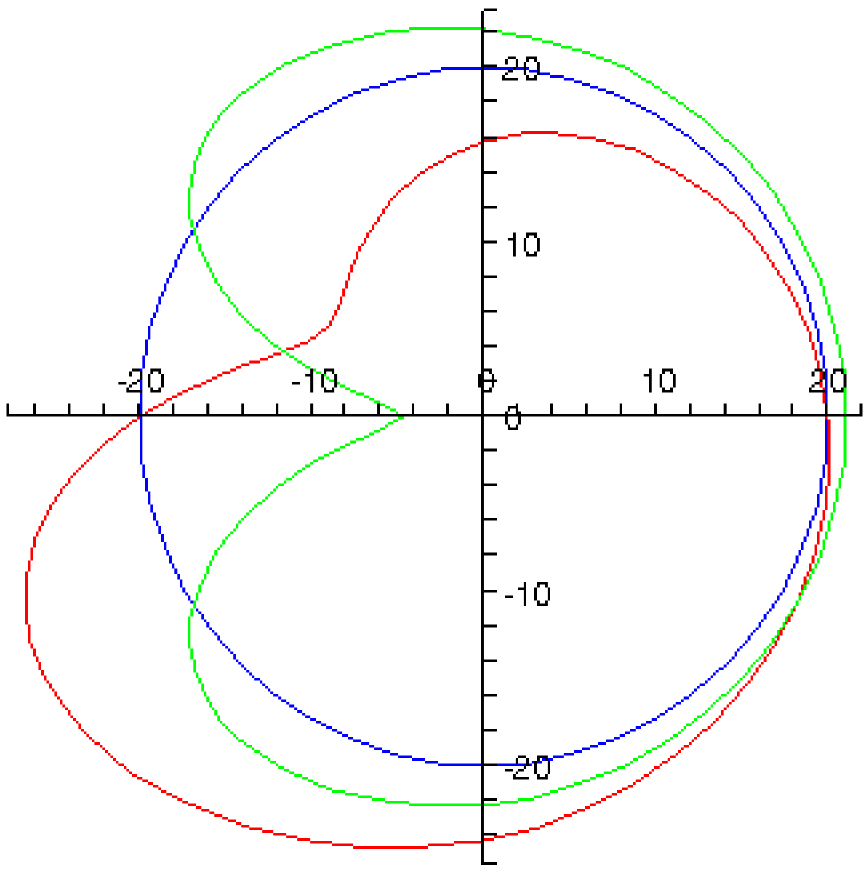


grafico delle pressioni polari

```
Warning, the name changecoords has been redefined
```



-20
-10
0
10
20
20
10
0
-10
-20

>

>

>