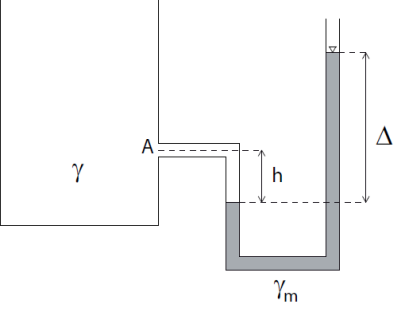
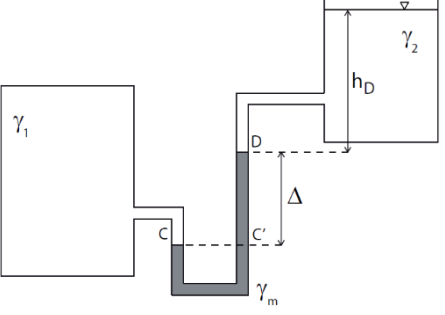
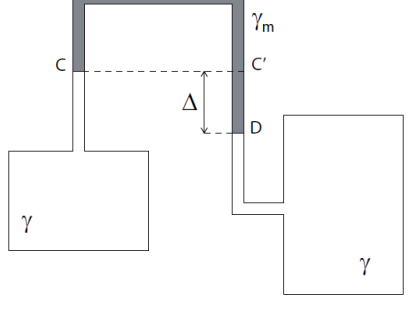


FORMULARIO

- Densità: $\rho = \frac{M}{W}$
- Volume: $W = \frac{M}{\rho}$
- Legge dei gas: $pW = nRT$
- Massa: $M = nM_{mol}$
- Peso specifico: $\gamma = \frac{P}{W}$
- Peso: $P = Mg$
- Comprimibilità: $\frac{dW}{W} = -\frac{dp}{\varepsilon} = -\frac{d\rho}{\rho}$ per liquidi $d\rho = 0$
- Relazione politropica: $\varepsilon = pn$
- Viscosità cinematica: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$
- Sforzo tangenziale: $\tau = \frac{F}{A}$
- Legge di Stevino: $\tilde{z} + \frac{p}{\gamma} = cost$
- Pressione di un punto: $p = \gamma h$
- Pressione assoluta: $p^* = p + p_{atm}^*$
- Pressione relativa: $p_B = p_A + \gamma h_{AB}$ se il punto A si trova sopra il punto B
 $p_B = p_A - \gamma h_{AB}$ se il punto A si trova sotto il punto B
- Ricordiamo che sul pelo libero la pressione è nulla
- Il PCI di un fluido di peso specifico γ si trova intersecando il grafico delle pressioni del fluido con l'asse verticale che indica di fatto le pressioni nulle. Nel caso di un gas il PCI è all'infinito visto che il gas ha peso specifico estremamente piccolo e quindi trascurabile.

Manometro semplice	Manometro differenziale	Manometro rovescio
		
$p_B = \gamma_m \Delta$ $PCI_\gamma = \frac{p_B}{\gamma}$ $PCI_{\gamma_m} = \frac{p_B}{\gamma_m}$		

FORMULARIO: spinte superfici piane

- Spinta esercitata dal fluido sulla superficie: $\bar{S} = -\bar{\Pi}_p = -\hat{n}Ap_G$
- Spinta esercitata dalla superficie sul fluido: $\bar{\Pi}_p = \int_A p\hat{n}dA = \hat{n}Ap_G$
- Coordinate centro di spinta: $CS(\xi; \eta)$
- Coordinata x del centro di spinta: $\xi = \frac{I}{M} = X_G + \xi_G$ $\xi_G = \frac{I_G}{M}$
- Coordinata y del centro di spinta: $\eta = \frac{I_{xy}}{M}$
- Momento statico: $M = \int_A XdA = X_GA$
- Momento inerzia: $I = \int_A X^2dA$
- Momento inerzia baricentrico: $I_{xy} = \int_A XYdA$
- Pressione di un punto: $p = \gamma h$
- La spinta è caratterizzata da modulo, direzione, retta di applicazione e verso che dipende dal segno della pressione.

Figura	Area	Baricentro	Momento d'inerzia
Rettangolo	$A = bh$	$y_G = \frac{h}{2}$	$M = \frac{bh^3}{12}$
Triangolo	$A = \frac{bh}{2}$	$y_G = \frac{h}{3}$	$M = \frac{bh^3}{36}$

Solido delle pressioni	Centro di spinta
Prisma rettangolare	$y_{CS} = \frac{2}{3}h$
Prisma trapezoidale	$y_{CS} = \frac{A_T y_{CS,T} + A_R y_{CS,R}}{A_T + A_R}$

FORMULARIO: spinte superfici curve

- Equazione di equilibrio globale: $\bar{G} + \sum \bar{\Pi}_p = \bar{0}$
- Spinta esercitata dal fluido sulla superficie: $\bar{S} = -\bar{\Pi}_0$ volume controllo reale
- Spinta esercitata dal fluido sulla superficie: $\bar{S} = \bar{\Pi}_0$ volume controllo fittizio
- Peso volume di fluido: $\bar{G} = -\gamma W$ $W = \frac{\pi}{4} r^2 L$

DINAMICA

- Teorema di Bernoulli:
- Carico totale:
- Perdite di carico generalizzate:
- Perdite di carico distribuite lungo una condotta cilindrica di lunghezza L:
- Velocità media:
- Cadente:
- Numero di Reynolds:
- Scabrezza relativa della tubazione:
- Indice di resistenza ridotta in regime laminare ($Re < 2000$):
- Indice di resistenza ridotta in regime turbolento ($Re > 4000$):
- Indice di resistenza ridotta in regime turbolento tubo liscio ($r = 0$):
- Indice di resistenza ridotta in regime assolutamente turbolento:
- Potenza prodotta (utile) di una pompa:
- Potenza assorbita di una pompa:
- Potenza prodotta (utile) di una turbina:
- Potenza assorbita di una turbina:
- Coefficiente di perdita:
- Coefficiente per luce a spigolo vivo:
- Coefficiente per tubo addizionale interno:
- Caso particolare:

$$\tilde{z} + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{V^2}{2g} = cost$$

$$H_{mA} = \tilde{z}_A + \frac{p_A}{\gamma} + \alpha_A \frac{V_A^2}{2g}$$

$$H_{mA} = H_{mB} - \Delta H_m$$

$$\Delta H_m = J L$$

$$V$$

$$J = \lambda \frac{V^2}{2gD}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$\frac{r}{D}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{r}{3,71D} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{r}{3,71D} \right)$$

$$P_U = \gamma Q \Delta H_p$$

$$P_A = \frac{\gamma Q \Delta H_p}{\eta}$$

$$P_U = \eta \gamma Q \Delta H_T$$

$$P_A = \gamma Q \Delta H_T$$

$$C_V = 0,97 \div 0,98$$

$$C_C = 0,61$$

$$C_C = 0,5$$

$$\tilde{z}_K + \frac{p_K}{\gamma} + \alpha_K \frac{V_K^2}{2g} = \tilde{z}_K + \frac{p_K}{\gamma} = \tilde{z}_O + \frac{p_O}{\gamma} = \tilde{z}_A + \frac{p_A}{\gamma}$$

$$\tilde{z}_C + \frac{p_C}{\gamma} = \tilde{z}_D + \frac{p_D}{\gamma} = \tilde{z}_B + \frac{p_B}{\gamma}$$

$$p_A = p_B + \gamma_m \Delta$$

$$\tilde{z}_A + \frac{p_A}{\gamma} = \tilde{z}_A + \frac{p_B + \gamma_m \Delta}{\gamma}$$

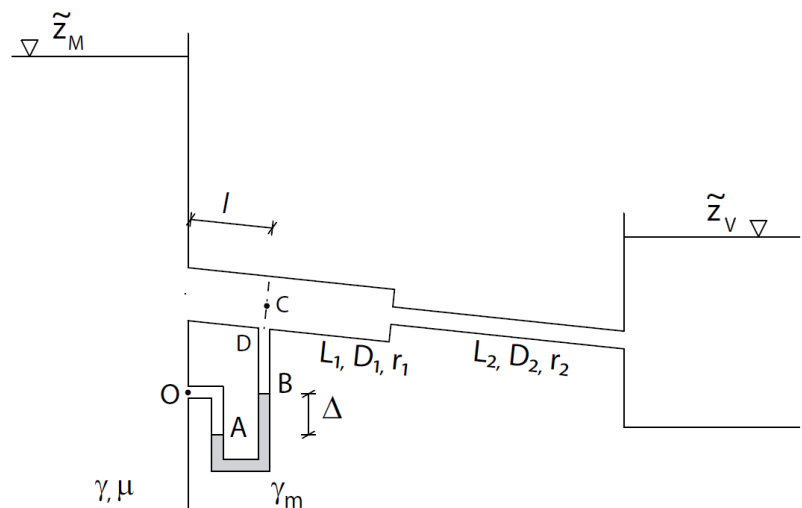
$$\tilde{z}_A + \frac{p_B + \gamma_m \Delta}{\gamma} - \left(\tilde{z}_B + \frac{p_B}{\gamma} \right) = \Delta H_m$$

$$\tilde{z}_A + \frac{\gamma_m \Delta}{\gamma} - \tilde{z}_B = \Delta H_m$$

$$\tilde{z}_A - \tilde{z}_B = -\Delta$$

$$-\Delta + \frac{\gamma_m \Delta}{\gamma} = \Delta H_m$$

$$\Delta \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right) = \Delta H_m = J l$$



Cicli iterativi risolutivi

- Nota la portata Q voglio ricavare una quota \tilde{z} :

$$Q \rightarrow V_i = \frac{Q}{A_i} \rightarrow Re_i = \frac{V_i D_i \rho}{\mu} \rightarrow \lambda_i^{(0)} = \lambda_i^\infty = \left[-2 \log_{10} \left(\frac{r_i}{3,71 D_i} \right) \right]^{-2} \rightarrow J_i = \lambda_i \frac{V_i^2}{2g D_i} \rightarrow \tilde{z}$$

Per $k = 0, 1 \dots$

$$\text{Calcolo } \lambda_i^{(k+1)} = \left[-2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re_i \sqrt{\lambda_i^k}} + \frac{r_i}{3,71 D_i} \right) \right]^{-2}$$

Finché $|\lambda_i^{(k+1)} - \lambda_i^{(k)}| < \text{toll}$

- Note le quote \tilde{z}_M e \tilde{z}_V e Q si vogliono determinare le cadenti J :

$$Q \rightarrow V_i = \frac{Q}{A_i} \rightarrow Re_i = \frac{V_i D_i \rho}{\mu} \rightarrow \lambda_i^{(0)} = \lambda_i^\infty = \left[-2 \log_{10} \left(\frac{r_i}{3,71 D_i} \right) \right]^{-2} \rightarrow J_i = \lambda_i \frac{V_i^2}{2g D_i}$$

Per $k = 0, 1 \dots$

$$\text{Calcolo } \lambda_i^{(k+1)} = \left[-2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re_i \sqrt{\lambda_i^k}} + \frac{r_i}{3,71 D_i} \right) \right]^{-2}$$

Finché $|\lambda_i^{(k+1)} - \lambda_i^{(k)}| < \text{toll}$

- Note le quote \tilde{z}_M e \tilde{z}_V si vuole determinare Q (sempre ciclo su λ)

$$Q^{(0)} \rightarrow Q^{(n)} \rightarrow V^{(n)} = \frac{Q^{(n)}}{A} \rightarrow Re^{(n)} = \frac{V^{(n)} D \rho}{\mu} \rightarrow \text{ciclo } \lambda \rightarrow \lambda^{(n)}$$

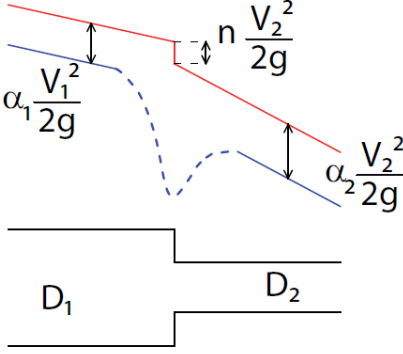
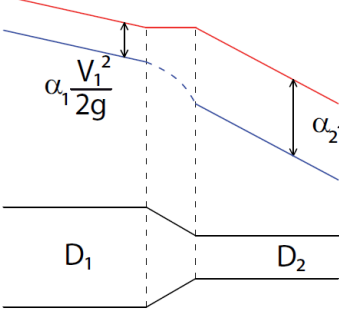
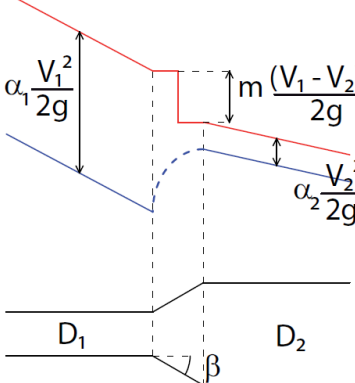
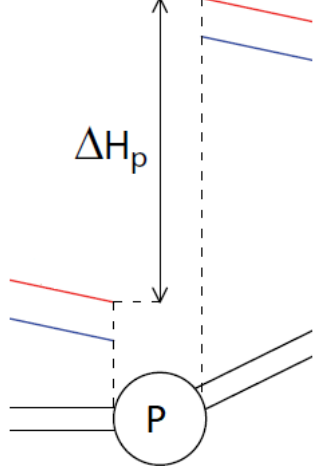
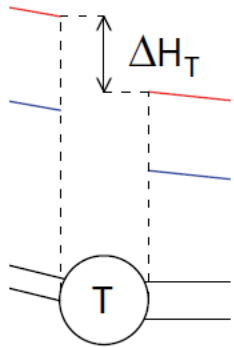
$$Q^{(n)} = Q^{(n+1)} \leftarrow \text{NO} \leftarrow |Q^{(n+1)} - Q^{(n)}| < \text{toll} \leftarrow Q^{(n+1)} = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g(\tilde{z}_M - \tilde{z}_V)}{\alpha + \frac{\lambda^{(n)} L}{D}}}$$

$$Q = Q^{(n+1)}$$

<ul style="list-style-type: none"> Ciclo λ: $\lambda_i^{(0)} = \lambda_i^\infty = \left[-2 \log_{10} \left(\frac{r_i}{3,71 D_i} \right) \right]^{-2}$ <p>Per $k = 0, 1 \dots$</p> $\text{Calcolo } \lambda_i^{(k+1)} = \left[-2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re_i \sqrt{\lambda_i^k}} + \frac{r_i}{3,71 D_i} \right) \right]^{-2}$ <p>Finché $\lambda_i^{(k+1)} - \lambda_i^{(k)} < \text{toll}$</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Caso a cadente nota J: $J \rightarrow Re \sqrt{\lambda} = \frac{\rho D}{\mu} \sqrt{2g D J} \rightarrow$ $\rightarrow \lambda = \left[-2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{r}{3,71 D} \right) \right]^2$
--	---

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE

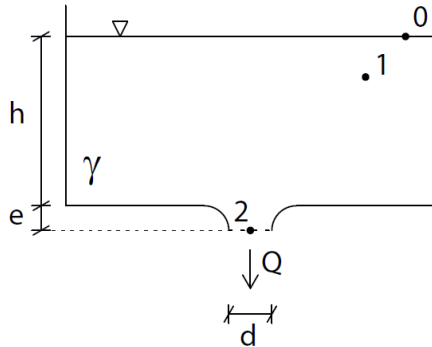
<p>Brusco allargamento (formula usata anche in presenza di una saracinesca che crea un vena contratta)</p>		$\Delta H_m = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$ <p>Tratto AB: pendenza J_1</p> <p>Tratto BC: pendenza J_2</p> $J_1 > J_2$ $D_1 < D_2$ $J = \frac{8\lambda Q^2}{\pi^2 g D^5}$
<p>Imbocco a spigolo vivo</p>		$\Delta H_m = 0,5 \frac{V^2}{2g}$ <p>Distanza uncino piezometrico:</p> $2,8 \frac{V^2}{2g}$
<p>Imbocco con tubo addizionale interno</p>		$\Delta H_m = 1,16 \frac{V^2}{2g}$ <p>Distanza uncino piezometrico:</p> $4,16 \frac{V^2}{2g}$

<p>Brusco restringimento</p>		$\Delta H_m = n \frac{V_2^2}{2g}$ $n = f\left(\frac{D_1}{D_2}\right)$ <ul style="list-style-type: none"> • $\frac{D_1}{D_2} = 1 \quad n = 0$ • $\frac{D_1}{D_2} \rightarrow \infty \quad n = 0,5$
<p>Convergente</p>		$\Delta H_m = 0$
<p>Divergente</p>		$\Delta H_m = m \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$ $m = f(\beta)$ <ul style="list-style-type: none"> • $\beta = 0 \quad m = 0$ • $\beta = 90^\circ \quad m = 1$
<p>Pompa</p>		<p>Turbina</p> 
	$P_U = \gamma Q \Delta H_p$ $P_A = \frac{\gamma Q \Delta H_p}{\eta_p}$	$P_U = \eta_T \gamma Q \Delta H_T$ $P_A = \gamma Q \Delta H_T$

PROCESSI DI EFFLUSSI

(dagli efflussi la portata può solo uscire)

Foro circolare ben
raccordato su
parete orizzontale



$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_1 = 0$$

$$p_2 = 0$$

$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \tilde{z}_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \tilde{z}_0$$

$$\tilde{z}_0 = \tilde{z}_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

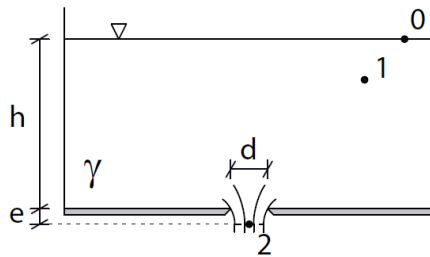
$$V_2 = \sqrt{2gh}$$

$$Q = A_2 V_2 = \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

$$Q_{eff} = C_V A_2 V_2 = C_V \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

$$C_V C_c = \mu$$

Foro circolare a
spigolo vivo su
parete orizzontale



$$\tilde{z}_0 = \tilde{z}_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

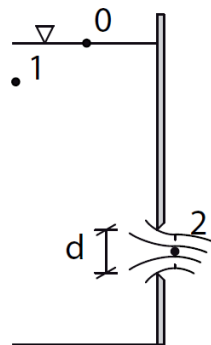
$$V_2 = \sqrt{2g(h+e)} \cong \sqrt{2gh}$$

$$Q = A_{2c} V_2 = C_c \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

$$Q_{eff} = C_V A_{2c} V_2 = C_V C_c \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

$$C_V C_c = \mu$$

Foro circolare a
spigolo vivo su
parete verticale



$$\tilde{z}_0 = \tilde{z}_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

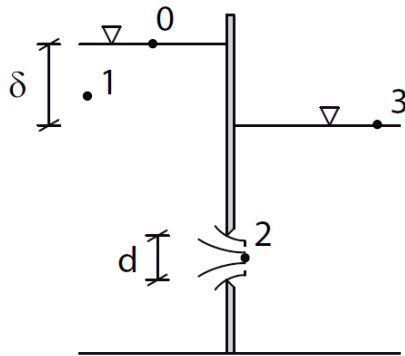
$$V_2 = \sqrt{2g(\tilde{z}_0 - \tilde{z}_2)}$$

$$h = \tilde{z}_0 - \tilde{z}_G$$

$$Q = A_{2c} V_2 = C_c \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

$$Q_{eff} = C_V A_{2c} V_2 = C_V C_c \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

Efflusso sottobattente



$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_1 = 0$$

$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \tilde{z}_0$$

$$\tilde{z}_0 = \tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} = \tilde{z}_3$$

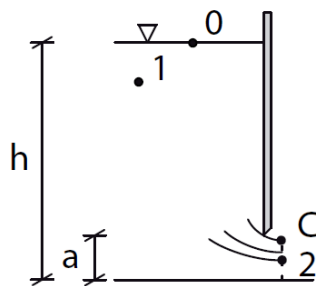
$$\tilde{z}_0 = \tilde{z}_3 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_2 = \sqrt{2g\delta}$$

$$Q = A_{2c}V_2 = C_c\pi\frac{d^2}{4}\sqrt{2g\delta}$$

$$Q_{eff} = C_vA_2V_2 = C_vC_c\pi\frac{d^2}{4}\sqrt{2gh}$$

Efflusso da paratoia



$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_1 = 0$$

$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\tilde{z}_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \tilde{z}_0$$

$$\tilde{z}_0 = \tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

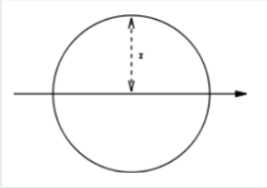
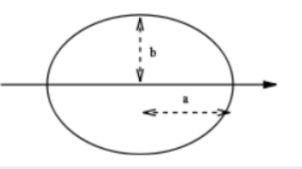
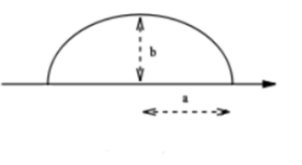
$$\tilde{z}_2 + \frac{p_2}{\gamma} = \tilde{z}_c$$

$$\tilde{z}_0 = \tilde{z}_c + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_2 = \sqrt{2g(\tilde{z}_0 - \tilde{z}_c)} = \sqrt{2g(h - C_c a)}$$

$$Q = A_{2c}V_2 = C_c a L \sqrt{2g(h - C_c a)}$$

$$Q_{eff} = C_v A_2 V_2 = C_v C_c a L \sqrt{2g(h - C_c a)}$$

figura	area	baricentro	momento di inerzia
cerchio 	$A = \pi r^2$	$y = r$	$J_0 = \frac{\pi r^4}{4}$
ellisse 	$A = \pi b a$	$y = b$	$J_0 = \frac{\pi a b^3}{4}$
semiellisse 	$A = \frac{1}{2} \pi b a$	$y = \frac{4b}{3\pi}$	$J_0 = \frac{9\pi - 64}{72\pi} a b^3$