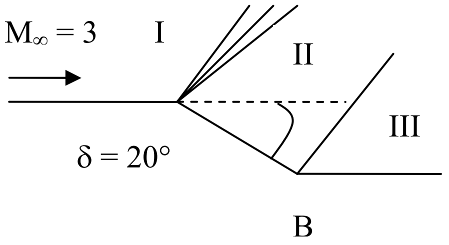
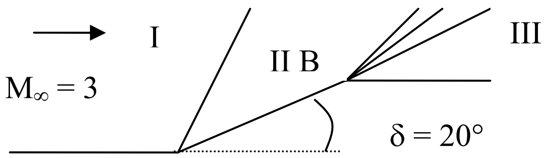
ESERCITAZIONE n. 3

1. Per le due configurazioni rappresentate in figura determinare i valori di M e Cp a valle del punto B.
Confrontare i valori di M con quello ottenibile dalla teoria lineare e dare la giustificazione fisica delle differenze.





a) $\omega_I = 49.76$ $\omega_{II} = \omega_I + \delta = 69.76$ $M_{II} = 4.32$

$p_{II} / p_0 = .0043$ $p_I / p_0 = .0272$ $p_{II} / p_I = .158$

$\sigma = 31.5$ $M_{IIn} = M_{II}$ sen $\sigma = 2.25$ $p_{III} / p_{II} = 5.74$ $p_{III} / p_I = .9$ $M_{IIIn} = .54$

$C_{pIII} = (p_{III} / p_I -1) / (1/2\ \gamma\ M_\infty^2) = -.0158$

$M_{III} = M_{IIIn}$ / sen $(\sigma - \delta) = 2.7$

b) $\sigma = 37.76$ $M_{In} = 1.83$ $p_{II} / p_I = 3.74$

$M_{IIn} = .61$ $M_{II} = 2$ $\omega_{II} = 26.38$

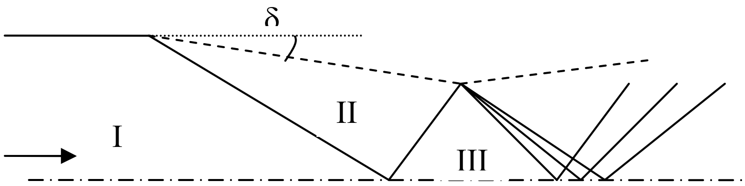
$\omega_{III} = 46.38$ $M_{III} = 2.83$ $p_{III} / p_0 = .0352$

$p_{II} / p_0 = .128$ $p_{III} / p_{II} = .275$ $p_{III} / p_I = 1.03$

$C_{pIII} = .005$

c) Mediante la teoria lineare si ottiene $M_{III} = 3$.
Il valore minore di M_{III} che si ottiene con la teoria esatta è dovuto alla dissipazione che si verifica nell'urto. Poiché nel caso a) l'urto è più intenso, il valore di M_{III} è minore di quello che si ottiene nel caso b).

2. Un ugello supersonico adattato, alimentato da un serbatoio nel quale si ha $p_0 = 10^6$ Pa, è progettato per avere M = 3 nella sezione di uscita. Determinare l'angolo di apertura del getto ed il massimo e minimo valore della pressione all'interno del getto quando la pressione nell'ambiente esterno è $p_e = 4 \times 10^4$ Pa.



Nella sezione di uscita si ha $p_I / p_0 = .027$. Pertanto $p_I = 2.7 \times 10^4 > p_e$ e l'ugello è sovraespanso.

$p_{II} / p_I = 1.48$ $\quad M_{In} = 1.19$ $\quad \text{sen}\,\sigma = M_{In} / M_I = .396$ $\quad \sigma = 23.4°$ $\quad \delta = 5.2°$

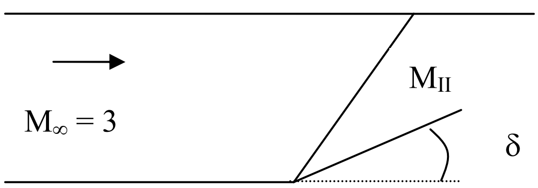
$M_{IIn} = .848$ $\quad M_{II} = 2.71$

Per l'urto riflesso che separa le zone II e III si ha:

$M_{II} = 2.71$ $\quad \delta = 5.2°$ $\quad \sigma = 25.5°$ $\quad M_{IIn} = 1.17$ $\quad p_{III}/ p_{II} = 1.43$

$p_{max} = p_{III} = 5.7 \times 10^4$ Pa $\quad p_{min} = p_I = 2.7 \times 10^4$ Pa.

3. Per il condotto indicato in figura**,** si determini per quale valore di δ si verifica la transizione da riflessione regolare a riflessione di Mach, nella prima riflessione sulla parete superiore.



La transizione si verifica quando $\delta_{max} (M_{II}) < \delta$.
Si deve procedere con un metodo iterativo, assumendo un valore di δ, calcolando M_{II} mediante le relazioni dell'urto obliquo e verificando se $\delta_{max} (M_{II})$ è maggiore o minore di δ.
Poiché per M=3 si ha $\delta_{max} = 34°$ si può assumere come valore di 1° tentativo $\delta = 30°$.

δ	σ	M_{In}	M_{IIn}	M_{II}	δ_{max}	$\varepsilon = \delta - \delta_{max}$
30	52	2.36	.527	1.4	9	21
20	37.76	1.83	.609	2	22.97	-3

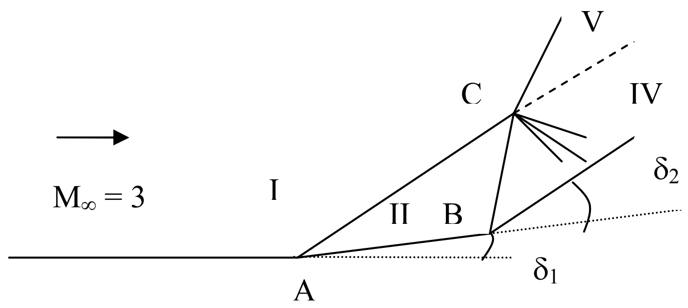
Interpolando $\delta = \delta_1 - \varepsilon_1 (\delta_1 - \delta_2) / (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) = 21.25$

21.25	39.3	1.9	.595	1.92	21.5	-.25

Interpolando nuovamente $\delta = 21.36$

4. Determinare il punto in cui si incontrano i due urti originati in A e B e l'intensità dell'urto risultante.

$\delta_1 = 5°$ $\delta_2 = 10°$ AB = 1



Per il primo urto si ha:

$\sigma = 23.13$ $M_{In} = M_I \text{ sen } \sigma = 1.18$ $M_{IIn} = .855$ $M_{II} = M_{IIIn} / \text{sen } (\sigma - \delta) = 2.74$

$p_{II} / p_I = 1.46$

Per il secondo urto si ha:

$\sigma = 29.2$ $M_{IIn} = 1.33$ $M_{IIIn} = .771$ $M_{III} = 2.34$ $p_{III} / p_{II} = 1.90$ $p_{III} / p_I = 2.77$

$\omega_{III} = 35.28$ $p_{III} / p_0 = .0751$

Calcolo punto C

$y_C = \text{tg } \sigma_1 \, x_C$

$y_C - y_B = \text{tg } (\sigma_2 + \delta_1) \, (x_C - x_B)$ $x_C = 2.34$ $y_C = 1$

Per determinare l'intensità dell'urto risultante si deve risolvere il problema di Riemann fra gli stati I e III.

Assunto un valore di primo tentativo $\theta_{IV} = \theta_V$, si calcola mediante le relazioni dell'urto la pressione p_V e mediante le relazioni isentropiche la pressione p_{IV}, iterando fino a quando $p_V = p_{IV}$

θ_{IV}	σ	M_{In}	p_V / p_I	ω_{IV}	M_{IV}	p_{IV} / p_0	p_{IV} / p_I	ε
16	33.29	1.64	2.97	36.28	2.38	.0706	2.60	.37
15	32.24	1.60	2.82				2.77	.05

Interpolando $\theta = \theta_1 - \varepsilon_1 (\theta_1 - \theta_2) / (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) = 14.85$

Pertanto l'onda fra gli stati III e IV è un onda d'urto di piccolissima intensità.