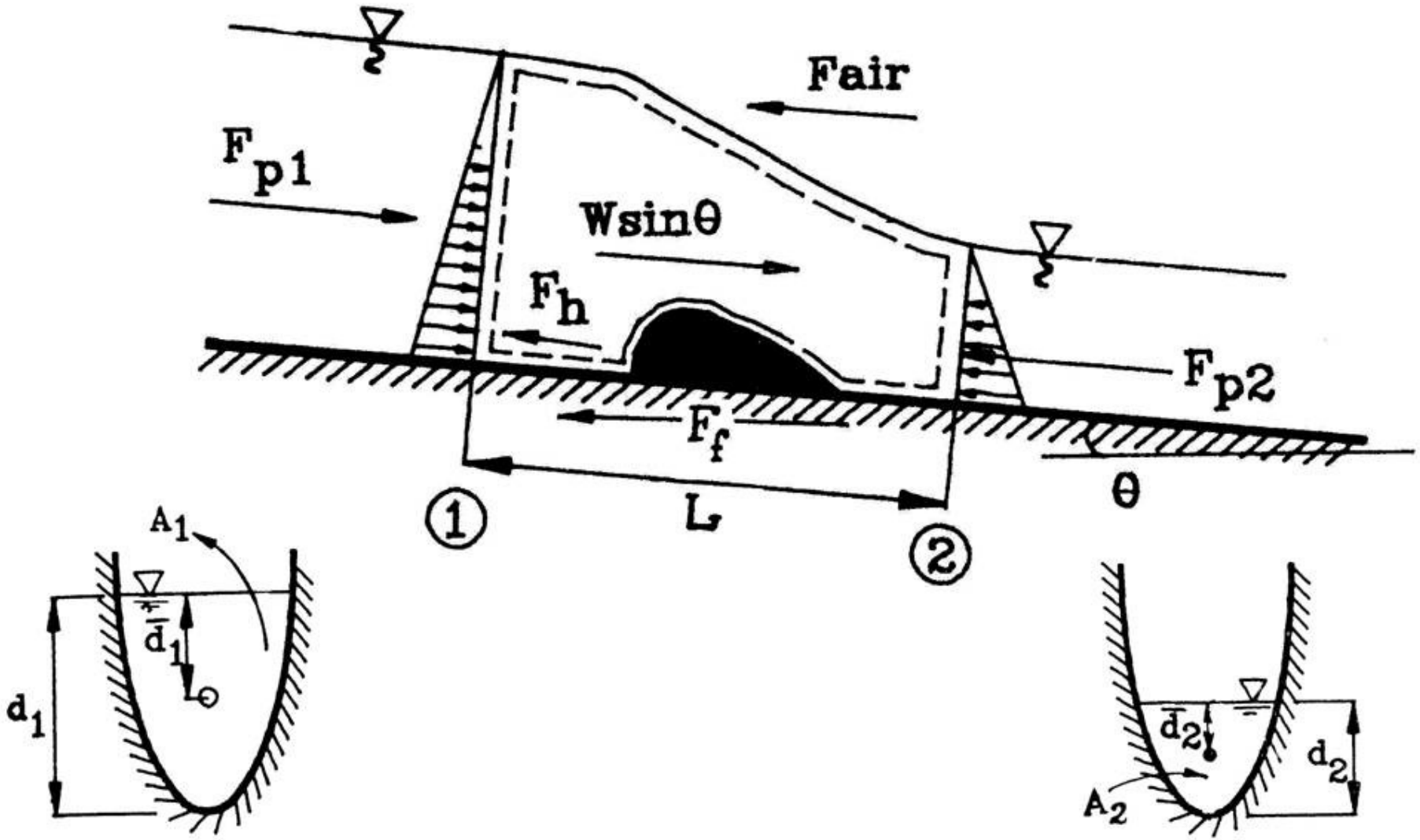
اصل اندازه حرکت در کانال های باز

اصل اندازه حرکت هنگامي مورد استفاده قرار مي گيرد كه نيروهاي خارجي موثر بر حجم كنترل انتخابي از جريان مشخص و يا قابل صرفنظر كردن باشند



$$F_{P1} - F_{P2} - F_f - F_h - F_{air} + W\,Sin\theta = \rho Q\left(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1\right)$$

F_{p1} و F_{p2} = نیروهای فشاری در مقاطع ۱ و ۲

F_f = نیروی اصطکاک در کف کانال

F_{air} = نیروی ناشی از مقاومت هوا بر روی جریان

$WSin\theta$ = مولفه وزن در جهت شیب

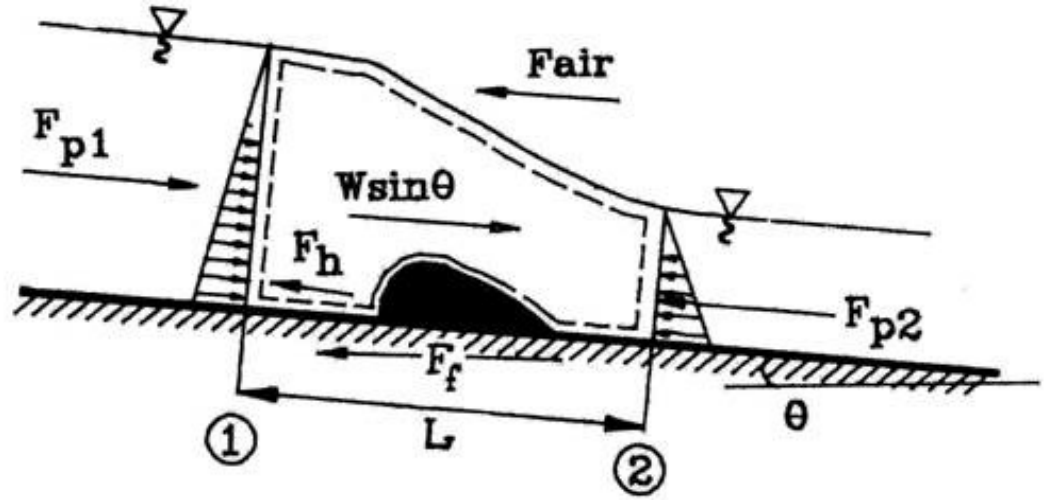
F_h = نیروی ناشی از وجود مانع د رمسیر جریان

$$F_{P1} - F_{P2} - F_{ext} = \rho Q\left(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1\right)$$

$$F_{P1} = \gamma \bar{d}_1 Cos\theta\, A_1$$

$$F_{P2} = \gamma \bar{d}_2 Cos\theta\, A_2$$

$\bar{d}_2, \bar{d}_1$ = فاصله مرکز سطح مقاطع A_2 ، A_1 تا سطح آزاد مربوطه



$$\gamma \bar{d}_1 Cos\theta A_1 - \gamma \bar{d}_2 Cos\theta A_2 + F_{ext} = \rho Q(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1)$$

$$F_{ext} = [(\rho Q \beta_2 V_2 + \gamma \bar{d}_2 Cos\theta A_2) - (\rho Q \beta_1 V_1 + \gamma \bar{d}_1 Cos\theta A_1)]$$

$$\frac{F_{ext}}{\gamma} = \left(\frac{\beta_2 Q^2}{gA_2} + \bar{d}_2 Cos\theta A_2\right) - \left(\frac{\beta_1 Q^2}{gA_1} + \bar{d}_1 Cos\theta A_1\right)$$

$\beta_1 = \beta_2 = 1$ و $Cos\theta = 1$

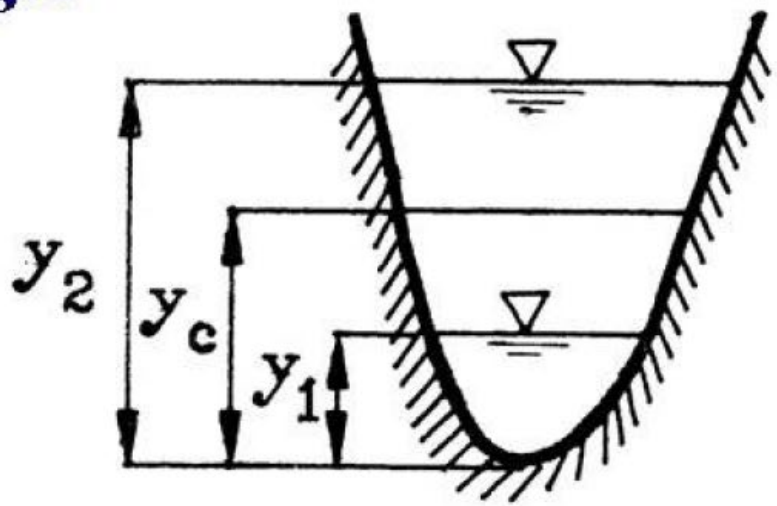
$$\frac{F_{ext}}{\gamma} = \left(\frac{Q^2}{gA_2} + \bar{y}_2 A_2\right) - \left(\frac{Q^2}{gA_1} + \bar{y}_1 A_1\right)$$

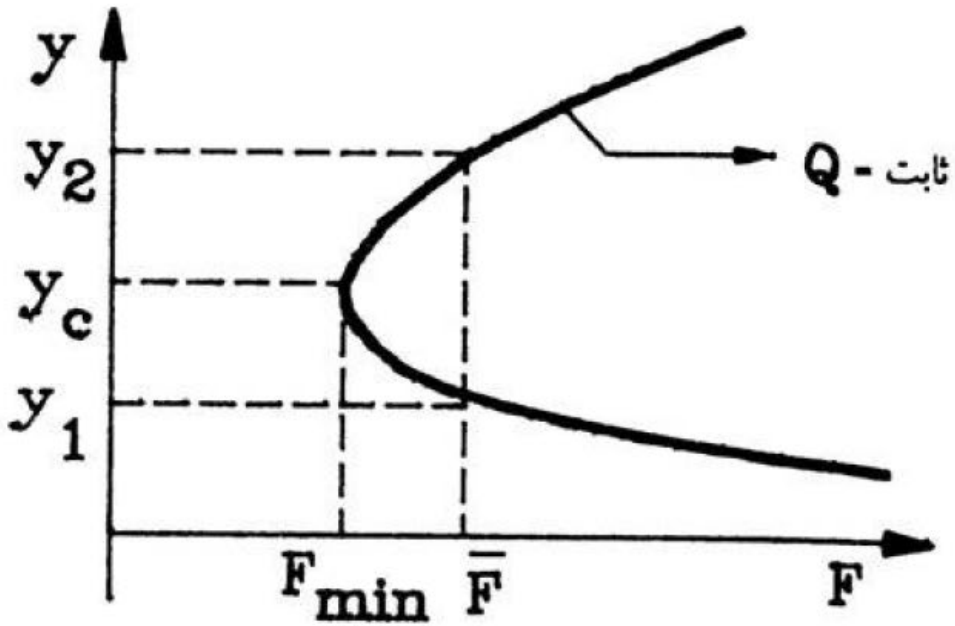
نیروی مخصوص

$$F = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y}A$$

$$\frac{F_{ext}}{\gamma} = \frac{W\,Sin\theta - F_f - F_h}{\gamma} = F_2 - F_1$$

$$F = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y}A$$





$$F = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y}A$$

منحنی F-y

الف - مقدار F_{min} (حداقل نیروي مخصوص) در عمقي حاصل مي گردد که همان عمق بحراني است

$$F = \frac{Q^2}{gby} + by \times \frac{y}{2} = \frac{Q^2}{gb}\left(\frac{1}{y}\right) + b\frac{y^2}{2}$$

کانال مستطیلی

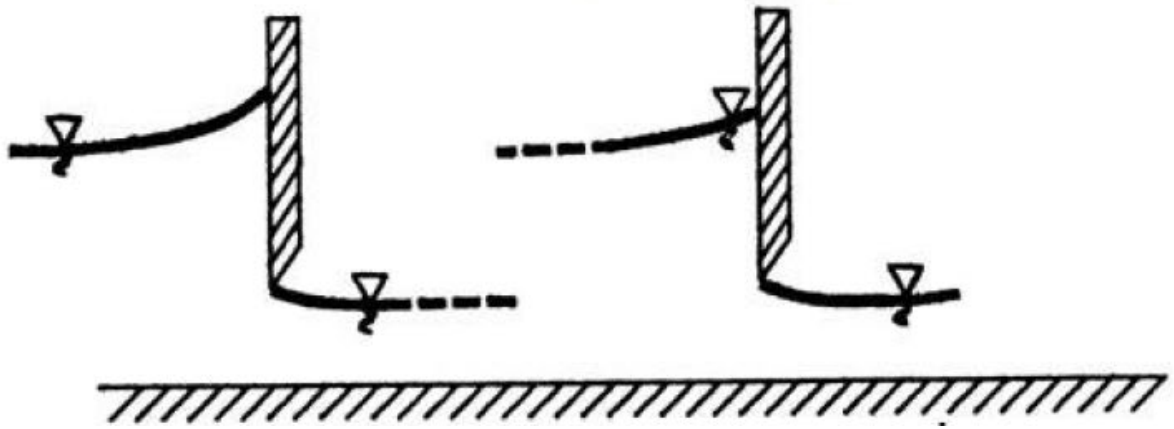
$$\frac{dF}{dy} = \frac{Q^2}{gb}\left(-\frac{1}{y^2}\right) + by = 0 \Rightarrow y = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} = y_c$$

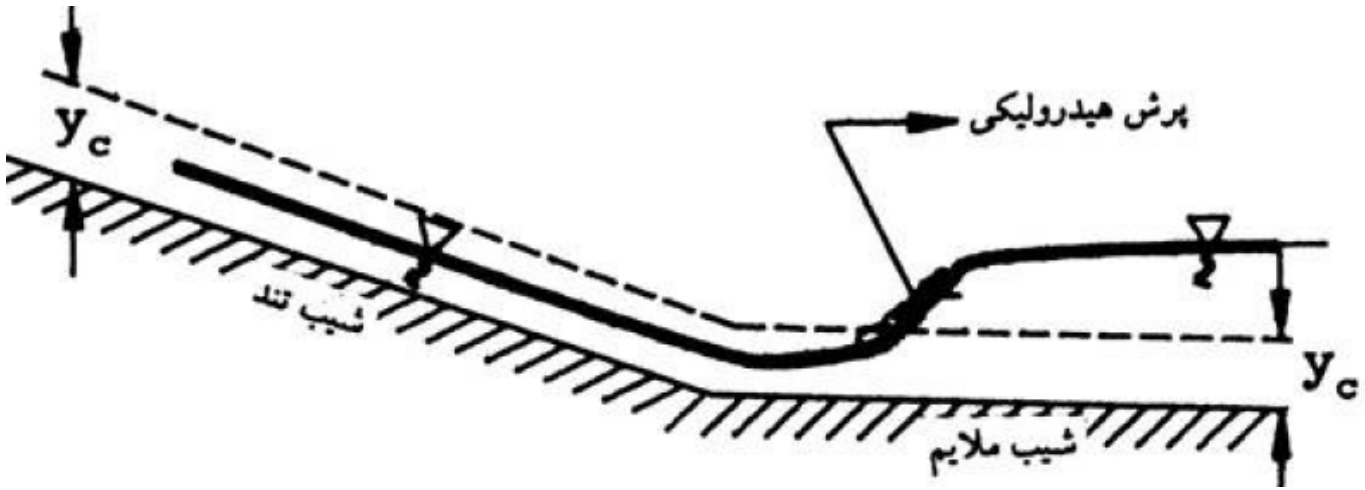
$$F_{min} = \frac{Q^2}{gby} + \frac{by_c^2}{2} = \frac{bq^2}{gy_c} + \frac{by_c^2}{2} = \frac{3}{2}by_c^2$$

ب_ به ازاء هر نیروي مخصوص ثابت (F) دو عمق از جریان مشخص مي شود که یکي وضعیت فوق بحراني و دیگري وضعیت زیر بحراني از جریان را نشان مي دهند (اعماق مزدوج

پرش هیدرولیکی

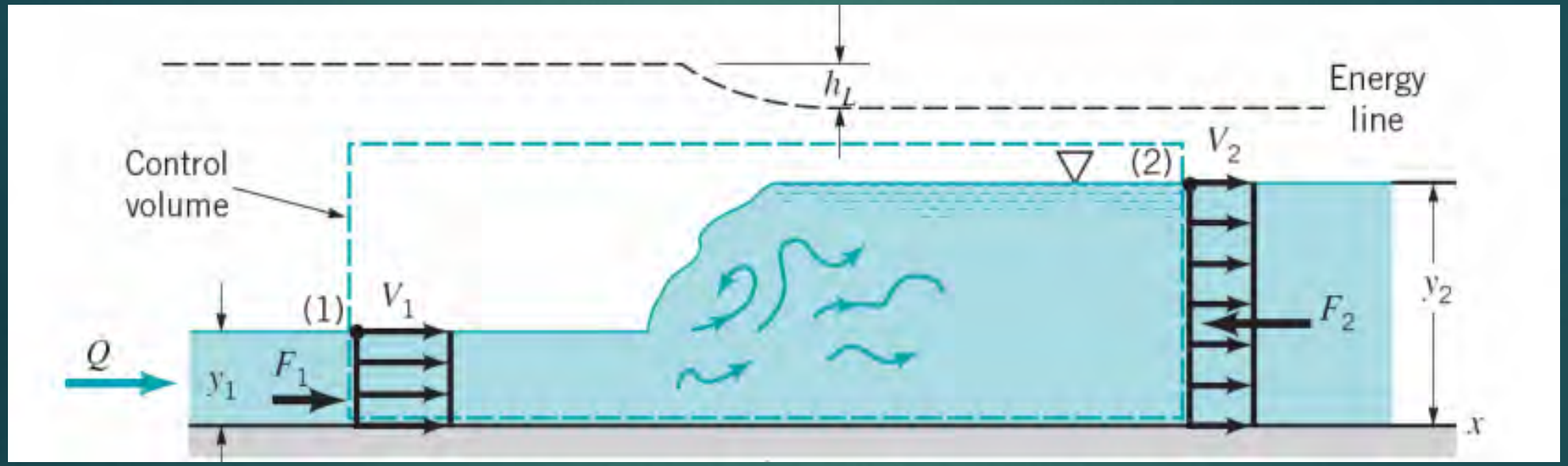
هرگاه به دلیلی تبدیل سریع جریان از فوق بحرانی به زیر بحرانی پیش آمده، انبساط سریع جریان در این فاصله توام با آشفتگی و افت انرژی موضعی زیادی می باشد که این پدیده پرش هیدرولیکی نامیده می شود.





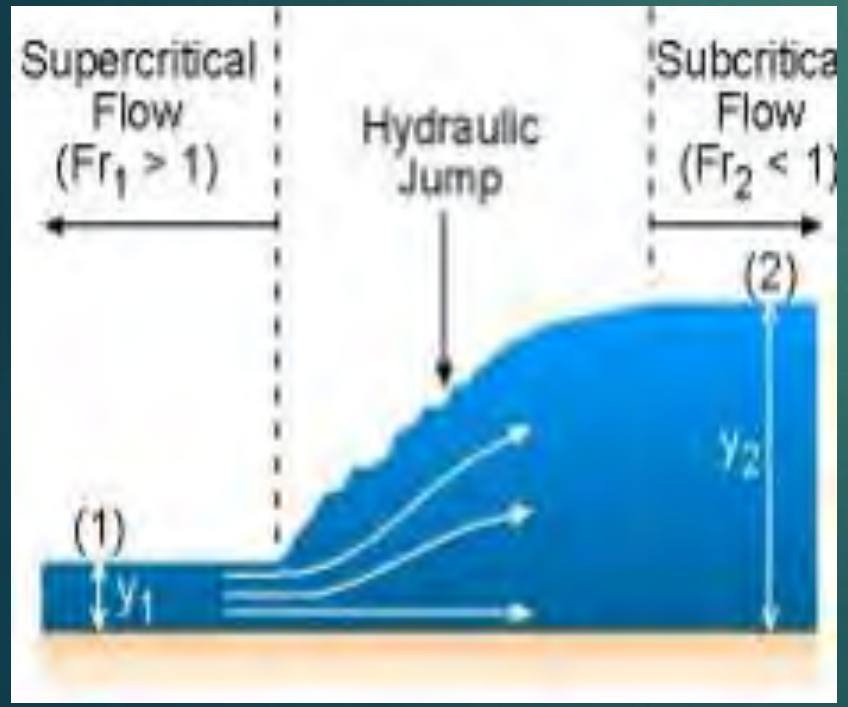
Hydraulic Jump

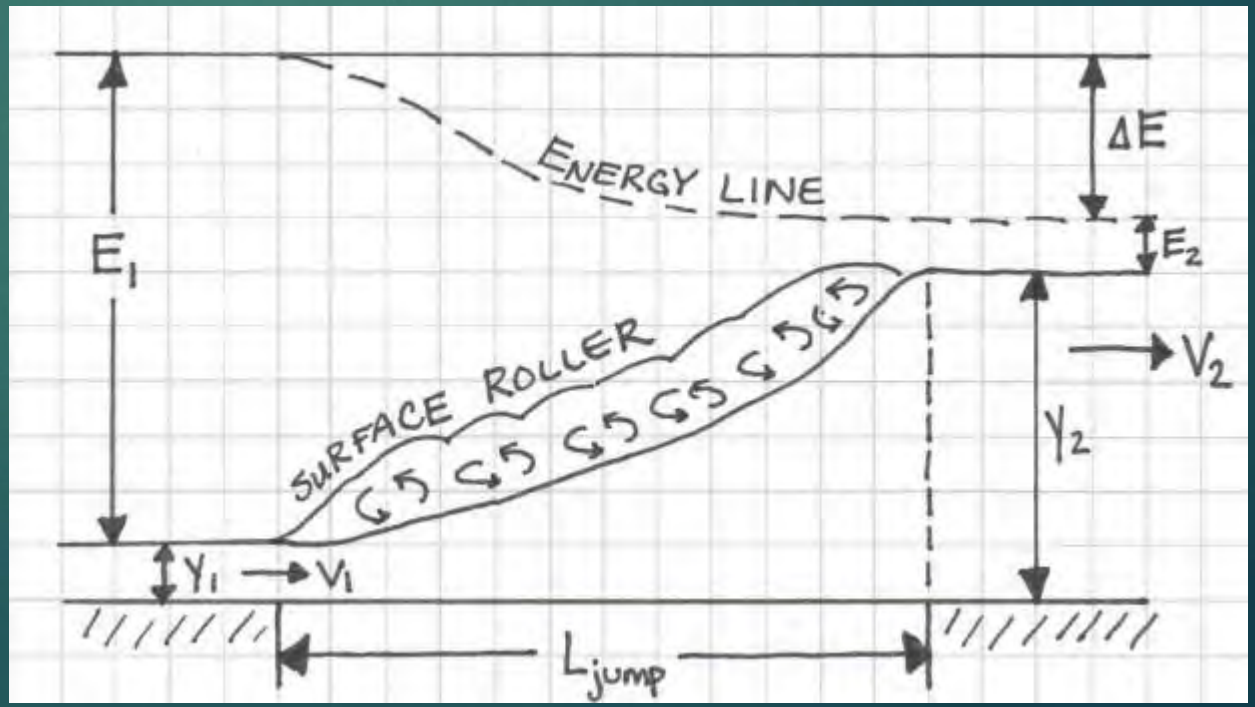
- When flow is supercritical in a upstream section of a channel and is then forced to become subcritical in a downstream section, the Hydraulic Jump occurs.



- Conjugate depths refer to the depth (y_1) upstream and the depth (y_2) downstream of the hydraulic jump.

Hydraulic Jump

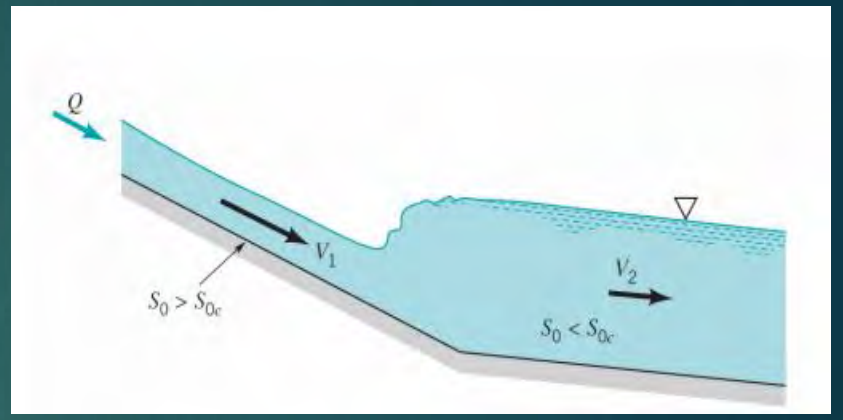


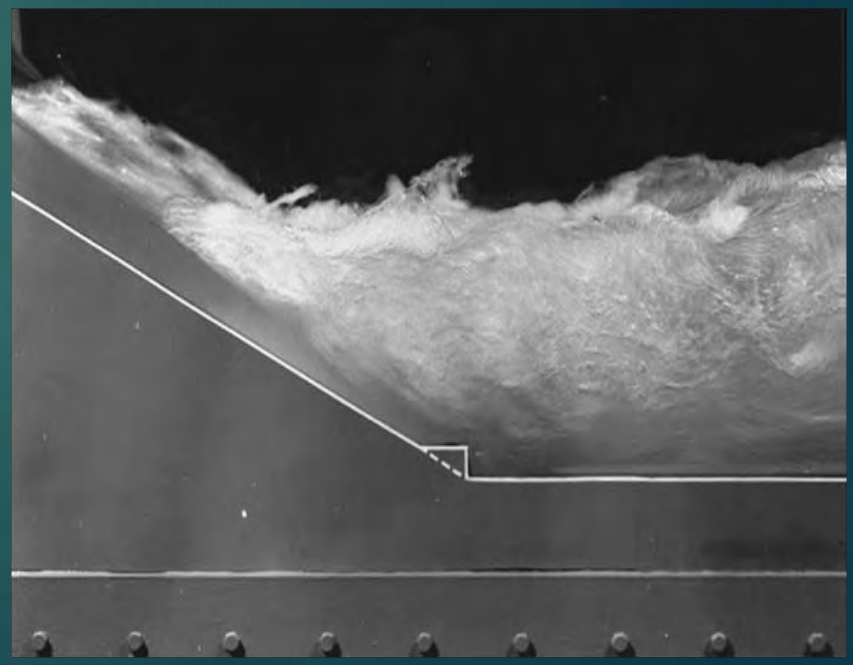


Hydraulic Jump

Hydraulic Jump

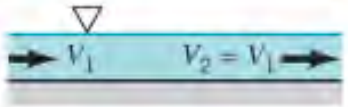
- Jump caused by a change in channel slope.
- Jump caused by a hydraulic structure





Hydraulic Jump

- Jump classification

Fr_1	y_2/y_1	Classification	Sketch
<1	1	Jump impossible	
1 to 1.7	1 to 2.0	Standing wave or undulant jump	
1.7 to 2.5	2.0 to 3.1	Weak jump	
2.5 to 4.5	3.1 to 5.9	Oscillating jump	
4.5 to 9.0	5.9 to 12	Stable, well-balanced steady jump; insensitive to downstream conditions	
>9.0	>12	Rough, somewhat intermittent strong jump	

پرش هیدرولیکی–۱

$$\frac{F_{ext}}{\gamma} = \frac{W\,Sin\theta - F_f - F_h}{\gamma} = F_2 - F_1$$

$$F_{ext} = W\,Sin\theta - F_f = 0 \Rightarrow F_2 = F_1$$

$$\frac{Q^2}{gA_1} + \bar{y}_1 A_1 = \frac{Q^2}{gA_2} + \bar{y}_2 A_2$$

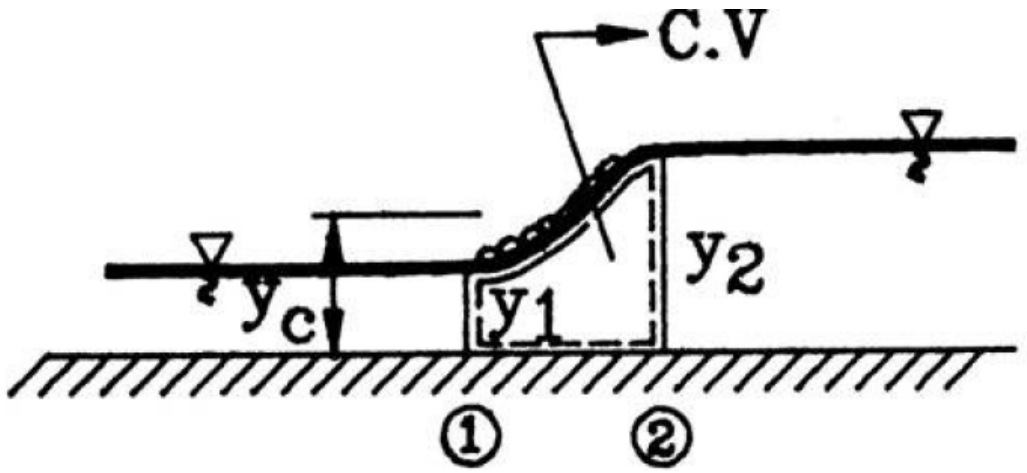
y_1 عمق اولیه پرش و y_2 عمق ثانویه پرش

$$E_1 - \Delta Ej = E_2$$

$$\Delta Ej = E_1 - E_2 = \left(y_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right) - \left(y_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right)$$

$$Pj = \gamma Q\,\Delta Ej$$

$$\eta = \frac{E_2}{E_1} \times 100$$



مثال

مثال: ارتباط بین دو عمق اولیه و ثانویه و نیز انرژی از دست رفته در پرش هیدرولیکی در یک کانال مستطیلی را بدست آورید.

$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{2} = \frac{q^2}{gy_2} + \frac{y_2^2}{2}$$

$$\frac{q^2}{gy_1}\left(\frac{1}{y_1} + \frac{1}{y_2}\right) = \frac{1}{2}\left(y_2^2 - y_1^2\right) = \frac{1}{2}(y_2 - y_1)(y_2 + y_1)$$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{q^2}{gy_1y_2} = \dfrac{1}{2}(y_1 + y_2) \\ q = V_1y_1 = V_2y_2 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{V_1^2y_1^2}{gy_1y_2} = \frac{1}{2}(y_1 + y_2)$$

$$\frac{V_1^2}{g} = \frac{1}{2}\left(\frac{y_2}{y_1}\right)(y_1 + y_2) \qquad \Rightarrow \frac{V_1^2}{g} = Fr_1^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{y_2}{y_1}\right)\left(\frac{y_2}{y_1} + 1\right)$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1\right)$$

$$\frac{y_1}{y_2} = \left(\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1\right)$$

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{y_1}{2}\right)^2 + \frac{2q^2}{gy_1}}$$

$$y_1 = -\frac{y_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{y_2}{2}\right)^2 + \frac{2q^2}{gy_2}}$$

مثال

مثال: آب با دبي ۱۰ متر مكعب بر ثانيه در يک كانال ذوزنقه اي به عرض كف ۷ متر و شيب كناره هاي ۱:۱ جاري است.
اگر عمق ثانويه پرش هيدروليكي در اين كانال ۵/۱ متر باشد عمق اوليه مربوطه را تعيين كنيد.
افت انرژي در طول پرش را نيز بلست آوريد.

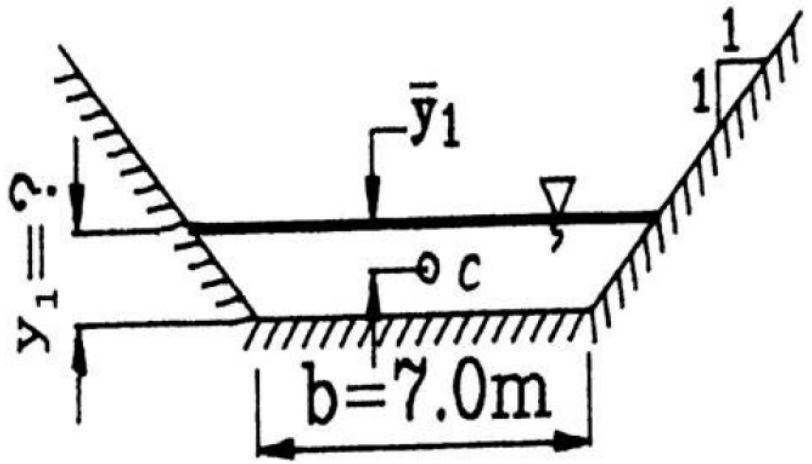
$$A_2 = y_2(b + zy_2) = 1.5(7 + 1.5) = 12.75\,m^2$$

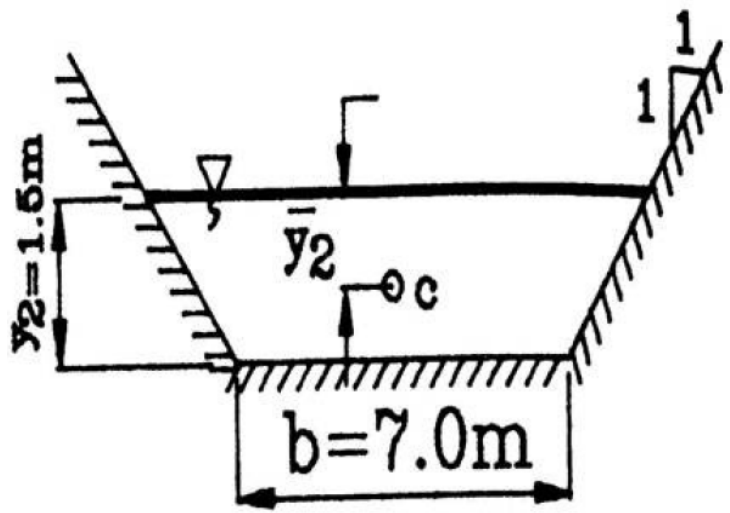
$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{10}{12.75} = 0.784\ {}^{m}/_{s}$$

$$T_2 = b + 2zy_2 = 7 + 2 \times 1.5 = 10.0\,m$$

$$D_2 = \frac{A_2}{T_2} = \frac{12.75}{10} = 1.275\,m$$

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gD_2}} = \frac{0.784}{\sqrt{9.81 \times 1.275}} = 0.222 < 1$$





ادامه مثال

$$A_2\bar{y}_2 = zy_2 \times y_2 \times \frac{y_2}{2} + by_2 \times \frac{y_2}{2} = \frac{zy_2^3}{3} + \frac{by_2^2}{2}$$

$$A_2\bar{y}_2 = \frac{1.5^3}{3} + \frac{7(1.5)^2}{2} = 9m^3$$

$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{100}{9.81\,y_1(7+y_1)} + \frac{y_1^3}{3} + \frac{7\,y_1^2}{2} = \frac{100}{9.81\times 12.75} + 9$$

$$\frac{10.194}{y_1(7+y_1)} + \frac{1}{3}y_1^3 + 3.5\,y_1^2 = 9.8 \qquad \boxed{\Rightarrow y_1 = 0.146\,m}$$

$$A_1 = y_1(b+zy_1) = 0.146(7+0.146) = 1.043\,m^3$$

$$E_1 = y_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} = 0.146 + \frac{100}{2\times 9.81\times 1.043^2} = 4.83\,m$$

$$E_2 = y_2 + \frac{Q^2}{2gA_2^2} = 1.5 + \frac{100}{2\times 9.81\times 1.043^2} = 1.53\,m$$

$$\boxed{\Delta E_j = E_1 - E_2 = 4.83 - 1.53 = 3.3\,m}$$

مثال

مثال: در مسير يک کانال مستطيلي به عرض ۵ متر که در آن آبي با دبي ۲۰ m3/s جريان دارد، يک دريچه کشويي به گونه اي قرار مي گيرد که فاصله آن از کف کانال ۶۷/۰ متر مي باشد

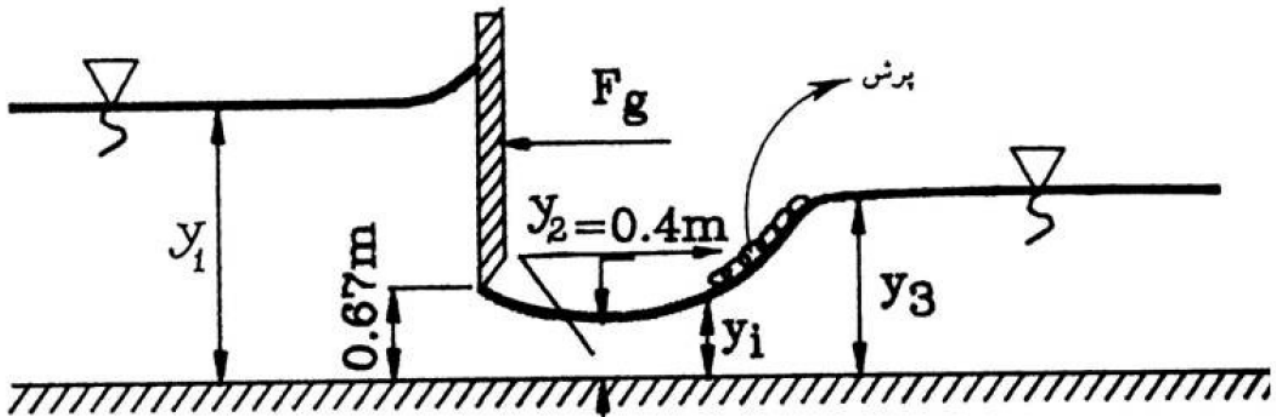
چنانچه عمق جريان در مقطع انقباض برابر ۴/۰ متر و جريان در قسمت پايين دست دريچه يکنواخت، با عمقي معادل ۵/۲ متر فرض گردد، موارد زير را تحقيق و محاسبه کنيد

الف _ اثبات نماييد که در پايين دست دريچه پرش هيدروليکي انجام مي شود

ب _ افت انرژي در طول پرش را بلست آورده و توان مصرفي در طول پرش را محاسبه نماييد

ج_ اگر افت انرژي موضعي در جريان آب از زير دريچه تا مقطع انقباض برابر با ۰۵/۰ ارتفاع معادل انرژي سرعتي در مقطع انقباض باشد عمق آب قبل از دريچه را محاسبه کنيد

د_ نيروي وارد بر دريچه را محاسبه نماييد



ادامه مثال

الف)

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{20}{5} = 4\ {}^{m^3}/_{s.m}$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{16}{9.81}\right)^{1/3} = 1.177m$$

$$0.4 \langle 1.177 \Rightarrow Fr \rangle 1$$

$$2.5 \rangle 1.177 \Rightarrow Fr \langle 1$$

$$\Rightarrow y_i = \sqrt{\frac{y_3^2}{4} + \frac{2q^2}{gy_3}} - \frac{y_3}{2}$$

$$\Rightarrow y_i = \sqrt{\frac{2.5^2}{4} + \frac{2 \times 16}{9.81 \times 2.5}} - \frac{2.5}{2} = 0.443 \rangle 0.4$$

ادامه مثال

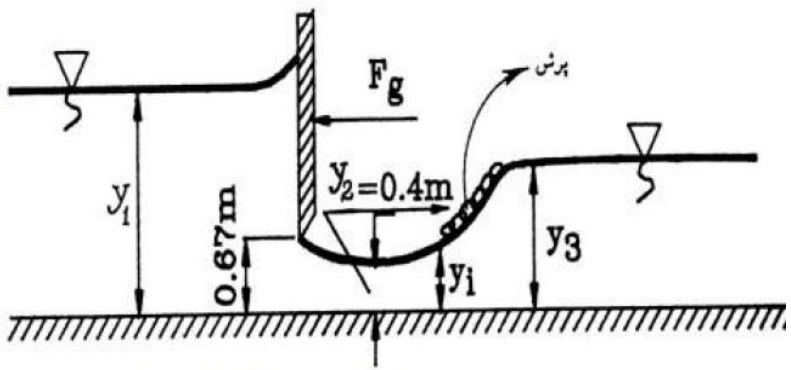
ب)

$$\Delta E_j = \frac{(y_3 - y_i)^3}{4 y_3 y_i} = \frac{(2.5 - 0.443)^3}{4 \times 2.5 \times 0.443} = 1.97\,m$$

ج)

$$E_1 - \Delta E = E_2 \Rightarrow E_1 = E_2 + \Delta E$$

$$y_1 + \frac{q^2}{2g{y_1}^2} = y_2 + \frac{1.05q^2}{2g{y_2}^2}$$



$$y_1 + \frac{16}{2 \times 9.81 \times {y_1}^2} = 0.4 + \frac{1.05 \times 16}{2 \times 9.81 \times 0.4^2}$$

$$\Rightarrow y_1 = 5.73\,m$$

ادامه مثال

د)

$$\frac{F_{ext}}{\gamma} = F_2 - F_1 \Rightarrow \frac{WSin\theta - F_f - F_h}{\gamma} = F_2 - F_1$$

$$\frac{F_{ext}}{\gamma} = F_2 - F_1 \Rightarrow \frac{-F_g}{\gamma} = F_2 - F_1$$

$$F_g = \gamma\left(F_2 - F_1\right)$$

$$F_1 = \frac{Q^2}{gA_1} + \bar{y}_1 A_1 = \frac{20^2}{9.81 \times 5 \times 5.73} + 5 \times 5.73 \times \frac{5.73}{2} = 83.51\, m^3$$

$$F_2 = \frac{Q^2}{gA_2} + \bar{y}_2 A_2 = \frac{20^2}{9.81 \times 5 \times 0.4} + 5 \times 0.4 \times \frac{0.4}{2} = 20.79\, m^3$$

$$F_g = 9806\left(83.51 - 20.79\right) = 615.06\, KN$$