دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

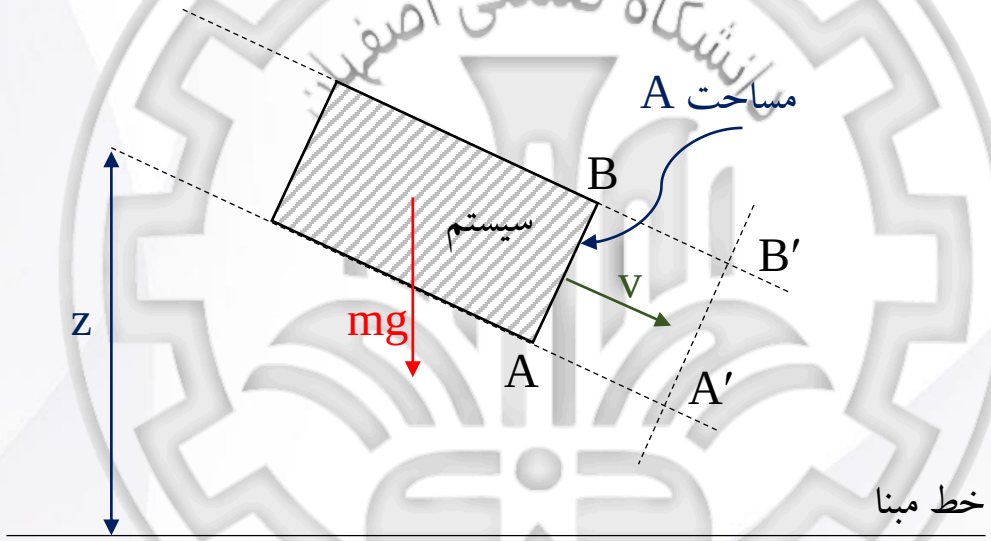
درس: مکانیک سیالات

استاد: دکتر علی زادهوش

اردیبهشت ۱۴۰۰

فصل ششم: معادله انرژی و کاربرد آن

✓ **انرژی مکانیکی یک سیال در حال جریان:** یک ذره در حال حرکت در فضا دارای سه نوع انرژی است. ابتدا یک المان در نظر می گیریم، سپس یک سیستم تعریف می کنیم. به عبارتی هدف بررسی یک جرم ثابت است که دارای وزن mg می باشد.



انرژی پتانسیل = mgz → انرژی پتانسیل به ازای واحد وزن = z

انرژی جنبشی = $\frac{1}{2}mv^2$ → انرژی جنبشی به ازای واحد وزن = $\frac{v^2}{2g}$

دانشکده مهندسی نساجی
Isfahan University of Technology

بر روی المان فشاری وارد می شود که فشار نیرویی روی سطح اعمال می کند.

زمانی که المان حرکت می کند، نیرو بر روی سطح حرکت می کند، در نتیجه، کار انجام می شود.

نیروی وارد بر AB = PA

بنابراین، وقتی وزنی مانند mg از سیال در حال حرکت در طول لوله از مقطع AB به $A'B'$ جابه جا شود، کار انجام شده است:

حجمی که از AB گذشته $= \frac{mg}{\rho g} = \frac{m}{\rho}$

فاصله AA' = سطح مقطع/حجم $= \frac{m}{\rho A}$

کار انجام شده = نیرو × فاصله $AA' = PA \times \frac{m}{\rho A} = \frac{Pm}{\rho}$

کار انجام شده به ازای واحد وزن $= \frac{P}{\rho g}$

$\frac{P}{\rho g}$ کار جریان یا انرژی فشار نامیده می شود. باید توجه داشته باشیم که انرژی فشار، انرژی است که برای جریان پیوسته مورد نیاز است. انرژی اضافی به صورت افزایش در فشار را انرژی پتانسیل می نامند. به طور کلی، مجموع انرژی از یک نقطه به نقطه دیگر ثابت است. مگر آن که موقعیت یک نقطه تغییر کند.

H = مجموع انرژی به ازای واحد وزن = انرژی پتانسیل به ازای واحد وزن + انرژی جنبشی به ازای واحد وزن + انرژی فشاری به ازای واحد وزن

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z = H = \text{ثابت} \rightarrow \text{واحد } m$$

$\frac{P}{\rho g}$: ارتفاع معادل فشار

$\frac{v^2}{2g}$: ارتفاع معادل سرعت

z : ارتفاع معادل پتانسیل

H : ارتفاع معادل

مجموع انرژی به ازای واحد وزن در نقطه ۲ = مجموع انرژی به ازای واحد وزن در نقطه ۱

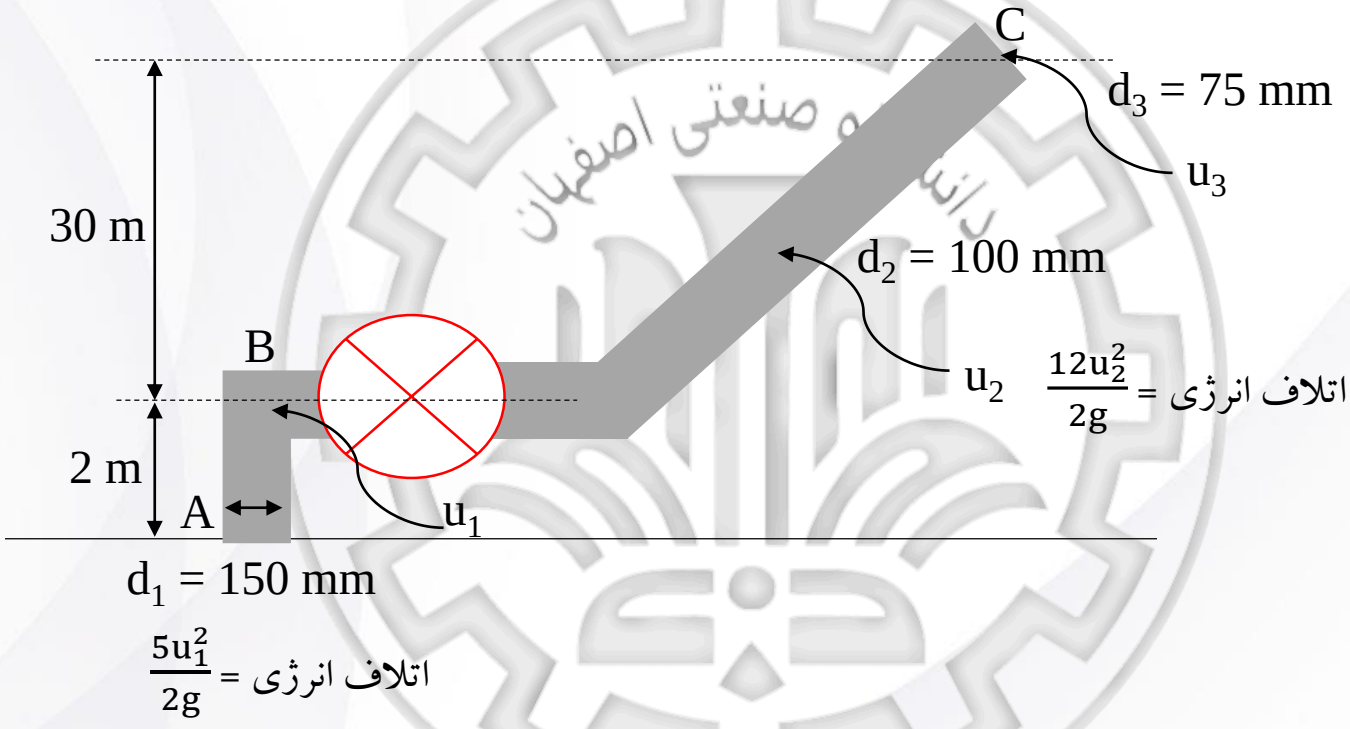
معادلات فوق برای حالت ایده آل و بدون اصطکاک، بدون پمپ، بدون اتلاف اصطکاک در نظر گرفته شده است. ولی در عمل بدین گونه نیست و تمام موارد تغییر می کنند:

انرژی اضافه شده به ازای واحد وزن (انرژی پمپ) – کار انجام شده به ازای واحد وزن + اتلاف به ازای واحد وزن + مجموع انرژی به ازای واحد وزن در نقطه ۲ = مجموع انرژی به ازای واحد وزن در نقطه ۱

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h + W - q$$

مثال: یک پمپ آتش نشانی با ارتفاع معادل 50 m (انرژی به ازای واحد وزن)، آب را از استخر که نقطه A است به نقطه ای مانند C، 30 m بالای سطح پمپ منتقل می کند. با توجه به شکل، مطلوب است:

۱) محاسبه سرعت یک جت آب در نقطه C. ۲) فشار در لوله مکش در ورودی به پمپ در نقطه B



حل:

(a) : نقطه A را بعنوان مبنا در نظر می گیریم و z در این نقطه برابر صفر می باشد. چون استخر در مقایسه با سطح مقطع لوله دارای سطح بسیار بیشتری است و آب در سطح استخر ثابت است، پس سرعت در نقطه A برابر صفر می شود. از طرفی کل سیستم در فشار اتمسفر است،

پس اختلاف فشار معادل صفر می باشد.

اتلاف لوله انتقال+ انرژی اضافه شده توسط پمپ به ازای واحد زمان– اتلاف ورودی پمپ+ مجموع انرژی به ازای واحد وزن در C = مجموع انرژی به ازای واحد وزن در A

$$\frac{P_A}{\rho_A g} + \frac{v_A^2}{2g} + z_A = \frac{P_C}{\rho_C g} + \frac{v_C^2}{2g} + z_C + \frac{5u_1^2}{2g} - 50 + \frac{12u_2^2}{2g} \Rightarrow 0 = \frac{u_3^2}{2g} + 32 + \frac{5u_1^2}{2g} - 50 + \frac{12u_2^2}{2g}$$

$$\Rightarrow u_3^2 + 5u_1^2 + 12u_2^2 = 36g \quad (1)$$

از معادله پیوستگی داریم:

$$Q_A = Q_B = Q_C \Rightarrow \frac{\pi}{4} d_1^2 u_1 = \frac{\pi}{4} d_2^2 u_2 = \frac{\pi}{4} d_3^2 u_3 \Rightarrow 0.15^2 u_1 = 0.1^2 u_2 = 0.075^2 u_3$$

$$0.0225u_1 = 0.01u_2 = 5.63 \times 10^{-3}\, u_3 \qquad (2)$$

از حل دو معادله (۱) و (۲) داریم:

$$u_3 = 8.3 \quad m/s$$

(b) : معادله انرژی را بین دو نقطه A و B می نویسیم:

اتلاف انرژی در لوله + مجموع انرژی در نقطه B = مجموع انرژی در نقطه A

$$0 = \frac{P_B}{\rho_B g} + \frac{v_B^2}{2g} + z_B + \frac{5u_1^2}{2g} \Rightarrow$$

$$0 = \frac{P_B}{\rho_B g} + \frac{u_1^2}{2g} + 2 + \frac{5u_1^2}{2g} \Rightarrow 0 = \frac{P_B}{\rho_B g} + \frac{6u_1^2}{2g} + 2 \Rightarrow P_B = -32\ kPa$$

علامت منفی یعنی فشار زیر فشار اتمسفر است.

✓ **معادله انرژی برای جریان دائمی با استفاده از اصل بقای انرژی:** معادله برنولی و نوع توسعه یافته آن، با استفاده از تعریف مومنتوم حاصل شدند. همچنین می توان معادله ای برای جریان دائمی با استفاده از اصل بقای انرژی بدست آورد:

انرژی خارج شده از سیستم – انرژی اضافه شده به سیستم = افزایش خالص انرژی سیستم

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W$$

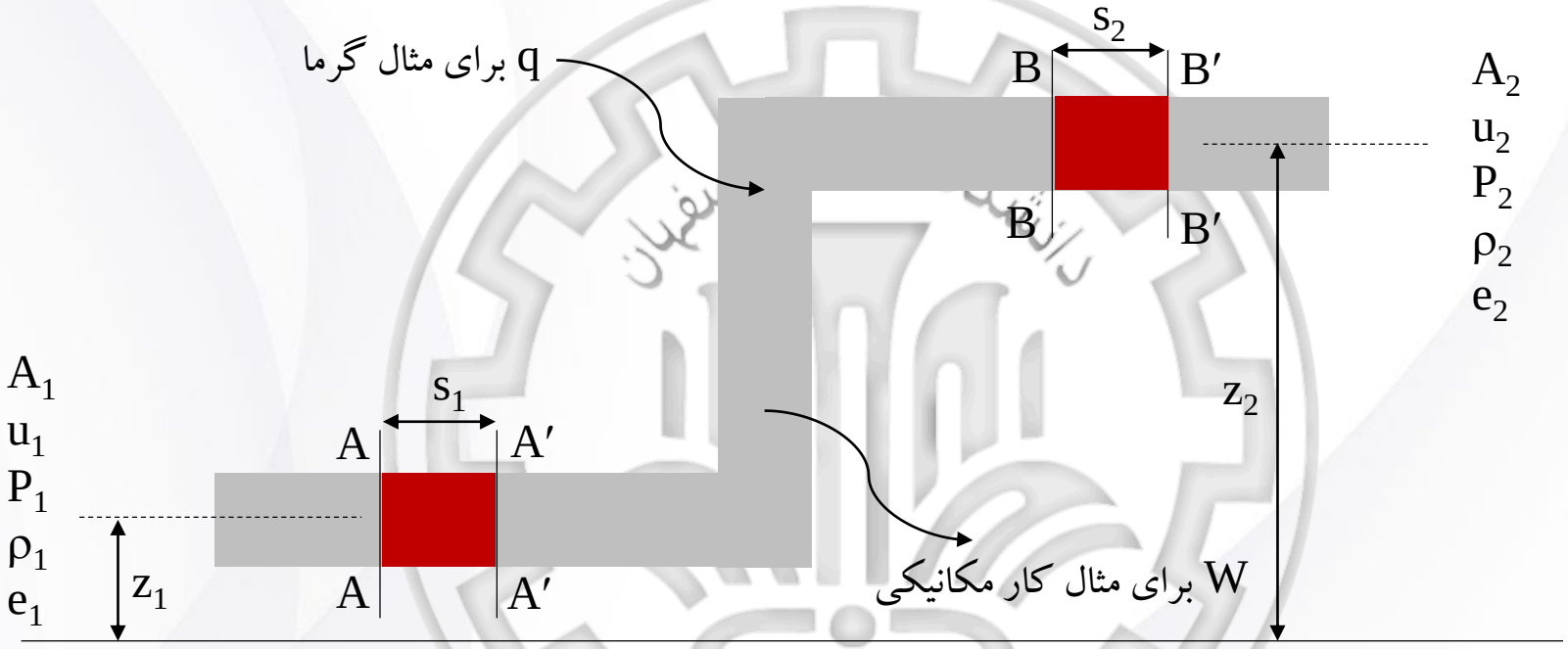
یک جرم سیال دارای سه نوع انرژی است:

۱) انرژی داخلی: نتیجه فعالیت های مولکولی جرم تشکیل دهنده آن سیال است.

۲) انرژی جنبشی: نتیجه سرعت جرم تشکیل دهنده آن سیال است.

۳) انرژی پتانسیل: وقتی که جرمی در میدان جاذبه زمین، تحت تاثیر نیروی ثقل، بالای خط مبنا قرار گرفته باشد، دارای انرژی پتانسیل است.

جهت اثبات، یک حجم کنترل را در نظر بگیرید که به صورت مقطعی از یک لوله حاوی سیال تعریف می شود. جرم سیال از مقطع AA حرکت کرده و به $A'A'$ جابه جا می شود.



جهت رسیدن به معادله انرژی، تغییرات انرژی در ورودی و خروجی بررسی می شوند. همچنین انرژی دریافت کرده و کار انجام داده در طی مسیر هم در رابطه نهائی اعمال می شوند.

انرژی داخلی + انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی = انرژی ورودی در مقطع AA برای واحد زمان (E_1)

$$E_1 = \dot{m}\left(\frac{1}{2}u_1^2 + gz_1 + e_1\right)$$

انرژی داخلی + انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی = انرژی خروجی در مقطع BB برای واحد زمان (E_2)

$$E_2 = \dot{m}\left(\frac{1}{2}u_2^2 + gz_2 + e_2\right)$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \dot{m}\left\{\frac{1}{2}(u_2^2 - u_1^2) + g(z_2 - z_1) + (e_2 - e_1)\right\} \quad (1)$$

رابطه (۱)، تغییر انرژی است که نتیجه ورودی از AA و خروجی از BB می باشد. ولی در مسیر حرکت از AA به BB ممکن است، انرژی اضافه شده باشد یا از دست رفته باشد، مانند کار مکانیکی، گرما و ...

انرژی ورودی برای واحد زمان میان AA و BB = $\dot{m}q$

انرژی خروجی برای واحد زمان میان AA و BB= $\dot{m}W$

$$\dot{m} = Q \times \rho = \frac{A_1 s_1}{t} \times \rho_1 \Rightarrow \frac{A_1 s_1}{t} = \frac{\dot{m}}{\rho_1} \quad (2)$$

کار انجام شده در زمان t در AA : $\frac{P_1 A_1 s_1}{t}$ با توجه به رابطه (۲) می توان نوشت: $\frac{P_1 \dot{m}}{\rho_1}$

به همین ترتیب برای کار انجام شده در زمان t در BB داریم: $\frac{P_2 \dot{m}}{\rho_2}$

انرژی خارج شده میان AA و BB – انرژی اضافه شده میان AA و BB + کار انجام شده در BB – کار انجام شده در AA = تغییر انرژی سیستم (ΔE)

$$\Delta E = \frac{P_1 \dot{m}}{\rho_1} + \frac{P_2 \dot{m}}{\rho_2} + \dot{m}q - \dot{m}W \qquad (3)$$

اکنون دو رابطه (۱) و (۳) را مساوی قرار می دهیم:

$$gz_1 + \frac{1}{2}u_1^2 + (\frac{P_1}{\rho_1} + e_1) + q - W = gz_2 + \frac{1}{2}u_2^2 + (\frac{P_2}{\rho_2} + e_2)$$

H_1 آنتالپی $= (\frac{P_1}{\rho_1} + e_1)$ $\qquad$ H_2 آنتالپی $= (\frac{P_2}{\rho_2} + e_2)$

$$\Rightarrow \quad gz_1 + \frac{1}{2}u_1^2 + H_1 + q - W = gz_2 + \frac{1}{2}u_2^2 + H_2$$

معادله فوق، معادله انرژی حاکم بر جریان دائمی، پیوسته و یکنواخت تمام سیالات، هم حقیقی و هم ایده آل می باشد. در سیال ایده آل، تنش برشی وارد بر سیال صفر است، ولی در سیال حقیقی تنش برشی وجود دارد. در بحث های تئوری، سیال ایده آل در نظر گرفته می شود. زیرا خارج لایه مرزی، تنش برشی صفر است و سیال ایده آل می باشد.

نکته: در المان تعریفی، سرعت ورودی و خروجی ثابت در نظر گرفته می شود و فرض شده است که المان خیلی کوچک باشد، که همین فرض منشا خطا در معادله می شود. باید توزیع سرعت در ورودی و خروجی را در نظر گرفت که در نهایت ضریب تصحیح انرژی بدست می آید که ناشی از توزیع سرعت و یکسان ماندن سرعت در مقطع ها می باشد.

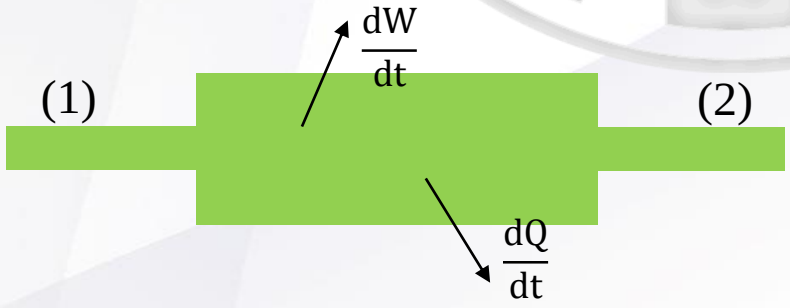
مثال: روغن با دانسیته نسبی 0.8 و شدت جریان حجمی $0.01\ m^3/s$ از نازلی به قطر دهانه 40 mm تخلیه می شود. انرژی آن را بر حسب N.m/s محاسبه کنید.

حل:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.01}{\pi \times 0.02^2} = 7.962 \quad m/s \qquad \dot{m} = 800 \times 0.01 = 8 \quad kg/s$$

$$E = \dot{m} \times \frac{1}{2} \times v^2 = 8 \times \frac{1}{2} \times (7.962)^2 = 253.27 \qquad N.m/s$$

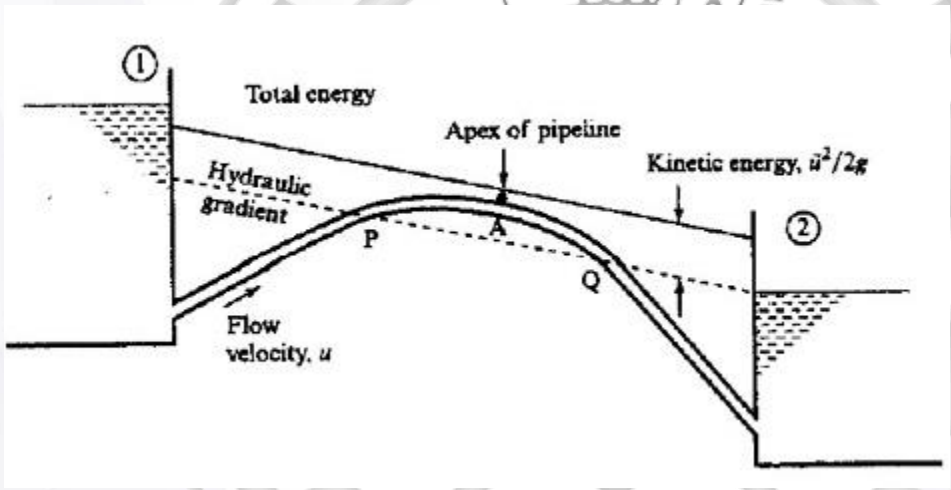
مثال: شدت جریان جرمی عبوری از یک توربین 9000 kg/h بوده و اتلاف حرارت از پوشش آن 10^5 kJ/h است. آنتالپی ورودی و خروجی به ترتیب 2300 kJ/kg و 1800 kJ/kg تعیین شده اند. اگر سرعت های ورودی و خروجی 25 m/s و 115 m/s باشند، توان محور توربین را محاسبه کنید.



حل:

$$\dot{m} = \frac{9000}{3600} = 2.5 \quad kg/s \ , \quad q = \frac{10^5 \times 10^3}{3600} = 27778 \quad J/s$$

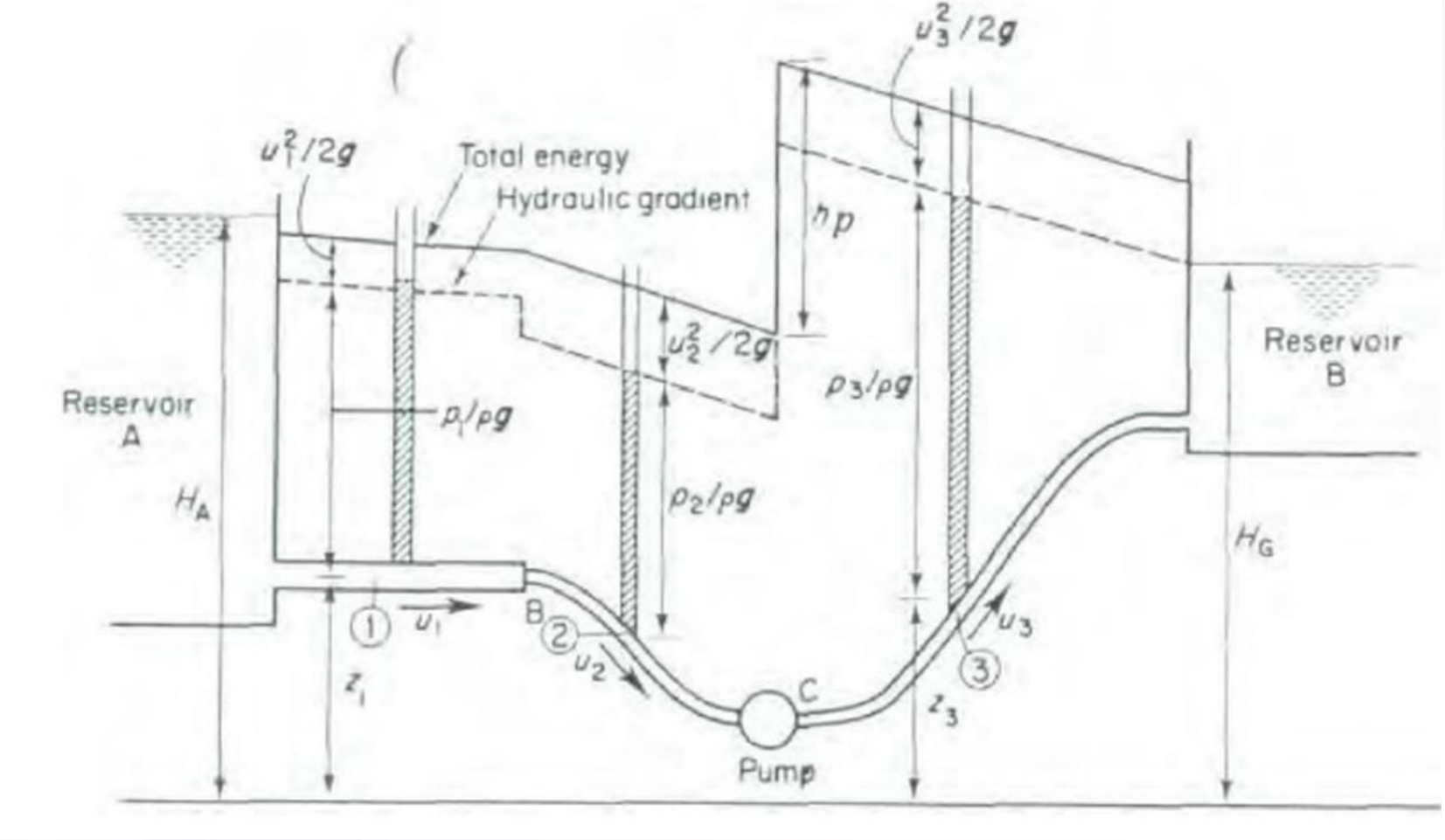
$$2.5\{(1800 \times 10^3) + \frac{115^2}{2}\} - 2.5\{(2300 \times 10^3) + \frac{25^2}{2}\} + 27778 + W = 0 \Rightarrow W = 1206472 \quad J/s$$



در شکل بالا، دو خط اصلی وجود دارد. یکی بنام Total energy که نشان دهنده خط انرژی کلی می باشد. انرژی کل از سه بخش تشکیل شده است: ۱) $\frac{u_1^2}{2g}$، ۲) $\frac{P_1}{\rho g}$ و ۳) z_1. بنابراین این خط، مجموع این سه انرژی و تغییرات آنها را نشان می دهد. خط دیگر، گرادیان هیدرولیک است که تنها فشار و تغییرات فشار را نشان می دهد.

تشکیل سیفون: در شکل اسلاید قبل، اگر یک لوله بین دو مخزن قرار داشته باشد که از خط PQ بالاتر باشد، به عبارتی بالای خط گرادیان هیدرولیک قرار گیرد ولی از انرژی کل کمتر باشد، سیفون ایجاد می شود. تشکیل سیفون، در جریان اختلال ایجاد می کند، زیرا فشار در این منطقه، کمتر از فشار اتمسفر می شود و ممکن است سیال بخار شود و در نتیجه جریان سیال قطع می شود.

در شکل زیر، دو مخزن A و B وجود دارد که بین دو مخزن انتقال جریان سیال از طریق لوله های مختلف به کمک پمپ انجام می شود.

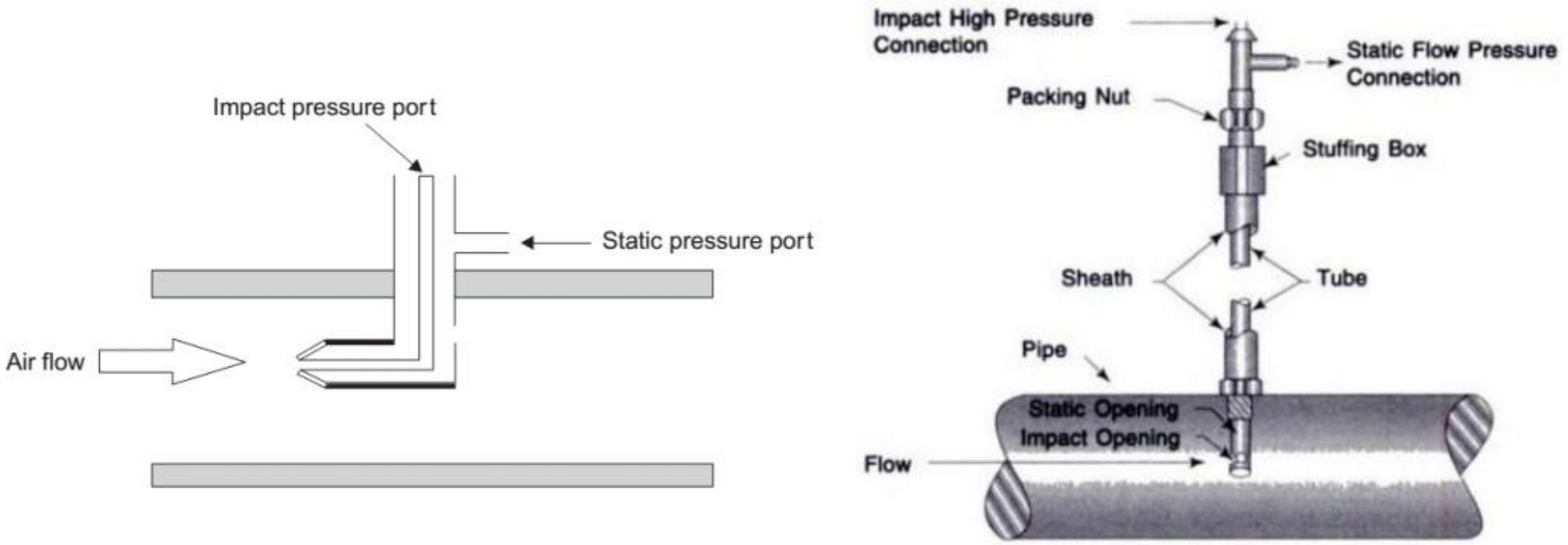


دانشکده مهندسی نساجی
Isfahan University of Technology

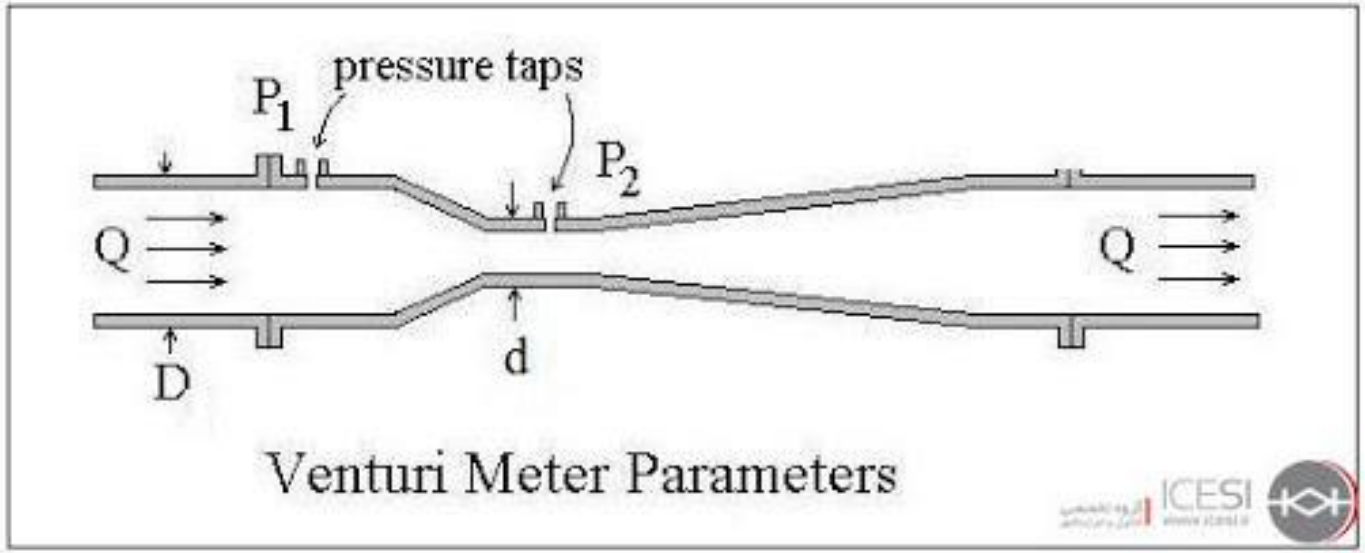
همچنین در شکل اسلاید قبل، خطوط انرژی کل و گرادیان هیدرولیک و تغییرات انرژی بین دو سیستم نشان داده شده است. در مخزن A، H_A نشان دهنده انرژی مخزن است. چون مخزن بزرگ است، بر روی سطح مخزن A سیال دارای سرعت نمی باشد و فشار معادل فشار اتمسفر است. بنابراین، انرژی کل به ازای واحد وزن، توسط ارتفاع H_A از خط مبنا نشان داده شده است.

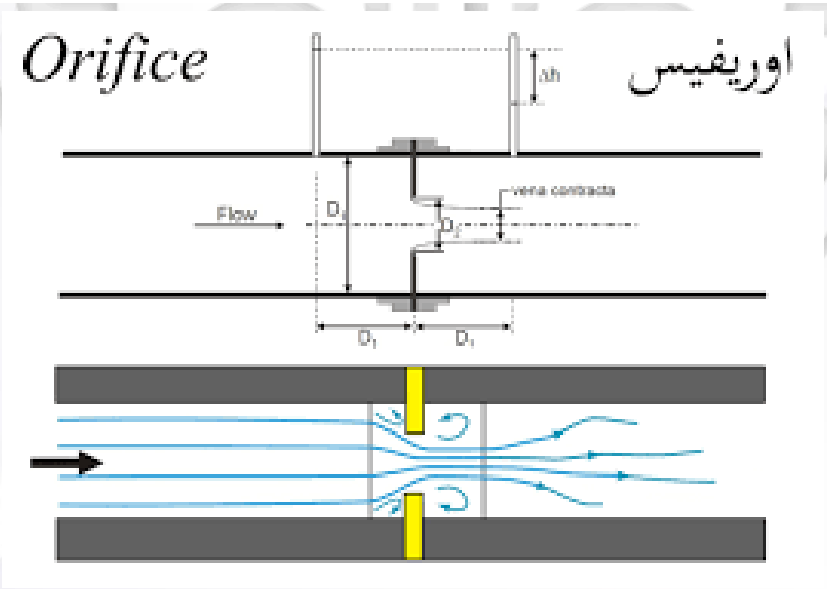
جریان در ابتدا وارد لوله (۱) می شود. انرژی از خط H_A کمتر می شود که مربوط به افت انرژی ورودی به لوله کوچکتر است. در خط انرژی کل به دلیل اصطکاک درون لوله شیب ایجاد می شود و مقداری از انرژی به دلیل تنش برشی مصرف می شود. اگر برای یک لحظه روی لوله، پیزومتر قرار گیرد، اختلاف فشار را نشان می دهد. در ادامه جریان به نقطه ای مانند B می رسد که وارد لوله (۲) می شود و سرعت u_2 را دارد و افت فشار رخ می دهد، در نتیجه، شیب خط انرژی کل به دلیل اصطکاک و اتلاف بیشتر، شدت می گیرد. در نقطه ای مانند C توسط پمپ انرژی معادل h_P به سیستم اضافه می شود. سپس جریان وارد لوله (۳) شده که به دلیل اصطکاک و شیب، افت انرژی روی می دهد و در نهایت جریان وارد مخزن B می شود.

شکل مقابل لوله پیتوت را نشان می دهد.

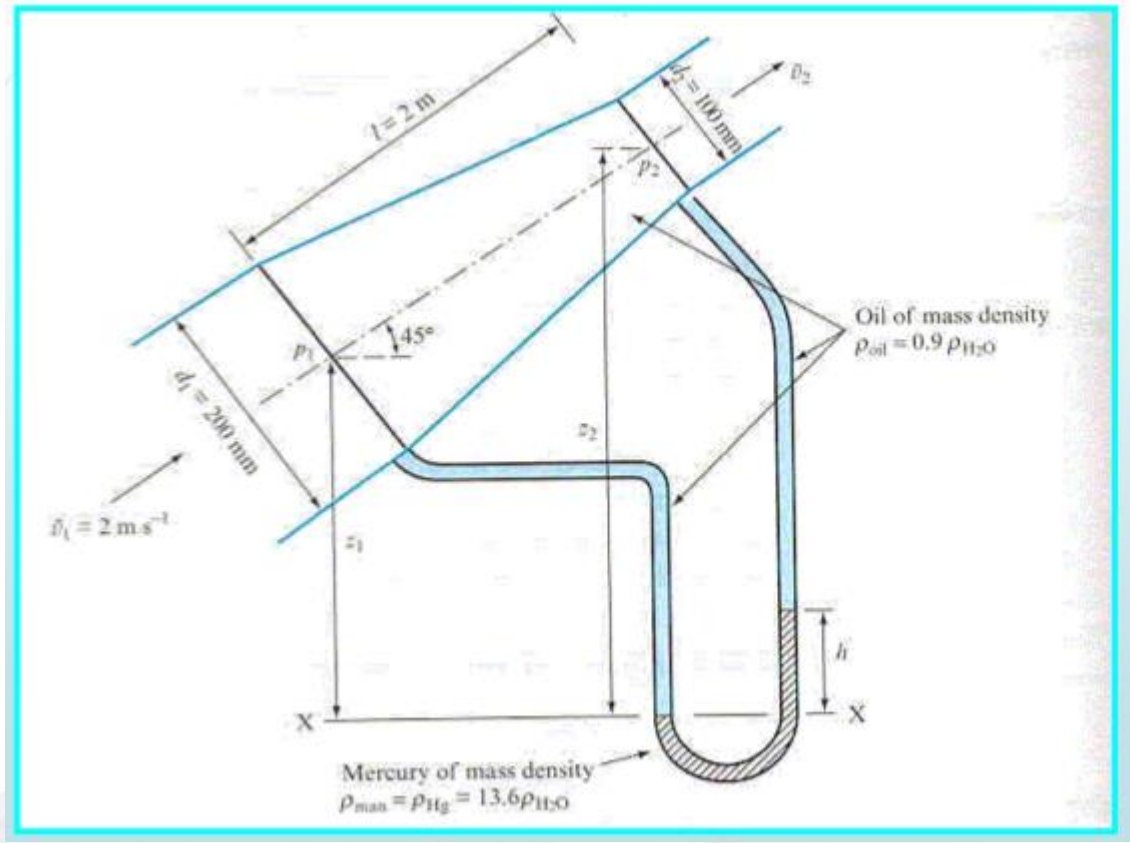


در شکل های زیر ونتوری متر و اوریفیس متر نشان داده شده اند.





مثال: یک لوله دارای شیب 45 درجه با افق است. همان طور که در شکل نشان داده شده، لوله تغییر مقطع داده و همگراست. برای طولی معادل 2m قطر از $d_1 = 200$ mm تا قطر $d_2 = 100$ mm تغییر می کند. روغن با چگالی 0.9 در لوله جریان دارد. متوسط سرعت در مقطع (۱)، 2 m/s و اختلاف فشار برای این طول را بدست آورید. از اتلاف انرژی صرف نظر شود. بین دو مقطع d_1 و d_2 یک مانومتر قرار دارد که اختلاف فشار h را نشان می دهد. همچنین مطلوب است محاسبه h. مایع درون مانومتر جیوه است و دانسیته آن برابر $13600\ kg/m^3$ می باشد.



حل:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \Rightarrow v_2 = 8 \ \ m/s$$

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \Rightarrow$$

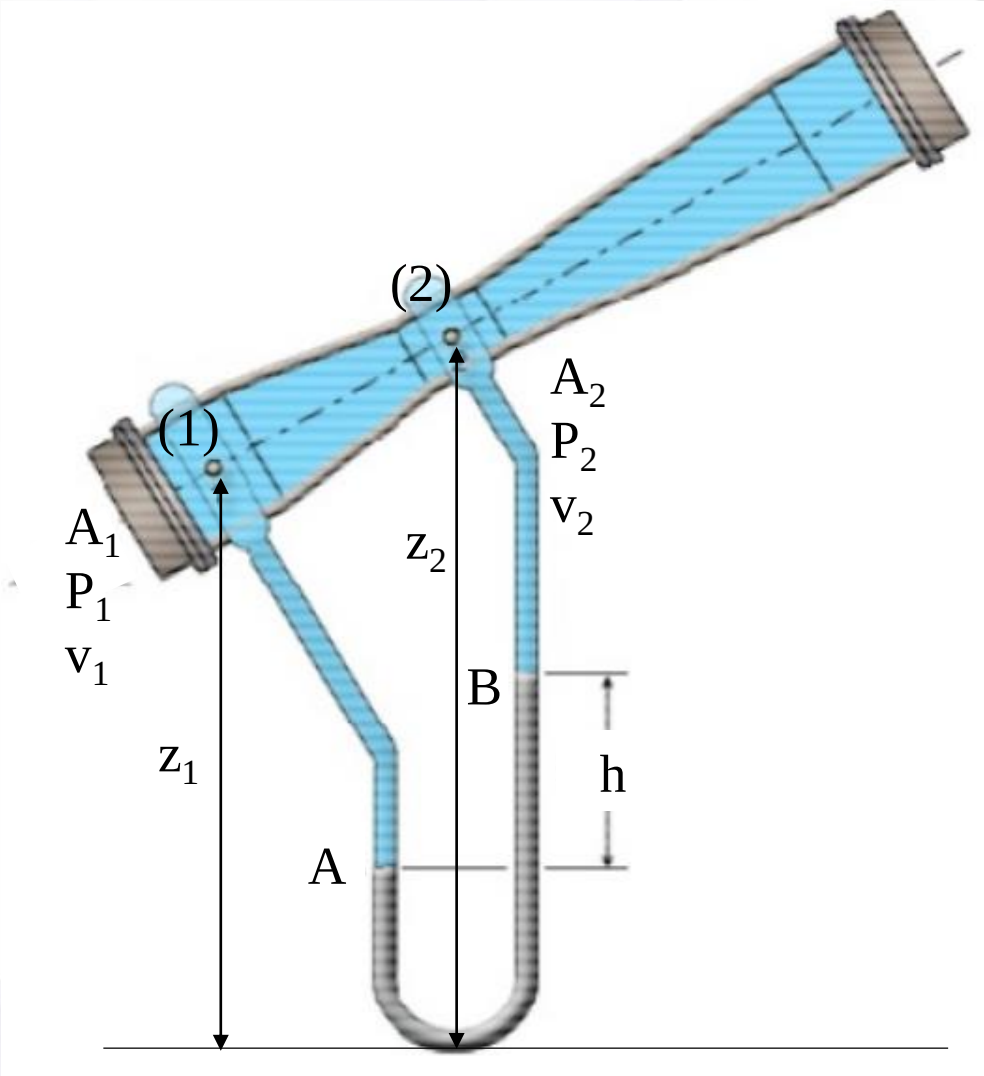
$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\,(v_2^2 - v_1^2) + \rho g\,(z_2 - z_1) = 39483 \ \ Pa$$

از روی شکل می توان نوشت:

$$z_2 - z_1 = l \sin 45 = 1.41 \quad m$$

با در نظر گرفتن خط x-x می توان نوشت:

$$P_1 + \rho_{oil}\, g z_1 = P_2 + \rho_{man}\, g h + \rho_{oil}\, g(z_2 - h) \Rightarrow \frac{P_1 - P_2}{\rho_{oil}\, g} + z_2 - z_1 = h\left(\frac{\rho_{man}}{\rho_{oil}} - 1\right) \Rightarrow h = 0.2\ m$$



✓ **اصول ونتوری متر:** همان طور که در مثال قبل نشان داده شد، می توان برای یک لوله همگرا اصولی را تعریف کرد و از مقدار اختلاف مانومتر، سرعت سیال بدست می آید و در نهایت شدت جریان حجمی محاسبه می شود.

ونتوری متر وسیله است که از اختلاف فشار، می توان شدت جریان حجمی را بدست آورد. ونتوری متر، یک ورودی دارد، بعد از آن مخروط ورودی ناقص همگرا (converging cone) است. بعد گلو (throat) قرار دارد. سپس مخروط ناقص خروجی واگرا (Diverging cone) قرار می گیرد. مخروط اول، قطر لوله را به قطر گلو و مخروط دوم، قطر گلو را به قطر لوله می رساند.

مطابق شکل اسلاید قبل، یک مانومتر از ورودی تا گلو وصل شده است:

(1) : A_1, P_1, v_1 , (2) : A_2, P_2, v_2

اختلاف فشاری را که مانومتر نشان می دهد به اندازه h است.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \Rightarrow v_2^2 - v_1^2 = 2g\left\{\frac{(P_1 - P_2)}{\rho g}\right\} + (z_1 - z_2) \quad (1)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) v_1 \quad (2)$$

از قرار دادن رابطه (۲) در (۱) داریم:

$$v_1^2\left\{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1\right\} = 2g\left\{\frac{(P_1 - P_2)}{\rho g}\right\} + (z_1 - z_2) \Rightarrow v_1 = \frac{A_2}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}} \cdot \sqrt{\left\{2g\left(\frac{P_1 - P_2}{\rho g}\right) + (z_1 - z_2)\right\}}$$

$$Q = v_1 A_1 = \left\{\frac{A_2 A_1}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}}\right\} \cdot \sqrt{2gH}$$

$$H = \left(\frac{P_1 - P_2}{\rho g}\right) + (z_1 - z_2)\} \quad , \quad m = \frac{A_1}{A_2}$$

ضریب تخلیه : C_d , Q تئوریک) . C_d = Q واقعی , $Q = \{\frac{A_1}{\sqrt{m^2 - 1}}\} . \sqrt{2gH}$ تئوری

اکنون باید Q را به h ربط داد، می توان مطابق شکل نوشت:

$$P_x = P_1 + \rho g z_1 = P_2 + \rho g (z_2 - h) + \rho_{man} gh$$

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + (z_1 - z_2) = h (\frac{\rho_{man}}{\rho} - 1)$$

$$Q = \{\frac{A_1}{\sqrt{m^2 - 1}}\} . \sqrt{2gh(\frac{\rho_{man}}{\rho} - 1)}$$

رابطه فوق یک رابطه کلی برای ونتوری متر است. لازم به ذکر است، $\{\frac{A_1}{\sqrt{m^2 - 1}}\}$ یک پارامتر ثابت می باشد و مربوط به مشخصات دستگاه است.

مثال: یک ونتوری متر دارای گلویی با قطر 100 mm است. این ونتوری متر به یک لوله با قطر 250 mm متصل شده و روغن با چگالی نسبی 0.9 در لوله جریان دارد. اختلاف فشار میان گلوگاه و ورودی به وسیله یک مانومتر اندازه گیری شده است. مایع مانومتر جیوه است و چگالی نسبی آن 13.6 می باشد. اگر مانومتر 0.63 m جیوه اختلاف سطح نشان دهد، شدت جریان حجمی تئوریک را محاسبه کنید.

حل:

$$A_2 = \pi \times (0.05)^2 = 7.58 \times 10^{-3}\ m^2 \ , \ A_1 = \pi \times (0.125)^2 = 0.049\ \ m^2$$

$$m = \frac{A_1}{A_2} = 6.25 \quad , Q = \{\frac{0.049}{\sqrt{6.25^2 - 1}}\} \cdot \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.63\ (\frac{13600}{900} - 1)} = 0.1049 \quad m^3/s$$

مثال: یک ونتوری متر افقی جریان روغن با چگالی نسبی 0.9 در یک لوله 75 mm را اندازه گیری می کند. اگر اختلاف فشار میان مخروط کامل (ورودی) و گلو 34.5 kPa و نسبت سطح مقطع ها 4 باشد، شدت جریان حجمی را محاسبه کنید. ضریب تخلیه 0.97 است.

حل:

$$m = 4\ , \quad A_1 = \pi \times (0.0375)^2 = 4.41 \times 10^{-3}\ \ m^2$$

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + (z_1 - z_2) = \frac{34.5 \times 10^3}{900 \times 9.81} + 0 = 3.9075\ \ m$$

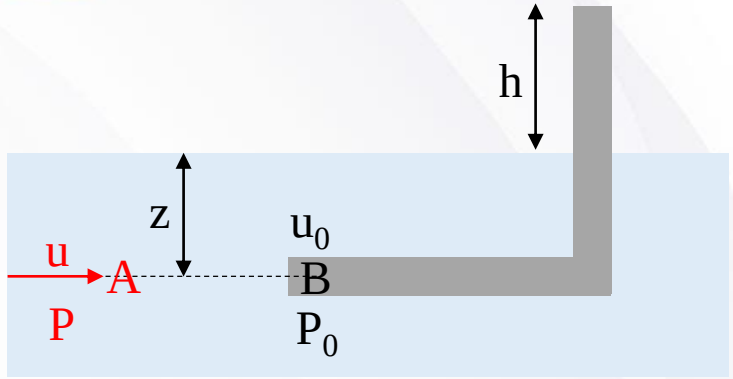
$$Q = \{\frac{4.41 \times 10^{-3}}{\sqrt{4^2 - 1}}\} \cdot \sqrt{2 \times 9.81 \times 3.9075} = 9.98 \times 10^{-3}\ \ m^3/s \quad , \text{واقعی } Q = 9.63 \times 10^{-3}\ \ m^3/s$$

✓ **اصول لوله پیتوت:** برای اندازه گیری سرعت جریان در مرزها و کانال ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد و عبارت است از یک لوله L شکل که طرح های مختلفی دارد و در درون جریان قرار می گیرد.

دانشکده مهندسی نساجی
Isfahan University of Technology

مجموع انرژی به ازای واحد وزن در نقطه B = مجموع انرژی به ازای واحد وزن در نقطه A

$$\frac{u^2}{2g}+\frac{P}{\rho g}=\frac{u_0^2}{2g}+\frac{P_0}{\rho g}$$



چون نقاط A و B در یک سطح قرار دارند، z برابر صفر است.

u_0 را نقطه ایستا در نظر می گیریم، بنابراین: $u_0 = 0$

$$\frac{u^2}{2g}+\frac{P}{\rho g}=\frac{P_0}{\rho g} \Rightarrow P_0 > P \quad , \qquad \text{فشار در نقطه A} : P = \rho g z$$

$$P=\rho g z \Rightarrow z=\frac{P}{\rho g} \Rightarrow \frac{P_0}{\rho g}=z+h \Rightarrow h=\frac{P_0-P}{\rho g}=\frac{u^2}{2g} \Rightarrow \boxed{u=\sqrt{2gh}}$$

سرعت تئوریک در نقطه A :

$\boxed{u = C \cdot \sqrt{2gh}}$ واقعی

مثال: یک لوله پیتوت همراه با یک مانومتر برای اندازه گیری سرعت هوا درون یک کانال مورد استفاده قرار گرفته است. مانومتر ارتفاع 4 mm آب را نشان می دهد. جرم مخصوص هوا $1.2\ kg/m^3$ است. سرعت هوا را بدست آورید. ضریب دستگاه را ۱ بگیرید. h ارتفاع معادل برای سیال در حال جریان است.

حل:

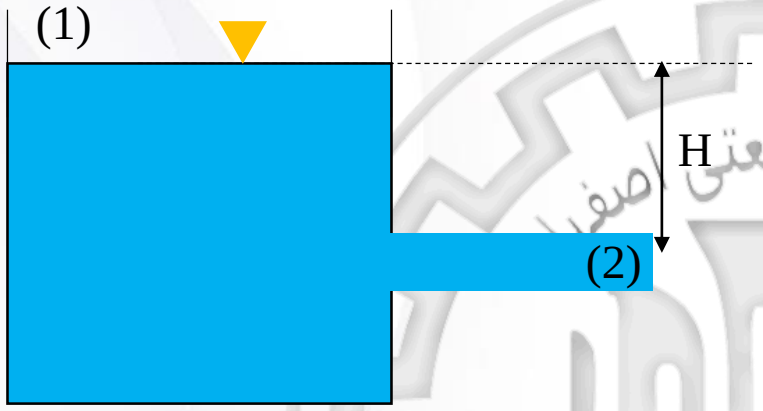
$$h = h_{water} \times \frac{\rho_{water}}{\rho_{air}} = 0.004 \times \frac{\rho_{water}}{\rho_{air}} = 3.33 \ \ m$$

$$u = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 3.33} = 8.08 \quad m/s$$

تکالیف:

۱) سیالی از یک مخزن رو باز با کمک لوله ای به قطر 0.02291 m مطابق شکل به مخزن رو باز دیگری که در ارتفاع بالاتر قرار دارد، پمپ می شود. سرعت جریان جرمی سیال معادل 1 kg/s می باشد. تانک ذخیره، سطح مایع را در ارتفاع 3 m نگه داشته و سیال به ارتفاع 12 m بالاتر از کف پمپ می شود. توان لازم برای پمپ را محاسبه کنید. میزان اتلاف بین دو مخزن 109.3 J/kg و دانسیته سیال معادل با 997.1 kg/m^3 در نظر گرفته شود.

۲) مقدار اتلاف در شکل زیر معادل $\frac{3u_2^2}{2g}$ می باشد. $H = 25\ ft$، قطر لوله $6\ in$ و وزن مخصوص سیال برابر $55\ lb/ft^3$ است. مقدار دبی جریان خروجی از لوله چقدر است؟



۳) مطلوب است محاسبه قطر گلوگاه در ونتوری متر افقی هر گاه قطر لوله ورودی $100\ mm$ و دبی $20\ Lit/s$ و مانومتر U شکل جیوه ای اختلاف $0.6\ m$ را نشان می دهد. ضریب ونتوری متر معادل 0.95 است.

۴) یک ونتوری متر با قطر دهانه ورودی $0.3\ m$ و قطر گلویی $0.2\ m$ جهت اندازه گیری حجم گاز که درون یک لوله در حال جریان است، استفاده می شود. ضریب تخلیه کنتور 0.96 می باشد. با فرض اینکه وزن مخصوص گاز ثابت و برابر $19.62\ N/m^3$ باشد، حجم در حال جریان را زمانیکه اختلاف فشار بین دو دهانه معادل $0.06\ m$ در مانومتر آبی U شکل باشد، محاسبه کنید.

۵) یک ونتوری متر در یک لوله افقی با قطر $0.15\ m$ به کار گذاشته شده است تا جریان آب که ممکن است تا $240\ m^3/hour$ برسد را

اندازه گیری کند. هد فشار در ورودی برای این جریان 18 m بالاتر از فشار اتمسفر و هد فشار گلویی نباید کمتر از 7 m پایین تر از فشار اتمسفر باشد. بین دهانه ورودی و گلویی، 10 درصد اختلاف فشار ورودی و خروجی وجود دارد. حداقل قطر مجاز برای گلویی را محاسبه کنید.

۶) یک ونتوری متر با قطر گلویی 0.076 m در یک لوله عمودی به قطر 0.152 m کار گذاشته شده است که در آن مایع با چگالی نسبی 0.8 به طرف پایین جریان دارد. بخش های گلویی و دهانه ورودی ونتوری متر به گیج های فشار مجهز شده اند. گلویی 0.914 m زیر دهانه ورودی می باشد. اگر ضریب کنتور 0.97 باشد، میزان تخلیه را در حالت های زیر بیابید:

الف) زمانیکه گیج های فشار عدد یکسانی را نشان دهند.

ب) زمانیکه گیج ورودی عددی که نشان می دهد، 15170 Pa بیشتر از گیج گلویی ونتوری متر باشد.