



# هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته

دکتر سید محمد حسین سیدکاشی

استادیار گروه مکانیک دانشگاه بیرجند

[Seyedkashi@birjand.ac.ir](mailto:Seyedkashi@birjand.ac.ir)

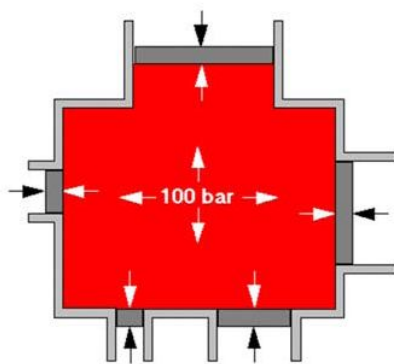
## فصل دوم:

### مفاهیم پایه هیدرولیک

## • قانون پاسکال (فشار هیدرواستاتیک)

## مفاهیم پایه هیدرولیک

- قانون پاسکال اصل اساسی حاکم بر انرژی سیالات است.
- فشار وارده درون سیال در همه جهات منتشر شده و بصورت یکسان و عمود بر تمام سطوح ظرف حاوی سیال وارد می شود.



$$P = \frac{F}{A} \quad \text{و} \quad A = \pi \frac{D^2}{4}$$

$P$  فشار،  $F$  نیرو،  
 $A$  سطح موثر و  $D$  قطر پیستون

۳

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • قوانین پایه در هیدرولیک

## مفاهیم پایه هیدرولیک

- فشار تنها در برابر مقاومت یک ماده ایجاد می شود
- سیال تحت فشار همواره مسیر با مقاومت کمتر را برای عبور انتخاب می کند
- پمپ، دبی تولید می کند نه فشار

واحدهای فشار:

- در سیستم متریک:  $\text{pa}$  (پاسکال)  $(\text{N}/\text{m}^2)$
- در سیستم آمریکایی:  $\text{psi}$   $(\text{lb}/\text{in}^2)$
- واحد متداول فشار:  $\text{bar}$   $(\text{kgf}/\text{cm}^2)$

۴

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

## • جدول تبدیل واحدهای فشار

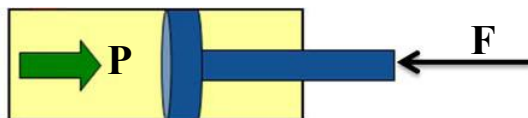
	atm	ata (kg/cm <sup>2</sup> )	Torr (mm Hg)	in Hg (32°F)	mm water (4°C)	in water (60°F)	bar	Mpa	Kpa	PSI (lb/in)
atm	1	1.033	760	29.92	10332.56	406.79	1.013	0.1013	101.32	14.69
ata (kg/cm <sup>2</sup> )	0.968	1	735.56	28.96	10000.03	393.71	0.981	0.0981	98.07	14.22
Torr (mm Hg)	1.316x10 <sup>-3</sup>	1.36 x10 <sup>-3</sup>	1	0.03937	13.60	0.535	1.333x10 <sup>-3</sup>	1.333x10 <sup>-4</sup>	0.1333	0.0194
in Hg (32°F)	0.03342	0.0345	25.4	1	345.40	13.60	0.03386	3.387x10 <sup>-3</sup>	3.387	0.491
mm water (4°C)	9.67x10 <sup>-5</sup>	9.99x10 <sup>-5</sup>	0.0736	2.895x10 <sup>-3</sup>	1	2.904x10 <sup>-3</sup>	9.81x10 <sup>-5</sup>	9.81x10 <sup>-6</sup>	9.81x10 <sup>-3</sup>	1.422x10 <sup>-3</sup>
in water (60°F)	2.456x10 <sup>-3</sup>	2.54x10 <sup>-3</sup>	1.866	0.0736	25.4	1	2.49x10 <sup>-3</sup>	2.49x10 <sup>-4</sup>	0.249	0.03613
bar	0.9872	1.02	750.06	29.53	10197.44	401.47	1	0.1	100	14.50
Mpa	9.872	10.20	7500	295.3	101974.42	4018.60	10	1	1000	145
Kpa	9.87x10 <sup>-3</sup>	0.01	7.50	0.2953	101.97	4.018	0.01	0.001	1	0.145
PSI (lb/in)	0.068	0.070	51.71	2.036	703.09	27.71	0.0689	6.893x10 <sup>-3</sup>	6.893	1

## مفاهیم پایه هیدرولیک

## • قانون پاسکال

### • مثال ۱

پیستون نشان داده شده دارای قطری برابر ۱۰۰ میلیمتر است که نیروی ۲۵۰۰ نیوتن بر آن وارد می شود. فشار ایجاد شده داخل محفظه چقدر خواهد بود.



الف) محاسبه سطح پیستون

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = 3.142 \frac{(0.1)^2}{4} m^2 = 0.007854 m^2$$

ب) محاسبه فشار

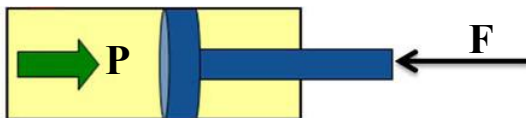
$$P = \frac{F}{A} = \frac{2500 N}{0.007854 m^2} = 318300 \frac{N}{m^2} = 318.3 kPa$$

## • قانون پاسکال

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • مثال ۲

سیلندر شکل دارای قطری برابر ۱.۵ اینچ است. نباید فشار درون سیلندر از ۵۰۰ psi بالاتر رود. حداکثر نیروی مجاز روی پیستون چقدر می تواند باشد.



الف) محاسبه سطح پیستون

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = 3.142 \frac{(1.5)^2}{4} \text{ in}^2 = 1.767 \text{ in}^2$$

ب) محاسبه نیرو

$$F = P \cdot A = 500 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \cdot 1.767 \text{ in}^2 = 884 \text{ lb}$$

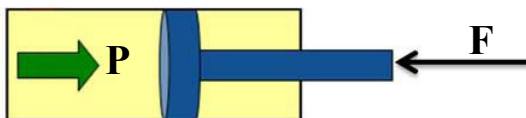
۷

## • قانون پاسکال

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • مثال ۳

سیلندر شکل باید قادر به تحمل نیروی ۱۰ کیلونیوتنی باشد بطوریکه فشار داخل سیلندر از ۷ مگاپاسکال فراتر نرود. اندازه سیلندر چقدر باید باشد؟



الف) محاسبه سطح پیستون

$$A = \frac{F}{P} = \frac{10000 \text{ N}}{7000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 0.001429 \text{ m}^2$$

ب) محاسبه قطر

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.001429 \text{ m}^2)}{3.142}} = 0.04265 \text{ m} = 42.65 \text{ mm}$$

۸

## مفاهیم پایه هیدرولیک

## • جنبه های فیزیکی

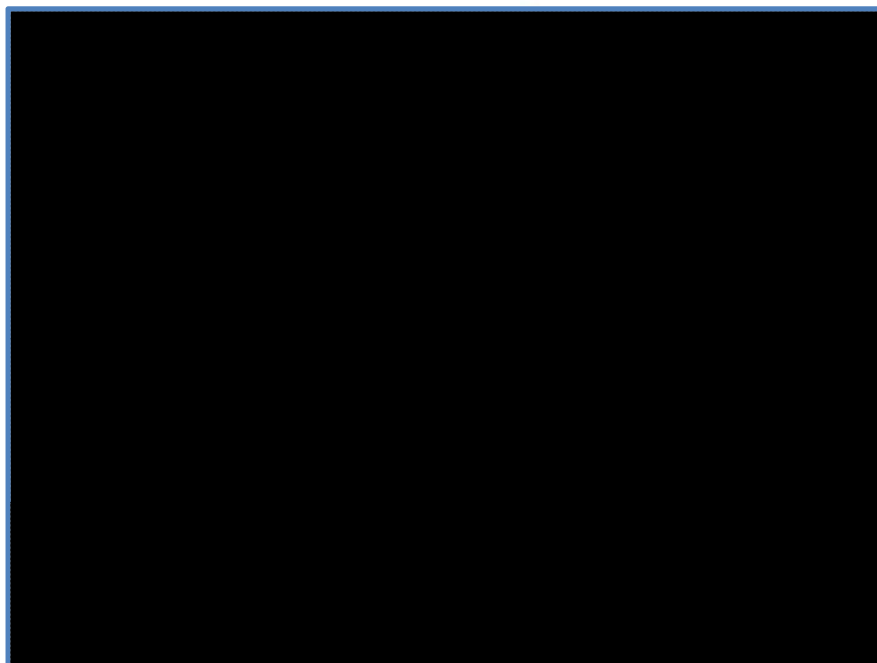
- نیرو (Force)
- اصطکاک (Friction)
- توان (Power)
- فشار (Pressure)
- عدم کارایی (Inefficiency)
- مقاومت (resistance)
- انرژی (Energy)
- اینرسی (inertia)

۹

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

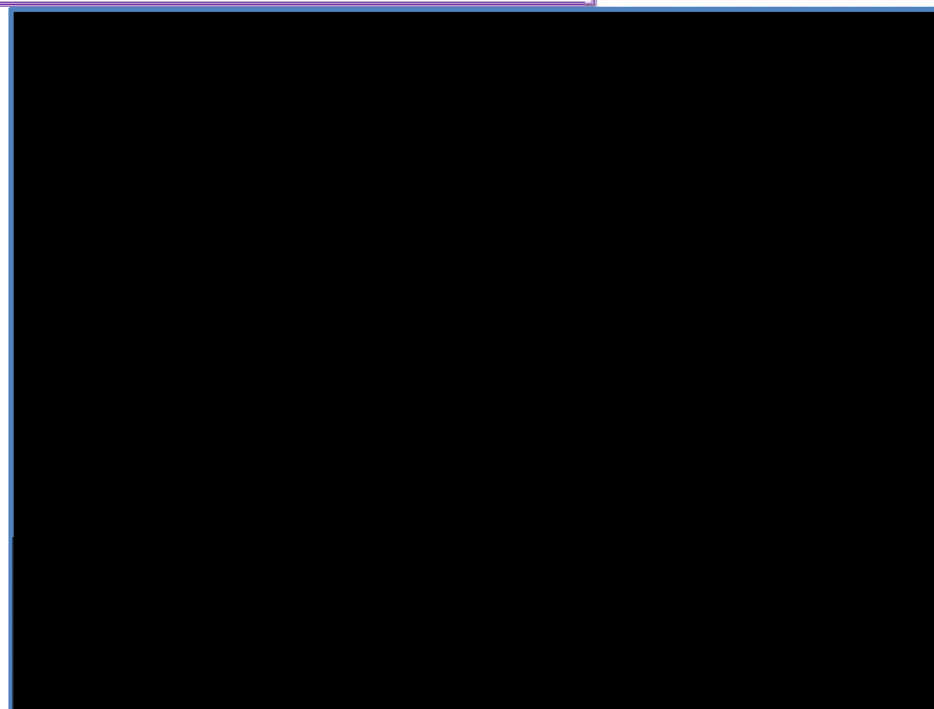
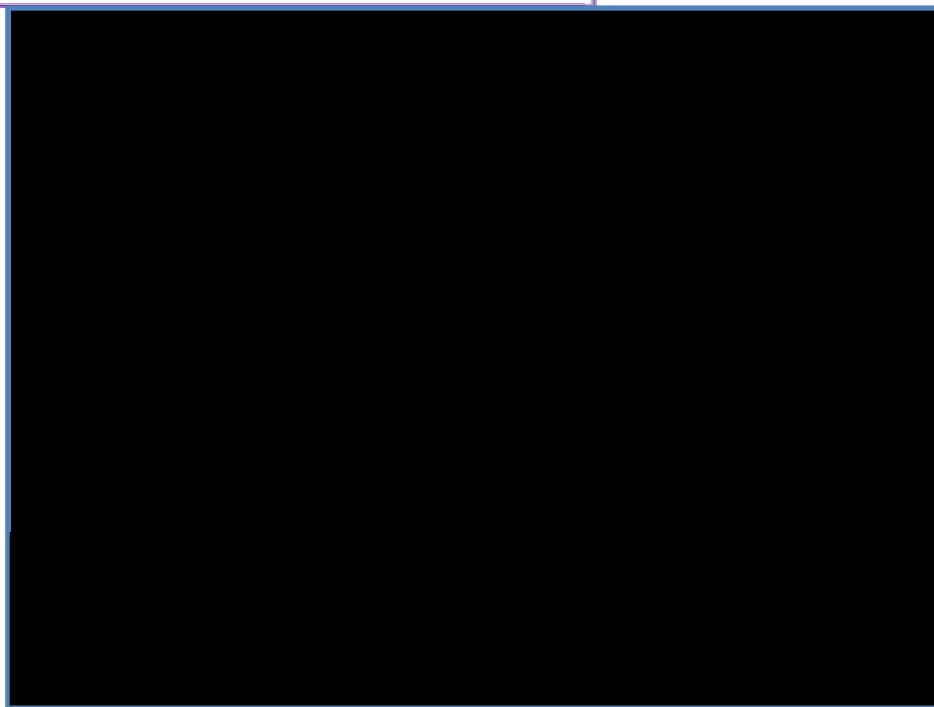
## مفاهیم پایه هیدرولیک

## • جنبه های فیزیکی



۱۰

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi



## • جرم و وزن

## ویژگیهای اصلی سیالات هیدرولیک

$$w = m \cdot g$$

–  $w$  وزن ( $N, lb$ )

–  $m$  جرم ( $kg, slug = 14.59 kg, lb$ )

–  $g$  شتاب جاذبه  $9.81 \frac{m}{s^2} = 386.4 \frac{in}{s^2}$

۱۳

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • چگالی

## ویژگیهای اصلی سیالات هیدرولیک

– چگالی عبارتست از میزان جرم در واحد حجم یک ماده

$$\rho = \frac{m}{V}$$

–  $\rho$  چگالی یا جرم حجمی ( $\frac{kg}{m^3}, \frac{slug}{ft^3}$ )

–  $m$  جرم ( $kg, slug = 14.59 kg, lb$ )

–  $V$  حجم ( $m^3, ft^3$ )

۱۴

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • وزن مخصوص

## ویژگیهای اصلی سیالات هیدرولیک

– وزن مخصوص عبارتست از میزان واحد حجم آن ماده

$$\gamma = \frac{w}{V} = \rho \cdot g$$

–  $\gamma$  وزن مخصوص  $(\frac{lb}{ft^3}, \frac{N}{m^3})$

–  $w$  وزن  $(lb, N)$

–  $V$  حجم  $(ft^3, m^3)$

–  $\rho$  چگالی یا جرم حجمی  $(\frac{slug}{ft^3}, \frac{kg}{m^3})$

۱۵

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • چگالی مخصوص

## ویژگیهای اصلی سیالات هیدرولیک

– چگالی مخصوص عبارتست از نسبت وزن مخصوص یک سیال نسبت به وزن مخصوص آب

$$sg_x = \frac{\gamma_x}{\gamma_{water}}$$

نکته: وزن مخصوص آب  $62.4 \text{ lb/ft}^3$  یا  $9810 \text{ N/m}^3$  در درجه حرارت استاندارد ۴ درجه سانتیگراد است.

۱۶

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi



## ویسکوزیته دینامیکی

## ویژگیهای اصلی سیالات هیدرولیک

– ویسکوزیته (گرانروی، لزجت) عبارت است از غلظت یک مایع یا مقاومت مایع در برابر جاری شدن.

$$\mu = \frac{F \cdot y}{v \cdot A}$$

–  $\mu$  ویسکوزیته دینامیکی  $(\frac{lb \cdot s}{ft^2}, \frac{N \cdot s}{m^2})$

–  $F$  نیروی لازم برای جابجا کردن سطح بالایی با سرعت  $v$  ( $lb, N$ )

–  $y$  ضخامت لایه نازک مایع ( $ft, m$ )

–  $v$  سرعت سطح متحرک بالایی  $(\frac{ft}{s}, \frac{m}{s})$

–  $A$  مساحت سطح متحرک بالایی  $(ft^2, m^2)$

۱۷

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## ویسکوزیته سینماتیکی

## ویژگیهای اصلی سیالات هیدرولیک

– ویسکوزیته سینماتیکی از تقسیم کردن ویسکوزیته دینامیکی بر چگالی سیال به دست می آید.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

–  $\nu$  ویسکوزیته سینماتیکی  $(\frac{ft^2}{s}, \frac{m^2}{s})$ ، واحد متداول: استوک st،  $(\frac{cm^2}{s})$

–  $\mu$  ویسکوزیته دینامیکی  $(\frac{lb \cdot s}{ft^2}, \frac{N \cdot s}{m^2})$

–  $\rho$  چگالی  $(\frac{slug}{ft^3}, \frac{kg}{m^3})$

نکته: چگالی عمومی روغن های هیدرولیک تقریباً برابر  $174 \frac{lb \cdot s^2}{ft^4} = 1.74 \frac{slug}{ft^3}$  در

سیستم آمریکایی و  $897 \frac{kg}{m^3} = 897 \frac{N \cdot s^2}{m^4}$  است.

۱۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • مدول حجمی

## ویژگیهای اصلی سیالات هیدرولیک

– معیاری برای غیرقابل تراکم بودن سیال (یک عدد همیشه مثبت)

$$B = \frac{-\Delta P}{\Delta V/V}$$

$B$  – مدول حجمی (psi, Pa)

$\Delta P$  – تغییر فشار (psi, Pa)

$V$  – حجم ( $in^3, m^3$ ) و  $\Delta V$  تغییر حجم

۱۹

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • شدت جریان در مقایسه با سرعت حرکت

## جریان سیال

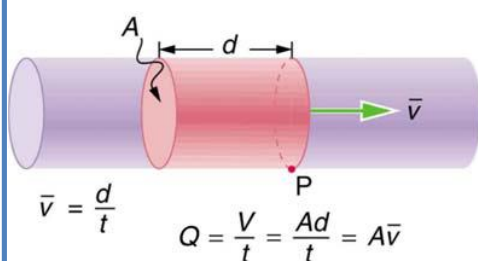
• شدت جریان سیال (دبی) ( $Q$ ):

حجم سیال که در واحد زمان از یک سیستم عبور می کند.

– بیانگر سرعت عملکرد یک قطعه خروجی در سیستم هیدرولیک است.

• سرعت حرکت سیال ( $v$ ):

مسافتی که یک سیال در واحد زمان طی می کند



$$Q = v \cdot A$$

$Q$  – شدت جریان سیال (دبی) ( $\frac{in^3}{min}, \frac{m^3}{min}$ )

$v$  – سرعت حرکت سیال ( $\frac{in}{min}, \frac{m}{min}$ )

$A$  – سطح مقطع گذرگاه عبور سیال ( $in^2, m^2$ )

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## جریان سیال

### • شدت جریان در مقایسه با سرعت حرکت

#### • مثال ۱:

یک سیال با سرعت  $25 \text{ m/min}$  از درون یک لوله با قطر داخلی  $30 \text{ mm}$  میلیمتر عبور میکند. شدت جریان سیال را حساب کنید.

الف) محاسبه سطح داخلی لوله:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = 3.142 \frac{(0.03 \text{ m})^2}{4} = 0.000769 \text{ m}^2$$

ب) محاسبه شدت جریان سیال:

$$Q = v \cdot A = 25 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 0.000769 \text{ m}^2 = 0.01767 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

۲۱

## جریان سیال

### • شدت جریان در مقایسه با سرعت حرکت

#### • مثال ۲:

یک سیال با شدت جریان  $2310$  اینچ مکعب بر دقیقه از درون یک لوله با قطر داخلی  $1.5$  اینچ عبور می کند. سرعت حرکت سیال را حساب کنید.

الف) محاسبه سطح داخلی لوله:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = 3.142 \frac{(1.5 \text{ in})^2}{4} = 1.767 \text{ in}^2$$

ب) محاسبه سرعت حرکت سیال:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2310 \frac{\text{in}^3}{\text{min}}}{1.767 \text{ in}^2} = 1307 \frac{\text{in}}{\text{min}}$$

۲۲

## جریان سیال

## • شدت جریان در مقایسه با سرعت حرکت

### • مثال ۳:

در یک سیستم هیدرولیک که شدت جریان سیال در آن ۱۰۰ lpm است، سرعت سیال نباید از ۶ m/s فراتر رود. قطر داخلی لوله چقدر باید باشد؟

الف) تبدیل واحدها

$$Q = 100 \frac{l}{min} \left( \frac{1 m^3}{1000 l} \right) = 0.100 \frac{m^3}{min}$$

$$v = 6 \frac{m}{s} \cdot \left( \frac{60 s}{1 min} \right) = 360 \frac{m}{min}$$

ب) محاسبه سطح داخلی لوله:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.100 \frac{m^3}{min}}{360 \frac{m}{min}} = 0.0002778 m^2$$

ج) محاسبه قطر داخلی لوله:

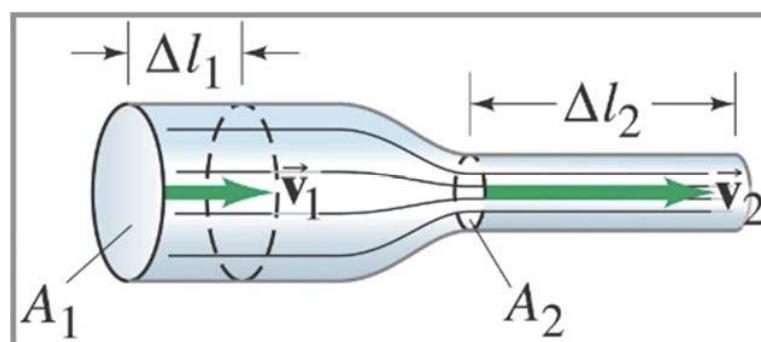
$$D = \sqrt{4 \cdot \frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.0002778 m^2)}{3.142}} = 0.01881 m = 18.81 mm$$

۲۳

## مفاهیم پایه هیدرولیک

## • معادله پیوستگی

پمپ هیدرولیک دبی ثابتی ایجاد می کند که با فرض سیال غیرقابل تراکم، در تمام قسمتهای سیستم حجم ثابتی از سیال در واحد زمان عبور میکند.



$$Q_1 = Q_2 \quad \longrightarrow \quad v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

۲۴

## • معادله پیوستگی

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • مثال:

در یک قسمت از لوله با قطر ۵۰ mm، سرعت سیال ۱۰ m/min و در قسمت دیگر قطر آن ۳۰ میلیمتر است. سرعت سیال در این قسمت و شدت جریان سیستم را محاسبه کنید.

الف) محاسبه سطح گذر در نقاط ۱ و ۲

$$A_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{3.142(0.05 \text{ m})^2}{4} = 0.001964 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = \frac{3.142(0.03 \text{ m})^2}{4} = 0.0007070 \text{ m}^2$$

ب) محاسبه شدت جریان:

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} = 10 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot \frac{0.001964 \text{ m}^2}{0.0007070 \text{ m}^2} = 27.78 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$Q = v_1 A_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot (0.001964 \text{ m}^2) = 0.01964 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

۲۵

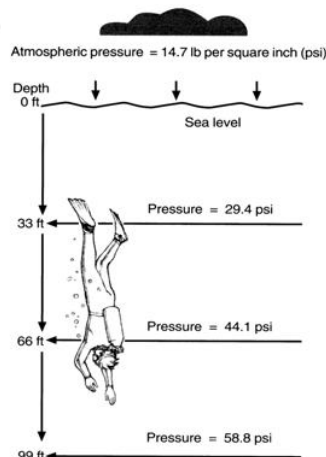
Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • فشار استاتیک

## مفاهیم پایه هیدرولیک

هرچه عمق یک جسم در زیر سیال بیشتر شود، فشار وارد بر آن به دلیل وزن سیال بالای جسم افزایش خواهد یافت که به آن «فشار هیداستاتیکی» گویند.

$$P_s = \gamma \cdot h = \rho \cdot g \cdot h$$



$\gamma$  وزن مخصوص  $\left(\frac{\text{lb}}{\text{in}^3}, \frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right)$

$h$  ارتفاع  $(\text{in}, \text{m})$

$\rho$  چگالی یا جرم حجمی  $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

$g$  شتاب جاذبه  $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 386.4 \frac{\text{in}}{\text{s}^2}$

۲۶

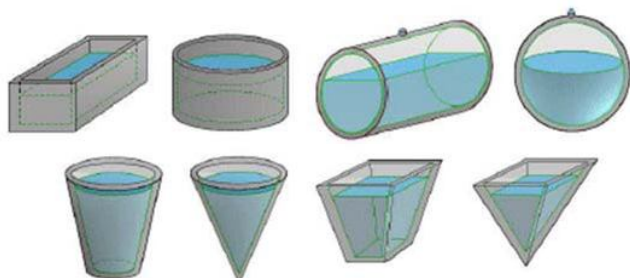
Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • فشار استاتیک

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • مثال

مخزنی از روغنی با وزن مخصوص  $8800 \text{ N/m}^3$  تا ارتفاع ۵ متر پر شده است. فشار در کف مخزن چقدر است؟



$$P_s = \gamma \cdot h = 8800 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \cdot (5 \text{ m}) = 44000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

۲۷

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## • معادله برنولی

## مفاهیم پایه هیدرولیک

بیان کننده انرژی کل در یک سیستم سیالاتی با سیال غیرقابل تراکم است. انرژی در سیال به سه فرم ظاهر می شود:

۱- انرژی پتانسیل (به واسطه ارتفاع سیال و نیروی جاذبه)

$$\text{انرژی پتانسیل} = w \cdot h$$

$w$  وزن ( $lb, N$ )

$h$  ارتفاع ( $in, m$ )

۲۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • معادله برنولی (ادامه)

۲- انرژی فشار (به واسطه ایجاد فشار در سیستم)

$$\text{انرژی فشار} = w \cdot \frac{P}{\gamma}$$

$w$  وزن  $(lb, N)$

$P$  فشار  $(\frac{lb}{in^2}, \frac{N}{m^2})$

$\gamma$  وزن مخصوص  $(\frac{lb}{in^3}, \frac{N}{m^3})$

۳- انرژی جنبشی (به واسطه سرعت سیال)

$$\text{انرژی جنبشی} = w \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$w$  وزن  $(lb, N)$

$v$  سرعت  $(\frac{in}{s}, \frac{m}{s})$

$g$  شتاب جاذبه  $= 386.4 \frac{in}{s^2} = 9.81 \frac{m}{s^2}$

۲۹

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • معادله برنولی (ادامه)

اگر انرژی اضافی به سیستم وارد نشود یا هیچ انرژی از سیستم خارج نشود، انرژی در دو نقطه مختلف از یک سیستم باید برابر باشد. یعنی:

$$w \cdot h_1 + w \cdot \frac{P_1}{\gamma} + w \cdot \frac{v_1^2}{2g} = w \cdot h_2 + w \cdot \frac{P_2}{\gamma} + w \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

با حذف  $w$  از طرفین، معادله برنولی **Bernoulli's principle** حاصل می شود که بیانگر میزان انرژی است که در واحد وزن یک سیال وجود دارد:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

۳۰

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • معادله برنولی (ادامه)

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

واحد هریک از جملات معادله برنولی in یا ft است که آن را هد (Head) نامند.

- جمله اول، "هد ارتفاع"
- جمله دوم، "هد فشار"
- جمله سوم، "هد سرعت"
- و مجموعه سه عبارت فوق، "هد کلی سیستم"

۳۱

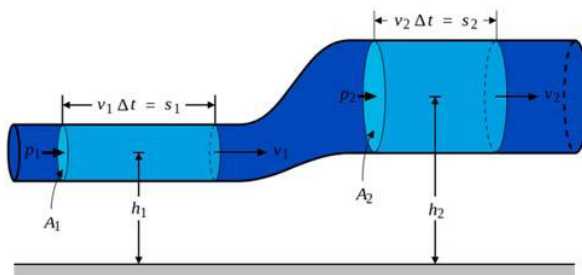
Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • معادله برنولی

#### • مثال

یک سیال با وزن مخصوص  $8800 \text{ N/m}^3$  با شدت جریان  $10 \text{ lpm}$  در سیستم شکل جریان دارد. سطح گذر در نقاط ۱ و ۲ مساوی است. فشار در نقطه ۱ برابر  $700 \text{ kPa}$  و ارتفاع  $h$  برابر  $5 \text{ m}$  است. فشار را در نقطه ۲ تعیین کنید.



$$P_2 = P_1 - \gamma(h_2 - h_1)$$

$$= 700000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} - 8800 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} (5 \text{ m})$$

$$= 656000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 656 \text{ kPa}$$

۳۲

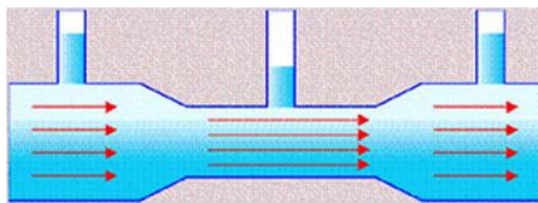
Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi



## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • اصل ونتوری

یک حالت خاص از معادله برنولی است که در آن اختلاف ارتفاع  $h$  وجود ندارد. سیال در عبور از ونتوری سرعت گرفته و فشار آن در گلوگاه کاهش می یابد. یکی از کاربردهای آن، اندازه گیری سرعت و شدت جریان است.



$v_1, p_1$

$v_2, p_2$

$v_3, p_3$

$$\begin{aligned} v_1 &< v_2 \\ p_1 &> p_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &> v_3 \\ p_2 &< p_3 \end{aligned}$$

✓ با حذف  $h$  از معادله برنولی داریم:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{\gamma \cdot \left[1 - \frac{A_2}{A_1}\right]}}$$

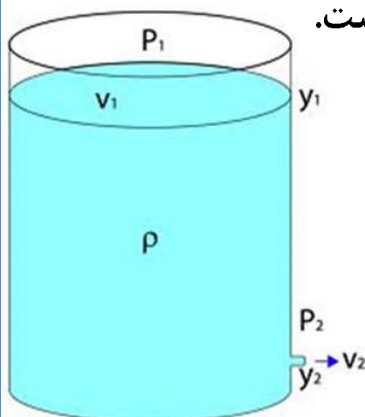
۳۳

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • تئوری توریچلی

یک حالت خاص از معادله برنولی است که در آن اختلاف فشار وجود ندارد و برای بررسی یک مایع که از مخزن تخلیه می شود بکار می رود. کاربرد آن، اندازه گیری سرعت خروج مایع از مخزن است.



✓ با حذف  $p$  از معادله برنولی و صرف نظر از سرعت سیال در مخزن نسبت به سرعت خروجی داریم:

$$v_2 = \sqrt{2g \cdot (h_1 - h_2)}$$

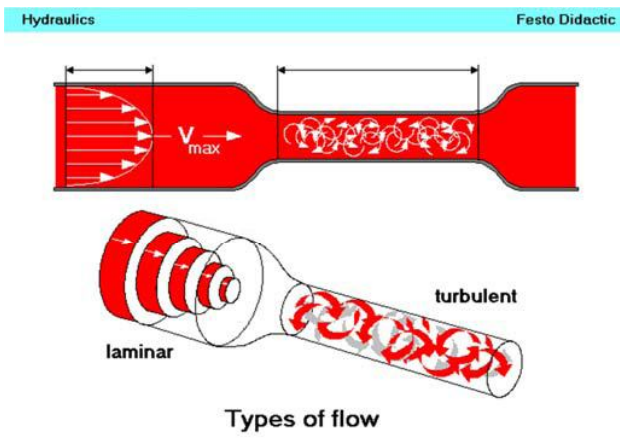
$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{2gh}$$

۳۴

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • انواع جریان



جریان آرام

**Laminar**

جریان آشفته

**Turbulent**

انواع جریان

۳۵

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • انواع جریان (ادامه)

– در طراحی سیستم های هیدرولیک همیشه باید سعی شود تا جریان آشفته به وجود نیاید، زیرا اینگونه جریان کارایی خوبی در انتقال حرکت و انرژی نداشته و افت انرژی قابل توجهی نسبت به جریان آرام ایجاد می کند.

– نوع جریانی را که در یک شرایط خاص در یک سیستم بوجود می آید را می توان با تعیین "عدد رینولدز" (**Reynolds**) پیش بینی کرد.

–  $Re$  عدد رینولدز (بدون بُعد)

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

–  $v$  سرعت  $(\frac{ft}{s}, \frac{m}{s})$

–  $D$  قطر  $(ft, m)$

–  $\nu$  ویسکوزیته سینماتیک  $(\frac{ft^2}{s}, \frac{m^2}{s})$

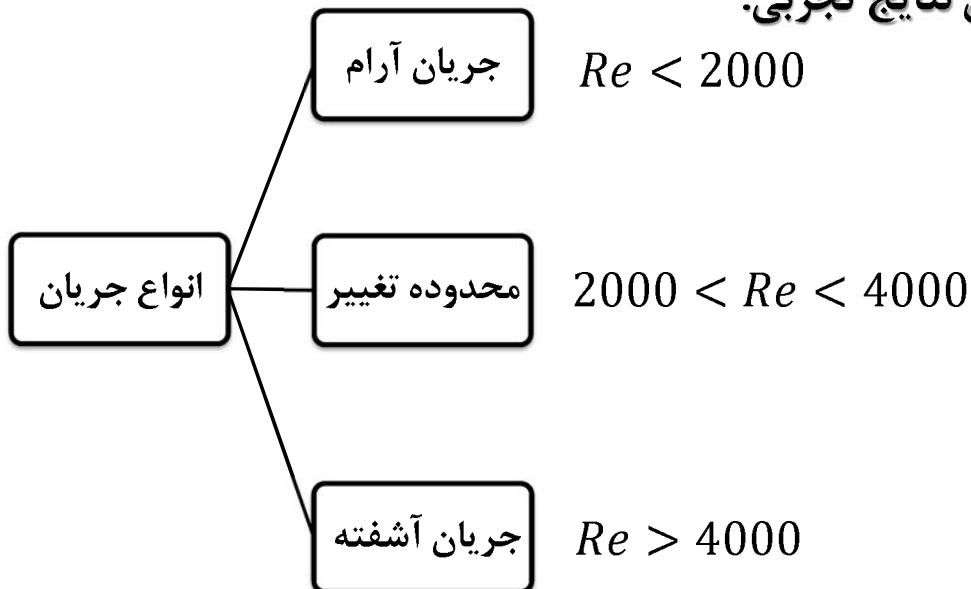
۳۶

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • انواع جریان (ادامه)

بر اساس نتایج تجربی:



۳۷

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

## مفاهیم پایه هیدرولیک

### • انواع جریان

#### • مثال

سیالی با ویسکوزیته سینماتیک  $0.000223 \text{ m}^2/\text{s}$  از درون یک لوله با قطر داخلی ۵۰ میلی‌متر و با شدت جریان  $0.01333 \text{ m}^3/\text{s}$  عبور می‌کند. تعیین کنید این جریان آرام است یا آشفته؟

الف) محاسبه سطح: 
$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.142(0.05 \text{ m})^2}{4} = 0.001964 \text{ m}^2$$

ب) محاسبه سرعت حرکت سیال: 
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.01333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.001964 \text{ m}^2} = 6.787 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ج) محاسبه عدد رینولدز: 
$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{6.787 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (0.050 \text{ m})}{0.000223 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 1522$$

چون عدد رینولدز از عدد بحرانی کمتر است جریان آرام خواهد بود.

۳۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi