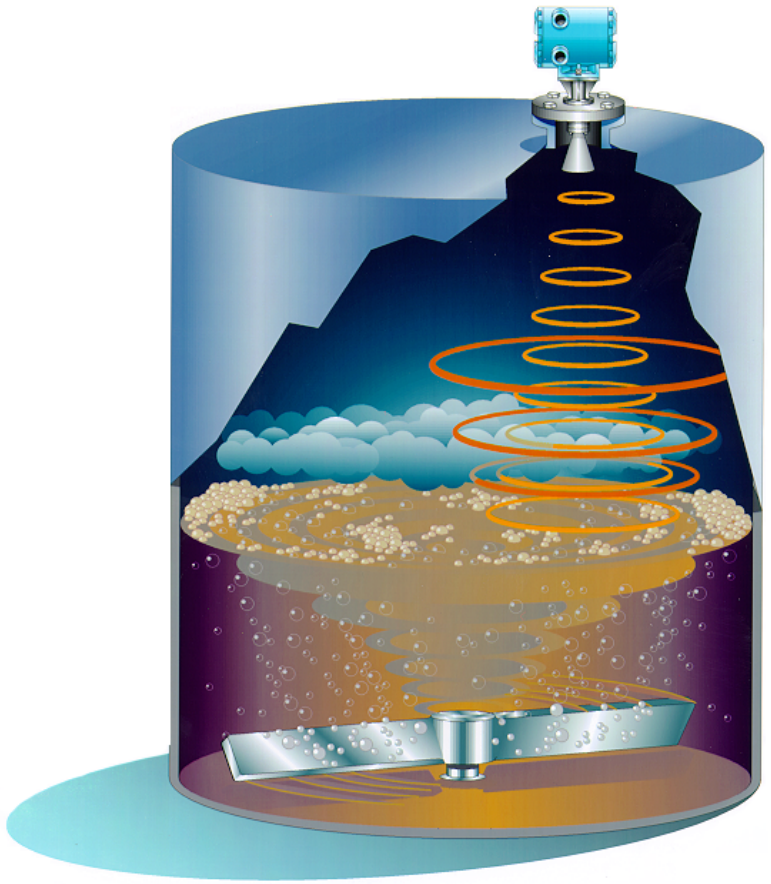
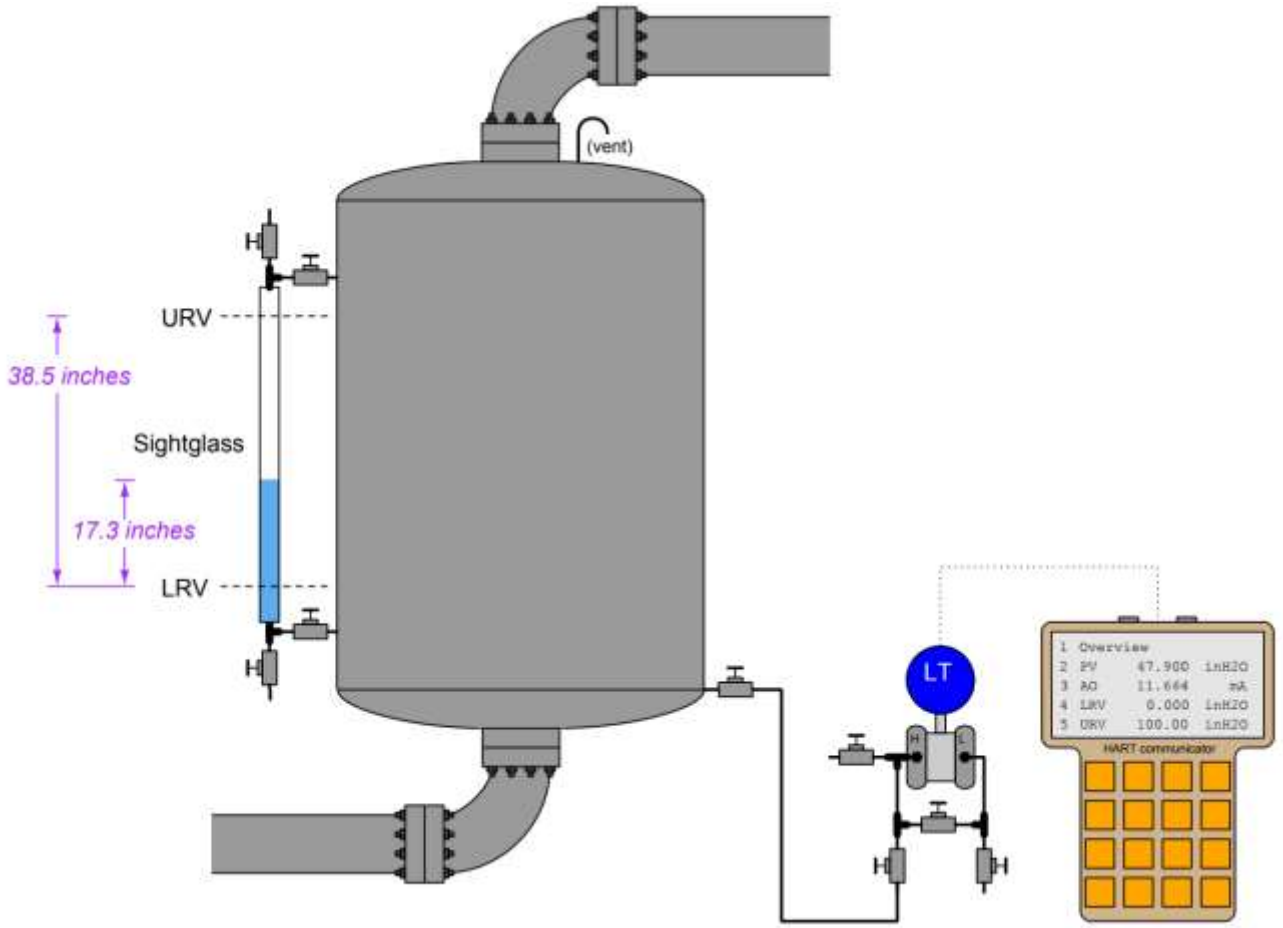
اندازه‌گیری سطح

Level Measurement



روش‌های اندازه‌گیری سطح

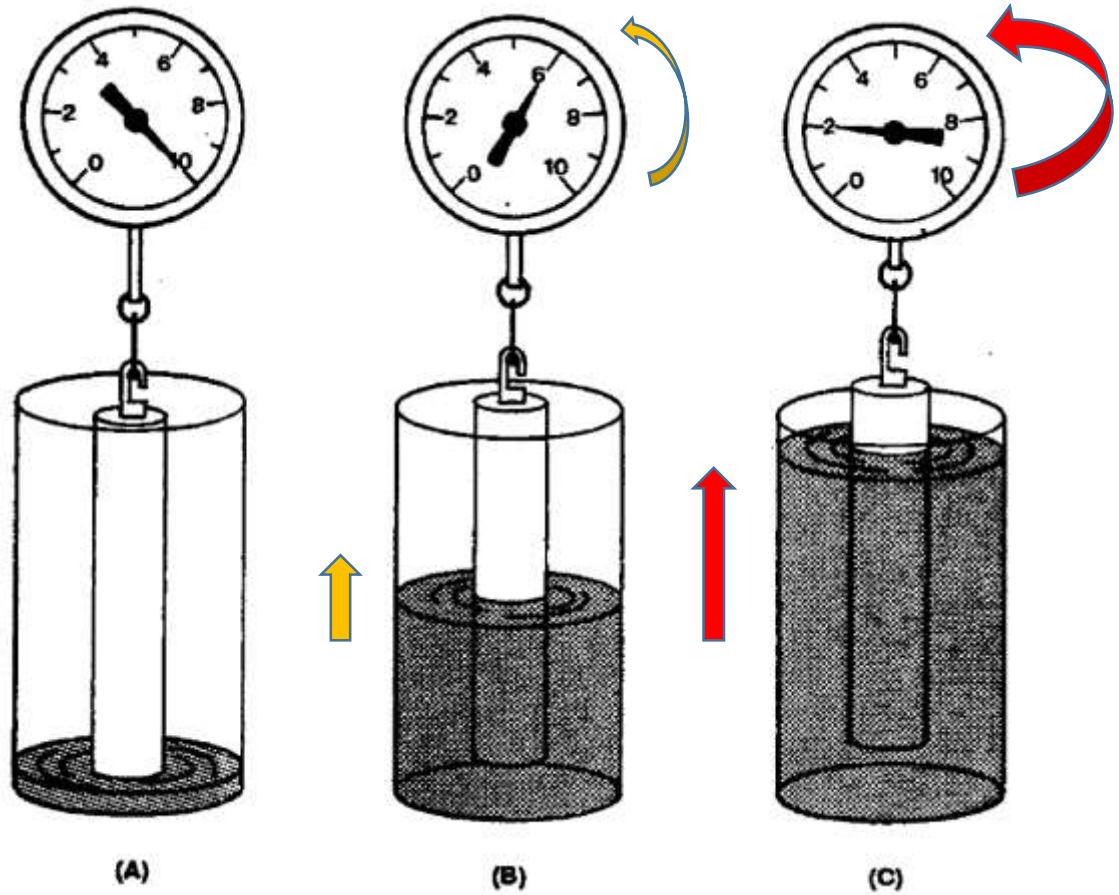


۱-وسایل دستی اندازه‌گیری سطح (Dip Stick، Lead Line، Hook Type)
۲- دستگاه‌های بصری اندازه‌گیری سطح (Sight Glass، Magnetic Level Indicator)
۳- دستگاه‌های شناوری
۴- دستگاه‌های Displacer Type
۵- Servo Gauge
۶- Electromechanical Level Measurement
۷- اندازه‌گیری سطح مبتنی بر فشار هیدرواستاتیک مایع
۸- Air Bubbler
۹- Thermal Sensing Level Measurement
۱۰- Resistance Tape
۱۱- Optical Level Sensor
۱۲- Rotating Paddle
۱۳- Vibrating Level Switches
۱۴- اندازه‌گیری سطح با سنجش وزن
۱۵- اندازه‌گیری سطح با استفاده از رسانایی
۱۶- سنسورهای سطح خازنی
۱۷- اندازه‌گیری سطح با استفاده از اشعه‌ی رادیواکتیو
۱۸- دستگاه‌های لیزری
۱۹- ترانسمیترهای اولتراسونیک
۲۰- ترانسمیترهای رادار
۲۱- ترانسمیترهای GWR
۲۲- Hybrid Inventory Measurement System
۲۳- Tank Expert System

ترانسمیترهای Displacer Type

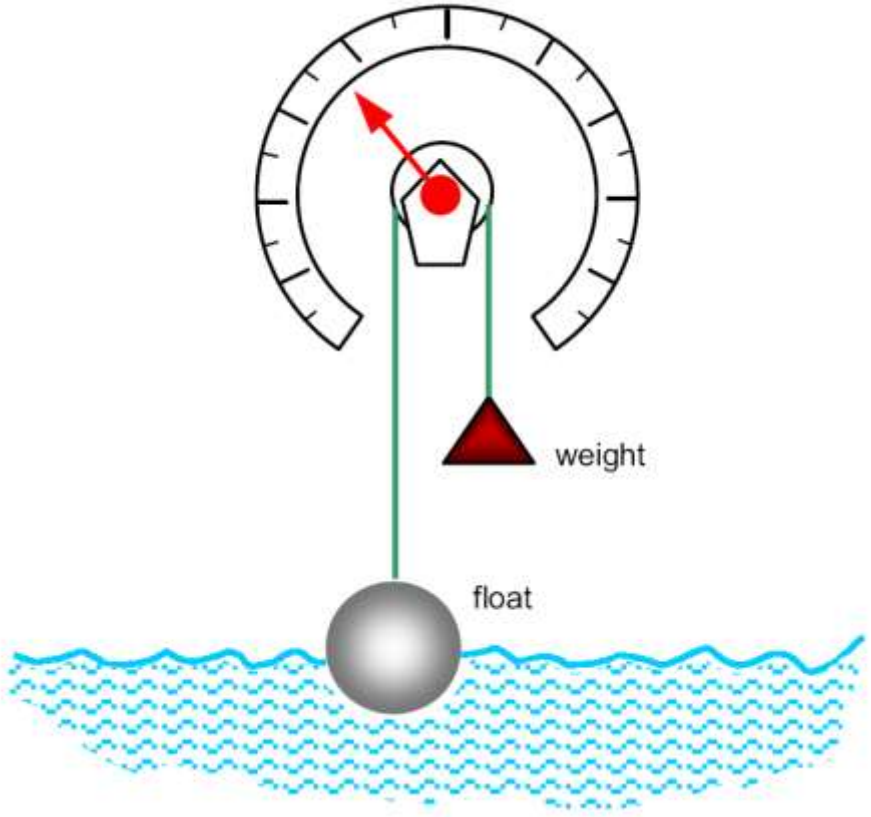
اصل ارشمیدس

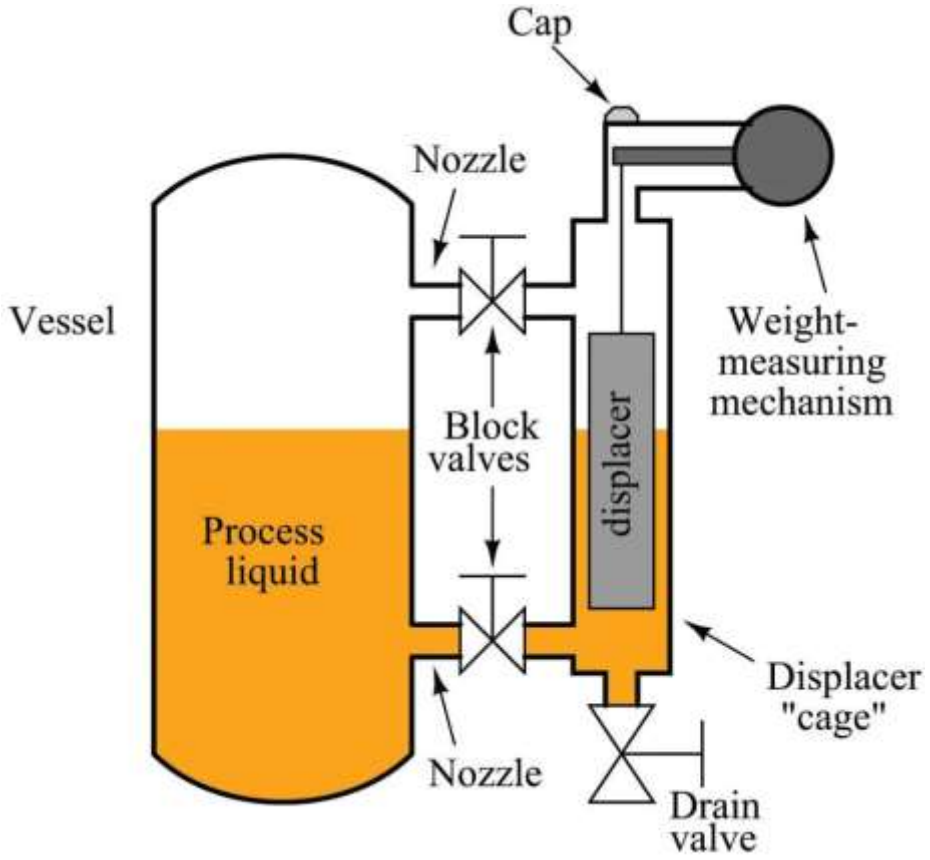
هنگامی که تمام یا قسمتی از یک جسم، در داخل یک مایع غوطه‌ور می‌شود، برابر با وزن مایع جابه‌جا شده از وزن آن کاسته می‌شود. دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح Displacer Type از این اصل استفاده می‌کنند.



حال این سؤال پیش می‌آید که فرق شناوری و غوطه‌وری چیست ؟

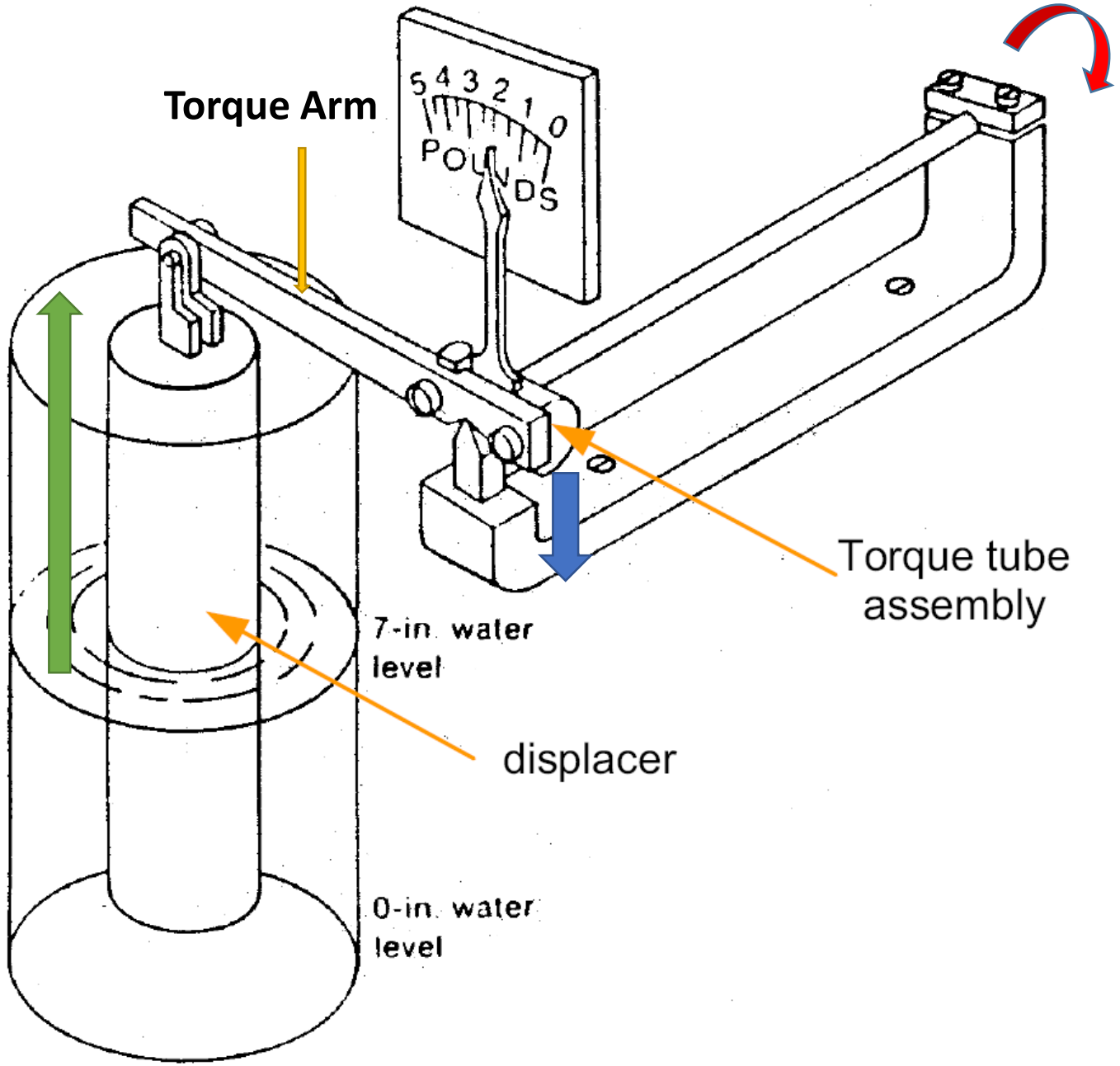
وقتی می‌گوییم جسمی شناور است که در سطح مایع قرار گرفته باشد اما جسم غوطه‌ور می‌تواند در هر جای سیال قرار گیرد.



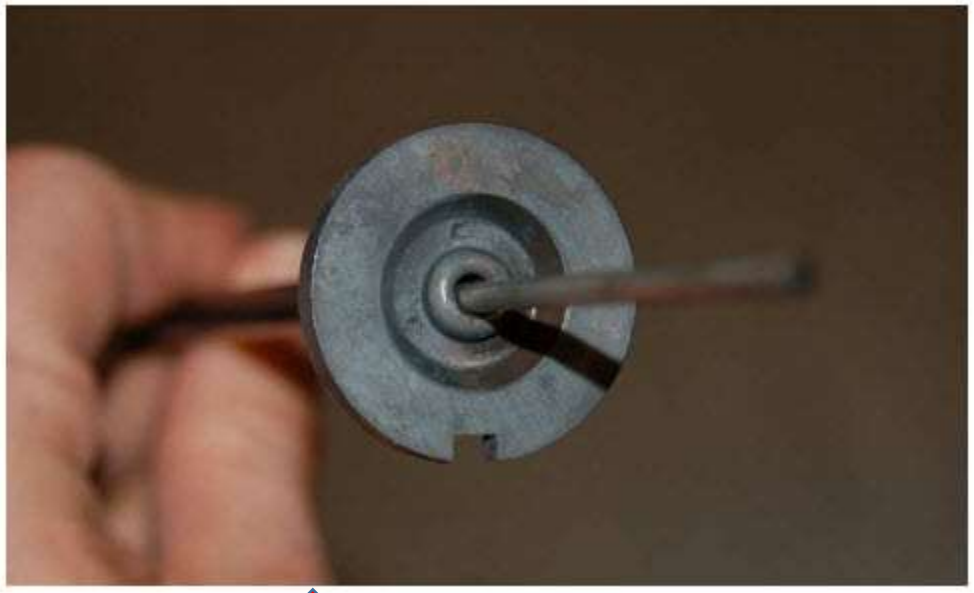


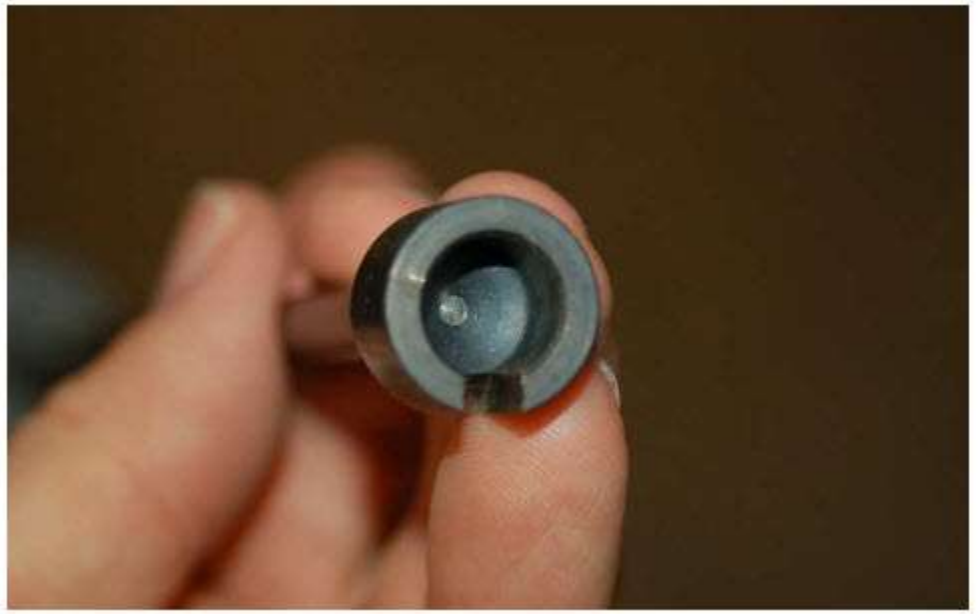
DIGITAL LEVEL TRANSMITTER

PNEUMATIC LEVEL CONTROLLER

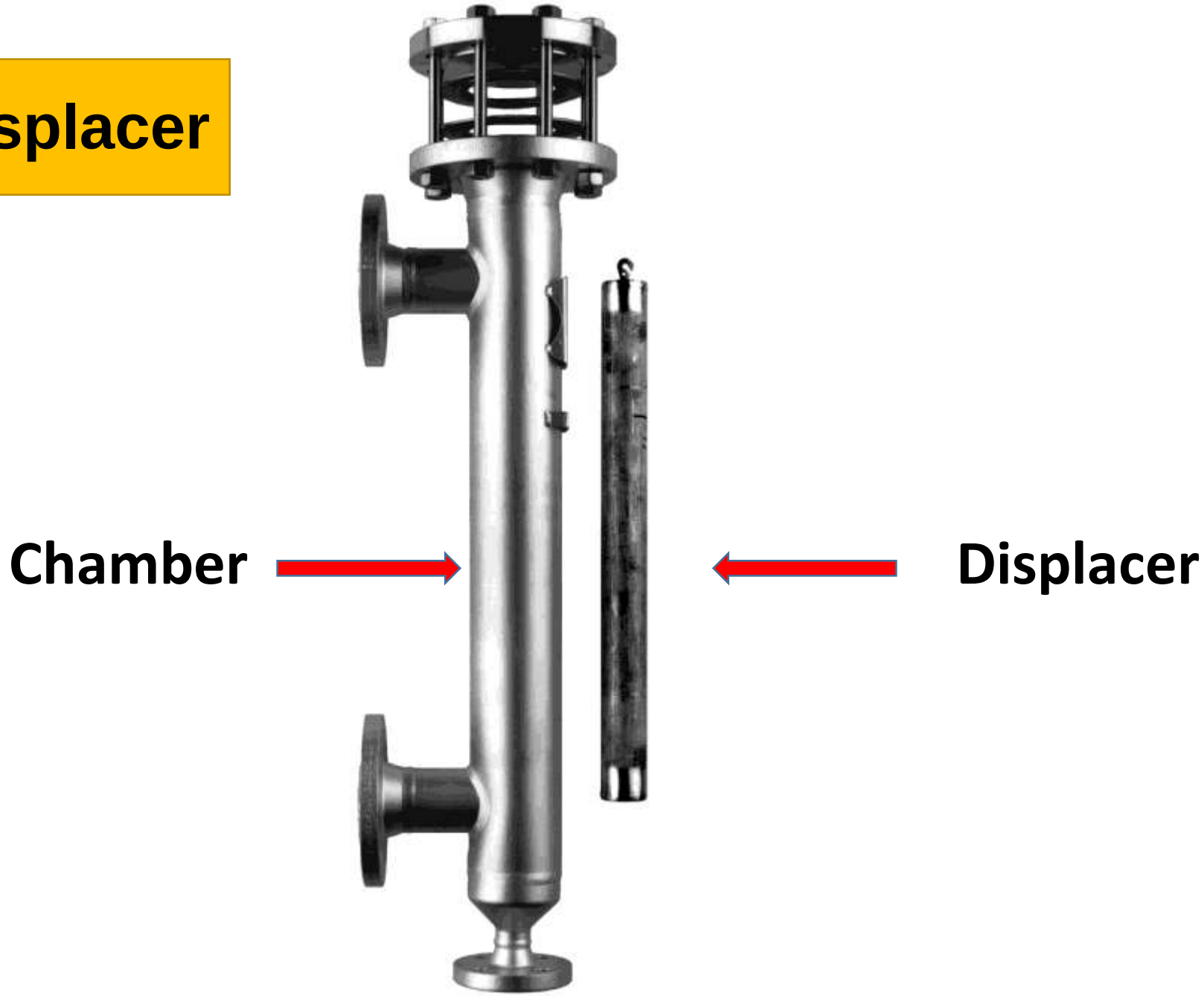

Torque Arm
5 4 3 2 1 0
POUNDS
Torque tube assembly
7-in. water level
displacer
0-in. water level

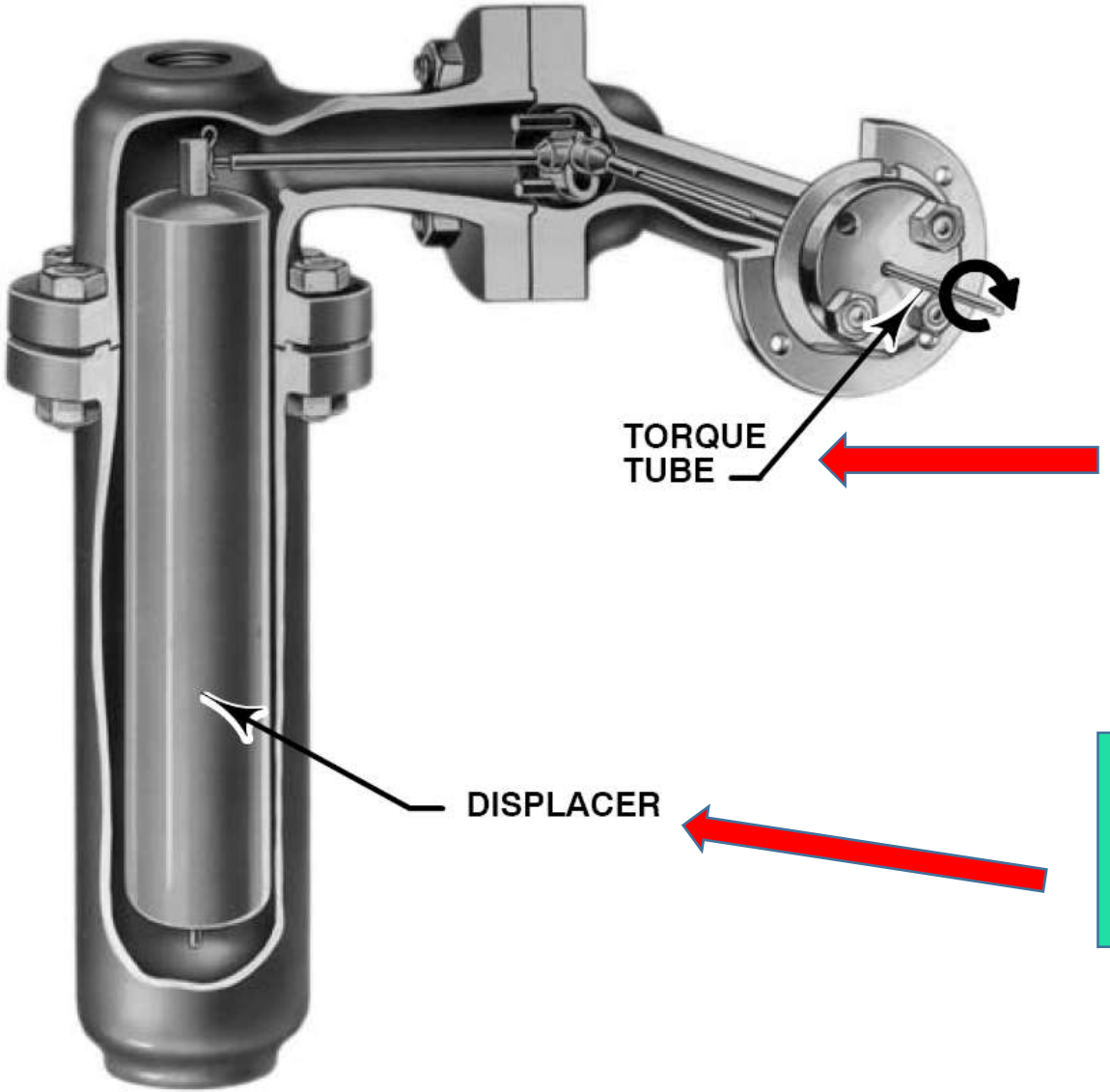
Torque Tube





Chamber & Displacer

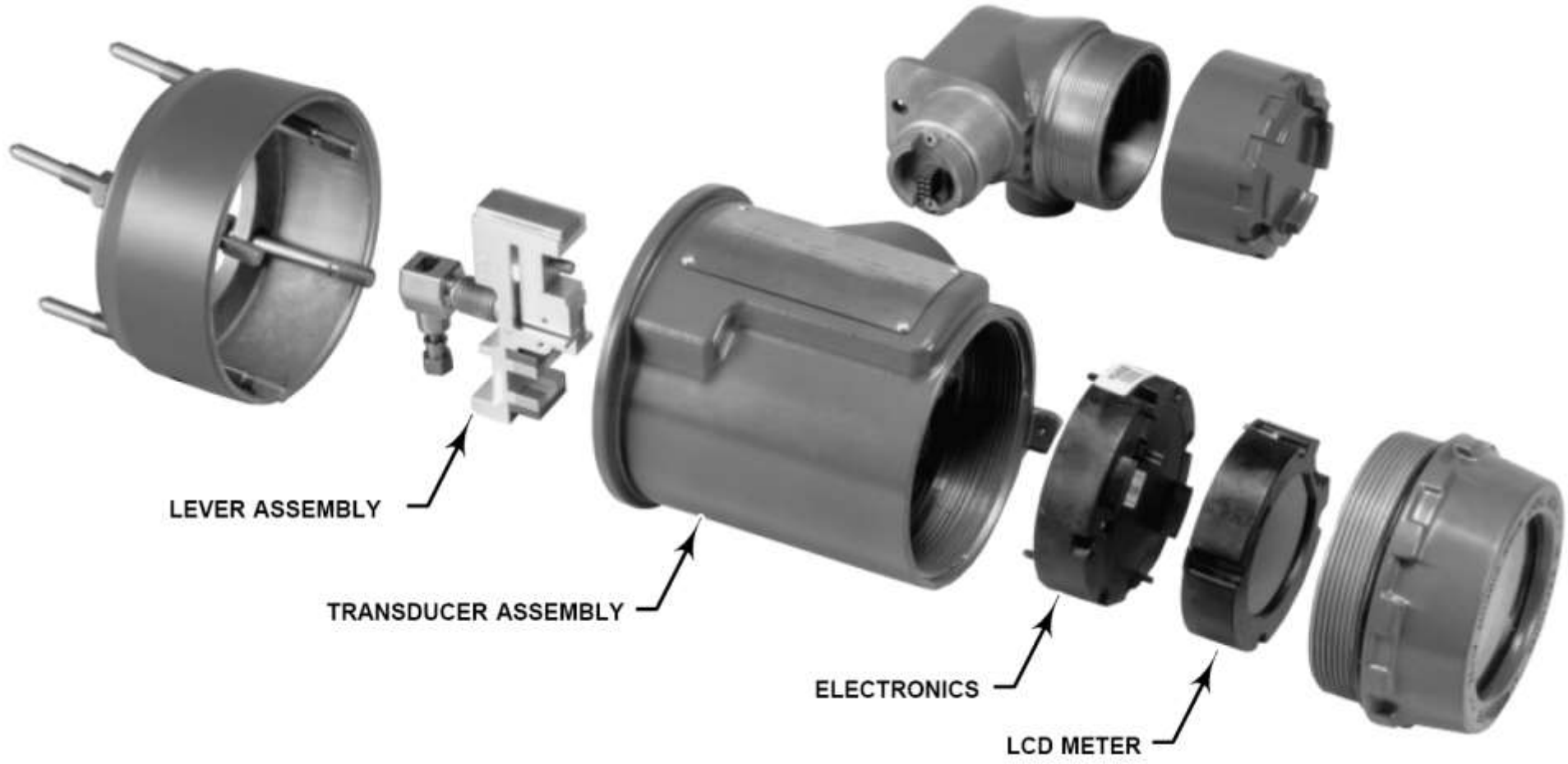


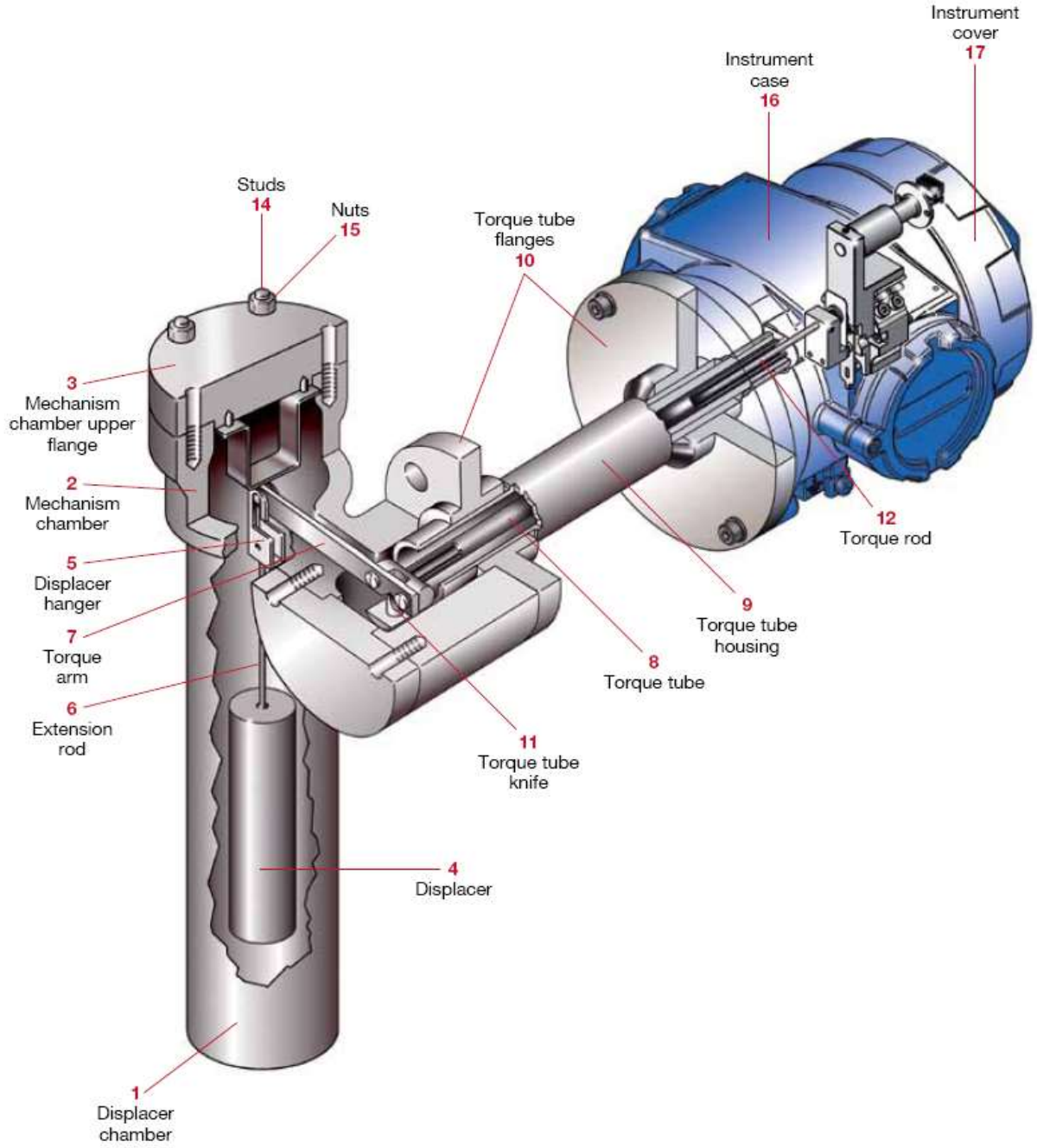


Torque tube یک لوله توپر و یا توخالی است که حرکت **Displacer** را به یک ابزار اندازه‌گیری الکترونیکی یا نیوماتیکی انتقال می‌دهد تا بتوان متناسب با تغییرات وزن **Displacer** یک سیگنال خروجی را تولید کرد.

Displacer یک سیلندر توخالی درزبندی شده می‌باشد که معمولاً سنگین‌تر از مایع مورد استفاده است.

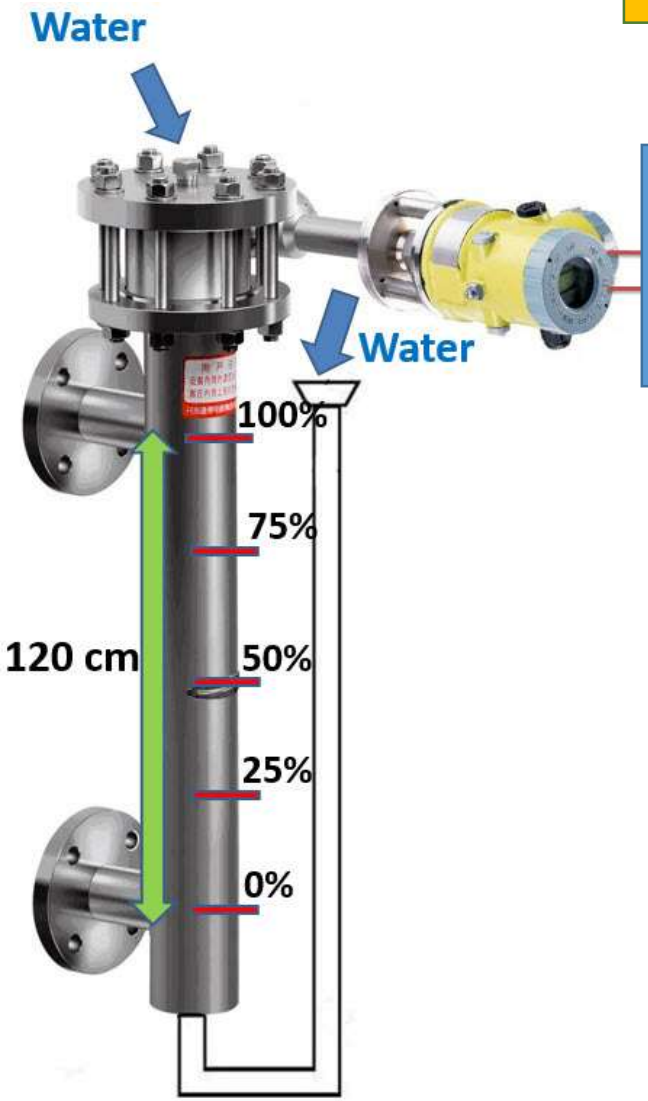
به عنوان مثال در ترانسمیتر Fisher DL3 حرکت چرخشی Torque Tube، مغناطیس دائم متصل به Lever Assembly را حرکت می‌دهد که تغییرات میدان مغناطیسی حاصله، توسط سنسور موقعیت اثر هال حس می‌شود. این سنسور سیگنال میدان مغناطیسی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند.





ترانسمیتر سطح Masoneilan 12400

انواع ترانسمیترهای Displacer Type از نظر روش کالیبره



24VDC Power
&
Measure mA

۱- Smart با قابلیت تنظیم SG فرایند
۲- نوع Zero و Span
۳- Smart با قابلیت تنظیم SG فرایند و SG کالیبره

چگالی نسبی

$$Specific\ Gravity = \frac{density\ of\ the\ object}{density\ of\ water} = \frac{\rho_{object}}{\rho_{H_2O}}$$

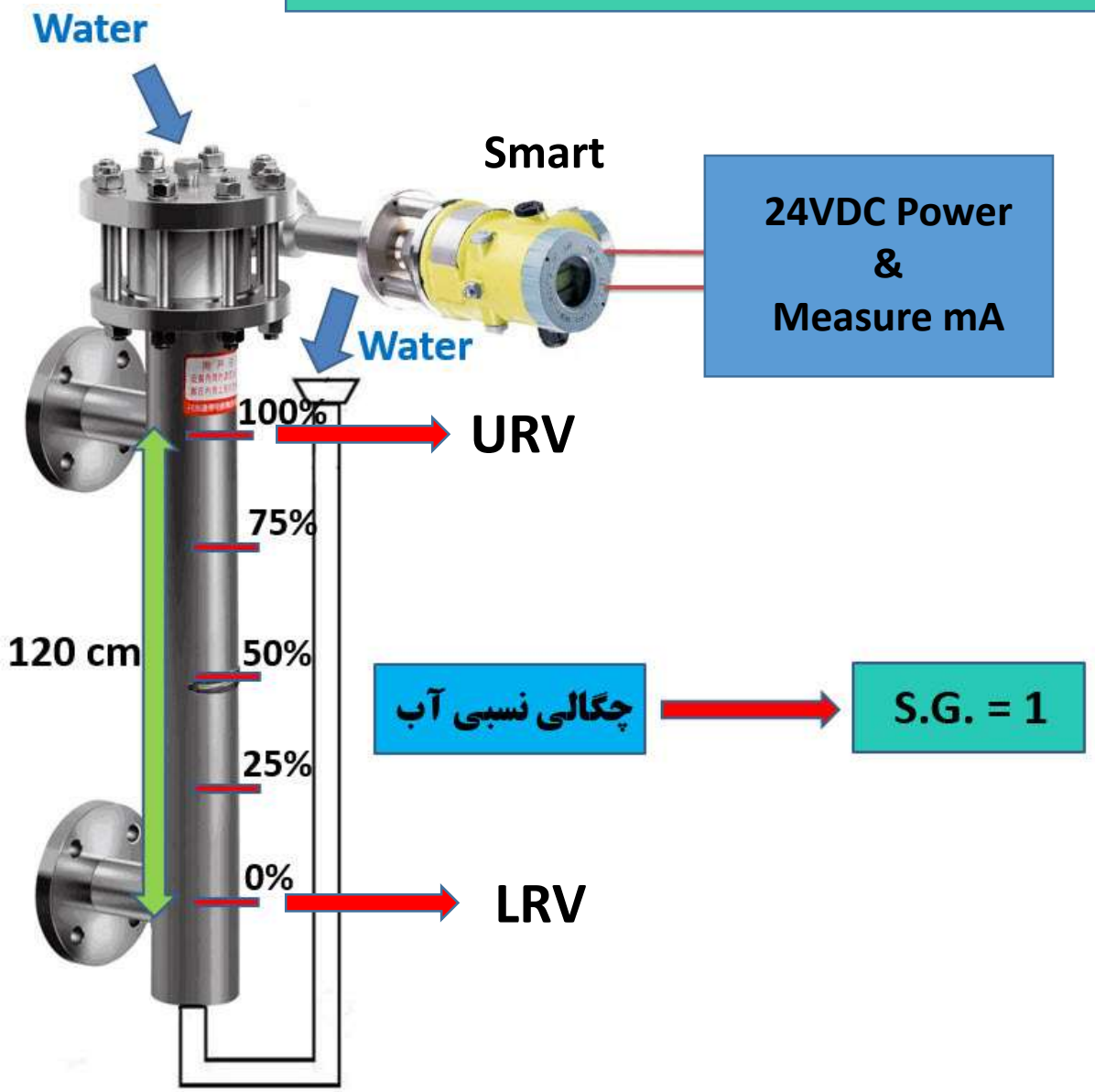
چگالی نسبی آب:

$$\frac{1\frac{g}{cm^3}}{1\frac{g}{cm^3}} = 1$$

چگالی نسبی متانول:

$$\frac{0.792\frac{g}{cm^3}}{1\frac{g}{cm^3}} = 0.792$$

با فرض اینکه مایع درون مخزن آب بوده و ما بخواهیم ترانسمیتر را با آب کالیبره کنیم



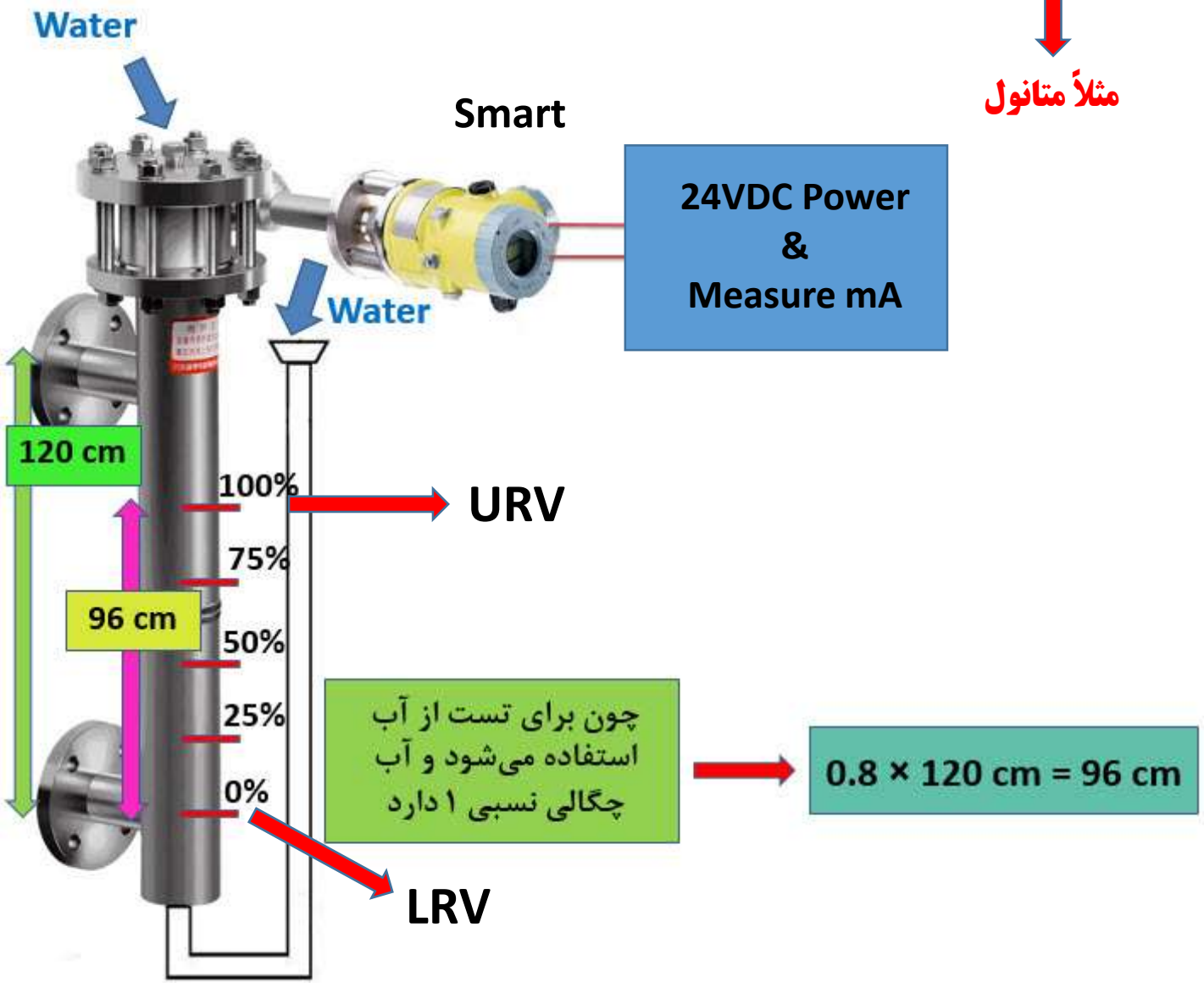
مایع مخزن با مایع کالیبره یکی می‌باشد

Level %	Water level in the tube	Current
0%	0 cm	4 mA
25%	30 cm	8 mA
50%	60 cm	12 mA
75%	90 cm	16 mA
100%	120 cm	20 mA

۱- اندازه‌گیری Tap تا Tap با متر، و اتصال تیوب شفاف
۲-علامت گذاری بر روی Chamber با استفاده از متر و مارکر
۳- چگالی نسبی مایع فرایند را در داخل ترانسمیتر تنظیم می‌کنیم (مثلاً اینجا SG=1)
۴- سطح آب تا وسط Tab پایین، تنظیم LRV
۵- سطح آب تا وسط Tab بالا، تنظیم URV
۶- بررسی خطی بودن با افزایش و کاهش سطح (طبق جدول)

با فرض اینکه مایع درون مخزن دارای چگالی نسبی 0.8 باشد و ما بخواهیم ترانسمیتر را با آب کالیبره کنیم

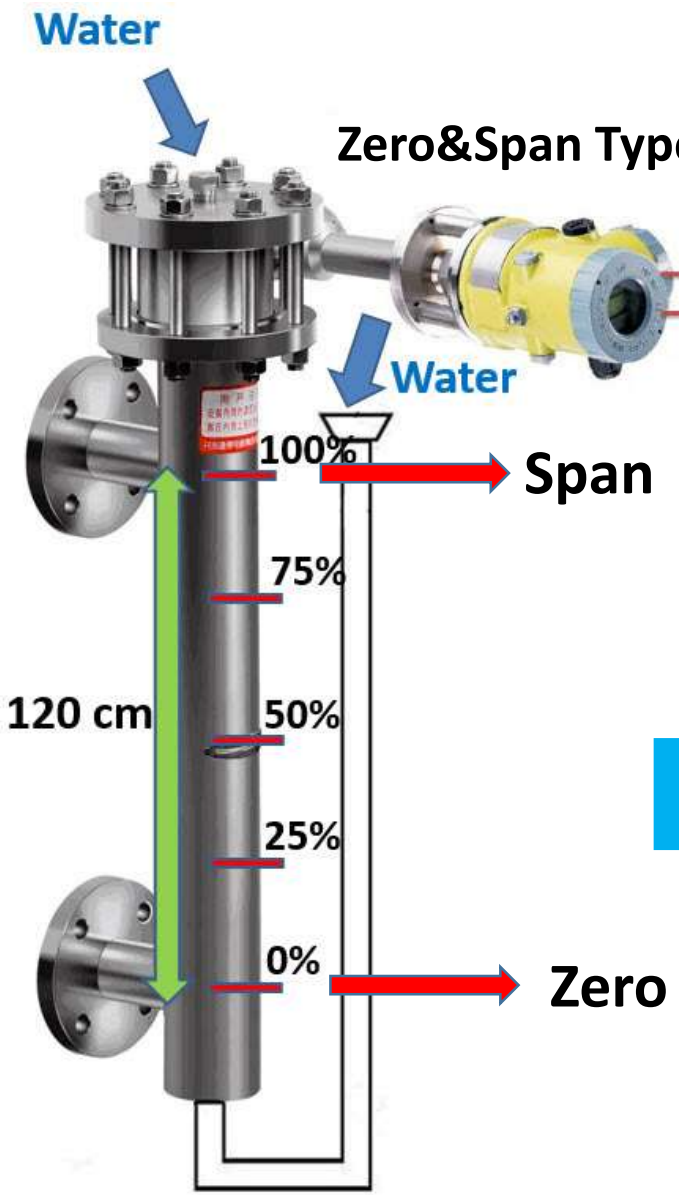
مثلاً متانول



Level %	Water level in the tube	Current
0%	0 cm	4 mA
25%	24 cm	8 mA
50%	48 cm	12 mA
75%	72 cm	16 mA
100%	96 cm	20 mA

۱- اندازه‌گیری Tap تا Tap با متر، و اتصال تیوب شفاف
۲-محاسبه‌ی طول کالیبراسیون جدید
۳- علامت گذاری بر روی Chamber با استفاده از متر و مارکر
۴- تنظیم چگالی نسبی فرآیند بر روی 0.8 در تنظیمات ترانسمیتر
۵- سطح آب تا وسط Tab پایین، تنظیم LRV
۶- سطح آب تا علامت 100%، تنظیم URV
۷- تست خطی بودن با افزایش و کاهش سطح (طبق جدول)

ترانسمیتر نوع Zero و Span اگر با مایع فرآیند عمل کالیبره را انجام دهیم



24VDC Power
&
Measure mA

Level %	Water level in the tube	Current
0%	0 cm	4 mA
25%	30 cm	8 mA
50%	60 cm	12 mA
75%	90 cm	16 mA
100%	120 cm	20 mA

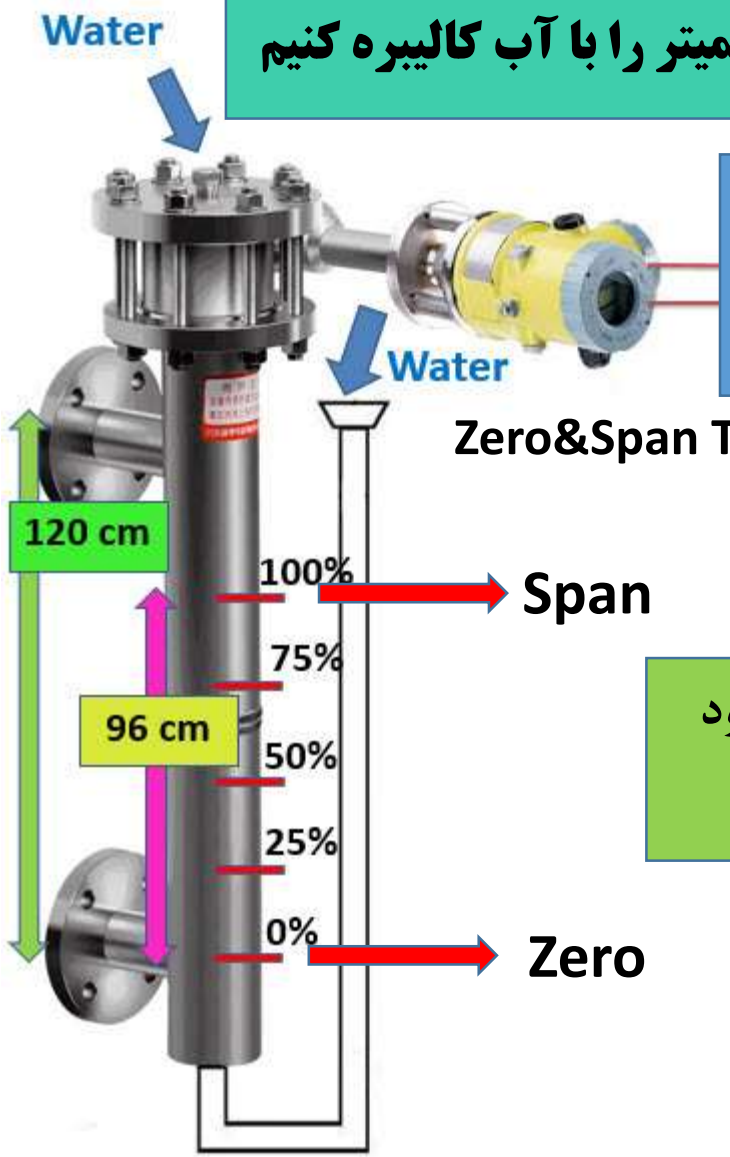
فرض می‌کنیم مایع فرایند آب است

از آنجایی که مایع فرایند و مایع کالیبره یکی می باشد، نیازی به تغییر طول کالیبراسون نمی‌باشد

۱- اندازه‌گیری Tap تا Tap با متر، و اتصال تیوب شفاف
۲-علامت گذاری بر روی Chamber با استفاده از متر و مارکر
۳- این ترانسمیترها گزینه یا پیچی برای تنظیم چگالی ندارند
۳- سطح آب تا وسط Tab پایین، تنظیم Zero
۵- سطح آب تا وسط Tab بالا، تنظیم Span
۶- تکرار Zero و Span
۶- تست خطی بودن با افزایش و کاهش سطح (طبق جدول)

ترانسمیتر نوع Zero و Span

با فرض اینکه مایع درون مخزن دارای چگالی نسبی 0.8 باشد و ما بخواهیم ترانسمیتر را با آب کالیبره کنیم



24VDC Power
&
Measure mA

Zero&Span Type

۱- اندازه‌گیری Tap تا Tap با متر، و اتصال تیوب شفاف
۲- محاسبه‌ی طول کالیبراسیون جدید
۲-علامت گذاری بر روی Chamber با استفاده از متر و مارکر
۳- این ترانسمیترها گزینه یا پیچی برای تنظیم چگالی ندارند
۳- سطح آب تا وسط Tab پایین، تنظیم Zero
۵- سطح آب تا 100% علامت‌گذاری شده، تنظیم Span
۶- تکرار Zero و Span
۶- تست خطی بودن با افزایش و کاهش سطح (طبق جدول)

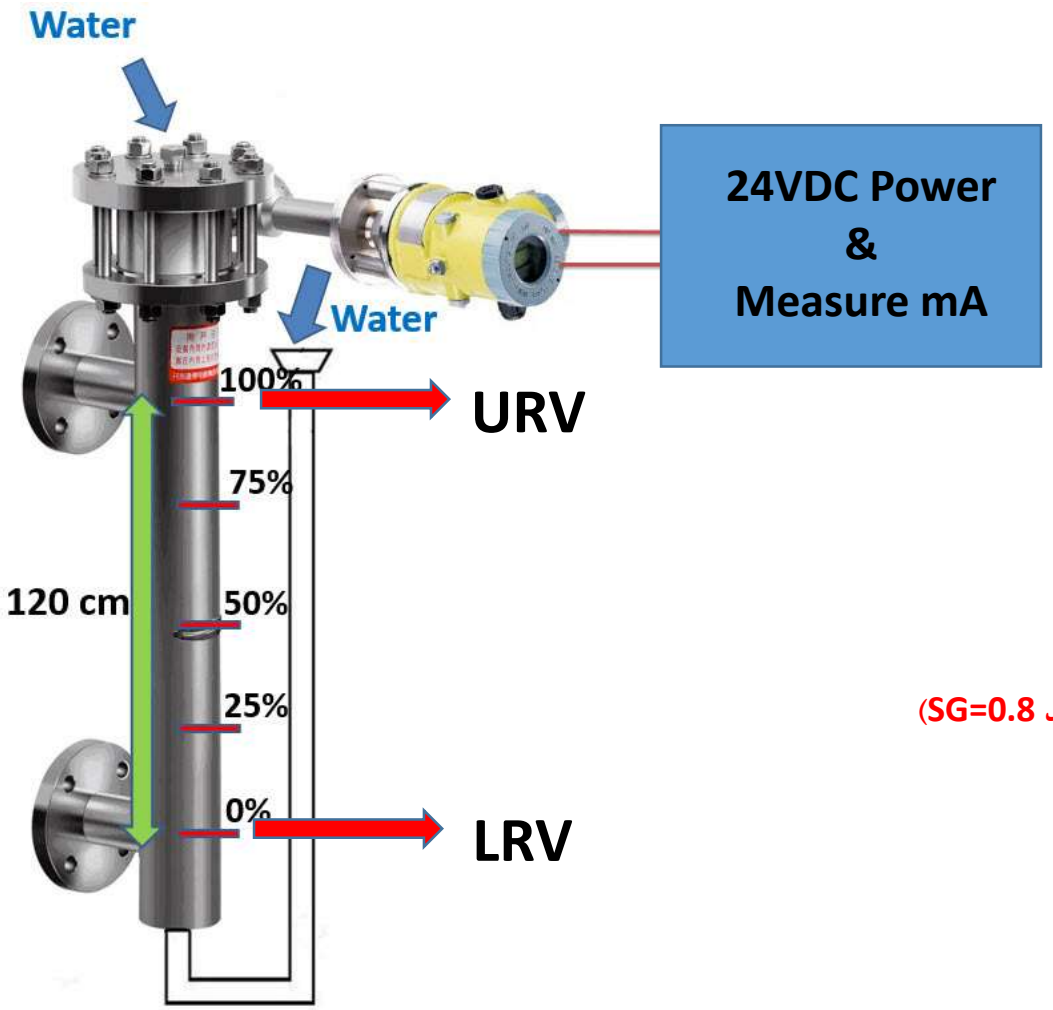
چون برای تست از آب استفاده می‌شود
و آب چگالی نسبی ۱ دارد

0.8 × 120 cm = 96 cm

Level %	Water level in the tube	Current
0%	0 cm	4 mA
25%	24 cm	8 mA
50%	48 cm	12 mA
75%	72 cm	16 mA
100%	96 cm	20 mA

ترانسمیترهای Smart با قابلیت تنظیم SG مایع فرایند و SG مایع کالیبره

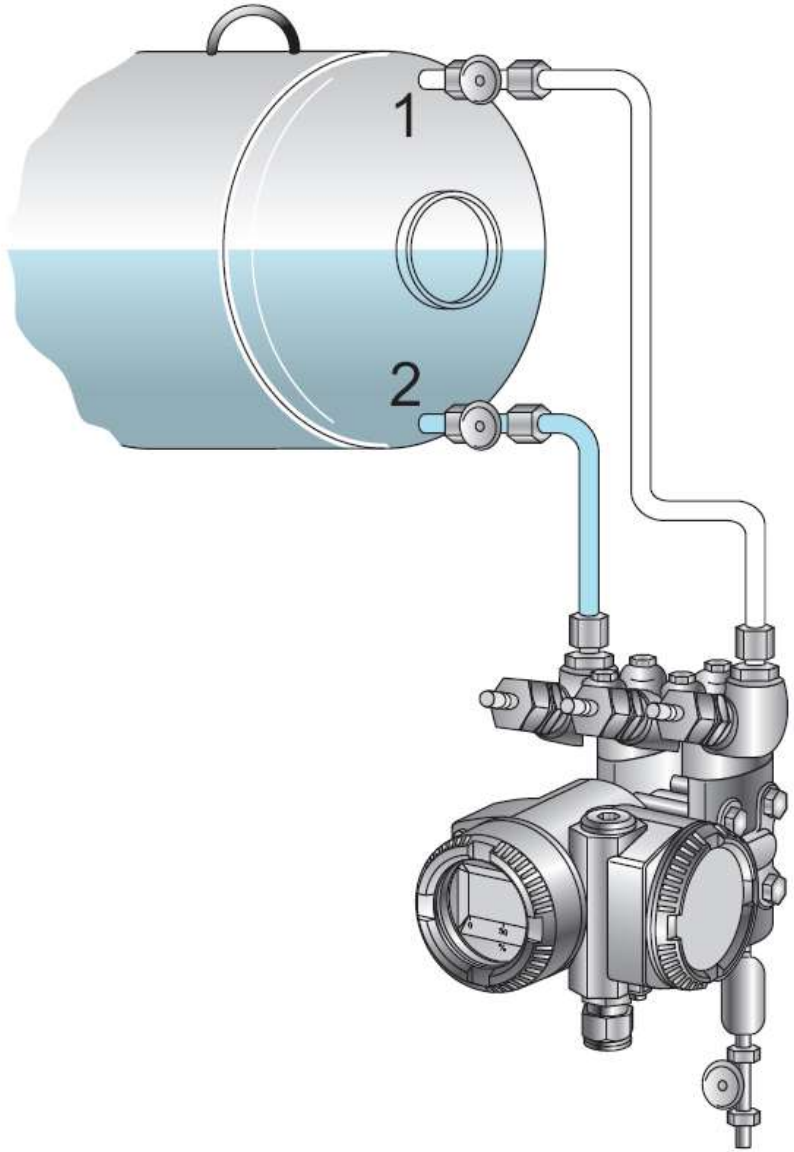
با فرض اینکه مایع درون مخزن دارای چگالی نسبی 0.8 باشد و ما بخواهیم ترانسمیتر را با آب کالیبره کنیم



Level %	Water level in the tube	Current
0%	0 cm	4 mA
25%	30 cm	8 mA
50%	60 cm	12 mA
75%	90 cm	16 mA
100%	120 cm	20 mA

۱- اندازه‌گیری Tap تا Tap با متر، و اتصال تیوب شفاف
۲-علامت گذاری بر روی Chamber با استفاده از متر و مارکر
۳- تنظیم S.G مایع فرایند و S.G مایع کالیبره (دراینجا برای مایع کالیبره SG=1 و برای مایع فرایند SG=0.8)
۴- ورود به Mode کالیبراسیون (در این Mode ترانسمیتر بر اساس SG کالیبره کار می‌کند)
۴- سطح آب تا وسط Tab پایین، تنظیم LRV
۵- سطح آب تا وسط Tab بالا، تنظیم URV
۶- بررسی خطی بودن با افزایش و کاهش سطح (طبق جدول)

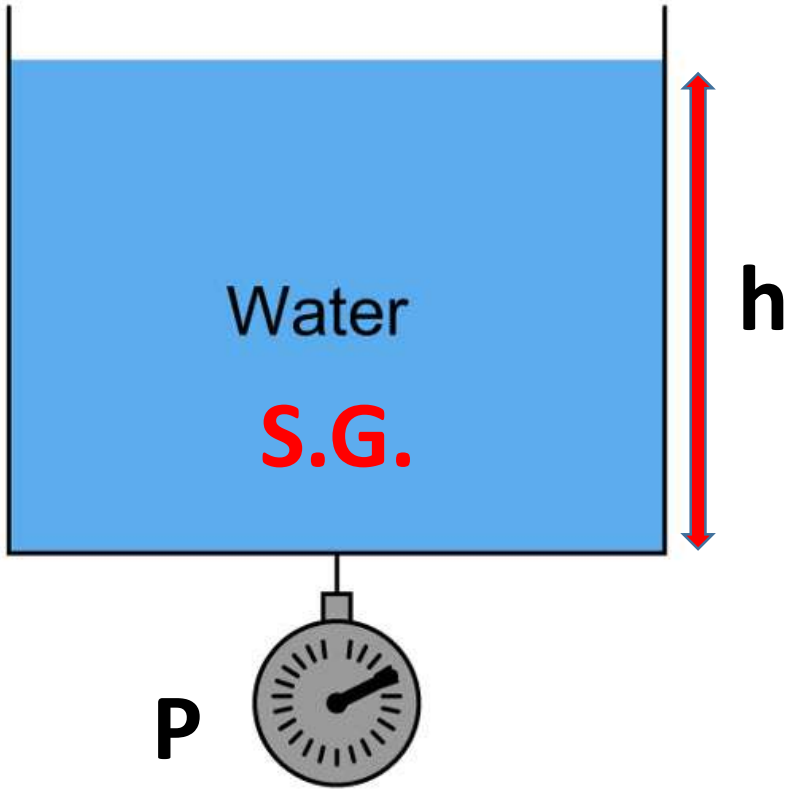
اندازه‌گیری سطح مبتنی بر فشار هیدرواستاتیک مایع



فشار هیدرواستاتیک (Hydrostatic pressure)

یک ستون عمودی از سیال باعث ایجاد فشار در ته ستون می‌شود. این فشار بعلت اثر گرانش زمین بر روی سیال است.

فشار اعمالی توسط یک ستون عمودی در حقیقت به دلیل وزن ستون است.

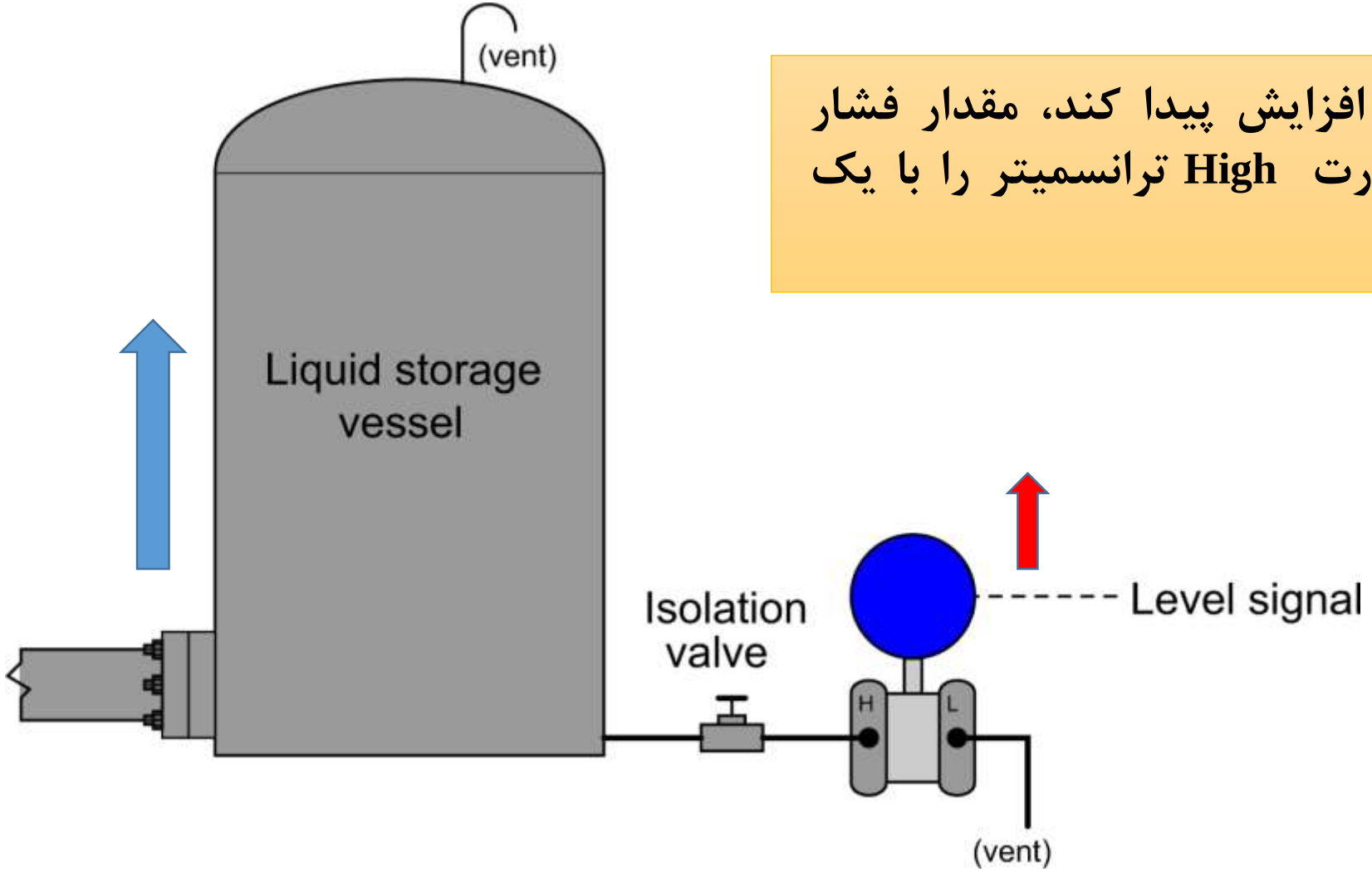


$$P = S.G \times h$$

- فشار هیدرواستاتیک
- چگالی نسبی مایع درون مخزن
- ارتفاع مایع بالای نقطه اندازه‌گیری

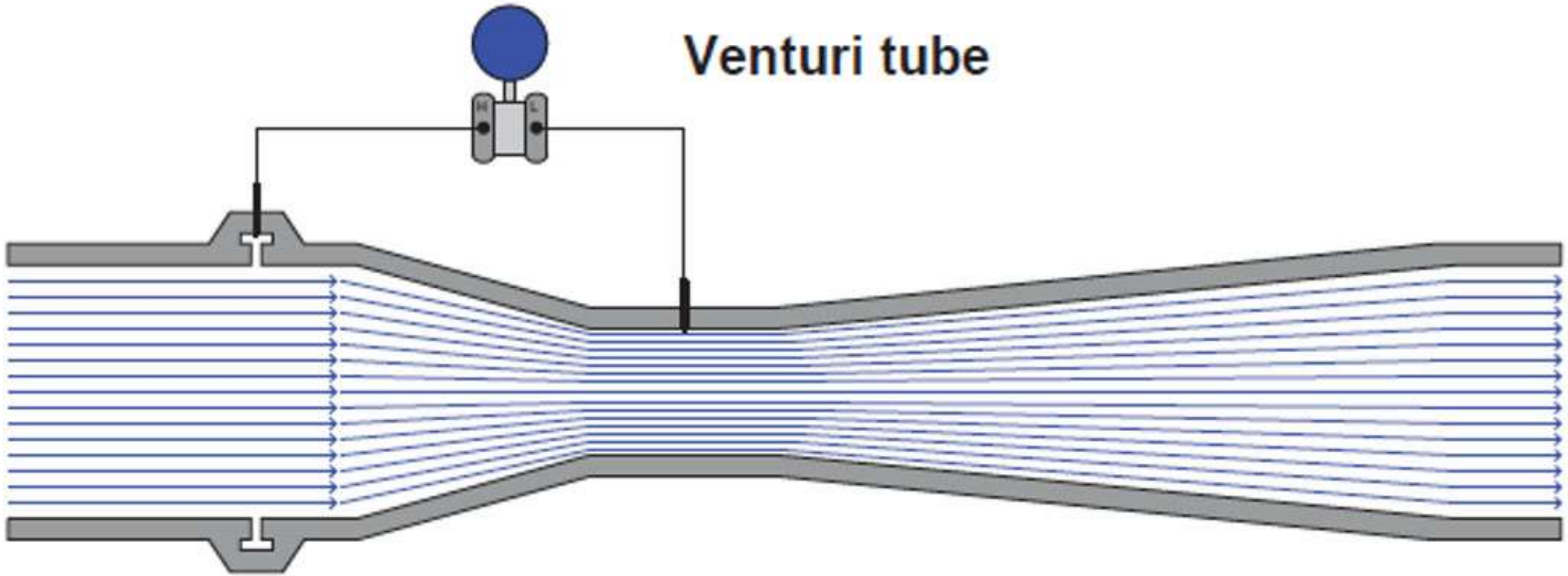
اندازه‌گیری سطح توسط ترانسمیترهای اختلاف فشاری (DP Transmitter)

چنانچه سطح مایع درون مخزن افزایش پیدا کند، مقدار فشار هیدرواستاتیک اعمال شده به پورت High ترانسمیتر را با یک نسبت مستقیم افزایش می‌دهد.



اندازه‌گیری فلو

Flow Measurement



روش‌های اندازه‌گیری فلو

۱- فلومترهای مبتنی بر فشار
۲- فلومترهای سطح متغیر
۳- فلومترهای توربینی
۴- فلومترهای گردابی
۵- فلومترهای اولتراسونیک
۶- فلومترهای مغناطیسی
۷- فلومترهای نوری
۸- فلومترهای جابه‌جایی معین
۹- فلومترهای کوریولیس
۱۰- فلومترهای حرارتی

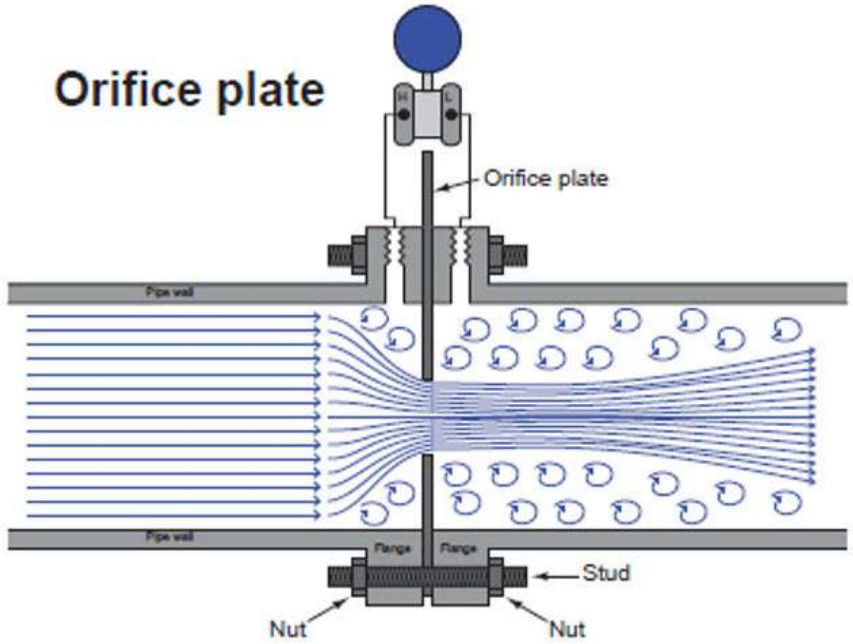
اصول عملکرد فلومترهای مبتنی بر فشار

با محدود کردن مسیر عبور فلو سیال، می‌توان باعث شتاب‌گیری آن شد

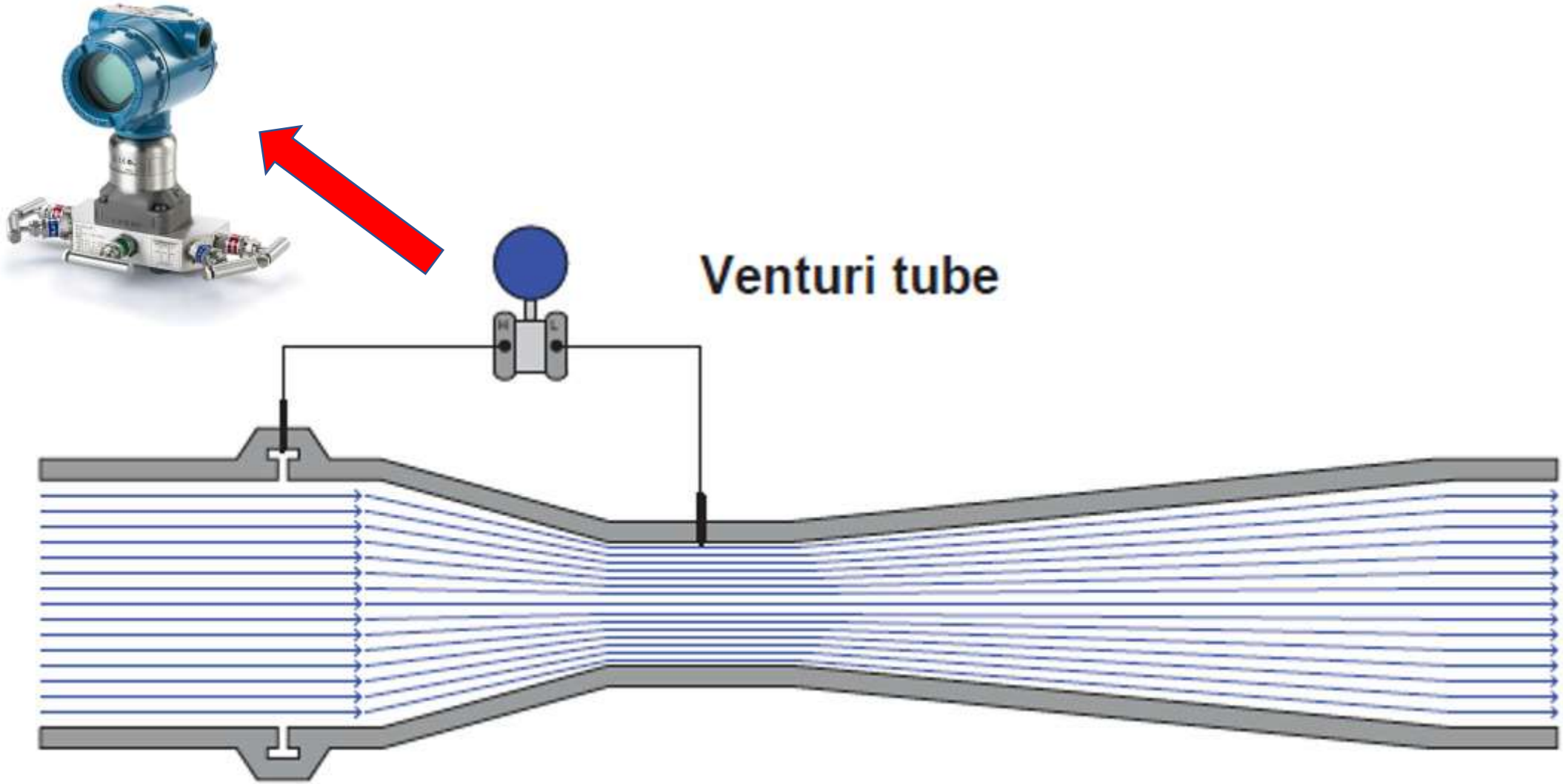
شتاب‌گیری سیال باعث ایجاد اختلاف فشار می‌شود

از آنجایی که شتاب حاصل شده در حین عبور سیال از اریفیس، تابع مستقیمی از سرعت سیال قبل از شتاب‌گیری می‌باشد

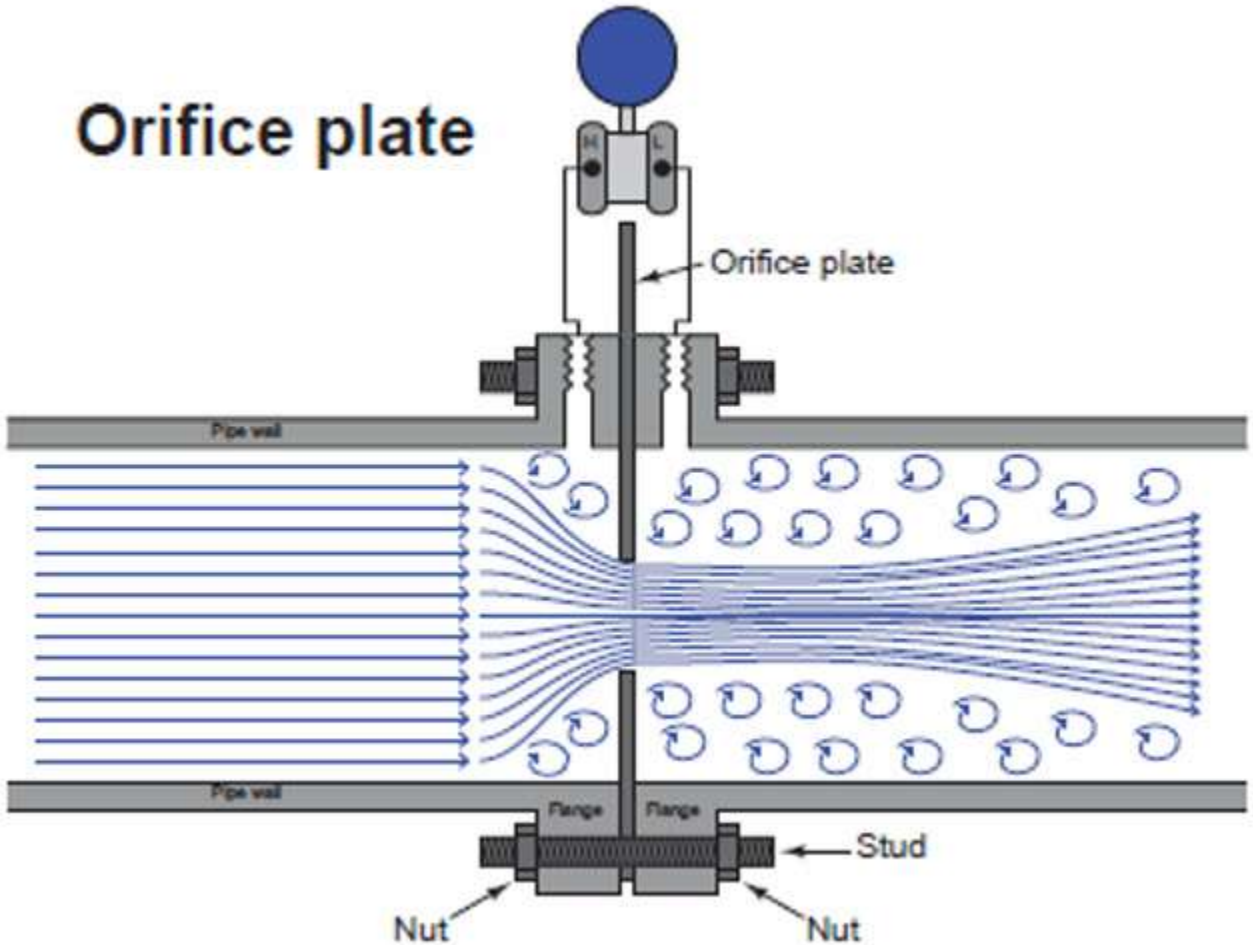
می‌توان گفت که اختلاف فشار دو طرف اریفیس نشان‌دهنده‌ی میزان فلو می‌باشد



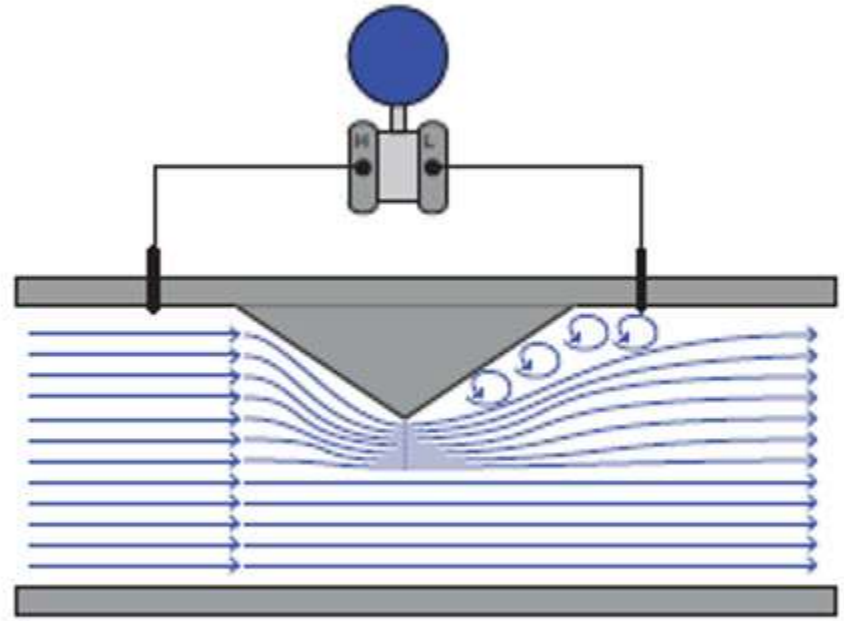
تصاویر زیر چندین المان را نشان می‌دهد که برای ایجاد شتاب در سیالات در حال حرکت مورد استفاده قرار می‌گیرند.



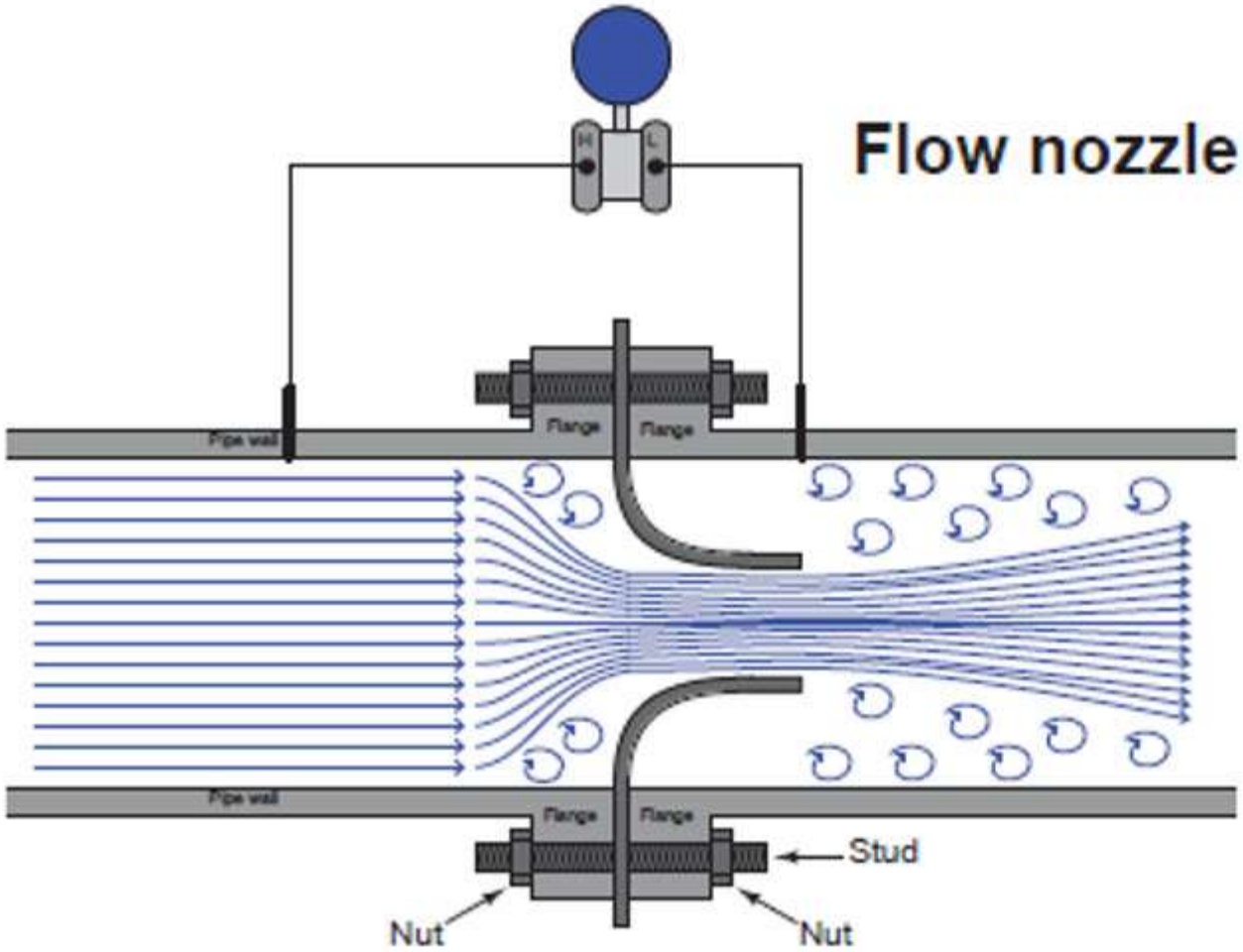
Orifice plate



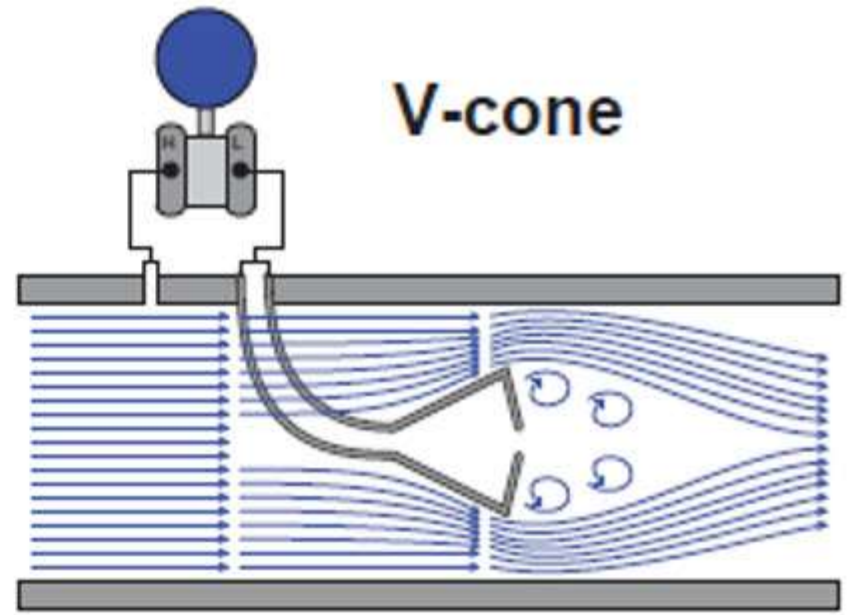
Segmental wedge



Flow nozzle



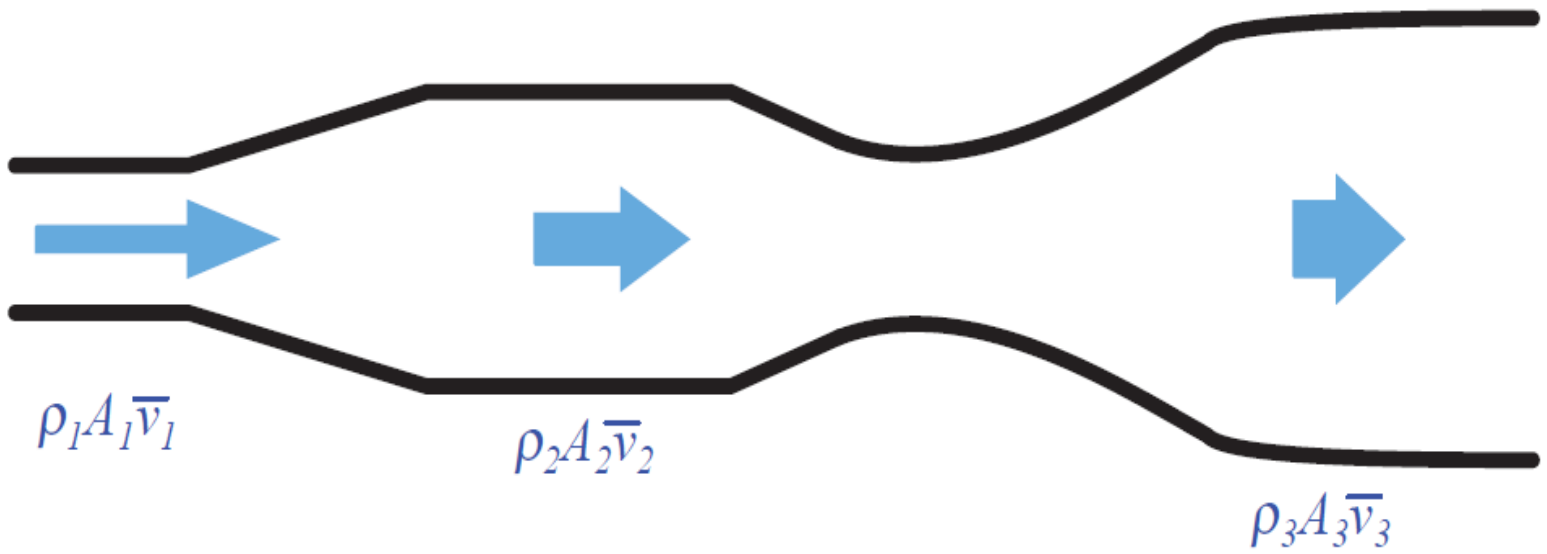
V-cone



قانون پیوستگی (Law of Continuity)

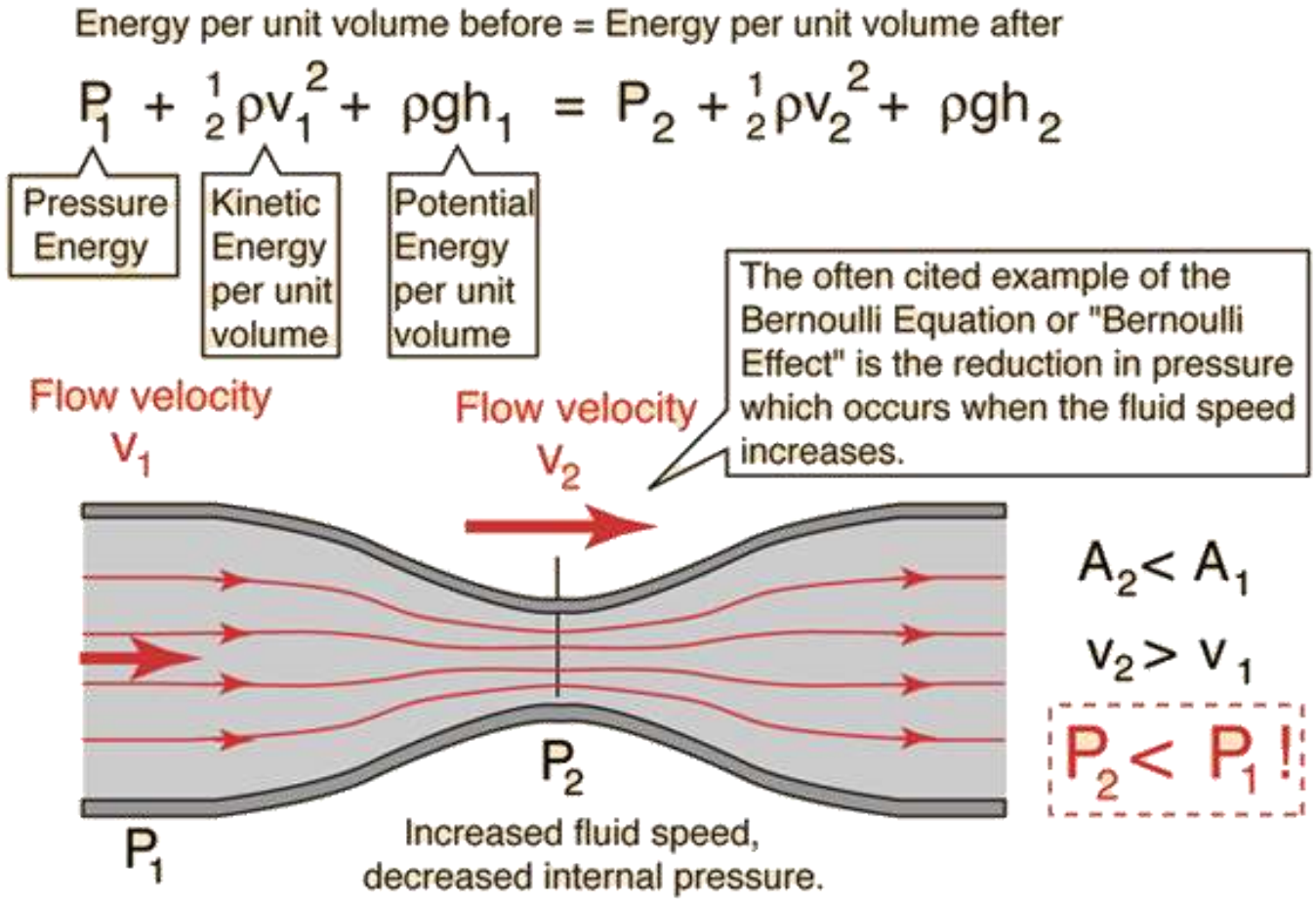
هر سیالی که از میان یک لوله عبور داده شود از **قانون پیوستگی** (Law of Continuity) تبعیت می‌کند. این قانون می‌گوید که حاصل ضرب سرعت متوسط ($\overline{v}$)، سطح مقطع عرضی لوله (A)، و چگالی سیال (ρ) برای یک جریان فلو مفروض باید ثابت باقی بماند.

$$\rho_1 A_1 \overline{v_1} = \rho_2 A_2 \overline{v_2} = \cdots \rho_n A_n \overline{v_n}$$



معادله‌ی برنولی

بقاء انرژی در نقاط مختلف یک جریان سیال توسط معادله‌ی برنولی به سادگی بیان شده است.



با ترکیب قانون پیوستگی و برنولی می توان فرمول نرخ فلو حجمی را به صورت زیر به دست آورد:

$$Q = \sqrt{2}A_2 \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\rho}}$$

$$Q = k\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\rho}}$$