

بسم الله الرحمن الرحيم

توربو ماشین ها

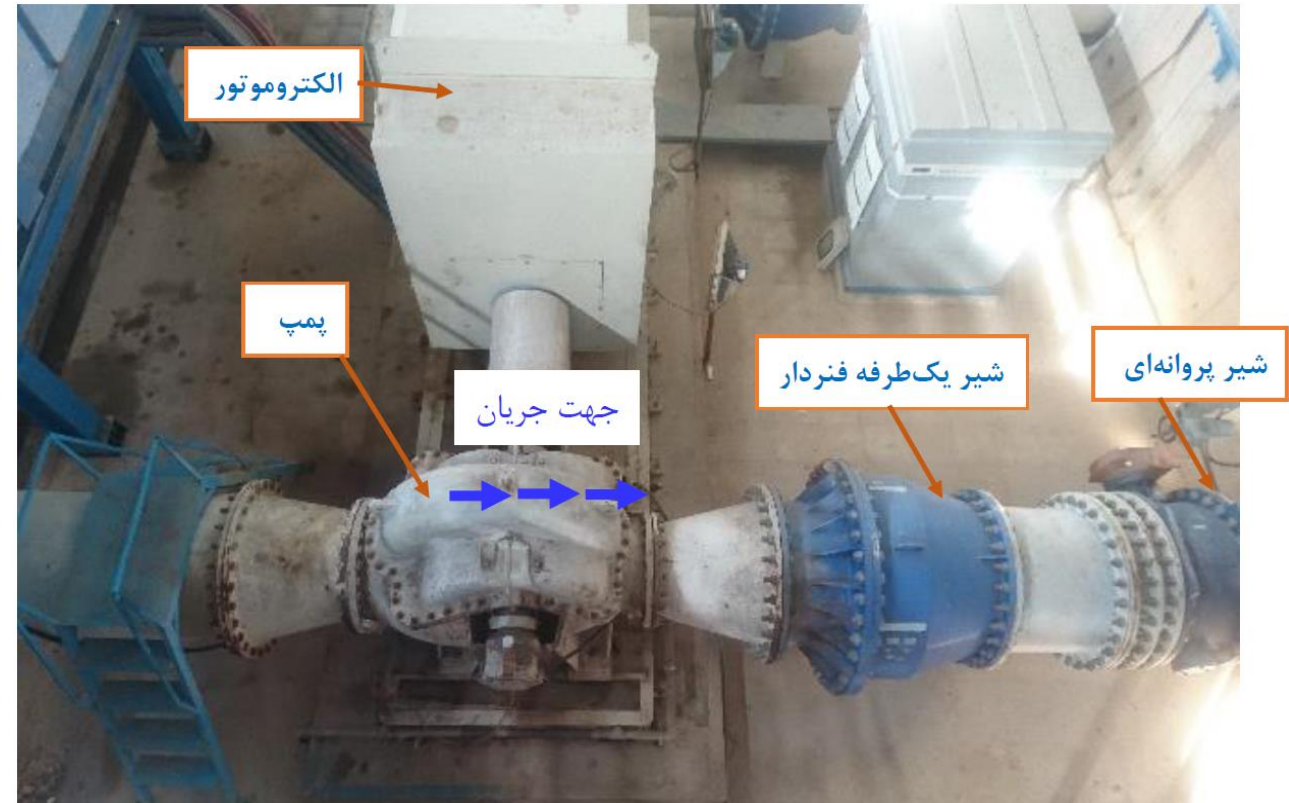
محمد صادق کریمی



گروه تبدیل انرژی، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف



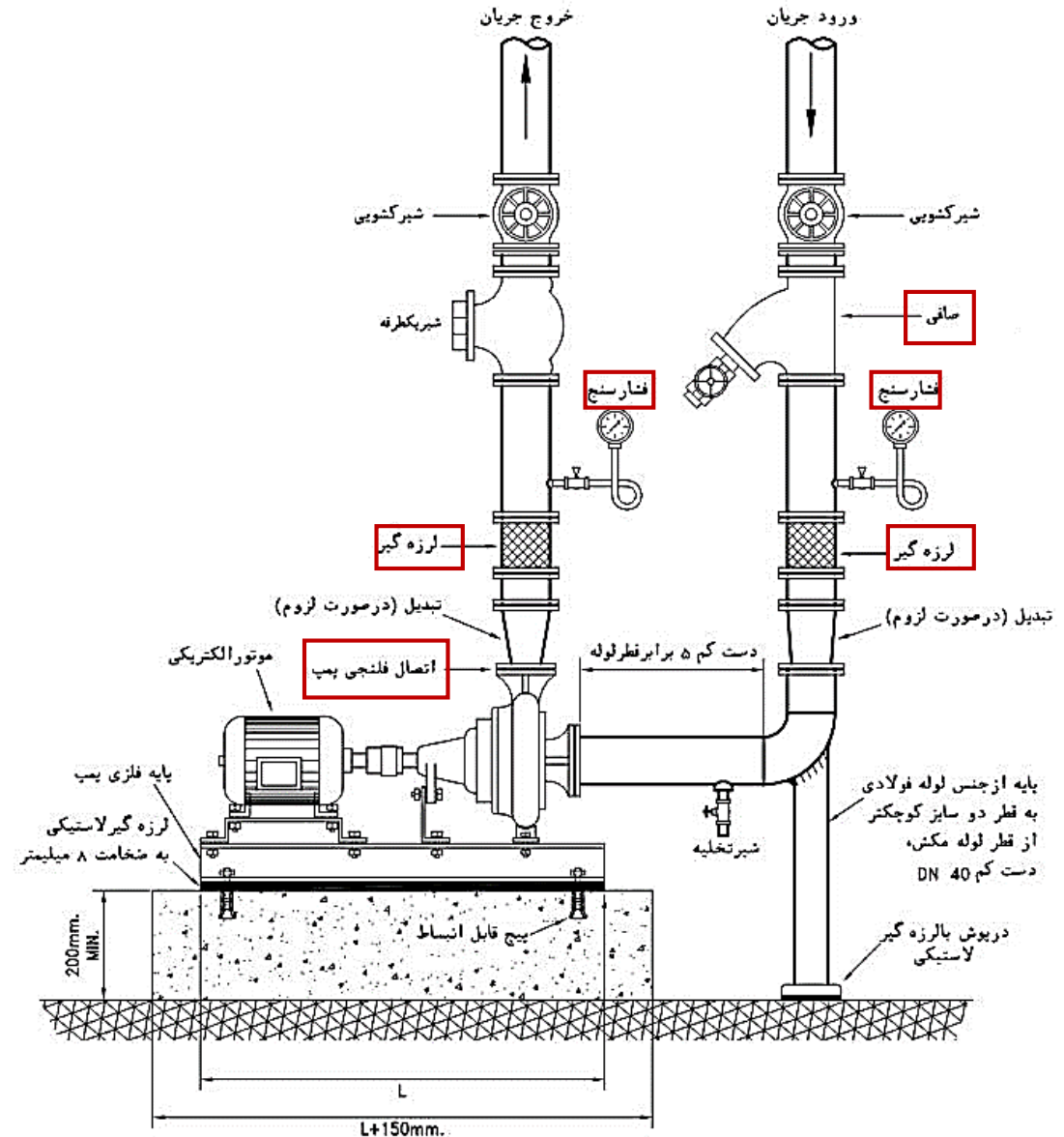
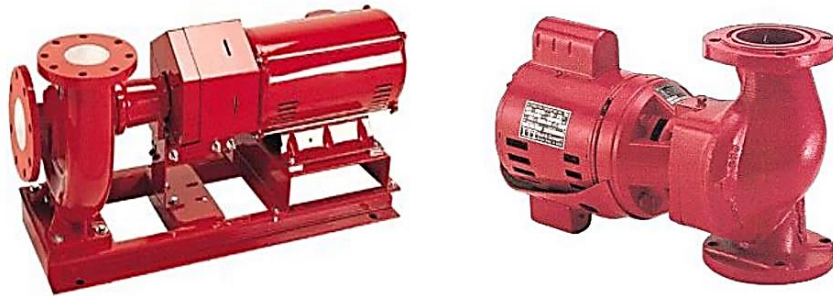
پمپ و مدار





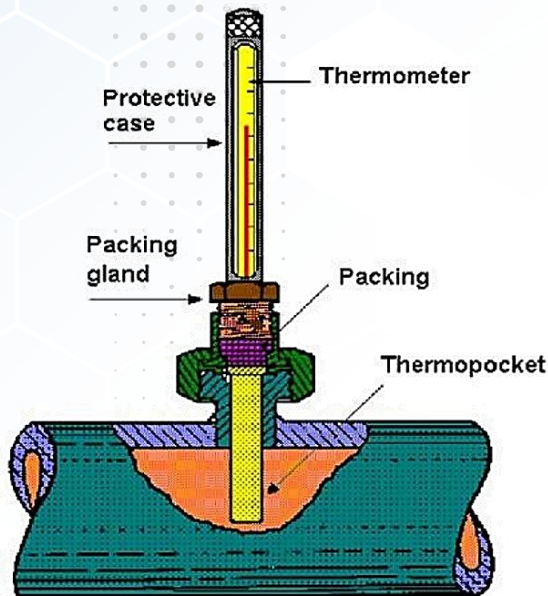
پمپ و مدار

پمپ‌های خطی کوچک‌تر بوده و لذا همراه الکتروموتور به صورت یکپارچه روی خط لوله قرار می‌گیرند. در مقابل، پمپ‌های زمینی به صورت جداگانه و بر اساس توان مورد نیاز پمپ تهیه و با کوپلینگ به پمپ متصل می‌شود.





اندازه‌گیری دما



RTD PT100 sensors



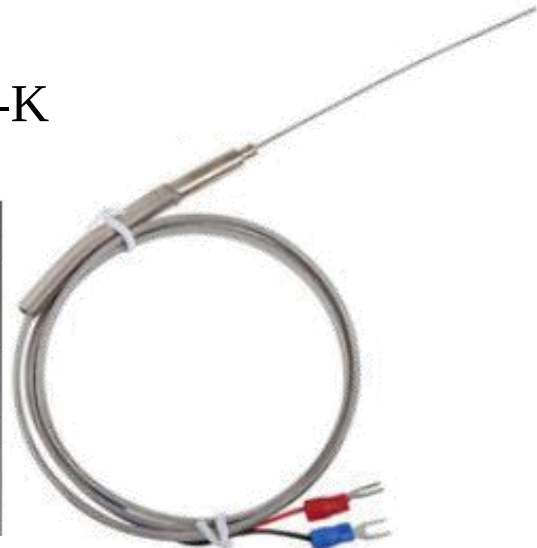
Data logger of PT100 sensors

سنسورهای دمای مقاومتی یا همان RTD مخفف Resistance Temperature Detector است. اساس اندازه‌گیری دما توسط سنسورهای مقاومتی تغییر مقاومت سیم پیچ سنسور با تغییر دما می‌باشد که جنس این سیم پیچ عموماً از آلیاژ پلاتین می‌باشد که درون کپسول‌های سرامیکی و یا شیشه‌ای تعبیه شده‌اند. محبوب‌ترین و پر استفاده‌ترین آن در صنایع مختلف PT100 می‌باشد، که مخفف Platinum است به این معنا که آلیاژ استفاده شده در سیم پیچ از جنس پلاتین می‌باشد و عدد ۱۰۰ نشان دهنده مقاومت خروجی سیم پیچ سنسور در دمای 0°C است که معادل ۱۰۰ اهم می‌باشد.



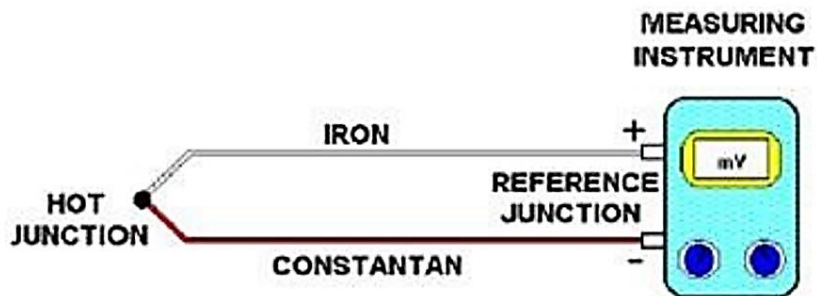


Thermocouple Type-K



ترموکوپل نوعی سنسور دما است که از دو سیم غیر همجنس ساخته شده است که از یک طرف به یکدیگر کوپل شده‌اند. زمانی که محل جوش این دو سیم گرما ببینند، در دو سر باز این دو سیم، به دلیل تفاوتی که در جنس دارند، اختلاف ولتاژی ایجاد می‌شود که می‌توان با استفاده از آن، دما را اندازه‌گیری کرد.

Data acquisition





اندازه‌گیری دما

نام ترموکوپل	سیم مثبت (P) سیم منفی (N)	جنس فلز	محدوده اندازه‌گیری بر حسب درجه سانتیگراد
B	BP BN	روبییدیوم ۳۰٪ - پلاتین روبییدیوم ۶٪ - پلاتین	0 – 1800
L	EP EN	کروم - نیکل مس - نیکل	-190 – 1000
J	JP JN	آهن مس - نیکل	0 – 1000
K	KP KN	کروم - نیکل سیلیکن - آلومینیوم - نیکل	0 – 1200
R	RP RN	روبییدیوم ۱۳٪ - پلاتین پلاتین	0 – 1790
S	SP SN	روبییدیوم ۱۰٪ - پلاتین پلاتین	0 – 1790
I	TP TN	مس مس - نیکل	-190 – 380

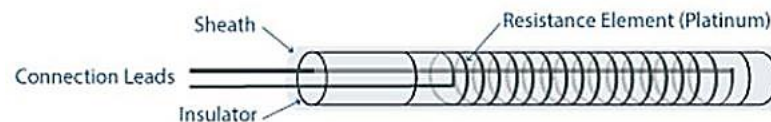




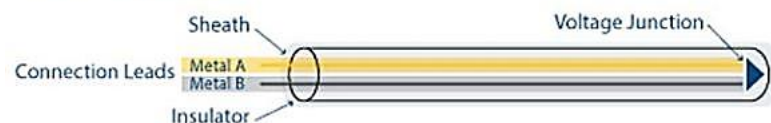
اندازه‌گیری دما

Parameter	RTD	Thermocouple
Typical Measuring Range	-240 to +650 °C	-270 to +2,320 °C
Long-term Stability	Excellent	Poor to Fair
Accuracy	Excellent	Good to Medium
Repeatability	Excellent	Poor to Fair
Response Time	Good	Medium to Excellent
Linearity	Good	Fair
Undesirable Self-Heating	Medium to Excellent	Excellent
Tip Sensitivity	Fair	Excellent

RTD



Thermocouple

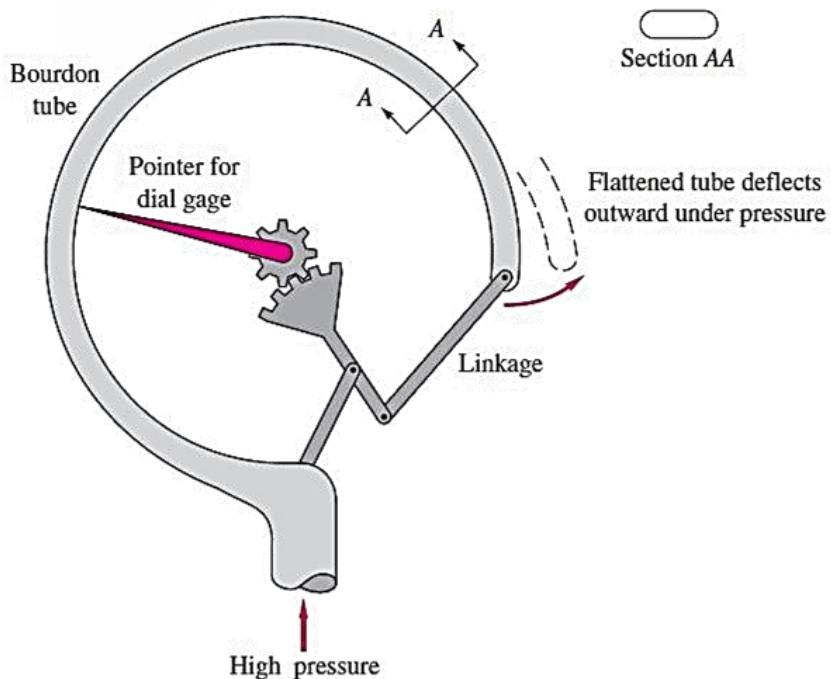


- یک دماسنج RTD از تغییر در مقاومت فلز برای پیش بینی تغییر در دما استفاده می‌کند. ترموکوپل یک سنسور ترمو الکتریکی است که از تغییرات در ولتاژ/ emf برای تعیین تغییر دما استفاده می‌کند.
- دماسنج RTD عموماً در بازه بین ۲۰۰- تا ۶۰۰ درجه سلسیوس کار می‌کند. اما ترموکوپل معمولاً بازه عملیاتی گسترده‌تری نسبت به RTD دارد. مثلاً معمولاً ۲۰۰- تا ۲۰۰۰ درجه سلسیوس. در نتیجه ترموکوپل، مناسب برای انواع مختلف کاربردهایی که نیاز به اندازه‌گیری محدوده‌ی دمایی وسیع است، استفاده می‌شود.
- ترموکوپل‌ها زمان پاسخگویی ۰/۱ تا ۱۰ ثانیه ارائه می‌کنند که بهتر از زمان پاسخگویی RTD‌هاست که بین ۱ تا ۵۰ ثانیه است.
- در مورد حساسیت، گفته می‌شود که ترموکوپل‌ها حساسیت بالاتری از RTD‌ها دارند. دلیل این مسئله این است که سریع‌تر از RTD‌ها به تغییرات دما واکنش نشان می‌دهند.
- ترموکوپل‌ها عموماً مقرون به صرفه‌تر از RTD‌ها است. البته هزینه‌ی اولیه‌ی RTD مقداری کمتر از ترموکوپل است. ولی از نظر هزینه نگهداری و تعمیر، RTD‌ها سه برابر ترموکوپل‌ها هزینه‌بر هستند. در نتیجه RTD‌ها در مجموع گران‌تر از ترموکوپل‌ها هستند.
- ابعاد فیزیکی ارائه شده توسط ترموکوپل کوچک‌تر از RTD است. در نتیجه استفاده از آن‌ها ساده‌تر است.
- برای کاربردهایی که نیازمند دقت بالا هستند، RTD ترجیح داده می‌شود چون نتایج دقیق‌تری نسبت به ترموکوپل‌ها تولید می‌کنند.
- اگر تصمیم گرفته‌اید تا دمای زیر ۱۰۰ درجه را اندازه‌گیری کنید، توصیه می‌شود که از سنسورهای RTD استفاده کنید. زیرا این سنسورها نسبت به ترموکوپل‌ها دقیق‌ترند.



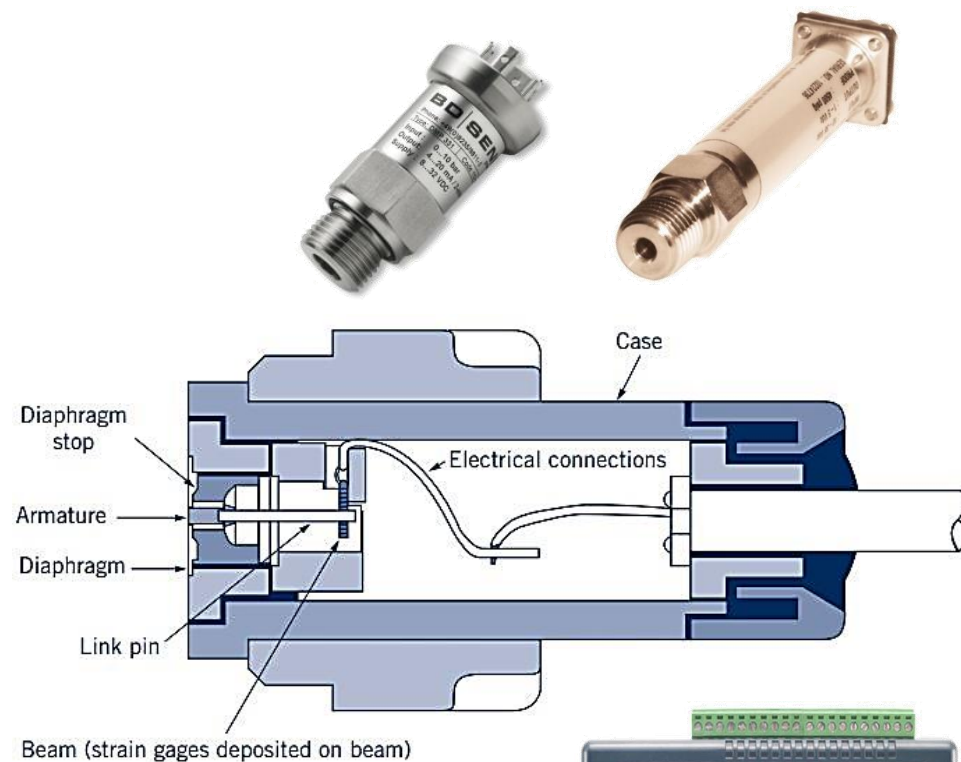


Bourdon pressure gages



فشارسنج لوله بوردون از یک لوله فلزی خمیده بیضوی شکل تشکیل شده است. با افزایش فشار سیال، لوله بوردون تمایل به باز شدن دارد و با کاهش فشار انحنای لوله بیشتر می‌شود. تغییرات انحنای لوله توسط یک چرخ دنده به عقربه منتقل می‌شود. مقدار حرکت عقربه به جهت و میزان انحنای لوله بستگی دارد.

Pressure transducers

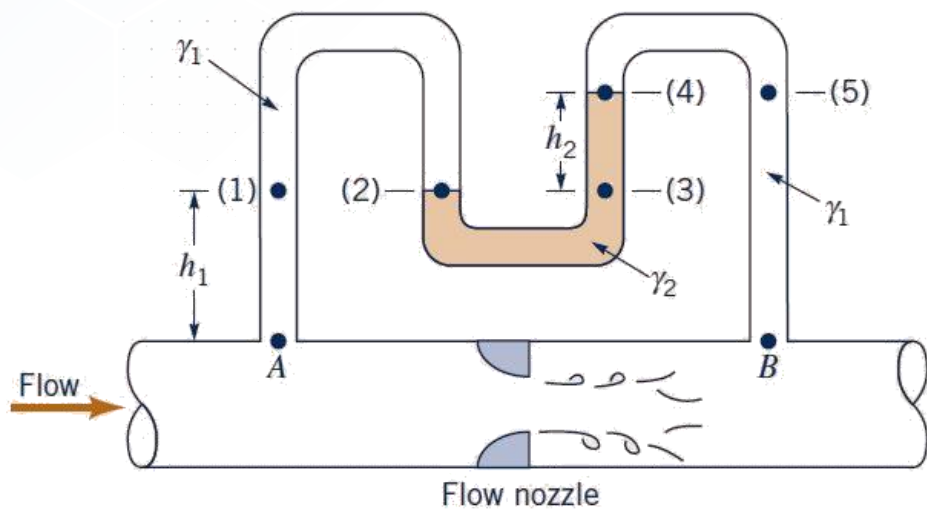


Data acquisition





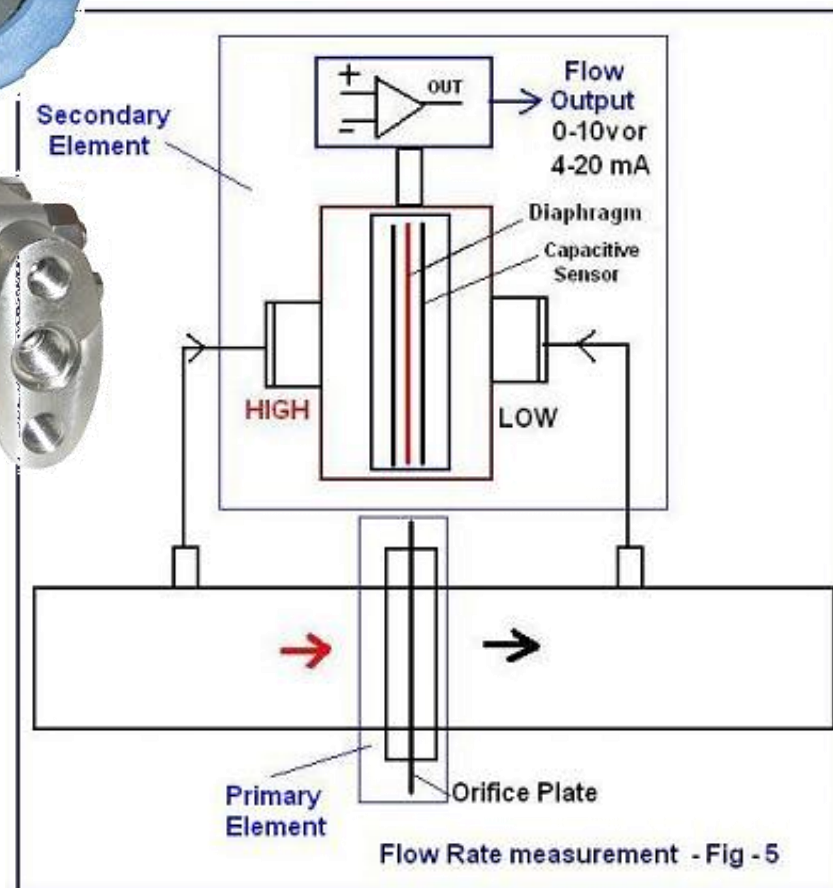
Manometer



$$p_A - \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 + \gamma_1 (h_1 + h_2) = p_B$$

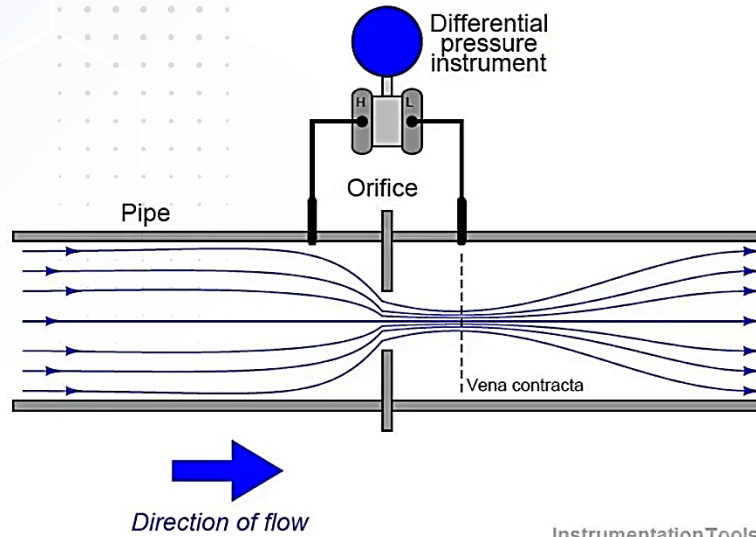


Differential pressure transmitter

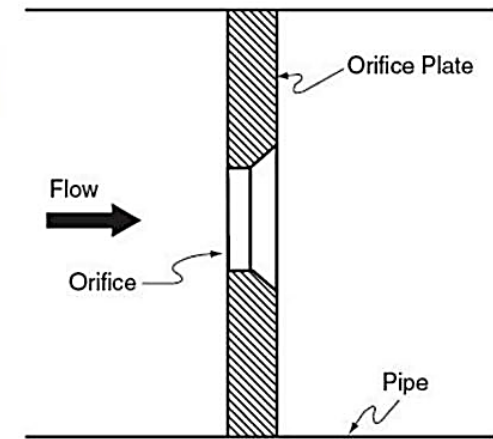
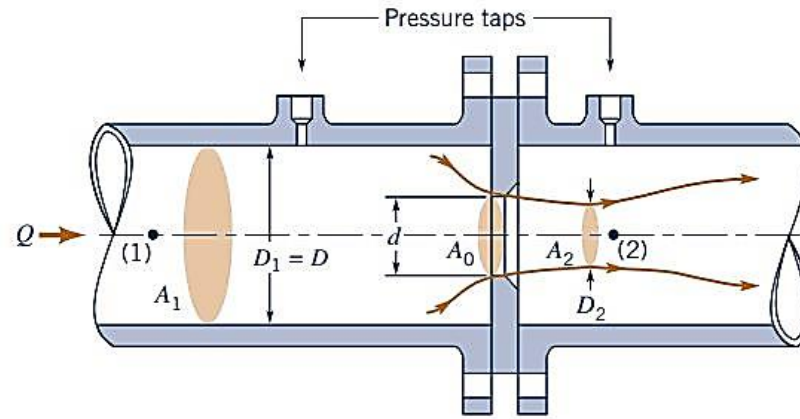




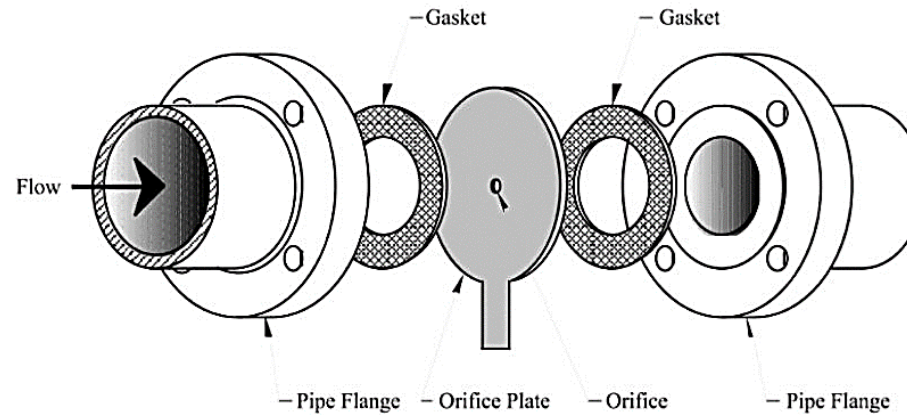
Orifice meter



InstrumentationTools.com

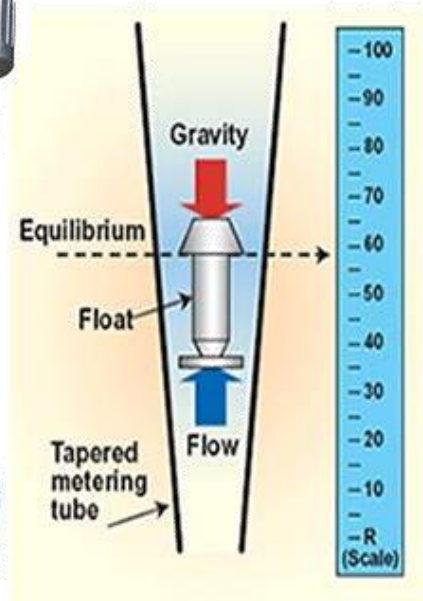


Cross Section View of Orifice Plate Installed in Pipe



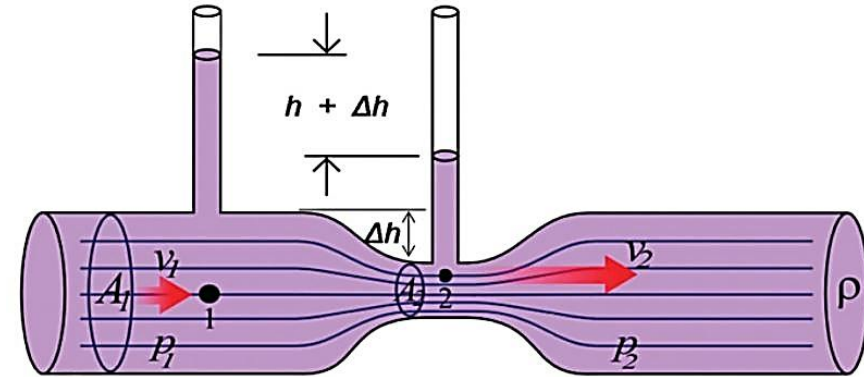


Rotameter



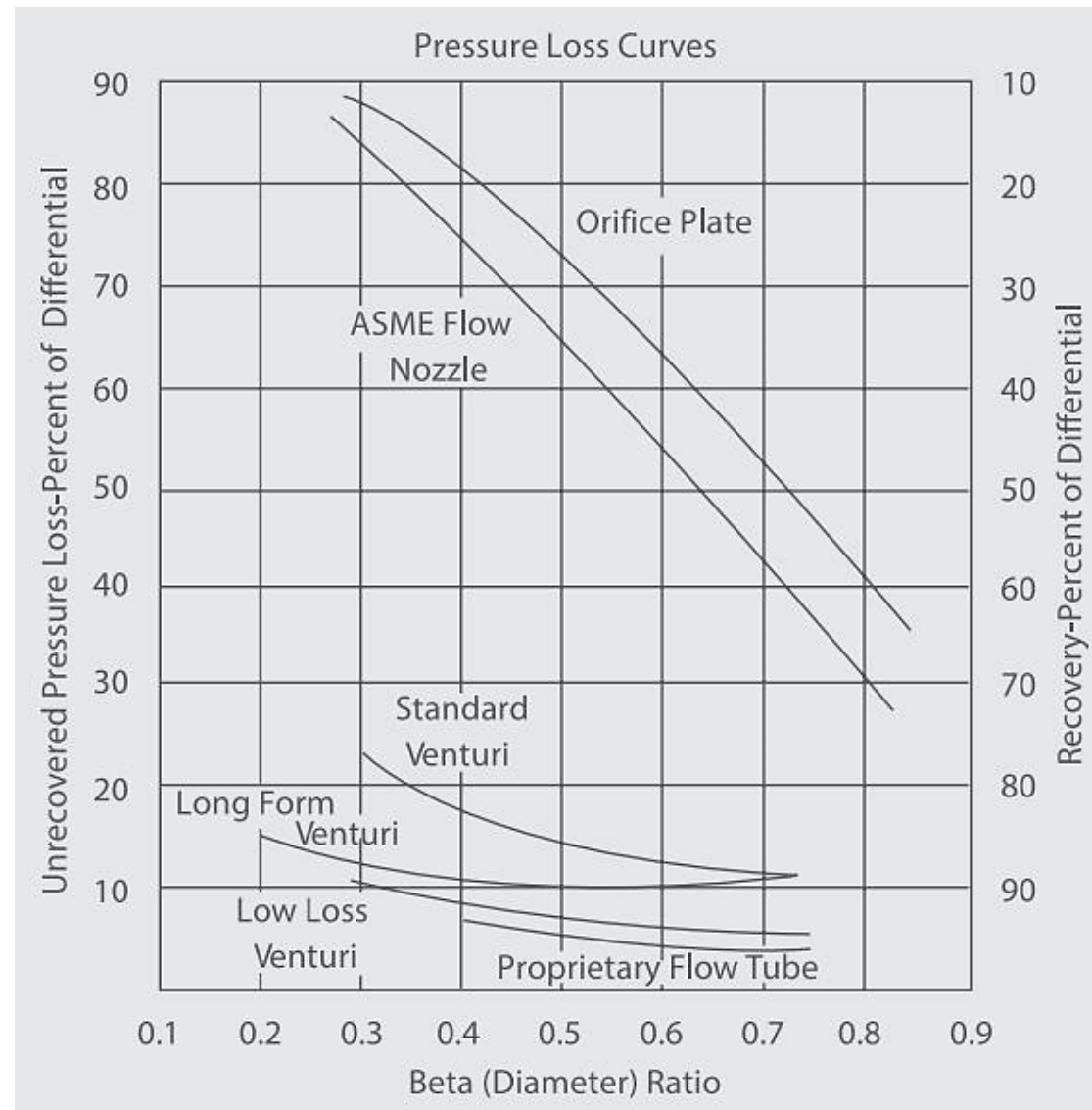
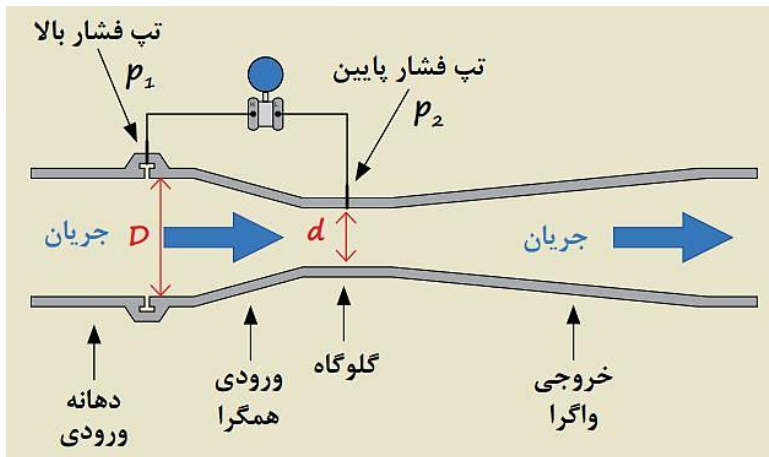
با بیشتر شدن فلوی سیال و بالاتر رفتن شناور، (با توجه به اینکه لوله اندازه‌گیری مخروطی شکل می‌باشد. هرچه به سمت بالا برود سطح مقطع آن بزرگ‌تر خواهد شد) فاصله بین طرفین شناور با دیواره‌های لوله اندازه‌گیری بیش‌تر خواهد شد و سیال عبوری بیشتری از طرفین شناور عبور خواهد کرد. همین موضوع باعث کاهش اختلاف فشار سیال در قسمت پایین شناور و بالای شناور خواهد شد و به همین جهت شناور با سرعت آرام‌تری به بالا حرکت خواهد کرد. این فرآیند ادامه پیدا خواهد کرد دقیقاً تا زمانی که نیروی حاصل از جریان عبوری سیال با نیروی وزن شناور به تعادل برسد و شناور در نقطه مشخصی ثابت شود. این نقطه طبق درجه بندی‌های مشخص شده روی لوله روماتر، دقیقاً معادل مقدار جریان حجمی عبوری سیال از آن خواهد بود.

Venturi tube





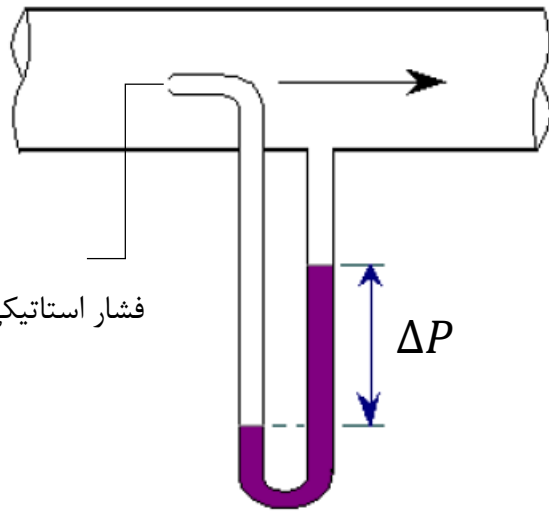
Venturi tube





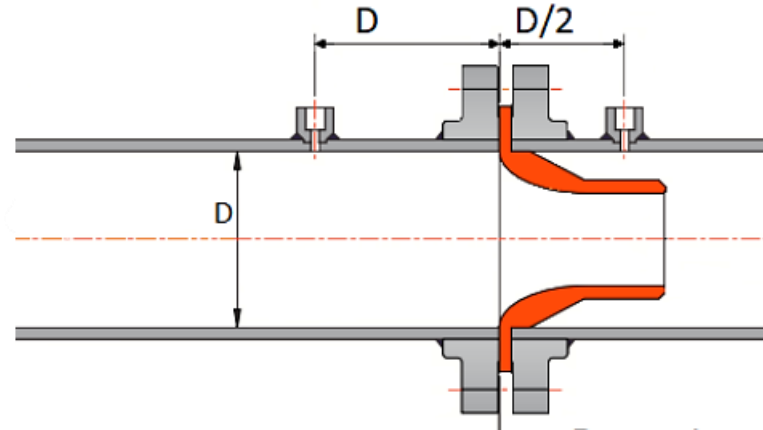
انواع دیگر دبی سنج

Pitot tube flow meter



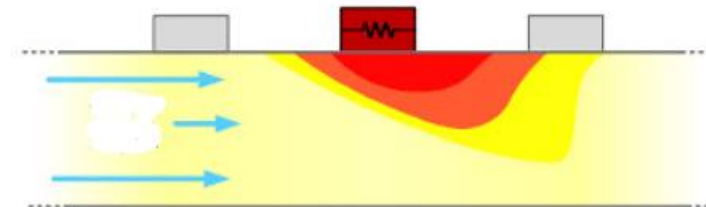
فشار استاتیکی + فشار ناشی از سرعت سیال

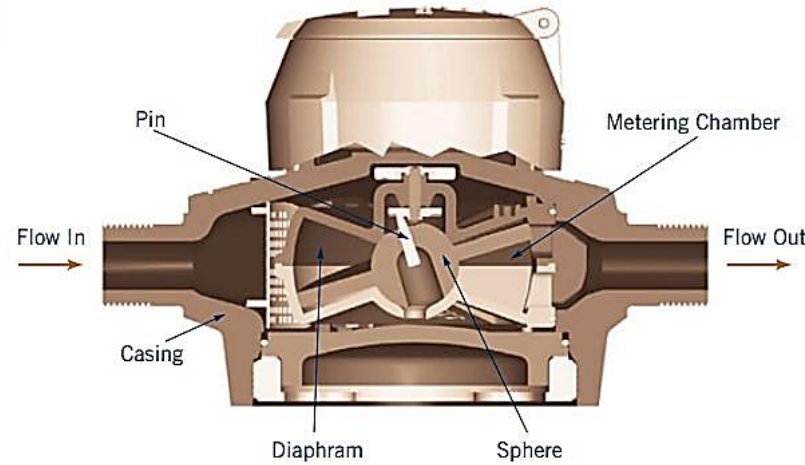
Flow Nozzle



Thermal mass flowmeter

سنسور حرارتی بالادست پروب گرما سنسور حرارتی پایین‌دست

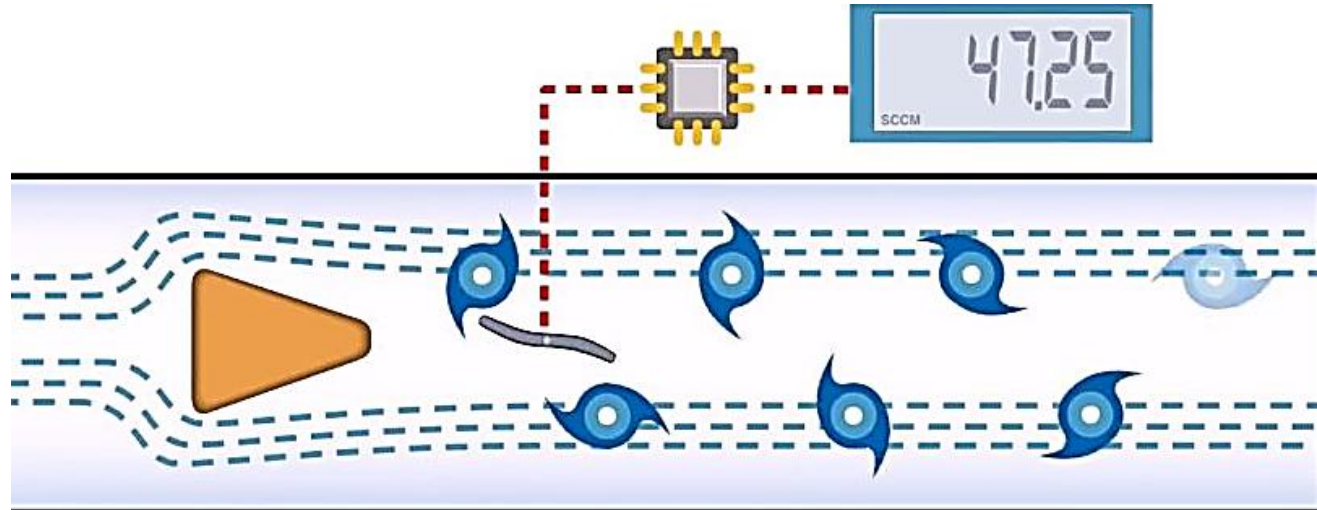




Nutating disk flowmeter

برای درک نحوه عملکرد جریان سنج ورتکس می‌توانید یک جسم خاص را به صورت ثابت در مسیر عبور آب قرار دهید. زمانی که آب به این جسم برخورد می‌کند مجبور به حرکت از کناره‌های آن می‌شود که در نهایت باعث ایجاد تلاطم و تغییر وضعیت سیال می‌شود. بخش دیگر از فلومتر ورتکس یک حسگر مکانیکی است که کمی عقب‌تر از موانع فیزیکی قرار گرفته است. تلاطم به وجود آمده از برخورد سیال با جسم فیزیکی، منجر به حرکت مکانیکی حسگر می‌شود که این حسگر به طور مستقیم به یک مبدل وصل شده است.

Vortex flowmeter





Nutating disk flowmeter

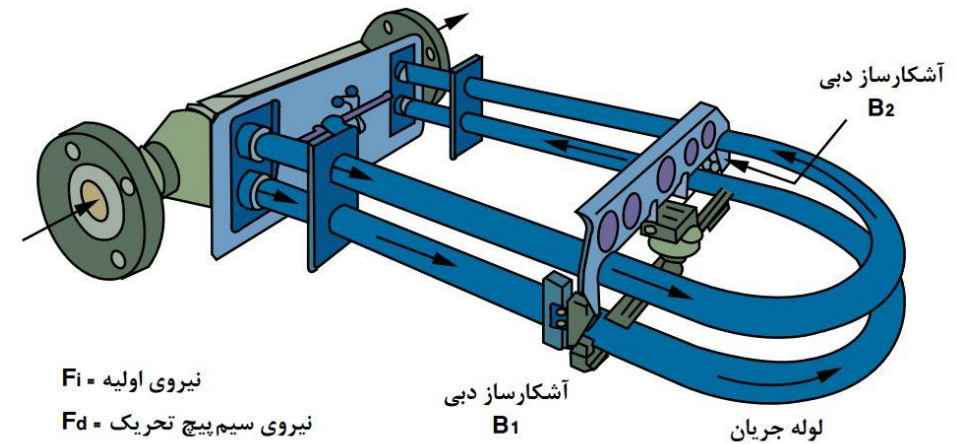
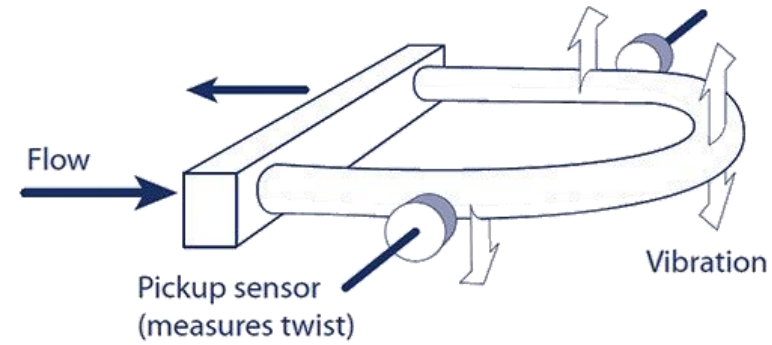




اندازه‌گیری دبی

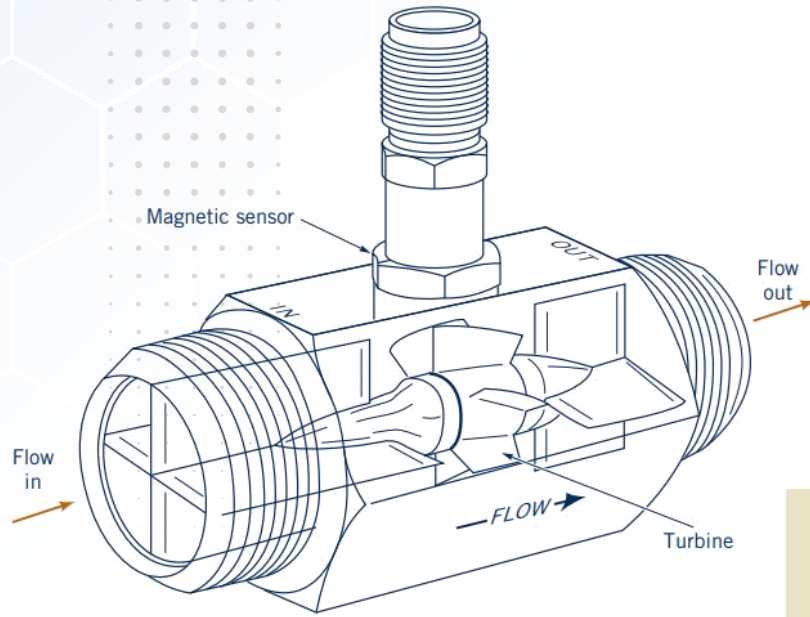


Coriolis mass flowmeter

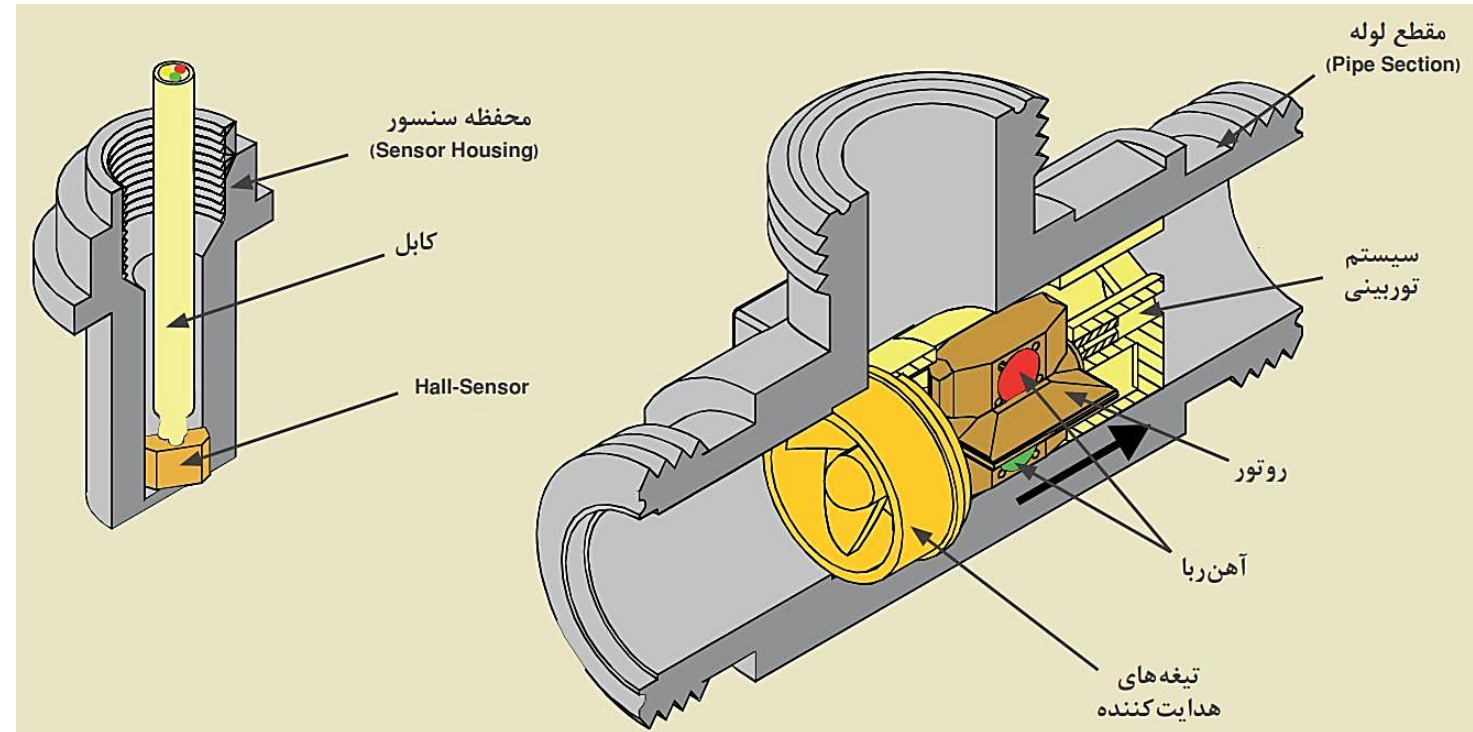


دبی سنج جرمی کوریولیس با استفاده از اینرسی ناشی از حرکت سیال کار می‌کند. این اینرسی یا لختی باعث می‌شود که لوله متناسب با سرعت جرمی چرخش کند که این پیچش‌ها بوسیله سنسور اندازه‌گیری می‌شود.



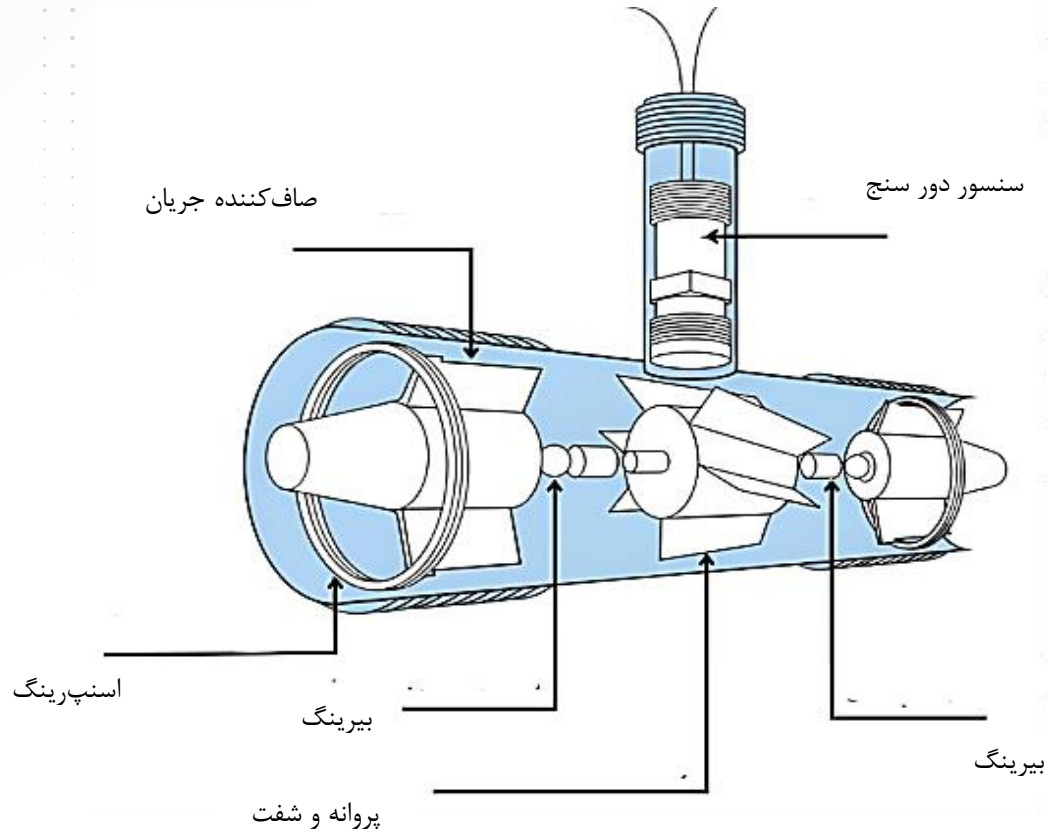
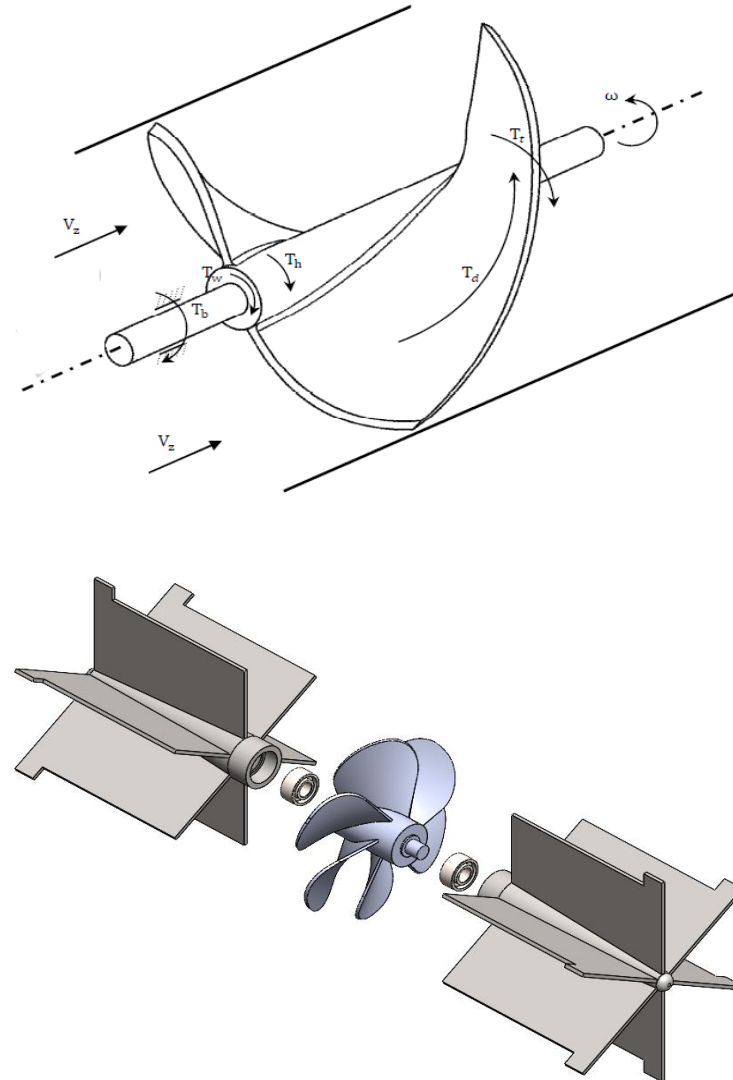


Turbine meter





Turbine meter

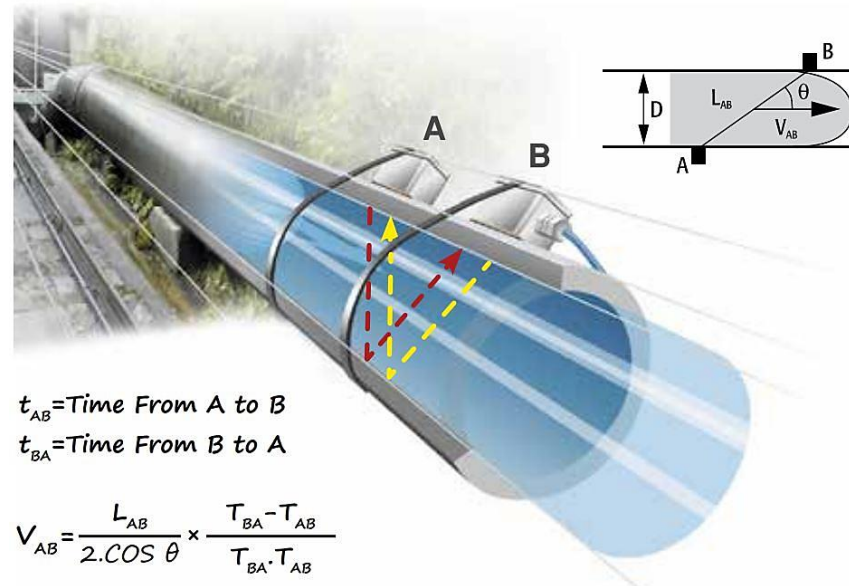
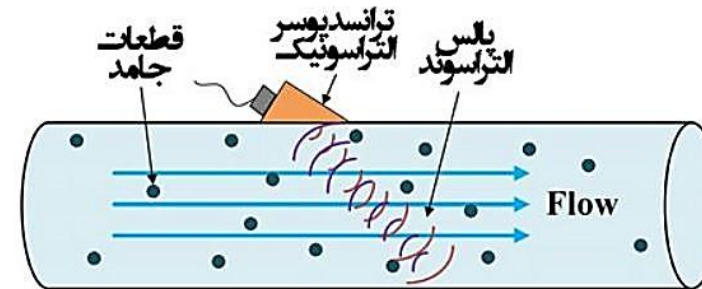




اندازه‌گیری دبی

فلومترهای ترانسونیک داپلر با استفاده از اثر داپلر کار می‌کنند. به طور خلاصه، این اثر مبتنی بر تغییر امواج صوتی است که از اجسام متحرک به اجسام ساکن بر می‌گردند می‌باشد. شما می‌توانید با گوش دادن به صدای در حال تغییر موتور خودرویی که در نزدیکی‌تان در حال گذر است، این اثر را نیز مشاهده کنید.

Ultrasonic flow meter



t_{AB} = Time From A to B

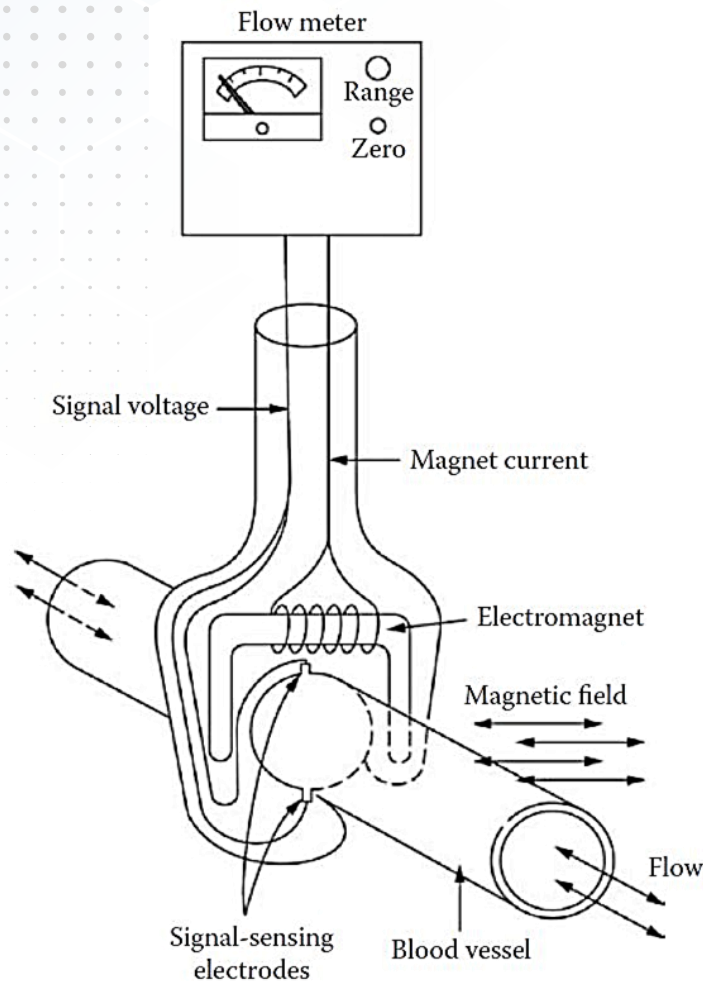
t_{BA} = Time From B to A

$$V_{AB} = \frac{L_{AB}}{2 \cdot \cos \theta} \times \frac{T_{BA} - T_{AB}}{T_{BA} + T_{AB}}$$





اندازه‌گیری دبی



Schematic of an electromagnetic flow probe used for blood flow measurement.

voltage generated between the electrodes, E_f (volts), is given by the relationship

$$E_f = B\ell V$$

where

B is the flux density of the magnetic field (Wb/m^2)

ℓ is the spacing between electrodes (m)

V is the mean flow velocity (m/s)

Relating the flow rate through the vessel, Q (m^3/s) and area of cross section A (m^2) with the mean velocity by

$$Q = VA$$

The flow rate can be computed from the relationship

$$Q = \frac{A}{B\ell} E_f$$

The ratio $A/B\ell$ is a constant specified for a given flow meter system.

بر طبق قانون فارادی در مورد القاء مغناطیسی می‌باشد و در صورت اتصال برق به یک سیم‌پیچ، یک میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد می‌گردد. با عبور یک مایع رسانا مانند آب از این میدان، خطوط مغناطیسی آن قطع و در نتیجه ولتاژ ضعیفی ایجاد می‌گردد، که مقدار آن متناسب با سرعت عبور آب از میدان خواهد بود. این جریان توسط دو الکترود میدان دریافت، تقویت و در نهایت سرعت مایع مشخص می‌گردد. با توجه به مشخص بودن قطر لوله، دبی میزان جریان مایع معین می‌گردد





مقایسه انواع دبی‌سنج

جدول زیر براساس اطلاعات ارائه شده توسط شرکت‌های Omega و Krohne تنظیم شده است

نوع فلومتر	روش اندازه‌گیری	قطر لوله مناسب (اینچ)	Turndown Ratio	مقدار افت فشار	درصد خطا	وابستگی به ترکیب گاز
۱ لوله ونتوری	اختلاف فشاری	۲ - ۴۸	۱۰:۱	ΔP ۱۰ - ۲۰٪ (وابسته به زاویه β و زاویه مخروط خروجی)	۱٪ - ۲٪ Full Scale	دارد
۲ صفحه اریفیس	اختلاف فشاری	۰/۵ - ۷۲	۵:۱	ΔP ۳۰ - ۹۰٪	۲٪ - ۴٪ Full Scale	دارد
۳ توربینی	سرعتی	۰/۲۵ - ۲۴	۲۰:۱	۵ - ۶ psig	۰/۱٪ Flow Rate	ندارد
۴ ورتکس	سرعتی	۱ - ۱۲	۳۰:۱	۵ - ۶ psig	۲٪ Flow Rate	ندارد
۵ التراسونیک (گذر زمانی)	سرعتی	$\sim > ۰/۱۲۵$	۲۰۰۰:۱	ندارد	۲٪ - ۵٪ Value	ندارد
۶ گرمایی	جرمی	۲/۵ - ۶۰	۱۰۰:۱	بسیار کم	۱٪ - ۳٪ Flow Rate	دارد
۷ لوله پیتوت	اختلاف فشاری	۲ - ۷۲	۳:۱	کم	۰/۵٪ - ۵٪ Full Scale	دارد
۸ کریولیس	جرمی	بیشتر از ۶	۱۰:۱	بسیار کم	۰/۴٪ Flow Rate	ندارد





سپاس از توجه شما