



نام درس: روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته – ابزارهای اندازه‌گیری دبی (۱)

جلسه چهارم

نام استاد: علی چائی بخش لنگرودی





ابزارهای اندازه گیری دبی

انواع تجهیزات اندازه گیری دبی



دبی جرمی

■ روش مبتنی بر نقاله

■ دبی سنج کوریولیس

■ دبی سنج جرمی حرارتی

دبی حجمی

■ انسدادی

■ روتامیتر

■ جابجایی مثبت

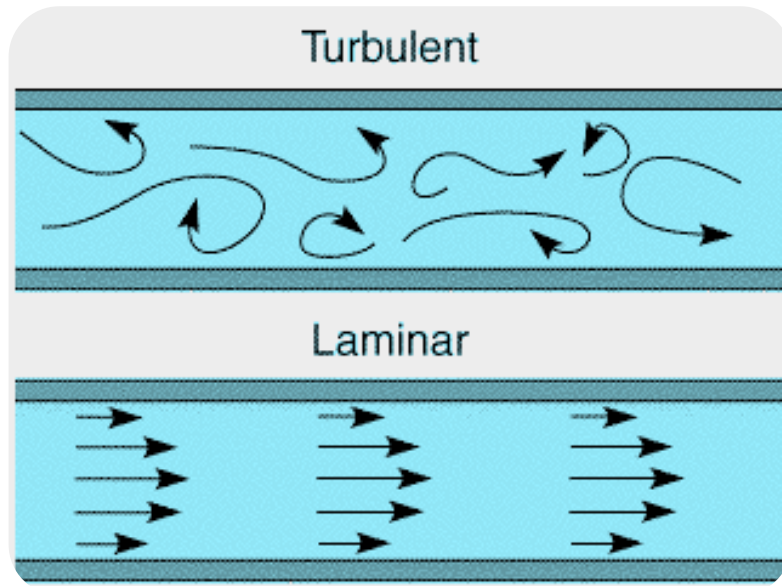
■ توربینی

■ التراسونیک

■ مغناطیس

شرایط سیال

از چالش های ویژه در اندازه گیری دبی مایعات و گازها در لوله ها، توجه به آرام (Laminar) و یا آشفته (Turbulent) بودن جریان است.



جریان آرام $Re < 2300$

جریان گذرا $2300 < Re < 4000$

جریان آشفته $Re > 4000$



شرایط سیال

✿ جریان آرام: در طول یک لوله مستقیم سرعت جریان سیال کم باشد

✿ جریان آشفته در بخش های غیر مستقیم لوله و همچنین در مسیرهای مستقیم، زمانی که جریان سیال از یک مقدار بحرانی بیشتر باشد

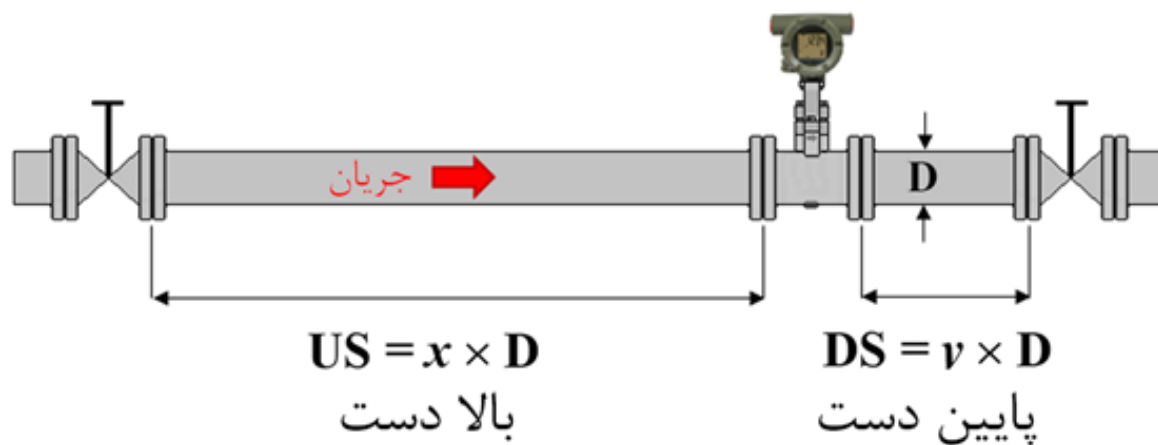
✿ محدودیتی برای قرار دادن دبی سنج ها در مکانی که جریان آرام یا تقریباً آرام باشد، وجود دارد.

- در مرکز لوله مستقیم طولانی

- در مکانی که اندازه قطر لوله در آن نقطه بیشتر

بالادست و پایین

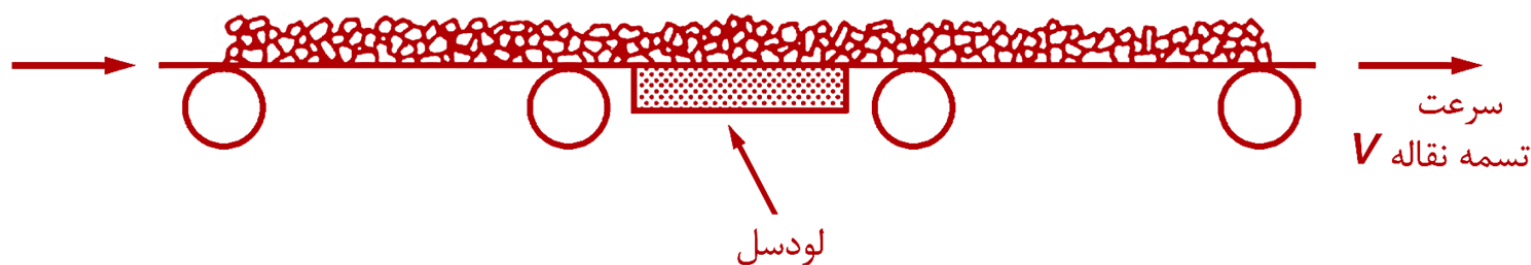
بالادست و پایین دست با توجه به قطر لوله (شکل زیر) تعریف می‌شود



روش مبتنی بر نقاله

- دبی جرمی جامداتی که در شکل ذرات کوچک می‌باشند
- چنین ذراتی معمولاً به وسیله پروسه شکستن و خرد شدن در مراحل صنعت تولید

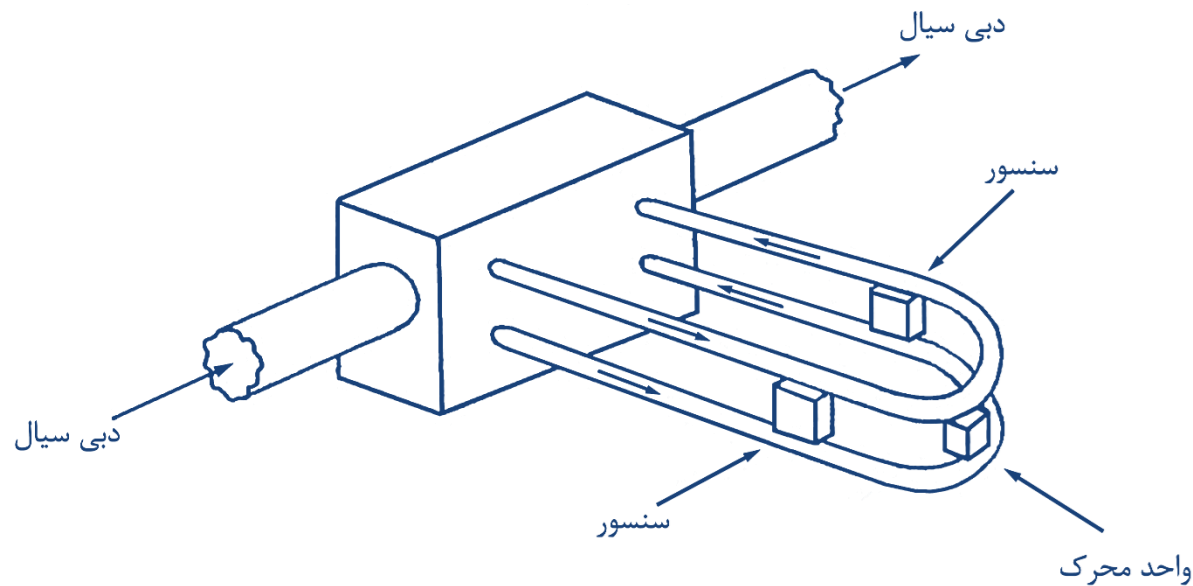
$$Q = Mv/L.$$



دبی جرمی

○ دبی‌سنج کوریولیس (Coriolis flowmeter)

○ بر اساس نیروی حاصل از شتاب کوریولیس عمل می‌کند.



دبی سنج کوریولیس (Coriolis flowmeter)

اثر نیرو و شتاب کوریولیس



میزان انحراف لوله برابر است با:

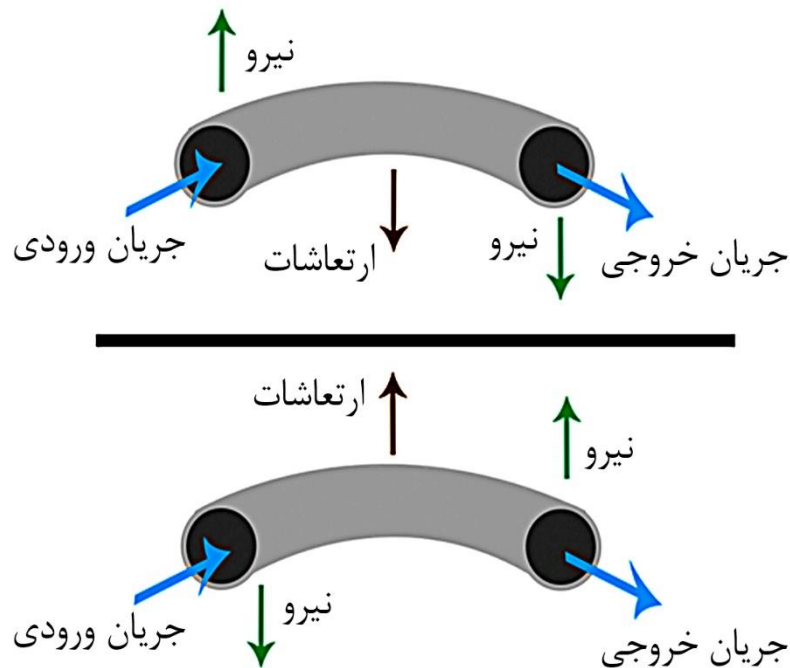
$$d = k \cdot f \cdot R$$

که در آن:

k : ضریب ثابت

f : فرکانس ارتعاش لوله ها

R : دبی جرمی سیال داخل لوله



دبی‌سنج کوریولیس (Coriolis flowmeter)

🌈 B شکل، D شکل، U شکل، سه گوش، مارپیچ و مستقیم



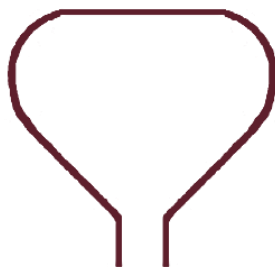
B شکل



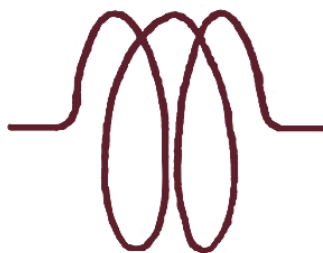
D شکل



U شکل



مثلثی

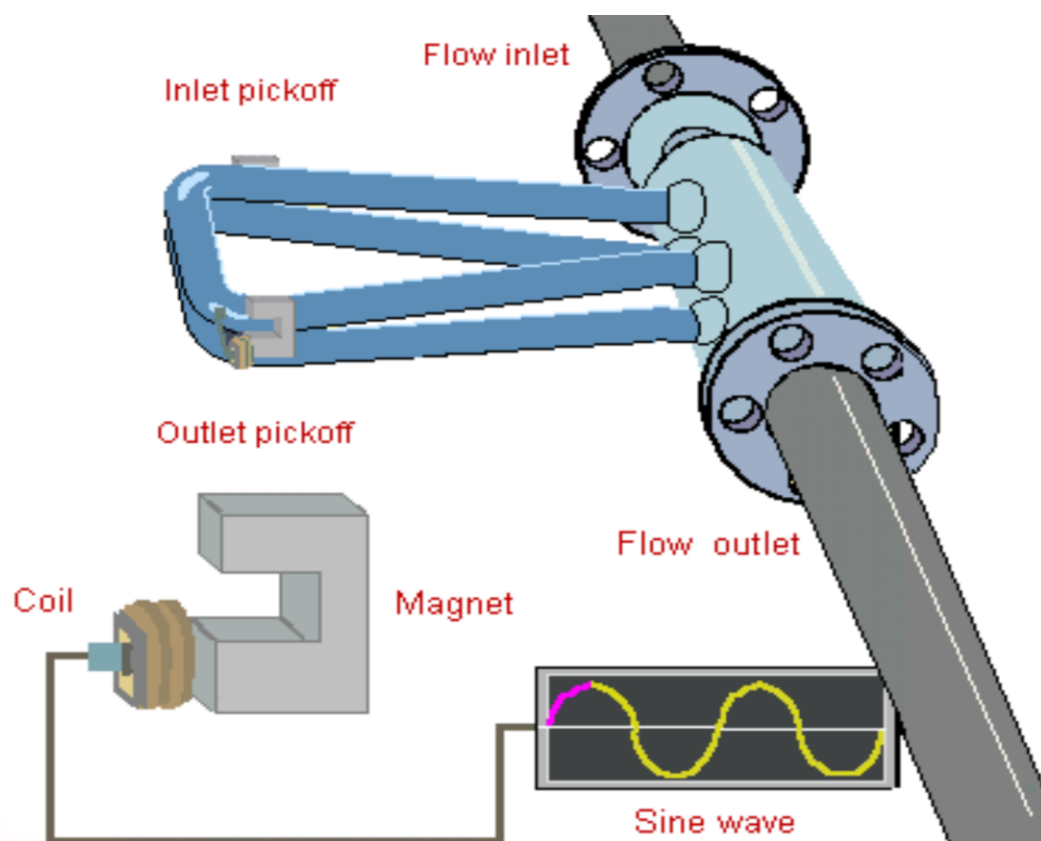


سیم پیچ



مستقیم

دبی‌سنج کوریولیس (Coriolis flowmeter)



صحت بسیار زیاد: حداکثر $\pm 0.2\%$

قیمت بالا (۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ دلار)

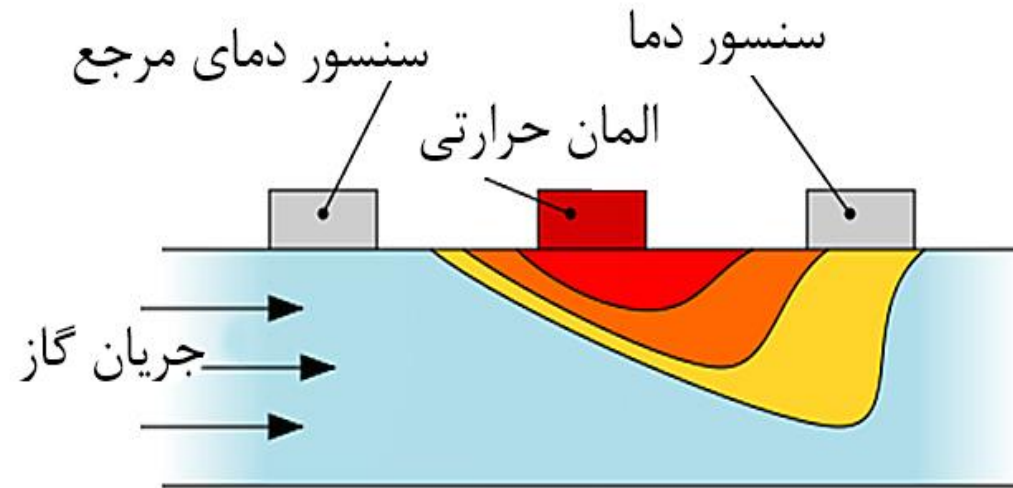
سایزهای بزرگ ندارد

محدوده پذیری: ۱:۱۰۰

دبی سنج جرمی حرارتی (Thermal Mass Flowmeter)

○ قانون کلی، بر اساس هدایت جریان مواد بر روی یک المنت گرمایی است.

○ بیشتر برای اندازه گیری دبی جرمی گازها مورد استفاد قرار می گیرد.





دبی سنج جرمی حرارتی

○ دو روش مختلف ممکن برای تعیین دبی جرمی سیال

الف) اندازه گیری افزایش دما در سیال عبوری از روی گرمکن

ب) اندازه گیری مقدار توان الکتریکی لازم برای ثابت نگاه داشتن دمای سیال به ازای دبی های مختلف



دبی سنج جرمی حرارتی

مشخصات و کاربرد



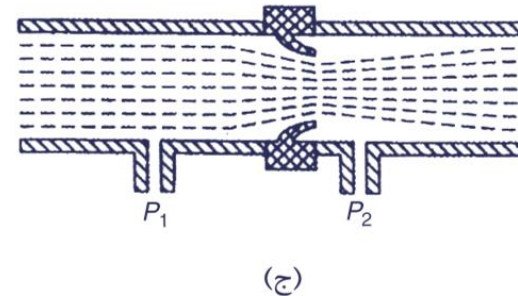
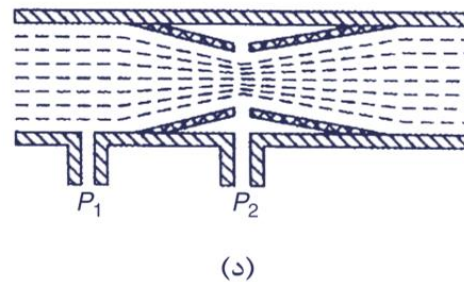
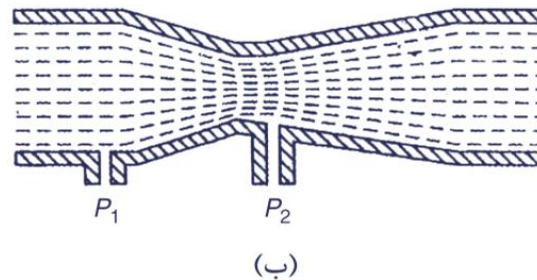
- ▶ نامعینی اندازه گیری : حداکثر $\pm 2\%$
- ▶ سیالات تمیز و غیرخورنده
- ▶ بعضی از آلیاژهای خاص برای گازهای خورنده نیز وجود دارد.
- ▶ در سایزهای بسیار کوچک در حد نانو لیتر (10^{-9}) و میکرو لیتر (10^{-6}) وجود دارد.
- ▶ دبی سنجی متان یا آرگون
- ▶ گاز CO_2 در صنایع بسته بندی
- ▶ محدوده پذیری: ۵۰:۱

دبی حجمی

❖ دبی سنج های مبتنی بر تفاضل فشار (انسدادی)

در این نوع دبی سنج ها با قراردادن یک مانع در مسیر لوله و ایجاد اختلاف فشار عمل می کنند.

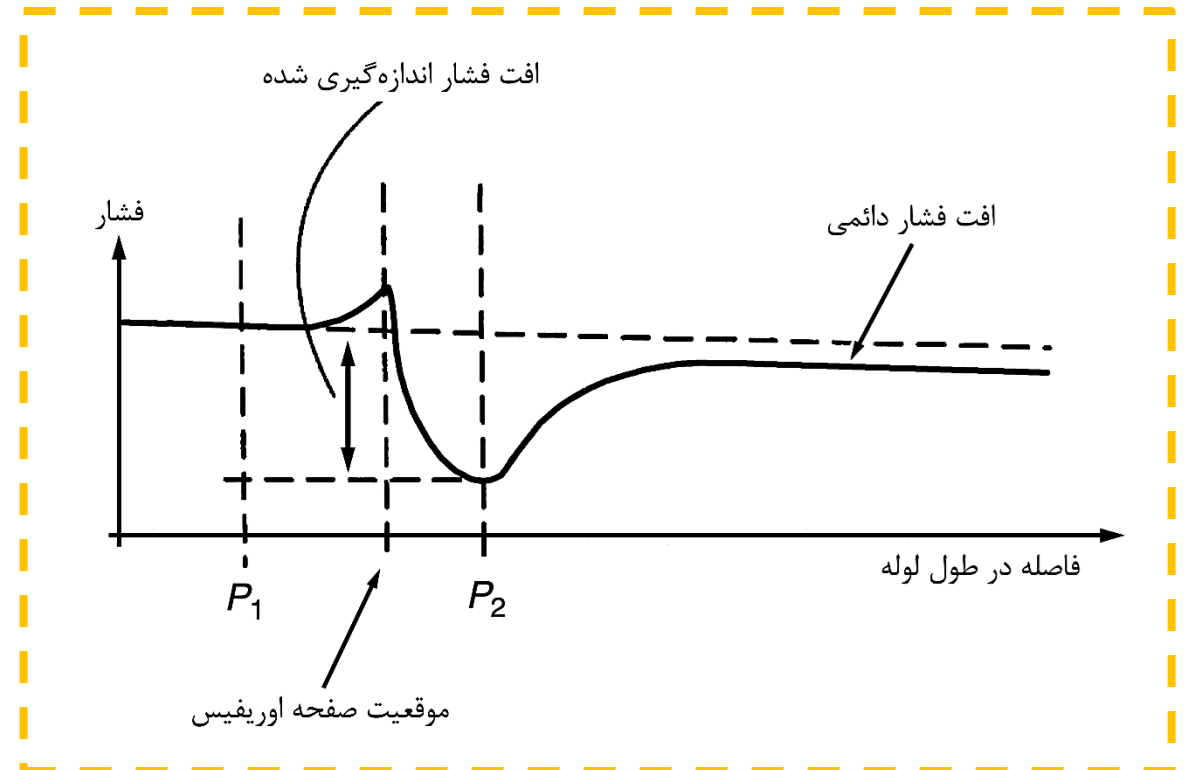
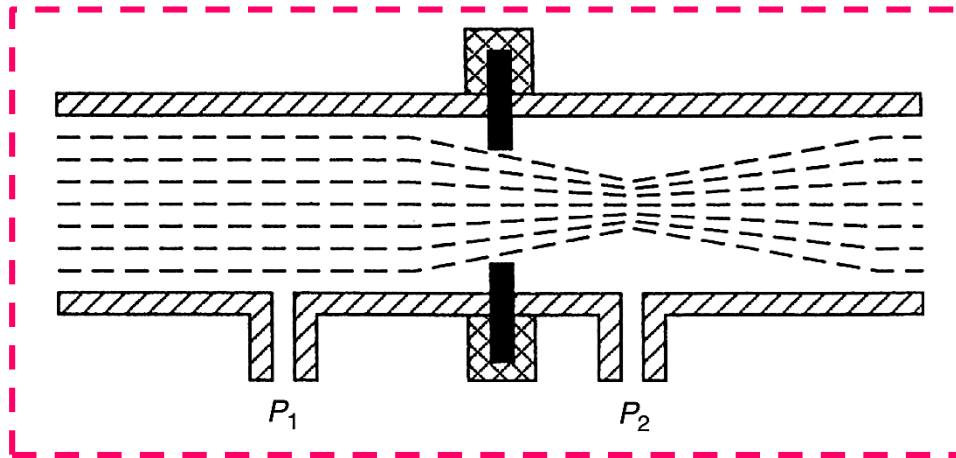
این مانع از نوع: صفحه اوریفیس (الف)، لوله ونتوری (ب)، نازل (ج)، و لوله دال (د)



دبی حجمی

تعیین دبی عبوری

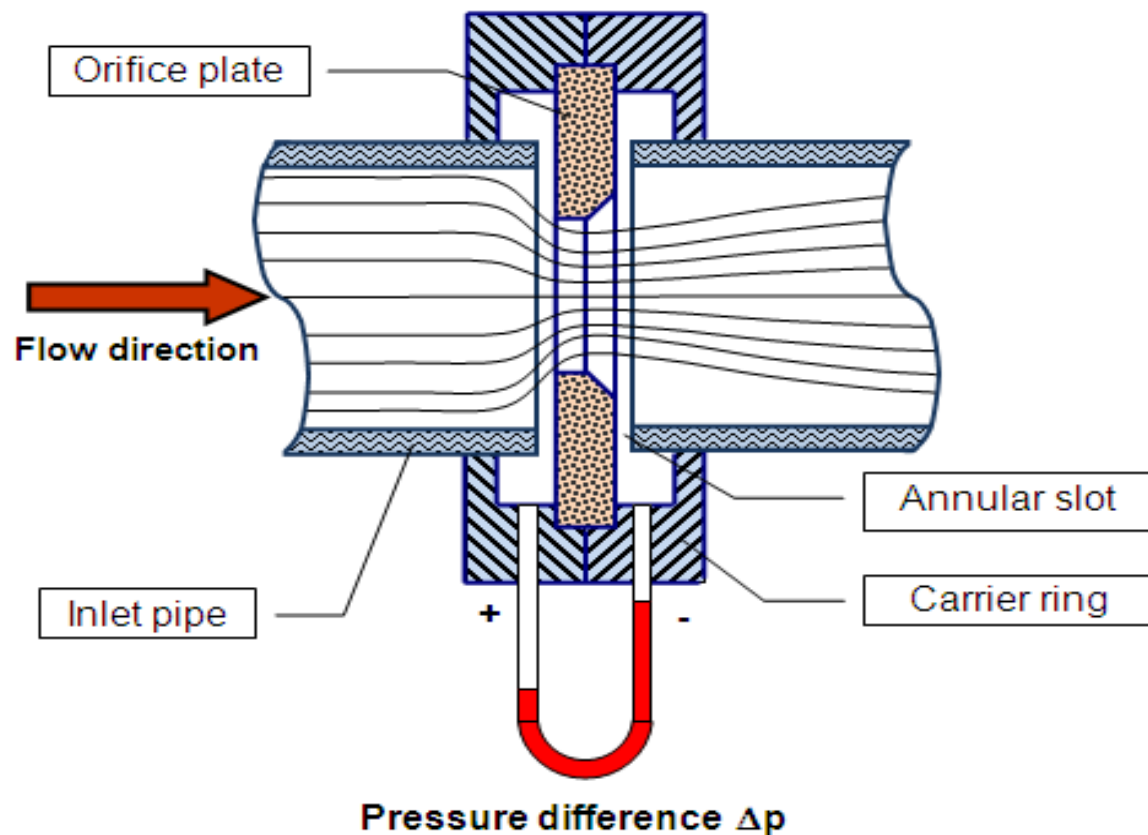
پروفیل تغییر فشار سیال در عبور از صفحه اوریفیس



اوریفیس (Orifice Plate)

○ ساختار داخلی اوریفیس

○ شامل یک صفحه با حفره‌ای در آن



دبی حجمی

انواع صفحات اوریفیس





دبی حجمی

مشخصات اوریفیس

کاربرد: سیالات تمیز، انواع گازها، بخارات (غیر از اسید یا باز)

نامعینی اندازه گیری: ۲ تا ۵٪ در بازه کامل

محدوده پذیری: ۳:۱

افت فشار دائمی: بالا (بین ۵۰ تا ۹۰ درصد تفاضل فشار)

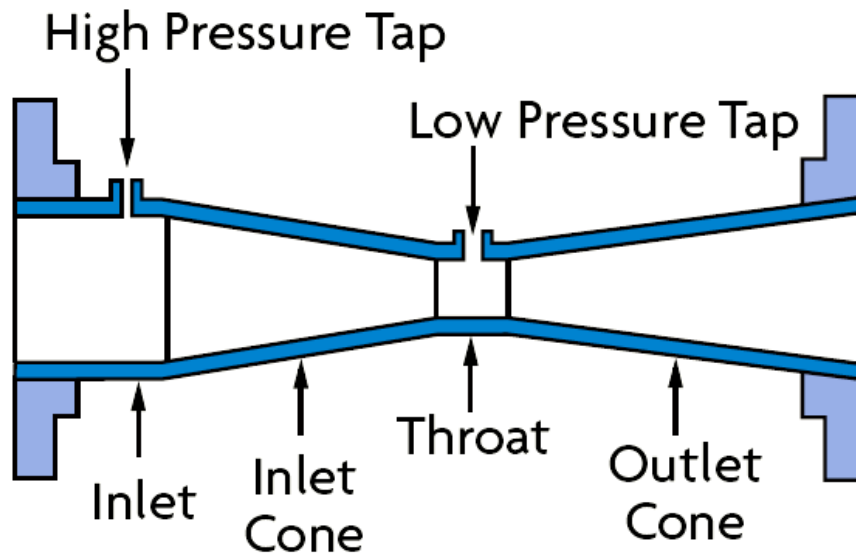
هزینه: پایین

$US: 25 - 30D$ & $DS: 20 - 25D$

ونتوری (Venturi)

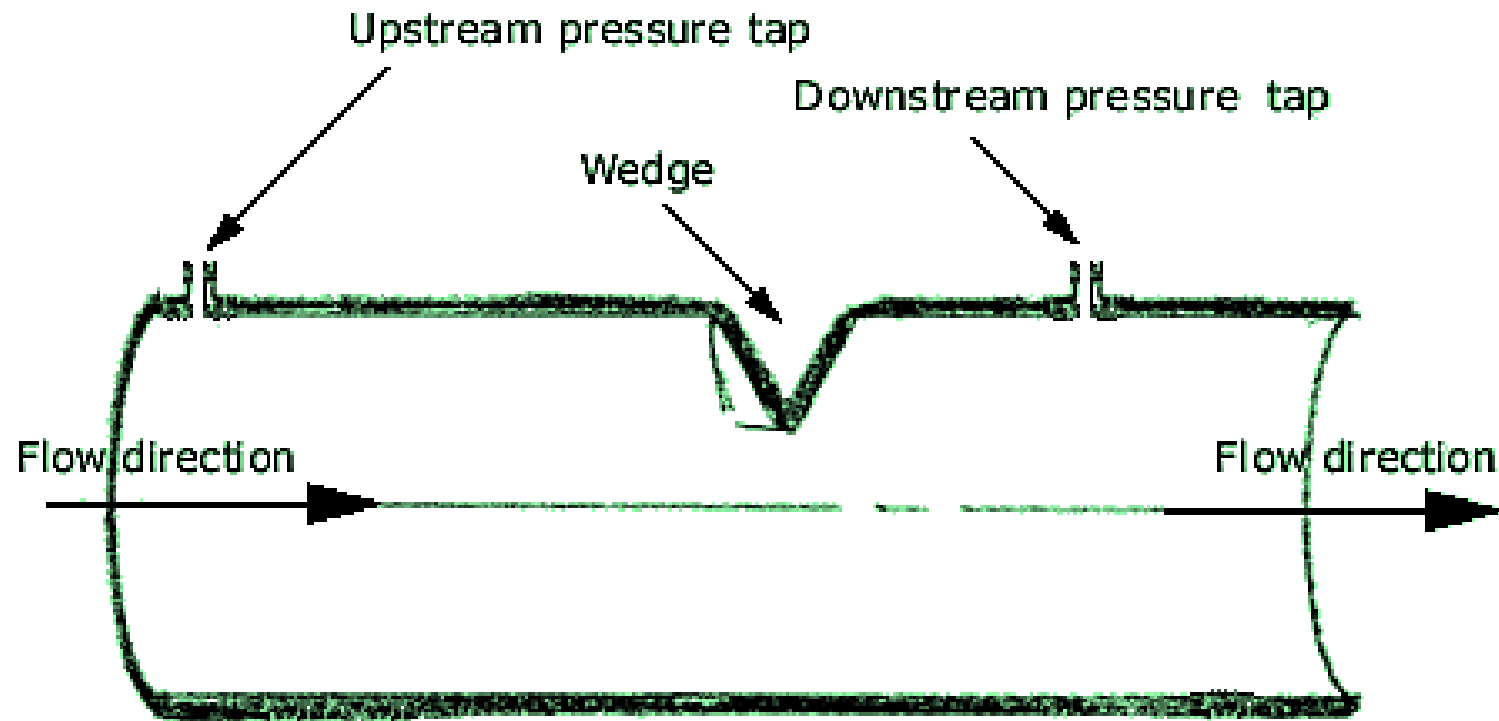
❖ ونتوری

یکی از روشهای انسدادی که کمترین افت فشار ممکن را ایجاد می نماید.
دارای انحنای صاف بوده و لذا دارای عمر مفید بسیار زیادی هستند.
تعمیرات کمتر



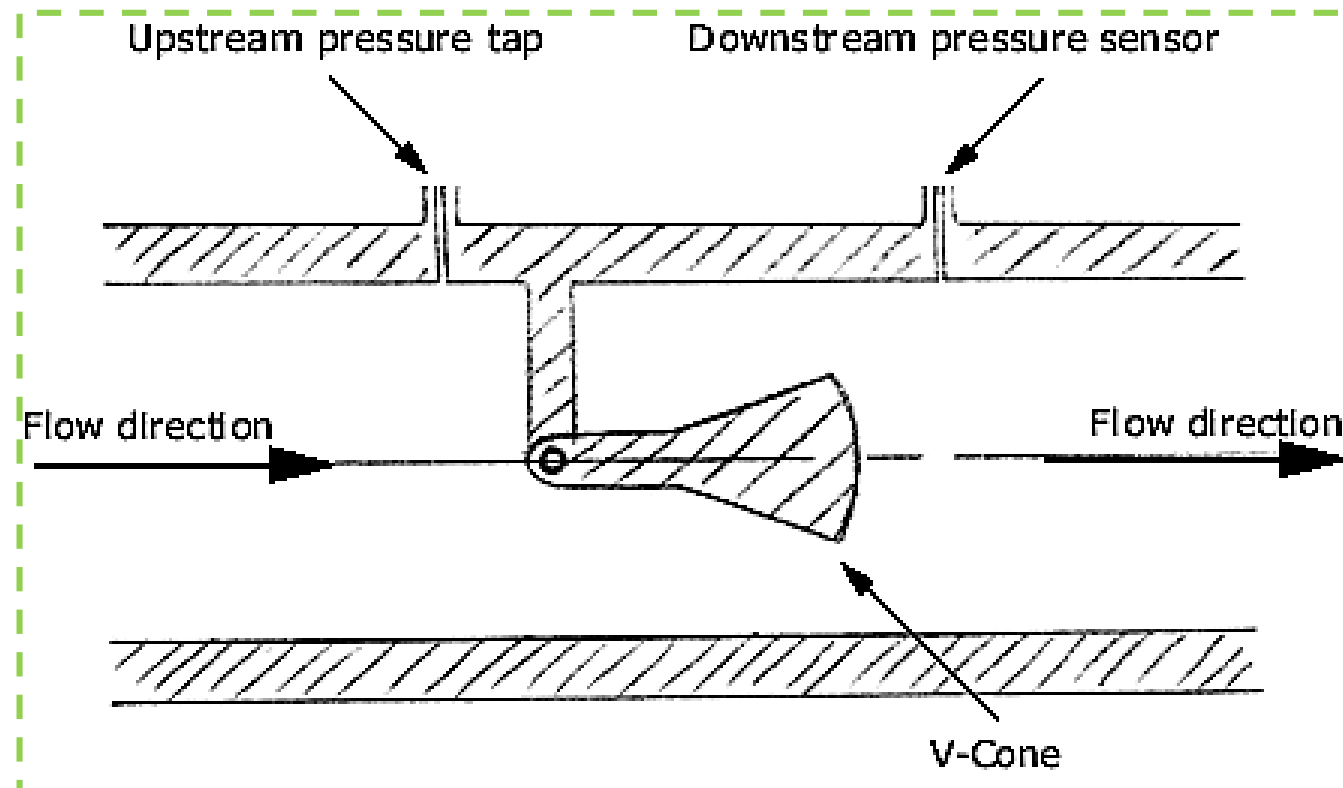
ونتوری

ونتوری Segmental Wedge ○



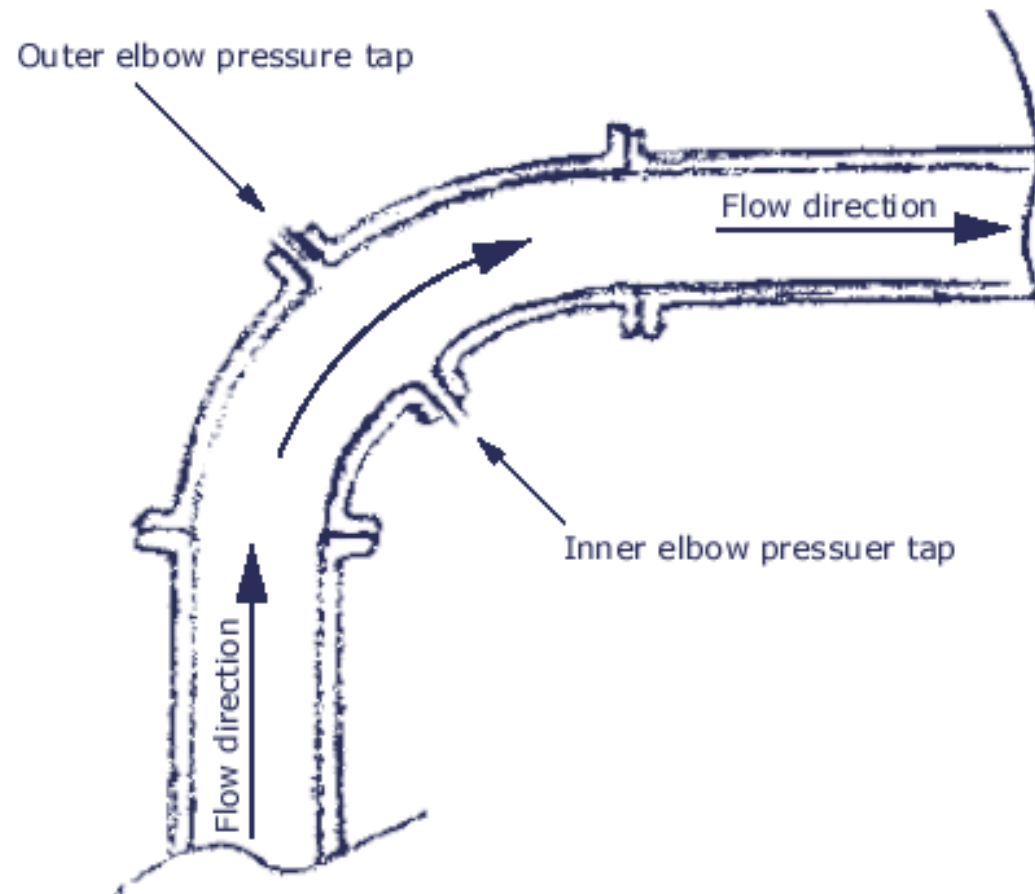
ونتوری

ونتوری V-Cone



ونتوری

■ ونتوری زانویی Elbow





ونتوری

✦ مشخصات ونتوری

- ✦ کاربرد: سیالات تمیز ، انواع گازها، بخارات انواع سیالات، اسیدی یا باز و سیالات کثیف
- ✦ نامعینی اندازه گیری: ۱٪ در بازه کامل
- ✦ محدوده پذیری: ۳:۱
- ✦ افت فشار دائمی: پایین (بین ۱۰ تا ۱۵ درصد تفاضل فشار)
- ✦ هزینه: بالا
- ✦ $US: 25 - 30D$ & $DS: 20 - 25D$

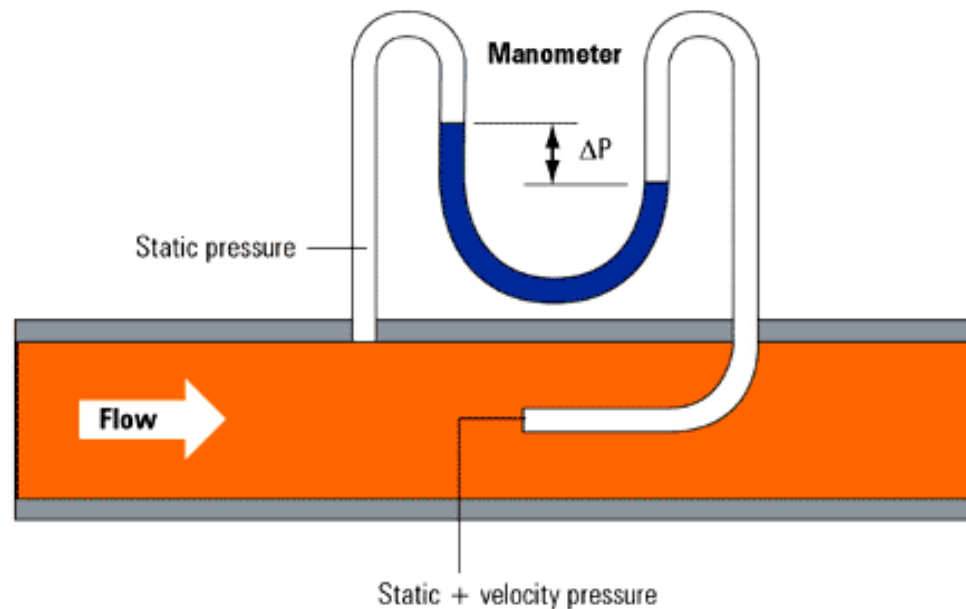
لوله پیتو (Pitot Tube)

از روشهای تفاضل فشار است

معمولا برای اندازه گیری در زمان کوتاه مدت مورد استفاده قرار می گیرد.

در بعضی کاربردهای خاص برای اندازه گیری ثابت بکار گرفته می شود.

$$v = C\sqrt{2g(P_1 - P_2)}$$



لوله پیتو (Pitot Tube)

کاربردهای خاص



لوله پیتو


 لوله پیتو در کاربردهای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد.


 دبی سنج هواپیماهای تجاری و نظامی از جمله کاربردهای آن است.



Photo © 2002 Bob Verhegghen

لوله پیتو

مشخصات لوله پیتو



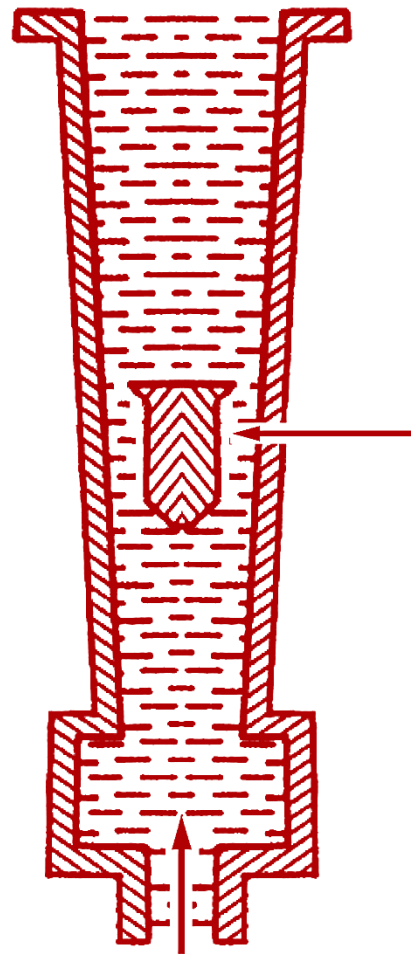
- ◀ کاربرد: گازهای تمیز
- ◀ نامعینی اندازه گیری: ۵٪ که تا مقدار ۱٪ در بازه کامل قابل کاهش است
- ◀ محدوده پذیری: ۱:۳
- ◀ افت فشار دائمی: قابل صرف نظر کردن
- ◀ هزینه: بالا
- ◀ $US: 25 - 30D$ & $DS: 20 - 30D$

روتاریمتر (Rotameter)

○ دبی سنج سطح متغیر

○ یکی از پر فروش ترین دبی سنج های صنعتی است.

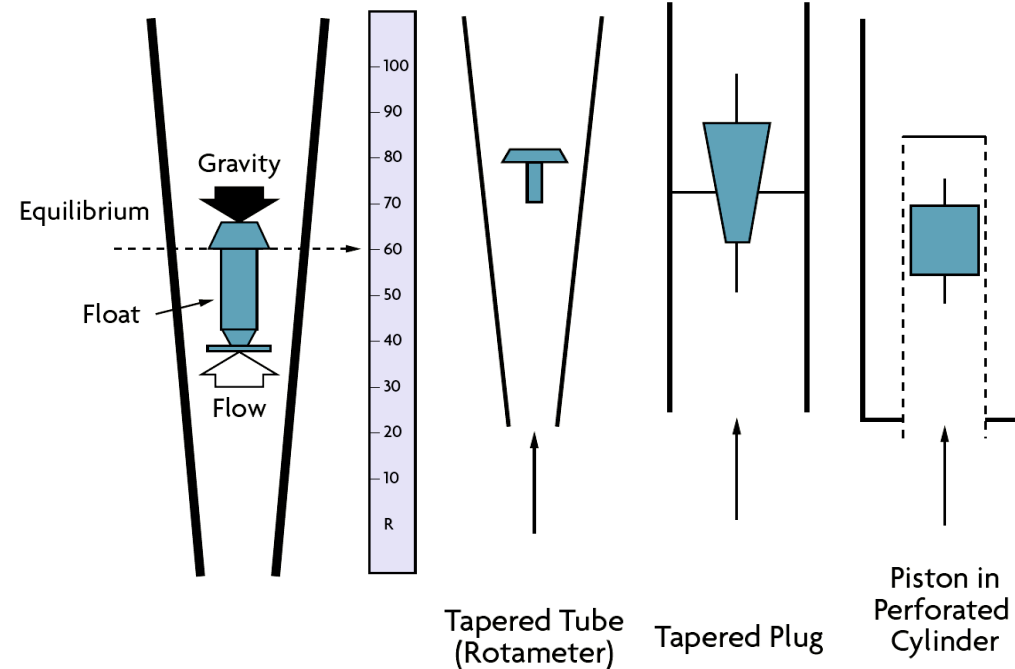
○ در حدود ۲۰٪ تمامی دبی سنج های به فروش رفته از نوع روتاریمتر هستند.



جریان سیال

روتاریمتر

انواع روتاریمتر





روتاریمتر

مشخصات روتاریمتر



کاربرد: گازهای تمیز، سیالات تمیز، سیالات غیرخورنده

برای سیالات با ویسکوزیته بالا نیاز به کالیبراسیون ویژه دارد.

نامعینی اندازه گیری: ۰.۵٪ در بازه کامل (در بعضی مدلها تا ۰.۵٪)

محدوده پذیری: ۱۰:۱

تکرار پذیری: $\pm 0.25\%$ درصد در بازه کامل

افت فشار دائمی: پایین

هزینه: بسیار پایین

نحوه نصب: فقط عمودی - جریان از پایین به بالا



پایان جلسه چهارم (قسمت اول)