اندازه گیرهای فلو(دبی)

- **دبی حجمی** : مقدار حجم سیال است که در واحد زمان از یک مقطع لوله عبور می‌کند
- **دبی جرمی** :مقدار جرمی است که در واحد زمان از آن مقطع لوله عبور می‌کند
- اگر سرعت سیال و جرم مخصوص آن باشد، دبی حجمی و جرمی به سادگی از روابط زیر بدست می‌آیند:

$Q = V.A$

$Q = \rho.V.A$

$V=$ سرعت سیال

$A=$ سطح مقطع

$\rho=$ جرم مخصوص

اندازه گیرهای فلو(دبی)

- کمیتهائی که براساس آنها می توان دبی سیال را محاسبه کرد عبارتنداز:

۱ - فشار

۲ - میدان الکترومغناطیسی

۳ - میزان جذب و بازتابش امواج صوتی

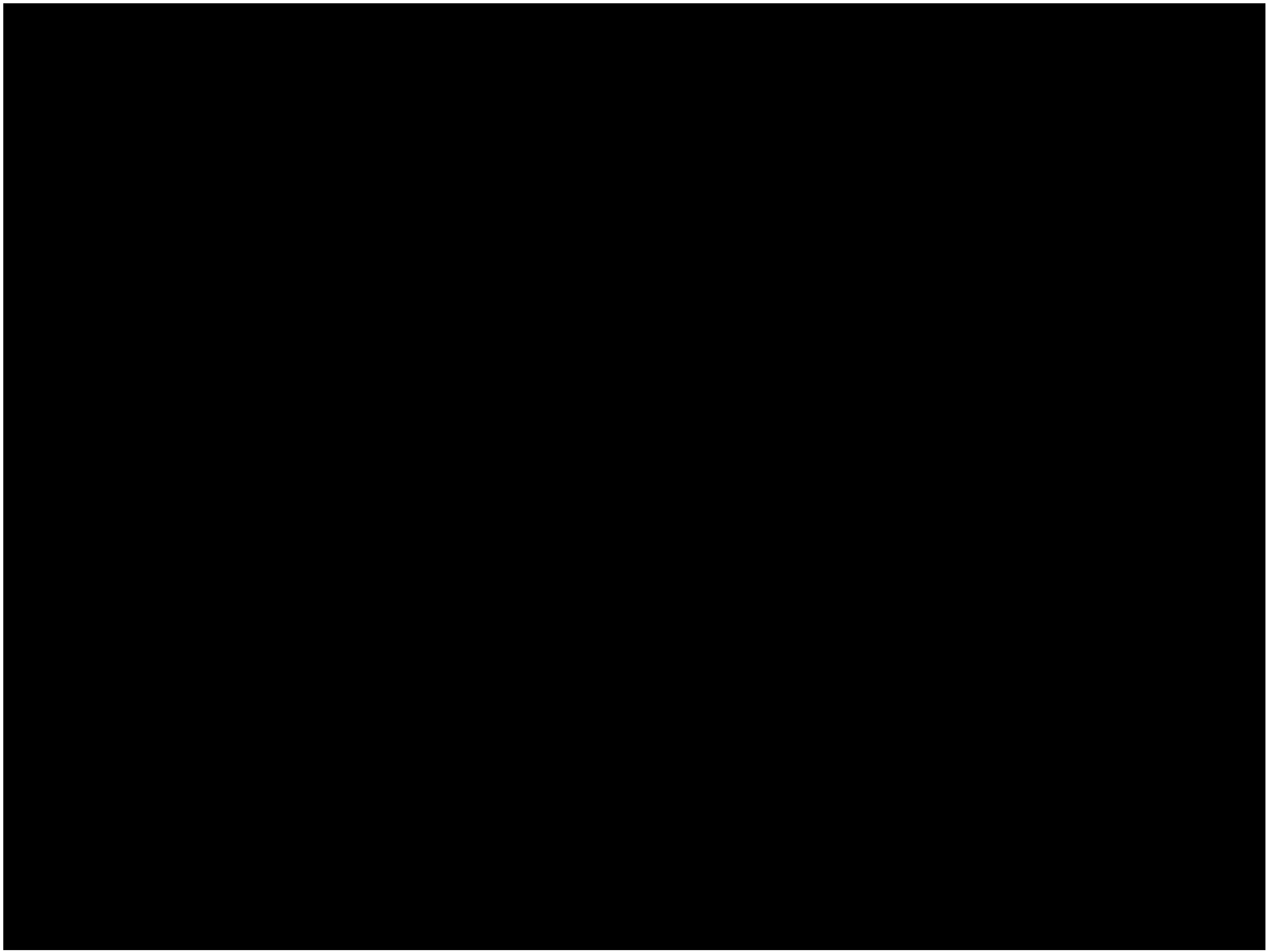
۴ - فرکانس

۵ - نیرو

۶ - شتاب

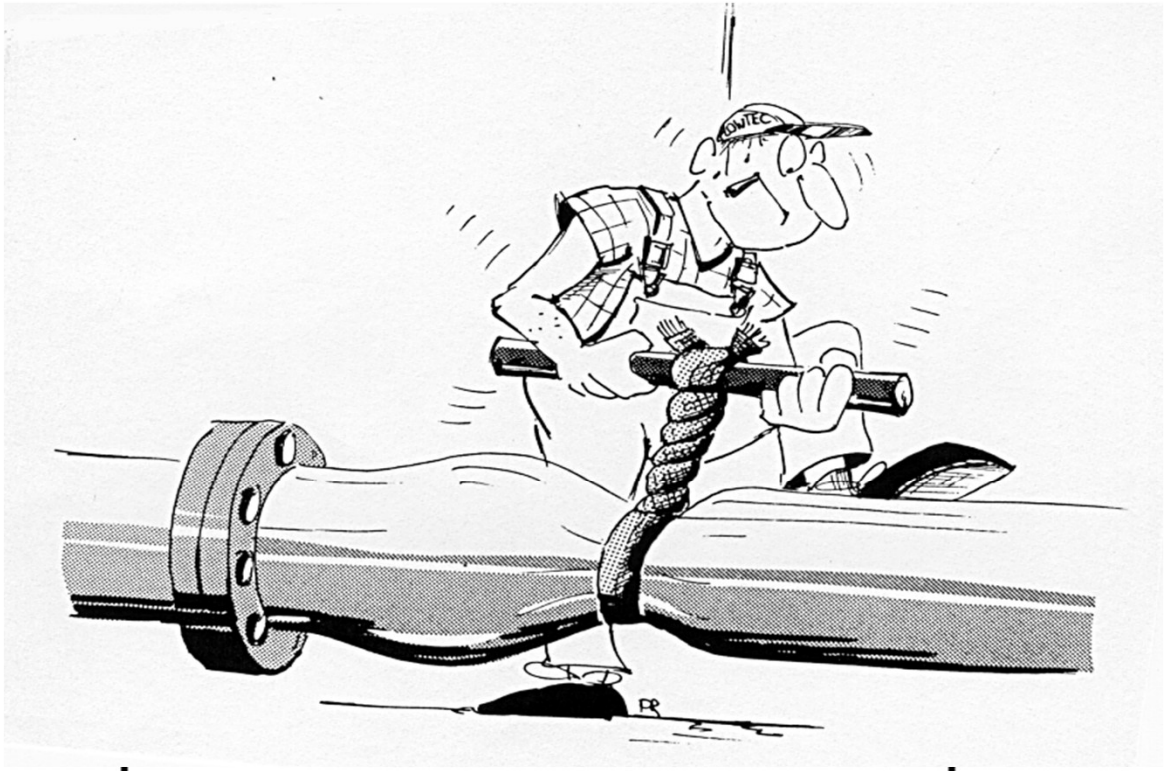
۷ - میزان انتقال حرارت

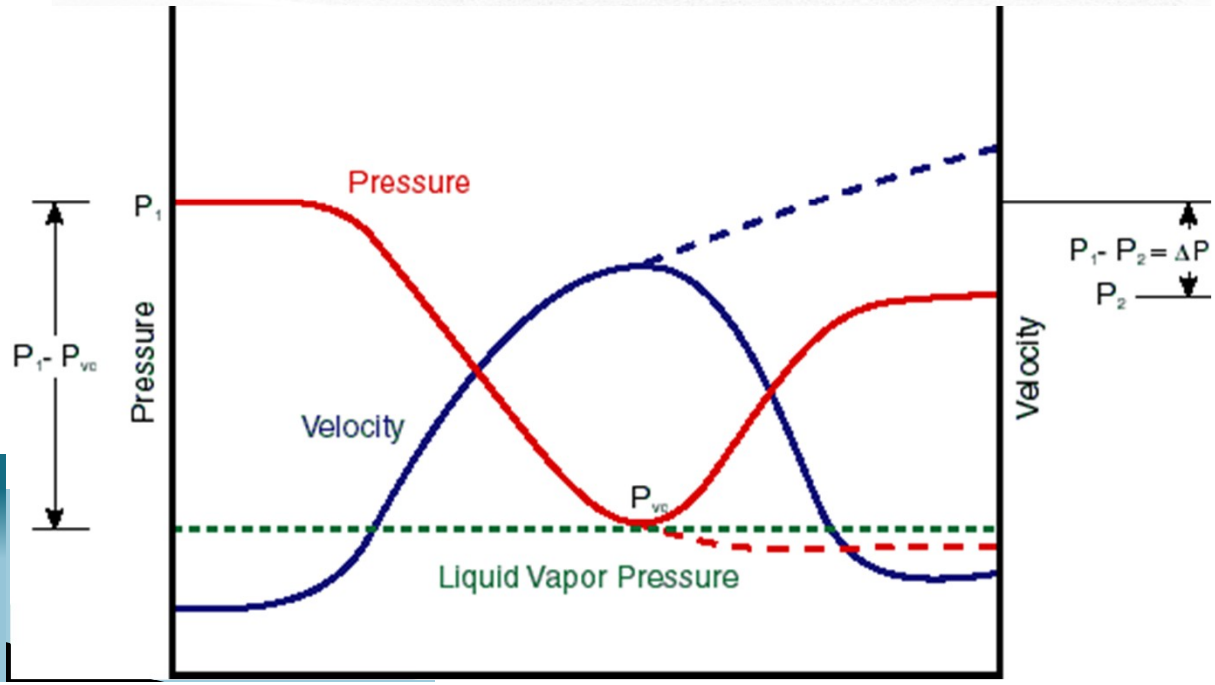
۸ - مستقیما از قسمتی از حجم سیال



اندازه‌گیری فلو از طریق فشار

- اندازه‌گیری فلو مترادف با اندازه‌گیری سرعت است
- اندازه‌گیری سرعت معمولا نیاز به اجزاء و قطعات مکانیکی و متحرک دارد که به دنبال آن استهلاک، نیاز به تعمیر و سرویس مطرح می گردد.
- با اندازه‌گیری فلو از طریق فشار می‌توان اجزا و قطعات مکانیکی متحرک را حذف نموده، دوام و استحکام اندازه‌گیر را بالا برد.
- چنین طراحی معمولا ساده‌تر و ارزانتر می باشد.
- یک سیال تحت فشار و در حال حرکت در یک لوله دارای سه نوع انرژی است. انرژی پتانسیل، انرژی جنبشی و انرژی فشاری.


MONTEC


Pressure
P_1
$P_1 - P_{vc}$
Pressure
Velocity
P_{vc}
Liquid Vapor Pressure
Velocity
$P_1 - P_2 = \Delta P$
P_2

اندازه‌گیری فلو از طریق فشار

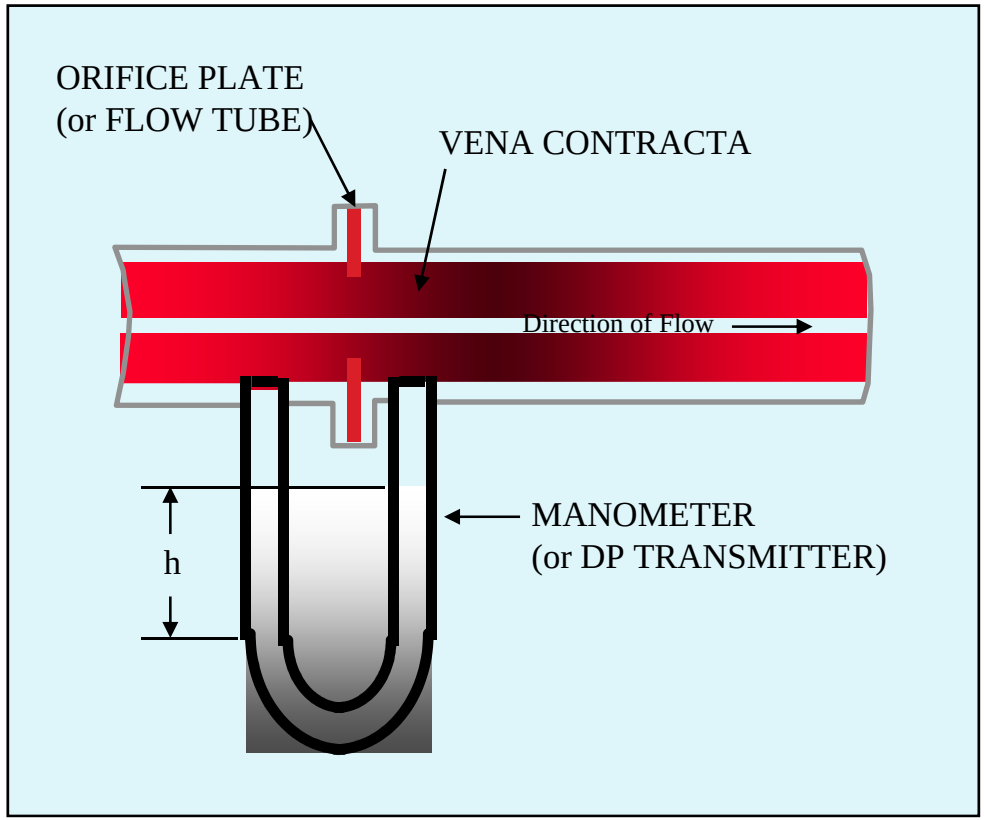
- انرژی پتانسیل سیال نسبت به یک سطح مبنا سنجیده می‌شود و اگر لوله افقی باشد ثابت است.
- انرژی جنبشی، ناشی از حرکت و جریان سیال است و متناسب با مجذور سرعت می باشد.
- انرژی فشاری نیز ناشی از فشار سیال است و بصورت فشار در سیال ذخیره می‌شود.
- قانونی برنولی می گوید

جمع انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل و انرژی فشاری در یک سیال ثابت است.

- بنابراین با ثابت بودن انرژی پتانسیل اگر انرژی جنبشی افزایش یابد، آنگاه انرژی فشاری کاهش خواهد یافت.
- به بیان دیگر اگر سرعت سیال (انرژی جنبشی) را افزایش دهیم، فشار (انرژی فشاری) کاهش می‌یابد.
- برای اندازه گیری فلو از طریق اختلاف فشار روشهای مختلفی وجود دارد که عبارتند از:

  - Orifice Plate
  - Venturi
  - Flow Nozzle
  - Pitot tube
  - Elbow

Orifice Plate



انرژی پتانسیل صفر در نظر گرفته شده است زیرا در مسیر افقی محاسبه شده وهیچ ارتفاعی ندارد

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v_1^{\,2}}{g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v_2^{\,2}}{g}$$

P_1, P_2: *pressure at point P and point Q*

v_1, v_2: *velocity at point P and point Q*

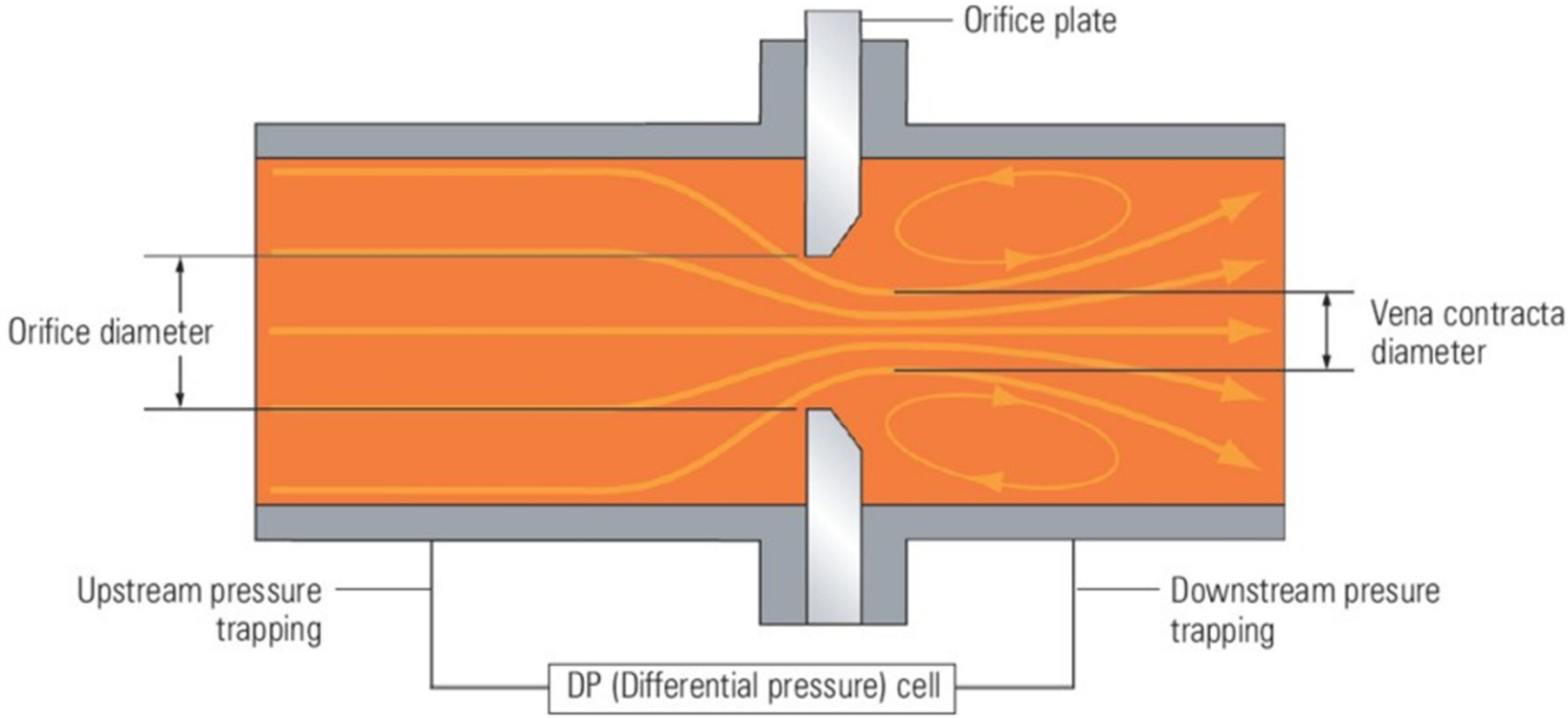
ρ : *gravity*

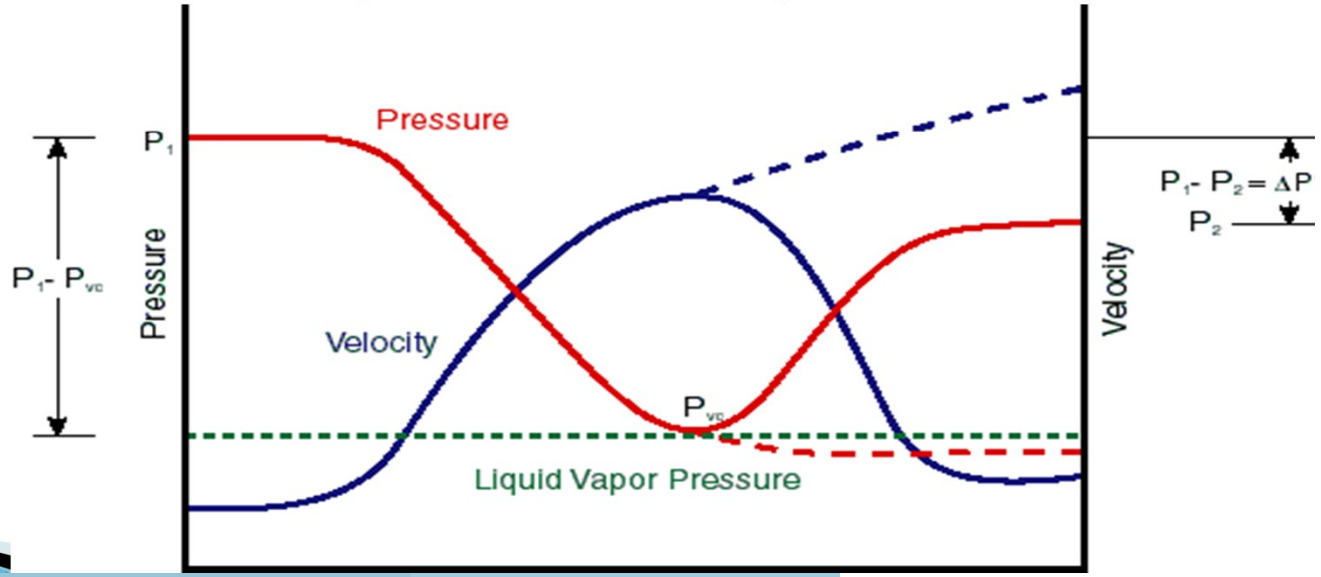
$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}\sqrt{\frac{2\,\Delta P}{\rho}}$$

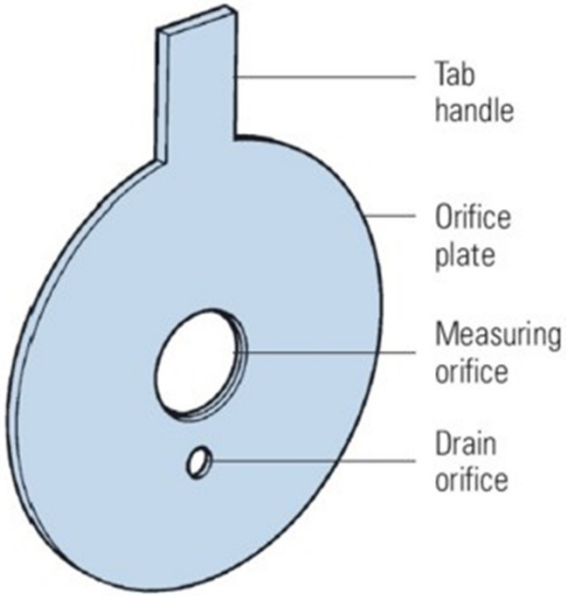
Flow Rate

$$Q = A_2 v_2 = A_2 \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}\sqrt{\frac{2\,\Delta P}{\rho}} = K A_2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

$$M = A_2 \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}\sqrt{2\rho\Delta P} = K A_2 \sqrt{\rho\Delta P}$$


Orifice plate
Orifice diameter
Vena contracta diameter
Upstream pressure trapping
Downstream presure trapping
DP (Differential pressure) cell

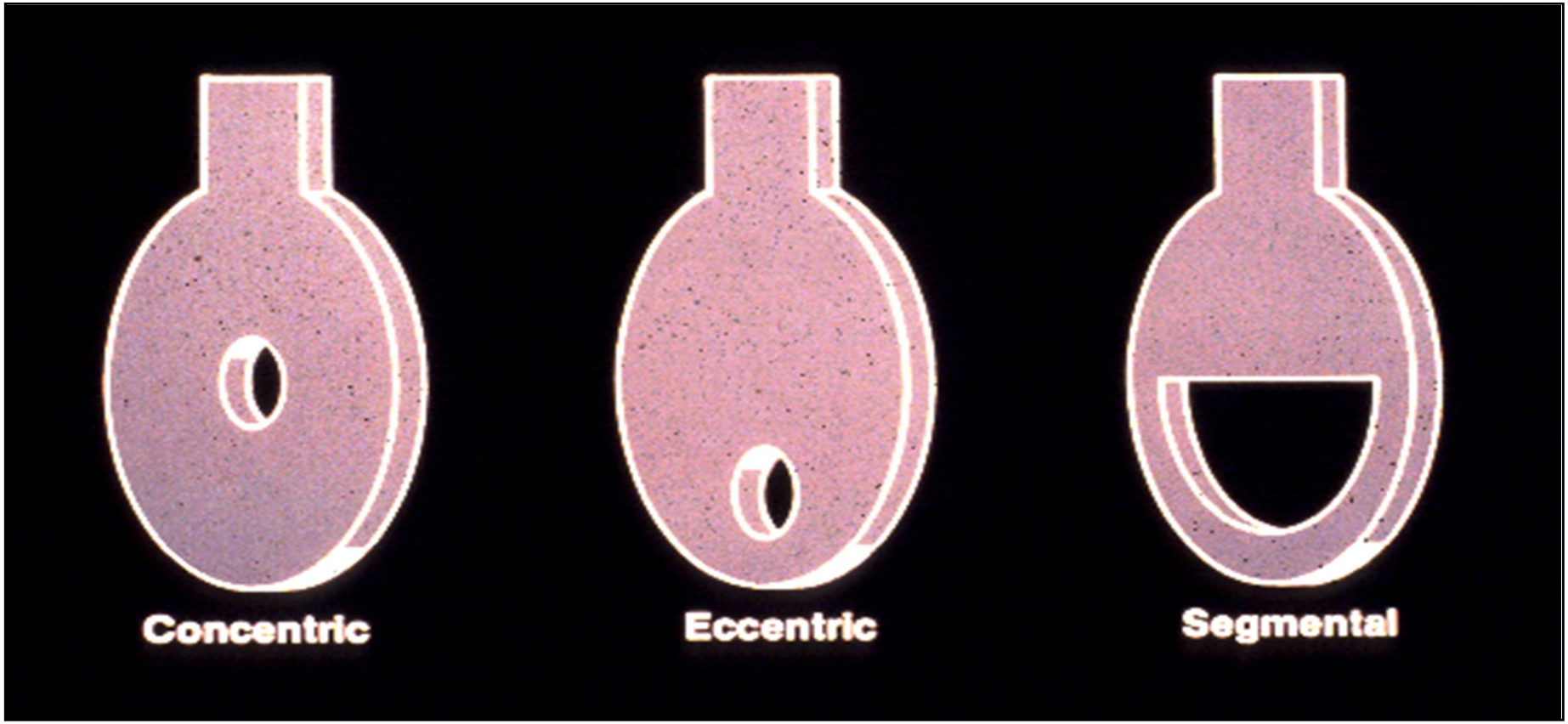

Pressure
P1
P1- Pvc
Pressure
Velocity
Pvc
Liquid Vapor Pressure
P1- P2 = ΔP
P2
Velocity



Orifice Plate

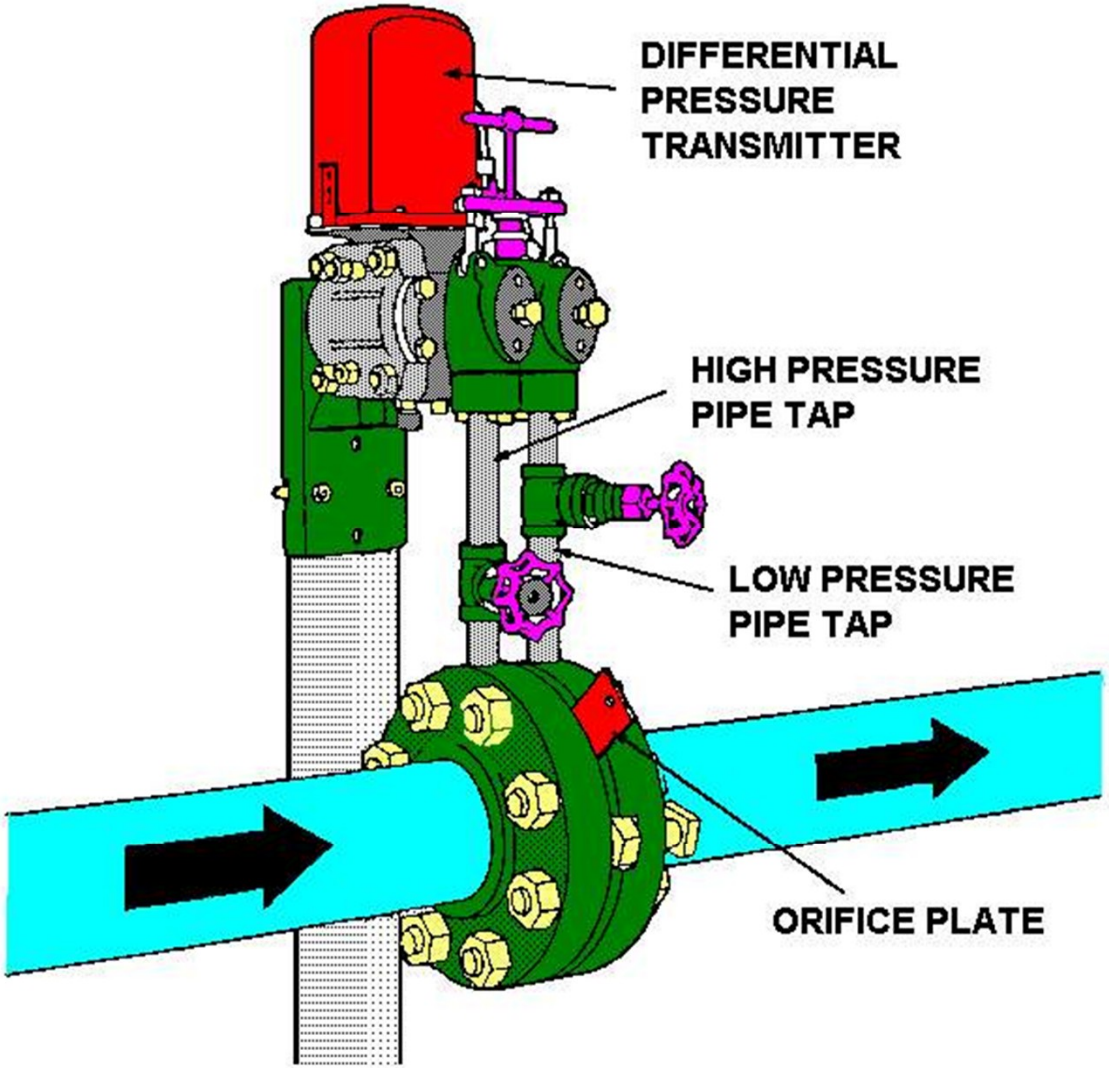
- یک صفحه فلزی عمود بر مسیر حرکت می باشد
- معمولا از ارفیس پلیت های متحد المرکز استفاده می شود
- در صورتی که سیال حاوی ذرات جامد باشد ارفیس های متحد المرکز دارای مشکلاتی است زیرا ذرات جامد در محل نصب ته نشین شده و با گذشت زمان قطر لوله را کاهش می دهد
- برای رفع چنین مشکلی از ارفیس پلیت های خارج از مرکز،نیم دایره ای و یا دارای یک سوراخ کوچکتر در زیر سوراخ اصلی استفاده می شود

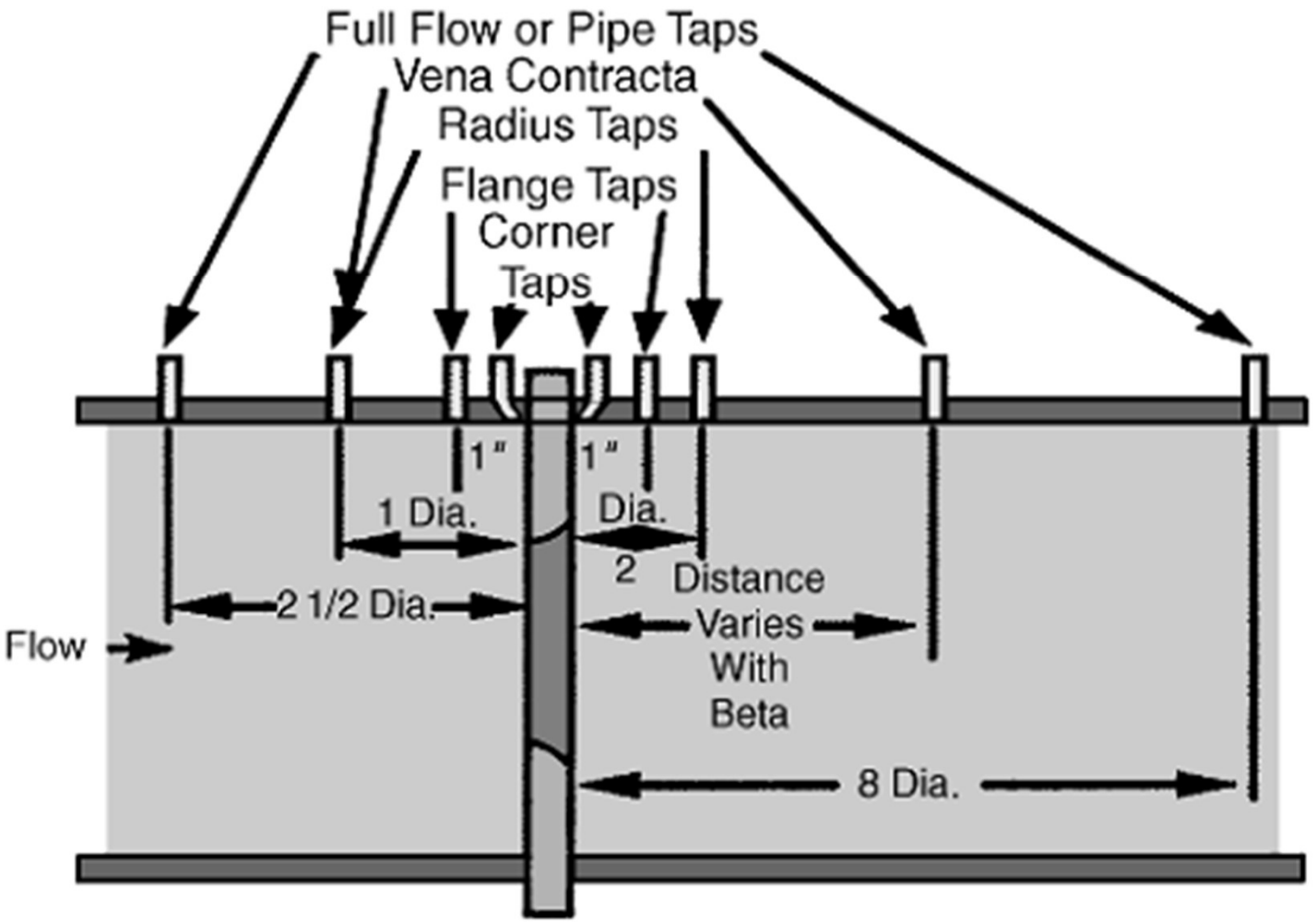
➢اندازه گیر با این نوع ارفیس دارای دقت پائین تری نسبت به هم مرکز دارد



➢شکل ارفیس پلیت بستگی به نوع پروسه مختلف می باشد

➢برای سیالهای رسوبنده روزنه در پائین و برای سیالهای گازدارروزنه در بالا نصب می شود


DIFFERENTIAL
PRESSURE
TRANSMITTER
HIGH PRESSURE
PIPE TAP
LOW PRESSURE
PIPE TAP
ORIFICE PLATE


Full Flow or Pipe Taps
Vena Contracta
Radius Taps
Flange Taps
Corner
Taps
1"
1"
1 Dia.
Dia.
2
Distance
Varies
With
Beta
2 1/2 Dia.
Flow
8 Dia.

مزایا:

۱ - قابلیت اطمینان بالا

۲ - بسیار ساده

۳ - دقت خوب

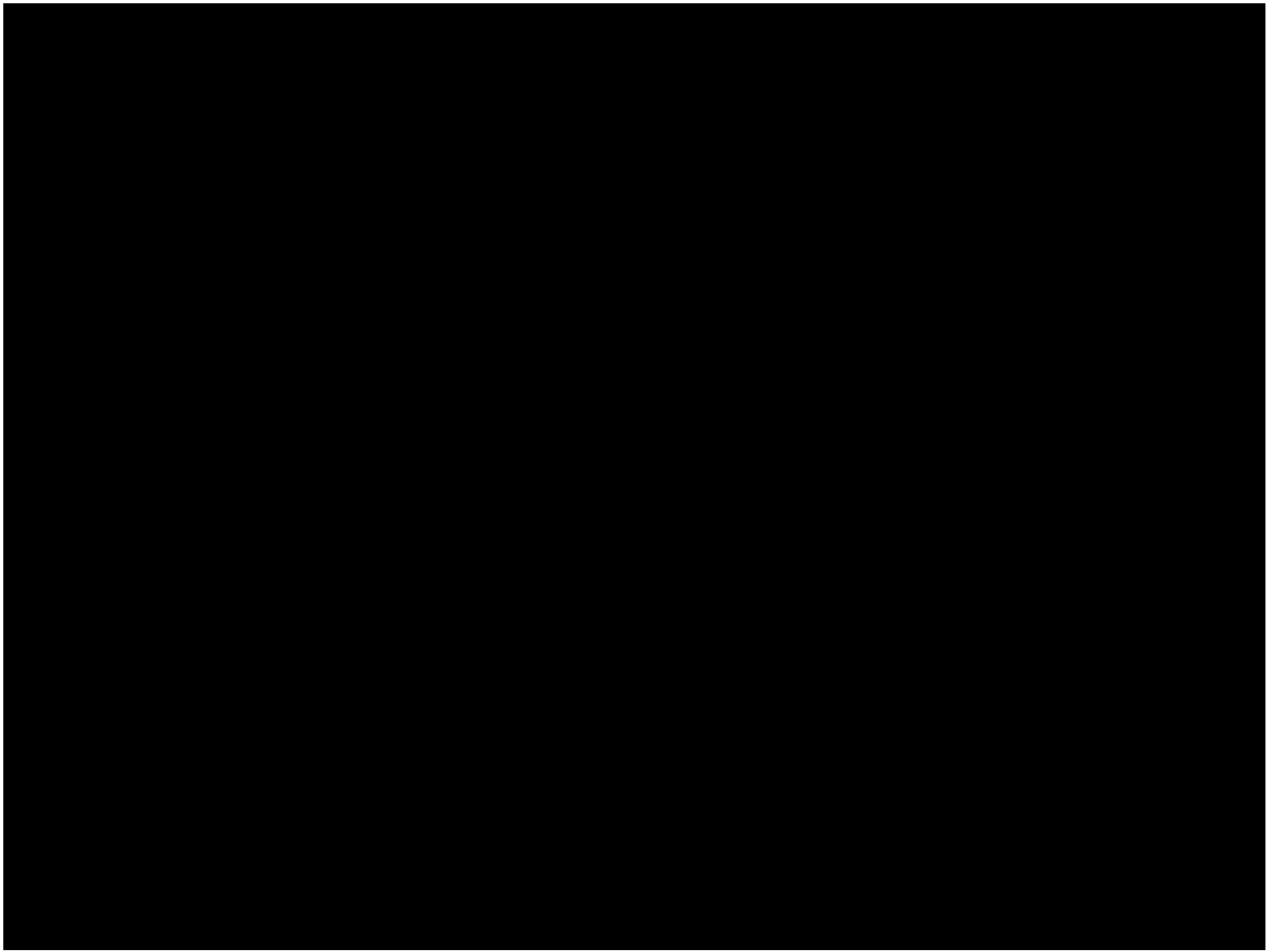
۴ - هزینه پائین

۵ - عدم نیاز به کالیبراسیون

۶ - بکار گیری در ابعاد بزرگ

۷ - بدلیل نداشتن قطعات متحرک کمتر در معرض سایش قرار می گیرد

عیب بزرگ افت فشار جبران ناپذیر در جریان سیال

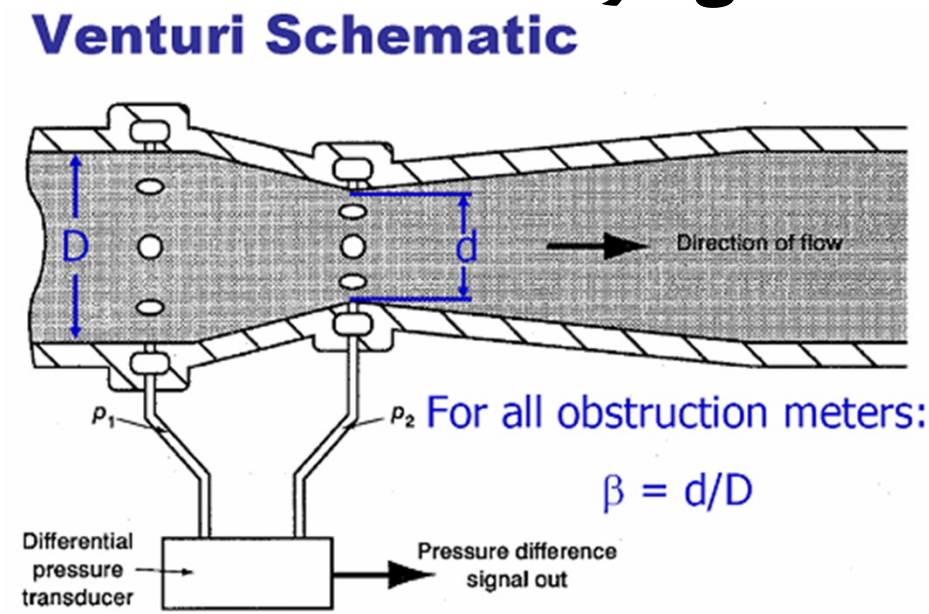


venturi

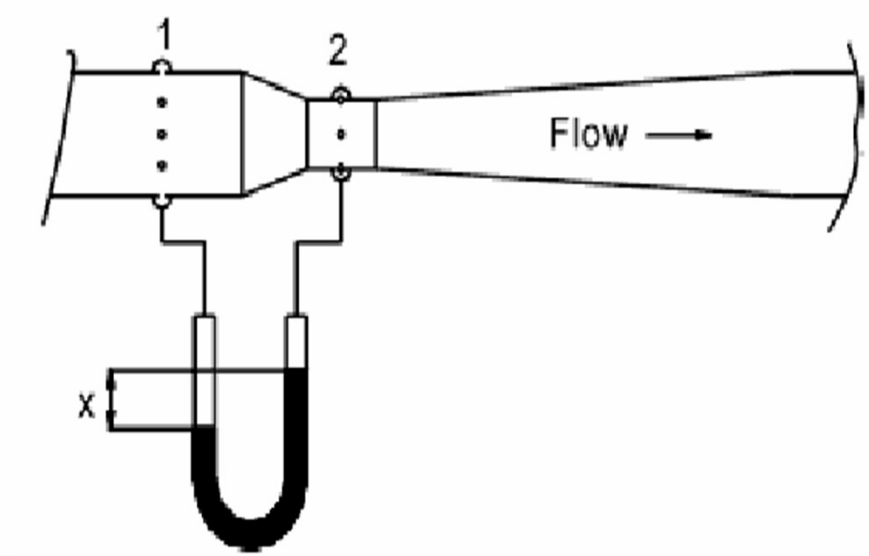
- در این روش نیز با ایجاد مانع اختلاف فشار اندازه گیری می شود
- دارای دو بخش همگرا و واگرا است
- بعنوان قسمتی از خطوط لوله در خط نصب می شود
- وقتی سیال وارد لوله می شود سرعتش بتدریج افزایش می یابد و در عوض فشارش کاهش می یابد
- در قسمت واگرا عکس حالت فوق رخ می دهدوسرعت به حالت اولیه خود برمی گرددولی فشار کمی افت پیدا می کند
- در ونتوری اختلاف فشار بین فشار اولیه و فشار مینیمم در گلوگاه گرفته می شود
- در ونتوری جریان در طول دچار تغییر ناگهانی نمی شود بهمین دلیل برای اندازه گیری جریان سیالات دوغابی کاربرد زیادی دارد
- ونتوری نسبت به اورفیس افت فشار دائمی کمتری در سیال ایجاد می کند
- ونتوری معمولا گرانتر از اورفیس پلیت است

venturi

- نصب وتعویض آن مشکل تر ازاورفیس است
- وجود بخش همگرای بلند در ونتوری سبب کاهش حساسیت آنها به جریان ورودی می شود
- وجود بخش واگرا در آن باعث حذف جریان های گردابی که عامل ایجاد خطاست می شود



venturi



$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{Q}{2gA_1} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{Q}{2gA_2}$$

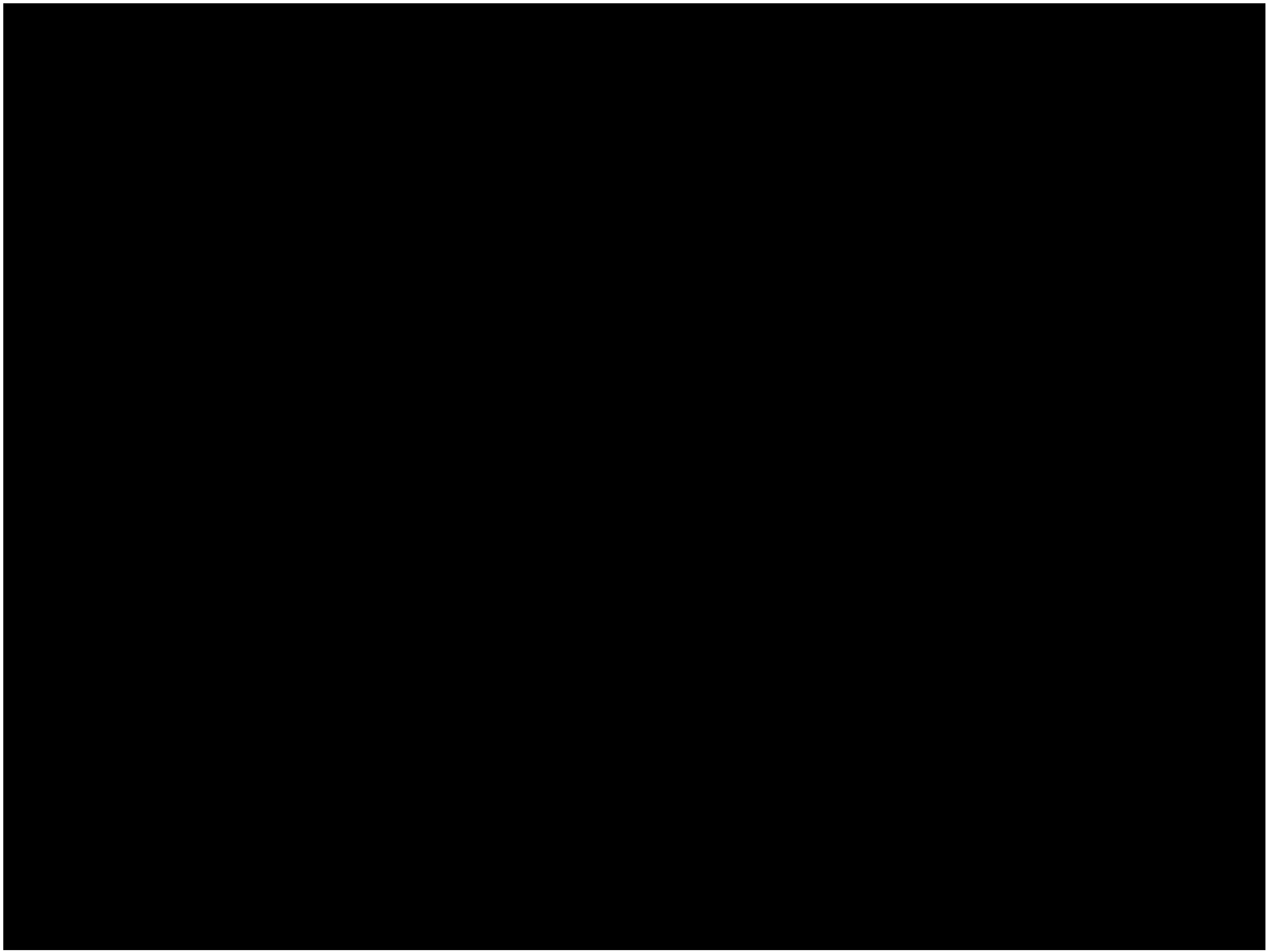
اختلاف هد بین دو نقطه برابر است با:

$$\Delta h = (Z_1 + \frac{P_1}{\rho g}) - (Z_2 + \frac{P_2}{\rho g})$$

بدین ترتیب دبی حجمی برابر خواهد بود با:

$$Q = \frac{C_d A_1 A_2}{(A_1^2 - A_2^2)^{\frac{1}{2}}} (2g\Delta h)^{\frac{1}{2}}$$

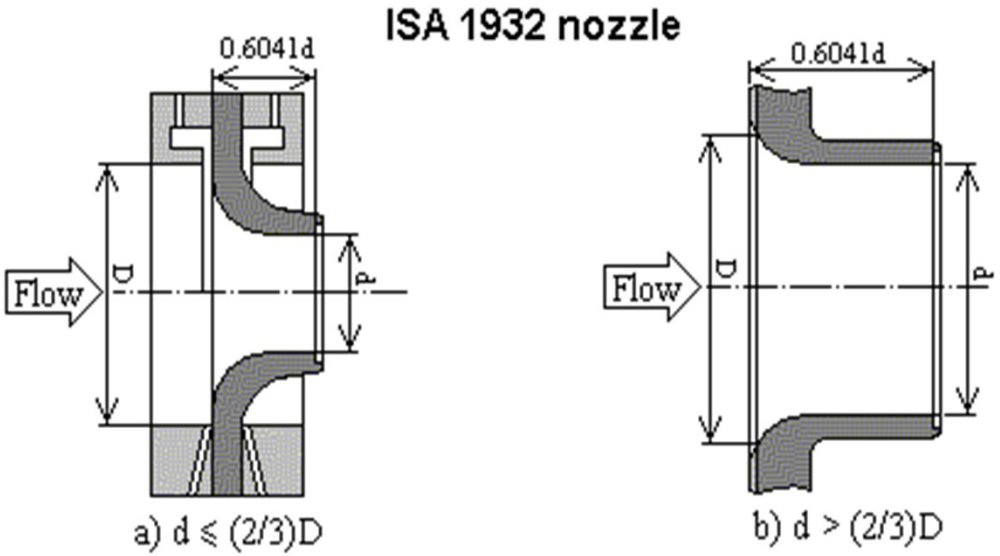
که در اینجا C_d ضریب تخلیه است.

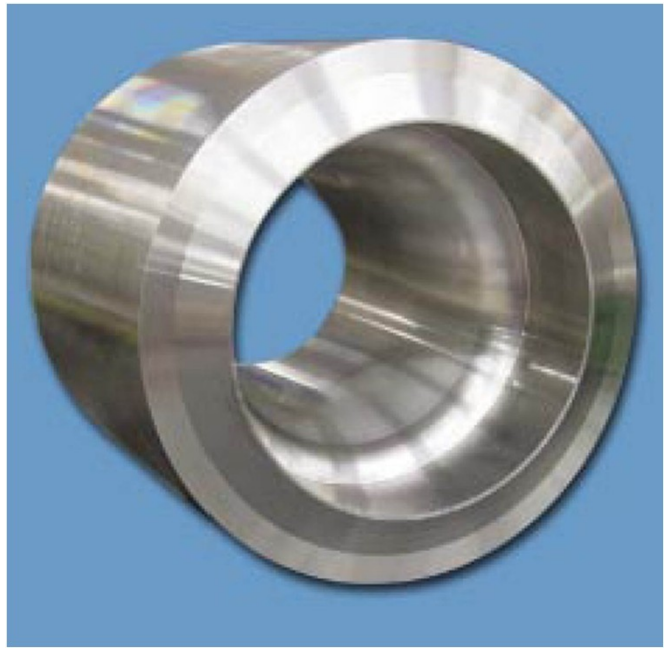


Flow Nozzle

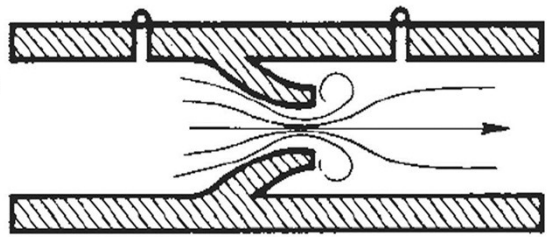
- اصول عملکرد شبیه ونتوری هاست با این تفاوت که دارای ورودی یکنواخت ولی تیز می باشند
- در دوخط لوله یکسان ودبی برابرمیزان افت فشار ایجاد شده بین ارفیس و ونتوری می باشد
- نازلها بخاطر محکم بودنشان در مقایسه با ارفیس ها در دماها وسرعتهای بالاتر بیشتر به کار می روند
- کاربرد آنها بیشتر در خطوط گاز وبخاراست
- برای فلومتری در سیالات دوغابی نازلها نسبت به ارفیس ها مناسب تر است ونسبت به ونتوری ارزانتر
- این نوع فلومتربرای سیالات ویسکوز مناسب نمی باشد

The Flow Nozzle



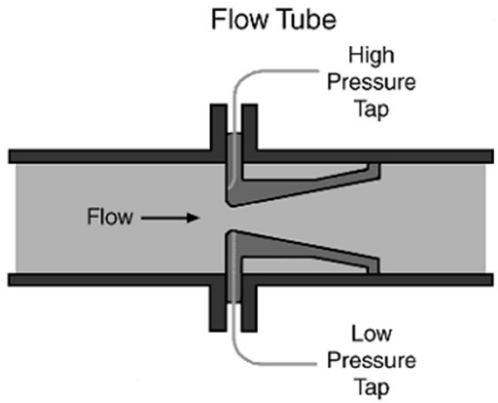


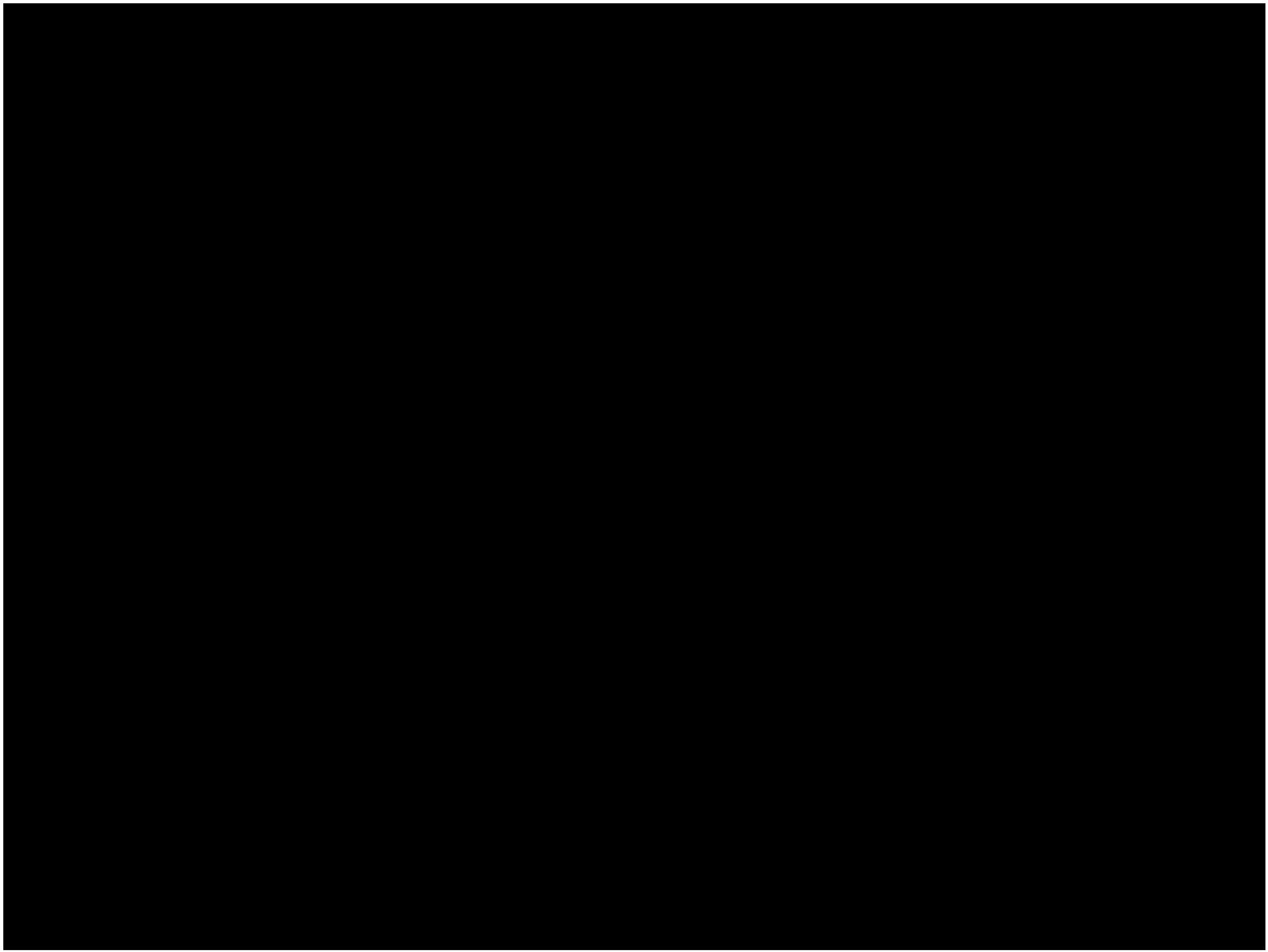
$$\dot{m}_{\text{actual}} = \frac{CA_t}{[1-\beta^4]^{1/2}}\sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}$$



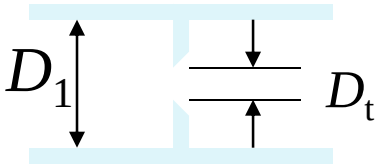
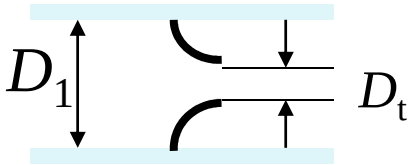
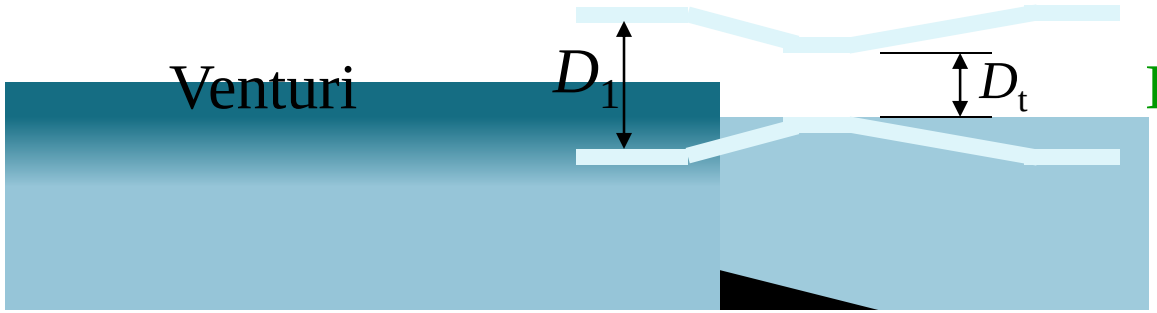
For $0.2 < \beta < 0.75$ and $10^4 < R_e < 10^7$

$$C_d = 0.9975 - \frac{6.53\beta^{0.5}}{R_e^{0.5}}$$





Differential Pressure Techniques Comparison

Flow Meter Type		(افت بار)Head Loss	Cost
Orifice		High	Low
Flow Nozzle		Intermediate	intermediate
Venturi		Low	High

Pitot tube

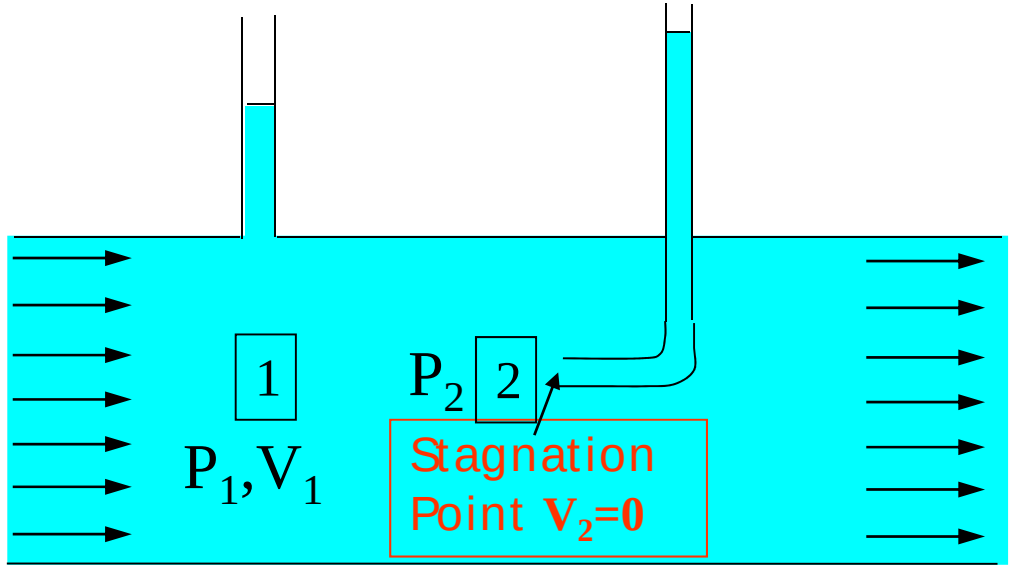
- این دستگاه دارای دو پورت ورودی یکی در امتدادجریان برای اندازه گیری فشار کل و دیگری عمود بر آن جهت اندازه گیری فشار استاتیکی می باشد
- با اندازه گیری اختلاف فشار بین آنها فشار دینامیکی اندازه گیری می شود
- بدلیل اینکه سرعت در جاهای مختلف لوله متفاوت است پورت ورودی اندازه گیری فشار کل باید در نقطه ای قرار گیرد که سرعت اندازه گیری برابر سرعت متوسط در سطح مقطع باشد
- برای بدست آوردن سرعت متوسط نوع دیگری ازپیتوت که دارای چند پورت جهت اندازه گیری دارد استفاده می شود که برای سیالاتی که دارای دبی بسیار متغیر است کاربرد فراوان دارد

Pitot tube

Bernoulli Equation:

$$\frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g} = 0$$

In the Pitot $V_2 = 0$



$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^{\,2} \qquad \text{or} \quad V_1 = \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}}$$

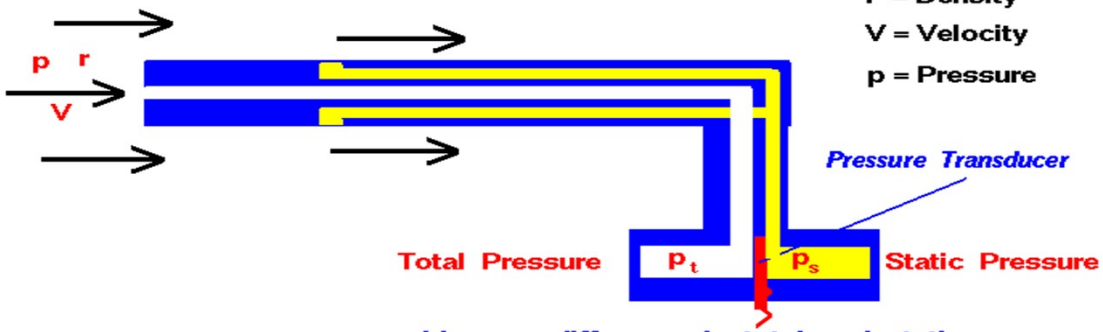
$$\dot{m}_{\text{actual}} = C_d . A_t . \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}$$

Pitot–Static Tube

Prandtl Tube

Glenn Research Center

r = Density
V = Velocity
p = Pressure



Measure difference in total and static pressure

Bernoulli's Equation:

static pressure + dynamic pressure = total pressure

$$\left(p_s + r \times \frac{V^2}{2} \right) = p_t$$

Solve for Velocity:

$$V^2 = \frac{2(p_t - p_s)}{r}$$

Pitot tube

- مزایا:

۱ - نیاز به کالیبراسیون ندارد

۲ - هزینه نسبتا پائین

۳ - افت فشار کم

۴ - ساختمان ساده

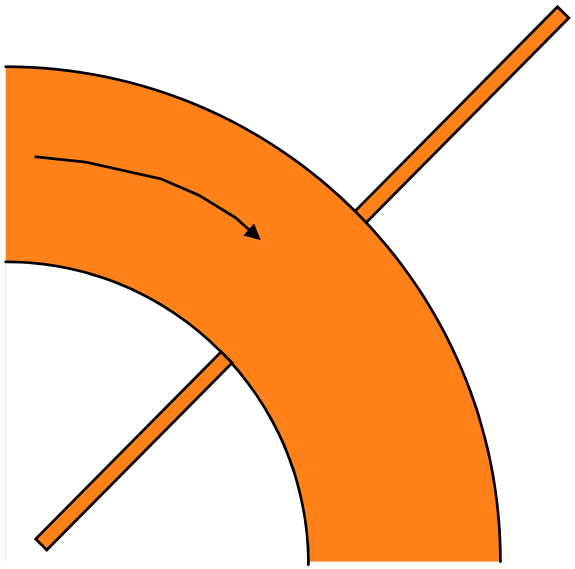
۵ - برای نصب این دستگاه تنها نیاز به یک سوراخ باریک روی لوله می باشد

معایب:

- به مرور زمان وبا مسدودشدن پورت ها خطا در اندازه گیری ایجاد می شود

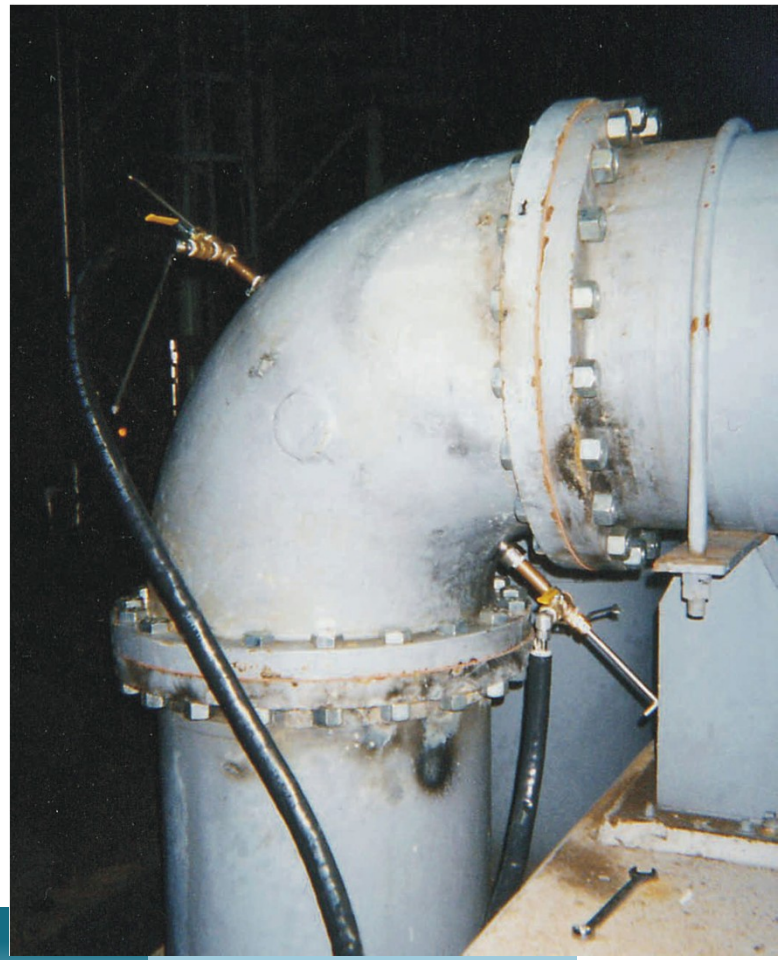
Elbow

- در این روش در مسیر زانو دو نمونه بردار را نصب نموده و دو فشار استاتیک و فشار کل را از همدیگر کم نموده تا اختلاف فشار بدست آید

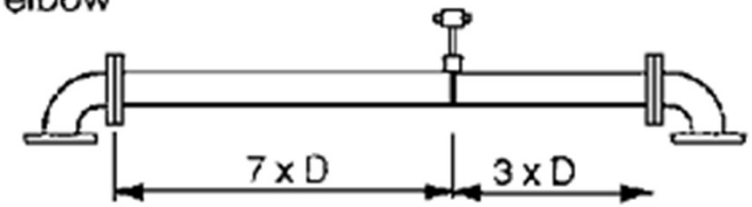


$$Q = K_{elbow} A_{elbow} \sqrt{2g\mathrm{D}h}$$

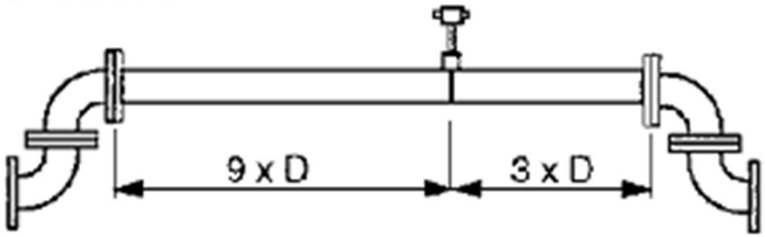
Elbow



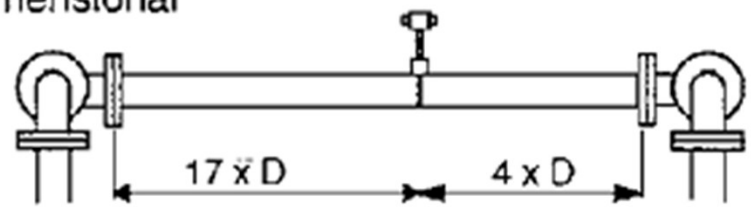
90° elbow



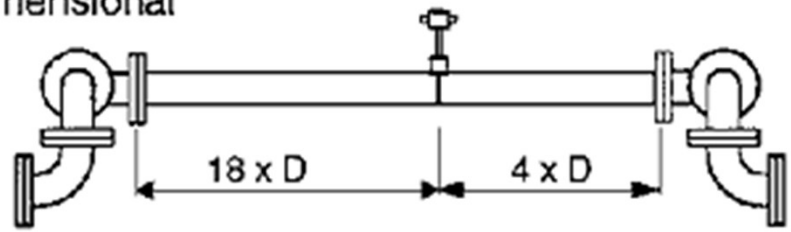
2 x 90° elbows



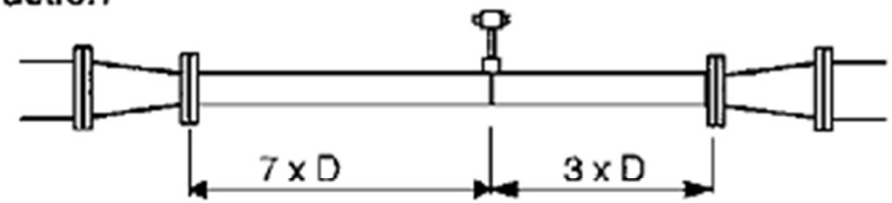
2 x 90° elbows
3-dimensional



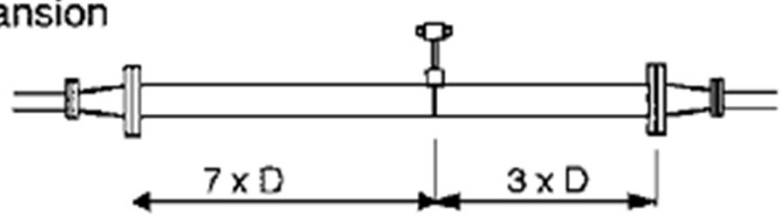
3 x 90° elbows
3-dimensional



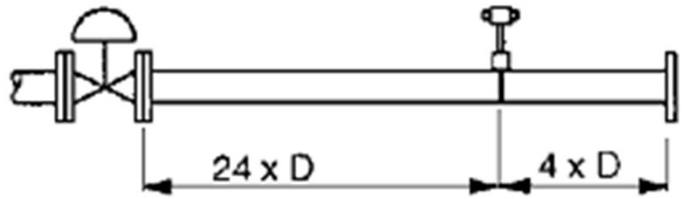
Reduction

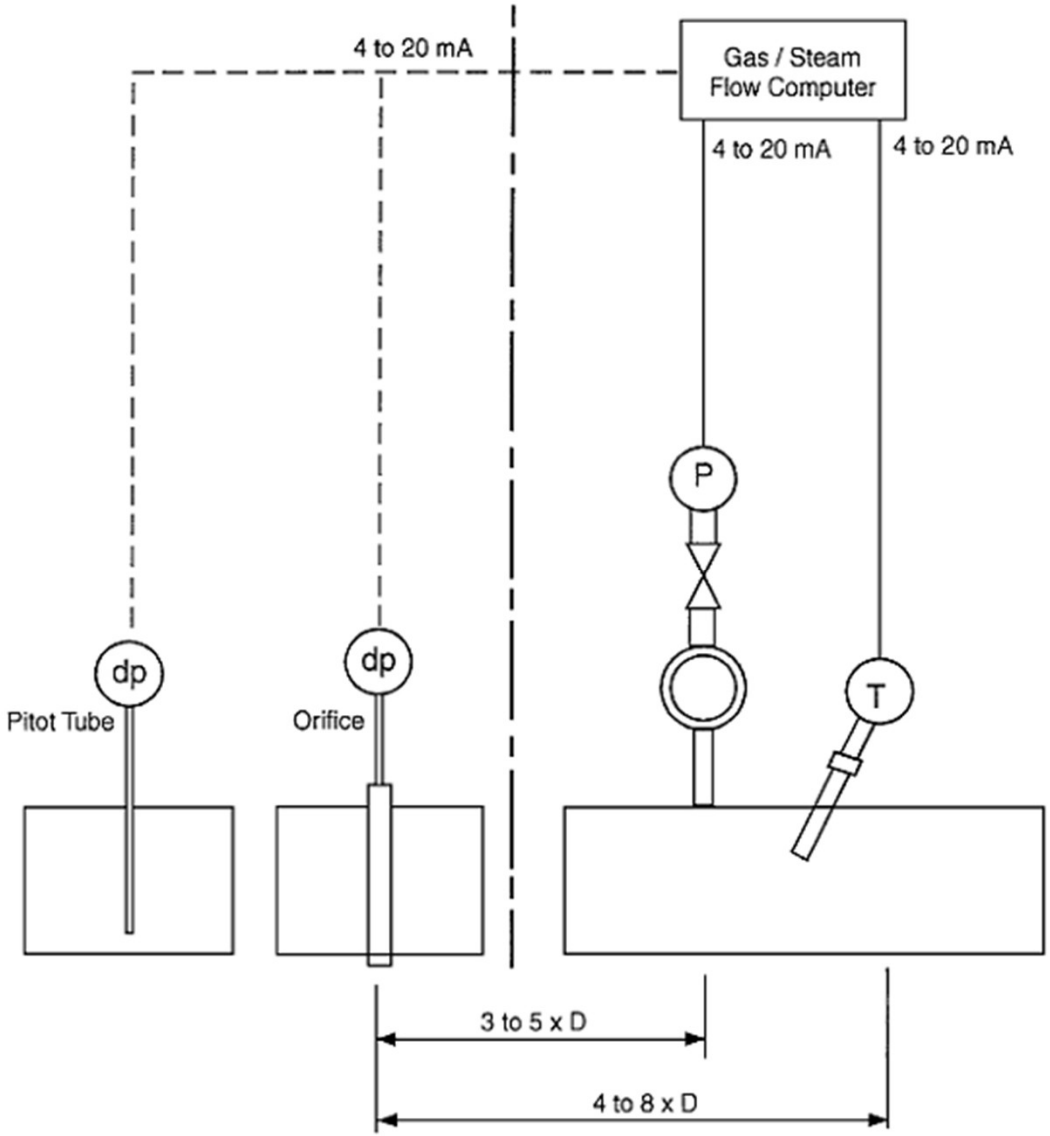


Expansion



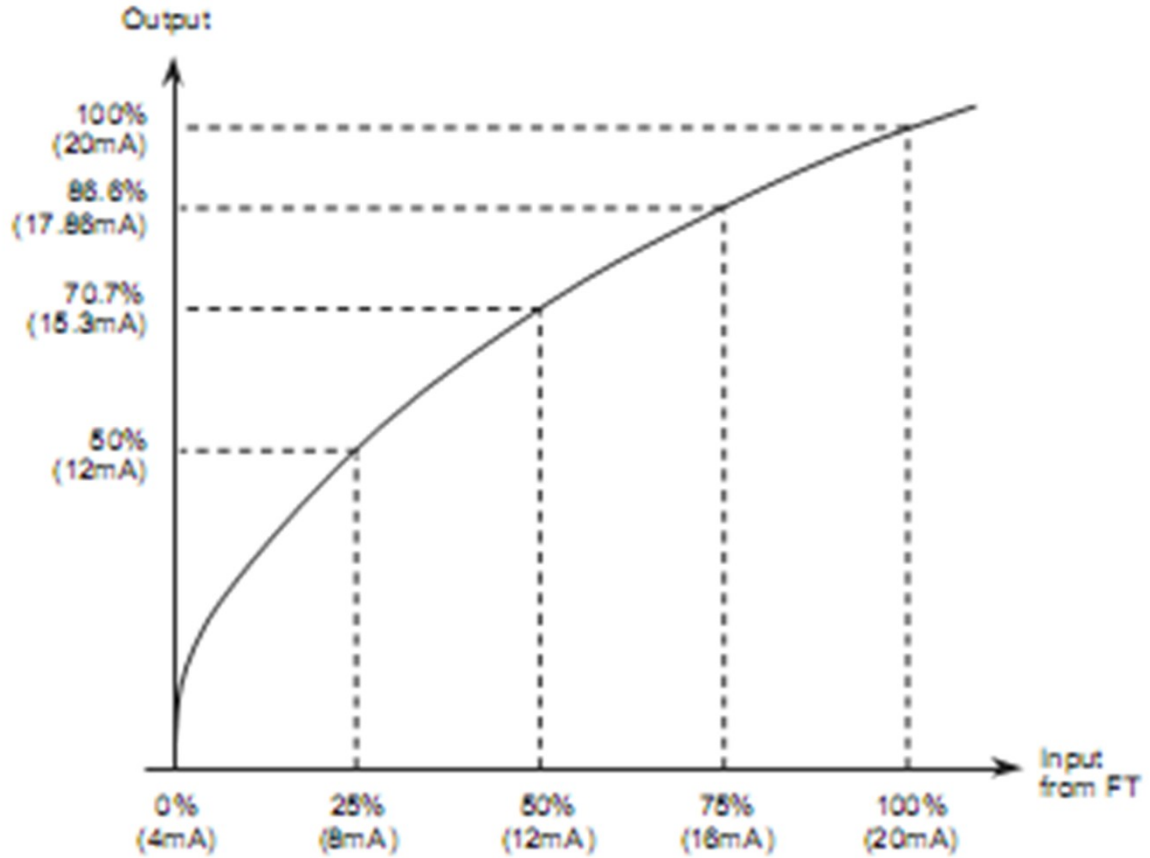
Control valve

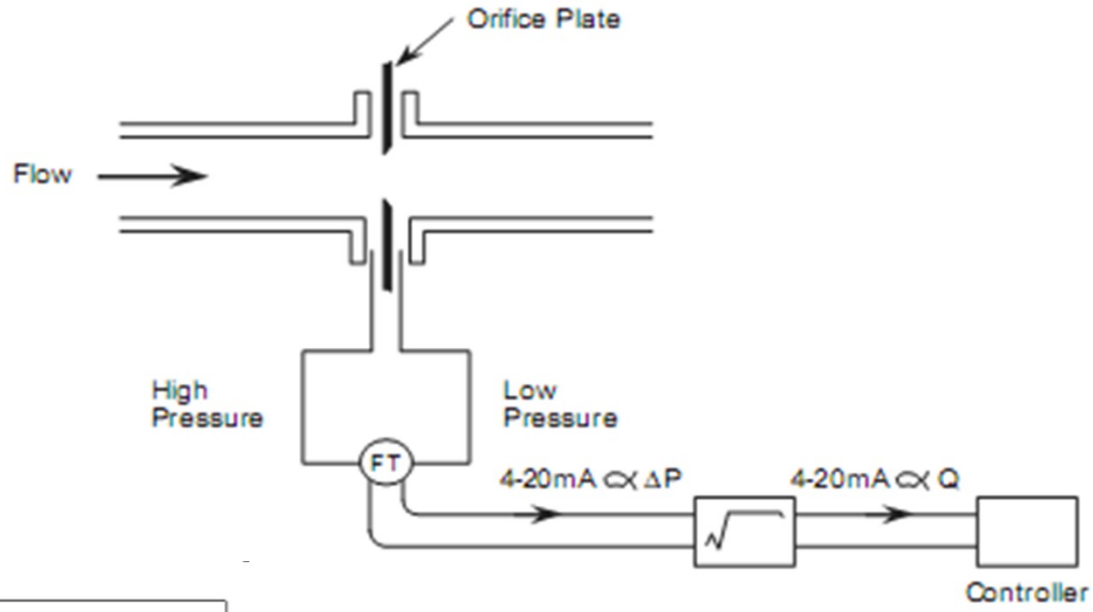


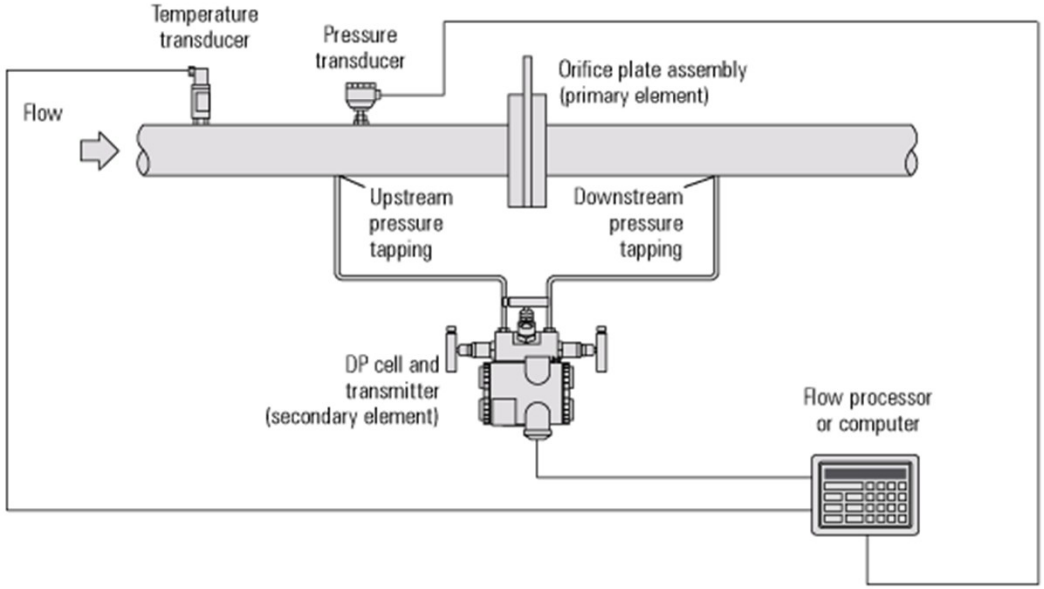


در شکل روبرو فاصله ای که باید بین اندازه گیر های مختلف را نشان می دهد

در فلومتر های اختلاف فشاری همانطور که نشان داده شده از اختلاف فشار رادیکال گرفته شده است بهمین خاطر ترانسمیتر مورد نظر باید در مود squr rootقرار گیرد




Orifice Plate
Flow
High Pressure
Low Pressure
FT
4-20mA ∝ ΔP
4-20mA ∝ Q
Controller


Temperature transducer
Pressure transducer
Orifice plate assembly (primary element)
Flow
Upstream pressure tapping
Downstream pressure tapping
DP cell and transmitter (secondary element)
Flow processor or computer

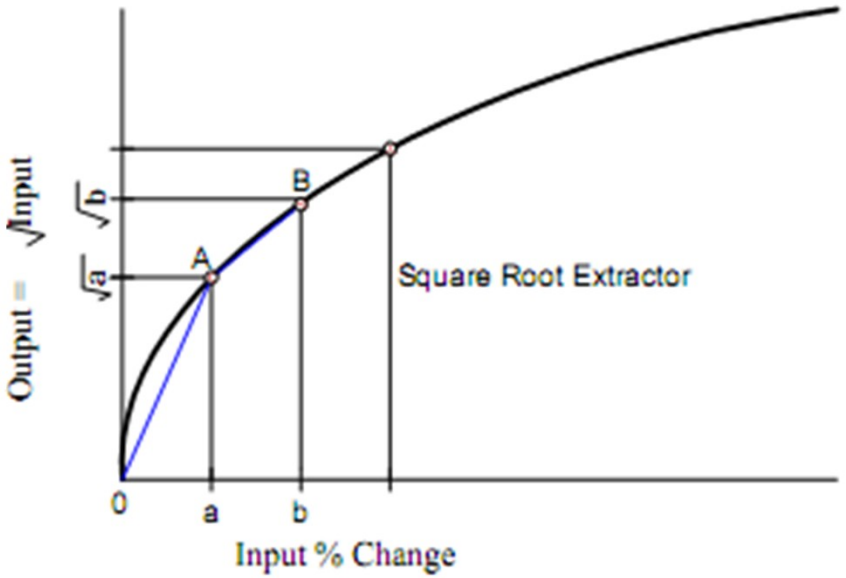
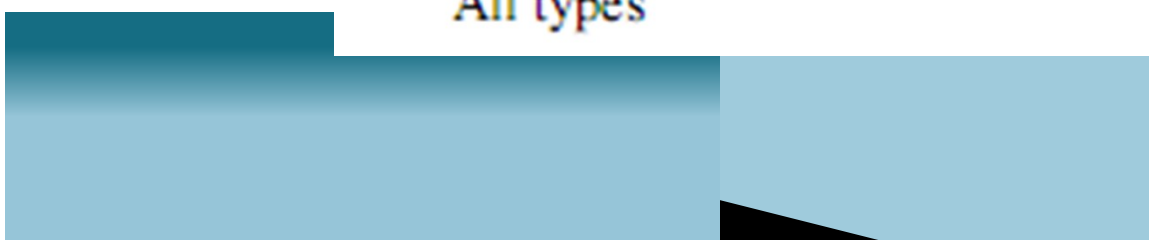

Output = √Input
√b
√a
A
B
Square Root Extractor
0
a
b
Input % Change

TABLE 1 Comparison of Differential Pressure and Target Flowmeters (*Continues*)

Applications:	
Liquid and gases:	
Orifice, venturi, flow nozzle, flow tube, elbow, pitot, target	
Steam:	
Orifice, venturi, flow nozzle, flow, tube, target	
Flow range:	
Liquids (minimum):	
Orifice	0.1 cm^3/min
Venturi	20 cm^3/min (5 gal/min)
Flow nozzle	20 cm^3/mi (5 gal/min)
Flow tube	20 cm^2/mi (5 gal/min)
Elbow	Depends on pipe size
Pitot	Depends on pipe size
Target	0.25 L/min (0.07 gal/min)
Liquids (maximum):	
All types	Depends on pipe size

Gases (minimum):	
Orifice	Gas equivalent of liquids
Venturi	35 m^3/h (20 scfm)
Flow nozzle	35 m^3/h (20 scfm)
Flow tube	35 m^3/h (20 scfm)
Elbow	Depends on pipe size
Pitot	Depends on pipe size
Target	0.5 m^5/h (0.3 scfm)
Gases (maximum):	
All types	Depends on pipe size
Operating pressure (maximum):	
Generally depends on transmitter selected	
Target meter	68 MPa (10,000 psig)
Operating temperature (maximum):	
Depends on construction material selected	
Target meter	398°C (750°F)
Scale:	
All types	Square root



Nominal accuracy:	
Orifice	±0.6% (maximum flow)
Venturi	±1% (maximum flow)
Flow nozzle	±1% (full-scale)
Flow tube	±1% (full-scale)
Elbow	±%5 to ±10% (full-scale)
Pitot	±5% or better (full-scale)
Target	±0.5 to ±5% (full-scale)
Rangeability:	
Target	3:1
Other types	4:1
Signal:	
All types	Analog electric or pneumatic
Relative advantages and limitations:	
Comparatively high cost:	
Venturi	

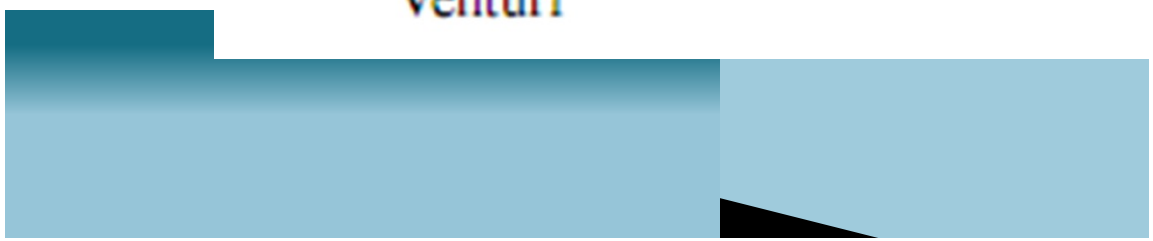
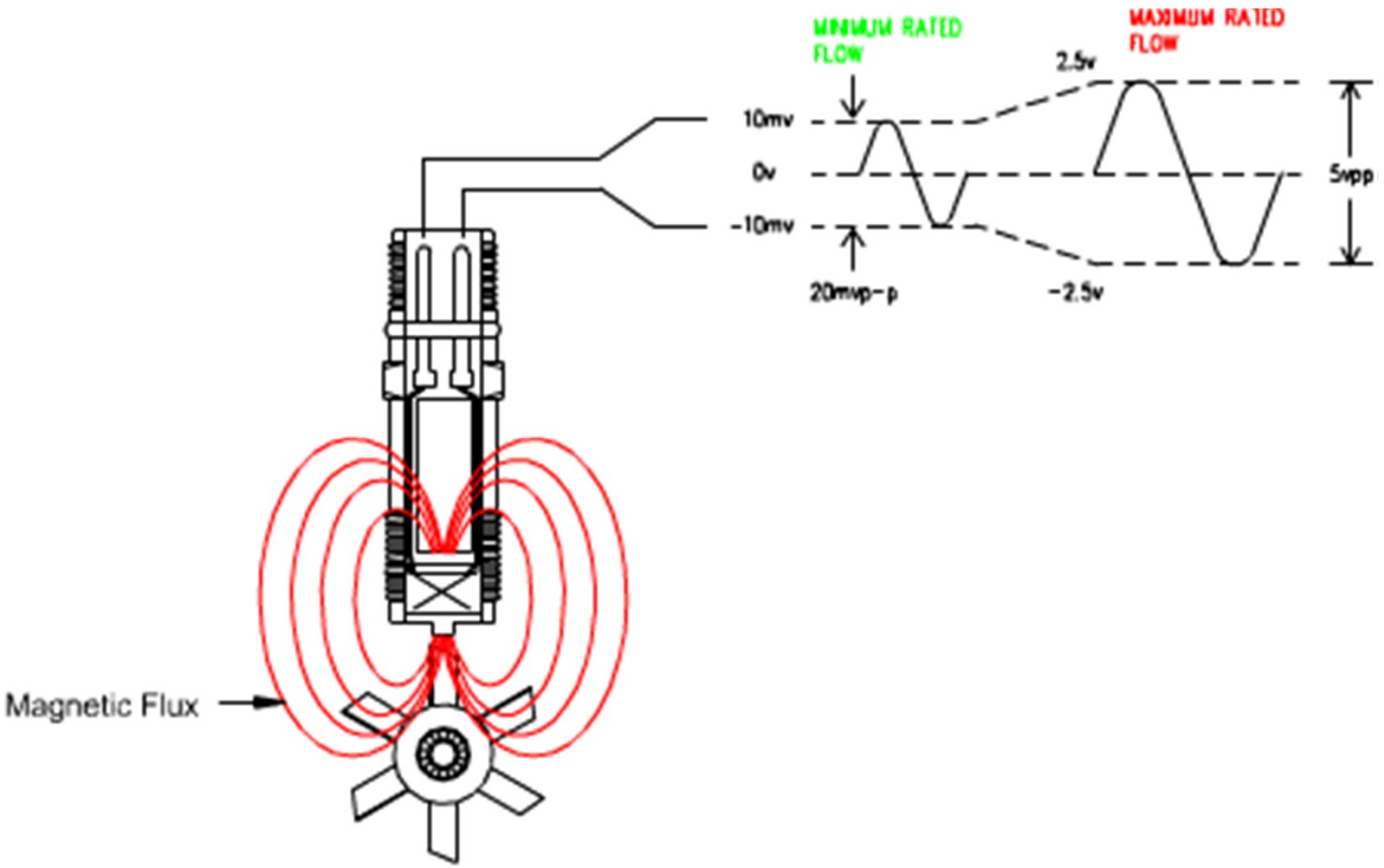


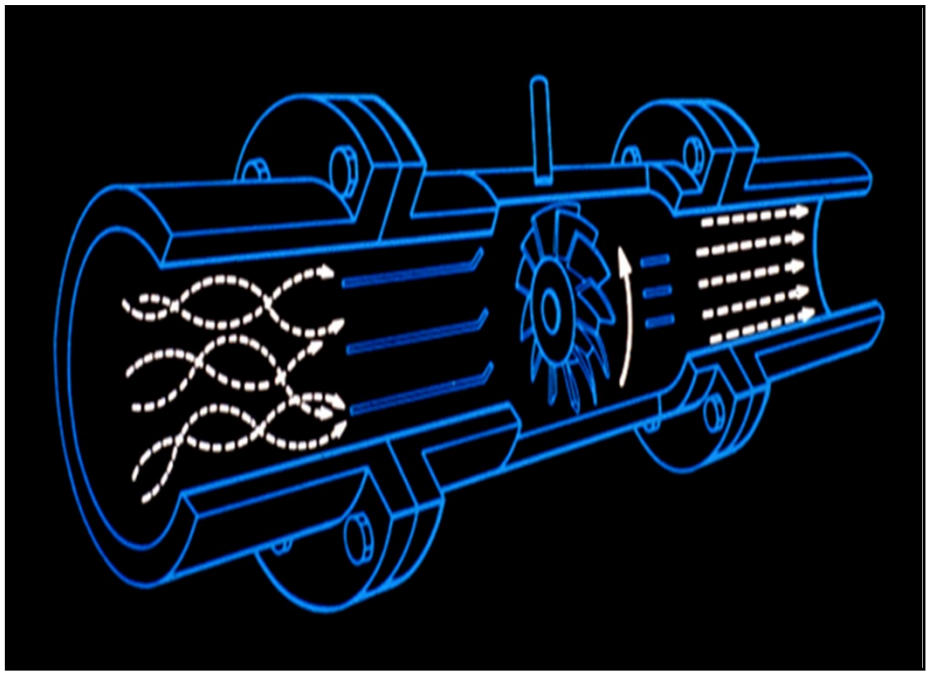
TABLE 1 *(Continued)*

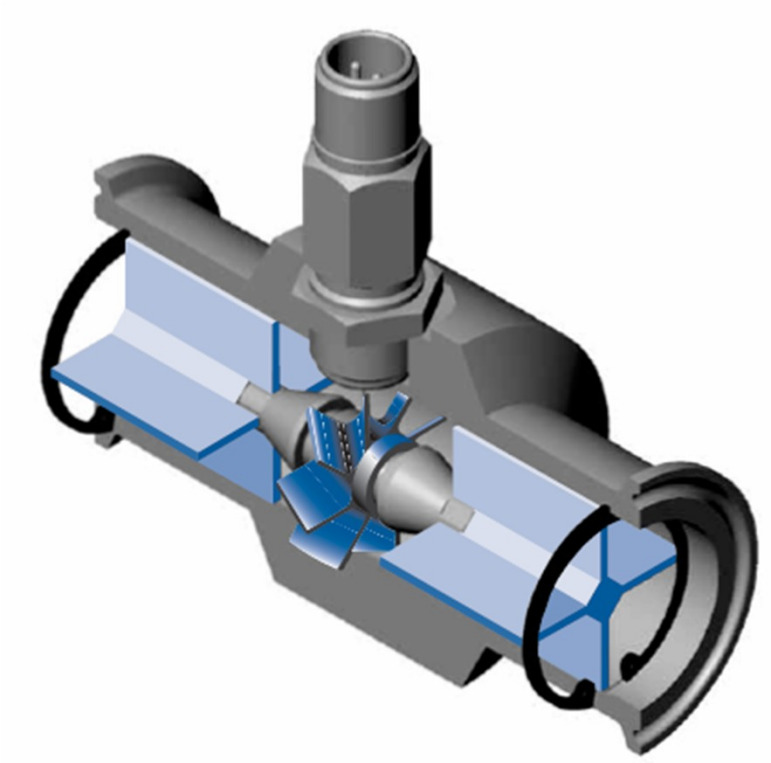
Comparatively low cost:
Orifice, flow nozzle, flow tube. Pitot, elbow, target
Comparatively easy to install:
Orifice, elbow
Same transmitter can be used for variety of pipe sizes:
Orifice, flow nozzle, flow tube. Pitot, elbow
Comparatively low pressure loss:
Venturi, flow nozzle, flow tube
Good for dirty liquids and slurries:
Orifice (if equipped with eccentric or segmental plates), venturi, target meter (especially for hot, tarry, and sediment-bearing materials)
Large and heavy:
Venturi
Requires straight runs of piping (upstream, downstream):
Orifice, target meter
Limited background engineering data:
Flow nozzle, flow tube
Bidirectional flow measurement:
Elbow
Minimum upstream straight piping:
Elbow
Flow averaging:
Pitot
Accuracy limited:
Elbow

فلومتر توربینی (Turbin flowmeter)

- در فلومتر توربینی یک توربین در مسیر سیال در حال حرکت قرار می‌گیرد.
- طرف دیگر توربین متصل به یک هسته مغناطیسی است. در مقابل سیم‌پیچ و در پوسته خارجی فلومتر سیم‌پیچ آشکارساز قرار دارد.
- عبور هسته مغناطیسی از مقابل سیم‌پیچ موجب القا نیروی محرکه در آن می‌شود
- هر چه سرعت سیال بیشتر باشد، چرخش توربین و در نتیجه سرعت چرخش هسته مغناطیسی بیشتر می‌شود و نیروی محرکه بزرگتری در سیم‌پیچ القا می‌گردد.


MINIMUM RATED FLOW
MAXIMUM RATED FLOW
2.5v
10mv
0v
-10mv
5vpp
20mvp-p
-2.5v
Magnetic Flux



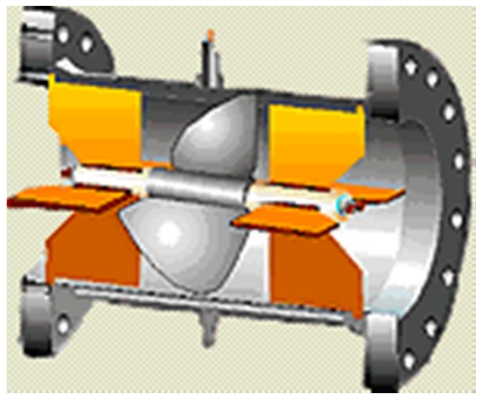


فلومتر توربینی

- در طرح‌های جدید هسته و سیم‌پیچ آشکارساز را بگونه‌ای می‌سازند که سرعت سیال تبدیل به فرکانس پالس می‌شود و با شمارش پالس‌ها و میانگین‌گیری توسط مدارات مربوطه سرعت سیال و بدنبال آن فلو حجمی یا جرمی را بدست می‌آورند.

$$f = KQ \qquad K = \frac{m.\tan\alpha}{2\pi.A.R}$$

در رابطه فوق m:تعداد پره ها α :زاویه بین فلوی عبوری وپره ها R: شعاع لوله توربین
A= سطح مقطع لوله - سطح مقطع محور - سطح پره ها

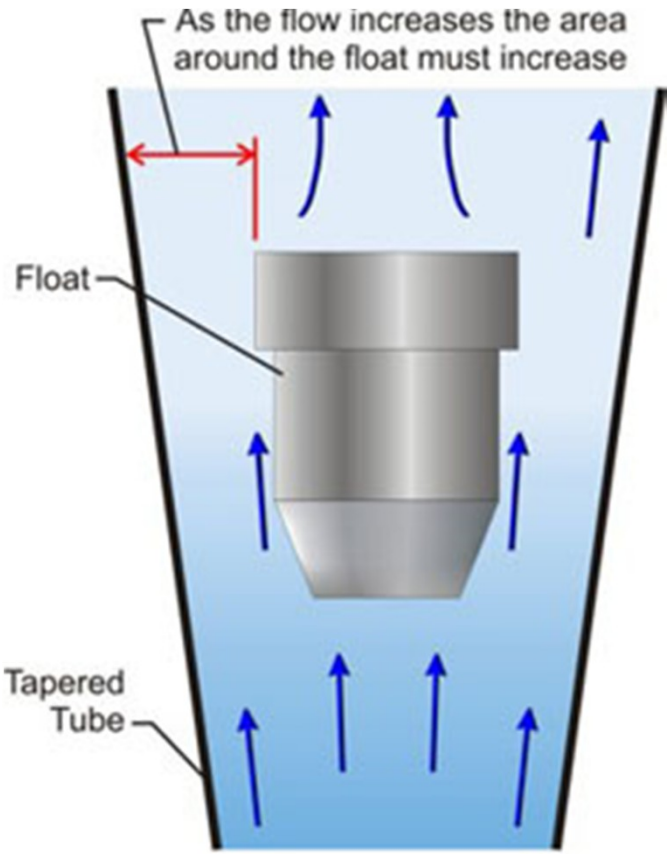


- **محاسن**
- این فلومترها برای اندازه‌گیری فلوی سیال‌های تمیز مناسب می‌باشند
- این فلومتر می بایستی در مسیر لوله‌های مستقیم نصب گردد.
- دقت بالا
- بازه وسیع اندازه گیری
- **معایب**
- در صورتیکه سیال دارای ذرات و ناخالصی‌های معلق و چسبنده باشد، اندازه‌گیری با مشکلاتی روبرو خواهد شد.
- این فلومترها باعث ایجاد مزاحمت و اخلال در حرکت طبیعی سیال می باشد و ممکن است خود باعث تغییر فلوی مورد اندازه گیری شوند.
- خوردگی و نیاز به تعمیرات از دیگر معایب آنها می‌باشند.
- همچنین این فلومترها برای اندازه‌گیری جریانهای کم مناسب نمی‌باشند.
- برای سیالات دوغابی ودوفازی مناسب نیست
- حوزه اندازه گیری این اندازه کیر حدود۱۰٪ تا۱۰۰٪ حداکثر نرخ جریان سیال است.

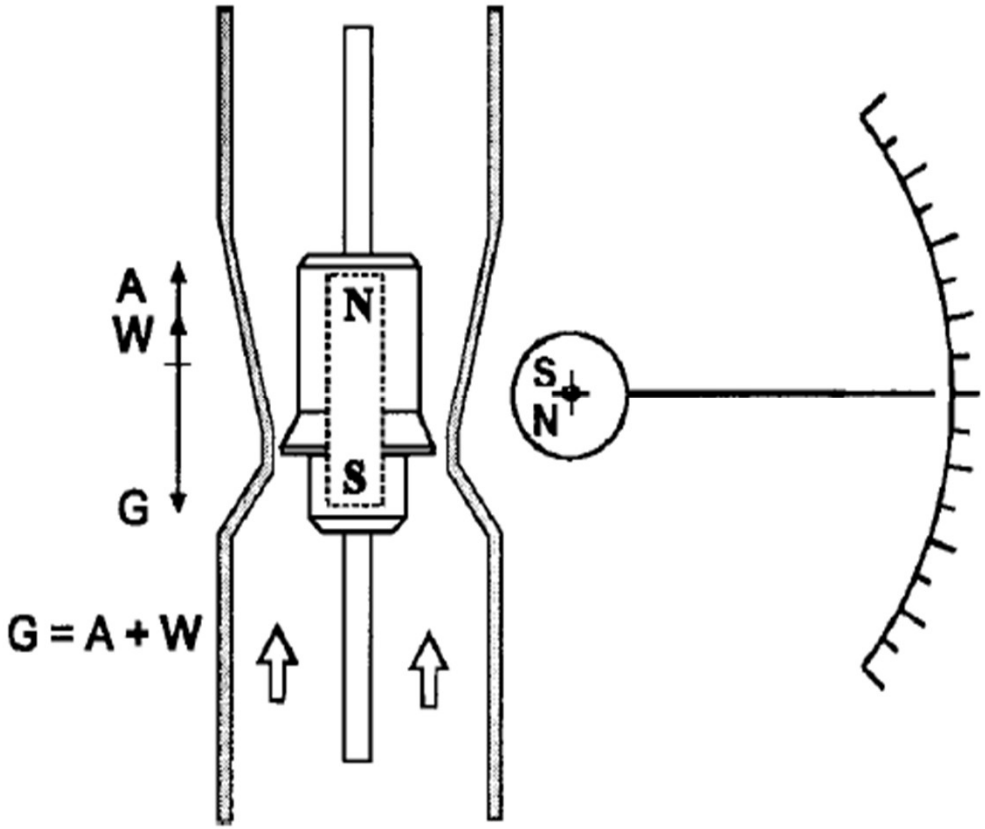
روتامتر(Rotameter)

- فلومتر با مقطع متغیر از یک محفظه که مقطع آن از پایین به بالا بیشتر می‌شود تشکیل شده است.
- هر چه مقدار جریان (دبی حجمی) بیشتر باشد شناور در قسمت بالاتری قرار می‌گیرد. محل قرار گرفتن شناور و نشان دهنده متصل به آن متناسب با دبی مورد اندازه گیری است
- از فلومتر با مقطع متغیر (روتامتر) برای اندازه‌گیری فلوی گازها نیز می‌توان استفاده نمود.
- محفظه روتامتر را می‌توان از شیشه یا فلز ساخت. در مواردی که سیال مورد اندازه‌گیری قابل اشتعال یا خطرناک باشد از محفظه فلزی استفاده میکند در این حالت حرکت شناور دیگر قابل رویت نمی‌باشد و برای آشکارسازی موقعیت آن باید از روشهای دیگری استفاده نمود.

روتامتر (Rotameter)



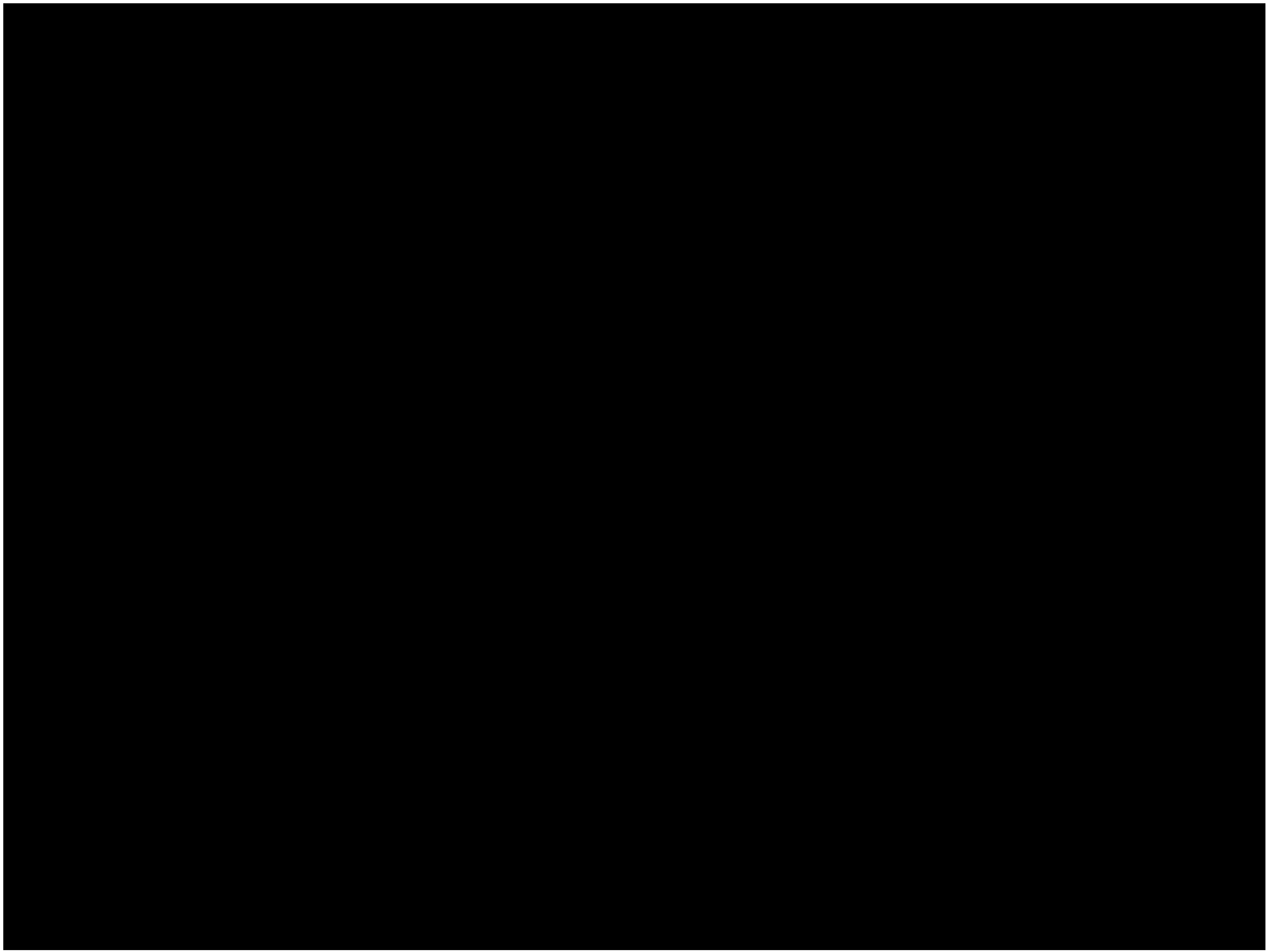
$$\dot{m}_{use} = \dot{m}_{cal}\sqrt{\frac{\rho_{use}}{\rho_{cal}}}$$


A
W
G
G = A + W
N
S
S
N

63.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
6.3
l/h
Wasser
RP
KOBOLD

فلومترهاي سد يا weirs

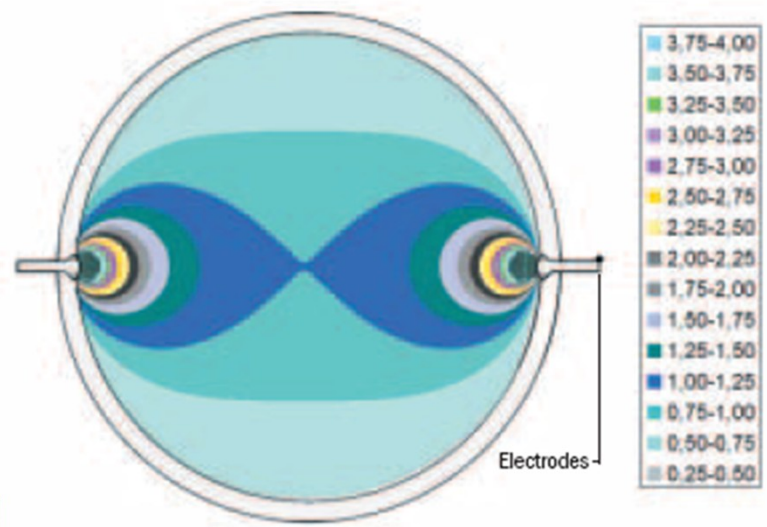
- این فلومترها که در صنعت نفت به ندرت کاربرد دارند .
- به شکل یک سد هستند که در مسیر یک سیال عبوری و در یک کانال روباز قرار گرفته اند . زمانیکه سیال از روی سد عبور می کند دارای ارتفاع مشخصی می باشد که مقدار آن بستگی به دبی سیال دارد .
- برای مدرج نمودن این دستگاه ، دبی های مختلفی از سیال را از روی آن عبور می دهند . هر دبی مشخص ، سبب ایجاد ارتفاع خاصی روی سد می شود که با علامتگذاری آن روی نشان دهنده ارتفاع ، دستگاه مدرج می شود .

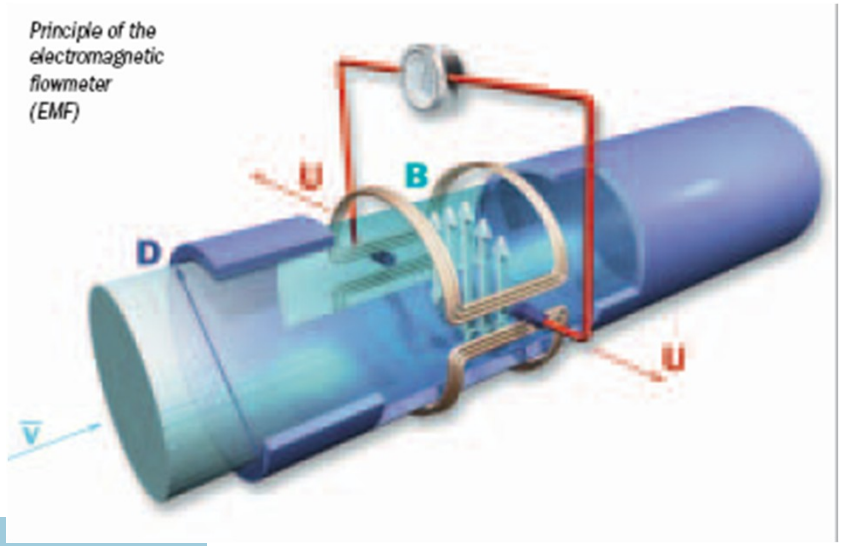


Magnetic Flow meter

- وقتی یک ماده رسانا از میدان مغناطیسی عبور می کند یک ولتاژ در امتداد آن تولید می شود که مستقیماً متناسب با
- ۱ - شدت میدان مغناطیسی ،
- ۲ - طول ماده رسانا
- ۳ - سرعت حرکت آن رسانا می باشد .
- فلومترهای مغناطیسی یا Magmeter ها از یک لوله غیر مغناطیسی با آستری نارسانا که در اطراف آن یک جفت سیم پیچ مغناطیسی وجود دارد ، تشکیل شده اند .
- یک جفت الکترود نیز که از لوله ایزوله شده ، از بدنه لوله و آستر عبور کرده و با سیال فرآیندی در تماس می باشد تا میزان اختلاف پتانسیل القایی را اندازه بگیرد .

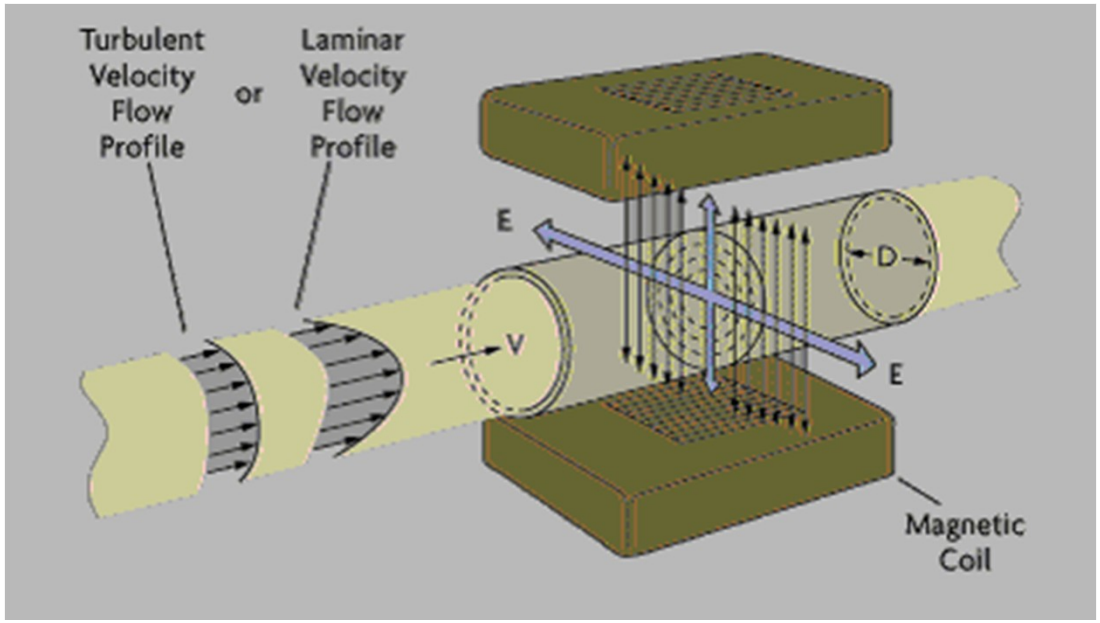
- وقتی جریان از سیم پیچ ها عبور می کند ، یک میدان مغناطیسی داخل لوله تشکیل می شود . بخاطر وجود میدان مغناطیسی هنگام عبور سیال رسانای فرآیندی ولتاژی متناسب با سرعت سیال در الکترودها ایجاد می شود که با اندازه گیری این ولتاژ می توان سرعت سیال و در نتیجه فلوی آن را محاسبه نمود .


3,75-4,00
3,50-3,75
3,25-3,50
3,00-3,25
2,75-3,00
2,50-2,75
2,25-2,50
2,00-2,25
1,75-2,00
1,50-1,75
1,25-1,50
1,00-1,25
0,75-1,00
0,50-0,75
0,25-0,50
Electrodes


Principle of the electromagnetic flowmeter (EMF)
U
B
D
U
V

- براساس قانون فارادی است که می گویداگر یک هادی به طول L وبا سرعت v عمود بر میدان مغناطیسی با چگالی B حرکت کند ولتاژی القا می شود که از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$E = B.V.L$$



$$Q = \frac{E.\pi.D}{4.B}$$

خصوصیات وموارد استفاده این اندازه گیر:

- این اندازه گیر برای اندازه گیری فلو مایعات که قابلیت هدایت آنها بزرگتر از $10\ \frac{\mu.mho}{cm}$ است استفاده می شود .(برای موادی که بصورت دوغاب است استفاده می شودوکاربردی جهت مایعات هیدروکربنی و گازها ندارد)
- سرعت سیالات مورد اندازه گیری بین 5تا 10متربرثانیه است.
- تلفات انرژی در این اندازه گیرکمتر از 30وات است.
- وجود هواي محلول در سيال

معايب :

- 1- هزينه نسبتاً بالا
- 2- براي سيالات مختلف مجدداً كاليبره مي شوند

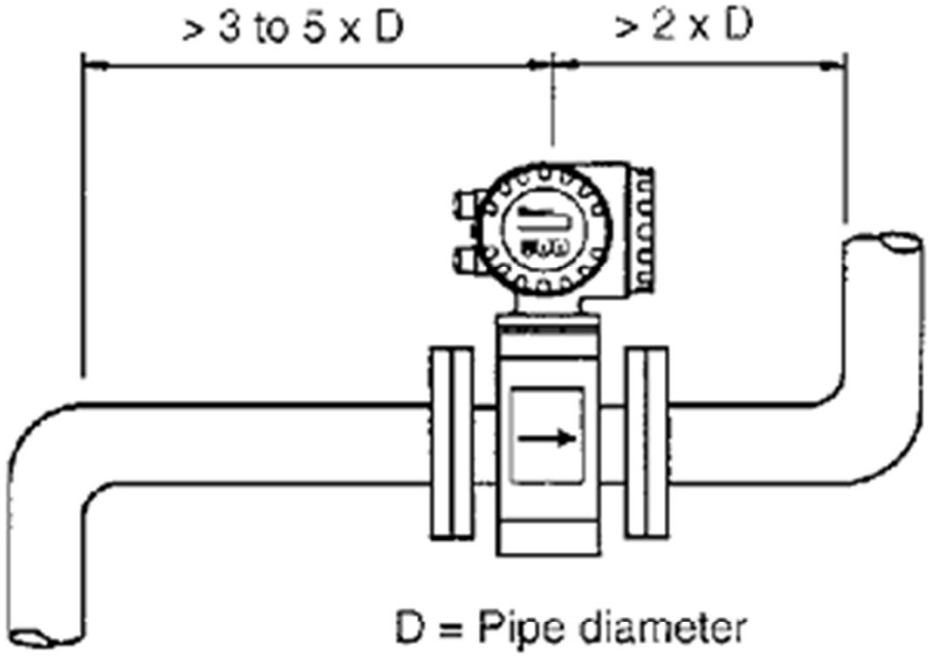
مزایا :

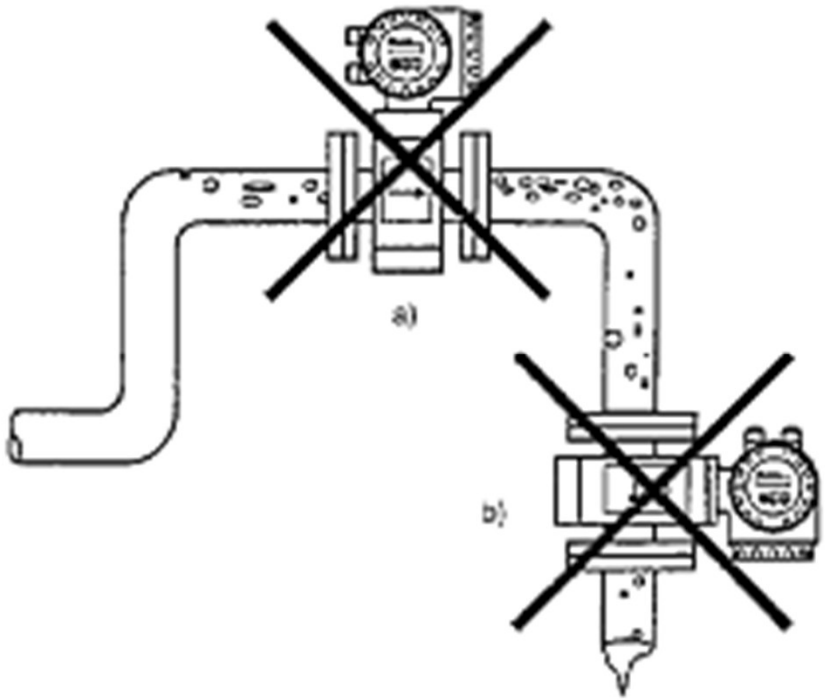
۱ - نداشتن قطعات متحرک و در نتیجه عدم سایش مکانیکی قطعات

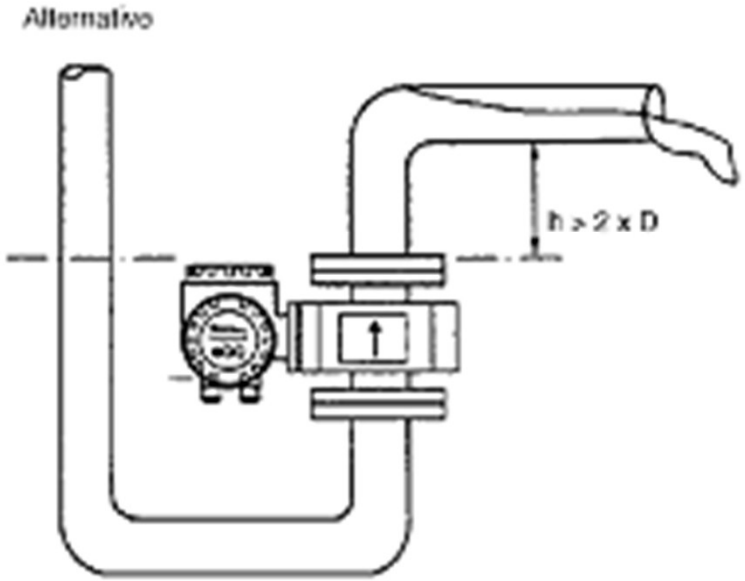
۲ - قسمتهای خیس شونده این دستگاه ها الکترودها و آستر درونی آنهاست که نسبت به مواد خورنده مقاوم می باشند .

۳ - افت فشار کم است .

۴ - بدلیل اینکه ولتاژ ایجاد شده تابعی از دما ، فشار و چگالی سیال نیست اندازه گیری فلو مستقل از عوامل فوق است


> 3 to 5 x D
> 2 x D
D = Pipe diameter


a)
b)


Alternativo
h > 2 x D

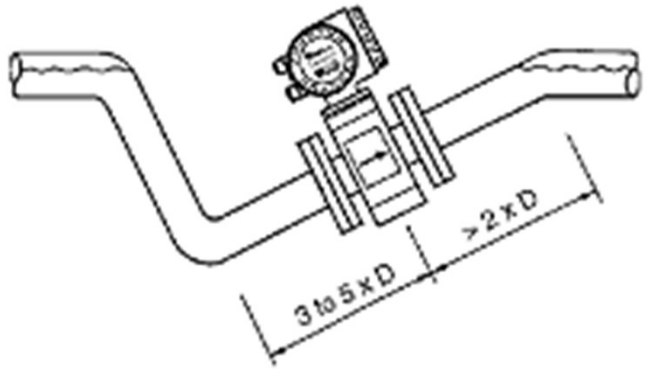


FIGURE 9 Partly filled pipes.

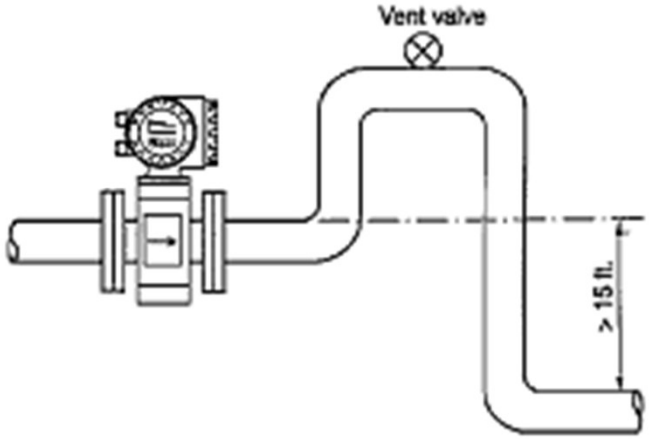


FIGURE 10 Downward pipe.

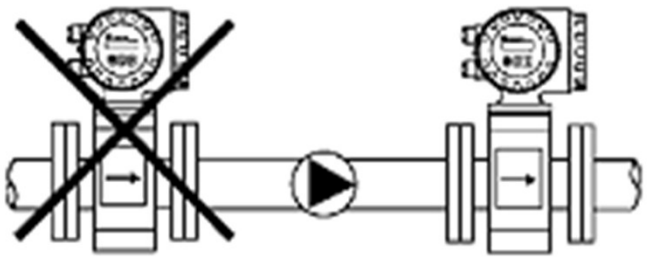
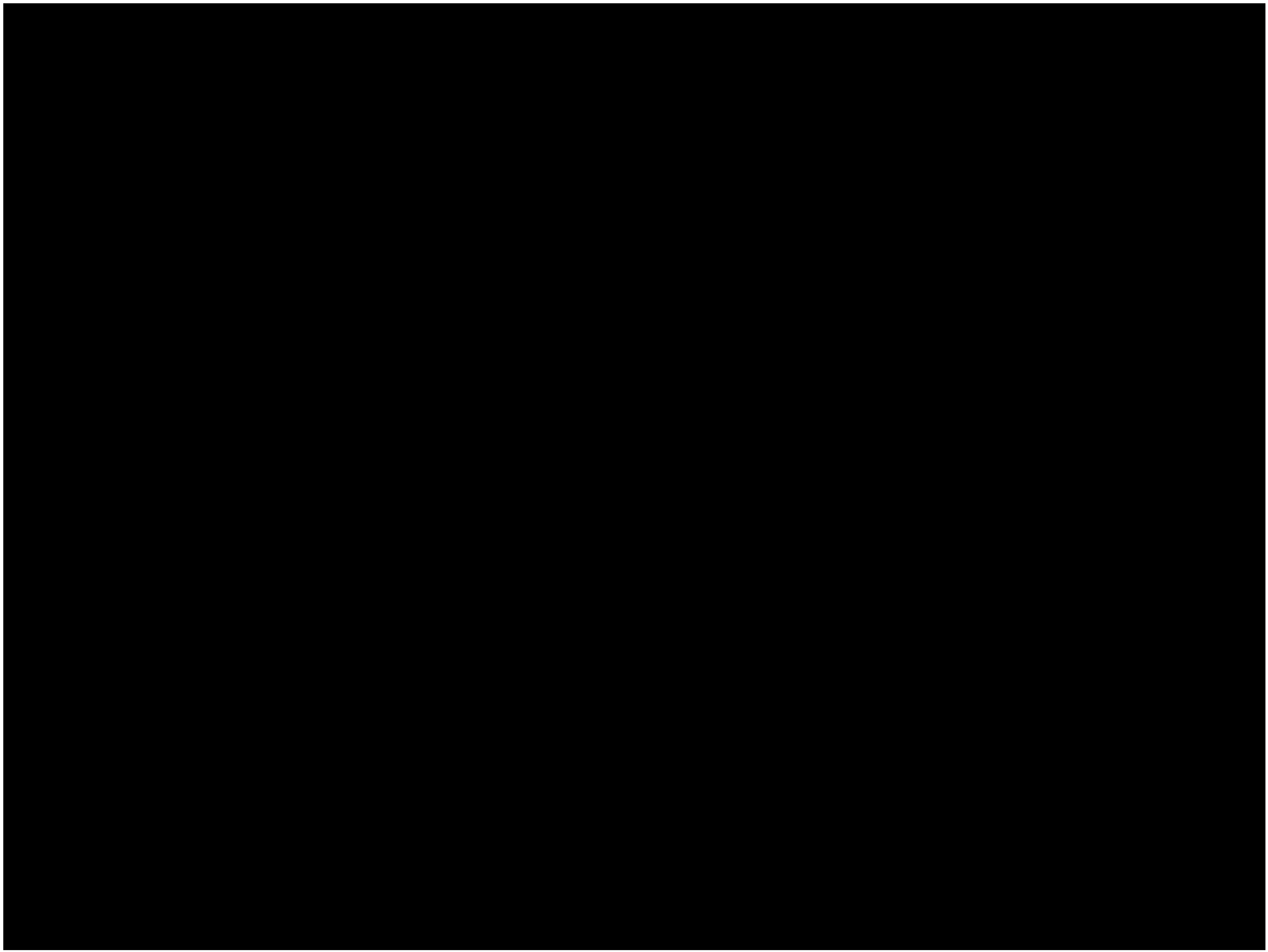


FIGURE 11 Installation of pumps.



اندازه‌گيري فلو به روش آلتراسونيك

- **به امواج صوتی با فرکانس های بیشتر از ۱۸کیلو هرتز امواج آلتراسونیک گویند(فرکانس بالای شنوائی انسان)**

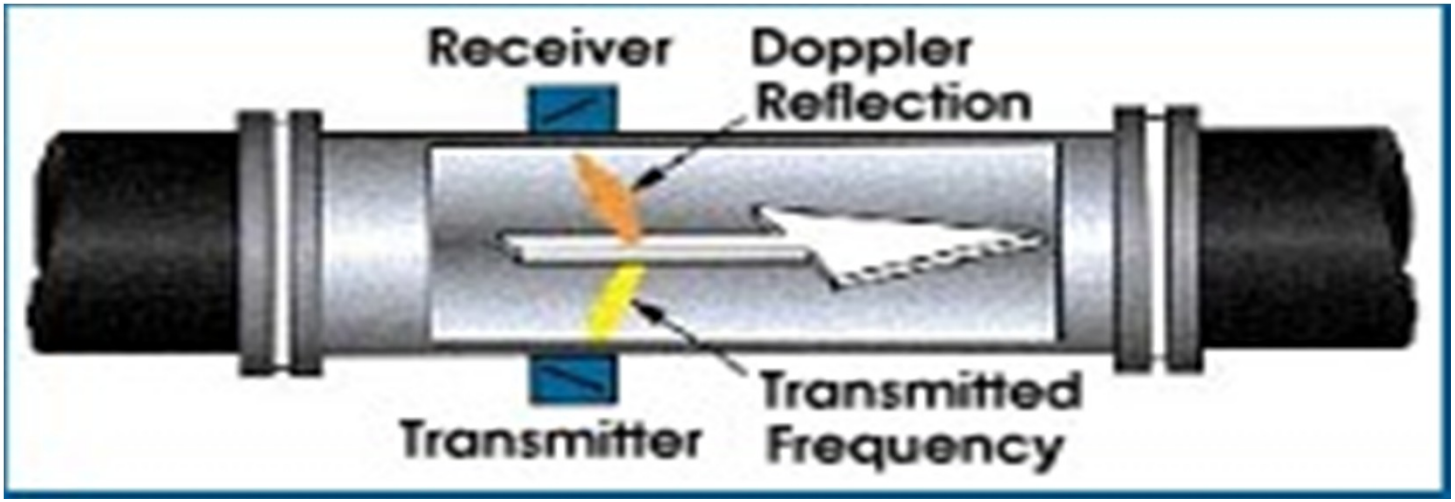
فلومتر هاي آلتراسونيك به دو دسته كلي تقسيم مي شود كه عبارتند از:

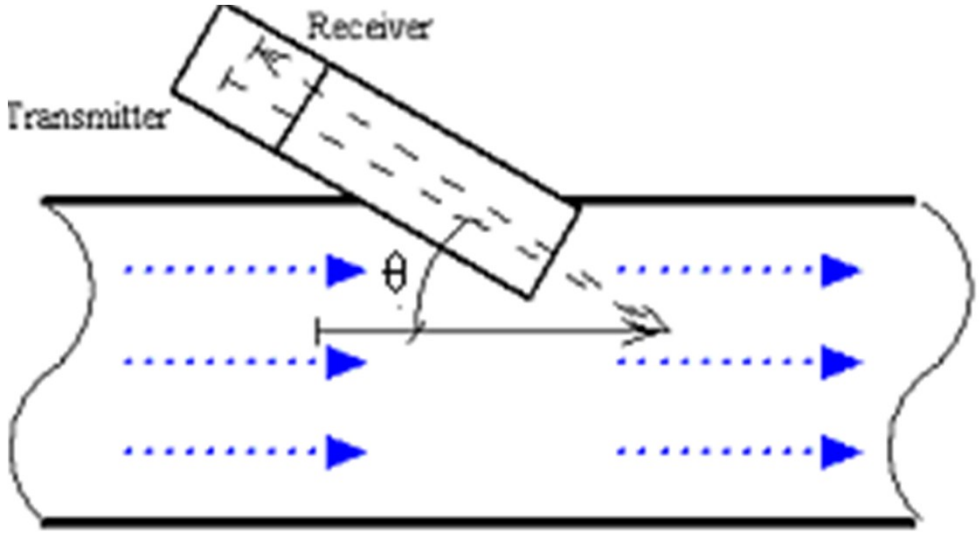
۱ - فلو متر داپلر

- این روش را در صورتی که ذرات یا حباب در تمام حجم سیال وجود داشته باشد می توان استفاده نمود.
- اساس کار این است که امواج ما فوق صوت $(0.5Mhz - 20Mhz)$ ارسال شده از فرستنده به سمت گیرنده توسط حرکت ذرات وحباب ها تغییر فرکانس (در اثر انعکاس) می یابد این تغییر فرکانس ملاک اندازه فلو عبوری است.
- از رابطه زیرمی توان فلو را اندازه گیری نمود.

$$V = \frac{c.\Delta f}{2 f_t . \cos\theta}$$

- Δf:اختلاف فرکانس
- c:سرعت سیگنال ارسالی
- :فرکانس سیگنال ارسالی
- :زاویه امواج ارسالی وحرکت سیال


Receiver
Doppler
Reflection
Transmitted
Frequency
Transmitter


Receiver
Transmitter
θ

مزایای فلومترهای داپلر :

- نداشتن اجزاء متحرک
- نصب آسان
- حساسیت پائین به تغییرات فشار و ارتعاشات و کاربرد آنها برای سیالات فرآیندی با دماهای بسیار بالا
- فلومترها دچار فرسایش نمی شوند

معایب :

۱ - استفاده از آنها ، تنها به سیالاتی دوغابی که دارای ذرات جامد معلق یا سیالاتی که دارای حباب گاز هستند ، محدود می شوند .

۲ - برای اندازه گیری دبی گازها مناسب نیستند .

۳ - بدلیل متفاوت بودن سرعت ذرات جامد و سرعت سیال در اندازه گیری خطا ایجاد می کند .

۴ - هزینه نصب این فلومتر زیاد است .

کاربردها:

-برای سیالات فرآیندی با دماهای بسیار بالا

- - اندازه گیری دبی نفت ، آب ، اسیدها .

فلومتر با اندازه گیری زمان انتقال پالس
(Transit_time ultrasonic flow meter)

- در این اندازه گیر ترانسدیوسرها کریستالهای پیزو الکتریک بوده که قادرند ارسال و دریافت سیگنالهای مافوق صوت را انجام دهند
- آنها ممکن است در محدوده مگاهرتزی کار کنند
- این مبدل ها تحت زاویه نسبت به محور نصب می شوند هرکدام فرکانسی را ارسال نموده،با توجه به جهت حرکت امواج مافوق صوتی(هم جهت با حرکت مواد ومخالف آن)اختلاف زمانی بین ارسال ودریافت موج ایجاد میشود که مبنای خوبی جهت اندازه گیری فلو در لوله می شود.

- این اندازه گیر بسته به کاربرد به سه دسته تقسیم می شود

۱ - مدل Z
۲ - مدل V
۳ - مدل W

Z TYPE

- مدت زمان عبور موج از لوله، بستگي به مشخصات لوله و جنس سيال عبوري دارد كه در يك اندازه‌گيري خاص، ثابت مي‌باشند ودر كاليبراسيون دستگاه منظور مي‌گردند.
- همچنين اين مدت زمان، بستگي به جهت و سرعت عبور سيال در لوله نيز دارد.اگر مدت زمان رفت وبرگشت را بترتيب T_d, T_u باشد داريم:

$$T_d = \frac{L}{c + v\cos\theta} \qquad T_u = \frac{L}{c - v\cos\theta}$$

$$\Delta f = f_u - f_d = \frac{2v\cos\theta}{L}$$

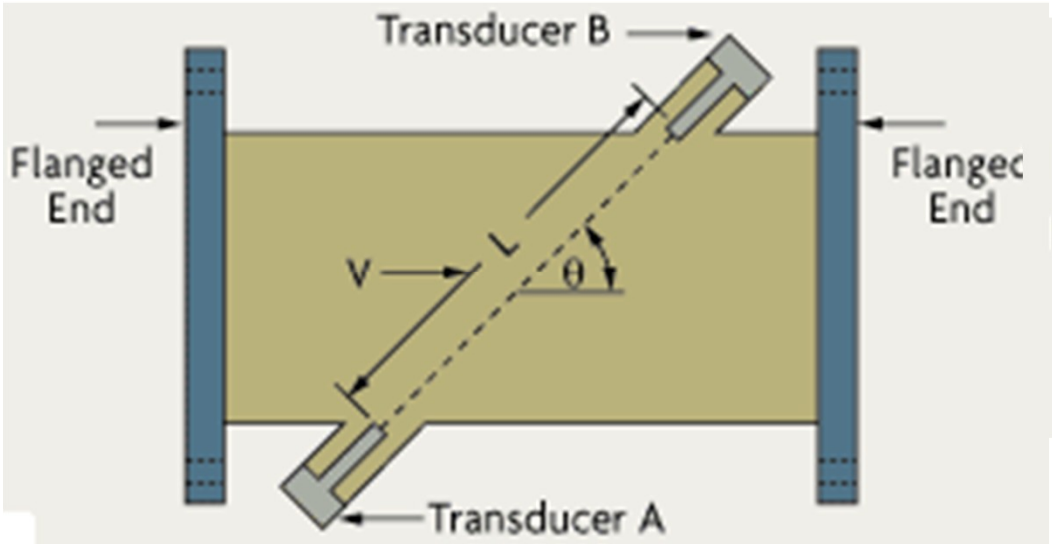
c:سرعت امواج داخل سيال

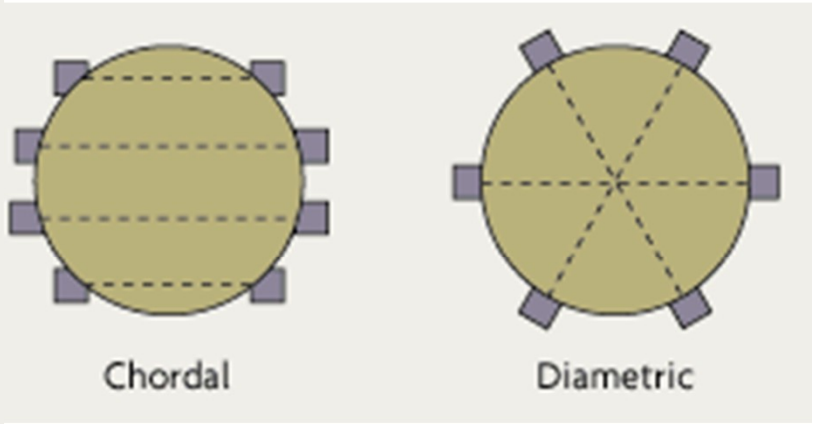
v سرعت سيال

L: فاصله بين فرستنده وگيرنده

θ :زاويه بين امواج ومحور اصلی

$$Q = v.A$$





کاربرد فلومتر نوع : Z

-زمانیکه محدودیت جا داشته باشیم

- زمانیکه سیال کدر(ذرات معلق) داشته باشد

- وقتی سطح داخلی لوله جرم داشته باشد

-این روش برای لوله های باریک پیشنهاد نمی شود.

مزیت عمده اینگونه اندازه‌گیرعبارتند از:

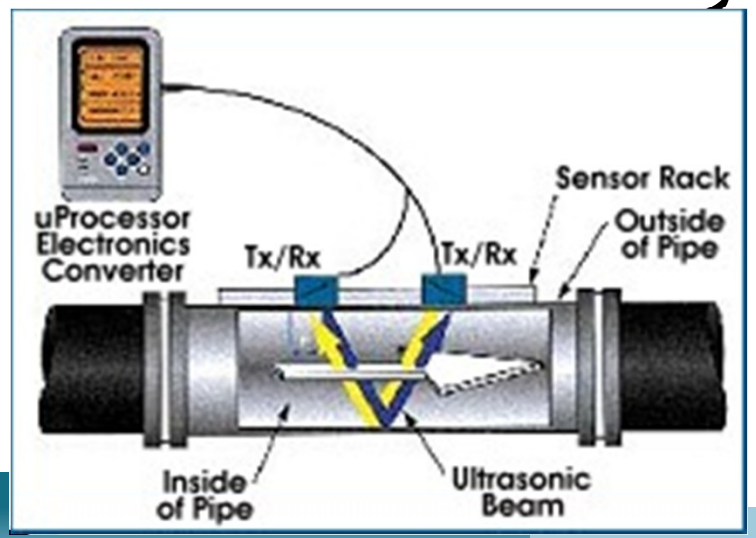
۱- هیچگونه اثری بر روی کمیت مورد اندازه‌گیری ندارند

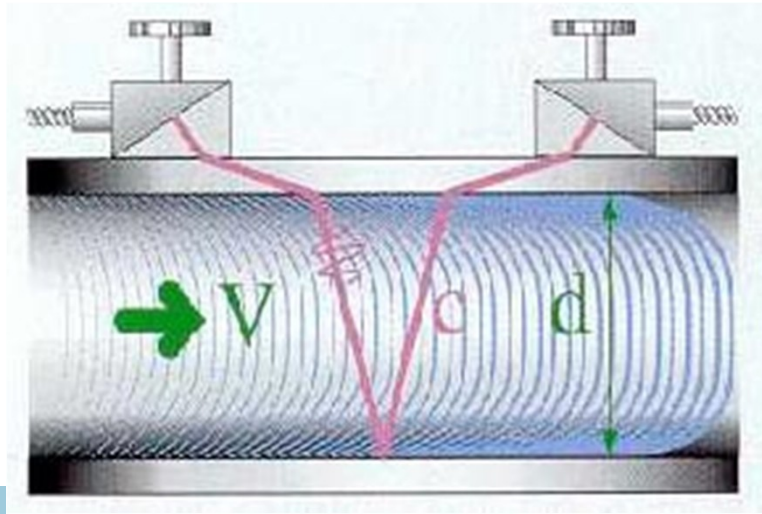
۲- دقت اندازه گیر $\pm 0.5\%$

۳ - سرعت خوبی دارد

V TYPE

- روش دیگری ازنوع زمان انتقال پالس نوعVمی باشد
- در این روش ترانسدیوسرها در یک طرف محل اندازه گیری قرار گرفته وفاصله آنهادر حدود قطر لوله است بطوری که سیگنالهای ارسالی از ترانسدیوسرهاپس از برخورد به طرف دیگرمسیر بازتابش شده وتوسط دیگری دریافت می گردد.





مقدار سرعت در این اندازه گیر از رابطه زیر بدست می آید.

$$V = \frac{k.d.\Delta T}{\sin 2\theta.(T_0 - \tau)^2}$$

θ : **زاویه برخورد سیگنال به لاین با محور عمودی،**

ΔT : **اختلاف بین زمان ارسال ودریافت،**

k:مقدار ثابت

v، سرعت مواد عبوری

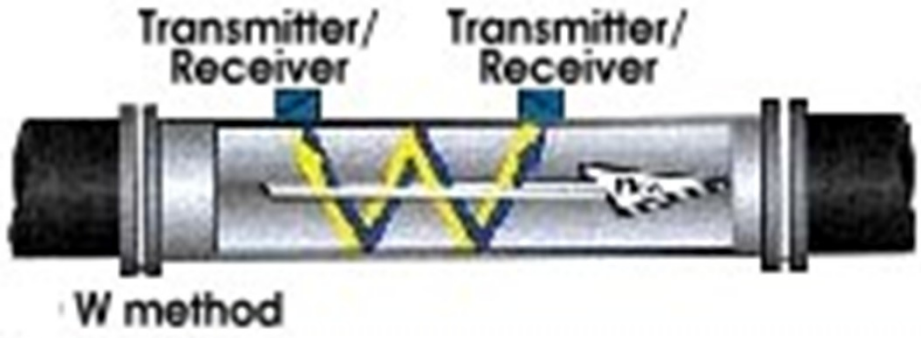
d قطر لاین،

T_0 **:زمان انتقال سیگنال از طریق دیواره داخلی لوله**

τ :زمان انتقال سیال در فلوی ثابت،

W TYPE

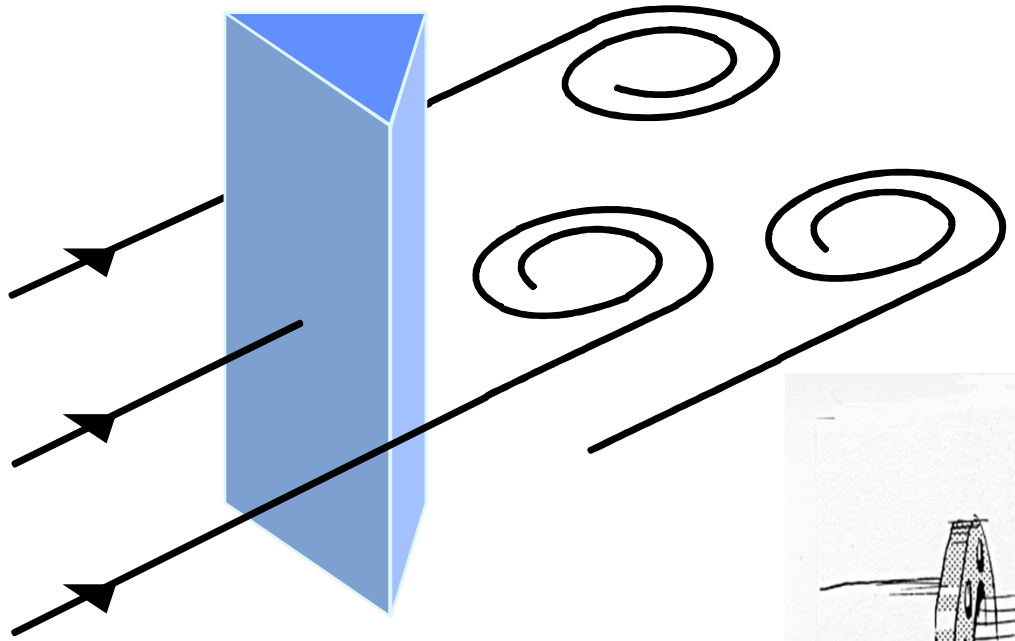
- در لوله های باریک معمولا از این نوع استفاده می شود
- معمولا در لوله های 0.5~1.5اینچ استفاده می شود
- دارای محدودیتهای زیر است.
- در لوله های رسوب دار خطا ایجاد می شود
- تیرگی مایع(ذرات معلق)خطا ایجاد می کند.

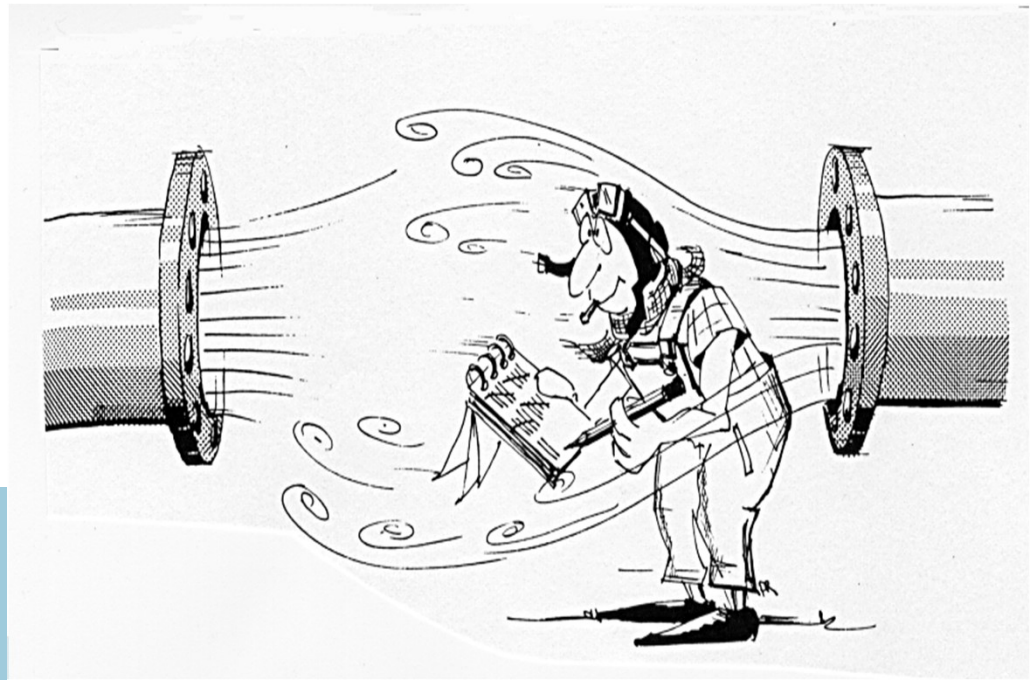


- بطور كلي مدل Transit T imeمي تواند در محدوده دمائي وسيعي از دماهاي بسيار پائين در اندازه گيري گازهاي برودتي تا مواد خيلي داغ استفاده شود .
- معايب :
- 1- داراي بازه اندازه گيري محدود
- 2- براي فلوهاي با سرعت بالا مناسب نيست
- 3- هزينه نصب بالا
- 4- دقت كمتر نسبت به داپلر دارند
- مزايا :
- 1- عدم تداخل آنها در خط لوله
- 2- امكان نصب برخي از مدلها در خارج از خط
- 3- امكان تعمير و تعويض آسان

اندازه گیر فلو گردابی (Vortex flow meter)

- بر اساس اثر پدیده تشکیل گردابی یا ورتکس عمل می کنند .
- زمانیکه سیال جاری به یک مانع یا جسم ناهموار برخورد و از کنار آن عبور می کند ، گردابی ها در نقطه جدایش سیال از سطح جسم بوجود می آیند گردابها با فاصله مشخص ودر دو گروه مشخص بطوریکه هر گرداب در یک گروه بین دو گرداب گروه دیگر قرار می گیرد.
- این فلومترها که بیشتر برای اندازه گیری دبی مایعات دارای ویسکوزیته پایین و گازها و بخارها استفاده می شوند
- پدیده جدایش گردابی ها از سطح جسم را shedding می نامند .
- چنانچه گردابی ها بوجود آمده به آن جسم که اصطلاحاً bluff body نامیده می شود و یا جسم دیگری برخورد نمایند ، سبب اعمال ضربه به آنها می شود .





- میزان و تعداد تشکیل این گردابی ها بستگی به سرعت سیال ، خواص سیال و شکل هندسی جسم دارد .
- لذا می توان با کالیبره نمودن دستگاه بر حسب یک سیال خاص و نیز جسم به کار رفته ، سرعت سیال را با شمارش تعداد گردابی ها به دست آورد .
- برای اندازه گیری این گردابی ها که بصورت متناوب در دو طرف جسم متقارن به کار رفته ایجاد می شود ، معمولاً از سنسورهای پیزوالکتریک و خازنی استفاده می شود .
- سنسورهای پیزوالکتریک با دریافت ضربه های گردابی ها ، تعداد آنها را شمارش می نمایند .
- در نوع سنسور خازنی که عملکرد اندازه گیری آن کمی پیچیده تر می باشد ، در اثر ضربه های وارده گردابی ها به bluff body ، سبب حرکت و نوسان آن به عنوان یک صفحه خازنی می شود و لذا با اندازه گیری تغییر نوسانی ظرفیت دو خازن ، تعداد گردابی ها شمارش شده و به این ترتیب سرعت سیال محاسبه می شود .

- اشکال bluff body که می تواند بسیار متنوع باشد عموماً دارای لبه تیز در سمت پر فشار جریان می باشد تا باعث تشکیل ورتکس های قویتر و در نتیجه افزایش دقت اندازه گیری شود .

ازرابطه زیر می توان فلو سیال را بدست آورد.

$$Q = V_1 . A_1 = \left(\frac{\pi}{4} D^2 - D.d \right) \frac{f.d}{S}$$

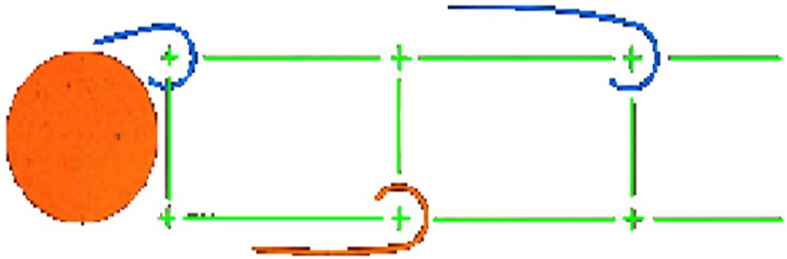
در رابط فوق داریم:

D: قطر لوله A_1 :سطح مقطع در محل قرار گرفتن مانع

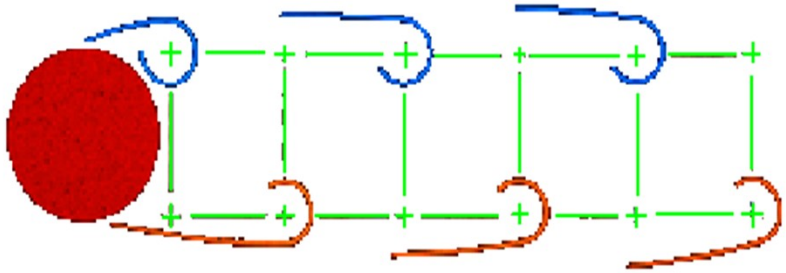
V_1 : سرعت سیال در محل قرار گرفتن مانع d: عرض جسم مکعب

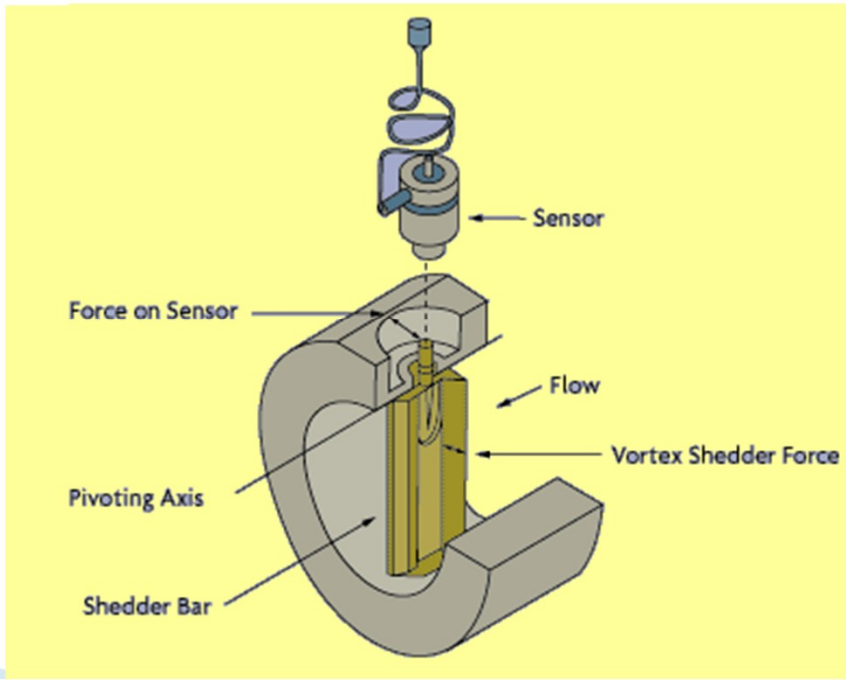
S: عدد استروهال (0.25 -0.18): فرکانس امواج سیال

LOWER
FLOW RATE



HIGHER
FLOW RATE





معايب :

- 1- در دبي هاي پايين ورتكس تشكيل نمي شود و يا بسيار ضعيف است .
- 2- در دبي هاي پايين در سيستم ايجاد خطا مي شود .
- 3- استفاده در مايعات خطاي بيشتري نسبت به گازها دارد .
- 4- استفاده در لوله هاي با قطر پايين تا حدود 12 اينچ .
- 5- حساسيت نسبت به ارتعاش و تغييرات ويسكوزيته سيال دارد .

مزايا :

- 1- هزينه پايين
- 2- استفاده آنها در دامنه وسيعي از دماهاي سيال بهتر است در سيال هاي تميز بكار رود .

Thermal Mass Flow Meter

- در این نوع از فلومترها به طور کلی با اعمال حرارت به سیال و اندازه گیری مقدار افزایش دمای آن که متناسب با سرعت جرم عبوری سیال است فلوی جرمی سیال اندازه گیری می شود .
- یکی از متداول ترین این نوع دما ثابت و جریان ثابت وجود دارد .
- در فلومتر جریان ثابت با عبور یک جریان ثابت الکتریکی از سیمی که عموماً تنگستنی می باشد و در مسیر عبور سیال قرار دارد ، انرژی گرمایی تولید شده را به آن سیال می دهد و دمای آن کاهش می یابد .
- به کمک یک اندازه گیر دما مثل ترموکوپل یا RTD ، میزان دبی جرمی سیال و اختلاف دمای سیم داغ و سیال می باشد .
- در نوع دما ثابت ، با اعمال جریان الکتریکی متغییر توسط مدار الکتریکی جبران ساز ، در هنگام عبور سیال ، دمای سیم را ثابت نگه می دارند و با اندازه گیری مقدار جریان ، دبی جرمی سیال محاسبه می شود.

Thermal Mass Flow Meter

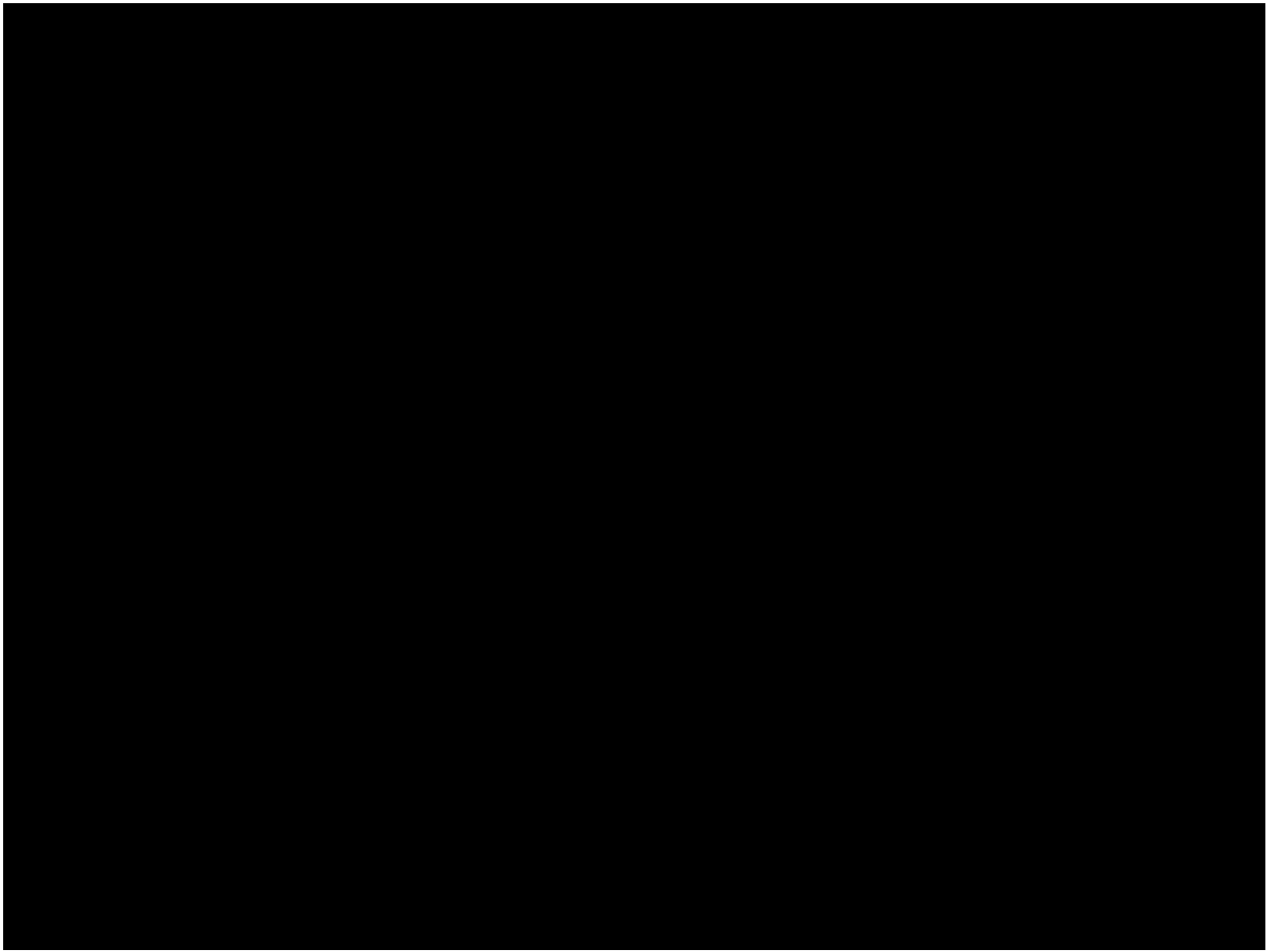
مزايا :

- 1- هزينه نصب اوليه پايين
- 2- دقت بالا
- 3- به كاربري آنها در مورد سيالات خورنده
- 4- داشتن بازه وسيع اندازه گيري فلو
- 5- افت فشار ناچيز اشاره نمود

معايب :

- 1- بسيار شكننده هستند
- 2- اغلب براي گازهاي تميز به كار مي روند

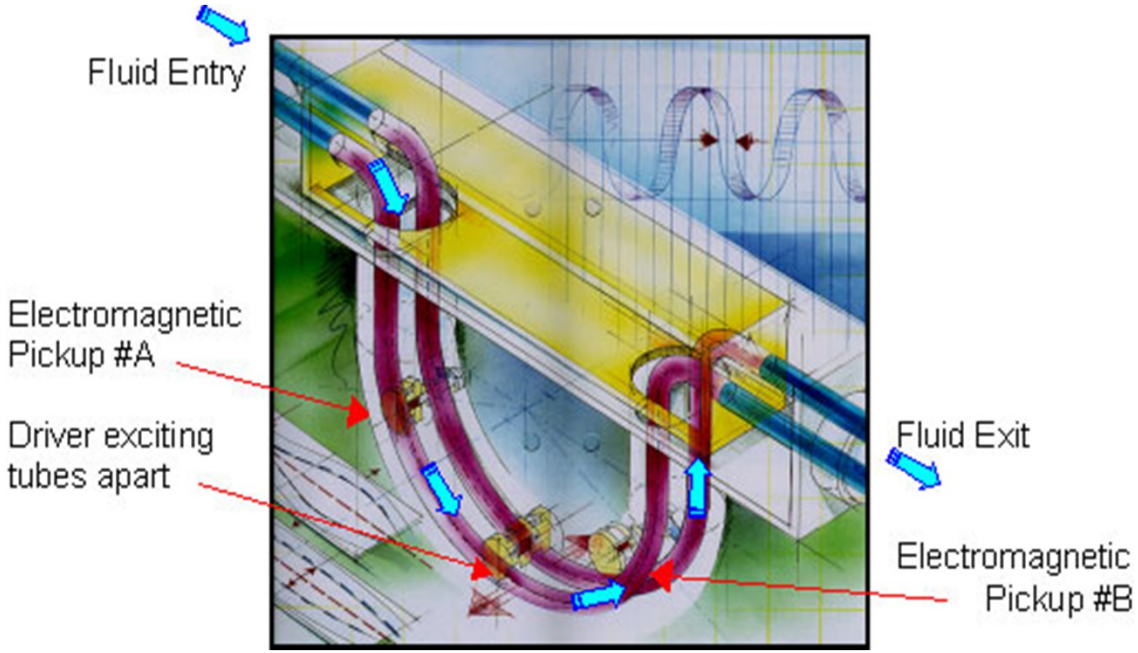
- روش دمای ثابت در مقایسه با روش جریان ثابت پاسخ سریعتر و دقیقتری دارد . برای اندازه گیری دبی های بالا در لوله های با قطر زیاد ، به جای سیم از یک شبکه حرارتی استفاده می شود .



اندازه گیر فلو با اثر کوریولیس(mass flow meters)

- فیلومترهای کوریولیس بر اساس یک پدیده فیزیکی به نام اثر کوریولیس عمل می کنند .
- کوریولیسهای منحنی شکل معمولاً از دو لوله مرتعش و نوع مستقیم از یک لوله مرتعش تشکیل یافته اند .
- به طور کلی در همه انواع این فلومترها سیال از داخل لوله های مرتعش عبور می کند . یکسری سیم پیچ برای آشکارسازی نوسانهای کوچک یا Micro motion لوله ها و یکسری آهنربا با لوله مجاور متصل می باشند.
- با نوسان لوله ها ،در هر سیم پیچ به دلیل تغییر میدان مغناطیسی حاصل از آهنربای مجاور ، یک ولتاژ نوسانی القا می شود .
- هنگامی که در ورودی جریان به فلومتر ، سیال به سمت نقطه ای که دارای ارتعاش است حرکت می کند . لوله به آن شتاب یا نیرو اعمال می کند . همین نیرو در سمت خروجی لوله ها ، باعث پیچش لوله می شود .
- این نیرو متناسب با جرم سیال عبوری از لوله هاست و نیروی کوریولیس نام دارد و سبب اختلاف فاز ولتاژ القایی در دو سیم پیچ طرفین لوله ها می شود . اختلاف فاز یا تاخیر زمانی بین موج ورودی و خروجی مستقیماً با دبی جرمی سیال متناسب است .

اندازه گیر فلو با اثر کوریولیس(mass flow meters)



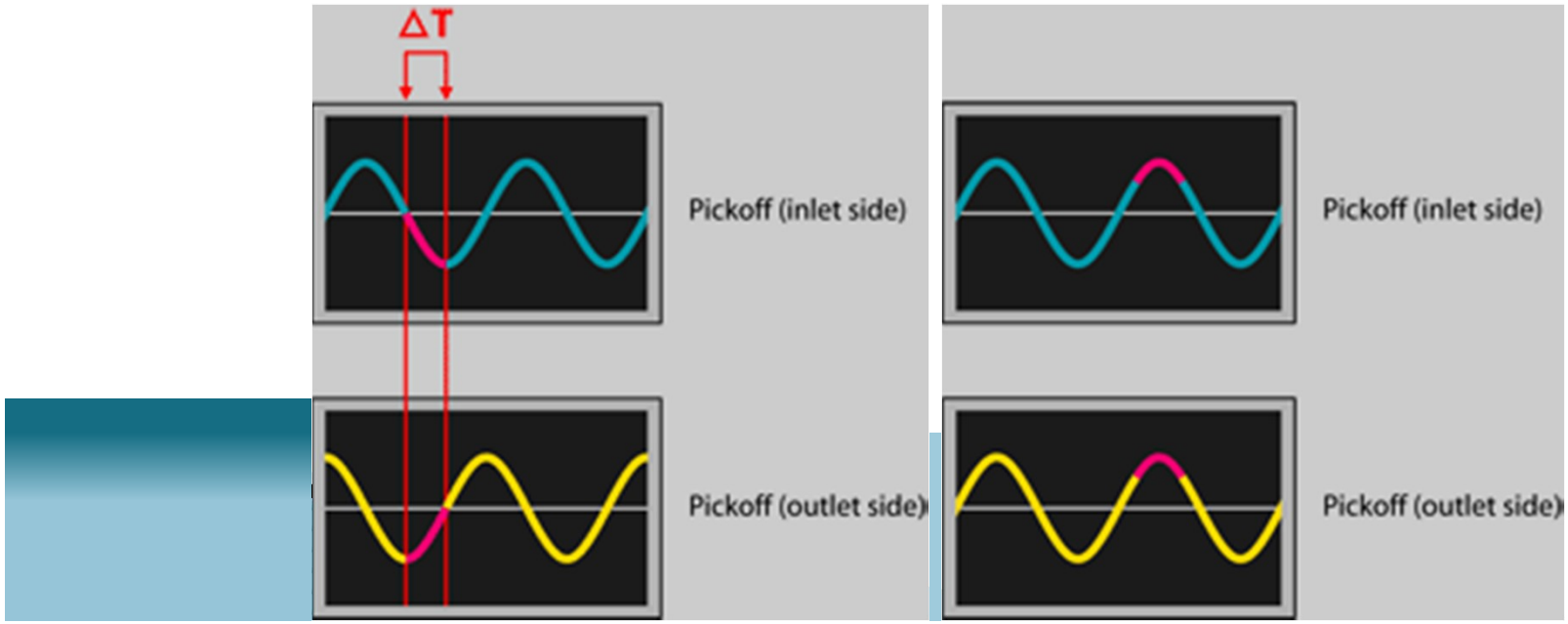
$$\dot{M} = \frac{C}{8r^2} \cdot \Delta t$$

Δt :اختلاف فاز بین دو آشکارساز

C: ضریب الاستیکی لوله

r: شعاع لوله **U**شکل

- این فلومتر ها در مورد سیالات تراکم پذیر مانند گازها ، به دلیل اندازه گیری مستقیم جرم سیال نسبت به دبی سنج های حجمی که دبی جرمی را به کمک دانسیته سیال محاسبه می نمایند ، دارای دقت بیشتری هستند .
- به همین دلیل یکی از بهترین گزینه ها برای اندازه گیری فلوی گازها ، فلومترهای کوریولیس می باشند .
- این دستگاه ها برای اندازه گیری دبی سیالات خورنده و سیالاتی که دارای ذرات جامد معلق می باشند به کار می روند .

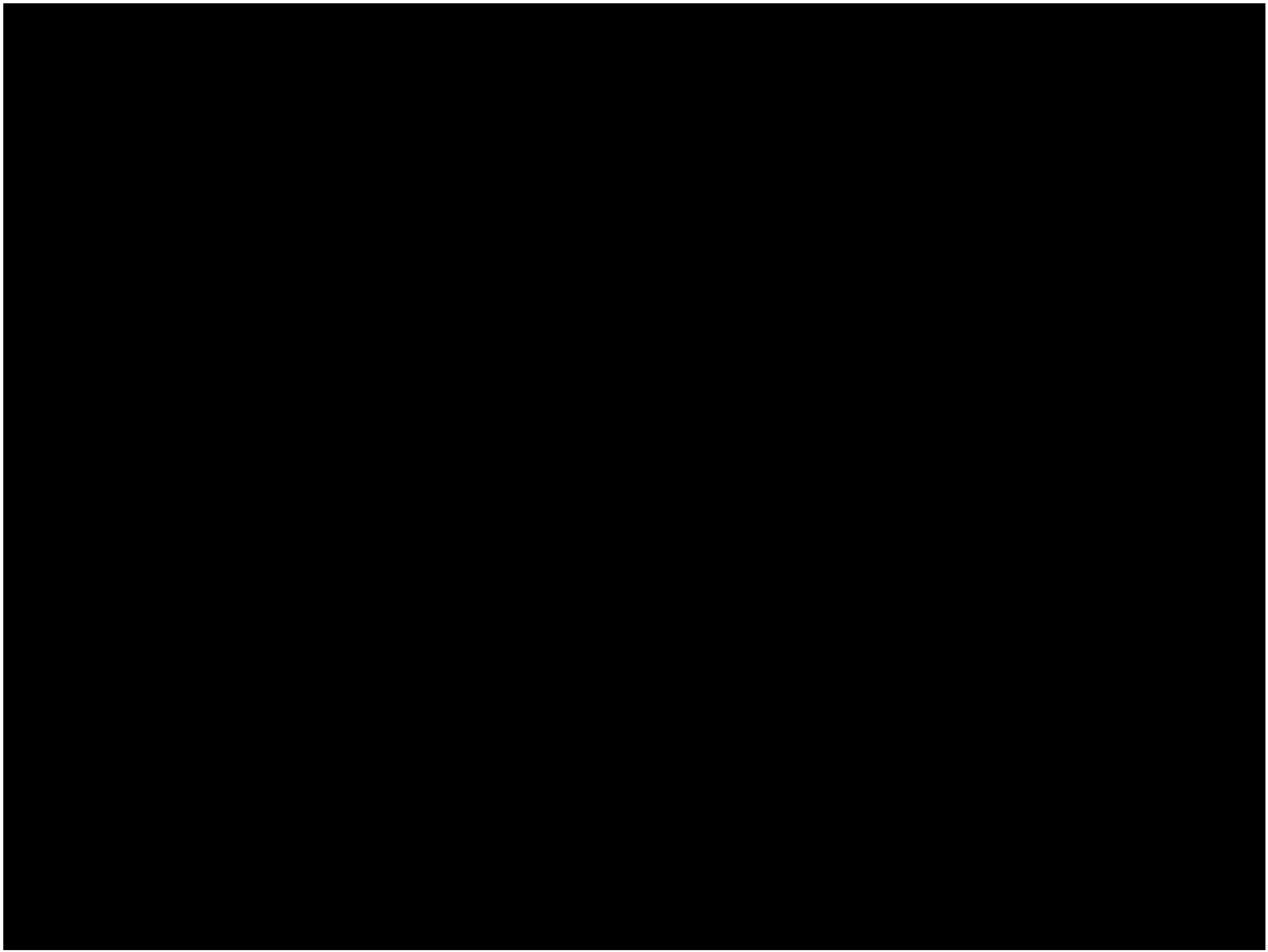


مزايا :

- 1- دقت بسيار بالا
- 2- اندازه گيري مستقيم جرم سيال عبوري
- 3- نصب آسان و سايش مكانيكي نسبتاً كمتر

معايب عمده :

- 1- قيمت بالاي اين نوع فلومترها
- 2- حجيم بودن آن در مقايسه با فلومترهاي مشابه
- 3- عدم به كارگيري آنها براي سيالات دو فازي

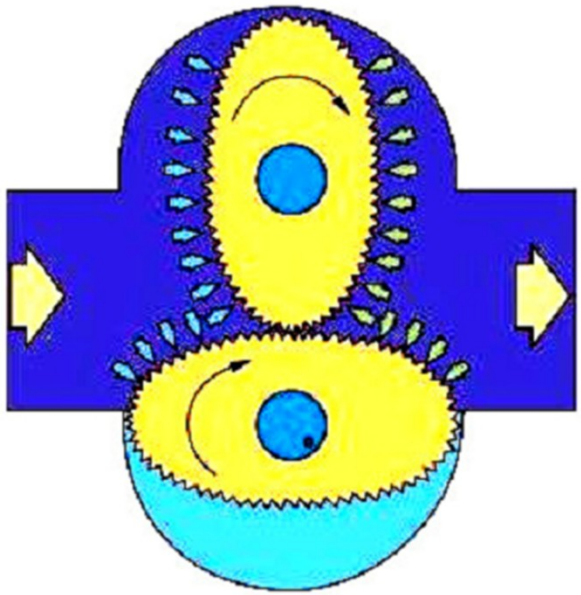


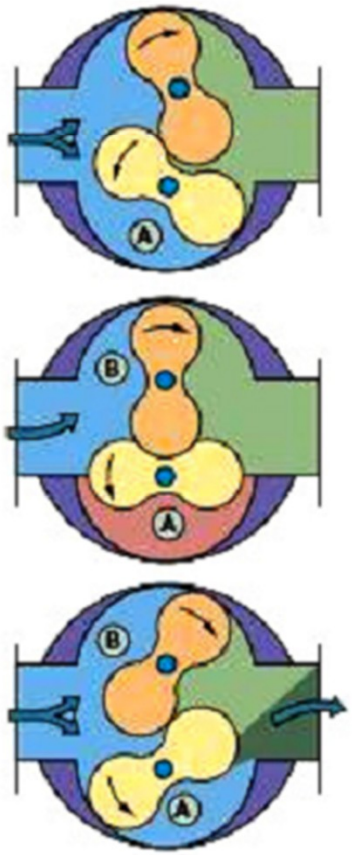
فلومترهاي جابجائي مثبت

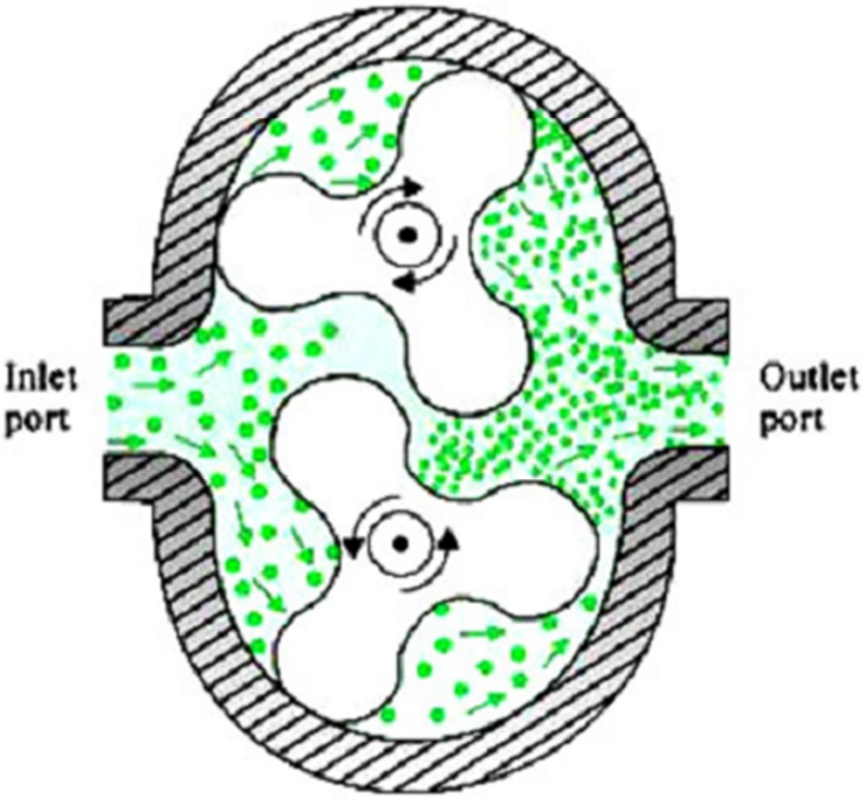
- فلومترهای مکانیکی است که به دو دسته تقسیم می شود

۱ - فلومتر های دوار

- شامل دو چرخدنده بیضوی است بصورتی که درخلاف حرکت همدیگر حرکت می کند
- اختلاف فشار بین مایع ورودی وخروجی باعث چرخش دنده ها می شود
- سیال ورودی بین چرخ دندها حبس شده و در اثر چرخش سیال به خروجی منتقل می شود
- به مقطع چرخش یک چرخ دنده یک چرخ دنده مکانیکی وصل نموده وتوسط کانتر میزان دبی محاسبه می شود

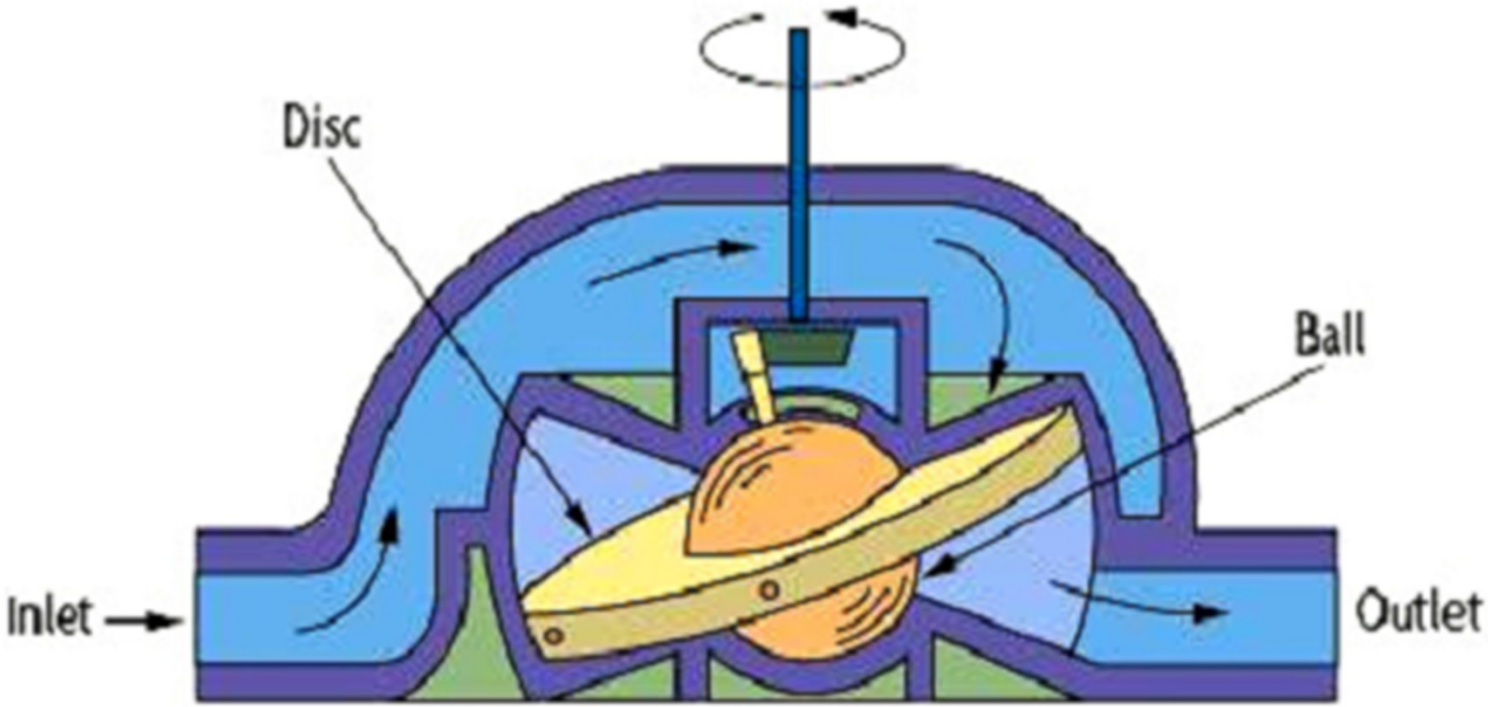


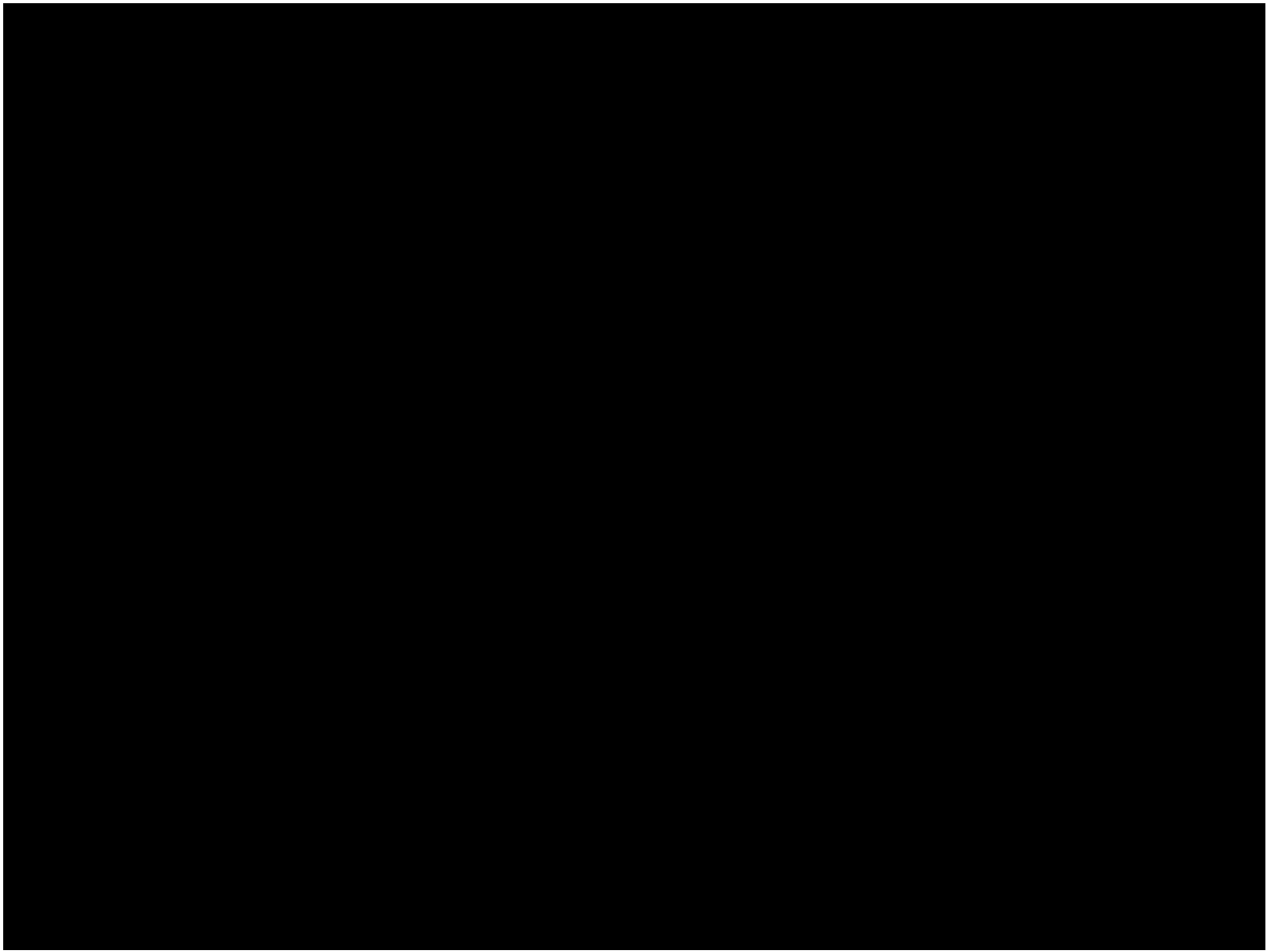

A
B
A
B
A

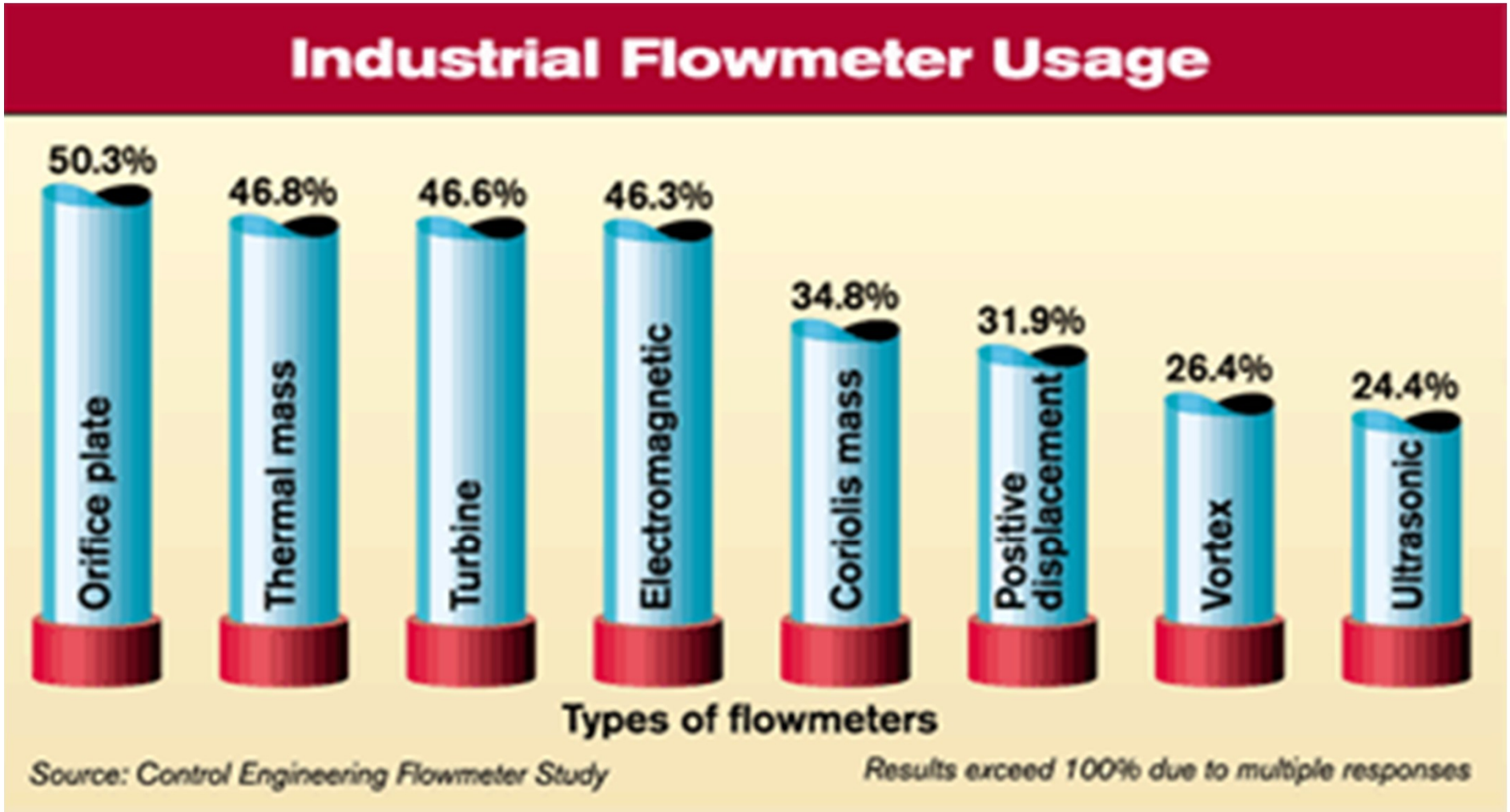

Inlet port
Outlet port

۲ - فلومتر های رفت وبرگشتی

- شامل یک دیسک بوده که روی یک گوی مرکزی نصب شده است
- میله ای گردان از بالای گوی بصورت عمودی روی سطح صفحه قرار دارد
- صفحه در درون یک محفظه مدور با مقطع به شکل دو مخروط هم راس حرکت می کند
- صفحه از یک طرف گوی در تماس با بالای محفظه و از طرف دیگر در تماس با انتهای محفظه می باشد
- در اثر حرکت تیغه شعاعی توسط مایع بطور متناوب باعث چرخش آن و محور می شود
- چرخش محور باعث چرخش چرخ دنده واندازه گیری مایع می شود


Disc
Ball
Inlet
Outlet




Industrial Flowmeter Usage
50.3%
Orifice plate
46.8%
Thermal mass
46.6%
Turbine
46.3%
Electromagnetic
34.8%
Coriolis mass
31.9%
Positive displacement
26.4%
Vortex
24.4%
Ultrasonic
Types of flowmeters
Source: Control Engineering Flowmeter Study
Results exceed 100% due to multiple responses

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.