



به نام خدا



دانشگاه تهران  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

ابزار دقیق

تمرین 4

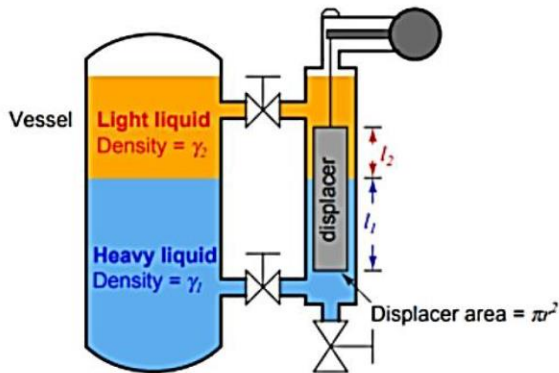
نام و نام خانوادگی	محمد مشرقی
شماره دانشجویی	۸۱۰۱۹۹۴۹۲
تاریخ ارسال گزارش	

## فهرست

۳.....	1
۴.....	۲
۵.....	۳
۵.....	الف
۵.....	Pulse counting
۶.....	Pulse timing
۷.....	ب
۸.....	4
۱۰.....	5
۱۶.....	۶
۱۶.....	روش ۱
۱۸.....	روش دوم
۲۱.....	7
۲۱.....	حساسیت
۲۱.....	بازه اندازه گیری

## سوال ۱)

مکانیزم اندازه گیری سطح به صورت زیر را در نظر بگیرید. با نوشتن روابط توضیح دهید چگونه و تحت چه شرایطی می توان نسبت حجم دو مایع در مخزن را بدست آورد.



در اینجا جمع نیرو های باید صفر شد در این قسمت

ما دو مایع و جرم ظرف رو داریم

برای محاسبات داریم:

$$\sum F = 0 \rightarrow Mg = \rho_1 g v_1 + \rho_2 g v_2 + T = \rho_1 g A l_1 + \rho_2 g A l_2 + T$$

$$= \rho_1 g \pi r^2 l_1 + \rho_2 g \pi r^2 l_2 + T$$

نتیجه:

$$Mg - T = g \pi r^2 (\rho_1 l_1 + \rho_2 l_2)$$

حال برای displacer رابطه دیگری نیز داریم:

$$l_1 + l_2 = h$$

که h ارتفاع displacer هست با توجه به دو رابطه بالا می توان ارتفاع مقادیر خواسته شده را بدست آورد

شرط:

در اینجا اولاً باید displacer بین دو مایع باشد که هم  $l_1$  باشد هم  $l_2$  یعنی باید از هر دو مایع به مقدار لازم داشته باشیم وگرنه displacer فقط در یک مایع می رود و نمی توان محاسبه کرد.

یک مخزن استوانه ای بر روی یک پایه وسط و چند پایه واقع در کنار مخزن مستقر می باشد. برای اندازه گیری سطح آب درون مخزن (h) بین پایه وسط و کف مخزن یک load cell و یک جسم کشسان قرار می دهیم. سطح مقطع مخزن دایره ای 2 متر مربع است. خروجی load cell به ازای 0 تا 50000 نیوتن، بین 0 تا 5 ولت تغییر می کند. اگر خروجی load cell به ازای  $h=0$  0.3 ولت باشد، آنگاه خروجی به ازای  $h=1m$  چقدر خواهد بود؟

باتوجه به صورت سوال وقتی  $h=0$  ولتاژ 0.3 هست یعنی فقط به خاطر وزن مخزن اینقدر ولتاژ داریم می توانیم نیروی ورودی به لودسل از طرف مخزن را بدست آوریم:

$$0.3 * = 0.3 * 10000 = 3000 N$$

که می شود 300 کیلوگرم

حال وقتی آب اضافه می کنیم تا یک متر از آن راپر کند می توانیم ولتاژ خروجی را بدست آوریم نیروی جاذبه را 10 و چگالی آب 1000 کیلوگرم بر متر مربع در نظر می گیریم

$$V = g \left( m_{\text{مخزن}} + \rho_{\text{آب}} v \right) * \frac{5 - 0}{50000 - 0} = 10 (300 + 2000) \frac{5 - 0}{50000 - 0} = 2.3v$$

برای اندازه گیری سرعت با استفاده از انکودر افزایشی می توان از دو روش pulse و pulse counting timing استفاده کرد.

الف) حداقل سرعت، حداکثر سرعت و دقت را برای هر یک از روش ها بدست آورید. (تعداد پالس های انکودر را 8000 در نظر بگیرید).

ب) با نوشتن شبه کد بیان کنید چگونه می توان با استفاده از انکودر N پالس زاویه را با دقت  $360/4N$  اندازه گیری کرد.

### الف

با توجه به سوال ابتدا پارامتر های مورد نیاز را تعریف می کنیم :

t زمان نمونه برداری ، n : تعداد پالس های شمرده شده ، N : تعداد پالس هر دور چرخش ، T : زمان هر پالس

### Pulse counting

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{2\pi n}{N}}{t} = \frac{2\pi n}{tN}$$

می دانیم که در زمان نمونه برداری تعدادی پالس در زمان های مشخص نسبت به هم داشتیم داریم:

$$t = Tn \rightarrow \frac{1}{T} = \frac{n}{t}$$

حال با ترکیب در عبارت بالا داریم :

$$\omega = \frac{2\pi n}{tN} = \frac{2\pi}{TN} = \frac{1}{T} \frac{2\pi}{N}$$

حال برای محاسبه سرعت داریم :

فرض می کنیم فرکانسمون  $f_0$  و با یک شمارنده m بیتی نمایش می دهیم داریم :

$$\omega_{max} = \frac{1}{T} \frac{2\pi}{N} = \frac{f_0 * 2\pi}{N}$$

حال اگر بخواهیم سرعت می نیمم را حساب کنیم داریم :

$$\omega_{min} = \frac{1}{T} \frac{2\pi}{2^m * N} = \frac{f_0 * 2\pi}{2^m N}$$

حال برای دقت داریم :

$$\text{Accuracy} = \frac{360}{N} = 0.045$$

حال اگر تعداد بیت را ۱۰ و فرکانس رو ۱ مگاهرتز در نظر بگیریم داریم :

$$\omega_{max} = \frac{1}{T} \frac{2\pi}{N} = \frac{f_0 * 2\pi}{N} = 79.5 \text{ rad per sec}$$

$$\omega_{min} = \frac{1}{T} \frac{2\pi}{2^m * N} = \frac{f_0 * 2\pi}{2^m N} = 0.007775 \text{ rad per sec}$$

### Pulse timing

k : تعداد لبه بالا رونده تا یک گام اتاف بیفتد و فرکانسمون  $f_0$  و با یک شمارنده m بیتی نمایش می دهیم با توجه به پارامتر هامون  $\frac{k}{f_0}$  مدت زمان نیست که یک گام حرکتی داریم

و با توجه به پارامتر بالا اگر هر دور را مثل حالت قبل برابر N بگیریم برای مدت زمان چرخش داریم

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{\frac{Nk}{f_0}} = \frac{2\pi f_0}{N} * \frac{1}{k}$$

حال برای سرعت ماکسیمم چون با یک کلاک می تونیم تشخیص بدیم داریم :

$$\omega_{max} = \frac{2\pi f_0}{N} * \frac{1}{k} = \frac{2\pi f_0}{N} * 1 = \frac{2\pi f_0}{N}$$

حال اگر بخواهیم سرعت می نیمم را حساب کنیم کلاک را به حداکثر مگذار نشان داده شده توسط بیت ها میرسانیم داریم :

$$\omega_{min} = \frac{2\pi f_0}{N} * \frac{1}{k} = \frac{2\pi f_0}{N} * \frac{1}{2^m} = \frac{f_0 * 2\pi}{2^m N}$$

حال برای دقت داریم :

$$\text{Accuracy} = \frac{360}{N} = 0.045$$

حال اگر دوباره جایگذاری کنیم داریم:

$$\omega_{max} = \frac{1}{T} \frac{2\pi}{N} = \frac{f_0 * 2\pi}{N} = 79.5 \text{ rad per sec}$$
$$\omega_{min} = \frac{1}{T} \frac{2\pi}{2^m * N} = \frac{f_0 * 2\pi}{2^m N} = 0.007775 \text{ rad per sec}$$

که نتایج یکسانی بدست آمد از آن

ب

```
#initail value
a_previous_state = False
b_previous_state = False
counter = 0

while clock_on:
    a_current_state = read_state_A()
    b_current_state = read_state_B()
    if a_current_state and not b_previous_state:
        counter += 1
    if not a_current_state and b_previous_state:
        counter += 1
    if b_current_state and not b_previous_state:
        counter += 1
    if not b_current_state and b_previous_state:
        counter += 1
    # Update previous states outside the if conditions
    a_previous_state = a_current_state
    b_previous_state = b_current_state
```

با جستجو در اینترنت در مورد رادار های FMCW توضیح داده و برای اندازه گیری سرعت و موقعیت اشیا توسط این رادار فرمولی ارائه کنید. (از ابتدا تا فرمول نهایی محاسبات ریاضی را بنویسید).

سیگنال رادار از طریق آنتن ساطع می شود، روی سطح محصول منعکس می شود و پس از مدتی دریافت می شود. اصل رادار مورد استفاده FMCW (موج پیوسته مدوله شده فرکانس) است.

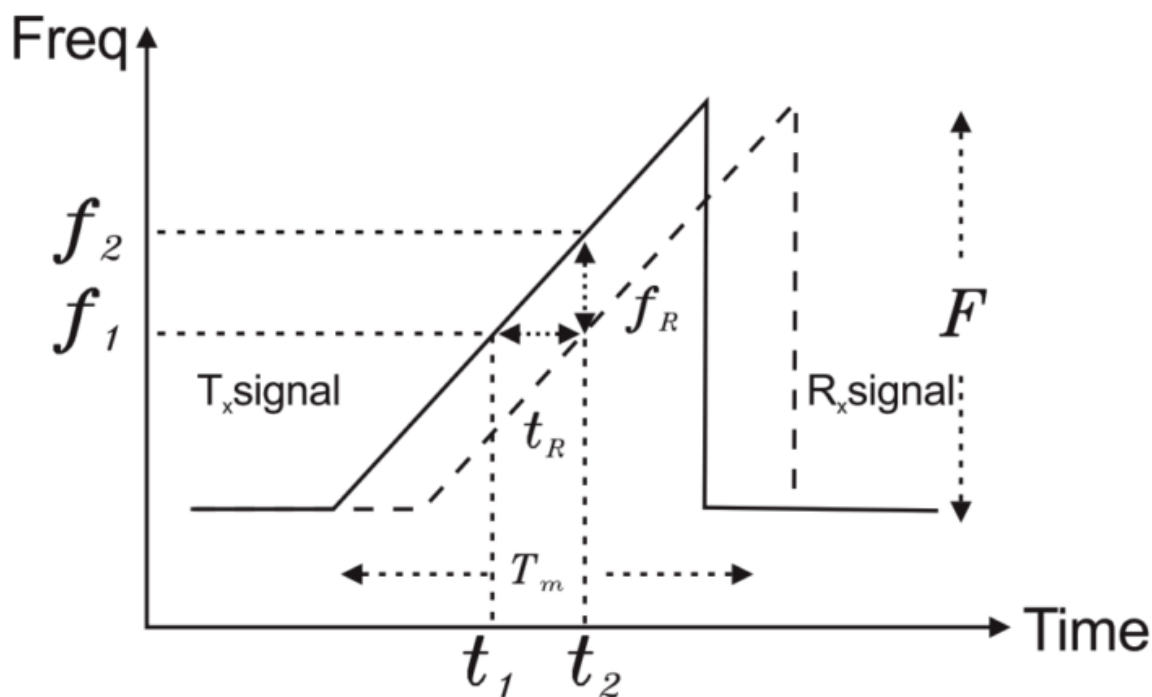
رادار FMCW سیگنالی با فرکانس بالا را ارسال می کند که فرکانس آن به صورت خطی در طول مرحله اندازه گیری (به نام جاروب فرکانس) افزایش می یابد.

سیگنال ساطع می شود، از سطح اندازه گیری منعکس می شود و با تاخیر زمانی دریافت می شود. زمان تاخیر،  $t=2d/c$ ، جایی که  $d$  فاصله تا سطح محصول و  $c$  سرعت نور در گاز بالایی محصول است.

برای پردازش سیگنال بیشتر، اختلاف  $\Delta f$  از فرکانس ارسال واقعی و فرکانس دریافت محاسبه می شود. این تفاوت با فاصله نسبت مستقیم دارد. اختلاف فرکانس زیاد مربوط به فاصله زیاد است و بالعکس.

اختلاف فرکانس  $\Delta f$  از طریق تبدیل فوریه (FFT) به یک طیف فرکانسی تبدیل می شود و سپس فاصله از طیف محاسبه می شود. سطح از تفاوت بین ارتفاع مخزن و فاصله اندازه گیری حاصل می شود

فاوت فرکانسی که توسط تبدیل فوریه سریع (FFT) برای شناسایی سیگنال در فرکانس متوسط (IF) پردازش می شود. این رادار FMCW با افزایش سیگنال/نویز و فیلتر کردن پژواک از طریق مدار Phase-Lock Loop (PLL) ذاتی است که بهترین راه حل برای محیط پیچیده و اندازه گیری با دقت بالا است.





### Design Formula :

که برای فرمولش داریم :

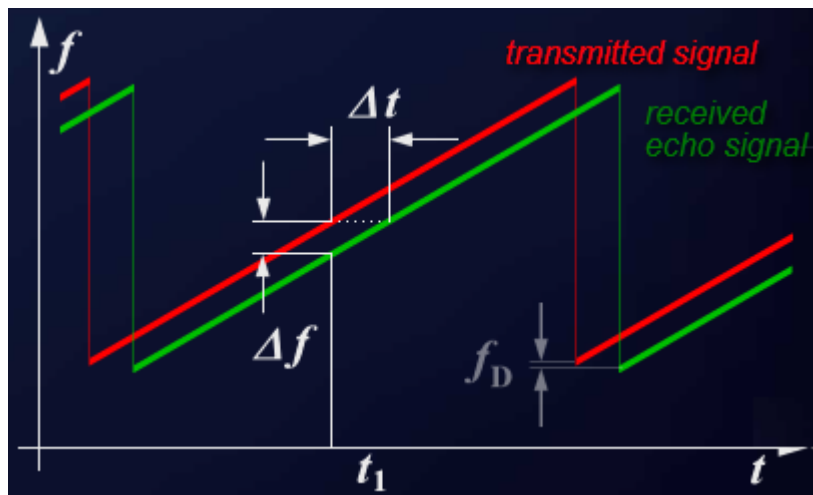
$$Slop = \frac{F}{T_m} = \frac{f_R}{t_R} = \frac{f_R}{\frac{2R}{c}} \quad t_R = \frac{2R}{c}$$

$$R = \frac{F_R \times c \times T_m}{2F}$$

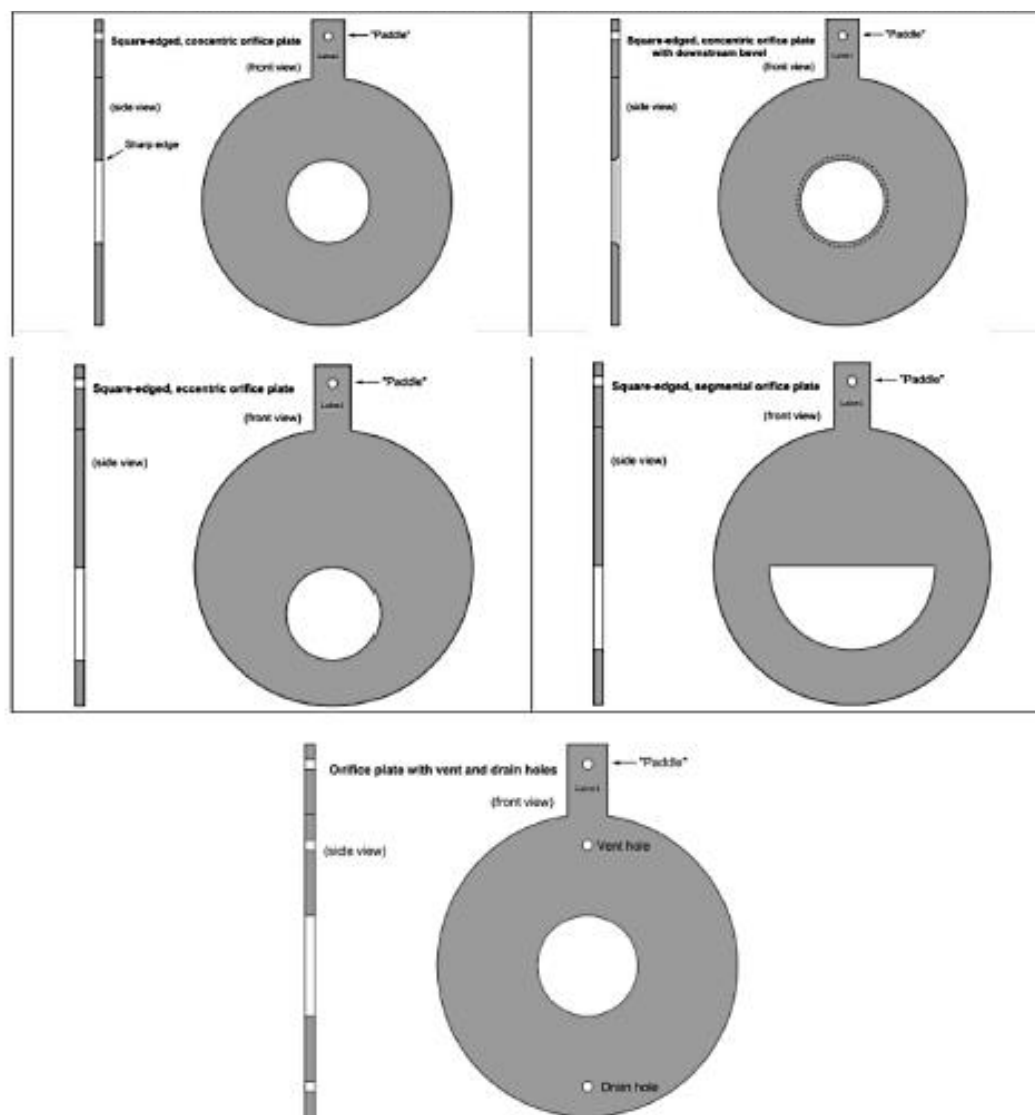
سیستم گیرنده سیستم راداری FMCW نه تنها اختلاف فرکانس  $\Delta f$  (به دلیل زمان اجرا) را برای محاسبه فاصله اندازه گیری می کند، بلکه فرکانس داپلر (به دلیل اثر داپلر) را برای محاسبه سرعت جسم با استفاده

$$f_{\text{dop}} = (2v_r/\lambda) = (2 \cdot f_t \cdot v_r/c)$$

از فرمول زیر



یکی از روش های اندازه گیری جریان استفاده از orifice plate ها است. این صفحه ها می توانند انواع زیر را داشته باشند. با جست و جو در منابع در مورد هر یک از این صفحه ها و موارد استفاده و مزایا و معایب استفاده از آن ها توضیح دهید

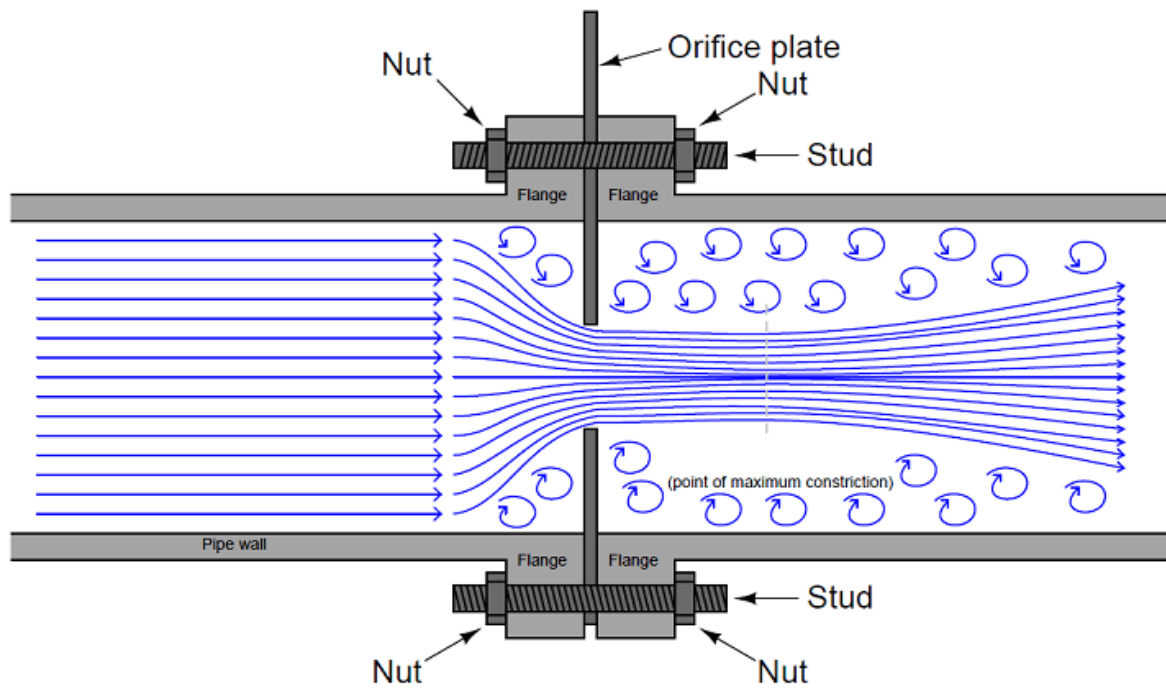


صفحات اوریفیس orifice plate یکی از محبوب ترین دستگاه ها در کنار فلومتر و ترانسمیتر فلو برای اندازه گیری و کنترل جریان سیال هستند. شکل و تیرانس ساخت صفحات مورد استفاده در کاربردهای اندازه گیری در نشریات استاندارد سازی بین المللی ISO، ASME AGA و غیره تعریف شده است از فرمولها و داده های موجود در این انتشارات روابط و مقادیر جریان فشار دیفرانسیل و سوراخ صفحه تعیین می شود.

در برنامه های کنترل جریان، صفحات روزنه دار به عنوان دستگاه های محدود کننده برای تنظیم جریان سیال یا کاهش فشار جریان پایین دست صفحه سوراخ دار استفاده میشوند استفاده از یک روزنه محدودیت ثابت میتواند با کاهش تقاضای سایر اجزای سیستم، جریان مفید و اقتصادی باشد.

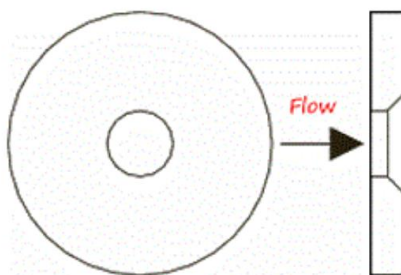
بر خلاف اریفیس های اندازه گیری اندازه گیری و طراحی اور فیس های محدودیت Restriction orifice توسط سازمانهای استاندارد تعریف نشده است. علاوه بر این اریفیسهای محدودیت که به اختصار "RO" نامیده میشوند اغلب در معرض شرایط جریان شدید مرتبط با کاهش فشار زیاد و شرایط مایع مربوطه ناشی از فلاش مایعات به گاز کاویتاسیون و جریان صوتی (خفه شده قرار دارند در کاربردهای طاقت فرسا تقلید از طراحی روزنه های اندازه گیری کافی نیست.

صفحات Orifice به طور معمول بین مجموعه ای از فلنج های اریفیس نصب می شوند و در یک لوله مستقیم صاف نصب می شوند تا از ایجاد اختلال در الگوی جریان اتصالات و شیرآلات جلوگیری شود.



### سوراخ لبه چهار گوش (استاندارد)

برای اریفیس با سوراخ متحدالمرکز لبه مربع، سوراخ و پخ، روش استاندارد محدود کردن ضخامت لبه صفحه است. در صورتی که روش دیگری مشخص نشده باشد، صفحات طبق استانداردهای پذیرفته شده کنونی پخ می شوند.

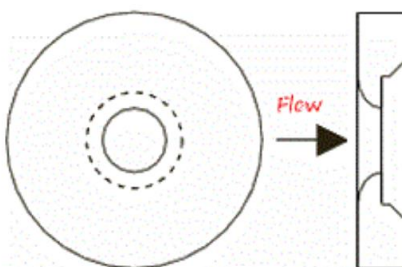


اریفیس با سوراخ لبه چهار گوش

با توجه به صفحه ورودی در انتها چون باز می شود و زاویه تقریباً ۴۵ درجه دارد باعث می شود که گرداب تشکیل نشود و که در نهایت باعث کاهش آسیب زدن به ورودی و لوله هستش این مدل برای مایعات خنثی و جریان گاز استفاده می شود

### سوراخ لبه ربع

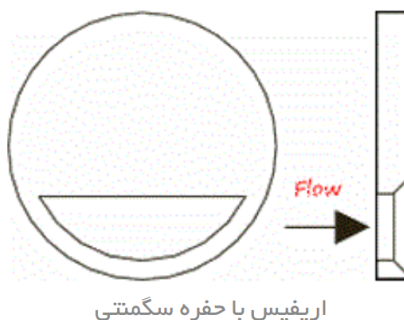
سوراخ لبه ربع، یک روزنه است که لبه ورودی آن گرد است. صفحه به جای پخ شدن، با ضخامت لبه مورد نظر سازگار است. شعاع سوراخ ربع دایره، تابعی از نسبت روزنه به لوله ( $d / D$ ) است. ضخامت در گلو برابر با شعاع است. این سوراخ مخصوصاً برای مایعات چسبناک مانند انواع خام سنگین، شیر و دوغاب با عدد رینولدز زیر ۱۰۰۰۰۰ طراحی شده است.



اریفیس با سوراخ لبه ربع

### حفره سگمتتی

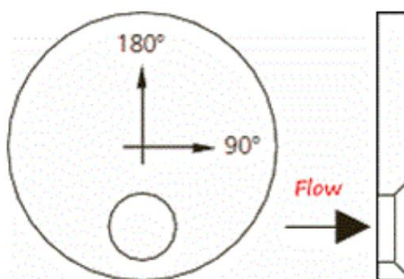
صفحات با سوراخ سگمتتی، برای اندازه گیری در جایی که مواد جامد در یک جریان گاز یا مایع همراه می شوند، ارائه می شوند. قسمت دایره ای سوراخ درون دایره ای حک می شود که به طور معمول ۹۸٪ قطر لوله است. دهانه مقطعی ممکن است در قسمت بالای یا پایین لوله قرار گیرد. صنایعی که از این منافذ استفاده می کنند شامل تصفیه فاضلاب، فولاد، مواد شیمیایی، تصفیه آب، کاغذ و پتروشیمی است.



اریفیس با حفره سگمتتی

### حفره غیر هم مرکز

صفحات اریفیس با سوراخ خارج از مرکز، صفحاتی هستند که روزنه در خارج از مرکز صفحه، قرار دارند. سوراخ روزنه خارج از مرکز به طور معمول در یک دایره که ۹۸٪ قطر لوله است، حک شده است، بنابراین امکان عبور مواد جامد یا دوغاب از آن فراهم هست. صفحات اریفیس خارج از مرکز، در بسیاری از صنایع از جمله مواد شیمیایی سنگین و سبک، فولاد، کاغذ، و پتروشیمی مورد استفاده قرار می گیرند.



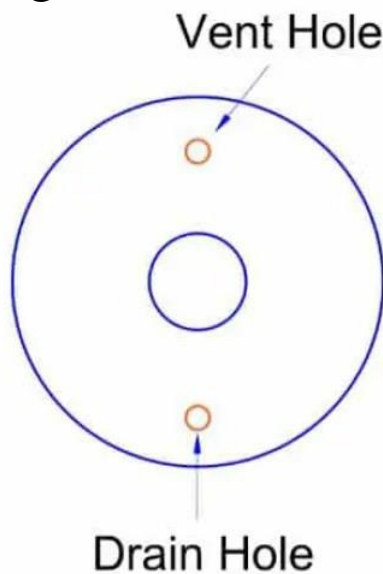
اریفیس با حفره غیر هم مرکز

در کل وقتی سوراخ پایین هست اکثرا برا مایعات با مواد جامد و وقتی سوراخ بالا هستش برای سیالات گازی استفاده می شود

علت وجود سوراخ بالا و پایین :

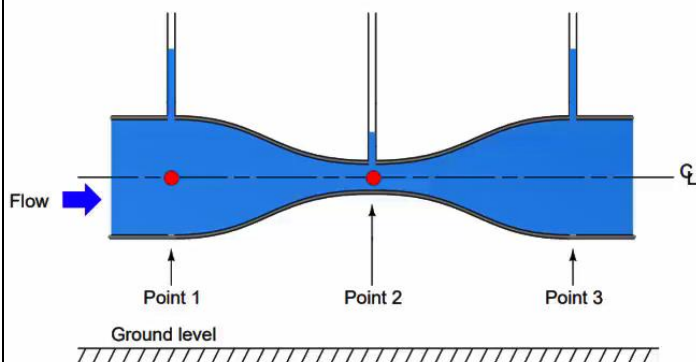
برای سوراخ بالا بعضی وقت ها کنار مایعات بخار هم داریم و برای اینکه بتوان مایع به راحتی جابجا شود بالا را سوراخ می کنیم که برا گاز باشد برای مثلا نوشابه سوراخ بالا ندارد و وقتی افقی می گیریم که خالی شود هوا نیاز دارد و قلوپ قلوپ می کند

برای سوراخ پایین گاهی وقت ها انتقال گاز داریم و در این انتقال به دلیل برخورد با سطح یا سردی سطح تبدیل به مایع می شود و چون سوراخ اصلی مرکز است نمی توان رد شود به این منظور یک سوراخ در پایین درست می کنیم تا مایع به راحتی جا به جا شود



برای فرمول آن داریم :

## Venturi tubes and basic principles



Bernoulli's Equation:

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 + P_1V = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + P_2V$$

$$\rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + P_1 = \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + P_2$$

$$h_1 = h_2 \rightarrow \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2) = P_1 - P_2$$

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow v_1 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)v_2 \rightarrow$$

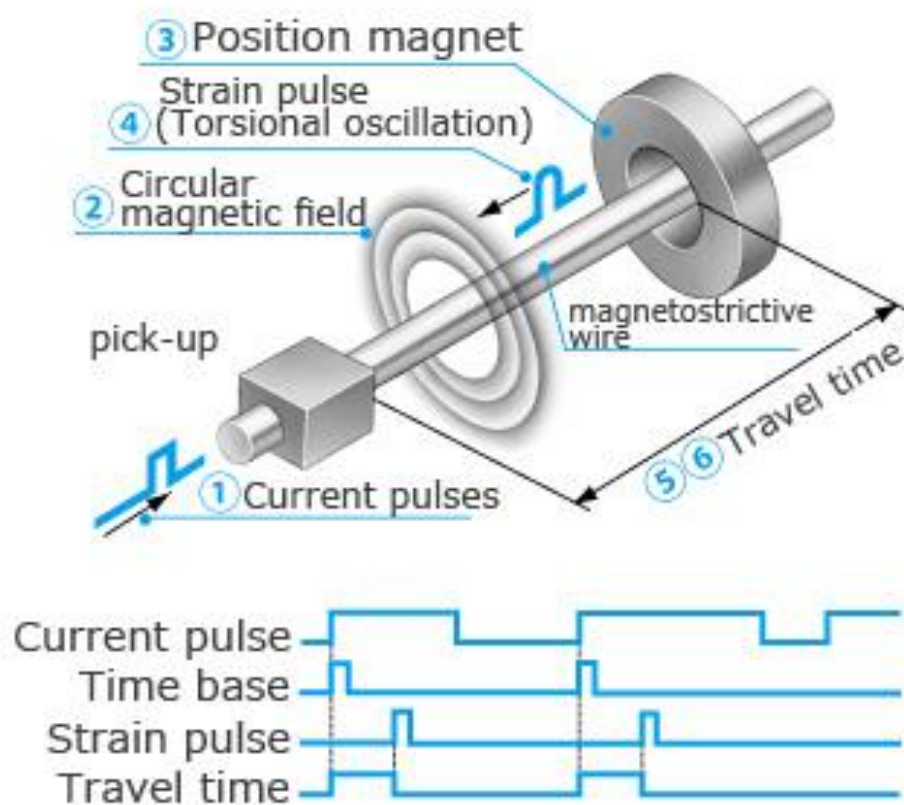
$$v_2 = \sqrt{2} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\rho}} \xrightarrow{\times A_2} Q = \sqrt{2} \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\rho}} \rightarrow Q = k \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\rho}}$$

## سوال ۶)

فرض کنید در مخزنی ۳ مایع با چگالی‌های متفاوت وجود دارد و می‌دانیم این سه مایع قابل حل شدن در هم نیستند. با مراجعه به منابع، برای تفکیک ارتفاع این ۳ مایع در مخزن دو روش را به صورت کامل توضیح دهید.

H1	مایع ۱
H2	مایع ۲
H3	مایع ۳

روش ۱





① Current pulse is applied to one end of magnetostrictive wire.



② Circular magnetic is generated, encompassing the entire wire.



③ Magnetic field from the position magnet and the circular magnetic field interact.



④ The interaction produces a strain pulse.



⑤ Travel time of the strain pulse to the pick-up is proportional to the distance the pulse travels.



⑥ The time elapsed is measured multiple times.



Remarkably accurate measurement is ensured

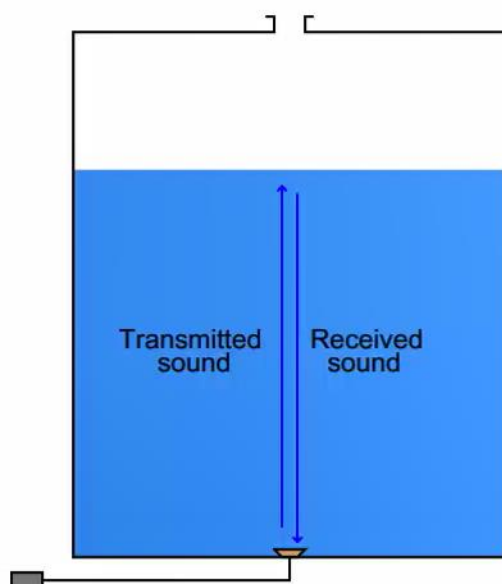
در این روش با گذاشتن سنسور های مغناطیسی روی سطح های هر کدوم از مایعات می توان ارتفاع را بدست آورد که با توجه به توضیحات با فرستادن پالس و درست شدن میدان مغناطیسی ارتفاع بدست می آید

## روش دوم

در این روش با استفاده از لودسل و التراسونیک و پیدا کردن ارتفاع سه مایع

خواسته سوال از ما بدست آوردن ارتفاع هر یک از سه مایع هستش برای همین ما سه مجهول داریم  $(H_1, H_3, H_2)$

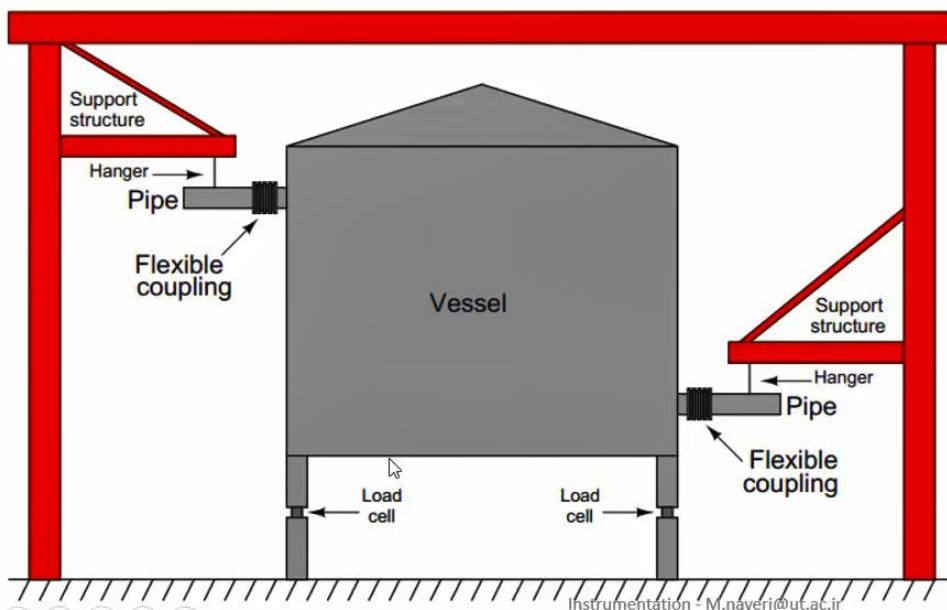
ابتدا با استفاده از سنسور آلتراسونیک در کف ظرف می توان ارتفاع مایع پایینی  $(H_3)$  بدست آورد چون به دلیل تفاوت چگالی دو مایع فراصوت بازتاب می شود و باز می گردد.



حال دو معادله داریم حال در ادامه داریم :

استفاده از لود سل :

## • Weight



با استفاده از لود سل داریم:

$$M_{total} = m_{vessel} + m_{liquid1} + m_{liquid2} + m_{liquid3}$$

$$M_{total} = m_{vessel} + \rho_1 H_1 A + \rho_2 H_2 A + \rho_3 H_3 A$$

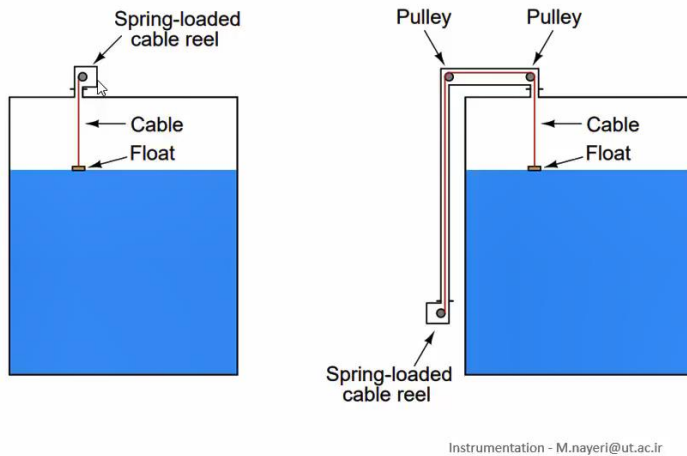
قبل از آزمایش جرم مخزن و ابعاد آن را اندازه می گیریم که داشته باشیم و با روش گفته شده ارتفاع مایع سوم رو هم بدست آوردیم

$$M_{total} - m_{vessel} - \rho_3 H_3 A = \rho_1 H_1 A + \rho_2 H_2 A$$

$$\frac{M_{total} - m_{vessel} - \rho_3 H_3 A}{A} = \rho_1 H_1 + \rho_2 H_2$$

برای معادله بعدی با گذاشتن یک شناور بالای مخزن مطابق شکل ارتفاع کل را بدست میاریم:

## Float



که با آن رابطه زیر بدست می آید

$$H_{total} = H_1 + H_2 + H_3$$

که ارتفاع مایع پایینی رو داریم:

$$H_{total} - H_3 = H_1 + H_2$$

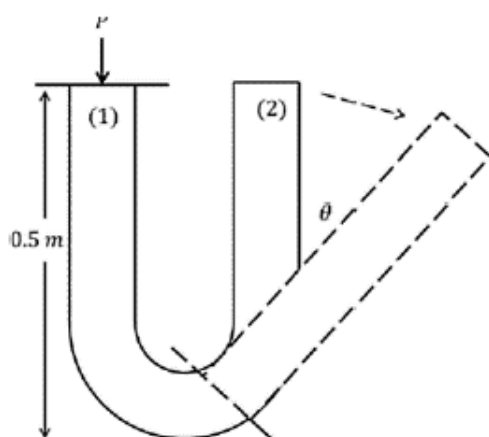
حال با حل دو معادله و دو مجهول جواب نهایی بدست می آید.

## سوال (۷)

در یک pressure gauge از مانومتر مطابق شکل زیر با درجه‌بندی روی شاخه‌ی متحرک ۲ استفاده کرده‌ایم. لوله توسط جیوه پر شده است. اگر تفکیک‌پذیری این دستگاه 5mm باشد، آن‌گاه با زاویه‌دار کردن شاخه‌ی محرک، نحوه‌ی تغییرات موارد زیر را بر حسب  $\theta$  بیان کنید.

الف) حساسیت

ب) بازه‌ی اندازه‌گیری دستگاه



## حساسیت

چون پارامتر مورد نظر فشار است برای حساسیت داریم

$$Sensitivity = \rho g A \cos \theta = 13600 * 9.8 * 5 * 10^{-3} * \cos \theta = 666.4 \cos \theta \text{ pa}$$

## بازه اندازه‌گیری

چون پارامتر مورد نظر بر حسب فشار است برای رنج داریم

$$Range = \rho g H \cos \theta = 13600 * 9.8 * 5 * 10^{-1} * \cos \theta = 66640 \cos \theta \text{ pa}$$

برای بازه اندازه‌گیری باید گفت که مقادیر همواره از صفر به  $66640 \cos \theta$  می‌رود.