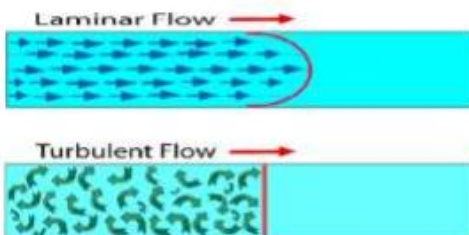


بخش ۱- مختصری از تئوری

قبل از شروع بحث، توضیح چند عبارت جهت یادآوری لازم است.

- **سیال:** ماده‌ای که می‌تواند جریان یابد (مایعات و گازها). جریان سیالات معمولاً توسط فلش‌های کوچکی نمایش داده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی جهت حرکت ذرات سیال نسبت به هم می‌باشد.
- **سرعت:** شدت جریان ذرات سیال در لوله یا خط انتقال را سرعت آن گویند. در محاسبات شدت جریان سیال، مقدار میانگین سرعت مورد نظر است.
- **جریان آرام^۱:** در مایعات وقتی سرعت به نسبت کم است، جریان آرام است و ذرات سیال به آرامی بصورت لایه‌های تقریباً موازی در حرکت هستند و تقاطع این لایه‌ها حداقل است. جریان در مرکز خط انتقال حداکثر مقدار را دارد و در لایه‌های کناری دارای افت اندکی می‌باشد. شکل نهایی جریان شبیه به مرمی گلوله است.
- **جریان متلاطم^۲:** وقتی سرعت سیال زیاد باشد، ذرات سیال به شدت در هم تنیده می‌شوند و جریان متلاطم می‌شود. در این شرایط مقدار زیادی از انرژی جنبشی سیال صرف غلبه بر این جریان‌های چرخشی می‌شود.



- **ویسکوزیته:** مشخصه‌ای از سیال که مربوط به مقاومت آن در برابر حرکت است. ویسکوزیته مایعات غلیظ بیشتر از آب، و ویسکوزیته آب بیشتر از هوا می‌باشد. در فرمول زیر رابطه بین چگالی (ρ)، ویسکوزیته (μ)، سرعت (V) و قطر لوله (D) آمده است. مقدار خروجی این رابطه را عدد رینولد می‌گویند.

$$R = \frac{VD\rho}{\mu}$$

- **مدل‌های جریان:** در صورتی که عدد رینولد در لوله مشخص کمتر از ۲۰۰۰ باشد، جریان آرام است. عدد رینولد بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ می‌تواند نشان‌دهنده جریان آرام یا متلاطم یا ترکیبی از هر دو باشد. عدد رینولد بزرگتر از ۵۰۰۰ معمولاً جریان متلاطم را نشان می‌دهد.
- **شدت جریان (دبی):** به حجم سیال عبوری از مقطع مشخص در واحد زمان دبی گفته می‌شود. ابزار اندازه‌گیری دبی، فلومتر یا جریان‌سنج نام دارد. واحد اندازه‌گیری دبی، مترمکعب بر ثانیه، لیتر بر دقیقه، لیتر بر ساعت و ... است.

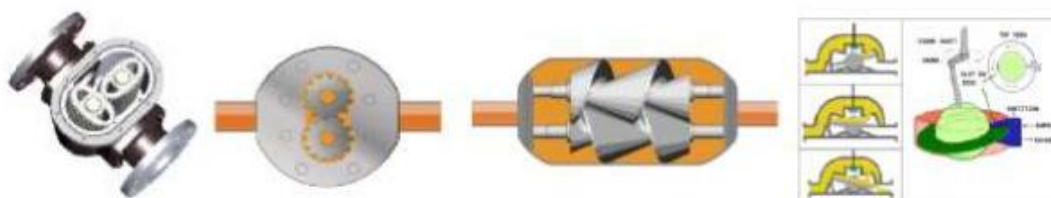
$$Q = VA$$

^۱ Laminar Flow

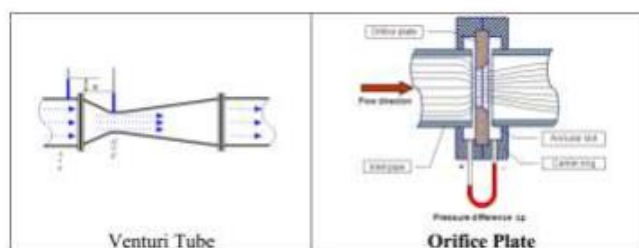
^۲ Turbulent Flow

انواع فلومترها:

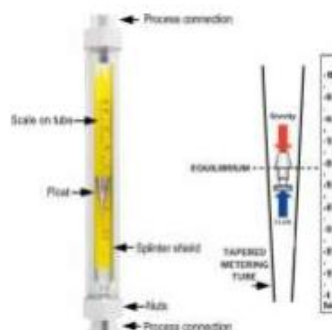
- **روش مستقیم:** در این روش حجم بصورت مستقیم اندازه‌گیری می‌شود. سیال از فلومتر عبور کرده و با شمارش پیمانه‌های عبور کرده از فلومتر در واحد زمان، شدت جریان محاسبه می‌شود. این دسته از فلومترها را با عنوان "فلومترهای جابجایی مثبت" می‌نامند که دقت بسیار خوبی نیز دارند. در شکل زیر نمونه‌هایی از این نوع فلومترها آمده است.



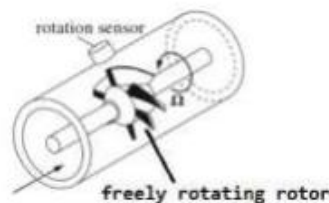
- **روش غیرمستقیم:** در این روش، اندازه‌گیری دبی از طریق یک کمیت واسطه که با شدت جریان رابطه دارد، صورت می‌پذیرد. از جمله روش‌های این دسته می‌توان به قانون برنولی اشاره کرد. در صورتی که سطح مقطع انتقال سیال کم شود، سرعت سیال تغییر خواهد کرد. با توجه به تغییر سرعت و رابطه فشار دینامیکی، می‌توان تغییرات فشار را اندازه گرفت و رابطه‌ای برای محاسبه دبی بدست آورد. در زیر چند نمونه از این فلومترها آمده است.



روش دیگر موجود در این دسته، سنجش نیروی اعمالی وارد بر مانع در مسیر سیال است. در این نوع ابزار، یک وزنه شناور در لوله عمودی قرار دارد. زمانی که جریانی در لوله نباشد، وزنه به دلیل گرانش در پایین‌ترین سطح ممکن قرار می‌گیرد. با ورود جریان به روماتر، نیروی بالابرنده توسط سیال به وزنه اعمال می‌شود. موقعیت نهایی وزنه، متناسب با شدت جریان تغییر می‌کند.



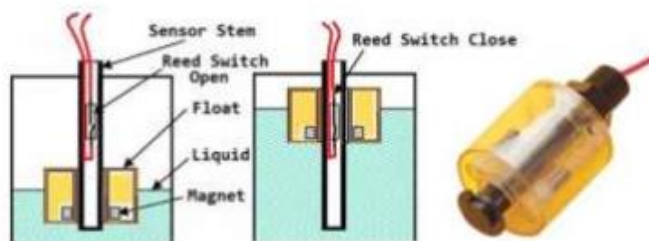
روش دیگر موجود در این دسته، استفاده از توربین در مسیر سیال است. با عبور سیال از توربین، پره‌های توربین قسمتی از انرژی جنبشی سیال را جذب کرده و حرکت می‌کنند. سرعت چرخش توربین متناسب با حجم سیال عبوری از فلومتر است.



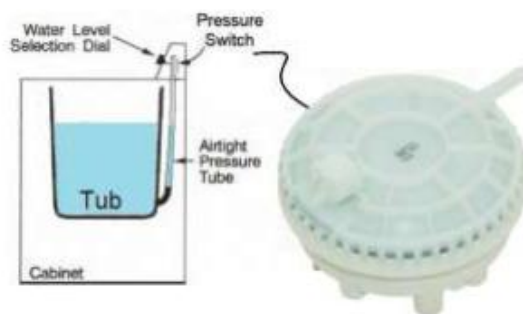
انواع حسگرهای سطح:

برای اندازه‌گیری سطح مایعات، روش‌های متنوعی وجود دارد. عمدتاً می‌توان این حسگرها را به دو دسته آشکارساز سطح و اندازه‌گیری دقیق سطح تقسیم‌بندی کرد. در سنسورهای نوع اول، رسیدن سطح مایع به مقدار خاصی توسط سنسور سنجیده می‌شود و در نوع دوم مقدار سطح فعلی مایع بدست می‌آید.

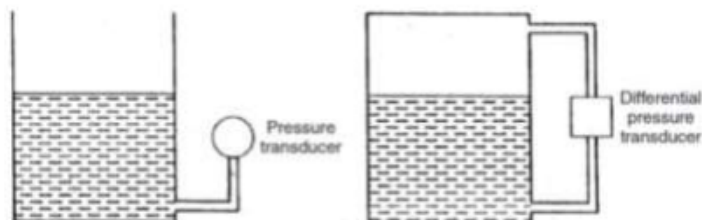
- **آشکارسازهای سطح:** یکی از پرکاربردترین سنسورهای نوع اول، آشکارساز سطح مغناطیسی یا سوئیچ شناور است. این سوئیچ دارای یک میله است که روی آن سنسورهای مغناطیس‌سنج قرار دارند. یک شناور به میله متصل است که با سطح مایع حرکت می‌کند. داخل شناور قطعه آهنربایی قرار دارد که با رسیدن به سنسورهای مغناطیس‌سنج باعث فعال شدن خروجی آنها می‌شود.



از این دسته سنسورها می‌توان به هیدروستات نیز اشاره کرد. در این نوع آشکارسازها، یک حجم هوا در محفظه بسته قرار دارد که با بالا رفتن سطح مایع، فشار این محفظه افزایش می‌یابد. با سنجش فشار و اعمال آستانه تغییر به آن می‌توان عملیات آشکارسازی سطح را انجام داد. از این سنسورها در ماشین لباسشویی استفاده می‌شود.



سنسورهای اندازه‌گیری سطح: برای سنجش سطح می‌توان از اختلاف فشار ناشی از وجود مایع در لوله استفاده کرد. در این روش، فشار متناسب با وزن مایع روی سنسور است که توسط سنسور اندازه‌گیری شده و تبدیل به حجم مایع و در نهایت سطح آن می‌شود.



یکی دیگر از روش‌های متداول در اندازه‌گیری سطح مایعات، استفاده از خازن است. در صورتی که خازنی بصورت عمودی وارد مایع شود، بخشی از آن دارای دی‌الکتریک هوا و باقی آن دارای دی‌الکتریک مایع خواهد بود. با محاسبه مقدار خازن و داشتن روابط لازم، می‌توان عمق مایع را بدست آورد.

انواع حسگرهای رطوبت:

رطوبت، به میزان بخار آب موجود در هوا گفته می‌شود. در حالت کلی سه تعریف برای رطوبت وجود دارد:

- **رطوبت ویژه:** جرم بخار آب موجود در واحد جرم هوای مرطوب، رطوبت ویژه نام دارد و واحد آن گرم بر کیلوگرم است.
- **رطوبت مطلق:** جرم بخار آب در واحد حجم هوا رطوبت مطلق نام دارد و واحد آن گرم بر متر مکعب است.
- **رطوبت نسبی:** نسبت بخار آب موجود در هوا به حداکثر بخار آبی که هوا در همان شرایط دمایی و فشاری می‌تواند داشته باشد، رطوبت نسبی نام دارد و بر حسب درصد بیان می‌شود.

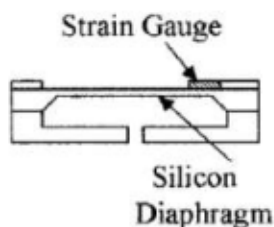
روش‌های اندازه‌گیری رطوبت به دو دسته کلی مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شوند. روش‌های مستقیم قادر به سنجش رطوبت نسبی هوا هستند. در این روش، سنسورهایی استفاده می‌شود که دارای پارامتر فیزیکی (طول، مقاومت، سطح و ...) متغیر با رطوبت هستند.

فشار در واقع همان نیروی اعمالی بر واحد سطح است. در صنایع مختلف برای کنترل نیروی اعمال شده توسط عملگرها معمولاً از سنسورهای فشارسنج استفاده می‌شود. همچنین در بسیاری از فرآیندهای شیمیایی دانستن مقدار فشار ضروری است. اندازه‌گیری فشار به یکی از روش‌های زیر صورت می‌پذیرد:

۱. فشار مطلق^۱: فشار یک نقطه نسبت به خلا^۲ (فشار ۰) اندازه‌گیری می‌شود.
۲. فشار گیج^۳: فشار نسبت به فشار اتمسفر^۴ اندازه‌گیری می‌شود.
۳. فشار مهرشده^۵: فشار نسبت به فشار ۱ بار اندازه‌گیری می‌شود.
۴. فشار تفاضلی^۶: اختلاف بین دو فشار اندازه‌گیری می‌شود.

برای سنجش فشار حدوداً پنجاه نوع تکنولوژی ساخت متفاوت وجود دارد. برای دسته‌بندی این سنسورها، معیارهای مختلفی مطرح شده که رنج کاری، دمای عملیاتی و قابلیت اندازه‌گیری فشار دینامیکی و یا استاتیکی از جمله این معیارهای دسته‌بندی هستند. در ادامه برخی از تکنولوژی‌های موجود برای سنجش فشار معرفی شده است:

۱. مقاومتی: با نصب یک استرین گیج^۷ بر روی دیافراگم می‌توان تنش ناشی از تغییر شکل دیافراگم را اندازه‌گیری کرد.



۲. خازنی: از تغییر شکل دیافراگم برای تغییر ظرفیت خازن استفاده می‌شود. تغییرات خازن در حد پیکوفاراد بوده و ممکن است خطی نباشد.

^۱ Absolute Pressure

^۲ Perfect Vacuum

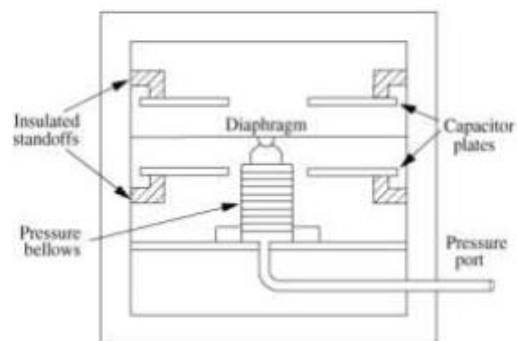
^۳ Gauge Pressure

^۴ Atmospheric Pressure

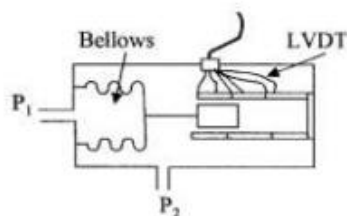
^۵ Sealed Pressure

^۶ Differential Pressure

^۷ Strain Gauge



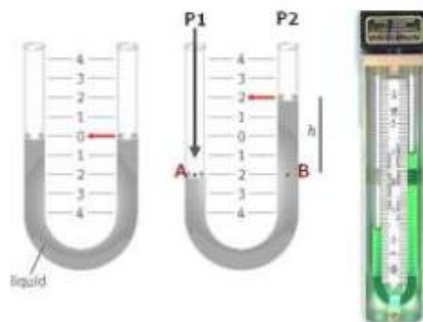
۳. **القایی** : استفاده از اثر هال^۱، LVDT، جریان گردابی^۲ و دیگر روش‌های الکترومغناطیسی در سنجش فشار می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.



۴. **پیزوالکتریک** : مواد پیزوالکتریک با تغییر شکل ولتاژ تولید می‌کنند. این تغییر شکل ناشی از فشار اعمال شده بر آنها است.

۵. **نوری** : تغییرات فیزیکی یک فیبر نوری که تحت فشار است می‌تواند برای اندازه‌گیری مقدار فشار مورد استفاده قرار بگیرد.

۶. **مانومتر**^۳ : تغییرات فشار می‌تواند مایع موجود در یک لوله را جابجا کند.



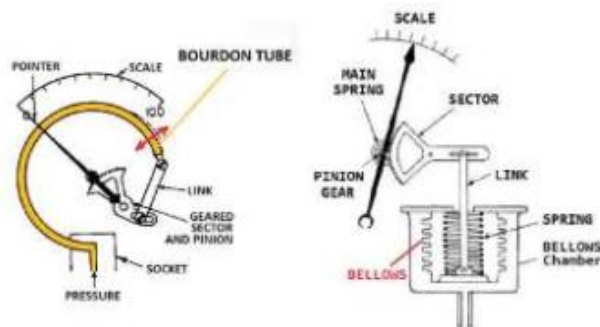
۷. **گیج** : به کمک لوله بوردن^۴ یا بلوز^۱ می‌توان تغییر حجم ناشی از فشار را اندازه‌گیری کرد.

^۱ Hall Effect

^۲ Eddy Current

^۳ Manometer

^۴ Bourdon Tube



البته روش‌های متفاوت دیگری نیز برای اندازه‌گیری فشار وجود دارد. برای مطالعه در مورد انواع روش‌های می‌توانید از منابع موجود بهره‌مند شوید.

برای تبدیل واحدهای استاندارد فشار می‌توانید از جدول زیر استفاده کنید.

Bar	Pound/square inch	Kilopascal	Megapascal	Kilogram force/centimeter square	Millimeter of mercury	Atmospheres
bar	psi	kPa	MPa	kgf/cm ²	mm Hg	atm
1	14.50326	100	0.1	1.01968	750.0188	0.987167
0.06895	1	6.895	0.006895	0.070307	51.71379	0.068065
0.01	0.1450	1	0.001	0.01020	7.5002	0.00987
10	145.03	1000	1	10.197	7500.2	9.8717
0.9807	14.22335	98.07	0.09807	1	735.5434	0.968115
0.001333	0.019337	0.13333	0.000133	0.00136	1	0.001316
1.013	14.69181	101.3	0.1013	1.032936	759.769	1

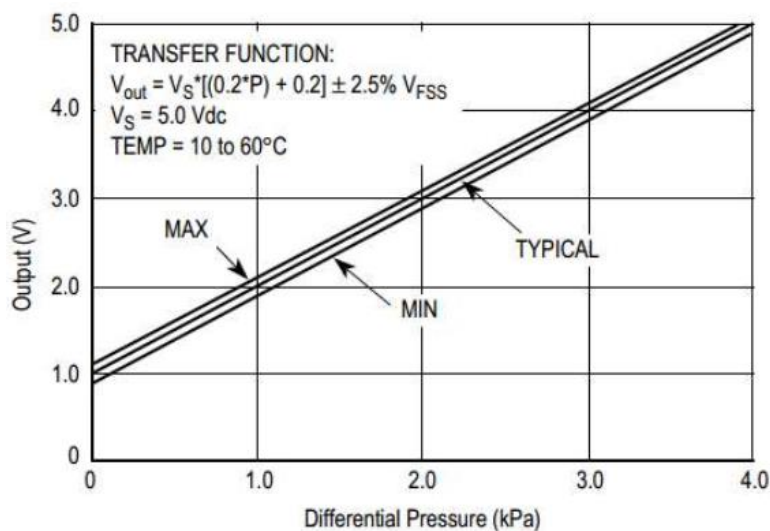
بخش ۲- فعالیت آزمایشگاهی

بررسی سامانه Flow و Level

- به کمک دستیاران آموزشی ساختار چرخش مایع داخل سیستم و هر یک از اجزای اندازه گیرنده را درک کنید.
- درایور را به پمپ آب وصل کنید.
- شیر خروجی مخزن را ببندید.
- Level Switch دو سطحی براساس شناور را داخل مخزن قرار دهید
- ولتاژ را به آرامی روی ۱۰ ولت قرار دهید و هنگام افزایش ولتاژ رفتار روتامتر را بررسی کنید.
- رفتار Level Switch را بررسی کنید.
- هنگامی که مخزن پر شد ولتاژ را صفر کنید و شیر خروجی مخزن را باز کنید تا به آرامی سطح آب پایین بیاید. سپس با اتصال یک ولت متر به خروجی سنسور فشار جدول زیر را تکمیل کنید:

ارتفاع آب	ولتاژ خروجی سنسور
۱۵	
۱۴	
۱۳	
۱۲	
۱۱	
۱۰	
۹	
۸	
۷	
۶	
۵	
۴	
۳	
۲	
۱	
۰	

- با استفاده از برازش منحنی رابطه بین ارتفاع و ولتاژ را بدست آورید.
- با داشتن اطلاعات سنسور متصل به انتهای تانک به صورت زیر چگالی آب را تخمین بزنید



- **Level Switch** بر مبنای فشار را داخل مخزن قرار دهید و مجدد به درایو ولتاژ ۱۰ ولت را متصل کنید و با دقت به صدای این سویچ رفتار آن را بررسی کنید.

بررسی سامانه رطوبت

- به کمک دستیاران آموزشی ساختار ایجاد رطوبت و اندازه گیری آن را درک کنید.
- منبع ولتاژ را به سیستم وصل کنید و پس از ایجاد بخار سرد و افزایش ولتاژ فن توسط پتانسومتر رطوبت را به سنسور هدایت کرده و رفتار آن را بررسی کنید.

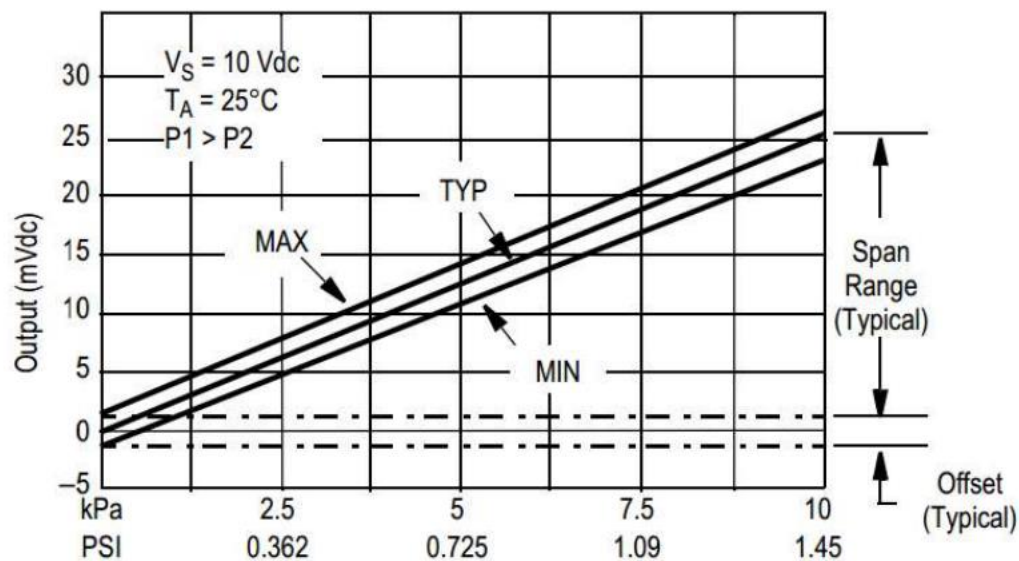
بررسی سامانه اندازه گیری فشار کم

- به کمک دستیاران آموزشی سیستم را درک کنید
- ولت متر را به حسگر فشار تفاضلی متصل کرده و با استفاده از پمپ هوای دستی به سیستم هوا تزریق کرده و جدول زیر را تکمیل کنید:

فشار mmHg	ولتاژ خروجی سنسور
۲۰	
۲۵	
۳۰	
۳۵	
۴۰	
۴۵	
۵۰	
۵۵	
۶۰	

- با استفاده از برازش منحنی رابطه بین ولتاژ و فشار را بدست آورید. و با منحنی زیر مقایسه کنید

اطلاعات مربوط به سنسور MPX2010DP



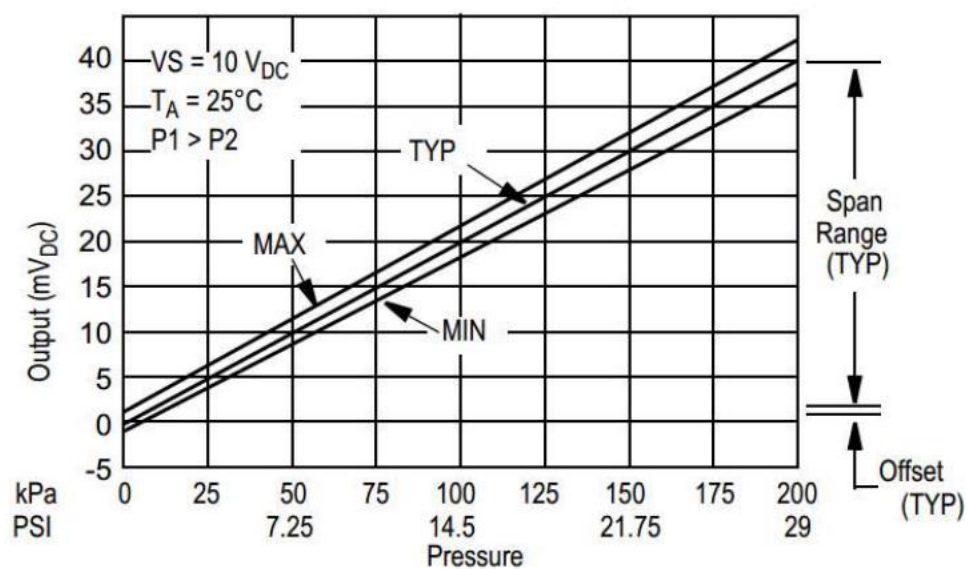
بررسی سامانه اندازه گیری فشار زیاد

- به کمک دستیاران آموزشی سیستم را درک کنید
- خروجی حسگر فشار تفاضلی را به تقویت کننده تفاضلی متصل کرده و بهره را طوری تنظیم کنید که بیشنه فشار به ولتاژ ۱۰ ولت نگاشت شود. با استفاده از اتصال پمپ هوا به درایور و دادن ولتاژ به درایور جدول زیر را تکمیل کنید:

فشار kPa	ولتاژ (ولت)
۲۰	
۳۰	

	۴۰
	۵۰
	۶۰
	۷۰

اطلاعات مربوط به سنسور MPX2200DP



- با استفاده از برازش منحنی رابطه بین ولتاژ و فشار را بدست آورید.
- با استفاده از ماژول کنترل کننده روشن خاموش یک کنترل کننده بر روی سیستم ببندید