

اندازه‌گیری کمیت‌های غیرالکتریکی قابل تبدیل به سیگنال‌های الکتریکی

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و طرز کار نمونه‌هایی از مبدل‌های
کمیت‌های غیرالکتریکی به الکتریکی (حسگرها)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- اندازه‌گیری را تعریف کند.
- خطاهای اندازه‌گیری را شرح دهد.
- تقسیم‌بندی دستگاه‌های اندازه‌گیری را به‌طور کلی توضیح دهد.
- کمیت‌های غیرالکتریکی را تعریف کند.
- دلایل تبدیل کمیت‌های غیرالکتریکی به الکتریکی را شرح دهد.
- سیگنال‌های استاندارد الکتریکی را نام ببرد.
- فشار را تعریف کند.
- رابطه فشار و واحدهای آن را شرح دهد.
- نحوه اندازه‌گیری فشار را شرح دهد.
- نحوه عملکرد دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار را توضیح دهد.
- دمای یک جسم را تعریف کند.
- انواع درجه‌بندی برای دما را شرح دهد.
- نحوه عملکرد انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری درجه حرارت را تشریح کند.
- نحوه اندازه‌گیری تغییر مکان طولی را توضیح دهد.
- روش‌های مختلف اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات را توضیح دهد.
- نحوه اندازه‌گیری وزن را تشریح کند.
- فعالیت‌های کلاسی را با اعتماد به نفس و به‌طور دقیق انجام دهد.
- نظم و ترتیب و حضور به موقع در کلاس را رعایت کند.
- مسئولیت‌های واگذار شده را به‌طور دقیق اجرا کند.
- در موقعیت‌های مناسب از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
- از امکانات فراهم شده به خوبی حفاظت و نگهداری کند.
- ابهامات و سؤالات خود را در زمان مقتضی بپرسد.
- به سؤالات مطرح شده در زمان مقتضی پاسخ دهد.
- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
- توانمندی‌های خود را در موقعیت‌های مناسب بروز دهد.
- در کارگروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.

نکات اجرایی

- ۱- حتی الامکان سعی شود انواع سنسورهای واقعی جهت آشنایی هنرجویان در کلاس درس نشان داده شود.
- ۲- از هنرجویان خواسته شود در صورتی که دسترسی به این نوع حسگرها دارند آن‌ها را به کلاس ارائه کنند.
- ۳- با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت‌های اینترنتی و نرم افزارهای مرتبط عملکرد این گونه حسگرها را به صورت شبیه ساز برای هنرجویان به نمایش درآورند.

به منظور هماهنگی سطح علمی هنرجویان و حفظ ارتباط افقی و عمودی دروس اندازه گیری الکتریکی و مبانی برق بنا به درخواست هنرآموزان فصل اندازه گیری کمیت‌های غیرالکتریکی به فصل یک انتقال داده شد.

۱-۱- تعریف اندازه گیری

الکترونیک، اندازه گیری کمیت‌هایی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت اهمی، انرژی، توان و اختلاف فاز لازم است. حتی در اکثر سیستم‌های اندازه گیری غیرالکتریکی برای اندازه گیری کمیت‌های مختلف فیزیکی مانند حرارت، فشار و سرعت، ابتدا کمیت فیزیکی به یک کمیت الکتریکی که با کمیت اصلی دارای رابطه مشخصی است، تبدیل می‌گردد؛ سپس با اندازه گیری کمیت الکتریکی، کمیت فیزیکی اولیه اندازه گیری می‌شود.

کوچکی نسبی حجم و وزن دستگاه‌های الکتریکی، آسانی انتقال سیگنال‌های الکتریکی از یک نقطه به نقطه دیگر و سهولت نسبی تقویت سیگنال‌های الکتریکی، سبب شده است که در اکثر دستگاه‌های اندازه گیری، یک قسمت الکتریکی وجود داشته باشد. بنابراین اهمیت اندازه گیری الکتریکی محدود به رشته‌های فیزیک یا برق نیست و شامل تمام رشته‌های فنی و حتی غیرفنی نیز می‌شود.

۱-۱-۲ خطا در اندازه گیری: هنگام اندازه گیری و استفاده از دستگاه‌های مختلف اندازه گیری، همیشه این احتمال وجود دارد که کمیت اندازه گیری شده نسبت به کمیت واقعی قدری بیشتر یا کمتر باشد؛ این تفاوت را خطای اندازه گیری می‌نامند.

خطای اندازه گیری به دو صورت ممکن است اتفاق بیفتد: **الف) خطای شخصی:** این نوع خطا مربوط به اشتباهاتی است که شخص، در موقع اندازه گیری، به طور ناخواسته انجام می‌دهد. مثلاً ممکن است کاربر هنگام خواندن عدد یا رقم، به

اصولاً، اندازه گیری، نتیجه مقایسه کلی بین یک استاندارد (شاخص) تعریف شده و یک اندازه (مقدار) نامعلوم است. برای این که نتیجه عمل اندازه گیری، به طور عمومی، با معنی باشد دو شرط زیر لازم است:

● الف- استاندارد که برای مقایسه به کار می‌رود به طور دقیق معلوم و مورد پذیرش باشد.

● ب- روش اندازه گیری قابل تکرار باشد به طوری که بتوان صحت و دقت دستگاه اندازه گیری را امتحان نمود.

اولین شرط بدین معنی است که یک جسم نمی‌تواند فقط سنگین باشد، بلکه سنگینی آن در مقایسه با سنگینی یک جسم دیگر (استاندارد) معنی پیدا می‌کند. به عبارت دیگر مقایسه‌ای باید انجام شود و این مقایسه نسبت به یک استاندارد شناخته شده انجام گیرد. در غیر این صورت اندازه گیری ما مفهومی نخواهد داشت.

شرط دوم نیز بدین معنی است، که دستگاه اندازه گیری باید بتواند، در دفعات مختلف، اندازه یک کمیت معین را یک مقدار بخواند. هم چنین باید بتوانیم توانایی دستگاه را برای انجام اندازه گیری صحیح امتحان کنیم.

۱-۱-۱ اهمیت اندازه گیری الکتریکی: با توسعه روزافزون دستگاه‌های الکتریکی و الکترونیکی و ورود انواع سیستم‌ها و پیچیدگی آن‌ها، اهمیت اندازه گیری روز به روز بیشتر می‌شود. برای عیب‌یابی و آزمایش سیستم‌های الکتریکی و

رنج (حوزه کار) کلید سلکتور توجه نداشته باشد یا ضرایب را اشتباه محاسبه کند.

ب) خطای دستگاه: عواملی که باعث این نوع خطا می‌شوند نسبت به خطای شخصی بیشتر است و در بعضی موارد نمی‌توان از تأثیر آن‌ها جلوگیری کرد. کیفیت فنی دستگاه، فرکانس، اصطکاک، حوزه‌های الکترومغناطیسی و خطای ناشی از حرارت محیط، برخی از این عوامل هستند. یکی دیگر از عواملی که باعث خطا می‌شود وجود و نصب دستگاه در مدار است. مثلاً با قرار دادن یک آمپر متر در مدار مقاومت ناخواسته‌ای به مدار اضافه می‌شود و جریان مدار را کاهش می‌دهد در نتیجه اندازه‌گیری با خطا همراه خواهد بود.

در حال حاضر با پیشرفت فن‌آوری، دستگاه‌های اندازه‌گیری را عموماً به صورت الکترونیکی می‌سازند. این دستگاه‌ها قطعات متحرک ندارند و بسیار دقیق هستند و تقریباً مستقل از شرایط محیط عمل می‌کنند. مثلاً اگر حرارت محیط تغییر کند، در مقدار اندازه‌گیری شده تأثیری نمی‌گذارد. امروزه به خاطر دقت بسیار بالایی که در ساخت اکثر دستگاه‌های اندازه‌گیری، حتی نوع ارزان قیمت، وجود دارد، معمولاً این دستگاه‌ها در عمل خطا ندارند، ساخت دستگاه‌ها به صورت دیجیتالی (رقمی) سبب می‌شود که خطای مربوط به خواندن مقادیر نیز از بین برود.

۳-۱-۱- طبقه‌بندی سیستم‌های اندازه‌گیری: دستگاه‌های اندازه‌گیری را به صورت‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کنند. در یک طبقه‌بندی، این دستگاه‌ها را به دستگاه‌های آنالوگ و دیجیتال تقسیم می‌کنند. خروجی دستگاه آنالوگ مشابه ورودی دستگاه (آنالوگ) است. سرعت سنج اتومبیل و ولت‌مترهای عقربه‌ای نمونه‌هایی از دستگاه‌های آنالوگ هستند.

دستگاه‌های دیجیتال، کمیت اندازه‌گیری شده را به صورت رقم (عدد) یا ارقام نشان می‌دهند، یعنی برخلاف دستگاه‌های آنالوگ، قادر به نشان دادن کمیت به صورت پیوسته نیستند. ولت‌متر دیجیتالی و فرکانس‌متر دیجیتالی نمونه‌هایی از انواع دستگاه‌های دیجیتال می‌باشند.

در دسته‌بندی دوم، دستگاه‌های اندازه‌گیری به دستگاه‌های اندازه‌گیری DC و AC تقسیم می‌شود. دستگاه‌های DC فقط مقادیر ثابت و دستگاه‌های AC کمیت‌های متغیر با زمان را

اندازه‌گیری می‌کنند.

در تقسیم‌بندی سوم، دستگاه‌های اندازه‌گیری را بر اساس روش کار دستگاه تقسیم‌بندی می‌کنند. دستگاه‌های اندازه‌گیری مستقیم و غیرمستقیم، دستگاه‌های اندازه‌گیری انحرافی و دستگاه‌های اندازه‌گیری نول در این طبقه‌بندی قرار دارند. در دستگاه‌های انحرافی، مقدار انحراف، معرّف کمیت مورد اندازه‌گیری است ولی در دستگاه نوع نول (صفر)، صفر شدن مقدار کمیت مورد اندازه‌گیری، ملاک اندازه‌گیری است.

دستگاه‌های اندازه‌گیری را می‌توان به دستگاه‌های الکترواستاتیکی و الکترومغناطیسی نیز تقسیم‌بندی نمود. دستگاه‌های نوع اول از نیروی میدان الکتریکی و دستگاه‌های نوع دوم از نیروی میدان مغناطیسی برای ایجاد انحراف استفاده می‌کنند. علاوه بر آنچه که گفته شد تقسیم‌بندی‌های دیگری نیز مانند دستگاه‌های اندازه‌گیری برای ولتاژهای بالا و درجه حرارت‌های خیلی بالا وجود دارد.

۲-۱- اندازه‌گیری کمیت‌های غیرالکتریکی

در صنعت برای **کنترل** کمیت‌هایی مانند دما، فشار، ارتفاع، وزن و سرعت، ابتدا باید کمیت مورد نظر را اندازه‌گرفت و سپس آن را کنترل کرد.

برای مثال اگر بخواهیم دمای یک کوره را ثابت نگه داریم، ابتدا باید دمای آن را اندازه بگیریم، سپس کمیت اندازه‌گیری شده را با یک مقدار ثابت (دمایی که می‌خواهیم آن را ثابت نگه داریم) **مقایسه** کنیم. چنانچه مقدار اندازه‌گیری شده کمتر یا بیشتر از مبنای مقایسه باشد، تصمیمات لازم برای رسیدن به نتیجه مطلوب گرفته می‌شود.

به دلایل زیر، برای اندازه‌گیری یک کمیت غیرالکتریکی (مانند فشار و دما) و انتقال آن به قسمت‌های دیگر و مشاهده مقدار اندازه‌گیری شده، یا مقایسه آن با مقدار تنظیم شده و یا هر نوع کنترلی بر روی آن، ابتدا باید کمیت مورد نظر را تبدیل به سیگنال الکتریکی کنیم.

● انتقال سیگنال الکتریکی از یک نقطه به نقطه دیگر به سادگی امکان‌پذیر است (مثلاً با دو رشته سیم یا بدون سیم از

طریق فرستنده و گیرنده).

- سرعت انتقال آن بسیار بالاست (سرعت نور).
- اندازه گیری آن بسیار آسان است (مثلاً با یک ولت متر و آمپر متر).
- مقایسه آن با یک سیگنال مرجع بسیار ساده است.
- تبدیل آن به نوع دیگر انرژی بسیار آسان است.
- هزینه انتقال آن بسیار پایین است.
- امکان اتصال به دستگاه های کنترل خودکار مانند رایانه وجود دارد.

- امکان ضبط اطلاعات به صورت فایل وجود دارد.

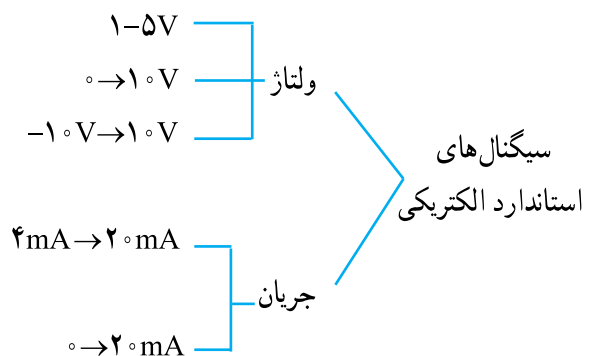
۱-۲-۱- سیگنال های استاندارد الکتریکی :

سیگنال های الکتریکی متناسب با اندازه کمیت های غیر الکتریکی را به دلایل زیر، تبدیل به سیگنال های استاندارد الکتریکی می کنند :

(الف) جلوگیری از تنوع دستگاه های اندازه گیری و کنترل

(ب) استفاده از دستگاه های متداول برای اندازه گیری کمیت مورد نظر

- سیگنال های استاندارد الکتریکی را به صورت زیر در صنعت مورد استفاده قرار می دهند.



سیگنال های الکتریکی دیگری (مانند ۱۰V → ۲۷V) گاهی در صنعت دیده می شوند، ولی امروزه کمتر مورد استفاده قرار می گیرند.

۱-۳-۱- اندازه گیری فشار

۱-۳-۱- تعریف فشار : همه مواد موجود در طبیعت

از مولکول ساخته شده اند، و هر مولکول از اتم های مختلف تشکیل شده است. مولکول های یک جسم سیال (مایع یا گاز) با سرعت زیاد در تمام جهات حرکت می کنند. در اثر این حرکت مولکول ها با یکدیگر یا با دیواره ظرفی که در آن قرار دارند برخورد می نمایند. در اثر برخورد مولکول ها به دیواره ظرف نیرویی به آن وارد می شود. هر قدر مولکول ها با سرعت زیادتری به ظرف برخورد نمایند یا تعداد مولکول های برخورد کرده با دیواره بیشتر یا مولکول سنگین تر باشد، این نیرو بیشتر خواهد بود بنابراین مقدار نیروی وارده بر دیواره ظرف به عوامل زیر بستگی دارد.

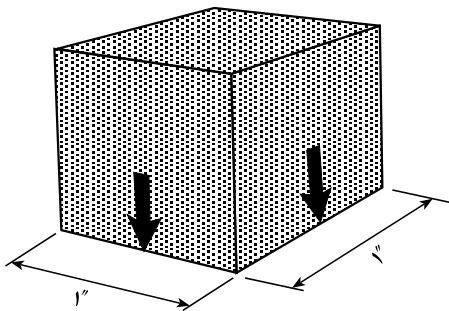
(الف) سرعت مولکول ها

(ب) تعداد مولکول ها

(ج) وزن مولکول ها

نیروی وارد شده به واحد سطح را فشار می گویند.

شکل ۱-۱ مکعبی را نشان می دهد که دارای سطح تماسی برابر یک اینچ مربع است. در این صورت هر نیرویی که بر این سطح وارد می آید فشار نامیده می شود.



شکل ۱-۱- فشار وارد شده به مکعبی با سطح تماس یک اینچ

لذا به زبان ساده فشار را به صورت زیر تعریف می کنیم :

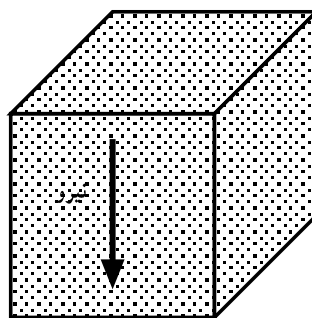
فشار عبارت از اندازه نیروی وارد شده بر سطح اثر نیرو است، فشار را می توان با رابطه ۱-۱ بیان کرد :

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{رابطه ۱-۱}$$

در رابطه ۱-۱، F نیرو و A سطح اثر نیرو است.

در شکل ۱-۲، مکعب فشاری را به سطحی که روی آن قرار دارد وارد می کند.

لاستیک چرخ‌های اتومبیل تحت فشار شدید باد قرار دارند تا اتومبیل بتواند با کمترین انرژی حرکت کند. آب لوله‌کشی شهر به کمک پمپ‌های بسیار بزرگ تحت فشار قرار می‌گیرد تا از یک نقطه به دیگر نقاط جابجا شود. گاز شهری به کمک پمپ‌های بزرگ تحت فشار قرار می‌گیرد تا از یک نقطه به سایر نقاط مورد نظر جابجا شود (از جنوب تا شمال کشور). در صنعت از فشار روغن برای مواردی مانند پرس‌ها، جک‌ها و بالابرها استفاده فراوان می‌شود.



شکل ۱-۲- مکعب به سطحی که روی آن قرار دارد فشار وارد می‌کند

در تمامی موارد یاد شده در زمینه فشار، اعمال نیرو به سطح وجود دارد، در بعضی موارد، عامل نیرو ناشی از یک وزن است و در موارد دیگر، به جای وزن، تراکم مولکول‌های هوا است، مانند فشار باد داخل لاستیک چرخ اتومبیل که بر ذره ذره سطح لاستیک فشار می‌آورند.

در رابطه ۱-۱، اگر F بر حسب کیلوگرم نیرو و A بر حسب سانتی متر مربع باشد، واحد P ، بر حسب کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع خواهد بود:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\text{کیلوگرم نیرو}}{\text{سانتی متر مربع}}$$

در ادامه، واحدهای رایج فشار و نحوه اندازه‌گیری آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱-۳-۲- واحدهای فشار: یک بار دیگر به رابطه

فشار توجه می‌کنیم:

$$P = \frac{F}{A}$$

فشار ناشی از یک کیلوگرم نیرو بر یک سانتی متر مربع از سطح را یک بار (BAR) می‌گویند.

واحدهای BAR و PSI در صنعت از رایج‌ترین واحدها هستند؛ اما در ابزار دقیق از واحد دیگری به نام اینچ سیال نیز استفاده می‌شود. اینچ آب و یا اینچ جیوه نمونه‌هایی از اینچ سیال است.

برای اندازه‌گیری فشارهای خیلی کم، از واحد دیگری به نام پاسکال استفاده می‌شود. یک پاسکال برابر با $\frac{1}{100000}$ بار است:

$$1 \text{ BAR} = 100000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$$

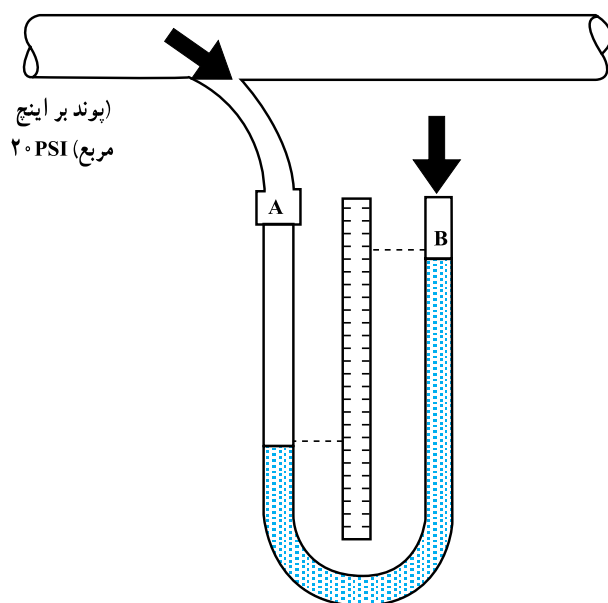
۱-۳-۳- فشار اتمسفر: تمام اجسام در روی زمین، تحت فشار اتمسفر است. فشار اتمسفر اغلب به عنوان مبنا در نظر

واحد کوچکتر بار (Bar) میلی بار mBar است که معادل یک هزارم بار ($1 \text{ mBar} = \frac{1}{1000} \text{ Bar}$) است.

همچنین اگر در رابطه ۱-۱، واحد F بر حسب پوند نیرو (یک پوند تقریباً $453/6$ گرم است) و واحد سطح بر حسب اینچ مربع (یک اینچ تقریباً $25/4$ میلی متر است) باشد، واحد P ، بر حسب پوند بر اینچ مربع خواهد بود، واحد پوند بر اینچ مربع را با PSI (Pound force per Square Inch) نشان می‌دهند.

$$1 \text{ PSI} = \frac{1 \text{ پوند نیرو}}{1 \text{ اینچ مربع}}$$

می دانیم که اگر فشار وارد شده بر سطح مایع در هر دو لوله یکسان باشد، در این صورت هیچ گونه اختلاف فشاری وجود ندارد و سطح مایع در هر دو لوله با هم برابر است (شکل ۱-۴). حال اگر یک سر لوله را به ظرفی که محتوی گاز یا مایع تحت فشار است وصل کنیم اختلاف فشار به وجود می آید (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- تغییر سطح مایع در دو لوله به علت اختلاف فشار

با استفاده از تغییرات سطح مایع می توان تغییرات فشار را اندازه گرفت. برای این کار از یک وسیله مدرج که بتوان اختلاف فشار را روی آن خواند استفاده می کنیم؛ با وارد کردن فشار در یک طرف لوله U شکل، مایع در طرف دیگر بالا می رود؛ یعنی هر قدر فشار بیشتر باشد لوله ای که برای نشان دادن تغییرات فشار لازم است باید با طول بزرگ تری انتخاب شود. لوله ممکن است از جنس شیشه باشد؛ لذا از فشارسنج های لوله ای برای اندازه گیری فشار در مکان هایی که امکان شکستن لوله وجود دارد، استفاده نمی شود.

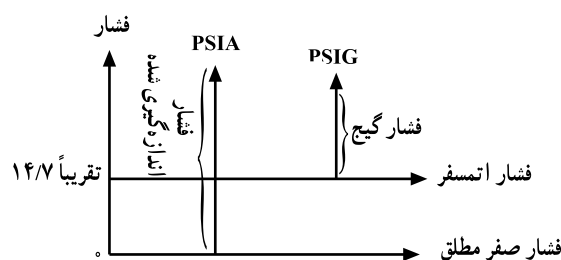
در شکل ۱-۶ تصویر یک نمونه فشارسنج لوله ای را که اختلاف فشار دو مخزن را نشان می دهد، مشاهده می کنید.

گرفته می شود. این فشار در سطح هم طراز دریای آزاد، تقریباً برابر PSI ۱۴/۷ است.

۱-۳-۴- درجه بندی فشار گیج (Gage): فشاری که در پروسه های صنعتی اندازه گیری می شود، معمولاً بزرگ تر و یا مساوی فشار جو است. اختلاف میان فشار اتمسفر و فشار اندازه گیری شده را فشار گیج می نامند و آن را با PSI و یا PSIG نشان می دهند.

۱-۳-۵- درجه بندی فشار مطلق: مبنای این فشار، صفر مطلق است، در این دما هیچ فشاری، حتی فشار اتمسفر وجود ندارد. بنابراین فشار صفر مطلق فقط در خلأ کامل ایجاد می شود. فشار مطلق را با PSIA نشان می دهند.

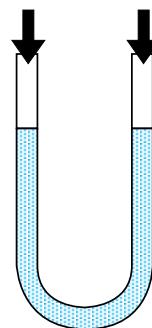
رابطه میان فشار مطلق و فشار گیج
برای محاسبه فشار مطلق، باید فشار جو را با فشار گیج جمع کرد (شکل ۱-۳).



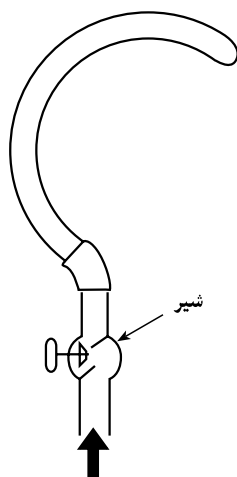
شکل ۱-۳- رابطه فشار مطلق با فشار گیج

۱-۴- دستگاه های اندازه گیری فشار

۱-۴-۱- اندازه گیری فشار به کمک فشارسنج لوله ای: این دستگاه به طور ساده از یک لوله U شکل تشکیل می شود که دو انتهای آن باز است.

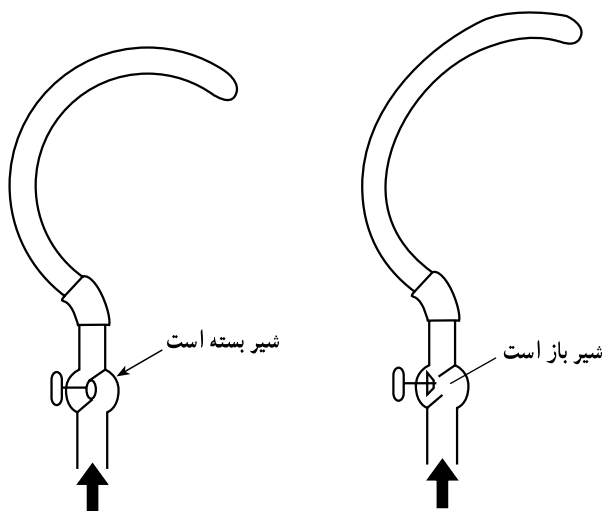


شکل ۱-۴- به علت فشار یکسان سطح مایع در دو لوله یکسان است.



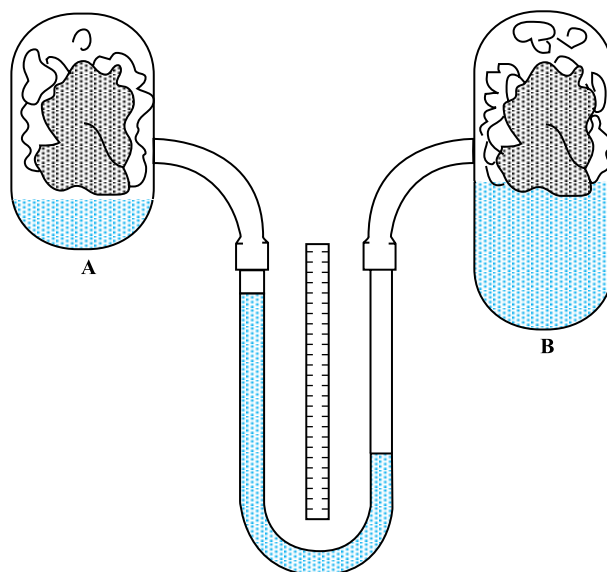
شکل ۸-۱- لوله بردون

تا زمانی که شیر بسته است فشار داخل لوله کم و لوله به حالت خمیده است، هنگامی که شیر را باز می‌کنیم فشار داخل لوله زیاد می‌شود و به تدریج از انحنا لوله می‌کاهد تا آن را به حالت مستقیم در می‌آورد. از این خاصیت برای تعیین مقدار فشار استفاده می‌شود. در این حالت با اندازه‌گیری مقدار تغییر شکل لوله، می‌توانیم میزان فشار وارده را نیز اندازه بگیریم (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- تغییر فشار داخل لوله بردون با باز کردن و بستن شیر آن

برای مشاهده تغییرات می‌توان انتهای لوله را به یک عقربه چرخ دنده دار اتصال داد. مطابق شکل ۱-۱- الف، زیاد شدن فشار لوله خمیده را کمی باز می‌کند، باز شدن لوله سبب حرکت دادن چرخ دنده‌ها و در نهایت حرکت عقربه روی صفحه مدرج



شکل ۶-۱

در شکل ۷-۱ یک نمونه فشارسنج دیجیتالی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷-۱- فشارسنج دیجیتالی

۲-۴-۱- اندازه‌گیری فشار با لوله منبسط شونده :

الف) لوله بردون C شکل : این فشارسنج معمول‌ترین نوعی است که در صنعت از آن استفاده می‌شود و از یک لوله توخالی خمیده فلزی با خاصیت فنری، تشکیل شده است. یک طرف این لوله بسته و طرف دیگر آن توسط شیری به مخزن فشار متصل می‌گردد (شکل ۸-۱).

از آن جا که شکل لوله تقریباً به صورت C شکل می باشد آن را لوله C شکل نیز می نامند.

یکی از کاربردهای اندازه گیری فشار با لوله منبسط شونده در نشان دهنده روغن موتور اتومبیل است. در شکل ۱-۱۱ تصویر داشبورد اتومبیل که نشان دهنده روغن روی آن نصب است را ملاحظه می کنید. در شکل ۱-۱۲ تصویر موتور اتومبیل و محل نصب فشنگی یا سنسور روغن را مشاهده می کنید.



مجموعه نشان دهنده ها: ۱- درجه فشار روغن ۲- درجه دمای آب ۳- درجه بنزین ۴- درجه شارژ باتری ۵- دورسنج موتور ۶- صفحه کیلومتر شمار و سرعت سنج

شکل ۱-۱۱- داشبورد اتومبیل

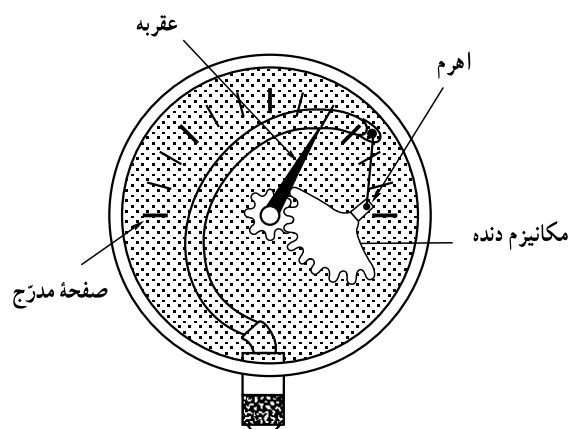


شکل ۱-۱۲- موتور اتومبیل و محل نصب شمع فشنگی یا سنسور روغن

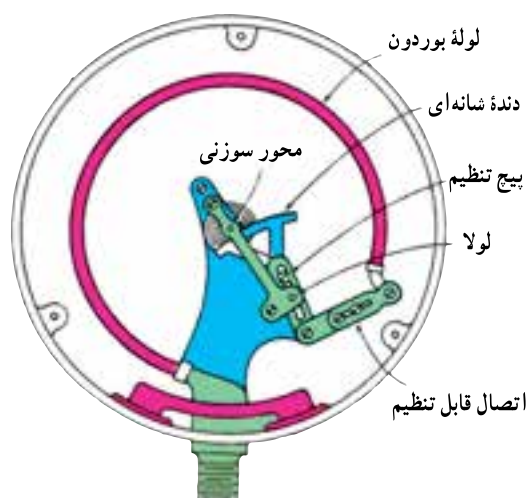
یکی از انواع نشان دهنده روغن در اتومبیل، انبساطی است، در شکل ۱-۱۳ این نوع نشان دهنده را ملاحظه می کنید.

در این نوع نشان دهنده، از یک لوله قابل انعطاف استفاده شده است که از یک طرف به وسیله لوله ای به مدار روغن کاری موتور وصل می شود و از طرف دیگر به عقربه نشان دهنده متصل است. در حالت خاموش بودن موتور، عقربه در ابتدای صفحه

می شود و میزان فشار را نشان می دهد. در شکل ۱-۱۰ ب ساختمان داخلی نوع دیگری از فشارسنج بوردون رسم شده است. در شکل ۱-۱۰ ج سه نمونه فشار سنج بوردون را مشاهده می کنید.



الف- ساختمان داخلی یک نمونه فشارسنج بوردون



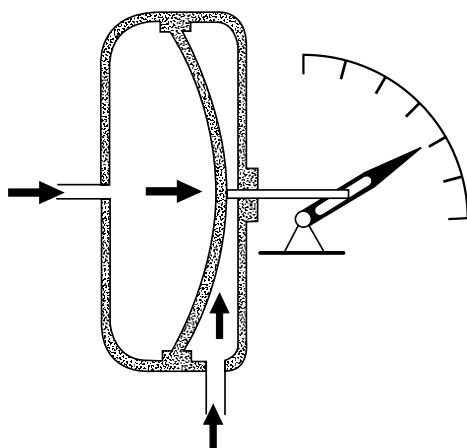
ب- ساختمان داخلی نوع دیگری از فشارسنج بوردون



ج- سه نمونه فشارسنج بوردون

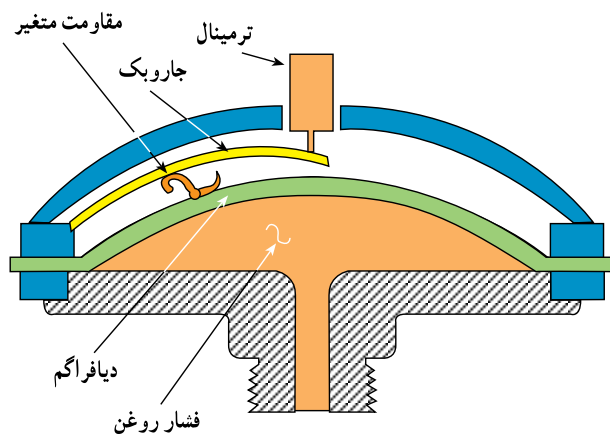
شکل ۱-۱۰- ساختمان داخلی و انواع فشارسنج بوردون

به طرف راست خم می‌شود. وسط دیافراگم به یک عقربه متصل است که حرکت (جابه‌جایی) دیافراگم را روی یک صفحه مدرج نشان می‌دهد.



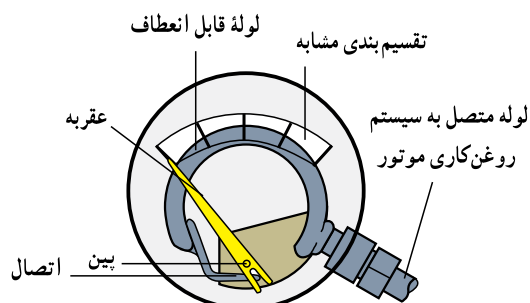
شکل ۱۵ - ۱ - ساختمان فشارسنج دیافراگمی

حدود فشاری که دیافراگم می‌تواند تحمل کند بستگی به اندازه و ضخامت آن دارد. مثلاً برای سنجش اختلاف فشارهای زیاد نباید از دیافراگم‌های نازک استفاده نمود. از آن جایی که برای ساخت دیافراگم از موادی که قابلیت ارتجاعی زیاد دارند استفاده می‌شود، حتی اختلاف فشارهای کم نیز جابه‌جایی قابل ملاحظه‌ای در دیافراگم ایجاد می‌کند؛ بدین ترتیب می‌توان اختلاف فشارهای بسیار جزئی را نیز اندازه گرفت. یکی از کاربردهای فشارسنج دیافراگمی در شمع روغن یا فشنگی فشار روغن موتور اتومبیل است. در شکل ۱۶-۱ نمونه‌ای از این نوع فشارسنج دیافراگمی را ملاحظه می‌کنید.



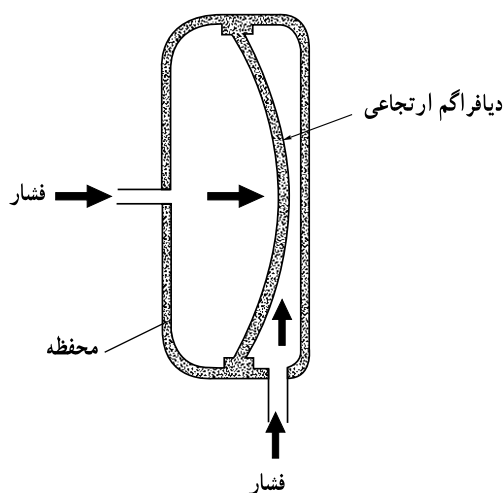
شکل ۱۶ - ۱ - نمونه‌ای از فشنگی یا شمع روغن دیافراگمی

مدرج فشار روغن قرار می‌گیرد (شکل ۱۳-۱). پس از روشن شدن موتور فشار مؤثر بر لوله قابل انعطاف، باعث انبساط لوله شده و با حرکت عقربه، مقدار فشار اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۱۳-۱ - فشارسنج انبساطی که برای نشان دادن درجه فشار روغن در اتومبیل به کار می‌رود.

ب) فشارسنج دیافراگمی: به طور خلاصه می‌توان گفت که این نوع فشارسنج از یک محفظه (قوطی) کاملاً آب‌بندی شده، با دو مجرای ورود فشار در دو طرف، تشکیل شده است. در وسط محفظه پرده‌ای (دیافراگم) از لاستیک یا ماده ارتجاعی دیگری قرار دارد که در صورت وجود اختلاف فشار در دو طرف آن به طرفی که فشار کمتری دارد متمایل می‌شود (شکل ۱۴-۱).



شکل ۱۴-۱ - اصول کار فشارسنج دیافراگمی

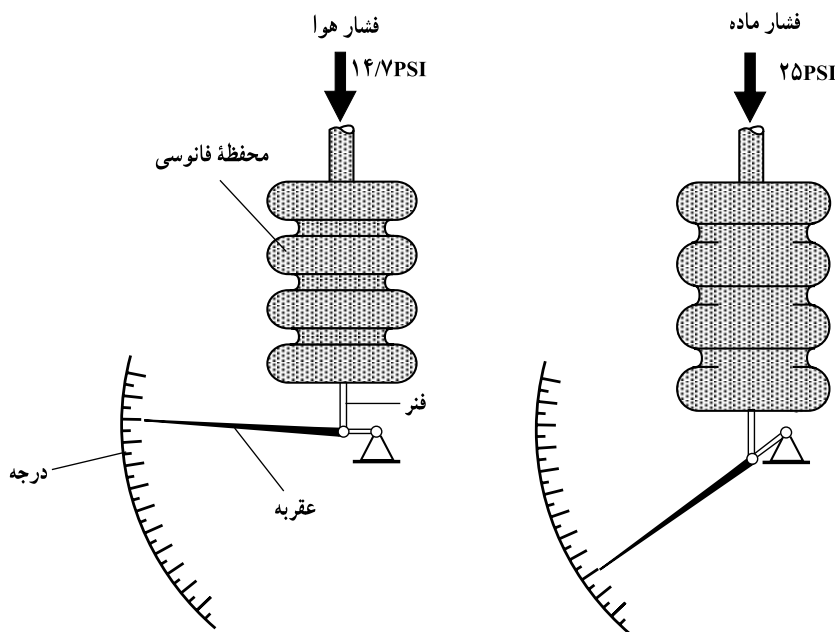
این دستگاه، فشارسنج تفاضلی نام دارد و برای سنجش اختلاف فشار به کار می‌رود. با توجه به شکل ۱۵-۱، فشار حاصل از گاز در سمت چپ دیافراگم بیشتر است لذا دیافراگم

فانوسی شکل سبب حرکت عقربه روی صفحه مدرج می‌شود (شکل ۱۷-۱).

از آن‌جا که میزان حرکت عقربه در فشارسنج فانوسی بیش از نوع دیافراگمی می‌باشد (در فشار یک‌سان برای هر دو فشارسنج)، بنابراین فشارسنج فانوسی دقیق‌تر از فشارسنج دیافراگمی است.

ج) فشارسنج فانوسی: اصول کار این نوع فشارسنج‌ها شبیه به فشارسنج دیافراگمی است ولی به خاطر داشتن سطح زیاد، حساسیت آن از فشارسنج دیافراگمی بیشتر است.

فشاری را که اندازه‌گیری آن مورد نظر است به محفظه فانوسی شکل که خود به عقربه‌ای وصل شده است هدایت می‌کنیم. این امر باعث انبساط و افزایش طول آن می‌شود و عقربه را به حرکت درمی‌آورد. بدین ترتیب کوچک‌ترین حرکت محفظه



شکل ۱۷-۱- حرکت محفظه فشارسنج فانوسی باعث حرکت عقربه می‌شود.

ویژگی‌های مهم

بررسی کنید کدام یک از حسگرهایی که تاکنون آموزش داده شده است (یا مشابه آن) در ماشین‌های لباسشویی و ظرف‌شویی ممکن است وجود داشته باشد و چه عملی را انجام می‌دهد.

۵-۱- اندازه‌گیری دما

دمای یک جسم، نشان دهنده درجه سردی و گرمی آن است.

چهار نوع درجه بندی برای دما مرسوم است.

• سانتی‌گراد (سلسیوس)

• فارنهایت

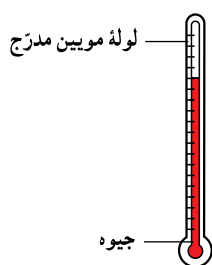
• کلونین

• رانکین

در صنعت، درجه بندی سانتی‌گراد و فارنهایت بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای درجه بندی دما، دانشمندان فیزیک، دو نقطه مرجع یعنی دمای نقطه ذوب یخ و دمای آب در حال جوش را در نظر می‌گیرند.

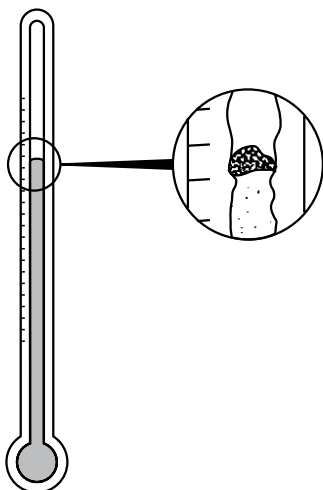
برای پی بردن به تغییرات درجه حرارت استفاده می شود. ارتفاع ستون جیوه در یک لوله بسیار نازک می تواند نشان دهنده تغییرات دما باشد (شکل ۱۹-۱).



شکل ۱۹-۱- دماسنج جیوه ای

به نسبت بالا رفتن یا پایین آمدن درجه حرارت، جیوه منبسط یا منقبض می شود و در طول لوله حرکت می کند. با توجه به صفحه مدرج که زیر لوله قرار دارد، میزان درجه حرارت نشان داده می شود.

یکی از اشکالات این نوع دماسنج ها بلند بودن طول لوله برای سنجش های وسیع درجه حرارت است، زیرا امکان شکستن لوله بزرگ و نازک شیشه ای بسیار زیاد است. از طرفی چون ساختن لوله ای که قطر داخل آن کاملاً یک سان باشد بسیار مشکل است، در نتیجه فاصله نشان دهنده بالا رفتن درجه حرارت در سرتاسر لوله متفاوت خواهد بود. شکل ۲۰-۱ این نکته را نشان می دهد.

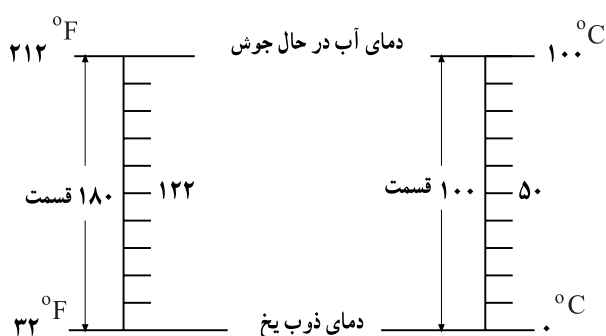


شکل ۲۰-۱- فاصله نشان دهنده بالا رفتن درجه حرارت در لوله یکنواخت نیست.

۲-۶-۱- دماسنج فشاری: همان طور که قبلاً گفته شد با بالا رفتن درجه حرارت فشار نیز افزایش می یابد. لذا می توان با

بین این دو نقطه مرجع را به 100° یا 180° قسمت تقسیم می کنند. آقای سلسیوس (Celsius) دمای نقطه ذوب یخ را صفر و دمای آب در حال جوش را 100° در نظر گرفت و بین این دو نقطه را صد قسمت تقسیم کرد. این نوع درجه بندی دما را سانتی گراد و یا سلسیوس می گویند.

آقای فارنهایت دمای نقطه ذوب یخ را 32° و دمای آب در حال جوش را 212° در نظر گرفت و بین این دو را 180° قسمت تقسیم کرد؛ این نوع درجه بندی، درجه بندی فارنهایت نام دارد. شکل ۱۸-۱ درجه بندی سلسیوس و فارنهایت را نشان می دهد.



شکل ۱۸-۱- نحوه درجه بندی سلسیوس و فارنهایت

نحوه تبدیل درجه بندی سانتی گراد و فارنهایت به یک دیگر به صورت زیر است:

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32)$$

$$T_F = \frac{9}{5} (T_C + 32)$$

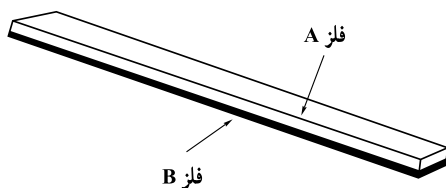
برای اندازه گیری دما، روش های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش ها اندازه گیری تغییر خواص الکتریکی اجسام در اثر تغییرات دما است. می دانیم که مقاومت اهمی فلزات در اثر تغییر دما، تغییر می کند. با افزایش دما مقاومت اهمی فلزات افزایش می یابد. از خاصیت تغییرات مقاومت اهمی فلزات بر اثر تغییرات دما، برای اندازه گیری حرارت در صنعت استفاده می شود.

۶-۱- انواع وسایل اندازه گیری درجه حرارت

۱-۶-۱- دماسنج با ماده قابل انبساط: از دماسنج

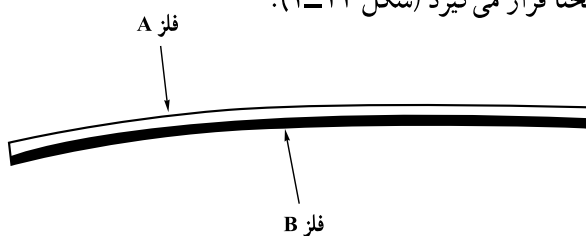
که در نتیجه گرم شدن فوراً تبدیل به بخار شوند؛ چنانچه حرارت بیشتری به این مایعات داده شود، بخار بیشتری نیز تولید می شود و به همان نسبت میزان فشار زیادتر شده و لوله بوردون بیشتر باز می شود و عقربه، درجه حرارت بیشتری را نشان خواهد داد.

۳-۶-۱- دماسنج دو فلزی: همان طور که می دانید حرارت باعث انبساط فلزات می شود، ولی در اثر افزایش حرارت، مثلاً مس بیشتر از فولاد منبسط می گردد. شکل ۱-۲۳ دو نوع فلز مختلف را که به یک دیگر متصل شده و یک تیغه دو فلزی را تشکیل داده اند نشان می دهد.



شکل ۱-۲۳ اتصال دو نوع فلز مختلف به یکدیگر

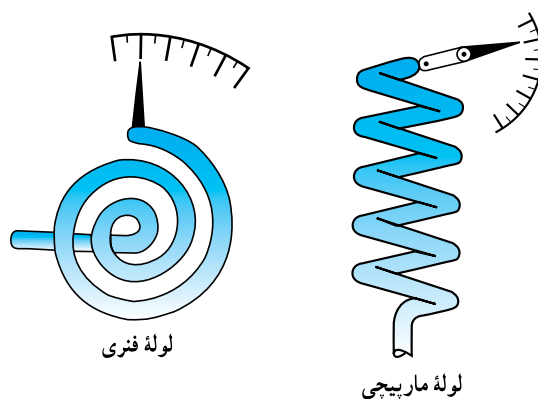
اگر به این تیغه حرارت داده شود، در اثر حرارت یکی از این دو فلز بیشتر از دیگری منبسط می شود و همین امر باعث خم شدن تیغه می گردد. همیشه فلز با قابلیت انبساط بیشتر در سمت خارج انحنا قرار می گیرد (شکل ۱-۲۴).



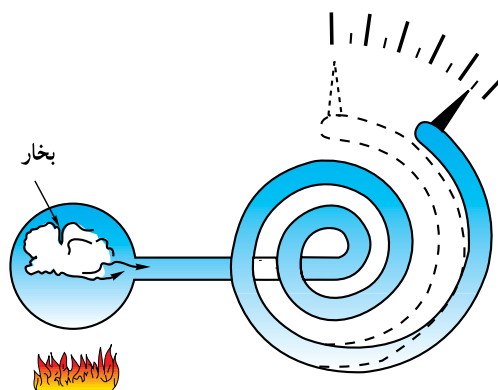
شکل ۱-۲۴ فلز با قابلیت انبساط بیشتر در سمت خارج انحنا قرار می گیرد.

اگر این انحنا باعث قطع و وصل شدن کلیدی گردد این وسیله را ترموستات می نامند. چنانچه میزان انحراف تیغه در اثر حرارت به نشان دهنده ای منتقل گردد، دستگاه دماسنج نامیده می شود. سیستمی که میزان انحراف تیغه ها را اندازه گیری می کند لازم است بسیار دقیق باشد و هیچ گونه مانع مکانیکی در مقابل انحراف ایجاد نکند. در مواردی که انحراف تیغه ها به عقربه ای منتقل می گردد تغییرات دما قابل رؤیت خواهد بود. از LVDT^۱ نیز می توان جهت سنجش تغییر مکان صورت گرفته متناسب با

اندازه گرفتن فشار یک جسم (مایع یا گاز) توسط فشارسنج به طور غیرمستقیم به میزان درجه حرارت نیز پی برد. شکل ۱-۲۱ دو نوع لوله بوردون را که در اثر ازدیاد فشار مایع یا گاز درون آن، شروع به باز شدن کرده اند نشان می دهد. چون فشار با حرارت در رابطه است، لذا می توان سیستم را برحسب حرارت مدرج نمود. به شکل ۱-۲۲ توجه کنید، با افزایش حرارت آب بخار می شود و در نتیجه میزان فشار داخل لوله بوردون زیاد می گردد. در این صورت لوله باز شده و عقربه به سمت راست حرکت می کند. به این ترتیب حرکت عقربه، روی صفحه مدرج، بالا رفتن درجه حرارت را نشان می دهد.



شکل ۱-۲۱ دماسنج فشاری با دو نوع لوله بوردون

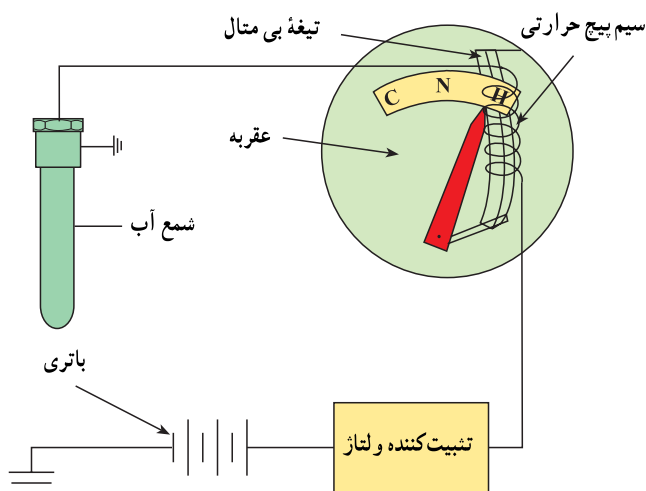


شکل ۱-۲۲ نحوه تغییر عقربه در لوله فنری بوردون با افزایش حرارت

هنگامی که درجه حرارت پایین می آید طبیعتاً میزان فشار کاهش یافته و لوله مجدداً به صورت اول باز می گردد. گاهی ممکن است در دماسنج ها از مایعاتی استفاده شود

۱- LVDT مخفف Linear Variable Differential Transformer است که یک قطعه خاص برای اندازه گیری است.

افزایش گرمای آب موتور باعث کاهش مقاومت الکتریکی در فشنگی آب نصب شده روی موتور می‌شود و متناسب با آن جریان مصرفی دستگاه افزایش می‌یابد. عبور جریان الکتریکی از سیم پیچ حرارتی باعث گرم شدن تیغه بی‌متال و در نتیجه افزایش طول آن می‌شود. افزایش طول تیغه باعث تغییر موقعیت عقربه دستگاه می‌شود و عقربه به سمت H (Hot - گرم شدن آب) حرکت می‌کند (شکل ۲۷-۱).



شکل ۲۷-۱ افزایش گرمای آب باعث انحراف عقربه به سمت H می‌شود.

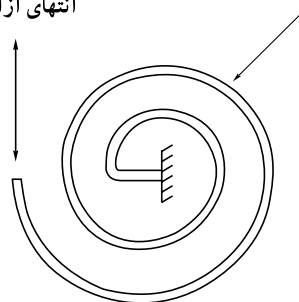
۴-۶-۱- دماسنج ترموکوپلی: می‌دانیم که هر تغییری

در درجه حرارت یک فلز باعث به حرکت درآمدن الکترون‌های آن می‌گردد. هر قدر این تغییر دما، در یک فلز خاص، بیشتر باشد به همان نسبت جریان الکترون‌ها بیشتر خواهد بود که خود باعث تغییر بار الکتریکی در یک نقطه می‌شود. با استفاده از این خاصیت و با اندازه‌گیری میزان اختلاف بار الکتریکی می‌توان تغییرات درجه حرارت را تعیین نمود. این همان اصلی است که در ترموکوپل مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین برای این کار سرهای دو تیغه از دو جنس مختلف را به یکدیگر متصل نموده و محل اتصال را گرم می‌کنیم. در این هنگام الکترون‌ها جریان پیدا کرده در نتیجه سر یک تیغه تراکم بار مثبت و سر تیغه دیگر تراکم بار منفی پیدا می‌کند (شکل ۲۸-۱).

دما استفاده کرد. محدوده کار این نوع دماسنج‌ها از 75°C تا 150°C بوده و میزان دقت بهترین نوع آن ۵٪ می‌باشد.

ساختمان عملی یک نمونه از بی‌متال که در دماسنج‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد در شکل ۲۵-۱ نشان داده شده است.

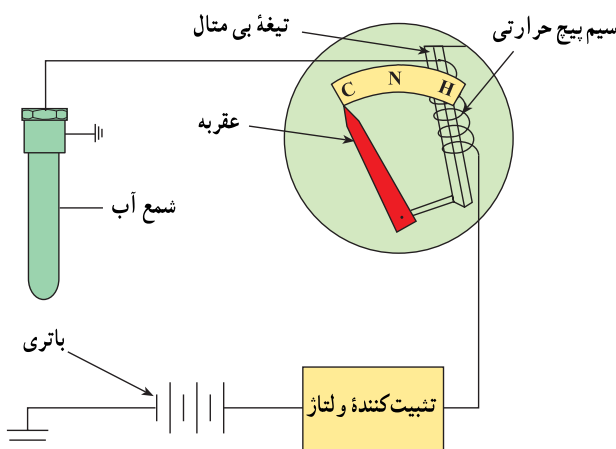
نوار دو فلزی
حرکت انتهای نوار
انتهای آزاد نوار



شکل ۲۵-۱ ساختمان عملی یک نمونه بی‌متال

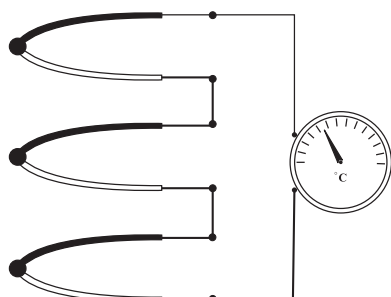
کاربرد این نوع دماسنج در نشان‌دهنده دمای آب موتور اتومبیل است که آن را به اصطلاح درجه آب می‌نامند. در ساختمان این نوع دماسنج از تیغه (نوار) بی‌متالی استفاده شده است که در مقابل حرارت حساس بوده و تغییر طول می‌دهد. سیم پیچ حرارتی نصب شده در روی تیغه تغییرات دمای لازم را بر حسب مقدار جریان الکتریکی مصرفی ایجاد می‌کند.

در حالت سرد بودن آب موتور به علت زیاد بودن مقاومت الکتریکی فشنگی آب، جریان بسیار کمی از سیم پیچ حرارتی عبور می‌کند و تغییر طول تیغه بی‌متال در حدی است که عقربه نشان‌دهنده روی C (Cold - سرد بودن آب) قرار می‌گیرد (شکل ۲۶-۱).



شکل ۲۶-۱ سرد (C) نرمال (N) گرم (H)

چنانچه تعدادی ترموکوپل به صورت سری بسته شود، مجموعه، ترموپیل نام می‌گیرد. شکل ۳-۱ نمونه‌ای از ترموپیل را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- ترموپیل

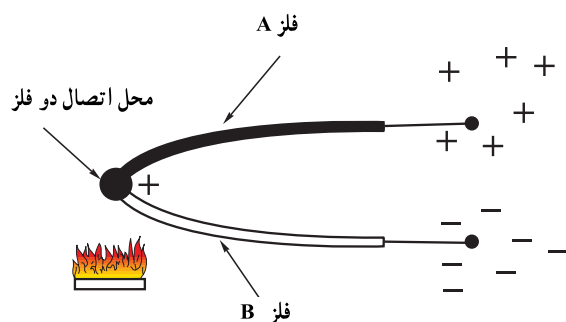
اگر در ترموپیل دمای محیط کلیه اتصالات و همچنین سیم‌های اتصال یک‌سان باشد در این صورت حساسیت مجموعه بالا رفته و قدرت تمیز آن نیز بیشتر خواهد شد.

به عنوان مثال با سری کردن ۲۵ ترموکوپل از نوع کنستانتان - کرمل قدرت تمیز تا $1^{\circ}\text{C}/0.1\%$ بالا خواهد رفت.

از دیگر موارد استفاده ترموکوپل کاربرد آن در اندازه‌گیری درجه حرارت متوسط آگروزتوربین می‌باشد. این ترموکوپل‌ها به‌طور جداگانه در نقاط مختلف آگروز قرار داده می‌شوند و با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر ترموپیل می‌توان اندازه متوسط درجه حرارت آگروز را مشخص کرد. در شکل ۳۱-۱ نمونه‌هایی از دماسنج دیجیتالی صنعتی را مشاهده می‌کنید.

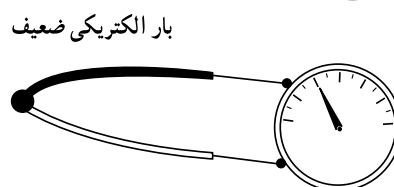
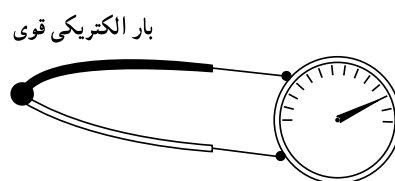


شکل ۳۱-۱- انواع دماسنج‌های دیجیتالی



شکل ۲۸-۱- تغییر درجه حرارت یک فلز باعث حرکت الکترون‌ها می‌شود.

هر قدر اختلاف درجه حرارت بین نقطه اتصال و سرهای آزاد این دو فلز، بیشتر باشد به همان نسبت بارالکتریکی دو سر تیغه‌ها زیادتر خواهد بود. بنابراین با اندازه‌گیری اختلاف بارالکتریکی (اختلاف پتانسیل الکتریکی) دو سر آزاد تیغه‌ها (دو سر ترموکوپل)، درجه حرارت نقطه اتصال مشخص خواهد شد (شکل ۲۹-۱).



شکل ۲۹-۱- هر قدر حرارت نقطه اتصال بیشتر باشد اختلاف پتانسیل دو سر تیغه‌ها بیشتر خواهد بود.

چنانچه به نقطه اتصال و سرهای آزاد دو فلز، حرارت یک‌سان داده شود، بارالکتریکی دو فلز مساوی شده و در نتیجه اختلاف پتانسیل نیز صفر خواهد بود بنابراین قابلیت استفاده ترموکوپل فقط در صورت وجود اختلاف درجه حرارت بین نقطه اتصال و سرهای آزاد تیغه‌های فلزی می‌باشد. بنابراین در عمل درجه حرارت سرهای آزاد ثابت نگه‌داشته می‌شود که آن را «درجه حرارت مبنا» می‌نامیم.

مقدار ولتاژ ایجاد شده در دو سر تیغه‌ها بستگی به جنس تیغه‌ها داشته و به‌طور معمول بین $10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ تا $80\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ است. درضمن حداکثر درجه حرارت مجاز ترموکوپل نیز بستگی به جنس تیغه‌ها دارد.



شکل ۱-۳۲- یک نمونه ترمیستور

وسایل اندازه گیری دما شامل مقاومت های تابع حرارت:

این وسایل دارای المان هایی هستند که مقاومت الکتریکی آن ها در مقابل حرارت تغییر می کند. در صورتی که ماده تشکیل دهنده مقاومت از جنس فلز باشد دستگاه ترمومتر مقاومتی و چنانچه این ماده از جنس نیمه هادی باشد وسیله، ترمومتر ترمیستوری نامیده می شود. روش معمول سنجش مقاومت استفاده از پل اندازه گیری می باشد. با اندازه گیری مقدار مقاومت و یا ولتاژ دوسر آشکار ساز در پل می توان درجه حرارت را اندازه گرفت. شکل ۱-۳۲ یک نمونه ترمیستور را نشان می دهد.

تغییر دما، تغییر می کند. در فلزات، با افزایش دما، مقاومت اهمی فلزات افزایش می یابد. از همین خاصیت تغییرات مقاومت اهمی فلزات بر اثر تغییر دما، برای اندازه گیری حرارت در صنعت استفاده می شود.

در اکثر فلزات شناخته شده، تغییرات مقاومت اهمی نسبت به تغییرات دما، خطی نیست. مثلاً در یک فلز مشخصی، اگر دمای فلز از صفر به 10° درجه سانتی گراد افزایش پیدا کند، مقاومت اهمی آن فلز 5Ω زیاد می شود و اگر دمای همان فلز از 10° درجه سانتی گراد به 20° درجه سانتی گراد افزایش یابد، مقاومت اهمی آن فلز $7/2$ اهم زیاد می شود.

تنها فلزی که تقریباً تغییرات مقاومت اهمی آن نسبت به تغییرات دما، خطی است، فلز پلاتین (Pt) است. هر چند که این فلز بسیار گران بها است - به طور متوسط دو برابر قیمت طلا - اما برای اندازه گیری دما از آن استفاده می کنند.

۱-۶-۷ حسگر (سنسور) $Pt100$: $Pt100$ یک مقاومت اهمی از جنس پلاتین است که در صفر درجه سانتی گراد مقاومت اهمی آن 100Ω است.

۱-۶-۵ آی سی های (IC) سنسور درجه حرارت :

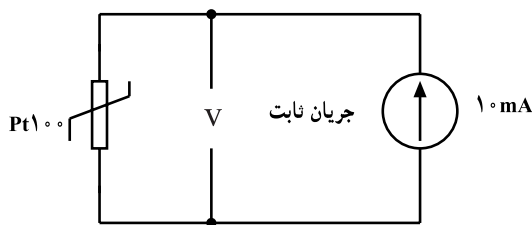
پیشرفت تکنولوژی الکترونیک در ساخت قطعات الکترونیکی، قطعاتی ساخته شده اند که می توانند حرارت را حس نموده و متناسب با درجه حرارت در خروجی خود ولتاژ یا جریانی را تولید نمایند. محدوده اندازه گیری حرارت در این گونه قطعات از $6^\circ C$ تا $180^\circ C$ می باشد. البته سنسور حرارتی تنها یک قطعه نیست بلکه یک قطعه حس کننده حرارت همراه با یک مدار الکترونیکی است که همگی به صورت یک مدار مجتمع ساخته شده و به صورت یک قطعه سه پایه شبیه یک ترانزیستور در اختیار ما قرار می گیرد.

خروجی این IC ها ولتاژ یا جریان بوده و از مهم ترین مزایای آن ها، خطی بودن ولتاژ یا جریان خروجی نسبت به درجه حرارت می باشد؛ به عنوان مثال، خروجی یک IC به ازای هر درجه سانتی گراد دما $10mV$ ولتاژ در اختیار ما قرار می دهد.

۱-۶-۶ روش دیگری برای اندازه گیری دما در

صنعت : برای اندازه گیری دما، روش های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش ها، اندازه گیری تغییر خواص الکتریکی اجسام در اثر تغییرات دما است. می دانیم که مقاومت اهمی فلزات در اثر

در $Pt 100$ به ازای افزایش هر درجه دما، $385m\Omega$ مقاومت اهمی آن زیاد می شود.



شکل ۱-۳۵ نحوه تبدیل دما به ولتاژ

۱-۷- اندازه‌گیری تغییر مکان طولی

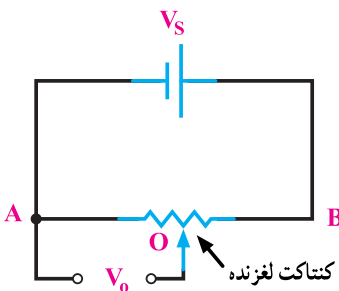
برای اندازه‌گیری تغییر مکان طولی (از حدود میکرومتر تا چندین سانتی‌متر و یا متر) با توجه به دقتی که مورد نیاز است از شیوه‌های مختلفی استفاده می‌کنند.

اندازه‌گیر تغییر مکان طولی وسیله‌ای است که میزان جابه‌جایی یک جسم را بین دو نقطه، در امتداد خط مستقیم، مورد سنجش قرار می‌دهد. علاوه بر این، از این وسیله در سنجش تغییر مکان طولی یک جسم به‌طور مستقیم و سنجش کمیت‌هایی مانند فشار، نیرو، شتاب و حرارت که قادر به ایجاد تغییر مکان هستند نیز استفاده می‌شود. انواع مختلفی از این وسیله در صنعت وجود دارد که در زیر به‌طور خلاصه به بعضی از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

۱-۷-۱- پتانسیومتر مقاومتی: پتانسیومتر مقاومتی دارای مقاومتی است که یک کنتاکت یا اتصال لغزنده بر روی آن قرار دارد. پتانسیومتر یک قطعه الکترونیکی است که به‌عنوان مقاومت متغیر در مدارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کتاب مبانی برق در این باره بیشتر خواهید آموخت.

مطابق شکل ۱-۳۶ ولتاژ V_s به دو سر پتانسیومتر اعمال می‌شود (دو نقطه A و B) که در نتیجه آن ولتاژ خروجی V_o بین دو نقطه A و O (اتصال متحرک) ایجاد می‌گردد. یک رابطه خطی بین ولتاژ خروجی و فاصله AB به‌صورت زیر وجود دارد.

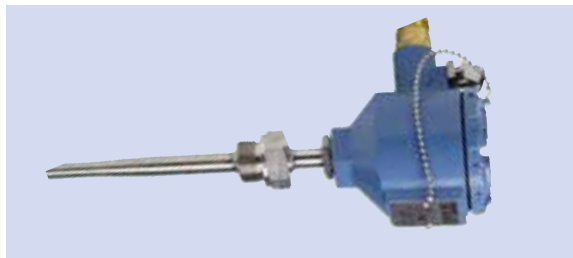
$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{AO}{AB}$$



شکل ۱-۳۶ نحوه اتصال ولتاژ V_s به دو سر پتانسیومتر

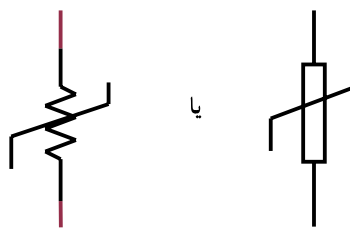
به کمک $Pt100$ می‌توان دمای 200° - درجه سانتی‌گراد تا 850° درجه سانتی‌گراد را اندازه گرفت.

$Pt100$ معمولاً همراه با یک مدار الکتریکی^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کمک مدار الکتریکی می‌توان رنج دمای مورد نظر اندازه‌گیری را تبدیل به جریان استاندارد $4mA$ تا $20mA$ کرد و سپس با وسایل اندازه‌گیری ساده آن را اندازه گرفت و یا کنترل کرد. شکل ۱-۳۳ یک نمونه $Pt100$ را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳ - ۱- شکل ظاهری یک $Pt100$

$Pt100$ را با سمبل شکل ۱-۳۴ در نقشه‌های الکتریکی نشان می‌دهند.



شکل ۱-۳۴ سمبل $Pt100$

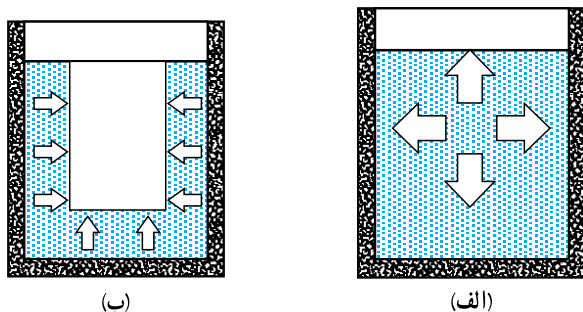
$Pt100$ را به صورت دو سیمه، سه سیمه و چهارسیمه می‌سازند که نوع سه سیمه آن از بقیه رایج‌تر است.

از $Pt100$ در صنعت برای اندازه‌گیری دمای سیالات با دمای کمتر از 80° درجه سانتی‌گراد به فراوانی استفاده می‌کنند ضمن این که می‌توان از $Pt100$ برای اندازه‌گیری دمای محیط، دمای سیلوهای حبوبات و ... نیز استفاده کرد. دقت اندازه‌گیری دما با $Pt100$ بسیار بالاست.

به کمک مدار شکل ۱-۳۵ می‌توان میزان دما را تبدیل به سیگنال الکتریکی کرد. ولتاژ دو سر $Pt100$ متناسب با دمای $Pt100$ است.

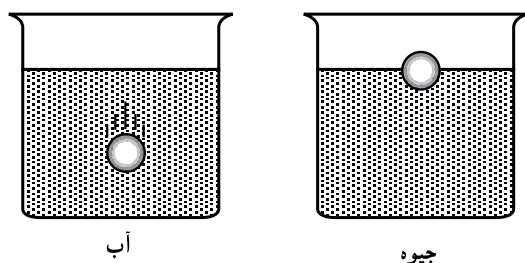
۱- مدار الکترونیکی مورد استفاده برای این دستگاه را ترانس‌میتور (Transmitter) یا فرستنده می‌نامند.

آن ریخته می‌شوند، فشار وارد می‌آورند (شکل ۱-۳۷ الف). چنانچه یک جسم خارجی را در یک ظرف مایع قرار دهیم از طرف مایع فشاری به این جسم وارد می‌شود (شکل ۱-۳۷ ب).



شکل ۱-۳۷ مایعات به دیواره طرف (الف) و جسم خارجی موجود در ظرف (ب) فشار وارد می‌کنند.

به شکل ۱-۳۷ ب نگاه کنید: فشاری که از دو پهلو به جسم شناور وارد می‌شود یکدیگر را خنثی می‌کنند. اما فشار وارده از پایین که بیشتر از فشار وارده از بالاست سعی بر آن دارد که جسم را به طرف بالا براند و همین فشار است که باعث سبک شدن اجسام شناور می‌شود (قانون ارشمیدس). هر قدر وزن مخصوص مایع بیشتر باشد این فشار بیشتر خواهد بود. مثلاً ممکن است جسمی در آب غوطه‌ور شود اما در جیوه (مایع) فرو نرود. زیرا وزن مخصوص جیوه زیاد بوده و فشار زیادی از پایین به آن جسم وارد می‌نماید و آن را در سطح خود شناور نگه می‌دارد (شکل ۱-۳۸).



شکل ۱-۳۸ جسم در آب غوطه‌ور می‌شود و در جیوه فرو نمی‌رود.

پس از ذکر مقدمه فوق، ساده‌ترین روش استفاده از اجسام شناور را در شکل ۱-۳۹ نشان می‌دهیم. با بالا یا پایین رفتن سطح مایع تویی نیز به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند و این امر باعث حرکت عقربه شده و عقربه (حرکت عقربه) ارتفاع سطح مایع را مشخص می‌کند.

جسمی که تغییر مکان آن اندازه‌گیری می‌شود به کنتاکت لغزنده متصل می‌گردد. بنابراین هر تغییر مکانی که جسم داشته باشد باعث تغییر مکان لغزنده و در نتیجه تغییر V_0 می‌گردد. از نظر ساختمانی سه نوع پتانسیومتر وجود دارد:

الف) پتانسیومتر سیمی

ب) پتانسیومتر زغالی

ج) پتانسیومتر پلاستیکی

اسامی فوق متناسب با نام المان مقاومتی (سیم، زغال، پلاستیک) انتخاب شده است. پتانسیومتر سیمی، سیم نازکی است که به دور یک شیء غیرهادی پیچیده شده و یک لغزنده می‌تواند در نقاط دلخواه با سیم ارتباط الکتریکی داشته باشد. با جابه‌جاشدن لغزنده، مقاومت بین آن و کنتاکت‌های ثابت تغییر می‌کند. حداقل این تغییر مقاومت برابر با مقاومت یک حلقه است؛ بنابراین، مقاومت سیمی قدرت تمیز دادن مقادیر بسیار کم حرکت را نخواهد داشت. بدین جهت برای داشتن تغییرات بسیار کم مقاومت و در نتیجه تغییر مکان کم در جسم، باید از پتانسیومتر زغالی یا پلاستیکی استفاده شود. قدرت تمیز این دو نوع مقاومت بستگی به اندازه دانه‌بندی زغال یا پلاستیک دارد، ولی معمولاً قدرت تمیز آن‌ها تا $\frac{1}{10000}$ اهم می‌تواند باشد. در عمل قدرت تشخیص یک پتانسیومتر، علاوه بر جنس ماده تشکیل دهنده آن، به ساختمان مکانیکی فنی که لغزنده را به مقاومت تماس می‌دهد بستگی دارد.

۱-۸- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات

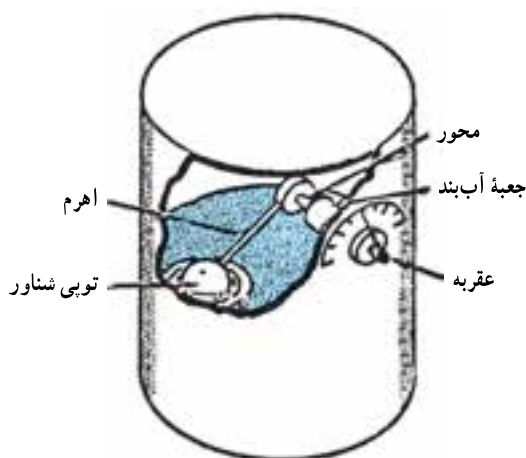
منظور از سطح مایع حدفاصل مایع با بخار خود یا محیط گازی که روی آن را احاطه کرده است می‌باشد.

ساده‌ترین روش اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع استفاده از ظرف شیشه‌ای یا شفاف است که بتوان مایع داخل آن را از بیرون به خوبی دید، اما چون نمی‌توان مخزن‌ها را از شیشه یا جسم شفاف ساخت، لذا اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع به طرق دیگری انجام می‌پذیرد که در زیر به بعضی از آن‌ها اشاره‌ای مختصر خواهد شد.

۱-۸-۱ اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع به کمک

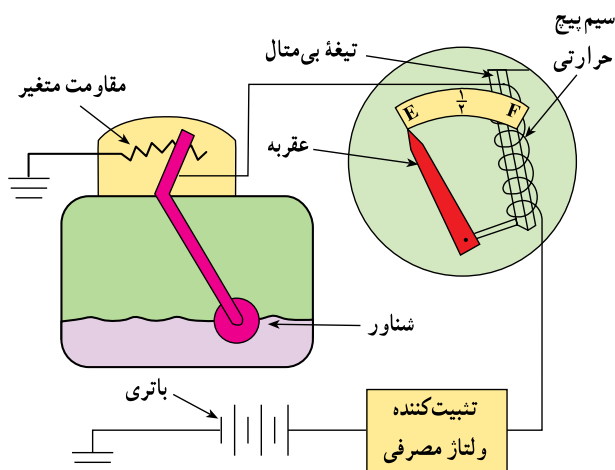
اجسام شناور: مایعات همواره به خود و دیوارهای ظرفی که در

شکل ۴۱-۱ استفاده دیگری از تویی شناور را نشان می‌دهد. با حرکت تویی، اهرم، میله متحرک و عقربه حرکت کرده و ارتفاع سطح مایع را روی صفحه مدرج نشان می‌دهد.

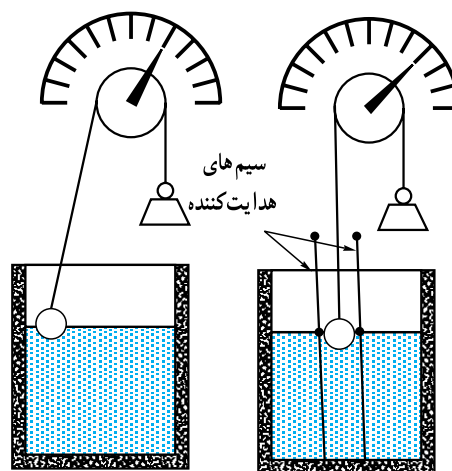


شکل ۴۱-۱ استفاده از تویی شناور برای تعیین ارتفاع سطح مایع

الف) اصول کار : یک نمونه از نشان دهنده سطح مایع که در باک اتومبیل به کار می‌رود را در شکل ۴۲-۱ ملاحظه می‌کنید. ساختمان سوخت نما مانند نشان دهنده درجه آب از نوع بی متالی است که در آن از تیغه بی متال و سیم پیچ حرارتی استفاده شده است. در حالت های پُر و خالی بودن باک مقدار مقاومت متغیر نصب شده روی باک تغییر می‌کند و بر حسب مقدار جریان مصرفی و حرارت ایجاد شده در سیم پیچ حرارتی، تیغه بی متال تغییر طول داده و عقربه نشان دهنده در فاصله E (خالی بودن باک Empty) و F (پر بودن باک Full) مقدار حجم سوخت اندازه گیری شده داخل باک را نشان می‌دهد.

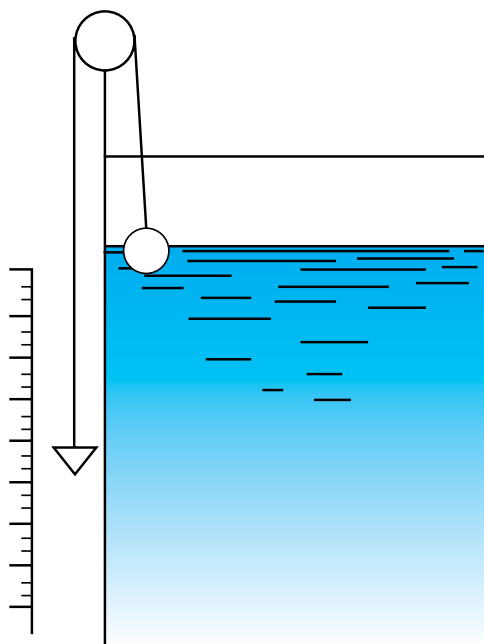


شکل ۴۲-۱ یک نمونه از نشان دهنده سطح مایع در باک اتومبیل



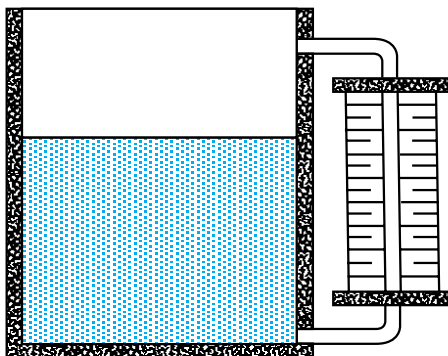
شکل ۳۹-۱ تغییر ارتفاع سطح مایع به کمک اجسام شناور

برای این که تویی شناور روی سطح مایع حرکت آزاد نداشته باشد معمولاً آن را به وسیله دو میله مهار می‌کنند. در این روش می‌توان به جای عقربه و صفحه مدرج از یک شاغول و یک خط کش مدرج بلند، مطابق شکل ۴۰-۱، استفاده نمود. در این طریقه تویی شناور به وسیله نخ‌کی که از روی قرقره عبور کرده است به وزنه شاغول متصل است. این وزنه در کنار مقیاس مدرج حرکت می‌کند و ارتفاع سطح مایع را اندازه می‌گیرد.



شکل ۴۰-۱ استفاده از یک شاغول و یک خط کش مدرج برای اندازه گیری ارتفاع سطح مایع

محافظ نصب شده است و برای مخزن‌هایی که دارای فشار بالا هستند از لوله‌های شیشه‌ای استفاده نمی‌شود.



شکل ۴۴-۱ اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات با استفاده از لوله‌اندازه‌گیری

۱-۹- اندازه‌گیری وزن

برای اندازه‌گیری وزن در صنعت از حدود گرم تا چند ده تن، از وسیله‌ای به نام لودسل (Load cell) و یک سیستم نشان‌دهنده به نام ایندیکیتور (Indicator) استفاده می‌شود. شکل ۴۵-۱ یک لودسل و یک ایندیکیتور را نشان می‌دهد.



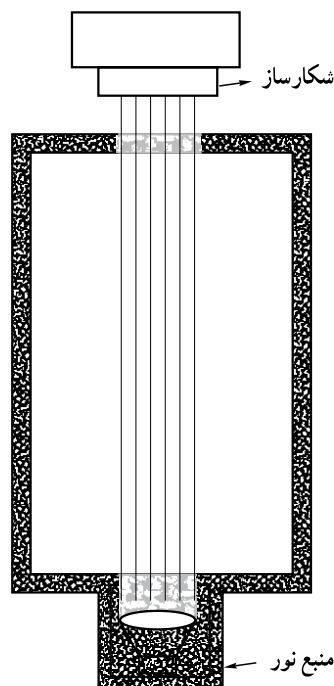
الف) یک نمونه لودسل



ب) یک نمونه ایندیکیتور

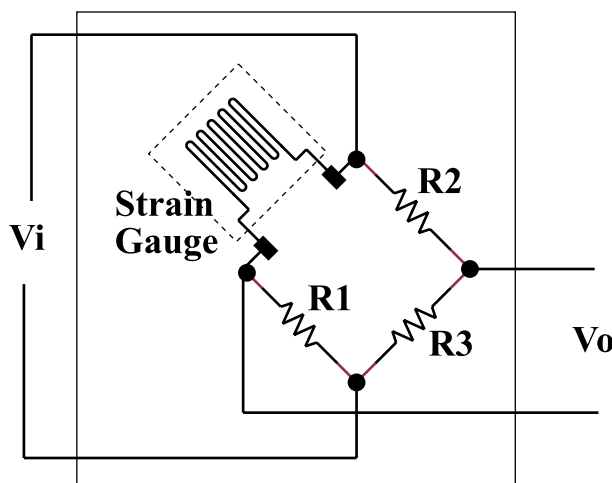
شکل ۴۵-۱ یک نمونه لودسل و یک نمونه ایندیکیتور

۸-۲-۱- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات به کمک امواج: اگر نوری بر سطح مایع شفافی تابانده شود مقدار کمی از آن هنگام برخورد با مایع منعکس گشته و مقداری دیگر جذب مایع می‌گردد اما قسمت اعظم آن از مایع عبور می‌کند. در این عمل هرچه ضخامت مایع بیشتر باشد مقدار نور جذب شده افزایش یافته و نور خارج شده کم می‌شود. بنابراین از روی نور خارج شده می‌توان ضخامت یا ارتفاع مایع را معین نمود. این شیوه اندازه‌گیری مطابق شکل ۴۳-۱ برای اندازه‌گیری ارتفاع مایعات شفاف به کار می‌رود.



شکل ۴۳-۱ اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات به کمک امواج

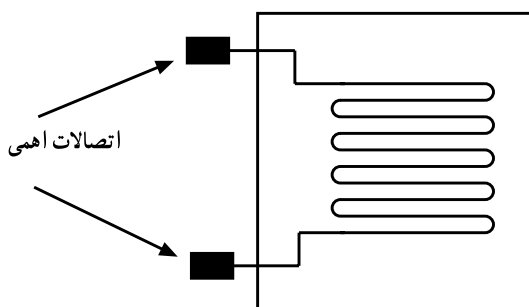
۸-۳-۱- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات با استفاده از لوله‌اندازه‌گیری: می‌دانیم مایع در تمام ظرف‌های مرتبط با یکدیگر در یک سطح قرار می‌گیرد، از این خاصیت برای اندازه‌گیری سطح مایع مطابق شکل ۴۴-۱ استفاده می‌شود. لوله‌شیشه‌ای از یک طرف به پایین‌ترین قسمت مخزن و از طرف دیگر به قسمت بالایی آن متصل شده است. می‌دانیم که سطح مایع در این لوله با سطح مایع در مخزن برابر است. برای جلوگیری از شکسته شدن این نوع لوله‌ها، در اطراف آن چند میله



شکل ۴۷-۱ مدار الکتریکی لودسل

عنصر اصلی تشخیص وزن، یک قطعه به نام Strain Gauge است.

Strain Gauge در حقیقت یک مقاومت اهمی است که از نوارهای بسیار باریکی تشکیل شده است. اگر این مقاومت تحت فشار قرار گیرد، شکل فیزیکی آن به واسطه فشار، تغییر می کند و هر نوع تغییر شکل فیزیکی، باعث تغییر مقاومت اهمی آن می شود. غیر از فشار، کشش نیز می تواند باعث تغییر شکل فیزیکی آن گردد. لذا مقدار مقاومت اهمی این مقاومت بر اثر کشش نیز تغییر می کند. شکل ۴۶-۱ ساختار داخلی یک Strain Gauge را نشان می دهد.



شکل ۴۶-۱ ساختار داخلی یک Strain Gauge

در یک Strain Gauge، تغییرات مقاومت اهمی آن متناسب با وزنی که روی آن قرار می گیرد. کاملاً خطی است. مثلاً اگر وزن یک کیلوگرم روی آن قرار گیرد، مقاومت اهمی آن یک میلی اهم تغییر می کند و اگر مقدار وزن دو برابر شد، تغییرات مقاومت اهمی آن نیز دو میلی اهم می شود.

لودسل ها به دو صورت فشاری و کششی ساخته می شوند. نوع فشاری معمولاً روی یک تکیه گاه روی زمین نصب می شود و وزن مورد نظر روی آن قرار می گیرد. در نوع کششی، معمولاً لودسل به صورت آویز نصب می شود و وزن به صورت کششی روی لودسل منتقل می گردد.

همان طور که قبلاً گفته شد، خروجی لودسل ها، به ایندیکتورها وصل می شود تا ایندیکتورها وزن قرار گرفته روی لودسل را نشان دهند، ایندیکتورها علاوه بر نمایش مقدار وزن، امکانات دیگری نیز دارند که به بعضی از آن ها در زیر اشاره خواهد شد :

- شمارش تعداد قطعات روی آن قرار گرفته.
- اندازه گیری وزن ظرف خالی (TARE)
- امکان اتصال مستقیم چاپگر به آن ها و چاپ فاکتور
- امکان اتصال به یک کامپیوتر معمولی
- در خروجی ایندیکتورها تعدادی رله وجود دارد که می توان با دادن برنامه به ایندیکتور، شرایطی را فراهم کرد که، به ازای

تغییر مقاومت اهمی Strain Gauge حدود میلی اهم و یا کسری از میلی اهم است. لذا برای اندازه گیری تغییرات اهمی آن، از اهم متر و یا وسایل مشابه دیگر نمی توان استفاده کرد زیرا مقاومت اهمی سیم های رابط و تغییر مقاومت اهمی آن ها بر حسب تغییرات دما، ممکن است به مراتب بیشتر از کسری از میلی اهم باشد.

عملاً Strain Gauge را در مدار الکتریکی شکل (۴۷-۱) که به نام پل و تستون مشهور است قرار می دهند، در خروجی این مدار متناسب با تغییر مقاومت اهمی Strain Gauge، ولتاژ DC تولید می شود. با اندازه گیری ولتاژ DC توسط ایندیکتور، وزن قرار داده شد روی Strain Gauge تعیین می شود. به مدار الکتریکی شکل ۴۷-۱ لودسل می گویند.

وزن‌های مختلف و مشخص، رله‌ها عمل کنند. از این فرآیند برای • ایندیکتورها، می‌توانند متناسب با وزن روی لودسل، ترکیب (مخلوط) چند ماده مختلف در صنعت استفاده می‌شود. یک جریان $20-40\text{ mA}$ تولید و در اختیار کاربر قرار دهند.

ویژگی‌های جریان حالت‌معد

تحقیق کنید دستگاه‌های ترازوی الکترونیکی متداول در بازار میوه و سوپرمارکت‌ها بر چه اساسی کار می‌کنند.



۱۰- الکتریکی پرشی

تشریحی

- ۱- چرا در صنعت کمیت‌های غیرالکتریکی مانند درجه حرارت و فشار را ابتدا تبدیل به یک کمیت الکتریکی کرده و سپس آن را انتقال می‌دهند؟
- ۲- کاربرد اندازه‌گیری تغییر مکان طولی کدام است؟
- ۳- فشار واحدهای آن را تعریف کنید.
- ۴- سه مورد کاربرد فشار را نام ببرید.
- ۵- کاربرد فشارسنج دیافراگمی در کجاست؟
- ۶- درجه حرارت را تعریف کنید.
- ۷- ساختمان دماسنج فشاری را به‌طور کامل شرح دهید.
- ۸- دماسنج ترموکوپلی و کاربرد آن را به‌طور کامل شرح دهید.

صحیح - غلط

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> غلط | <input type="checkbox"/> صحیح | ۹- مقاومت سیمی قدرت تمیز دادن مقادیر بسیار کم حرکت را ندارد. |
| <input type="checkbox"/> غلط | <input type="checkbox"/> صحیح | ۱۰- حساسیت فشارسنج فانوسی از فشارسنج دیافراگمی کم‌تر است. |

کامل کردنی

- ۱۱- اندازه‌گیری نتیجه یک مقایسه کلی است بین یک استاندارد (شاخص) و یک اندازه (مقدار)

.....

چهار گزینه‌ای

- ۱۲- دستگاه‌هایی که قادر به نمایش کمیت اندازه‌گیری شده به‌صورت پیوسته نیستند، دستگاه‌های نام دارند.
- | | |
|-------------------|-------------------|
| ۱- آنالوگ | ۲- دیجیتال |
| ۳- الکترواستاتیکی | ۴- الکترومغناطیسی |