هدف کلی

ایجاد توانمندی‌هایی که هنرجو قادر باشد اپراتوری با دستگاه، تشخیص عیوب و سرویس کردن دستگاه‌ها را انجام دهد.

فصل اوّل

گزارش‌نویسی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :
۱ــ نحوه‌ی گزارش‌نویسی را توضیح دهد.
۲ــ نحوه‌ی گزارش‌نویسی فنی را توضیح دهد.
۳ــ تفاوت بین گزارش‌نویسی و گزارش‌نویسی فنی را توضیح دهد.

۱ــ۱ــ نحوه‌ی گزارش‌نویسی

هدف از این بحث، ارایه‌ی راه کار مناسبی برای نوشتن گزارش یا تهیه‌ی مقالات علمی است. در تهیه یک گزارش کامل موارد زیر توصیه می‌گردد :

۱ــ۱ــ۱ــ چکیده

لازم است ابتدا هر گزارش بسیار مختصر و گویا ــ بدون ذکر روابط ریاضی ــ در چند سطر بیان شود ؛ بر این اساس، چکیده‌ی گزارش می‌تواند دربردارنده‌ی هدف و نتایج حاصل کار باشد و خواننده به راحتی به مضمون آن دست یابد.

۲ــ۱ــ۱ــ مقدمه

منظور از مقدمه، توجه به نکات اساسی گزارش و آشنایی خواننده با موضوع است.
در برخی گزارش‌ها مقدمه، حاوی پیش‌گفتار نیز خواهد بود. در گزارش‌های طولانی یا برای کتاب، ممکن است مقدمه و پیش‌گفتار مجزا آورده شوند ؛ در حالی که در گزارش‌های مختصر به مقدمه‌ی کوتاه بسنده می‌شود.

۳ــ۱ــ۱ــ هدف

اهداف کلی آزمایش که همانا دست یافتن به نتایج مطلوب است باید در گزارش آورده شود ؛ هم‌چنین لزوم و اهمیت کار، بیان شود.

۴ــ۱ــ۱ــ تئوری

محتوای برخی از گزارش‌ها اغلب شامل اطلاعات تئوری گسترده‌ای درباره‌ی کاربرد و موضوع گزارش است. این بخش خواننده را قادر می‌سازد تا مفاهیم تجربی را دریابد و تفسیر مناسبی از داده‌ها در اختیار داشته باشد.

۵ــ۱ــ۱ــ شرح دستگاه و روش‌آزمایش

اطلاعات کافی باید در باره‌ی دستگاه و روش آزمایش برای خواننده تهیه شود تا با چگونگی کار بیش‌تر آشنا گردد. اگر گزارش یا تحقیق با دانش جدیدی سروکار دارد، بحث

جامع‌تری از دستگاه لازم است. نکته‌ی دیگر آن که نحوه‌ی انجام آزمایش باید بر اساس روش‌های استاندارد باشد.

روش انجام آزمایش از ابتدا تا انتها باید در گزارش بازگو شود.

۶ــ۱ــ۱ــ محاسبات

چنان چه به پردازش و محاسبه‌ی داده‌های آزمایش نیاز است، محاسبات مربوط به آزمایش باید در گزارش به تفصیل ذکر شود.

۷ــ۱ــ۱ــ نتایج آزمایش‌ها

به‌طور طبیعی بخش جداگانه‌ای در گزارش آورده می‌شود تا نتایج آزمایش‌ها، به‌گونه‌ای خاص متناسب با نیازهای موردنظر خواننده باشد. استفاده از جدول و نمودار، به دلیل وضوح، امری اجتناب ناپذیر است. در حقیقت نمودار باید به گونه‌ای باشد تا توجه خواننده را بر روی نکات برجسته‌ی اطلاعات متمرکز نماید ؛ به دیگر سخن، در تهیه‌ی گزارش علاوه بر توضیحاتی که نوشته می‌شود استفاده از اشکال و نمودارها باعث درک بیش‌تر خواننده می‌شود و در زمان اندکی، تأثیر و کارایی بیش‌تری بر جای می‌گذارد.

۸ــ۱ــ۱ــ تفسیر نتایج

هنگامی که نتایج آزمایش به گونه‌ی روشنی عرضه شد، نویسنده مسئولیت تفسیر نتایج را ــ بر اساس تئوری و کار دیگران در زمینه‌ی فعالیت انجام شده ــ بر عهده دارد.

در این بخش دورنمای کار، تئوری و نتایج آزمایش همگی باهم آورده شده تا خواننده را به نتیجه‌گیری مورد مطالعه رهنمون سازد.

۹ــ۱ــ۱ــ نتیجه‌گیری

زمانی که خواننده به این بخش می‌رسد، اغلب باید نتیجه‌گیری‌های کار به‌دست داده شود. هدف از این بخش جمع‌آوری تمام نتایج مهم و تفسیر آن‌ها به شکل مختصر و واضح است. معمولاً در این بخش نکات اصلی گزارش منظور می‌شود. با توجه به این که بسیاری از مخاطبان فقط بخش‌های چکیده و نتیجه‌گیری گزارش را می‌خوانند ضروری است بخش نتیجه‌گیری با دقت بیش‌تری نوشته شود.

۱۰ــ۱ــ۱ــ خطاهای آزمایش

خطاهای مربوط به آزمایش اعم از خطاهای بصری، دستگاه‌های آزمایش، خطاهای محیطی، دقت محاسبات و هر فرض ساده شونده‌ای که باعث ایجاد اختلاف در نتایج آزمایش و تئوری آزمایش می‌شود باید در انتهای کار تحلیل شوند تا میزان صحت و سقم آزمایش مشخص گردد.

۱۱ــ۱ــ۱ــ مراجع و منابع

منابع مورداستفاده‌ی نویسنده برای تهیه‌ی گزارش باید در انتهای کار به‌صورت فهرست فراهم آید تا خواننده منابع و اطلاعات بیش‌تری را در زمینه‌ی گزارش تهیه شده، در اختیار بگیرد. گفتنی است درج منابع و مراجع در گزارش دلیل بر مستند بودن گزارش است.

نوشتن منابع در انتهای کار به این ترتیب است :

(برای همین منظور به منابع نوشته شده در آخر همین کتاب مراجعه نمایید.)

نویسنده، عنوان، ناشر، سال

به‌عنوان مثال :

ــ استریتر، وایلی ــ بدفورد، مکانیک سیالات، مک گراهیل ۱۹۹۸

در حقیقت با در نظر داشتن مطالب یاد شده در گزارش می‌توان به هدف اصلی کار دست یافت، شایسته‌ی ذکر است که هر کار علمی یا آزمایش هنگامی دارای اهمیت و درخور ارزیابی است که به‌صورت گزارش تهیه شود و در اختیار خوانندگان قرار بگیرد. برای بیان منظور باید ساده و روان نوشت و این امر را همیشه به‌خاطر داشت :

> «کسی که از لغات زیادی برای بیان منظورش استفاده کند مانند نشانه‌گیر بدی است که به جای نشانه‌گیری یک سنگ به‌هدف، مشتی از سنگ را به طرف هدف پرتاب کند به این امید که به هدف اصابت نماید».

فعالیت:

دو نمونه گزارش از کتاب‌های آزمایشگاه شیمی عمومی، آزمایشگاه شیمی‌آلی و آزمایشگاه شناخت مواد (مربوط به سال دوّم) با توجه به این فصل تهیه شود.

۲ــ۱ــ گزارش نوبت کاری

معمولاً در هر واحد صنعتی بسته به نوع فعالیت، در هر مرحله از کار، گزارش عملیات هر نوبت کاری تهیه می‌شود که در آن گزارش مطالب متنوعی نظیر تعمیرات یا تعویض قطعات، مقادیر دما، فشار و...، دستگاه‌هایی که به کار گرفته شده‌اند، میزان مواد مصرفی و تولید شده و اطلاعاتی نظیر آن درج می‌گردد. شکل نوشتاری و طبقه‌بندی کاری برای هر واحد شیمیایی یا صنعتی با واحد دیگر متفاوت است. برای مثال، در واحد نفت و گاز این موضوعات مطرح می‌شود :

ــ فشار و دمای مراحل مختلف تفکیک نفت و گاز ؛

ــ میزان گاز جدا شده از نفت ؛

ــ میزان آب جدا شده از نفت ؛

ــ آمار چاه‌های نفت که در آن تاریخ باز بوده‌اند ؛

ــ میزان سوخت مصرفی کارخانه ؛

ــ تعداد پمپ‌های در حال کار، همراه با ساعت کاری ؛

ــ تعداد کمپرسورهای در حال کار، همراه با ساعت کاری ؛

ــ تعداد ژنراتورهای دیزلی یا ژنراتورهای دیگر، هم‌چنین توربین‌های گازی همراه با ساعت کاری ؛

ــ دستگاه‌ها و ادواتی که تعمیر شده‌اند یا نیاز به تعمیر یا تعویض قطعات دارند ؛

ــ موجودی مواد ضد خورندگی در نفت و آب و مقادیر مصرفی آن‌ها ؛

ـ شرح وضعیت جوّی ؛
ـ تعداد افراد حاضر به‌کار در واحد به‌صورت ثابت و متغیر ؛
ـ مواد مورد لزوم کارخانه اعم از وسایل کاری، نظافتی و یا خوراکی ؛
ـ شرح وقایع (چنان چه در طول نوبت کاری حادثه‌ای رخ داده باشد).

یادآور می‌شود اطلاعات موجود در گزارش فنی کارخانه نفت و گاز باید به گونه‌ای ساده و گویا باشد.

نمونه‌ای از گزارشات نوبت‌کاری کارخانجات نفت و گاز را برای مثال مشاهده نمایید.

فرم شماره‌ی ۱: گزارش یک سکوی نفتی در دریا

سکو	تفکیک‌کننده[۱]	نفت BPD[۲]	آب BPD	گاز MMSCFD[۳]	فشار Psig	دما °F	چاه‌های بازها
A	شیرین[۵]	۴۳۰۰۰	–	۱۳۱/۵	۲۲۰	۹۰	$F_{۳}-۲H, ۳H+ F_{۱۱,۰,۳H}+ F_{۱۷}$
	ترش[۶]	۴۰۰۰	۲۱۹۷	۱۴	۲۲۰	۹۰	$F_{۱۶}-۳/۵$
	آزمایش[۷]	۱۷۴۵۰	۱۴۵۴	۱۴/۵	۲۲۰	۱۱۲	$F_{۹}-۰/۱,۲H$
	میانی[۸]	۷۰۰۵۰	۴۱۵	۵/۳	۷۵	۱۰۰	$F_{۱۳}-۰/۱+ F_{۱۶-۲}$
	جمع کل	۷۴۹۵۰	۷۸۰۱	۱۶۵/۳			
B	شیرین	–	–	–	–	–	–
	ترش	۵۶۰۰	۱۴۴۷	۱/۴	۵۵	۱۰۵	$F_{۲}-۰/۱+ F_{۱۵}-۱/۷$
	آزمایش	–	–	–	–	–	–
	جمع کل	۵۶۰۰	۱۴۴۷	۱/۴	فشار خط لوله (۳۵۰ـ۴۰۰ Psig) چاه‌های باز = ۷ حلقه		
جمع کل منطقه		۷۶۴۰۰	۹۲۴۸	۱۶۶/۷			

توضیحات فرم شماره‌ی ۱

۱ــ *تفکیک کننده:* دستگاه جدا کننده گاز و نفت و آب (به فصل هشتم همین کتاب مراجعه شود)

۲ــ BPD = Barrel Per Day = بشکه در روز

۳ــ MMSCFD = Million Standard Cubic Feet Per Day = میلیون فوت مکعب در روز

۴ــ *چاه‌های باز:* به چاهی که در روز تولید نفت داشته باشد «چاه باز» می‌گویند.

۵ و ۶ــ *نفت ترش و شیرین:* نفتی که حاوی H_2S باشد «ترش» و در غیر این‌صورت «شیرین» نامیده می‌شود.

۷ــ *تفکیک کننده‌ی آزمایش:* دستگاه تفکیک‌کننده‌ای که برای آزمایش در سکو استفاده می‌شود.

۸ــ *تفکیک‌کننده‌ی میانی:* دستگاه تفکیک‌کننده با فشار متوسط (کمتر از فشار مرحله‌ی اوّل)

فرم شماره‌ی۲ ــ گزارش روزانه

- **وضعیّت جوی**

✓ باد = متغیر، غالباً شمال

✓ موج = آرام ــ ۳ فوت[1]

✓ درجه‌ی حرارت = ۳۰ درجه‌ی سلسیوس

- **تعداد نفرات**

✓ بهره‌برداری دریا :	۱۴ نفر
✓ خدمات چاه‌ها :	۴ نفر
✓ تعمیرات :	۷ نفر
✓ آشپزخانه :	۸ نفر
✓ پزشکیار :	۱ نفر
✓ آتشکار :	۱ نفر
✓ نظامی :	۶ نفر
✓ متفرقه :	۸ نفر
جمع کل :	۵۱ نفر

۱ــ منظور ارتفاع موج می‌باشد.

● **تجهیزات و مواد مصرفی**

الف ــ سکوی نفتی A

✓ژنراتور شماره‌ی (۱) = آماده (Stand by)

✓ژنراتور شماره‌ی (۲) = روشن (Service)

✓کمپرسور هوا شماره‌ی (۱) = ۱۲ ساعت کار

✓کمپرسور هوا شماره‌ی (۲) = ۱۲ ساعت کار

✓موجودی گازوییل = ۱۵۵۰گالن

✓موجودی آب = ۲۶۰۰ گالن

✓مصرف ضد کف[۱] = ۴ گالن

✓موجودی ضد کف = ۵ گالن

✓مصرف ضد خورندگی در نفت[۲] = ۱/۵ گالن

✓موجودی ضد خورندگی در نفت = ۸ گالن

ب ــ سکوی نفتی B

✓توربین شماره‌ی یک = آماده (Stand by)

✓توربین شماره‌ی دو = روشن (Service)

✓آب شیرین‌کن شماره‌ی یک = روشن (Service)

✓آب شیرین‌کن شماره‌ی دو = آماده (Stand by)

✓موجودی گازوییل = ۳۴۰۰ گالن

✓موجودی آب = ۴۵۰۰ گالن

✓مصرف ضد خورندگی در نفت = ۱۵ گالن

✓مصرف ضد خورندگی در آب[۳] = ۱۲ گالن

✓موجودی ضد خورندگی در نفت = ۴ گالن

✓موجودی ضد خورندگی در آب = ۱۲ گالن

۱ــ **ضد کف:** برای جلوگیری از تولید کف در داخل دستگاه درون تفکیک کننده تزریق می‌شود. توضیح این که نفت در اثر برخورد با ادوات داخل دستگاه تولید کف می‌کند.

۲ــ **ضد خورندگی:** به‌دلیل وجود H_2S امکان خورندگی افزایش می‌یابد پس ضد خورندگی تزریق می‌شود.

۳ــ **ضد خورندگی در آب:** آب برای دستگاه آب شیرین‌کن به‌علت وجود یون‌های مختلف ایجاد خوردگی می‌کند پس ضد خورندگی به آب تزریق می‌شود.

فرم شماره‌ی ۳ ــ اهم فعالیت‌های روزانه‌ی تعمیراتی کارخانجات نفتی

شرح درخواست کار	برآورد نفر/ روز	تاریخ‌شروع	درصد انجام کار	خلاصه‌ی انجام کار
تعمیرات یک شیر دستی ۱۲ اینچ ورودی به کوره	۱۰	۱۱/۲۶	۱۰۰	شیر تعویض گردید
تعویض قسمتی از بالا برنده ۱۲ اینچ چاه نفت	۲۰	۱۱/۲۶	۲۳	فلنج ۱۲ اینچ باز شد آماده‌ی بازسازی
بررسی رفع نشتی از کف مخزن شماره‌ی ۹	۵۰	۱۱/۲۶	۸	تزریق آب و گل حفاری به مخزن
لوله‌کشی پساب مخازن ذخیره‌ی نفت خام	ــ	۱۱/۲۶	۱۲	ادامه‌ی کندن کانال و لوله‌گذاری توسط پیمانکار
تعمیر اساسی مولد ۳۰۰ کیلو واتی	۴۰	۱۱/۲۶	۴۱	بستن قطعات موتور ادامه دارد.
تعویض قسمتی از لوله‌ی ۶ اینچ	۱۵	۱۱/۲۶	۱۰۰	لوله تعویض گردید.
در مسیر شیر ایمنی مجاور KOD[1]				

۱ــ KOD = Knock OUT DRUM : یک مخزن برای جداسازی نفت و گاز

فرم شماره‌ی ۴ــ گزارش عملیات روزانه‌ی کارخانجات نفتی

✓تولید خالص نفت خام (بشکه در روز) = ۴۲۱۶۴

✓آب تفکیک شده در دریا[۱] (بشکه در روز) = ۴۰۴۴

✓آب تفکیک شده در خشکی[۲] (بشکه در روز) = ۷۳۲۴

✓گاز تولیدی در دریا (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱۴۹/۱

✓گاز تولیدی در خشکی (میلیون فوت مکعب در روز) = ۷

✓گاز مصرفی در دریا[۳] (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱

✓گاز به مشعل[۴] دریا (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱۴۸/۱

✓کل گاز تولیدی (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱۵۶/۱

✓میانگین درصد حجمی آب تولیدی (درصد حجمی) = ۲۱/۲

✓نسبت گاز به نفت $\left(\frac{\text{فوت مکعب}}{\text{بشکه}}\right)$ = ۳۷۰۲

✓تعداد چاه‌های باز (حلقه) = ۲۳

✓تعداد چاه‌های بسته (حلقه) = ۱۹

✓سرعت باد (فوت بر ثانیه) = ۵ــ۴

✓جهت باد = شمال غربی

✓موج دریا (فوت) = ۴ــ۱

۱ــ **دریا** : منظور در سکوی نفتی است.

۲ــ **خشکی** : منظور کارخانجات در جزیره می‌باشند.

۳ــ **گاز مصرفی دریا** : منظور گاز مورد استفاده جهت ژنراتور و مصارف دیگر می‌باشد.

۴ــ **گاز به مشعل دریا** : گازی که در سکوی نفتی سوزانده می‌شود.

فصل دوّم

اندازه‌گیری دما

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :
۱ــ وسایل اندازه‌گیری دما را بشناسد.
۲ــ با وسایل اندازه‌گیری دما کار کند.

۱ــ۲ــ مقدمه

مفهوم دما مستقیماً قابل درک است و گرمی و سردی یک جسم را بیان می‌کند. به‌طور طبیعی گرما فقط از دمای زیاد به طرف دمای کم جریان پیدا می‌کند و این در حالی است که عوامل دیگری در کار نباشد.

۲ــ۲ــ مقیاس‌های دما

دو مقیاس رایج دما عبارت‌اند از : «سلسیوس» و «فارنهایت». این مقیاس‌ها بر مبنای انتخاب تعداد تقسیمات فاصله‌ی میان نقطه‌ی انجماد و نقطه‌ی جوش آب در فشار استاندارد است. مقیاس درجه‌ی سلسیوس در این فاصله ۱۰۰ قسمت است ؛ در حالی که مقیاس درجه‌ی فارنهایت ۱۸۰ قسمت دارد.

نقطه‌ی جوش آب ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس یا ۲۱۲درجه‌ی فارنهایت انتخاب شده است.

۳ــ۲ــ وسایل اندازه‌گیری دما

۱ــ۳ــ۲ــ دماسنج مایعی

دماسنج مایعی یکی از انواع رایج برای اندازه‌گیری دماست. حباب نسبتاً بزرگی در ناحیه‌ی پایین دماسنج قسمت عمده‌ی مایعی را دربر دارد که بر اثر حرارت دادن منبسط می‌شود و در لوله‌ی مویینی بالا می‌رود. این لوله با مقیاس مناسبی علامت‌گذاری شده است. در بالای لوله‌ی مویین حباب دیگری قرار دارد که هرگاه از گستره‌ی دمای دماسنج بالاتر برود از صدمه دیدن آن جلوگیری می‌کند. الکل و جیوه از مایعات بسیار رایج برای دماسنج هستند. دماسنج‌های جیوه‌ای به‌طور معمول تا حدود ۳۱۵ درجه‌ی سلسیوس (۶۰۰ درجه‌ی فارنهایت) کاربرد دارند. الکل این مزیت را داراست که ضریب انبساط آن از جیوه بیش‌تر است، اما به اندازه‌گیری دماهای پایین محدود است، زیرا در دماهای بالا

شکل ۱ــ۲ــ دماسنج جیوه‌ای

می‌جوشد و تبخیر می‌شود. از جیوه نمی‌توان در دماهای پایین‌تر از نقطه‌ی انجماد آن استفاده کرد. اندازه‌ی لوله‌ی مویین به حباب سنجش دما، مایع و گستره‌ی مورد نیاز دماسنج بستگی دارد.

فعالیت ۱:

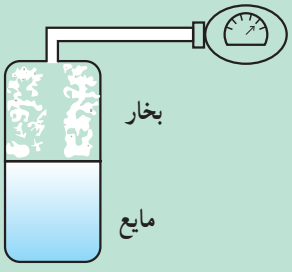
به‌وسیله‌ی یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک و الکل یک دماسنج مایعی بسازید و آن را درجه‌بندی کنید.

فعالیت ۲:

با انواع دماسنج‌های مایعی در آزمایشگاه کار شود و دمای خوانده شده به‌وسیله‌ی دماسنج‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید.

۲ــ۳ــ۲ــ دماسنج انبساط سیّال

این دماسنج از انواع بسیار باصرفه، تطبیق پذیر و رایج اندازه‌گیری دما در صنعت است. در این دماسنج حبابی محتوی مایع، گاز یا بخار در محیط قرار داده می‌شود. این حباب از طریق یک لوله‌ی مویین به نوعی وسیله‌ی اندازه‌گیری فشار، نظیر فشارسنج بوردن متصل است. افزایش دما موجب انبساط مایع یا گاز شده در نتیجه فشار افزایش می‌یابد ؛ از این رو فشار معرف دما به شمار می‌آید. کل دستگاه (شامل حباب، لوله‌ی مویین و فشارسنج) را می‌توان به‌طور مستقیم برحسب دما درجه‌بندی کرد. طول لوله‌های مویین در دماسنج‌های انبساط سیال گاهی به ۶۰ متر می‌رسد.



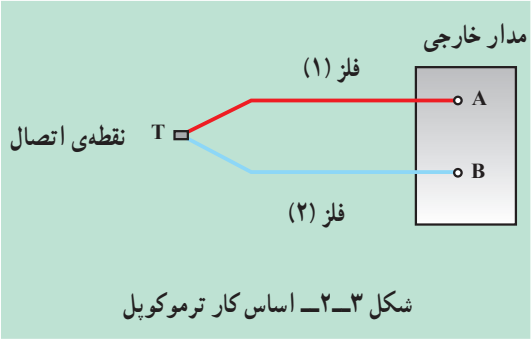
شکل ۲ــ۲ــ دماسنج انبساط سیّال

۳ــ۳ــ۲ــ ترموکوپل‌ها[1]

مقدمه: اگر دو فلز مختلف را مطابق شکل ۳ــ۲ به‌هم وصل کنیم یک نیروی محرکه‌ی الکتریکی میان دو نقطه‌ی A و B به‌وجود می‌آید که تابع دمای نقطه‌ی اتصال است. اگر نیروی محرکه‌ی الکتریکی در نقطه‌ی اتصال دو فلز با دقت اندازه‌گیری شود، از این مطلب می‌توان برای اندازه‌گیری دما استفاده نمود.

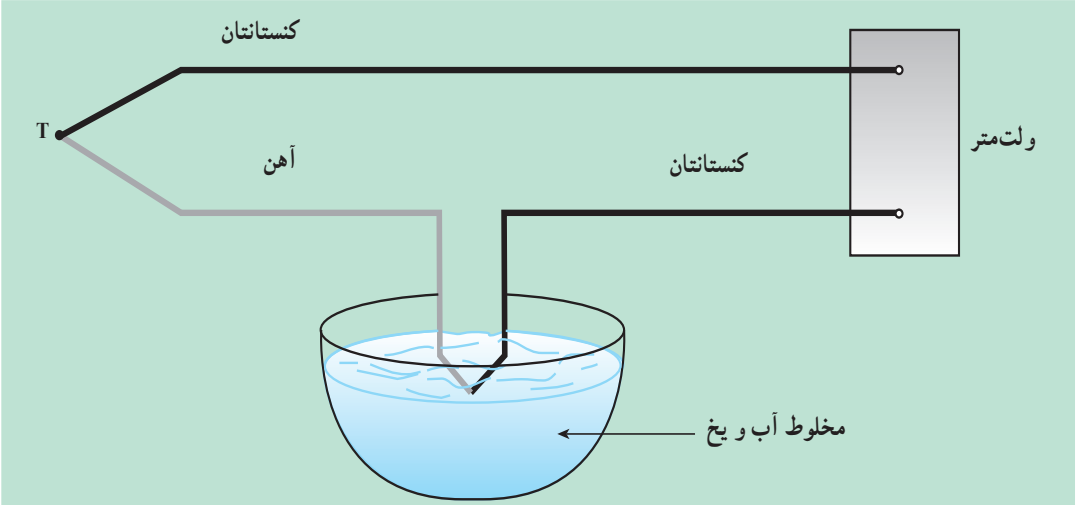
۱ــ Thermo Couple

در حقیقت، هر تغییری در درجه‌ی حرارت فلزات سبب جنبش الکترون در آن‌ها می‌شود و با افزایش جنبش الکترونی، جریان الکتریسیته تولید خواهد شد. با تقویت جریان الکتریکی تولید شده و تبدیل آن به انرژی مکانیکی و محاسبه‌ی کار انجام شده، میزان درجه‌ی حرارت را اندازه می‌گیرند و در حقیقت میزان مقایسه برای اندازه‌گیری دما یک ترموکوپل مرجع است.



شکل ۳ــ۲ــ اساس کار ترموکوپل

فعالیت: با توجه به شکل زیر در مورد نحوه‌ی اتصال ترموکوپل و اندازه‌گیری دما تحقیق کنید.



شکل ۴ــ۲ــ نحوه‌ی اتصال ترموکوپل

۴ــ۳ــ۲ــ انواع ترموکوپل‌های صنعتی

ترموکوپل‌های استفاده شده در صنعت که عموماً از آلیاژهای مس و آهن و یا کنستانتان هستند تا حدود ۱۰۰۰ درجه‌ی سلسیوس کاربرد دارند.

به منظور دقت بیش‌تر در اندازه‌گیری، سیم ترموکوپل را کاملاً از جنس فلزها و آلیاژهای خود ترموکوپل انتخاب کنید. انواع متداول ترموکوپل مورد استفاده در صنعت، در جدول ۱ــ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱ــ۲ــ انواع متداول ترموکوپل

نوع هادی	نوع هادی	نوع ترموکوپل	
ساق منفی (−)	ساق مثبت (+)	علامت اختصاری قدیم	علامت اختصاری جدید
پلاتین	آلیاژ پلاتین ــ ۱۳٪ رودیم	PR	R
پلاتین	آلیاژ پلاتین ــ ۳۰٪ رودیم	ــ	B
پلاتین	آلیاژ پلاتین ــ ۱۰٪ رودیم	ــ	S
آلومل[۱]	کرومل[۲]	CA	K
کنستانتان[۳]	کرومل	CRC	E
کنستانتان	آهن	IC	J
کنستانتان	مس	CC	T

در جدول **۲ــ۲** محدوده‌ی استفاده از ترموکوپل‌ها در صنعت مشخص گردیده است.

جدول ۲ــ۲ــ محدوده‌ی دمایی استفاده از ترموکوپل‌ها

ترموکوپل	نوع	محدوده‌ی دمایی مورد استفاده
مس ــ کنستانتان	T	۲۶۰°C تا −۱۸۵°C
آهن ــ کنستانتان	J	۷۶۰°C تا −۱۷°C
کنستانتان ــ کرومل	E	۹۵۵°C تا −۱۸۵°C
آلومل ــ کرومل	K	۱۲۶۰°C تا ۳۱۵°C
پلاتین ــ آلیاژ پلاتینی رودیم	R.S	۱۴۸۲°C تا ۷۶۰°C
مولیبدن ــ رودیم	ــ	۱۶۵۰°C تا −۱۷°C

۵ــ۳ــ۲ــ دماسنج‌های دیجیتالی

امروزه استفاده از دماسنج‌های دیجیتالی مرسوم شده است که به‌وسیله‌ی «حس‌گر[۴]» دمای دستگاه را اندازه‌گیری می‌کنند. در این دماسنج‌ها به منبع تغذیه برای کار کردن دماسنج، نیاز است. معمولاً تا دمای ۱۷۰۰ درجه‌ی سلسیوس و بالاتر نیز کاربرد دارند. انواع این دماسنج‌ها در شکل **۵ــ۲** آمده است.

۱ــ Alumel: آلیاژ نیکل و آلومینیوم

۲ــ Chromel: آلیاژ نیکل ــ کروم

۳ــ Constanta : آلیاژ مس و نیکل

۴ــ Sensor

۴ــ۲ــ آزمایش: ساختن ترموکوپل

وسایل مورد نیاز

۱ــ دو عدد سیم ناهم جنس (مانند مس و کنستانتان).

۲ــ آمپرمتر.

روش کار

۱ــ دو سیم مس و کنستانتان را از یک سر به‌هم جوش دهید.

۲ــ محل اتصال دو سیم را در دمای مرجع (برای مثال مخلوط آب و یخ) بگذارید و آمپر نشان داده شده را یادداشت نمایید.

۳ــ با اندازه‌گیری چند دما به‌راحتی می‌توان آمپرمتر را برحسب درجه‌ی سلسیوس درجه‌بندی نمود.

به شکل ۴ــ۲ مراجعه نمایید.

شکل ۵ــ۲ــ انواع دماسنج‌های دیجیتالی

خودآزمایی

۱ــ دماسنج انبساط سیال را شرح دهید.

۲ــ ترموکوپل چگونه دما را اندازه‌گیری می‌کند؟

۳ــ چگونه دقت ترموکوپل زیاد می‌شود؟

۴ــ نحوه‌ی اتصال ترموکوپل را با شکل شرح دهید.

فصل سوّم

دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رودکه :

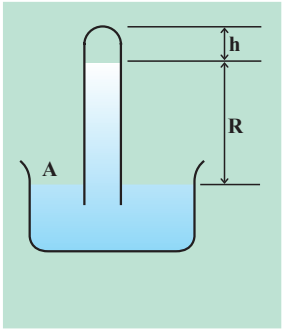
۱ــ مفهوم فشار را توضیح دهد.

۲ــ وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرد.

۳ــ با وسایل اندازه‌گیری فشار بتواند کار کند.

۱ــ۳ــ مقدمه

نیروی عمودی وارد بر واحد سطح را «فشار» می‌نامند. ماهیت فشار در گازها و مایعات متفاوت است. در مایعات فواصل مولکول‌ها کم است و بدین ترتیب، مولکول‌ها قادرند نیروهایی را که به هر یک از آن‌ها وارد می‌شوند به مولکول‌های دیگر منتقل سازند به دیگر سخن، مولکول‌هایی که در عمق معینی از یک مایع ساکن قرار دارند می‌توانند نیروی ناشی از وزن مولکول‌های بالاتر را به‌قسمت‌های زیرین منتقل سازند ؛ بنابراین، فشار در هر نقطه از یک مایع ساکن، از وزن ذرات مایعی ناشی می‌شود که در ارتفاع بالاتر از آن قرار دارند. به این فشار «فشار ستون سیال» گفته می‌شود.



شکل ۱ــ۳ــ بارومتر جیوه‌ای

در گازها فواصل مولکول‌ها به‌حدی است که عملاً مولکول‌ها مستقل از یک‌دیگرند ؛ بنابراین، وزن یک مولکول گاز به مولکول دیگر منتقل نمی‌شود.

عامل فشار در گازها ناشی از ضربات مولکول‌های آن است که به یک سطح برخورد می‌کند ؛ یعنی، فشار در هر نقطه از یک گاز ساکن، ناشی از تعداد ضرباتی است که مولکول‌های گاز در آن نقطه به واحد سطح اعمال می‌کنند.

خلاصه: فشار سیال، حاصل تبادل اندازه‌ی حرکت (جرم در سرعت) میان مولکول‌های سیال و دیواره‌ی ظرف است.

۲ــ۳ــ وسایل اندازه‌گیری فشار

۱ــ۲ــ۳ــ دسته اول: دسته‌ای از فشار سنج‌ها، فشار را بر اساس ارتفاع مایع درونشان، نشان می‌دهند مانند : بارومتر، پیزومتر، مانومتر.

الف ــ بارومتر جیوه‌ای

فشار محیط را معمولاً با بارومتر جیوه‌ای اندازه‌گیری می‌کنند. بارومتر ساختمان

بسیار ساده‌ای دارد، که شامل یک لوله‌ی شیشه‌ای محتوی جیوه است که یک سر آن بسته و سرِ باز آن در ظرفی پر از جیوه غوطه‌ور است.

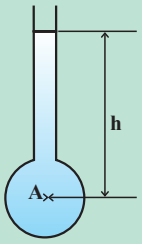
فضای بالای جیوه حاوی بخار جیوه است و اگر فشار بخار جیوه (h) را برحسب میلی‌متر جیوه، و R را برحسب همین واحد در اختیار داشته باشیم فشار در نقطه‌ی A حاصل می‌شود.

اگر ستون درجه‌بندی شده باشد مقدار R مبین فشار مطلق جو خواهد بود که در وضعیت استاندارد معادل ۷۶۰ mmHg است (مقدار h بسیار ناچیز است).

ب ــ پیزومتر[1]

از ساده‌ترین انواع مانومتر، لوله‌ی شیشه‌ای است که به حالت قائم به فضای داخل مخزن ارتباط می‌یابد و هنگامی کاربرد دارد که فشار نسبی مایع از صفر بیش‌تر باشد. مایع درون لوله‌ی شیشه‌ای تا جایی که به حالت تعادل برسد بالا می‌آید. ارتفاع سیّال در لوله‌ی قائم، مبین فشار نسبی موجود در مخزن است. از پیزومتر برای اندازه‌گیری فشار منفی و فشارهای خیلی بالا نمی‌توان استفاده کرد. برای اندازه‌گیری فشار از رابطه‌ی فشار ستون سیال استفاده می‌کنیم :

$$P_A = \rho . g . h$$



شکل ۲ ــ۳ــ پیزومتر

بر این اساس :

ارتفاع = h ، شتاب جاذبه =g ، چگالی =ρ

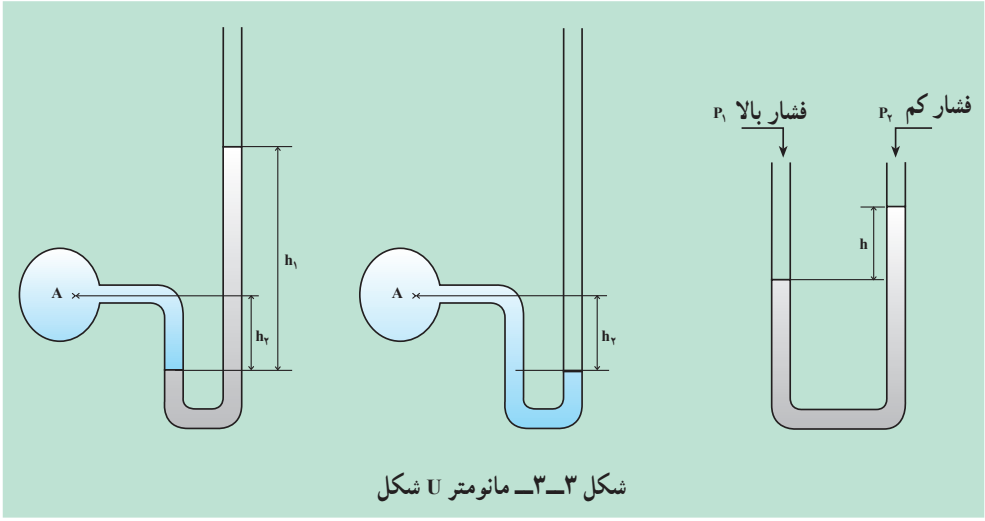
حاصل‌ضرب ρg را « γ » می‌نامیم ؛ بنابراین، معادله حالت ساده‌تری پیدا می‌کند :

$$P_A = \gamma \times h$$

ج ــ مانومتر U شکل

پیزومترها فشار را در محدوده کوچکی اندازه‌گیری می‌کنند. به همین علت از مانومترهای U شکل برای اندازه‌گیری فشاراستفاده می‌شود. این وسیله از یک لوله‌ی Uشکل ساخته شده و درون آن از مایعی پر شده است که این مایع می‌تواند از نوع چگالی سبک مثل نفت سفید یا مایعی با چگالی بالا مانند جیوه باشد.

۱ــ Pizometer

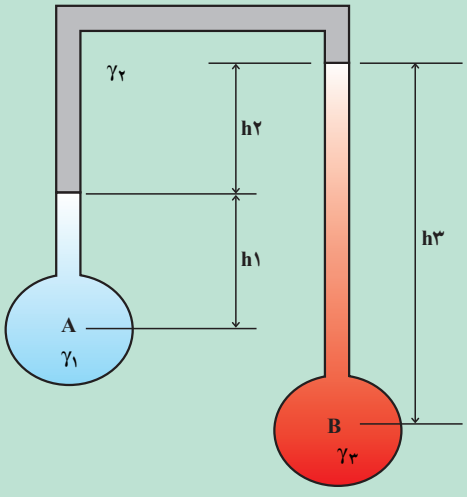


شکل ۳ــ۳ــ مانومتر U شکل

د ــ مانومترهای دیفرانسیلی[1]

مانومتر دیفرانسیلی، اختلاف فشار بین دو نقطه را مشخص می‌کند و زمانی استفاده می‌شود که نتوانیم فشار واقعی در هر نقطه از سیستم را محاسبه نماییم.

همان‌گونه که در شکل ۴ــ۳ مشاهده می‌کنید اختلاف فشار بین دو نقطه‌ی A و B که معرف دو مخزن می‌باشد با یک مانومتر دیفرانسیلی قابل اندازه‌گیری است. باید توجه کرد که مایع داخل مانومتر و مایعات داخل مخازن، اولاً چگالی متفاوتی داشته باشند، ثانیاً غیرقابل اختلاط باشند.



شکل ۴ــ۳ــ مانومتر دیفرانسیلی

روش خواندن و محاسبه‌ی فشار در مانومترها

ــ از یک نقطه‌مانند A شروع می‌کنیم ؛ اگر به سمت پایین حرکت نماییم علامت فشار را «مثبت» گرفته اگر به سمت بالا برویم علامت فشار «منفی» خواهد شد تا به نقطه‌ی آخر

۱ــ Differential Manometer

(B) همین روش را پی می‌گیریم ؛ برای مثال، برای شکل ۴ــ۳ معادله‌ی فشار را می‌نویسیم :

$$P_A - h_1\gamma_1 - h_2\gamma_2 + h_3\gamma_3 = P_B$$
$$\Rightarrow P_A - P_B = h_1\gamma_1 + h_2\gamma_2 - h_3\gamma_3$$

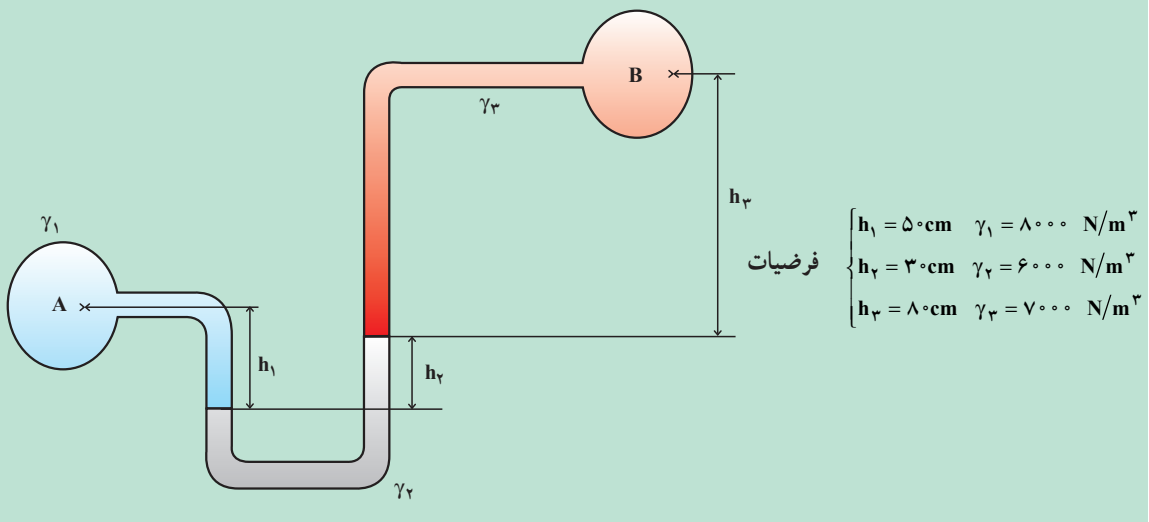
مثال: اختلاف فشار میان نقاط A و B را که در شکل ۵ــ۳ نمایش داده شده است بدست آورید.

حل: همانطور که قبلاً گفته شد از یک نقطه مثل A شروع می‌کنیم و عملیات را انجام می‌دهیم، لذا نتیجه چنین خواهد شد :

$$P_A + h_1\gamma_1 - h_2\gamma_2 - h_3\gamma_3 = P_B$$
$$\Rightarrow P_A - P_B = h_3\gamma_3 + h_2\gamma_2 - h_1\gamma_1$$

حال اعداد را جایگذاری می‌کنیم :

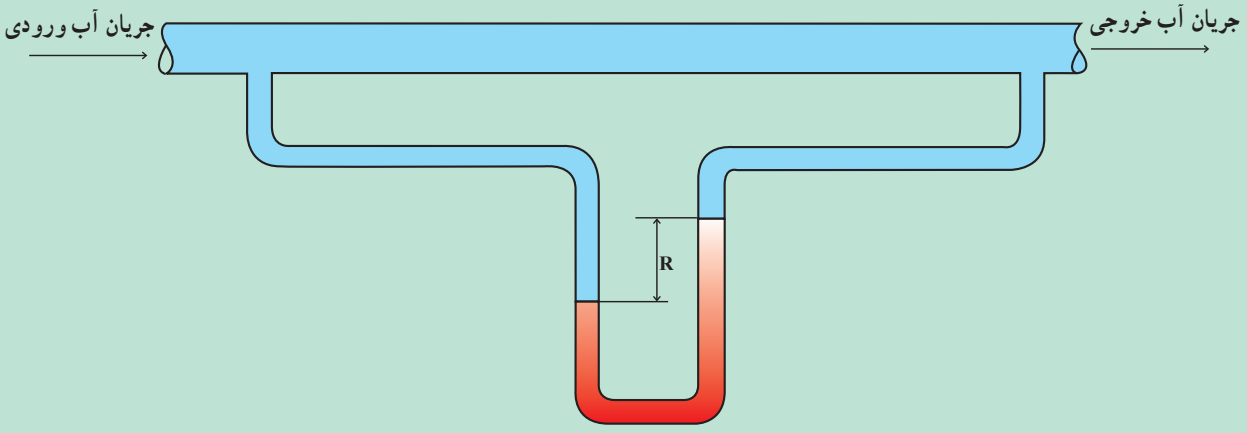
$$\Delta P = (۸\ \ ۱۰^{-۱})\ \ (۷۰۰۰)] + (۳\ \ ۱۰^{-۱})\ \ (۶۰۰۰)] -$$
$$(۵\ \ ۱۰^{-۱})\ \ (۸۰۰۰)] = ۳۴۰۰\text{Pa}\ \ (\text{پاسکال})$$



شکل ۵ــ۳

فعالیت۱:

یک مانومتر U شکل بسازید و آن را روی یک خط لوله‌ای که سیال در آن جاری است، قراردهید (شکل ۶ــ۳).



شکل ۶ــ۳ــ مانومتر U شکل برای سیالات در حال حرکت

توجه کنید اختلاف فشار از طریق تفاضل سطح مایع موجود در مانومتر حاصل خواهد شد. این آزمایش را برای دبی‌های مختلف تکرار کنید و منحنی دبی را برحسب افت فشار رسم کنید.

فعالیت۲:

یک جفت لوله‌ی شیشه‌ای با قطر یکسان تهیه کنید و روی یک خط لوله با فاصله از یکدیگر وصل کنید (شکل ۷ــ۳).

شکل ۷ــ۳ــ استفاده از پیزومتر

دقت کنید که در حالت سکون اگر شیر جریان خروجی بسته باشد طبق قانون ظروف مرتبط، ارتفاع آب در هر دو لوله یکی است.

الف ــ شیر خروجی را باز کنید و در دبی‌های مختلف اختلاف ارتفاع بین سطوح مایع را در پیزومتر بخوانید و منحنی افت فشار را برحسب دبی رسم کنید.

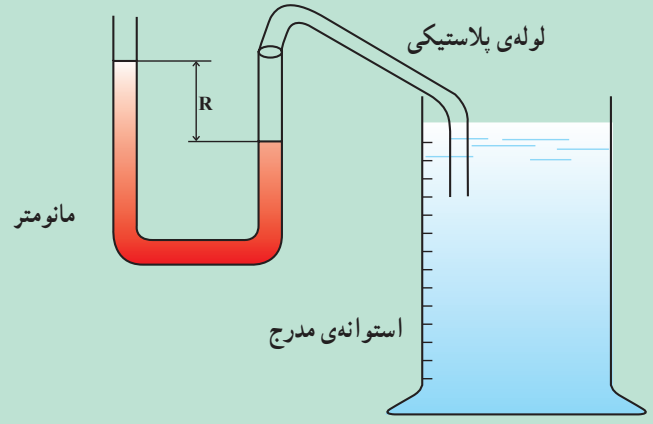
ب ــ از پیزومترهایی با قطرهای دیگر استفاده و آزمایش را تکرار کنید.

فعالیت۳:

مطابق شکل ۸ــ۳ از یک مانومتر U شکل استفاده کنید و فشار ستون سیال را در نقاط مختلف مخزن بدست آورید.

الف ــ با پایین آوردن لوله‌ی پلاستیکی در استوانه‌ی مدرج تغییرات ارتفاع مانومتر را یادداشت کنید و به‌وسیله‌ی آن فشار ستون سیال را در ارتفاعات متفاوت از سیال بدست آورید.

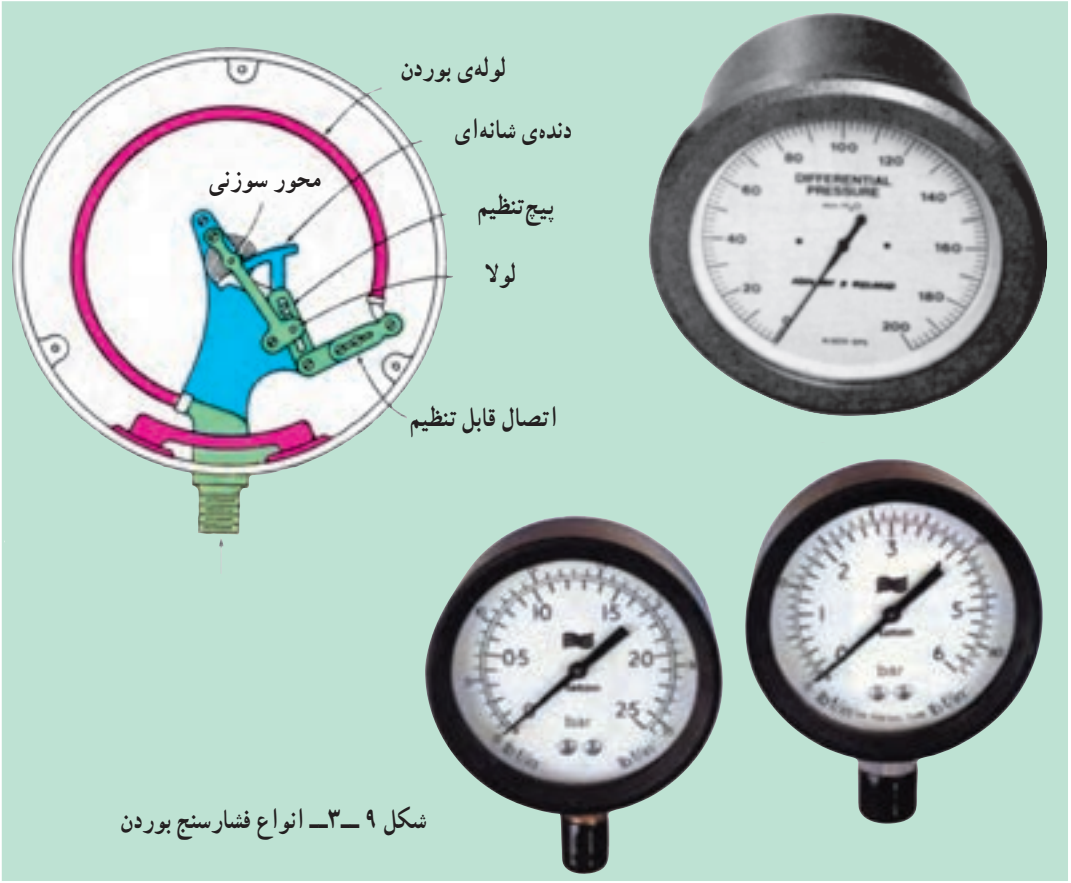
ب ــ همین آزمایش را در حالتی تکرار کنید که استوانه‌ی مدرج به‌صورت سربسته باشد و نتایج را با قسمت الف مقایسه کنید.



شکل ۸ــ۳ــ مانومتر U شکل برای اندازه‌گیری فشار ستون سیال

۲ــ۲ــ۳ــ فشارسنج بوردن

فشارسنج‌های لوله‌ی بوردن هنگامی کاربرد وسیعی دارند که اندازه‌گیری ارزان‌قیمت فشار نسبی مورد نیاز باشد. این فشارسنج‌ها به‌صورت تجارتی و در اندازه‌های مختلف با قطرهای ۱ تا ۱۶ اینچ و با دقت‌های گوناگون موجود هستند. لوله‌ی بوردن به شکل C و مقطع آن معمولاً بیضی شکل است. وقتی فشار در داخل لوله اعمال می‌شود یک تغییر الاستیک حاصل می‌شود که در حالت مطلوب متناسب با فشار است. انتهای فشارسنج به یک اتصال تحت نیروی فنر متصل است که جا به جایی را تقویت نموده آن را به‌چرخش زاویه‌ای عقربه تبدیل می‌کند.



شکل ۹ ــ۳ــ انواع فشارسنج بوردن

فعالیت۴:

یک فشارسنج بوردن را باز کرده و اجزای آن را شناسایی کنید و سپس عملکرد آن را توضیح دهید.

۳ــ۲ــ۳ــ فشارسنج‌های دیجیتالی

از انواع متداول فشارسنج‌هایی که اخیراً کاربردهای فراوانی پیدا کرده‌اند می‌توان به‌فشارسنج‌های دیجیتالی اشاره کرد. با این فشارسنج‌ها می‌توان فشار تا ۱۰ بار[۱] را اندازه گرفت. این نوع فشارسنج، دارای یک منبع تغذیه (باتری) است. که معمولاً در وضعیت دمایی صفر تا $50^{\circ}C$ کاربرد دارد. در شکل ۱۰ــ۳ یک نمونه از این فشارسنج‌ها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۰ ــ۳ــ فشارسنج دیجیتالی

۱ــ Bar

خودآزمایی

۱ــ عامل فشار در گازها و مایعات را معرفی کنید.

۲ــ وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرید.

۳ــ مانومتر U شکل چگونه فشار را محاسبه می‌کند؟

۴ــ چه هنگام از مانومتر دیفرانسیلی استفاده می‌شود؟

۵ــ فشارسنج بوردن را شرح دهید؟

۶ــ اختلاف فشار بین نقاط A و B را برای اشکال زیر محاسبه نمایید.