

پودمان ۴

اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دبی



تجهیزات اندازه‌گیری جریان نظیر اریفیس، روتامتر و ونتوری، از مهم‌ترین وسایل طراحی و امور راهبردی صنایع شیمیایی است.

واحد یادگیری ۴

انجام ثبت مشخصات و کنترل دبی

مقدمه

مبنای همه فناوری‌ها و رشته‌های علمی و صنعتی بشر امروز، اندازه‌گیری صحیح کمیت‌ها می‌باشد. این کار در صنایع شیمیایی توسط تجهیزاتی به نام دبی‌سنج انجام می‌شود که میزان دقیق مواد ورودی و خروجی آنها را اندازه می‌گیرد. این فصل کتاب به اهمیت بخش کارگیری محاسبات در اندازه‌گیری دبی جریان مایعات و گازها، انواع و نحوه کار با آنها، کنترل دبی سیال معرفی خواهد شد و با انجام آزمایش و بازدیدهای علمی، طرز عملکرد هر یک را بهتر درک خواهید کرد.

استاندارد عملکرد

به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری شدت جریان (دبی) مایعات و گازها، کنترل دبی سیال مطابق دستورالعمل شایستگی‌های غیر فنی مورد انتظار این فصل عبارت‌اند از:

شایستگی‌های غیر فنی

- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی - انجام وظایف و کارهای محوله - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده از مواد و تجهیزات
- ۳ کار تیمی: حضوری فعال در فعالیت‌های تیمی - انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کاربست ریاضی

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود

- ۱ بکارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی سیال.
- ۲ اندازه‌گیری دبی مایعات
- ۳ اندازه‌گیری دبی گازها
- ۴ کنترل دبی سیال

اندازه گیری مقدار سیالات

بحث گروهی



آیا این مکان را می شناسید؟ آیا می دانید که این دستگاه چیست؟



(ب)



(الف)

بشر با اندازه گیری بسیاری از کمیت ها، توانسته است در اداره امور زندگی خود نظم و ترتیب برقرار کند که نتیجه آن پیشرفت در زمینه های مادی، مالی، علمی، فنی و به دنبال آنها در زمینه های اجتماعی و اقتصادی است. نیاز بشر به زندگی در اجتماع و بیشتر شدن خواسته های او پیوسته اهمیت این کار را بیشتر می کند. بنابراین، ضروری است که به «اندازه گیری» و نقش آن در صنایع شیمیایی نگاهی دقیق تر داشته باشیم.

یکی از عوامل پیشرفت بشر «کمی کردن» و «اندازه گیری» موضوعات مطرح در زندگی روزانه او بوده است.

شدت جریان (شدت شارش، دبی)

چند تعریف

■ سیال:

سیال به جسمی گفته می شود که بتواند جاری شود و تحت تأثیر نیروهای کوچک تغییر شکل قابل ملاحظه ای داشته باشد.

■ گرانروی

خاصیتی است که سبب مقاومت سیال در برابر جریان یافتن می شود. به بیان دیگر، گرانروی به اصطکاک داخلی مولکول های سیال با هم گفته می شود.

دبی یا میزان شدت جریان سیال

به آن مقداری از سیال گفته می‌شود که در واحد زمان از سطح مقطع مشخصی عبور می‌کند، اگر مقدار ماده براساس جرم باشد، به آن دبی جرمی و اگر براساس حجم باشد، دبی حجمی گویند.

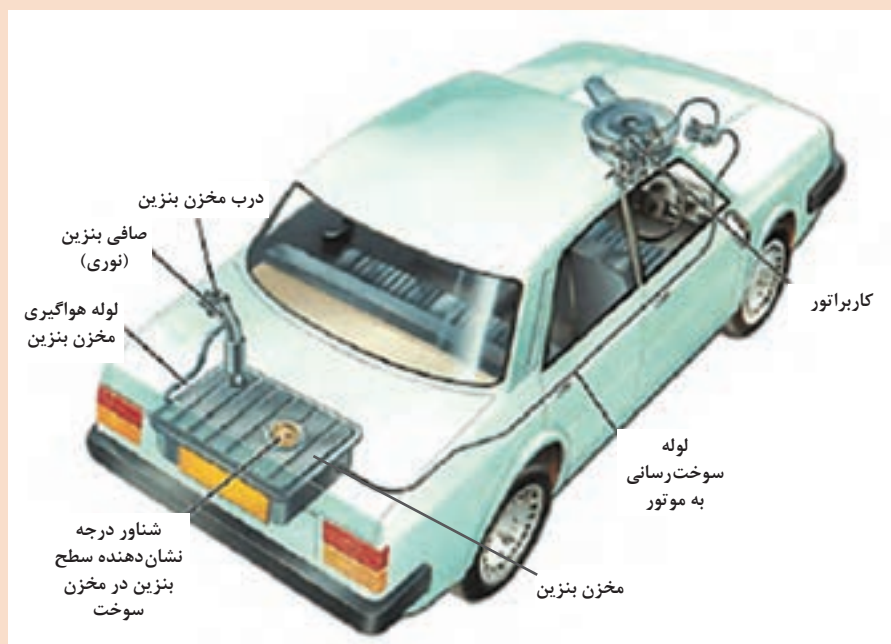
دبی یک کمیت فیزیکی است که نتیجه جاری شدن سیال می‌باشد. جریان پذیری از جمله خواص ذاتی سیال‌ها و تفاوت آنها با جامدات به شمار می‌رود. این خاصیت سبب آسانی انتقال آنها از محلی به محل دیگر می‌باشد. در بسیاری از صنایع و کاربردهای فنی، دانستن میزان دقیق یک جریان عبوری سیال (مایع یا گاز) در واحد زمان از یک لوله یا دیگر تجهیزات، لازم است. کیفیت مناسب محصولات یک فرایند تولیدی، به نسبت مواد اولیه سازنده آن بستگی دارد. این نسبت از اندازه‌گیری شدت جریان آنها مشخص می‌گردد. گاهی هم اندازه‌گیری و تنظیم یک کمیت، برای تنظیم و مدیریت یک کمیت دیگر ضروری است؛ مانند شدت جریان سوخت کوره در یک واحد فرایندی که مقدار دمای خروجی و دیگر شرایط عملیاتی مقدار آن را تعیین می‌کند.

به عنوان یک مثال چون میزان حجم مخزن بنزین خودرو معلوم است، با دانستن شدت جریان عبور بنزین، می‌توانیم مدت زمان لازم برای پر کردن آن را نیز به دست آوریم.

پرسش



فرض کنید که مخزن سوخت خودرویی ۴۵ لیتر گنجایش بنزین دارد (شکل ۱). پمپ بنزین جایگاه عرضه سوخت با شدت ۹ لیتر در دقیقه بنزین تحویل می‌دهد. اگر این مخزن کاملاً خالی باشد، حداکثر زمان پر شدن آن را به دست آورید. در صورت انجام سوخت‌رسانی به مدت پنج و نیم دقیقه چه اتفاقی می‌افتد؟



شکل ۱- جایگاه مخزن بنزین در خودرو



آیا می دانید که مقدار نفت خام تحویل شده به کشتی های نفت کش اقیانوس پیما (شکل ۲) را چگونه اندازه گیری می کنند؟



شکل ۲ - یک نمونه کشتی نفت کش اقیانوس پیما

انواع دبی

مفهوم دبی

پیش تر گفتیم که در بسیاری از صنایع و کاربردهای فنی، دانستن کمیت یک جریان عبوری سیال از برخی تجهیزات در واحد زمان، ضروری است؛ به این کمیت دبی گفته می شود.

حتماً دیده اید که بنزین موتور بر حسب لیتر (یعنی به صورت حجمی) فروخته می شود؛ اما از کپسول های گاز مایع با عنوان «کپسول هجده کیلویی» (یعنی به صورت جرمی) نام برده می شود. آیا می دانید چرا؟

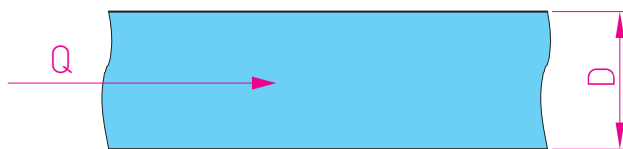


معمولاً دو نوع دبی به کار می رود: دبی حجمی و دبی جرمی.

دبی حجمی (Q^v)

به حجم معینی از سیال که از یک مقطع در واحد زمان عبور کند، دبی حجمی می گویند.

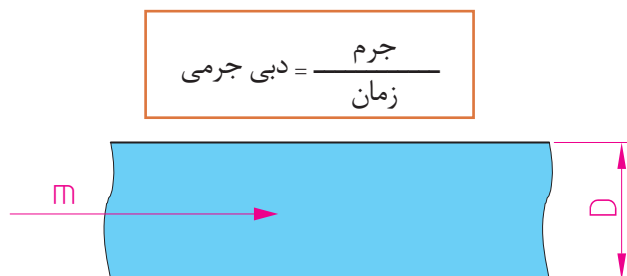
$$\text{دبی حجمی} = \frac{\text{حجم}}{\text{زمان}}$$



شکل ۳ - نمایشی از دبی حجمی در خط لوله (Q^v : دبی حجمی سیال و D: قطر خط لوله)

دبی جرمی (m°)

جرم معینی از سیال را که از یک مقطع در واحد زمان عبور کند، دبی جرمی می گویند.



شکل ۴ - نمایشی از دبی جرمی در خط لوله (m° : دبی جرمی سیال و D : قطر خط لوله)

چگونگی تبدیل دبی حجمی و دبی جرمی به یکدیگر مانند تبدیل حجم و جرم به یکدیگر است، به این ترتیب که در محاسبات برای تبدیل دبی حجمی و دبی جرمی از چگالی سیال استفاده می شود.

$$d = m/v$$

$$d = (m/t)/(v/t)$$

$$d = m^\circ/Q^\circ$$

$$m^\circ = d \times Q^\circ$$

که در آن m° دبی جرمی، Q° دبی حجمی، v حجم، d چگالی سیال و t زمان عبور آن است. بنابراین دبی جرمی از حاصل ضرب دبی حجمی در چگالی سیال به دست می آید. برای اندازه گیری دقیق انتقال یک سیال (اعم از مایع و گاز یا حتی مخلوط آنها) وسایل گوناگونی ساخته شده که به آنها جریان سنج یا دبی سنج گفته می شود. به دلیل دشواری این اندازه گیری و امکان بروز خطای بیشتر در این زمینه، طراحی، انتخاب و نصب این تجهیزات نیازمند دانش، تجربه و دقت بیشتری است.

یکاهای دبی

در سامانه واحدهای بین المللی SI^1 ، از یکای «مترمکعب بر ثانیه (m^3/s)» برای دبی حجمی و یکای «کیلوگرم بر ثانیه (kg/s)» برای دبی جرمی استفاده می شود.

$$\begin{aligned} \text{مترمکعب} &= \frac{m^3}{s} \\ \text{واحد دبی حجمی} &= \frac{m^3}{s} \\ \text{کیلوگرم} &= \frac{kg}{s} \\ \text{واحد دبی جرمی} &= \frac{kg}{s} \end{aligned}$$

در سامانه‌های انگلیسی (FPS) از یکای فوت مکعب بر ثانیه (ft^3/s) برای دبی حجمی استفاده می‌گردد. یکای جرمی در سامانه‌های انگلیسی پوند (lb) است که معادل ۴۵۴ گرم است. البته یکای گالن بر دقیقه (GPM) هم در کشورهای انگلیسی زبان استفاده دارد. فوت مکعب ۲۸/۳۱۷ لیتر، گالن آمریکایی ۳/۷۸۵ لیتر و گالن انگلیسی ۴/۵ لیتر هستند.

تبدیل یکاهای دبی

ضرورت تبدیل یکاها به یکدیگر

یکاهای برای بیان اندازه‌گیری کمیت‌های مورد نظر به کار می‌روند. یکنواختی یکاها، در ارتباطات و تبادلات علمی، فنی، اقتصادی، فرهنگی و غیره درون کشورها و بین کشورها اهمیت زیادی دارد. دستگاه متریک را لاوازیه شیمی‌دان فرانسوی برای اولین بار در سال ۱۱۷۰ شمسی (۱۷۹۰ میلادی) ارائه کرد. قبل از اختراع آن، چندین نوع دستگاه متفاوت و پیچیده برای اندازه‌گیری اجسام وجود داشت. سپس، در سال ۱۳۳۹ شمسی (۱۹۶۰ میلادی) دستگاه بین‌المللی استاندارد شده یکاها (SI) پایه‌گذاری شد. این دستگاه، نوع پیشرفته‌تر دستگاه متریک برای سنجش کمیت‌ها است. دستگاه SI در چند کمیت اصلی مانند طول، جرم و زمان با دستگاه متریک مشترک است؛ اما در بسیاری از کمیت‌های اصلی و فرعی دیگر با آن تفاوت دارد؛ مانند درجه‌های کلون و سلسیوس برای دما، یا ژول و کیلوکالری برای انرژی. در نتیجه لازم است که با تبدیل یکاها آشنایی کافی داشته باشیم.

مثال

اگر حجم مخزن بنزین خودرویی ۴۵ لیتر باشد، در سامانه‌های انگلیسی برابر خواهد بود با:

$$\text{حجم مخزن} = 45 \text{ L} \times \frac{1 \text{ Gal}}{4.5 \text{ L}}$$

$$\text{حجم مخزن} = 10 \text{ Gal}$$

از دیگر یکاهای متداول برای دبی می‌توان لیتر بر دقیقه و فوت مکعب بر دقیقه را هم نام برد.

پرسش

یک گالن انگلیسی بر دقیقه معادل چند لیتر بر دقیقه و چند مترمکعب بر ثانیه است؟
پاسخ:

$$\frac{1 \text{ Gal}}{\text{min}} \times \frac{4.5 \text{ L}}{1 \text{ Gal}} = \frac{4.5 \text{ L}}{\text{min}} \quad (\text{۴.۵ لیتر بر دقیقه})$$

$$\frac{1 \text{ Gal}}{\text{min}} \times \frac{4.5 \text{ L}}{60 \text{ S}} \times \frac{4.5 \text{ L}}{1 \text{ Gal}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0.000075 \frac{\text{m}^3}{\text{S}} \quad (۰,۰۰۰۰۷۵ \text{ مترمکعب بر ثانیه})$$

روش‌های اندازه‌گیری دبی مایعات

بحث گروهی



به تصاویر زیر با دقت نگاه کنید، این تجهیزات چه کاری را برای ما انجام می‌دهند؟ آیا وسایل دیگری می‌شناسید که عملی مانند این وسایل انجام دهند؟



(پ)



(ب)



(الف)

در اندازه‌گیری میزان جریان سیال به چند روش اشاره می‌شود:

- ۱ روش مستقیم توزینی (معمولاً برای مایعات غیر فزّار مثل آب به کار می‌رود)؛ به این صورت که زمان لازم برای جمع‌آوری مقدار معینی مایع در یک ظرف را اندازه می‌گیرند و سپس مایع جمع‌آوری شده را به دقت وزن، و دبی را محاسبه می‌کنند.
- ۲ اندازه‌گیری مستقیم حجم با پیمانانه هنگام فروش مایعات در خرده‌فروشی (نفت، شیر و مانند آن)
- ۳ اندازه‌گیری به کمک پمپ‌های جابه‌جایی مثبت، کنتورهای آب و گاز
- ۴ روش اثرات مقاومت سیال یا روش سطح متغیر (در روتامترها)
- ۵ روش اندازه‌گیری به کمک انسداد جریان با استفاده از وسایل: صفحه منفذدار یا اریفیس متر، نازل و ونتوریمتر

روش‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری دبی مایعات بسیار متنوع هستند. ویژگی‌های سیال (جنس، گرانش، فشار بخار و)، دما، هدایت الکتریکی، مقدار جامد معلق در سیال و از جمله عواملی هستند که نوع روش را مشخص می‌کند.

فعالیت
کارگاهی



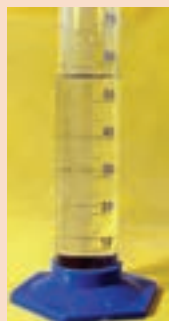
ساخت یک جریان سنج آب (از نوع منفذدار و به روش مستقیم)
وسایل لازم:

- ۱- یک بطری پلاستیکی شفاف (مانند بطری آب معدنی)
- ۲- یک ساعت (ترجیحاً یک زمان سنج)
- ۳- یک استوانه مدرج



روش کار :

بالای بطری پلاستیکی را ببرید تا یک ظرف استوانه‌ای دهان‌گشاد به‌دست آید. در پایین سطح جانبی آن (مثلاً به فاصله دو سانتی‌متر از ته بطری) سوراخ کوچکی (مثلاً به قطر سه میلی‌متر ایجاد کنید. برای دستیابی به دبی مناسب، شیر آب را آنقدر باز کنید که فرضاً در مدت ۱۰ ثانیه ۱۰۰ میلی‌لیتر آب در استوانه مدرج جمع‌آوری شود. بطری را زیر شیر آب بگذارید؛ پس از مدت کمی سطح آب جمع شده در بطری ثابت می‌شود. همان لحظه بر روی بطری علامتی بگذارید، که نشان‌دهنده دبی ۱۰ میلی‌لیتر بر ثانیه باشد، سپس دبی شیر آب را تغییر دهید. با تکرار این کار برای



استوانه مدرج



زمان‌سنج

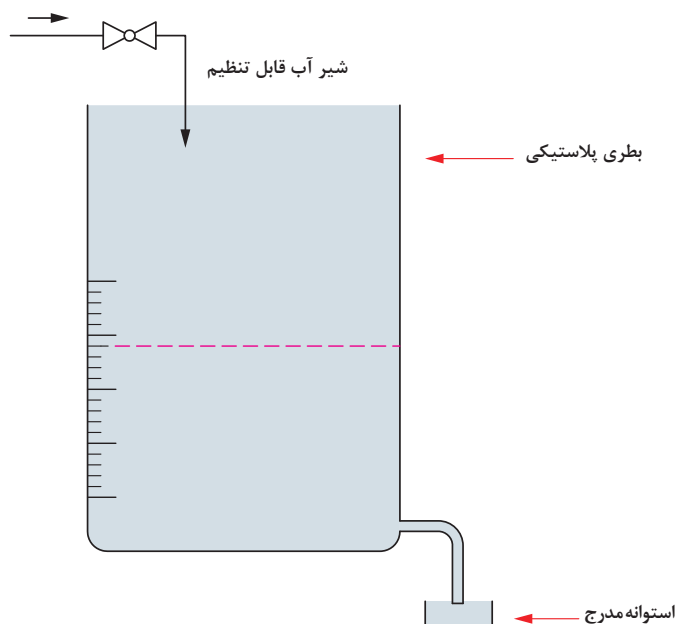


بطری پلاستیکی شفاف

شکل ۵ - وسایل اندازه‌گیری دبی حجمی

مقادیر مختلف جریان و به همین صورت، یک جریان سنج ساده آب (از نوع منفذدار) و به روش مستقیم ساخته‌اید. توجه داشته باشید که در هر مرتبه، حتماً باید سطح آب در بطری ثابت بماند، چرا که فقط در این صورت مقدار اندازه‌گیری شده با جریان آب شیر برابر خواهد بود.

با توجه به لزوم پرهیز از اسراف و ریخت و پاش آب، سعی کنید تا حد امکان این آزمایش را با مقدار کم آب انجام دهید.

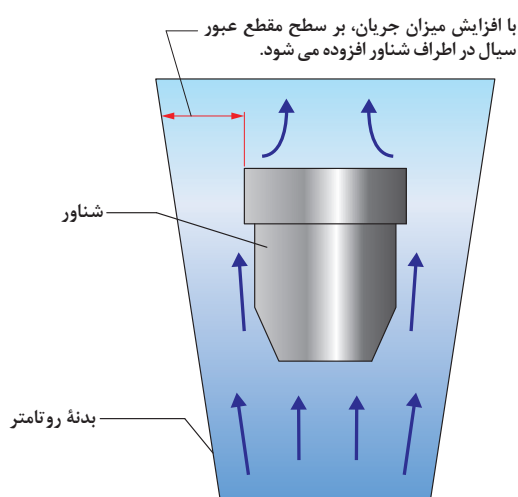


شکل ۶ - طرح ساده‌ای از آزمایش جریان سنج آب

روش اثرات مقاومت سیال یا روش سطح متغیر (روتامتر)

روتامتر ساده‌ترین و متداول‌ترین وسیلهٔ سنجش جریان مایعات و نیز گازهاست. این وسیله از یک شناور (با چگالی بیشتر از سیال) و یک ظرف (معمولاً فلزی یا شیشه‌ای) (به صورت مخروط ناقص وارونه) تشکیل شده است (شکل ۷). شناور در داخل ظرف قرار دارد. نصب بدنه روتامتر به صورت عمودی و جریان سیال از پایین به بالاست. با جریان یافتن سیال، شناور براساس نیروی رانش سیال به صورت غوطه‌ور در می‌آید (شکل ۸). هرچه شدت جریان سیال بیشتر گردد، نیروی وارد بر شناور نیز بیشتر می‌شود و در نتیجه شناور رو به بالا حرکت می‌کند. چون سطح مقطع داخل ظرف رو به بالا بیشتر می‌شود، سرعت خطی سیال در هر مقطع از ارتفاع بالاتر، کمتر می‌گردد و در نتیجه نیروی وارده از سیال بر شناور کم شده، دوباره با وزن شناور مساوی می‌شود و به تعادل می‌رسند (شکل ۹). پس شناور در این سطح بالاتر می‌ایستد. کل بازه جابجایی شناور در بدنهٔ روتامتر برحسب دبی مدرج گشته است. در نتیجه، با کم و زیاد شدن جریان سیال، محل تعادل جدید، میزان جدید جریان سیال را نشان می‌دهد. به بیان دیگر، براساس اصول نظری، در روتامتر از موازنه نیروهای وارد بر شناور، می‌توان دبی حجمی سیال را به دست آورد. جنس شناور غالباً فلزی بوده، در اشکال گوناگونی ساخته می‌شود. مقادیر قابل اندازه‌گیری جریان سیال به وسیله روتامترها معمولاً در گستره و مقیاس کوچکی هستند. حداکثر میزان جریان در روتامترها ۱۵ برابر میزان حداقل آن است، ولی عملاً برای نسبت ۱۰ به بالا از دو یا چند روتامتر موازی استفاده می‌گردد. مزیت روتامترها در این است که گرانشی و جرم مخصوص سیال تأثیر کمی در اندازه‌گیری و دقت آنها دارند.

برخی از روتامترها یک سیم یا میلهٔ هدایت‌کننده در درون ظرف خود دارند که حرکت عرضی شناور را مهار کرده، از چسبیدن آن به دیواره ظرف جلوگیری می‌کند (شکل ۱۰). در نتیجه روتامتر تنها می‌تواند حرکت رو به بالا یا پایین در امتداد آن داشته باشد. دقت این دستگاه ۱ تا ۵ درصد است. جنس بدنه (مخروطی شکل) روتامتر در دماها و فشارهای کم و سیالات بی‌خطر (غیرخورنده، غیرسمی و غیرآتش‌گیر) شیشه پیرکس (پوروسیلیکات) است، اما در فشارهای بیشتر، از فلز استفاده می‌گردد.

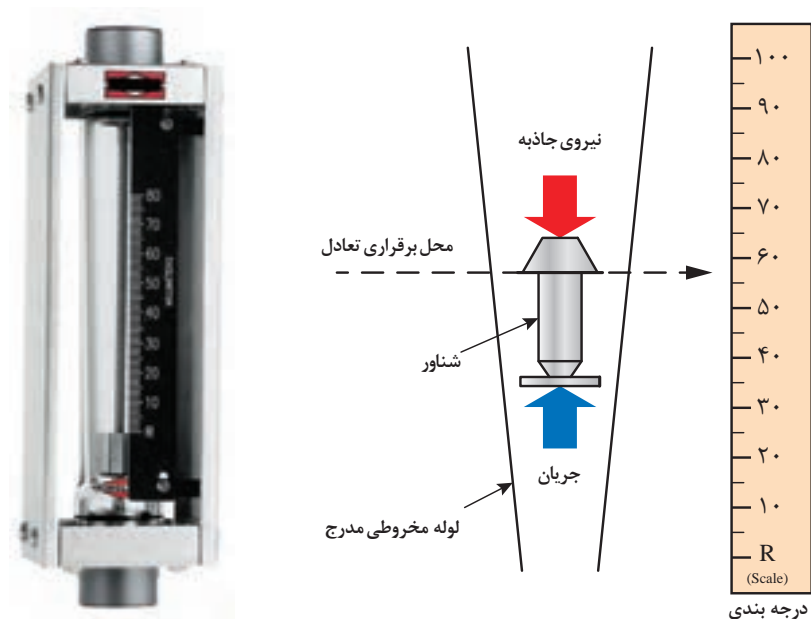


شکل ۸- نمایش حرکت سیال در روتامتر



شکل ۷- یک نمونه روتامتر معمولی

پودمان چهارم - اندازه گیری، ثبت و کنترل دبی



شکل ۱۰ - روتامتر با میله هدایت کننده

شکل ۹ - طرح ساده‌ای از نیروهای وارد بر شناور

روتامترها علاوه بر کاربردهای صنعتی، در مراکز بهداشتی مثل کپسول‌های اکسیژن بیمارستانی نیز استفاده فراوانی دارند (شکل ۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۲ - روتامتر اندازه‌گیری جریان اکسیژن



شکل ۱۱ - کپسول اکسیژن طبی



اندازه‌گیری دبی سیال با روتامتر

وسایل لازم:

- ۱- مخزن ذخیره آب؛
- ۲- پمپ (از نوع گریز مرکز)؛
- ۳- شیر تنظیم کننده؛
- ۴- روتامتر؛
- ۵- استوانه مدرج؛
- ۶- زمان سنج^۱.

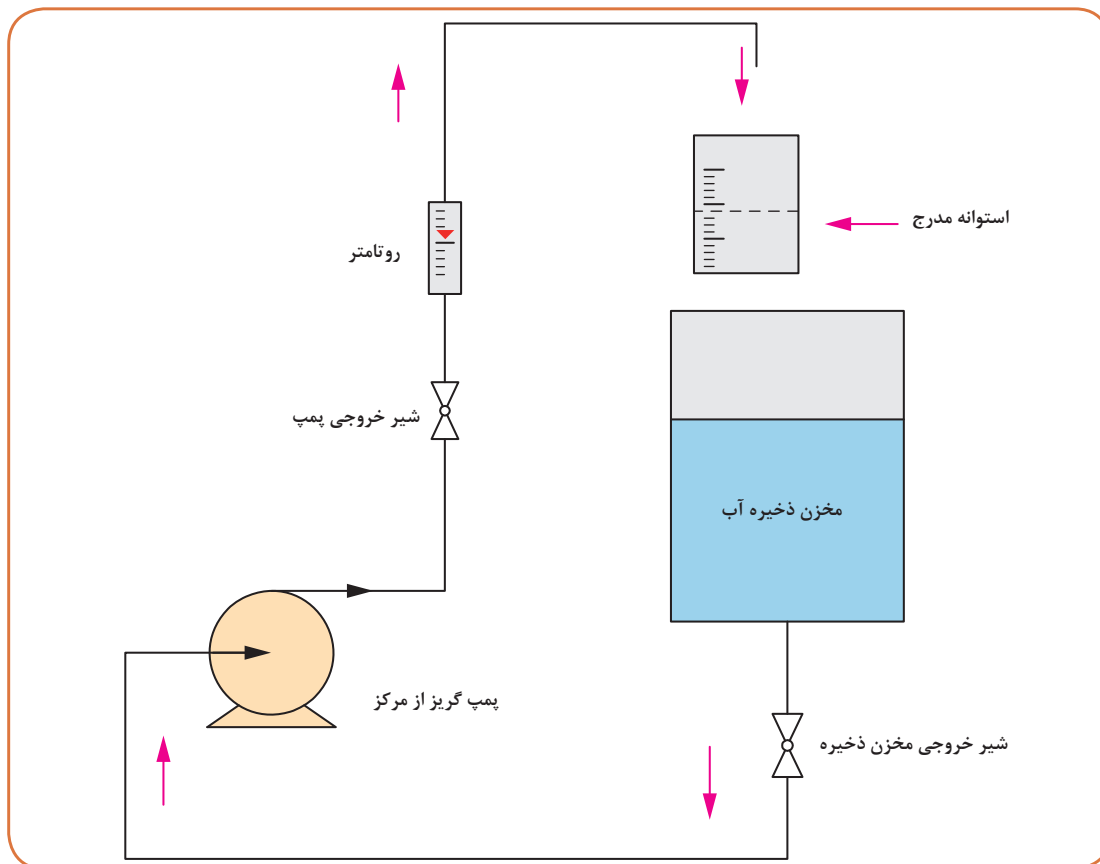
وسایل لازم:

ابتدا مدارای بسته مانند شکل ۱۳ را تشکیل دهید. مراقب باشید که مقدار آب در مخزن ذخیره هیچ‌گاه از ۸۰ درصد ظرفیت کل آن بیشتر نباشد.

با اجازه مربی خود، ابتدا شیر خروجی پمپ را ببندید و شیر خروجی مخزن ذخیره را باز کنید، پس از اینکه حجم آب درون مخزن ذخیره را به حدود ۸۰ درصد ظرفیت کل آن رساندید، پمپ را روشن کنید. شیر خروجی پمپ را آهسته و با احتیاط باز کنید. با استفاده از روتامتر میزان کمی جریان آب را (مثلاً ۵ درصد کل جریان) در مدار برقرار کنید و صبر کنید تا ثابت شود. حال با کمک استوانه مدرج و زمان سنج میزان دقیق جریان آب را (با سه بار تکرار و متوسط‌گیری نتایج) به دست آورید. نتیجه را به همراه مقدار اندازه‌گیری شده روتامتر در جدول (۱) یادداشت کنید. اکنون با تغییر دادن مقدار باز شدن شیر خروجی پمپ، مقدار جریان آب را بیشتر کنید. همانند قبل میزان جریان آب را به کمک روتامتر و استوانه مدرج در هر حالت به دست آورید، سپس در ستون سوم درصد اختلاف این دو را بنویسید. این کار را با تکرار آزمایش ادامه دهید (تا چند سطر کافی است). نتایج جدول را مقایسه و درباره آنها (یعنی دقت شرکت سازنده روتامتر و کار عملی خود) بحث کنید.

جدول ۱- آزمایش اندازه‌گیری دبی سیال با استفاده از روتامتر

درصد خطا	میزان جریان آب با روتامتر (لیتر در دقیقه)	میزان جریان آب با استوانه مدرج (لیتر در دقیقه)



شکل ۱۳- طرح ساده‌ای از آزمایش دبی سیال با روتامتر

تمرین



روتامتری میزان جریان حجمی نفت گاز (گازوئیل) را در لوله‌ای، برابر با ۹۰ لیتر در دقیقه اندازه‌گیری کرده است. با توجه به چگالی این ماده که ۸۵۰ گرم بر لیتر است، دبی جرمی آن را در سامانه‌های بین‌المللی SI و انگلیسی به‌دست آورید.

وسایل جریان سنج سیالات بر پایه نصب موانع

در این تجهیزات موانعی بر سر جریان آزاد سیالات تعبیه می‌گردد که میزان جریان حجمی آنها از روی افت فشار ایجاد شده به وسیله این موانع، محاسبه می‌گردد. این قبیل موانع انواع گوناگونی دارند و در صنعت بسیار به کار می‌روند. مهم‌ترین انواع آنها را اریفیس متر یا منفذ^۱، ونتوری متر (شیپوره همگرا - واگرا^۲) و نازل^۳ تشکیل می‌دهند. قیمت اریفیس کمتر از نازل و قیمت نازل کمتر از ونتوری است.

۱- Orifice

۲- Venturi

۳- Nozzle

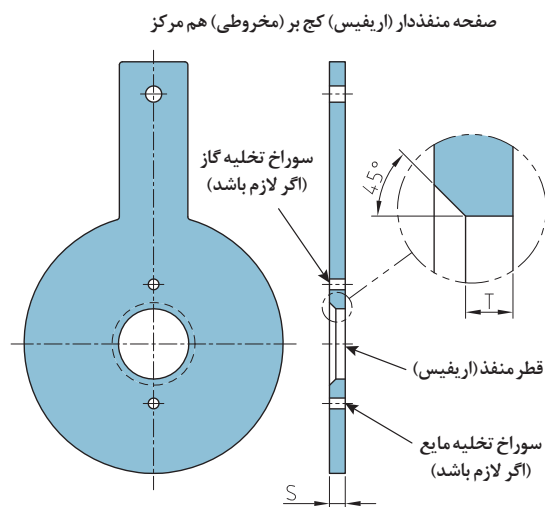
افت فشار نازل کمتر از اریفیس متر، و افت فشار ونتوری متر کمتر از نازل است. از این وسایل هم برای سنجش جریان مایعات و هم گازها می‌توان استفاده کرد.

اریفیس متر

این وسیله به صورت صفحه‌ای است که روی آن سوراخی تعبیه شده است و در مسیر جریان سیال قرار داده می‌شود (شکل ۱۴). وجود این قطعه باعث ایجاد افت فشاری در جریان سیال می‌شود که با اندازه‌گیری آن میزان جریان سیال قابل محاسبه است.



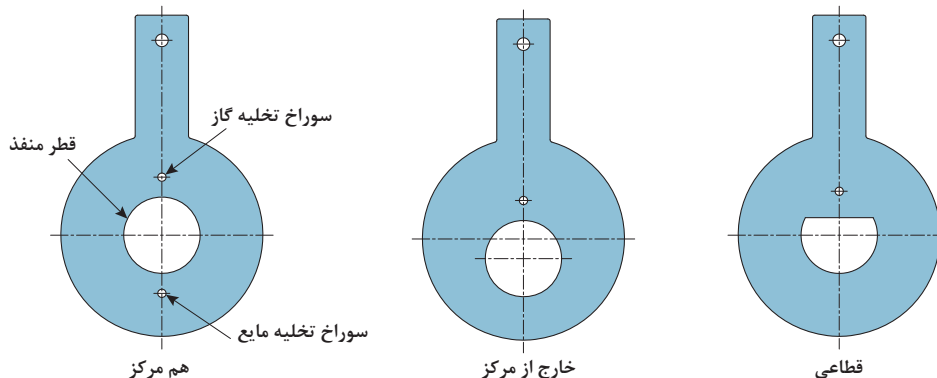
شکل ۱۴ - صفحه اریفیس همراه با اتصالات



شکل ۱۵ - طرح ساده‌ای از روبه‌رو و پهلو اریفیس متر

دقت اندازه‌گیری جریان، وابسته به دقت ماشین‌کاری منفذ و لبه‌های آن، و مشخصات سوراخ‌های متصل به مانومتر یا فشارسنج، از جمله محل نصب مناسب و بهینه است (شکل ۱۵). این موارد به همین دلیل به وسیله استانداردهایی (مثل AGA، ANSI و DIN) تعیین و مشخص شده است.

اریفیس‌ها به سه دسته عمده تقسیم می‌گردند (شکل ۱۶): ۱- هم مرکز؛ ۲- خارج از مرکز؛ ۳- قطاعی^۲.



شکل ۱۶- انواع صفحات اریفیس

در مورد هر یک از انواع اریفیس‌ها و کاربرد آنها گزارشی تهیه کنید.

تحقیق کنید



اریفیس متر برای اندازه‌گیری دبی سیالات اعم از مایع و گاز به کار می‌رود. از آنجا که اندازه‌گیری دبی گازها در کارگاه هنرستان مشکل است، در این قسمت اندازه‌گیری دبی آب با اریفیس انجام می‌شود.

اندازه‌گیری جریان سیالات به وسیله صفحه اریفیس متر

وسایل لازم:

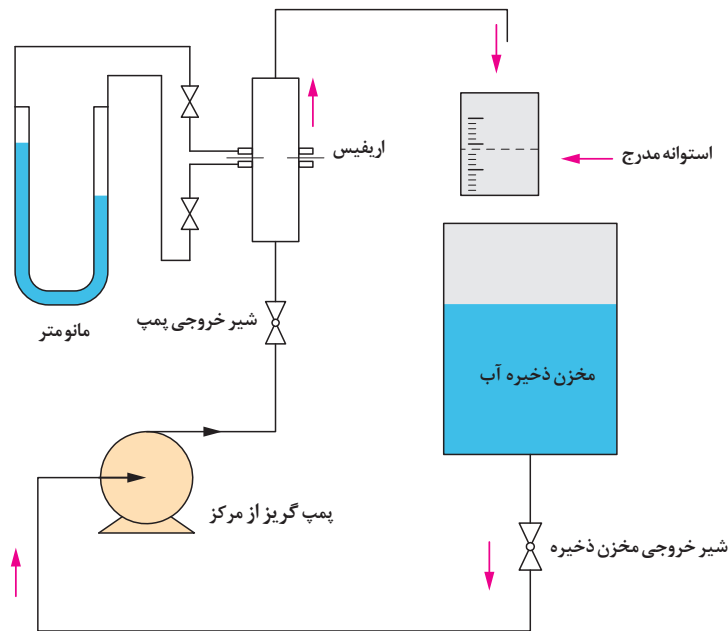
- ۱- مخزن ذخیره آب؛
- ۲- پمپ (از نوع گریز از مرکز)؛
- ۳- شیر تنظیم کننده؛
- ۴- اریفیس متر؛
- ۵- استوانه مدرج؛
- ۶- زمان سنج؛

وسایل لازم:

ابتدا مداری بسته مانند شکل ۱۷ را تشکیل دهید. با اجازه مربی خود، شیر خروجی پمپ را بسته، شیر خروجی مخزن ذخیره را باز کنید. پس از اینکه حجم آب درون مخزن ذخیره را به حدود ۸۰ درصد ظرفیت کل آن رساندید، پمپ را روشن کنید. شیر خروجی پمپ را آهسته و با احتیاط باز کنید. میزان کمی جریان آب را (مثلاً ۵ درصد کل جریان) در مدار برقرار کنید و صبر کنید تا ثابت شود. حال با کمک استوانه مدرج و زمان سنج، میزان دقیق جریان آب را (با سه بار تکرار و متوسط‌گیری نتایج) به دست آورید. در همین زمان اختلاف ارتفاع دو سر مانومتر خوانده و یادداشت شود. اطلاعات به دست آمده را در جدول (۲) یادداشت کنید.

فعالیت کارگاهی





شکل ۱۷- طرح ساده‌ای از آزمایش اندازه‌گیری جریان سیال با استفاده از اریفیس متر

با استفاده از فرمول شکل ۱۸ پس از مقایسه، مقدار دبی نظری سیال (Q_v) آن را محاسبه و با مقدار دبی واقعی مقایسه کنید. میزان ضریب تخلیه اریفیس متر (C) را از روی بدنه دستگاه بخوانید. در صورت نبود این عدد آن را 0.8782 در نظر بگیرید ($\gamma = d \times g$ $g = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$).

اکنون با تغییر دادن شیر خروجی پمپ، مقدار جریان آب را بیشتر کنید و این کار را با تکرار آزمایش ادامه دهید.

روابط:

$$Q_v = C \cdot A_o \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta P}{d}}$$

(اختلاف فشار) / چگالی

= ضریب تخلیه

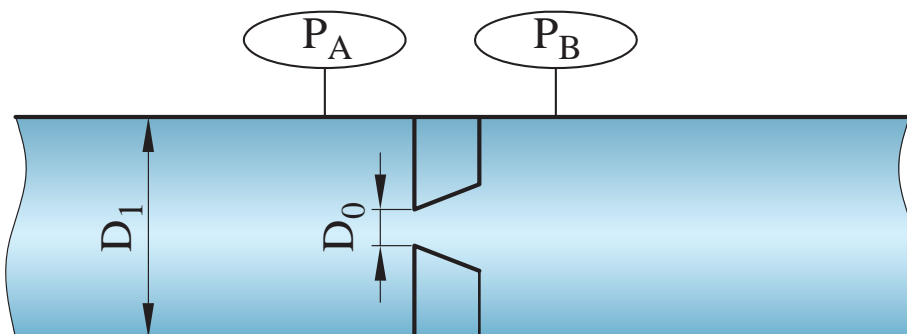
شکل ۱۸- فرمول محاسبه دبی نظری سیال به وسیله اریفیس متر

بنابراین:

$$A_o = \frac{\pi D^2}{4} = \text{سطح مقطع اریفیس (m}^2\text{)}$$

$$\Delta P = P_A - P_B = \text{اختلاف فشار}$$

$$d = \text{چگالی آب (kg/m}^3\text{)}$$



شکل ۱۹- اریفیس متر

جدول ۲- آزمایش اندازه گیری دبی سیال با استفاده از اریفیس متر (ضریب تخلیه اریفیس)

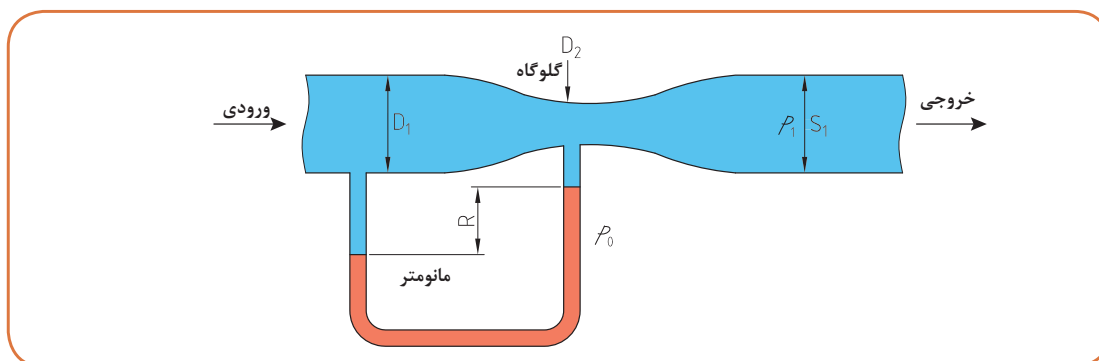
میزان خطا	دبی نظری به وسیله اریفیس	ضریب تخلیه اریفیس	اختلاف فشار	اختلاف ارتفاع ستون جیوه	دبی واقعی	حجم سیال موجود در استوانه	زمان	کمیت
	Q_v^o	C	ΔP	h_1	Q_c		t	نماد
	سانتی متر مکعب در ثانیه	-	پاسکال	میلی متر جیوه	سانتی متر مکعب در ثانیه	متر مکعب	ثانیه	واحد

ونتوری متر

در این روش با استفاده از ونتوری متر در مسیر جریان، که باعث ایجاد اختلاف فشار می شود، میزان دبی اندازه گیری می گردد. ونتوری متر برای اندازه گیری دبی در لوله ها استفاده می شود. این وسیله همانند شکل ۲۰، از بخش های زیر تشکیل شده است:

- ۱) بخش ورودی جریان که قطر آن برابر قطر لوله است (D_1);
- ۲) قسمت مخروطی هم گرا؛
- ۳) گلوگاه استوانه ای (D_2);
- ۴) قسمت مخروطی با واگرایی تدریجی که نهایتاً اندازه آن برابر با قطر لوله می شود (S_1);
- ۵) بخش خروجی جریان که قطر آن برابر قطر لوله است.

در قسمت هم‌گرا انرژی فشاری سیال به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد؛ زیرا سطح مقطع لوله به تدریج کم می‌شود. به دلیل ثابت بودن دبی حجمی سیال، سرعت آن افزایش پیدا می‌کند. در قسمت واگرا سطح مقطع لوله به تدریج زیاد می‌شود و در این حالت انرژی جنبشی به تدریج به انرژی فشاری تبدیل می‌گردد. واضح است که سرعت سیال در گلوگاه ونتوری از همه نقاط بیشتر است. در هنگام عبور سیال از ونتوری متر انرژی کل آن کمی کاهش خواهد یافت. به هر حال افت فشار سیال در عبور از ونتوری متر مرتبط با دبی آن است. برای اندازه‌گیری اختلاف فشار، یک مانومتر دیفرانسیلی که یک سر آن به بخش بالادست و یک سر آن به گلوگاه متصل است، لازم است. اندازه ونتوری متر با قطر لوله و گلوگاه آن مشخص می‌شود. برای مثال ونتوری ۶ در ۴ سانتی‌متر، یعنی قطر لوله ۶ سانتی‌متر و قطر گلوگاه ونتوری متر ۴ سانتی‌متر است.



شکل ۲۰- ونتوری متر با مانومتر دیفرانسیلی



شکل ۲۱- یک نمونه ونتوری متر صنعتی

اندازه‌گیری دبی سیال با ونتوری متر

وسایل لازم:

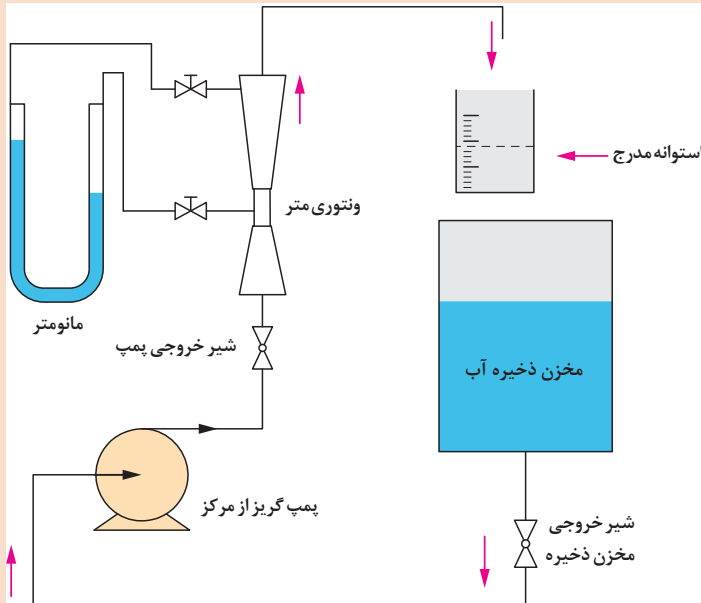
- ۱- مخزن ذخیره آب؛
- ۲- پمپ (از نوع گریز از مرکز)؛
- ۳- شیر تنظیم‌کننده؛
- ۴- ونتوری متر؛
- ۵- استوانه مدرج؛
- ۶- زمان‌سنج دقیق.

روش کار: ابتدا مداری بسته مانند شکل ۲۲ را تشکیل دهید. با اجازه مربی خود، ابتدا شیر خروجی پمپ را ببندید و شیر خروجی مخزن ذخیره را باز کنید. پس از اینکه حجم آب درون مخزن ذخیره را به حدود ۸۰ درصد ظرفیت کل آن رساندید، پمپ را روشن کنید. شیر خروجی پمپ را آهسته و با احتیاط باز کنید. میزان کمی جریان آب را (مثلاً ۵ درصد کل جریان) در مدار برقرار، و صبر کنید تا ثابت شود.





حال با کمک استوانه مدرج و زمان سنج میزان دقیق جریان آب را (با سه بار تکرار و متوسط گیری نتایج) به دست آورید. در همین زمان اختلاف ارتفاع دو سر مانومتر خوانده و یادداشت گردد. اطلاعات به دست آمده را در جدولی یادداشت کنید.



شکل ۲۲- طرح ساده ای از آزمایش اندازه گیری دبی سیال با ونتوری متر

با فرمول های شکل ۲۳ مقدار دبی نظری سیال (Q_v) را محاسبه و با مقدار دبی واقعی مقایسه کنید. میزان ضریب تخلیه و نتوری متر (C) را از روی بدنه دستگاه بخوانید. در صورت نبود این عدد، آن را 0.9827 در نظر بگیرید، $(\gamma = d \times g) \text{ g} = 9/8 \text{ (m/s}^2\text{)}$. اکنون با تغییر دادن شیر خروجی پمپ، مقدار جریان آب را بیشتر کنید و این کار را با تکرار آزمایش ادامه دهید.

$$Q = C.A_v \cdot \sqrt{\frac{\text{اختلاف فشار}}{\text{شدت جاذبه} \times \text{چگالی}} \cdot \text{شدت جاذبه} (2)} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\text{قطر و نتوری}}{\text{قطر لوله}}\right)^4}$$

$$Q = C.A_v \cdot \sqrt{\frac{2g(\frac{\Delta P}{\gamma})}{1 - \left(\frac{D_v}{D_1}\right)^4}}$$

شکل ۲۳- فرمول محاسبه دبی حجمی نظری سیال به وسیله و نتوری متر



روابط داده شده برای محاسبه در کارگاه استفاده می شود و نیازی به حفظ کردن آن نیست.

جدول ۳- آزمایش اندازه گیری دبی سیال با استفاده از ونتوری متر (ضریب تخلیه ونتوری متر)

دبی نظری ونتوری متر	ضریب تخلیه ونتوری	اختلاف فشار	اختلاف ارتفاع دو سرمانومتر	دبی واقعی	حجم سیال درون استوانه	زمان	کمیت
Q_v°	C	ΔP	h	Q_c°		t	نماد
متر مکعب در ثانیه	-	پاسکال	میلی متر جیوه	متر مکعب در ثانیه	متر مکعب	ثانیه	واحد

جریان سنج گاز

پس از انقلاب اسلامی، تقریباً به همه شهرها و روستاهای کشور گازرسانی شده است. در نتیجه، تصویر آشنای زیر در همه جا دیده می شود. آیا می دانید که نام این دستگاه چیست و چه کاری انجام می دهد؟

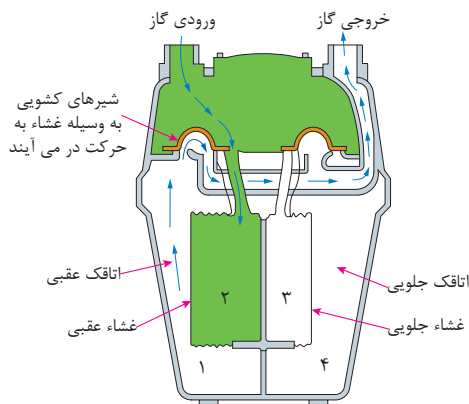


با اینکه بسیاری از جریان سنج‌های مایعات را برای اندازه‌گیری‌های گازها و بخارها می‌توان استفاده کرد، اما تجهیزاتی اختصاصی برای اندازه‌گیری جریان گازها هم وجود دارند که با آنها آشنا می‌شویم. نکته مهم در مورد گازها و بخارها این است که برای دانستن میزان جریان، باید دما و فشار آنها هم معلوم باشد. لذا غالباً این میزان برای دمای ۱۵ سلسیوس و فشار یک جو اعلام می‌گردد. این پیچیدگی به خاطر خاصیت تراکم‌پذیری گازها و بخارها است. برای اندازه‌گیری جریان گاز طبیعی چند روش وجود دارد، که در ادامه دو روش آن توضیح داده می‌شود.

۱- روش خشک:

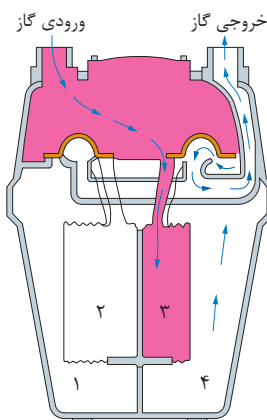
در این روش که نام آن طریقه خشک است، از یک محفظه‌ای فلزی (جریان‌سنج یا اصطلاحاً کنتور گاز) استفاده می‌شود که یک صفحه نازک فلزی و افقی فضای داخلی آن را به دو قسمت بالایی و پایینی تقسیم کرده است. قسمت پایینی هم به وسیله یک «صفحه جداکننده وسط» به دو قسمت متقارن تقسیم گشته است. با دانستن طرز عملکرد یک قسمت، عملکرد کل کنتور مشخص می‌گردد. در قسمت پایینی کنتور، یک غشاء لاستیکی یا چرمی، اتاقک فانوسی (شکل ۲۴) را با حجم مشخص تشکیل داده، از بقیه محفظه پایینی (بخش ۱) مجزا کرده است. یک صفحه مدور در سطح بیرونی اتاقک قرار دارد. در بخش بالایی کنتور دو شیر کشویی ورود و خروج گاز

(به رنگ نارنجی) قرار دارند که به یکدیگر متصل بوده، با هم حرکت می‌کنند. این شیر با یک اهرم به چپ یا راست حرکت می‌کند. با حرکت هر شیر، مسیرهای ورود و خروج گاز اتاقک مربوطه به نوبت باز و بسته می‌گردد.



شکل ۲۴- مرحله اول کار یک کنتور گاز خانگی

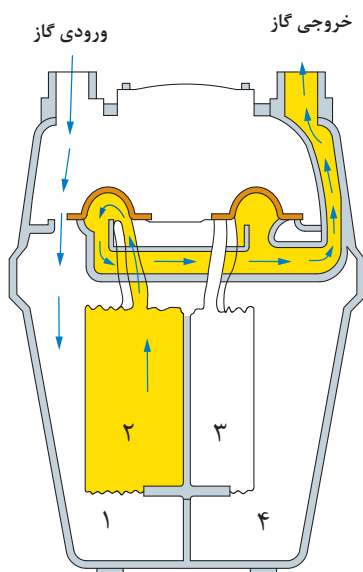
■ **مرحله اول:** ابتدا (که مثلاً شیر در سمت چپ کنتور قرار دارد)، فشار ورودی کنتور، گاز را از ورودی به داخل اتاقک ۲ می‌راند؛ یعنی اتاقک ۲ با فشار گاز پر می‌شود. این فشار سبب می‌گردد که صفحه مدور روی اتاقک عقب (شماره ۲) از «صفحه جداکننده وسط» دور شود (مسیر سبز رنگ). همچنین، گاز داخل محفظه ۱ از خروجی کنتور به بیرون برود.



شکل ۲۵- مرحله دوم کار یک کنتور گاز خانگی

■ **مرحله دوم:** پس از رسیدن صفحه مدور اتاقک عقبی به انتهای مسیر خود، اهرم جابه‌جا کننده شیرها به وسیله این صفحه مدور به کار می‌افتد و در نتیجه، شیر مذکور به سمت راست رانده می‌شود. با این کار، شیر کشویی سمت چپ، مسیر ورود گاز به اتاقک ۲، و هم‌زمان مسیر خروج گاز از محفظه ۱ به بیرون را می‌بندد. هم‌زمان، شیر کشویی سمت راست مسیر ورود گاز به اتاقک ۳ (قرینه اتاقک ۲) و نیز مسیر خروج گاز از محفظه ۴ (قرینه محفظه ۱) به خروجی کنتور را باز می‌کند (مسیر قرمز رنگ). در خاتمه این مرحله، اتاقک ۳ پر از گاز شده است و صفحه مدور آن به انتهای مسیر خود رسیده است.

گاز موجود در محفظه ۴ هم از خروجی کنتور به بیرون رفته است. شیرهای کشویی به وسیله اهرم مربوط به صفحه مدور اتاقک ۳، و یک بار دیگر به (منتهی‌الیه) سمت راست حرکت می‌کنند. در نتیجه، مسیر ورودی گاز به محفظه ۱ و خروج گاز از اتاقک ۲ به خروجی کنتور باز می‌شود. همچنین خروجی‌های اتاقک ۳ و محفظه ۴ بسته می‌شود.



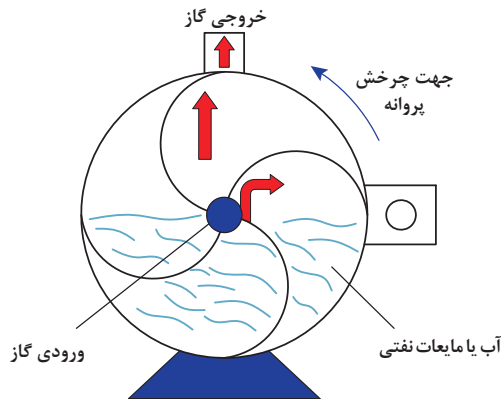
شکل ۲۶- مرحله سوم کار یک کنتور گاز خانگی

■ **مرحله سوم:** محفظه ۱ پر از گاز می‌شود و گاز موجود در اتاقک ۲ از خروجی کنتور به بیرون می‌رود. پس از خاتمه این مرحله، شیرها توسط صفحه مدور اتاقک ۲ (که این بار به سمت «صفحه جداکننده وسط» بسیار نزدیک می‌شود)، و اهرم مربوطه، یک بار دیگر کاملاً به (منتهی‌الیه) سمت چپ رانده می‌شوند (مسیر زرد رنگ). در نتیجه، ورودی گاز به اتاقک ۲ و خروجی گاز از محفظه ۱ باز می‌شود.

از این لحظه به بعد مراحل فوق دوباره تکرار می‌گردد. یک ساز و کار مکانیکی، حرکت متناوب دو شیر کشویی را به شمارنده کنتور وصل می‌کند. چون حجم اتاقک‌ها و محفظه‌ها دقیقاً مشخص است، میزان گاز طبیعی مصرف شده متناسب با دفعات پر و خالی شدن آنها به دست می‌آید. توجه داشته باشید که فشار گاز طبیعی در لوله کشی تأمین کننده آن، در میزان معینی و به طور پیوسته به وسیله ابزار دقیق مربوطه تنظیم و تثبیت می‌گردد. استفاده از دو اتاقک، به میزان زیادی نوسانات جریان گاز خروجی از کنتور را حذف می‌کند.

روش تر

روش دوم، روش تر نامیده می‌شود. جریان سنج یک محفظه (خارجی) است که شامل یک محفظه استوانه‌ای دوار داخلی با چند پره است. محفظه دوار داخلی می‌تواند آزادانه به دور محور افقی خود بچرخد. وقتی دستگاه تا سطح معینی از مایع (غالباً آب) پر شود، این مایع، آب‌بندی فضاهای ما بین پره‌ها را انجام می‌دهد. هر فضای بین پره‌ها ضمن چرخش محفظه دوار داخلی، مرتباً پر و خالی می‌گردد. گاز مورد اندازه‌گیری، از داخل محور دوران دستگاه وارد یکی از فضاهای پر از مایع می‌شود. با این کار آن را خالی از مایع و خیلی سبک‌تر می‌کند. در نتیجه، محفظه دوار داخلی آن قدر می‌چرخد که آن فضا کاملاً از مایع خارج گردد. گاز آزاد شده هم از خروجی بالای دستگاه به بیرون می‌رود. با ادامه ورود گاز به فضای بعدی، چرخش محفظه دوار داخلی با همین ترتیب ادامه می‌یابد. در واقع، این کار نوعی «پیمانه کردن» گاز مذکور است. چون حجم این فضاها و سطح مایع دقیقاً مشخص است، حجم عبوری گاز به دقت اندازه‌گیری می‌شود که به سرعت دورانی محفظه داخلی بستگی دارد. یک شمارنده نیز مجموع حجم عبوری گاز را در هر لحظه نشان می‌دهد.



شکل ۲۸- نمای درونی جریان سنج گاز به روش تر



شکل ۲۷- نمای بیرونی جریان سنج گاز به روش تر (که در آزمایشگاه‌ها کاربرد دارد- با یکای لیتر در ثانیه)

تمرین کنید



شرکت نفت ایران در حدود سال ۱۳۴۹ شمسی تصمیم گرفت که جریان سنج‌های خطوط لوله صادرات نفت خام خود را از نوع صفحه منفذدار (اریفیس) به نوع جا به جایی مثبت تغییر دهد. هدف از این کار کاهش خطای اندازه گیری به حداقل ممکن بود. با توجه به آنچه که تاکنون در این فصل خوانده‌اید و در گروه‌های دو نفره، میزان ظرفیت و نیز خطای اندازه گیری یک درصد را برای دو مورد زیر به دست آورید و آنها را در یک جدول با هم مقایسه کنید.

مورد اول: کشتی‌های نفت کش اقیانوس پیما بزرگ‌ترین شناورهای موجود جهان هستند. برای نمونه یکی از آنها که ۴۵۸ متر طول دارد، می‌تواند ۲۸۰۸۵۰ تن نفت خام را حمل کند. چگالی نسبی این نوع نفت خام را ۰/۸۵ فرض کنید. اگر هر بشکه نفت خام ۱۵۹ لیتر باشد، این میزان ظرفیت چند بشکه، چند مترمکعب، چند لیتر و چند گالن است؟

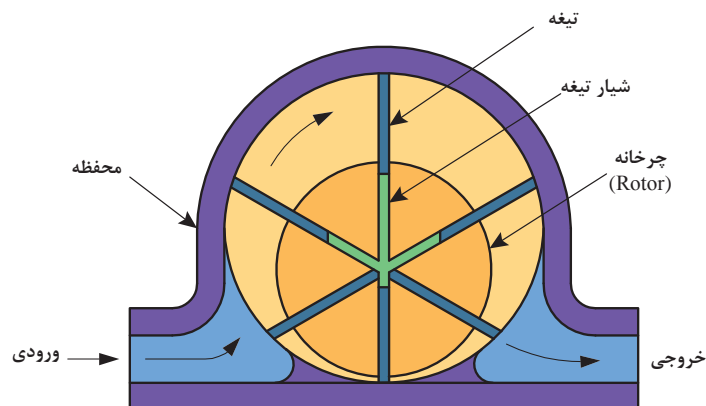
مورد دوم: یک کامیون نفت کش شهری ۲۸۰۰۰ لیتر ظرفیت دارد. با فرض استفاده از نفت خام با چگالی نسبی ۰/۸۵ این میزان ظرفیت چند تن، چند بشکه، چند مترمکعب و چند گالن است؟



شکل ۳۰- کامیون نفت کش شهری



شکل ۲۹- کشتی نفت کش اقیانوس پیما



شکل ۳۱- جریان سنج نوع جابجایی مثبت

ظرفیت	مقدار خطای ۱%	کمیت
مترمکعب لیتر بشکه گالن	مترمکعب لیتر بشکه گالن	اول
کیلوگرم تن مترمکعب بشکه گالن	کیلوگرم تن مترمکعب بشکه گالن	دوم

با استفاده از شبکه جهانی اینترنت و در گروه‌های دو تا سه نفره، دو جدول در مورد انواع جریان سنج‌های مایعات و گازها تشکیل دهید که حاوی اطلاعات خلاصه شده‌ای از کاربردها و موارد مربوط به هر یک (و در صورت امکان با یک تصویر از هر کدام) باشد، سپس نتایج خود را با یکدیگر مقایسه کنید.

تحقیق کنید



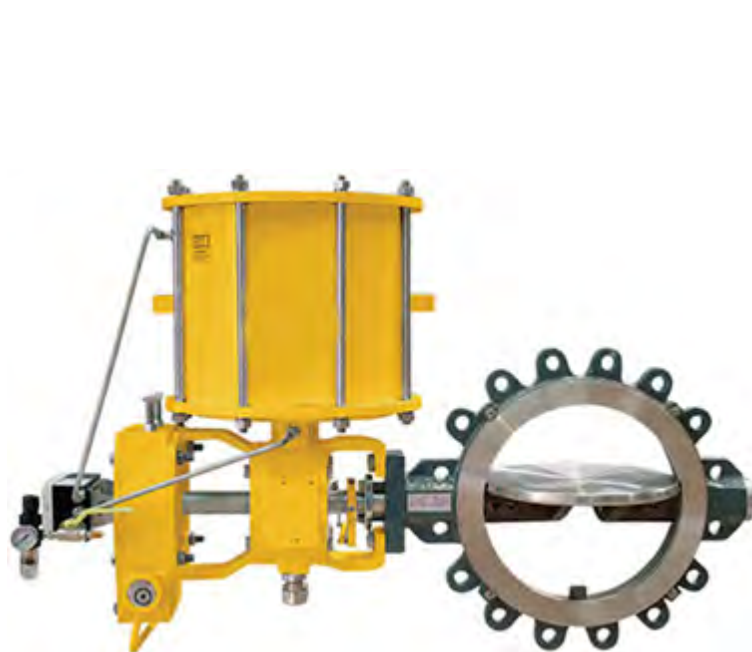
کنترل دبی جریان

در صنایع شیمیایی با انواع گوناگونی از فرایندها سروکار داریم، اما غالباً بسیاری از اجزای آنها مشابه یا حتی مشترک‌اند. مثلاً برای تنظیم جریان سیالات بسیاری از تجهیزات به کار می‌روند، مانند: تلمبه‌های اندازه‌گیری، پرها و تنظیم‌کننده‌های سرعت چرخش محرکه‌ها. اما ساده‌ترین و متداول‌ترین آنها شیرها هستند. عملکرد شیر در تنظیم جریان سیالات عبارت است از ایجاد یک مقاومت بر سر راه جریان سیال. مثلاً برای حفظ کیفیت محصول در یک واحد شیمیایی، کمترین کار ثابت نگهداشتن میزان جریان خوراک ورودی واحد است. به این منظور لازم است که:

- ۱- ابتدا از میزان جریان خوراک در هر لحظه مطلع شویم. پس باید یک جریان سنج را در مسیر خوراک نصب کنیم (اندازه گیری).
- ۲- همچنین باید از میزان مقرر شده برای جریان خوراک مطلع باشیم تا در صورت کم یا زیاد شدن جریان خوراک آن را جبران کنیم (مقایسه).
- ۳- برای تغییر میزان جریان باید (حداقل) از یک شیر استفاده کنیم. اما استفاده از شیر نیاز به یک شخصی دارد که در تمام لحظات آماده و هوشیار باشد (کنترل کننده). روشن است که نتیجه مقایسه باید دائماً به او اطلاع داده شود. بدیهی است که ادامه این کار برای نیروی انسانی بسیار خسته کننده و دشوار است. به علاوه، برای تعداد زیاد متغیرهای فرایندی در واحد شیمیایی مورد نظر افراد زیادی لازم است که جمع دستمزد آنها ممکن است فرایند را غیر اقتصادی کند. به این دلیل برای ایجاد قابلیت تنظیم خودکار در فرایندها از وسیله‌ای به نام شیر کنترل استفاده می‌کنیم.

شیر کنترل خودکار

وسیله‌ای است که با اعمال نیرویی غیر از نیروی دست عمل کرده، میزان جریان را در سامانه تنظیم می‌کند. این وسیله شامل یک شیر است و توانایی تغییر در عامل تنظیم کننده سیال را دارد. این تجهیز بسیار مهم بوده، بخش قابل توجهی از مخارج سرمایه‌ای اولیه واحدهای فرایندی را تشکیل می‌دهد. نیروی محرکه برای کار این شیر می‌تواند هوای فشرده، برق، فشار روغن (هیدرولیکی)، یا حتی ترکیبی از آنها باشد. نمونه‌ای از شیرهای با محور کشویی^۱ و شیرهای با محور چرخان^۲ در شکل های ۳۲ و ۳۳ آورده شده است.



شکل ۳۳ - شیر کنترل با محور چرخان



شکل ۳۲ - شیر کنترل با محور کشویی

۱- Sliding Stem

۲- Rotary Shaft

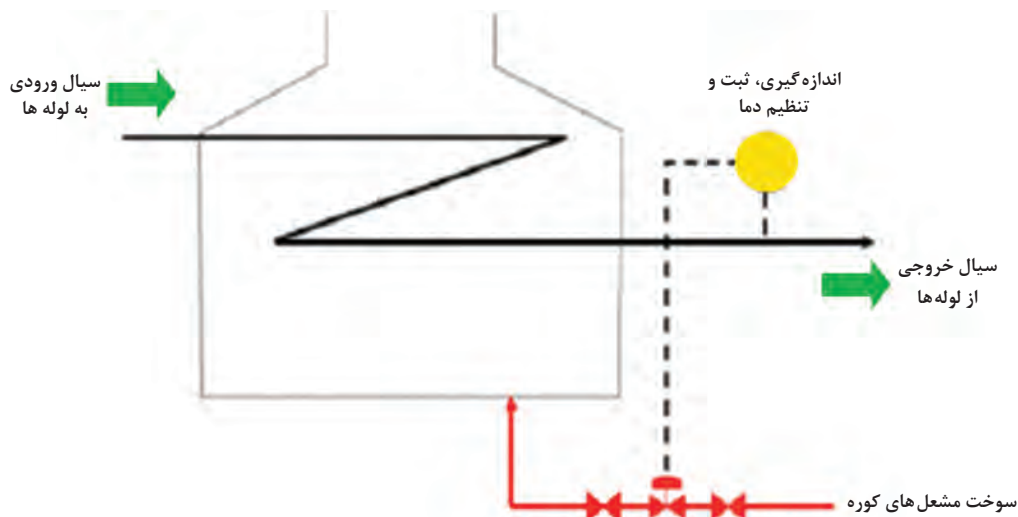
متغیرهای مهم در انتخاب نوع و اندازه شیرهای کنترل

این متغیرها عبارت‌اند از: نوع وظیفه مورد نظر (قطع و وصل جریان سیال، کم و زیاد کردن پیوسته آن، بستن سریع و غیره)، فشار عملیاتی، دمای عملیاتی، قابلیت خوردگی سیال نسبت به آن، گرانش سیال، قیمت خرید، قابلیت تعمیراتی کم‌هزینه، نشتی‌های مجاز، افت فشار، حداکثر جریانی که می‌تواند از خود عبور دهد و مانند آنها.

در مواقع راه‌اندازی و بستن واحدهای شیمیایی (یعنی خاموش کردن کارخانه برای انجام تعمیرات سالیانه یا بروز نقص‌های پیش‌بینی نشده مانند قطع برق، آب، آتش‌سوزی و غیره) نیز، عملکرد برخی از متغیرها با عملیات پایا^۱ (یکنواخت) واحد متفاوت یا حتی متضاد است. در نتیجه، معمولاً این کار به عهده متصدی واحد^۲ گذارده می‌شود. به عنوان مثالی از تفاوت یا تضاد رفتار برخی از متغیرها در مواقع راه‌اندازی و بستن واحدهای شیمیایی، می‌توان شیر تنظیم سوخت مصرفی کوره‌های احتراقی را ذکر کرد.

در حالت عملیات فرایندی پایا، این شیر اندکی باز است. با کاهش دمای سیال خروجی کوره (یا افزایش جریان ورودی آن) سوخت بیشتری را به مشعل‌های کوره می‌فرستد.

در صورتی که هنگام راه‌اندازی واحد، کوره سرد است و اگر این شیر در وضعیت عملکرد خودکار باشد، کاملاً باز شده، کوره را با مقادیر بسیار زیاد سوخت به آتش یا انفجار خواهد کشید. به این دلیل، چنین مواردی بر عهده انسان گذارده می‌شود. به بیان دیگر، شیر تنظیم سوخت باید در حالت تنظیم دستی توسط متصدی دستگاه قرار گیرد. در حالی که کارهای پیچیده، دشوار، یا نیازمند به عکس‌العمل سریع و دقیق را به خوبی و با ایمنی بیشتر می‌توان با تنظیم هوشمند انجام داد.



شکل ۳۴ - شیر کنترل خودکار تنظیم‌کننده سوخت مشعل‌های کوره، در کوره‌های فرایندی



کنترل دستی دبی شیر آب کارگاه

وسایل لازم:

استوانه مدرج

زمان سنج

روش کار:

با تنظیم دستی شیر آب کارگاه، دبی آب خروجی را روی ۶/۰ لیتر بر دقیقه تنظیم و کنترل کنید.

ارزشیابی شایستگی اندازه گیری، ثبت و کنترل دبی سیال

شرح کار:

چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.
هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.
پس از انجام کار وسائل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

استاندارد عملکرد:

به کارگیری محاسبات و اندازه گیری شدت جریان دبی مایعات و گازها و کنترل دبی سیال مطابق دستورالعمل

شاخص ها:

- رعایت مسائل ایمنی حین کار
- انجام کار طبق دستورالعمل

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: مکان کارگاه
شرایط دستگاه: سرویس شده
زمان: یک جلسه آموزشی
ابزار و تجهیزات: زمان سنج، استوانه مدرج، پمپ (از نوع گریز از مرکز)، شیر تنظیم کننده، روتامتر، اریفیس متر، ونتوری متر

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بکارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه گیری دبی	۱	
۲	اندازه گیری دبی مایعات	۲	
۳	اندازه گیری دبی گازها	۱	
۴	کنترل دبی سیال	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی در مصرفی ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه ای - ۲- مدیریت منابع - ۳- محاسبه و کار بست ریاضی ۵- مستندسازی: گزارش نویسی	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.