

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۴۱۲

توفیقی، سیدپندار	۵۴۳
کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی / مؤلف: سیدپندار توفیقی. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	/۵۲۸ ک ۸۵۳ ت
۹۸ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۴۱۲)	۱۳۹۴
متون درسی رشته صنایع شیمیایی، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته صنایع شیمیایی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. عملیات دستگاهی - کارگاه‌ها. ۲. صنایع شیمیایی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته صنایع شیمیایی. ب. عنوان. ج. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و
حرفه ای و کار دانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب گاه (وب سایت)

یکاهای اندازه گیری، علائم اختصاری، نقشه های موجود در این کتاب توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بررسی و تأیید گردیده است.

این کتاب در سال تحصیلی ۸۹-۸۸ بر اساس نظرها و پیشنهادهای هنرآموزان سراسر کشور پس از تأیید در کمیسیون تخصصی رشته صنایع شیمیایی بازنگری و اصلاح شده است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش

نام کتاب : کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی - ۴۹۳/۵

مؤلف : سیدپندار توفیقی

اعضای کمیسیون تخصصی : طیبه کنشلو، محمدرضا ارشدی، مرضیه گرد، اعظم صفاری، ناصر رضائی شوشتری

و ساسان صدرایی نوری

آماده سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت : www.chap.sch.ir

رسم : مریم دهقان زاده

صفحه آرا : فائزه محسن شیرازی

طراح جلد : طاهره حسن زاده

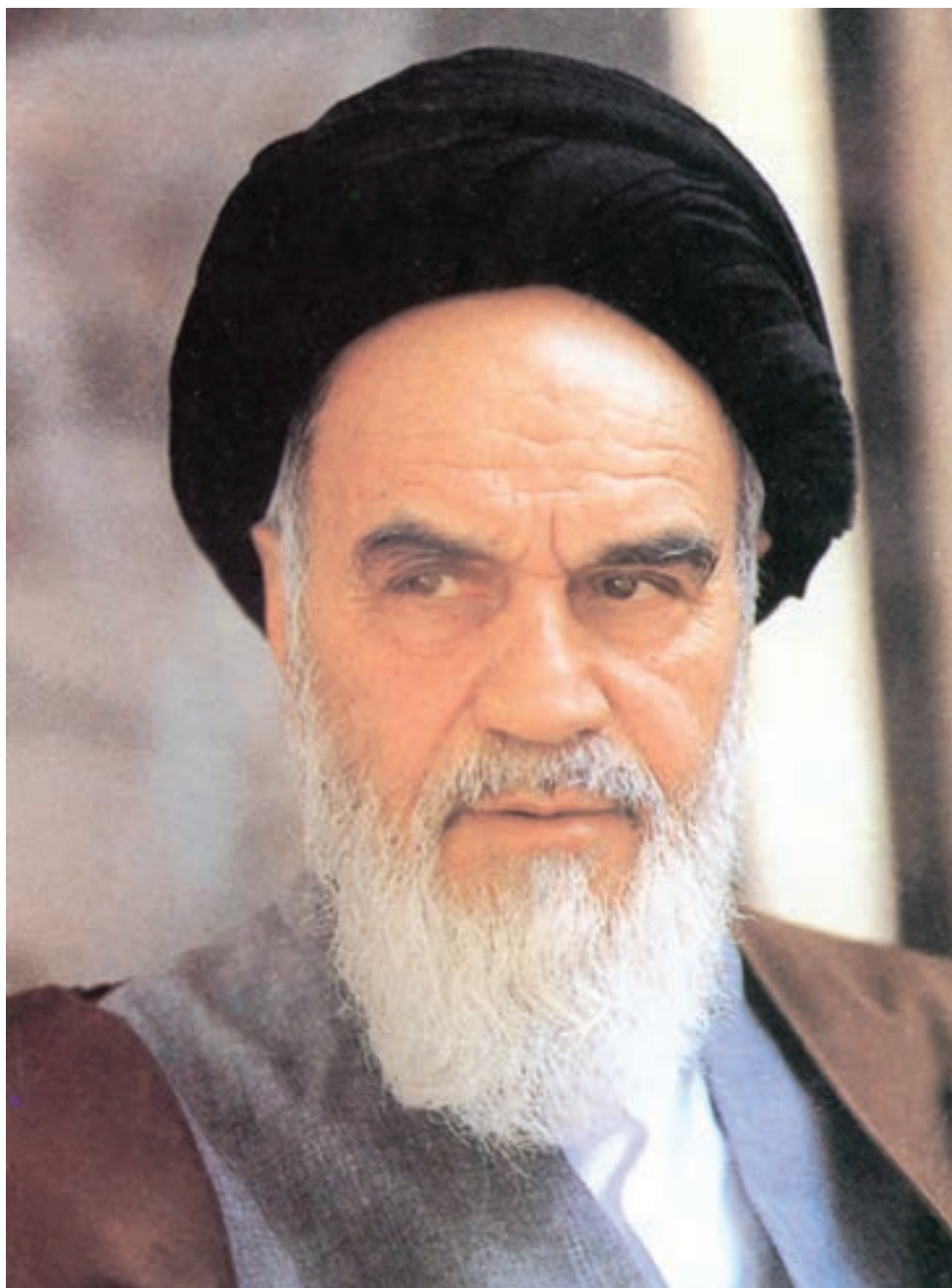
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پانزدهم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



شما متوقع نباشید که همین امروز بتوانید طیاره درست کنید، میگ درست کنید. البته الان نمی‌شود؛ اما مایوس نباشید از این که نمی‌توانیم درست کنیم. باید بیدار شوید، بروید دنبال این که آن صنایع پیشرفته را خودتان درست کنید. وقتی این فکر در یک ملتی پیدا شد و این اراده در یک ملتی پیدا شد کوشش می‌کند و دنبال کوشش، این مطلب حاصل می‌شود. یأس از جنود ابلیس است، یعنی شیطان ایشان را به یأس وامی‌دارد... ما باید این جنود را کنار بزنیم و امید را که از جنود الله است در خودمان زنده کنیم.

امام خمینی

فهرست مطالب

فصل سوم - دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار	۲	فصل اول - گزارش نویسی	۲
۱۶	۳-۱- مقدمه	۱-۱- نحوه‌ی گزارش نویسی	۲
۱۶	۳-۲- وسایل اندازه‌گیری فشار	۱-۱-۱- چکیده	۲
۱۶	۳-۲-۱- دسته اول	۱-۱-۲- مقدمه	۲
۲۱	۳-۲-۲- فشارسنج بوردن	۱-۱-۳- هدف	۲
۲۲	۳-۲-۳- فشارسنج‌های دیجیتالی	۱-۱-۴- تئوری	۲
		۱-۱-۵- شرح دستگاه و روش آزمایش	۲
فصل چهارم - دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان سیالات	۳	۱-۱-۶- محاسبات	۳
۲۴	۴-۱- مقدمه	۱-۱-۷- نتایج آزمایش‌ها	۳
۲۴	۴-۲- روش‌های اندازه‌گیری شدت جریان (دبی)	۱-۱-۸- تفسیر نتایج	۳
۲۴	۴-۲-۱- روش جابه‌جایی مثبت	۱-۱-۹- نتیجه‌گیری	۳
۲۵	۴-۲-۲- روش انسداد جریان	۱-۱-۱۰- خطاهای آزمایش	۳
	۴-۲-۳- اندازه‌گیری دبی به وسیله‌ی لوله‌ی	۱-۱-۱۱- مراجع و منابع	۳
۳۰	پیتوت	۱-۲- گزارش نوبت کاری	۴
	۴-۲-۴- اندازه‌گیری دبی به وسیله‌ی اثرات نیروی		
۳۱	مقاوم	فصل دوم - اندازه‌گیری دما	۱۰
	۴-۳- مقایسه‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان (ونتوری)	۲-۱- مقدمه	۱۰
۳۲	متر و اری فیس متر)	۲-۲- مقیاس‌های دما	۱۰
۳۲	۴-۳-۱- ونتوری متر	۲-۳- وسایل اندازه‌گیری دما	۱۰
۳۲	۴-۳-۲- اری فیس متر	۲-۳-۱- دماسنج مایعی	۱۰
۳۲	۴-۴- آزمایش: محاسبه‌ی میزان دبی و نوع جریان	۲-۳-۲- دماسنج انبساط سیال	۱۱
	۴-۵- آزمایش: محاسبه‌ی ضریب اصطکاک در	۲-۳-۳- ترموکوپل‌ها	۱۱
۳۴	جریان آرام	۲-۳-۴- انواع ترموکوپل‌های صنعتی	۱۲
	۴-۶- محاسبه‌ی تغییرات ویسکوزیته‌ی سیال بر اثر	۲-۳-۵- دماسنج‌های دیجیتالی	۱۳
۳۵	تغییرات دما	۲-۴- آزمایش: ساختن ترموکوپل	۱۴

۶۹	۶-۹- آزمایش : مبدل حرارتی پوسته - لوله	۴-۷- آزمایش : اندازه گیری جریان سیالات به وسیله ی اری فیس و ونتوری	۳۹
۷۳	فصل هفتم - کنترل فرآیند	فصل پنجم - پمپ ها و کمپرسورها	۴۵
۷۳	۷-۱- مقدمه	۵-۱- مقدمه	۴۵
۷۳	۷-۲- کنترل سطح مایع	۵-۱-۱- پمپ	۴۵
۷۵	۷-۳- کنترل دما	۵-۱-۲- پمپ گریز از مرکز	۴۵
۷۵	۷-۴- کنترل فشار	۵-۲- محاسبه ی توان الکتریکی پمپ	۵۰
۷۶	۷-۵- شیرهای کنترل	۵-۳- محاسبه ی توان فرآیندی پمپ	۵۰
۷۶	۷-۶- آزمایش : کنترل سطح، دما و فشار آب گرم کن	۵-۴- راندمان کلی پمپ	۵۱
۸۰	فصل هشتم - برج ها و ستون ها	۵-۵- حفره زایی در پمپ	۵۱
۸۰	۸-۱- مقدمه	۵-۶- آزمایش : پمپ گریز از مرکز	۵۲
۸۲	۸-۲- تقسیم بندی عملیات انتقال جرم	۵-۷- کمپرسورهای گازی	۵۵
۸۳	۸-۲-۱- تماس مستقیم دوفاز نامحلول در یکدیگر	۵-۷-۱- عمل کرد کمپرسور	۵۶
۸۵	۸-۲-۲- جداسازی فازها با استفاده از غشاء	۵-۸- کمپرسورهای هوا	۵۸
۸۶	۸-۳- انتخاب روش جداسازی	۵-۸-۱- کمپرسورهای توربینی	۵۸
۸۶	۸-۴- اصول طراحی	۵-۸-۲- کمپرسورهای پیستونی	۵۸
۸۶	۸-۵- برج تفکیک کننده ی نفت و گاز	۵-۸-۳- تراکم چند مرحله ای	۵۹
۸۷	۸-۵-۱- تفکیک کننده های دوفازی	۵-۸-۴- درجه حرارت هوای فشرده	۵۹
۸۷	۸-۵-۲- تفکیک کننده های سه فازی	فصل نهم - مبدل های حرارتی	۶۲
۸۸	۸-۵-۳- وسایل داخلی دستگاه های تفکیک کننده	۶-۱- مقدمه	۶۲
۸۸	۸-۵-۴- طرز کار وسایل داخل دستگاه تفکیک کننده	۶-۲- مبدل های حرارتی لوله ای	۶۲
۹۳	۸-۶- برج های سینی دار	۶-۳- انواع جریان در مبدل های حرارتی لوله ای	۶۳
۹۵	۸-۷- برج های پر آکنده	۶-۴- اساس کار مبدل های حرارتی لوله - پوسته	۶۴
۹۶	۸-۸- اشکالات حین عملیات	۶-۵- راه اندازی مبدل های حرارتی	۶۵
۹۶	۸-۹- بازدید	۶-۶- از کار انداختن مبدل های حرارتی	۶۵
۹۸	منابع و مراجع	۶-۷- خوردگی در مبدل های حرارتی	۶۵
		۶-۸- آزمایش : مبدل حرارتی دو لوله ای - U شکل	۶۶

مقدمه

سپاس بر کردگار پاک که لطف خویش را شامل بنده اش فرموده تا برحسب وظیفه، آموخته‌ی خویش را در قالب این کتاب تقدیم دانش‌پژوهان نماید. در ابتدای کتاب نحوه‌ی گزارش‌نویسی بیان شده است و انتظار می‌رود در تهیه‌ی گزارش، براساس آن عمل شود.

سعی شده است آزمایش‌های ساده، روان و در دسترس، در هر فصل گنجانده شود. به هنرآموزان محترم توصیه می‌شود که در حد امکان در ساخت و راه‌اندازی دستگاه‌ها در محیط‌های آموزشی، همت گماشته برای تجهیز اولیه‌ی آزمایشگاه‌های صنایع شیمیایی گام بردارند.

دیدن فیلم و بازدید از کارخانجات صنایع شیمیایی در مورد مباحث برج‌ها و ستون‌ها، راکتورهای شیمیایی و کمپرسورها در دستور کار مدرسین قرار بگیرد. نظر به این که این کتاب عاری از ایراد نخواهد بود، رهنمودهای ارزنده‌ی دوستان را ارج نهاده پیشاپیش رهنمودها و پیشنهادهای عزیزان آن را سپاس می‌نهم.

صنایع شیمیایی از بخش‌های مهم و اقتصادی کشور ایران به شمار می‌آید. به سبب گستردگی، می‌تواند یکی از منابع مهم اشتغال‌زا در کشور برای جوانان باشد. رشته‌ی صنایع شیمیایی تلفیقی از «شیمی» و «مهندسی شیمی» است که دانش‌آموختگان این رشته علاوه بر خواندن درس‌های نظری رشته‌ی شیمی مانند «آلی»، «تجزیه»، و نظایر آن، با درس‌های مهندسی شیمی نیز تا حدودی آشنا شده و کاربرد هم‌زمان این دو را در نظر خواهند داشت. چون عده‌ای از دانش‌آموختگان این رشته در آزمایشگاه‌ها و برخی نیز در واحدهای صنعتی مشغول به کار می‌شوند، در این کتاب سعی شده است آشنایی ابتدایی با دستگاه‌های اولیه در هر صنعتی، به ویژه واحدهای شیمیایی فراهم آید و مطالب به گونه‌ی ساده عرضه شود؛ افزون بر آن، با گنجاندن آزمایش در هر فصل، کار با دستگاه‌ها نیز میسر گردد. فصل دوم تا چهارم مربوط به وسایل اندازه‌گیری دما، فشار و جریان است که هر یک به گونه‌ای مختصر شرح داده و در انتهای فصل سوّم آزمایش‌های کلی نیز در نظر گرفته شده است. مطالب فصل پنجم درباره‌ی پمپ‌ها و کمپرسورها است، که در این مبحث به علت گستردگی استفاده از پمپ‌های سانتریفوژ عمدتاً به این نمونه توجه شده است. در فصل ششم کار با مبدل‌های حرارتی همراه با آزمایش، برنامه‌ریزی شده است و در فصل هفتم بررسی سیستم‌های کنترل فشار دما و سطح با آزمایش‌های ساده بیان شده است.

تصویر روی جلد کتاب یک دستگاه چگالنده (کندانسور) است که بخارات خروجی از برج جداسازی نرمال پنتان را به مایع تبدیل می‌کند. این دستگاه در واحد تولید نرمال پنتان در کنار پالایشگاه کرمانشاه توسط پژوهشگاه صنعت نفت در سال ۱۳۸۴ طراحی و ساخته شده است.

هدف کلی

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

گزارش نویسی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- نحوه‌ی گزارش نویسی را توضیح دهد.
- ۲- نحوه‌ی گزارش نویسی فنی را توضیح دهد.
- ۳- تفاوت بین گزارش نویسی و گزارش نویسی فنی را توضیح دهد.

۱-۱- نحوه‌ی گزارش نویسی

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

۱-۱-۱- چکیده

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

۱-۱-۲- 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.

۱-۱-۳- هدف

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

۱-۱-۴- 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.

۱-۱-۵- شرح دستگاه و روش آزمایش

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.

۱-۱-۶- محاسبات

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

۱-۱-۷- 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 اجتناب‌ناپذیر است. در حقیقت نمودار باید به‌گونه‌ای باشد تا توجه خواننده را بر روی نکات برجسته‌ی اطلاعات متمرکز نماید؛ به‌دیگر 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.

۱-۱-۸- تفسیر نتایج

هنگامی که نتایج آزمایش به‌گونه‌ی روشنی عرضه شد، نویسنده مسئولیت تفسیر نتایج را - بر اساس تئوری و کار دیگران در زمینه‌ی فعالیت انجام شده - 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.

۱-۱-۹- 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.

۱-۱-۱۰- 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.

۱-۱-۱۱- مراجع و منابع

منابع مورد استفاده‌ی 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

به عنوان مثال :

– استریتز، وایلی – بدفورد، مکانیک سیالات، مک گراهیل ۱۹۹۸
در حقیقت با در نظر داشتن مطالب یاد شده در گزارش می توان به هدف اصلی کار دست یافت، شایسته‌ی ذکر است که هر کار علمی یا آزمایش هنگامی دارای اهمیت و درخور ارزیابی است که به صورت گزارش تهیه شود و در اختیار خوانندگان قرار بگیرد. برای بیان منظور باید ساده و روان نوشت و این امر را همیشه به خاطر داشت :

«کسی که از لغات زیادی برای بیان منظورش استفاده کند مانند نشانه‌گیر بدی است که به جای نشانه‌گیری یک سنگ به هدف، 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 شیمی آلی و آزمایشگاه شناخت مواد (مربوط به سال دوم) با توجه به این فصل تهیه شود.

۲-۱- 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 :

- فشار و دمای مراحل مختلف تفکیک نفت و گاز ؛
- میزان گاز جدا شده از نفت ؛
- میزان آب جدا شده از نفت ؛
- آمار چاه‌های نفت که در آن تاریخ باز بوده‌اند ؛
- میزان سوخت مصرفی کارخانه ؛
- تعداد پمپ‌های در حال کار، همراه با ساعت کاری ؛
- تعداد کمپرسورهای در حال کار، همراه با ساعت کاری ؛
- تعداد ژنراتورهای دیزلی یا ژنراتورهای دیگر، هم‌چنین توربین‌های گازی همراه با ساعت کاری ؛
- دستگاه‌ها و ادواتی که تعمیر شده‌اند یا نیاز به تعمیر یا تعویض قطعات دارند ؛
- موجودی مواد ضد خوردگی در نفت و آب و مقادیر مصرفی آن‌ها ؛

- شرح وضعیت جوی؛
 - تعداد افراد حاضر به کار در واحد به صورت ثابت و متغیر؛
 - مواد مورد لزوم کارخانه اعم از وسایل کاری، نظافتی و یا خوراکی؛
 - 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 نوبت کاری 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 _{۱۱,۳} . 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			
	شیرین	-	-	-	-	-	-
B	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 (۳۵۰-۴۰۰ Psig) چاه‌های باز = ۷ حلقه
	جمع کل منطقه	۷۶۴۰۰	۹۲۴۸	۱۶۶/۷			

توضیحات فرم شماره‌ی ۱

۱- تفکیک کننده: دستگاه جدا کننده گاز و نفت و آب (به فصل هشتم همین کتاب

مراجعه شود)

۲- BPD = Barrel Per Day = بشکه در روز

۳- MMSCFD = Million Standard Cubic Feet Per Day =

میلیون فوت مکعب در روز

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

۵ و ۶- نفت ترش و شیرین: نفتی که حاوی H_۲S باشد «ترش» و در غیر

این صورت «شیرین» نامیده می‌شود.

۷- تفکیک کننده‌ی آزمایش: دستگاه تفکیک کننده‌ای که برای آزمایش در

سکو استفاده می‌شود.

۸- تفکیک کننده‌ی میانی: دستگاه تفکیک کننده با فشار متوسط (کمتر از فشار

مرحله‌ی اول)

فرم شماره‌ی ۲ - گزارش روزانه

● وضعیت جوی

باد = متغیر، غالباً شمال

موج = آرام - ۳ فوت

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

۱- منظور ارتفاع موج می‌باشد.

● تجهیزات و مواد مصرفی

الف – سکوی نفتی

- ژنراتور شماره ۱ = آماده (Stand by)
- ژنراتور شماره ۲ = روشن (Service)
- کمپرسور هوا شماره ۱ = ۱۲ ساعت کار
- کمپرسور هوا شماره ۲ = ۱۲ ساعت کار
- موجودی گازوییل = ۱۵۵۰ گالن
- موجودی آب = ۲۶۰۰ گالن
- مصرف ضد کف^۱ = ۴ گالن
- موجودی ضد کف = ۵ گالن
- مصرف ضد خوردگی در نفت^۲ = ۱/۵ گالن
- موجودی ضد خوردگی در نفت = ۸ گالن

ب – سکوی نفتی

- توربین شماره ۱ = آماده (Stand by)
- توربین شماره ۲ = روشن (Service)
- آب شیرین کن شماره ۱ = روشن (Service)
- آب شیرین کن شماره ۲ = آماده (Stand by)
- موجودی گازوییل = ۳۴۰۰ گالن
- موجودی آب = ۴۵۰۰ گالن
- مصرف ضد خوردگی در نفت = ۱۵ گالن
- مصرف ضد خوردگی در آب^۲ = ۱۲ گالن
- موجودی ضد خوردگی در نفت = ۴ گالن
- موجودی ضد خوردگی در آب = ۱۲ گالن

-
- ۱- 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.
 - ۲- ضد خوردگی: به دلیل وجود H₂S امکان خوردگی افزایش می‌یابد پس ضد خوردگی تزریق می‌شود.
 - ۳- ضد خوردگی در آب: آب برای دستگاه آب شیرین کن به علت وجود یون‌های مختلف ایجاد خوردگی می‌کند پس ضد خوردگی به آب تزریق می‌شود.

فرم شماره‌ی ۳ - اهم فعالیت‌های روزانه‌ی تعمیراتی کارخانجات نفتی

شرح درخواست کار	برآورد نفر/ روز	تاریخ شروع	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	-	۱۱/۲۶	۱۲	ادامه‌ی کندن کانال و لوله‌گذاری توسط پیمانکار
تعمیر اساسی مولد ۳۰۰ کیلو وات	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 ^۱				

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

فرم شماره ی ۴- گزارش عملیات روزانه ی 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 چاه های باز (حلقه) = ۲۳

تعداد چاه های بسته (حلقه) = ۱۹

سرعت باد (فوت بر ثانیه) = ۴-۵

جهت باد = شمال غربی

موج دریا (فوت) = ۱-۴

۱- دریا: منظور در سکوی نفتی است.

۲- خشکی: منظور کارخانجات در جزیره می باشند.

۳- گاز مصرفی دریا: منظور گاز مورد استفاده جهت ژنراتور و مصارف دیگر می باشد.

۴- گاز به مشعل دریا: گازی که در سکوی نفتی سوزانده می شود.

اندازه‌گیری دما

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱- وسایل اندازه‌گیری دما را بشناسد.

۲- با وسایل اندازه‌گیری دما کار کند.

۲-۱- 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.

۲-۲- مقیاس‌های دما

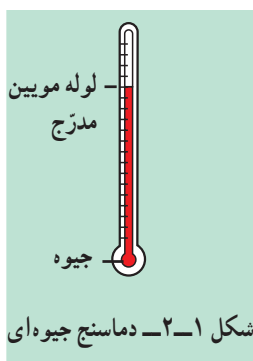
دو مقیاس رایج دما عبارت‌اند از: «سلسیوس» و «فارنهایت». این مقیاس‌ها بر مبنای انتخاب تعداد تقسیمات فاصله‌ی میان نقطه‌ی انجماد و نقطه‌ی جوش آب در فشار استاندارد است. مقیاس درجه‌ی سلسیوس در این فاصله ۱۰۰ قسمت است؛ در حالی که مقیاس درجه‌ی فارنهایت ۱۸۰ قسمت دارد.

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

۲-۳- وسایل اندازه‌گیری دما

۲-۳-۱- 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



می جوشد و تبخیر می شود. از جیوه نمی توان در دماهای پایین تر از نقطه‌ی انجماد آن استفاده کرد. اندازه‌ی لوله‌ی موئین به حباب سنجش دما، مایع و گسترده‌ی مورد نیاز دماسنج بستگی دارد.

فعالیت ۱:

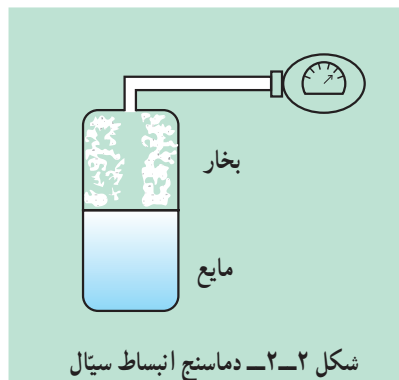
به وسیله‌ی یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک و الکل یک دماسنج مایعی بسازید و آن را درجه بندی کنید.

فعالیت ۲:

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

۲-۳-۲- دماسنج انبساط سیال

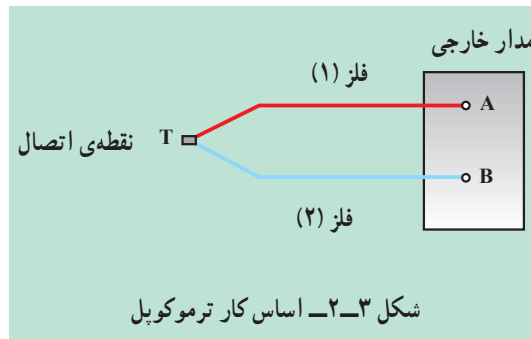
این دماسنج از انواع بسیار باصرفه، تطبیق پذیر و رایج اندازه گیری دما در صنعت است. در این دماسنج حبابی محتوی مایع، گاز یا بخار در محیط قرار داده می شود. این حباب از طریق یک لوله‌ی موئین به نوعی وسیله‌ی اندازه گیری فشار، نظیر فشارسنج بودن متصل است. افزایش دما موجب انبساط مایع یا گاز شده در نتیجه فشار افزایش می یابد؛ از این رو فشار معرف دما به شمار می آید. کل دستگاه (شامل حباب، لوله‌ی موئین و فشارسنج) را می توان به طور مستقیم بر حسب دما درجه بندی کرد. طول لوله‌های موئین در دماسنج‌های انبساط سیال گاهی به ۶۰ متر می رسد.



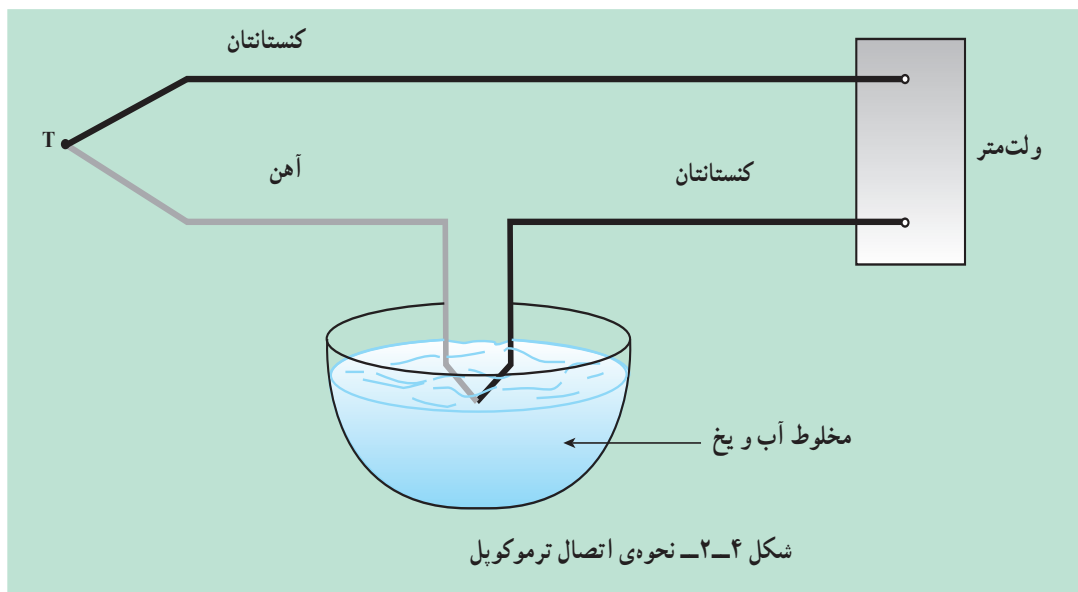
۲-۳-۳- ترموکوپل‌ها

مقدمه: اگر دو فلز مختلف را مطابق شکل ۲-۳ به هم وصل کنیم یک نیروی محرکه‌ی الکتریکی میان دو نقطه‌ی A و B به وجود می آید که تابع دمای نقطه‌ی اتصال است. اگر نیروی محرکه‌ی الکتریکی در نقطه‌ی اتصال دو فلز با دقت اندازه گیری شود، از این مطلب می توان برای اندازه گیری دما استفاده نمود.

در حقیقت، هر تغییری در درجه‌ی حرارت فلزات سبب جنبش الکترون در آنها می‌شود و با افزایش جنبش الکترونی، جریان الکتریسته 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.



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



۴-۳-۲- 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 ۱-۲ نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- انواع متداول ترموکوپل

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

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

جدول ۲-۲- محدوده‌ی دمایی استفاده از ترموکوپل‌ها

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

۵-۳-۲- دماسنج‌های دیجیتالی

امروزه استفاده از دماسنج‌های دیجیتالی مرسوم شده است که به وسیله‌ی «حس‌گر»^۱ 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 ۲-۵ آمده است.

۱- Alamel: نیکل و آلومینیوم

۲- Chromel: کروم - نیکل

۳- Constanta : نیکل و مس

۴- Sensor

۴-۲- آزمایش: ساختن ترموکوپل

وسایل مورد نیاز

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

۲- آمپرمتر.

روش کار

۱- دو سیم مس و کنستانتان را از یک سر به هم جوش دهید.

۲- محل اتصال دو سیم را در دمای مرجع (برای مثال مخلوط آب و یخ) بگذارید و

آمپر نشان داده شده را یادداشت نمایید.

۳- با اندازه گیری چند دما به راحتی می توان آمپرمتر را برحسب درجه ی سلسیوس

درجه بندی نمود.

به شکل ۴-۲ مراجعه نمایید.



شکل ۴-۵- انواع دماسنج های دیجیتالی

خودآزمایی

- ۱- دماسنج انبساط سیال را شرح دهید.
- ۲- ترموکوپل چگونه دما را اندازه‌گیری می‌کند؟
- ۳- چگونه دقت ترموکوپل زیاد می‌شود؟
- ۴- نحوه‌ی اتصال ترموکوپل را با شکل شرح دهید.

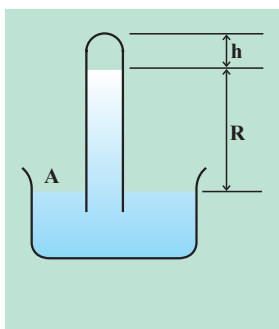
دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- مفهوم فشار را توضیح دهد.
- ۲- وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرد.
- ۳- با وسایل اندازه‌گیری فشار بتواند کار کند.

۱-۳- 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 به قسمت‌های 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 ۱-۳- بارومتر جیوه‌ای

در گازها فواصل مولکول‌ها به حدی 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.

۲-۳- وسایل اندازه‌گیری فشار

۱-۲-۳- دسته اول: دسته‌ای از فشارسنج‌ها، فشار را بر اساس ارتفاع مایع درون‌نشان، نشان می‌دهند مانند: بارومتر، پیزومتر، مانومتر.

الف- بارومتر جیوه‌ای

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

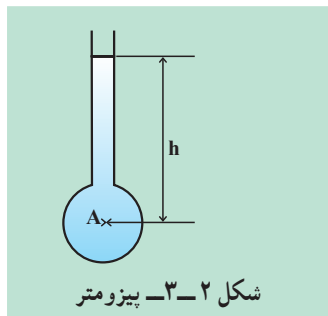
بسیار ساده‌ای دارد، که شامل یک لوله‌ی شیشه‌ای محتوی جیوه است که یک سر آن بسته و سرِ باز آن در ظرفی پر از جیوه غوطه‌ور است.

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 – پیزومتر^۱

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 سیال 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:

$$P_A = \rho \cdot g \cdot h$$



بر این اساس:

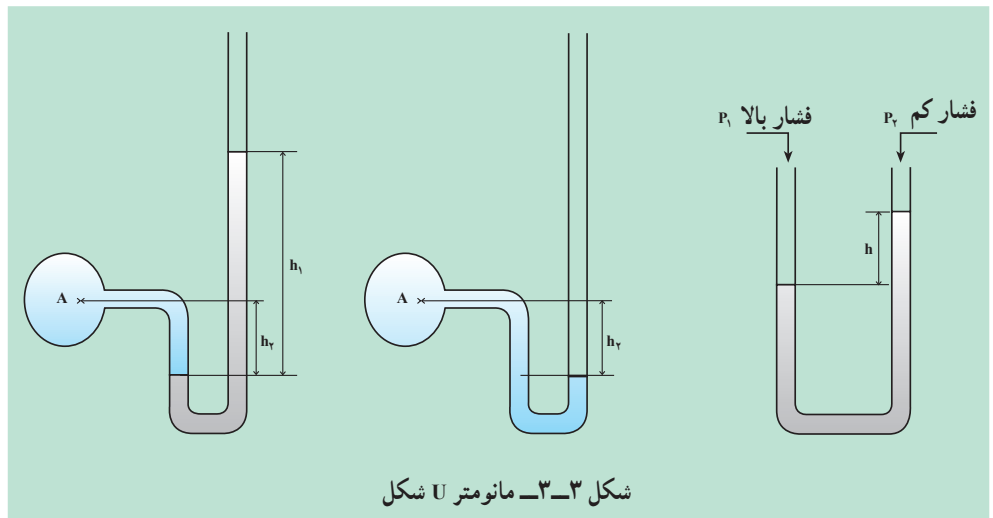
ارتفاع = h ، شتاب جاذبه = g ، چگالی = ρ

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

$$P_A = \gamma \times h$$

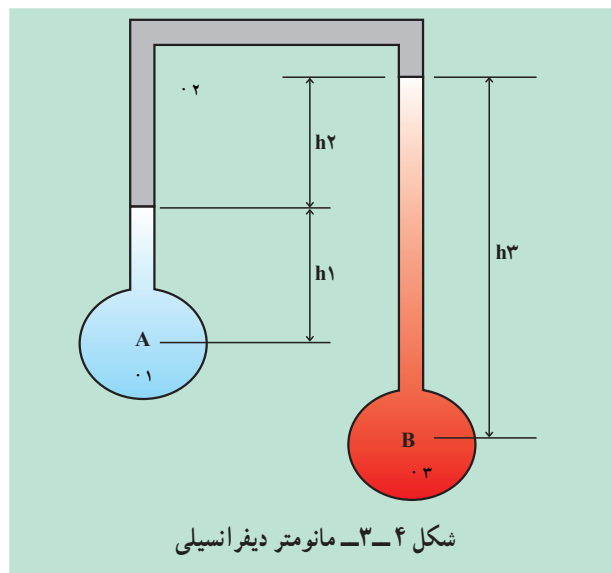
ج – مانومتر U شکل

پیزومترها فشار را در محدوده کوچکی اندازه‌گیری می‌کنند. به همین علت از مانومترهای U شکل برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌شود. این وسیله از یک لوله‌ی U شکل 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.



د- مانومترهای دیفرانسیلی^۱

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 ۳-۴ 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.



روش خواندن و محاسبه‌ی فشار در مانومترها

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

(B) همین روش را پی می‌گیریم؛ برای مثال، برای شکل ۳-۴ معادله‌ی فشار را می‌نویسیم:

$$P_A \cdot h_{1.1} \cdot h_{2.2} \cdot h_{3.3} \cdot P_B$$

$$\cdot P_A \cdot P_B \cdot h_{1.1} \cdot h_{2.2} \cdot h_{3.3}$$

مثال: اختلاف فشار میان نقاط A و B را که در شکل ۳-۵ 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:

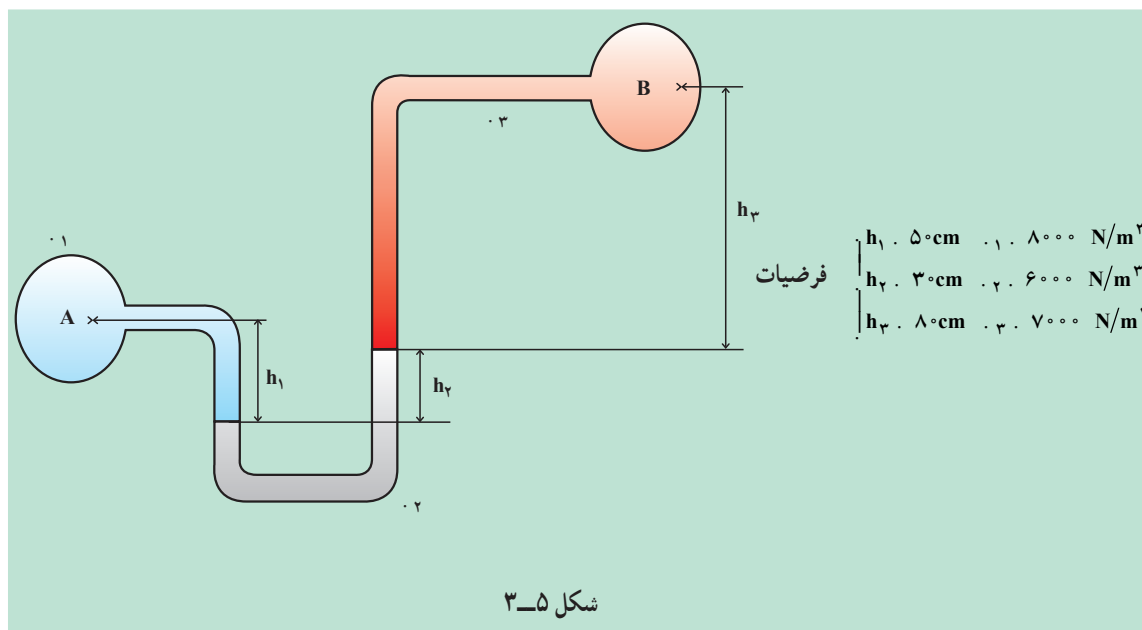
$$P_A \cdot h_{1.1} \cdot h_{2.2} \cdot h_{3.3} \cdot P_B$$

$$\cdot P_A \cdot P_B \cdot h_{3.3} \cdot h_{2.2} \cdot h_{1.1}$$

حال اعداد را جایگذاری می‌کنیم:

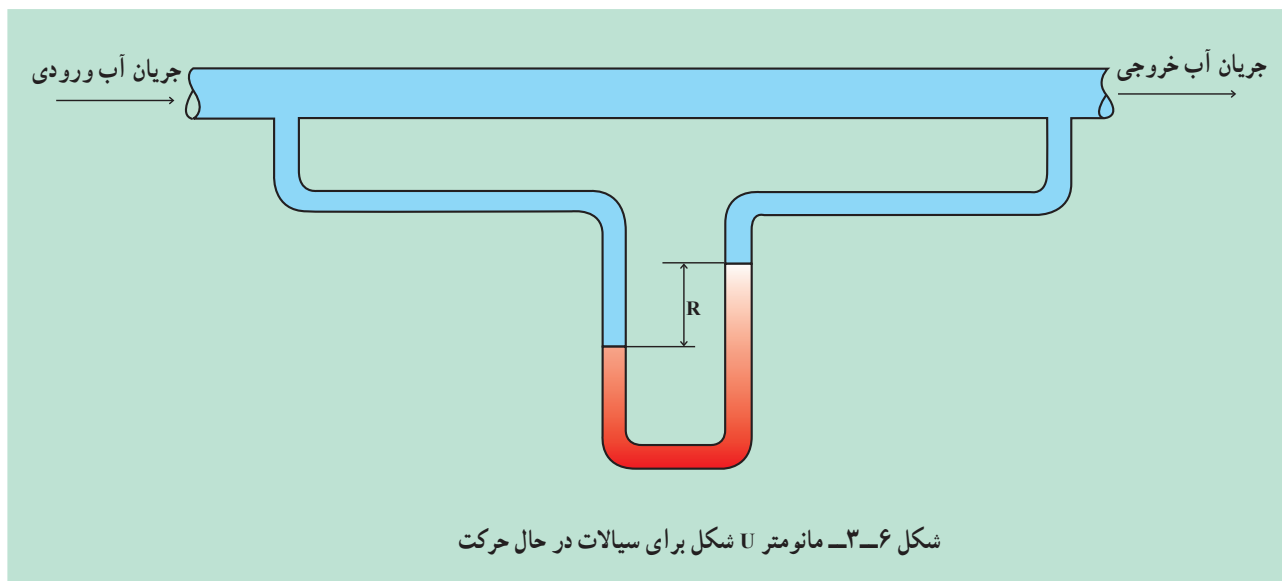
$$\cdot P \cdot (8 \cdot 10^{-1}) (7000) \cdot (3 \cdot 10^{-1}) (6000) \cdot$$

$$(5 \cdot 10^{-1}) (8000) \cdot 3400 \text{ Pa (پاسکال)}$$



فعالیت ۱:

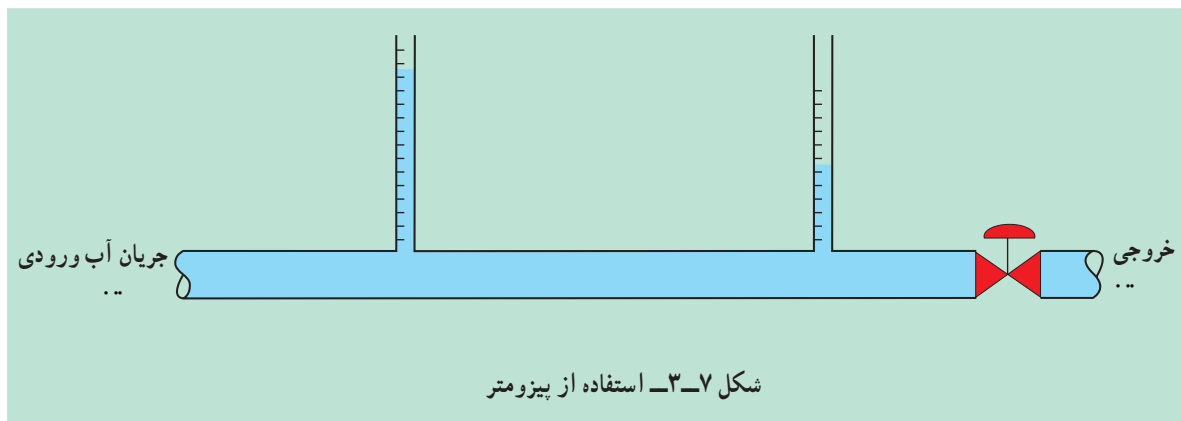
یک مانومتر U شکل بسازید و آن را روی یک خط لوله‌ای که سیال در آن جاری است، قرار دهید (شکل ۳-۶).



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.

فعالیت ۲:

یک جفت لوله‌ی شیشه‌ای با قطر یکسان تهیه کنید و روی یک خط لوله با فاصله از یکدیگر وصل کنید (شکل ۳-۷).



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

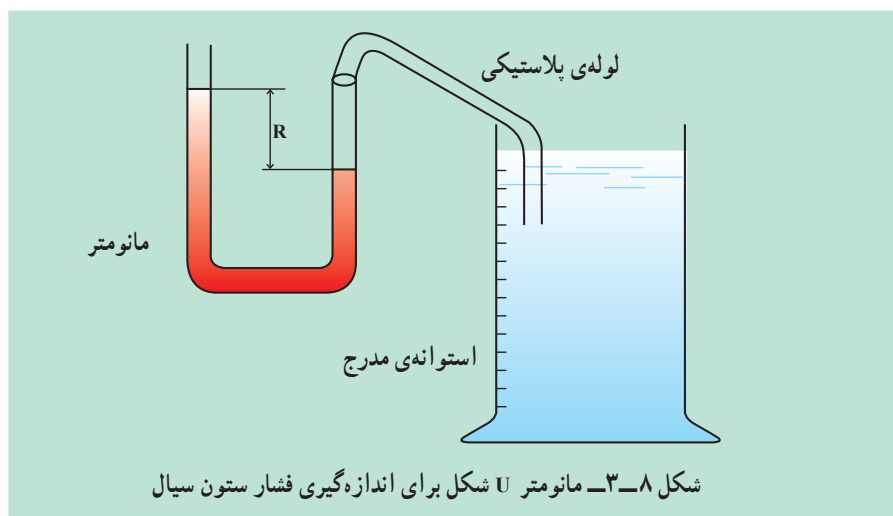
الف - شیر خروجی را باز کنید و در دبی‌های مختلف اختلاف ارتفاع بین سطوح مایع را در پیزومتر بخوانید و منحنی افت فشار را برحسب دبی رسم کنید.
ب - از پیزومترهایی با قطرهای دیگر استفاده و آزمایش را تکرار کنید.

فعالیت ۳:

مطابق شکل ۸-۳ از یک مانومتر U شکل استفاده کنید و فشار ستون سیال را در نقاط مختلف مخزن بدست آورید.

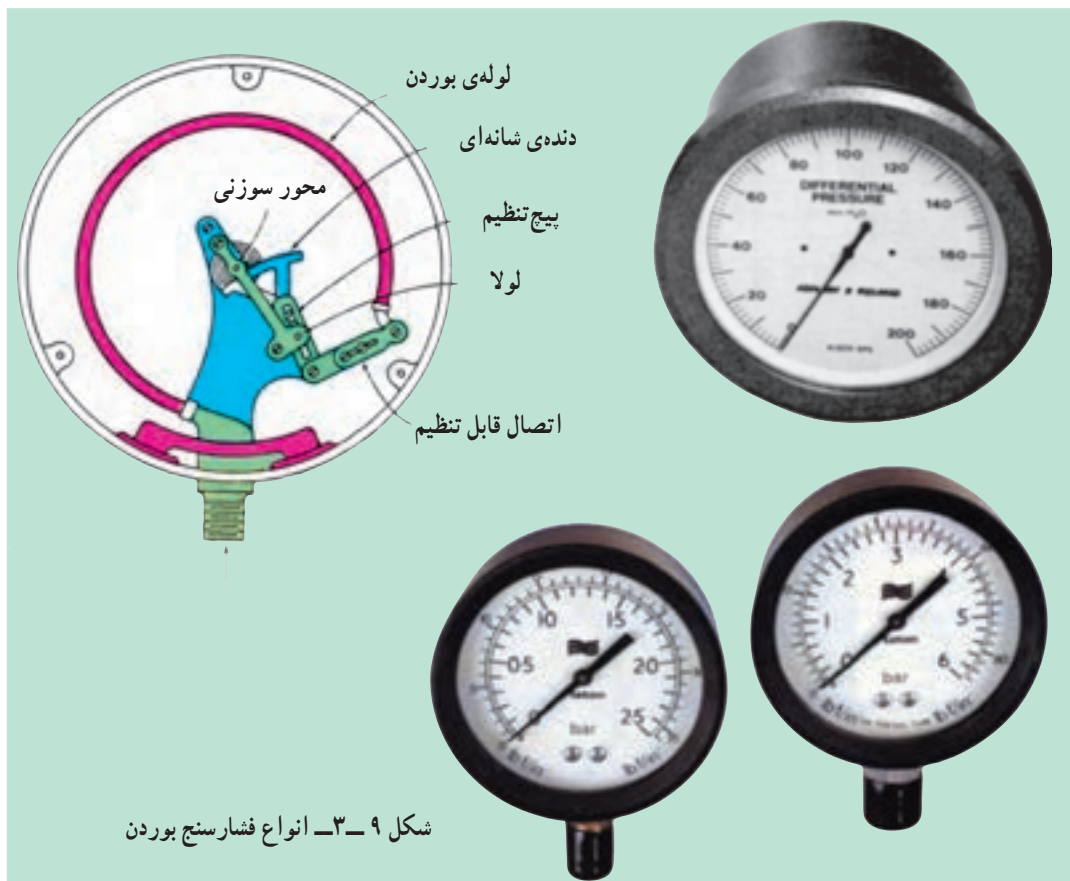
الف - با پایین آوردن لوله‌ی پلاستیکی در استوانه‌ی مدرج تغییرات ارتفاع مانومتر را یادداشت کنید و به وسیله‌ی آن فشار ستون سیال را در ارتفاعات متفاوت از سیال بدست آورید.

ب - همین آزمایش را در حالتی تکرار کنید که استوانه‌ی مدرج به صورت سرریسته باشد و نتایج را با قسمت الف مقایسه کنید.



۲-۲-۳- فشارسنج بوردن

فشارسنج‌های لوله‌ی بوردن هنگامی کاربرد وسیعی دارند که اندازه‌گیری ارزان قیمت فشار نسبی مورد نیاز باشد. این فشارسنج‌ها به صورت تجارتي 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 به چرخش زاویه‌ای عقربه تبدیل می‌کند.



شکل ۹-۳- انواع فشارسنج بوردن

فعالیت ۴:
 یک فشارسنج بوردن را باز کرده و اجزای آن را شناسایی کنید و سپس عملکرد آن را توضیح دهید.

۳-۲-۳- فشارسنج‌های دیجیتالی



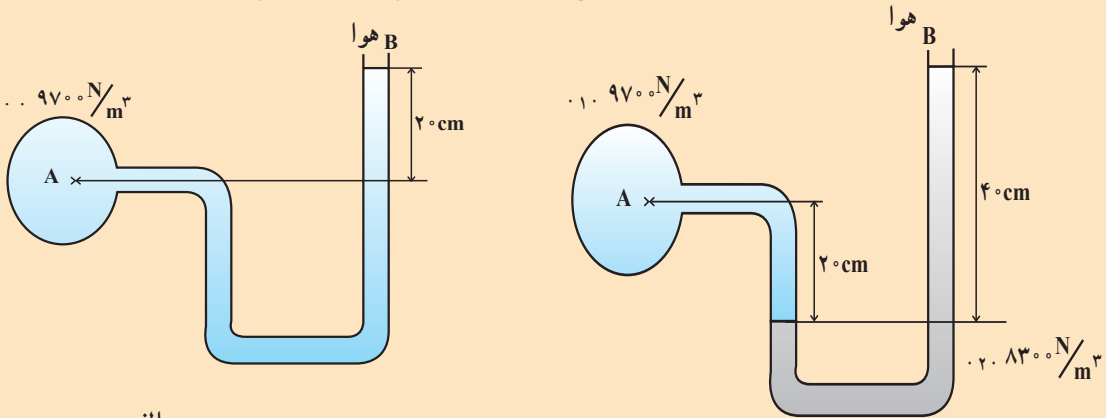
شکل ۱۰-۳- فشارسنج دیجیتالی

از انواع متداول فشارسنج‌هایی که اخیراً کاربردهای فراوانی پیدا کرده‌اند می‌توان به فشارسنج‌های 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 ۵۰ C کاربرد دارد. در شکل ۱۰-۳ یک نمونه از این فشارسنج‌ها را مشاهده می‌کنید.

^۱- Bar

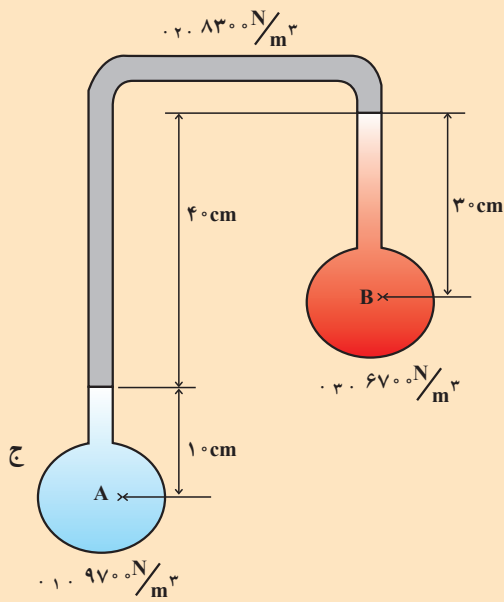
خودآزمایی

- ۱- عامل فشار در گازها و مایعات را معرفی کنید.
- ۲- وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرید.
- ۳- مانومتر U شکل چگونه فشار را محاسبه می‌کند؟
- ۴- چه هنگام از مانومتر دیفرانسیلی استفاده می‌شود؟
- ۵- فشارسنج بوردن را شرح دهید؟
- ۶- اختلاف فشار بین نقاط A و B را برای اشکال زیر محاسبه نمایید.

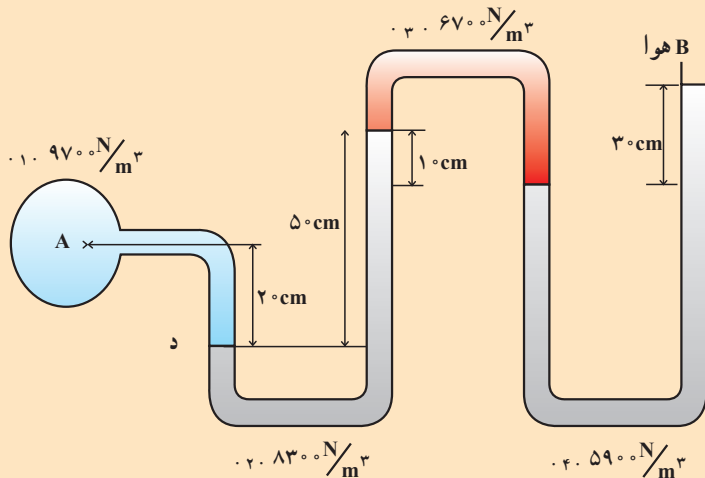


الف

ب



ج



د

دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان سیالات

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- مفهوم شدت جریان سیال را توضیح دهد.
- ۲- وسایل اندازه‌گیری جریان را بشناسد.
- ۳- میزان شدت جریان را در وسایل مختلف محاسبه نماید.
- ۴- مفاهیم جریان آرام و آشفته را توضیح دهد.

۱-۴- مقدمه

شدت جریان (دبی)^۱:

مقداری از سیال که در واحد زمان از یک سطح مقطع عبور کند دبی (شدت جریان) نام دارد. اندازه‌گیری دبی جریان، بسیار حائز اهمیت بوده، کاربرد آن از اندازه‌گیری دبی خون در رگ‌های انسان تا اندازه‌گیری دبی اکسیژن مایع در موشک گسترده است. بسیاری از پروژه‌های تحقیقاتی و فرآیندهای صنعتی برای داده‌های مهم، به اندازه‌گیری دبی جریان وابسته هستند. در انتخاب وسیله‌ی اندازه‌گیری مناسب، عوامل بسیاری از جمله هزینه دخالت دارند. در بسیاری از بهره‌برداریهای صنعتی دقت اندازه‌گیری دبی مستقیماً با سود و زیان در ارتباط است. برای مثال می‌توان از پمپ‌های بنزین موجود در جایگاه فروش بنزین نام برد. نمونه‌ی دیگر کنتور آب منازل است. به سهولت می‌توان دریافت که هر خطای کوچک در اندازه‌گیری جریان گاز طبیعی یا نفت در خط لوله، در یک مدت زمان معین، معادل هزارها دلار است. دبی هم برحسب واحدهای مختلف حجم بیان می‌شود و هم برحسب واحدهای جرم، تعریف می‌شود.

۲-۴- روش‌های اندازه‌گیری شدت جریان (دبی)

۱-۲-۴- روش جابه‌جایی مثبت^۲

دبی یک مایع غیر فرار نظیر آب را می‌توان با روش توزین مستقیم به دست آورد.

۱- Flow rate

۲- Positive Displacement

زمان لازم برای جمع‌آوری مقدار معینی مایع در یک ظرف را اندازه گرفته سپس مایع جمع‌آوری شده را به‌طور دقیق وزن می‌کنند و از آن جا دبی میانگین به سهولت محاسبه می‌شود.

۲-۲-۴ روش انسداد جریان^۱

در این روش با استفاده از وسایلی که در مسیر جریان قرار می‌دهند با ایجاد اختلاف فشار، میزان دبی اندازه‌گیری می‌شود. دستگاه‌هایی که بدین منظور کاربرد دارند، عبارت‌اند از:

۱- ونتوری مترها

۲- اری فیس مترها

۳- شیپوره‌ها (نازل‌ها)

الف - ونتوری متر^۲:

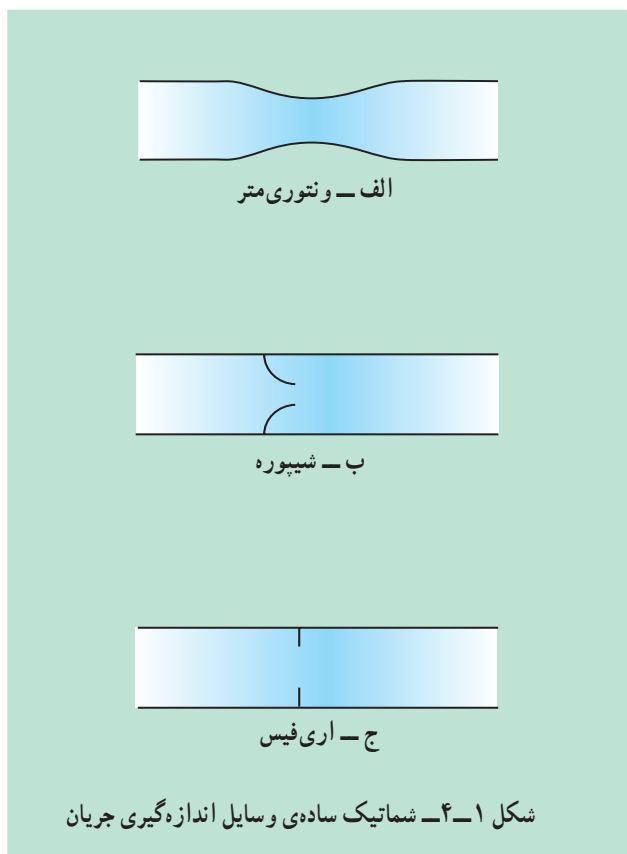
ونتوری متر برای اندازه‌گیری دبی در لوله‌ها به کار برده می‌شود. این وسیله متشکل

از این بخش‌هاست:

۱- بخش بالادست جریان که قطر آن برابر قطر لوله است.

۲- یک قسمت مخروطی همگرا.

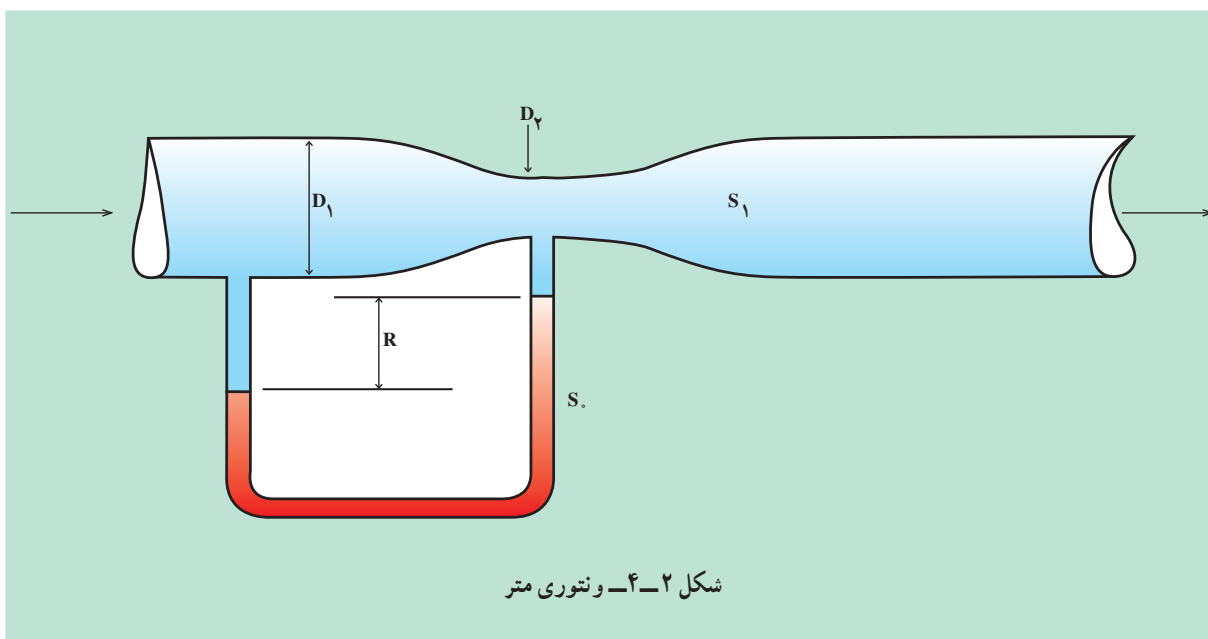
۳- یک گلوگاه استوانه‌ای.



۴- یک قسمت مخروطی با واگرایی تدریجی که نهایتاً اندازه‌ی آن برابر قطر لوله می‌شود.

۵- بخش پایین دست جریان که قطر آن برابر قطر لوله است.

۶- یک مانومتر دیفرانسیلی که یک سر آن به بخش بالا دست و یک سر آن به گلوگاه متصل است. اندازه‌ی ونتوری متر با قطر لوله و گلوگاه آن مشخص می‌شود؛ برای مثال، ونتوری متر ۶ در ۴ سانتی‌متر، یعنی قطر لوله ۶ سانتی‌متر و قطر گلوگاه ونتوری متر ۴ سانتی‌متر است. برای به دست آوردن نتیجه‌ی دقیق، باید طول ونتوری متر حداقل ده برابر قطر لوله باشد. در شکل ۲-۴ یک ونتوری متر را مشاهده می‌کنید.



مطالعه‌ی آزاد

— اندازه‌گیری جریان به وسیله‌ی ونتوری متر:

با استفاده از این فرمول، میزان دبی به وسیله‌ی ونتوری متر به دست می‌آید:

$$Q = C \cdot A_2 \sqrt{\frac{2gR \cdot (S_2 / S_1) \cdot 1}{1 \cdot (D_2 / D_1)^4}} \quad (1)$$

در این معادله هر پارامتر چنین تعریف می‌شود:

$$Q = \text{دبی، شدت جریان، } m^3/s$$

$$C = \text{ضریب انقباض ونتوری متر}$$

$$R = \text{اختلاف سطح هیدرولیکی (m)}$$

$$S_2 = \text{چگالی نسبی مایع درون مانومتر}$$

$$S_1 = \text{چگالی نسبی سیال درون لوله}$$

$$A_2 = \text{سطح مقطع گلوگاه، } m^2$$

$$D_2 = \text{قطر گلوگاه، } m$$

$$D_1 = \text{قطر لوله، } m$$

* C: مایع در برخورد با گلوگاه ونتوری منقبض می‌شود؛ به همین منظور بسته به جنس و نوع گلوگاه این

ضریب تعریف می‌شود.

** R: اختلاف بین سطح مایع در مانومتر را گویند.

ب - اندازه‌گیری جریان به وسیله‌ی نازل^۱:

نازل جریان - مطابق شکل ۳-۴ - جهت اندازه‌گیری دبی استفاده می‌شود. درون نازل‌ها هیچ گونه انقباض، جز در دهانه‌ی نازل، وجود ندارد. برای یک لوله‌ی افقی چنانچه یک نازل جریان در مسیر جریان قرار گرفته باشد، دبی براساس این رابطه به دست می‌آید:

مطالعه‌ی آزاد

$$Q = C A_v \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}} \quad (2)$$

در این رابطه، پارامترها عبارت‌اند از:

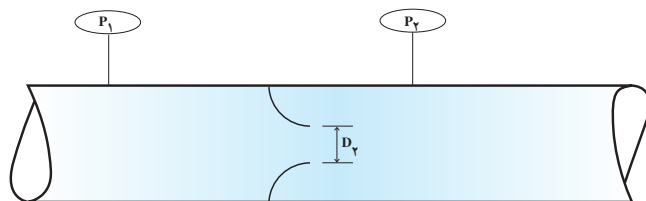
$$Q = \text{دبی جریان, } m^3/s$$

$$C = \text{ضریب انقباض نازل}$$

$$A_v = \text{سطح مقطع نازل, } m^2$$

$$P = \text{اختلاف فشار دو سر نازل, Pa}$$

$$\rho = \text{چگالی سیال, } kg/m^3$$



شکل ۳-۴ - نازل جریان

* C: در برخورد با دهانه‌ی نازل انقباض سیال صورت می‌پذیرد.

ج - اندازه‌گیری جریان به وسیله‌ی اری فیس متر^۲:

اری فیس‌ها صفحات مدورّی هستند که روی آن‌ها سوراخی تعبیه شده است. همانند نازل‌ها این سوراخ به صورت گلوگاه است که سبب اختلاف فشار دوسر آن خواهد شد. در شکل ۴-۴ یک اری فیس متر نشان داده شده است. جنس اری فیس از فولاد زنگ نزن^۳ است.

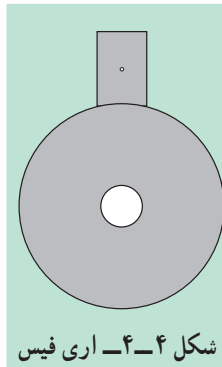
۱- Nozzle

۲- Orificemeter

۳- Stainless Steel (316)

صفحه‌های اری فیس را میان دو فلنج مخصوص اری فیس‌ها و بین دو لایه‌ی غیرفلزی^۱ قرار می‌دهند؛ به گونه‌ای که سوراخ آن کاملاً در مرکز مقطع لوله‌ی اصلی قرار گیرد و به وسیله‌ی پیچ و مهره فلنج‌ها را محکم می‌بندند. در دو طرف اری فیس و در محل برجستگی فلنج‌ها، سوراخ‌هایی تعبیه و به مانومتر متصل می‌شود تا اختلاف فشار هیدرولیکی خوانده شود.

برای محاسبه‌ی دبی از این فرمول استفاده شود:



مطالعه‌ی آزاد

$$Q = C A \sqrt{2gR \left(\frac{S_0}{S} \cdot 1 \right)} \quad (3)$$

بر این اساس:

$Q =$ دبی، شدت جریان سیال، m^3/s .

$C =$ ضریب تخلیه‌ی اری فیس

$R =$ اختلاف سطح هیدرولیکی

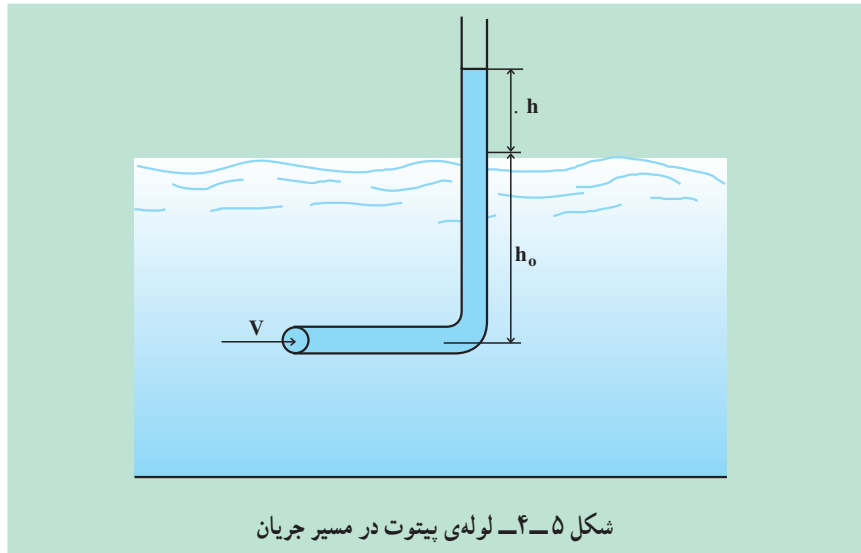
$S_0 =$ چگالی نسبی مایع مانومتر

$S_1 =$ چگالی نسبی سیال لوله

$A =$ سطح مقطع سوراخ اری فیس، m^2 .

۳-۲-۴ اندازه‌گیری دبی به وسیله لوله پیتوت

استفاده از لوله پیتوت یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری سرعت می‌باشد. در شکل ۴-۵ یک لوله شیشه‌ای که با زاویه ۹۰° خم شده و برای اندازه‌گیری سرعت در یک کانال باز به کار برده شده است، نشان داده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود دهانه‌ی لوله در مسیر جریان قرار گرفته است.



توسط معادله‌ی ۵ می‌توان سرعت متوسط در لوله پیتوت را محاسبه کرد.

$$V = \sqrt{2g \cdot h} \quad (5)$$

که در رابطه‌ی فوق

$g =$ شدت جاذبه، m/s^2

$h =$ اختلاف ارتفاع، m

$V =$ سرعت جریان، m/s

با داشتن سطح مقطع کانال و محاسبه‌ی سرعت می‌توان دبی را از طریق معادله‌ی (۶)

بدست آورد.

$$Q = V \times A \quad (6)$$

که در معادله‌ی فوق،

$Q =$ دبی، m^3/s

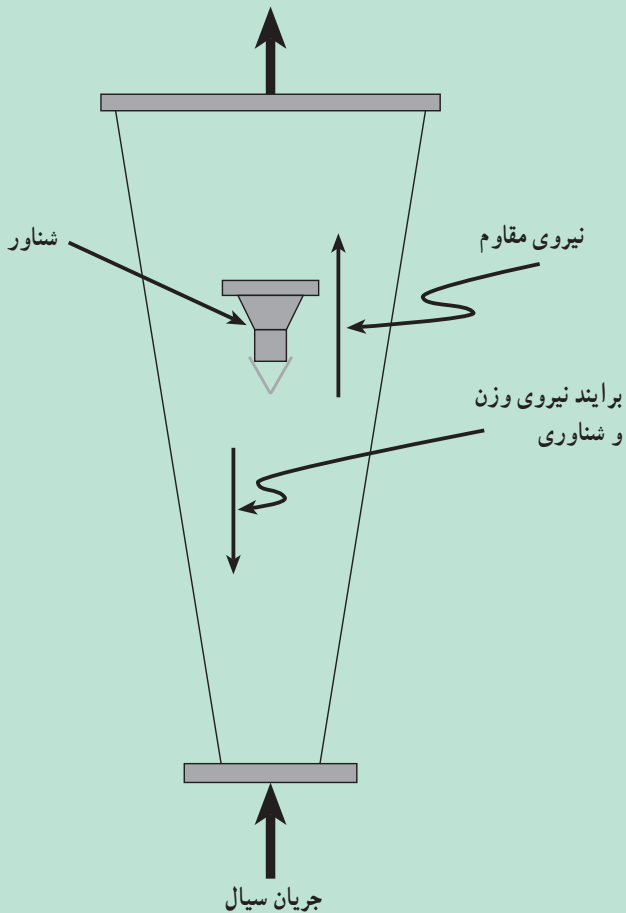
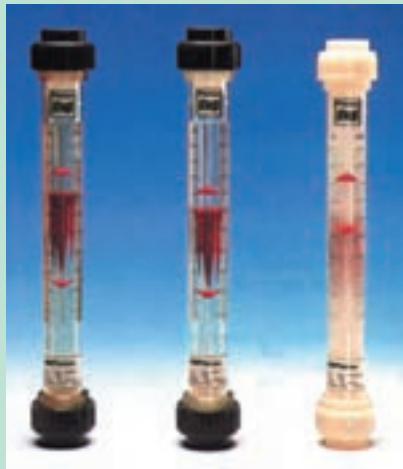
$V =$ سرعت، m/s

$A =$ سطح کانال، m^2

۴-۲-۴ اندازه‌گیری دبی به وسیله‌ی اثرات نیروی مقاوم

الف - روتامتر:

ساده‌ترین وسیله در این روش روتامتر است. روتامتر به صورت عمودی در مسیر جریان قرار می‌گیرد. جریان سیال از پایین وارد لوله‌ی مخروطی قائم شده باعث می‌شود شناور به طرف بالا حرکت کند. شناور تا نقطه‌ای بالا می‌رود که نیروهای مقاوم با نیروهای وزن و شناوری موازنه گردد. در این صورت، مکان شناور، معرف دبی (جریان) است. این وسیله گاهی «شمارشگر سطحی» نامیده می‌شود، زیرا ارتفاع شناور به سطح حلقوی میان شناور و لوله‌ی مخروطی بستگی دارد. در شکل ۴-۶ روتامترها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۶ الف - شماتیک روتامتر

شکل ۴-۶ ب - روتامتر با ظرفیت‌های مختلف

ب - اندازه‌گیری شدت جریان (دبی) به وسیله‌ی روتامتر:
معمولاً تمامی روتامترها مدرج شده و قبلاً به وسیله‌ی دستگاه‌هایی در آزمایشگاه‌های صنعتی کالیبره شده‌اند. بدین منظور، بسته به نوع و محل استفاده، درجه‌بندی‌های مختلفی شده‌اند؛ برای مثال، به صورت لیتر بر دقیقه یا گالن بر دقیقه برای مایعات، و فوت مکعب یا مترمکعب در ساعت برای گازها درجه‌بندی شده‌اند.

۳-۴- مقایسه‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان (ونتوری متر و اری فیس متر)

۱-۳-۴- ونتوری متر

الف - سطح داخلی لوله‌ی ونتوری صاف و صیقلی و از فلز مقاوم ساخته می‌شود.
ب - ساخت و تعمیرات و نگهداری این وسیله وقت گیر و هزینه‌بردار است.

۲-۳-۴- اری فیس متر

الف - تهیه، بازدید و نصب و تغییرات در نوع اری فیس آسان و کم هزینه است.
ب - اری فیس افت فشار دایم بیش‌تری نسبت به ونتوری متر دارد.
ج - بر اثر اصطکاک و برخورد با مواد سنگین و خورنده، لبه‌های روزنه اری فیس کننده شده از این رو محاسبات اولیه را با خطا همراه می‌سازد.

۴-۴- آزمایش: محاسبه‌ی میزان دبی و نوع جریان

اهداف

- ۱- اندازه‌گیری شدت جریان به روش مستقیم؛
 - ۲- اندازه‌گیری شدت جریان و اثرات افت فشار؛
 - ۳- مفهوم ضریب اصطکاک^۱؛
 - ۴- مفهوم جریان آرام^۲ و آشفته^۳.
اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه (شکل ۸ - ۴) عبارت‌اند از:
 - ۱- تانک ذخیره‌ی آب.
 - ۲- شیر فلکه‌ای، دو عدد.
 - ۳- لوله‌ی مسی به قطر ۴/۵ میلی‌متر (لوله‌ی آلومینیومی هم توصیه می‌شود).
 - ۴- یک استوانه‌ی مدرج.
 - ۵- دو لوله‌ی موین به صورت پیزومتری.
- تئوری انجام آزمایش:
سیالات با سرعت‌های کم معمولاً در محدوده‌ی جریان آرام هستند. برای درک جریان آرام یک اصطلاح را تعریف می‌کنیم.

۱- Friction Factor

۲- Laminar flow

۳- Turbulent flow

عدد رینولدز^۱:

این عدد تابع خصوصیات فیزیکی سیال است و نسبت مستقیم با سرعت و سطح مقطع لوله‌ای دارد که سیال در آن جاری است. عدد حاضر بر اساس این رابطه محاسبه می‌شود:

$$\text{عدد رینولدز} = \frac{\text{(قطر) (سرعت) (چگالی)}}{\text{(ویسکوزیته)}}$$

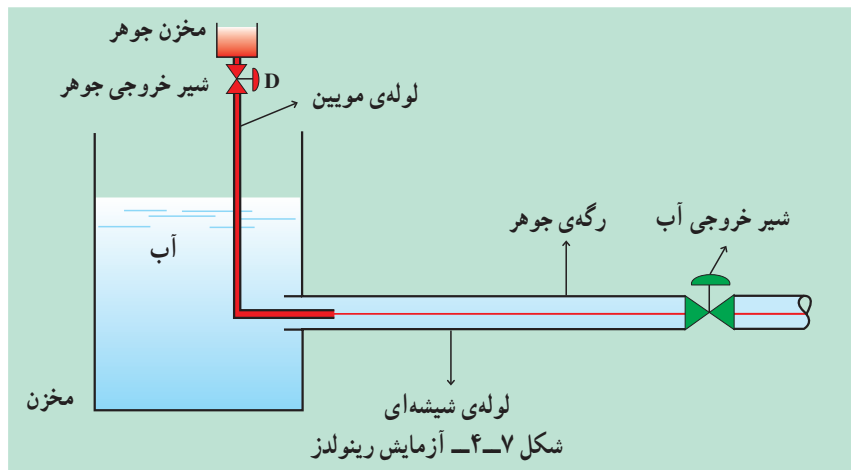
$$\text{Re No.} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

جریان آرام: هرگاه عدد رینولدز از رقم ۲۰۰۰ کم‌تر باشد، جریان را «آرام» می‌نامیم.
جریان آشفته: سیالات با عدد رینولدز بیش از ۴۰۰۰ را «جریان آشفته» می‌گویند.
جریان گذرا^۲: محدوده‌ی بین رینولدز ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ را «جریان گذرا» می‌نامند که حالت ناپایدار دارد و با کوچک‌ترین تحریکی به سمت جریان آشفته گرایش پیدا می‌کند.

فعالیت: تحقیق جریان آرام و آشفته

وسایل موردنیاز برای انجام این تحقیق مطابق شکل ۴-۷ عبارت‌اند از:

- ۱- مخزن شیشه‌ای
- ۲- لوله‌ی موئین و مخزن جوهر
- ۳- لوله‌ی شیشه‌ای خروجی از مخزن
- ۴- شیرهای قطع و وصل جریان



۱- Reynolds Number

۲- Transition Flow

روش انجام تحقیق

- ۱- مخزن را از آب پر کنید.
 - ۲- جوهر را درون مخزن بریزید.
 - ۳- شیر خروجی آب را کمی باز کنید.
 - ۴- شیر خروجی جوهر را باز کنید.
 - ۵- نوع جریان را درون لوله مشاهده نمایید.
 - ۶- این آزمایش را در دبی‌های مختلف انجام دهید.
 - ۷- مشاهدات خود را شرح دهید.
 - ۸- به‌ازای دبی‌های مختلف عدد رینولدز را محاسبه کنید.
- تغییرات رژیم جریان بر اثر افزایش عدد رینولدز در این آزمایش به‌خوبی قابل مشاهده است. در حقیقت محدوده‌ی جریان‌های آرام و آشفته به‌وسیله‌ی این آزمایش مشخص خواهد شد.
- در این آزمایش، که در دمای محیط انجام می‌پذیرد از مقادیر زیر برای انجام محاسبات استفاده نمایید:

ویسکوزیته‌ی آب: 1.0×10^{-4} (Pa.s) $8/94$

دانسیته‌ی آب: $997/1$ (kg/m^3)

۴-۵- آزمایش: محاسبه‌ی ضریب اصطکاک در جریان آرام

معمولاً برای جریان‌ات آرام از این رابطه استفاده می‌شود:

$$\text{عدد رینولدز} = \frac{64}{\text{ضریب اصطکاک}}$$

$$f = \frac{64}{\text{Re No}}$$

مراحل آزمایش (شکل ۸-۴):

- ۱- ابتدا شیرهای V_1 و V_2 را ببندید و تانک را از آب پر کنید.
- ۲- شیر V_1 را باز کرده V_2 را هم چنان بسته نگاه دارید.
- ۳- شیر V_2 را به آرامی باز کنید (پس از گذشت چند ثانیه جریان به‌صورت پایدار^۱ در خواهد آمد).

۴- استوانه‌ی مدرّج را زیر لوله‌ی خروجی قرار دهید و مدت زمان لازم برای پر شدن ۵۰ cc را اندازه‌گیری نمایید.

۵- با داشتن دبی از مرحله‌ی «۴» و محاسبه‌ی عدد رینولدز، ضریب اصطکاک را بیابید.

۶- مراحل ۳ الی ۵ را در دبی‌های مختلف تکرار کنید.

۷- جدول ۴-۱ را تکمیل نموده ضریب اصطکاک را بیابید.

۶-۴- محاسبه‌ی تغییرات ویسکوزیته‌ی سیال بر اثر تغییرات دما تئوری آزمایش

در محدوده‌ی جریان آرام ($Re < 2000$) بر اساس رابطه‌ی زیر می‌توان اثر دما را بر ویسکوزیته‌ی سیال پیدا کرد. از این رابطه می‌توان ویسکوزیته‌ی سیال را در محدوده‌ی جریان آرام پیدا کرد.

$$\mu = \frac{(\text{قطر لوله})^4 (\text{عدد پی}) (\text{اختلاف فشار})}{(\text{طول لوله}) (\text{دبی}) (128)}$$

$$\mu = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot D^4}{128 \cdot Q \cdot L}$$

(با اندازه‌گیری اختلاف فشار در دبی‌های مختلف از طریق پیزومتر و در حالت سرعت ثابت در دماهای مختلف ویسکوزیته پیدا خواهد شد.)

مراحل آزمایش (شکل ۸-۴):

۱- شیرهای V_1 و V_2 را بسته نگاه دارید و تانک ذخیره را پر کنید.

۲- شیر V_1 را باز کرده V_2 را هم چنان بسته نگاه دارید.

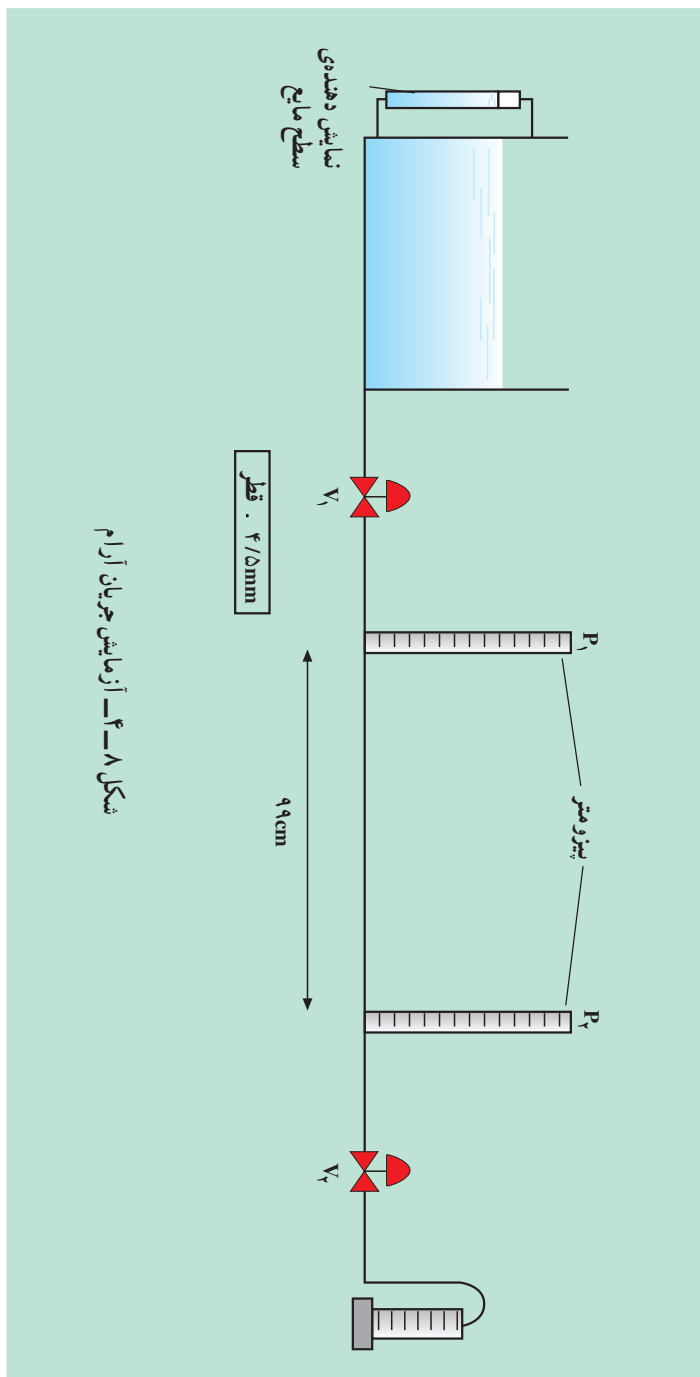
۳- به وسیله‌ی یک المنت برقی مجهز به ترموستات آب را تا 40° درجه‌ی سلسیوس گرم کنید.

۴- شیر V_2 را باز کنید تا جریان آرام برقرار شود.

۵- زمان لازم برای پر شدن ۵۰ cc از استوانه‌ی مدرّج را اندازه‌گیری کنید.

۶- مراحل «۳» الی «۵» را برای دماهای $45^\circ C$ ، $50^\circ C$ ، $55^\circ C$ و $60^\circ C$ تکرار نمایید.

۷- جدول ۴-۲ را تکمیل کنید در دماهای مختلف ویسکوزیته‌ی سیال را پیدا نمایید.



شکل ۸-۴- آزمایش جریان آرام

جدول ۱-۴

زمان (ثانیه)	حجم پر شده (سی سی)	دبی	ضریب اصطکاک

جدول ۲-۴

	۴۰ C	۴۵ C	۵۰ C	۵۵ C	۶۰ C
زمان (ثانیه)					
حجم پر شده (سی سی)					
اختلاف ارتفاع (cm)					
ویسکوزیته					

نکته: این جدول را برای دبی‌های مختلف تهیه کنید و تأثیر دما را بر روی ویسکوزیته در دبی‌های مختلف محاسبه نمایید.

۴-۷- آزمایش: اندازه‌گیری جریان سیالات به وسیله‌ی اری فیس و ونتوری

این دستگاه (شکل ۴-۹) متشکل است از:

۱- تانک ذخیره‌ی آب

۲- پمپ گریز از مرکز

۳- اری فیس متر

۴- ونتوری متر

۵- مانومتر جیوه‌ای

مراحل آزمایش:

۱- با اجازه‌ی مربی دستگاه را روشن کنید.

۲- شیر ۱A و M. ۱B را باز کنید.

۳- شیر ۲A و M. ۲B را باز کنید.

۴- اختلاف فشار را از طریق مانومتر بخوانید.

۵- دبی را تغییر داده دوباره اختلاف فشار را بخوانید.

۶- جدول ۳-۴ را پر کنید و ضریب تخلیه‌ی اری فیس را پیدا کنید.

روابط:

$$\text{دبی} = (\text{سطح مقطع اری فیس}) (\text{ضریب تخلیه}) \sqrt{\frac{\text{اختلاف فشار}}{\text{چگالی}}}$$

$$= C \cdot A_o \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}}$$

ضریب تخلیه $C =$

بنابراین:

$$A_o = \frac{D^2}{4}$$

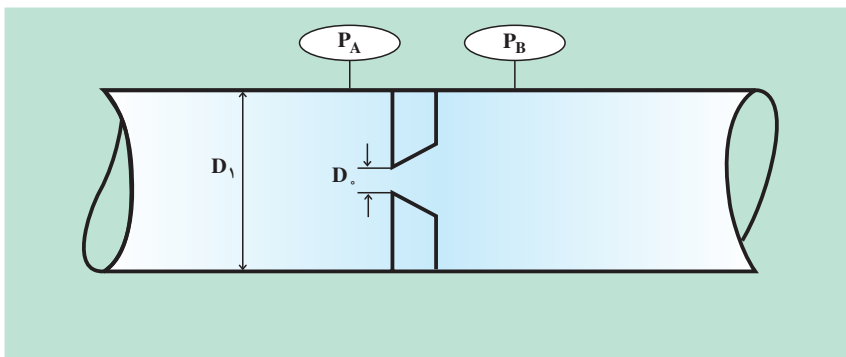
سطح مقطع اری فیس

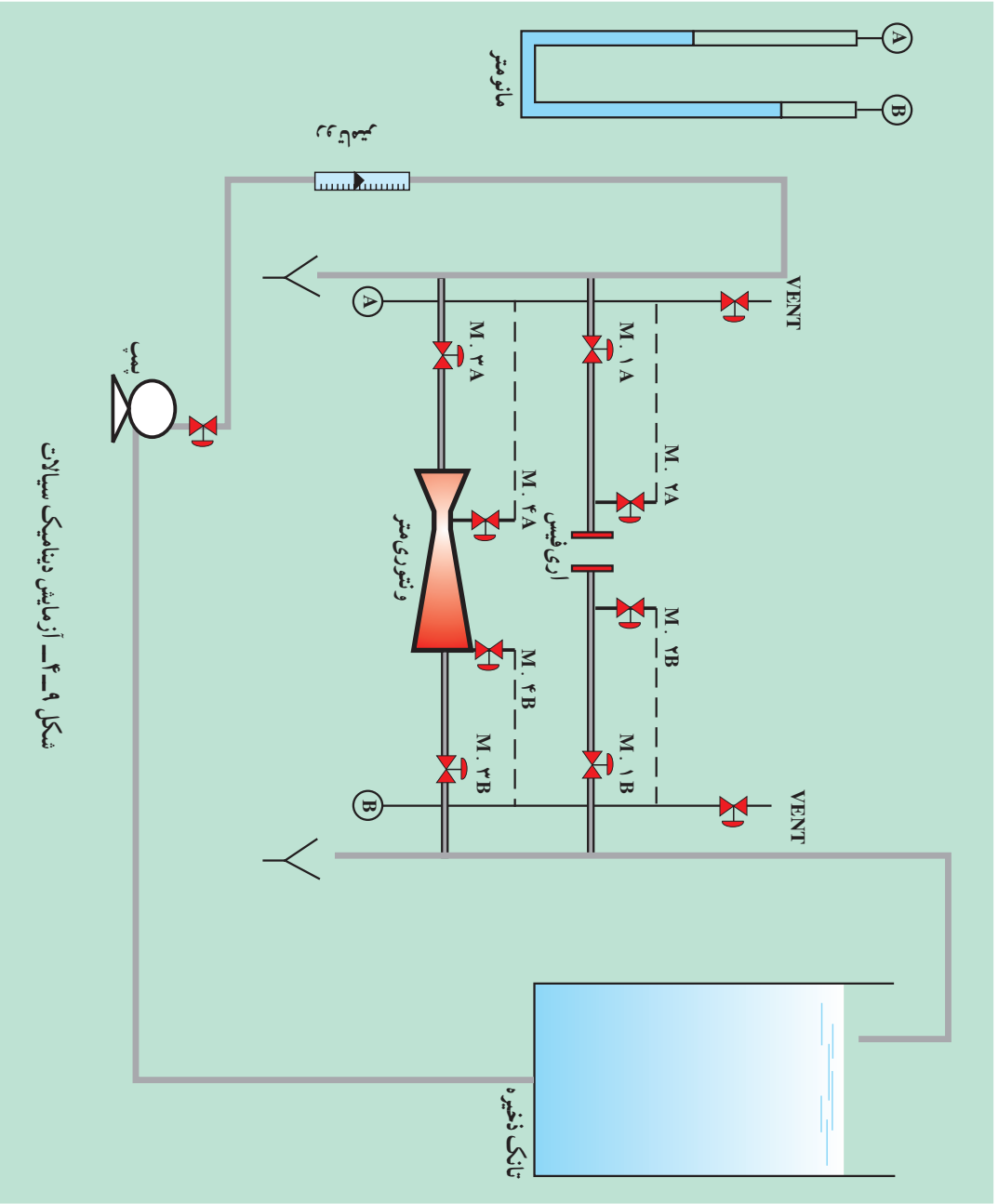
$$P = P_A - P_B$$

اختلاف فشار

$$\rho =$$

چگالی آب





شکل ۹-۴_ آزمایش دینامیک سیالات

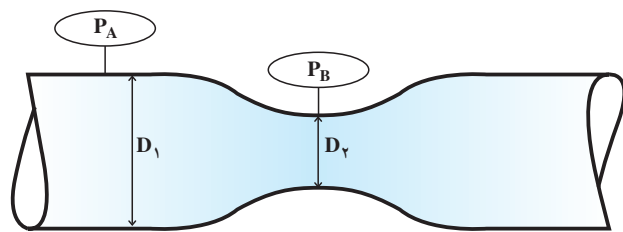
جدول ۳-۴

Q	P_1	P_2	. P	C ضریب تخلیه اری فیس

آزمایش ونتوری

- ۱- شیر ۳A و M. ۳B را باز کنید.
 - ۲- شیر ۴A و M. ۴B را باز کنید.
 - ۳- اختلاف فشار را از طریق مانومتر بخوانید.
 - ۴- دبی را تغییر داده دوباره اختلاف فشار را بخوانید.
 - ۵- جدول ۴-۴ را پر کرده ضریب تخلیه‌ی ونتوری را پیدا کنید.
- روابط:

<p>(سطح مقطع ونتوری) (ضریب تخلیه) = دبی</p>	<p>اختلاف فشار</p>
	<p>شدت جاذبه (۲)</p>
	<p>شدت جاذبه چگالی</p>
	<p>۴</p>
	<p>قطر ونتوری</p>
	<p>۱۰</p>
	<p>قطر لوله</p>

$$Q = C_d A_2 \sqrt{\frac{2g(\frac{P}{\rho})}{1 - (\frac{D_2}{D_1})^4}}$$


جدول ۴-۴

Q	P_1	P_2	. P	ضریب مانومتر ^C

خود آزمایی

- ۱- دبی یا شدت جریان را تعریف کنید.
- ۲- روش‌های اندازه‌گیری دبی را نام ببرید.
- ۳- ساختمان یک ونتوری متر از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟
- ۴- روتامتر را شرح دهید.
- ۵- مزایا و معایب ونتوری متر و اری فیس را نام ببرید.
- ۶- فرق جریان آرام و آشفته را توضیح دهید.

پمپ‌ها و کمپرسورها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- ساختمان و عملکرد پمپ گریز از مرکز را توضیح دهد.
- ۲- توان الکتریکی پمپ را محاسبه نماید.
- ۳- توان فرآیندی پمپ را محاسبه کند.
- ۴- راندمان پمپ را محاسبه نماید.
- ۵- منحنی شدت جریان سیال و هد^۱ پمپ را رسم کند.
- ۶- با کمپرسورهای گریز از مرکز آشنا شود (آموزش با فیلم).

۱-۵- مقدمه

۱-۱-۵- پمپ

به‌طور کلی پمپ‌ها دستگاه‌هایی هستند که انرژی مکانیکی را از موتور گرفته آن را به مایع منتقل می‌سازند؛ بدین ترتیب؛ مایع در خروجی از پمپ حاوی انرژی ای خواهد بود که به هر حال میزان آن از انرژی داده شده به موتور کم‌تر است، زیرا بخشی از انرژی صرف اصطکاک و افت می‌شود. از پمپ‌های متداول در صنایع، پمپ گریز از مرکز^۲ است.

۲-۱-۵- پمپ گریز از مرکز

این پمپ از یک پروانه^۳ (چرخ پره‌دار) تشکیل شده که محور دوران موتور به آن متصل است و آن را می‌چرخاند. در شکل ۱-۵ انواع پروانه‌های استفاده شده در پمپ گریز از مرکز نشان داده شده است.

در این پمپ، مایع از سوراخ مرکزی چرخ دوار وارد شده همراه با آن دوران می‌کند و در نتیجه نیروی گریز از مرکز در امتداد پره‌های چرخ به قسمت خارجی رانده می‌شود. در این قسمت، مایع انرژی جنبشی نسبتاً زیادی پیدا می‌کند.

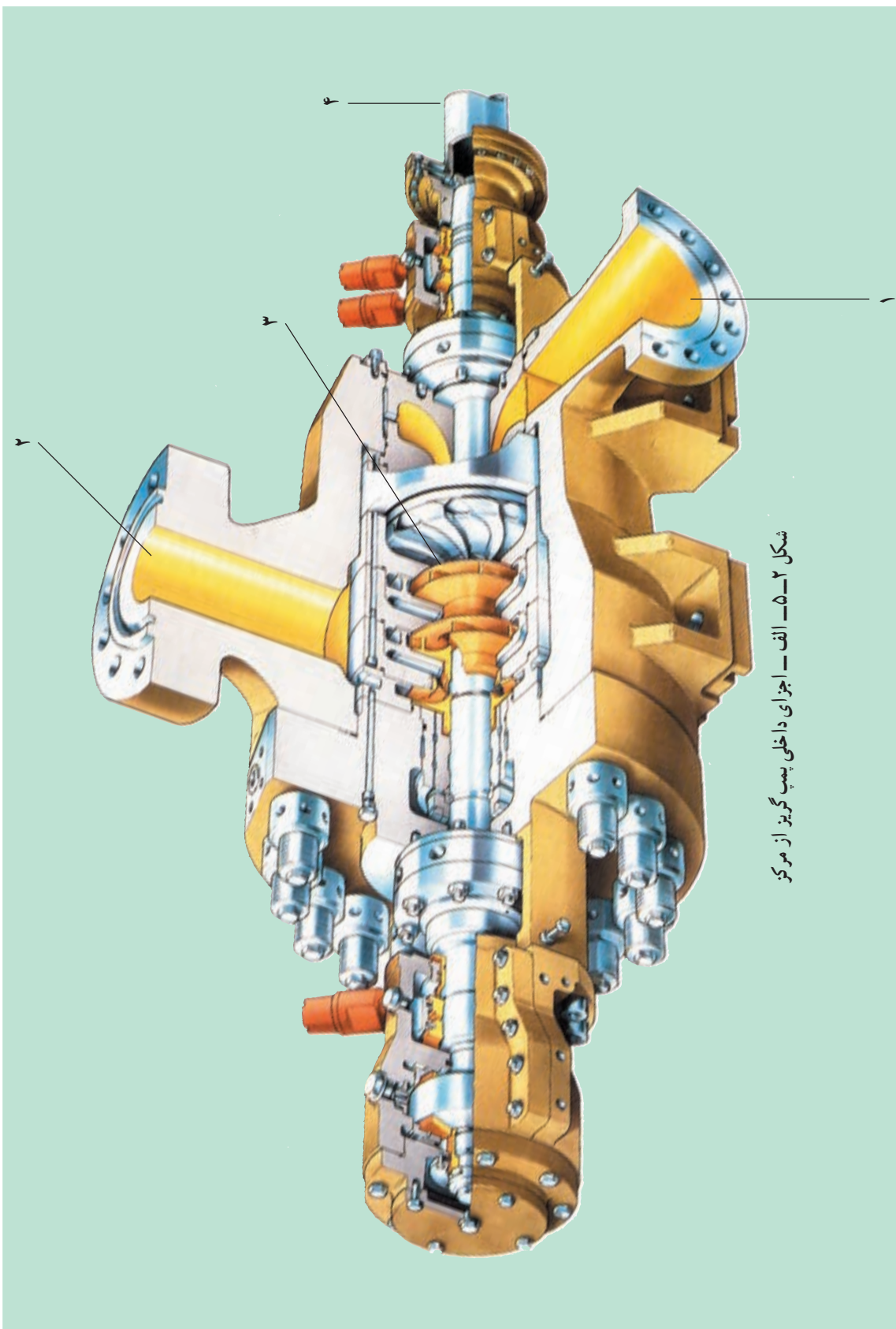
۱- در اینجا منظور ارتفاع آبدی است: Pump Head

۲- Centrifugal pump

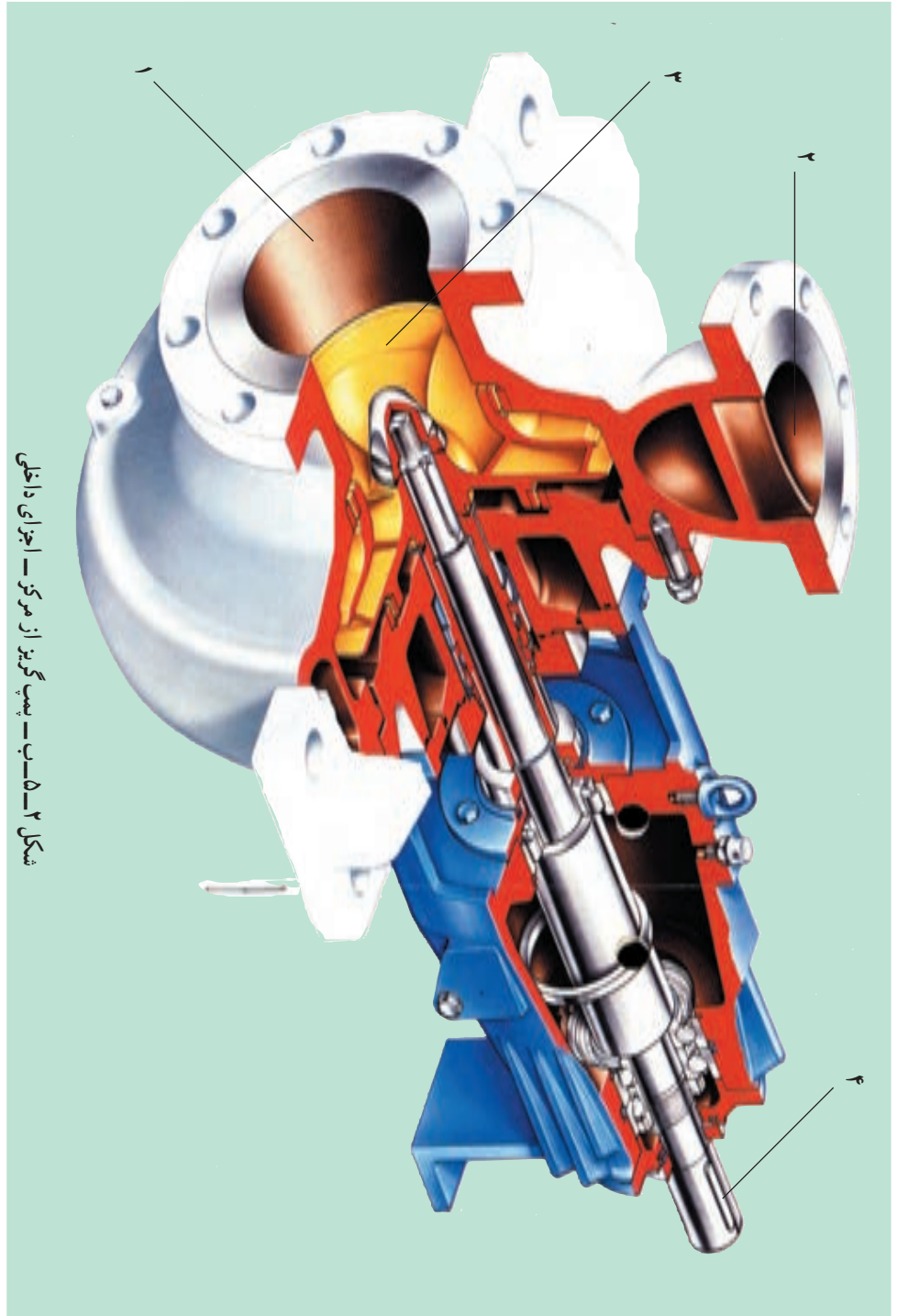
۳- Impeller



در اطراف چرخ، محفظه‌ای وجود دارد که مایع پس از ترک چرخ دوار وارد آن شده در این قسمت، انرژی جنبشی آن به انرژی فشاری تبدیل شده سپس از مجرای خروجی بیرون فرستاده می‌شود. شکل ۲-۵ ساختمان یک پمپ گریز از مرکز را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۵-الف - اجزای داخلی پمپ گریز از مرکز



شکل ۲-۵-ب- پمپ گریز از مرکز- اجزای داخلی

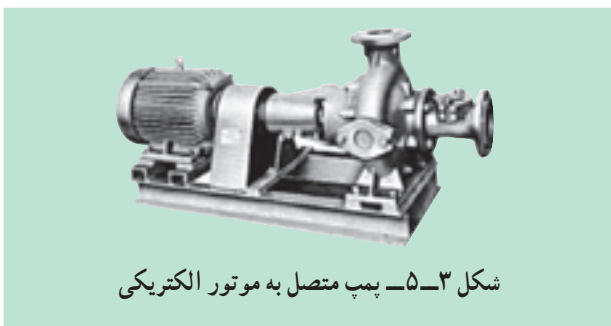
اجزای شکل ۲-۵- الف و ب

شماره ی قطعه	نام
۱	ورودی پمپ ^۱ (مکش)
۲	خروجی پمپ ^۲ (تخلیه)
۳	پروانه ی پمپ ^۳
۴	محور پمپ ^۴

بدین ترتیب، هر پمپ دارای دو لوله ی ورودی و خروجی است که به ترتیب «لوله های مکش^۱» و «لوله های رانش^۲» (تخلیه) خوانده می شوند. هم زمان با خارج شدن مایع در امتداد پره ها، در قسمت میانی چرخ، خلأ به وجود آمده لذا مایع بی در پی به قسمت مکش پمپ وارد خواهد شد.

جمع بندی

به وسیله ی پروانه ی موجود در پوسته ی پمپ قطرات مایع از مرکز به خارج یعنی پوسته ی پمپ پرتاب می شوند؛ از این رو فشار سیال افزایش می یابد. نیروی محرکه ی پروانه ی پمپ به وسیله ی موتور الکتریکی یا توربین ایجاد می شود. در شکل ۳-۵ پمپ متصل به موتور الکتریکی را مشاهده می کنید.



شکل ۳-۵- پمپ متصل به موتور الکتریکی

۱- Pump Suction

۲- Pump Discharge

۳- Pump Impeller

۴- Pump Shaft

۵- Suction

۶- Discharge Lift

۲-۵- محاسبه‌ی توان الکتریکی پمپ^۱

توان موتور الکتریکی که پروانه‌ی پمپ را به چرخش در می‌آورد با این رابطه به دست می‌آید:

$$(1) \quad \text{توان الکتریکی} = \text{cos} \cdot (\text{آمپر}) \cdot (\text{ولتاژ}) = \text{توان الکتریکی}$$
$$P_{\text{الکتریکی}} = V \cdot I \cdot \text{Cos}$$

: اختلاف فاز بین ولتاژ و آمپر است که شرکت سازنده، آن را در روی شناسنامه‌ی پمپ حک می‌کند.

۳-۵- محاسبه‌ی توان فرآیندی پمپ^۲

توان فرآیندی پمپ مبین انرژی است که به سیال منتقل می‌شود و طی آن فشار سیال افزایش می‌یابد. توان فرآیندی نسبت مستقیم با شدت جریان و خصوصیات فیزیکی سیال دارد و از طریق این رابطه محاسبه می‌شود:

(شدت جاذبه) × (چگالی) × (ارتفاع آب‌دهی) × (شدت جریان سیال) = توان فرآیندی

$$(2) \quad P = Q \cdot hp \cdot g \cdot \text{فرآیندی}$$

بر اساس این رابطه:

$$Q = \text{شدت جریان (دبی)}, \text{ m}^3/\text{s}$$

$$hp = \text{ارتفاع آب‌دهی (هدپمپ)}, \text{ m}$$

$$g = \text{چگالی}, \text{ kg/m}^3$$

$$g = \text{شدت جاذبه}, \text{ m/s}^2$$

$$P = \text{توان}, \text{ W}, \text{ وات}$$

۱- Electrical power

۲- Process power

۴-۵- راندمان کلی پمپ^۱

اصطلاح بازده یا راندمان به این دلیل مطرح می‌شود که بخشی از انرژی الکتریکی داده شده به پمپ هدر می‌رود؛ بر این اساس، نسبت توان فرآیندی به توان الکتریکی پمپ را «راندمان» می‌نامیم:

$$\text{راندمان} = \frac{\text{توان فرآیندی}}{\text{توان الکتریکی}} \quad (۳)$$

$$\eta = \frac{P_{\text{فرآیندی}}}{P_{\text{الکتریکی}}} = \frac{Q \cdot hp \cdot g}{V \cdot I \cdot \cos \phi}$$

۵-۵- حفره زایی در پمپ^۲

هنگامی که مایع از قسمت‌های باریک لوله عبور نماید، سرعت آن افزایش پیدا می‌کند و فشارش کاهش می‌یابد. اگر بر اثر این کاهش فشار به حد فشار اشباع بخار مایع برسد در این صورت مایع، تبخیر و گاز تولید می‌شود. به عبارت دیگر، در این بخش مایع به غلیان در خواهد آمد. هنگامی که بخار دوباره به شکل مایع درآید این امر باعث ایجاد ضربه و تنش‌های فشاری ناگهانی خواهد شد.

اگر حباب‌های بخار در هنگام ترکیدن در تماس با یک جسم جامد باشند، نیروهای ناشی از ترکیدن حباب‌ها باعث ایجاد فشار موضعی بسیار خواهد شد؛ در نتیجه، موجب ایجاد حفره در سطح جسم جامد می‌شود. این پدیده با صدا و ارتعاش همراه است. به طور کلی هنگامی پمپ‌ها در وضعیت عادی کار می‌کنند که فشار مطلق در لوله‌ی مکش بسیار پایین نباشد؛ در غیر این صورت، مقداری بخار در بخش مکش تولید می‌شود و این بخار در داخل پمپ، دوباره به مایع تبدیل می‌گردد و صداهای مخصوصی را ایجاد می‌کند که باعث کاهش راندمان پمپ می‌شود.

جمع‌بندی

اگر فشار ورودی پمپ کاهش یابد در قسمت مکش پمپ خلأ ایجاد می‌شود و چنانچه مایع به فشار بخار اشباع خود برسد، حباب‌های بخار تولید می‌شود و در داخل محفظه پمپ دوباره تبدیل به مایع خواهند شد. بر اثر برخورد و متلاشی شدن این حباب‌ها، بر روی پروانه‌ی پمپ حفره‌هایی ایجاد می‌شود. این مشکل را «حفره‌زایی» یا «کاویتاسیون» می‌نامند. جهت جلوگیری از این پدیده با تغییر دبی خروجی پمپ مشکل قابل حل خواهد بود. معمولاً کاویتاسیون با صداهای ناهنجار همراه است و بازده پمپ کم می‌شود. برای

۱- Efficiency

۲- Cavitation = کاویتاسیون

از بین بردن کاویتاسیون باید فشار ورودی به پمپ را افزایش دهیم. به همین دلیل، می توان قطر لوله ی خروجی پمپ را کاهش داد تا فشار ورودی افزایش پیدا کند، یعنی با قرار دادن یک شیر در خروجی پمپ و کاهش دبی خروجی از پمپ، می توان از بروز پدیده ی کاویتاسیون جلوگیری کرد.

چنان چه پدیده ی مذکور مدت طولانی برای پمپ اتفاق افتاده باشد معمولاً روی پروانه ی پمپ، خوردگی ایجاد می شود و قطعات خورده شده در پوسته ی پمپ رسوب خواهند کرد.

۶-۵- آزمایش: پمپ گریز از مرکز

هدف: آشنایی فراگیران با ساختمان و عمل کرد پمپ و محاسبات فرآیندی

ساختمان دستگاه از این بخش ها تشکیل شده است :

- ۱- پمپ گریز از مرکز.
- ۲- تانک ذخیره آب.
- ۳- اندازه گیری جریان آب.
- ۴- شیر دروازه ای.
- ۵- دو عدد فشارسنج.
- ۶- لوله های رابط و اتصالات مورد نیاز.
- ۷- تابلوی الکتریکی حاوی ولت متر و آمپر متر.

روش آزمایش:

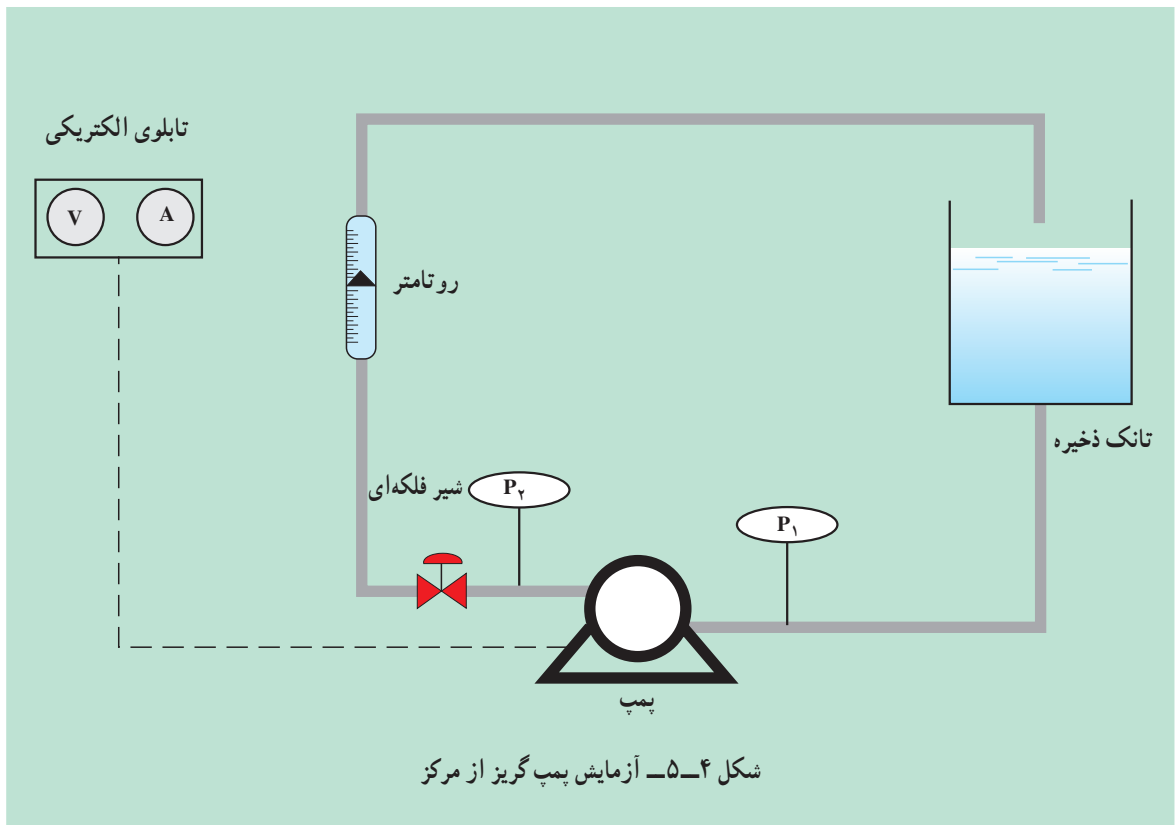
- ۱- با تنظیم شیر دبی های مختلفی را اندازه گیری کنید.
- ۲- در هر دبی ایجاد شده فشارهای ورودی و خروجی را بخوانید و اختلاف فشار برای هر شدت جریان را محاسبه نمایید.
- ۳- در هر دبی ایجاد شده ولتاژ و آمپر را بخوانید و توان الکتریکی را محاسبه نمایید.
- ۴- توان فرآیندی را بامعادله ی ۲ محاسبه نمایید. سپس با استفاده از رابطه ی ۳ راندمان را به دست آورید.
- ۵- جدول ۱-۵ را تکمیل نمایید.
- ۶- ارتفاع آب دهی (هد پمپ) را برحسب دبی رسم کنید.
- ۷- راندمان را برحسب دبی رسم کنید.
- ۸- با استفاده از نمودارها، نتیجه بگیرید در کدام هد و دبی، پمپ ماکزیمم راندمان را دارد.

$$hp . \frac{(P_2 \cdot P_1)}{..g}$$

جدول ۱-۵

راندمان	توان فرآیندی	توان الکتریکی	آمپر	ولتاژ	هد پمپ	اختلاف فشار	فشار خروجی	فشار ورودی	شدت جریان
	Pe.	V.I.cos .	I	V	hp	$P_2 - P_1$	P_2	P_1	Q

(شکل ۴-۵ مربوط به دستگاه آزمایش است.)

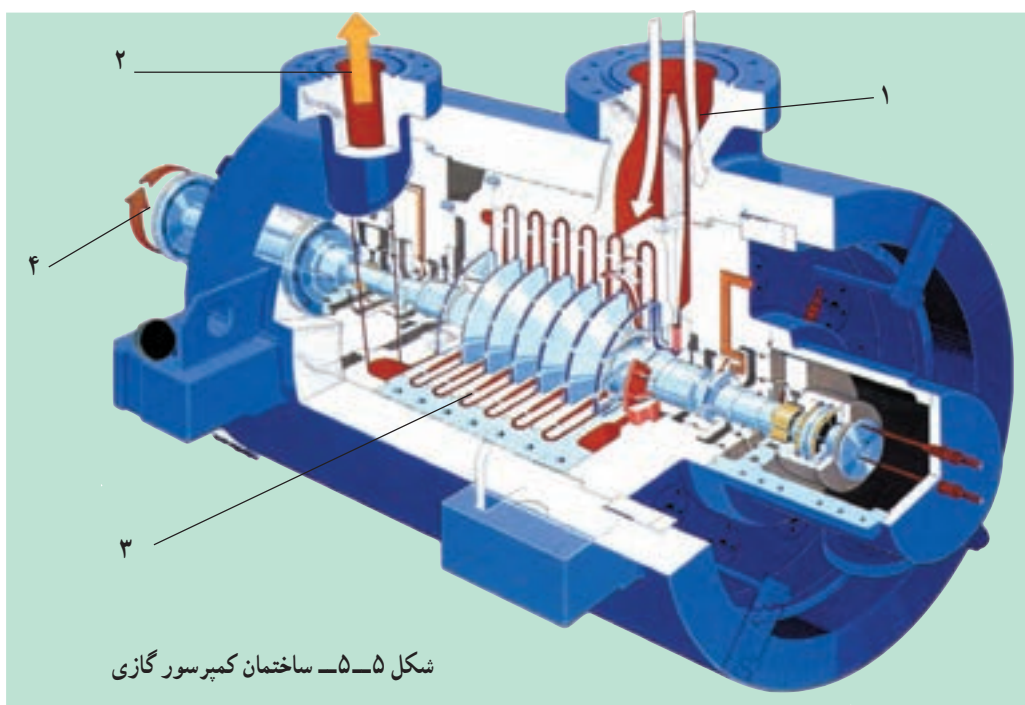


شکل ۴-۵- آزمایش پمپ گریز از مرکز

۷-۵- کمپرسورهای گازی

برای افزایش فشار گازها از کمپرسور استفاده می‌شود. معمول‌ترین نوع کمپرسور استفاده شده در صنعت، کمپرسورهای گریز از مرکز هستند که در واحدهای شیمیایی نفت و گاز کاربرد دارند.

نیروی محرکه‌ی این نوع کمپرسورها عموماً به وسیله‌ی توربین‌های گازی تولید می‌شود و اغلب برای افزایش فشار گاز در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی از کمپرسورهای گریز از مرکز چند مرحله‌ای استفاده می‌کنند. در شکل ۵-۵ ساختمان کمپرسور گازی نشان داده شده است.



شکل ۵-۵- ساختمان کمپرسور گازی

اجزای کمپرسور گازی

نام	شماره‌ی قطعه
ورودی کمپرسور ^۲	۱
خروجی کمپرسور ^۳	۲
تیغه‌های کمپرسور ^۴	۳
محور کمپرسور ^۵	۴

۱- Compressor

۲- Inlet line

۳- Outlet line

۴- Blades

۵- Shaft

۱-۷-۵- عمل کرد کمپرسور

گاز با فشار جو پس از عبور از فیلترهای تعبیه شده روی کمپرسور به داخل آن هدایت می شود. همانند عمل کرد سیال در پمپ‌های گریز از مرکز، گاز نیز بر اثر برخورد با تیغه‌های کمپرسور متراکم می شود. این گاز را بر اساس مصارف گوناگون از کمپرسور خارج می کنند. در شکل ۶-۵ یک نوع کمپرسور را مشاهده می کنید.



شکل ۶-۵- کمپرسور مورد استفاده در صنایع شیمیایی

به هنگام متراکم شدن گاز، دمای آن افزایش می یابد؛ از این رو، کمپرسورها را چند مرحله ای می سازند و پس از هر مرحله، افزایش فشار یک خنک کن میانی در نظر گرفته می شود تا در فرآیند فشار ثابت، دمای گاز را کاهش دهد. در شکل ۷-۵ نمونه های متعددی از استفاده ی کمپرسور در صنایع، نشان داده شده است.



شکل ۷-۵- الف - کمپرسور تولید هوای فشرده



شکل ۷-۵-ب - تولید کاغذ و خمیر کاغذ



شکل ۷-۵-ج - کمپرسور استفاده شده در سیستم سردسازی



شکل ۷-۵-د - کمپرسور صنایع آهن و استیل

۸-۵- کمپرسورهای هوا

کمپرسورهای هوا در طرح‌های متنوع از جمله پیستونی و توربینی کاربرد فراوانی دارند (شکل ۵-۷- الف).

۸-۵-۱- کمپرسورهای توربینی

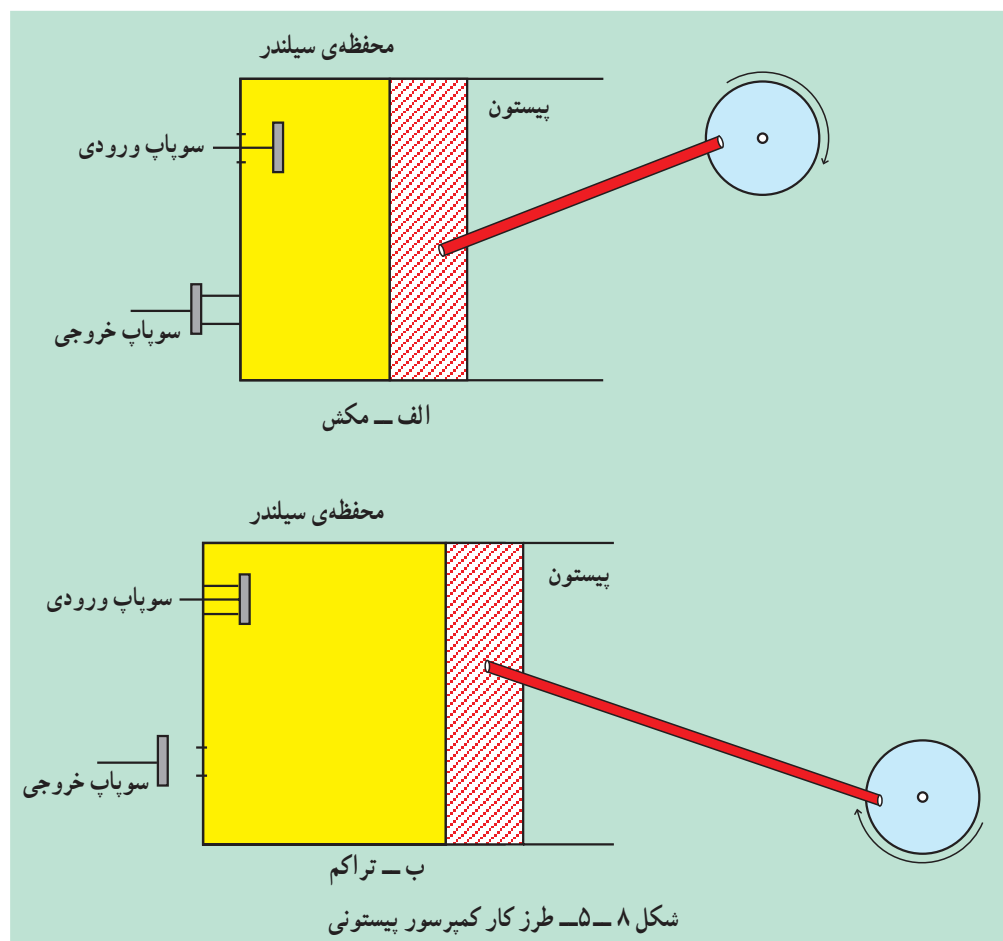
کاربرد صنعتی کمپرسورهای توربینی در مواردی است که به خروجی بسیار زیاد نیاز باشد، مانند معادن، کوره‌های ریخته‌گری و ... به صورت تقریبی برای تأسیساتی که تا ۱۰۰۰۰۰ فوت مکعب ظرفیت دارند. یعنی اینکه این حجم هوای فشرده نیاز دارند (شکل ۵-۷- د).

۸-۵-۲- کمپرسورهای پیستونی

از رایج‌ترین نوع کمپرسورها می‌باشند که برای قدرت‌های کم و متوسط استفاده می‌شود. از لحاظ ساخت شبیه موتورهای احتراق داخلی است با این تفاوت که از طریق ورودی و خروجی به وسیله‌ی هوا تحریک می‌شوند. انواع تک سیلندری دو، سه و چهارسیلندری این نوع کمپرسورها کاربرد فراوانی دارند.

۸-۵-۲-۱- طرز کار کمپرسورهای پیستونی:

مطابق شکل ۵-۸- هوا ابتدا توسط سوپاپ ورودی به داخل سیلندر مکیده می‌شود و سپس در سیلندر متراکم شده و از سوپاپ خروجی، هوای متراکم به مخزن مناسبی تخلیه می‌شود.



۲-۲-۸-۵ - ظرفیت کمپرسور:

ظرفیت واقعی یک کمپرسور به صورت حجم هوای ورودی به آن برحسب فوت مکعب در دقیقه در شرایط درجه حرارت و فشار هوای ورودی بیان می‌شود. بنابراین وقتی گفته می‌شود ظرفیت کمپرسور 100 می‌باشد یعنی 100 فوت مکعب در دقیقه هوای آزاد در شرایط فشار و درجه حرارت محیط به داخل کمپرسور مکیده شده و تا حد موردنیاز تراکم می‌شود.

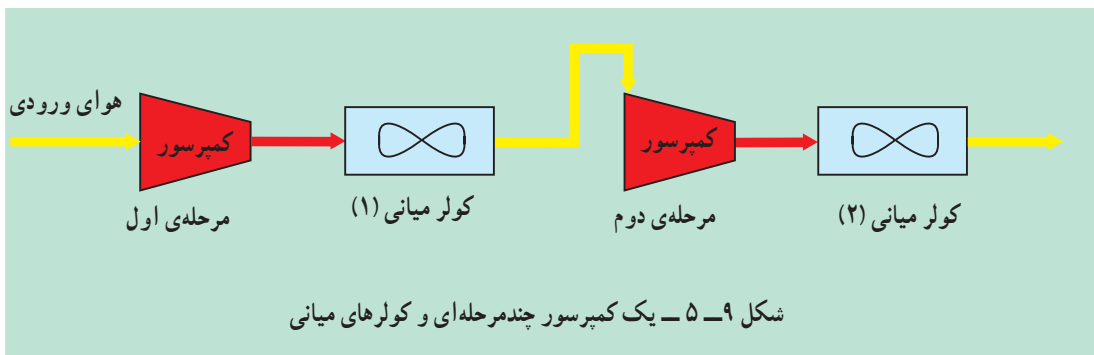
۳-۸-۵ - تراکم چند مرحله‌ای

تراکم می‌تواند در یک یا چند مرحله انجام گیرد. اگر تراکم هوای اتمسفر ورودی به فشار مورد نظر در یک سیلندر صورت گیرد، تراکم را یک مرحله‌ای گویند. در کمپرسورهای یک مرحله‌ای برای هوای خیلی کم (در حدود 5 فوت مکعب در دقیقه) فشار تراکم ممکن است تا حد 15 Psig برسد اما معمولاً تراکم یک مرحله‌ای به فشار 100 Psig محدود می‌شود.

اگر بخواهیم بازده تراکم کمپرسور را به میزان زیادی افزایش دهیم باید ابتدا هوا را در یک سیلندر به فشار پایین (حدود 4 Psig) تراکم نموده سپس هوای خروجی را وارد سیلندر دومی کنیم تا فشار آن به مقدار دلخواه برسد. در این روش هوا در دو مرحله تراکم می‌شود و این تراکم را دو مرحله‌ای می‌نامند. کمپرسورهای توربینی از نوع کمپرسورهای چند مرحله‌ای هستند (شکل‌های ۵-۵ و ۵-۶).

۴-۸-۵ - درجه حرارت هوای فشرده

در تراکم هوا درجه حرارت آن به طرز قابل توجهی بالا می‌رود. هوای متراکم با چنین درجه حرارتی نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لذا کمپرسورها را به پره‌های خنک‌کننده^۱ در اطراف سیلندر آن مجهز می‌سازند. در کمپرسورهای دو مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای از خنک‌کننده‌های میانی^۲ جهت کاهش درجه حرارت هوا بین مراحل استفاده می‌شود (مطابق شکل ۵-۹).



پس از تراکم نهایی، هوا کاملاً داغ شده است لذا باید توسط کولر نهایی خنک شود.

۱- Fan (Air Cooler)

۲- Inter Cooler

در جدول ۲-۵ برخی اشکالات احتمالی در کار با کمپرسور و راه‌های رفع اشکال فقط برای آشنایی شما توضیح داده شده است.

جدول ۲-۵- اشکالات احتمالی در کار با کمپرسور و راه‌های رفع اشکال

دلیل و رفع اشکال	عیب
- سیستم برقی کمپرسور بررسی شود.	کمپرسور روشن نمی‌شود.
- دمای محیط پایین است. - دریچه‌ی تنظیم مکش بسته نمی‌شود.	کمپرسور به آسانی روشن نشود.
- مانومتر نمایشگر خراب است. - دریچه‌ی تنظیم مکش بسته نمی‌شود. - شیر نگه‌دارنده‌ی فشار خراب است.	درجه‌ی فشار روغن علامتی را نشان نمی‌دهد.
- ایراد از فیلتر روغن، دمای محیط، افزایش دمای گاز کمپرسور، یا خنک‌کن روغن است.	کمپرسور قبل از رسیدن به حد فشار تنظیم شده خاموش شود.
- فیلتر تفکیک کننده خراب است. - سطح روغن بالا است. - مکش روغن در فیلتر انجام نمی‌شود.	مصرف اضافی روغن
- شیر خراب است یا شیر ایمنی تنظیم نیست. - کلید قطع فشار روی مقادیر بالا تنظیم شده است.	سوپاپ اطمینان در اثر فشار باز نشود.
- فیلتر مکش کثیف است. - دریچه‌ی تنظیم مکش کامل باز نشود. - در سیستم نشت وجود دارد.	هواده‌ی پایین باشد.
- اتصالات برقی باید بررسی شود.	کمپرسور به‌طور خودکار خاموش نشود.

توصیه: لازم و ضروری است که به منظور درک بهتر مطالب، برای هنرآموزان محترم برنامه‌ی بازدید از صنایع فراهم آید و از هنرجویان عزیز گزارش بازدید خواسته شود.

خودآزمایی

- ۱- عمل کرد پمپ گریز از مرکز را شرح دهید.
- ۲- کاویتاسیون را شرح داده یک راه مقابله با آن را توضیح دهید.
- ۳- بازده پمپ را چگونه به دست می‌آورند؟
- ۴- عمل کرد کمپرسورهای گازی را شرح دهید.
- ۵- کمپرسورهای هوای توربینی در چه مواردی استفاده می‌شوند؟
- ۶- طرز کار کمپرسورهای هوای پیستونی را شرح دهید.
- ۷- وقتی می‌گوییم ظرفیت کمپرسور 20° است، یعنی چه؟
- ۸- تراکم چند مرحله‌ای هوا را شرح دهید.
- ۹- نقش کمپرسور در یخچال منازل شما چیست؟
- ۱۰- آیا جاروبرقی نمونه‌ای از کمپرسور است؟

مبدل‌های حرارتی^۱

- هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:
- ۱- با ساختمان مبدل‌های حرارتی آشنا شود.
 - ۲- انواع جریان‌های سیال را در مبدل‌های حرارتی شرح دهد.
 - ۳- کار با مبدل‌های حرارتی را فرا بگیرد.

۱-۶- مقدمه

مبدل حرارتی وسیله‌ای است که انرژی حرارتی را از یک سیال به یک یا چند سیال که دارای درجه‌ی حرارت متفاوتی هستند، منتقل می‌کند. در این تعریف، مشخص می‌گردد که در یک مبدل حرارتی، حداقل دو سیال وجود دارد که حرارت میان آن دو تبادل می‌شود.

پستانداران مبدل‌های حرارتی پیچیده‌ای دارند که مهم‌ترین این مبدل‌ها شش‌ها (ریه‌ها) هستند که با اشباع هوای بازدم از بخار آب بدن را خنک می‌کند. رادیاتور نیز از انواع مبدل‌های حرارتی است که در آن، آب در گردش داخل موتور، به وسیله‌ی هوا خنک می‌شود. شوفاژها و تهویه‌های مطبوع نیز از انواع مبدل‌ها هستند.

۲-۶- مبدل‌های حرارتی لوله‌ای

از این مبدل، بیش از هر نوع مبدل حرارتی دیگر، استفاده می‌گردد. مبدل‌های حرارتی لوله‌ای خود انواع مختلفی دارند که از آن جمله می‌توان به نوع «تک لوله‌ای»، «دو لوله‌ای»، «لوله‌ی مارپیچی»، «چند لوله‌ای» و «لوله - پوسته^۲» اشاره نمود.

مبدل حرارتی دو لوله‌ای^۳:

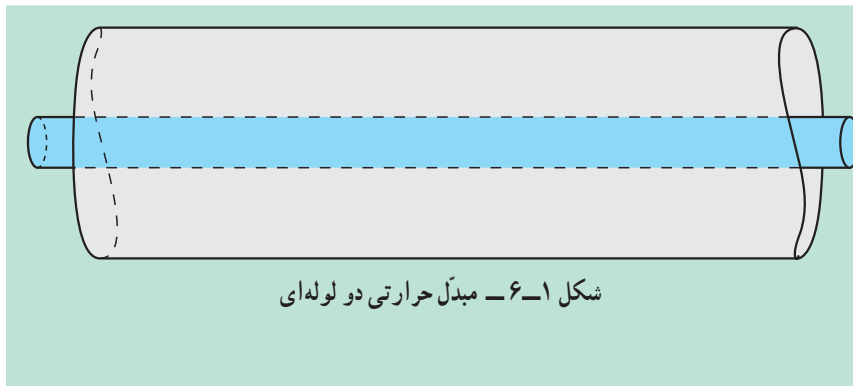
این مبدل‌ها از دو لوله‌ی هم محور تشکیل می‌شود. یکی از دو سیال در لوله‌ی داخلی و دیگری در مجرای حلقوی بین دو لوله یا به عبارتی، در لوله‌ی خارجی جریان دارد.

۱- Heat Exchangers

۲- Shell & Tube

۳- Two pipes

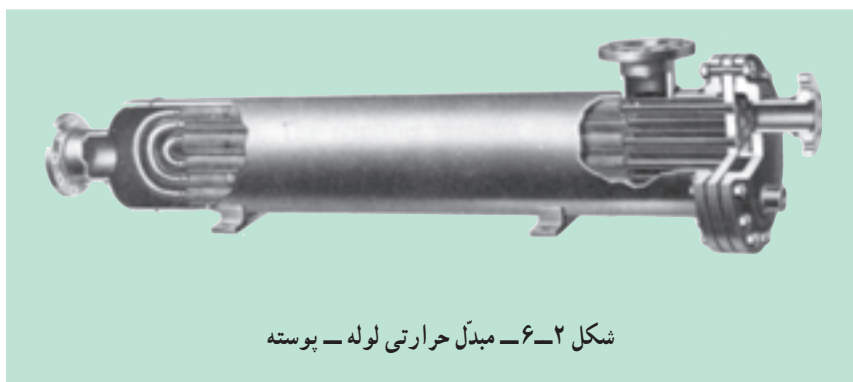
کاربرد این مبدل‌ها هنگامی است که سطح تبادل حرارت مورد نیاز کوچک باشد؛ به ویژه هنگامی که یکی از دو سیال گاز یا مایع، لزج یا دبی آن کم باشد.



شکل ۱-۶ - مبدل حرارتی دو لوله‌ای

مبدل‌های حرارتی لوله - پوسته:

این مبدل از انواع متداول مبدل‌های چند لوله‌ای است که برای انتقال حرارت «مایع-مایع»، «مایع با سیال در حال تبخیر» و «مایع با سیال در حال تقطیر» کاربرد دارد. یک نوع از این مبدل، که شبیه مبدل‌های دو لوله‌ای است از یک پوسته تشکیل شده است که تعدادی لوله‌ی U شکل در داخل آن قرار دارد.



شکل ۲-۶ - مبدل حرارتی لوله - پوسته

۳-۶ - انواع جریان در مبدل‌های حرارتی لوله‌ای

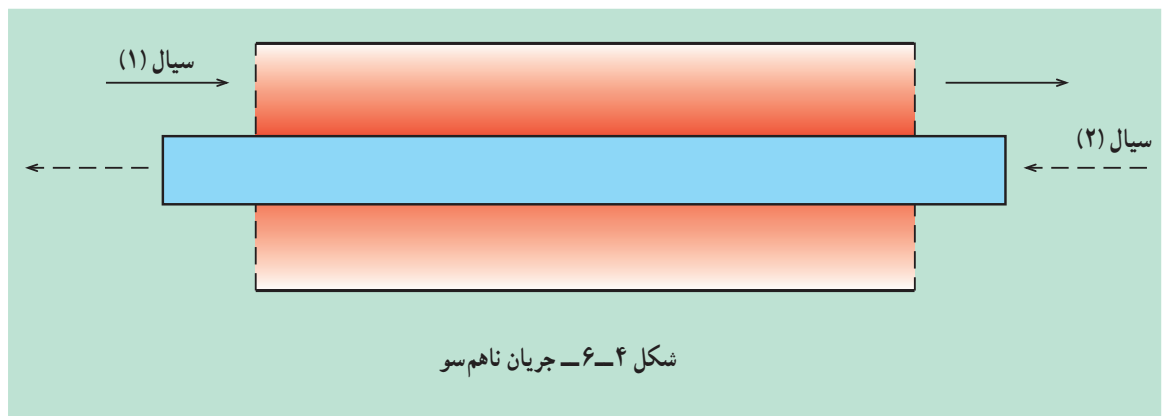
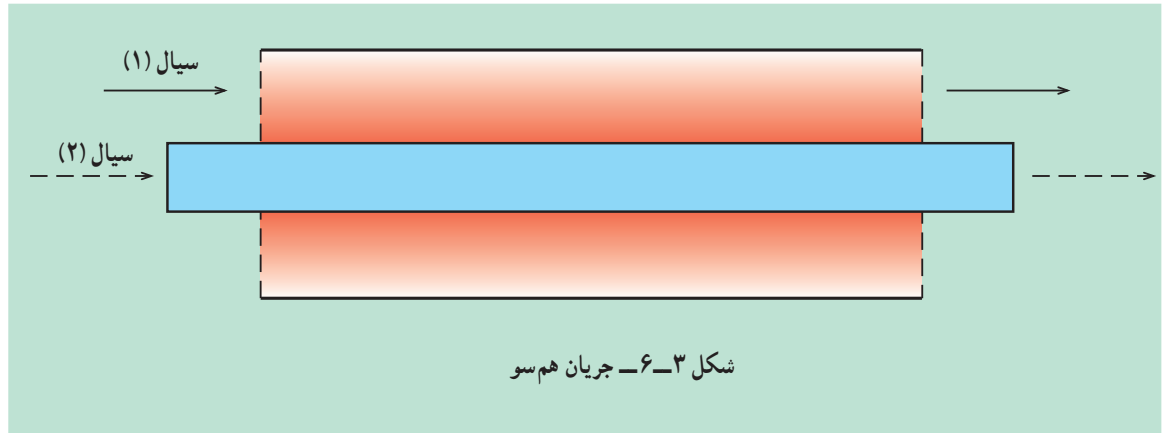
جریان سیالات در مبدل‌های حرارتی لوله‌ای به دو شکل صورت می‌پذیرد:

الف - جریان هم سو:

در این نوع مبدل، سیال سرد و گرم هر دو در یک جهت حرکت کرده تبادل حرارت صورت می‌گیرد.

ب – جریان ناهم سو^۱:

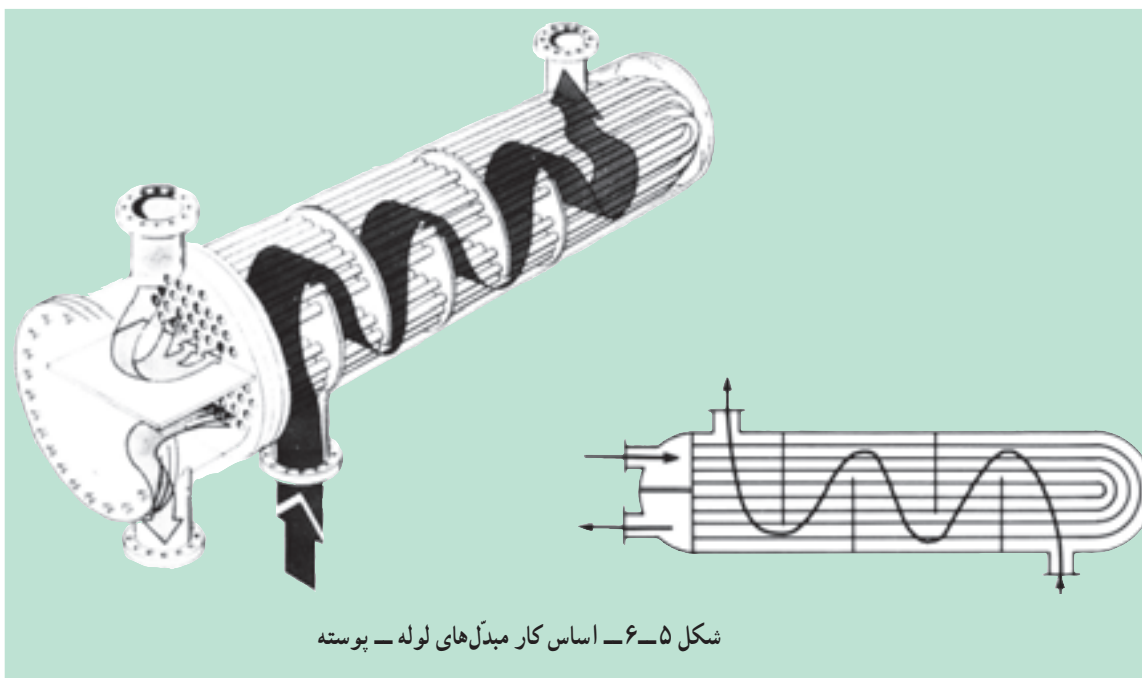
سیال سرد و گرم در دو جهت مخالف حرکت می کند؛ در نتیجه میزان تبادل انتقال حرارت افزایش می یابد و راندمان کار بیشتر می شود.



۴-۶ – اساس کار مبدل های حرارتی لوله – پوسته

معمولاً سیال گرم درون لوله های موجود در پوسته جریان خواهند داشت و در محفظه ی میانی لوله ها (در پوسته) سیال سرد پس از عبور از مسیرهای تعیین شده با سطح جانبی لوله برخورد کرده تبادل حرارت صورت می پذیرد و در انتها از مجرای مخصوص خارج می شود. چگونگی عملکرد مبدل های حرارتی لوله – پوسته در شکل ۵-۶ نشان داده شده است.

۱ – Counter Current flow



شکل ۵-۶- اساس کار مبدل‌های لوله - پوسته

۵-۶- راه اندازی مبدل‌های حرارتی

- ۱- ابتدا سیال سرد وارد پوسته‌ی مبدل می‌شود؛ سپس به تدریج سیال گرم در درون لوله‌ها جریان می‌یابد.
- ۲- چنانچه از مشتقات نفتی یا گازی برای سیالات درون مبدل استفاده می‌کنید حتماً از یک گاز بی‌اثر یا بخار آب - برای تخلیه‌ی هوای درون مبدل و جلوگیری از انفجار- استفاده نمایید.

۶-۶- از کار انداختن مبدل‌های حرارتی

- ۱- ابتدا جریان گرم را درون مبدل قطع کنید تا مبدل به تدریج سرد شود.
- ۲- جریان سرد را قطع نمایید.
- ۳- برای جلوگیری از انفجار در مبدل‌های حرارتی که مخلوط‌های هیدروکربنی در آن نقش سیال را بر عهده دارند، حتماً پس از خاموش کردن دستگاه مبدل را هواگیری نمایید.

۷-۶- خوردگی در مبدل‌های حرارتی

- با توجه به این که در صنایع شیمیایی، بیش‌تر مواد خاصیت خوردندگی دارند، لوله‌های موجود در مبدل‌های حرارتی نیز فرسوده شده بر اثر خوردگی سوراخ می‌شوند که این امر در عمل تبادل حرارت ایجاد اختلال می‌کند. به همین منظور روش مشخص شدن خوردگی در لوله‌ها بیان می‌شود:
- ۱- مبدل حرارتی را از دستگاه خارج نمایید.

- ۲- مواد را در پوسته و لوله‌ی مبدل به‌طور کامل تخلیه کنید.
 - ۳- خروجی مسیر پوسته را ببندید.
 - ۴- آب فشار قوی را در درون پوسته‌ی مبدل وارد کنید.
- توجه: چون خروجی پوسته مسدود است هر لوله‌ای که سوراخ باشد آب را از خود عبور می‌دهد.

۸-۶- آزمایش: مبدل حرارتی دو لوله‌ای - U شکل

- ساده‌ترین نوع مبدل حرارتی پوسته - لوله نوع دو لوله‌ای آن است که در این آزمایش ساختمان و عملکرد آن بررسی می‌شود.
- اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه (شکل ۶-۶) عبارت‌اند از:
- ۱- لوله‌های U شکل؛
 - ۲- اندازه‌گیر جریان برای آب سرد و گرم؛
 - ۳- شیرهای دروازه‌ای به تعداد ۵ عدد؛
 - ۴- ۸ عدد دماسنج یا حس‌کننده‌ی دما^۱ و یک ترمومتر دیجیتال؛
 - ۵- مخزن ذخیره‌ی آب گرم؛
 - ۶- پمپ انتقال سیال؛
 - ۷- عایق‌بندی لوله‌های مبدل.

مراحل آزمایش:

به‌وسیله‌ی شیرهای مسیر جریان می‌توان دو نوع جریان هم‌سو یا ناهم‌سو را در درون مبدل ایجاد نمود.

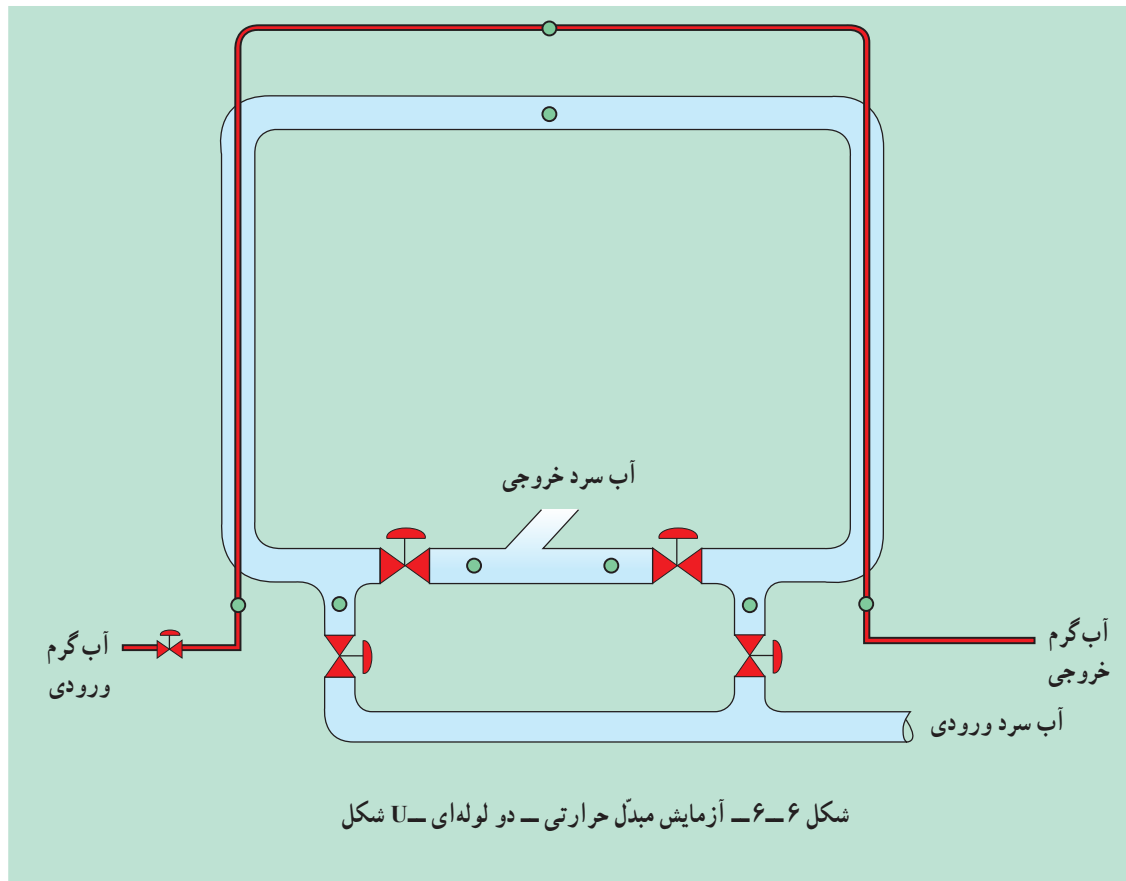
مراحل آزمایش را برای هر دو نوع جریان تکرار نمایید:

- ۱- ابتدا شیرهای جریان آب سرد را باز کنید که در پوسته جریان دارد.
- ۲- آب درون مخزن را تا ۶۰ درجه‌ی سلسیوس گرم کرده سپس پمپ انتقال آب گرم را روشن کنید و مسیر حرکت آب گرم را به‌صورت هم‌سو با آب سرد باز نمایید.
- ۳- پس از مدتی که دمای نقاط مختلف سیال را یادداشت نمودید متوجه خواهید شد که تغییرات دما کاهش می‌یابد؛ بر این اساس، دستگاه به حالت پایدار رسیده است. در این حالت، دمای مربوط به نقاط مختلف را یادداشت نمایید و جدول پیوست را تکمیل کنید.
- ۴- همین مراحل را برای جریان ناهم‌سو تکرار کرده جدول ۶-۱ را تکمیل نمایید.
- ۵- اختلاف دماهای نقاط مختلف سیال را در هر دو حالت هم‌سو و ناهم‌سو با هم مقایسه کرده و نتیجه‌گیری نمایید.

با داشتن مقادیر دما در نقاط مختلف، از لوله و پوسته در هر دو روش هم‌سو و ناهم‌سو، تغییرات دما را با هم مقایسه نمایید؛ هم‌چنین مشخص کنید که در کدام حالت اختلاف دمای نقاط متناظر بیش‌تر است. در گزارش خود به آن اشاره کنید.

جدول ۱-۶

زمان دقیقه	
دبی آب سرد	
دبی آب گرم	
دمای آب سرد ورودی	
دمای آب سرد خروجی	
دمای آب سرد میانی	
دمای آب گرم ورودی	
دمای آب گرم خروجی	
دمای آب گرم میانی	



۹-۶- آزمایش: مبدل حرارتی پوسته - لوله

اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه (شکل ۷-۶) عبارت است از:

- یک لوله‌ی ۴ اینچ به عنوان پوسته
- ۱۰ عدد لوله‌ی $\frac{1}{4}$ اینچ که درون پوسته قرار می‌گیرد.

- ۶ عدد شیر آب سرد و گرم ورودی و خروجی

- ۴ حسگر دما و ترمومتر برای نمایش

- مخزن ذخیره‌ی آب گرم به همراه هیتر برقی

- پمپ برای انتقال سیال گرم

- دبی‌سنج سیال سرد و گرم

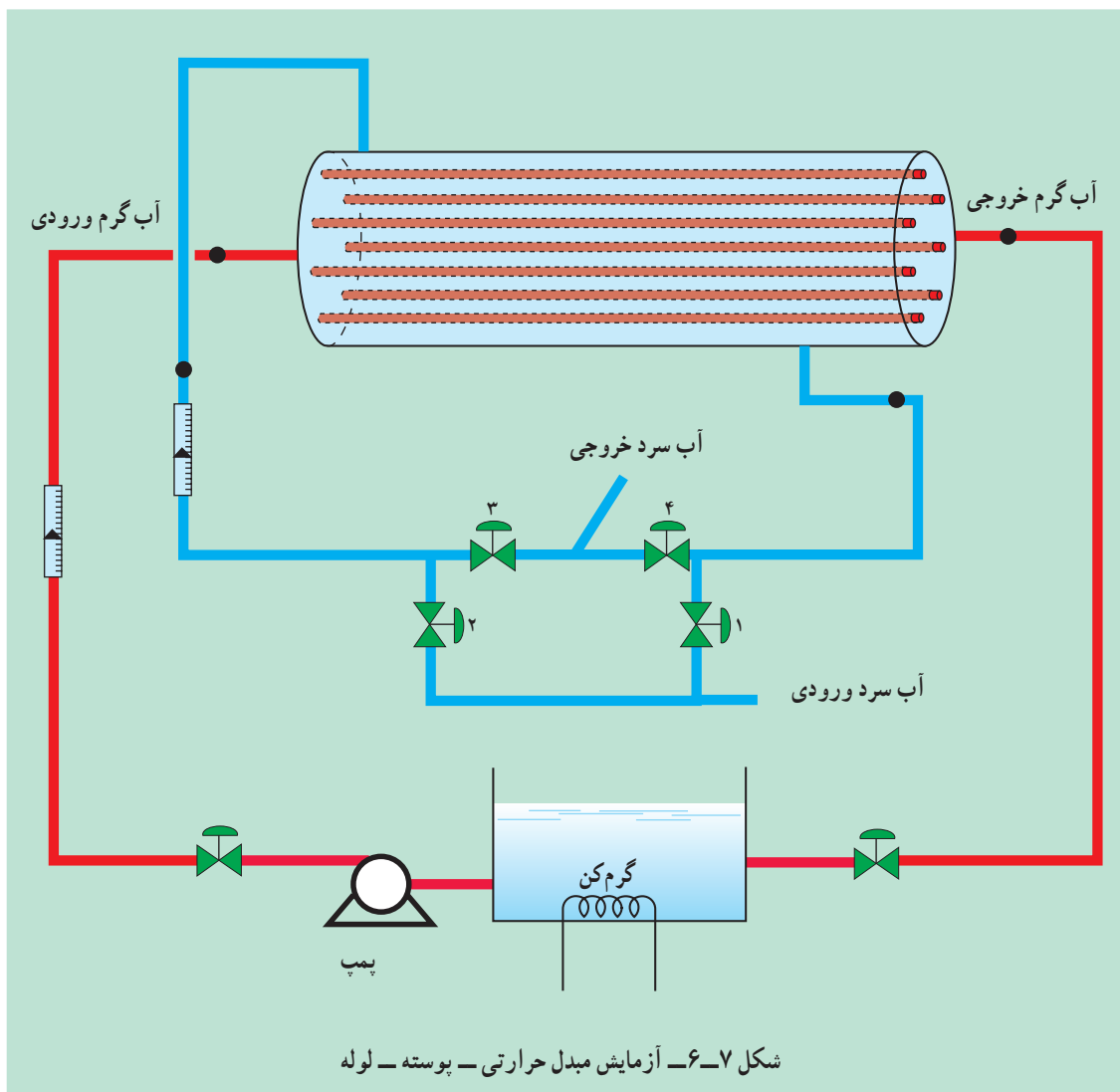
- ترموستات

شرح کار

- ۱- دستگاه را با اجازه‌ی مربی روشن نمایید.
- ۲- شیر آب سرد را باز کنید تا درون پوسته پر شود (به صورت همسو)
- ۳- شیر آب گرم و پمپ مربوطه را روشن نمایید.
- ۴- در فاصله‌ی زمانی متفاوت دماهای ورودی و خروجی را یادداشت کنید.
- ۵- مراحل ۲ تا ۴ را در دبی‌های مختلف آب سرد و گرم انجام دهید.
- ۶- مراحل ۲ تا ۵ را برای جریان ناهمسو تکرار کنید.
- ۷- جدول ۲-۶ را برای دبی‌های مختلف جریان سرد و گرم و هم‌چنین جریان‌های همسو و ناهمسو تکمیل نمایید.
- ۸- تأثیرات افزایش دبی جریان سرد و گرم را در تغییرات دما به صورت منحنی رسم نمایید.
- ۹- نتایج مذکور را برای جریان‌های همسو و ناهمسو تکرار کنید.

جدول ۲-۶

زمان - دقیقه	دمای آب سرد ورودی	دمای آب سرد خروجی	دمای آب گرم ورودی	دمای آب گرم خروجی



خودآزمایی

- ۱- مبدل حرارتی را به گونه‌ای مختصر شرح دهید.
- ۲- انواع جریان مربوط به مبدل حرارتی را شرح دهید.
- ۳- چه هنگام از مبدل حرارتی دو لوله‌ای استفاده می‌شود؟
- ۴- اساس کار مبدل‌های حرارتی پوسته - لوله را شرح دهید.
- ۵- برای یافتن خوردگی در مبدل‌ها چه روشی را پیشنهاد می‌کنید؟
- ۶- حرارت انتقال یافته در روش همسو بیشتر است یا ناهمسو؟ چرا؟

کنترل فرآیند

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- با نحوه‌ی کنترل سطح، به هنگام کار آشنا شود.
- ۲- با نحوه‌ی کنترل دما در حین کار آشنا شود.
- ۳- با نحوه‌ی کنترل فشار به هنگام کار آشنا شود.

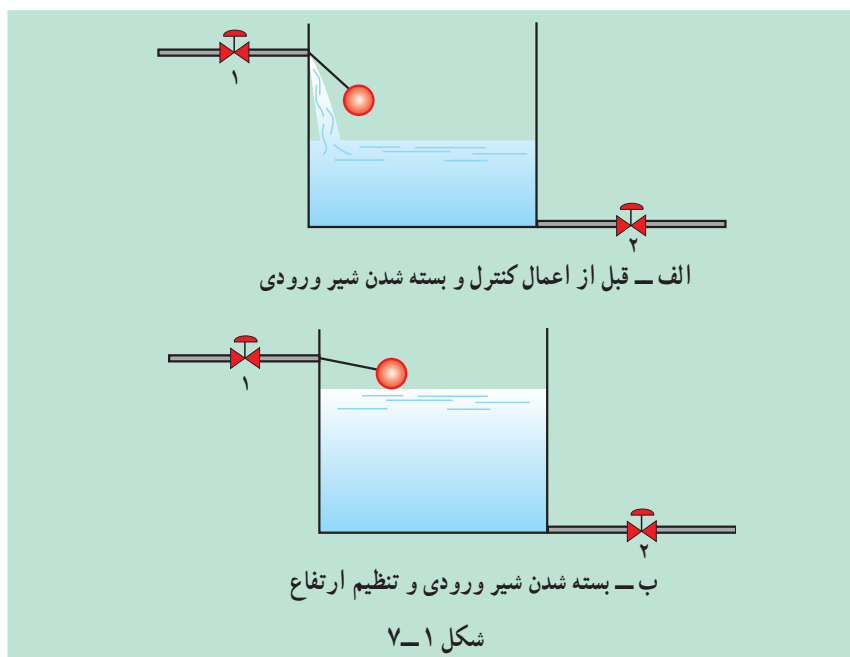
۱-۷-۱ مقدمه

اصولاً در فرآیندهای شیمیایی، به وسیله‌ی کنترل عوامل تعیین کننده نظیر فشار، دما و سطح، علاوه بر نظارت بر کیفیت محصول، امکان بروز خطرهای جانبی کار نیز به حداقل خواهد رسید؛ به همین منظور، در این فصل علاوه بر تعریف ساده از سه نوع کنترل یادشده، آزمایش را نیز انجام خواهید داد.

۲-۷-۲ کنترل سطح مایع^۱

با نظارت بر ارتفاع مایعات در تانک‌های ذخیره، مخازن، راکتورها و نظایر آن، می‌توان علاوه بر افزایش بازدهی دستگاه از پر شدن و سرریز شدن تانک‌ها و مخازن جلوگیری کرد. سرریز شدن مخازن در کارخانجات شیمیایی که مواد آتش‌زا و سمی را شامل می‌شوند بسیار خطرناک بوده، ممکن است علاوه بر آلودگی محیط، خطرات آتش‌سوزی و خسارت‌های مالی و جانی را در پی داشته باشد.

برای درک بهتر موضوع به شکل ۱-۷ توجه نمایید برای تنظیم ارتفاع مایع در شکل از یک شناور استفاده شده است. شیر ۱ و ۲ به ترتیب برای مایع ورودی و خروجی تعبیه شده‌اند.



همان گونه که در شکل مشاهده می کنید تنظیم ارتفاع مطلوب در تانک به دو شیوه

است :

۱- شیر خروجی را بیش تر باز نمایید یا به عبارتی مصرف را بیش تر کنید.

۲- شیر ورودی را ببندید تا ارتفاع مایع از این طریق کنترل شود.

عمل کرد: با افزایش ارتفاع مایع در تانک، شناور به سمت بالا رانده می شود که

در نتیجه، مسیر شیر ورودی بسته خواهد شد بر اثر مصرف از طریق شیر خروجی ارتفاع

کاهش می یابد و در نتیجه، شناور به سمت پایین آزاد شده مسیر مایع ورودی باز خواهد شد.

بدین ترتیب، به راحتی می توان ارتفاع مایع را در تانک تنظیم نمود.

در جداره‌ی تانک ها و مخازن از وسایلی برای نشان دادن ارتفاع مایع استفاده

می شود که به صورت

شیشه های مدور در

جداره‌ی تانک ها قرار

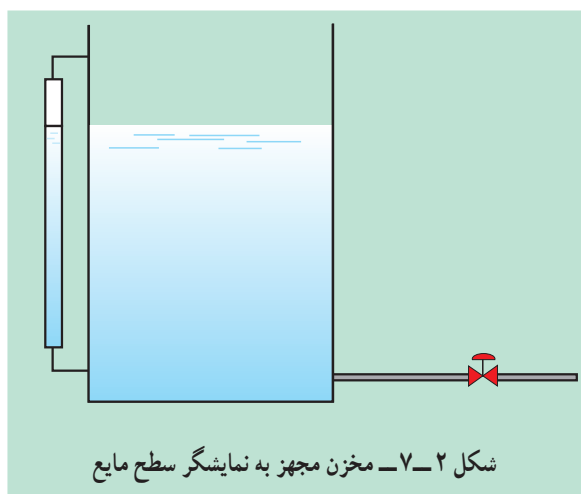
دارد. به این وسایل

«نمایشگر سطح مایع»

می گویند که در شکل ۷-۲

طرحی از آن را مشاهده

می کنید.

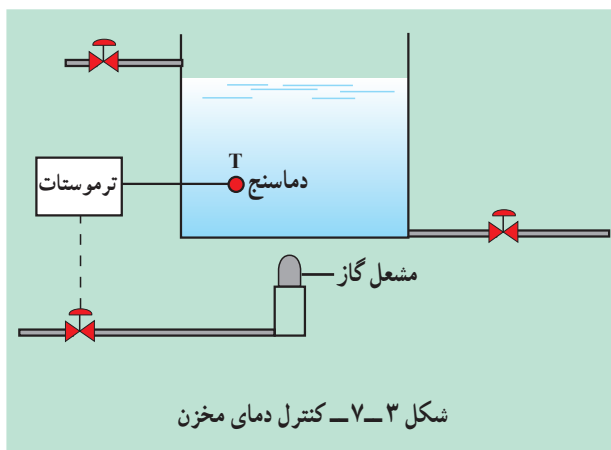


۷-۳- کنترل دما^۱

از کارهای مهمی که باید در صنایع صورت پذیرد، کنترل صحیح دماست که افزایش یا کاهش غیرطبیعی و نامطلوب دما علاوه بر خطرات، بر کیفیت محصول نیز تأثیرات بسیاری خواهد گذاشت.

در شکل ۷-۳ کنترل ساده‌ی دما، برای یک مخزن مجهز به گرم‌کن (مشعل) نشان داده شده است.

دمای داخل تانک به وسیله‌ی ترموکوپل اندازه‌گیری می‌شود و چنان‌چه از حد مجاز بیش‌تر شود با ترموستات، فرمان قطع جریان گرم به مخزن داده خواهد شد؛ به عبارتی، شیر عبور جریان گاز بسته خواهد شد و دمای مخزن به حالت طبیعی باز خواهد گشت و چنان‌چه دمای داخل مخزن کاهش یابد، ترموستات با ارسال فرمان باعث باز شدن شیر گاز شده دمای مخزن را دوباره به حالت مطلوب خواهد رسانید.

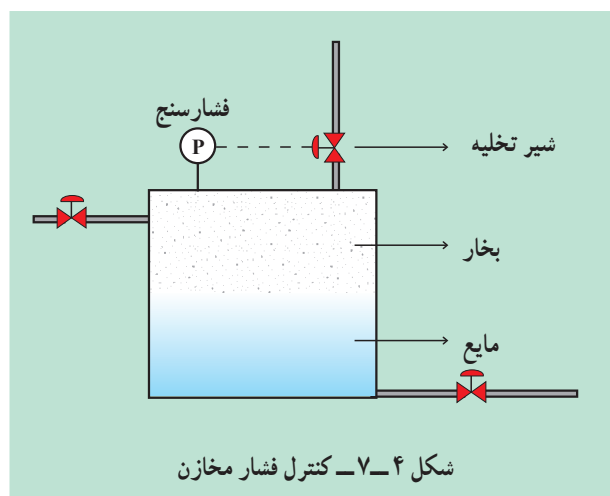


۷-۴- کنترل فشار^۲

مخازن تحت فشار، تانک‌های ذخیره‌ی مواد شیمیایی و نفتی، یا مخازن ذخیره‌ی گاز، به منظور ایمنی، باید به کنترل‌کننده‌ی فشار مجهز باشند. دیگ‌های زودپز که در منازل استفاده می‌شود نمونه‌ی ساده‌ای از مخازن تحت فشار است. آب‌گرمکن‌های منازل نیز نمونه‌ای دیگر برای کنترل فشار است، در شکل ۷-۴ کنترل فشار به سادگی نشان داده شده است.

^۱- Temperature control

^۲- Pressure Control



وقتی دمای داخل آب گرمکن افزایش پیدا کند فشار نیز بالا خواهد رفت و بخار ایجاد شده ازدیاد فشار را تشدید می کند. همان گونه که در شکل نشان داده شده به وسیله ی کنترل کننده ی فشار فرمانی ارسال می شود؛ در نتیجه، شیر اطمینان بالای آب گرمکن باز شده مقداری از بخار به بیرون فرستاده می شود تا فشار مخزن تقلیل بیابد و به حالت تعادل برسد.

۷-۵- شیرهای کنترل^۱

معمولاً در صنعت، شیرهای کنترل، آخرین وسیله ی کنترل کننده ی مدار کنترل هستند که به وسیله ی اثرات مکانیکی یا اثرات الکتریکی باز و بسته خواهند شد و کنترل نهایی را برعهده خواهند داشت (برای مطالعه ی بیش تر به کتاب «عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی» مراجعه شود).

۷-۶- آزمایش: کنترل سطح، دما و فشار آب گرمکن

هدف: بررسی و مشاهده ی کنترل دما، سطح و فشار روی آب گرمکن و آشنایی با ادوات ساده ی کنترل.

ساختمان این دستگاه از این بخش ها تشکیل شده است:

- ۱- مخزن ذخیره ی آب، همراه با شناور.
- ۲- آب گرمکن گازی مجهز به ترموستات و شیر اطمینان و فشارسنج.

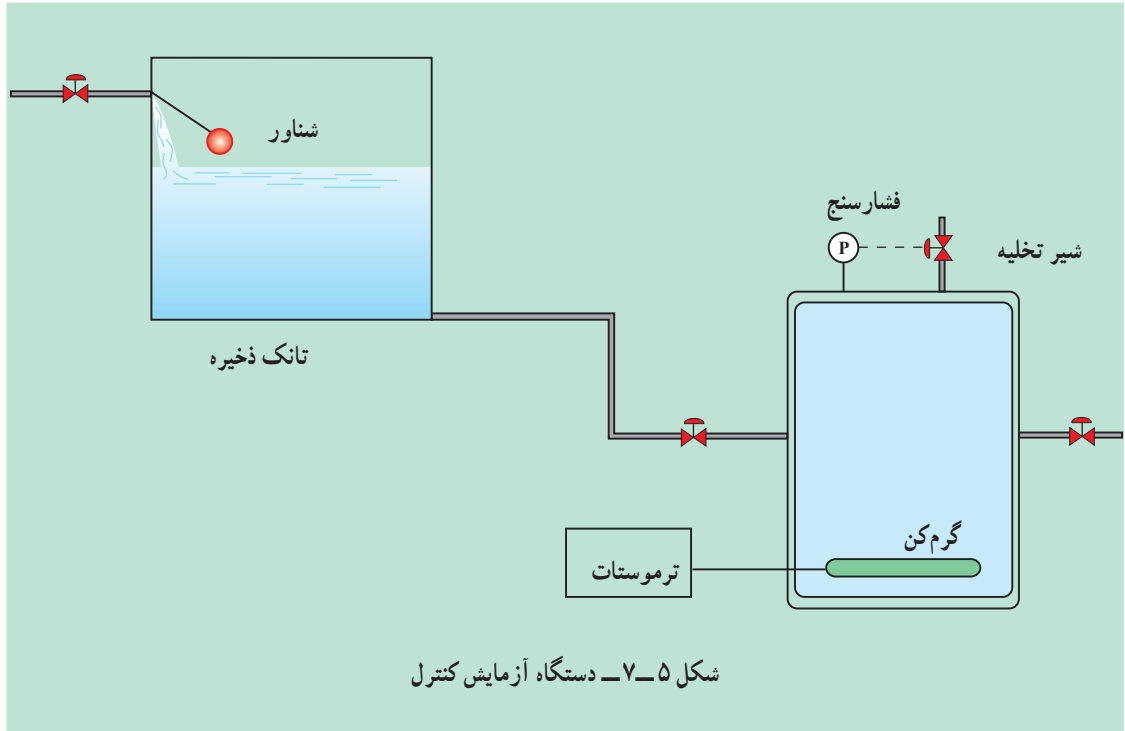
روش آزمایش:

با توجه به شکل ۵-۷ این مراحل را انجام دهید:

- ۱- شیر ورودی آب را به مخزن ذخیره باز کنید تا پر شود.
* زمانی که شناور عمل نماید مسیر آب ورودی به گونه‌ی خودکار قطع می‌شود.
- ۲- شیر خروجی تانک را باز کنید تا آب به آب‌گرمکن وارد شود.
- ۳- شبکه‌ی حرارتی را بسته به نوع روشن نمایید و روی دمای 60° درجه‌ی سلسیوس تنظیم کنید.
* وقتی که دما به 60° درجه‌ی سلسیوس برسد ترموستات به طور خودکار مسیر منبع حرارتی را قطع خواهد کرد.
- ۴- برای کنترل فشار باید در دماهای بالا کار کنید. ترموستات را روی 100° C قرار دهید.
- ۵- در این دما بخارات تولید می‌شود که باعث ازدیاد فشار مخزن خواهد شد در این حالت فشار را از طریق فشارسنج بخوانید.
- ۶- بر اثر افزایش فشار شیر اطمینان عمل خواهد کرد و بخشی از بخار خارج خواهد شد. فشار مرحله‌ی دوم را نیز بخوانید.

فعالیت آزاد:

با نصب یک فشارسنج بوردن روی دیگ زودپز می‌توان اثر کنترل فشار را به وسیله‌ی سوپاپ‌های اطمینان دیگ مشاهده نمود.



شکل ۵-۷ - دستگاه آزمایش کنترل

خودآزمایی

- ۱- چرا کنترل در هر واحد صنعتی لازم است؟
- ۲- چنانچه شبکه‌ی کنترل سطح مایع در یک مخزن مواد شیمیایی عمل نکند چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۳- نحوه‌ی کنترل دمای آب‌گرمکن را شرح دهید.
- ۴- با یک مثال ساده کنترل فشار را توضیح دهید.

برج‌ها و ستون‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- دستگاه‌های انتقال جرم را توضیح دهد.
- ۲- برج‌ها و ستون‌های عملیات انتقال جرم را توضیح دهد.
- ۳- دستگاه تفکیک و ستون جذب سینی‌دار را بیان کند.
- ۴- برج جذب پرشده را توضیح دهد.
- ۵- با برج‌ها و ستون‌ها کار کند.
- ۶- از کارخانجات نفت و گاز و پتروشیمی یا پالایشگاه بازدید بعمل آورد.

۸-۱- مقدمه

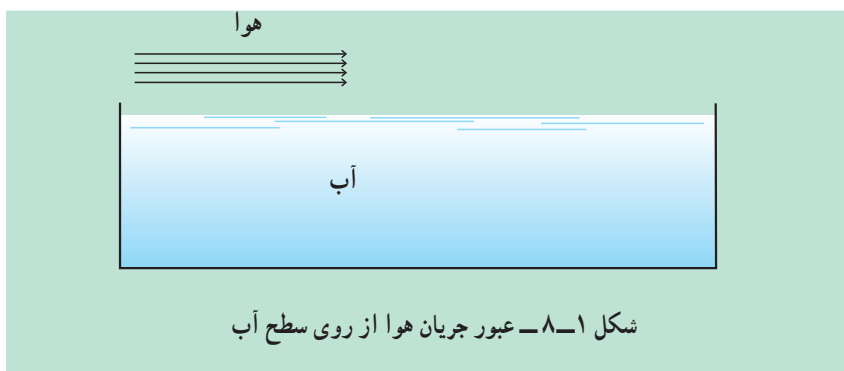
بسیاری از فرآیندهای مهندسی شیمی با مسئله‌ی تغییر غلظت در محلول‌ها و مخلوط‌ها سروکار دارند که این تغییرات الزاماً به وسیله‌ی واکنش‌های شیمیایی صورت نمی‌پذیرند. این عملیات بیش‌تر به جداسازی مخلوط‌ها و سازنده‌های آن‌ها مربوط می‌شود. در مورد مخلوط‌ها این اعمال ممکن است به شیوه‌های مکانیکی مانند فیلتراسیون یک مخلوط معلق و جدانمودن جزء جامد از مایع یا جداسازی اجزای مختلف و خردشده‌ی یک مخلوط با اندازه‌های مختلف از طریق غربال نمودن، یا جداسازی ذرات جامد آسیاب شده با استفاده از اختلاف جرم ویژه‌ی آن‌ها صورت گیرد. عملیاتی را که طی آن تغییراتی در ترکیب مخلوط‌ها به وجود می‌آید، عملیات انتقال جرم^۱ نامند. اهمیت این عملیات کاملاً واضح بوده و به ندرت می‌توان یک فرآیند شیمیایی را یافت که نیاز به خالص‌سازی اولیه‌ی مواد خام یا جداسازی نهایی محصولات از محصولات جانبی حاصل از واکنش نداشته باشد، و به دلایل مذکور عموماً عملیات انتقال جرم مورد استفاده قرار می‌گیرد. با مشاهده‌ی برج‌های تقطیر متعددی که در یک پالایشگاه نفت امروزی دیده می‌شود و در هر یک از آن‌ها عملیات انتقال جرم صورت می‌پذیرد، به اهمیت این اعمال می‌توان پی برد.

غالباً قسمت اعظم هزینه‌های مربوط به یک فرآیند صرف انجام جداسازی‌های وابسته به آن می‌گردد. مخارج مربوط به این جداسازی‌ها یا خالص‌سازی‌ها بستگی مستقیم به نسبت غلظت نهایی به غلظت ابتدایی مواد جداشده خواهد داشت. اگر این نسبت بزرگ باشد قیمت

تمام شده‌ی محصول بالاتر خواهد رفت. به عنوان مثال سولفوریک اسید یک محصول نسبتاً ارزان قیمت است چون گوگرد در طبیعت به صورت تقریباً خالص یافت می‌شود در صورتی که اورانیوم خالص به دلیل آنکه عیار سنگ معدن آن در طبیعت بسیار کم است، ماده‌ی گرانبهائی می‌باشد.

جمع‌بندی

عملیات انتقال جرم به وسیله‌ی انتقال یک فاز به داخل فاز دیگر در مقیاس مولکولی مشخص می‌شود. مثلاً وقتی آب از درون یک استخر به داخل جریان هوایی که بر روی سطح آب در حرکت است (شکل ۸-۱)، تبخیر می‌شود نوعی انتقال جرم است.



مولکول‌های بخار آب از میان مولکول‌های هوا روی سطح به درون توده‌ی هوا نفوذ کرده و از آن جا بیرون برده می‌شوند. این عمل جابجا شدن مولکول‌ها یک جابه‌جایی کلی نیست. مثلاً نمی‌توان آن را با پمپ کردن یک مایع که در آن به دلیل اختلاف فشار موجود، تمام مایع منتقل می‌شود مقایسه کرد. در این قبیل مسایل، انتقال جرم در نتیجه اختلاف غلظت انجام گرفته و ماده‌ی نفوذکننده از محلی با غلظت بیش‌تر به محلی که دارای غلظت کمتری است، منتقل می‌شود.

۸-۲- تقسیم‌بندی عملیات انتقال جرم

این تقسیم‌بندی به صورت جدول ۸-۱ می‌باشد.

جدول ۸-۱

۱- تماس مستقیم دو فاز نامحلول در یکدیگر

- ۱- گاز - گاز : غیر قابل انجام در صنعت
- ۲- گاز - مایع : جداسازی آمونیاک از مخلوط هوا و آمونیاک به وسیله آب
- ۳- گاز - جامد : خشک کردن گازهای مرطوب
- ۴- مایع - مایع : جداسازی آب و استن به وسیله تتراکلرید کربن
- ۵- مایع - جامد : جداسازی طلا از سنگ معدن
- ۶- جامد - جامد : غیر قابل انجام در صنعت

عملیات انتقال جرم

۲- جداسازی فازها با استفاده از غشاء

- ۱- گاز - گاز : جداسازی هلیوم به وسیله غشاهای پلیمری از گاز طبیعی
- ۲- مایع - مایع : شیرین‌سازی آب دریا
- ۳- گاز - مایع : جداسازی الکل از آب به وسیله یک غشاء به نوعی که الکل در طرف دیگر غشاء تبخیر شود.

۱-۲-۸- تماس مستقیم دو فاز نامحلول در یکدیگر

این گروه از نوع دیگر مهم تر می باشد و اغلب عملیات انتقال جرم در این دسته بندی واقع می شود.

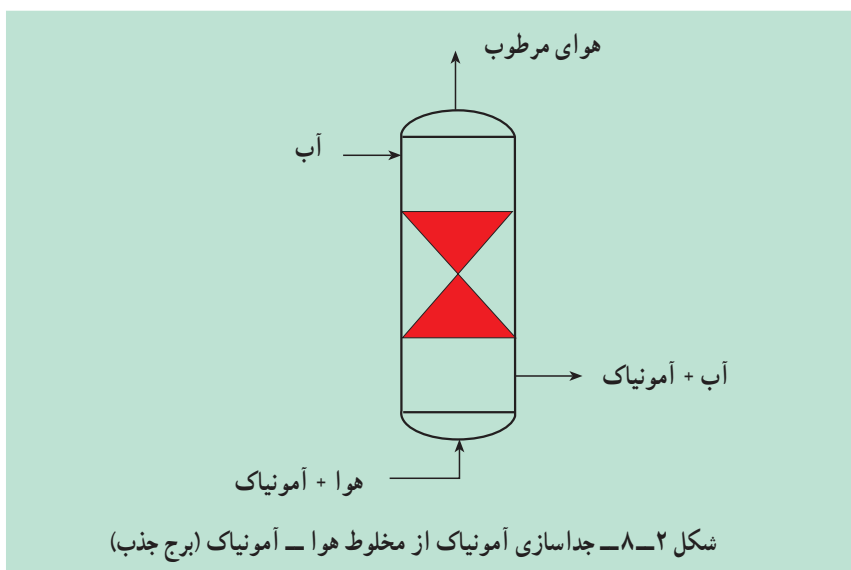
وجود سه فاز مختلف یعنی گاز، مایع و جامد امکان مجاور شدن دو فاز را با یکدیگر به شش صورت فراهم می کند.

گاز- گاز:

به جز موارد استثنایی، تمام گازها به طور کامل با یکدیگر مخلوط می شوند و لذا در این گروه فرآیندهای متداول در صنعت انجام پذیر نیست.

گاز- مایع:

جداسازی آمونیاک را از مخلوط گازی هوا- آمونیاک به وسیله ی آب می توان از این دسته نامید. در این حالت بخش عمده ای از آمونیاک موجود در هوا به داخل آب نفوذ خواهد کرد و این در حالی است که هوا در آب نفوذ نمی کند. این عمل را در صنعت جذب^۱ می نامند (شکل ۲-۸).



چنانچه هوا در تماس با محلول آمونیاک- آب قرار گیرد، قسمتی از آمونیاک از آب جدا شده و درون هوا نفوذ خواهد کرد. این فرآیند در صنعت دفع^۲ نامیده می شود.

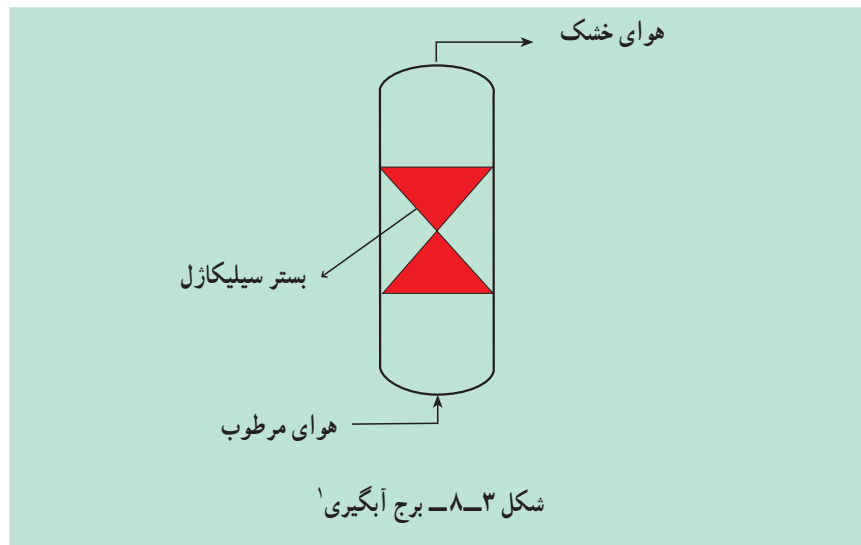
گاز- جامد:

اگر مخلوطی از هوای مرطوب در معرض یک ماده ی جاذبه ی رطوبت مثل سیلیکاژل فعال شده قرار بگیرد، بخار آب به درون فاز جامد نفوذ نموده و هوا خشک می شود این فرآیند را در صنعت خشک کردن^۳ می نامند (شکل ۳-۸).

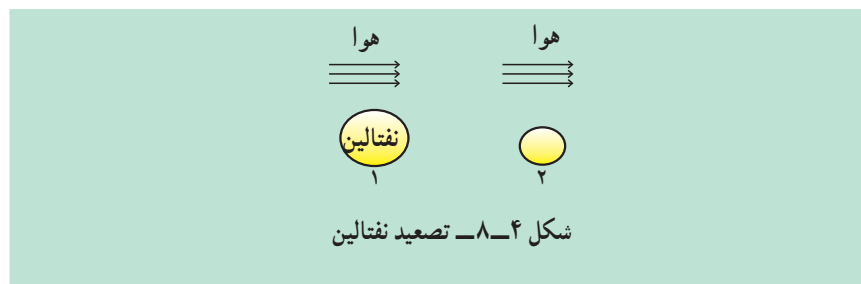
۱ - Absorption

۲ - Stripping

۳ - drying



هم چنین نفوذ نفتالین در هوا نیز نوعی انتقال از فاز جامد به گاز می باشد. این عملیات در صنعت تصعید^۲ نامیده می شود (شکل ۴-۸).



مایع - مایع:

اگر محلول استن - آب را در یک قیف جداکننده با تتراکلرید کربن تکان داده و اجازه دهند تا فازها از یکدیگر جدا شوند، قسمت عمده ی استن از فاز آب جدا شده و وارد فاز تتراکلرید کربن می شود. این عملیات را در صنعت استخراج مایع-مایع^۳ می نامند.

فعالیت ۱:

- ۱- مقدار مشخصی از آب و استن را با یکدیگر مخلوط کنید.
- ۲- مقدار مشخصی تتراکلرید کربن به محلول اضافه کنید و خوب به هم بزنید.
- ۳- به وسیله ی قیف جداکننده دو فاز مجزا را از یکدیگر جدا کنید.
- ۴- حجم های ثانویه را یادداشت کنید.
- ۵- میزان نفوذ استن را در تتراکلرید به دست آورید.

۱- Dehydration Column

۲- Sublimation

۳- Liquid - Liquid Extraction

مایع – جامد:

جداسازی طلا از سنگ‌های معدن توسط محلول‌های سیانید یا جداسازی روغن از پنبه دانه به وسیله‌ی هگزان از این گروه می‌باشد. در این قبیل موارد نفوذ از جامد به مایع صورت می‌پذیرد.

اگر ناخالصی رنگی موجود در محلول‌های شربت قند نیشکر با کربن فعال^۱ مجاور شوند مواد رنگی بر روی سطح کربن جامد جمع خواهد شد. این عمل را جذب سطحی^۲ می‌نامند.

جامد – جامد:

چون سرعت انتقال مواد درون فازهای جامد خیلی کند می‌باشد در این دسته هیچ عملیات صنعتی صورت نمی‌گیرد.

۲-۲-۸- جداسازی فازها با استفاده از غشاء:

نقش غشاء جلوگیری از مخلوط شدن دو فاز محلول در یکدیگر است. وجود غشاء باعث جداسازی مواد از یکدیگر در اثر کنترل راه عبور سازنده‌ها از یک سو به سوی دیگر غشا می‌گردد به عبارتی یک سازنده از غشاء عبور می‌کند تا جداسازی صورت بگیرد.

گاز – گاز:

اگر یک مخلوط گاز که دارای سازنده‌های مختلفی با جرم مولکولی متفاوت است با غشاء تماس داشته باشد، سازنده‌های مخلوط با شدت‌های گوناگونی که بستگی به جرم مولکولی آن‌ها دارد از درون غشاء عبور خواهند کرد. هلیوم را از گاز طبیعی با استفاده از غشاهای پلیمری فلوروکربن جدا می‌کنند در این حالت گاز هنگام عبور از غشاء ابتدا درون آن حل شده و سپس نفوذ می‌نماید. جداسازی در این حالت در اثر اختلاف حلالیت سازنده انجام خواهد شد.

گاز – مایع:

اگر محلولی از آب و الکل در مجاورت با یک غشاء مناسب غیرمتخلخل که قدرت حل کردن الکل را داشته باشد، قرار دهیم، الکل پس از عبور از غشاء در سمت دیگر تبخیر خواهد شد.

مایع – مایع:

اگر محلول شربت قند چغندر حاوی ناخالصی‌های کلوییدی باشد می‌توان ناخالصی‌های موجود را با استفاده از حلال آب و یک غشاء نیمه‌تراوا جدا ساخت، آب و قند از غشاء عبور می‌نمایند در صورتی که ذرات درشت کلوییدی قادر به عبور نخواهند بود. هم‌چنین اگر حلالی را از محلولی که در آن است با استفاده از غشایی که فقط بتواند حلال را از خود عبور دهد، جدا کنند، فرآیند را اسمز^۳ می‌گویند.

بدیهی است که با استفاده از فشاری مخالف و غالب بر فشار اسمزی می‌توان

۱ – Active Carbon

۲ – Absorption

۳ – Osmosis

جریان حلال را معکوس کرد و حلال و حل‌شونده بدین ترتیب با عمل اسمز معکوس^۱ از یکدیگر جدا خواهند شد و این، یکی از فرآیندهای متداول در شیرین کردن آب دریاست.

۳-۸ - انتخاب روش جداسازی

خصوصیات فیزیکی مواد موردنظر و هزینه‌ی عوامل اصلی در انتخاب روش جداسازی خواهند بود. مثلاً روغن‌های نباتی را از دانه‌ی آن‌ها می‌توان از طریق فشردن دانه یا استخراج به کمک حلال به دست آورد. عموماً روشی که هزینه‌ی کمتری داشته باشد مورد استفاده قرار خواهد گرفت. بندرت عوامل دیگر ممکن است در تصمیم‌گیری دخالت کنند. مثلاً ساده‌ترین روش، با وجودی که ممکن است کم‌هزینه‌ترین روش نباشد، به دلیل سادگی مطلوب‌ترین است. در برخی از موارد به لحاظ عدم وجود اطلاعات کافی برای طراحی، یک روش ارزان را کنار می‌گذارند. تجربیات کاری گذشته نیز می‌تواند در تصمیم‌گیری نهایی نقش بسیار مهمی را ایفا کند.

۴-۸ - اصول طراحی

در طراحی هر واحد مربوط به انتقال جرم، چهار عامل اصلی باید تعیین گردد:

- ۱- تعداد مراحل ایده‌آل (تعداد مراحل که فازها با یکدیگر تماس دارند).
- ۲- زمان لازم برای تماس فازها
- ۳- شدت جریان‌های مجاز فازها
- ۴- انرژی‌های مورد نیاز برای عملیات انتقال جرم.

در این فصل مبحث برج‌های جذب و دفع و دستگاه‌های تفکیک‌کننده نفت و گاز را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۵-۸ - برج تفکیک‌کننده نفت و گاز^۲

نفت استخراج شده از مخازن زیرزمینی حاوی گاز، آب شور، شن و سنگریزه و ناخالصی‌های دیگری می‌باشد که وجود چنین ناخالصی‌هایی باعث شده است تا از دستگاه‌هایی استفاده شود و در این ادوات نفت از ناخالصی‌های مذکور جدا شود. از آن جایی که نفت دارای مقادیر زیادی گاز حل شده می‌باشد و این گازها در حین انتقال نفت توسط خطوط لوله ایجاد مشکل و انسداد خط جریان را می‌کنند لذا ضرورت جداسازی گاز را از نفت توجیه می‌کند. هم چنین گاز جدا شده از نفت حاوی هیدروکربن‌های سبک و غنی می‌باشد که خود دارای ارزش‌های فراوان اقتصادی هستند.

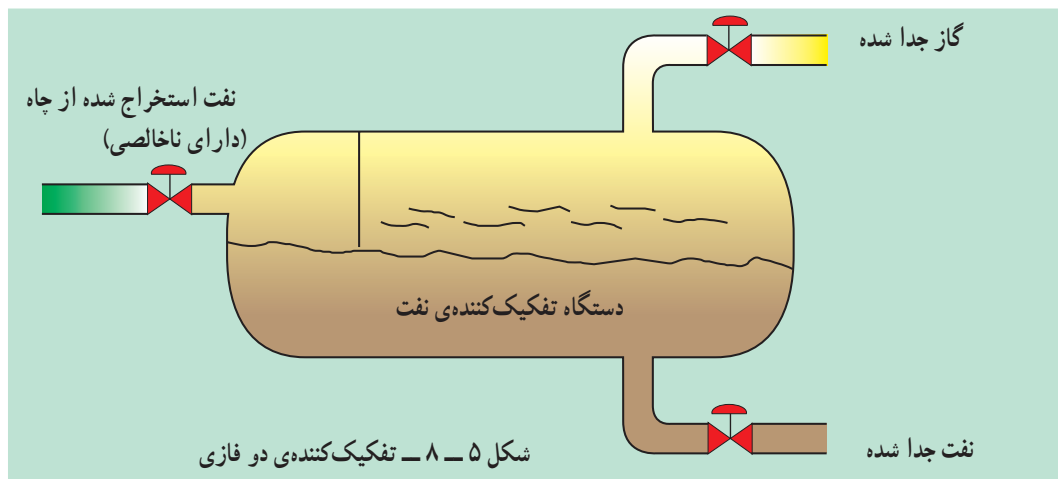
۱- Reverse Osmosis

۲- Oil and Gas separator

تفکیک کننده‌ها به‌طور کلی به دو صورت وجود دارند :

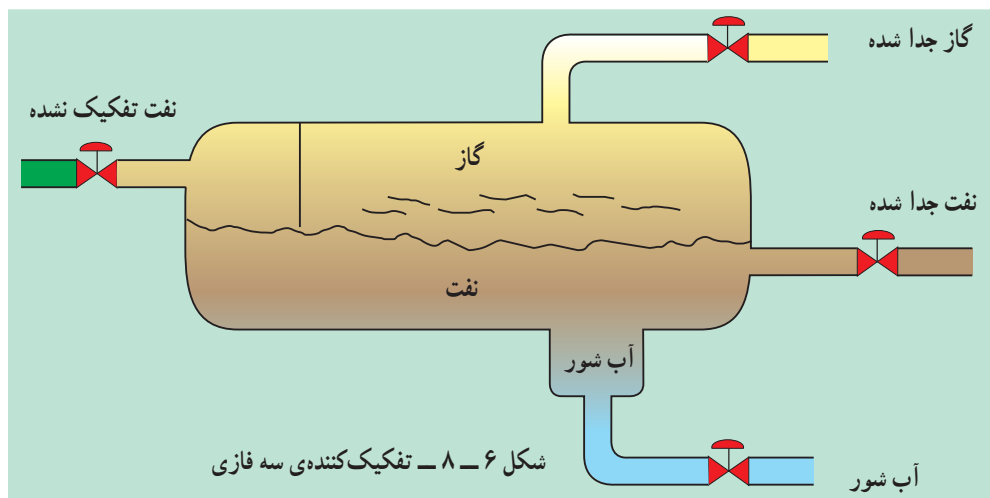
۱-۵-۸ - تفکیک کننده‌های دو فازی^۱

در این دستگاه‌ها دو فاز گاز و نفت از یکدیگر جدا می‌شوند (مطابق شکل ۵-۸). فاز گاز از بالای تفکیک کننده و فاز نفت (مایع) از پایین دستگاه خارج می‌شوند. اصولاً تفکیک کننده‌ها به صورت افقی در مسیر جریان نفت قرار می‌گیرند و به دلیل شرایط خاص دمایی و فشاری باعث جدایی دو فاز از یکدیگر می‌شود. این عملیات را تبخیر ناگهانی^۲ می‌نامند.



۲-۵-۸ - تفکیک کننده‌های سه فازی^۳

در این دستگاه‌ها سه فاز نفت و گاز و آب شور (حاوی نمک) از یکدیگر جدا می‌شوند. فاز گاز از بالای دستگاه، فاز نفت و آب (مایع) از پایین تفکیک کننده و بر اساس چگالی از یکدیگر جدا می‌شوند. یعنی آب شور پایین‌تر از نفت قرار می‌گیرد و پس از تجمع در ته دستگاه تخلیه می‌شوند (شکل ۶-۸).



۱- Two phase separator ۲- Flash vaporization ۳- Three phase separator

۳-۵-۸ - وسایل داخلی دستگاه‌های تفکیک کننده

برای آن که عمل تفکیک به خوبی انجام شود و نفت تا حد مطلوب عاری از گاز شود وسایلی در داخل دستگاه تفکیک به کار برده می‌شود که هر کدام به نوبه‌ی خود عملی جداگانه برای جدا کردن گاز از نفت انجام می‌دهند. وسایل داخلی دستگاه عبارتند از:

۱- سینی منحرف کننده^۱

۲- ورقه‌های محوکننده‌ی کف^۲

۳- ورقه‌های جداکننده‌ی گاز از نفت^۳

۴- ورقه‌های نم‌گیر^۴

۵- گرداب شکن^۵

۴-۵-۸ - طرز کار وسایل داخلی دستگاه تفکیک کننده

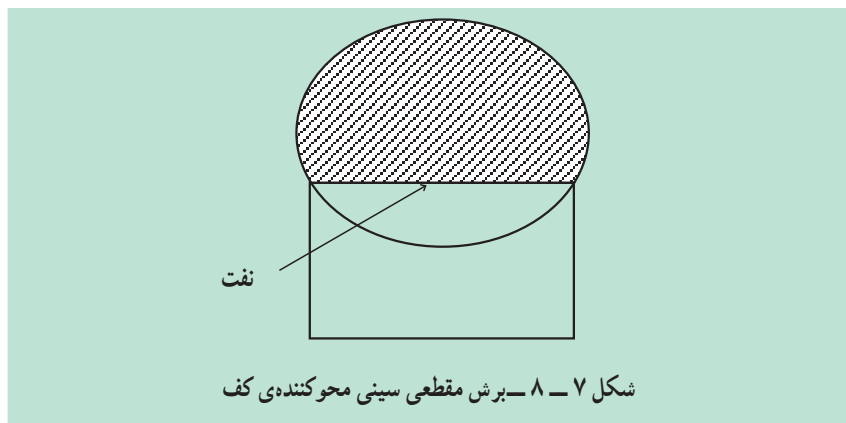
سینی منحرف کننده:

سینی مزبور در نقطه‌ای که نفت و گاز وارد دستگاه تفکیک می‌شود، نصب شده است. این سینی به اشکال مختلفی وجود دارد.

نفت موقعی که وارد دستگاه تفکیک می‌گردد با سینی منحرف کننده برخورد می‌کند. روی این سینی چند میله وجود دارد. نفت پس از برخورد با میله‌ها به سمت پایین هدایت می‌شود. وجود میله‌ها برای ایجاد تنش در نفت و در نهایت جداسازی بیشتر نفت و گاز می‌باشد. در این حالت گازهای سبک زیادی جدا می‌شوند. گازهای جدا شده از نفت به طرف بالای دستگاه تفکیک هدایت می‌شود.

ورقه‌های محوکننده‌ی کف:

نفتی که از سینی منحرف کننده به طرف پایین سرازیر می‌شود هنوز دارای مقادیر گاز می‌باشد و در نتیجه‌ی ریزش به طرف پایین، مقداری کف تولید می‌کند. برش مقطعی از ورقه‌های محوکننده‌ی نفت را در شکل ۷-۸ مشاهده می‌کنید.



۱- Deflector Dish

۲- Defoaming Baffles

۳- Dividing plates

۴- Mist Eliminator

۵- Vortex Breaker

وظایف ورقه‌ی محوکننده‌ی کف عبارت است از :

۱- از تولید کف در داخل دستگاه جلوگیری کرده و اگر کفی ایجاد شود آن را از بین می‌برد.

۲- از تلاطم نفت درون دستگاه جلوگیری می‌کند.

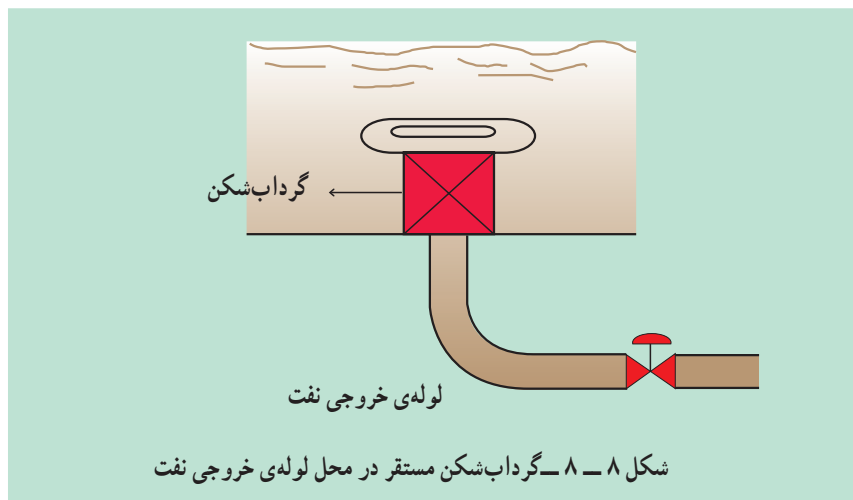
۳- باعث می‌شود گاز بیش‌تری از نفت جدا شود.

ورقه‌های جداکننده‌ی گاز از نفت:

نفتی که از سینی منحرف‌کننده به طرف پایین سرازیر می‌شود مقدار دیگری گاز دارد. این گاز به وسیله‌ی ورقه‌ی جداکننده از نفت جدا می‌شود.

گرداب‌شکن:

گرداب‌شکن یا مانع عبور گاز از لوله‌ی نفت در محل لوله‌ی خروجی نفت قرار دارد. معمولاً جایی که مایع باشد در قسمتی که عمق آن از جاهای دیگر بیش‌تر است، گرداب ایجاد می‌شود و همین گردابی که تولید شده باعث می‌شود مقدار گازی که از نفت جدا شده از سوراخ بین گرداب همراه نفت خارج شده و به مراحل بعدی تفکیک برود. در نتیجه عمل تفکیک در دستگاه‌های بعدی را با مشکل مواجه سازد. شکل ۸-۸ نمای از گرداب‌شکن را نمایش می‌دهد.

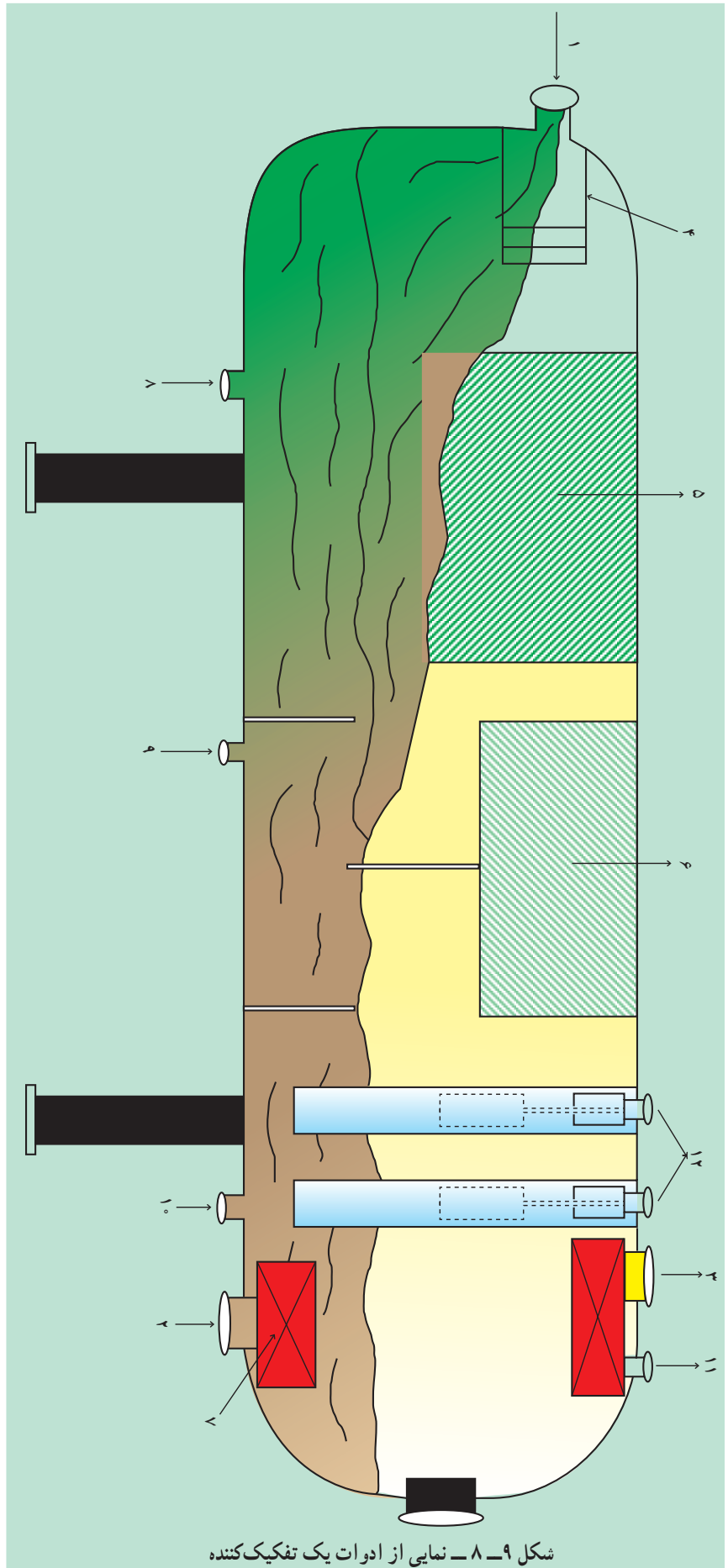


نم‌گیر:

نم‌گیر نزدیک لوله‌ی خروجی گاز قرار دارد. وظیفه‌ی نم‌گیر گرفتن رطوبت و قطرات نفتی است که همراه گاز می‌باشد.

نفت در اثر برخورد با سینی منحرف‌کننده مقدار زیادی گاز خود را از دست می‌دهد. هم‌چنین ورقه‌ی جداکننده نیز مقدار دیگری گاز را از نفت جدا می‌کند. این گازها همراه مقداری از قطره‌های نفت می‌باشد. این قطره‌ها نباید همراه گاز از بالای دستگاه خارج شود. به همین دلیل از نم‌گیر استفاده می‌شود.

شکل ۸-۹ نمای کلی از یک دستگاه تفکیک‌کننده‌ی گاز و نفت را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۹ - نمایی از ادوات یک تفکیک کننده

جدول قطعات تفکیک کننده ی مربوط به شکل ۹-۸

شماره	توضیح
۱	نازل نفت ورودی ^۱
۲	نازل نفت خروجی ^۲
۳	نازل گاز خروجی ^۳
۴	سینی منحرف کننده ^۴
۵	سینی محو کننده ی کف ^۵
۶	موانع حذف رطوبت ^۶
۷	مانع جریان گردابی (گرداب شکن) ^۷
۸	نازل تخلیه ی مایع (ته کش) ^۸
۹	نازل تخلیه ی مایع (ته کش)
۱۰	نازل تخلیه ی مایع (ته کش)
۱۱	تخلیه ی گاز ^۹
۱۲	کنترل کننده ی سطح نفت ^{۱۰}

-
- ۱_ Oil Inlet Nozzle
 - ۲_ Oil Outlet Nozzle
 - ۳_ Gas Outlet Nozzle
 - ۴_ Deflector Dish
 - ۵_ Defoaming Baffles
 - ۶_ Mist Eleminator Baffles
 - ۷_ Vortex Breaker
 - ۸_ Drain
 - ۹_ Vent
 - ۱۰_ Liquid level controller

اختلال در عملیات تفکیک:

مهمترین معایبی که در حین عملیات تفکیک ممکن است پیش بیاید به شرح زیر

می باشد:

الف - رفتن گاز همراه نفت^۱ از پایین دستگاه تفکیک:

(شکل ۸-۱۰)

علائمی که مشخص کننده این حالت هستند، عبارتند از:

۱- پایین آمدن سطح نفت در دستگاه تفکیک

۲- کم شدن حرارت لوله ی خروجی نفت دستگاه تفکیک

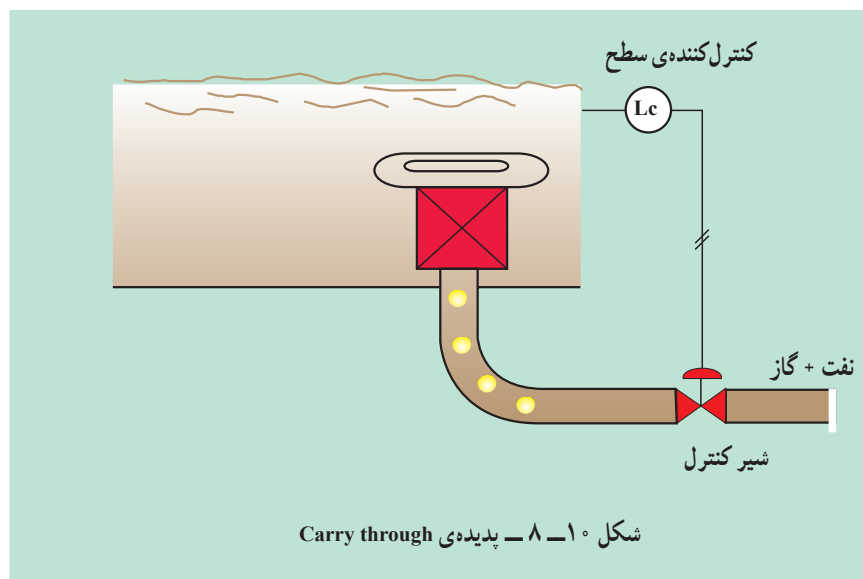
۳- زیاد شدن صدای لوله ی خروجی نفت

طریقه ی برطرف کردن این مشکل عبارتست از:

۱- افزایش سطح نفت در دستگاه تفکیک

۲- ممکن است شیر کنترل سطح نفت خراب شده باشد که باید توسط نیروهای

تعمیرات مستقر در کارخانه، شیر کنترل را اصلاح کرد.



ب - خروج نفت همراه گاز^۲ از بالای دستگاه تفکیک:

(شکل ۸-۱۱)

اگر نفت همراه گاز از لوله ی خروجی گاز بالای دستگاه تفکیک خارج شود این

مشکل پیش می آید. علائم شناخت این پدیده عبارتند از:

۱- زیاد شدن بیش از حد سطح نفت در دستگاه

۲- دود کردن مشعل^۳ اصلی کارخانه

۱- Carry through

۲- Carry over

۳- Stock flare

۳- زیاد شدن درجه‌ی حرارت لوله‌ی خروجی گاز

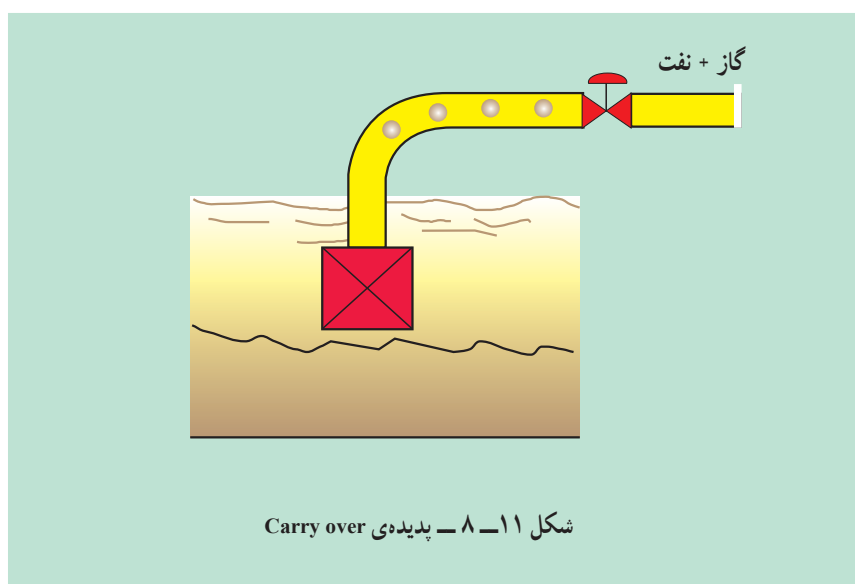
۴- کم شدن فشار دستگاه تفکیک

۵- تغییر صدای لوله‌ی گاز خروجی (صدا کمتر می‌شود).

برطرف کردن این مشکل :

۱- سطح نفت باید در دستگاه تفکیک پایین آورده شود. علت ممکن است مربوط به شیر کنترل سطح نفت باشد یا اینکه ممکن است شیر کنترل فشار از تنظیم خارج شده باشد.

۲- سرمای شدید و باران نیز باعث این مشکل خواهد شد، لذا در این حالت باید درجه حرارت دستگاه تفکیک را افزایش داد.

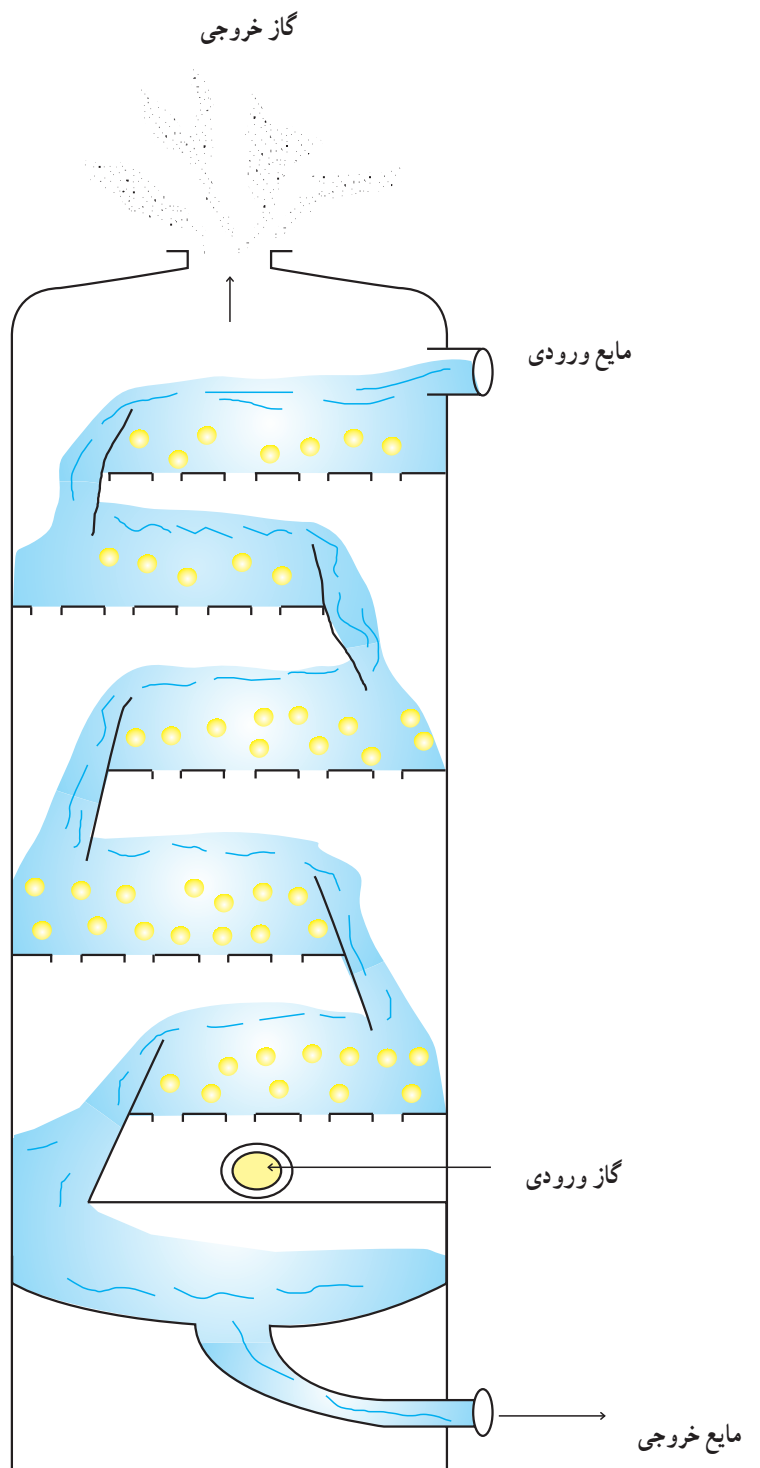


۶-۸- برج‌های سینی‌دار^{۱*}

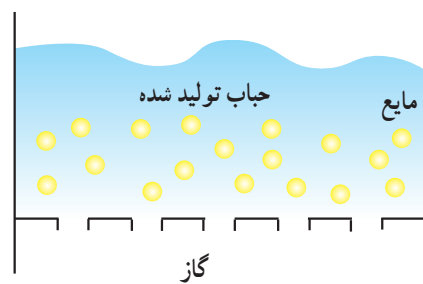
برج‌های سینی‌دار استوانه‌هایی عمودی هستند که در آن‌ها مایع و گاز به صورت مرحله‌ای در سینی‌ها یا صفحات، تماس حاصل نمایند. در شکل ۱۲-۸ یک نوع از آنها دیده می‌شود. مایع از بالای برج وارد شده و تحت اثر نیروی جاذبه به طرف پایین حرکت می‌کند. مایع در مسیر خود از طریق یک مجرا به سینی پایین می‌ریزد. گاز از پایین به بالا حرکت می‌کند و از طریق روزنه‌های موجود در صفحات (سینی‌ها) به صورت حباب درآمده و به درون مایع پراکنده می‌شود و ایجاد کف می‌کند. سپس گاز و مایع از یکدیگر جدا شده و به سرعت سینی‌های بعدی حرکت می‌کنند. هر سینی برج به منزله یک مرحله می‌باشد زیرا تماس کافی در روی هر کدام از سینی‌ها بین فازها انجام می‌شود.

۱- Tray towers

* برای اطلاعات بیشتر به کتاب عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی مراجعه شود.



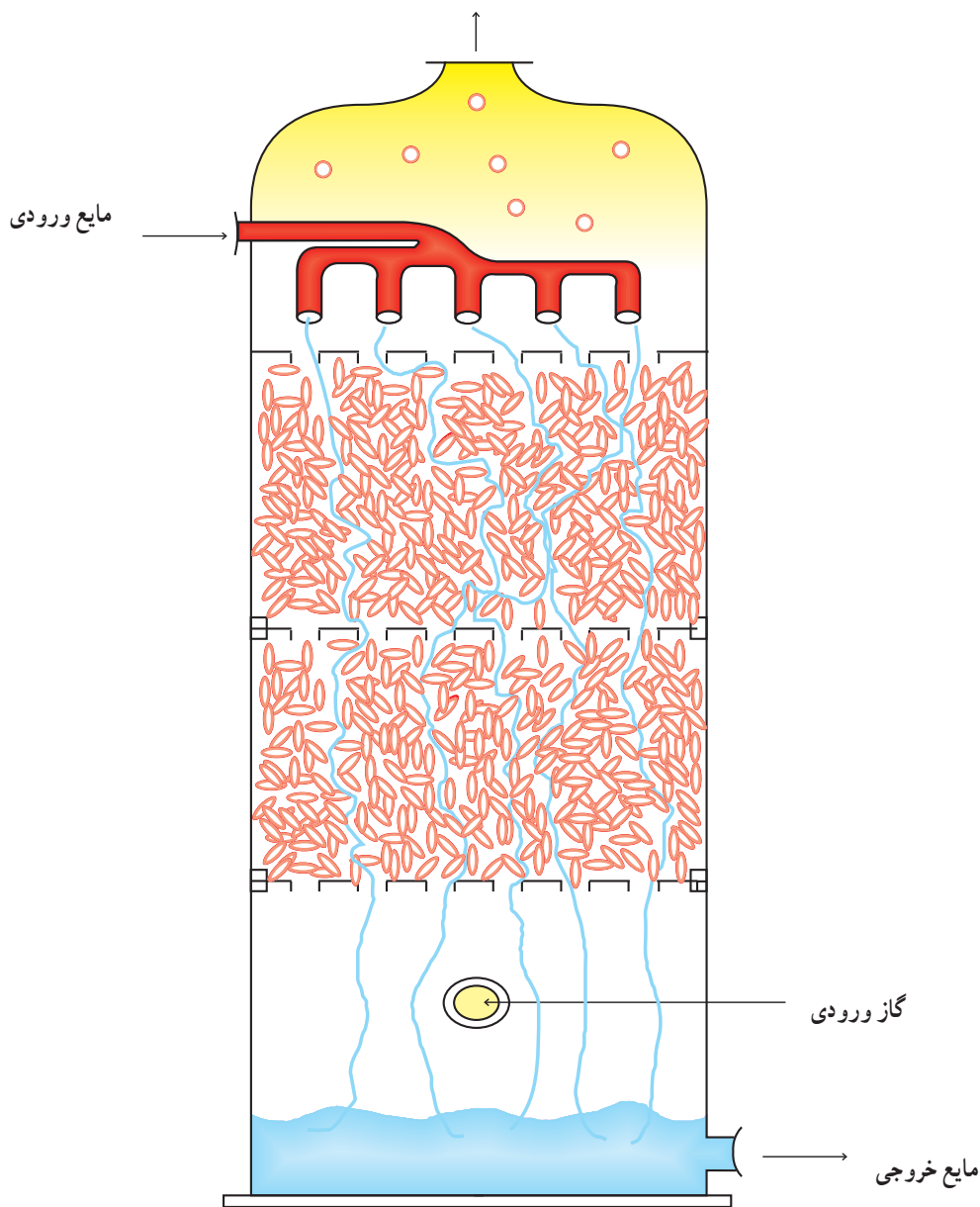
شکل ۱۲-۸ - الف - نمایی از یک برج با سینی مشبک



شکل ۱۲-۸ - ب - مقطعی از یک سینی مشبک

۷-۸- برج‌های پرآکنده^۱

همان‌طور که در شکل ۸-۱۳ دیده می‌شود، در این دستگاه‌ها مایع و گاز به صورت متقابل یا همسو در تماس مداوم با یکدیگر قرار می‌گیرند. برای ایجاد سطح تماس بین دو فاز، در این برج‌ها از قطعات پرکن^۲ (آکنه) استفاده می‌شود. در دستگاه‌های مذکور، فاز مایع از بالا وارد شده و سطح پرکن‌ها مرطوب می‌شود. گاز از پایین وارد شده و از میان فضاهای خالی بین پرکن‌ها عبور کرده و به سمت بالا می‌رود. روی سطح پرکن‌ها عملیات انتقال بین فازها انجام می‌شود.^۳ گاز خروجی



شکل ۸-۱۳- برج پرآکنده

۱- Packed Tower

۲- Packing

۳- به کتاب عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی مراجعه شود.

- پرکن‌ها باید دارای خواص زیر باشند :
- الف - سطح تماس زیادی را بین مایع و گاز ایجاد نمایند.
- ب - با مایع و گاز عبوری در برج واکنش ندهند.
- ج - دارای استحکام باشند تا استفاده از آن‌ها به آسانی امکان‌پذیر باشند.
- د - ارزان قیمت باشند.

۸-۸- اشکالات حین عملیات

- ۱- اگر سرعت فاز گاز زیاد باشد باعث می‌شود قطرات مایع از یک سینی به سینی بالاتر منتقل شود در نتیجه بازدهی برج کاهش پیدا کرده و خلوص محصول کاهش می‌یابد. این مشکل ماندگی مایع^۱ نام دارد. برای نقص این مشکل باید سرعت فاز گاز را کم کرد.
- ۲- در صورتی که شدت گاز کم باشد، مایع از سوراخ‌های سینی به سمت سینی پایینی انتقال پیدا می‌کند. این پدیده را ریزش می‌نامند^۲. اگر شدت گاز خیلی کم باشد تمام مایع به سمت پایین خواهد ریخت و تقریباً عملیات متوقف خواهد شد. در این حالت باید سرعت فاز گاز را افزایش داد.
- در حقیقت باید سرعت فاز گاز را بر اساس سرعت فاز مایع به درستی بهینه و تنظیم نمود.

۸-۹- بازدید

از آنجایی که هزینه‌ی ساخت و تجهیز کارگاه این بخش خیلی زیاد خواهد شد و نتایج مطلوب عملی نیز حاصل نمی‌شود، توصیه این است که حتماً از کارخانجات نفت، گاز، پالایشگاه و پتروشیمی دیدن به عمل آید. درحین بازدید برج‌های سینی‌دار و پر شده را به تفصیل بازدید نموده و از هنرآموزان گزارش بازدید خواسته شود.

خودآزمایی

- ۱- عملیات انتقال جرم به چند دسته‌ی کلی تقسیم‌بندی می‌شود؟ نام ببرید.
- ۲- خشک کردن جزء کدام دسته از عملیات می‌باشد؟ با مثالی توضیح دهید.
- ۳- شماتیک یک برج دفع را رسم کرده و جریان‌های هر کدام را براساس جداسازی آمونیاک به وسیله‌ی آب از مخلوط هوا - آمونیاک نام‌گذاری کنید.
- ۴- تحقیقی در ارتباط با شیرین‌سازی آب دریا انجام دهید.
- ۵- عوامل اصلی را در طراحی دستگاه‌های انتقال جرم نام ببرید.
- ۶- وسایل داخلی دستگاه تفکیک گاز - مایع را نام ببرید.
- ۷- از گرداب شکن به چه منظوری استفاده می‌شود؟
- ۸- علائم خروج نفت همراه گاز از بالای دستگاه تفکیک را نام ببرید.
- ۹- پرکن‌ها در برج‌های پر شده باید چه خصوصیتی داشته باشند؟
- ۱۰- پدیده‌ی ریزش را شرح داده و بگویید چگونه برطرف می‌شود؟

منابع و مراجع

- ۱- حسن مدنی، مکانیک سیالات و هیدرولیک، انتشارات امیرکبیر
- ۲- دیوید همیل بلاو، اصول شیمیایی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی، مک گراهیل
- ۳- کاگ ناور و کابل، کنترل فرآیندها، مک گراهیل
- ۴- سید پندار توفیقی، طراحی و تنظیم سیستم‌های کنترل در واحدهای شیمیایی نفت و گاز، آموزش صنعت نفت جنوب، ۱۳۷۴.
- ۵- Streeter - willey - bedford, fluid Mechanic, Mc Graw Hill, 1999.
- ۶- J. P. Holman, Heat Transfer, Mc Graw Hill, 1990.
- ۷- J. P. Holman, Experimental Method of Engineering, 1998.
- ۸ - Miller, Flow Meaurement Engineering Hand book, 1997.
- ۹- KarraSik, Pump Hand book, 1998.
- ۱۰- Coulson & Richardson, Coulson & Richardson's Chemical Engineering, 1999.
- ۱۱- William. R. Apblett. Jr, Shell & Tube Heat Exchanger, Foster Wealer, development Corporation, 1991.
- ۱۲- G. Walker, Industrial Heat Exchanger a basic guide, University of Calgary.
- ۱۳- Sulzer Company, Pump for The offshore Oil Industry.
- ۱۴- Sulzer Company, Turbo Compressors, Standardized line of Compressor, 1990.
- ۱۵ - EBARA Corporation, Caoing Manual, 1993.
- ۱۶- MANNES MANN. Demag Company, Centrifugal, 1994. Compressor of The Oil & gas Industry, 1994.
- ۱۷- Platon Instrumentation flow bits, flow & Pressure Measurement & Control Equipment, 1991.
- ۱۸ - Treyball, R, Mass Transfer operations, Mc. Graw. Hill, 1996.

