بسم الله الرحمن الرحیم

کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی

رشتهٔ صنایع شیمیایی

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۲۴۱۲

۵۴۳ توفیقی، سیّدپندار
۰۲۸/ کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی / مؤلف :سیّدپندار توفیقی. ــ تهران : شرکت
ک ۸۵۳ ت/ چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.
۱۳۹۵ ۹۸ص. : مصور. ــ(آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۲۴۱۲)
متون درسی رشتهٔ صنایع شیمیایی، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ صنایع شیمیایی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. عملیات دستگاهی ــ کارگاه‌ها. ۲. صنایع شیمیایی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ صنایع شیمیایی. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب بـه نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف‌کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

یکاهای اندازه‌گیری،علائم اختصاری،نقشه‌های موجود در این کتاب توسط مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بررسی و تأیید گردیده است.

این کتاب در سال تحصیلی ۸۹ــ۸۸ بر اساس نظرها و پیشنهادهای هنرآموزان سراسر کشور پس از تأیید در کمیسیون تخصصی رشتهٔ صنایع شیمیایی بازنگری و اصلاح شده است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌و حرفه‌ای و کاردانش**

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

مؤلف : **سیّدپندار توفیقی**

اعضای کمیسیون تخصصی : **طیبه کنشلو، محمدرضا ارشدی، مرضیه گرد، اعظـم صفاری، ناصررضائی‌شوشتری و ساسان صدرایی نوری**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **مریم دهقان‌زاده**

صفحه‌آرا : **فائزه محسن‌شیرازی**

طراح جلد : **طاهره حسن‌زاده**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

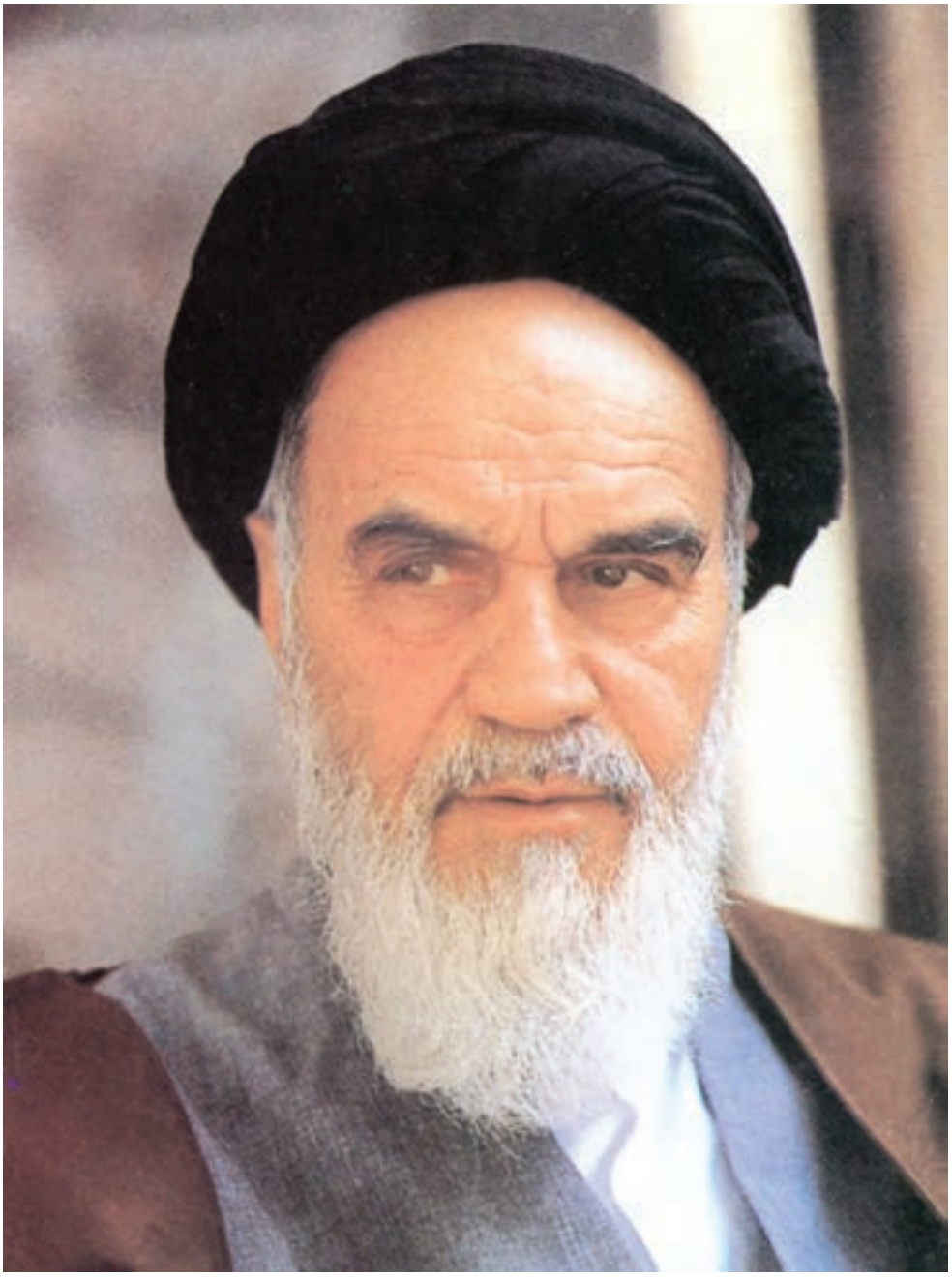
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ شانزدهم ۱۳۹۵**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۹۶۴-۰۵-۱۰۴۴-۰ **ISBN 964-05-1044-0**



شما متوقع نباشید که همین امروز بتوانید طیاره درست کنید، میگ درست کنید. البته الان نمی‌شود ؛ اما مأیوس نباشید از این‌که نمی‌توانیم درست کنیم. باید بیدار شوید، بروید دنبال این‌که 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.

امام‌خمینی

فهرست مطالب

فصل اوّل ــ گزارش‌نویسی ۲
۱ــ۱ــ نحوه‌ی گزارش نویسی ۲
۱ــ۱ــ ۱ــ چکیده ۲
۱ــ۱ــ۱ــ مقدمه ۲
۱ــ۱ــ۱ــ هدف ۲
۱ــ۱ــ۱ــ تئوری ۲
۱ــ۱ــ۱ــ شرح دستگاه و روش آزمایش ۲
۱ــ۱ــ۱ــ محاسبات ۳
۱ــ۱ــ۱ــ نتایج آزمایش‌ها ۳
۱ــ۱ــ۱ــ تفسیر نتایج ۳
۱ــ۱ــ۱ــ نتیجه‌گیری ۳
۱ــ۱ــ۱ــ خطاهای آزمایش ۳
۱ــ۱ــ۱ــ مراجع و منابع ۳
۱ــ۱ــ گزارش نوبت‌کاری ۴

فصل دوّم ــ اندازه‌گیری دما ۱۰
۲ــ۱ــ مقدمه ۱۰
۲ــ۲ــ مقیاس‌های دما ۱۰
۲ــ۳ــ وسایل اندازه‌گیری دما ۱۰
۲ــ۳ــ۱ــ دماسنج مایعی ۱۰
۲ــ۳ــ۲ــ دماسنج انبساط سیّال ۱۱
۲ــ۳ــ۳ــ ترموکوپل‌ها ۱۱
۲ــ۳ــ۴ــ انواع ترموکوپل‌های صنعتی ۱۲
۲ــ۳ــ۵ــ دماسنج‌های دیجیتالی ۱۳
۲ــ۴ــ آزمایش : ساختن ترموکوپل ۱۴

فصل سوّم ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار ۱۶
۳ــ۱ــ مقدمه ۱۶
۳ــ۲ــ وسایل اندازه‌گیری فشار ۱۶
۳ــ۲ــ۱ــ دسته اول ۱۶
۳ــ۲ــ۲ــ فشارسنج بوردن ۲۱
۳ــ۲ــ۳ــ فشارسنج‌های دیجیتالی ۲۲

فصل چهارم ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان سیّالات ۲۴
۴ــ۱ــ مقدمه ۲۴
۴ــ۲ــ روش‌های اندازه‌گیری شدت جریان (دبی) ۲۴
۴ــ۲ــ۱ــ روش جابه‌جایی مثبت ۲۴
۴ــ۲ــ۲ــ روش انسداد جریان ۲۵
۴ــ۲ــ۳ــ اندازه‌گیری دبی به وسیله‌ی لوله‌ی پیتوت ۳۰
۴ــ۲ــ۴ــ اندازه‌گیری دبی به‌وسیله‌ی اثرات نیروی مقاوم ۳۱
۴ــ۳ــ مقایسه‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان (ونتوری متر و اری فیس‌متر) ۳۲
۴ــ۳ــ۱ــ ونتوری متر ۳۲
۴ــ۳ــ۲ــ اری فیس‌متر ۳۲
۴ــ۴ــ آزمایش : محاسبه‌ی میزان دبی و نوع جریان ۳۲
۴ــ۵ــ آزمایش : محاسبه‌ی ضریب اصطکاک در جریان آرام ۳۴
۴ــ۶ــ محاسبه‌ی تغییرات ویسکوزیته‌ی سیال بر اثر تغییرات دما ۳۵

۷ـ۴ـ آزمایش : اندازه‌گیری جریان سیالات به‌وسیله‌ی اری‌فیس و ونتوری ۳۹

فصل پنجم ــ پمپ‌ها و کمپرسورها ۴۵
۵ـ۱ـ مقدمه ۴۵
۵ـ۱ـ۱ـ پمپ ۴۵
۵ـ۱ـ۲ـ پمپ گریز از مرکز ۴۵
۵ـ۲ـ محاسبه‌ی توان الکتریکی پمپ ۵۰
۵ـ۳ـ محاسبه‌ی توان فرآیندی پمپ ۵۰
۵ـ۴ـ راندمان کلی پمپ ۵۱
۵ـ۵ـ حفره‌زایی در پمپ ۵۱
۵ـ۶ـ آزمایش : پمپ گریز از مرکز ۵۲
۵ـ۷ـ کمپرسورهای گازی ۵۵
۵ـ۷ـ۱ـ عمل‌کرد کمپرسور ۵۶
۵ـ۸ـ کمپرسورهای هوا ۵۸
۵ـ۸ـ۱ـ کمپرسورهای توربینی ۵۸
۵ـ۸ـ۲ـ کمپرسورهای پیستونی ۵۸
۵ـ۸ـ۳ـ تراکم چند مرحله‌ای ۵۹
۵ـ۸ـ۴ـ درجه حرارت هوای فشرده ۵۹

فصل ششم ــ مبدّل‌های حرارتی ۶۲
۶ـ۱ـ مقدمه ۶۲
۶ـ۲ـ مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای ۶۲
۶ـ۳ـ انواع جریان در مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای ۶۳
۶ـ۴ـ اساس کار مبدّل‌های حرارتی لوله ــ پوسته ۶۴
۶ـ۵ـ راه‌اندازی مبدّل‌های حرارتی ۶۵
۶ـ۶ـ از کار انداختن مبدّل‌های حرارتی ۶۵
۶ـ۷ـ خوردگی در مبدّل‌های حرارتی ۶۵
۶ـ۸ـ آزمایش : مبدّل حرارتی دو لوله‌ای ــ U شکل ۶۶
۶ـ۹ـ آزمایش : مبدّل حرارتی پوسته ــ لوله ۶۹

فصل هفتم ــ کنترل فرآیند ۷۳
۷ـ۱ـ مقدمه ۷۳
۷ـ۲ـ کنترل سطح مایع ۷۳
۷ـ۳ـ کنترل دما ۷۵
۷ـ۴ـ کنترل فشار ۷۵
۷ـ۵ـ شیرهای کنترل ۷۶
۷ـ۶ـ آزمایش : کنترل سطح، دما و فشار آب‌گرم‌کن ۷۶

فصل هشتم ــ برج‌ها و ستون‌ها ۸۰
۸ـ۱ـ مقدمه ۸۰
۸ـ۲ـ تقسیم‌بندی عملیات انتقال جرم ۸۲
۸ـ۲ـ۱ـ تماس مستقیم دوفاز نامحلول‌دریکدیگر ۸۳
۸ـ۲ـ۲ـ جداسازی فازها با استفاده از غشاء ۸۵
۸ـ۳ـ انتخاب روش جداسازی ۸۶
۸ـ۴ـ اصول طراحی ۸۶
۸ـ۵ـ برج تفکیک‌کننده‌ی نفت و گاز ۸۶
۸ـ۵ـ۱ـ تفکیک‌کننده‌های دوفازی ۸۷
۸ـ۵ـ۲ـ تفکیک‌کننده‌های سه‌فازی ۸۷
۸ـ۵ـ۳ـ وسایل داخلی دستگاه‌های تفکیک‌کننده ۸۸
۸ـ۵ـ۴ـ طرزکار وسایل‌داخل‌دستگاه‌تفکیک‌کننده ۸۸
۸ـ۶ـ برج‌های سینی‌دار ۹۳
۸ـ۷ـ برج‌های پر آکنده ۹۵
۸ـ۸ـ اشکالات حین عملیات ۹۶
۸ـ۹ـ بازدید ۹۶

منابع و مراجع ۹۸

مقدمه

سپاس بر کردگار پاک که لطف خویش را شامل بنده‌اش فرموده تا برحسب وظیفه، آموخته‌ی خویش را در قالب این کتاب تقدیم دانش‌پژوهان نماید. در ابتدای کتاب نحوه‌ی گزارش‌نویسی بیان شده‌است 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 این‌که این کتاب عاری از ایراد نخواهد بود، رهنمودهای ارزنده 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 «مهندسی‌شیمی» 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 عدّه‌ای از دانش‌آموختگان این رشته در آزمایشگاه‌ها و برخی نیز در واحدهای صنعتی مشغول به‌کار می‌شوند، در این کتاب سعی شده است آشنایی ابتدایی با دستگاه‌های اوّلیه 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 به‌گونه‌ای 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 به‌علت گستردگی استفاده از پمپ‌های سانتریفوژ عمدتاً به این نمونه توجه شده است. در فصل ششم کار با مبدّل‌های 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.

فصل اوّل

گزارش‌نویسی

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

۱ــ۱ــ نحوه‌ی گزارش‌نویسی

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

۱ــ۱ــ۱ــ چکیده

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

۲ــ۱ــ۱ــ مقدمه

منظور از مقدمه، توجه به نکات اساسی گزارش و آشنایی خواننده با موضوع است.

در برخی گزارش‌ها مقدمه، حاوی پیش‌گفتار نیز خواهد بود. در گزارش‌های طولانی یا برای کتاب، ممکن است مقدمه و پیش‌گفتار مجزا آورده شوند ؛ در حالی که در گزارش‌های مختصر به مقدمه‌ی کوتاه بسنده می‌شود.

۳ــ۱ــ۱ــ هدف

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

۴ــ۱ــ۱ــ تئوری

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

۵ــ۱ــ۱ــ شرح دستگاه و روش‌آزمایش

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

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

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

۶ــ۱ــ۱ــ محاسبات

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

۷ــ۱ــ۱ــ نتایج آزمایش‌ها

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

۸ــ۱ــ۱ــ تفسیر نتایج

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

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

۹ــ۱ــ۱ــ نتیجه‌گیری

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

۱۰ــ۱ــ۱ــ خطاهای آزمایش

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

۱۱ــ۱ــ۱ــ مراجع و منابع

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

نوشتن منابع در انتهای کار به این ترتیب است :

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

نویسنده، عنوان، ناشر، سال

به‌عنوان مثال :

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

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

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

فعالیت:

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

۲ــ۱ــ گزارش نوبت کاری

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

ــ فشار و دمای مراحل مختلف تفکیک نفت و گاز ؛

ــ میزان گاز جدا شده از نفت ؛

ــ میزان آب جدا شده از نفت ؛

ــ آمار چاه‌های نفت که در آن تاریخ باز بوده‌اند ؛

ــ میزان سوخت مصرفی کارخانه ؛

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

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

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

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

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

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

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

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

فرم شماره‌ی ۱: گزارش یک سکوی نفتی در دریا

سکو	تفکیک‌کننده[۱]	نفت BPD[۲]	آب BPD	گاز MMSCFD[۳]	فشار Psig	دما F	چاه‌های بازها
A	شیرین[۵]	۴۳۰۰۰	–	۱۳۱/۵	۲۲۰	۹۰	$F_{۳۰}$. ۲H, ۳H . $F_{۱۱,۰,۳H}$. $F_{۱۷}$
	ترش[۶]	۴۰۰۰	۲۱۹۷	۱۴	۲۲۰	۹۰	$F_{۱۶}$. ۳/۵
	آزمایش[۷]	۱۷۴۵۰	۱۴۵۴	۱۴/۵	۲۲۰	۱۱۲	$F_{۹}$. ۰/۱,۲H
	میانی[۸]	۷۰۰۵۰	۴۱۵	۵/۳	۷۵	۱۰۰	$F_{۱۳}$. ۰/۱. $F_{۱۶}$. ۲
	جمع کل	۷۴۹۵۰	۷۸۰۱	۱۶۵/۳			
B	شیرین	–	–	–	–	–	–
	ترش	۵۶۰۰	۱۴۴۷	۱/۴	۵۵	۱۰۵	$F_{۲}$. ۰/۱. $F_{۱۵}$. ۱/۷
	آزمایش	–	–	–	–	–	–
	جمع کل	۵۶۰۰	۱۴۴۷	۱/۴	فشار خط لوله (۳۵۰ـ۴۰۰ Psig) چاه‌های باز = ۷ حلقه		
جمع کل منطقه		۷۶۴۰۰	۹۲۴۸	۱۶۶/۷			

توضیحات فرم شماره‌ی ۱

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

۲ــ BPD = Barrel Per Day = بشکه در روز

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

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

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

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

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

فرم شماره‌ی۲ ــ گزارش روزانه

- **وضعیّت جوی**

☐ باد = متغیر، غالباً شمال

☐ موج = آرام ــ ۳ فوت[1]

☐ درجه‌ی حرارت = ۳۰ درجه‌ی سلسیوس

- **تعداد نفرات**

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

۱ــ منظور ارتفاع موج می‌باشد.

● **تجهیزات و مواد مصرفی**

الف ــ سکوی نفتی A

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

ب ــ سکوی نفتی B

- توربین شماره‌ی یک = آماده (Stand by)
- توربین شماره‌ی دو = روشن (Service)
- آب شیرین‌کن شماره‌ی یک = روشن (Service)
- آب شیرین‌کن شماره‌ی دو = آماده (Stand by)
- موجودی گازوییل = ۳۴۰۰ گالن
- موجودی آب = ۴۵۰۰ گالن
- مصرف ضد خورندگی در نفت = ۱۵ گالن
- مصرف ضد خورندگی در آب[۳] = ۱۲ گالن
- موجودی ضد خورندگی در نفت = ۴ گالن
- موجودی ضد خورندگی در آب = ۱۲ گالن

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

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

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

فرم شماره‌ی ۳ ــ اهم فعالیت‌های روزانه‌ی تعمیراتی کارخانجات نفتی

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

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

فرم شماره‌ی ۴ــ گزارش عملیات روزانه‌ی کارخانجات نفتی

- تولید خالص نفت خام (بشکه در روز) = ۴۲۱۶۴
- آب تفکیک شده در دریا[۱] (بشکه در روز) = ۴۰۴۴
- آب تفکیک شده در خشکی[۲] (بشکه در روز) = ۷۳۲۴
- گاز تولیدی در دریا (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱۴۹/۱
- گاز تولیدی در خشکی (میلیون فوت مکعب در روز) = ۷
- گاز مصرفی در دریا[۳] (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱
- گاز به مشعل[۴] دریا (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱۴۸/۱
- کل گاز تولیدی (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱۵۶/۱
- میانگین درصد حجمی آب تولیدی (درصد حجمی) = ۲۱/۲

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

- تعداد چاه‌های باز (حلقه) = ۲۳
- تعداد چاه‌های بسته (حلقه) = ۱۹
- سرعت باد (فوت بر ثانیه) = ۵ــ۴
- جهت باد = شمال غربی
- موج دریا (فوت) = ۴ــ۱

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

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

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

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

فصل دوّم

اندازه‌گیری دما

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

۱ــ۲ــ مقدمه

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

۲ــ۲ــ مقیاس‌های دما

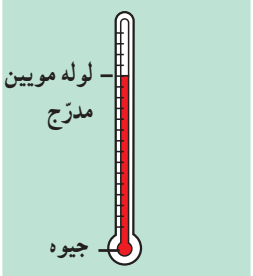
دو مقیاس رایج دما عبارت‌اند از : «سلسیوس» و «فارنهایت». این مقیاس‌ها بر مبنای انتخاب تعداد تقسیمات فاصله‌ی میان نقطه‌ی انجماد و نقطه‌ی جوش آب در فشار استاندارد است. مقیاس درجه‌ی سلسیوس در این فاصله ۱۰۰ قسمت است ؛ در حالی که مقیاس درجه‌ی فارنهایت ۱۸۰ قسمت دارد.

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

۳ــ۲ــ وسایل اندازه‌گیری دما

۱ــ۳ــ۲ــ دماسنج مایعی

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



شکل ۱ــ۲ــ دماسنج جیوه‌ای

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

فعالیت ۱:

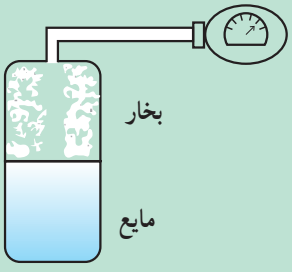
به‌وسیله‌ی یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک و الکل یک دماسنج مایعی بسازید و آن را درجه‌بندی کنید.

فعالیت ۲:

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

۲ــ۳ــ۲ــ دماسنج انبساط سیّال

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



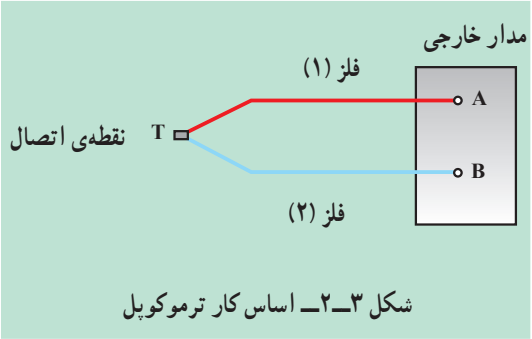
شکل ۲ــ۲ــ دماسنج انبساط سیّال

۳ــ۳ــ۲ــ ترموکوپل‌ها[1]

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

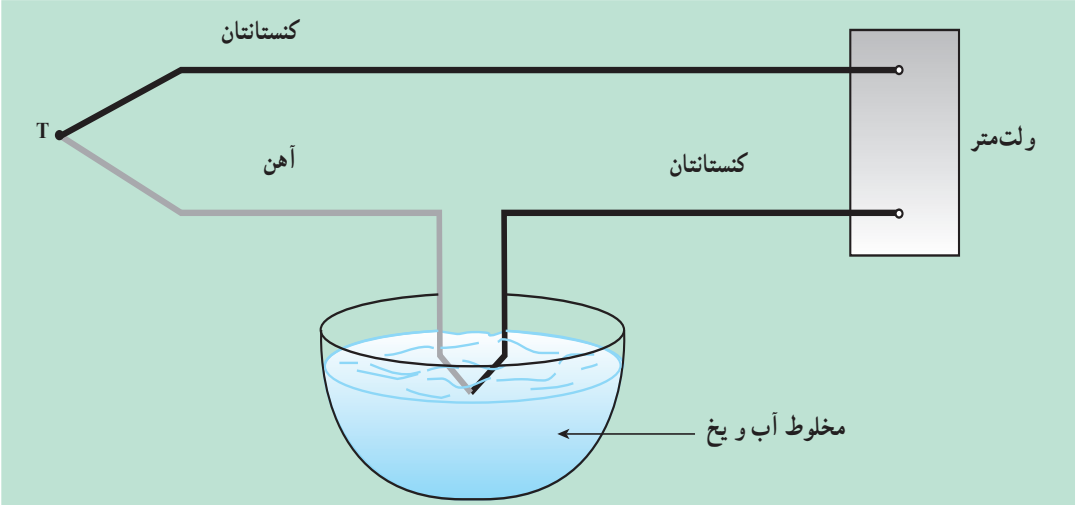
۱ــ Thermo Couple

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



شکل ۳ــ۲ــ اساس کار ترموکوپل

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



شکل ۴ــ۲ــ نحوه‌ی اتصال ترموکوپل

۴ــ۳ــ۲ــ انواع ترموکوپل‌های صنعتی

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

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

جدول ۱ــ۲ــ انواع متداول ترموکوپل

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

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

جدول ۲ــ۲ــ محدوده‌ی دمایی استفاده از ترموکوپل‌ها

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

۵ــ۳ــ۲ــ دماسنج‌های دیجیتالی

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

۱ــ Alumel: آلیاژ نیکل و آلومینیوم

۲ــ Chromel: آلیاژ نیکل ــ کروم

۳ــ Constanta : آلیاژ مس و نیکل

۴ــ Sensor

۴ــ۲ــ آزمایش: ساختن ترموکوپل

وسایل مورد نیاز

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

۲ــ آمپرمتر.

روش کار

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

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

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

به شکل ۴ــ۲ مراجعه نمایید.

شکل ۵ــ۲ــ انواع دماسنج‌های دیجیتالی

خودآزمایی

۱ــ دماسنج انبساط سیال را شرح دهید.

۲ــ ترموکوپل چگونه دما را اندازه‌گیری می‌کند؟

۳ــ چگونه دقت ترموکوپل زیاد می‌شود؟

۴ــ نحوه‌ی اتصال ترموکوپل را با شکل شرح دهید.

فصل سوّم

دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار

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

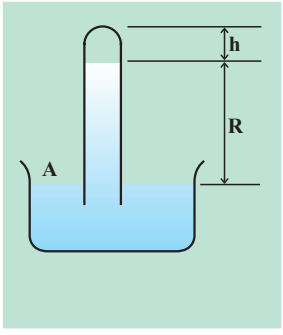
۱ــ مفهوم فشار را توضیح دهد.

۲ــ وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرد.

۳ــ با وسایل اندازه‌گیری فشار بتواند کار کند.

۱ــ۳ــ مقدمه

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



شکل ۱ــ۳ــ بارومتر جیوه‌ای

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

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

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

۲ــ۳ــ وسایل اندازه‌گیری فشار

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

الف ــ بارومتر جیوه‌ای

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

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

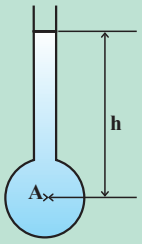
فضای بالای جیوه حاوی بخار جیوه است و اگر فشار بخار جیوه (h) را برحسب میلی‌متر جیوه، و R را برحسب همین واحد در اختیار داشته باشیم فشار در نقطه‌ی A حاصل می‌شود.

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

ب ــ پیزومتر[1]

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

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



شکل ۲ ــ۳ــ پیزومتر

بر این اساس :

ارتفاع = h ، شتاب جاذبه =g ، چگالی =ρ

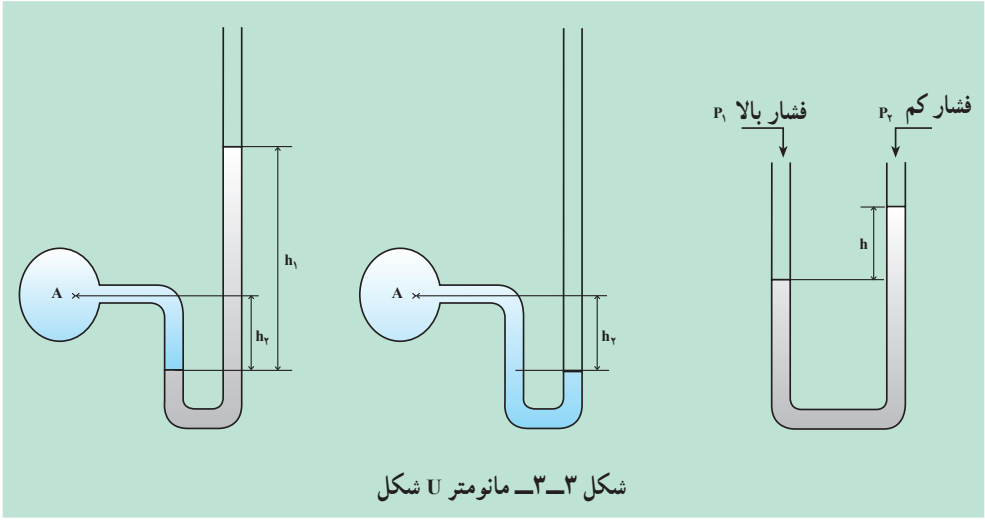
حاصل‌ضرب ρg را «γ » می‌نامیم ؛ بنابراین، معادله حالت ساده‌تری پیدا می‌کند :

$$P_A = \gamma \times h$$

ج ــ مانومتر U شکل

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

۱ــ Pizometer

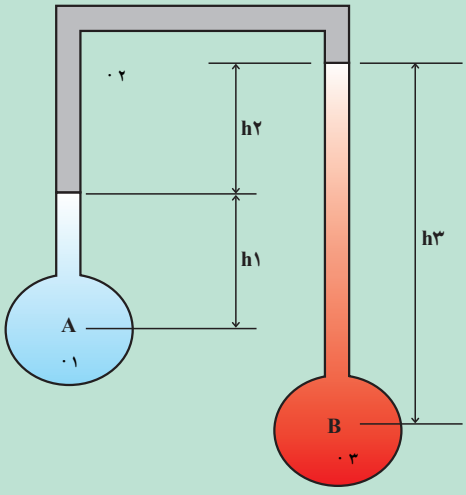


شکل ۳ــ۳ــ مانومتر U شکل

د ــ مانومترهای دیفرانسیلی[1]

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

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



شکل ۴ــ۳ــ مانومتر دیفرانسیلی

روش خواندن و محاسبه‌ی فشار در مانومترها

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

۱ــ Differential Manometer

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

$$P_A + h_{۱۰۱} + h_{۲۰۲} + h_{۳۰۳} + P_B$$

$$+ P_A + P_B + h_{۱۰۱} + h_{۲۰۲} + h_{۳۰۳}$$

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

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

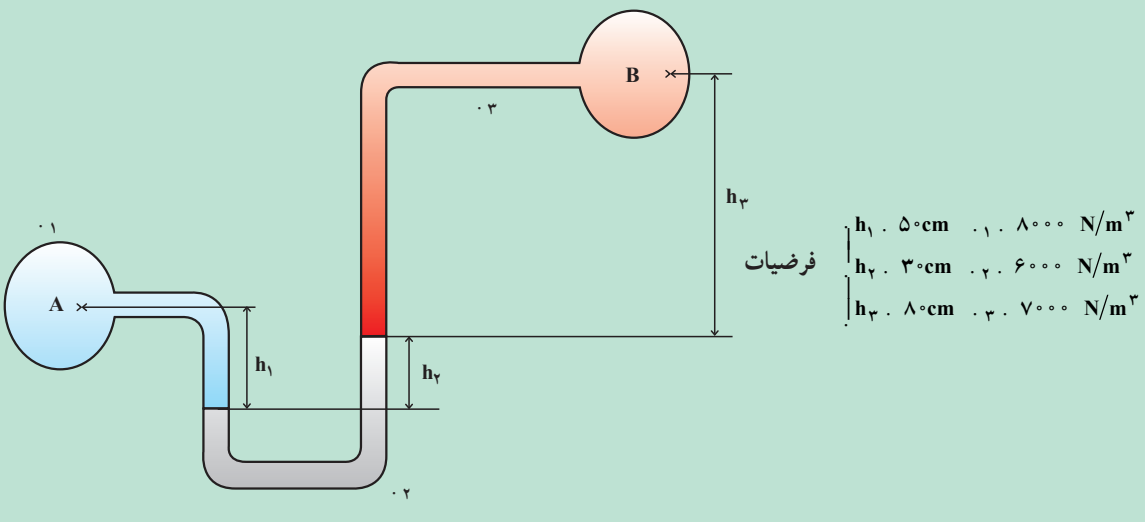
$$P_A + h_{۱۰۱} + h_{۲۰۲} + h_{۳۰۳} + P_B$$

$$+ P_A + P_B + h_{۳۰۳} + h_{۲۰۲} + h_{۱۰۱}$$

حال اعداد را جایگذاری می‌کنیم :

$$P + (۸\ ۱۰^{۱}) (۷۰۰۰) + (۳\ ۱۰^{۱}) (۶۰۰۰)$$

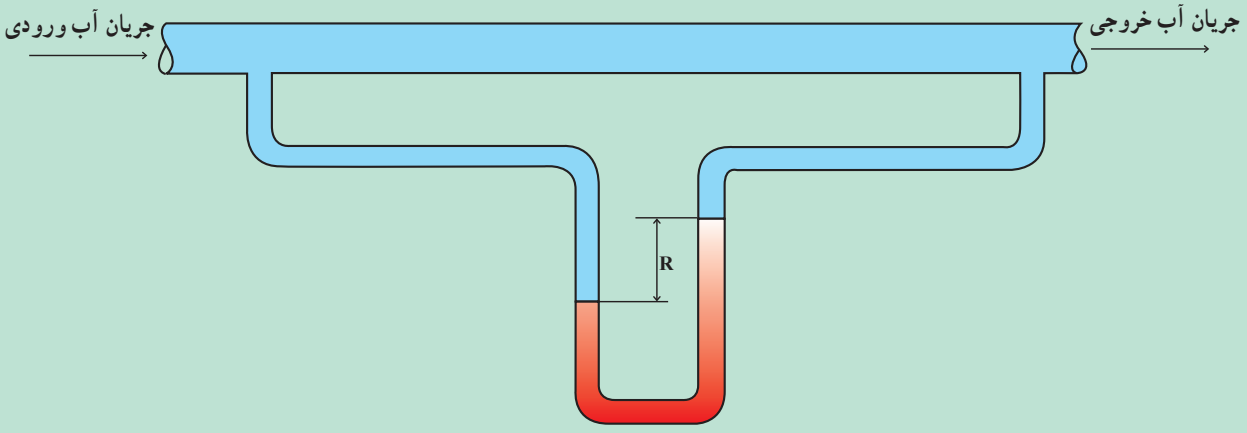
$$(۵\ ۱۰^{۱}) (۸۰۰۰) = ۳۴۰۰\text{Pa}$$ (پاسکال)



شکل ۵ــ۳

فعالیت۱:

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



شکل ۶ــ۳ــ مانومتر U شکل برای سیالات در حال حرکت

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

فعالیت۲:

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

شکل ۷ــ۳ــ استفاده از پیزومتر

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

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

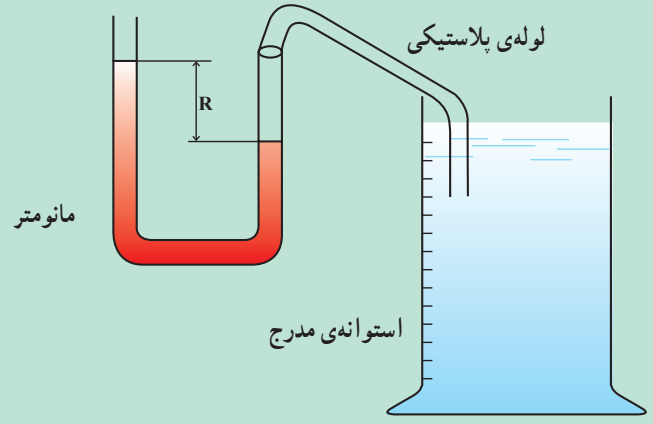
ب ــ از پیزومترهایی با قطرهای دیگر استفاده و آزمایش را تکرار کنید.

فعالیت۳:

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

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

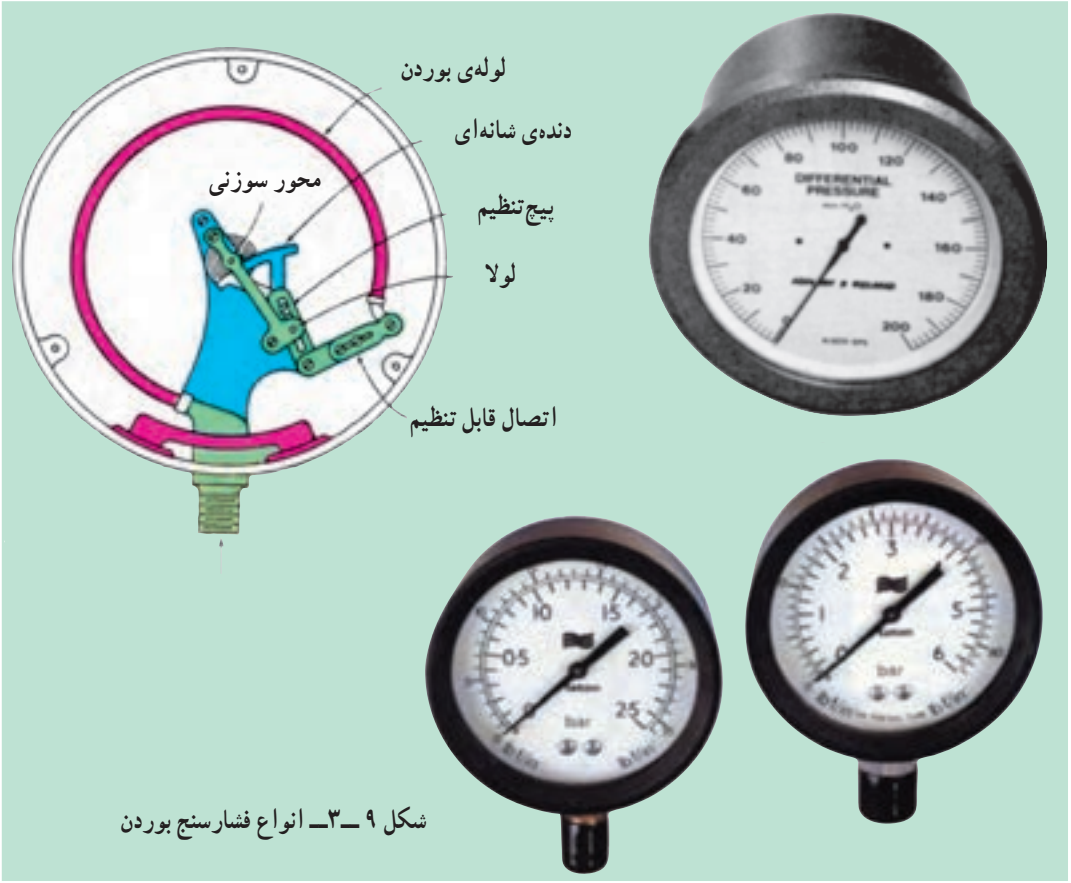
ب ــ همین آزمایش را در حالتی تکرار کنید که استوانه‌ی مدرج به‌صورت سربسته باشد و نتایج را با قسمت الف مقایسه کنید.



شکل ۸ــ۳ــ مانومتر U شکل برای اندازه‌گیری فشار ستون سیال

۲ــ۲ــ۳ــ فشارسنج بوردن

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



شکل ۹ ــ۳ــ انواع فشارسنج بوردن

فعالیت۴:

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

۳ــ۲ــ۳ــ فشارسنج‌های دیجیتالی

از انواع متداول فشارسنج‌هایی که اخیراً کاربردهای فراوانی پیدا کرده‌اند می‌توان به‌فشارسنج‌های دیجیتالی اشاره کرد. با این فشارسنج‌ها می‌توان فشار تا ۱۰ بار[۱] را اندازه گرفت. این نوع فشارسنج، دارای یک منبع تغذیه (باتری) است. که معمولاً در وضعیت دمایی صفر تا C ۵۰ کاربرد دارد. در شکل ۱۰ــ۳ یک نمونه از این فشارسنج‌ها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۰ ــ۳ــ فشارسنج دیجیتالی

۱ــ Bar

خودآزمایی

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

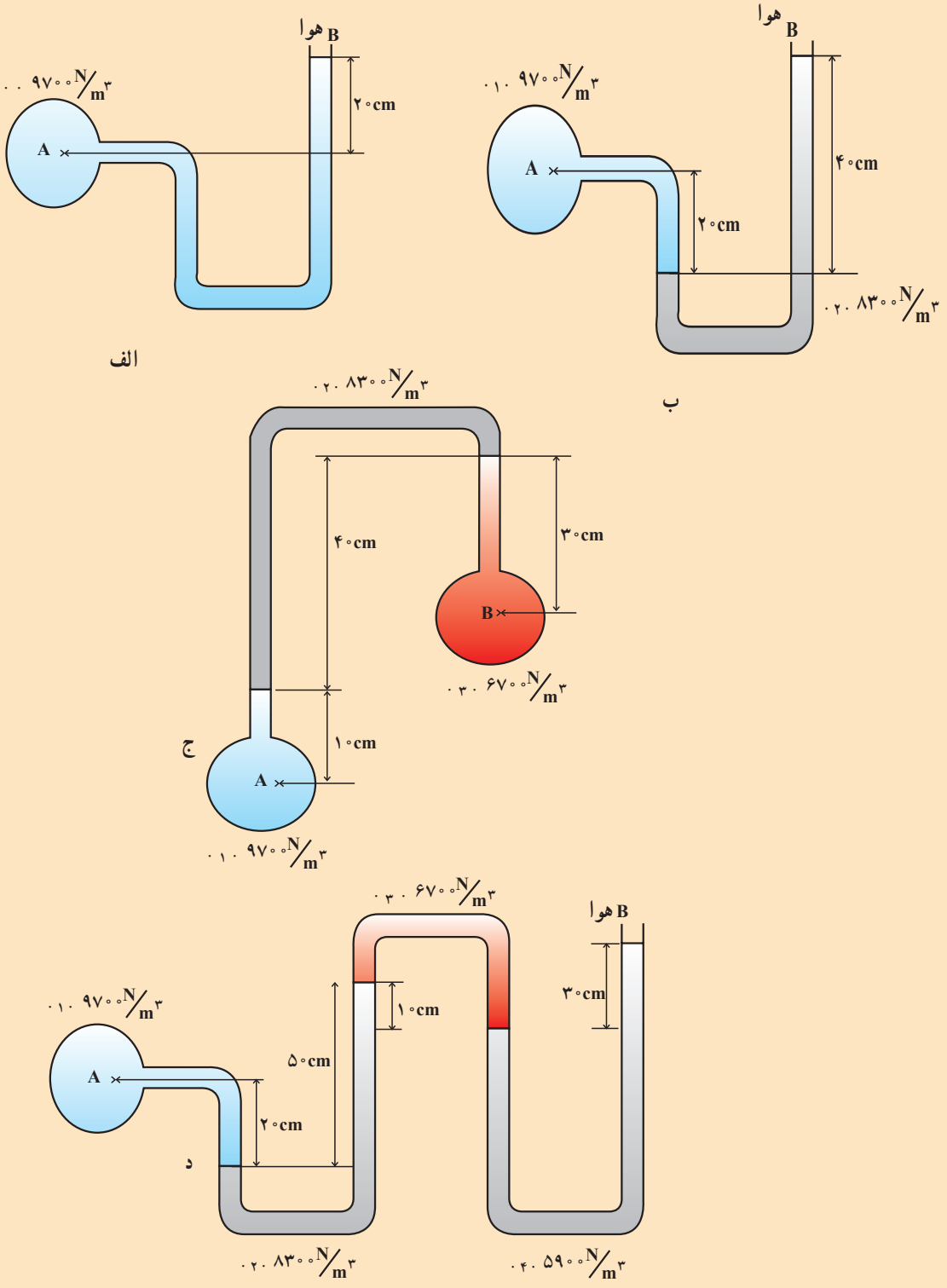
۲ــ وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرید.

۳ــ مانومتر U شکل چگونه فشار را محاسبه می‌کند؟

۴ــ چه هنگام از مانومتر دیفرانسیلی استفاده می‌شود؟

۵ــ فشارسنج بوردن را شرح دهید؟

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



فصل چهارم

دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان سیّالات

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

۱ــ مفهوم شدت جریان سیّال را توضیح دهد.

۲ــ وسایل اندازه‌گیری جریان را بشناسد.

۳ــ میزان شدت جریان را در وسایل مختلف محاسبه نماید.

۴ــ مفاهیم جریان آرام و آشفته را توضیح دهد.

۱ــ۴ــ 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.

۲ــ۴ــ روش‌های اندازه‌گیری شدت جریان (دبی)

۱ــ۲ــ۴ــ روش جابه‌جایی مثبت[۲]

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

۱ــ Flow rate

۲ــ 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 آن‌جا دبی میانگین به سهولت محاسبه می‌شود.

۲ــ۲ــ۴ــ 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 :

۱ــ ونتوری مترها

۲ــ اری فیس مترها

۳ــ شیپوره‌ها (نازل‌ها)

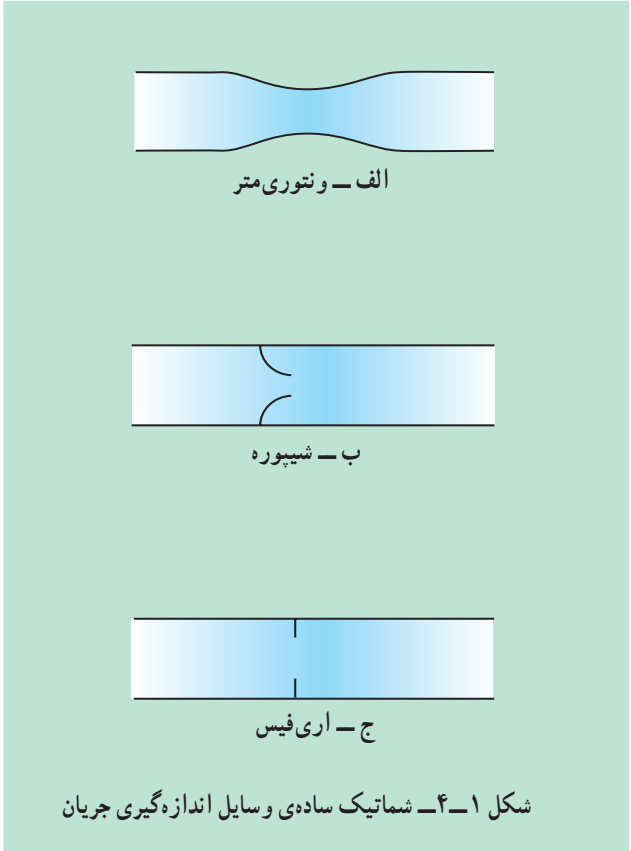
الف ــ ونتوری متر[۲] :

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

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

۲ــ یک قسمت مخروطی همگرا.

۳ــ یک گلوگاه استوانه‌ای.



شکل ۱ــ۴ــ شماتیک ساده‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان

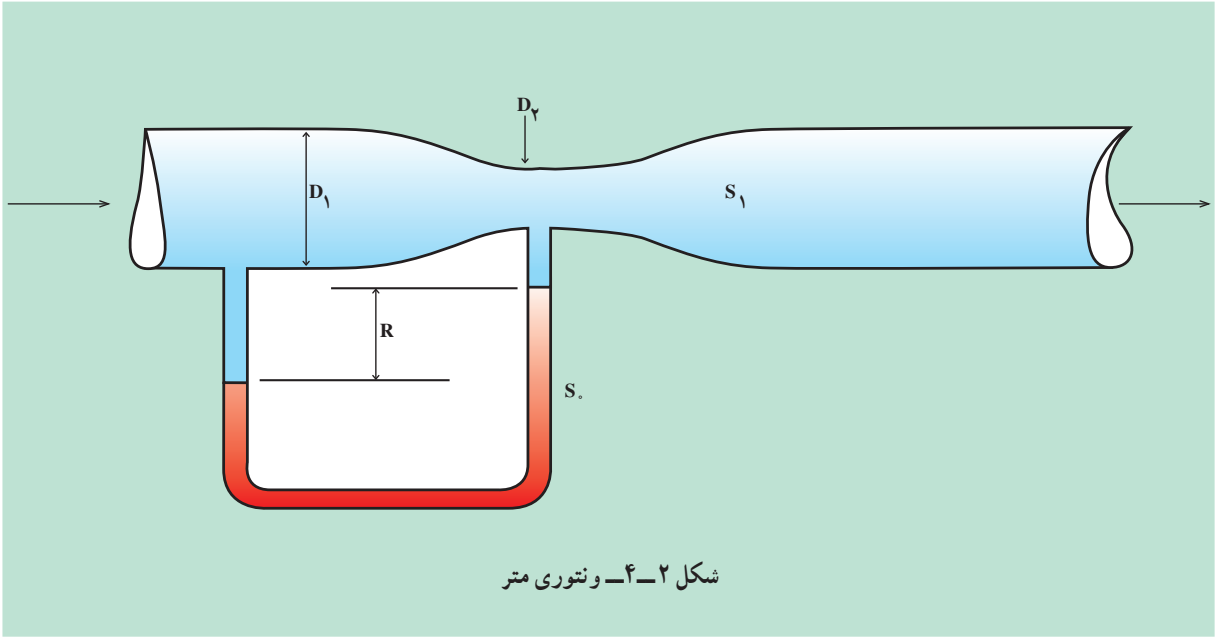
۱ــ Flow Obstruction

۲ــ Venturimeter

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

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

۶ ــ یک مانومتر دیفرانسیلی که یک سر آن به بخش بالا دست و یک سر آن به گلوگاه متصل است. اندازه‌ی ونتوری‌متر با قطر لوله و گلوگاه آن مشخص می‌شود ؛ برای مثال، ونتوری‌متر ۶ در ۴ سانتی‌متر، یعنی قطر لوله ۶ سانتی‌متر و قطر گلوگاه ونتوری متر ۴ سانتی‌متر است. برای به‌دست آوردن نتیجه‌ی دقیق، باید طول ونتوری‌متر حداقل ده برابر قطر لوله باشد. در شکل ۲ــ۴ یک ونتوری‌متر را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ــ۴ــ ونتوری متر

مطالعه‌ی آزاد

ـ اندازه‌گیری جریان به وسیله‌ی ونتوری متر:

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

$$Q = C.A_{۲}\sqrt{\frac{۲gR.(S_{۰}/S_{۱}).۱.}{۱.(D_{۲}/D_{۱})^{۴}}} \qquad (۱)$$

در این معادله هر پارامتر چنین تعریف می‌شود :

Q = دبی، شدت جریان، $m^{۳}/s$

C * = ضریب انقباض ونتوری متر

R ** = اختلاف سطح هیدرولیکی(m)

$S_{۰}$ = چگالی نسبی مایع درون مانومتر

$S_{۱}$ = چگالی نسبی سیال درون لوله

$A_{۲}$ = سطح مقطع گلوگاه، $m^{۲}$

$D_{۲}$ = قطر گلوگاه ، m

$D_{۱}$ = 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 ــ اندازه‌گیری جریان به وسیله‌ی نازل[1]:

نازل جریان ــ مطابق شکل ۳ــ۴ ــ 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

$$Q = C A_{۲} \sqrt{\frac{۲ . P}{\rho}} \qquad (۲)$$

در این رابطه، پارامترها عبارت‌اند از :

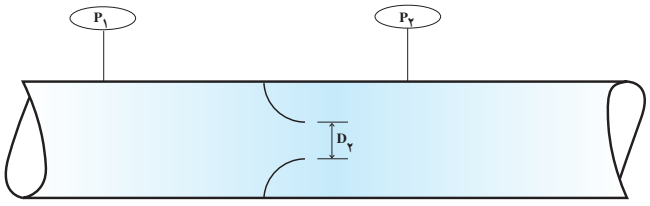
Q = دبی جریان ، $m^{۳}/s$

C * = ضریب انقباض نازل

$A_{۲}$ = سطح مقطع نازل، $m^{۲}$

P . = اختلاف فشار دو سر نازل، Pa

ρ . = چگالی سیال، $kg/m^{۳}$



شکل ۳ــ۴ــ نازل جریان

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

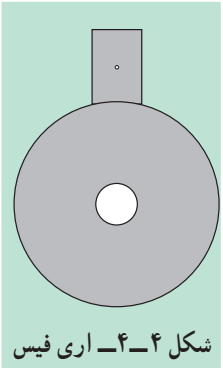
ج ــ اندازه‌گیری جریان به وسیله‌ی اری فیس متر[2]:

اری فیس‌ها صفحات مدوّری هستند که روی آن‌ها سوراخی تعبیه شده است. همانند نازل‌ها این سوراخ به‌صورت گلوگاه است که سبب اختلاف فشار دوسر آن خواهد شد. در شکل ۴ــ۴ یک اری فیس‌متر نشان داده شده است. جنس اری فیس از فولاد زنگ نزن[3] است.

۱ــ Nozzle ۲ــ Orificemeter ۳ــ Staniless Steel (316)

صفحه‌های اری فیس را میان دو فلنج مخصوص اری‌فیس‌ها و بین دو لایه‌ی غیرفلزی[1] قرار می‌دهند ؛ به گونه‌ای که سوراخ آن کاملاً در مرکز مقطع لوله‌ی اصلی قرارگیرد و به‌وسیله‌ی 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 :



شکل ۴ــ۴ــ اری فیس

مطالعه‌ی آزاد

$$Q = C A_{۰} \sqrt{۲gR\left(\frac{S_{۰}}{S} - ۱\right)} \qquad (۳)$$

بر این اساس :

Q = دبی، شدت جریان سیال، $m^{۳}/s$.

C = ضریب تخلیه‌ی اری فیس

R= اختلاف سطح هیدرولیکی

$S_{۰}$ = چگالی نسبی مایع مانومتر

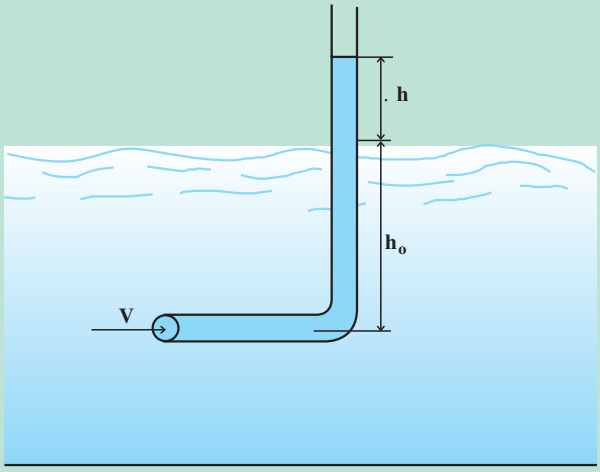
$S_{۱}$ = چگالی نسبی سیال لوله

$A_{۰}$ = سطح مقطع سوراخ اری فیس، $m^{۲}$

۱ــ Gao Kat

۳ــ۲ــ۴ــ اندازه‌گیری دبی به‌وسیله‌ی لوله‌ی پیتوت

استفاده از لوله‌ی پیتوت یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری سرعت می‌باشد. در شکل ۵ ــ۴ یک لوله‌ی شیشه‌ای که با زاویه‌ی ۹۰ خم شده و برای اندازه‌گیری سرعت در یک کانال باز به‌کار برده شده است، نشان داده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود دهانه‌ی لوله در مسیر جریان قرار گرفته است.



شکل ۵ــ۴ــ لوله‌ی پیتوت در مسیر جریان

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

$$V = \sqrt{2g.\ h} \qquad (۵)$$

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.

$$Q = V \times A \qquad (۶)$$

که در معادله‌ی فوق،

Q = دبی، m^3/s

V = سرعت، m/s

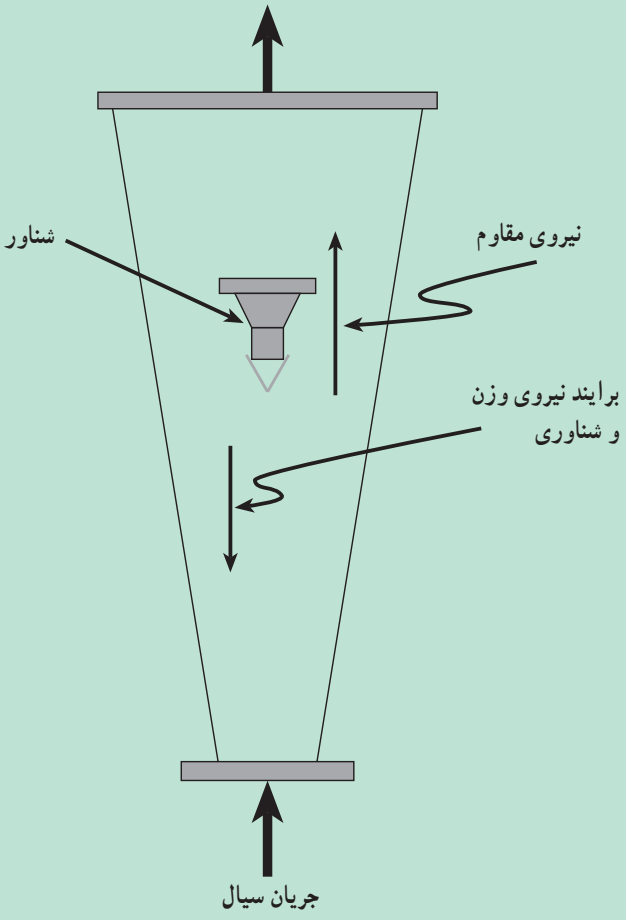
A = سطح کانال، m^2

۴ــ۲ــ۴ــ اندازه‌گیری دبی به‌وسیله‌ی اثرات نیروی مقاوم

الف ــ روتامتر[1]:

ساده‌ترین وسیله در این روش روتامتر است. روتامتر به‌صورت عمودی در مسیر جریان قرار می‌گیرد. جریان سیال از پایین وارد لوله‌ی مخروطی قائم شده باعث می‌شود شناور به‌طرف 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. درشکل ۶ــ۴ روتامترها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۶ ــ۴ــ ب ــ روتامتر با ظرفیت‌های مختلف



شکل ۶ ــ۴ــ الف ــ شماتیک روتامتر

۱ــ Rotameter

ب ــ اندازه‌گیری شدت جریان (دبی) به‌وسیله‌ی 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، به‌صورت لیتر بر دقیقه یا گالن بر دقیقه برای مایعات، و فوت مکعب یا مترمکعب در ساعت برای گازها درجه‌بندی شده‌اند.

۳ــ۴ــ مقایسه‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان (ونتوری‌متر و اری فیس‌متر)

۱ــ۳ــ۴ــ ونتوری متر

الف ــ سطح داخلی لوله‌ی ونتوری صاف و صیقلی و از فلز مقاوم ساخته می‌شود.

ب ــ ساخت و تعمیرات و نگه‌داری این وسیله وقت‌گیر و هزینه‌بردار است.

۲ــ۳ــ۴ــ اری‌فیس‌متر

الف ــ تهیه، بازدید و نصب و تغییرات در نوع اری‌فیس آسان و کم‌هزینه است.

ب ــ اری فیس افت فشار دایم بیش‌تری نسبت به ونتوری‌متر دارد.

ج ــ بر اثر اصطکاک و برخورد با مواد سنگین و خورنده، لبه‌های روزنه اری فیس کنده شده از این رو محاسبات اولیه را با خطا همراه می‌سازد.

۴ــ۴ــ آزمایش: محاسبه‌ی میزان دبی و نوع جریان

اهداف

۱ــ اندازه‌گیری شدت جریان به‌روش مستقیم ؛

۲ــ اندازه‌گیری شدت جریان و اثرات افت فشار ؛

۳ــ مفهوم ضریب اصطکاک[۱] ؛

۴ــ مفهوم جریان آرام[۲] و آشفته[۳].

اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه (شکل ۸ ــ ۴) عبارت‌اند از :

۱ــ تانک ذخیره‌ی آب.

۲ــ شیر فلکه‌ای، دو عدد.

۳ــ لوله‌ی مسی به قطر ۴/۵ میلی‌متر (لوله‌ی آلومینیومی هم توصیه می‌شود).

۴ــ یک استوانه‌ی مدرّج.

۵ــ دو لوله‌ی مویین به‌صورت پیزومتری.

تئوری انجام آزمایش:

سیّالات با سرعت‌های کم معمولاً در محدوده‌ی جریان آرام هستند. برای درک جریان آرام یک اصطلاح را تعریف می‌کنیم.

۱ــ Friction Factor

۲ــ Laminar flow

۳ــ Turbulent flow

عدد رینولدز[1]:

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

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

$$\text{Re No} = \frac{\rho . V . D}{\mu}$$

جریان آرام: هرگاه عدد رینولدز از رقم ۲۰۰۰ کم‌تر باشد، جریان را «آرام» می‌نامیم.

جریان آشفته: سیّالات با عدد رینولدز بیش از ۴۰۰۰ را «جریان آشفته» می‌گویند.

جریان گذرا[2]: 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

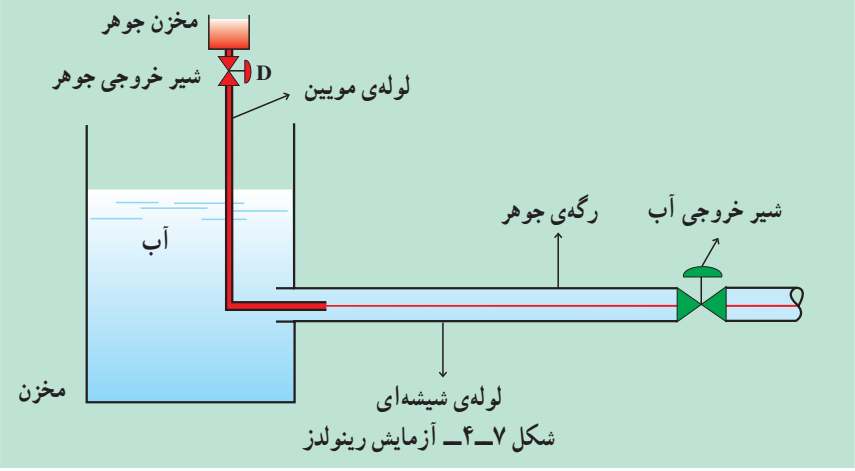
وسایل موردنیاز برای انجام این تحقیق مطابق شکل ۷ــ۴ عبارت‌اند از :

۱ــ مخزن شیشه‌ای

۲ــ لوله‌ی مویین و مخزن جوهر

۳ــ لوله‌ی شیشه‌ای خروجی از مخزن

۴ــ شیرهای قطع و وصل جریان



شکل ۷ــ۴ــ آزمایش رینولدز

۱ــ Reynolds Number ۲ــ Transition Flow

روش انجام تحقیق

۱ــ مخزن را از آب پر کنید.

۲ــ جوهر را درون مخزن بریزید.

۳ــ شیر خروجی آب را کمی باز کنید.

۴ــ شیر خروجی جوهر را باز کنید.

۵ ــ نوع جریان را درون لوله مشاهده نمایید.

۶ ــ این آزمایش را در دبی‌های مختلف انجام دهید.

۷ــ مشاهدات خود را شرح دهید.

۸ ــ به‌ازای دبی‌های مختلف عدد رینولدز را محاسبه کنید.

تغییرات رژیم جریان براثر 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 : $۸/۹۴ \quad ۱۰^{-۴}\ (Pa.s)$

دانسیته‌ی آب : $۹۹۷/۱ (kg/m^۳)$

۵ــ۴ــ آزمایش: محاسبه‌ی ضریب اصطکاک در جریان آرام

معمولاً برای جریانات آرام از این رابطه استفاده می‌شود :

$$\text{ضریب اصطکاک} = \frac{۶۴}{\text{عدد رینولدز}}$$

$$f = \frac{۶۴}{Re\ No}$$

مراحل آزمایش (شکل ۸ ــ ۴):

۱ــ ابتدا شیرهای $V_۱$ و $V_۲$ را ببندید و تانک را از آب پر کنید.

۲ــ شیر $V_۱$ را باز کرده $V_۲$ را هم چنان بسته نگاه دارید.

۳ــ شیر $V_۲$ را به آرامی باز کنید (پس از گذشت چند ثانیه جریان به‌صورت پایدار[۱] درخواهد آمد).

۱ــ Steady State

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

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

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

۷ــ جدول ۱ــ۴ را تکمیل نموده ضریب اصطکاک را بیابید.

۶ــ۴ــ محاسبه‌ی تغییرات ویسکوزیته‌ی سیال بر اثر تغییرات دما

تئوری آزمایش

در محدوده‌ی جریان آرام ($R_e < ۲۰۰۰$) بر اساس رابطه‌ی زیر می‌توان اثر دما را بر ویسکوزیته‌ی سیّال پیدا کرد. از این رابطه می‌توان ویسکوزیته‌ی سیال را در محدوده‌ی جریان آرام پیدا کرد.

$$\text{ویسکوزیته} = \frac{(\text{قطر لوله})^{۴}\ (\text{عدد پی})\ (\text{اختلاف فشار})}{(\text{طول لوله})\ (\text{دبی})\ (۱۲۸)}$$

$$\mu = \frac{\Delta P . \pi . D^{۴}}{۱۲۸ . Q . L}$$

(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 ــ ۴):

۱ــ شیرهای $V_۱$ و $V_۲$ را بسته نگاه دارید و تانک ذخیره را پر کنید.

۲ــ شیر $V_۱$ را باز کرده $V_۲$ را هم چنان بسته نگاه دارید.

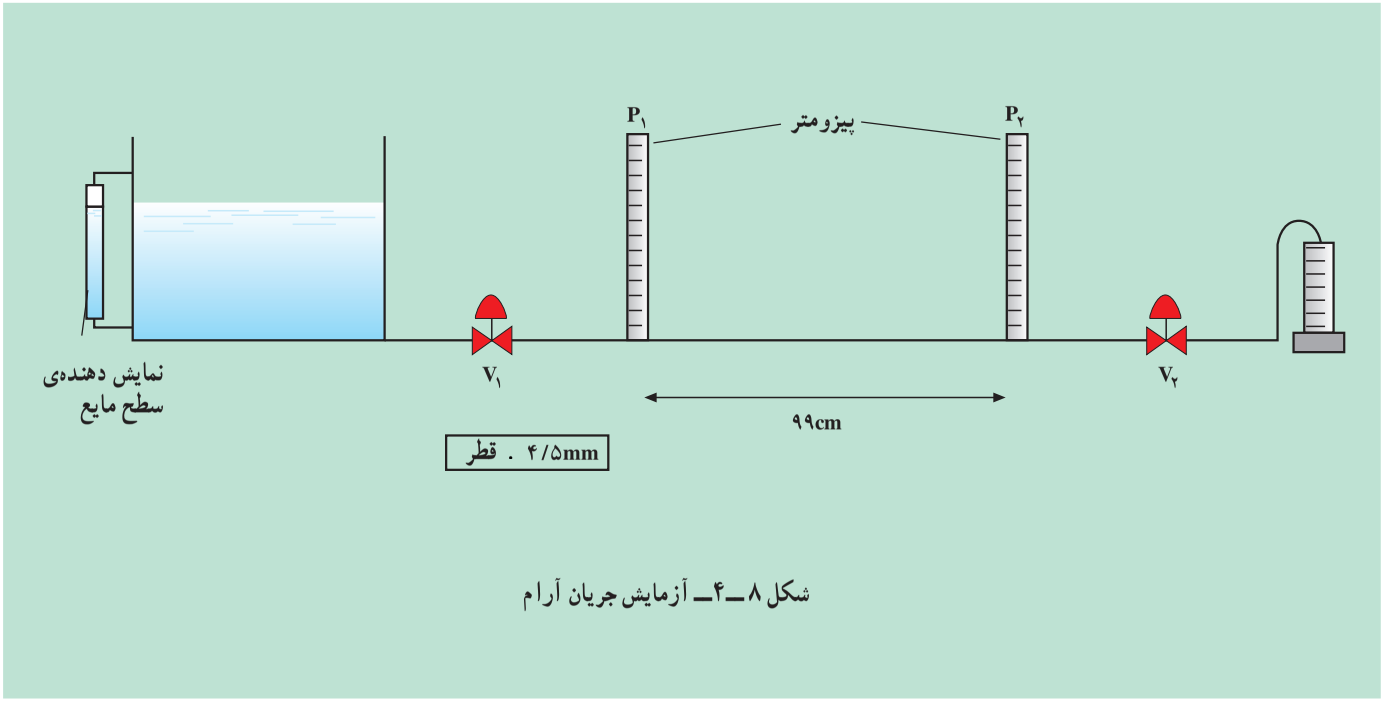
۳ــ به‌وسیله‌ی یک المنت برقی مجهز به ترموستات آب را تا ۴۰ درجه‌ی سلسیوس گرم کنید.

۴ــ شیر $V_۲$ را باز کنید تا جریان آرام برقرار شود.

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

۶ــ مراحل «۳» الی «۵» را برای دماهای ۴۵ C، ۵۰ C، ۵۵ C و ۶۰ C تکرار نمایید.

۷ــ جدول ۲ــ۴ را تکمیل کنید در دماهای مختلف ویسکوزیته‌ی سیال را پیدا نمایید.



شکل ۸ــ۴ــ آزمایش جریان آرام

جدول ۱ــ۴

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

جدول ۲ــ۴

	۴۰ C	۴۵ C	۵۰ C	۵۵ C	۶۰ C
زمان (ثانیه)					
حجم پر شده (سی‌سی)					
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.

۷ــ۴ ــ آزمایش: اندازه‌گیری جریان سیالات به‌وسیله‌ی اری فیس و ونتوری

این دستگاه (شکل۹ــ۴) متشکل است از :

۱ــ تانک ذخیره‌ی آب

۲ــ پمپ گریز از مرکز

۳ــ اری فیس‌متر

۴ــ ونتوری متر

۵ــ مانومتر جیوه‌ای

مراحل آزمایش:

۱ــ با اجازه‌ی مربی دستگاه را روشن کنید.

۲ــ شیر M . ۱A و M . ۱B را باز کنید.

۳ــ شیر M . ۲A و M . ۲B را باز کنید.

۴ــ اختلاف فشار را از طریق مانومتر بخوانید.

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

۶ــ جدول ۳ــ۴ را پر کنید و ضریب تخلیه‌ی اری فیس را پیدا کنید.

روابط :

$$\text{دبی} = (\text{ضریب تخلیه})\ (\text{سطح مقطع اری‌فیس})\ \sqrt{\frac{(\text{اختلاف فشار})^{۲}}{\text{چگالی}}}$$

$$= C.A_{۰}.\sqrt{\frac{۲.P}{\rho}}$$

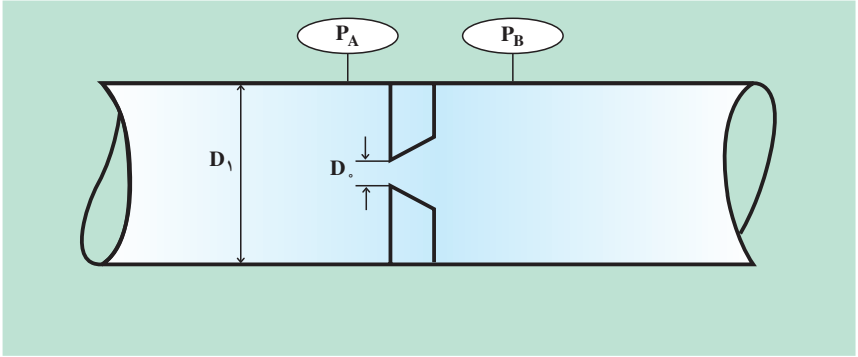
ضریب تخلیه = C

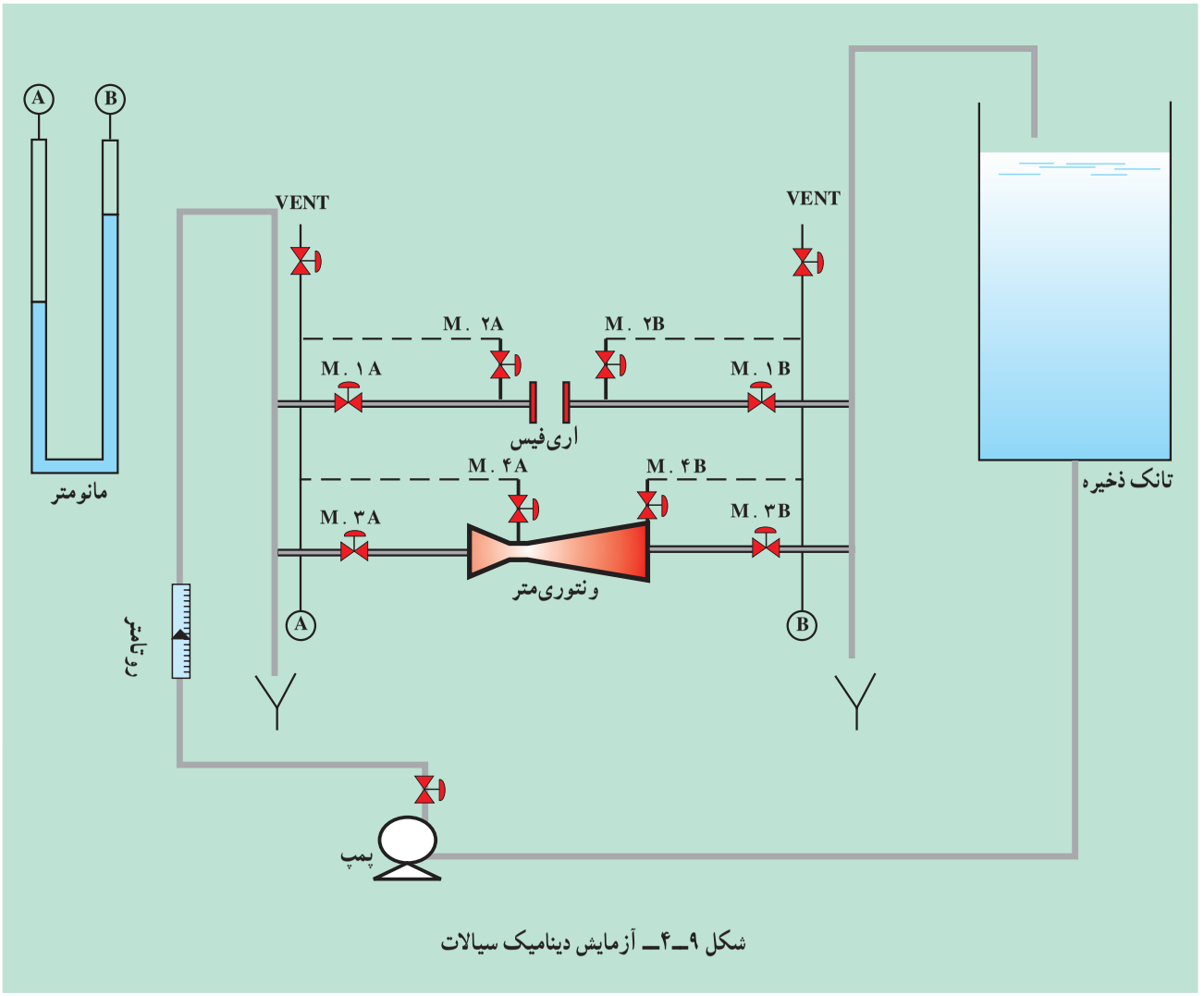
بنابراین :

سطح مقطع اری فیس $A_{۰} = . \ D^{۲}/۴ =$

اختلاف فشار $. P = P_A \ . \ P_B =$

چگالی آب $\rho =$





شکل ۹ــ۴ــ آزمایش دینامیک سیالات

جدول ۳ــ۴

C ضریب تخلیه اری فیس	. P	$P_۲$	$P_۱$	Q

آزمایش ونتوری

۱ــ شیر M . ۳A و M . ۳B را باز کنید.

۲ــ شیر M . ۴A و M . ۴B را باز کنید.

۳ــ اختلاف فشار را از طریق مانومتر بخوانید.

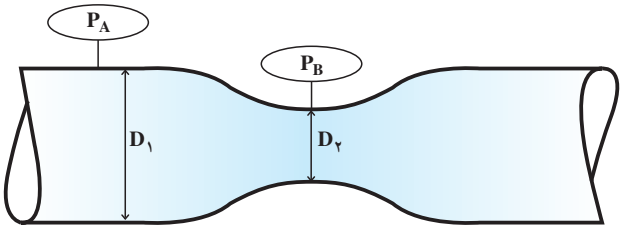
۴ــ دبی را تغییر داده دوباره اختلاف فشار را بخوانید.

۵ــ جدول ۴ــ۴ را پر کرده ضریب تخلیه‌ی ونتوری را پیدا کنید.

روابط :

$$\text{دبی} = (\text{ضریب تخلیه})\ (\text{سطح مقطع ونتوری})\ \sqrt{\frac{\text{اختلاف فشار} \cdot (\text{شدت جاذبه})\ (۲)}{\text{شدت جاذبه چگالی} \cdot \left(۱ \cdot \left(\frac{\text{قطر ونتوری}}{\text{قطر لوله}}\right)^{۴}\right)}}$$

$$Q = C.A_{۲} \cdot \sqrt{\frac{۲g\left(\frac{P}{\cdot}\right)}{۱ \cdot \left(\frac{D_{۲}}{D_{۱}}\right)^{۴}}}$$



جدول ۴ــ۴

C ضریب مانومتر	. P	$P_۲$	$P_۱$	Q

خود آزمایی

۱ــ دبی یا شدت جریان را تعریف کنید.

۲ــ روش‌های اندازه‌گیری دبی را نام ببرید.

۳ــ ساختمان یک ونتوری متر از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟

۴ــ روتامتر را شرح دهید.

۵ــ مزایا و معایب ونتوری‌متر و اری فیس را نام ببرید.

۶ــ فرق جریان آرام و آشفته را توضیح دهید.

فصل پنجم

پمپ‌ها و کمپرسورها

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

۱ــ ساختمان و عملکرد پمپ گریز از مرکز را توضیح دهد.

۲ــ توان الکتریکی پمپ را محاسبه نماید.

۳ــ توان فرآیندی پمپ را محاسبه کند.

۴ــ راندمان پمپ را محاسبه نماید.

۵ــ منحنی شدت جریان سیّال و هد[۱] پمپ را رسم کند.

۶ــ با کمپرسورهای گریز از مرکز آشنا شود (آموزش با فیلم).

۱ــ۵ــ مقدمه

۱ــ۱ــ۵ــ پمپ

به‌طور کلی پمپ‌ها دستگاه‌هایی هستند که انرژی مکانیکی را از موتور گرفته آن را به‌مایع منتقل می‌سازند ؛ بدین ترتیب ؛ مایع در خروجی از پمپ حاوی انرژی‌ای 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.

۲ــ۱ــ۵ــ 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 ۱ــ۵ 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.

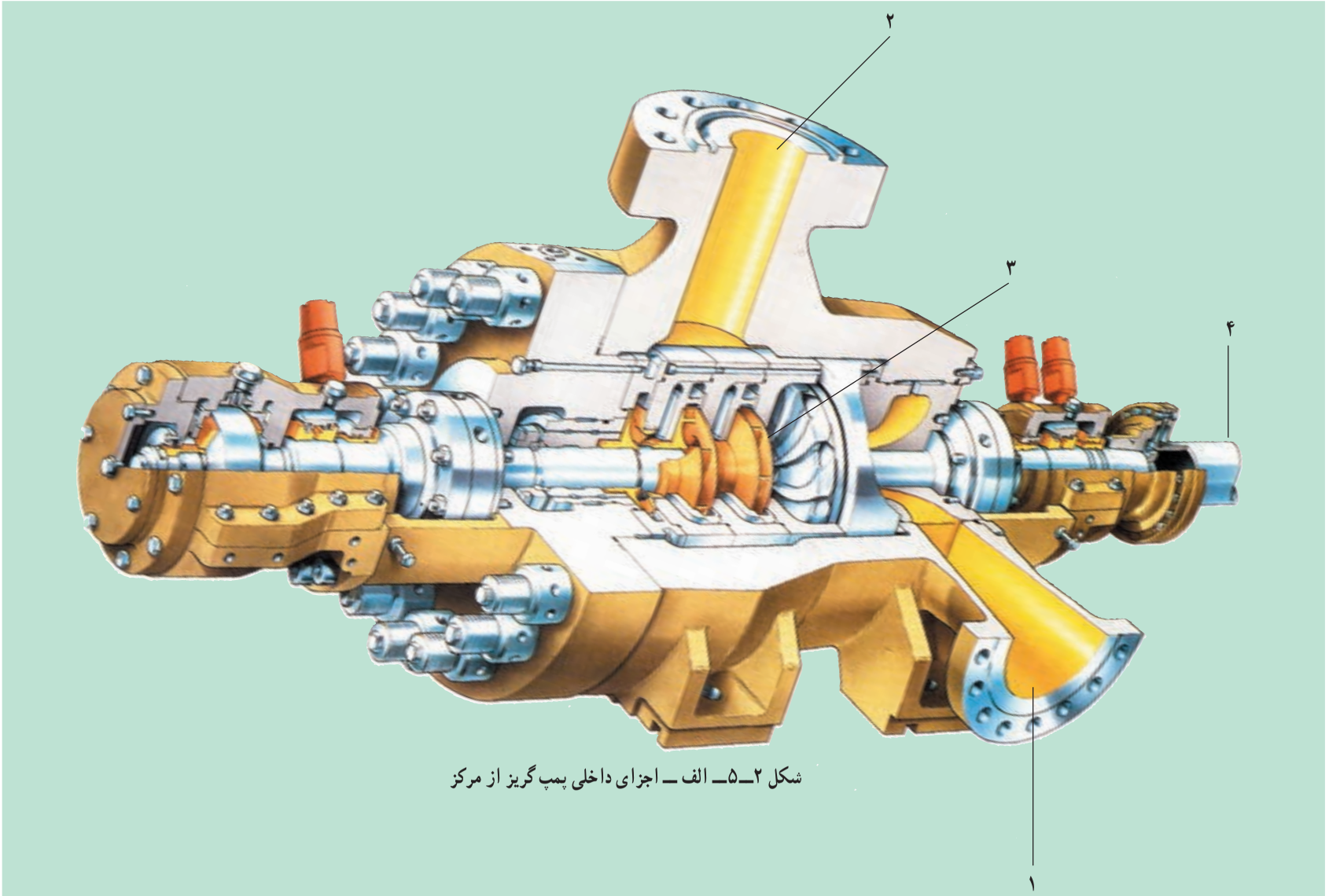
۱ــ در اینجا منظور ارتفاع آبدهی است :Pump Head

۲ــ Centrifugal pump

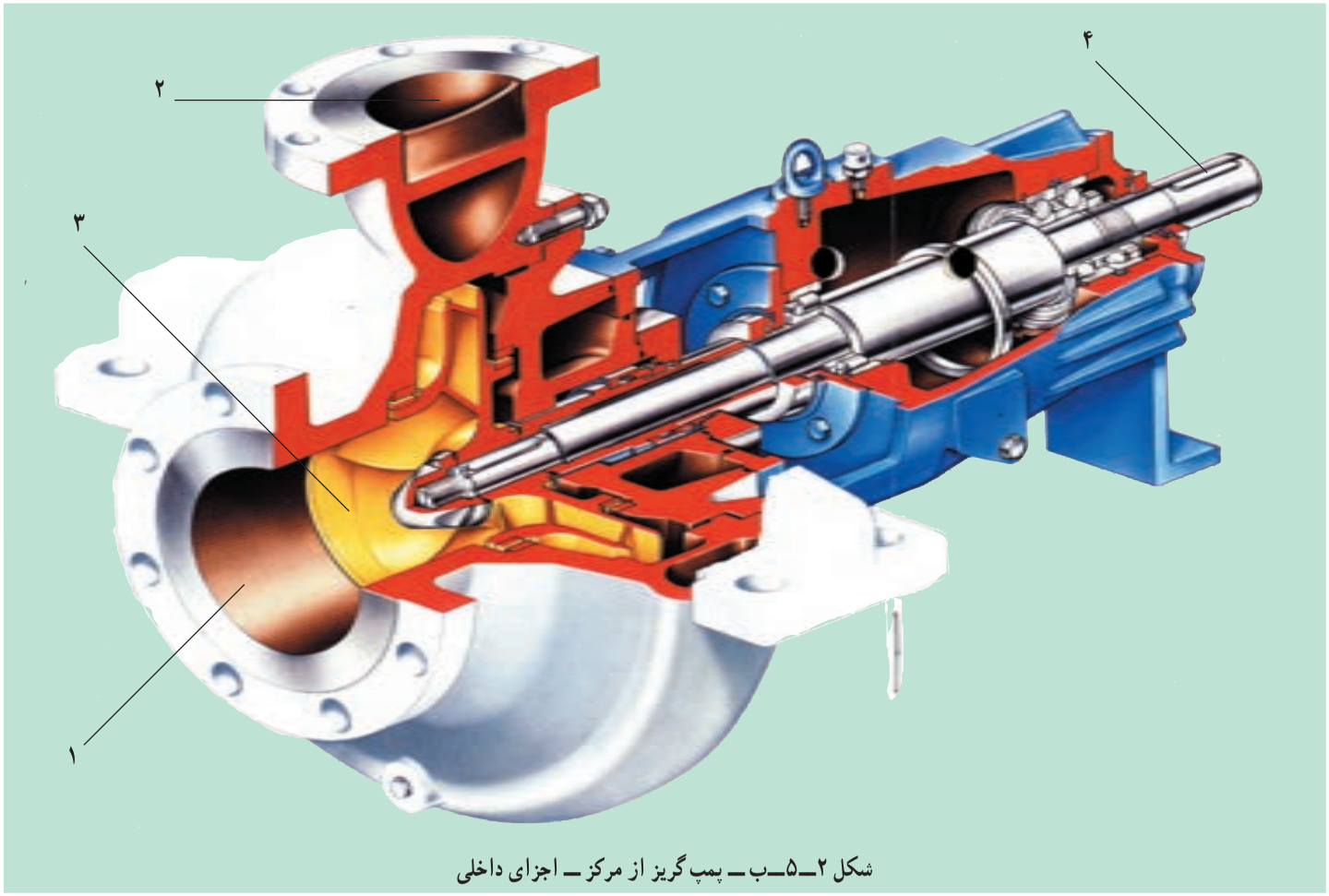
۳ــ Impeler

شکل ۱ــ۵ــ انواع پروانه‌های پمپ گریز از مرکز

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 **۲ــ۵** ساختمان یک پمپ گریز از مرکز را نمایش می‌دهد.



شکل ۲ــ۵ــ الف ــ اجزای داخلی پمپ گریز از مرکز



شکل ۲ــ۵ــب ــ پمپ گریز از مرکز ــ اجزای داخلی

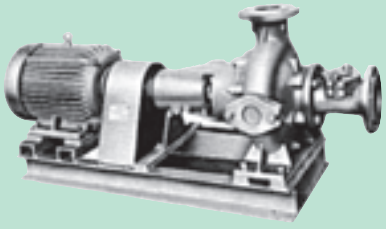
اجزای شکل ۲ــ۵ــ الف و ب

شماره‌ی قطعه	نام
۱	ورودی پمپ[۱] (مکش)
۲	خروجی پمپ[۲] (تخلیه)
۳	پروانه‌ی پمپ[۳]
۴	محور پمپ[۴]

بدین ترتیب، هر پمپ دارای دو لوله‌ی ورودی و خروجی است که به‌ترتیب «لوله‌های مکش[۵]» و «لوله‌های رانش[۶]» (تخلیه) خوانده می‌شوند. هم‌زمان با خارج شدن مایع در امتداد پره‌ها، در قسمت میانی چرخ، خلأ به وجود آمده لذا مایع پی در پی به قسمت مکش پمپ وارد خواهد شد.

جمع‌بندی

به وسیله‌ی پروانه‌ی موجود در پوسته‌ی پمپ قطرات مایع از مرکز به خارج یعنی پوسته‌ی پمپ پرتاب می‌شوند ؛ از این رو فشار سیّال افزایش می‌یابد. نیروی محرکه‌ی پروانه‌ی پمپ به‌وسیله‌ی موتور الکتریکی یا توربین ایجاد می‌شود. در شکل ۳ــ۵ پمپ متصل به موتور الکتریکی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳ــ۵ــ پمپ متصل به موتور الکتریکی

۱ــ Pump Suction ۲ــ Pump Discharge ۳ــ Pump Impller
۴ــ Pump Shaff ۵ــ Suction ۶ــ Discharge Lift

۲ـ۵ـ محاسبه‌ی توان الکتریکی پمپ[۱]

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

(۱) توان الکتریکی = (ولتاژ) . (آمپر) . cos .

P الکتریکی = V.I. Cos.

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

۳ـ۵ـ محاسبه‌ی توان فرآیندی پمپ[۲]

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

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

(۲) P فرآیندی . Q.hp. . .g

بر اساس این رابطه :

Q = شدت جریان (دبی) ، m^3/s

hp = ارتفاع آب‌دهی (هدپمپ)، m

. = چگالی ، kg/m^3

g= شدت جاذبه ، m/s^2

P =توان ، W، وات

۱ـ Electrical power ۲ـ Process power

۴ــ۵ــ 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 :

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

$$\eta = \frac{P_{\text{فرآیندی}}}{P_{\text{الکتریکی}}} = \frac{Q.hp..g}{V.I.Cos\ .}$$

۵ــ۵ــ 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. به‌عبارت دیگر، در این بخش مایع به غلیان درخواهد 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.

به‌طور کلی هنگامی پمپ‌ها در وضعیت عادی کار می‌کنند که فشار مطلق در لوله‌ی مکش بسیار پایین نباشد ؛ در غیر این‌صورت، 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

۱ــ Efficiency

۲ــ Cavitation = کاویتاسیون

از بین بردن کاویتاسیون باید فشار ورودی به پمپ را افزایش دهیم. به همین دلیل، می‌توان قطر لوله‌ی 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، می‌توان از بروز پدیده‌ی کاویتاسیون جلوگیری کرد.

چنان چه پدیده‌ی مذکور مدت طولانی برای پمپ اتفاق افتاده باشد معمولاً روی پروانه‌ی پمپ، خوردگی ایجاد می‌شود و قطعات خورده شده در پوسته‌ی پمپ رسوب خواهند کرد.

۶ــ۵ــ آزمایش: پمپ گریز از مرکز

هدف: آشنایی فراگیران با ساختمان و عملکرد پمپ و محاسبات فرآیندی

ساختمان دستگاه از این بخش‌ها تشکیل شده است :

۱ــ پمپ گریز از مرکز.

۲ــ تانک ذخیره آب.

۳ــ اندازه‌گیری جریان آب.

۴ــ شیر دروازه‌ای.

۵ــ دو عدد فشارسنج.

۶ــ لوله‌های رابط و اتصالات مورد نیاز.

۷ــ تابلوی الکتریکی حاوی ولت متر و آمپرمتر.

روش آزمایش:

۱ــ با تنظیم شیر دبی‌های مختلفی را اندازه‌گیری کنید.

۲ــ در هر دبی ایجاد شده فشارهای ورودی و خروجی را بخوانید و اختلاف فشار برای هر شدت جریان را محاسبه نمایید.

۳ــ در هر دبی ایجاد شده ولتاژ و آمپر را بخوانید و توان الکتریکی را محاسبه نمایید.

۴ــ توان فرایندی را بامعادله‌ی ۲ محاسبه نمایید. سپس با استفاده از رابطه‌ی ۳ راندمان را به‌دست آورید.

۵ــ جدول ۱ــ۵ را تکمیل نمایید.

۶ــ ارتفاع آب‌دهی (هد پمپ) را برحسب دبی رسم کنید.

۷ــ راندمان را برحسب دبی رسم کنید.

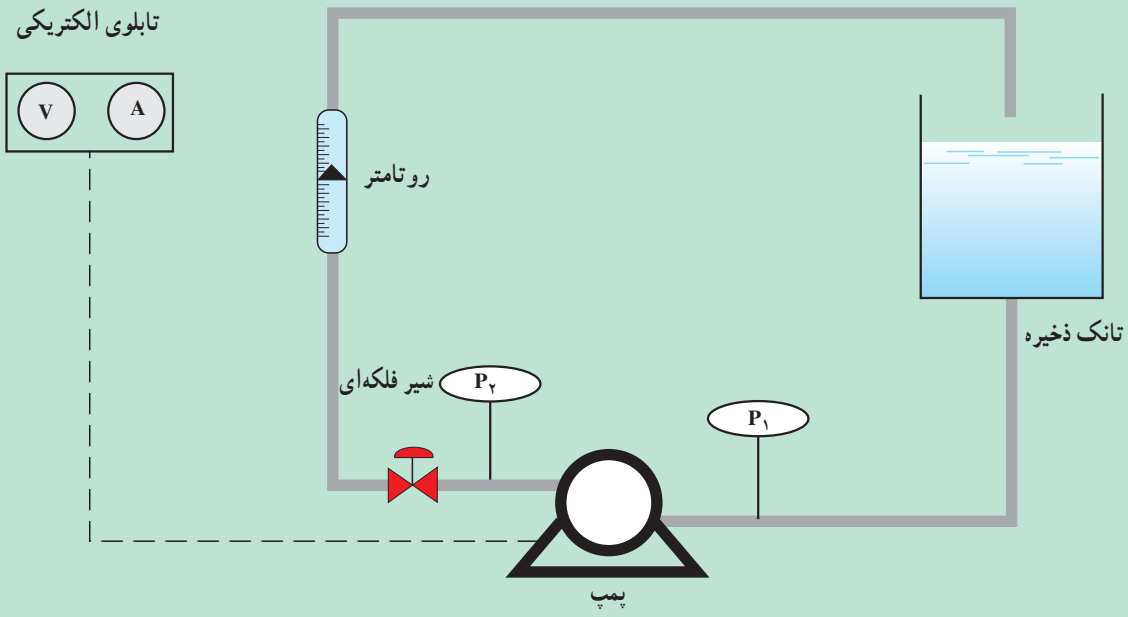
۸ــ با استفاده از نمودارها، نتیجه بگیرید در کدام هِد و دبی، پمپ ماکزیمم راندمان را دارد.

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

جدول ۱ــ۵

راندمان	توان‌فرآیندی Pe.	توان الکتریکی V.I.cos .	آمپر I	ولتاژ V	هد پمپ hp	اختلاف فشار $P_۲ . P_۱$	فشار خروجی $P_۲$	فشار ورودی $P_۱$	شدت جریان Q

(شکل ۴ــ۵ مربوط به دستگاه آزمایش است.)

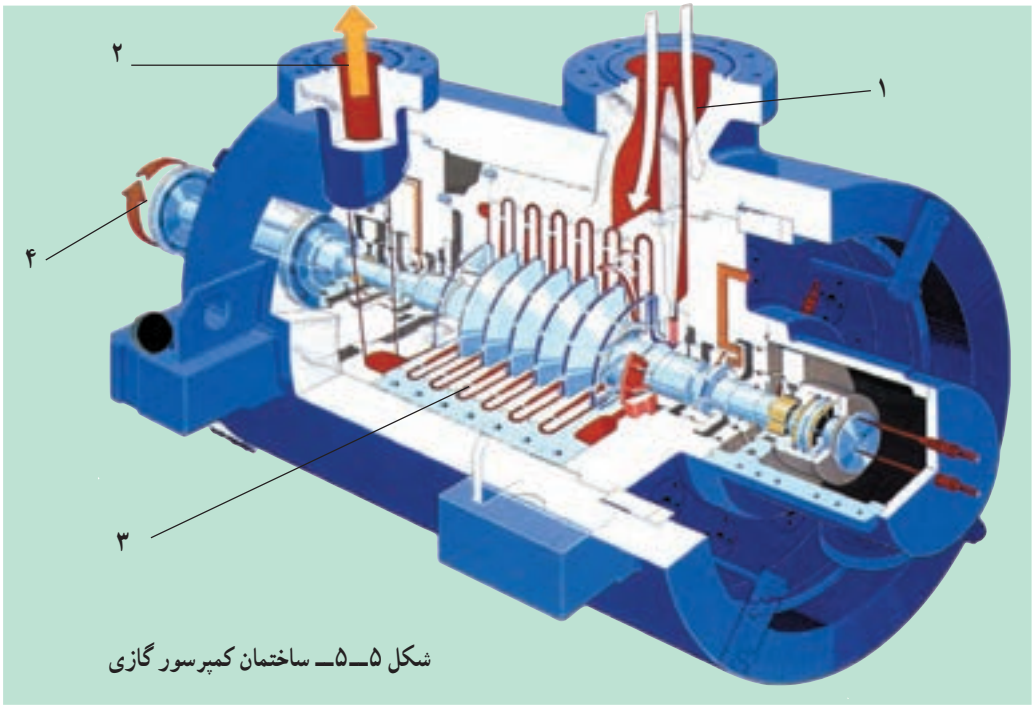


شکل ۴ــ۵ــ آزمایش پمپ گریز از مرکز

۷ــ۵ــ کمپرسور[1]های 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 ۵ــ۵ ساختمان کمپرسور گازی نشان داده شده است.



شکل ۵ــ۵ــ ساختمان کمپرسور گازی

اجزای کمپرسور گازی

شماره‌ی قطعه	نام
۱	ورودی کمپرسور[2]
۲	خروجی کمپرسور[3]
۳	تیغه‌های کمپرسور[4]
۴	محور کمپرسور[5]

۱ــ Compressor ۲ــ Inlet line ۳ــ Outlet line
۴ــ Blades ۵ــ Shaft

۱ــ۷ــ۵ــ عمل‌کرد کمپرسور

گاز با فشارجو پس از عبور از فیلترهای تعبیه شده روی کمپرسور به‌داخل آن هدایت می‌شود. همانند عمل‌کرد سیّال در پمپ‌های گریز از مرکز، گاز نیز بر اثر برخورد با تیغه‌های کمپرسور متراکم می‌شود. این گاز را براساس مصارف گوناگون از کمپرسور خارج می‌کنند. در شکل ۶ــ۵ یک نوع کمپرسور را مشاهده می‌کنید.

شکل ۶ــ۵ــ کمپرسور مورد استفاده در صنایع شیمیایی

به‌هنگام متراکم شدن گاز، دمای آن افزایش می‌یابد ؛ از این‌رو، کمپرسورها را چند مرحله‌ای می‌سازند و پس از هر مرحله، افزایش فشار یک خنک‌کن میانی در نظر گرفته می‌شود تا در فرآیند فشار ثابت، دمای گاز را کاهش دهد. در شکل ۷ــ۵ نمونه‌های متعددی از استفاده‌ی کمپرسور در صنایع، نشان داده شده است.

شکل ۷ــ۵ــ الف ــ کمپرسور تولید هوای فشرده

شکل ۷ــ۵ــ ب ــ تولید کاغذ و خمیر کاغذ

شکل ۷ــ۵ــ ج ــ کمپرسور استفاده شده در سیستم سردسازی

شکل ۷ــ۵ــ د ــ کمپرسور صنایع آهن و استیل

۸ ــ ۵ ــ کمپرسورهای هوا

کمپرسورهای هوا در طرح‌های متنوع ازجمله پیستونی و توربینی کاربرد فراوانی دارند (شکل ۷ــ ۵ ــ الف).

۱ــ ۸ ــ۵ ــ کمپرسورهای توربینی

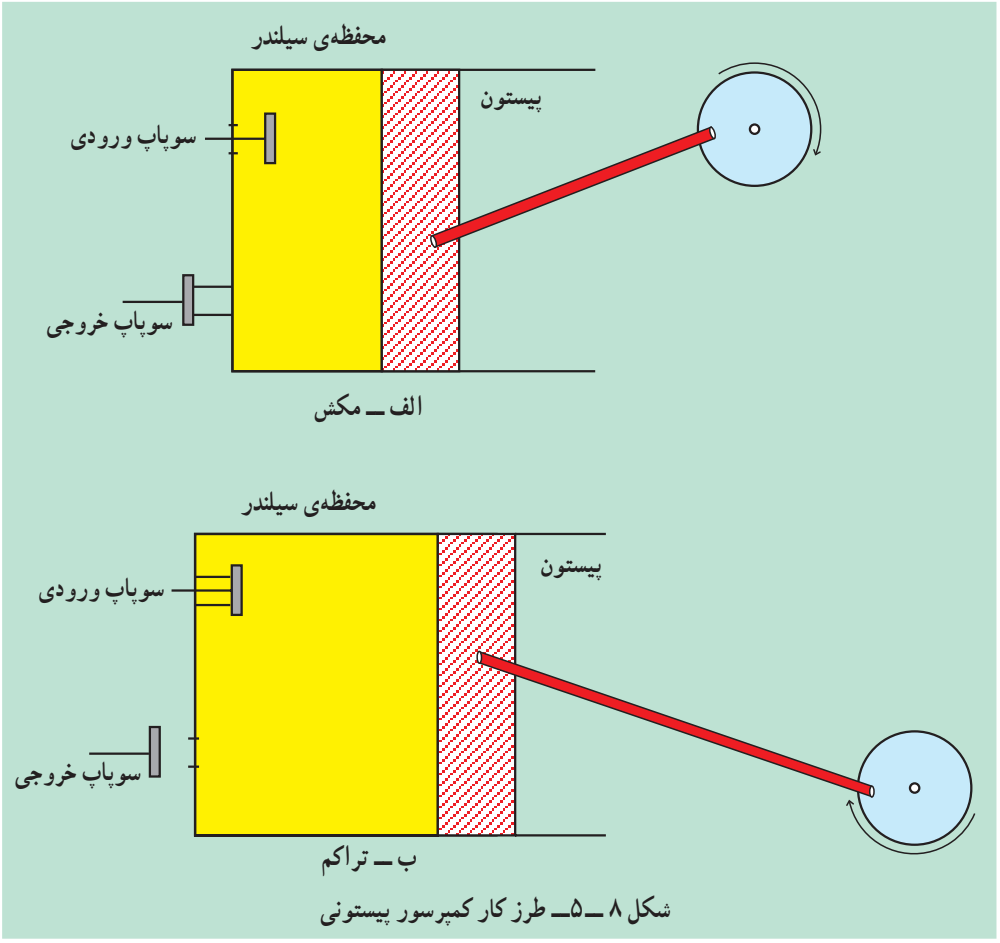
کاربرد صنعتی کمپرسورهای توربینی در مواردی است که به خروجی بسیار زیاد نیاز باشد، مانند معادن، کوره‌های ریخته‌گری و ... به‌صورت تقریبی برای تأسیساتی که تا ۱۰۰۰۰۰ فوت مکعب ظرفیت دارند. یعنی اینکه این حجم هوای فشرده نیاز دارند (شکل ۷ــ ۵ ــ د).

۲ــ ۸ ــ ۵ ــ 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 به‌وسیله‌ی هوا تحریک می‌شوند. انواع تک سیلندری دو، سه و چهارسیلندری این نوع کمپرسورها کاربرد فراوانی دارند.

۱ــ۲ــ ۸ ــ ۵ ــ *طرز کار کمپرسورهای پیستونی:*

مطابق شکل ۸ ــ ۵ 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.



شکل ۸ ــ۵ــ طرز کار کمپرسور پیستونی

۲ــ۲ــ۸ ــ ۵ ــ ظرفیت کمپرسور:

ظرفیت واقعی یک کمپرسور به‌صورت 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 ۱۰۰ می‌باشد یعنی ۱۰۰ فوت مکعب در دقیقه هوای آزاد در شرایط فشار و درجه حرارت محیط به داخل کمپرسور مکیده شده و تا حد موردنیاز متراکم می‌شود.

۳ــ ۸ ــ ۵ ــ تراکم چند مرحله‌ای

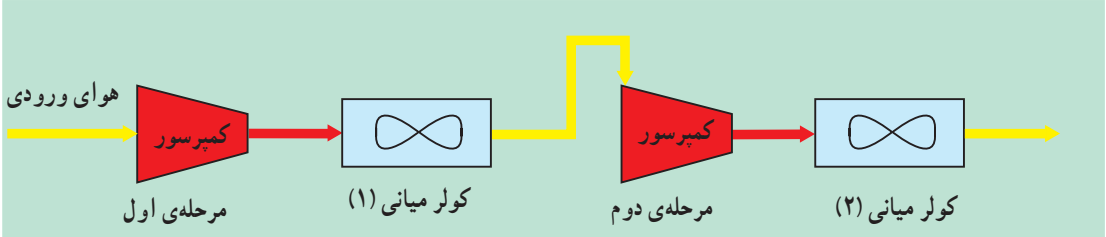
تراکم می‌تواند در یک یا چند مرحله انجام گیرد. اگر تراکم‌هوای اتمسفر ورودی به فشار مورد نظر در یک سیلندر صورت گیرد، تراکم را یک مرحله‌ای گویند. در کمپرسورهای یک مرحله‌ای برای هوای خیلی کم (در حدود ۵ فوت مکعب در دقیقه) فشار تراکم ممکن است تا حد ۱۵۰ Psig برسد اما معمولاً تراکم یک مرحله‌ای به فشار ۱۰۰ Psig محدود می‌شود.

اگر بخواهیم بازده تراکم کمپرسور را به میزان زیادی افزایش دهیم باید ابتدا هوا را در یک سیلندر به فشار پایین (حدود ۴۰ Psig) متراکم نموده سپس هوای خروجی را وارد سیلندر دومی کنیم تا فشار آن به مقدار دلخواه برسد. در این روش هوا در دو مرحله متراکم می‌شود و این تراکم را دو مرحله‌ای می‌نامند. کمپرسورهای توربینی از نوع کمپرسورهای چندمرحله‌ای هستند (شکل‌های ۵ ــ ۵ و ۶ ــ ۵).

۴ ــ ۸ ــ ۵ ــ درجه حرارت هوای فشرده

در تراکم هوا درجه حرارت آن به‌طرز قابل توجهی بالا می‌رود. هوای متراکم با چنین درجه حرارتی نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لذا کمپرسورها را به پره‌های خنک‌کننده[1] در اطراف سیلندر آن مجهز می‌سازند.

در کمپرسورهای دو مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای از خنک‌کننده‌های میانی[2] جهت کاهش درجه حرارت هوا بین مراحل استفاده می‌شود (مطابق شکل ۹ــ ۵).



شکل ۹ــ ۵ ــ یک کمپرسور چندمرحله‌ای و کولرهای میانی

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

۱ــ Fan(Air Cooler) ۲ــ Inter Cooler

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

جدول ۲ــ۵ــ اشکالات احتمالی در کار با کمپرسور و راه‌های رفع اشکال

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

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

خودآزمایی

۱ــ عمل‌کرد پمپ گریز از مرکز را شرح دهید.

۲ــ کاویتاسیون را شرح داده یک راه مقابله با آن را توضیح دهید.

۳ــ بازده پمپ را چگونه به‌دست می‌آورند؟

۴ــ عمل‌کرد کمپرسورهای گازی را شرح دهید.

۵ ــ کمپرسورهای هوای توربینی در چه مواردی استفاده می‌شوند؟

۶ ــ طرز کار کمپرسورهای هوای پیستونی را شرح دهید.

۷ــ وقتی می‌گوییم ظرفیت کمپرسور ۲۰ است، یعنی چه؟

۸ ــ تراکم چند مرحله‌ای هوا را شرح دهید.

۹ــ نقش کمپرسور در یخچال منازل شما چیست؟

۱۰ ــ آیا جاروبرقی نمونه‌ای از کمپرسور است؟

فصل ششم

مبدّل‌های حرارتی[1]

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

۱ــ۶ــ مقدمه

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

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

۲ــ۶ــ مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای

از این مبدّل، بیش از هر نوع مبدّل حرارتی دیگر، استفاده می‌گردد. مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای خود انواع مختلفی دارند که از آن جمله می‌توان به نوع «تک لوله‌ای»، «دو لوله‌ای»، «لوله‌ی مارپیچی»، «چند لوله‌ای» و «لوله ــ پوسته[2]» اشاره نمود.

مبدّل حرارتی دو لوله‌ای[3]:

این مبدّل‌ها از دو لوله‌ی هم محور تشکیل می‌شود. یکی از دو سیّال در لوله‌ی داخلی و دیگری در مجرای حلقوی بین دو لوله یا به‌عبارتی، در لوله‌ی خارجی جریان دارد.

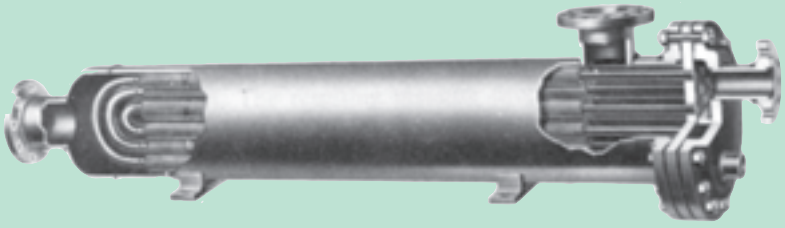
۱ــ Heat Exchangers ۲ــ Shell & Tube ۳ــ Two pipes

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

شکل ۱ــ۶ ــ مبدّل حرارتی دو لوله‌ای

مبدّل‌های حرارتی لوله ــ پوسته:

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



شکل ۲ــ۶ــ مبدّل حرارتی لوله ــ پوسته

۳ــ۶ــ انواع جریان در مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای

جریان سیّالات در مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای به دو شکل صورت می‌پذیرد :

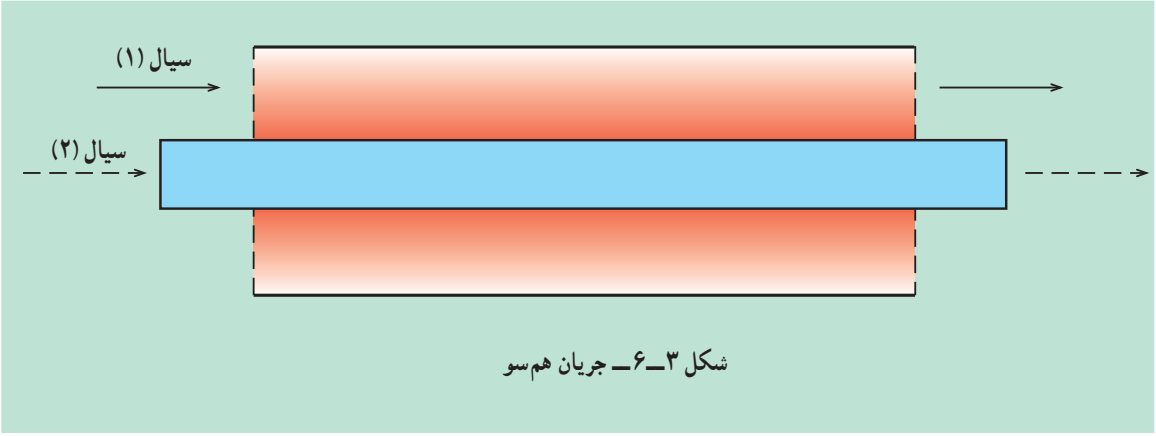
الف ــ جریان هم‌سو[1]:

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

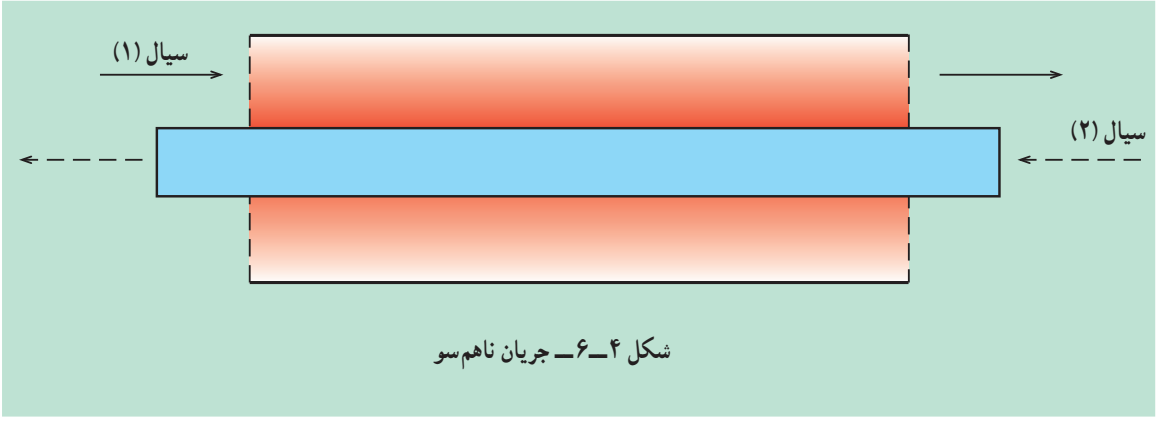
۱ــ Co - Current flow

ب ــ جریان ناهم‌سو[1]:

سیّال سرد و گرم در دو جهت مخالف حرکت می‌کند ؛ در نتیجه میزان تبادل انتقال حرارت افزایش می‌یابد و راندمان کار بیش‌تر می‌شود.



شکل ۳ــ۶ــ جریان هم‌سو

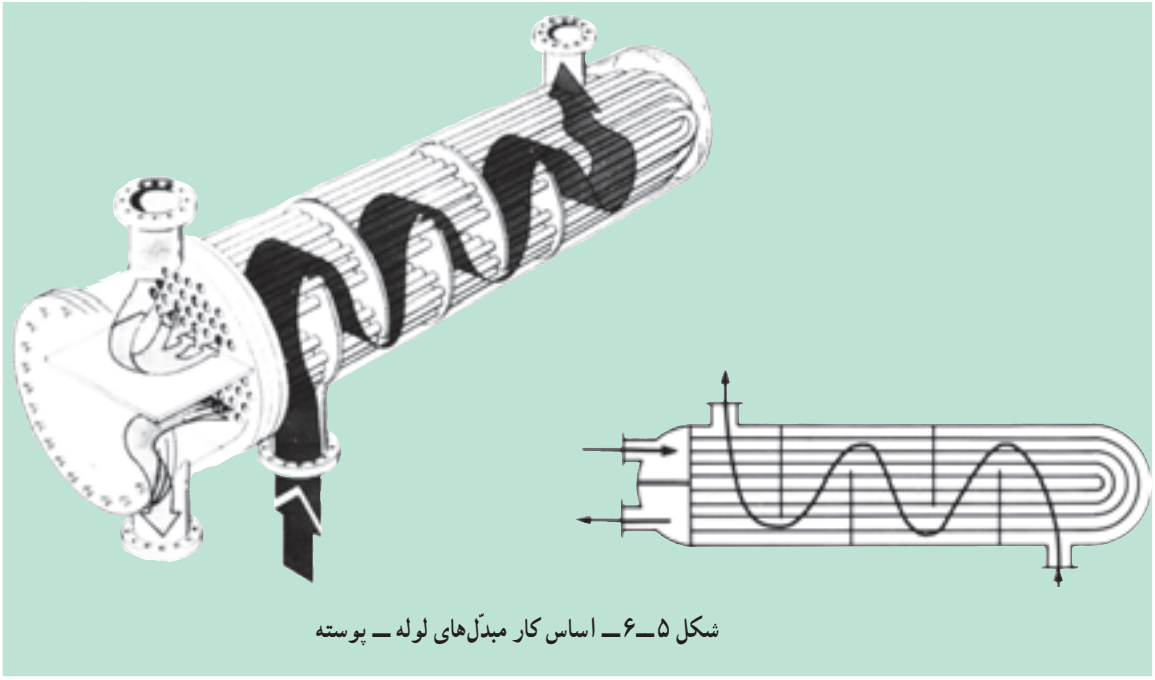


شکل ۴ــ۶ــ جریان ناهم‌سو

۴ــ۶ــ اساس کار مبدّل‌های حرارتی لوله ــ پوسته

معمولاً سیال گرم درون لوله‌های موجود در پوسته جریان خواهند داشت و در محفظه‌ی میانی لوله‌ها (در پوسته) سیّال سرد پس از عبور از مسیرهای تعیین شده با سطح جانبی لوله برخورد کرده تبادل حرارت صورت می‌پذیرد و در انتها از مجرای مخصوص خارج می‌شود. چگونگی عملکرد مبدّل‌های حرارتی لوله ــ پوسته در شکل ۵ــ۶ نشان داده شده است.

۱ــ Counter Current flow



شکل ۵ــ۶ــ اساس کار مبدّل‌های لوله ــ پوسته

۵ــ۶ــ راه‌اندازی مبدّل‌های حرارتی

۱ــ ابتدا سیّال سرد وارد پوسته‌ی مبدل می‌شود ؛ سپس به‌تدریج سیّال گرم در درون لوله‌ها جریان می‌یابد.

۲ــ چنان چه از مشتقات نفتی یا گازی برای سیالات درون مبدل استفاده می‌کنید حتماً از یک گاز بی‌اثر یا بخار آب ــ برای تخلیه‌ی هوای درون مبدّل و جلوگیری از انفجار ــ استفاده نمایید.

۶ــ۶ــ از کار انداختن مبدّل‌های حرارتی

۱ــ ابتدا جریان گرم را درون مبدّل قطع کنید تا مبدّل به‌تدریج سرد شود.

۲ــ جریان سرد را قطع نمایید.

۳ــ برای جلوگیری از انفجار در مبدّل‌های حرارتی که مخلوط‌های هیدروکربنی در آن نقش سیّال را بر عهده دارند، حتماً پس از خاموش کردن دستگاه مبدّل را هواگیری نمایید.

۷ــ۶ــ خوردگی در مبدّل‌های حرارتی

با توجه به این که در صنایع شیمیایی، بیش‌تر مواد خاصیت خورندگی دارند، لوله‌های موجود در مبدّل‌های حرارتی نیز فرسوده شده بر اثر خوردگی سوراخ می‌شوند که این امر در عمل تبادل حرارت ایجاد اخلال می‌کند. به‌همین منظور روش مشخص شدن خوردگی در لوله‌ها بیان می‌شود :

۱ــ مبدّل حرارتی را از دستگاه خارج نمایید.

۲ــ مواد را در پوسته و لوله‌ی مبدّل به‌طور کامل تخلیه کنید.

۳ــ خروجی مسیر پوسته را ببندید.

۴ــ آب‌فشار قوی را در درون پوسته‌ی مبدّل وارد کنید.

توجه: چون خروجی پوسته مسدود است هر لوله‌ای که سوراخ باشد آب را از خود عبور می‌دهد.

۸ــ۶ــ آزمایش: مبدّل حرارتی دو لوله‌ای ــ U شکل

ساده‌ترین نوع مبدّل حرارتی پوسته ــ لوله نوع دو لوله‌ای آن است که در این آزمایش ساختمان و عملکرد آن بررسی می‌شود.

اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه (شکل ۶ ــ۶) عبارت‌اند از :

۱ــ لوله‌های U شکل ؛

۲ــ اندازه‌گیر جریان برای آب سرد و گرم ؛

۳ــ شیرهای دروازه‌ای به تعداد ۵ عدد ؛

۴ــ ۸ عدد دماسنج یا حس‌کننده‌ی دما[1] و یک ترمومتر دیجیتالی ؛

۵ــ مخزن ذخیره‌ی آب گرم ؛

۶ــ پمپ انتقال سیال ؛

۷ــ عایق‌بندی لوله‌های مبدّل.

مراحل آزمایش:

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

مراحل آزمایش را برای هر دو نوع جریان تکرار نمایید :

۱ــ ابتدا شیرهای جریان آب سرد را باز کنید که در پوسته جریان دارد.

۲ــ 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.

۳ــ پس از مدتی که دمای نقاط مختلف سیّال 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.

۴ــ همین مراحل را برای جریان ناهم‌سو تکرار کرده جدول ۱ــ۶ را تکمیل نمایید.

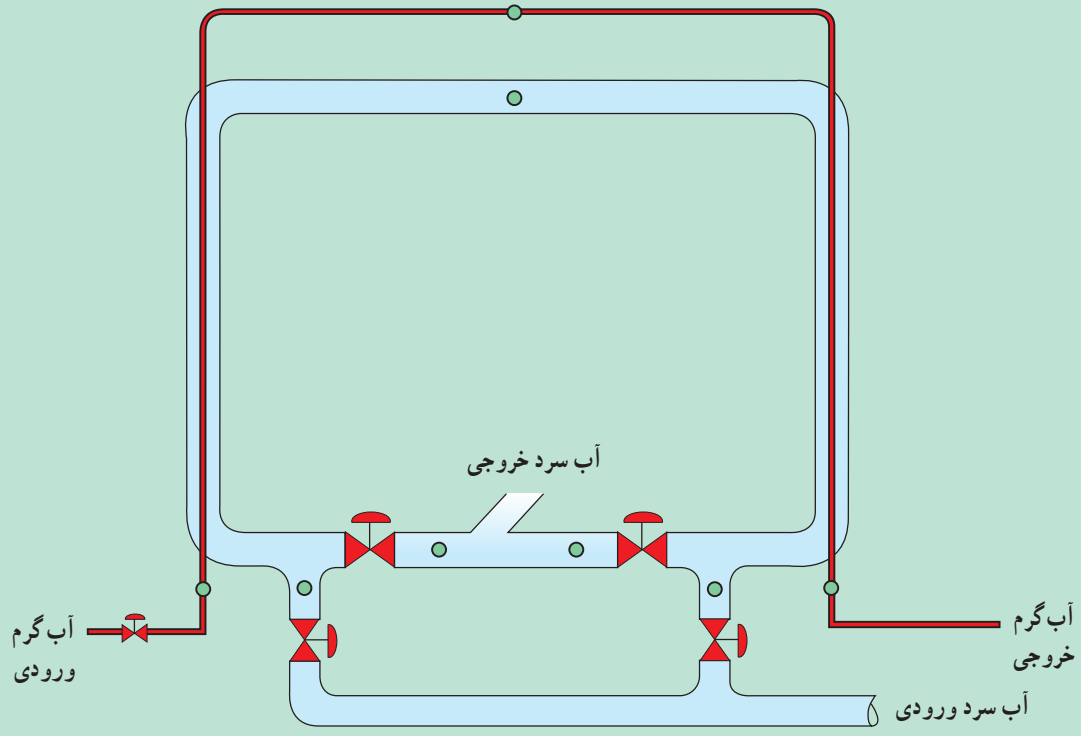
۵ــ اختلاف دماهای نقاط مختلف سیّال را در هر دو حالت هم‌سو و ناهم‌سو با هم مقایسه کرده و نتیجه‌گیری نمایید.

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

۱ــ Sensor

جدول ۱ــ۶

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



شکل ۶ــ۶ــ آزمایش مبدّل حرارتی ــ دو لوله‌ای ــU شکل

۹ــ۶ــ آزمایش: مبدّل حرارتی پوسته ــ لوله

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

ــ یک لوله‌ی ۴ اینچ به عنوان پوسته

ــ ۱۰ عدد لوله‌ی $\frac{۱}{۴}$ اینچ که درون پوسته قرار می‌گیرد.

ــ ۶ عدد شیر آب سردوگرم ورودی و خروجی

ــ ۴ حسگر دما و ترمومتر برای نمایش

ــ مخزن ذخیره‌ی آب گرم به‌همراه هیتر برقی

ــ پمپ برای انتقال سیال گرم

ــ دبی‌سنج سیال سرد و گرم

ــ ترموستات

شرح کار

۱ــ دستگاه را با اجازه‌ی مربی روشن نمایید.

۲ــ شیر آب سرد را باز کنید تا درون پوسته پر شود (به صورت همسو)

۳ــ شیر آب‌گرم و پمپ مربوطه را روشن نمایید.

۴ــ در فاصله‌ی زمانی متفاوت دماهای ورودی و خروجی را یادداشت کنید.

۵ــ مراحل ۲ تا ۴ را در دبی‌های مختلف آب سرد و گرم انجام دهید.

۶ــ مراحل ۲ تا ۵ را برای جریان ناهمسو تکرار کنید.

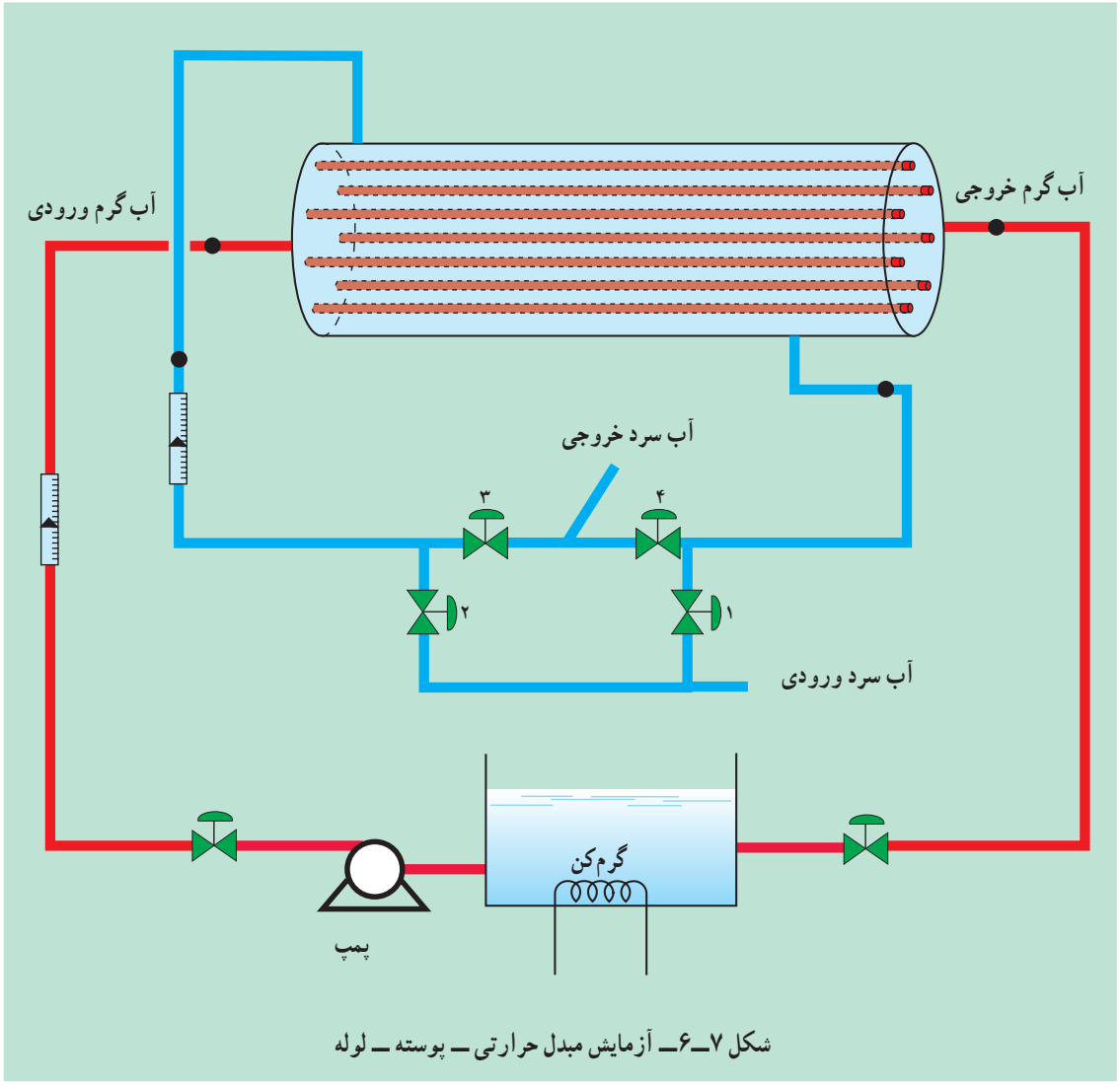
۷ــ جدول ۲ــ۶ را برای دبی‌های مختلف جریان سرد و گرم و هم‌چنین جریان‌های همسو و ناهمسو تکمیل نمایید.

۸ــ تأثیرات افزایش دبی جریان سرد و گرم را در تغییرات دما به‌صورت منحنی رسم نمایید.

۹ــ نتایج مذکور را برای جریان‌های همسو و ناهمسو تکرار کنید.

جدول ۲ــ۶

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



شکل ۷ــ۶ــ آزمایش مبدل حرارتی ــ پوسته ــ لوله

خودآزمایی

۱ــ مبدّل حرارتی را به‌گونه‌ای مختصر شرح دهید.

۲ــ انواع جریان مربوط به مبدّل حرارتی را شرح دهید.

۳ــ چه هنگام از مبدّل حرارتی دو لوله‌ای استفاده می‌شود؟

۴ــ اساس کار مبدّل‌های حرارتی پوسته ــ لوله را شرح دهید.

۵ــ برای یافتن خوردگی در مبدّل‌ها چه روشی را پیش‌نهاد می‌کنید؟

۶ــ حرارت انتقال یافته در روش همسو بیش‌تر است یا ناهمسو؟ چرا؟

فصل هفتم

کنترل فرآیند

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :
۱ــ با نحوه‌ی کنترل سطح، به هنگام کار آشنا شود.
۲ــ با نحوه‌ی کنترل دما در حین کار آشنا شود.
۳ــ با نحوه‌ی کنترل فشار به هنگام کار آشنا شود.

۱ــ۷ــ مقدمه

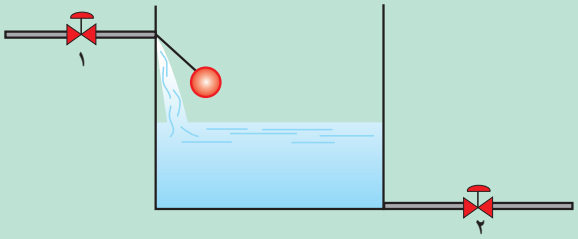
اصولاً در فرآیندهای شیمیایی، به‌وسیله‌ی کنترل عوامل تعیین کننده نظیر فشار، دما و سطح، علاوه بر نظارت بر کیفیت محصول، امکان بروز خطرهای جانبی کار نیز به حداقل خواهد رسید ؛ به همین منظور، در این فصل علاوه بر تعریف ساده از سه نوع کنترل یادشده، آزمایش را نیز انجام خواهید داد.

۲ــ۷ــ کنترل سطح مایع[۱]

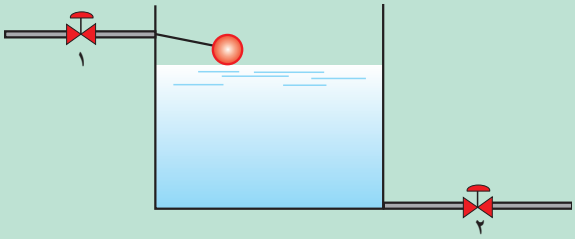
با نظارت بر ارتفاع مایعات در تانک‌های ذخیره، مخازن، راکتورها و نظایر آن، می‌توان علاوه بر افزایش بازدهی دستگاه از پر شدن و سرریز شدن تانک‌ها و مخازن جلوگیری کرد. سرریزشدن مخازن در کارخانجات شیمیایی که مواد آتش‌زا و سمی را شامل می‌شوند بسیار خطرناک بوده، ممکن است علاوه بر آلودگی محیط، خطرات آتش‌سوزی و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

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

۱ــ Liquid Level Control



الف ــ قبل از اعمال کنترل و بسته شدن شیر ورودی



ب ــ بسته شدن شیر ورودی و تنظیم ارتفاع

شکل ۱ــ۷

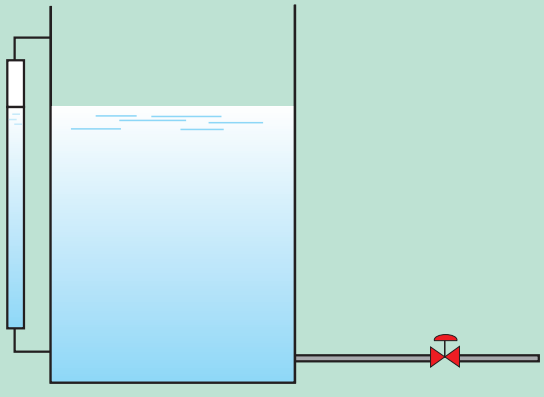
همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌کنید تنظیم ارتفاع مطلوب در تانک به دو شیوه است :

۱ــ شیر خروجی را بیش‌تر باز نمایید یا به‌عبارتی مصرف را بیش‌تر کنید.

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

عمل‌کرد: با افزایش ارتفاع مایع در تانک، شناور به سمت بالا رانده می‌شود که درنتیجه، مسیر شیر ورودی بسته خواهد شد بر اثر مصرف از طریق شیر خروجی ارتفاع کاهش می‌یابد و در نتیجه، شناور به سمت پایین آزاد شده مسیر مایع ورودی باز خواهد شد. بدین ترتیب، به راحتی می‌توان ارتفاع مایع را در تانک تنظیم نمود.

در جداره‌ی تانک‌ها و مخازن از وسایلی برای نشان دادن ارتفاع مایع استفاده می‌شود که به‌صورت شیشه‌های مدوّر در جداره‌ی تانک‌ها قرار دارد. به این وسایل «نمایشگر سطح مایع[۱]» می‌گویند که در شکل ۲ــ۷ طرحی از آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ ــ۷ــ مخزن مجهز به نمایشگر سطح مایع

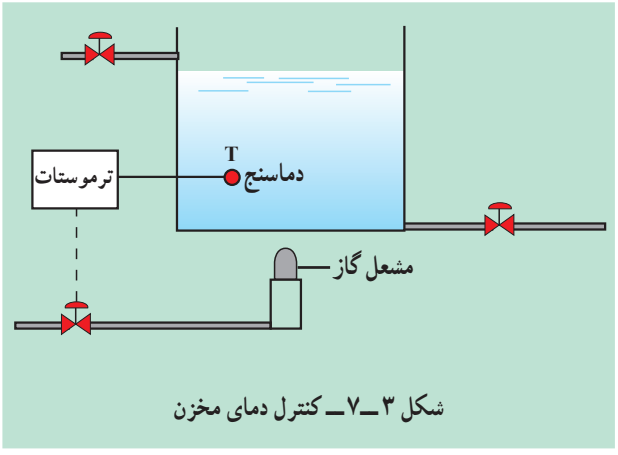
۱ــ Level Indicator

۳ــ۷ــ 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 ۳ــ۷ کنترل ساده‌ی دما، برای یک مخزن مجهز به گرم‌کن (مشعل) نشان داده شده است.

دمای داخل تانک به‌وسیله‌ی ترموکوپل اندازه‌گیری می‌شود و چنان‌چه از حد مجاز بیش‌تر شود با ترموستات، فرمان قطع جریان گرم به مخزن داده خواهد شد ؛ به‌عبارتی، 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 گازشده دمای مخزن را دوباره به حالت مطلوب خواهد رسانید.

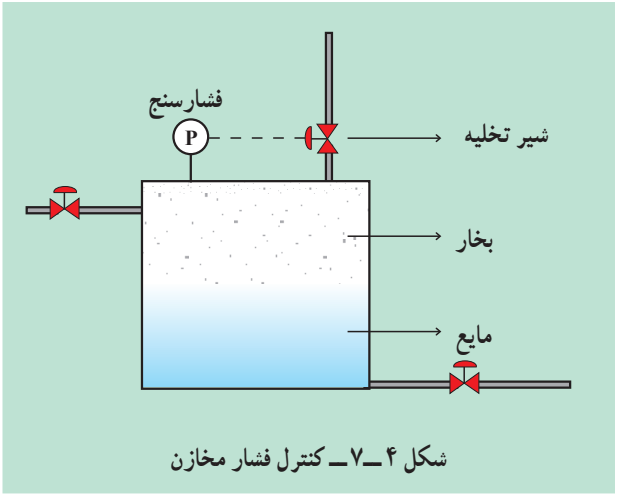


شکل ۳ــ۷ــ کنترل دمای مخزن

۴ــ۷ــ کنترل فشار[۲]

مخازن تحت فشار، تانک‌های ذخیره‌ی مواد شیمیایی و نفتی، یا مخازن ذخیره‌ی گاز، به منظور ایمنی، باید به کنترل کننده‌ی فشار مجهّز 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 ۴ــ۷ کنترل فشار به سادگی نشان داده شده است.

۱ــ Temperature control ۲ــ Pressure Control



شکل ۴ــ۷ــ کنترل فشار مخازن

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

۵ــ۷ــ شیرهای کنترل[۱]

معمولاً در صنعت، شیرهای کنترل، آخرین وسیله‌ی کنترل کننده‌ی مدار کنترل هستند که به وسیله‌ی اثرات مکانیکی یا اثرات الکتریکی باز و بسته خواهند شد و کنترل نهایی را برعهده خواهند داشت (برای مطالعه‌ی بیش‌تر به کتاب «عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی» مراجعه شود.)

۶ــ۷ــ آزمایش: کنترل سطح، دما و فشار آب‌گرم‌کن

هدف: بررسی و مشاهده‌ی کنترل دما، سطح و فشار روی آب‌گرمکن و آشنایی با ادوات ساده‌ی کنترل.

ساختمان این دستگاه از این بخش‌ها تشکیل شده است :

۱ــ مخزن ذخیره‌ی آب، همراه با شناور.

۲ــ آب‌گرمکن گازی مجهز به ترموستات و شیر اطمینان و فشارسنج.

۱ــ Control Valreo

روش آزمایش:

با توجه به شکل ۵ــ۷ این مراحل را انجام دهید :

۱ــ 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.

۲ــ شیر خروجی تانک را باز کنید تا آب به آب‌گرمکن وارد شود.

۳ــ شبکه‌ی حرارتی را بسته به نوع آن روشن نمایید و روی دمای ۶۰ درجه‌ی سلسیوس تنظیم کنید.

* وقتی که دما به ۶۰ درجه‌ی سلسیوس برسد ترموستات به‌طور خودکار مسیر منبع حرارتی را قطع خواهد کرد.

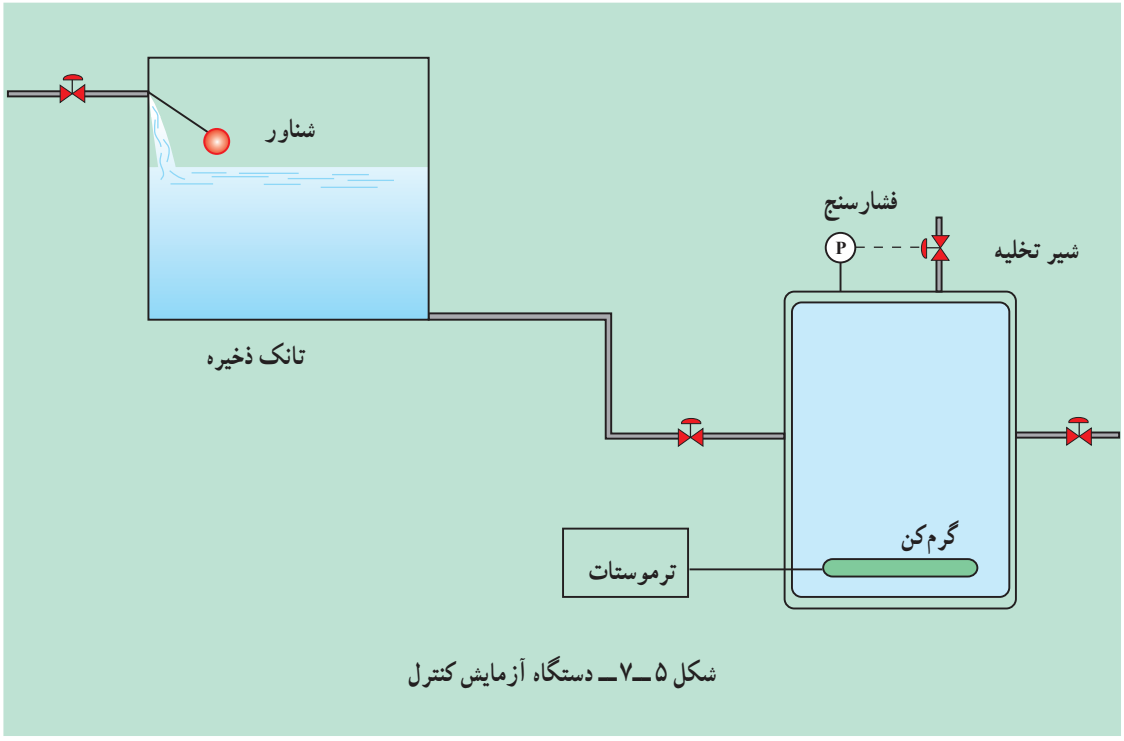
۴ــ برای کنترل فشار باید در دماهای بالا کار کنید. ترموستات را روی C ۱۰۰ قرار دهید.

۵ــ در این دما بخارات تولید می‌شود که باعث ازدیاد فشار مخزن خواهد شد در این حالت فشار را از طریق فشارسنج بخوانید.

۶ــ بر اثر افزایش فشار شیر اطمینان عمل خواهد کرد و بخشی از بخار خارج خواهد شد. فشار مرحله‌ی دوّم را نیز بخوانید.

فعالیت آزاد:

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



شکل ۵ــ۷ــ دستگاه آزمایش کنترل

خودآزمایی

۱ــ چرا کنترل در هر واحد صنعتی لازم است؟

۲ــ چنان‌چه شبکه‌ی کنترل سطح مایع در یک مخزن مواد شیمیایی عمل نکند چه اتفاقی می‌افتد؟

۳ــ نحوه‌ی کنترل دمای آب‌گرمکن را شرح دهید.

۴ــ با یک مثال ساده کنترل فشار را توضیح دهید.

فصل هشتم

برج‌ها و ستون‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :
۱ــ دستگاه‌های انتقال جرم را توضیح دهد.
۲ــ برج‌ها و ستون‌های عملیات انتقال جرم را توضیح دهد.
۳ــ دستگاه تفکیک و ستون جذب سینی‌دار را بیان کند.
۴ــ برج جذب پرشده را توضیح دهد.
۵ــ با برج‌ها و ستون‌ها کارکند.
۶ــ از کارخانجات نفت و گاز و پتروشیمی یا پالایشگاه بازدید بعمل آورد.

۱ــ۸ــ مقدمه

بسیاری از فرآیندهای مهندسی شیمی با مسئله‌ی تغییر غلظت در محلول‌ها و مخلوط‌ها سروکار دارند که این تغییرات الزاماً به‌وسیله‌ی 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 به‌وجود می‌آید، **عملیات انتقال جرم**[۱] نامند. اهمیت این عملیات کاملاً واضح بوده و به‌ندرت می‌توان یک فرآیند شیمیایی را یافت که نیاز به خالص‌سازی اولیه‌ی موادخام 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 پی‌برد.

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 غلظت‌نهایی به غلظت ابتدایی مواد جداشده خواهد داشت. اگر این نسبت بزرگ باشد قیمت

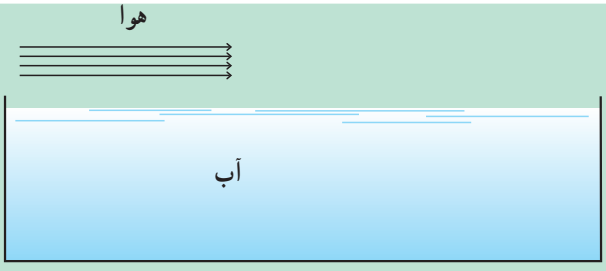
---

۱ ــ Mass Transfer Operation

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

جمع‌بندی

عملیات انتقال جرم به‌وسیله‌ی 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 ۱ــ۸)، تبخیر می‌شود نوعی انتقال جرم است.



شکل ۱ــ۸ــ عبور جریان هوا از روی سطح آب

مولکول‌های بخار آب از میان مولکول‌های هوا روی سطح به درون توده‌ی هوا نفوذ کرده و از آن‌جا 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.

۲ــ۸ــ تقسیم‌بندی عملیات انتقال جرم

این تقسیم‌بندی به‌صورت جدول ۱ــ۸ می‌باشد.

جدول ۱ــ۸

عملیات انتقال جرم

۱ــ تماس مستقیم دو فاز نامحلول در یکدیگر

۱ــ گاز ــ گاز : غیرقابل انجام در صنعت

۲ــ گاز ــ مایع : جداسازی آمونیاک از مخلوط هوا و آمونیاک به وسیله‌ی آب

۳ــ گاز ــ جامد : خشک‌کردن گازهای مرطوب

۴ــ مایع ــ مایع : جداسازی آب و استن به‌وسیله‌ی تتراکلریدکربن

۵ــ مایع ــ جامد : جداسازی طلا از سنگ معدن

۶ــ جامد ــ جامد : غیر قابل انجام در صنعت

۲ــ جداسازی فازها با استفاده از غشاء[1]

۱ــ گاز ــ گاز : جداسازی هلیوم به‌وسیله‌ی غشاهای پلیمری از گاز طبیعی

۲ــ مایع ــ مایع : شیرین‌سازی آب دریا

۳ــ گاز ــ مایع : جداسازی الکل از آب به‌وسیله‌ی یک غشاء به نوعی که الکل در طرف دیگر غشاء تبخیر شود.

---

۱ ــ Memberane

۱ــ۲ــ۸ــ تماس مستقیم دو فاز نامحلول در یکدیگر

این گروه از نوع دیگر مهم‌تر می‌باشد و اغلب عملیات انتقال جرم در این دسته‌بندی واقع می‌شود.

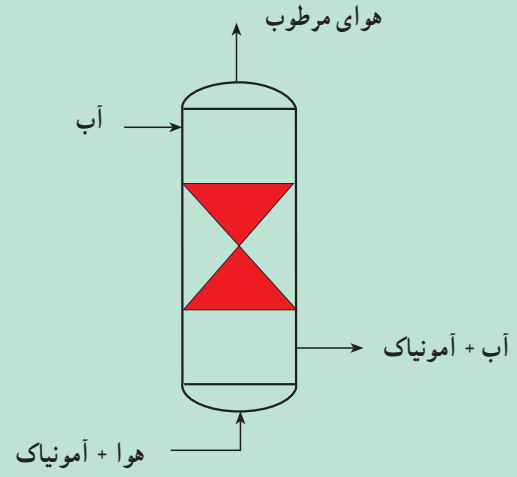
وجود سه‌فاز مختلف یعنی گاز، مایع و جامد امکان مجاورشدن دو فاز را با یکدیگر به شش صورت فراهم می‌کند.

گاز ــ گاز:

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

گاز ــ مایع:

جداسازی آمونیاک را از مخلوط گازی هوا ــ آمونیاک به‌وسیله‌ی آب می‌توان از این دسته نامید. در این حالت بخش عمده‌ای از آمونیاک موجود در هوا به داخل آب نفوذ خواهد کرد و این در حالی است که هوا در آب نفوذ نمی‌کند. این عمل را در صنعت جذب[۱] می‌نامند (شکل ۲ــ۸).



شکل ۲ــ۸ــ جداسازی آمونیاک از مخلوط هوا ــ آمونیاک (برج جذب)

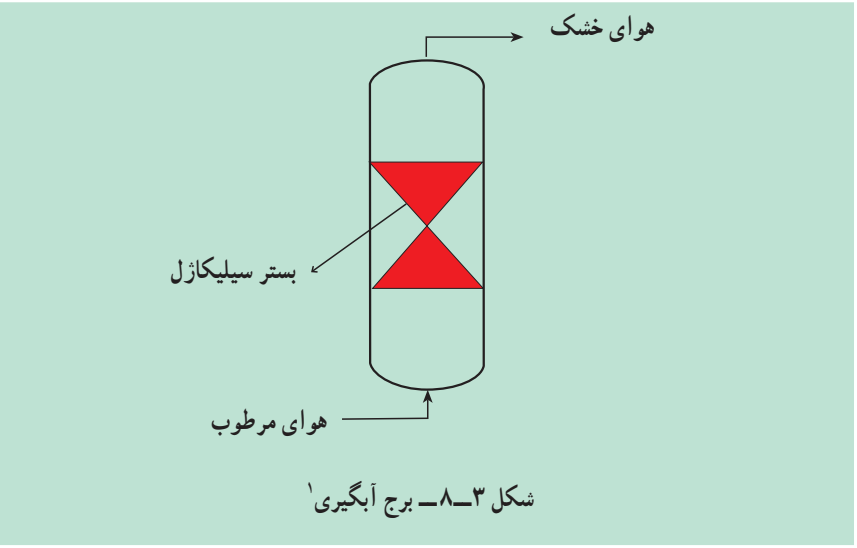
چنانچه هوا در تماس با محلول آمونیاک ــ آب قرار گیرد، قسمتی از آمونیاک از آب جدا شده و درون هوا نفوذ خواهد کرد. این فرآیند در صنعت دفع[۲] نامیده می‌شود.

گاز ــ جامد:

اگر مخلوطی از هوای مرطوب در معرض یک ماده‌ی جاذبه‌ی رطوبت مثل سیلیکاژل فعال شده قرار بگیرد، بخار آب به درون فاز جامد نفوذ نموده و هوا خشک می‌شود این فرآیند را در صنعت خشک کردن[۳] می‌نامند (شکل ۳ــ۸).

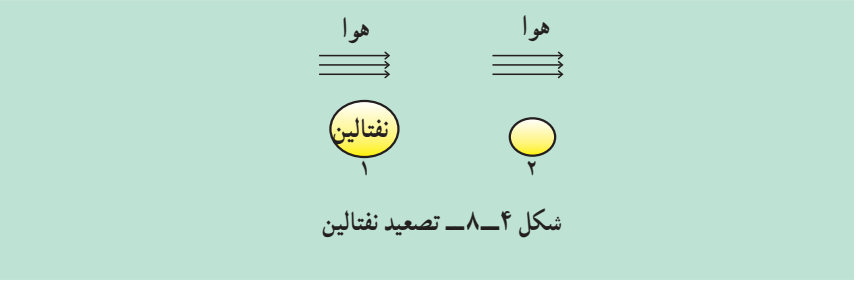
---

۱ ــ Absorption ۲ ــ Stripping ۳ ــ drying



شکل ۳ــ۸ــ برج آبگیری[۱]

هم‌چنین نفوذ نفتالین در هوا نیز نوعی انتقال از فاز جامد به گاز می‌باشد. این عملیات در صنعت تصعید[۲] نامیده می‌شود (شکل ۴ــ۸).



شکل ۴ــ۸ــ تصعید نفتالین

مایع ــ مایع:

اگر محلول استن ــ آب را در یک قیف جداکننده با تتراکلرید کربن تکان داده و اجازه دهند تا فازها از یکدیگر جدا شوند، قسمت عمده‌ی استن از فاز آب جداشده و وارد فاز تتراکلرید کربن می‌شود. این عملیات را در صنعت استخراج مایع‌ــمایع[۳] می‌نامند.

فعالیت ۱:

۱ــ مقدار مشخصی از آب و استن را با یکدیگر مخلوط کنید.

۲ــ مقدار مشخصی تتراکلریدکربن به محلول اضافه کنید و خوب به‌هم بزنید.

۳ــ به‌وسیله‌ی قیف جداکننده دو فاز مجزا را از یکدیگر جدا کنید.

۴ــ حجم‌های ثانویه را یادداشت کنید.

۵ــ میزان نفوذ استن را در تتراکلرید به‌دست آورید.

۱ــ Dehydration Column ۲ــ Sablimation ۳ــ Liquid - Liquid Extraction

مایع ــ جامد:

جداسازی طلا از سنگ‌های معدن توسط محلول‌های سیانید یا جداسازی روغن از پنبه دانه به‌وسیله‌ی 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[1] مجاور شوند مواد رنگی بر روی سطح کربن جامد جمع خواهد شد. این عمل را جذب سطحی[2] می‌نامند.

جامد ــ جامد :

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

۲ــ۲ــ۸ــ جداسازی فازها با استفاده از غشاء:

نقش غشاء جلوگیری از مخلوط‌شدن 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 ــ 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 ــ مایع:

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

مایع ــ 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[3] می‌گویند.

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

---

۱ ــ Active Carbon ۲ ــ Absorption

۳ ــ Osmosis

جریان حلال را معکوس کرد و حلال و حل‌شونده بدین ترتیب با عمل اسمز معکوس[1] از یکدیگر جدا خواهند شد و این، یکی از فرآیندهای متداول در شیرین‌کردن آب دریاست.

۳ــ ۸ ــ 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 به‌دست 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 کم هزینه‌ترین 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 ــ ۸ ــ اصول طراحی

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

۱ــ تعداد مراحل ایده‌آل (تعداد مراحلی که فازها با یکدیگر تماس دارند).

۲ــ زمان لازم برای تماس فازها

۳ــ شدت جریان‌های مجاز فازها

۴ــ انرژی‌های مورد نیاز برای عملیات انتقال جرم.

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

۵ ــ ۸ ــ برج تفکیک‌کننده‌ی نفت و گاز[2]

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.

۱ــ Reverse Osmosis

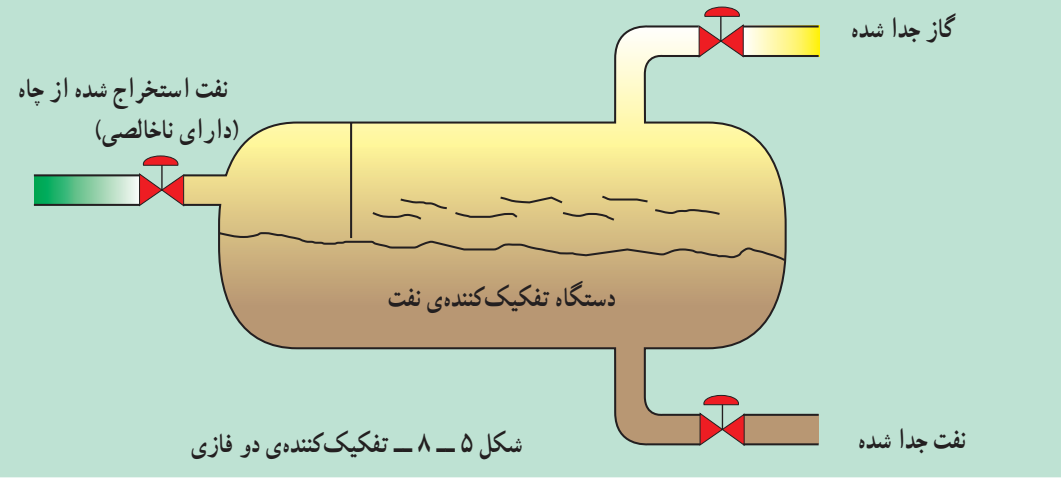
۲ــ Oil and Gas separator

تفکیک‌کننده‌ها به‌طور کلی به دو صورت وجود دارند :

۱ــ۵ ــ ۸ ــ تفکیک‌کننده‌های دو فازی[۱]

در این دستگاه‌ها دو فاز گاز و نفت از یکدیگر جدا می‌شوند (مطابق شکل ۵ ــ ۸). فاز گاز از بالای تفکیک‌کننده و فاز نفت (مایع) از پایین دستگاه خارج می‌شوند.

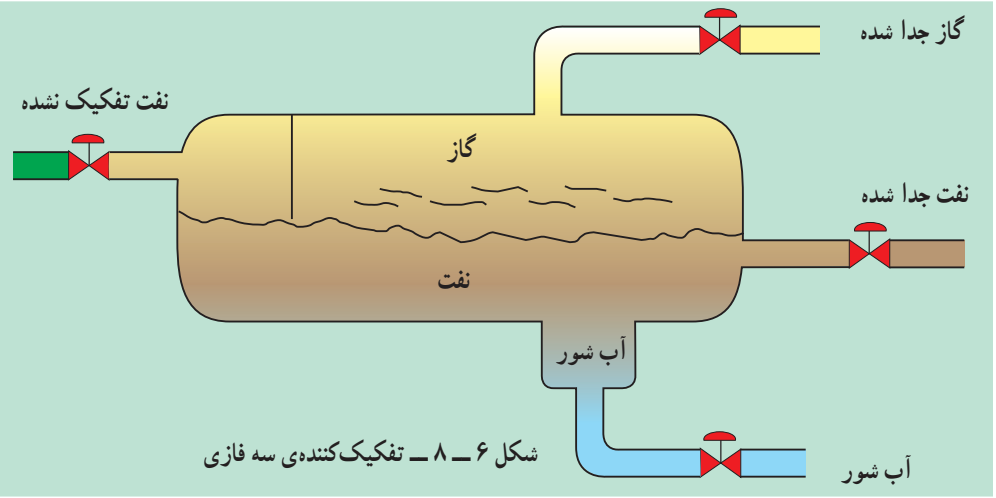
اصولاً تفکیک‌کننده‌ها به صورت افقی در مسیر جریان نفت قرار می‌گیرند و به دلیل شرایط خاص دمایی و فشاری باعث جدایی دو فاز از یکدیگر می‌شود. این عملیات را تبخیر ناگهانی[۲] می‌نامند.



شکل ۵ ــ ۸ ــ تفکیک‌کننده‌ی دو فازی

۲ــ۵ ــ ۸ ــ تفکیک‌کننده‌های 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 ــ ۸).



شکل ۶ ــ ۸ ــ تفکیک‌کننده‌ی سه فازی

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

۳ــ۵ ــ ۸ ــ وسایل داخلی دستگاه‌های تفکیک‌کننده

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

۱ــ سینی منحرف‌کننده[۱]

۲ــ ورقه‌های محوکننده‌ی کف[۲]

۳ــ ورقه‌های جداکننده‌ی گاز از نفت[۳]

۴ــ ورقه‌های نم‌گیر[۴]

۵ ــ گرداب شکن[۵]

۴ــ۵ ــ ۸ ــ طرز کار وسایل داخل دستگاه تفکیک‌کننده

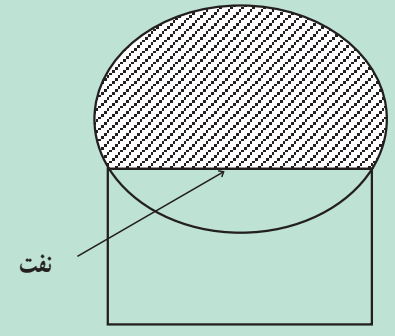
سینی منحرف‌کننده:

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 منحرف‌کننده 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 منحرف‌کننده 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 ۷ــ ۸ مشاهده می‌کنید.



شکل ۷ ــ ۸ ــ برش مقطعی سینی محوکننده‌ی کف

۱ــ Defelector Dish
۲ــ Defoaming Baffles
۳ــ Dividing plates
۴ــ Mist Eleminator
۵ ــ Vortex Breaker

وظایف ورقه‌ی محوکننده‌ی کف عبارت است از :

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

۲ــ از تلاطم نفت درون دستگاه جلوگیری می‌کند.

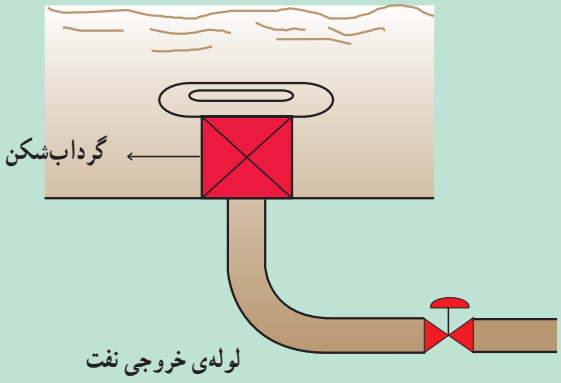
۳ــ باعث می‌شود گاز بیش‌تری از نفت جدا شود.

ورقه‌های جداکننده‌ی گاز از نفت:

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

گرداب‌شکن:

گرداب‌شکن یا مانع عبور گاز از لوله‌ی نفت در محل لوله‌ی خروجی نفت قرار دارد. معمولاً جایی‌که 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 ۸ــ ۸ نمایی از گرداب‌شکن را نمایش می‌دهد.



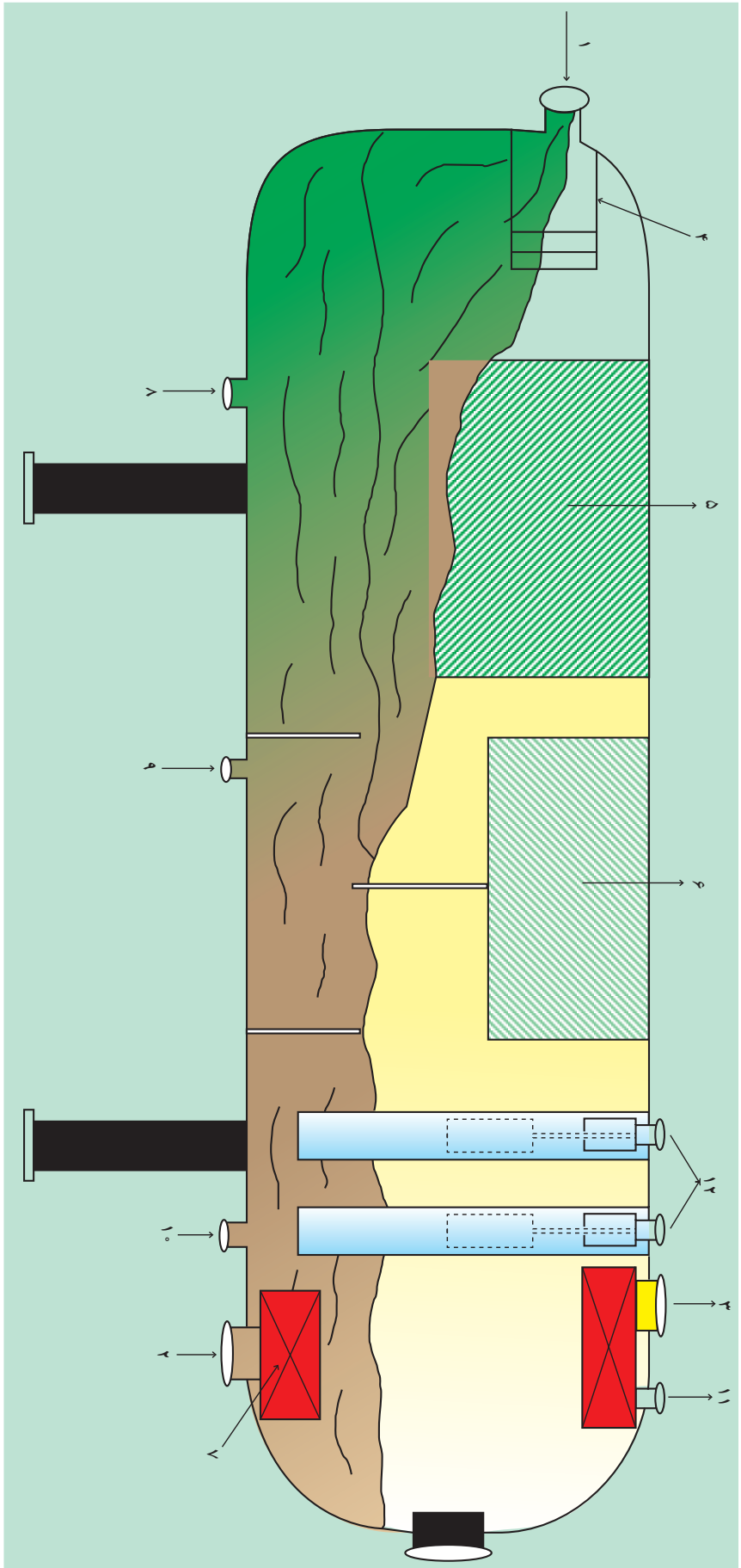
شکل ۸ ــ ۸ ــ گرداب‌شکن مستقر در محل لوله‌ی خروجی نفت

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 ۹ــ۸ نمایی کلی از یک دستگاه تفکیک‌کننده‌ی گاز و نفت را نشان می‌دهد.



شکل ۹ــ ۸ ــ نمایی از ادوات یک تفکیک‌کننده

جدول قطعات تفکیک‌کننده ی مربوط به شکل ۹ــ ۸

شماره	توضیح
۱	نازل نفت ورودی[۱]
۲	نازل نفت خروجی[۲]
۳	نازل گاز خروجی[۳]
۴	سینی منحرف‌کننده[۴]
۵	سینی محوکننده‌ی کف[۵]
۶	موانع حذف رطوبت[۶]
۷	مانع جریان گردابی (گرداب شکن[۷])
۸	نازل تخلیه‌ی مایع (ته کش[۸])
۹	نازل تخلیه‌ی مایع (ته کش)
۱۰	نازل تخلیه‌ی مایع (ته کش)
۱۱	تخلیه‌ی گاز[۹]
۱۲	کنترل‌کننده‌ی سطح نفت[۱۰]

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

اختلال در عملیات تفکیک:

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

الف ــ رفتن گاز همراه نفت[1] از پایین دستگاه تفکیک:

(شکل ۱۰ــ ۸)

علائمی که مشخص‌کننده‌ی این حالت هستند، عبارتند از :

۱ــ پایین آمدن سطح نفت در دستگاه تفکیک

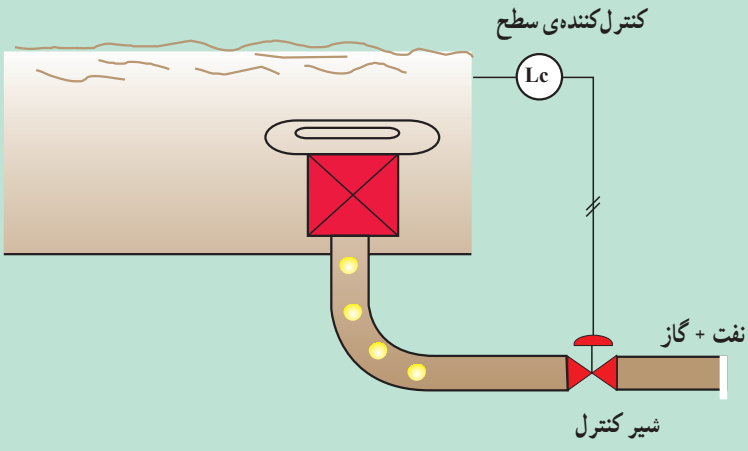
۲ــ کم شدن حرارت لوله‌ی خروجی نفت دستگاه تفکیک

۳ــ زیاد شدن صدای لوله‌ی خروجی نفت

طریقه‌ی برطرف کردن این مشکل عبارتست از :

۱ــ افزایش سطح نفت در دستگاه تفکیک

۲ــ ممکن است شیر کنترل سطح نفت خراب شده باشد که باید توسط نیروهای تعمیرات مستقر درکارخانه، شیر کنترل را اصلاح کرد.



شکل ۱۰ــ ۸ ــ پدیده‌ی Carry through

ب ــ خروج نفت همراه گاز[2] از بالای دستگاه تفکیک:

(شکل ۱۱ــ ۸)

اگر نفت همراه گاز از لوله‌ی خروجی گاز بالای دستگاه تفکیک خارج شود این مشکل پیش می‌آید. علائم شناخت این پدیده عبارتند از :

۱ــ زیاد شدن بیش از حد سطح نفت در دستگاه

۲ــ دود کردن مشعل[3] اصلی کارخانه

۱ــ Carry through ۲ــ Carry over ۳ــ Stock flare

۳ــ زیاد شدن درجه‌ی حرارت لوله‌ی خروجی گاز

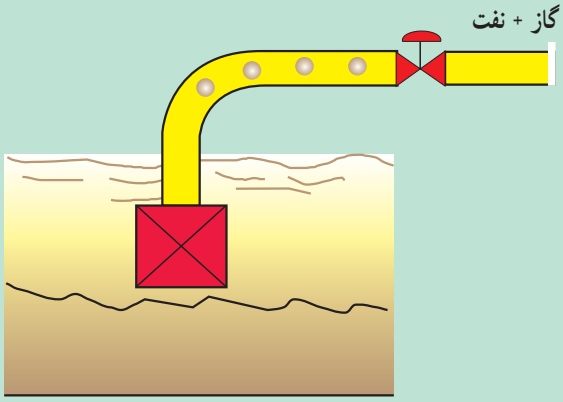
۴ــ کم شدن فشار دستگاه تفکیک

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

برطرف کردن این مشکل :

۱ــ 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.

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



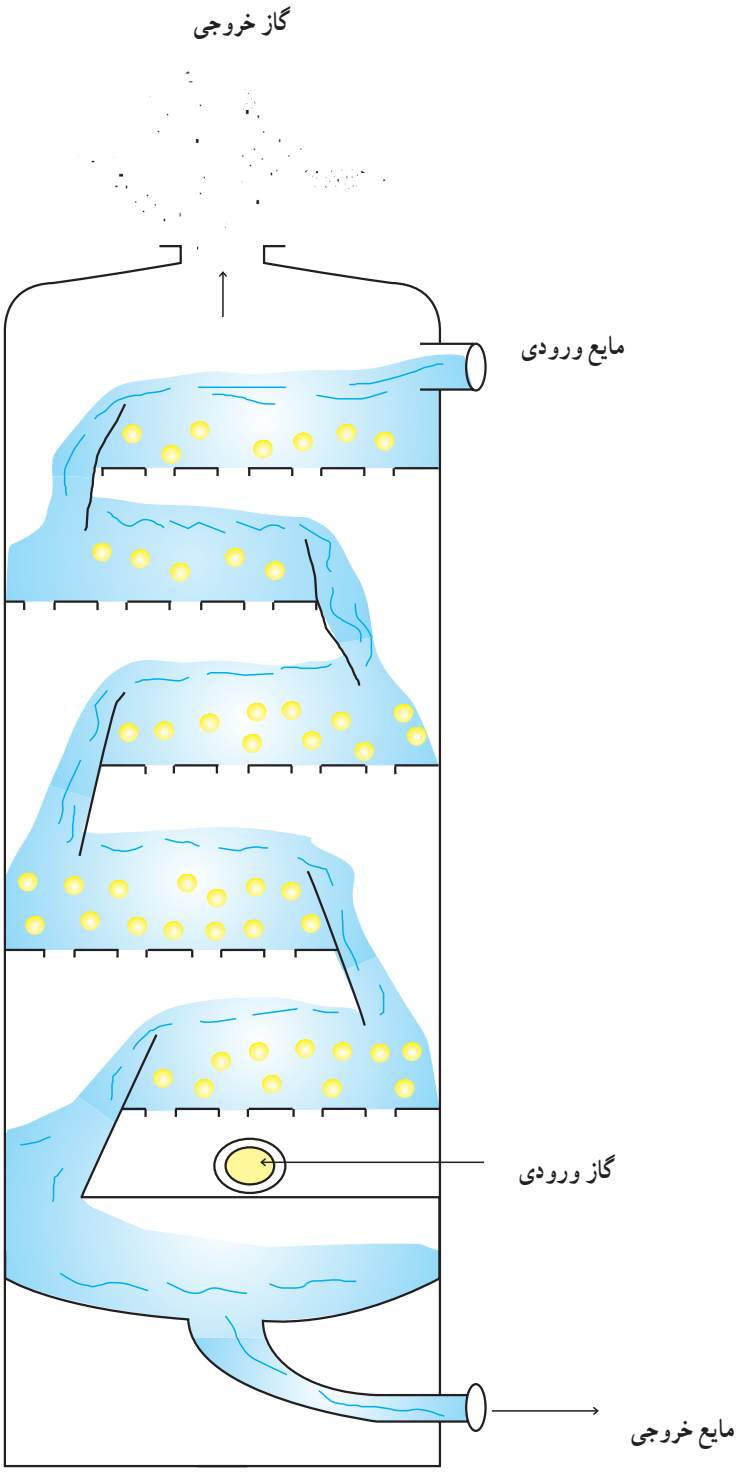
شکل ۱۱ــ ۸ ــ پدیده‌ی Carry over

۶ــ ۸ ــ برج‌های سینی‌دار[1]*

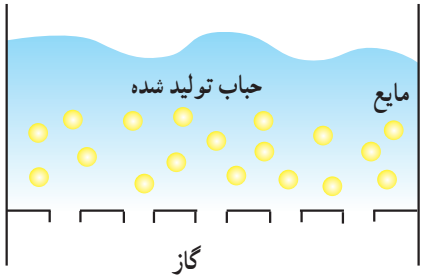
برج‌های سینی‌دار استوانه‌هایی عمودی هستند که در آن‌ها مایع وگاز به صورت مرحله‌ای در سینی‌ها یا صفحات، تماس حاصل نمایند. در شکل ۱۲ــ ۸ یک نوع از آنها دیده می‌شود. مایع از بالای برج وارد شده و تحت اثر نیروی جاذبه به‌طرف پایین حرکت می‌کند. مایع در مسیر خود از طریق یک مجرا به سینی پایین می‌ریزد. گاز از پایین 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.

۱ــ Tray towers

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



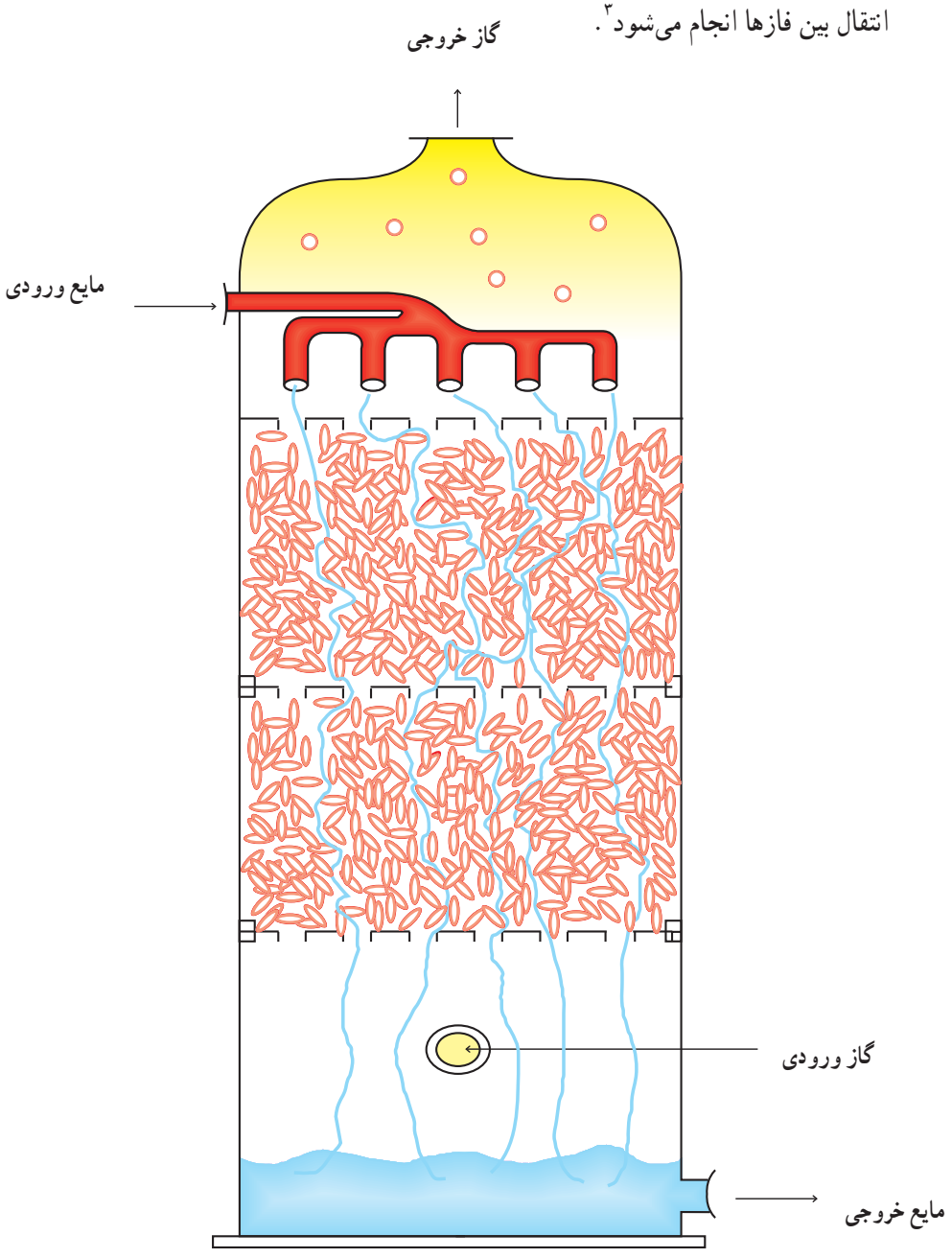
شکل ۱۲ــ ۸ ــ الف ــ نمایی از یک برج با سینی مشبک



شکل ۱۲ــ ۸ ــ ب ــ مقطعی از یک سینی مشبک

۷ ــ ۸ ــ برج‌های پرآکنده[۱]

همان‌طور که در شکل ۱۳ــ ۸ 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].



شکل ۱۳ــ ۸ ــ برج پرآکنده

۱ــ Packed Tower

۲ــ Packing

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

پرکن‌ها باید دارای خواص زیر باشند :

الف ــ سطح تماس زیادی را بین مایع و گاز ایجاد نمایند.

ب ــ با مایع و گاز عبوری در برج واکنش ندهند.

ج ــ دارای استحکام باشند تا استفاده از آن‌ها به آسانی امکان‌پذیر باشند.

د ــ ارزان قیمت باشند.

۸ــ ۸ ــ اشکالات حین عملیات

۱ــ 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.

۲ــ 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.

۹ــ ۸ ــ 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.

۱ــ Liquid Entrainment

۲ــ Wiepping

خودآزمایی

۱ــ عملیات انتقال جرم به چند دسته‌ی کلی تقسیم‌بندی می‌شود؟ نام ببرید.

۲ــ خشک کردن جزء کدام دسته از عملیات می‌باشد؟ با مثالی توضیح دهید.

۳ــ شماتیک یک برج دفع را رسم کرده و جریان‌های هر کدام را براساس جداسازی آمونیاک به وسیله‌ی آب از مخلوط هوا ــ آمونیاک نام‌گذاری کنید.

۴ــ تحقیقی در ارتباط با شیرین‌سازی آب دریا انجام دهید.

۵ ــ عوامل اصلی را درطراحی دستگاه‌های انتقال جرم نام ببرید.

۶ ــ وسایل داخلی دستگاه تفکیک گاز ــ مایع را نام ببرید.

۷ــ از گرداب شکن به چه منظوری استفاده می‌شود؟

۸ ــعلائم خروج نفت همراه گاز از بالای دستگاه تفکیک را نام ببرید.

۹ــ پرکن‌ها در برج‌های پر شده باید چه خصوصیاتی داشته باشند؟

۱۰ــ پدیده‌ی ریزش را شرح داده و بگویید چگونه برطرف می‌شود؟

منابع و مراجع

۱ــ حسن مدنی، مکانیک سیالات و هیدرولیک، انتشارات امیرکبیر

۲ــ دیوید همیل بلاو، اصول شیمیایی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی، مک گراهیل

۳ــ کاگ ناور و کابل، کنترل فرآیندها، مک گراهیل

۴ــ سید پندار توفیقی، طراحی و تنظیم سیستم‌های کنترل در واحدهای شیمیایی نفت و گاز، آموزش صنعت نفت جنوب، ۱۳۷۴.

۵ــ Streeter - willey - bedford, fluid Mechanic, Mc Graw Hill, 1999.

۶ــ J. P. Holman, Heat Transfer, Mc Graw Hill, 1990.

۷ــ J. P. Holman, Experimental Method of Engineering, 1998.

۸ ــ Miller, Flow Meaourement Engineering Hand book, 1997.

۹ــ KarraSik, Pump Hand book, 1998.

۱۰ــ Coulson & Richardson, Coulson & Richardson's Chemical Engineering, 1999.

۱۱ــ William. R. Apblett. Jr, Shell & Tube Heat Exchanger, Foster Wealer, development Corporation, 1991.

۱۲ــ G. Walker, Industrial Heat Exchanger a basic guide, University of Calgary.

۱۳ــ Sulzer Company, Pump for The offshore Oil Industry.

۱۴ــ Sulzer Company, Turbo Compressors, Standardized line of Compressor, 1990.

۱۵ ــ EBARA Corporation, Caoing Manual, 1993.

۱۶ــ MANNES MANN. Demag Company, Centrifugal, 1994.
Compressor of The Oil & gas Industry, 1994.

۱۷ــ Platon Instrumentation flow bits, flow & Pressure Measurement & Control Equipment, 1991.

۱۸ ــ Treyball, R, Mass Transfer operations, Mc. Graw. Hill, 1996.