جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
تهیه و تنظیم در دفتر

کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی

فنی و حرفه‌ای (رشته‌ی صنایع شیمیایی)

نظام جدید آموزش متوسطه

۴۹۳/۵

بسم الله الرحمن الرحیم

کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی

رشته‌ی صنایع شیمیایی

زمینه‌ی صنعت

شاخه‌ی آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره‌ی درس ۲۴۱۲

۵۴۳ توفیقی، سیدبندار
۹۸ / کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی / مؤلف: سیدبندار توفیقی ـ تهران: شرکت
ک ۸۵۳ ت/ چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۳.
۱۳۸۳ ۹۹ص.: مصور. ـ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره‌ی درس ۲۴۱۲)
متون درسی رشته‌ی صنایع شیمیایی، زمینه‌ی صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌ی صنایع شیمیایی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. تجزیه دستگاهی ـ کارگاه‌ها. ۲. صنایع شیمیایی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌ی صنایع شیمیایی. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۸۳

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را درباره‌ی محتوای این کتاب به نشانی تهران-صندوق پستی شماره‌ی ۱۵/۸۷۴۹ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

نگاه‌های اندازه‌گیری خلأ اختصاری، نقشه‌های موجود در این کتاب توسط مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بررسی و تأیید گردیده است.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب: کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی - ۲۱۳۰۵

مؤلف: مهندس سیدبندار توفیقی

اعضای کمیسیون تخصصی: طیبه کشاورز، دکتر محمدرضا ارسنجی، مرتضیه گره، اعظم صفاری، ناصر رضائی

تصویرگر: عبدالمجید شاپوری

امور نسخه‌نویسی و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

رسام: مریم دهقان‌زاده

صفحه‌آرا: فائزه محسن تهرانی

طراح جلد: بهرام قدمی

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده‌ی مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

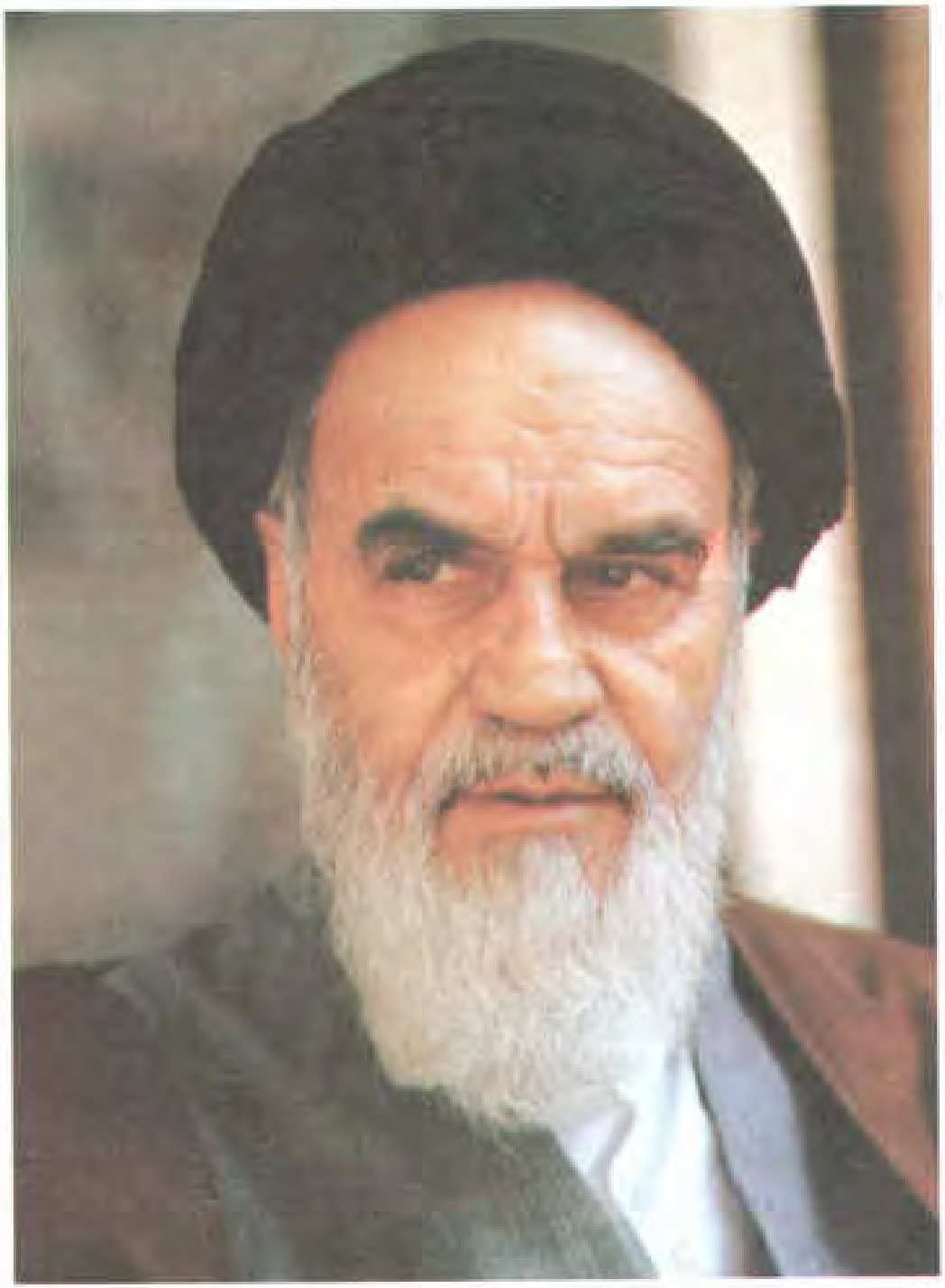
تلفن: ۴ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹۳۵/۶۸۲

صفحه‌آرایی: سپهر

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ چهارم ۱۳۸۴

حق 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.

امام خمینی

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول ــ گزارش نویسی ۲
۱ـ۱ـ نحوه‌ی گزارش نویسی ۲
۱ـ۱ـ ۱ـ چکیده‌ی آزمایش ۲
۱ـ۱ـ۲ـ مقدمه ۲
۱ـ۱ـ۳ـ تئوری آزمایش ۲
۱ـ۱ـ۴ـ هدف آزمایش ۲
۱ـ۱ـ۵ـ دستگاه آزمایش و روش آزمایش ۲
۱ـ۱ـ۶ـ محاسبات ۳
۱ـ۱ـ۷ـ نتایج آزمایش‌ها ۳
۱ـ۱ـ۸ـ تفسیر نتایج ۳
۱ـ۱ـ۹ـ نتیجه‌گیری ۳
۱ـ۱ـ۱۰ـ خطاهای آزمایش ۳
۱ـ۱ـ۱۱ـ مراجع و منابع ۳
۱ـ۲ـ گزارش فنی ۴

فصل دوم ــ اندازه‌گیری دما ۱۰
۲ـ۱ـ مقدمه ۱۰
۲ـ۲ـ مقیاس‌های دما ۱۰
۲ـ۳ـ وسایل اندازه‌گیری دما ۱۰
۲ـ۳ـ۱ـ دماسنج مایعی ۱۰
۲ـ۳ـ۲ـ دماسنج انبساط سیال ۱۱
۲ـ۳ـ۳ـ ترموکوپل‌ها ۱۱
۲ـ۳ـ۴ـ ساختمان ترموکوپل‌های صنعتی ۱۳
۲ـ۳ـ۵ـ دماسنج‌های دیجیتالی ۱۴
۲ـ۴ـ آزمایش : ساختن ترموکوپل ۱۴

فصل سوم ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار ۱۶
۱ـ۳ـ مقدمه ۱۶
۲ـ۳ـ وسایل اندازه‌گیری فشار ۱۶
۱ـ۲ـ۳ـ بارومتر جیوه‌ای ۱۶
۲ـ۲ـ۳ـ مانومترهای استاندارد ۱۷
۳ـ۲ـ۳ـ فشارسنج بوردن ۲۱
۴ـ۲ـ۳ـ فشارسنج‌های دیجیتالی ۲۲

فصل چهارم ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان سیالات ۲۴
۱ـ۴ـ مقدمه ۲۴
۲ـ۴ـ روش‌های اندازه‌گیری شدت جریان (دبی) ۲۴
۱ـ۲ـ۴ـ روش جابه‌جایی مثبت ۲۴
۲ـ۲ـ۴ـ روش انسداد جریان ۲۵
۳ـ۲ـ۴ـ اندازه‌گیری دبی به‌وسیله‌ی اثرات نیروی مقاوم ۳۱
۳ـ۴ـ مقایسه‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان (ونتوری متر و اری فیس‌متر) ۳۲
۱ـ۳ـ۴ـ ونتوری متر ۳۲
۲ـ۳ـ۴ـ اری فیس‌متر ۳۲
۴ـ۴ـ آزمایش ۱ : محاسبه‌ی میزان دبی و نوع جریان ۳۲
۵ـ۴ـ محاسبه‌ی تغییرات ویسکوزیته‌ی سیال بر اثر تغییرات دما ۳۵
۶ـ۴ـ آزمایش ۲ (اندازه‌گیری جریان سیالات به‌وسیله‌ی اری‌فیس و ونتوری) ۳۹

فصل پنجم ــ پمپ‌ها و برخی کاربردهای آن ۴۵
۱ـ۵ـ مقدمه ۴۵
۱ـ۱ـ۵ـ پمپ ۴۵
۲ـ۱ـ۵ـ پمپ گریز از مرکز ۴۵
۲ـ۵ـ محاسبه‌ی توان الکتریکی پمپ ۵۰
۳ـ۵ـ محاسبه‌ی توان فرآیندی پمپ ۵۰
۴ـ۵ـ راندمان کلی پمپ ۵۱
۵ـ۵ـ حفره‌زایی در پمپ ۵۱
۶ـ۵ـ آزمایش : پمپ گریز از مرکز ۵۲
۷ـ۵ـ کمپرسورهای گازی ۵۵
۱ـ۷ـ۵ـ عمل‌کرد کمپرسور ۵۶
۸ـ۵ـ کمپرسورهای هوا ۵۸
۱ـ۸ـ۵ـ کمپرسورهای توربینی ۵۸

۵۸ ۵ـ۸ـ۲ـ کمپرسورهای پیستونی
۵۹ ۵ـ۸ـ۳ـ تراکم چند مرحله‌ای
۵۹ ۵ـ۸ـ۴ـ درجه حرارت هوای فشرده

۶۲ فصل ششم ــ مبدّل‌های حرارتی
۶۲ ۶ـ۱ـ مقدمه
۶۲ ۶ـ۲ـ انواع جریان در مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای
۶۳ ۶ـ۳ـ مبدّل‌های حرارتی لوله‌ای
۶۴ ۶ـ۴ـ اساس کار مبدّل‌های حرارتی لوله ــ پوسته
۶۵ ۶ـ۵ـ راه‌اندازی مبدّل‌های حرارتی
۶۵ ۶ـ۶ـ از کار انداختن مبدّل‌های حرارتی
۶۵ ۶ـ۷ـ خوردگی در مبدّل‌های حرارتی
۶۶ ۶ـ۸ـ آزمایش ۱ مبدّل حرارتی دو لوله‌ای ــ لا شکل
۶۹ ۶ـ۹ـ آزمایش ۲ مبدّل حرارتی پوسته ــ لوله

۷۳ فصل هفتم ــ کنترل فرآیند
۷۳ ۷ـ۱ـ مقدمه
۷۳ ۷ـ۲ـ کنترل سطح مایع
۷۵ ۷ـ۳ـ کنترل دما
۷۵ ۷ـ۴ـ کنترل فشار
۷۶ ۷ـ۵ـ شیرهای کنترل
۷۶ ۷ـ۶ـ آزمایش ۱ کنترل سطح، دما و فشار آب‌گرم‌کن

۸۰ فصل هشتم ــ برج‌ها و ستون‌ها
۸۰ ۸ـ۱ـ مقدمه
۸۲ ۸ـ۲ـ تقسیم‌بندی عملیات انتقال جرم
۸۳ ۸ـ۲ـ۱ـ تماس مستقیم دو فاز نامحلول در یکدیگر
۸۵ ۸ـ۲ـ۲ـ جداسازی فازها با استفاده از غشاء
۸۶ ۸ـ۳ـ عملیات مستقیم و غیرمستقیم
۸۶ ۸ـ۳ـ۱ـ مقایسه‌ی عملیات مستقیم و غیرمستقیم
۸۶ ۸ـ۴ـ انتخاب روش جداسازی
۸۶ ۸ـ۵ـ اصول طراحی
۸۷ ۸ـ۶ـ برج تفکیک کننده‌ی نفت و گاز
۸۷ ۸ـ۶ـ۱ـ تفکیک کننده‌های دوفازی

۲ـ۶ـ۸ـ تفکیک کننده‌های سه‌فازی ۸۸
۳ـ۶ـ۸ـ وسایل داخلی دستگاه‌های تفکیک‌کننده ۸۹
۴ـ۶ـ۸ـ طرز کار وسایل داخل دستگاه تفکیک کننده ۸۹
۷ـ۸ـ برج‌های سینی‌دار ۹۴
۸ـ۸ـ برج‌های پرشده ۹۶
۹ـ۸ـ اشکالات حین عملیات ۹۷
۱۰ـ۸ـ بازدید ۹۷

منابع و مراجع ۹۹

مقدمه

سپاس بر کردگار پاک که لطف خویش را شامل بنده‌ای 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 طرح‌آموزان محترم توصیه می‌شود که در حد امکان در ساخت و راه‌اندازی دستگاه‌ها در محیط‌های آموزشی، همت گماشته برای تجهیز اولیه‌ی آزمایشگاه‌های صنایع شیمیایی گام بردارند.

دیدن فیلم و بازدید از کارخانجات صنایع شیمیایی در مورد مباحث برج‌ها و ستون‌ها، راکتورهای شیمیایی و کمپرسورها در دستور کار مدرسین قرار بگیرد. نظر به این که این کتاب عاری از ایراد نخواهد بود، رهنمودهای 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 باشند. 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 عده‌ای 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 اولیه در هر صنعتی، به ویژه واحدهای شیمیایی فراهم آید و مطالب به گونه‌ی ساده عرضه شود. افزون بر آن، با گنجاندن آزمایش در هر فصل، کار با دستگاه‌ها نیز میسر گردد. فصل دوم تا چهارم مربوط به وسایل اندازه‌گیری دما، فشار و جریان است که هر یک به‌گونه‌ای مختصر شرح داده و در انتهای فصل سوم 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 نگاه با مبدل‌های حرارتی همراه با آزمایش، برنامه‌ریزی شده است و در فصل هفتم بررسی سیستم‌های کنترل فشار دما و سطح با آزمایش‌های ساده بیان شده است.

سید یدالله توفیقی

هدف کلی

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

فصل اول

گزارش نویسی

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

۱ـ نحوه‌ی گزارش‌نویسی را توضیح دهد.

۲ـ نحوه‌ی گزارش‌نویسی فنی را توضیح دهد.

۳ـ تفاوت بین گزارش‌نویسی و گزارش‌نویسی فنی را توضیح دهد.

۱ـ۱ـ نحوه‌ی گزارش نویسی

هدف از این بحث، ارایه‌ی راه کار مناسبی برای نوشتن گزارش‌های فنی کارگاه یا تهیه‌ی مقالات است. برای رسیدن به این مهم، رعایت این نکات ضروری است:

۱ـ۱ـ۱ـ چکیده‌ی آزمایش

لازم است ابتدا هر گزارش بسیار مختصر و گویا ـ بدون ذکر روابط ریاضی ـ 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.

۲ـ۱ـ۱ـ مقدمه

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.

منظور از مقدمه، توجه به نکات اساسی گزارش و ذکر نتایج کلی است.

۳ـ۱ـ۱ـ تئوری آزمایش

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.

۴ـ۱ـ۱ـ هدف آزمایش

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

۵ـ۱ـ۱ـ دستگاه آزمایش و روش آزمایش

اطلاعات کافی باید در باره‌ی دستگاه و روش آزمایش برای خواننده تهیه شود تا با چگونگی کار بیش‌تر آشنا گردد. اگر گزارش با تحقیق و 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.

۶ـ۱ـ۱ـ محاسبات

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

۷ـ۱ـ۱ـ نتایج آزمایش‌ها

به‌طور طبیعی بخش جداگانه‌ای در گزارش آورده می‌شود تا نتایج آزمایش‌ها، به‌گونه‌ای خاص متناسب با نیازهای موردنظر خواننده باشد. استفاده از جدول و نمودار، به دلیل وضوح، امری اجتناب‌ناپذیر است. در حقیقت نمودار باید 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.

۸ـ۱ـ۱ـ تفسیر نتایج

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

۹ـ۱ـ۱ـ 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. باتوجه به این که بسیاری از مخاطبان فقط بخش‌های چکیده و نتیجه‌گیری گزارش را می‌خوانند ضروری است بخش نتیجه‌گیری بادقت بیش‌تری نوشته شود.

۱۰ـ۱ـ۱ـ خطاهای آزمایش

خطاهای مربوط به آزمایش اعم از خطاهای بصری، دستگاه‌های آزمایش، خطاهای محیطی، دقت محاسبات و هر فرض ساده‌سازی‌ای 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.

۱۱ـ۱ـ۱ـ 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).

سال، ناشر، عنوان، نویسنده

به‌عنوان مثال :

ـ استریتر، وایلی ـ 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 نشانه گیری یک سنگ به‌هدف، مشتی از سنگ را به طرف هدف پرتاب کند به این امید که به هدف اصابت نماید».

۲ـ۱ـ گزارش فنی

معمولاً در هر واحد صنعتی بسته به نوع فعالیت، در هر مرحله از کار، گزارش روزانه‌ی 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 :

ـ فشار و دمای مراحل مختلف تفکیک نفت و گاز ؛

ـ میزان گاز جدا شده از نفت ؛

ـ میزان آب جدا شده از نفت ؛

ـ آمار جاده‌ای نفت که در آن تاریخ باز بوده‌اند ؛

ـ میزان سوخت مصرفی کارخانه ؛

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

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

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

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

ـ موجودی مواد ضد خوردگی 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 روزانه‌ی کارخانجات نفت و گاز را برای مثال مشاهده نمایید.

فرم شماره‌ی ۱: گزارش روزانه‌ی یک سکوی نفتی در دریا

سکو	تفکیک‌کننده[1]	نفت BPD[2]	آب BPD	گاز MMSCFD[3]	فشار Psig	دما F°	چاه‌های بازها
A	شیرین[4]	۴۳۰۰۰	–	۱۳۱/۵	۲۲۰	۹۰	$F_{۲}$–۲H, ۳H۰ $F_{(۱۰)}$–۳H۰ $F_{(۷}$
	ترش[5]	۴۰۰۰	۴۱۹۷	۱۲	۲۲۰	۹۰	$F_{۱۵}$–۳/۵
	آزمایش[7]	۱۷۴۵۰	۱۴۵۴	۱۴/۵	۲۲۰	۱۱۲	$F_{۹}$ –۰/۱, ۲H
	میانی[8]	۷۰۰۵۰	۴۱۵	۵/۳	۷۵	۱۰۰	$F_{(۴}$ –۰/۱۰ $F_{(۶}$–۰
	جمع کل	۷۴۹۵۰	۷۸۰۱	۱۶۵/۳			
B	شیرین	–	–	–	–	–	–
	ترش	۵۶۰۰	۱۴۲۷	۱/۴	۵۵	۱۰۵	$F_{۲}$–۰/۲۰ $F_{(۱۰}$–۰/۷
	آزمایش	–	–	–	–	–	–
	جمع کل	۵۶۰۰	۱۴۲۷	۱/۴	فشار خط لوله (psig) ۳۵۰–۴۰۰ چاه‌های باز = ۷ حلقه		
جمع کل منطقه		۷۶۴۰۰	۹۲۲۸	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 تفکیک کننده‌ای که برای آزمایش در سکو استفاده می‌شود.

۸ــ **تفکیک کننده‌ی میانی:** دستگاه تفکیک کننده با فشار متوسط (کمتر از فشار مرحله‌ی اول)

فرم شماره‌ی۲ ــ گزارش روزانه

- وضعیت جوی

✓ باد = متغیر، غالباً شمال

✓ موج = آرام ــ ۳ فوت[1]

✓ درجه‌ی حرارت = ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

- 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 ـ 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 = ۱۵۵۰۰ گالن

✔موجودی آب = ۲۶۰۰۰ گالن

✔مصرف ضد کف[1] = ۴ گالن

✔موجودی ضد کف = ۵ گالن

✔مصرف ضد خوردگی در نفت[2] = ۱/۵ گالن

✔موجودی ضد خوردگی در نفت = ۸ گالن

ب ـ سکوی نفتی B

✔توربین شماره‌ی یک = آماده (Stand by)

✔توربین شماره‌ی دو = روشن (Service)

✔آب شیرین کن شماره‌ی یک = روشن (Service)

✔آب شیرین کن شماره‌ی دو = آماده (Stand by)

✔موجودی گازوییل = ۳۲۰۰۰ گالن

✔موجودی آب = ۴۵۰۰۰ گالن

✔مصرف ضد خوردگی در نفت = ۱۵ گالن

✔مصرف ضد خوردگی در آب[3] = ۱۲ گالن

✔موجودی ضد خوردگی در نفت = ۴ گالن

✔موجودی ضد خوردگی در آب = ۱۲ گالن

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

۲ـ ضد خوردگی: به دلیل وجود ۲S-H امکان خوردگی افزایش می‌یابد پس ضد خوردگی تزریق می‌شود.

۳ـ ضد خوردگی در آب: آب برای دستگاه آب شیرین کن بعلت وجود یون‌های مختلف ایجاد خوردگی می‌کند پس ضد خوردگی 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	۱۱/۲۴	۱۰۰	شیر تعویض گردید.
تعویض قسمتی از بالا برنده ۱۲ اینچ چاه نفت	۲۰	۱۱/۲۴	۲۳	فلنج ۱۲ اینچ باز شد آماده‌ی بازسازی
بررسی رفع نشتی از کف مخزن شماره‌ی ۹	۵۰	۱۱/۲۴	۸	تزریق آب و گل حفاری به مخزن
لوله‌کشی پساب مخازن ذخیره‌ی نفت خام	ــ	۱۱/۲۴	۱۲	ادامه‌ی کندن کانال و لوله‌گذاری توسط پیمانکار
تعمیر اساسی مولد ۳۰۰ کیلو واتی	۴۰	۱۱/۲۴	۴۱	بستن قطعات موتور ادامه دارد.
تعویض قسمتی از لوله‌ی ۶ اینچ	۱۵	۱۱/۲۴	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) = ۴۲۱۶۲
- ✓ آب تفکیک شده در دریا[1] (بشکه در روز) = ۲۰۴۴
- ✓ آب تفکیک شده در خشکی[2] (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[3] (میلیون فوت مکعب در روز) = ۱
- ✓ گاز به مشعل[4] 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

فعالیت:

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

۱ــ دریا: منظور در سکوی نفتی است.

۲ــ خشکی: منظور کارخانجات در جزیره می‌باشد.

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 دوم

اندازه‌گیری دما

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

۱ـ وسایل اندازه‌گیری دما را بشناسد.

۲ـ با وسایل اندازه‌گیری دما کار کند.

۱ـ۲ـ مقدمه

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

۲ـ۲ـ 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.

۳ـ۲ـ وسایل اندازه‌گیری دما

۱ـ۳ـ۲ـ دماسنج مایعی

دماسنج مایعی یکی از انواع رایج برای اندازه‌گیری دماست. حباب نسبتاً بزرگی در ناحیه‌ی پایین دماسنج قسمت عمده‌ی مایعی را در بر 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. اما با پر کردن فضای بالای جیوه با گازی نظیر ازت می‌توان گستره‌ی آن‌ها را تا ۵۳۸ درجه‌ی سلسیوس (۱۰۰۰ درجه‌ی فارنهایت)

شکل ۱ـ۲ـ دماسنج جیوه‌ای

افزایش داد. الکل این مزیت را داراست که ضریب انبساط آن از جیوه بیش‌تر است، اما به اندازه‌گیری دماهای پایین محدود است، زیرا در دماهای بالا می‌جوشد و تبخیر می‌شود. از جیوه نمی‌توان در دماهای پایین‌تر از نقطه‌ی انجماد آن استفاده کرد. اندازه‌ی لوله مویین به حباب سنجش دما، مایع و گستره‌ی مورد نیاز دماسنج بستگی دارد.

فعالیت ۱:

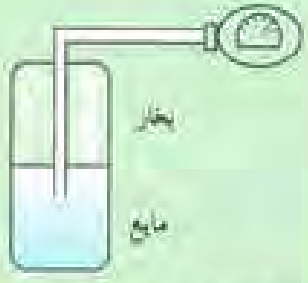
به‌وسیله‌ی یک لوله‌ی مویین حبابدار و الکل یک دماسنج مایعی بسازید و آن را درجه‌بندی کنید.

فعالیت ۲:

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

۲ـ۳ـ۲ـ دماسنج انبساط سیال

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 درجه‌بندی کرد. طول لوله‌های مویین در دماسنج‌های انبساط سیال به ۶۰ متر می‌رسد.



شکل ۲ـ۲ـ دماسنج انبساط سیال

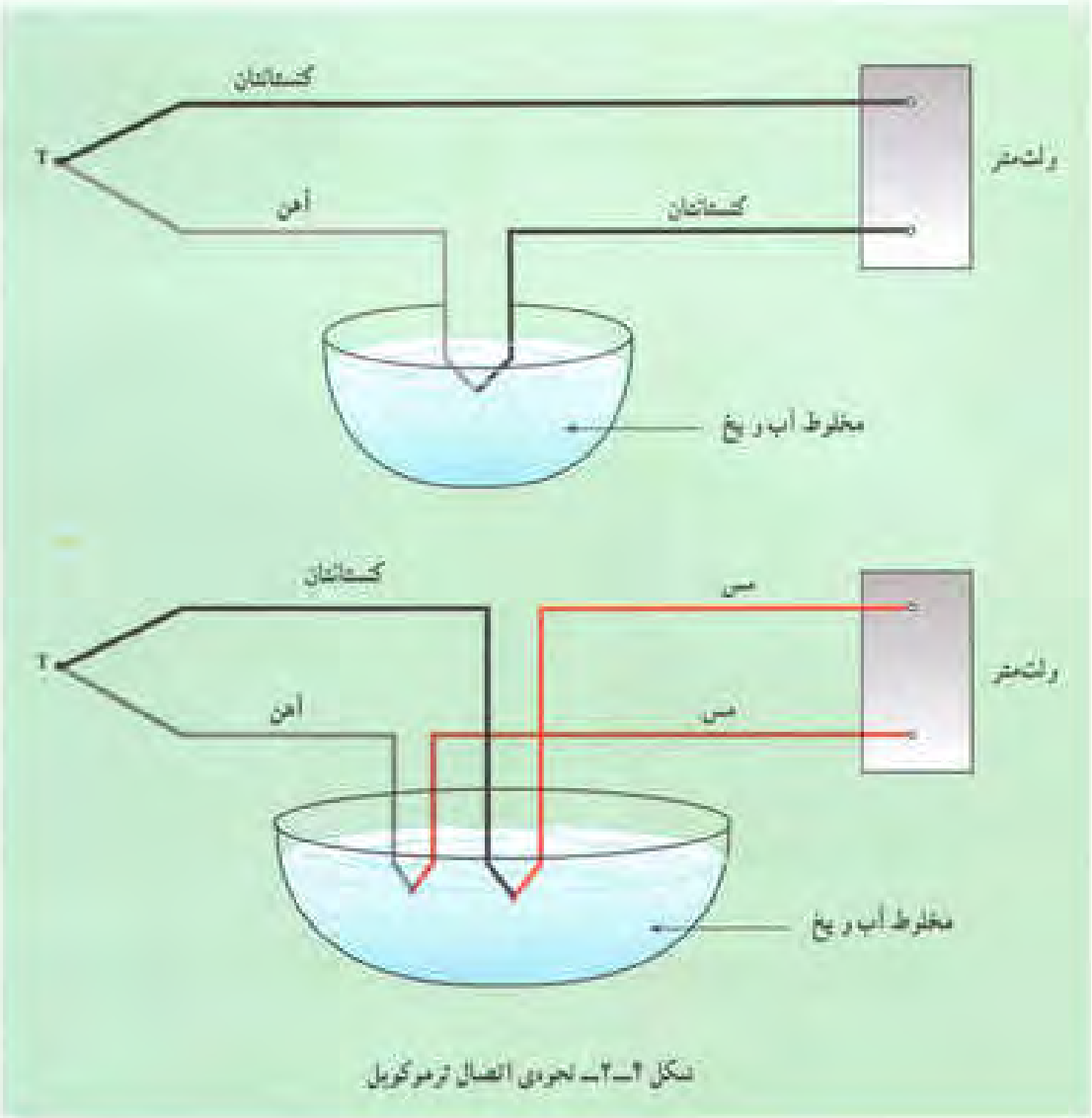
۳ـ۳ـ۲ـ ترموکوپل‌ها[1]

مقدمه: اگر دو فلز مختلف را مطابق شکل ۳ـ۲ 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 بادقت اندازه‌گیری شود، از این اتصال می‌توان برای اندازه‌گیری دما استفاده نمود.

1ـ Thermo Couple

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

شکل ۲ـ۲ـ اساس کار ترموکوپل



شکل ۲ـ۲ـ نحوه‌ی اتصال ترموکوپل

۴ـ۳ـ۲ـ ساختمان 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 ۱ـ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱ـ۲ـ انواع متداول ترموکوپل

نوع هادی	نوع هادی	نوع ترموکوپل	
ساق منفی (-)	ساق مثبت (+)	علامت اختصاری قدیم	علامت اختصاری جدید
پلاتین	آلیاژ پلاتین ـ ۱۳٪ رودیم	PR	R
پلاتین	آلیاژ پلاتین ـ ۳۰٪ رودیم	ـ	B
پلاتین	آلیاژ پلاتین ـ ۱۰٪ رودیم	ـ	S
آلومل[1]	کرومل[2]	CA	K
کنستانتان[3]	کرومل	CRC	E
کنستانتان	آهن	IC	J
کنستانتان	مس	CC	T

در جدول ۲ـ۲ محدوده‌ی استفاده از ترموکوپل‌ها در صنعت مشخص گردیده است.

جدول ۲ـ۲ـ محدوده‌ی دمایی استفاده از ترموکوپل‌ها

ترموکوپل	نوع	محدوده‌ی دمایی مورد استفاده
مس ـ کنستانتان	T	$-۱۸۵^{\circ}C$ تا $۲۶۰^{\circ}C$
آهن ـ کنستانتان	J	$-۱۷^{\circ}C$ تا $۷۶۰^{\circ}C$
کنستانتان ـ کرومل	E	$-۱۸۵^{\circ}C$ تا $۹۵۵^{\circ}C$
آلومل ـ کرومل	K	$۲۱۵^{\circ}C$ تا $۱۲۶۰^{\circ}C$
پلاتین ـ آلیاژ پلاتینی رودیم	R S	$۷۶۰^{\circ}C$ تا $۱۴۸۲^{\circ}C$
مولیبدن ـ رودیم	ـ	$-۱۷^{\circ}C$ تا $۱۶۵۰^{\circ}C$

۱ـ Alumel: آلیاژ نیکل و آلومینیوم
۲ـ Chromel: آلیاژ نیکل ـ کروم
۳ـ Constantan: آلیاژ مس و نیکل

۵ـ۳ـ۲ـ دماسنج‌های دیجیتالی

امروزه استفاده از دماسنج‌های دیجیتالی مرسوم شده است که به‌وسیله‌ی «حسگر»[1] 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 ۵ـ۲ آمده است.

۵ـ۲ـ آزمایش: ساختن ترموکوپل

وسایل مورد نیاز

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

۲ـ آمپرمتر.

روش کار

۱ـ دو سیم مس و کنستانتان را از یک سر به‌هم لحیم کنید.

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

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

به شکل ۴ـ۲ مراجعه نمایید.

شکل ۵ـ۲ـ انواع دماسنج‌های دیجیتالی

۱ـ Sensor

خودآزمایی

۱ـ دماسنج انبساط سیال را شرح دهید.

۲ـ ترموکوپل چگونه دما را اندازه‌گیری می‌کند؟

۳ـ چگونه دقت ترموکوپل زیاد می‌شود؟

۴ـ نحوه‌ی اتصال ترموکوپل را با شکل شرح دهید.

فصل سوم

دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار

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

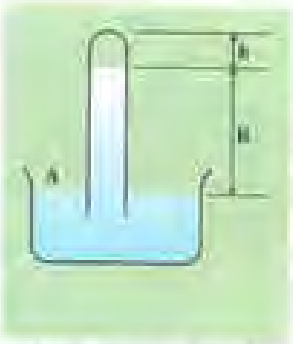
۱ـ مفهوم فشار را توضیح دهد.

۲ـ وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرد.

۳ـ با وسایل اندازه‌گیری فشار بتواند کار کند.

۱ـ۳ـ مقدمه

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



شکل ۱ـ۳ـ 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، عبارت از تعداد ضرباتی است که مولکول‌های گاز در آن نقطه به واحد سطح اعمال می‌کنند.

خلاصه: فشار سیال، حاصل تبادل اندازه‌ی حرکت میان مولکول‌های سیال و دیواره‌ی ظرف است.

۲ـ۳ـ وسایل اندازه‌گیری فشار

۱ـ۲ـ۳ـ بارومتر جیوه‌ای

شامل یک لوله‌ی شیشه‌ای محتوی جیوه است که یک سر آن بسته و سر باز آن در ظرفی پر از جیوه غوطه‌ور است و سطح مقطع، معادل واحد فرض می‌شود.

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.

۲ــ۲ــ۳ــ مانومترهای استاندارد

مانومترها دستگاه‌هایی هستند که در آن‌ها از ستون مایع برای تعیین اختلاف فشار استفاده می‌شود.

الف ــ مانومتر U شکل:

این وسیله، ساده‌ترین مانومتر برای اندازه‌گیری اختلاف فشار است، که از یک لوله‌ی U شکل ساخته شده، درون آن از مایعی پر شده است که این مایع می‌تواند از نوع جگالی سبک مثل نفت سفید یا مایعی با جگالی بالا مانند جیوه باشد.

شکل ۲ــ۳ــ مانومتر U شکل

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 باشند. مایع درون لوله‌ی شیشه‌ای تا جایی که به حالت تعادل برسد بالا می‌آید. ارتفاع مایع در لوله‌ی قائم، مبین فشار موجود در مخزن است. از پیزومتر برای اندازه‌گیری فشار مبقی و فشارهای

شکل ۳ــ۳ــ پیزومتر

۱ــ Piezometer

خیلی بالا نمی‌توان استفاده کرد. برای اندازه‌گیری فشار از رابطه‌ی فشار ستون سیال استفاده می‌کنیم :

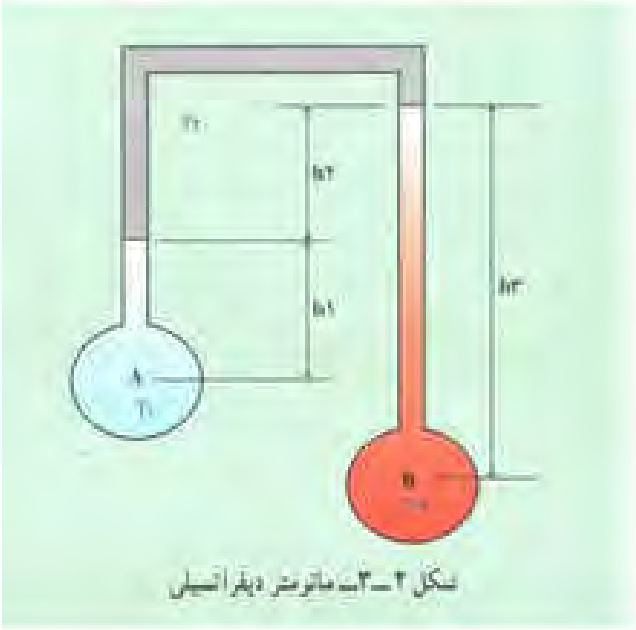
$$P_A = \rho . g . h$$

بر این اساس :

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

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

$$P_A = \gamma \times h$$



شکل ۲ـ۳ـ مانومتر دیفرانسیلی

ج ـ 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 ۲ـ۳ مشاهده می‌کنید اختلاف فشار بین دو نقطه‌ی A و B که معرف دو مخزن می‌باشد با یک مانومتر دیفرانسیلی قابل اندازه‌گیری است. در چنین حالتی از مایعاتی در مانومتر استفاده می‌شود که اولاً چگالی متفاوتی داشته باشند، ثانیاً غیر قابل اختلاط باشند.

روش خواندن و محاسبه‌ی فشار در مانومترها

ـ 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

۱ـ Differential Manometer

(B) همین روش را پی می‌گیریم : برای مثال، برای شکل ۳ـ۴ معادله‌ی فشار را می‌نویسیم :

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

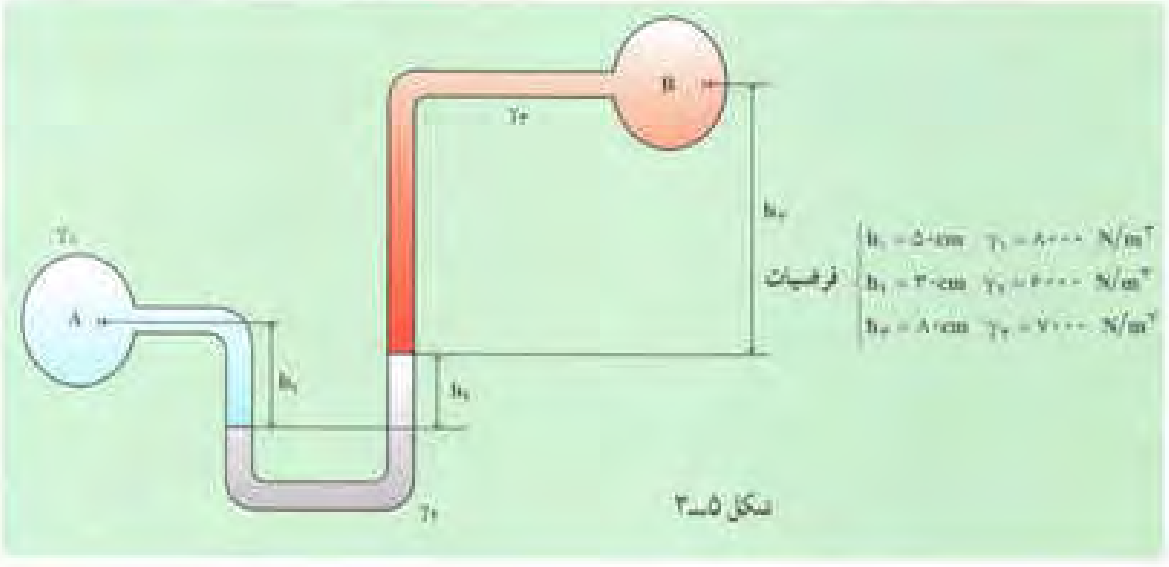
مثال: اختلاف فشار میان نقاط A و B را که در شکل ۵ـ۳ نمایش داده شده است بدست آورید.

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

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

حال اعداد را جایگذاری می‌کنیم :

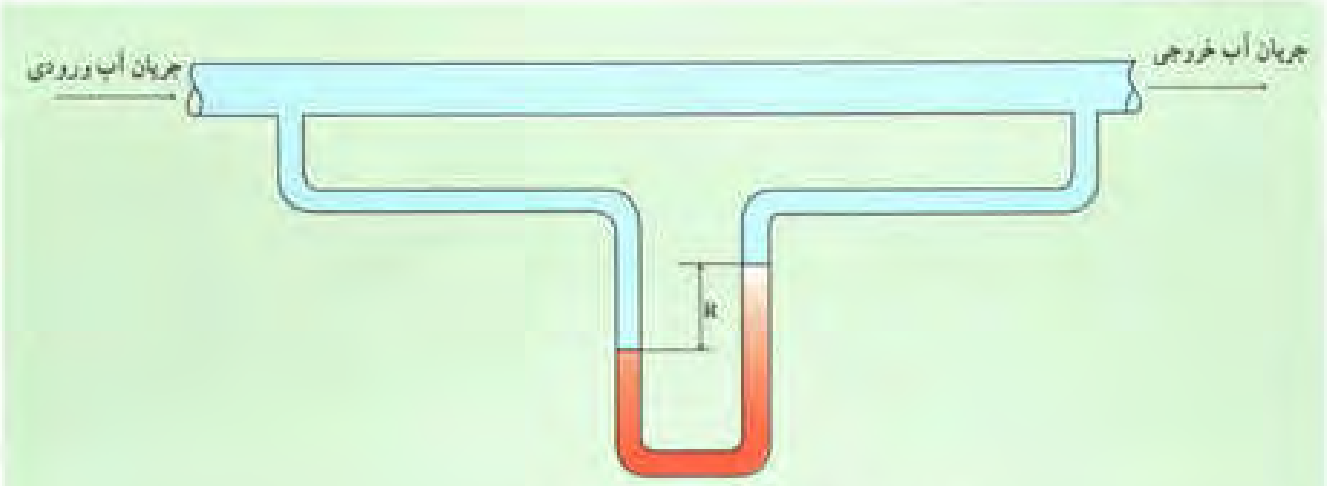
$$\Delta P = \left[(8\times10^{-2})\times(7000)\right] + \left[(3\times10^{-2})\times(6000)\right] -$$
$$\left[(5\times10^{-2})\times(8000)\right] = 3400\,Pa \quad \text{(پاسکال)}$$



شکل ۵ـ۳

فعالیت۱:

یک مانومتر U شکل بسازید و آن را روی یک خط لوله‌ای که سیال در آن جاری است، قرار دهید (شکل ۶ـ۳).



شکل ۶ـ۳ـ مبدل 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 ۷ـ۳).

شکل ۷ـ۳ـ 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 ـ 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.

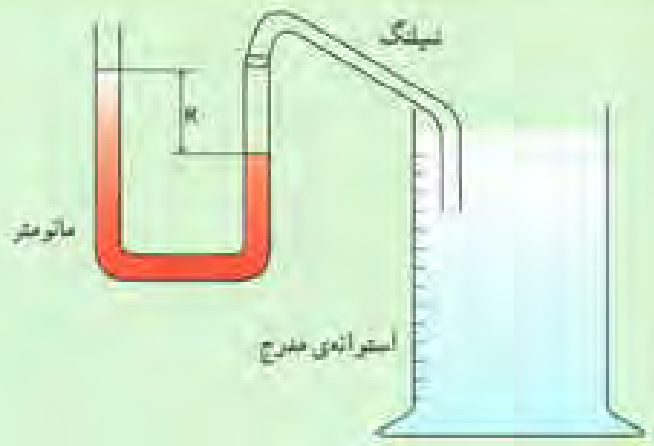
ب ـ از پیزومترهایی با قطرهای دیگر استفاده و آزمایش را تکرار کنید.

فعالیت ۳:

مطابق شکل ۸ـ۳ از یک مانومتر U شکل استفاده کنید و فشار ستون سیال را در نقاط مختلف مخزن بدست آورید.

الف ـ با پایین آوردن شیلنگ (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.

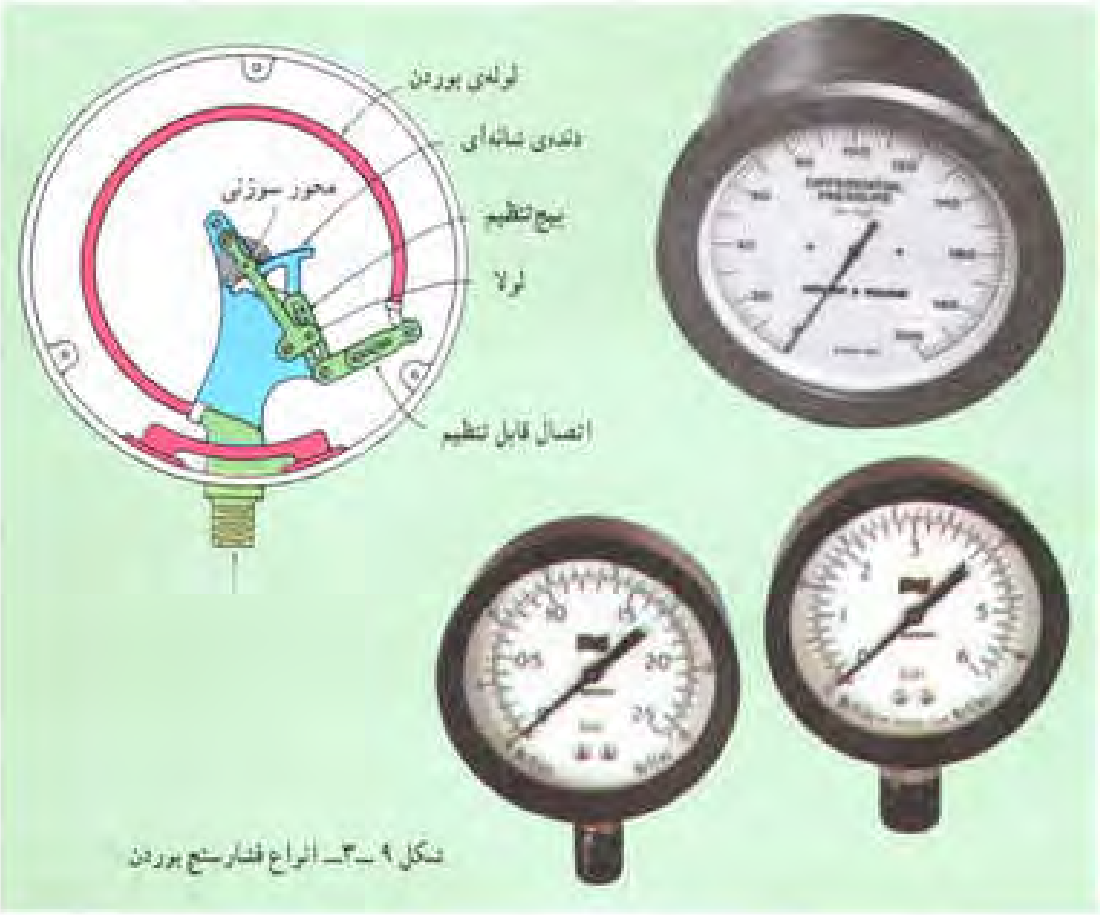
ب ـ همین آزمایش را در حالتی تکرار کنید که استوانه‌ی مدرج به‌صورت سربسته باشد و نتایج را با قسمت الف مقایسه کنید.



شکل ۸ـ۳ـ مانومتر U شکل برای اندازه‌گیری فشار ستون سیال

۳ـ۲ـ۳ـ فشارسنج بوردن

فشارسنج‌های لوله‌ی بوردن هنگامی کاربرد وسیعی دارند که اندازه‌گیری ارزان‌قیمت فشار استاتیک 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 ـ۳ـ انواع فشارسنج بوردن

فعالیت ۴:

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

۴ـ۲ـ۳ـ 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[1] را اندازه گرفت. این نوع فشارسنج، دارای یک منبع تغذیه (باتری) است. که معمولاً در وضعیت دمایی صفر تا ۵۰°C کاربرد دارد. در شکل ۱۰ـ۳ یک نمونه از این فشارسنج‌ها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۰ ـ۳ـ فشارسنج دیجیتالی

۱ـ Bar

خودآزمایی

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

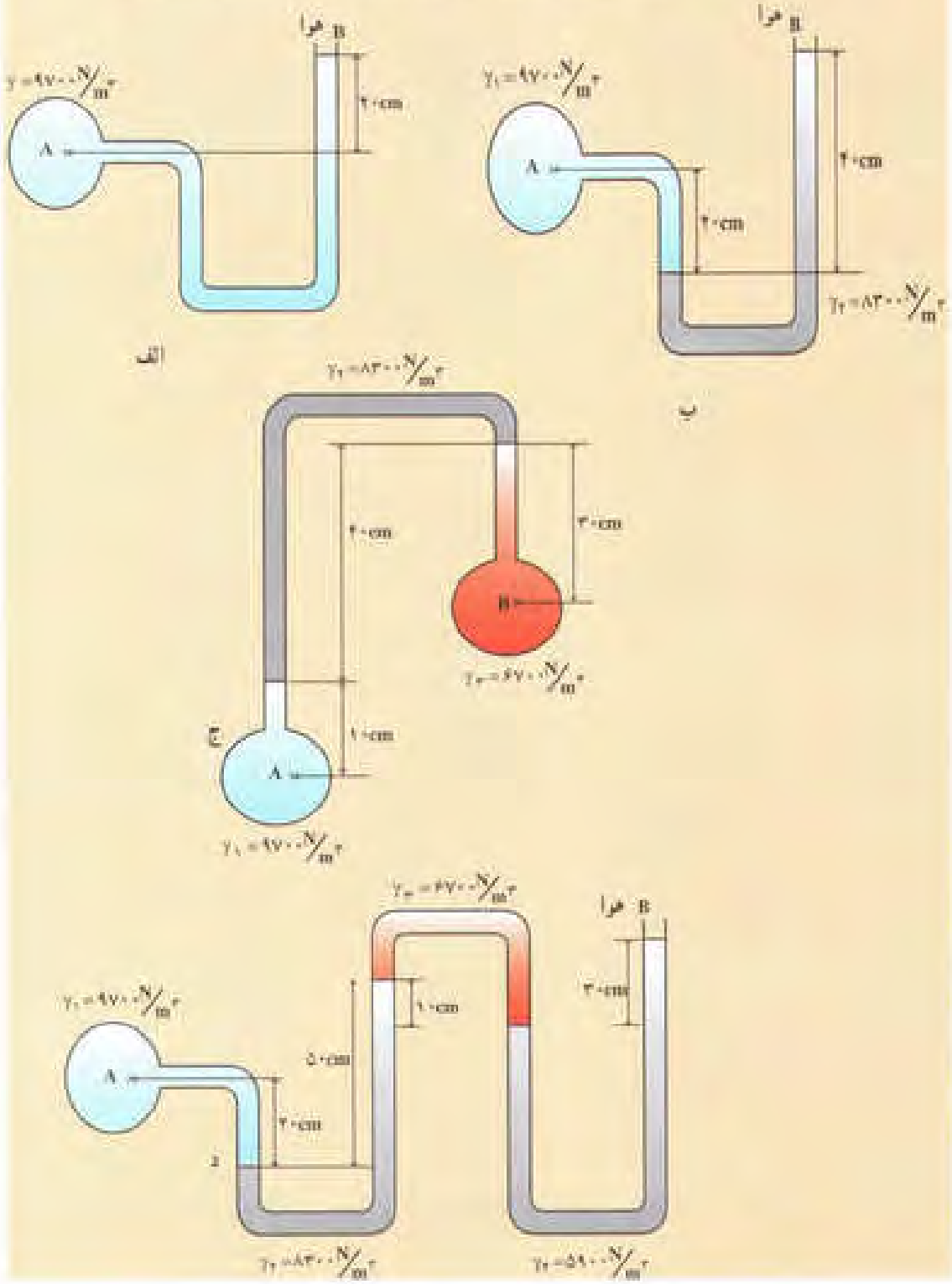
۲ـ وسایل اندازه‌گیری فشار را نام ببرید.

۳ـ مانومتر U شکل چگونه فشار را محاسبه می‌کند؟

۴ـ چه هنگام از مانومتر دیفرانسیلی استفاده می‌شود؟

۵ـ فشارسنج بوردن را شرح دهید؟

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



فصل چهارم

دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان سیالات

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

۱ـ مفهوم شدت جریان سیال را توضیح دهد.

۲ـ وسایل اندازه‌گیری جریان را بشناسد.

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

۴ـ مفاهیم جریان آرام و آشفته را توضیح دهد.

۱ـ۴ـ مقدمه

شدت جریان (دبی[1]):

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.

۲ـ۴ـ روش‌های اندازه‌گیری شدت جریان (دبی)

۱ـ۲ـ۴ـ روش جابه‌جایی مثبت[2]

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

۱ـ Flow rate

۲ـ 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.

۲ـ۲ـ۴ـ روش انسداد جریان[1]

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:

۱ـ ونتوری مترها

۲ـ آری فیس مترها

۳ـ شیپوره‌ها (نازل‌ها)

۴ـ لوله‌ی پیتوت[2]

الف ـ ونتوری متر[3]:

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

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

۲ـ یک قسمت مخروطی همگرا.

۳ـ یک گلوگاه استوانه‌ای.

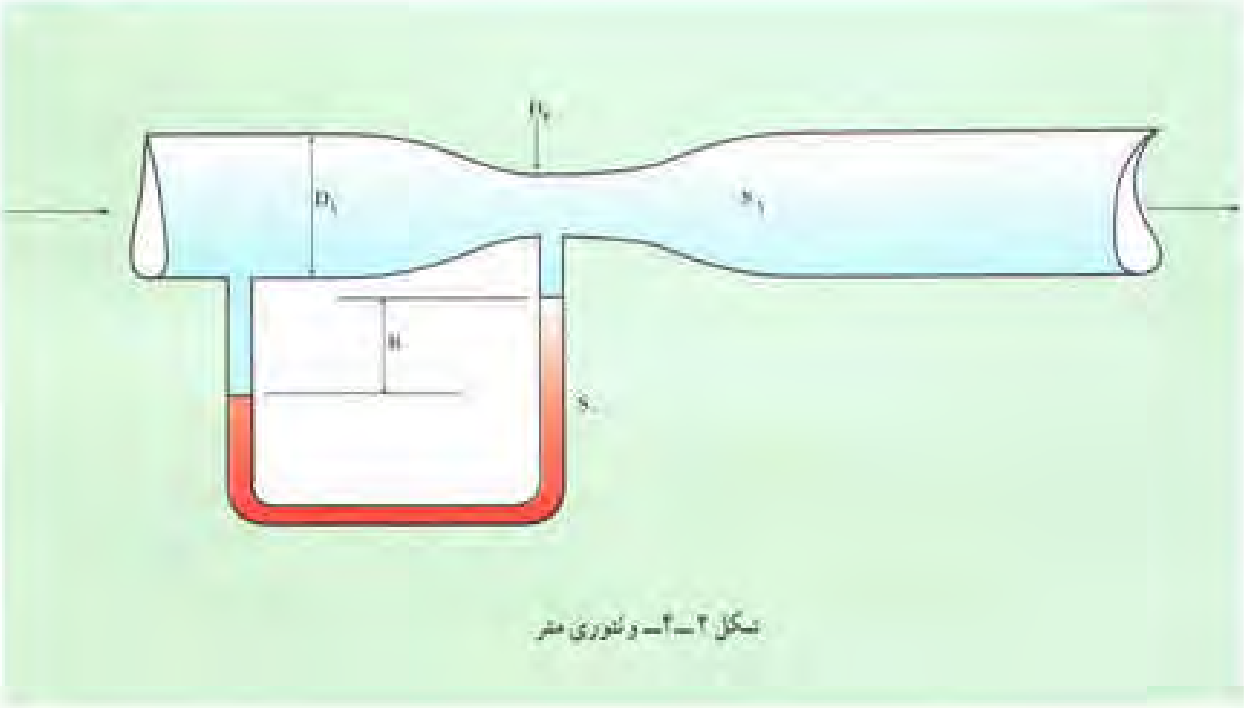
شکل ۱ـ۲ـ شماتیک ساده‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان

۱ـ Flow Obstruction ۲ـ Pitot tube ۳ـ Venturimeter

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

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

۶ ـ 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 ۲ـ۴ یک ونتوری‌متر را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ـ۴ـ ونتوری متر

مطالعه‌ی آزاد:

ـ اندازه‌گیری جریان به وسیله‌ی ونتوری متر:

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

$$Q = C.A_2 \sqrt{\frac{2gR\left((S_2/S_1)-1\right)}{1-(D_2/D_1)^4}} \qquad (1)$$

در این معادله هر پارامتر چنین تعریف می‌شود :

Q = دبی، سرعت جریان، m^3/s

C * = ضریب انقباض ونتوری متر

R ** = اختلاف سطح هیدرولیکی

S_1 = چگالی نسبی مایع درون مانومتر

S_2 = چگالی نسبی سیال درون لوله

A_2 = سطح مقطع گلوگاه، m^2

D_2 = قطر گلوگاه ، m

D_1 = 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

$$Q = C\, A_0 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \qquad (۴)$$

در این رابطه، پارامترها عبارت‌اند از:

Q = دبی جریان، m^3/s

C* = ضریب انقباض نازل

A_0 = سطح مقطع نازل، m^2

ΔP = اختلاف فشار دو سر نازل، Pa

ρ = چگالی سیال، kg/m^3

شکل ۳ــ۴ــ نازل جریان

* C در برخورد با دهانه‌ی نازل انقباض سیال 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 ۳ــ۴ یک اری فیس‌متر نشان داده شده است. جنس اری فیس از فولاد زنگ نزن[3] است.

۱ــ Nozzle ۲ــ Orificemeter ۳ــ Stainless 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 قرار گیرد 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 ۲ـ۲ـ اری فیس

مطالعه‌ی آزاد:

(۳)

بر این اساس:

Q = دبی، شدت جریان سیال، m^3/s

C = ضریب تخلیه‌ی اری فیس

R = اختلاف سطح هیدرولیکی

S_1 = چگالی نسبی مایع مانومتر

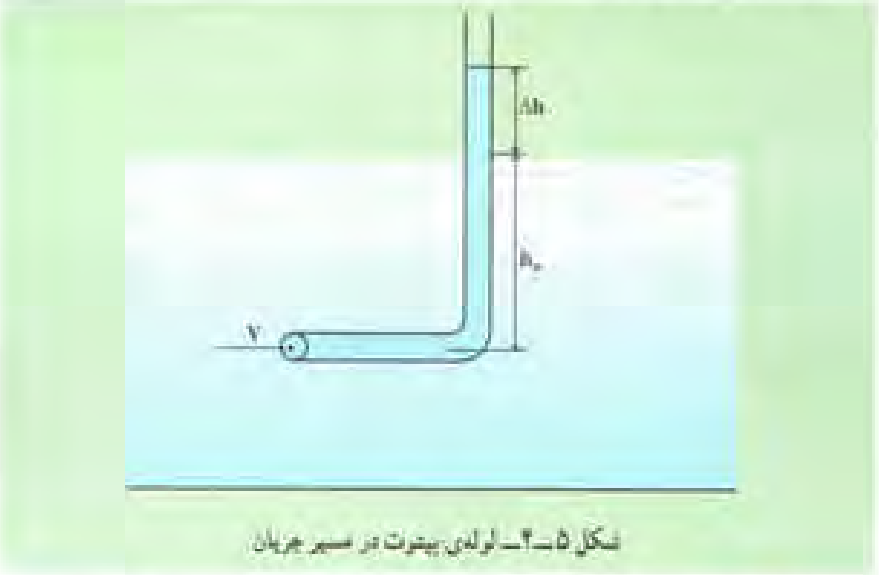
S_2 = چگالی نسبی سیال لوله

A_2 = سطح مقطع سوراخ اری فیس، m^2

۱ـ Gasket

د ــ 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 زاویه 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 ۵ ــ۴ــ لوله‌ی پیتوت در مسیر جریان

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

$$V = \sqrt{2g\Delta h} \qquad (۵)$$

که در رابطه‌ی فوق

g = شدت جاذبه، m/s^2

Δh = 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

۳ـ۲ـ۴ـ اندازه‌گیری دبی به‌وسیله‌ی افت نیروی مقاوم

الف ـ 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 ۶ـ۴ انواع روتامترها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۶ ـ۴ـ انواع روتامتر

ب ـ 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.

۱ـ Rotameter

۳ـ۴ـ مقایسه‌ی وسایل اندازه‌گیری جریان (ونتوری‌متر و اری‌فیس‌متر)

۱ـ۳ـ۴ـ ونتوری متر

الف ـ سطح داخلی لوله ونتوری صاف و صیقلی و از فلز مقاوم ـ برای اندازه‌گیری ـ ساخته می‌شود.

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

۲ـ۳ـ۴ـ اری‌فیس‌متر

الف ـ تهیه، بازدید و نصب و تعمیرات در نوع اری‌فیس آسان و کم‌هزینه است.

ب ـ اری فیس افت فشار دایم بیش‌تری نسبت به ونتوری‌متر دارد

ج ـ 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.

۴ـ۴ـ آزمایش ۱: محاسبه‌ی میزان دبی و نوع جریان

اهداف

۱ـ اندازه‌گیری شدت جریان به‌روش مستقیم؛

۲ـ اندازه‌گیری شدت جریان و اثرات افت فشار؛

۳ـ مفهوم ضریب اصطکاک[1]؛

۴ـ مفهوم جریان آرام[2] و آشفته[3].

اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه عبارت‌اند از:

۱ـ تانک ذخیره‌ی آب،

۲ـ شیر فلکه‌ای، دو عدد،

۳ـ لوله‌ی مسی به قطر ۲/۵ میلی‌متر (لوله‌ی آلومینیومی هم توصیه می‌شود)،

۴ـ یک استوانه‌ی مدرج؛

۵ـ دو لوله‌ی مویین به‌صورت پیزومتری.

تئوری انجام آزمایش:

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

عدد رینولدز[4]:

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

۱ـ Friction Factor ۲ـ Laminar flow

۳ـ Turbulent flow ۴ـ Reynolds Number

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

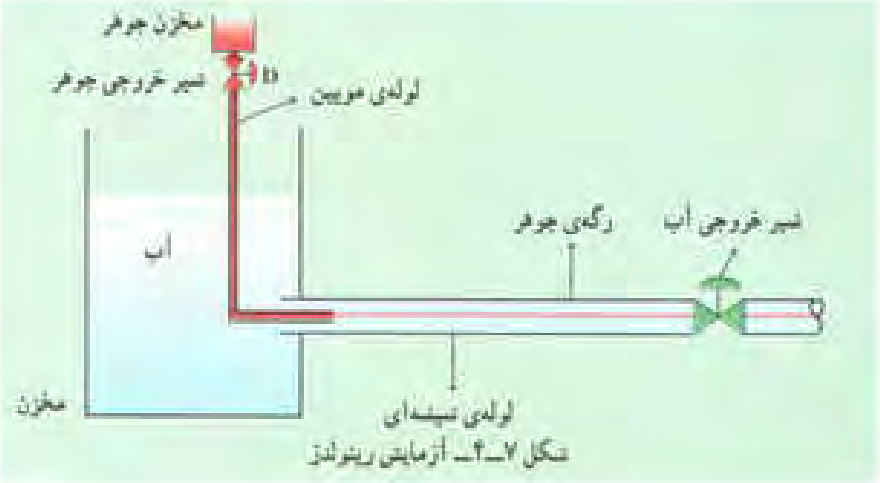
$$\text{Re No} = \frac{\rho . V . D}{\mu}$$

جریان آرام: هرگاه عدد رینولدز از رقم ۲۰۰۰ کم‌تر باشد، جریان را «آرام» می‌نامیم.
جریان آشفته: سیالات با عدد رینولدز بیش از ۴۰۰۰ را «جریان آشفته» می‌گویند.
جریان گذرا[1]: 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 ۷ـ۴ عبارت‌اند از:

۱ـ مخزن شیشه‌ای
۲ـ لوله‌ی مویین و مخزن جوهر
۳ـ لوله‌ی شیشه‌ای خروجی از مخزن
۴ـ شیرهای قطع و وصل جریان



شکل ۷ـ۴ـ آزمایش رینولدز

1ـ Transition Flow

روش انجام تحقیق

۱ـ مخزن را از آب پر کنید.

۲ـ جوهر را درون مخزن بریزید.

۳ـ شیر خروجی آب را کمی باز کنید.

۴ـ شیر خروجی جوهر را باز کنید.

۵ ـ نوع جریان را درون لوله مشاهده نمایید.

۶ ـ این آزمایش را در دبی‌های مختلف انجام دهید.

۷ـ مشاهدات خود را شرح دهید.

۸ ـ 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: $۸/۹۲ \times ۱۰^{-۴}$ (Pa.s)

دانسیته‌ی آب: $۹۹۷/۱ (kg/m^۳)$

محاسبه ضریب اصطکاک جریان آرام

معمولاً برای جریانات آرام از این رابطه استفاده می‌شود:

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

$$f = \frac{۶۴}{Re\ No}$$

روش آزمایش: این آزمایش در دو بخش صورت می‌پذیرد:

بخش اوّل: محاسبه‌ی ضریب اصطکاک جریان آرام

مراحل آزمایش:

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

۲ـ شیر $V_۱$ را باز کرده $V_۲$ را هم‌چنان بسته نگاه دارید.

۳ـ شیر $V_۲$ را به آرامی باز کنید (پس از گذشت ۱۰ ثانیه جریان به‌صورت پایدار[۱] درخواهد آمد).

۱ـ Steady State

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

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

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

۷ـ جدول ۱ـ۴ را تکمیل نموده ضریب اصطکاک را بیابید.

۲ـ۴ـ محاسبه‌ی تغییرات ویسکوزیته‌ی سیال بر اثر تغییرات دما

تئوری آزمایش

در محدوده‌ی جریان آرام ($R_e < 2100$) بر اساس رابطه‌ی زیر می‌توان اثر دما را بر ویسکوزیته‌ی سیال پیدا کرد. از این رابطه می‌توان ویسکوزیته‌ی سیال را در محدوده‌ی جریان آرام پیدا کرد.

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

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

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

مراحل آزمایش:

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

۲ـ شیر V_3 را باز کرده V_4 را هم چنان بسته نگاه دارید.

۳ـ به وسیله‌ی یک المنت برقی مجهز به ترموستات آب را تا ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گرم کنید.

۴ـ شیر V_4 را باز کنید تا جریان آرام برقرار شود.

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

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

۷ـ جدول ۲ـ۴ را تکمیل کنید در دماهای مختلف ویسکوزیته‌ی سیال را پیدا نمایید.

جدول ۱ـ۴

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

جدول ۲ـ۴

	۲۰°C	۲۵°C	۵۰°C	۵۵°C	۶۰°C
زمان (ثانیه)					
حجم پر شده (سی سی)					
اختلاف ارتفاع (cm)					
ویسکوزیته					

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

ف ـ ۲ ـ آزمایش ۲: اندازه‌گیری جریان سیالات به وسیله‌ی اری فیس و ونتوری

این دستگاه متشکل است از:

۱ـ تانک ذخیره‌ی آب

۲ـ پمپ گریز از مرکز

۳ـ اری فیس‌متر

۴ـ ونتوری متر

۵ـ مانومتر جیوه‌ای

مراحل آزمایش:

۱ـ با اجازه‌ی مربی دستگاه را روشن کنید.

۲ـ شیر M – ۱A و M – ۱B را باز کنید.

۳ـ شیر M – ۲A و M – ۲B را باز کنید.

۴ـ اختلاف فشار را از طریق مانومتر بخوانید.

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

۶ـ جدول ۳ـ۴ را پر کنید و ضریب تخلیه‌ی اری فیس را پیدا کنید.

روابط:

$$\text{دبی} = (\text{ضریب تخلیه}) (\text{سطح مقطع اری‌فیس}) \sqrt{\frac{(\text{اختلاف فشار})^2}{\text{چگالی}}}$$

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

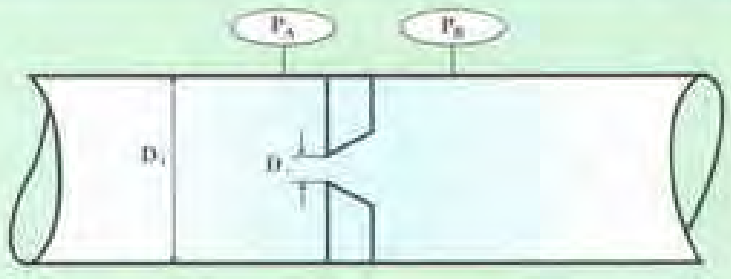
ضریب تخلیه = C

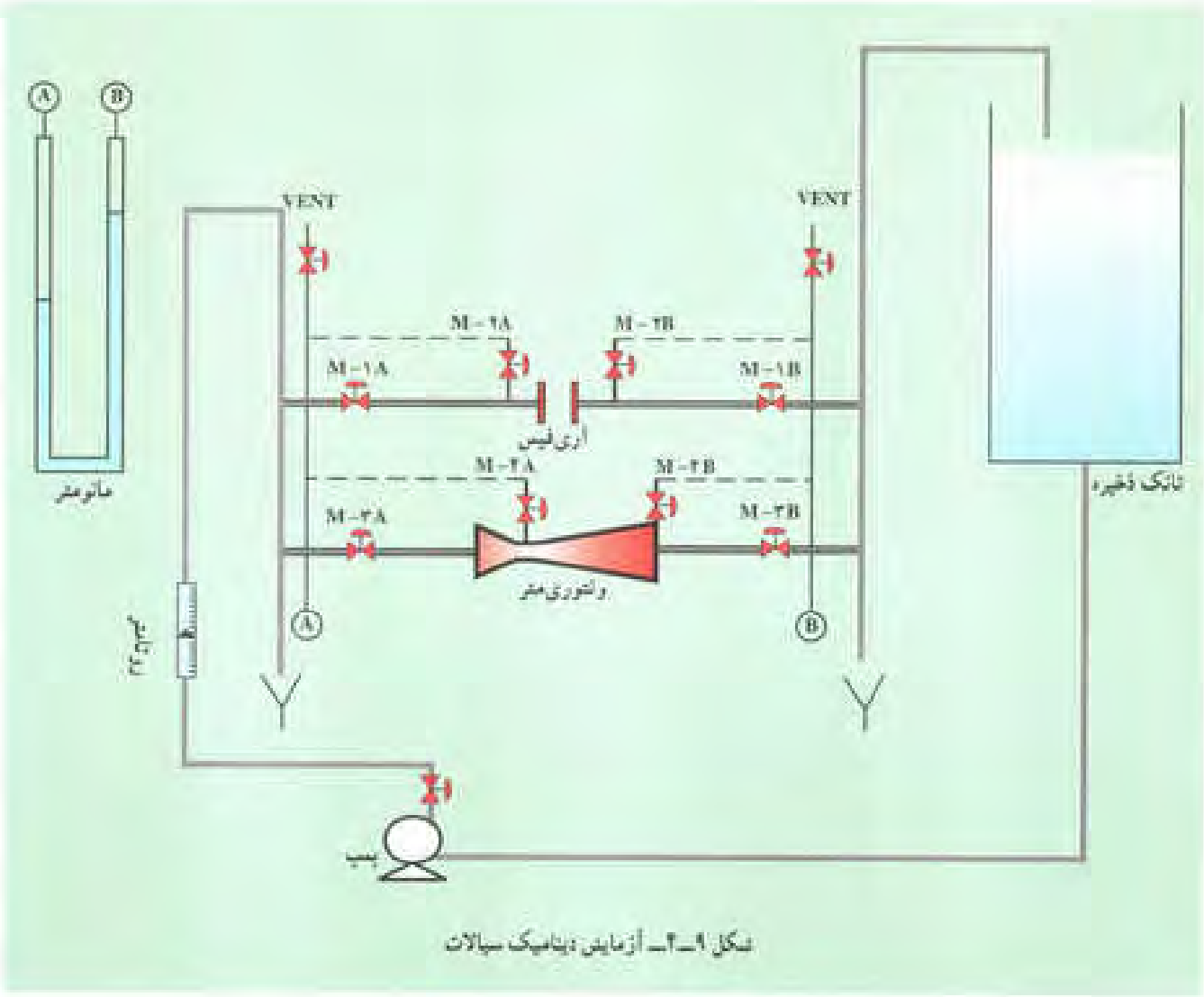
بنابراین:

سطح مقطع اری فیس $A_o = \pi D_2^2/4 =$

اختلاف فشار $\Delta P = P_A - P_B =$

چگالی آب $\rho =$





شکل ۹ـ۲ـ آزمایش دینامیک سیالات

جدول ۳ـ۴

C ضریب تخلیه اری فیس	ΔP	P_2	P_1	Q

آزمایش ونتوری

۱ـ شیر M – ۳A و M – ۳B را باز کنید.

۲ـ شیر M – ۴A و M – ۴B را باز کنید.

۳ـ اختلاف فشار را از طریق مانومتر بخوانید.

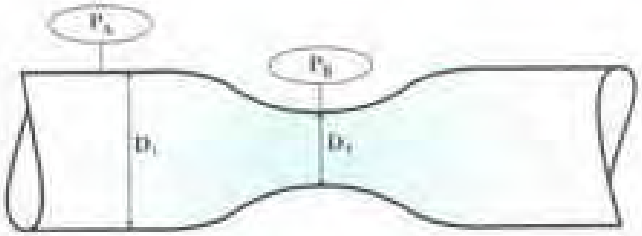
۴ـ دبی را تغییر داده دوباره اختلاف فشار را بخوانید.

۵ـ جدول ۴ـ۲ را پر کرده ضریب تخلیه‌ی ونتوری را پیدا کنید.

روابط :

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

$$Q = C.A_۲ \sqrt{\frac{۲g\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)}{۱ - \left(\frac{D_۲}{D_۱}\right)^۴}}$$



جدول ۴ـ۴

C ضریب ونتوری	ΔP	P_2	P_1	Q

خود آزمایی

۱ـ دبی یا شدت جریان را تعریف کنید.

۲ـ روش‌های اندازه‌گیری دبی را نام ببرید.

۳ـ ساختمان یک وِنتوری متر از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟

۴ـ رونامتر را شرح دهید.

۵ـ مزایا و معایب وِنتوری‌متر و اری فیس را نام ببرید.

۶ـ فرق جریان آرام و آشفته را توضیح دهید.

فصل پنجم

پمپ و برخی کاربردهای آن

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:
۱ـ ساختمان و عملکرد پمپ گریز از مرکز را توضیح دهد.
۲ـ توان الکتریکی پمپ را محاسبه نماید.
۳ـ توان فرآیندی پمپ را محاسبه کند.
۴ـ راندمان پمپ را محاسبه نماید.
۵ـ منحنی شدت جریان سیال و هد[1] پمپ را رسم کند.
۶ـ پمپ را راه‌اندازی کند و برخی اشکالات آن را برطرف نماید.
۷ـ با کمپرسورهای گریز از مرکز آشنا شود (آموزش یا قبلی).

۱ـ۵ـ مقدمه

۱ـ۱ـ۵ـ پمپ

به‌طور کلی پمپ‌ها دستگاه‌هایی هستند که انرژی مکانیکی را از موتور گرفته آن را به مایع منتقل می‌سازند؛ بدین ترتیب؛ مایع در خروجی از پمپ دارای 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[2] است.

۲ـ۱ـ۵ـ پمپ گریز از مرکز

این پمپ از یک پروانه[3] (چرخ پره‌دار) تشکیل شده که محور دوران موتور به آن متصل است و آن را می‌چرخاند. در شکل ۱ـ۵ 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.

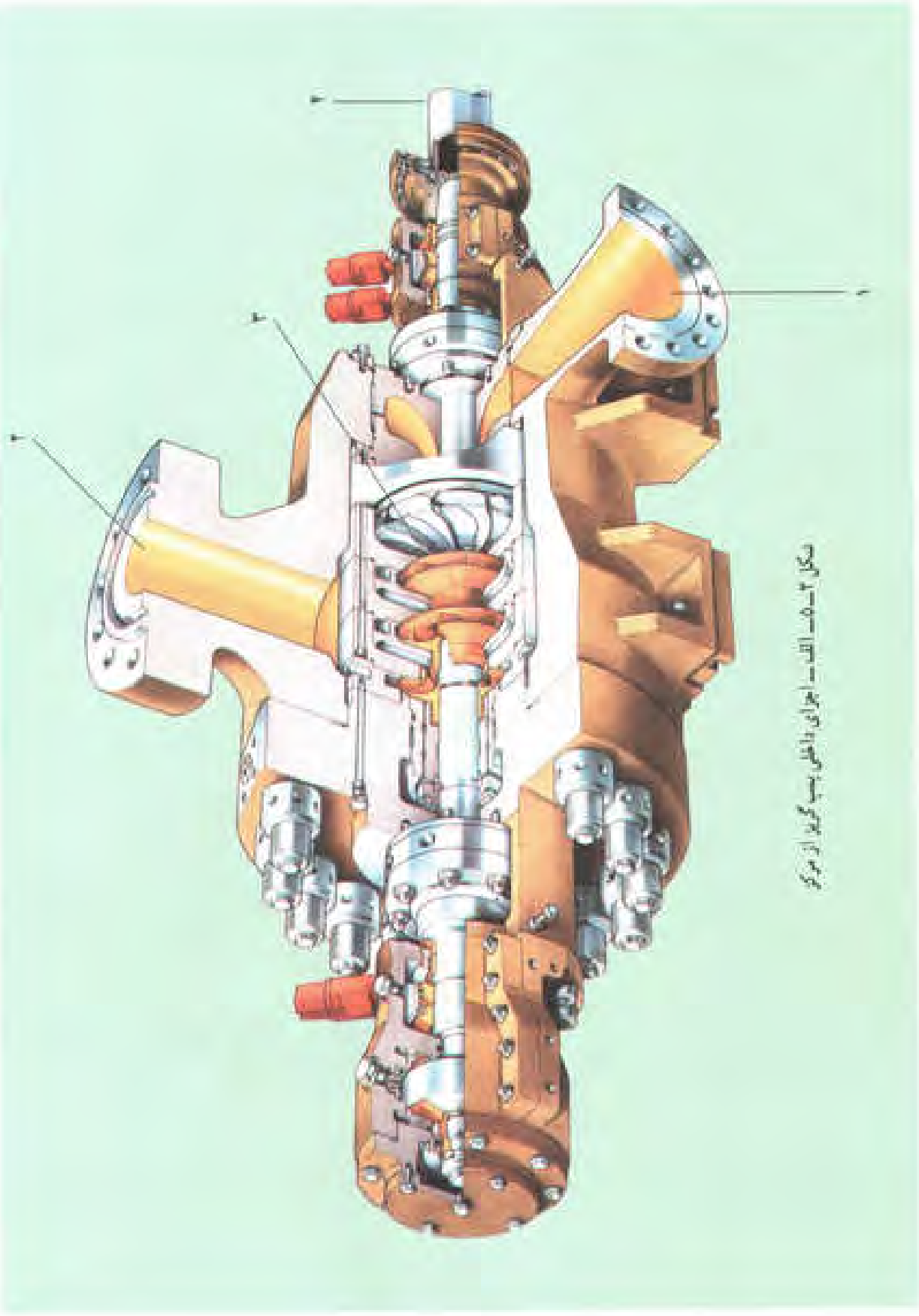
۱ـ در اینجا منظور ارتفاع آبدهی است (Pump Head).

2ـ Centrifugal pump

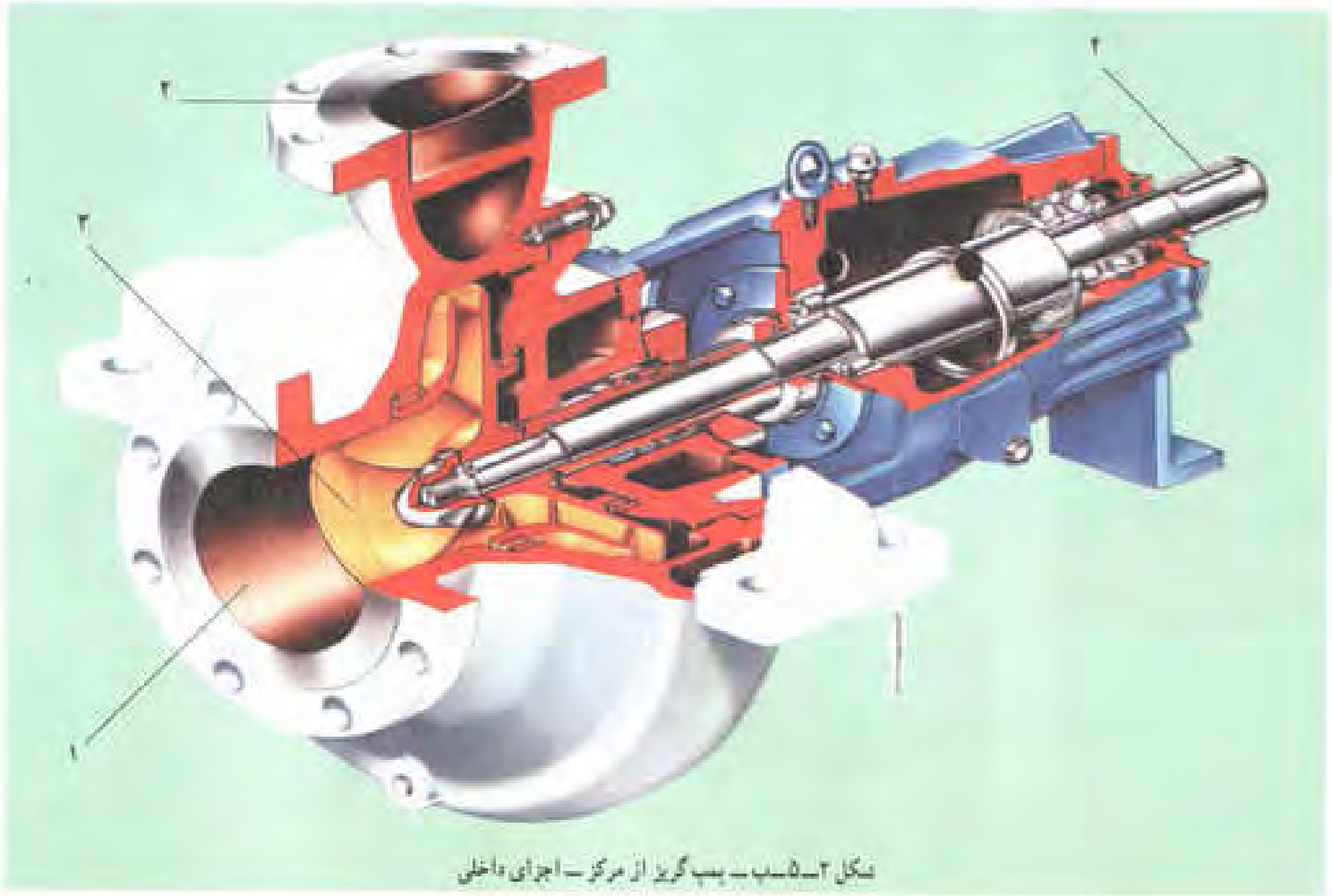
3ـ Impeller

شکل ۱ـ۵ـ 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 ۲ـ۵ ساختمان یک پمپ گریز از مرکز را نمایش می‌دهد.



شکل ۲ـ۵ـ الف ـ اجزای داخلی پمپ گریز از مرکز



شکل ۲ـ۵ـب ـ پمپ گریز از مرکز ـ اجزای داخلی

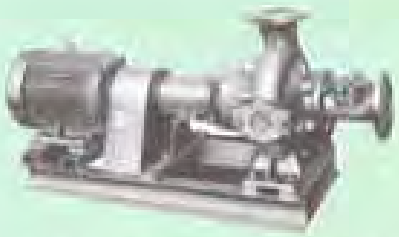
اجزای شکل ۳ـ۵ـ الف و ب

شماره‌ی قطعه	نام
۱	ورودی پمپ[1] (مکش)
۲	خروجی پمپ[2] (تخلیه)
۳	پروانه‌ی پمپ[3]
۴	محور پمپ[4]

بدین ترتیب، هر پمپ دارای دو لوله‌ی ورودی و خروجی است که به‌ترتیب «لوله‌های مکش[5]» و «لوله‌های رانش[6]» (تخلیه) خوانده می‌شوند. هم‌زمان با خارج شدن مایع در امتداد پره‌ها، در قسمت میانی چرخ، خلأ به وجود آمده لذا مایع بی در پی به قسمت مکش پمپ وارد خواهد شد.

جمع بندی

به وسیله‌ی پروانه‌ی موجود در پوسته‌ی پمپ قطرات مایع از مرکز به خارج یعنی پوسته‌ی پمپ پرتاب می‌شوند؛ از این رو فشار سیال افزایش می‌یابد. نیروی محرکه‌ی پروانه‌ی پمپ به‌وسیله‌ی موتور الکتریکی با توربین ایجاد می‌شود. در شکل ۳ـ۵ پمپ متصل به موتور الکتریکی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳ـ۵ـ پمپ متصل به موتور الکتریکی

۱ـ Pump Suction ۲ـ Pump Discharge ۳ـ Pump Impeller
۴ـ Pump Shaft ۵ـ Suction ۶ـ Discharge Lift

۲ـ۵ـ محاسبه‌ی توان الکتریکی[1]

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

(۱) توان الکتریکی (وات) = (ولتاژ) . (آمپر) . $\cos\Phi$

$P_{\text{الکتریکی}} = V.I.\ Cos\Phi$

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

۲ـ۶ـ محاسبه‌ی توان فرآیندی[2]

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

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

(۲) $P_{\text{فرآیندی}} = Q.hp.\rho.g$

بر اساس این رابطه :

Q = شدت جریان (دبی)، m^3/s

hp = ارتفاع آب‌دهی (هدپمپ)، m

ρ = چگالی، kg/m^3

g = شدت جاذبه، m/s^2

P = توان، W، وات

۱ـ Electrical power ۲ـ Process power

راندمان کلی پمپ

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:

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

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

کاویتاسیون[۲] حفره‌زایی در پمپ

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 از بین بردن کاویتاسیون باید فشار ورودی به پمپ را افزایش دهیم. به همین دلیل، می‌توان

۱ـ Efficiency

۲ـ Cavitation = کاویتاسیون

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.

۶ـ۵ـ آزمایش پمپ گریز از مرکز

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

ساختمان دستگاه از این بخش‌ها تشکیل شده است:

۱ـ پمپ گریز از مرکز.

۲ـ تانک ذخیره آب.

۳ـ اندازه‌گیری جریان آب.

۴ـ شیر دروازه‌ای.

۵ـ دو عدد فشارسنج.

۶ـ لوله‌های رابط و اتصالات مورد نیاز.

۷ـ تابلوی الکتریکی حاوی ولت متر و آمپرمتر.

روش آزمایش:

۱ـ با اجازه‌ی مربی، دستگاه را روشن نمایید.

۲ـ با تنظیم شیر دبی‌های مختلفی را اندازه‌گیری کنید.

۳ـ در هر دبی ایجاد شده فشارهای ورودی و خروجی را بخوانید و اختلاف فشار برای هر شدت جریان را محاسبه نمایید.

۴ـ در هر دبی ایجاد شده ولتاژ و آمپر را بخوانید و توان الکتریکی را محاسبه نمایید.

۵ـ ارتفاع آب‌دهی (هدپمپ) را برحسب دبی رسم کنید.

روش محاسبه

۱ـ جدول ۱ـ۵ را تکمیل نمایید.

۲ـ توان الکتریکی را برای هر شدت جریان با معادله‌ی ۱ به‌دست آورید.

۳ـ با درنظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد توان فرآیندی را محاسبه نمایید.

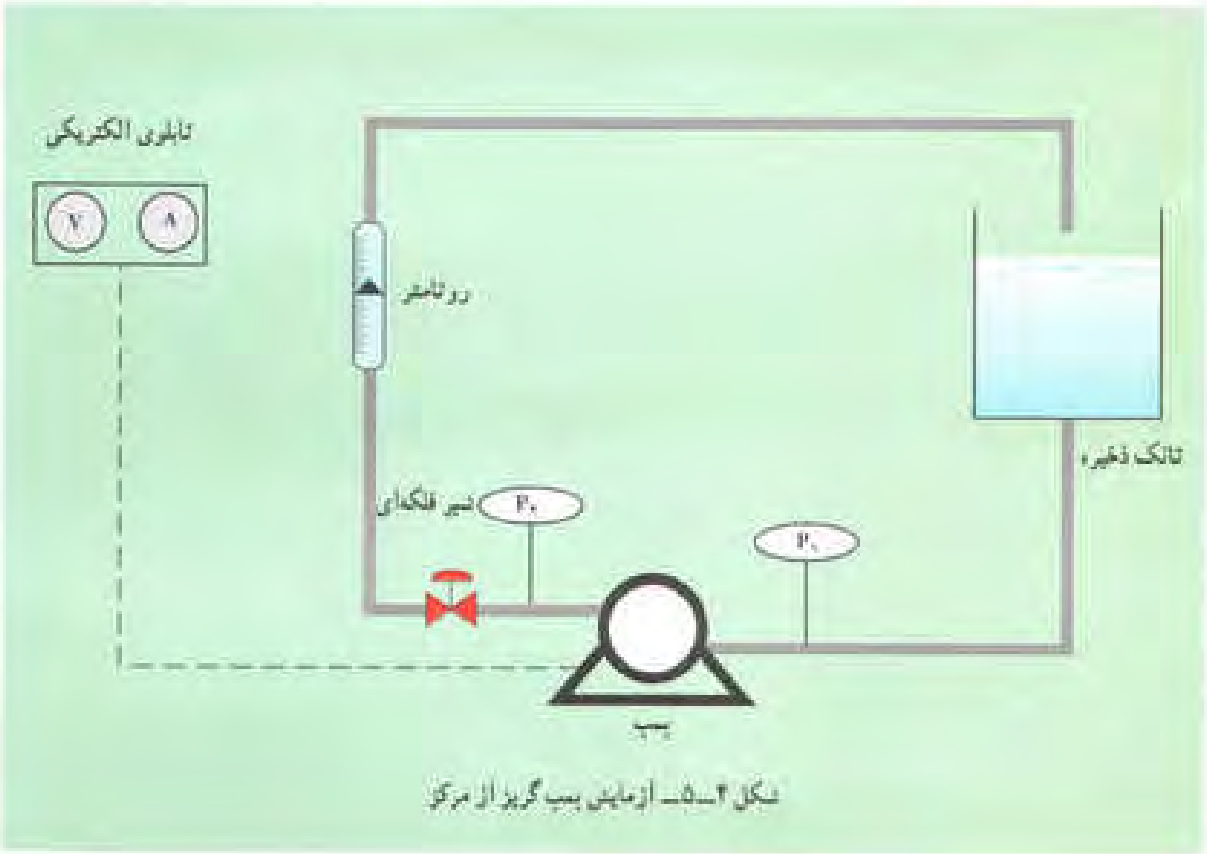
۴ـ براساس این رابطه هد پمپ را به‌دست آورید.

$$hp = \frac{\text{فرایندی } p}{Q.\rho.g}$$

جدول ۱ـ۵

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

۵ـ با پیدا کردن هر hp از رابطه‌ی یادشده منحنی hp را برحسب دبی رسم کنید.
(شکل ۴ـ۵ مربوط به دستگاه آزمایش است.)

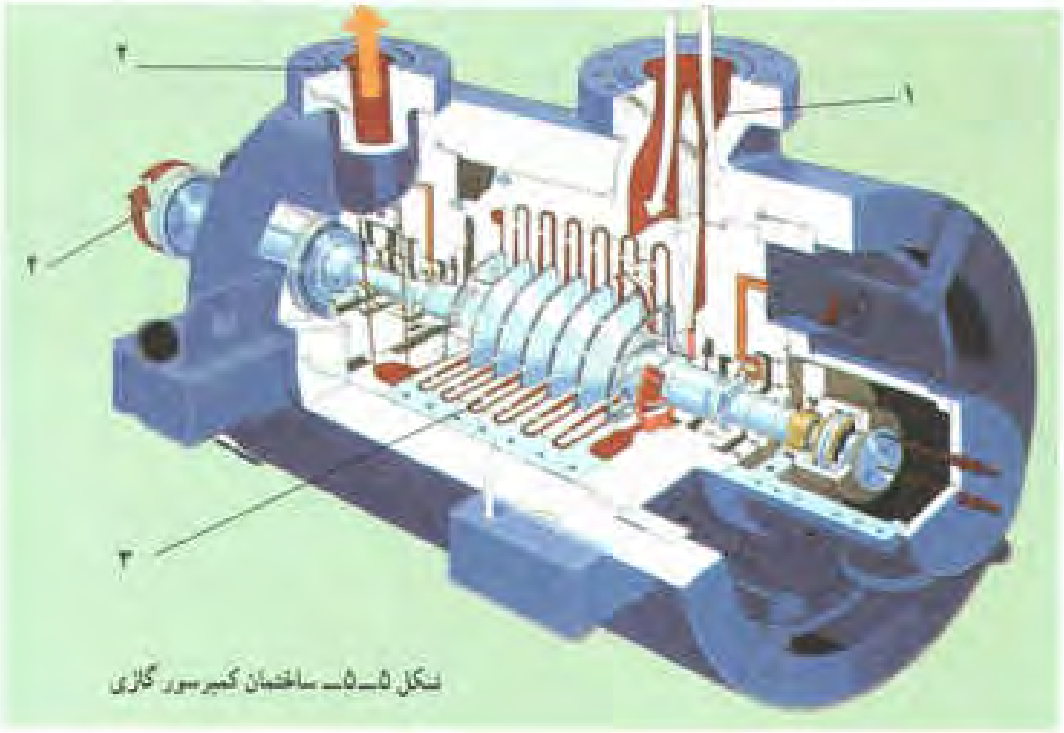


شکل ۴ـ۵ـ آزمایش پمپ گریز از مرکز

۷ـ۵ـ کمپرسورهای گازی

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

نیروی محرکه‌ی این نوع کمپرسورها عموماً به وسیله‌ی توربین‌های گازی تولید می‌شود و اغلب برای افزایش فشار گاز در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی از کمپرسورهای گریز از مرکز چند مرحله‌ای استفاده می‌کنند. در شکل ۵ـ۵ ساختمان کمپرسور گازی نشان داده شده است.



شکل ۵ـ۵ـ ساختمان کمپرسور گازی

اجزای کمپرسور گازی

شماره‌ی قطعه	نام
۱	ورودی کمپرسور[۱]
۲	خروجی کمپرسور[۲]
۳	تیغه‌های کمپرسور[۳]
۴	محور کمپرسور[۴]

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

۱ـ۷ـ۵ـ عمل‌کرد کمپرسور

گاز با فشارجو پس از عبور از فیلترهای تعبیه شده روی کمپرسور به‌داخل آن هدایت می‌شود. همانند عمل‌کرد سیال 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 ۶ـ۵ یک نوع کمپرسور را مشاهده می‌کنید.

شکل ۶ـ۵ـ کمپرسور مورد استفاده در صنایع نفت‌پایی

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 ۷ـ۵ نمونه‌های متعددی از استفاده‌ی کمپرسور در صنایع، نشان داده شده است.

شکل ۷ـ۵ـ الف ـ کمپرسور تولید هوای فشرده

شکل ۷ـ۵ـ ب ـ تولید کاغذ و خمیر کاغذ

شکل ۷ـ۵ـ ج ـ کمپرسور استفاده شده در سیستم سردسازی

شکل ۷ـ۵ـ د ـ 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 ــ ۵ ــ کمپرسورهای توربینی

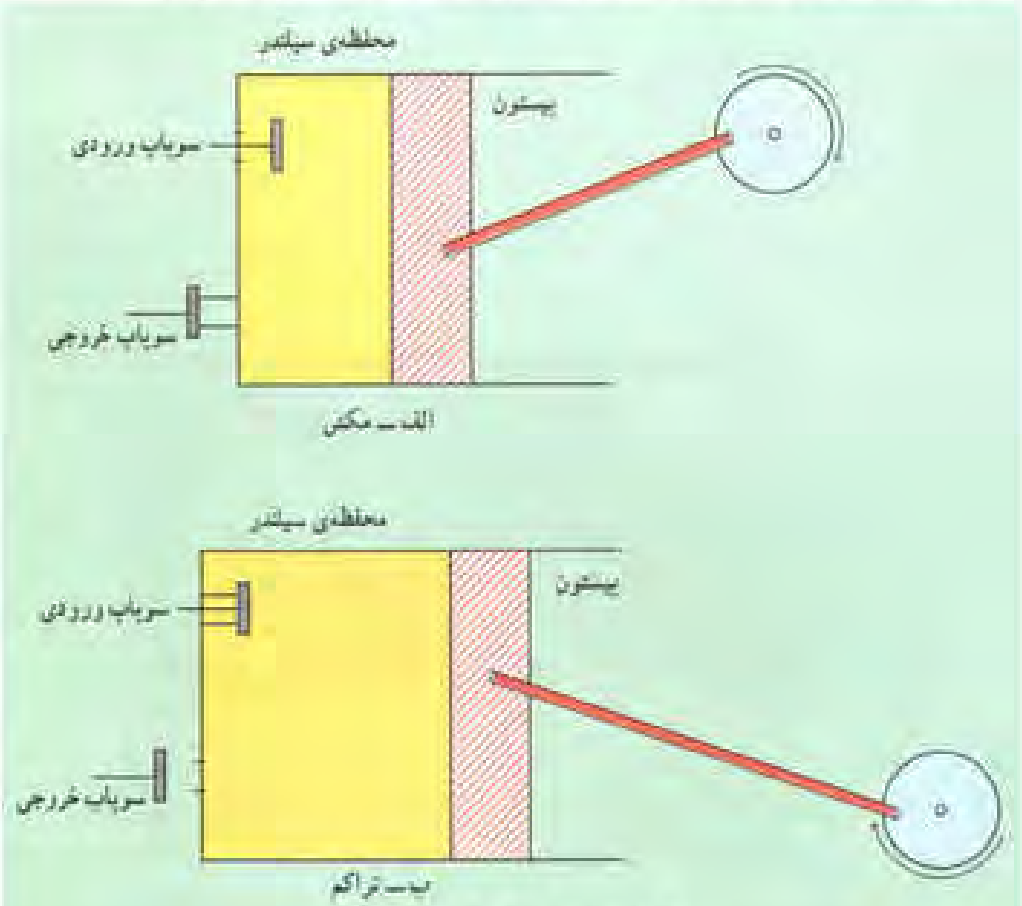
کاربرد صنعتی کمپرسورهای توربینی در مواردی است که به خروجی بسیار زیاد نیاز باشد، مانند معادن، کوره‌های ریخته‌گری و ... به‌صورت تقریبی برای تأسیساتی که تا ۱۰۰۰۰۰ قوت مکعب ظرفیت دارند. یعنی اینکه این حجم هوای فشرده نیاز دارند (شکل ۷ــ ۵ ــ د).

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 ــ ۵ ــ طرز کار کمپرسور پیستونی

۲ـ۳ـ۸ـ۵ـ 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 به‌داخل کمپرسور مکیده شده و تا حد موردنیاز متراکم می‌شود.

از طرفی چون جگالی (دانسیته) هوا در آلمسفر با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش می‌یابد، بنابراین هوای ورودی به کمپرسور در هر سیکل[1] با افزایش ارتفاع کمتر می‌شود.

۳ـ ۸ ـ ۵ ـ تراکم چند مرحله‌ای

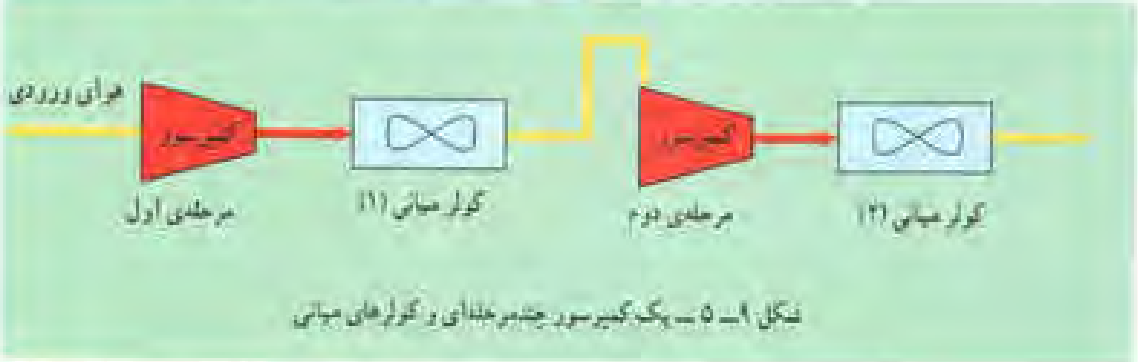
تراکم می‌تواند در یک یا چند مرحله انجام گیرد. اگر تراکم‌هوای آلمسفر ورودی به فشار مورد نظر در یک سیلندر صورت گیرد، تراکم را یک مرحله‌ای گویند. در کمپرسورهای یک مرحله‌ای برای هوای خیلی تمیز (در حدود ۵ فوت مکعب در دقیقه) فشار تراکم ممکن است تا حد ۱۵۰ Psig برسد اما معمولاً تراکم یک مرحله‌ای به فشار ۱۰۰ 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 (شکل ۵ـ ۵ و ۶ ـ ۵).

۴ ـ ۸ ـ ۵ ـ 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 خنک کننده[2] در اطراف سیلندر آن مجهز می‌سازند.

در کمپرسورهای دو مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای از خنک‌کننده‌های میانی[3] جهت کاهش درجه حرارت هوا بین مراحل استفاده می‌شود (مطابق شکل ۹ـ ۵).



شکل ۹ـ ۵ ـ یک کمپرسور چندمرحله‌ای و کولرهای میانی

۱ـ سیکل: منظور یک بار مکیدن هوا و تراکم به وسیله‌ی کمپرسور می‌باشد.

۲ـ Fin(AirCooler) ۳ـ Inter Cooler

پس از تراکم نهایی، هوا کاملاً داغ شده است لذا باید توسط کولر نهایی خنک شود.
در جدول ۲ـ۵ برخی اشکالات احتمالی در کار با کمپرسور و راه‌های رفع اشکال آن توضیح داده شده است.

جدول ۲ـ۵ـ اشکالات احتمالی در کار باکمپرسور و راه‌های رفع اشکال

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

۱ـ عمل کرد پمپ گریز از مرکز را شرح دهید.

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

۳ـ بازده پمپ را چگونه به‌دست می‌آورند؟

۴ـ عمل کرد کمپرسورهای گازی را شرح دهید.

۵ـ کمپرسورهای هوای توربینی در چه مواردی استفاده می‌شوند؟

۶ـ طرز کار کمپرسورهای هوای پیستونی را شرح دهید.

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

۸ـ تراکم چند مرحله‌ای هوا را شرح دهید.

۹ـ چهار اشکال احتمالی در کار با کمپرسور را شرح داده، شیوه‌ی برطرف ساختن آن را بیان کنید.

فصل ششم

مبدل‌های حرارتی[1]

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

۱ـ۶ـ مقدمه

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

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

۲ـ۶ـ انواع جریان در مبدل‌های حرارتی لوله‌ای

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

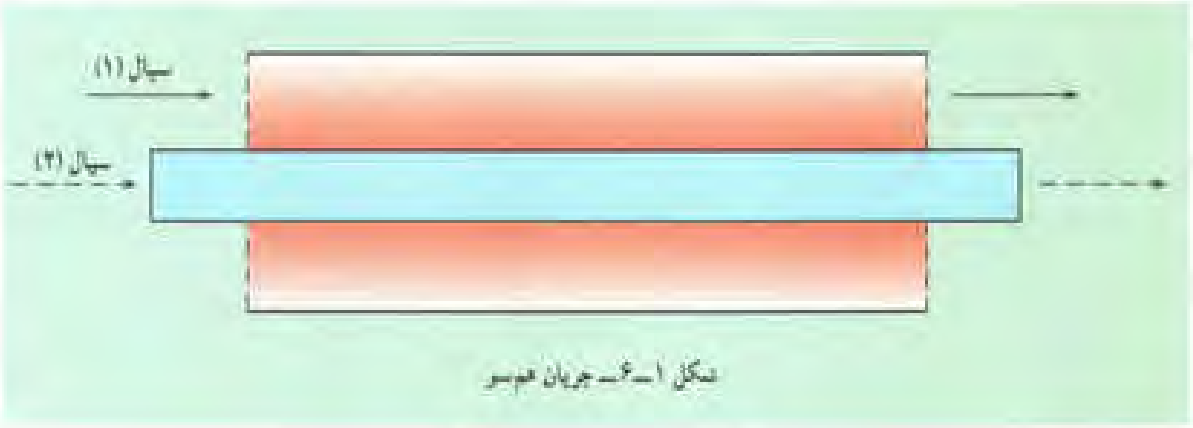
الف ـ جریان هم‌سو[2]:

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

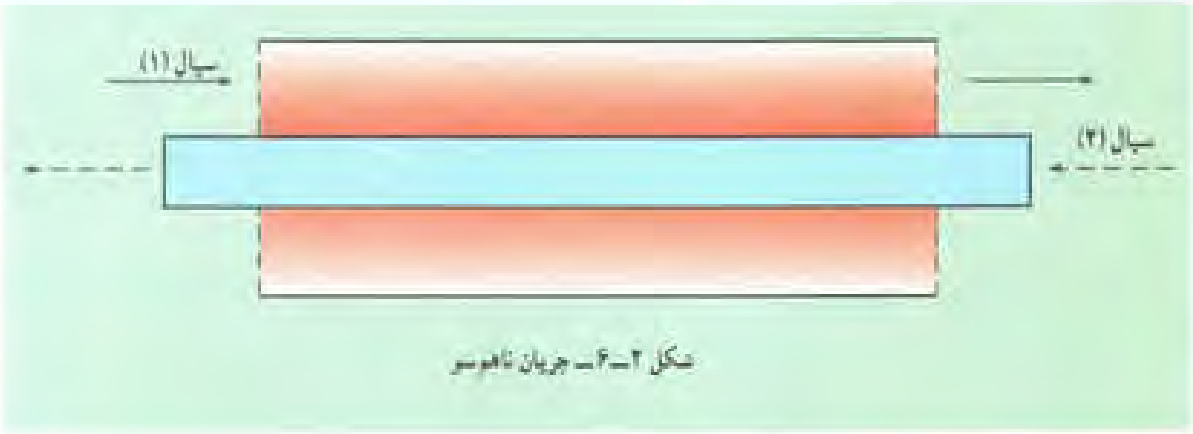
ب ـ جریان ناهم‌سو[3]:

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

۱ـ Heat Exchangers
۲ـ Co - Current flow
۳ـ Counter Current flow



شکل ۱ـ۶ـ جریان هم‌سو



شکل ۲ـ۶ـ جریان ناهم‌سو

۳ـ۶ـ مبدل‌های حرارتی لوله‌ای

از این مبدل، بیش از هر نوع مبدل حرارتی دیگر، استفاده می‌گردد. مبدل‌های حرارتی لوله‌ای خود انواع مختلفی دارند که از آن جمله می‌توان به نوع «تک لوله‌ای»، «دو لوله‌ای»، «لوله‌ی مارپیچی»، «چند لوله‌ای» و «لوله ـ پوسته»[1] اشاره نمود.

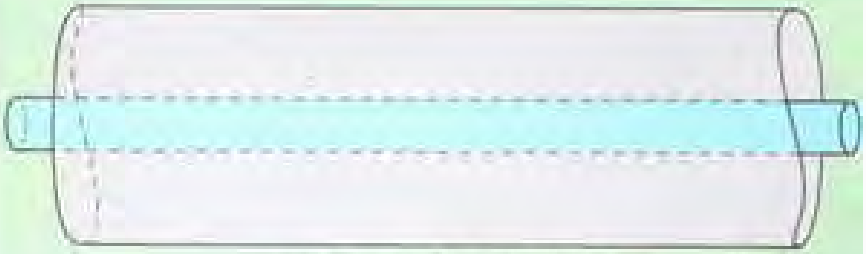
مبدل حرارتی دو لوله‌ای[2]:

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

کاربرد این مبدل‌ها 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.

۱ـ Shell & Tube

۲ـ Two pipes



شکل ۳ـ۶ـ مبدّل حرارتی دو لوله‌ای

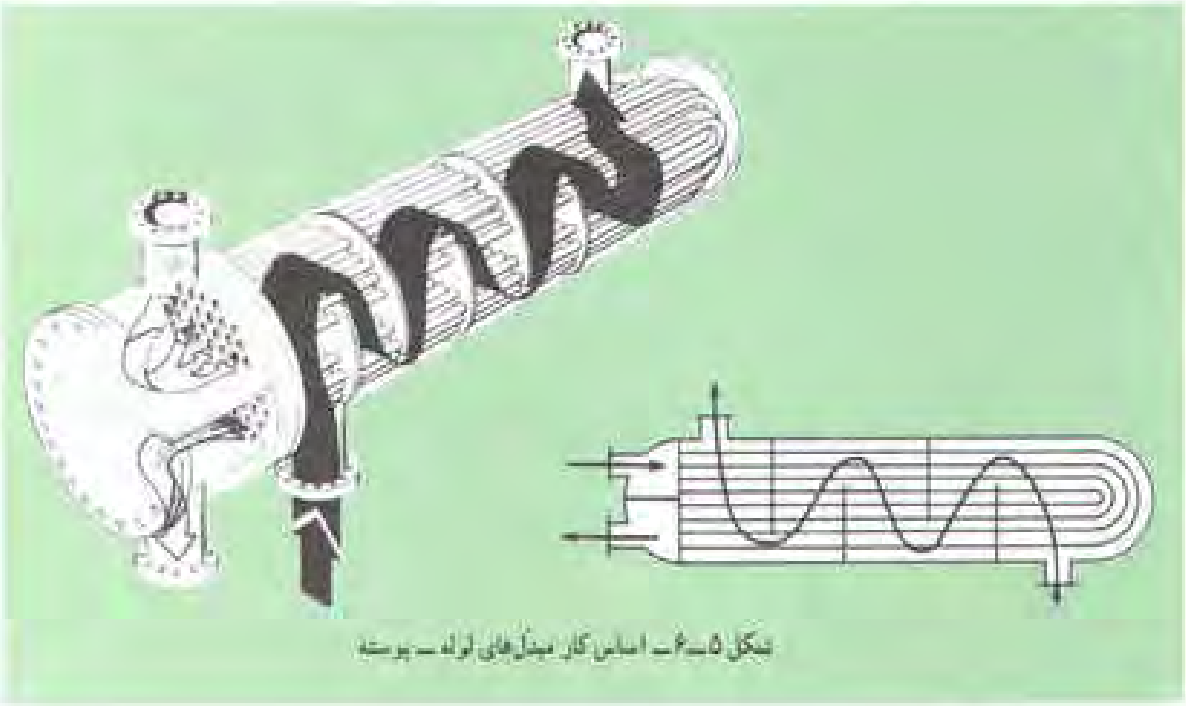
مبدّل‌های حرارتی لوله ـ پوسته:

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

شکل ۴ـ۶ـ مبدّل حرارتی لوله ـ پوسته

۴ـ۶ـ اساس کار مبدّل‌های حرارتی لوله ـ 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 پوسته ـ لوله در شکل ۵ـ۶ـ نشان داده شده است.



شکل ۵ـ۶ـ اساس کار مبدل‌های لوله ـ پوسته

۵ـ۶ـ راه‌اندازی مبدل‌های حرارتی

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

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

۶ـ۶ـ از کار انداختن مبدل‌های حرارتی

۱ـ ابتدا جریان گرم را درون مبدل قطع کنید تا مبدل به‌تدریج سرد شود.

۲ـ جریان سرد را قطع نمایید.

۳ـ برای جلوگیری از انفجار در مبدل‌های حرارتی که مخلوط‌های هیدروکربوری در آن نقش سیال را بر عهده دارند، حتماً پس از خاموش کردن دستگاه، مبدل را هواگیری نمایید.

۷ـ۶ـ خوردگی در مبدل‌های حرارتی

با توجه به این که در صنایع شیمیایی، بیش‌تر مواد خاصیت خوردگی دارند، لوله‌های موجود در مبدل‌های 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:

۱ـ مبدل حرارتی را از دستگاه خارج نمایید.

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

۳ـ خروجی مسیر پوسته را ببندید.

۴ـ 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.

۶ـ۲ـ آزمایش مبدّل حرارتی لوله‌ای ـ پوسته

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

اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه عبارت‌اند از:

۱ـ لوله‌های U شکل؛

۲ـ اندازه‌گیر جریان برای آب سرد و گرم؛

۳ـ شیرهای دروازه‌ای به تعداد ۵ عدد؛

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

۵ـ مخزن ذخیره‌ی آب گرم؛

۶ـ پمپ انتقال سیال؛

۷ـ 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:

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

۲ـ 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.

۳ـ پس از مدتی که دمای نقاط مختلف سیال را یادداشت نمودید متوجه خواهید شد که تغییرات دما کاهش می‌یابد؛ بر این اساس، دستگاه به حالت پایدار رسیده است. در این حالت، دمای مربوط به نقاط مختلف را یادداشت نمایید و جدول بیوست را تکمیل کنید.

۴ـ همین مراحل را برای جریان ناهم‌سو تکرار کرده جدول ۱ـ۶ را تکمیل نمایید.

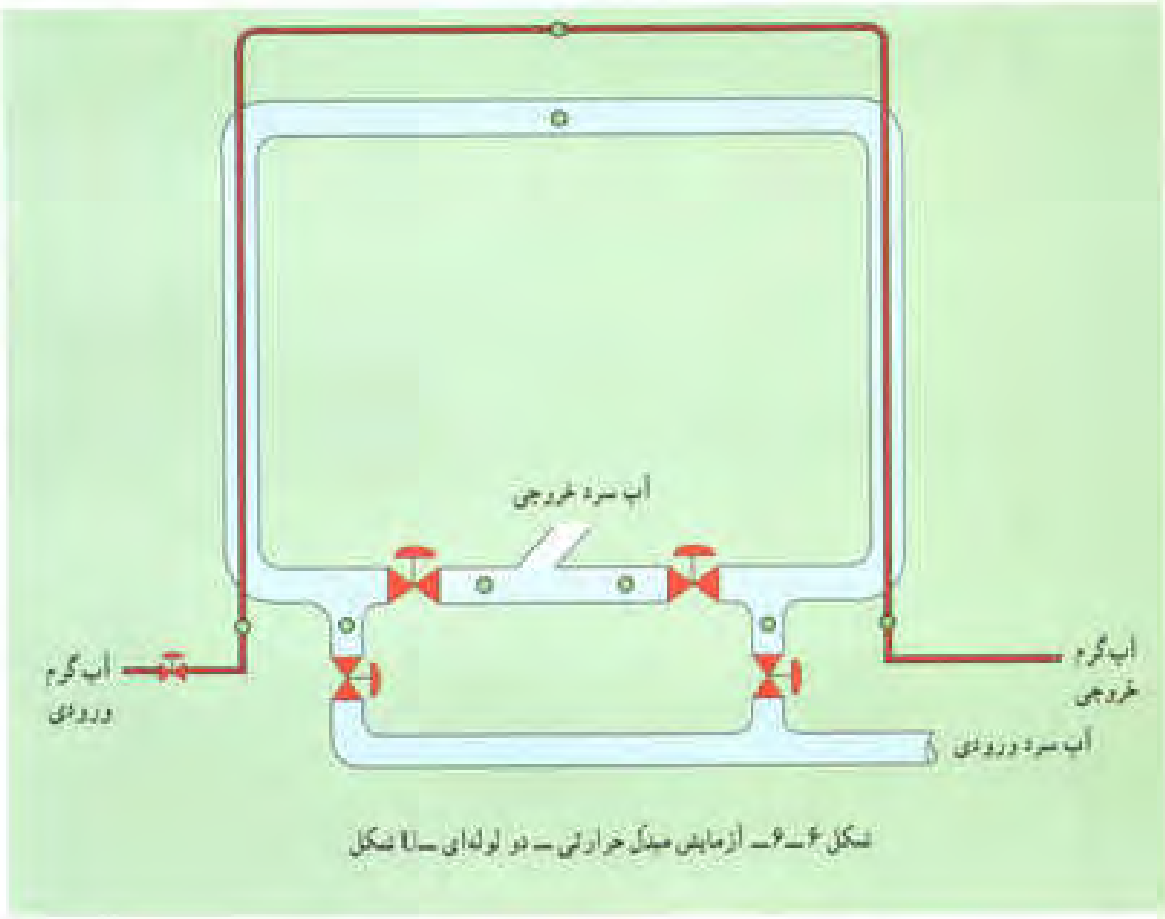
۵ـ اختلاف دماهای نقاط مختلف سیال را در هر دو حالت هم‌سو و ناهم‌سو با هم مقایسه کرده و نتیجه‌گیری نمایید.

یادداشتن 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.

۱ـ Sensor

جدول ۱ـ۴

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 ۶ـ۶ـ آزمایش مبدل حرارتی ـ دو لوله‌ای ـ ناشکل

۱ـ۶ـ آزمایش: مبدل حرارتی پوسته ـ لوله

اجزای تشکیل دهنده‌ی دستگاه عبارت است از:

ـ یک لوله‌ی ۴ اینچ به عنوان پوسته

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

ـ ۶ عدد شیر آب سرد و گرم ورودی و خروجی

ـ ۴ حسگر دما و ترمومتر برای نمایش

ـ مخزن ذخیره‌ی آب گرم به‌همراه هیتر برقی

ـ پمپ برای انتقال سیال گرم

ـ دبی‌سنج سیال سرد و گرم

ـ ترموستات

شرح کار

۱ـ دستگاه را با اجازه‌ی مربی روشن نمایید.

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

۳ـ شیر آب‌گرم و پمپ مربوطه را روشن نمایید.

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

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

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

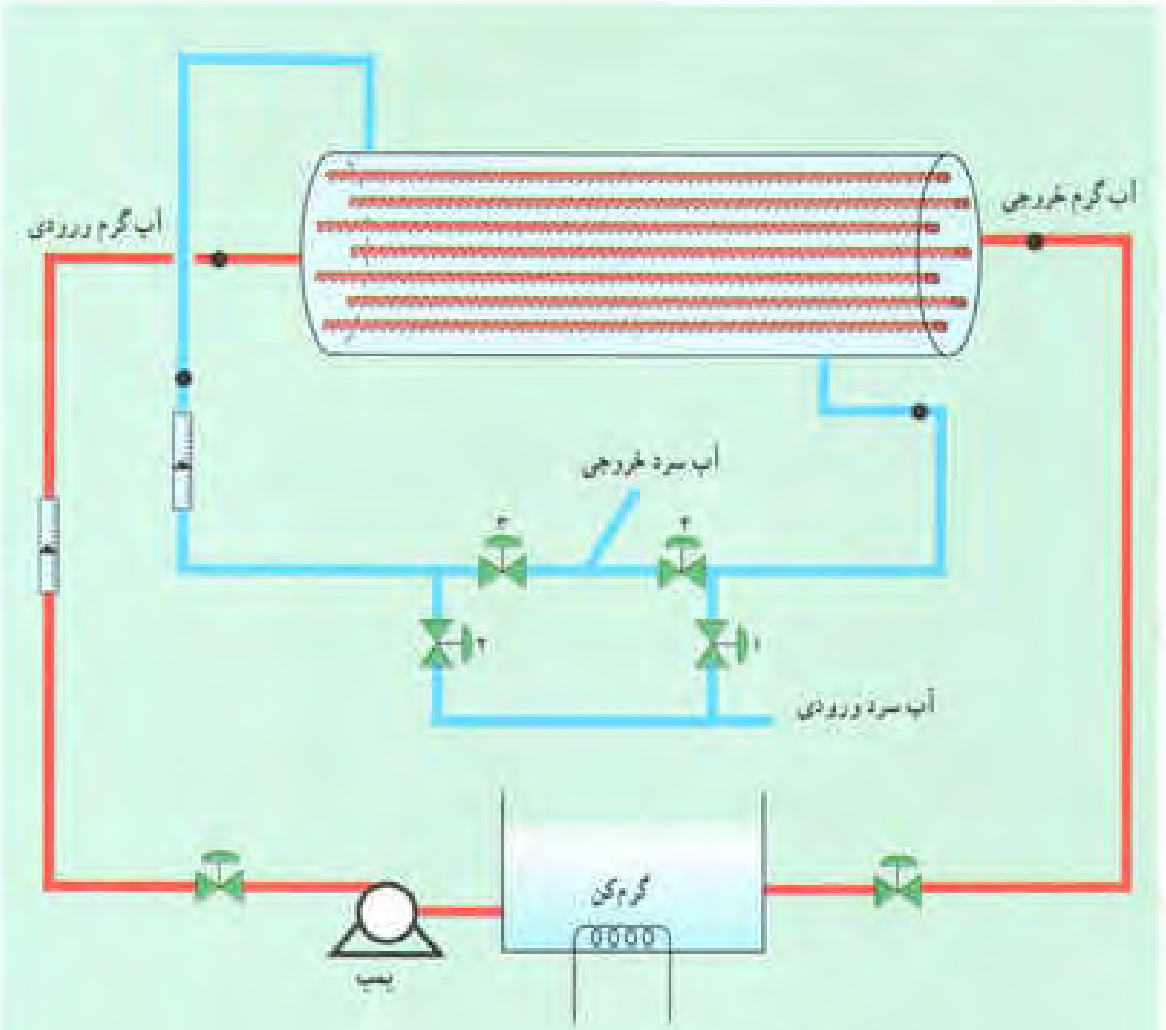
۷ـ جدول ۲ـ۶ را برای دبی‌های مختلف جریان سرد و گرم و هم‌چنین جریان‌های همسو و ناهمسو تکمیل نمایید.

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

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

جدول ۲ـ۶

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



شکل ۷ـ۶ـ آزمایش عدل حرارتی ـ بوسته ـ لوله

خودآزمایی

۱ـ مبدّل حرارتی را به‌گونه‌ای مختصر شرح دهید.

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

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

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

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

۶ـ 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:
۱ـ با نحوه‌ی کنترل سطح، به هنگام کار آشنا شود.
۲ـ با نحوه‌ی کنترل دما در حین کار آشنا شود.
۳ـ با نحوه‌ی کنترل فشار به هنگام کار آشنا شود.

۱ـ۷ـ 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.

۲ـ۷ـ کنترل سطح مایع

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 ۱ـ۷ 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.

1ـ Liquid Level Control

الف ـ قبل از اعمال کنترل و بسته شدن شیر ورودی

ب ـ بسته شدن شیر ورودی و تنظیم ارتفاع

شکل ۱ـ۷

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

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

۲ـ 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 در نتیجه، 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 مدرّج در جداره‌ی تانک‌ها قرار دارد. به این وسایل «نمایشگر سطح مایع[1]» می‌گویند که در شکل ۲ـ۷ طرحی از آن را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲ـ۷ـ مخزن مجهز به نمایشگر سطح مایع

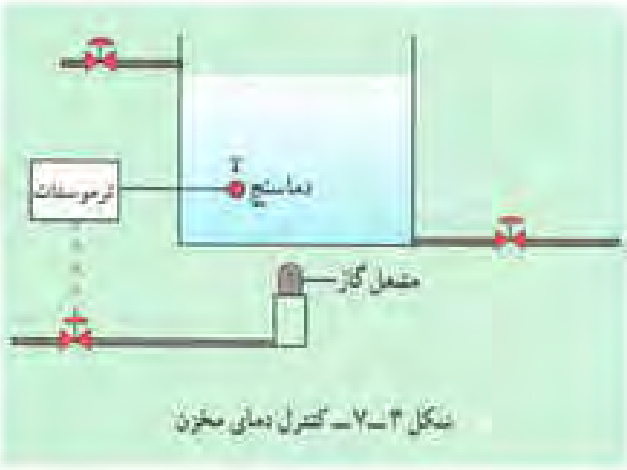
۱ـ Level Indicator

۳ـ۷ـ کنترل دما[1]

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 ۳ـ۷ 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 یا 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.

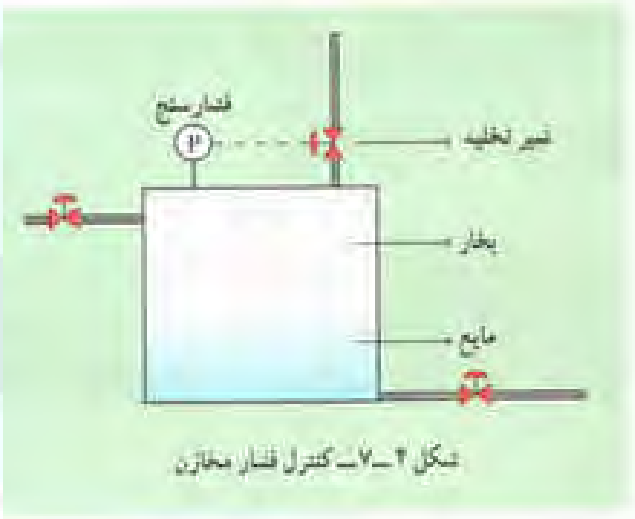


شکل ۳ـ۷ـ کنترل دمای مخزن

۴ـ۷ـ کنترل فشار[2]

مخازن تحت فشار، تانک‌های ذخیره‌ی مواد شیمیایی و نفتی، یا مخازن ذخیره‌ی گاز، به منظور ایمنی، باید به کنترل کننده‌ی فشار مجهز باشند. دیگ‌های زودپز که در منازل استفاده می‌شود نمونه‌ی ساده‌ای از مخازن تحت فشار است. آب‌گرمکن‌های منازل نیز نمونه‌ای دیگر برای کنترل فشار است. در شکل ۴ـ۷ کنترل فشار به سادگی نشان داده شده است.

۱ـ Temperature Control ۲ـ Pressure Control



شکل ۲ــ۷ــ 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 یابد و به حالت تعادل برسد.

۲ــ۷ــ شیرهای کنترل[1]

معمولاً در صنعت، شیرهای کنترل، آخرین وسیله‌ی کنترل کننده‌ی مدار کنترل هستند که به وسیله‌ی ادوات مکانیکی یا ادوات 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.)

۳ــ۷ــ 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 Valves

روش آزمایش:

با توجه به شکل ۵ـ۷ این مراحل را انجام دهید:

۱ـ 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.

۲ـ شیر خروجی ثانک را باز کنید تا آب به آب‌گرمکن وارد شود.

۳ـ 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.

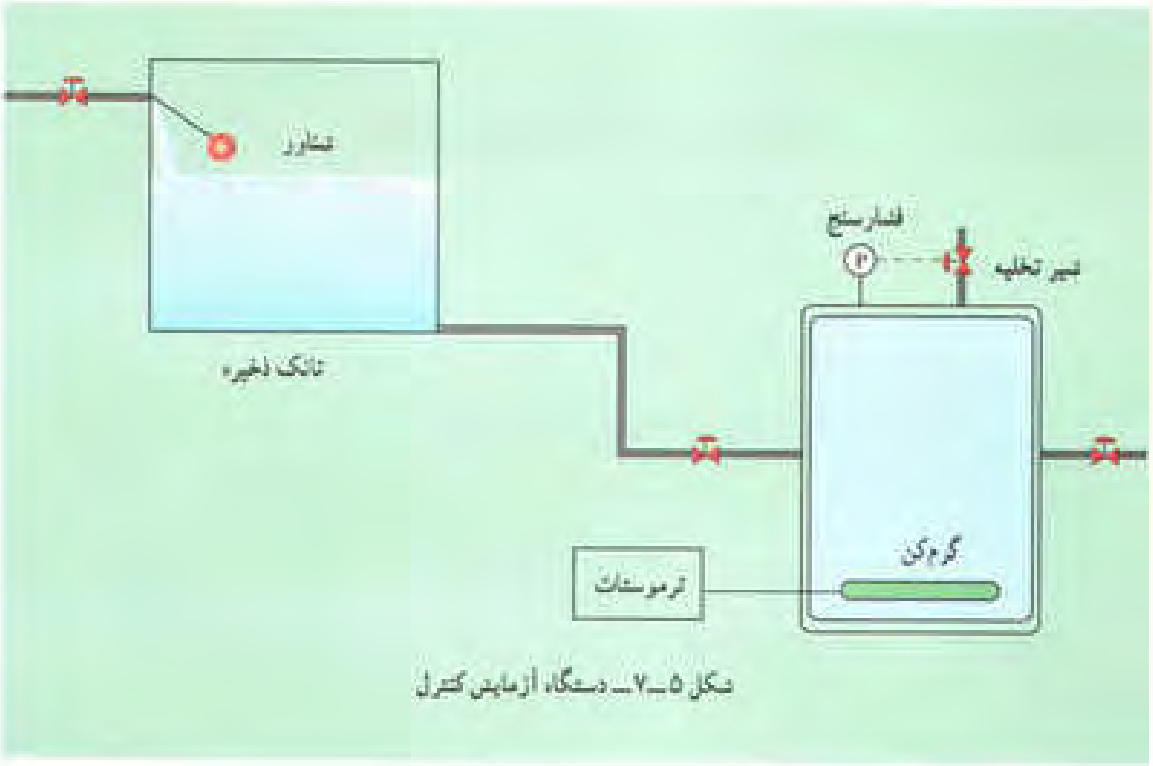
۴ـ برای کنترل فشار باید در دماهای بالا کار کنید. ترموستات را روی $۱۲۰^{\circ}C$ قرار دهید.

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

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

فعالیت آزاد:

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



شکل ۵ـ۷ـ دستگاه آزمایش کنترل

خودآزمایی

۱ـ چرا کنترل در هر واحد صنعتی لازم است؟

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

۳ـ نحوه‌ی کنترل دمای آب‌گرمکن را شرح دهید.

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

۱ـ۸ـ 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 جداکردن 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 نامند[1]. اهمیت این عملیات کاملاً واضح بوده و به‌ندرت می‌توان یک فرآیند شیمیایی را یافت که نیاز به خالص‌سازی اولیه‌ی مواد خام یا جداسازی نهایی محصولات از محصولات جانبی حاصل از واکنش نداشته باشد، و به دلایل مذکور عموماً عملیات انتقال جرم مورد استفاده قرار می‌گیرد. با مشاهده‌ی برج‌های تقطیر متعددی که در یک پالایشگاه نفت امروزی دیده می‌شود و در هر یک از آن‌ها عملیات انتقال جرم صورت می‌پذیرد، به اهمیت این اعمال می‌توان 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 ـ Mass Transfer Operation

تمام‌شده‌ی 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 ۱ـ۸)، تبخیر می‌شود نوعی انتقال جرم است.

شکل ۱ـ۸ـ تبخیر 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.

۲ـ۸ـ تقسیم‌بندی عملیات انتقال جرم

این تقسیم‌بندی به‌صورت جدول ۱ـ۸ می‌باشد.

جدول ۱ـ۸

عملیات انتقال جرم

۱ـ تماس مستقیم دو فاز نامحلول در یکدیگر

۱ـ گاز ـ گاز: غیرقابل انجام در صنعت

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

۳ـ گاز ـ جامد: خشک کردن گازهای مرطوب

۴ـ مایع ـ مایع: جداسازی آب و استن به‌وسیله‌ی تتراکلرید کربن

۵ـ مایع ـ جامد: جداسازی طلا از سنگ معدن

۶ـ جامد ـ جامد: غیر قابل انجام در صنعت

۲ـ جداسازی فازها با استفاده از غشاء[1]

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

۲ـ مایع ـ مایع: شیرین‌سازی آب دریا

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

۱ ـ Membrane

۲ـ۳ـ۸ـ انتقال جرم مستقیم در فاز تحول در یکدیگر

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

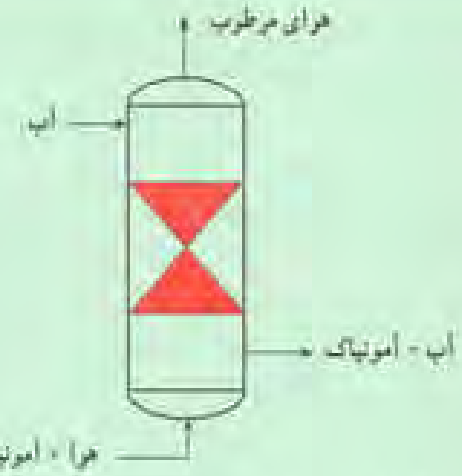
وجود سه فاز مختلف یعنی گاز، مایع و جامد امکان مجاورشدن دو فاز را با یکدیگر به شش صورت فراهم می‌کند.

گاز ـ 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 ـ مایع:

جداسازی آمونیاک را از مخلوط گازی هوا ـ 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[1] می‌نامند (شکل ۲ـ۸).



شکل ۲ـ۸ـ جداسازی آمونیاک از مخلوط هوا ـ آمونیاک (برج جذب)

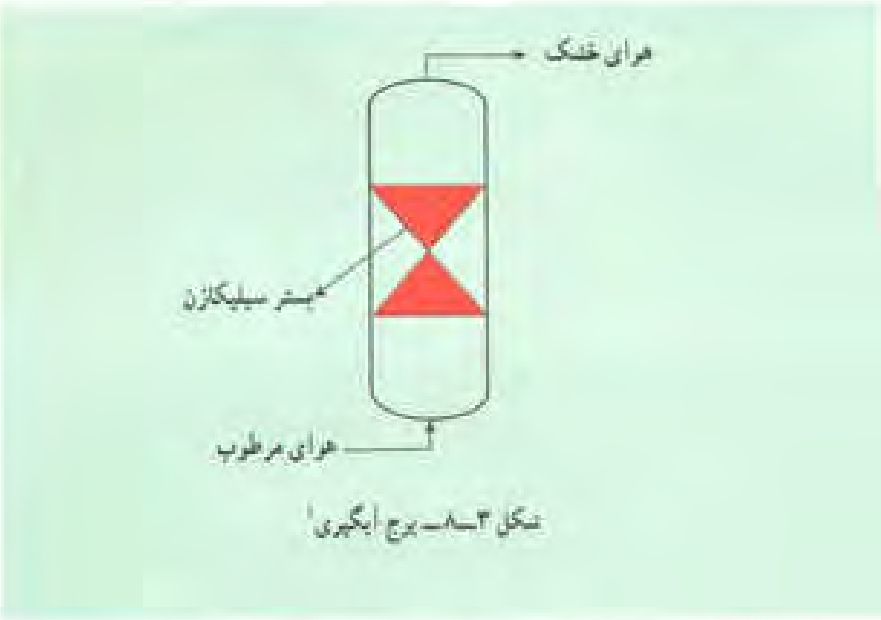
چنانچه هوا در تماس با محلول آمونیاک ـ آب قرار گیرد، قسمتی از آمونیاک از آب جدا شده و درون هوا نفوذ خواهد کرد. این فرآیند در صنعت دفع[2] نامیده می‌شود.

گاز ـ 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[3] می‌نامند (شکل ۳ـ۸).

---

۱ ـ Absorption ۲ ـ Stripping ۳ ـ drying



شکل ۳ـ۸ـ برج آبگیری[1]

هم‌چنین نفوذ نفتالین در هوا نیز نوعی انتقال از فاز جامد به گاز می‌باشد. این عملیات در صنعت تصعید[2] نامیده می‌شود (شکل ۴ـ۸).

شکل ۴ـ۸ـ تصعید نفتالین

مایع ـ مایع:

اگر محلول استن ـ 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 مایع‌ـمایع[3] می‌نامند.

فعالیت ۱:

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

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

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

۴ـ حجم‌های تانویه را یادداشت کنید.

۵ـ میزان نفوذ استن را در تتراکلرید به‌دست آورید.

---

۱ ـ Dehydration Column ۲ ـ Sublimation ۳ ـ 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 می‌باشند. در این قبیل موارد تفوذ از جامد به مایع صورت می‌پذیرد.

اگر ناخالصی رنگی موجود در محلول‌های شربت قند نیشکر را 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.

۲ ــ۳ ــ۸ ــ جداسازی فازها با استفاده از غشاء:

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

گاز ــ گاز:

اگر یک مخلوط گاز که دارای سازنده‌های مختلفی با جرم مولکولی متفاوت است با غشاء تماس داشته باشند، سازنده‌های مخلوط با سرعت‌های گوناگونی که بستگی به جرم مولکولی آن‌ها دارد از درون غشاء عبور خواهند کرد. هلیوم را از گاز طبیعی با استفاده از غشاهای پلیمری فلور و کربن 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 غیر متخلخل که قدرت حل کردن 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 Carbon activ
۲ ــ Adsorption
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.

۲ـ۸ـ عملیات مستقیم و غیرمستقیم

در اعمال مستقیم، در اثر افزایش یا کاهش حرارت، دو فاز از یک فاز اولیه به‌دست می‌آیند. تقطیر جزیی و تبلور جزیی از این گونه هستند.

در اعمال غیرمستقیم، یک جسم خارجی به سیستم افزوده می‌شود از این دست می‌توان به فرآیندهای جذب گاز، دفع گاز، خشک‌کردن و استخراج از جامدات و مایعات اشاره کرد.

۱ـ۲ـ۸ ـ مقایسه‌ی عملیات مستقیم و غیرمستقیم

در این نوع عملیات محصولات به صورت خالص به‌دست می‌آیند. در عملیات غیرمستقیم محصول به‌دست آمده، خالص نمی‌باشد بلکه برای بازیابی مجدد جسم افزوده شده به سیستم نیز باید هزینه‌ی مجددی صرف شود.

افزایش یک ماده‌ی خارجی به سیستم همچنین ممکن است سایش مربوط به خوردگی دستگاه‌ها را هم تشدید نماید. اگر ماده‌ی جدا شده به صورت خالص موردنیاز نباشد بسیاری از معایب عملیات غیرمستقیم از بین می‌رود، مثلاً در خشک کردن عادی، مخلوط هوا ـ بخار آب وارد محیط می‌شود (شکل ۳ـ۸)، زیرا لازم نیست آب با هوا بازیابی شود. در تولید اسید کلریدریک گاز کلریدهیدروژن (HCl) با آب شستشو داده شده و محلول آب‌ـ اسید بدون جداسازی مستقیم به فروش می‌رسد.

۳ـ۸ ـ 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 گم 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.

۵ـ۸ ـ اصول طراحی

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

۱ـ تعداد مراحل ایده‌آل (تعداد مراحلی که فازها با یکدیگر تماس دارند)،

---

۱ ـ Reverse Osmosis

۲ـ زمان لازم برای تماس فازها

۳ـ شدت جریان‌های مجاز فازها

۴ـ انرژی‌های مورد نیاز برای عملیات انتقال جرم.

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

۶ ـ ۸ ـ برج تفکیک‌کننده‌ی نفت و گاز[1]

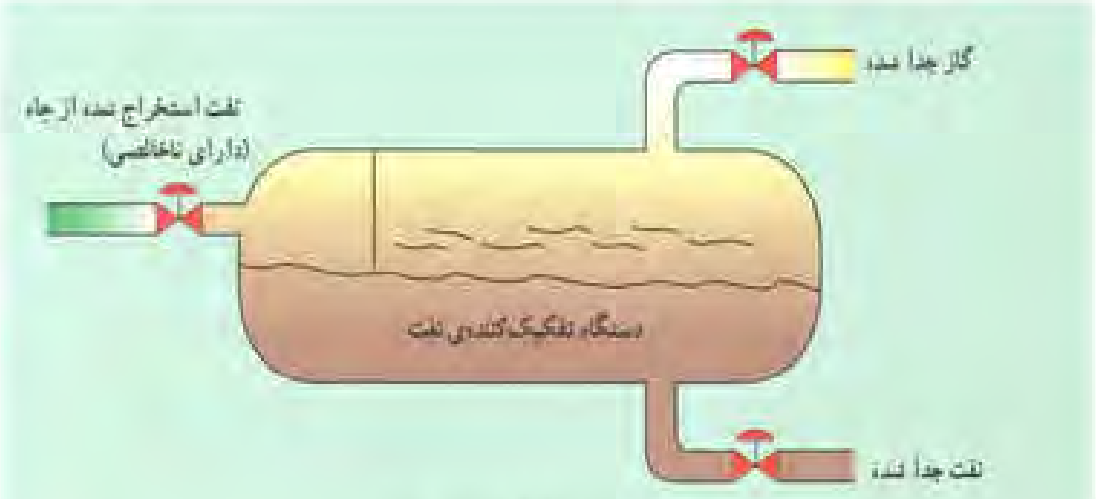
نفت استخراج شده از مخازن زیرزمینی حاوی گاز، آب شور، شن و سنگریزه و ناخالصی‌های دیگری می‌باشد که وجود چنین ناخالصی‌هایی باعث شده است تا از دستگاه‌هایی استفاده شود و در این ادوات نفت از ناخالصی‌های مذکور جدا شود. از آن جایی که نفت دارای مقادیر زیادی گاز حل شده می‌باشد و این گازها در حین انتقال نفت توسط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

تفکیک کننده‌ها به‌طور کلی به دو صورت وجود دارند:

۱ـ۶ ـ ۸ ـ تفکیک‌کننده‌های دو فازی[2]

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

اصولاً تفکیک کننده‌ها به صورت افقی در مسیر جریان نفت قرار می گیرند و به دلیل شرایط خاص دمایی و فشاری باعث جدایی دو فاز از یکدیگر می‌شود. این عملیات را تبخیر ناگهانی[3] می‌نامند.



شکل ۵ ـ ۸ ـ تفکیک‌کننده‌ی دو فازی

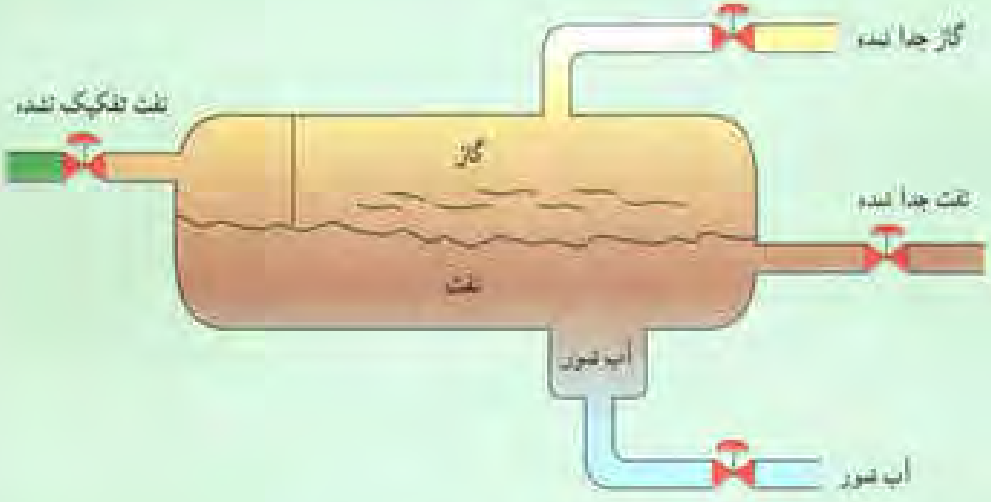
۱ـ Oil and Gas separator

۲ـ Two phase separator

۳ـ Flash vaporization

۲ـ۶ ـ ۸ ـ تفکیک‌کننده‌های سه فازی[1]

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 ـ ۸).



شکل ۶ ـ ۸ ـ تفکیک‌کننده‌ی سه فازی

۳ـ۶ ـ ۸ ـ 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:

۱ـ سینی منحرف‌کننده[2]

۲ـ ورقه‌های محو کننده‌ی کف[3]

۳ـ ورقه‌های جداکننده‌ی گاز از نفت[4]

۴ـ ورقه‌های نم‌گیر[5]

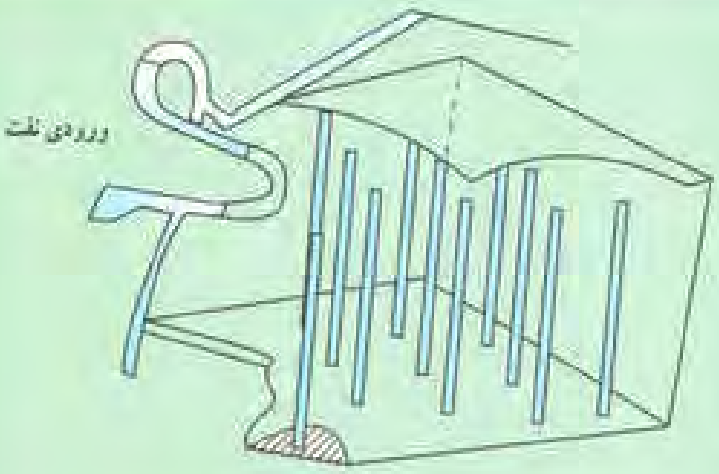
۵ـ گرداب شکن[6]

۱ـ Three phase separator
۲ـ Dish Defelector
۳ـ Defoaming Baffles
۴ـ Dividing plates
۵ـ Mist Eleminator
۶ـ Vortex Breaker

۴ـ۶ ـ ۸ ـ 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. نمایی از سینی منحرف‌کننده موجود در دستگاه تفکیک در شکل ۷ـ ۸ نمایش داده شده است.

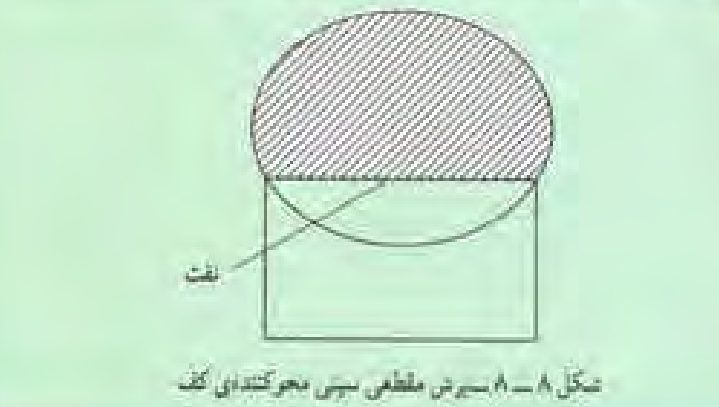


شکل ۷ـ ۸ ـ نمایی از سینی منحرف‌کننده

نفت موقعی که وارد دستگاه تفکیک می‌گردد با سینی منحرف‌کننده برخورد می‌کند. روی این سینی چند میله وجود دارد. نفت پس از برخورد با میله‌های نشان داده شده در شکل ۷ ـ ۸ 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 ۸ ـ ۸ مشاهده می‌کنید.



شکل ۸ ـ ۸ ـ برش مقطعی سینی محوکننده‌ی کف

وظایف ورقه‌ی محو کننده‌ی کف عبارت است از :

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

۲ـ از تلاطم نفت درون دستگاه جلوگیری می‌کند.

۳ـ 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 با مانع عبور گاز از لوله‌ی نفت در محل لوله‌ی خروجی نفت قرار دارد. معمولاً جایی که مایع باشد در قسمتی که عمق آن از جاهای دیگر بیش‌تر است، گرداب ایجاد می‌شود و همین گردابی که تولید شده باعث می‌شود مقدار گازی که از نفت جدا شده از سوراخ بین گرداب همراه نفت خارج شده و به مراحل بعدی تفکیک برود. در نتیجه عمل تفکیک در دستگاه‌های بعدی را با مشکل مواجه سازد. شکل ۹ـ۸ نمایی از گرداب‌شکن را نمایش می‌دهد.

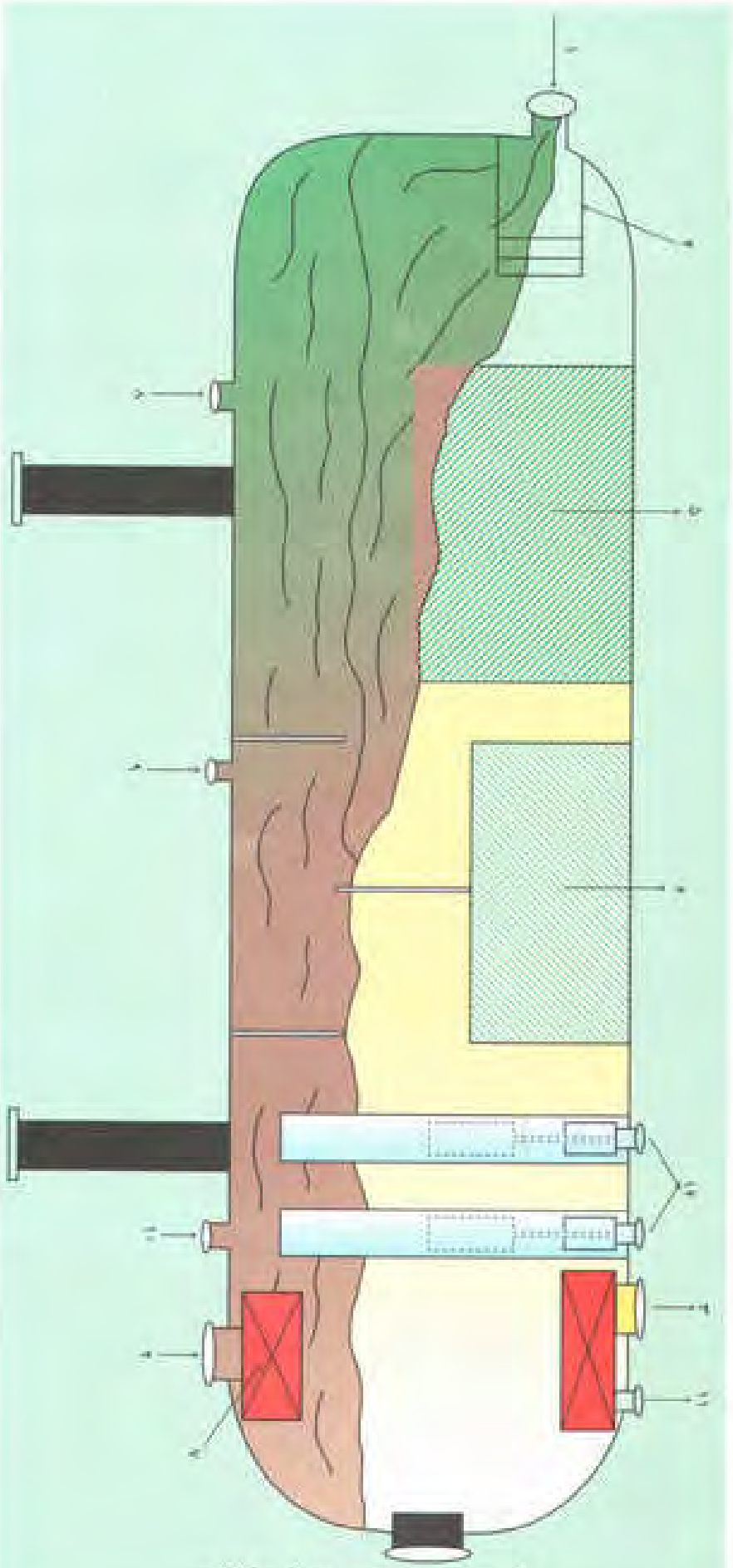
شکل ۹ـ۸ ـ گرداب‌شکن مستقر در محل لوله‌ی خروجی نفت

نم‌گیر:

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

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 می‌باشند. این قطره‌ها نباید همراه گاز از بالای دستگاه خارج شود به همین دلیل از نم‌گیر استفاده می‌شود.

شکل ۹ـ۸ نمایی کلی از یک دستگاه تفکیک‌کننده‌ی گاز و نفت را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ـ ۸ ـ نمایی از اجزاء یک تفکیک‌کننده

جدول قطعات تفکیک‌کننده‌ی مربوط به شکل ۱۰ــ ۸

شماره	توضیح
۱	نازل نفت ورودی[1]
۲	نازل نفت خروجی[2]
۳	نازل گاز خروجی[3]
۴	سینی منحرف‌کننده[4]
۵	سینی محو کننده‌ی کف[5]
۶	موانع حذف رطوبت[6]
۷	مانع جریان گردابی (گرداب شکن[7])
۸	نازل تخلیه‌ی مایع (ته کش[8])
۹	نازل تخلیه‌ی مایع (ته کش)
۱۰	نازل تخلیه‌ی مایع (ته کش)
۱۱	تخلیه‌ی گاز[9]
۱۲	کنترل‌کننده‌ی سطح نفت[10]

۱ــ Oil Inlet Nozzle
۲ــ Oil Outlet Nozzle
۳ــ Gas Outlet Nozzle
۴ــ Dish Deflector
۵ــ Defoaming Baffles
۶ــ Mist Eleminator Baffles
۷ــ Vortex Breaker
۸ــ 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 ۱۱ــ ۸)

علائمی که مشخص‌کننده‌ی این حالت هستند، عبارتند از :

۱ــ پایین آمدن سطح نفت در دستگاه تفکیک

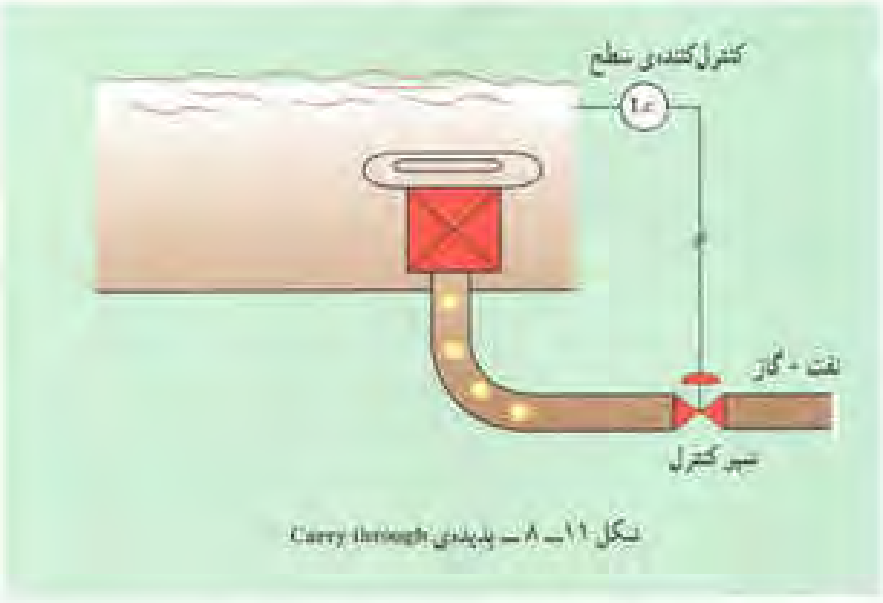
۲ــ کم شدن حرارت لوله‌ی خروجی نفت دستگاه تفکیک

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 ۱۱ــ ۸ــ پدیده‌ی Carry through

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

(شکل ۱۲ــ ۸)

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

۱ــ زیاد شدن بیش از حد سطح نفت در دستگاه

۲ــ دود کردن مشعل[3] اصلی کارخانه

۳ــ زیاد شدن درجه‌ی حرارت لوله‌ی خروجی گاز

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

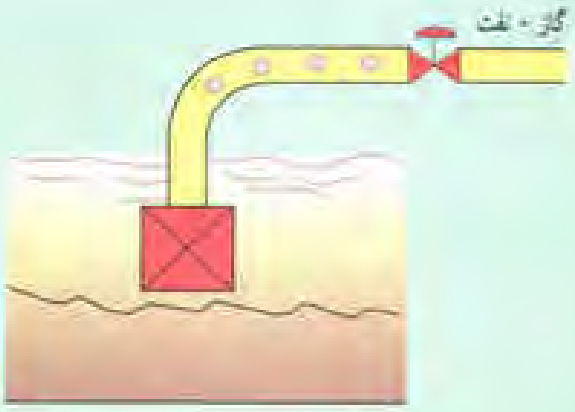
۴ـ کم شدن فشار دستگاه تفکیک

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

برطرف کردن این مشکل :

۱ـ 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.

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



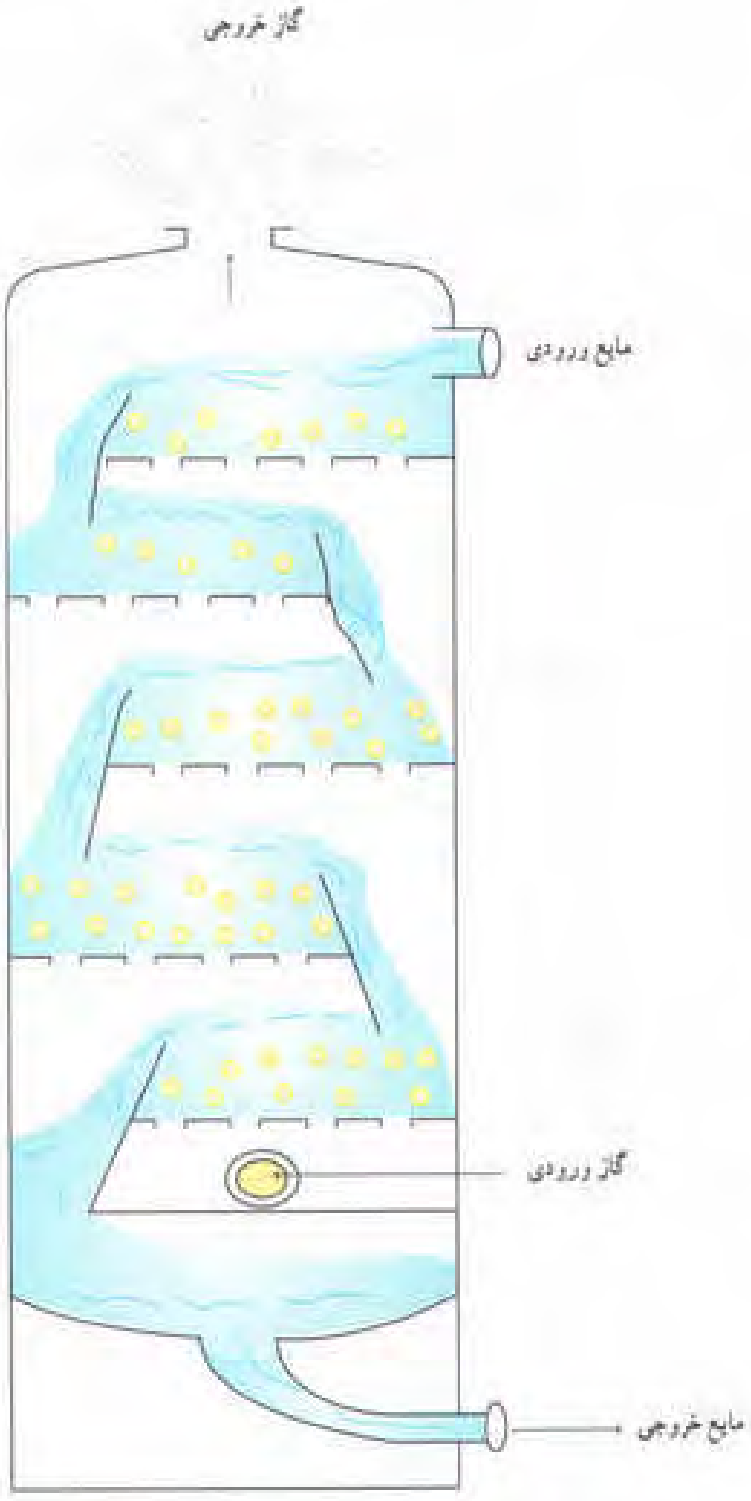
شکل ۱۲ـ ۸ ـ پدیده‌ی Carry over

۷ـ ۸ 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 ۱۳ـ ۸ یک نوع از آنها دیده می‌شود. مایع از بالای برج وارد شده و تحت اثر نیروی ثقل 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.

۱ـ Tray towers

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

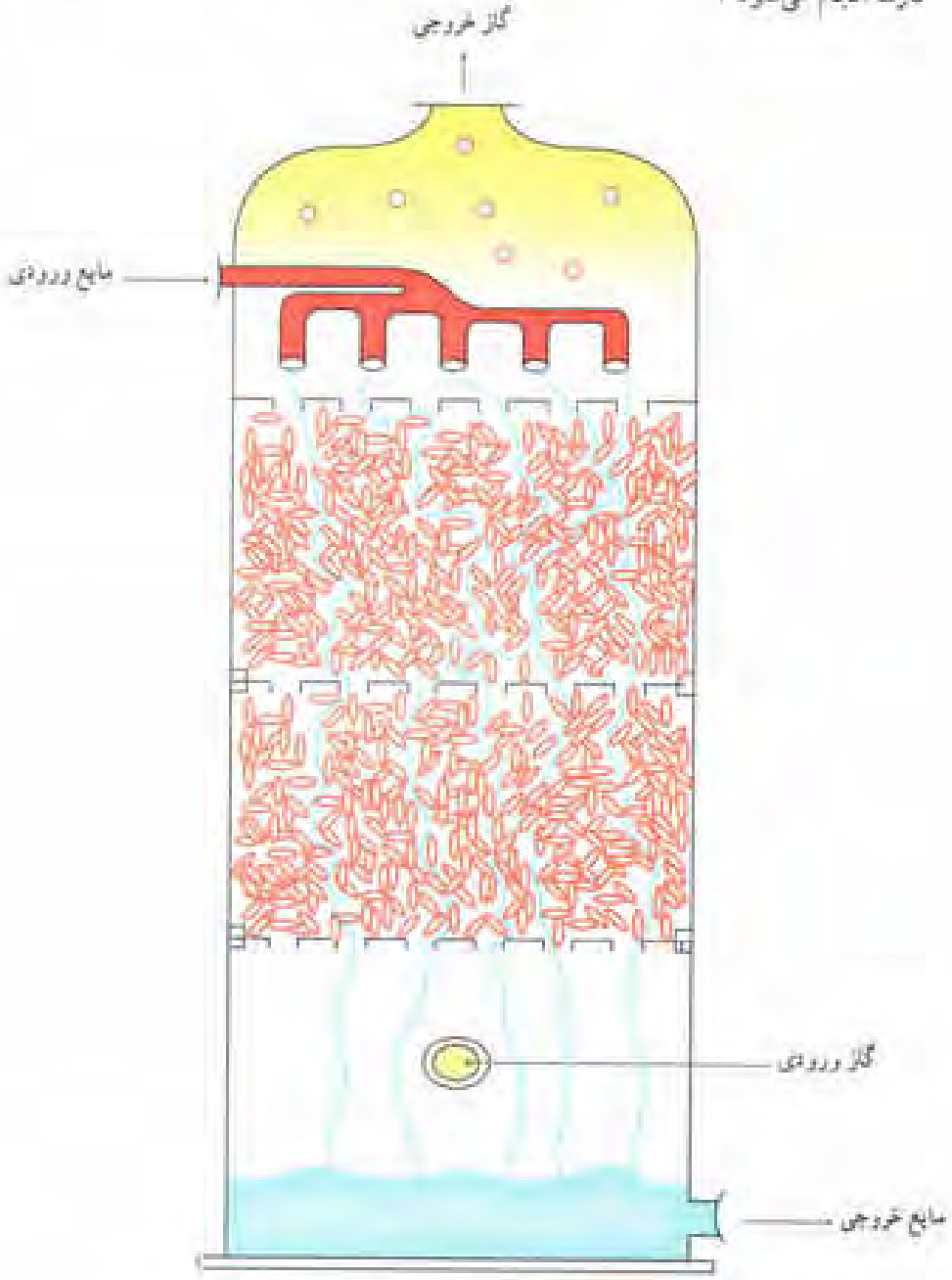


شکل ۱۲ــ ۸ ــ الف ــ نمایی از یک برج با سینی متیک

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

۸ــ۸ــ برج‌های پر شده[1]

همان‌طور که در شکل ۱۲ــ۸ 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[2] 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[3].



شکل ۱۲ــ۸ــ برج پر شده

۱ــ Packed Tower
۲ــ Packing
۳ــ به کتاب عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی مراجعه شود.

پرکن‌ها باید دارای خواص زیر باشند :

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

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

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

د ـ ارزان قیمت باشند.

۹ـ ۸ ـ اشکالات حین عملیات

۱ـ 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[1] نام دارد. برای نقض این مشکل باید سرعت فاز گاز را کم کرد.

۲ـ در صورتی که شدت گاز کم باشد، مایع از سوراخ‌های سینی به سمت سینی پایینی انتقال پیدا می‌کند. این پدیده را ریزش می‌نامند[2]. 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.

۱۰ـ ۸ ـ 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.

۱ـ Liquid Entrainment ۲ـ Weeping

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.

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

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

۷ــ از گرداب شکن به چه منظوری استفاده می‌شود؟

۸ــ علائم 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 چگونه برطرف می‌شود؟

منابع و مراجع

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

۲ـ دیوید هیمل بلاو، اصول شیمیایی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی، مک گراهیل

۳ـ کاگ ناور و کاهل، کنترل فرآیندها، مک گراهیل

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

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

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

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

۸ـ Miller, Flow Measourement Engineering Hand book, 1997.

۹ـ KarraSik, Pump Hand book, 1998.

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

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

۱۲ـ G. Walker, Industrial Heat Exchanger a basic guid, University of Calgary.

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

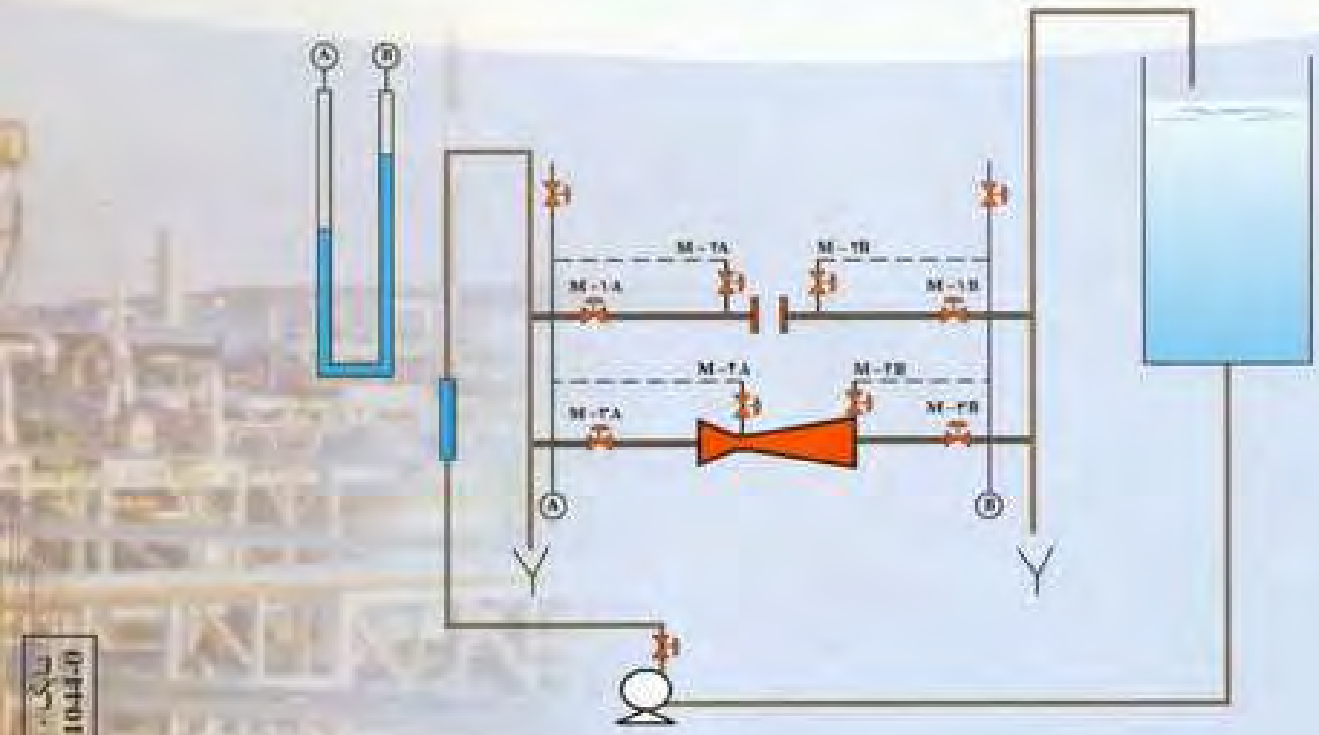
۱۴ـ Sulzer Company, Turbo Compressors, Standardized line of Compressor, 1990.

۱۵ـ EBARA Corporation, Casing Manual, 1993.

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

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

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



ISBN 964-05-0744-6
۱۳۸۳

قیمت در تمام کشور ۷۸۰۰ ریال