هفتهٔ دوازدهم

	برنامهٔ زمان‌بندی هفته دوازدهم	دقیقه
۱	آماده کردن کلاس (احوالپرسی، حضور و غیاب)	۵
۲	رفع اشکال	۱۰
۳	پرسش (حل خودآزمایی)	۱۵
۴	تدریس (مبحث حفره‌زایی)	۳۰
۵	تدریس فصل هفتم	۶۵
۶	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰

توصیه می‌شود آزمون به صورت پرسش و پاسخ (مباحثه) برگزار گردد. سؤالات را می‌توان از خودآزمایی[1] نیز برگزید.

سؤالات پیشنهادی[2]

۱ــ پمپ چگونه دستگاهی است؟

۲ــ دو کاربرد مهم پمپ را بنویسید.

۳ــ «هد پمپ» چیست؟

۴ــ «ظرفیت» پمپ چیست؟

۵ــ تقسیم‌بندی پمپ‌ها بر چه اساسی انجام شده است؟ نام ببرید و هر دسته را تعریف کنید و برای هر دسته مثالی بزنید.

۶ــ متداول‌ترین نوع پمپ‌ها را در صنعت نام ببرید، با ذکر دلیل.

۷ــ متداول‌ترین تقسیم‌بندی پمپ‌های گریز از مرکز، بر چه اساسی است؟

۸ــ پمپ گریز از مرکز با جریان شعاعی، محوری و مختلط را تعریف و مشخصات هر کدام را در مقایسه با دیگران، بیان کنید.

۹ــ مشخصات پمپ رفت و برگشتی را بنویسید.

۱۰ــ حداکثر گرانروی مایع، بسته به نوع پمپ، از حدود ..... بیشتر نخواهد بود.

۱۱ــ برای انتقال مایعات با گرانروی بالا از چه نوع پمپ استفاده می‌شود؟

۱۲ــ با رسم شکل، عملکرد پمپ رفت و برگشتی پیستونی را توضیح دهید.

۱ــ پاسخ سؤالات مذکور را می‌توان با مراجعه به کتاب، به دست آورد.

۲ــ پاسخ سؤالات مذکور را می‌توان با مراجعه به کتاب، به دست آورد.

حفره‌زایی (کاویتاسیون)[1]

یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین اشکالاتی که معمولاً در کار پمپ‌ها پیش می‌آید پدیدهٔ حفره‌زایی (یا کاویتاسیون) است. برای افزایش راندمان فرآیند یاددهی و یادگیری این پدیده، توصیه می‌شود جلسه به صورت پرسش و پاسخ از دانسته‌های قبلی[2] هنرجویان انجام شود. به این ترتیب که هر زمان لازم باشد سؤالات پای تابلو نوشته شود و از هنرجویان نظرخواهی به عمل آید و سپس پاسخ صحیح ارائه گردد :

ــ چه زمانی یک مایع تبخیر می‌شود؟

ــ چه عواملی بر تبخیر و میزان آن اثر دارند؟

با ذکر مثالی، هنرجویان به سمت پاسخ صحیح هدایت می‌شوند :

چند ظرف حاوی مقدار مساوی آب، که در مکان‌های متفاوت (مانند یخچال، میز آشپزخانه، اجاق روشن،...) قرار داده شده‌اند، بعد از مدتی مقدار آنها کاهش می‌یابد. چرا؟

ــ آیا برای تبخیر شدن، رسیدن به نقطهٔ جوش لازم است؟

ــ سرعت و میزان تبخیر کدام یک بیشتر است؟

پاسخ صحیح این است :

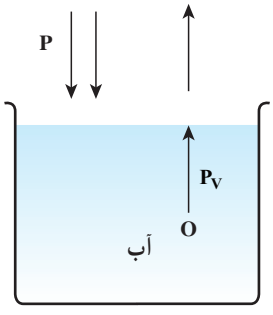
مایعات در هر دمایی تبخیر می‌شوند ولی بسته به دما و فشار محیطی که در آن قرار دارند، سرعت و میزان تبخیر آنها متفاوت است.

در مثال مذکور، اثر دما بر تبخیر مایعات مدنظر بوده است. برای بررسی اثر فشار بر تبخیر، سؤال زیر را می‌توان مطرح کرد :

ــ سرعت و میزان تبخیر مایعات، در پایین کوه یا بالای کوه، کدام بیشتر است؟ چرا؟

سرعت و میزان تبخیر مایعات، علاوه بر اینکه به ماهیت[3] آنها بستگی دارد، با دما نسبت مستقیم و با فشار محیط نسبت عکس دارد. به همین دلیل، در بالای کوه به دلیل کمتر بودن فشار هوا، سرعت و میزان تبخیر بیشتر است.

تبخیر، یعنی انتقال مولکول‌های ماده از فاز مایع به فاز گاز، هم چنان‌که در شکل ۶ــ۲۱ مشاهده می‌شود. برای تبخیر شدن آب باید فشار بخارآب از فشار محیط حاکم بر آن بیشتر باشد.



شکل ۶ــ۲۱ــ تبخیر

به عبارت دیگر :

در هر شرایطی[4] فشار از فشار بخار مایع کمتر شود ($P < P_V$)، تبخیر مایع اتفاق می‌افتد و در نتیجه حباب‌های بخار تشکیل می‌شود[5].

حال، هنرجویان به بحث اصلی کشانده می‌شوند :

در هر نقطهٔ پمپ نیز که رابطهٔ $P < P_V$ محقق شود، مایع در آن نقطه تبخیر می‌شود.

در این هنگام صداهای منقطعی[6] به گوش می‌رسد. مایع و بخار در پمپ به حرکت درمی‌آیند

۱ــ Cavitation

۲ــ هنرجویان در سال‌های قبل با مفاهیم دمای جوش، فشار بخار، تبخیر و موارد مربوطه آشنا شده‌اند

۳ــ منظور پیوندهای بین مولکولی است.

۴ــ از نظر دما، مکان و زمان

۵ــ جملهٔ مذکور، بیان یک قانون است. ضمناً در رابطهٔ $P < P_V$؛ P= فشار محیط وارد بر سطح مایع و P_V= فشار بخار مایع

۶ــ مانند صدای جوشیدن آب (غُل غُل)

و وارد پروانه می‌شوند. در این قسمت فشار بیشتر است در نتیجه حباب‌های بخار به دلیل مَیَعان[1]، می‌ترکند. با انهدام هر حباب، مایع اطراف آن برای پر کردن حفرهٔ ایجاد شده به داخل آن، هجوم می‌برد. نیروی حاصل از هجوم مایع، شدیداً فشار محلی ایجاد می‌کند، به طوری که اگر حباب‌ها در نزدیکی پروانه یا بدنه باشند، بر روی آنها خوردگی یا به عبارت دیگر، حفره به وجود می‌آورند. همزمان، پمپ نیز به لرزش و ارتعاش درمی‌آید. در اثر این اتفاق، فشار خروجی و دبی ورودی پمپ به شدت کاهش می‌یابد و نهایتاً پمپ از کار می‌افتد.

براساس مطالب ذکر شده، در کدام ناحیهٔ پمپ، امکان تبخیر مایع وجود دارد؟ و در کدام ناحیهٔ پمپ، حفره‌زایی رخ می‌دهد؟ عوارض حفره‌زایی چیست؟ چگونه از بروز حفره‌زایی جلوگیری می‌شود؟

بعد از نظرخواهی از هنرجویان، پاسخ صحیح به این صورت بیان می‌شود :

ــ امکان کاهش فشار، در قسمت ورودی پمپ است به دو دلیل عمده :

۱ــ چرخش پروانه

۲ــ خروج مایع از پمپ

اما نباید آن قدر پایین بیاید که کمتر از فشار بخار مایع بشود، زیرا در این صورت تبخیر، رخ می‌دهد که بیانگر احتمال حفره‌زایی است.

ــ حفره‌زایی در فضای داخلی پمپ، یعنی پروانه‌ها، رخ می‌دهد، زیرا در آن ناحیه افزایش فشار صورت می‌گیرد.

ــ عوارض حفره‌زایی، دو مورد عمده است که عبارت‌اند از :

۱ــ کاهش راندمان پمپ

۲ــ خوردگی پروانه و بدنه

ــ برای جلوگیری از حفره‌زایی، عوامل ایجاد افت فشار و تبخیر در دهانهٔ ورودی پمپ را کنترل می‌کنند، یعنی سه مورد زیر :

۱ــ چرخش پروانه با سرعت بالا

۲ــ دبی خروجی بالا

۳ــ دمای بالا

روش‌های زیر، از بروز پدیدهٔ حفره‌زایی (کاویتاسیون)، جلوگیری می‌کنند :

۱ــ کاهش دبی خروجی با نصب یک شیر در لولهٔ خروجی، این کار موجب افزایش فشار در ناحیهٔ ورودی پمپ می‌شود.

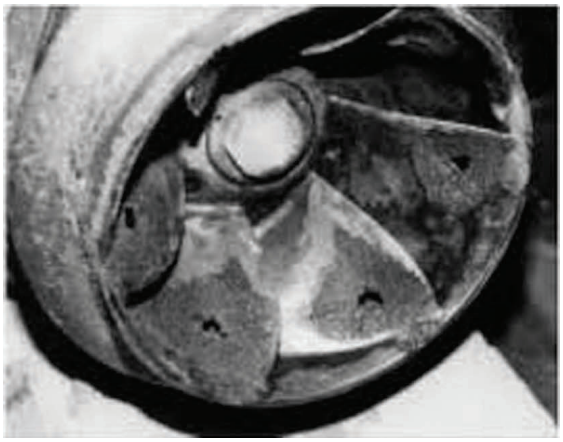
۲ــ کاهش قطر لولهٔ خروجی نسبت به لولهٔ ورودی، این کار باعث می‌شود که فشار در ورودی کمتر پایین آید.

۳ــ کنترل درجهٔ حرارت در پمپ، معمولاً در مناطق گرمسیر با نصب فن بر روی پمپ یا دو جداره ساختن پمپ و متصل کردن آن به یک خنک کننده، دما را کنترل می‌کنند تا از تبخیر مایع جلوگیری شود.

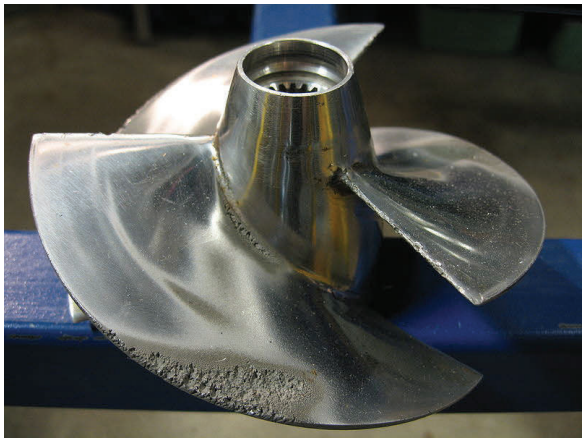
۴ــ با کنترل سرعت دَوَران پمپ، هر چه سرعت دوران پروانه‌ها بیشتر باشد کاهش فشار در ورودی بیشتر است.

در شکل‌های ۶ــ۲۲ و ۶ــ۲۳ اثر پدیدهٔ حفره‌زایی مشاهده می‌شود :

۱ــ مَیَعان در اثر افزایش فشار یا کاهش دما صورت می‌گیرد.



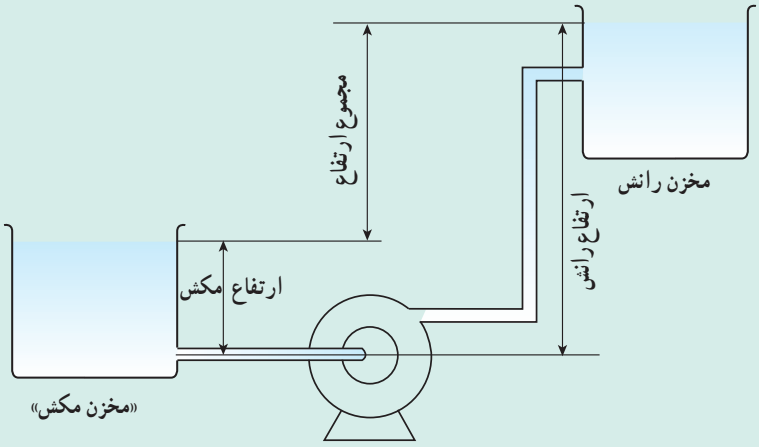
شکل ۶ــ۲۲ــ حفره‌های ایجاد شده



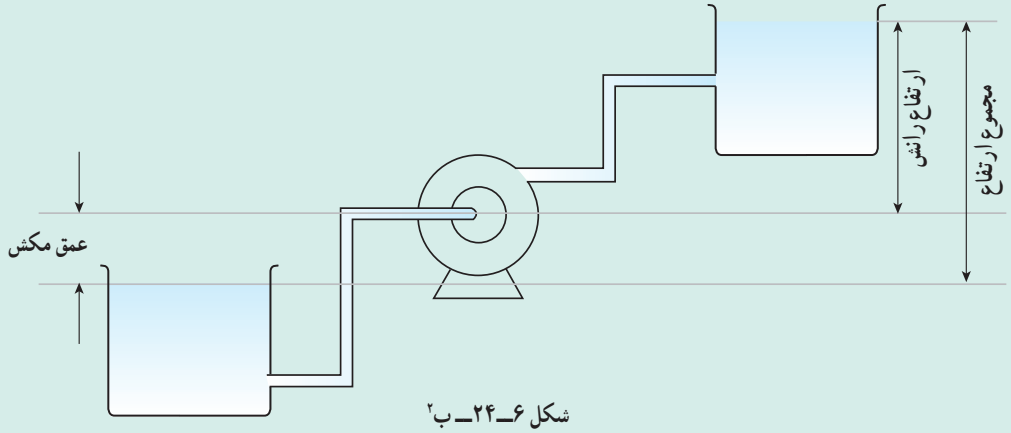
شکل ۶ــ۲۳ــ سایش ناشی از حفره‌زایی

دانستنی (۴)[۱]

چگونگی قرار دادن پمپ گریز از مرکز بین دو مخزن مکش و رانش: پمپ ممکن است به دو طریق نسبت به مخزن مکش نصب شود. شکل (۶ــ۲۴) این حالت‌ها را نشان می‌دهد:



شکل ۶ــ۲۴ــ الف



شکل ۶ــ۲۴ــ ب[۲]

۱ــ دانستنی (۴) برگرفته از: کتاب «پمپ و پمپاژ» تألیف دکتر احمد نوربخش

۲ــ واژه‌های مورد استفاده در شکل عبارت‌اند از:

ــ ارتفاع مکش (suction head) ــ عمق مکش (suction lift) ــ ارتفاع رانش(discharge head) ــ مجموع ارتفاع(total head)

همان طورکه در شکل مشاهده می‌شود محاسبهٔ «مجموع ارتفاع» بستگی به موقعیت نصب پمپ دارد.

با توجه به شکل ۶ــ ۲۴، ارتفاع یا عمق مکش در حقیقت فشار دهانهٔ ورودی پمپ را مشخص می‌کنند که جهت جلوگیری از پدیدهٔ حفره‌زایی، هر کدام نسبت به فشار بخار مایع حدی دارند. به بیان واضح‌تر، ارتفاع مکش دارای یک حداقل مجاز و عمق مکش دارای یک حداکثر مجاز است. در صورتی‌که هر کدام به ترتیب از حد مربوطه کمتر یا بیشتر شوند، بروز حفره‌زایی (کاویتاسیون) برای پمپ حتمی است.

(NPSH)[1] بیانگر حداقل فشار لازم در دهانهٔ ورودی پمپ جهت جلوگیری از بروز حفره‌زایی است که به صورت زیر محاسبه می‌گردد :

$$NpsH = \frac{P_{o\,min}}{\rho g} + \frac{V_{\circ}^{2}}{2g} - \frac{P_v}{\rho g}$$

در این رابطه؛

$P_{\circ min}$= حداقل فشار استاتیک در دهانهٔ ورودی پمپ

$V_{\circ}$= سرعت مایع در دهانهٔ ورودی پمپ

ρ= چگالی مایع در دمای عملیاتی

P_V= فشار بخار مایع در دمای عملیاتی

معمولاً مقدار NPSH، توسط شرکت سازنده بر روی پمپ نوشته می‌شود.

دانستنی (۵)

انواع پمپ‌ها :

از نمودار صفحهٔ ۳۵ کتاب درسی، به دو نمونه از انواع پمپ‌ها اشاره شده است. در این بخش، اطلاعات کامل‌تری در مورد دیگر پمپ‌ها داده می‌شود :

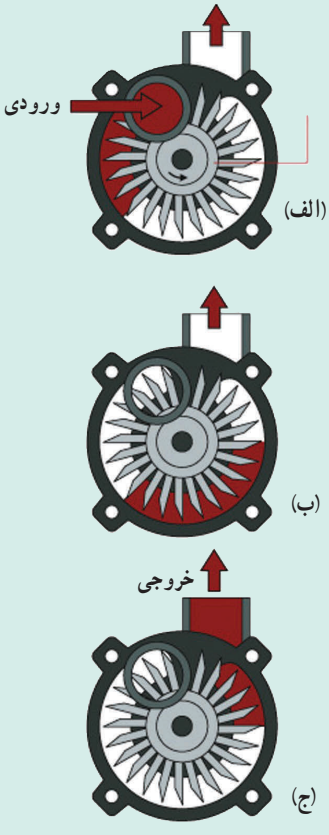
پمپ محیطی[2] :

چنان‌که در شکل ۶ــ۲۵ مشاهده می‌شود پره‌های این پمپ به صورت تیغه‌های شعاعی هستند که مایع بعد از خروج از انتهای یک تیغه به ریشهٔ تیغهٔ بعدی وارد می‌شود و این عمل تا آخرین تیغه ادامه می‌یابد و در هر یک، انرژی بیشتری کسب می‌کند.

افزایش سرعت و فشار در این پمپ بیش از پمپ گریز از مرکز است و اصولاً این پمپ برای ایجاد هدهای بسیار بالا طراحی شده است.

این پمپ از نظر ساختمان ظاهری، شبیه پمپ گریز از مرکز است.

در شکل ۶ــ۲۵ مراحل انتقال مایع از ورودی تا خروج از پمپ نمایش داده شده است.



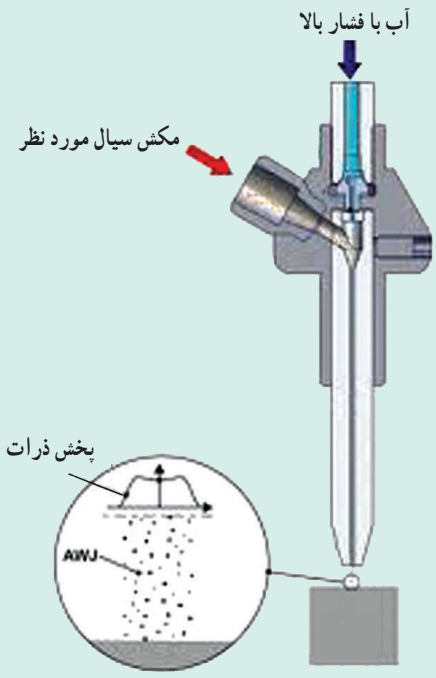
شکل ۶ــ۲۵ــ عملکرد پمپ محیطی

۱ــ Net Positive Suction Head

۲ــ Pripheral Pump

پمپ مکش‌زا[1] : در این پمپ از انرژی یک سیال، برای انتقال سیال دیگر استفاده می‌شود. این عمل براساس «اثر ونتوری[2]» صورت می‌گیرد، به این صورت‌که با عبور سیال اول از مسیری با مقطع کوچک‌تر، در آن ناحیه خلأ نسبی به وجود می‌آید و بر اثر آن سیال دوم به داخل مسیر کشیده می‌شود. خرطوم آبی، مثالی آشنا برای این نمونه پمپ است[3]. در شکل‌های ۶ــ۲۶ و ۶ــ۲۷ پمپ مکش‌زا مشاهده می‌شود.

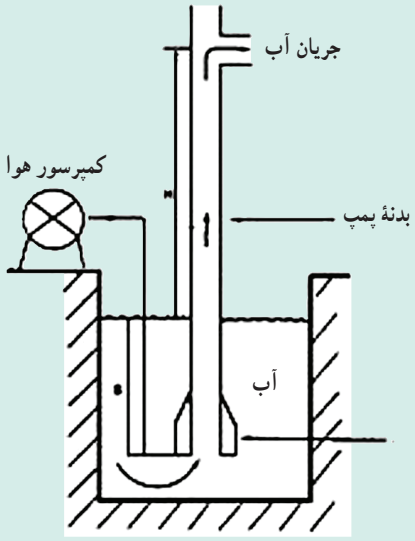
شکل ۶ــ۲۶ ــ پمپ مکش‌زا



شکل ۶ــ۲۷ــ نمایشی از پمپ مکش‌زا

پمپ کشش گازی[4] : در این پمپ، از یک گاز پرفشار بی‌اثر برای خارج کردن مایع از اعماق زمین استفاده می‌شود.

در شکل ۶ــ۲۸ از هوای فشرده جهت بیرون کشیدن آب و در شکل ۶ــ۲۹ از گاز طبیعی با فشار بالا برای استخراج نفت سنگین[5] استفاده کرده‌اند.



شکل ۶ــ۲۸ــ پمپ کشش گازی

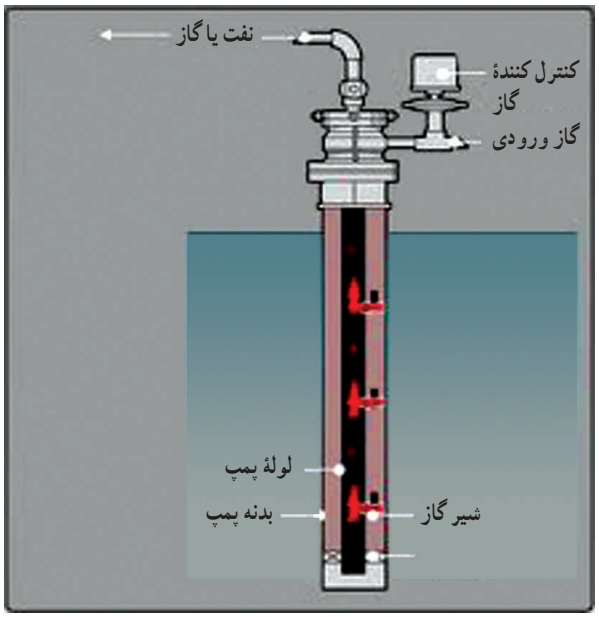
۱ــ جت پمپ یا اژکتور پمپ (Jet or Eductor Pump)

۲ــ ایجاد خلأ توسط سیالی که از نازل، اری‌فیس و ونتوری می‌گذرد. (Venturi effect)

۳ــ هنرجویان با خرطوم آبی برای ایجاد خلأ در عملیات تقطیر، کار کرده‌اند.

۴ــ Gas Lift Pump

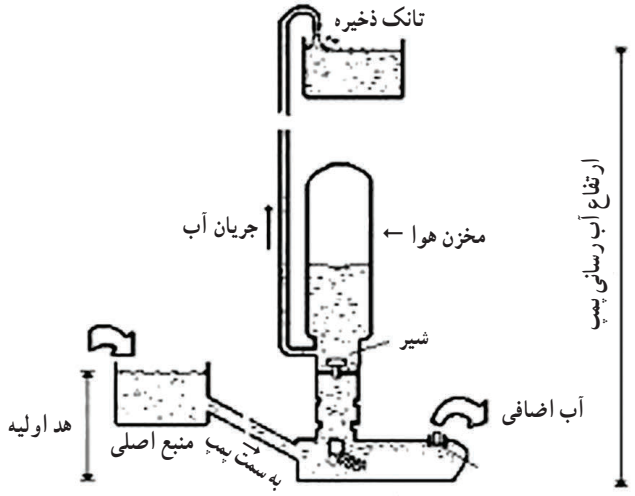
۵ــ تزریق گاز به داخل چاه‌های نفت سنگین، هم به کاهش گرانروی و هم ایجاد فشار جهت حرکت به سطح زمین منجر می‌شود.



شکل ۶ــ۲۹ــ پمپ کشش گازی

پمپ قوچ آبی[1] :

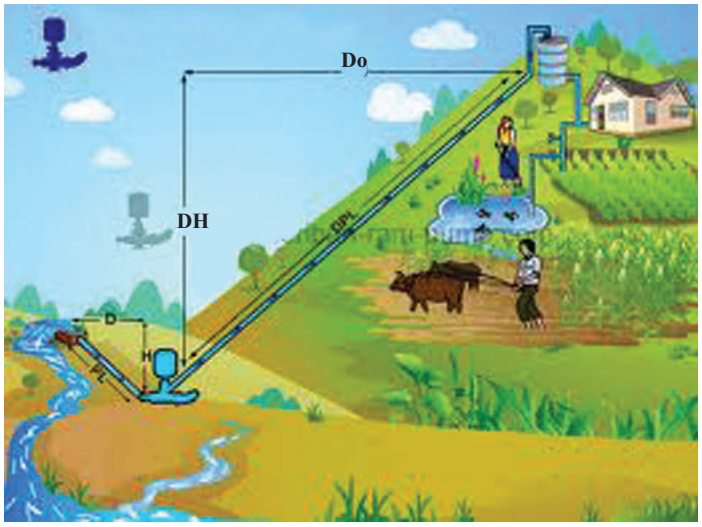
این پمپ، ساختمان و عملکرد بسیار ساده‌ای دارد و برای کار کردن، به هیچ نیروی خارجی مانند موتور الکتریکی نیاز ندارد و تنها با نیروی آب جاری، عمل انتقال آب را انجام می‌دهد. در شکل ۶ــ۳۰ اساس کار این پمپ مشاهده می‌شود که هدف در این پمپ، انتقال آب از منبع اصلی به تانک ذخیرهٔ موجود در ارتفاعات است. پمپ پایین‌تر از منبع اصلی قرار می‌گیرد. انرژی پتانسیل آب در پمپ، به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود و آب با سرعت بالا می‌رود تا جایی که به بالاترین حد، هوا را فشرده می‌کند. سپس در اثر انبساط هوا، شیر ورودی آب بسته می‌شود و آب با فشار زیاد به سمت ارتفاع مورد نظر جریان می‌یابد. در این هنگام فشار پمپ کاهش می‌یابد و خلأ نسبی ایجاد شده موجب می‌شود آب از منبع اصلی به سمت پمپ جریان یابد و... مقصد نهایی آب، می‌تواند فاصلهٔ زیادی از پمپ و منبع آب داشته باشد.



شکل ۶ــ۳۰ــ نمایشی از عملکرد پمپ قوچ آبی

به هدر رفتن مقدار زیادی از آب جاری به سمت پمپ از عیوب این پمپ است، که البته سعی می‌شود به مصارف دیگر برسد. در شکل‌های ۶ــ۳۰ و ۶ــ ۳۱ کاربرد این پمپ نشان داده شده است.

۱ــ Hydraulic-Ram Pump



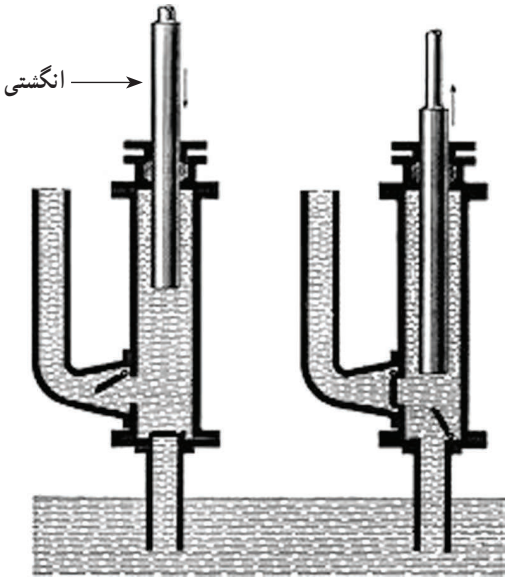
شکل ۶ــ۳۱ــ کاربرد پمپ قوچ آبی

پمپ الکترومغناطیسی[۱] : در این نوع پمپ، هیچ گونه جزء متحرکی وجود ندارد و مایع تحت تأثیر میدان مغناطیسی منتقل می‌شود.

این پمپ فقط مخصوص انتقال مایعاتی است که رسانای الکتریسیته باشند. یک نمونه از این پمپ؛ که کاربردش سنجش میزان مایع مصرفی در صنایع داروسازی است، در شکل ۶ــ۳۲ مشاهده می‌شود.

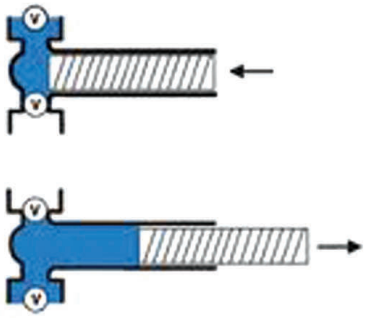
پمپ پلانجری[۲] : این پمپ از نظر ساختمانی و عملکرد بسیار شبیه به پمپ رفت و برگشتی پیستونی است، با این تفاوت که به جای پیستون، از یک انگشتی[۳] برای رفت و آمد در درون سیلندر استفاده می‌شود.

شکل ۶ــ۳۲ــ پمپ سنجش میزان مایعات[۴] از نوع الکترومغناطیس



شکل ۶ــ۳۳ــ پمپ رفت و برگشتی پلانجری

۱ــ Electromagnetic Pump
۲ــ Plunger Pump
۳ــ Plunger
۴ــ Metering Pump

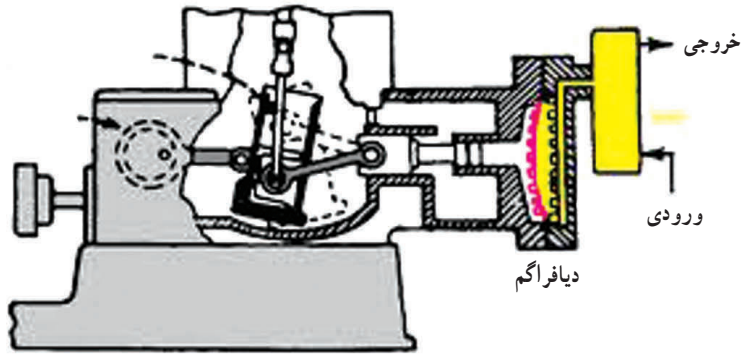


شکل ۶ــ۳۴

تفاوت پیستون و انگشتی: طول پیستون کمتر از طول سیلندر است، درحالی‌که طول انگشتی حداقل برابر طول سیلندر است. به شکل ۶ــ۳۳ توجه شود. یک نمونه از این پمپ، در شکل ۶ــ۳۴ مشاهده می‌شود و نمونهٔ دیگر پمپ باد دوچرخه[1] است که می‌توان آن را در شکل ۶ــ۱۷ دید.

پمپ رفت و برگشتی دیافراگمی : جزء متحرک این نوع پمپ، یک دیافراگم (پرده) قابل انعطاف است که به بدنهٔ پمپ محکم شده است[2]. مثل همهٔ پمپ‌های رفت و برگشتی، در ورودی و خروجی این پمپ شیرهای یک‌طرفه کار گذاشته شده است و کار آنها کاملاً مخالف یکدیگر است، به طوری‌که وقتی شیر ورودی باز است شیر خروجی بسته است. و بالعکس. از این پمپ‌ها نمی‌توان برای فشار بالا و ظرفیت جابه جایی بالا استفاده کرد.

(پمپ دیافراگمی در شکل ۶ــ۳۵ در حال تخلیه است) پمپ‌های دیافراگمی[3] برای انتقال مایعات خورنده و سیالاتی که حاوی ذرات جامد معلق‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۶ــ۳۵ــ پمپ دیافراگمی در موقعیت تخلیه

پمپ گردشی یا دَوَرانی[4] : با وجود این‌که این پمپ از دستهٔ «پمپ‌های جابه جایی» است ولی طراحی آن به‌گونه‌ای است که دارای جریان یکنواخت می‌باشد.

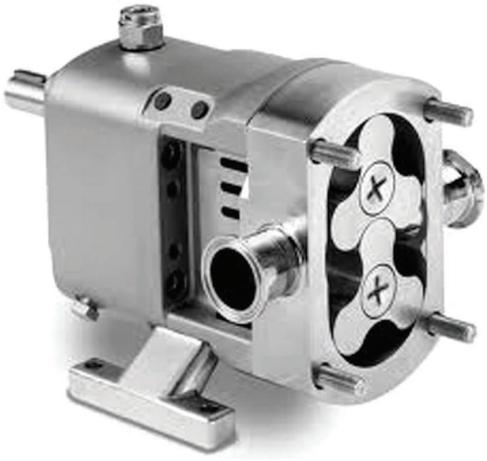
این پمپ‌ها، اغلب از دو قسمت پوسته و جزء متحرک که اصولاً به صورت چرخ دندانه‌ای یا تیغه‌ای هستند، تشکیل شده‌اند. در شکل ۶ــ۳۶ نمای ظاهری یک پمپ دَوَرانی چرخ دنده‌ای و در شکل ۶ــ۳۷ عملکرد این پمپ به نمایش درآمده است.

۱ــ bicycle Plunger

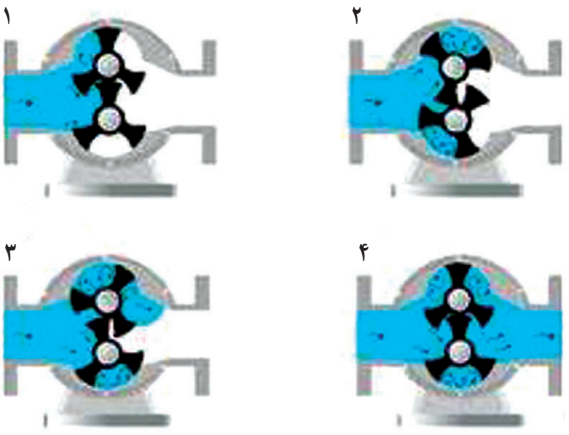
۲ــ چنان که در شکل نیز مشخص است حرکت دیافراگم توسط یک پیستون و سیلندر میسّر می‌شود.

۳ــ Diaphragm Pump

۴ــ Rotary Pump

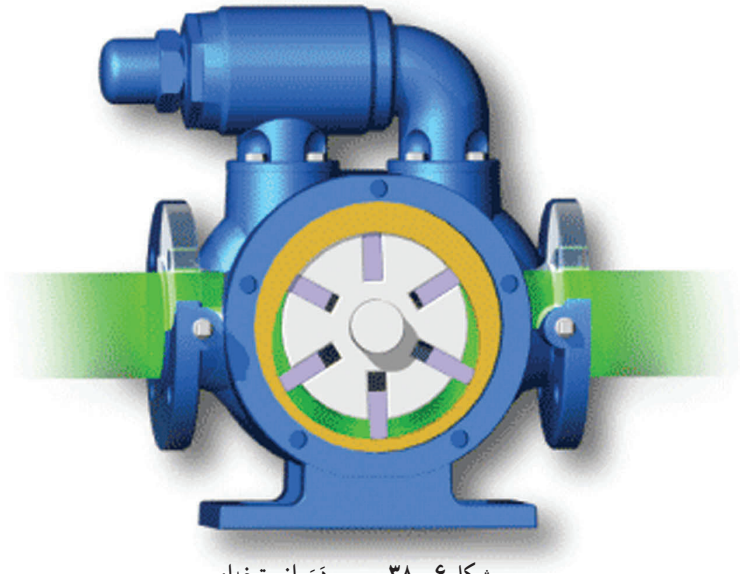


شکل ۶ــ۳۶ــ پمپ دَوَرانی چرخ دنده‌ای[1]



شکل ۶ ــ۳۷ــ عملکرد پمپ دَوَرانی چرخ دنده‌ای

در این پمپ، مایع به وسیلهٔ دندانه‌های چرخ که آزاد می‌شوند، از ورود تا خروج جریان می‌یابد. شکل ۶ــ ۳۸ یک پمپ دَوَرانی تیغه‌ای را نشان می‌دهد که در آن تیغه‌ها در میدان کارشان، دارای حرکت رفت و برگشتی هستند و تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز، مایع را از ورود تا خروج هدایت می‌کنند. به طورکلی پمپ‌های دَوَرانی برای ظرفیت‌های کم با فشار متوسط کاربرد دارند.



شکل ۶ــ۳۸ــ پمپ دَوَرانی تیغه‌ای

۱ــ Gear Pump

فصل هفتم

مبدل‌های حرارتی[1]، کوره‌ها[2]

چکیدهٔ فصل

در این فصل هنرجویان با اساس کار، ساختمان و کاربرد مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده و انواع کوره‌ها آشنا می‌شوند.

دانسته‌های قبلی

هنرجویان به صورت پراکنده با بعضی از این دستگاه‌ها مانند مبرد، کولر آبی، شوفاژ خانگی و رادیاتور اتومبیل آشنایی دارند، ولی به طورکلی در مورد مبحث انتقال حرارت و دستگاه‌های مربوط به آن، در هیچ دورهٔ تحصیلی مطلبی نیاموخته‌اند.

اهداف فصل : در پایان فصل، از هنرجویان انتظار می‌رود که اطلاعات لازم را در مورد عناوین زیر کسب کنند و بتوانند توضیحات کافی در خصوص هر کدام ارائه دهند :

- ـ مفهوم انتقال حرارت
- ـ ضرورت انتقال حرارت میان سیالات
- ـ مبدل‌های حرارتی
- ـ هدف از به کار بردن مبدل‌های حرارتی در صنعت
- ـ انواع مبدل‌های حرارتی بر مبنای ساختمان
- ـ انواع جریان سیالات نسبت به یکدیگر در مبدل‌های حرارتی
- ـ مقایسهٔ جریان همسو و ناهمسو از نظر میزان انتقال حرارت
- ـ انواع مبدل‌های حرارتی لوله‌ای
- ـ آشنایی با مبدل حرارتی دو لوله‌ای از نظر ساختمان، عملکرد و کاربرد
- ـ آشنایی با مبدل حرارتی پوسته ـ لوله از نظر ساختمان، عملکرد و کاربرد
- ـ نقش بافل‌ها در مبدل‌های حرارتی پوسته ـ لوله
- ـ عوامل مؤثر در میزان انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی

۱ـ Heat exchangers

۲ـ Furnaces

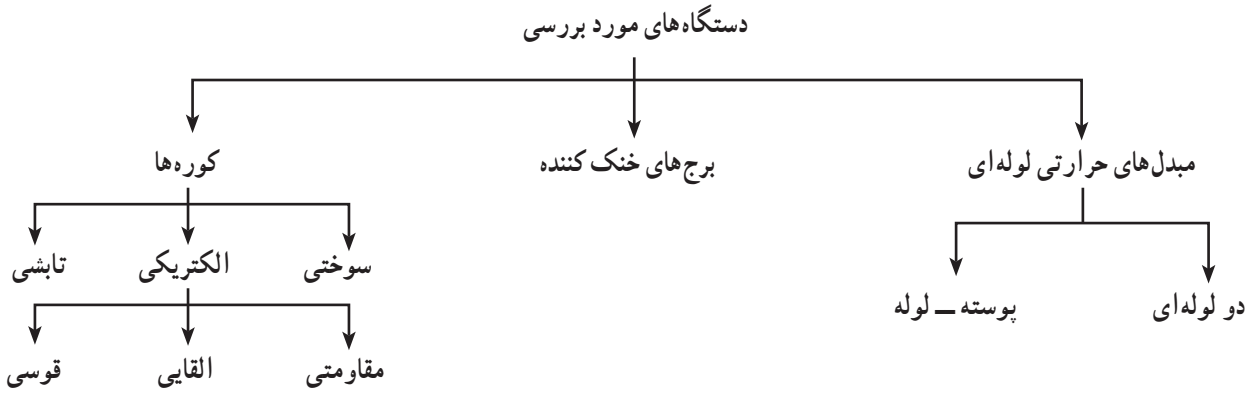
ـ آشنایی با برج‌های خنک کننده از نظر ساختمان، عملکرد و کاربرد
ـ مقایسهٔ برج‌های خنک کننده و کولرهای آبی خانگی
ـ کوره
ـ مواد سازندهٔ دیوارهٔ کوره
ـ انواع کوره‌ها از نظر نوع انرژی اولیهٔ مورد نیاز
ـ کورهٔ سوختی
ـ انواع کورهٔ سوختی
ـ کورهٔ الکتریکی
ـ انواع کورهٔ الکتریکی
ـ کورهٔ مقاومتی
ـ کورهٔ القایی
ـ کورهٔ قوسی
ـ کورهٔ تابشی

برنامهٔ زمان‌بندی تدریس فصل هفتم

هفته	موضوعات	صفحه
۱۲	مبدل‌های حرارتی، جریان همسو و ناهمسو در مبدل‌های حرارتی، عملکرد مبدل‌های حرارتی دولوله‌ای و پوسته لوله، برج‌های خنک کننده و کولرهای آبی	۳۹ ـ ۴۴
۱۳	کوره‌ها، دیوارهٔ کوره‌ها، انواع کوره‌ها (سوختی و الکتریکی و تابشی)	۴۴ ـ ۴۶

راهنمای تدریس

توصیه می‌شود قبل از هر توضیحی، مشخص کنید که در این فصل عملکرد کدام دستگاه‌ها بررسی خواهد شد. به این منظور می‌توان نمودار زیر را رسم کرد :



بهتر است[1] در مورد پدیدهٔ «انتقال حرارت[2]» به اختصار توضیح دهید. ذکر مثال‌هایی می‌تواند اهمیت و کاربرد آن را در صنعت و موارد روزمره روشن کند؛

انتقال حرارت، علمی است که مبادلهٔ گرمای بین موادی را که اختلاف دما دارند، مورد مطالعه قرار می‌دهد. حرارت همیشه از مادهٔ با دمای بیشتر به مادهٔ با دمای کمتر منتقل می‌شود و این عمل تا زمانی‌که دمای دو ماده یکسان شوند، ادامه می‌یابد.

انتقال حرارت امری طبیعی و اجتناب ناپذیر است و در صورت لزوم، می‌توان از طریق عایق‌بندی، از آن جلوگیری کرد، مانند عایق‌بندی مخزن آبگرم‌کن یا کانال‌های کولر روی پشت‌بام.

دانستنی (۱)[3]

روش‌های انتقال حرارت

گرما به سه طریق منتقل می‌شود : هدایت، جابه جایی و تابش

درک این مطلب که در هر وضعیت، گرما به چه روشی منتقل می‌شود بسیار مهم است.

۱ــ هدایت یا رسانش[4] : رسانش، انتقال گرما به صورت مولکول به مولکول در اجسام است. مولکول‌هایی که در فاصلهٔ نزدیک‌تری نسبت به منبع گرما قرار دارند، انرژی جنبشی بیشتری کسب می‌کنند و در نتیجه شروع به ارتعاش می‌نمایند. حرکت آنها مولکول‌های جانبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به این ترتیب، انرژی حرارتی در سرتاسر ماده منتقل می‌شود. رسانش در جامدات[5] بیشتر انجام می‌شود زیرا ساختار مولکولی در آنها فشرده‌تر است. فلزات رساناهای خوبی برای گرما هستند، زیرا عامل دیگری چون وجود الکترون‌های آزاد در آنها، حرارت را بیشتر و سریع‌تر انتقال می دهند.

میزان انتقال حرارت به این روش، به عوامل زیر بستگی دارد :

اختلاف دما، ضخامت یا طول جسم، سطح مقطع جسم، جنس و میزان رسانایی گرمایی آن

۲ــ جابه جایی یا همرفت[6] : در این روش، انتقال گرما با حرکت ماده انجام می‌شود[7]. مؤثرترین روش انتقال حرارت در مایعات و گازها جریان همرفتی است.

جریان همرفتی به علت تفاوت چگالی دو بخش از سیالی که دماهای مختلف دارند به وجود می‌آید. این جریان ابتدا به سمت بالا، سپس به سوی طرفین و در انتها به سمت پایین صورت می‌گیرد.

گرم شدن هوای یک اتاق توسط بخاری و خنک شدن یک صفحهٔ فلزی در مجاورت هوا نمونه‌هایی از انتقال حرارت به روش همرفتی است.

میزان انتقال حرارت به این روش، به عوامل زیر بستگی دارد :

اختلاف دما، سطح انتقال حرارت، خواص فیزیکی سیالات و سرعت حرکت آنها

۱ــ جهت کسب اطلاعات بیشتر به دانستنی (۱) مراجعه شود.

۲ــ Heat transfer

۳ــ دانستنی (۱) از کتاب؛ مبانی فیزیک، ترجمهٔ مهدی حاتمی و محمد حسین فدایی، نشر سمپاد، ۱۳۸۷.

۴ــ Conduction

۵ــ گازها و مایعات رساناهای ضعیفی هستند و به همین دلیل انتقال حرارت توسط آنها به روش هدایت، کمتر اتفاق می‌افتد.

۶ــ Convection

۷ــ بر خلاف روش هدایت، که در آن انتقال حرارت بدون حرکت ماده انجام می‌شود.

۳ــ تابش یا تشعشع[۱] : به طورکلی هر جسمی که دمایش بیشتر از صفر مطلق باشد، از خود تشعشع دارد. هرچه دما بیشتر باشد، طول موج این اشعه کمتر و انرژی آن بیشتر خواهد بود.

برخلاف دو روش قبل، انتقال حرارت با این روش در خلأ نیز صورت می‌گیرد، همان طوری‌که انرژی حرارتی خورشید به زمین منتقل می‌شود.

به طورکلی هر جسم، ضمن تابش، خود دریافت کنندهٔ تابش دیگران نیز هست؛ بر این اساس روش تابش، بیشتر در مورد جامدات و مایعات است، زیرا فاصلهٔ مولکول‌های گاز از یکدیگر زیاد است و نمی‌توانند بر یکدیگر اثر متقابل داشته باشند. در نتیجه قوانین تابش در گازها با جامدات و مایعات بسیار متفاوت است. میزان انتقال حرارت از طریق تابش به عوامل زیر بستگی دارد :

اختلاف دما، سطح جسم و مشخصات آن، مانند جنس، میزان زبری و صافی، رنگ و چگونگی قرارگرفتن اجسام در برابر منبع تابش.

۷ــ۱ــ مقدمه

بعد از ارائهٔ تعریف جامعی[۲] در معرفی مبدل‌های حرارتی، می‌توان مثال‌هایی نظیر دیگ‌بخار، مُبرّد[۳]، تبخیرکننده، رادیاتور اتومبیل و... را عنوان کرد و یکی از آنها مانند رادیاتور اتومبیل را شرح داد :

رادیاتور اتومبیل (شکل ۷ــ۱) نوعی مبدل حرارتی است که در صنعت مشابه آن را «کولر هوایی[۴]» می‌نامند. آب، درون لوله‌هایی، اطراف موتور می‌چرخد و گرما را جذب می‌کند و با دمای بالا، وارد رادیاتور می‌شود و در حین عبور از آن، با هوای بیرون تبادل حرارت می‌کند و با دمای پایین از رادیاتور خارج می‌شود و مسیر تکرار می‌گردد تا اصطلاحاً موتور داغ نکند. نصب یک پنکه بر روی رادیاتور، سرعت انتقال حرارت و در نتیجه خنک شدن آب را افزایش می‌دهد.

شکل ۷ــ۱ــ رادیاتور اتومبیل

طراحی مبدل‌های حرارتی در صنعت، از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا این دستگاه‌ها موجب صرفه‌جویی در سوخت کوره‌ها و بازیافت انرژی حرارتی از سیالات می‌شوند. برای مثال؛

گازهای حاصله از احتراق در کوره‌های سوختی، به جای پراکنده شدن در محیط و ایجاد آلودگی، می‌توانند از طریق مبدل‌های حرارتی جهت گرم کردن مواد اولیهٔ یک واکنش گرماگیر، مورد استفاده قرار گیرند[۵]. در این رابطه می‌توان به شکل ۹ــ۶ در صفحهٔ ۶۰ کتاب درسی، اشاره کرد.

۱ــ Radiation

۲ــ با استفاده از کتاب عملیات دستگاهی و کارگاه مربوطه، می‌توان تعریفی، مشابه زیر، بیان کرد :

«مبدل حرارتی، دستگاهی است که در آن حداقل دو سیال با دمای متفاوت در اثر تماس غیر مستقیم از طریق یک جسم جامد (دیوارهٔ لوله یا صفحه)، تبادل حرارت می‌کنند».

۳ــ مبرّد یا کندانسور؛ هنرجویان در آزمایشگاه شیمی آلی در بخش تقطیر با آن آشنا شده‌اند.

۴ــ Air cooler یا کولر هوایی در صنعت بسیار کاربرد دارد، در این وسیله، از جریان هوا به منظور سرد کردن سیال گرم استفاده می‌شود.

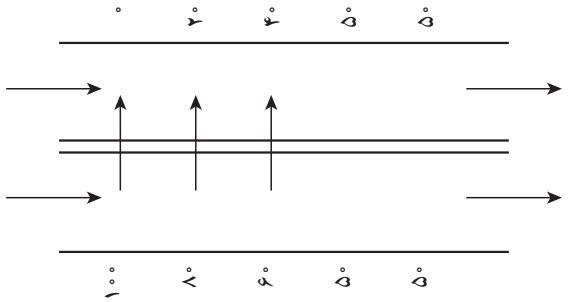
۵ــ نوع دیگر جریان سیالات نسبت به یکدیگر، «جریان عمود بر هم» است که بهترین مثال آن در رادیاتور اتومبیل است که هوا و آب به صورت عمود بر هم حرکت می‌کنند.

۷ــ۲ــ دسته‌بندی مبدل‌های حرارتی

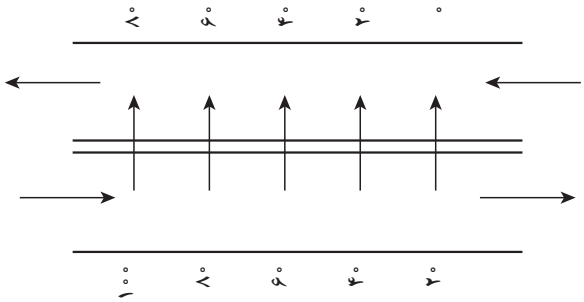
دسته‌بندی مبدل‌های حرارتی، به صورتی‌که در کتاب درسی آمده است، توضیح داده می‌شود.

۱ــ براساس ساختمان ۲ــ براساس نوع جریان

ــ توصیه می‌شود علت بیشتر بودن میزان انتقال حرارت «جریان ناهمسو» نسبت به «همسو» را در مبدل‌های حرارتی، به صورت زیر تبیین کنید :



شکل ۷ــ۲ــ جریان همسو



شکل ۷ــ۳ــ جریان ناهمسو

در حالت ناهمسو، چنان‌که در شکل ۷ــ۳ مشاهده می‌شود، اختلاف دمای دو سیال در طول مبدل، تقریباً یکنواخت است و حتی در خروجی نیز، تبادل حرارت وجود دارد. درحالی‌که در جریان همسو، فقط در قسمتی از مسیر، به دلیل اختلاف دما، انتقال حرارت وجود دارد، که در شکل ۷ــ۲ نشان داده شده است. و همین باعث می‌شود که میزان انتقال حرارت در جریان همسو از ناهمسو کمتر باشد[1].

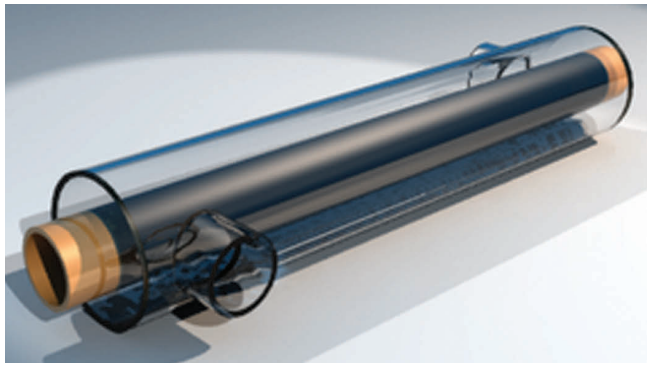
ضمناً در جریان همسو، به دلیل اختلاف دمای زیاد در ورودی، تنش‌های حرارتی بالایی وجود دارد. این نوع جریان در مواردی که یکی از سیالات به دما حساس باشد و نباید دمای آن از یک حدی بالاتر برود، کاربرد دارد.

۷ــ۳ــ مبدل‌های حرارتی لوله‌ای

مبدل‌های حرارتی دولوله‌ای و لوله ــ پوسته با استفاده از متن و تصاویر کتاب درسی، در حین رسم شکل روی تابلو، توضیح داده شوند.

ــ مبدل حرارتی لوله‌ای، برحسب شرایط مورد نیاز می‌تواند حداقل با دو لوله[2] (داخلی و خارجی) طراحی شود مانند شکل ۷ــ۴ شرایط به این صورت است :

۱ــ تغییرات دمایی (ΔT) مورد نظر، کم باشد به‌طوری‌که سطح انتقال حرارت مبدل حرارتی دو لوله‌ای کافی است.

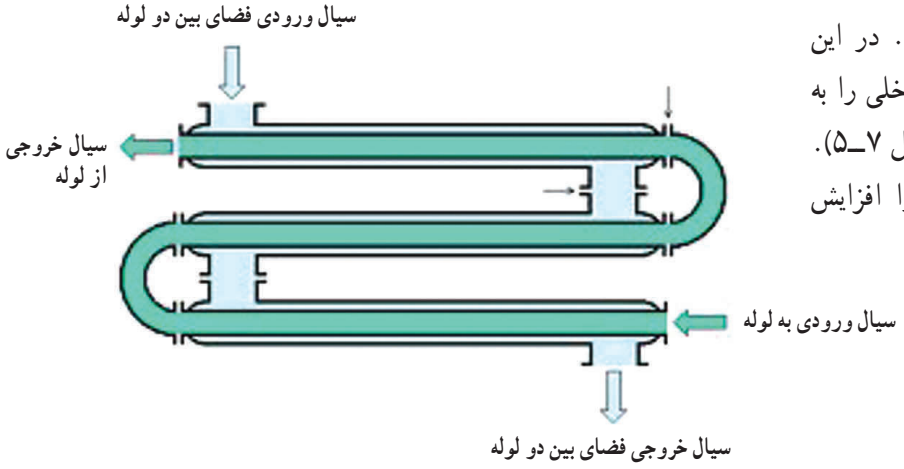


شکل ۷ــ۴ــ مبدل حرارتی دو لوله‌ای

۱ــ نحوهٔ نصب مبرد در عملیات تقطیر (آزمایشگاه شیمی آلی سال دوم) بر همین اساس است که در آن جریان آب سرد و بخار خروجی از بالن تقطیر در مبرد، به صورت ناهمسوست. ضمناً این مطلب نیز در کارگاه عملیات دستگاهی فصل هفتم، مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

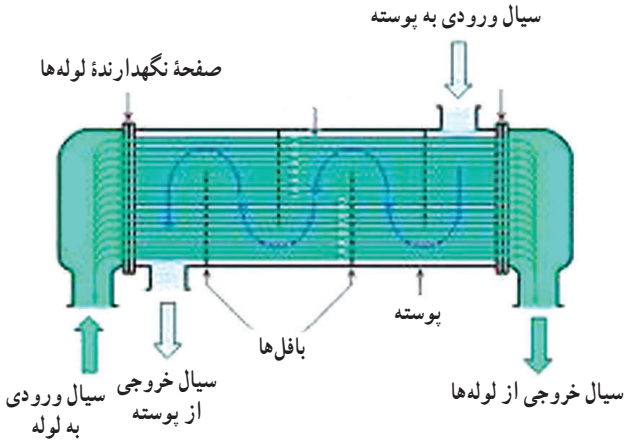
۲ــ به نام مبدل حرارتی دو لوله‌ای معروف است (Double pipe heat exchanger)

۲ــ دبی سیال داخل لوله، کم است. در این حالت، اگر به ΔT بیشتری نیاز باشد لولهٔ داخلی را به شکل مارپیچ یا U شکل می‌سازند (مانند شکل ۷ــ۵). در حقیقت سطح و زمان انتقال حرارت را افزایش می‌دهند.



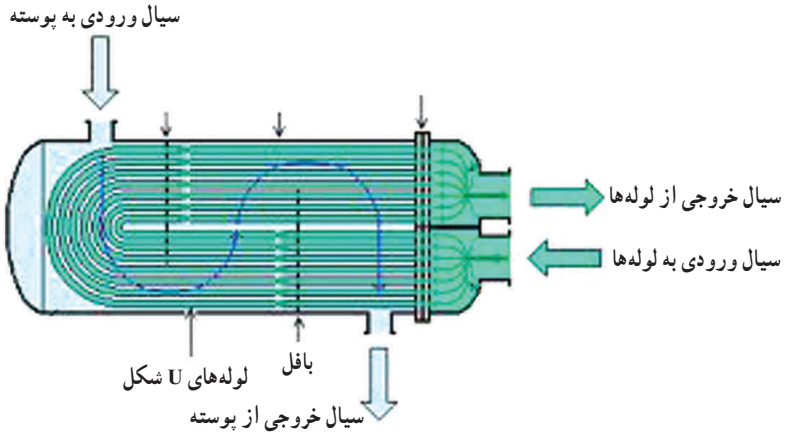
شکل ۷ــ۵ــ مبدل حرارتی دو لوله‌ای U شکل

در دبی‌های بالا، از مبدل حرارتی چند لوله‌ای یا لوله و پوسته[1] استفاده می‌شود. شکل ۷ــ۶ یک نمونه مبدل حرارتی لوله و پوسته را نشان می‌دهد، که در آن سیال درون لوله‌ها، تنها یک بار طول لوله‌ها را طی کرده و از مبدل خارج می‌شود. در بعضی منابع، به این حالت، «مبدل لوله و پوستهٔ تک مسیره[2]» هم می‌گویند.



شکل ۷ــ۶ــ مبدل حرارتی لولهٔ مستقیم «لوله و پوسته»

در صورتی‌که برای سیال درون لوله‌ها به تغییرات دمایی (ΔT) بیشتر نیاز باشد، باید زمان بیشتری را در مبدل طی کند و به این منظور لوله‌ها را به شکل U[3] می‌سازند. در حقیقت مبدل حرارتی را «دومسیره» می‌سازند (مانند شکل ۷ــ۷).



شکل ۷ــ۷ــ مبدل حرارتی U شکل «لوله و پوسته»

۱ــ Shell and Tube Heat Exchanger

۲ــ One – pass Heat Exchanger

۳ــ در شکل (۷ــ۶)، با افزایش طول لوله‌ها به صورت مستقیم، طول مبدل نیز افزایش می‌یابد که به علت اشغال فضای بیشتر، مطلوب نیست.

ــ به طورکلی در مبدل‌های حرارتی، جهت افزایش میزان انتقال حرارت و دست‌یابی به ΔT مورد نظر به روش‌های زیر عمل می‌شود :

۱ــ افزایش تعداد لوله‌ها (مبدل حرارتی لوله و پوسته)

۲ــ افزایش سطح و زمان تماس دو سیال (مبدل حرارتی U شکل) یا استفاده از لوله‌های پره‌دار[۱] (مانند شکل ۷ــ ۸)

در حقیقت، سطح جانبی لوله، به وسیلهٔ پره‌ها توسعه یافته است. متداول‌ترین نوع آن در شکل ۷ــ۸ مشاهده می‌شود. این لوله‌ها به وسیلهٔ صفحات دایره‌ای شکلی که عمود بر محور لوله هستند[۲]، احاطه شده‌اند.

شکل ۷ــ۸ــ لوله‌های پره‌دار

۳ــ ایجاد جریان ناهمسو برای سیالات درون لوله و پوسته

۴ــ نصب بافل‌ها جهت افزایش به هم خوردگی و ضریب جابه جایی سیال درون پوسته[۳]، همان طوری‌که در شکل‌های ۷ــ۶ و ۷ــ۷ حرکت مارپیچی سیال درون پوسته بر روی لوله‌ها مشاهده می‌شود.

در شکل ۷ــ ۹، شکل بافل‌ها و نحوهٔ نصب[۴] آنها درون مبدل حرارتی لوله و پوسته نشان داده شده است.

شکل ۷ــ۹ــ بافل‌ها

۱ــ با این لوله‌ها که مبدل حرارتی پره‌ای را می‌سازند (Finned Tube heat exchanger). با استفاده از این لوله‌ها، به تعداد کمتری لوله نیاز است، به همین دلیل از نظر اقتصادی نیز مناسب هستند. بهترین مثال‌ها برای این نوع مبدل حرارتی، رادیاتور اتومبیل و رادیاتور شوفاژهای خانگی هستند.

۲ــ پره‌ها می‌توانند به صورت مارپیچی و طولی نیز روی لوله نصب شوند. جهت مشاهدهٔ آنها می‌توان با واژه‌های Finned Tube heat exchanger در سایت گوگل، به جستجو پرداخت.

۳ــ وظیفهٔ دیگر بافل‌ها، تحمل وزن لوله‌ها و جلوگیری از خمیدگی آنها به هنگام انبساط و حرکت و لرزش آنها است.

۴ــ به شکل ۷ــ ۹ بافل‌ها دقت شود که از هر کدام فقط تعدادی از لوله‌ها عبور می‌کنند زیرا نیم‌دایره هستند و نحوهٔ نصب آنها باعث برخورد عمود سیال با لوله‌ها شده است، که انتقال حرارت را افزایش می‌دهد.

فعالیت

تحقیق در مورد انواع مبدل‌های حرارتی

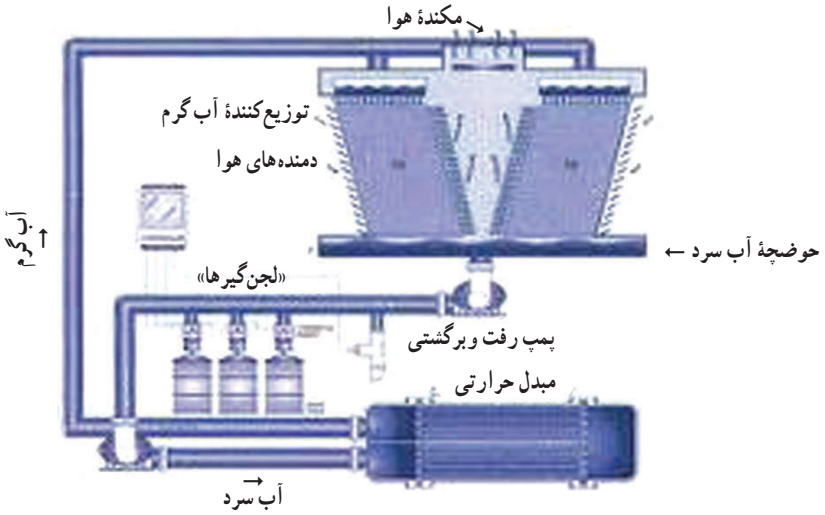
هنرجویان در گروه‌های سه تا چهار نفره تقسیم شوند و هر گروه تحقیق در مورد یک نوع مبدل حرارتی را به‌عهده گیرد. تحقیق شامل ساختمان، عملکرد و کاربرد مبدل حرارتی به همراه تصاویر مربوطه است. کلید واژه‌های تحقیق روی تابلو نوشته می‌شود[1]. از هنرجویان بخواهید تحقیق خود را در یک لوح فشرده ارائه دهند. می‌توان بهترین تحقیق را انتخاب کرد و از آن در تدریس استفاده نمود.

۷ــ۴ــ برج‌های خنک کننده[2]

جهت معرفی برج‌های خنک کننده، مطالبی به شرح زیر را می‌توان بیان نمود :

استفاده از آب، جهت حذف گرمای اضافی سیستم‌ها، متداول‌ترین روش خنک کردن است. در این حالت دمای آب افزایش می‌یابد. جهت تأمین آب سرد مجدّد، از برج‌های خنک کننده که در آنها خنک سازی آب توسط هوا صورت می‌گیرد، استفاده می‌کنند. در این راستا، هوا با جذب انرژی گرمایی آب و نیز تبخیر[3] بخشی از آن، دمای آب را کاهش می‌دهد.

برج‌های خنک کننده در نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، صنایع پتروشیمی و مجتمع‌های آپارتمانی بزرگ بسیار کاربرد دارند. در شکل ۷ــ ۱۰ نقش برج خنک کننده در صنعت، جهت تأمین آب سرد یک مبدل حرارتی نشان داده شده است :



شکل ۷ــ۱۰ــ برج خنک کننده

۱ــ کلید واژه‌ها عبارت‌اند از :

Shell and Tube Heat exchanger

Two pipes Heat exchanger

Finned Tube heat exchanger

Plate heat exchanger

Heat recovers

۲ــ Cooling Towers

۳ــ یکی از روش‌های خنک شدن، تبخیر است، زیرا تبخیر یک پدیدهٔ گرماگیر محسوب می‌شود.

در شکل ۷ــ۱۰، یک برج خنک کننده و یک مبدل حرارتی، با هم در یک مدار بسته کار می‌کنند. با رسم شکل ساده‌ای مشابه شکل ۷ــ۱۰، ساختمان و عملکرد برج خنک کننده را می‌توان به شرح زیر توضیح داد :

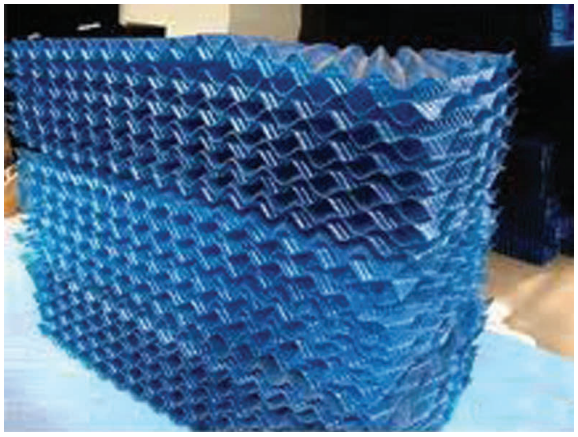
آب گرم خروجی از مبدل حرارتی، توسط توزیع کننده‌هایی از بالای برج، روی صفحات چوبی (یا پلیمری) پخش می‌شود و به سمت پایین حرکت می‌کند. هوای محیط به وسیلهٔ دمنده‌هایی[1] به داخل برج فرستاده می‌شود که در جهت مخالف با آب، به سمت بالا حرکت می‌کند. در اثر تبادل حرارت بین دو سیال آب و هوا، هوای گرم و مرطوب از بالا و آب سرد از پایین برج خارج می‌شود و در حوضچهٔ مخصوصی جمع‌آوری می‌گردد. آب سرد توسط یک پمپ، بعد از لجن‌گیری[2]، به مبدل حرارتی برمی‌گردد و این حلقه تکرار می‌شود.

در حین تدریس، مطرح کردن سؤال، تمرکز ایجاد می‌کند و ذهن هنرجو را فعال می‌سازد. در این قسمت، سؤال زیر را می‌توان عنوان کرد :

۱ــ چرا از صفحات چوبی استفاده می‌شود؟ و چرا امروزه به جای آنها، صفحات پلیمری را به کار می‌برند؟

پس از شنیدن نظرات هنرجویان، پاسخ صحیح بیان می‌شود :

صفحات چوبی به دلیل داشتن ضریب انتقال حرارت پایین، مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی عیب بزرگ آنها، پوسیدگی در مجاورت آب است. به همین جهت امروزه از صفحاتی با جنس پی‌وی سی یا پلی‌پروپیلن استفاده می‌کنند. نمونه‌ای از این صفحات پلیمری در شکل ۷ــ۱۱ مشاهده می‌شود :



شکل ۷ــ۱۱ــ صفحات پلیمری

۲ــ تفاوت‌های برج‌های خنک کننده و مبدل‌های حرارتی را بیان کنید.

بعد از مباحثه پیرامون این سؤال، نظرات را می‌توان به صورت زیر جمع‌بندی کرد :

الف) مبدل‌های حرارتی محدودیتی در استفاده از سیالات ندارند. درحالی‌که برج‌های خنک کننده فقط از دو سیال آب و هوا استفاده می‌کنند.

ب) این دو دستگاه از نظر فرآیند انتقال حرارت با هم تفاوت دارند، به این صورت که در برج‌های خنک کننده برخلاف مبدل‌های حرارتی، دو سیال در تماس مستقیم با یکدیگر، تبادل حرارت می کنند.

ج) روش انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی به دلیل حرکت و سرعت جابه‌جایی[3] است، درحالی‌که در برج‌های خنک‌کننده،

۱ــ جریان اجباری هوا می‌تواند به صورت فشاری توسط دمنده از پایین یا مکشی توسط مکنده از بالای برج، انجام شود. برای افزایش میزان انتقال حرارت ممکن است دمنده‌ها طوری نصب شوند که هوا از اطراف عمود بر جریان آب، بدمند.

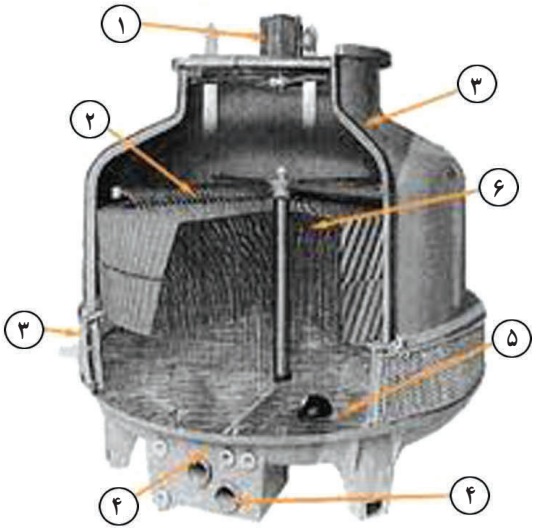
۲ــ در صفحهٔ (۴۴) کتاب درسی، شرایط آب مصرفی ذکر شده است. در صورت رعایت نکردن آنها، در کف حوضچه رسوبات لجنی جمع می‌شود، که باید قبل از ورود به مبدل آنها را برطرف کرد.

۳ــ البته در مبدل‌های حرارتی به سبب وجود سیالات متحرک و سطح انتقال حرارت جامد، هر سه روش انتقال حرارت وجود دارد ولی عمدتاً به روش «جابه‌جایی» انجام می‌شود.

علاوه بر این روش، تبخیر[1] نیز بسیار مؤثر است.

در شکل‌های ۷ــ۱۲ و ۷ــ۱۳ به ترتیب نمای بیرونی و اجزای داخلی برج خنک کننده نشان داده شده است :

شکل ۷ــ۱۲ــ برج خنک کننده



شکل ۷ــ۱۳ــ اجزای ساختمان برج خنک کننده

در شکل ۷ــ۱۳ اجزای برج خنک کننده به ترتیب معرفی می‌شوند :

۱ــ موتور مکنده

۲ــ توزیع کنندهٔ آب

۳ــ بدنهٔ برج

۴ــ خروجی آب خنک از حوضچه یا ورودی پمپ

۵ــ شناور جهت کنترل سطح آب حوضچه

۶ــ صفحات مشبک

دانستنی (۲)

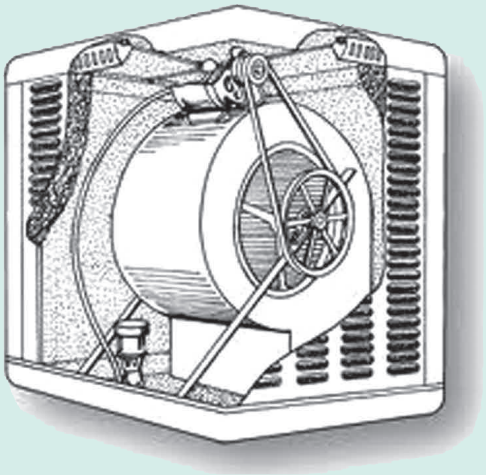
در اولین برج‌های خنک کننده از جریان طبیعی هوا (مانند باد در برج‌های خنک کننده) استفاده می‌شده است، که به آنها «برج‌های اتمسفریک خنک‌کننده[2]» می‌گویند مانند (شکل ۷ــ۱۴). این برج‌ها طویل و باریک‌اند و به علت ثابت نبودن شرایط محیطی، عملکرد یکنواختی ندارند. به همین دلیل امروزه برای عبور هوا از وسایل مکانیکی استفاده می‌شود.

شکل ۷ــ۱۴ــ برج‌های اتمسفریک خنک کننده

۱ــ گفتنی است مقدار آب در برج خنک کننده به‌دلیل تبخیر کم می‌شود، که با افزودن آن به حوضچه جبران می‌گردد.

۲ــ در بعضی مناطق هنوز هم از این نمونه برج‌های خنک کننده در صنعت استفاده می‌شود.

در این قسمت، شباهت‌ها و تفاوت‌های کولر آبی و برج خنک‌کننده بیان شود[1].



شکل ۷ــ۱۵ــ کولر آبی خانگی

فعالیت (تحقیق)

عملکرد کولر آبی خانگی را، با توجه به اجزای داخلی آن، شرح دهید. از هنرجویان خواسته شود که نتیجه را بنویسند و آن را در جلسهٔ بعد تحویل دهند.

نتایج تحقیق‌ها

بعد از جمع‌آوری تحقیق‌ها در جلسه بعد و تشویق هنرجویانی که کار خود را کامل ارائه داده‌اند توضیحاتی در خصوص موضوع تحقیق را می‌توان مانند آنچه در زیر آمده است ارائه کرد :

در کولر آبی خانگی، آب توسط یک پمپ از حوضچهٔ کف به روی پوشال‌های موجود در صفحات جانبی منتقل می‌شود و در حرکت رو به پایین خود، آنها را مرطوب می‌سازد. هوای گرم توسط مکنده به داخل فضای کولر کشیده می‌شود و در حین عبور از لابه‌لای پوشال‌های مرطوب، تبادل حرارت صورت می‌گیرد و در نتیجه، ضمن تبخیر شدن بخشی از آب، هوا خنک می‌شود. هوای سرد و مرطوب به داخل خانه فرستاده می‌شود. درون حوضچه، شناوری مشاهده می‌شود که سطح آب موجود در حوضچه را کنترل می‌کند.

۱ــ با توجه به متن کتاب در صفحهٔ (۴۳) کتاب درسی.

هفتهٔ سیزدهم

	برنامهٔ زمان‌بندی هفتهٔ سیزدهم	دقیقه
۱	آماده کردن کلاس (احوالپرسی، حضور و غیاب)	۵
۲	رفع اشکال	۱۰
۳	پرسش	۱۵
۴	تدریس	۴۰
۵	استراحت میان تدریس	۱۰
۶	مرور فصول گذشته جهت آمادگی آزمون نوبت اول	۵۵

در این جلسه توصیه می‌شود قسمت حفره‌زایی از فصل ششم تا ابتدای مبحث کوره‌ها از فصل هفتم، از طریق پرسش و پاسخ رفع اشکال گردد و بهتر است به صورت بحث کلاسی انجام شود. با این روش می‌توان نکات مهم فصل را دوباره بررسی کرد.

سؤالات پیشنهادی

۱ــ سؤالات مختلف در مورد بخش حفره‌زایی، از جمله :

ــ آیا لازم است مایع برای تبخیر به نقطهٔ جوش خود برسد؟

ــ در چه شرایطی یک مایع تبخیر می‌شود؟

ــ حفره‌زایی چگونه اتفاق می‌افتد؟

ــ چگونه می‌توان فهمید که پمپی دچار حفره‌زایی شده است؟

ــ عوارض حفره‌زایی (کاویتاسیون) چیست؟

ــ سه عامل مهم را که در حفره‌زایی نقش دارند، نام ببرید.

۲ــ مبدل حرارتی را تعریف کنید؟

۳ــ چند نوع مبدل حرارتی بر مبنای ساختمان آنها وجود دارد؟

۴ــ در شرایط یکسان، میزان انتقال حرارت همسو یا ناهمسو، کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

۵ــ مبدل‌های حرارتی دو لوله‌ای چه زمانی کاربرد دارند؟

۶ ــ بافل چیست؟ نقش آن را در مبدل‌های لوله و پوسته بیان کنید.

۷ــ وظیفهٔ برج خنک کننده چیست؟

۸ــ ساختمان برج خنک کننده را مختصراً شرح دهید.

۹ــ جریان آب ورودی به برج خنک کننده چگونه خنک می‌شود؟

۱۰ــ تفاوت مهم مبدل‌های حرارتی و برج‌های خنک کننده در چیست؟

۱۱ــ تفاوت‌ها و شباهت‌های برج‌های خنک کننده و کولرهای آبی خانگی را بیان کنید.
۱۲ــ چرا هوای کولر آبی رطوبت دارد؟

۷ــ۵ــ کوره‌ها

کوره‌ها، در صنایع مختلف، به‌خصوص صنایع نفت و صنایع شیمیایی معدنی نظیر سیمان، کاربردهای فراوانی دارند، از جمله :
ــ در پالایشگاه‌ها، نفت خام را قبل از ورود به برج تقطیر، توسط کوره گرم می‌کنند.
ــ مواد اولیهٔ یک واکنش گرماگیر را، قبل از ورود به راکتور، در یک کوره به دمای مورد نظر می‌رسانند و...
کوره‌ها نیز، مانند تجهیزات دیگر، سیر تکاملی داشته و با پیشرفت دانش مهندسی، با طراحی‌های جدید روز به روز به کارآیی و ایمنی آنها افزوده شده است.
ابتدا تعریف جامعی از کوره[۱] ارائه می‌شود.

۷ــ۵ــ۱ــ ساختمان دیوارهٔ کوره‌ها : در این بخش به مواد نسوز، که مواد سازندهٔ دیوارهٔ کوره‌هاست، اشاره می‌شود و خصوصیات آنها ذکر می‌گردد. مثال‌هایی از چند مادهٔ نسوز، ضروری است.

۷ــ۵ــ۲ــ انواع کوره‌ها : چنان‌که در آغاز فصل گفته شد، سه نوع کوره، براساس «انرژی اولیه» برای تولید حرارت بررسی خواهد شد.

۷ــ۵ــ۳ــ کوره سوختی[۲] : در این کوره‌ها، در اثر احتراق سوخت‌های مختلف جامد، مایع و گاز، حرارت تولید می‌گردد و به مواد گرماپذیر منتقل می‌شود. از مثال‌های روزمرهٔ آشنا، می‌توان به فر و آب‌گرم‌کن گازی اشاره کرد.
دو نمونه از کاربردهای کورهٔ سوختی، که در کتاب معرفی شده‌اند، توضیح داده می‌شود[۳].

دانستنی (۲)[۴]

کوره‌های سوختی

در این کوره‌ها توجه به نکات زیر، ضروری است :

ــ **نوع سوخت انتخابی؛** در این کوره‌ها از سوخت‌هایی چون نفت سفید، نفت کوره، گازوئیل، گاز طبیعی و زغال سنگ استفاده می‌شود. از این میان، گاز طبیعی از جهت ایجاد آلودگی کمتر و عملکرد بهتر، مناسب‌ترین سوخت است.

ــ **میزان اکسیژن مورد نیاز سوخت** : هوا تأمین کنندهٔ اکسیژن مورد نیاز سوخت است و مقدار آن باید در حد بهینه، محاسبه گردد، به طوری‌که نه آن قدر کم باشد که موجب سوخت ناقص گردد و در نتیجه کربن و منواکسید کربن تولید شود و نه آن قدر زیاد که محدودیت حجمی برای کوره ایجاد کند. معمولاً در محاسبات، مقدار هوا را بیشتر از حد نیاز سوخت[۵] در نظر می‌گیرند تا از کامل بودن عمل احتراق، مطمئن شوند.

۱ــ این تعریف در کتاب درسی آمده است.

۲ــ Fuel Furnace

۳ــ در صفحهٔ (۴۵) کتاب درسی عملیات دستگاهی، در بندهای «الف و ب» توضیحات کافی آمده است.

۴ــ دانستنی (۲)، با استفاده از کتاب «ماشین آلات صنعتی»، تألیف شه زاد برقی.

۵ــ Excess air

ــ کوره‌های سوختی معمولاً به شکل جعبه‌ای یا استوانه‌ای ساخته می‌شوند. به منظور خروج گازهای حاصله از احتراق سوخت‌ها، دودکش‌هایی در سقف آنها نصب می‌گردد. به منظور انتقال سریع‌تر این گازها، مکنده‌هایی در دهانهٔ دودکش‌ها قرار می‌دهند که موجب مکش هوای مورد نیاز به درون کوره نیز می‌شود. درصورتی‌که برای ورود هوا کشش لازم، ایجاد نشده باشد از دمنده‌هایی برای رساندن هوا استفاده می‌شود.

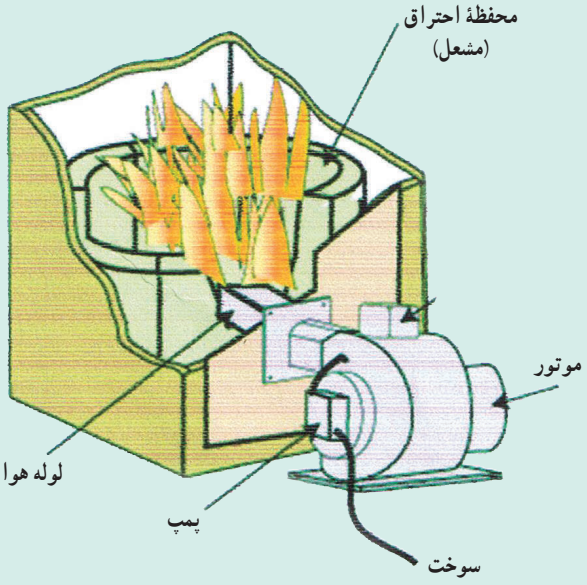
ــ معمولاً سوخت و هوا را قبل از ورود به کوره در یک مخلوط‌کن[1]، کاملاً با هم مخلوط می‌کنند[2]، زیرا این عمل بازده حرارتی کوره را افزایش می‌دهد.

ــ عمل احتراق به وسیلهٔ مشعل‌ها[3] آغاز می‌شود و ادامه می‌یابد. نوع سوخت در نوع مشعل[4] و نحوهٔ عملکرد آن تأثیرگذار است. تنظیم مقدار سوخت و هوا به وسیلهٔ مشعل انجام می‌گیرد.

شکل ۷ــ۱۶ محفظهٔ احتراق یک کوره سوختی را نشان می‌دهد.

ــ درصورتی‌که تأکید شده باشد مواد گرماپذیر با سوخت، شعله و گازهای حاصل از احتراق در تماس نباشد می‌توان از ظروف دربسته‌ای به نام بوته برای جامدات و خطوط لوله، برای سیالات استفاده کرد.

ــ توجه به رنگ شعله، در کوره‌های سوختی نیز بسیار مهم است. رنگ آبی شعله، نشانهٔ سوخت کامل است. در این صورت در گازهای خروجی از دودکش، مقداری اکسیژن نیز وجود دارد. در احتراق ناقص، رنگ شعله زرد و پر دود است و از وجود کربن خبر می‌دهد که موجب آلودگی خواهد شد.



شکل ۷ــ۱۶ــ کوره سوختی

۷ــ ۵ــ۴ــ کوره‌های الکتریکی[5] : جهت دستیابی به درجهٔ حرارت‌های بسیار بالا، استفاده از کوره‌های سوختی به دلایل زیر توصیه نمی‌شود :

داشتن نیاز به ساختمانی پیچیده‌تر، سوخت بیشتر، شدت احتراق بالاتر، زیاد بودن حجم گازهای تولیدی و مشکلات انتقال آنها و داشتن آلودگی بیشتر.

۱ــ Mixer

۲ــ درصورتی‌که سوخت مورد استفاده گازی باشد، عمل اختلاط به آسانی انجام می‌شود. اگر سوخت به شکل مایع باشد، باید به پودر تبدیل شود. در این صورت از نازل استفاده می‌کنند، به طوری‌که سوخت مایع به هنگام خروج از دهانهٔ نازل، با جریان شدیدی از هوا همراه می‌شود و به شکل پودر درمی‌آید.

۳ــ مشعل‌ها در کف کوره قرار دارند و عمل اختلاط سوخت و هوا نیز در مشعل، صورت می‌گیرد.

۴ــ بر این اساس، هم مشعل‌های گازی و هم مشعل‌های سوخت مایع موجود است. تنظیم و کنترل مشعل‌های سوخت مایع از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا خواص فیزیکی سوخت مایع در چگونگی عمل پودر کردن مؤثر است.

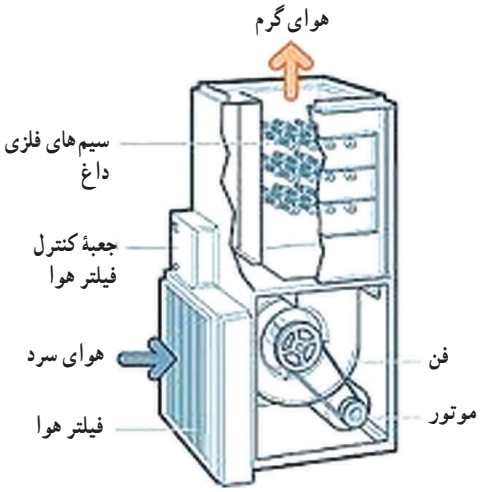
۵ــ Electrical Furnaces

جایگزین این کوره‌ها، کوره‌های الکتریکی هستند، با منبع حرارتی بسیار تمیز، که بعضاً تا دمای $4000^{\circ}C$ و حتی بالاتر را ایجاد می‌کنند.

در این بخش، ابتدا کوره‌های الکتریکی را تعریف و سه نوع متداول آنها را معرفی می‌کنیم. سپس در مورد هر یک از آنها توضیحات تکمیلی بیان می‌شود.

الف) کورهٔ مقاومتی[1] : در این کوره، برای تبدیل جریان الکتریکی به حرارت از سیم‌های فلزی استفاده می‌شود. جهت تولید حرارت بیشتر، باید سیم فلزی دارای شرایط[2] زیر باشد :

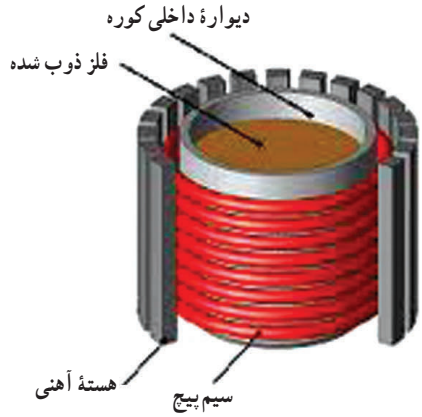
نقطهٔ ذوب بالا، مقاومت زیاد، قطر کم و طول زیاد. از جمله مثال‌هایی که می‌توان به آنها اشاره کرد، عبارت‌اند از : بخاری برقی، هیتر برقی، اتو، سشوار، ...



شکل ۷ــ۱۷ــ کورهٔ مقاومتی

شکل ۷ــ۱۷ یک نمونه از کورهٔ مقاومتی (المانی) را نشان می‌دهد که در آن هوا توسط یک دمنده[3] به روی سیم‌های فلزی داغ، فرستاده می‌شود. از هوای گرم خروجی می‌توان جهت گرمایش فضاهای مسکونی، اداری، کارخانه‌ها و در مبدل‌های حرارتی استفاده کرد.

ب) کورهٔ القایی[4] : فضای میان یک سیم پیچ فلزی که از آن جریان الکتریکی نسبتاً زیادی عبور می‌کند، کورهٔ القایی نامیده می‌شود. از این فضا می‌توان جهت ذوب فلزاتی چون آهن، مس، آلومینیم و... استفاده کرد، چنان‌که در شکل ۷ــ ۱۸ نشان داده شده است. در شکل ۷ــ۱۹ نیز یک کورهٔ القایی مشاهده می‌شود.



شکل ۷ــ۱۸ــ کورهٔ القایی

دانستنی (۳)[5]

کورهٔ القایی : این کوره براساس القای میدان مغناطیسی، طراحی و ساخته می‌شود. به این صورت که ابتدا جریان نسبتاً زیادی (بیش از ۱۰۰۰ آمپر) با فرکانس ۳۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هرتز و با استفاده از برق شهر، ساخته و به سیم‌پیچ کوره اعمال می‌شود و با عبور از آن، به ایجاد یک میدان مغناطیسی در وسط سیم پیچ، با همان فرکانس، منجر می‌گردد.

۱ــ Electric Elements Furnaces

۲ــ این شرایط براساس قانون ژول ($Q = RI^2t$) و رابطهٔ $R = \rho\frac{L}{s}$ ، بیان شده است (در رابطهٔ اخیر؛ ρ مقاومت ویژه است که به جنس فلز بستگی دارد و L طول سیم و S سطح مقطع آن است).

۳ــ هوا قبل از ورود به دمنده (فن) از فیلتر عبور می‌کند تا آلودگی‌ها و ناخالصی‌های آن حذف شود.

۴ــ Induction Furnace

۵ــ دانستنی (۳) برگرفته از سایت www.en.wikipedia.org است.

درصورتی‌که در فضای داخل سیم پیچ کوره، یک جسم هادی مانند فولاد قرار گیرد میدان مغناطیسی ایجاد شده و به القای جریان‌های گردابی به نام «فوکو»، در این جسم می‌انجامد. در نتیجه جسم گرم می‌شود و تا حد ذوب پیش می‌رود.

با تغییر فرکانس و قدرت کوره، می‌توان آن را برای انواع کاربردها آماده کرد.

از خصوصیات این کوره می‌توان به موارد زیر اشاره کرد : سرعت و راندمان بالا در انجام عملیات، آلودگی نداشتن، امکان کنترل دقیق دما و اشغال فضای کمتر.

شکل ۷ــ۱۹ــ کورهٔ القایی

کاربردها :

ــ ذوب فلزات در صنایع ریخته‌گری فولاد، مس، چدن، آلومینیم، برنج و . . .

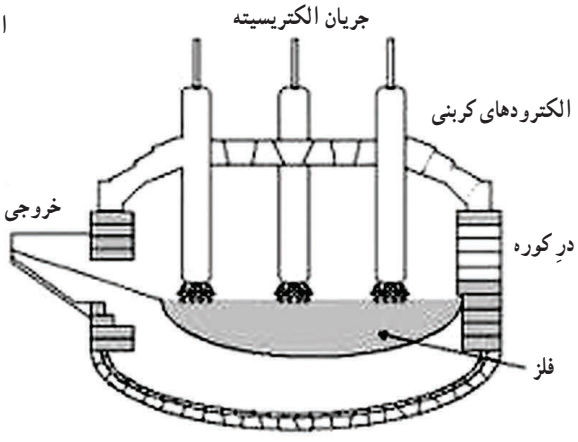
ــ داشتن قابلیت پیش گرم کنندگی در صنایع شکل دهی

ــ قابلیت سخت کاری سطحی قطعات فلزی در صنایع ماشین‌سازی، مانند چرخ دنده و میل لنگ

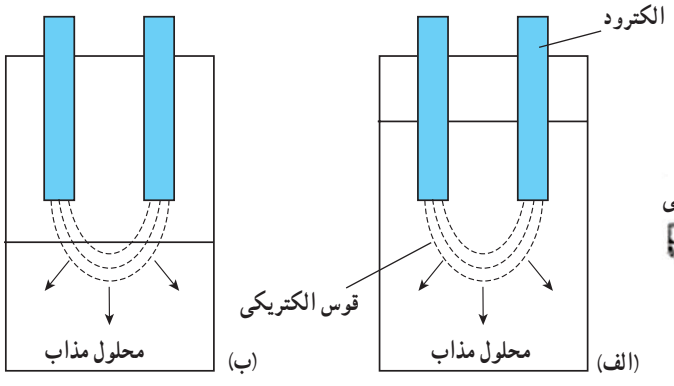
ب) کورهٔ قوسی[1] : ابتدا ساختمان کوره، توضیح داده می‌شود[2]، سپس با استفاده از تصاویر و ارائهٔ توضیحات لازم، سعی می‌شود که هنرجویان از عملکرد این کوره به درک صحیحی دست یابند.

اساس این کوره بر تولید قوس الکتریکی میان دو الکترود کربنی حامل جریان الکتریسیته، بنا شده است. شکل ۷ــ۲۰ یک کورهٔ قوسی را نشان می‌دهد. الکترودها در بالای کوره نصب می‌شوند و توسط قوس نورانی و پرحرارتی که در فضای بین خود، ایجاد می‌کنند دمای کوره را به حد مورد نیاز می‌رسانند. فلز مورد نظر در کف کوره قرار می‌گیرد و پس از ذوب شدن، از دهانهٔ آن خارج می‌گردد.

الکترودها ممکن است درون مادهٔ گرماپذیر و در تماس مستقیم با آن باشند یا خارج از ماده قرار بگیرند (مانند شکل ۷ــ۲۱)



شکل ۷ــ۲۰ــ کورهٔ قوسی



شکل ۷ــ۲۱ــ الف)کورهٔ قوسی با تماس مستقیم

ب) کورهٔ قوسی با تماس غیرمستقیم

۱ــ Arc Furnace

۲ــ با استفاده از توضیحات موجود در کتاب درسی در صفحات (۴۵) و (۴۶)

۷ــ۵ــ۵ــ کورهٔ تابشی[1] : این کوره براساس قوانین تابش و بازتابش نور در آینه‌های مختلف، بنا شده است. داستان تام ادیسون و جمع‌آوری شعاع‌های نورانی شمع، بر روی تخت عمل جراحی مادرش، مثال[2] خوبی از عملکرد سطوح شفاف آینه‌ها در جمع‌آوری بازتاب‌های نور، در یک نقطهٔ مشخص[3] است. این نقطه، «کورهٔ تابشی» نامیده می‌شود. در شکل ۷ــ۲۲ یک کورهٔ خورشیدی مشاهده می‌شود، که از یک آینهٔ مقعر بزرگ تشکیل شده است و کوره در کانون آن قرار دارد.

شکل ۷ــ۲۲ــ کورهٔ خورشیدی

خودآزمایی فصل هفتم

پاسخ سؤالات خودآزمایی در متن کتاب وجود دارد.

آمادگی جهت امتحانات نوبت اول :

از آنجا که امتحانات مذکور معمولاً در هفته‌های چهاردهم و پانزدهم سال تحصیلی برگزار می‌شود. با برنامه‌ریزی دقیق پس از پایان فصل هفتم، فرصتی فراهم شود تا با مروری بر فصول گذشته، هنرجویان آمادگی لازم را کسب کنند. به همین منظور با طرح سؤالات و مسائلی، می‌توان مفاهیم مربوطه را یادآوری کرد.

توجه : جهت دسترسی هنرجویان به سؤالات امتحانی، آنها را برای مراجعه به سایت ادارهٔ کل سنجش و ارزشیابی تحصیلی، به آدرس http: //aee.medu.ir راهنمایی کنید.

۱ــ Radiation Furnace

۲ــ مثال دیگر، تقریباً همه در کودکی سوزاندن برگ یا تکهٔ کاغذ را با ذره‌بین آزمایش کرده‌اند. ذره‌بین یک عدسی محدب است که شعاع‌های نورانی خورشید را بعد از عبور، در کانون خود جمع می‌کند و آن نقطه یک کوره است.

۳ــ آن نقطه، کانون آینهٔ مقعر است.

فصل هشتم

کنترل فرآیندها

چکیدهٔ فصل

در این فصل، هنرجویان با چگونگی کنترل سه کمیت مهم در فرآیندهای شیمیایی یعنی دما، فشار و سطح یا ارتفاع مایعات در مخازن آشنا می‌شوند.

دانسته‌های قبلی : این مبحث برای هنرجویان کاملاً جدید است.

اهداف فصل : در پایان فصل، از هنرجویان انتظار می‌رود که بتوانند در خصوص عناوین زیر، توضیحات کافی ارائه دهند.

- دلایل و فواید کنترل کمیت‌های مختلف در فرآیندهای شیمیایی
- چگونگی کنترل دما در یک فرآیند
- رسم نمودار جعبه‌ای کنترل دما
- تشریح یک سیستم کنترلی ساده به طورکلی (اجزا ــ نمودار جعبه‌ای)
- چگونگی کنترل فشار در یک فرآیند (اجزاــ نمودار جعبه‌ای)
- چگونگی کنترل سطح یا ارتفاع مایعات در مخازن (اجزا ــ نمودار جعبه‌ای)
- انواع شیرهای کنترل
- چگونگی عملکرد شیر کنترل بادی

برنامهٔ زمان‌بندی تدریس فصل هشتم

هفته	موضوعات	صفحه
۱۶	دلایل نصب سیستم‌های کنترلی روی فرآیندها، سیستم کنترل دما، اجزای یک سیستم کنترلی ساده	۴۷ ــ ۴۹ ۵۱
۱۷	سیستم کنترل فشار، سیستم کنترل سطح، شیر کنترل بادی	۴۹ ــ ۵۰ ۵۲

هفتهٔ شانزدهم

برنامهٔ زمان‌بندی هفتهٔ شانزدهم		دقیقه
۱	آماده کردن کلاس (احوالپرسی، حضور و غیاب)	۵
۲	حل سؤالات امتحان نوبت اول	۳۰
۳	تدریس	۹۰
۴	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰

۸ــ۱ــ مقدمه

راهنمای تدریس

با توجه به جدید بودن مفاهیم این فصل و به منظور درک بیشتر هنرجویان، توصیه می‌شود قبل از ورود به مباحث اصلی، با طرح سؤالات و ذکر مثال‌های آشنا، دلایل و فواید قرار دادن سیستم‌های کنترلی را بر روی خطوط تولید، بیان کنید.

سؤال : کنترل کردن یک کمیت مانند قیمت یک محصول، جمعیت یک کشور، دمای یک مخزن و... چه معنی دارد؟ و چرا باید چنین کمیت‌هایی کنترل شوند؟

پاسخ این است :

به طورکلی، هدف از کنترل کردن کمیت‌ها، تنظیم و تثبیت مقدار آنها در حد مطلوب است. می‌توان گفت کنترل کردن، ایجاد شرایطی مناسب جهت نگه داشتن مقدار یک کمیت در یک محدودهٔ خاص است.

مثال : وسیله‌ای انتخاب شود که در آن کمیتی کنترل می‌شود، مانند اتو و عملکرد آن توضیح داده شود؛

معمولاً در اتوها، براساس جنس لباس مورد نظر، درجه‌ای تعریف شده است که با انتخاب آن، دما در محدودهٔ مشخصی کنترل می‌شود که مناسب آن جنس است.

در اتوهایی که به چراغ نمایشگر مجهزند کنترل دما کاملاً محسوس است، زیرا با قطع و وصل جریان برق در محدودهٔ دمایی مذکور، چراغ خاموش و روشن می‌شود. کنترل نشدن دما در اتو، باعث می‌شود که جریان برق به موقع قطع نشود و دما آن قدر بالا رود که سیم‌های داخل آن بسوزد.

با توجه به محدود بودن دقت بشر در اندازه‌گیری کمیت‌های مختلف و کنترل آنها، استفاده از سیستم‌های کنترل کننده تقریباً در اکثر صنایع معمول است و فواید زیر را دربردارد :

۱ــ افزایش کیفیت فرآورده‌ها و نگه داشتن آن در حد مطلوب

۲ــ صرفه‌جویی از نظر نیروی انسانی

۳ــ حذف خطرات احتمالی ناشی از تغییر ناگهانی کمیت‌ها (بالا بردن ایمنی سیستم)

۴ــ جلوگیری از ضایعات و خسارات اقتصادی

دما، فشار و سطح (یا ارتفاع) مایعات موجود در مخازن، سه کمیت مهم و مؤثر در فرآیندهای شیمیایی هستند که با نصب

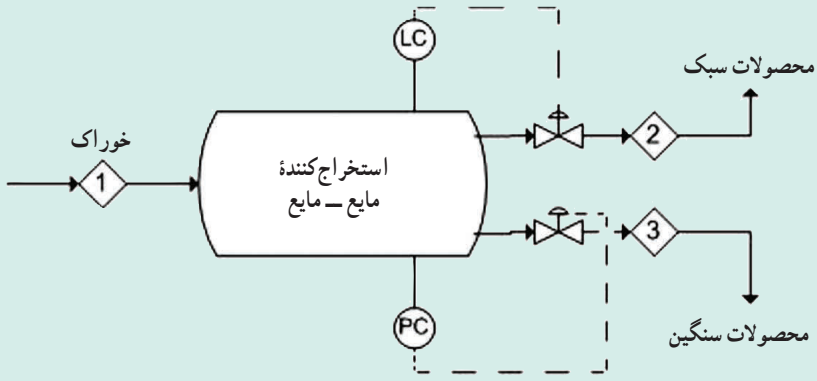
سیستم‌های کنترل کننده[1] روی دستگاه‌های مختلف[2] مورد نظر، مقدار آنها به طور اتوماتیک در محدودهٔ مجاز کنترل می‌شود. کنترل نشدن کمیت‌های مذکور در واکنش‌های شیمیایی، اثرات جبران ناپذیری بر جا می‌گذارد.

دانستنی (۱)

نصب سیستم‌های کنترل کننده بر روی دستگاه‌ها در نقشهٔ پی اف دی (PFD)

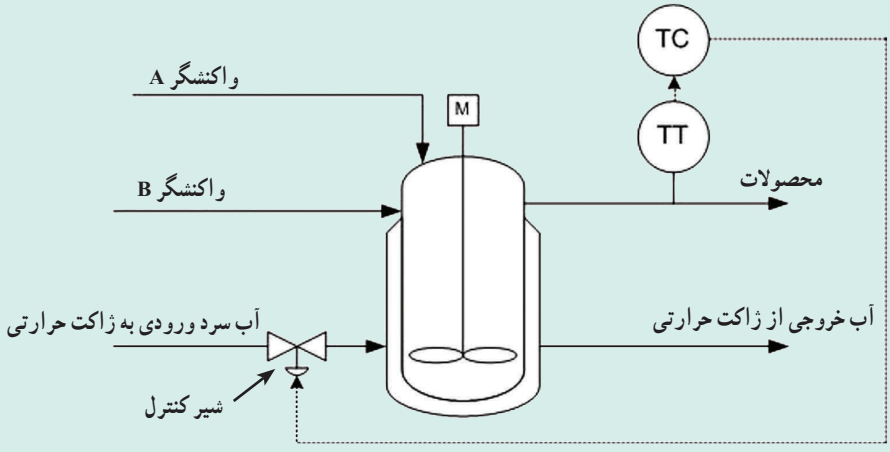
در این نقشه‌ها، سیستم‌های کنترل کننده با علائم مخصوص خود، روی دستگاه‌ها قرار می‌گیرند.

شکل ۸ــ۱، یک استخراج کنندهٔ مایع ــ مایع را نشان می‌دهد که سیستم‌های کنترل کنندهٔ سطح و فشار برروی آن نصب شده‌اند و در زمان لازم، فرمان مناسب از طریق شیرهای کنترل اجرا می‌گردد.



شکل ۸ــ۱ــ کنترل سطح و فشار در یک استخراج کننده

و در شکل ۸ــ۲، دبی آب سرد ورودی به ژاکت حرارتی یک راکتور توسط سیستم کنترل کننده دما، از طریق اندازه‌گیری دمای محصولات و به وسیلهٔ یک شیر کنترل، تنظیم می‌شود.



شکل ۸ــ۲ــ کنترل دما در یک راکتور

۱ــ در نقشه‌های پی اف دی (PFD) فرآیندهای شیمیایی هر یک از این سیستم‌ها، با علامت خاصی مشخص می‌شوند، از جمله کنترل کنندهٔ دما (TC)، کنترل کنندهٔ فشار (PC)، کنترل کنندهٔ سطح (LC) و کنترل کنندهٔ جریان سیالات (FC)

۲ــ در دانستنی (۱)، دو نمونه از این دستگاه‌ها مشاهده می‌شود. جهت کسب اطلاعات بیشتر به فصل (۱) کتاب «فرآیندهای شیمیایی» مراجعه شود.

راهنمای تدریس بخش‌های (۸ــ۲) تا (۸ــ۶) :

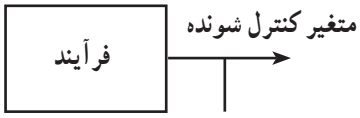
توصیه می‌شود ابتدا بخش ۸ــ۶ تدریس شود، زیرا چنان که ملاحظه می‌شود در این بخش، به طورکلی یک سیستم کنترل، بدون در نظر گرفتن کمیتی خاص، به همراه نمودار جعبه‌ای آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این ترتیب، اگر هنرجویان این بخش را به‌خوبی فراگیرند، یاددهی و یادگیری بخش‌های دیگر آسان‌تر، سریع‌تر و با مشارکت آنها، انجام خواهد شد.

۸ ــ۶ــ اجزای یک سیستم کنترل ساده

اجزای یک سیستم کنترل ساده در حالت کلی[۱]، معرفی شود و سپس نمودار جعبه‌ای[۲] آن، که رابطهٔ بین این اجزا را مشخص می‌کند به روش[۳] زیر رسم شود.

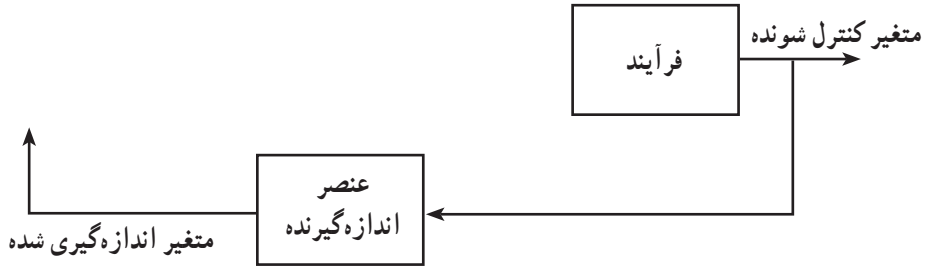
راهنمای تدریس «رسم نمودار جعبه‌ای یک سیستم کنترل ساده» : رسم نمودار جعبه‌ای مذکور از اولین جعبه، که متعلق به «فرآیند» است، آغاز می‌گردد و به ترتیب جعبه‌ها رسم می‌شوند تا به فرآیند ختم گردد (مانند شکل ۸ــ۳) و در مورد هر کدام در حد لازم به صورت زیر توضیح داده می‌شود :

۱ــ اولین جعبه مربوط به «فرآیندی» است که باید متغیری از آن کنترل شود.



شکل ۸ــ۳

۲ــ دومین جعبه متعلق به «**عنصر اندازه گیرنده**» است. وسیله‌ای که در فرآیند قرار می‌گیرد تا کمیت یا متغیر مورد نظر را اندازه‌گیری کند و مقدار آن را گزارش دهد.



شکل ۸ــ۴

۳ــ سومین جعبه «**مقایسه کننده**» است که گزارش عنصر اندازه گیرنده را دریافت می‌کند و با مقدار مطلوب یا مقرر[۴] متغیر فرآیند، ضمن مقایسه، اختلاف آن دو را محاسبه می‌نماید و به کنترل کننده می‌دهد[۵].

۴ــ چهارمین جعبه مربوط به «**کنترل کننده**» است که فرماندهی سیستم کنترل را به عهده دارد و تصمیم‌گیری با این وسیله است.

۱ــ نام اجزای مذکور، در صفحهٔ (۵۱) کتاب درسی درج شده است که با استفاده از آن تدریس می‌شود.

۲ــBlock Diagram

۳ــ روش تدریس «رسم نمودار جعبه‌ای یک سیستم کنترل ساده».

۴ــ Set point

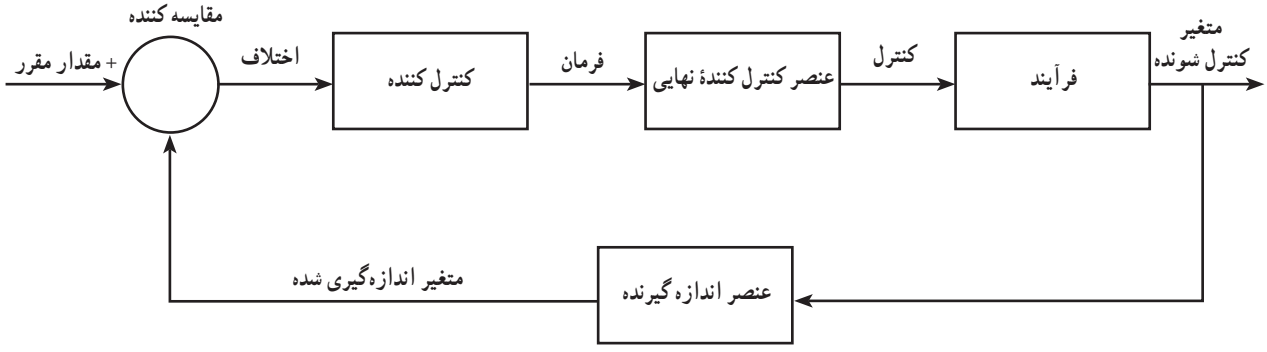
۵ــ برای درک بهتر هنرجویان، روند افزودن جعبه‌ها به‌همان صورت که در مورد (۲) دیده می‌شود، ادامه یابد تا نهایتاً به فرآیند ختم شود.

کنترل کننده، اختلاف را می‌گیرد و براساس آن فرمان لازم را صادر می‌کند. این فرمان می‌تواند در جهت افزایش (یا کاهش) آن متغیر باشد.

نکتهٔ مهم : در حلقه‌های کنترلی، «مقایسه کننده و کنترل کننده» با نام «سیستم کنترل کننده» شناخته می‌شوند و اغلب یک وسیله، هر دو وظیفه را انجام می‌دهد.

۵ــ پنجمین جعبه مربوط به وسیله‌ای به نام «**عنصر کنترل کنندهٔ نهایی**» است که همان شیر کنترل است و فرمان صادره از کنترل‌کننده را بر روی فرآیند اجرا می‌کند که موجب کنترل آن متغیر می‌شود.

مهم : یک سیستم کنترل، در حقیقت یک مدار بسته[1] است که در آن اطلاعات از فرآیند گرفته می‌شود و کنترل روی فرآیند صورت می‌گیرد.



شکل ۸ــ۵ــ نمودار جعبه‌ای یک سیستم کنترل ساده[2]

۸ــ۲ــ کنترل دما

در این بخش، با استفاده از یک مثال، مانند «آب گرم‌کن گازی» که دمای آب درون آن کنترل می‌شود و رسم یک شکل ساده[3] از آن، روش کنترل دما[4] را می‌توان توضیح داد.

۸ــ۳ــ حلقهٔ[5] کنترل دما

برای بررسی سیستم کنترل دما، اجزای آن را معرفی می‌کنیم و وظیفهٔ هر کدام را شرح می‌دهیم، سپس نمودار جعبه‌ای آن رسم می‌گردد[6].

در رسم نمودار جعبه‌ای، با طرح پرسش‌هایی، هنرجویان در امر تدریس شرکت داده می‌شوند، برای مثال؛

در سیستم کنترل دما، فرآیند چیست؟ متغیر کنترل شونده، کدام کمیّت است؟

برای اندازه‌گیری دما، از چه وسیله‌ای استفاده می‌شود؟

۱ــ سیستم‌های کنترلی ممکن است باز باشند، مانند چراغ راهنما برای کنترل عبور و مرور وسایل نقلیه که در این فصل، مدنظر نیستند.

۲ــ این نمودار مخصوص حالت‌هایی است که هدفش از کنترل متغیر آن باشد که متغیر از مقدار مقرر فرآیند، تجاوز نکند یا به‌عبارت دیگر، مقدار مقرر بالاترین حد ممکنه برای آن متغیر در نظر گرفته شده است. شکل (۸ــ۵) از صفحهٔ (۵۱) کتاب درسی عملیات دستگاهی گرفته شده است.

۳ــ می‌توان از شکل (۸ــ۱) در صفحهٔ (۴۸) کتاب درسی عملیات دستگاهی استفاده کرد.

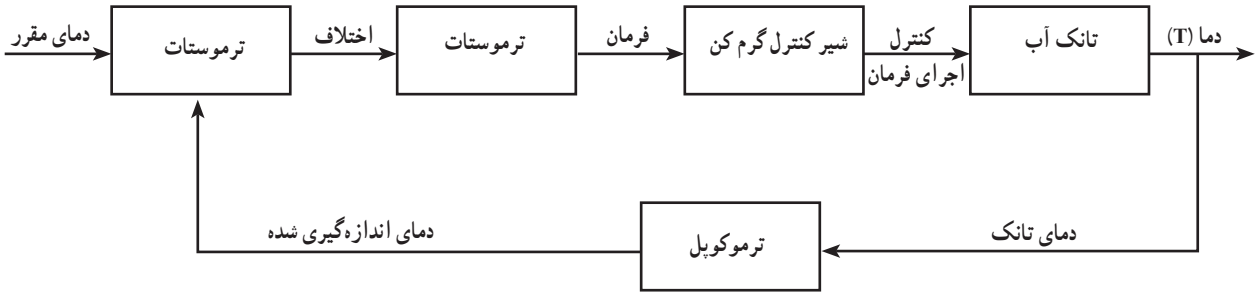
۴ــ مکانیزم کنترل دما، که مورد سؤال (۲) خودآزمایی نیز هست، در صفحهٔ (۴۷) کتاب توضیح داده شده است.

۵ــ چنان‌که قبلاً اشاره شد، سیستم‌های کنترلی به صورت مدار بسته هستند. به‌همین دلیل از کلمهٔ «حلقه» استفاده شده است.

۶ــ به همان روشی که در بخش (۸ــ۶) به تفصیل بیان شد.

یادآوری می‌شود چون این نمودار جعبه‌ای به سیستم کنترل دما، اختصاص دارد در آن از هر جزء با نام واقعی خود استفاده می‌شود، برای مثال؛

در سیستم کنترل دما، ترموستات وظیفهٔ کنترل دما را بر عهده دارد. پس در نمودار از این کلمه استفاده می‌شود. بر این اساس، نمودار جعبه‌ای سیستم کنترل دما برای مثال مذکور در شکل ۸ــ۶، مشاهده می‌شود.



شکل ۸ــ۶ــ نمودار جعبه‌ای حلقهٔ کنترل دما برای یک تانک آب

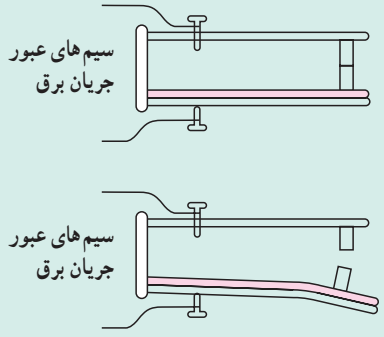
دانستنی (۲)[۱]

ترموستات[۲]

ترموستات، وسیلهٔ تنظیم و کنترل دما، در سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی است. هر ترموستات، دارای یک قطعهٔ حساس نسبت به تغییرات دماست، که به آن «حسگر[۳]» ترموستات می‌گویند.

ترموستات، دماسنج نیست[۴] بلکه با قطع یا وصل سیستم حرارتی، دما را در محدودهٔ معین کنترل می‌کند.

یکی از رایج‌ترین انواع ترموستات‌ها، «ترموستات بی‌متال[۵]» است که براساس اختلاف انبساط طولی فلزات در اثر گرما، کار می‌کند. در این ترموستات، دو تیغهٔ فلزی غیر هم جنس که در دمای معمولی هم طول هستند، به هم متصل شده‌اند. در اثر افزایش دما، یکی بیش از دیگری منبسط می‌گردد. در نتیجه ترموستات خم می‌شود. با این خم شدن دستگاه برقی خاموش و روشن می‌شود[۶] (مانند شکل ۸ــ۷)؛



شکل ۸ــ۷[۷] عملکرد ترموستات

۱ــ دانستنی (۲) از سایت www.Khodroha.com برگرفته شده است.

۲ــ Thermostat

۳ــ Sensor

۴ــ در بعضی منابع، از «دماپا» به معنی برگردان فارسی ترموستات، نام برده شده است.

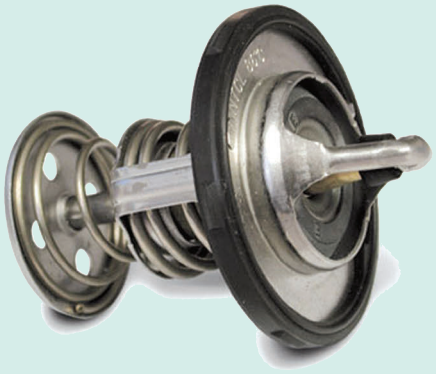
۵ــ ترموستات دوفلزی Bimetal thermostat

۶ــ مانند ترموستات اتو، یخچال و فریزر که به «on ــ off controller» معروف است.

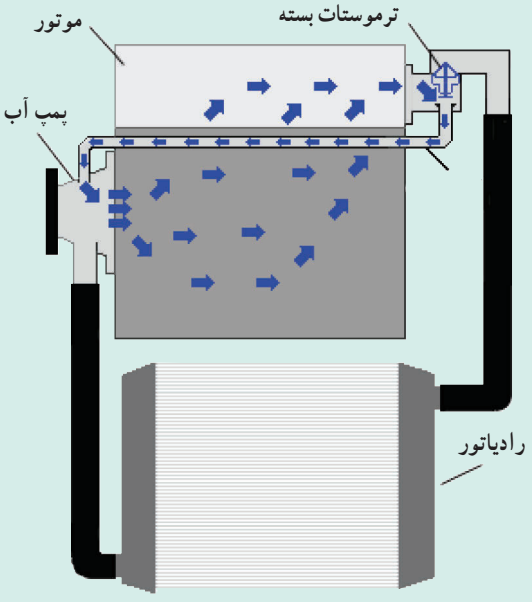
۷ــ در علوم دورهٔ راهنمایی، ترموستات (یا دماپا) با این شکل‌ها، معرفی می‌شود.

شکل ۸ ــ ۸ ترموستات غوطه‌وری را برای مخازنی چون تانک‌های آبگرم‌کن‌های سوختی نشان می‌دهد. این ترموستات، به صورت مکانیکی مسیر سوخت مشعل را باز و بسته می‌نماید و به این ترتیب دما را در یک محدودهٔ معین، کنترل می‌کند. شکل ۸ــ۹ ترموستات اتومبیل را نشان می‌دهد. وظیفهٔ ترموستات در اتومبیل این است که به صورت مکانیکی، با باز و بسته کردن مسیر ورود آب به رادیاتور و کنترل دمای آب، درجهٔ حرارت موتور را نیز تنظیم و کنترل کند. عملکرد ترموستات در اتومبیل، در شکل ۸ــ۱۰ و ۸ــ۱۱ مشاهده می‌شود.

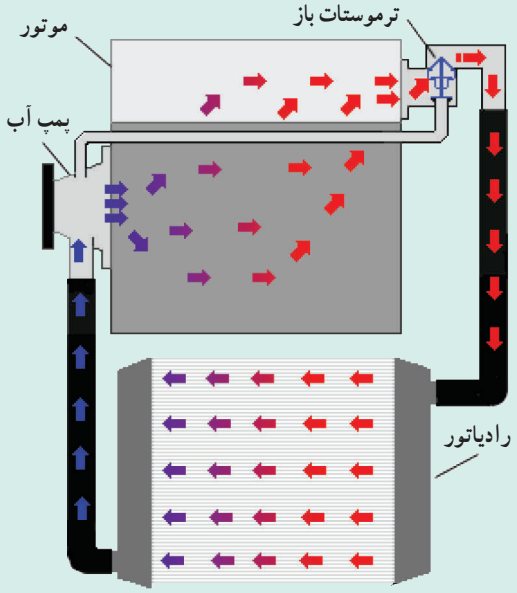
شکل ۸ ــ ۸ ــ ترموستات غوطه‌وری



شکل ۸ ــ ۹ ــ ترموستات اتومبیل[1]



شکل ۸ ــ ۱۰ ــ ترموستات بسته



شکل ۸ ــ ۱۱ ــ ترموستات باز

در شکل ۸ــ ۱۰ دمای آبی که اطراف موتور می‌چرخد، پایین است به همین دلیل ترموستات مسیر ورود آب به رادیاتور را بسته است. در شکل ۸ــ۱۱ دمای آب بالا می‌رود و نیاز به‌تبادل حرارت در رادیاتور، دارد. به همین دلیل ترموستات مسیر را باز می‌کند.

۱ــ چنان‌که مشاهده می‌شود، ممکن است دو سیم فلزی ترموستات، به صورت سیم پیچ طراحی شوند که در اثر افزایش دما، به‌علت تفاوت میزان انبساط طولی دو فلز، حلقه‌های سیم پیچ باز می‌شود و باعث باز شدن مسیر مذکور می‌گردد.