بسم الله الرحمن الرحیم

کتاب معلّم

(راهنمای تدریس)

تأسیسات برودتی

رشتهٔ تأسیسات

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

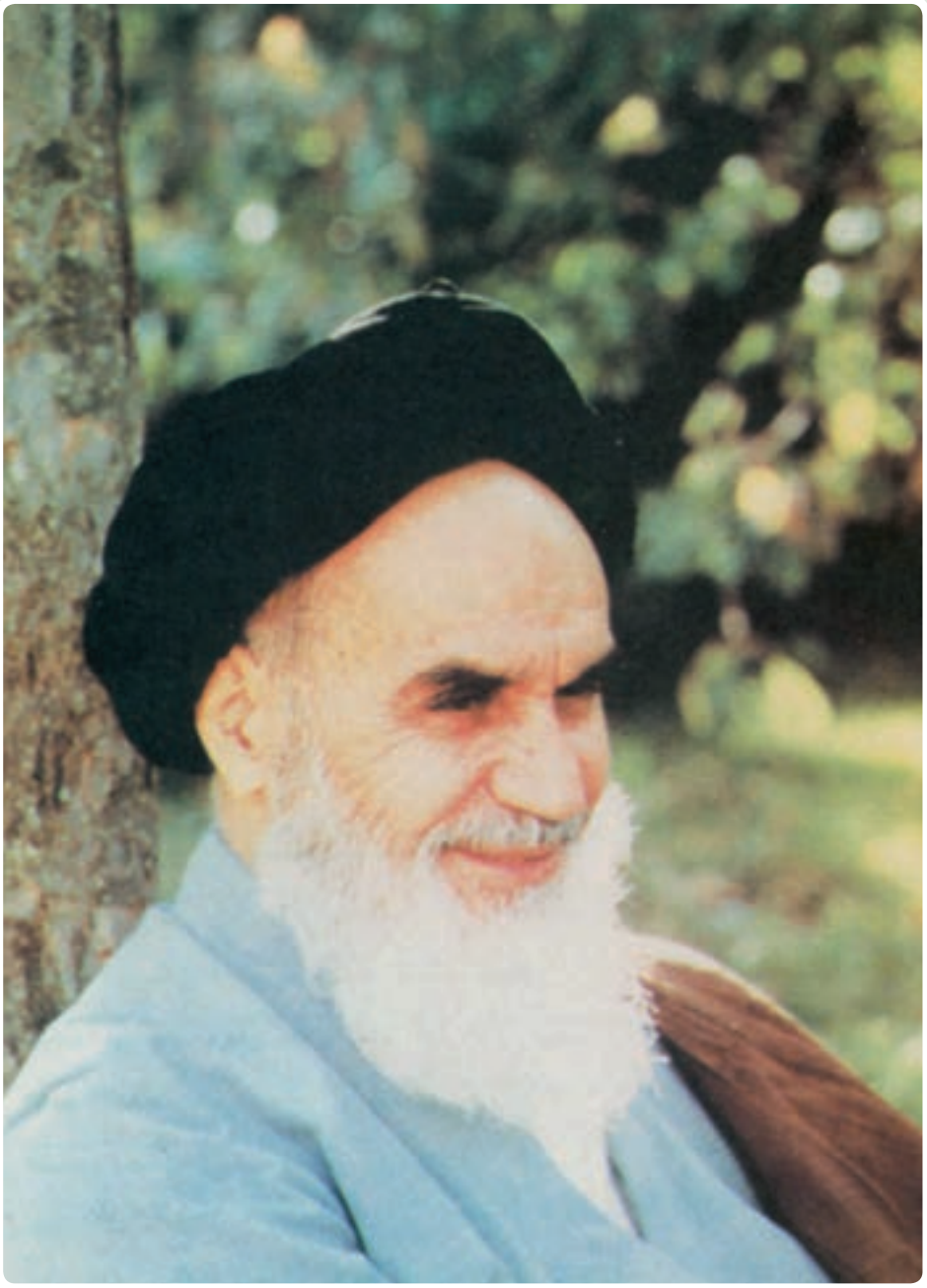
۱۳۹۲

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**
نام کتاب : **کتاب معلّم تأسیسات برودتی ـ ۵۵۲/۵**
مؤلفان : **رضا افشاری‌نژاد، حسن ضیغمی، محمّد قربانی و احمد آقازاده هریس**
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**
تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش(شهید موسوی)
تلفن : ۹ـ ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،
وب‌سایت : www.chap.sch.ir
مدیر امور فنی و چاپ : **سیّد احمد حسینی**
طراح جلد : **طاهره حسن‌زاده**
صفحه‌آرا : **راحله زادفتح‌اله**
حروفچین : **فاطمه باقری مهر**
مصحح : **شاداب ارشادی، رعنا فرج‌زاده دروئی**
امور آماده‌سازی خبر : **اعظم هاشمی**
امور فنی رایانه‌ای : **حمید ثابت کلاچاهی، ناهید خیام‌باشی**
ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه :
سال انتشار : **۱۳۹۲**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۳-۲۲۴۹-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ ISBN 978-964-05-2249-3



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست مندرجات

مقدمه

بخش اول ــ گزیده‌هایی از روش‌های یاددهی و یادگیری

۱ــ جریان تدریس ۳
۲ــ راهکارهایی در مدیریت کلاس ۵
۳ــ برنامه‌ریزی طرح درس روزانه ۶
۴ــ ساختن آزمون‌ها ۱۱
۵ــ طبقه‌بندی بلوم ۱۵

بخش دوم ــ راهنمای تدریس کتاب تأسیسات برودتی

فصل اول: کلیات ۱۹
۱ــ۱ــ گرما ۲۰
۱ــ۲ــ دما ۲۴
۱ــ۳ــ تفاوت گرما با دما ۲۸
۱ــ۴ــ فازهای ماده ۳۱
۱ــ۵ــ نمودار دما ــ گرما ۳۲
۱ــ۶ــ بخار اشباع و مایع اشباع ۳۴
۱ــ۷ــ نمودار دما ــ حجم ۳۶
۱ــ۸ــ فشار ۳۸
فصل دوم: سیکل تبرید ۴۶
۲ــ۱ــ تاریخچه سردسازی ۴۷
۲ــ۲ــ تن تبرید ۴۸
۲ــ۳ــ فرایند تبرید ۴۹
۲ــ۴ــ رابطه فشار و دمای آب ۵۱
۲ــ۵ــ جدول فشارــ دمای مبردها و کاربرد آن ۵۲
۲ــ۶ــ چرخه سردسازی ۵۶
۲ــ۷ــ نمودار فازی فشارــ آنتالپی ۵۹
فصل سوم: کمپرسورها ۶۲
۳ــ۱ــ انواع کمپرسورهای متداول سیستم تبرید ۶۳

۲ـ۳ـ روش‌های کنترل ظرفیت ۷۰
۳ـ۳ـ تعیین قدرت کمپرسور ۷۲
فصل چهارم: کندانسرها ۷۴
۱ـ۴ـ انواع کندانسرها ۷۶
۲ـ۴ـ انتخاب کندانسینگ یونیت ۸۴
فصل پنجم: کنترل‌کننده‌های مایع مبرد ۸۶
۱ـ۵ـ لوله مویین ۸۸
۲ـ۵ـ شیر انبساط خودکار ۸۹
۳ـ۵ـ شیر انبساط ترموستاتیک ۹۰
۴ـ۵ـ انتخاب لوله مویین ۹۳
فصل ششم: اواپراتورها ۹۵
۱ـ۶ـ کاربرد اواپراتورها ۹۶
۲ـ۶ـ انواع اواپراتور از نظر نوع تغذیه ۹۷
۳ـ۶ـ انواع اواپراتور از نظر جریان هوا ۹۷
۴ـ۶ـ انواع اواپراتور از نظر نوع ساخت ۹۸
۵ـ۶ـ پخش‌کننده‌ها در اواپراتور ۱۰۰
۶ـ۶ـ برفک‌زدایی یا دیفراست ۱۰۲
۷ـ۶ـ انتخاب اواپراتور ۱۰۴
فصل هفتم: تجهیزات جانبی دستگاه‌های سردکننده ۱۰۷
۱ـ۷ـ جداکن روغن ۱۰۸
۲ـ۷ـ مخزن مایع سرمازا ۱۰۹
۳ـ۷ـ فیلتر درایر ۱۱۰
۴ـ۷ـ مبدل گرمایی ۱۱۲
۵ـ۷ـ شیرهای سرویس رانش و مکش کمپرسور ۱۱۳
فصل هشتم: مواد سرمازا و روغن‌ها ۱۱۵
۱ـ ۸ ـ تاریخچه ۱۱۶
۲ـ ۸ ـ سرمازاها ۱۱۷
۳ـ ۸ ـ سرمازاها و محیط زیست ۱۲۱
۴ـ ۸ ـ شماره‌گذاری سرمازاها برابر استاندارد ASHRAE۳۴ ..... ۱۲۸
۵ـ ۸ ـ سرمازاهای خوب ۱۳۰
۶ـ ۸ ـ کد رنگی سرمازاها ۱۳۲
۷ـ ۸ ـ سرمازاهای کرایوژنیک ۱۳۲
۸ـ ۸ ـ روانکاوی و روغن‌های تبرید ۱۳۳

فصل نهم: کنترل‌ها ۱۳۶
۱ـ۹ـ ترموستات ۱۳۷
۲ـ۹ـ تایمر دیفراست ۱۳۸
۳ـ۹ـ رله ولتاژ ۱۴۰
۴ـ۹ـ اورلود ۱۴۲
۵ـ۹ـ کنترل فشار کم (L.P.O) ۱۴۴
فصل دهم: دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری ۱۴۷
۱ـ۱۰ـ یخچال ۱۴۸
۲ـ۱۰ـ آب‌سردکن ۱۵۳
۳ـ۱۰ـ یخچال ویترینی ۱۵۶
۴ـ۱۰ـ محاسبه برآورد بار سرمایی یخچال و فریزر ۱۵۷
۵ـ۱۰ـ سردخانه (اتاق‌های سرد) ۱۵۷
۶ـ۱۰ـ برآورد بار سرمایی سردخانه ۱۵۸
فصل یازدهم: دستگاه‌های تهویه مطبوع ۱۶۰
۱ـ۱۱ـ تاریخچه ۱۶۱
۲ـ۱۱ـ ویژگی‌های هوا و سایکرومتری ۱۶۲
۳ـ۱۱ـ آسایش گرمایی ۱۶۶
۴ـ۱۱ـ پمپ گرمایی ۱۶۹
۵ـ۱۱ـ بار سرمایی ساختمان ۱۷۱
۶ـ۱۱ـ سردکننده تبخیری ۱۷۴
فصل دوازدهم: سیستم‌های دیگر تبرید ۱۷۷
۱ـ۱۲ـ سیستم جذبی کریر ۱۷۸
۲ـ۱۲ـ یخچال جذبی ۱۸۰
۳ـ۱۲ـ سردسازی ترموالکتریک ۱۸۱
منابع و مآخذ ۱۸۴

مقدمه

به نام خدا

معلم چو کانونی از آتش است　　همه کار او سوزش و سازش است

همی سوزد از مهر و گرمی دهد　　به سنگین دلان درس نرمی دهد

نه برکس امید و نه از کس هراس　　نخواهد به جز دیدهٔ حق شناس

نظام وفا

امروزه همراه با کتاب درسی، کتاب دانش‌آموز، نرم‌افزار آموزشی و کتاب معلّم تهیه می‌شود که به این مجموعه بسته آموزشی می‌گویند. با استفاده از بسته آموزشی، دانش‌آموز نقش فعال‌تری در کلاس پیدا می‌کند و معلّم فرصت می‌یابد روش‌های مختلف یاددهی و یادگیری را در تدریس به‌کار بندد، دانش‌آموز با علاقهٔ بیشتری در کلاس درس حاضر می‌شود و در نهایت بهره‌وری آموزشی و راندمان کار کلاس افزایش می‌یابد. با تألیف کتاب راهنمای معلّم برای کتاب تأسیسات برودتی گامی برای تهیه بسته آموزشی این درس برداشته شده‌است. امید است با تهیه نرم‌افزار آموزشی و کتاب دانش‌آموز بسته آموزشی این درس کامل شود.

کتاب معلّم تأسیسات برودتی در دو بخش تهیه شده است بخش اول تحت عنوان «گزیده‌هایی از روش‌های یاددهی و یادگیری» است که از کتاب‌های نوشته شده در این زمینه برداشت شده‌است.

بخش دوم تحت عنوان «کتاب معلم تأسیسات برودتی» همانند کتاب درسی آن در دوازده فصل نوشته شده‌است هر فصل عمدتاً دارای زیرفصل‌هایی به شرح زیر است :

۱ــ پیش‌آزمون : در ابتدای هر فصل و پیش از آغاز تدریس با پرسش‌هایی از دانش‌آموزان پیش‌آزمون انجام می‌شود. دانش‌آموزان با پاسخ‌گویی به این پرسش‌ها به طور غیر مستقیم وارد بحث اصلی می‌شوند. هدف درست بودن پاسخ‌های آنان نیست هدف این است که با پاسخ‌گویی به این پرسش‌ها موجب بارش فکری در زمینه درس شود و همکاری آنها را با معلّم بیشتر کند. استفاده دیگر آن آگاهی یافتن معلّم به دانسته‌های پیشین دانش‌آموزان است تا بدین ترتیب تدریس را با دانش و توانایی دانش‌آموزان متناسب کند.

۲ــ راهنمای تدریس : چگونگی بیان و شرح موضوع درس است که از طرف مؤلفان پیشنهاد می‌شود. این پیشنهاد در جایی است که ارائه مطلب در کتاب مبهم یا سنگین است و نیاز به توضیحی افزون بر کتاب دارد یا مؤلف روش بهتری برای تدریس پیشنهاد می‌نماید.

۳ــ دانش‌افزایی : مطالبی که به عنوان دانش‌افزایی آمده است در سطح بالاتری از کتاب درسی هستند و آوردن آنها در کتاب درسی هم از نظر زمان تدریس و هم از نظر تناسب با توانایی ذهنی هنرجویان ضرورت نداشته‌است. هدف از آوردن دانش‌افزایی کمک به همکارانی است که فرصت مراجعه به کتاب‌های مرجع را پیدا نمی‌کنند. آگاهی به این مباحث اشراف آنان بر مباحث درسی کتاب را بیشتر می‌کند.

آنچه در این کتاب آمده است پیشنهادی و در حد بضاعت مؤلفان بوده‌است امیدواریم این کتاب آغازی باشد بر کتاب‌های راهنمای تدریس دیگر که به دست توانای همکاران نوشته شود. چشم‌به‌راه راهنمایی‌ها، انتقاد و پیشنهادهای ارزنده همکاران و سایر صاحب‌نظران هستیم.

خدای را سپاس می‌گوییم که توفیق نوشتن این کتاب را روزی‌مان نمود.

و من اللّه التوفیق

بخش اوّل

گزیده‌هایی از روش‌های یاددهی و یادگیری

گزیده‌هایی از روش‌های یاددهی و یادگیری

درس معلّم ار بود زمزمه محبتی جمعه به مکتب آورد طفل گریزپای را

«در مباحث مدیریت کلاس، مقوله‌ای که کمتر بدان توجه می‌شود، مبحث روانشناسی اجتماعی کلاس است به طور معمول، دانش‌آموزان و معلّمان نیمی از ساعات بیداری خود را در مدرسه و کلاس می‌گذرانند و در آنجا، همانند سایر محیط‌های اجتماعی، با یکدیگر تعامل دارند. این تعامل در ارتباط برقرار کردن معلّم با دانش‌آموزان، دانش‌آموزان با معلّم، دانش‌آموزان با یکدیگر و سرانجام با انواع مطالب و مواد درسی تجلی می‌یابد.

معلّمان گزارش می‌دهند که هر کلاس ویژگی خاص و منحصر به‌فردی دارد که آن را از سایر کلاس‌ها متمایز می‌کند. به‌همین دلیل، دانش‌آموزان اظهار نظرها و قضاوت‌های متفاوتی درباره کلاس‌های گوناگون دارند و هنگامی که درباره خاطرات دوران تحصیل صحبت می‌کنند، برخی کلاس‌ها را عالی، بعضی را متوسط و پاره‌ای را بد به‌شمار می‌آورند. بدون تردید، همه آنچه دانش‌آموزان از کلاس‌ها به یاد می‌آورند، درباره چیزهایی که معلّم به آنان آموخته است نیست، بلکه مربوط به ابعاد روانی‌ــاجتماعی کلاس است.

به‌طور کلی، یک کلاس درس را می‌توان نظامی پویا دانست که ساختار سازمان و هنجارهای خاص خود را دارد. کلاس‌ها، ممکن است در ظاهر همانند یکدیگر به‌نظر آیند، اما در واقع چنین نیست و هر کلاس، همانند اثر انگشت ویژگی خود را دارد و بی‌همتاست. همچنین، هر کلاس، شیوه و الگوهای ارتباطی و محدوده‌های خود را دارد و چنین به‌نظر می‌رسد که عواملی نامرئی رفتار اعضای کلاس را هدایت و کنترل می‌کنند. با اینکه کلاس‌ها هرروز شکلی متفاوت با روزهای قبل می‌گیرند، در هر کلاس قدری ثبات، پایداری و تداوم وجود دارد که از پیشینه افراد آن سرچشمه می‌گیرد.

روش‌ها و ساختارهایی که معلّمان برای بنا نهادن و برقراری کلاس برمی‌گزینند عوامل بسیار مهمی‌اند که بر چگونگی تشکیل کلاس و نحوه اجرای آموزش‌های درسی و اجتماعی اثر می‌گذارند. اتخاذ شیوهٔ مناسب برای ایجاد کلاس‌های «ثمربخش» نیز از جمله مسئولیت‌های معلّمان است و چنین کلاسی دارای سه ویژگی است :

۱ــ محیطی است که در آن دانش‌آموزان نسبت به خودشان، هم‌کلاسی‌هایشان و کلاس درس به عنوان یک گروه اجتماعی احساس مثبت دارند.

۲ــ به گونه‌ای سازمان‌یافته است که ساختار و روش‌های آن، نیازهای دانش‌آموزان را برآورد می‌سازد و نیز مکانی است که در آن دانش‌آموزان تکالیف و وظایف خود را انجام می‌دهند و با معلّم و دانش‌آموزان همیاری و کار می‌کنند.

۳ــ محیطی است که در آن دانش‌آموزان به کسب دانش و مهارت‌های فردی و اجتماعی نایل می‌شوند.

آرزوی هر معلّم داشتن کلاسی با ویژگی‌های گفته شده در بالاست و لذّت‌بخش‌ترین لحظه هنگامی است که معلّم با احساس رضایت از کار خود از کلاس خارج می‌شود و حس می‌کند که دانش‌آموزان از اینکه در کلاس او بوده‌اند خرسند هستند.

برای رسیدن به چنین جایگاهی عوامل زیادی باید دست‌به‌دست هم دهند از جمله آنها داشتن علاقه به تدریس است، عامل دیگر مهارت و دانش در موضوع تدریس است عامل سوم را می‌توان آشنایی به روش‌ها و فنون یاددهی و یادگیری و به‌کاربستن آنها دانست.

به همکاران ارجمند توصیه می‌کنیم که کتاب‌ها و مقالاتی را که در زمینه روش‌های یاددهی و یادگیری نوشته شده‌است مطالعه کنند و آنها را در مدیریت کلاس به‌کار بندند و خود را به‌جایی برسانند که به گفته پاستور در پایان دوران تدریس «با صدای بلند اعلام کنند که من آنچه در توان داشتم انجام دادم».

مزرع سبز فلک دیدم و داس مه نو — یادم از کشتهٔ خویش آمد و هنگام درو
گفتم ای بخت بخسبیدی و خورشید دمید — گفت با این همه از سابقه نومید مشو
گر روی پاک و مجرد چو مسیحا به فلک — از چراغ تو به خورشید رسد صد پرتو

حافظ

در این بخش مواردی کاربردی از کتاب‌های نوشته شده در زمینهٔ یاددهی و یادگیری برگزیده‌ایم و امیدواریم مفید فایده افتد.

۱ جریان تدریس[۱]

متخصصان مهارت‌آموزی، تدریس را به‌عنوان یک جریان تلقی نموده و برای آن چهار مرحله بنیادی ترسیم نموده‌اند.

۱ــ آمادگی[۲]
۲ــ ارائه مطالب[۳]
۳ــ کاربرد (کاربست)[۴]
۴ــ امتحان و سنجش[۵]

اجازه دهید هریک از این مراحل را به‌طور خلاصه بیان نماییم.

مرحله اول: آمادگی

احتیاج به گفتن ندارد که یک معلّم خوب باید تکالیف و وظایف مربوط به شغل خویش را به خوبی انجام دهد. معلّم باید نسبت به مطالبی که می‌خواهد ارائه دهد تسلّط کامل داشته باشد و روش تدریس و ترتیب ارائه مطالب را از قبل دقیقاً تنظیم و برای کلاس آماده نماید. نخستین هدف در مرحله آمادگی جلب توجه و ایجاد انگیزه و رغبت می‌باشد: برای تحقق این هدف راه‌های ذیل پیشنهاد می‌گردد:

الف: در تدریس خویش از وسایل کمک آموزشی استفاده نمایید.
ب: از ضرب‌المثل‌ها در ارتباط با موضوع مورد تدریس استفاده نمایید.
ج: در ارائه مطالب‌تان از روش یادگیری بصری (بر مبنای دیدن) بیشتر استفاده نمایید.
د: از دانش و تجربیات دانش‌آموزان در ارتباط با موضوع مورد تدریس حداکثر بهره‌برداری را نمایید.

معلّم باید کاربرد مطالب مورد تدریس را برای مشاغل آینده دانش‌آموزان تجزیه و تحلیل نماید. این عملکرد به ما کمک می‌نماید که دانش‌آموزان مشتاقانه به مطالب گوش فرا دهند و به ضرورت نیاز آن درس پی ببرند. ضمناً یک معلّم خوب باید خود را به‌جای دانش‌آموز قرار دهد و از آن دیدگاه نیز به مسئله تدریس و محتوی با توجه به امکانات و محیط آموزش بنگرد. قبل از شروع درس

۱ــ از کتاب جزئیات روش‌های تدریس، تألیف نادرقلی قورچیان

۲–Preparation
۳–Presentation
۴–Application
۵–Testing

لازم است معلّم به معرّفی خویش پرداخته و از یکایک دانش‌آموزان بخواهد که شمه‌ای از سابقه تحصیلی و تجربیات‌شان را در اختیار وی قرار دهند. بزرگ‌ترین حسن این عمل این است که وقتی به ارسال پیامتان می‌پردازید خصوصیات گیرنده دانش‌آموز را در مد نظر خواهید داشت و ارتباط بهتر و مؤثرتری را برقرار خواهید ساخت.

عدم توجه به مفاهیم فوق که مربوط به مرحله آمادگی بود منجر به عدم علاقه دانش‌آموزان، عدم ارتباط، بی‌ارزش شدن درس و کسل کنندگی محیط خواهد گردید و به عکس توجه به مفاهیم فوق لوح سفید ذهن دانش‌آموزان را آماده پذیرش مطالب شما خواهد ساخت. مفاهیم اساسی مرحله آمادگی به‌طور دستورالعمل‌های زیر خلاصه می‌شود :

۱ــ به ایجاد رغبت در دانش‌آموزان بپردازید.

۲ــ مطالب مورد تدریس را با شغل آینده دانش‌آموزان ارتباط دهید.

۳ــ مطالبی را برای دانش‌آموزان آماده نمایید که برای آنان معنادار و قابل‌فهم باشد.

۴ــ از زمینه ذهنی دانش‌آموزان به عنوان ابزار تدریس استفاده نمایید.

مرحله دوم: ارائه مطالب

در این مرحله نقش اساسی معلّم در ارائه مطالب جدید با استفاده از روش‌های متفاوت و با توجه به زمینه قبلی دانش‌آموزان می‌باشد.

در مرحله قبل یعنی مرحله آمادگی، معلّم مطالب و محتوای مورد تدریس را آماده کرده و از میان روش‌های مختلف تدریس (روش سخنرانی، روش نمایش دادن، روش کنفرانس، روش اجرا کردن، روش شاگردــاستادی و روش چند حسی) روشی را انتخاب کرده است و در این مرحله مطالب و محتوای درس را با توجه به بهترین روش تدریس با در نظر گرفتن تعداد دانش‌آموزان عملاً ارائه می‌دهد.

معلّم باید در ارائه مطالب از شیوه‌های سمعی و بصری استفاده نماید چراکه برخی از دانش‌آموزان از طریق دیدن بهتر یاد می‌گیرند و برخی از طریق شنیدن، به طور خلاصه در این مرحله، معلّم باید :

۱ــ به ارائه مطالب جدید بپردازد.

۲ــ مهارت‌ها و دانش‌ها را تشریح و تحلیل نماید.

۳ــ روش کار خویش را دقیقاً برای دانش‌آموزان توضیح دهد.

۴ــ از مناسب‌ترین روش تدریس استفاده نماید.

مرحله سوم: کاربرد (کاربست)

در این مرحله دانش‌آموز باید مطالب و مهارت‌هایی را که یادگرفته به کلاس و به معلّم مربوطه ارائه دهد. در حالی‌که دانش‌آموز در حال انجام دادن و ارائه مطالب است معلّم باید به دانش‌آموز کمک کند تا اشکالاتش مرتفع گردد. در دروس عملی دانش‌آموز عملاً کار را انجام می‌دهد و در دروس تئوریک به‌صورت شفاهی و یا کتبی مرحله به مرحله دروس تدریس شده توسط معلّم را با کلام خویش بیان می‌نماید.

توجه داشته باشید که ملاک شما برای تشخیص اینکه دانش‌آموزان مهارت‌های فنی و ذهنی دروس شما را فراگرفته‌اند انجام مجدد کار عملی و تئوریک به طور صحیح توسط آنان می‌باشد.

زیرا اگر دانش‌آموز کاری را یک‌بار درست انجام داد ممکن است آن‌را تصادفاً و یا از روی حدس و احتمال انجام داده باشد، اما اگر مجدداً وی را آزمایش نمایید و هردو پاسخ را صحیح مشاهده نمودید عملکرد شما از اعتبار علمی برخوردار خواهد بود. ضمناً در این مرحله اگر دانش‌آموزان اشکالاتی داشتند معلّم باید درس را تکرار کرده و به رفع معضلات دانش‌آموزان بپردازد.

خلاصه کلام در مرحله سوم چنین است :

۱ــ دانش‌آموز باید مطالبی را که توسط معلّم فراگرفته است در کلاس ارائه دهد.

۲ــ معلّم به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا دچار یادگیری غلط و لغزش علمی نگردند.

۳ــ در صورت ضرورت معلّم درس را تکرار می‌نماید.

۴ــ معلّم ادراک دانش‌آموزان را از طریق سؤالات گوناگون می‌سنجد و به سؤالات دانش‌آموزان نیز پاسخ می‌دهد.

۵ــ نشانه استنباط و ادراک دانش‌آموزان از مهارت‌های فنی و ذهنی حداقل دوبار انجام صحیح کار یا حل مسئله می‌باشد.

مرحله چهارم: امتحان و سنجش

در این مرحله از جریان تدریس دانش‌آموز مورد ارزیابی رسمی و نهایی قرار می‌گیرد برخلاف مرحله سوم، در این مرحله یعنی در طی امتحان نباید هیچ‌گونه کمکی به دانش‌آموزان صورت گیرد.

امتحان و سنجش دانش‌آموزان به‌طور کلی به نتایج زیر منجر می‌شود :

۱ــ دقیقاً تعیین می‌نماید که دانش‌آموزان تا چه حد مطالب را فراگرفته‌اند و سطح دانش، درک و کاربرد آنان چه میزان است.

۲ــ نقاط ضعف دانش‌آموزان را برای ما روشن می‌سازد.

۳ــ موجب تقویت آنچه که دانش‌آموزان فراگرفته‌اند می‌گردد.

۴ــ به نوبه خود به عنوان یک عامل انگیزش تلقی می‌گردد.

کوتاه سخن اینکه : رعایت مراحل مختلف جریان تدریس به ما کمک می‌کند که از تجربه آزمایشگاه تربیتی انسان‌ها استفاده نموده و خود را به روش منظم و مرحله‌ای جریان تدریس (یعنی مراحل آمادگی، ارائه مطلب، کاربرد و امتحان) مسلح نماییم.

۲ راهکارهایی در مدیریت کلاس[۱]

رفتار معلّم در شروع تدریس (سه هفته اوّل) بسیار اهمیت دارد؛ یعنی اگر سنجیده و درست باشد، آثار مثبت و اگر نادرست باشد آثار منفی بر یادگیری دانش‌آموزان خواهد داشت؛ بنابراین، معلّمان باید در هفته‌های نخست سال یا نیم‌سال تحصیلی رهنمودهای زیر را به کار گیرند تا مدیریت اثر بخش‌تری در کلاس داشته باشند :

- برنامه‌های سالانه، نیم سال، ثلث، ماه و هفته را برای دانش‌آموزان شرح دهید.
- مکان‌هایی مانند کتابخانه، آزمایشگاه و کارگاه مدرسه را به دانش‌آموزان نشان دهید و نحوه استفاده از آنها را توضیح دهید.
- نحوهٔ امتحان گرفتن از درس و آیین‌نامه امتحانات و شرایط قبولی، تجدیدی و مردودی را توضیح و نیز نمونه سؤال‌ها را ارائه دهید.
- مقررات غیبت کردن دانش‌آموزان، تأخیر در انجام دادن تکلیف، امتحان گرفتن و نمره دادن را اعلام کنید.
- ساعات رسمی کلاس را اعلام کنید و به آن پایبند باشید.
- هرروز یک دانش‌آموز را انتخاب و اطلاعاتی درباره او کسب کنید.
- از دانش‌آموزان بخواهید تا درباره رویدادهای مهمی که در زندگی شخصی و خانوادگی‌شان رخ داده است مطلبی بنویسند یا بگویند.
- از آنان سؤال کنید که در طول تابستان چه کتاب‌هایی مطالعه کرده‌اند.

۱ــ از کتاب روش‌ها، فنون و الگوهای تدریس؛ تألیف امان اللّه صفوی

- در صورت غایب بودن دانش‌آموزان، به وسیله یادداشت یا با تلفن با خانواده آنان ارتباط برقرار کنید.
- مطالب را تکرار کنید، زیرا دانش‌آموزان باید حداقل، سه بار مطالب را بشنوند، بخوانند یا ببینند تا به خاطر بسپارند.
- فرصت دهید تا دانش‌آموزان پیشرفت یادگیری خود را به نمایش بگذارند.
- رفتارهای پسندیده را با تحسین کردن، ستاره دادن و نوشتن جمله‌های تحسین‌آمیز تشویق کنید.
- دانش‌آموزان را به اظهار نظر و نقد کارهای یکدیگر (انشاء، مقاله، سؤال‌های امتحانی، نقاشی و ...) تشویق کنید.
- صندوق پیشنهادات و اظهار نظرهایی را در انتهای کلاس قرار دهید و دانش‌آموزان را به ارائه نظر درباره درس و کلاس ترغیب کنید.
- برای امتحانات مهم به اندازه کافی به دانش‌آموزان فرصت بدهید تا برای آزمون آماده شوند.
- در مواردی دانش‌آموزان را به کارهای گروهی مشغول سازید.
- از دانش‌آموزان بخواهید مطالب مرتبط با درس را از روزنامه‌ها و مجله‌ها انتخاب کنند و به کلاس بیاورند و در تابلوی مخصوص نصب کنند.
- اسامی دانش‌آموزان را یاد بگیرید و از دانش‌آموزان بخواهید اسامی یکدیگر را یاد بگیرند.
- از دانش‌آموزان کلاس عکس دسته جمعی بگیرید و آن را در کلاس، دفتر مدرسه و کتابخانه و آزمایشگاه نصب کنید.
- به دانش‌آموزان کمک کنید تا گروه‌های مطالعه تشکیل دهند و در خارج از مدرسه با یکدیگر کار کنند.
- کلاس را به‌موقع شروع کنید.
- از دانش‌آموزان، پیش‌آزمون به عمل آورید و نقاط قوت و ضعفشان را مشخص کنید.
- سخنان خود را با یک معما، سؤال، تصویر، فیلم و سایر مواردی که به موضوع درس مربوط می‌شود آغاز کنید تا دانش‌آموزان برای آموختن درس جدید آماده شوند.
- سؤال‌های دانش‌آموزان را روی تخته فهرست کنید و در کلاس به آنها پاسخ دهید.
- از دانش‌آموزان بخواهید نکات اصلی و مهم سخنان شما را یادداشت کنند.
- از دانش‌آموزان بخواهید که انتظاراتشان را در مورد درس و هدف‌هایشان را در مورد یادگیری بنویسند.
- در هر جلسه روش‌های متفاوت و متنوعی به کار برید.

۳ برنامه‌ریزی طرح درس روزانه[1]

مهم‌ترین و اثربخش‌ترین بخش مدیریت تدریس، داشتن طرح درس روزانه است. طرح درس روزانه برنامه‌ای است مدون و سنجیده که معلّم قبل از تدریس، برای یک جلسه درس تهیه می‌کند؛ دلایل آن مواردی بدین شرح است :

- طرح درس روزانه موجب می‌شود که معلّم فعالیت‌های ضروری آموزشی را به ترتیب و یکی پس از دیگری، در مراحل و زمان‌های مشخص و به شیوه‌ای منطقی پیش ببرد و نتایج حاصل از آن‌را در مراحل بعدی آموزش استفاده کند.
- احتمالاً در مراحل اولیه تدریس، معلّمان تازه‌کار نمی‌توانند همه مراحل تدریس و جزئیات آن‌را به خاطر بسپارند. داشتن طرح درس، این مشکل را برطرف می‌کند. معلّمی که بدون برنامه و آمادگی قبلی به کلاس می‌رود، ممکن است با ناکامی روبه‌رو شود.
- چون طرح درس طبق اصول معین تهیه می‌شود، موجب می‌شود که معلّم به عوامل اصلی جریان تدریس توجه کرده آن را

۱ــ از کتاب روش‌ها، فنون، و الگوهای تدریس؛ تألیف امان اللّه صفوی

فراموش نکند.

- طرح درس موجب می‌شود که معلّم با اعتماد بیشتری در کلاس حاضر شود.
- طرح درس توجه معلّم را به انتخاب روش‌ها و فنون و الگوهای مناسب تدریس برای درس‌های مختلف جلب می‌کند.
- در جریان تهیه طرح درس، معلّم فرصت خواهد داشت تا مشکلات احتمالی تدریس را پیش‌بینی کند.
- وجود طرح درس، موجب می‌شود که ارزشیابی تدریس معلّم به وسیله ارزشیابان، مانند راهنمایان تعلیماتی، بازرسان به آسانی صورت گیرد.

دوازده گام برای تهیه طرح درس

گام ۱. تعیین مشخصات کلی شامل : موضوع درس، پایه تحصیلی، زمان تدریس، تاریخ تدریس، نام مدرسه و نام معلّم

گام ۲. تعیین هدف درس : برای اینکه مطمئن شوید طرح درس شما همان چیزی است که می‌خواهید آموزش دهید، باید با توجه به اصول و فنون طبقه‌بندی هدف‌های شناختی، عاطفی و مهارتی که در این کتاب آمده است، هدف‌های طرح درس خود را بنویسید.

گام ۳. تعیین رفتار ورودی یا پیش‌آموخته‌ها : به طور معمول رفتار ورودی آموخته و توانایی‌هایی است که دانش‌آموزان قبل از شروع درس جدید باید آنها را کسب کرده باشند تا بتوانند درس جدید را فراگیرند. در حقیقت، رفتار ورودی پیش‌نیاز لازم برای یادگیری درس جدید است. اگر معلّم از میزان معلومات و مهارت‌های قبلی دانش‌آموزان آگاه نباشد، ممکن است عده‌ای از آنان درس جدید را درک نکنند؛ بنابراین، معلّم پس از تعیین هدف‌های درس جدید، باید از خود سؤال کند : دانش‌آموزان برای رسیدن به این هدف یا هدف‌ها باید چه چیزهایی را از پیش آموخته باشند.

شایان ذکر است که معلّم، رفتار ورودی یا پیش‌دانسته‌های لازم برای درس جدید را به‌هنگام تهیه طرح درس و پیش از رفتن به کلاس و اجرای تدریس تعیین می‌کند؛ زیرا او تا این هنگام نمی‌داند که دانش‌آموزان به چه میزان از رفتار ورودی و دانش و مهارت پیش‌نیاز برای یادگیری درس جدید برخوردارند، فقط می‌تواند تشخیص دهد که آنان قبل از آموختن درس جدید باید درس‌های قبل را آموخته باشند تا بتوانند درس جدید را فراگیرند. معلّم پس از تهیه آزمون رفتار ورودی، که شرح آن به دنبال خواهدآمد و همچنین بعد از اجرای آن آزمون به میزان دانش و مهارت پیش‌نیاز دانش‌آموزان برای آموختن درس جدید پی خواهدبرد.

گام ۴. تعیین آزمون رفتار ورودی : پس از تعیین رفتار ورودی و پیش‌دانسته‌های لازم برای درس جدید که در مرحله بالا (مرحله ۳) تشریح شد، معلّم باید درباره نوع آزمونی که می‌خواهد به وسیله آن دانش و مهارت پیش‌نیاز دانش‌آموزان را ارزیابی یا امتحان کند تصمیم بگیرد. سؤال‌های آزمونی رفتار ورودی می‌توانند از نوع شفاهی، انشایی، چهارگزینه‌ای، عملی یا آزمایشگاهی باشند.

گام ۵. انتخاب مواد و وسایل آموزشی یا رسانه‌ها : انتخاب رسانه‌ها برای تکمیل طرح درس ضرورت دارد. رسانه وسیله‌ای‌است که سبب ایجاد ارتباط بین پیام‌دهنده و پیام‌گیرنده می‌شود. رسانهٔ مناسب، به خلق شرایط مطلوب برای یادگیری کمک می‌کند و سبب تقویت آن می‌شود. رسانه، به مفهوم معنی وسیع کلمه، جامعه، مدرسه، معلّم و حتی خود دانش‌آموزان نیز هست. اما در مفهوم محدودتر، کتاب درسی، بریده روزنامه‌ها و مجلات، تصاویر، جداول، نقشه‌ها، وسایل آزمایشگاهی، اشیای موجود در موزه‌ها و اماکن تاریخی، نوارهای ضبط صوت، فیلم‌ها، تلویزیون، رایانه و... جزء رسانه‌ها محسوب می‌شوند.

معلّم باید با توجه به هدف‌های طرح درس از میان انواع مواد و وسایل آموزشی، مناسب‌ترین آنها را که دارای ویژگی‌های فنی باشند، انتخاب کند : ۱) توانایی انتقال پیام مورد نظر، ۲) قابلیت حمل و نقل، ۳) در دسترس بودن، ۴) اقتصادی بودن و ۵) رجوع پذیری.

به طور کلی، همه رسانه‌ها، توانایی انتقال هر نوع پیامی را ندارند. برای مثال، با استفاده از تخته و گچ رنگی می‌توان قسمت‌های مختلف یک گل را نشان داد، اما نمی‌توان جریان باز شدن گل را هم روی تخته نشان داد. از سوی دیگر، برای نمایش قسمت‌های مختلف یک گل، خود گل در مقایسه با تصویر آن، رسانه بهتری است، اما اگر گل مورد نظر از انواع گل‌هایی باشد که در محل آموزش

یافت نشود، تخته برای نشان دادن تصویر آن مناسب است.

فرض کنید، در درس جغرافیا هدف معلّم، آشنا کردن دانش‌آموزان با خصوصیات مردم چین باشد. ظاهراً، بهترین کار این است که معلّم، دانش‌آموزان را به کشور چین ببرد و از نزدیک آنان را با زندگی مردم آن کشور آشنا کند. اما بدیهی است که چنین برنامه‌ای نه‌تنها عملی نیست، بلکه از نظر اقتصادی هم میسر نیست. در این‌گونه موارد، نمایش دادن یک فیلم درباره مردم چین انتخاب مناسبی است؛ البته در صورتی که امکانات آن فراهم باشد، مانند بودن فیلم مورد نظر و پروژکتور و قیمت مناسب اجارهٔ آن و نیز آشنایی معلّم یا دانش‌آموزان با روش استفاده از آن.

در مثال بالا تصور کنید که معلّم فیلم را به عنوان رسانه انتخاب می‌کند و به‌وسیله آن می‌کوشد تا شاگردان را به هدف آموزشی برساند. چند روز بعد، یک یا چند تن از شاگردان در مورد مردم چین سؤال می‌کنند و معلّم سعی می‌کند که بار دیگر فیلم را نشان دهد، ولی متوجه می‌شود که فیلم مزبور فقط همان‌روز در اختیار بوده و پس از آن به محل دیگری ارسال شده‌است.

بنابراین، تمام رسانه‌ها به یک اندازه رجوع‌پذیری ندارند. کتاب درسی یکی از رسانه‌هایی است که قابلیت رجوع‌پذیری دارند؛ زیرا همیشه در اختیار است. با وجود این، معلّم نباید به این دلیل که کتاب به آسانی در اختیار قرار می‌گیرد از سایر رسانه‌ها صرف‌نظر کند.

گام ۶. تعیین کارهای مقدماتی : به طور معمول، معلّم باید قبل از شروع تدریس به کارهای مقدماتی بپردازد، مانند : حضور و غیاب، بازدید تکالیف درسی و اطمینان از سلامت جسمی و روانی دانش‌آموزان و نیز دادن تذکر و یادآوری‌ها، لازم است معلّم از قبل آنها را در طرح درس پیش‌بینی و یادداشت کند؛ البته مدت این کارها نباید زیاد طولانی باشد، زیرا درنگ‌های طولانی علاوه بر اینکه از زمان یادگیری می‌کاهند، اشتیاق دانش‌آموزان را برای آموختن کاهش می‌دهند.

گام ۷. تعیین مطالب و روش آماده‌سازی و ایجاد انگیزه برای یادگیری : معلّم باید در طرح درس خود، روشی برای ایجاد علاقهٔ یادگیری در دانش‌آموزان را در نظر گیرد. او باید طی مقدمه‌ای، انگیزه و شوق آموختن را ایجاد کرده، آنان را برای توجه کردن و آموختن درس آماده کند. همچنین در طرح درس خود مشخص کند که با چه مطلب و روشی می‌خواهد این آماده‌سازی و ایجاد انگیزه را انجام دهد.

گام ۸. تعیین گام به گام ارائه درس جدید : تعیین گام به گام مراحل ارائه درس جدید به‌صورت فهرستی است از کارهای اساسی که باید در کلاس انجام شود و نوشتن آنها در طرح درس ضرورت دارد، اما لازم نیست همهٔ جزئیات آن ذکر شود. برای مثال، اگر موضوع درس، آموختن جمع یک‌رقمی بدون انتقال ۳+۲ باشد، معلّم این مراحل را انجام می‌دهد : او به هر دانش‌آموز دو مکعب آموزشی می‌دهد و از آنان می‌پرسد چند مکعب دارید؟ که دانش‌آموزان باید عدد ۲ را بنویسند؛ سپس معلّم سه مکعب دیگر به دانش‌آموزان می‌دهد و از آنان سؤال می‌کند که اکنون چند مکعب دارید؟ که دانش‌آموزان باید عدد ۳ را همراه با علامت + زیر عدد ۲ بنویسند و یک خط زیر آن بکشند؛ سرانجام، معلّم از دانش‌آموزان سؤال می‌کند که در آغاز چند مکعب داشتید، سپس چند مکعب دیگر می‌دهد و از آنان سؤال می‌کند که حالا چند مکعب دارید؟ بنابراین، در پایان مرحله، دانش‌آموزان باید تعداد مکعب‌ها را به طور عینی بشمارند و جمع آنها را بنویسند.

گام ۹. تعیین اختتامیه درس : معلّم باید در پایان درس یک اختتامیه انتخاب کند و آن را در طرح درس خود بیاورد. برای مثال، معلّم در پایان درس جمع اعداد یک‌رقمی، می‌تواند بگوید : اکنون که با جمع کردن آشنا شدید می‌توانید همین جمع‌ها را در برابر والدین خود انجام دهید.

گام ۱۰. تعیین فرصت تمرین : معلّم باید پس از ارائه درس، فرصتی برای تمرین آن در کلاس به دانش‌آموزان بدهد و آن را در طرح درس منظور کند. برای مثال، پس از آموزش جمع ۳+۲ با استفاده از مکعب‌هایی که در اختیار دارند جمع‌های دیگری بسازند.

گام ۱۱. ارزشیابی پس از ارائه درس جدید : همانطور که معلّم پیش از آغاز درس جدید، رفتار ورودی یا پیش‌دانسته‌های

دانش‌آموزان را ارزیابی می‌کند، در پایان درس جدید هم باید از چگونگی یادگیری آنان اطمینان حاصل کند و از پیشرفت جمعی و فردی دانش‌آموزان آگاه شود. بنابراین، لازم است او در طرح درس خود برنامه‌ای برای ارزشیابی داشته باشد.

گام ۱۲. فعالیت‌های جبرانی و تکمیلی : معلّم، پس از انجام دادن ارزشیابی و مشخص کردن نقاط قوت و ضعف یادگیری دانش‌آموزان، باید در طرح درس خود، فعالیت‌ها و تمرین‌های جبرانی برای دانش‌آموزان ضعیف و نیز فعالیت‌های گسترده‌تر و تکمیلی برای دانش‌آموزان قوی در نظر گیرد و برای همه آنان تکلیف شب تعیین کند؛ در اینجا به توضیح این فعالیت می‌پردازیم :

فعالیت‌های تکمیلی از دو بخش تشکیل می‌شود : انتخاب مطلب درباره این‌گونه فعالیت‌ها و نیز گزینش روش‌ها و فنون انجام دادن آنها.

مطلبی که برای تکمیل یک جلسهٔ تدریس انتخاب می‌شود، ممکن است در مورد این هدف‌ها باشد :

- آماده کردن دانش‌آموزان برای درس جلسهٔ بعد.
- خلاصه کردن درس ارائه شده.
- مرور کردن درس؛ مانند آهسته و بی‌صدا خواندن درس به وسیله دانش‌آموز.
- جمع‌بندی نکات و مفاهیم مجزا و ارتباط دادن آنها به یکدیگر.
- دادن تمرین برای کسب مهارت‌هایی که به تمرین نیاز دارد.
- دادن تمرین‌های عملی، مانند انجام دادن کارهای فنی، آزمایش‌های علوم، فعالیت‌های ورزشی.
- فعال کردن دانش‌آموزان برای یادگرفتن درس.
- ارزشیابی (امتحان قوه).

انتخاب روش برای فعالیت‌های تکمیلی در طرح درس

انتخاب روش برای انجام دادن فعالیت‌های تکمیلی به موضوع و هدف درس بستگی دارد. برای مثال، اگر درسی که ارائه می‌شود به جمع‌بندی نیاز دارد، معلّم باید نوع آن را انتخاب کند. آیا جمع‌بندی را به‌طور شفاهی انجام خواهد داد و از دانش‌آموزان خواهد خواست نکات مهم را یادداشت کنند؟ یا اینکه جمع‌بندی را با خلاصه‌نویسی روی تخته انجام خواهد داد؟ یا ممکن است درسی را که معلّم ارائه می‌دهد در پایان به تمرین نیاز داشته‌باشد. برخی از روش‌های متداول برای انجام دادن فعالیت‌های تکمیلی عبارتند از : تمرین، مسئله دادن و تکلیف شب که معلّم باید در طرح درس، گزینش خود را انجام دهد.

اجرای برنامه طرح درس روزانه در کلاس

معلّم پس از آنکه برنامهٔ طرح درس روزانه را تهیه کرد، طبق اجزاء و مراحل آن و در نظر گرفتن و به کارگیری تمام نکات مطالب فصل‌های قبل، به تدریس می‌پردازد. فعالیت‌های معلّم در اجرای برنامه طرح درس، که شرح آن گذشت به سه مرحله تقسیم می‌شود :

مرحله ۱ : در این مرحله فعالیت‌های مقدماتی قبل از شروع درس جدید شامل گام‌های ۲، ۴، ۶ و ۷ (از ۱۲ گام طرح درس) آغاز می‌شود.

مرحله ۲ : فعالیت‌های ضمن ارائه درس جدید، که معلّم باید هدف درس را بیان کند (گام ۲)، دانش‌آموزان را برای توجه یادگیری درس جدید آماده سازد (گام ۷)، درس جدید را با استفاده از وسایل آموزشی (گام ۵) با مراحل گام به گام آن ارائه دهد (گام ۸) و با یک اختتامیه آن را به پایان رساند (گام ۹).

مرحله ۳ : فعالیت‌های پس از ارائه درس جدید که معلّم باید به دانش‌آموزان فرصت دهد تا درس جدید را تمرین کنند (گام ۱۰) سپس از آموخته‌های آنان ارزشیابی به عمل آورد (گام ۱۱) و فعالیت‌های جبرانی و تکمیلی برای دانش‌آموزان تعیین کند (گام ۱۲).

ساختار کلی طرح درس روزانه

مشخصات کلی	پایه تحصیلی :	رشته تحصیلی :	تاریخ اجرا :
	موضوع درس :	صفحه : تا	شماره جلسه :
منابع کمکی :			
اهداف کلی : حیطه شناختی (دانستنی‌ها) حیطه عاطفی (نگرشی) حیطه روانی ــ حرکتی (مهارتی)			

کارهای پیش از تدریس	اهداف رفتاری	اهداف رفتاری	حیطه و طبقه

	فعالیت معلّم	رفتار دانش‌آموز	وسایل	روش تدریس	زمان
کارهای آغازین تدریس	احوال‌پرسی و حضور و غیاب				
	ارزشیابی تشخیصی				
	آماده‌سازی و ایجاد انگیزه				
ارائه درس	ارائه درس جدید				
کارهای پایانی	جمع‌بندی				
	ارزشیابی پایانی				
	تکلیف				

۴ ساختن آزمون‌ها[1]

۱ــ ساختن آزمون‌های انتخابی (الف: چندگزینه‌ای، ب: درست‌ــنادرست، ج: جورکردنی).

الف) ساختن پرسش‌های چند گزینه‌ای

در نوشتن و ساختن پرسش‌های چندگزینه‌ای از دو طریق می‌توان استفاده کرد.

۱) از طریق فرم استفهامی

۲) از طریق فرم عبارت ناقص

مثال برای فرم استفهامی : ساقه سؤال : در کدام‌یک از انواع پرسش‌های زیر آزمایش‌شونده باید پاسخ را تهیّه کند؟

الف) چندگزینه‌ای

ب) درست و نادرست

ج) جورکردنی

د) کوته‌ــپاسخ

مثال برای فرم عبارت ناقص : ساقه سؤال : برای نشان دادن نوع پرسش‌هایی که در آنها لازم است آزمایش شونده پاسخ را تهیه کند می‌توان پرسش

الف) چند انتخابی را ذکر کرد

ب) درست و نادرست را ذکر کرد

ج) جورکردنی را ذکر کرد

د) کوته‌ــپاسخ را ذکر کرد

نکات اساسی که در نوشتن و ساختن پرسش‌های چندگزینه‌ای باید رعایت کرد عبارتند از :

۱ــ ساقه پرسش بایستی برای اندازه‌گیری هدف مهمی طرح ریزی شده باشد.

۲ــ تلاش شود که در ساقه پرسش تنها یک مطلب که به روشنی تدوین شده ارائه گردد.

۳ــ ساقه پرسش را با زبان ساده و روشن بیان کنید.

۴ــ حتی‌الامکان، ساقه پرسش را به صورت مثبت بیان کنید.

۵ــ چنانچه در ساقه پرسش عبارت منفی به کار رفته آن را مورد تأکید قرار دهید.

۶ــ اطمینان حاصل کنید که پاسخ مورد نظر واقعاً درست است یا به روشنی بهترین پاسخ محسوب می‌شود.

۷ــ دقت کنید که همه گزینه‌ها از لحاظ دستوری درست و با ساقه پرسش هماهنگ و با یکدیگر موازی باشند.

۸ــ از اشارات کلامی که بتواند شاگردان را به انتخاب پاسخ درست یا حذف گزینه‌های نادرست راهنمایی کند، خودداری نمایید.

۹ــ از به‌کار بردن لغات مشابه در ساقه گزینه‌ها اجتناب ورزید.

۱۰ــ پاسخ درست را به‌همان عبارتی که در کتاب درسی آمده و یا با جملات قالبی در گزینه‌ها نیاورید.

۱۱ــ از تفصیل بیشتر و نوشتن جزئیات که معمولاً در بیان پاسخ درست به‌کار می‌رود، اجتناب ورزید.

۱۲ــ از گنجاندن کلمات و عبارت‌های مطلق در پاسخ‌ها اجتناب ورزید (مانند همیشه، هرگز، یا هیچ‌یک، فقط...)

۱ــ از کتاب جزئیات روش‌های تدریس ؛ تألیف نادرقلی قورچیان

۱۳ــ از نوشتن دو پاسخ که معنی یکسانی دارند اجتناب ورزید.
۱۴ــ از لغات مخالف و ضد هم که یکی از آنها پاسخ درست باشد اجتناب ورزید.
۱۵ــ لغات تکنیکی که شاگردان نمی‌دانند به‌کار نبرید.
۱۶ــ پاسخ‌ها حتی‌المقدور به زبان شاگردان بیان شود.
۱۷ــ پاسخ‌های همگن بسازید.
۱۸ــ از به‌کار بردن گزینه «همه پاسخ‌های بالا و هیچ‌یک از پاسخ‌های بالا» به‌کلی اجتناب ورزید چون محتوای پرسش و پاسخ دارای هیچ‌گونه پیام و هدفی نیست.

ب) ساختن پرسش‌های درست‌ــنادرست

پرسش درست‌ــنادرست از یک عبارت خبری تشکیل می‌شود که دانش‌آموز باید درباره درست بودن یا درست نبودن مطلب آن داوری کند. فرم اصلی پرسش درست‌ــنادرست را می‌توان در بعضی موارد تغییر داد و از دانش‌آموز خواست که پاسخ خود را به صورت آری‌ــنه، موافق، مخالف، و مانند آنها بیان کند.

مشکلی که برای این پرسش‌ها وجود دارد اینکه چون تنها دو پاسخ وجود دارد. دانش‌آموز غیر مطلع پنجاه درصد برای یافتن پاسخ درست شانس دارد. تنها در مواردی از پرسش‌های درست‌ــنادرست استفاده می‌کنیم که نتوان پرسش‌های چندگزینه‌ای برای اندازه‌گیری برآیندهای مورد نظر به‌کار برد.

مثال برای پرسش درست‌ــنادرست : پرسش درست‌ــنادرست از جمله پرسش‌هایی است که در آنها آزمایش شونده خود پاسخ را تهیه می‌کند؟

از معایب پرسش‌های درست‌ــنادرست :
الف) پرسش‌ها مبهم هستند.
ب) پرسش‌ها اکثراً منجر به آسان شدن بیش از حد می‌شوند.
ج) عامل حدس را افزایش می‌دهند.
در نوشتن پرسش‌های درست‌ــنادرست این مطالب را رعایت کنید :
۱ــ در هر پرسش تنها یک مطلب مهم و اساسی را بیان کنید.
۲ــ یک قسمت از جمله درست و قسمت دیگر نادرست نباشد.
۳ــ از به‌کار بردن اصطلاحات منفی در جاهایی که ضروری نیست اجتناب ورزید مگر اینکه برآیندهای یادگیری ایجاب نمایند.
۴ــ جملات پیچیده را به‌کار نبرید.
۵ــ از به‌کار بردن لغاتی مانند (هر،همه،فقط،نه و هرگز) اجتناب کنید.
۶ــ جملات را کوتاه و همگن بنویسید.

ج) ساختن پرسش‌های جورکردنی[1] : پرسش‌های جورکردنی توانایی دانش‌آموزان را برای جور کردن یا به‌هم پیوستن در موضوعات، ایده‌ها، مفاهیم یا واقعیات مربوط به‌هم اندازه می‌گیرد.

پرسش‌های جورکردنی را جز پرسش‌های چندگزینه‌ای تلقی می‌گردد. در این نوع پرسش به‌جای ارائه پاسخ‌ها تحت ساقه هر پرسش تعداد ساقه در یک ستون و پاسخ‌ها در ستون دیگر ارائه می‌گردد. دانش‌آموز بایستی هر ساقه و پاسخ را که به هم مربوط می‌شود

۱– Matching Items

جلوی ستون مناسب بنویسد.

مثال پرسش‌های جورکردنی :

در پرسش‌های زیر حرف‌های مربوطه در ستون (ب) را در جای مناسب روی خطوط تعیین شده بنویسید.

محل پاسخ	ستون الف	ستون ب
.....	۱ـ بهترین پرسش برای اندازه‌گیری در محاسبه	الف) پرسش جورکردنی
.....	۲ـ نامناسب‌ترین پرسش برای تشخیص دشواری‌های تربیتی	ب) پرسش چندگزینه‌ای
.....	۳ـ انواع مختلف برآیندهای یادگیری را اندازه می‌گیرد.	ج) پرسش درست ــ نادرست

از معایب پرسش‌های جورکردنی :

الف : نوشتن این‌گونه پرسش‌ها برای سطوح بالاتر از دانش مشکل خواهد بود.

ب : پیدا کردن ایده‌هایی که بتوان آنها را به شکل پرسش‌های جورکردنی درآورد مشکل است.

در نوشتن پرسش‌های جورکردنی نکته‌های زیر را رعایت نمایید.

۱ــ فهرست مطالب باید کوتاه باشد و پاسخ‌ها در ستون سمت چپ قرار داده شود.

۲ــ در هر پرسش جورکردنی تنها از مطالب همگن استفاده کنید و پاسخ‌ها همگن باشند.

۳ــ مبنای جورکردن را در دستورالعمل مشخص و تصریح کنید که هر پاسخ را می‌توان یک یا چندبار به‌کاربرد یا اصلاً مورد استفاده قرار نداد.

۴ــ فقط اطلاعات اصولی و اساسی را آزمایش کنید.

۵ــ جواب‌ها را به ترتیب منطقی بنویسید.

۲ــ ساختن پرسش‌های تهیه کردنی

فرم اصلی پرسش‌های تهیه کردنی عبارتند از :

الف : پرسش‌های کامل کردنی

ب : پرسش‌های کوته‌ــ‌پاسخ

ج : پرسش‌های انشایی

الف : ساختن پرسش‌های کامل کردنی : در این‌گونه پرسش‌ها جای خالی در وسط و یا بیشتر در انتهای جمله در نظر گرفته می‌شود که آزمایش شونده باید آن را پر کرده و آن را کامل نماید. در نوشتن پرسش‌های کامل کردنی نکته‌های زیر اساسی به نظر می‌رسد :

۱ــ در هر جمله فقط یک جای خالی بگذارید.

۲ــ جای خالی حتی‌المقدور در پایان جمله باشد.
۳ــ پرسش‌ها را طوری بنویسید که فقط یک پاسخ درست داشته باشند.
۴ــ پرسش‌ها را از روی متن کتاب کپی نکنید.
۵ــ سعی کنید همه جاهای خالی طول یکسان داشته‌باشند.

ب : ساختن پرسش‌های کوته‌ــپاسخ : پرسش‌های کوته‌ــپاسخ پرسش‌هایی هستند که دانش‌آموز بایستی در محلی که داده شده پاسخ کوتاه خود را بنویسد. در پاسخ دادن به آن آزمایش شونده باید به جای انتخاب پاسخ درست، آن‌را تهیه کند. این‌گونه پرسش‌ها برای آزمایش توانایی فراگیران در به یادآوردن واقعیات، مفاهیم اصلی و اصول اساسی به‌کار برده می‌شود.

مثال : در پرسش چندگزینه‌ای قسمتی که مطلب اصلی پرسش را بیان می‌کند چه نامیده می‌شود؟

در نوشتن این نوع پرسش نکات زیر را رعایت کنید :

۱ــ پرسش را طوری بیان کنید که تنها یک پاسخ ساده و مختصر داشته باشد.
۲ــ مطمئن شوید که پاسخ درست به نکته اصلی موضوع مربوط باشد.
۳ــ از آوردن اشارات کلامی خودداری کنید.

۳ــ ساختن پرسش‌های انشایی

پرسش‌های انشایی برای اندازه‌گیری برآیندهای معلوماتی مناسب نیست. اما گاهی ضرورت دارد آزمایش شونده آزادی بیشتری برای پاسخ دادن داشته باشد و منظور ما اندازه‌گیری قدرت ابتکار، خلاقیت، نحوه استدلال، چگونگی مقدمه چیدن و به نتیجه رسیدن و تلفیق کردن و چگونگی بیان کردن باشد از این نوع پرسش استفاده می‌کنیم.

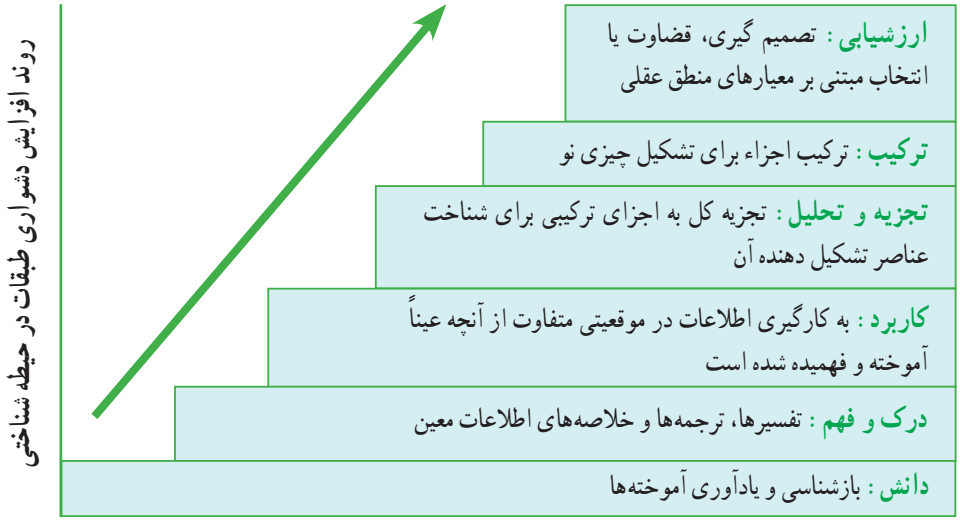
مثال : مزایا و معایب استفاده از پرسش‌هایی انشایی در آزمون را شرح دهید.

از معایب آزمون انشایی این که نمره دادن آن ذهنی است و بر اساس قضاوت شخصی مصحح است و مستلزم صرف وقت زیادی برای تصحیح کردن می‌باشد. نکته دیگر اینکه نمونه‌گیری از محتوای درس محدود خواهد شد زیرا تعداد این‌گونه پرسش‌ها را نمی‌توان زیاد انتخاب کرد نمونه‌گیری‌ها در این روش معرف پیشرفت‌های مورد نظر نخواهد بود و در نتیجه ممکن است پرسش‌هایی در امتحان آید که یک دانش‌آموز تصادفاً فقط همان یک قسمت را مطالعه کرده باشد و دانش‌آموز نمره تصنعی بالایی بگیرد و دانش‌آموز دیگری که تمام قسمت‌های کتاب را خوانده و برای آن قسمت مورد پرسش وقت کمتری صرف مطالعه کرده است نمره‌ای خواهد گرفت که استحقاق بیشتر از آن را داشته است.

۵ طبقه‌بندی بلوم

در طبقه‌بندی بلوم و همکاران هدف‌های آموزشی در سه حیطهٔ شناختی، روانی حرکتی و عاطفی دسته‌بندی شده‌اند که هریک از حیطه‌ها دارای چندین سطح و طبقه آموزشی است.

الف) حیطهٔ شناختی :

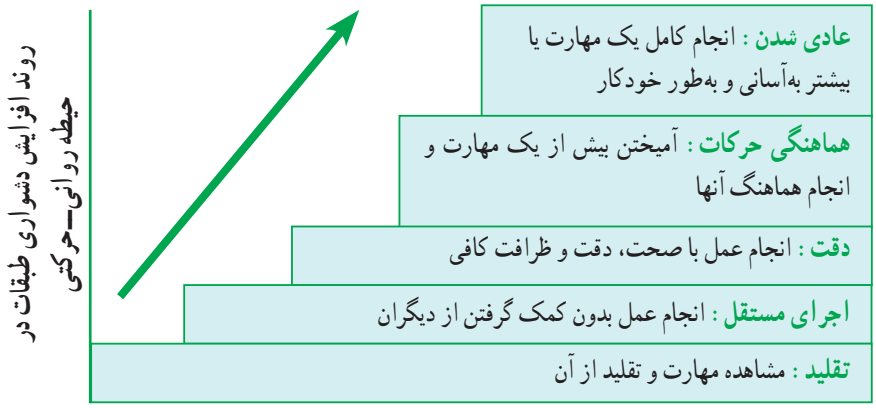


طبقات اصلی در حیطه شناختی

نمونه «هدف‌های کلی آموزشی» و فعل‌های رفتاری هر طبقه در حیطه شناختی

طبقات	هدف‌های کلی آموزشی (نتایج یادگیری)	فعل‌های رفتاری (به‌صورت زمان حال ساده و سوم شخص مفرد)
دانش	اصطلاحات متداول را می‌داند. مفاهیم اساسی را می‌داند. روش‌ها را می‌داند.	تعریف می‌کند، توصیف می‌کند، مشخص می‌کند، فهرست می‌کند. نام می‌برد، تکرار می‌کند، بیان می‌کند. جور می‌کند، نسخه‌برداری می‌کند.
درک و فهم (فهمیدن)	اصول را می‌فهمد. تئوری‌ها را می‌فهمد. قوانین را می‌فهمد.	مثال می‌زند، حل می‌کند،ترجمه می‌کند، برگردان می‌کند. تمیز می‌دهد، تخمین می‌زند، توضیح می‌دهد، بسط می‌دهد،تعمیم می‌دهد، بازنویسی می‌کند،خلاصه می‌کند، پیش‌بینی می‌کند.
کاربرد	مفاهیم و اصول را در موقعیت جدید به‌کار می‌برد. قوانین و نظریه‌ها را در موقعیت عملی به‌کار می‌برد.	تغییر می‌دهد، محاسبه می‌کند، نمایش می‌دهد، کشف می‌کند، اندازه‌گیری و کنترل می‌کند.
تجزیه و تحلیل	ساختار یک اثر هنری را تجزیه و تحلیل می‌کند. جداول و نمودارها را تجزیه و تحلیل می‌کند. یک متن ادبی را تجزیه و تحلیل می‌کند.	به اجزا تقسیم می‌کند یا نمودار نشان می‌دهد، مجزا می‌کند، تجزیه می‌کند، تفکیک می‌کند، جدا می‌کند، هجی می‌کند
ترکیب	اصول و قواعد را با یکدیگر ترکیب می‌کند. طرح جدیدی ابداع می‌کند. مطالب را با یکدیگر ترکیب می‌کند.	طبقه‌بندی می‌کند، درهم می‌آمیزد، انشاء می‌کند، تجدید نظر می‌کند بازنویسی می‌کند، سخنرانی می‌کند، داستان‌نویسی یا شعر می‌سراید، تجدید سازمان می‌کند، مدون می‌کند، نمودار تهیه می‌کند گروه‌بندی می‌کند.
ارزشیابی	یک اثر هنری را ارزشیابی می‌کند. روش‌های تدریس را ارزشیابی می‌کند. قوانین یادگیری را ارزشیابی می‌کند.	ارزیابی می‌کند، مقایسه می‌کند، نتیجه‌گیری می‌کند، مقابله می‌کند، انتقاد می‌کند، تفسیر می‌کند، ربط می‌دهد، قضاوت می‌کند. داوری می‌کند.

ب) حیطهٔ روانی ــ حرکتی

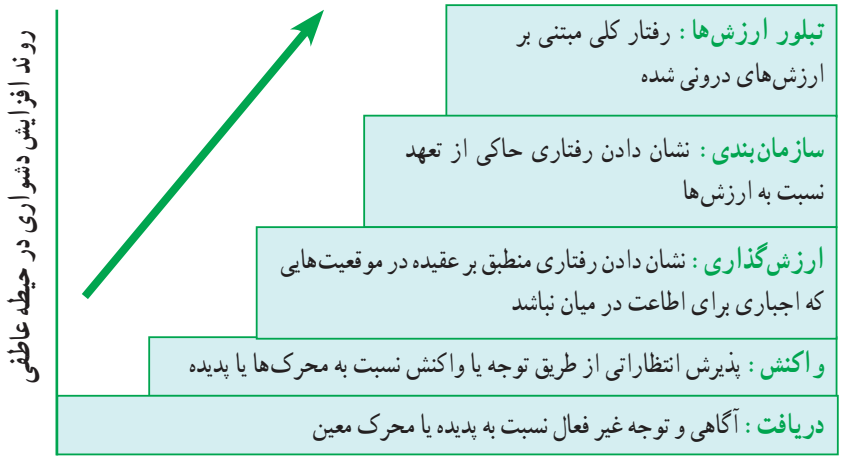


طبقات اصلی حیطه روانی ــ حرکتی

نمونه «هدف‌های کلی آموزشی» و فعل‌های رفتاری هر طبقه در حیطه روانی ــ حرکتی

طبقه	هدف‌های کلی آموزشی (مهارت کلی)	فعل‌های رفتاری
تقلید	از ابزار و وسایل تراشکاری آگاهی دارد. از حیث جسمی برای تراشکاری آمادگی دارد. به تراشکاری تا حدودی علاقه دارد. با کمک استادکار، تراشکاری می‌کند.	تمیز می‌کند، اشتباه خود را رفع می‌کند، تمرین می‌کند، حرارت می‌دهد، گره می‌زند، مخلوط می‌کند، میخ‌کوبی می‌کند، به‌هم می‌زند، وزن می‌کند، می‌پیچد، به‌هم می‌پیچد، محکم می‌کند، بسته‌بندی می‌کند، می‌چیند.
اجرای مستقل	به تنهایی تراشکاری می‌کند. به‌تنهایی نقاشی ساختمان را انجام می‌دهد. به تنهایی می‌سازد.	سوار می‌کند، اره می‌کند، آسیاب می‌کند، خمیر می‌کند، می‌پزد، می‌دوزد، می‌بافد، تیز می‌کند، رنگ می‌کند، سمپاشی می‌کند، درو می‌کند، مسواک می‌زند، ناخن می‌گیرد.
دقت	با دقت موتور مولد را سیم‌پیچی می‌کند. با دقت رادیو را تعمیر می‌کند. با دقت جوشکاری می‌کند.	با مته سوراخ می‌کند، آب‌بندی می‌کند، فنر ساعت را جا می‌اندازد، لحیم می‌کند، صحافی می‌کند، رفو می‌کند، گچکاری می‌کند، کاشی‌کاری می‌کند، حدیده می‌کند، سیم‌کشی می‌کند.
هماهنگی حرکات	با هماهنگی چشم و دست مجسمه می‌سازد. با هماهنگی چشم و دست چکش می‌زند. با هماهنگی دست و چشم و گوش، ارکستر را رهبری می‌کند.	با چرخ خیاطی می‌دوزد، آبشار می‌زند، شنا می‌کند، شیرجه می‌رود، اسکی می‌کند، دوچرخه‌سواری می‌کند، سر می‌خورد، ویولون می‌زند، تیراندازی می‌کند.
عادی شدن	با مهارت رانندگی می‌کند. با مهارت با تراکتور شخم می‌زند. با مهارت قالی می‌بافد.	همزمان ترمز و کلاچ را فشار می‌دهد (با مهارت) چرخ خیاطی را به کار می‌اندازد، (با مهارت) می‌سازد (با مهارت) تعمیر می‌کند و غیره.

ج) حیطهٔ عاطفی



طبقات اصلی در حیطه عاطفی

نمونه «هدف‌های کلی تربیتی» و فعل‌های رفتاری هر طبقه در حیطه عاطفی

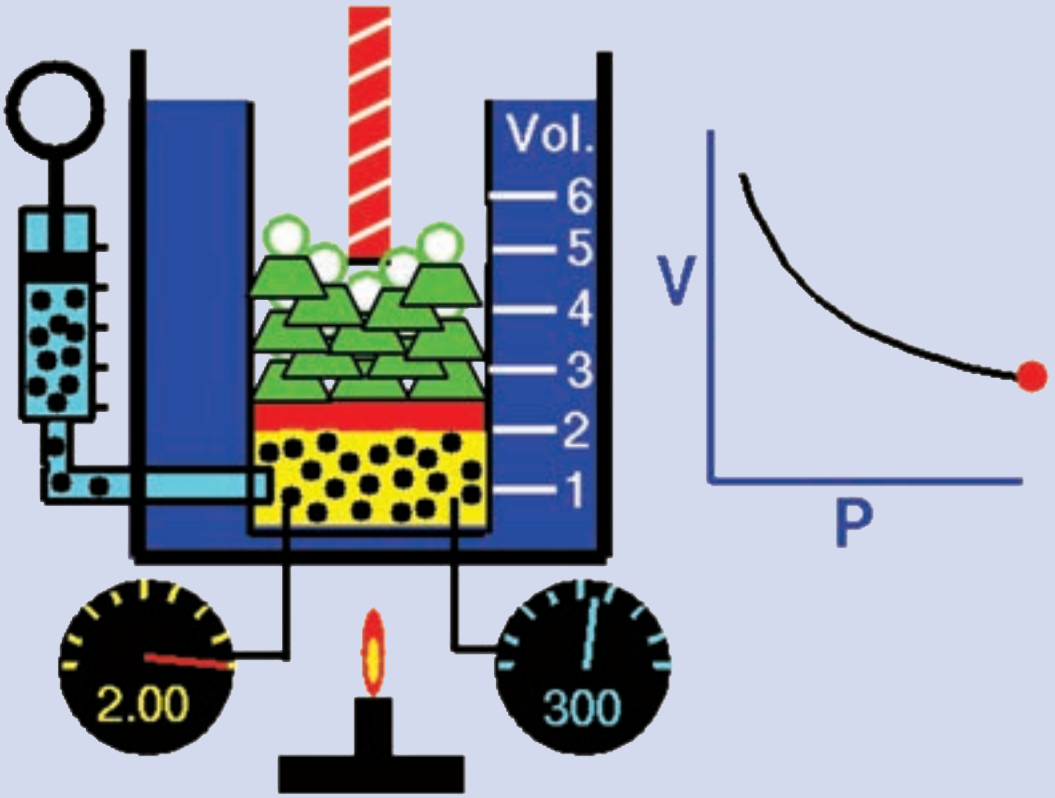
طبقات	هدف‌های کلی تربیتی	فعل‌های رفتاری
دریافت (توجه)	نسبت به اهمیت یادگیری، آگاهی نشان می‌دهد نسبت به نیازهای انسان و مسائل اجتماعی حساسیت نشان می‌دهد. بادقت به فعالیت‌های کلاس توجه می‌کند.	می‌پرسد، انتخاب می‌کند، دنبال می‌کند، قرار می‌دهد، نام می‌برد، اشاره می‌کند، توصیف می‌کند، مشخص می‌کند، با دقت گوش می‌دهد، سؤال می‌کند، می‌نشیند، ارائه می‌دهد.
واکنش (دقت)	قوانین مدرسه را رعایت می‌کند. برای انجام کاری ویژه، داوطلب می‌شود. از مطالعه شعر و ادب لذت می‌برد.	پاسخ می‌دهد، کمک می‌کند، موافقت می‌کند، اجابت می‌کند، پیروی می‌کند، تبریک می‌گوید، اجرا می‌کند، تمرین می‌کند، می‌خواند، گزارش می‌دهد.
ارزش‌گذاری (اظهار نظر)	به نقش علم و زندگی روزمره ارج می‌نهد. نسبت به رفاه و آسایش دیگران علاقه نشان می‌دهد. خود را در قبال پیشرفت اجتماعی متعهد می‌داند.	کامل می‌کند، پیش‌قدم می‌شود، دعوت می‌کند، ملحق می‌شود، پیشنهاد می‌کند، سهیم می‌شود، کار می‌کند، مطالعه می‌کند، تحسین می‌کند، تشکر می‌کند.
سازمان‌بندی	نقش برنامه‌ریزی منظم در حل مسائل را می‌شناسد. مطابق توانایی‌ها، علایق و اعتقادات خویش برنامه‌ای برای زندگی خود تدوین می‌کند.	طرفداری می‌کند، تغییر می‌دهد، تنظیم می‌کند، تلقین می‌کند، مقایسه می‌کند، تعمیم می‌دهد، تعدیل می‌کند، تغییر می‌دهد، اصلاح می‌کند، منظم می‌کند، سازمان می‌دهد، ربط می‌دهد، ترکیب می‌کند.
تبلور (درونی شدن)	برای انجام کار مستقل از خود اعتماد به‌نفس نشانمی‌دهد. در فعالیت‌های گروهی، عملاً همکاری می‌کند. عادات خوب بهداشتی را جذب می‌کند.	تمیز می‌دهد، تحت نفوذ قرار می‌دهد، کیفیت چیزی را تعیین می‌کند، تجدیدنظر می‌کند، خدمت می‌کند، ممیزی می‌کند، گلچین می‌کند، داوری می‌کند، قضاوت می‌کند.

بخش دوم

راهنمای تدریس کتاب
تأسیسات برودتی

فصل ۱

کلیات



۱ کلیات

قبل از شروع درس توجه هنرجویان را به رو و پشت جلد کتاب جلب کنید و از ایشان بخواهید درباره طرح رو و پشت جلد کتاب اظهار نظر کنند نظرهای ایشان را روی تخته یادداشت کنید. سپس هدف کلی کتاب را در کنار نظر ایشان نوشته و برای ایشان توضیح دهید که در پایان کتاب هنرجویان باید چه موضوعاتی را فراگرفته باشند.

پیش‌آزمون

۱ــ می‌دانیم که اگر یک قطعه آهن داغ را درون یک ظرف آب سرد وارد کنیم آهن سرد می‌شود، گرمای آهن کجا می‌رود؟

۲ــ می‌دانیم که اگر یک لیوان آب گرم را داخل یخچال بگذاریم سرد می‌شود، گرمای آب کجا می‌رود؟

۳ــ گرمای آب خلیج فارس خیلی بیشتر از گرمای آب جوش کتری است. درست ☐ نادرست ☐

۱ــ۱ــ گرما[1]

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند مطالبی نظیر :

۱ــ برداشت هنرجویان از سرشت گرما

۲ــ مفهوم و تعریف‌های دما

۳ــ خلاصه تاریخچه گرما

۴ــ یکاهای گرما در سه سیستم (بدون بیان هیچ معادله‌ای)

۵ــ اصل پایستگی انرژی

و ... را بیان کنند.

با مطرح کردن پرسش‌های پیش‌آزمون می‌توان وارد موضوع شد. توجه کنید که این پرسش‌ها صرفاً به منزلهٔ بارش فکری است و نباید در مورد جواب آنها قضاوت، ارزشیابی یا انتقاد کرد و فقط جواب چند نفر را در گوشه‌ای از تخته یادداشت کنید.

چنانچه هنوز هنرجویان در برداشت از گرما مشکل داشتند بیشتر توضیح دهید و وارد بحث دما شوید. بعد از پرداختن به تفاوت گرما با دما هنرجو برداشت بهتری از این موضوع خواهد داشت.

دانش‌افزایی

توجه : دانش‌افزایی‌ها الزاماً برای طرح در کلاس نمی‌باشند.

الف) تاریخچه گرما

برای نخستین بار پدیده گرما توسط مرد و زن غارنشین ماقبل تاریخ برای افروختن آتش برای گرم شدن و برای پخت غذا کشف شد.

۱– Heat

فلاسفه باستان بر این باور بودند که جهان از چهار عنصر آب، خاک، باد و آتش ساخته شده‌است. بنابراین آنها گرما (آتش) را یکی از عناصر چهارگانه جهان می‌دانستند.

شکل ۱ــ۱ کنت رامفورد

دانشمندان روزگاران گذشته گرما را شاره‌ای از یک سیال نامرئی به نام «کالریک» در نظر می‌گرفتند. عقیده بر این بود که جسم با دمای بالا مقدار زیادی کالریک و جسم با دمای پایین مقدار کمتری کالریک دارد و چون دو جسم نزدیک یکدیگر قرار گیرند جسمی که از نظر کالریک غنی است مقداری از آن را به جسم دیگر می‌داد و دمای نهایی بین دو دمای اولیه قرار می‌گرفت. بنجامین تامسون[1] معروف به کنت رامفورد(۱۸۱۴ــ۱۷۵۳) نقشی قابل توجه در تصحیح نظریه سرشت گرما دارد. تامسون به هنگام سوراخ کردن لولهٔ یک توپ جنگی در اواخر سال‌های ۱۷۹۰ متوجه شد که سلاح پس از مدت کوتاهی بسیار داغ می‌شود. او ظرف عایق و آب‌بندی شده‌ای را که حاوی ده لیتر آب بود در تماس با لولهٔ توپ قرار داد. در حالی که لولهٔ توپ سوراخ می‌شد، آب موجود در ظرف داغ و داغ‌تر شد و پس از دو ساعت و نیم شروع به جوشیدن کرد. او نتیجه گرفت که کار انجام شده برای سوراخ کردن لوله به گرما تبدیل شده است. او در صدد تعیین رابطهٔ میان کار انجام شده و آبی که جوشیده بود برآمد اما رابطهٔ معینی به دست نیاورد.

شکل ۲ــ۱ جیمز ژول

بعد از تامسون نیز تلاش‌هایی برای دستیابی به معادله صورت گرفت تا اینکه جیمز پرسکات ژول[2] (۱۸۸۹ــ۱۸۱۸) با آزمایش‌های دقیق معادل بودن کار و گرما را ثابت کرد. این موضوع باعث به‌وجود آمدن مفهوم جدیدی از گرما به‌صورت نوعی انرژی، و نظریهٔ جنبشی مولکولی شد. او آزمایش‌های فراوانی در این راستا به انجام رسانید. با اندازه‌گیری اختلاف دمای آب در بالا و پایین یک آبشار صد و ده متری تبدیل انرژی پتانسیل آب به گرما را بررسی کرد. پس از انجام این بررسی‌ها او به این نتیجه رسید که مقدار انرژی در جهان ثابت است فقط می‌تواند از صورتی به صورت دیگر تبدیل شود. پس اجسام می‌توانند در حالت تعادل گرمایی وجود داشته‌باشند. ژول اظهار داشت که هرگاه مقدار معینی از انرژی مکانیکی به‌نظر ناپدید آید، همراه آن مقدار معینی گرما ظاهر شده‌است و این دلالت بر پایستگی انرژی دارد.

ب) مفهوم گرما :

گرما انرژی داخلی گذرا است. این انرژی از بخشی از یک سیستم به بخش دیگر آن و یا از یک سیستم به سیستم دیگر، صرفاً به علت اختلاف دما جریان پیدا می‌کند. در خلال جریان گرما فرایند گرما نامعلوم است و کمیت معلوم سرعت جریان گرما است که تابعی از زمان است. فقط پس از پایان یافتن جریان است که می‌توان گرما را به‌عنوان «انرژی داخلی منتقل شده از یک سیستم با دمای بالاتر به یک سیستم با دمای پایین‌تر» تعریف کرد. پس ادای عبارت «گرمای یک جسم» درست نیست همان‌گونه که گفتن از کار یک جسم نیز درست نیست. انجام کار و جریان گرما روش‌هایی هستند که توسط آنها انرژی درونی یک سیستم تغییر داده می‌شود. جدا کردن انرژی داخلی به یک بخش مکانیکی و یک بخش گرمایی غیرممکن است.

۱– Benjamin Thompson

۲– James Prescott Joule

پ) نظریه جنبشی مولکولی گازها[1]

نظریه جنبشی مولکولی گازها از مهم‌ترین نظریه‌های ترمودینامیک است که نتیجه آن این است که انرژی جنبشی متوسط یک مولکول فقط تابع دما است(و به حجم یا فشار یا نوع مولکول) بستگی ندارد.

نظریه جنبشی گازها شامل فرضیات زیر است :

۱ــ گازها متشکل از مجموعه‌ای از ذرات است که آن ذرات به صورت مستقیم حرکت می‌کنند (از قوانین نیوتون تبعیت می‌کنند).

۲ــ از حجم ذره‌ها صرف‌نظر می‌شود (در مقابل ظرف که حجم زیادی دارد).

۳ــ به هنگام برخورد انرژی جنبشی یک ذره به ذرهٔ دیگر انتقال می‌یابد، بدون آنکه مقدار کل انرژی جنبشی ذره‌ها تغییر کند.

۴ــ مولکول‌ها هیچ‌گونه نیرویی به هم وارد نمی‌کنند.

۵ــ میانگین انرژی جنبشی یک مولکول متناسب با دمای آن جسم است ($Ec=\frac{۳kT}{۲}$)

انرژی جنبشی یک مولکول از فرمول $Ec=\frac{۳kT}{۲}$ به‌دست می‌آید که در آن

k ثابت بولتزمن $k=\frac{R}{N_A}=\frac{۸/۳۱۴}{۶/۰۲۲\times۱۰^{۲۳}}=۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}\ \frac{j}{molecule.K}$

و T دمای مطلق بر حسب کلوین است.

مثال : انرژی جنبشی یک مولکول منفرد از گازی در دمای ۳۰۰ کلوین چند ژول است؟

$$EC=\frac{mV^{۲}}{۲}=\frac{۳KT}{۲}=\frac{۳\times۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}\times۳۰۰}{۲}=۶/۲۱\times۱۰^{-۲۱}$$

انرژی جنبشی کل مولکول‌های در یک مول گاز با دمای ۳۰۰ کلوین چند ژول و چند کالری است؟

طبق نظریه آووگادرو هر مول گاز دارای $۶/۰۲۲\times۱۰^{۲۳}$ مولکول می‌باشد بنابراین :

انرژی یک مولکول × تعداد مولکول‌ها= U انرژی یک مول گاز

$$=۶/۰۲۲\times۱۰^{۲۳}\times\ ۶/۲۱\times۱۰^{-۲۱}\ =\ ۳۷۳۹\ J$$

ت) یکای گرما

در قرن هجدهم برای گرما یکایی به نام کالری[2] تعریف شد و آن مقدار گرمایی است که دمای یک گرم آب را یک درجه سلسیوس بالا ببرد. بعدها معلوم شد که گرمای لازم برای گرم کردن یک گرم آب از $۹۰^{\circ}C$ به $۹۱^{\circ}C$ بیشتر از مقدار لازم برای رسانیدن آب از $۳۰^{\circ}C$ به $۳۱^{\circ}C$ است. لذا تعریف را تصحیح کرده و آن را برای رسانیدن آب $۱۴/۵^{\circ}C$ به $۱۵/۵^{\circ}C$ (به نام کالری $۱۵^{\circ}C$) تعریف کردند.

واحد گرما در سیستم انگلیسی[1] بی‌تی‌یو[2] است و آن مقدار گرمای لازم برای گرم کردن یک پوند آب $۶۳^{\circ}F$ به $۶۴^{\circ}F$ است.

همانگونه که اشاره شد گرما یک نوع انرژی و یکاهای آن نیز از همان نوع می‌باشند. به یاد ژول که آزمایش‌های مختلفی را بر روی رابطه بین کار و گرما انجام داده است یکای انرژی در دستگاه بین‌المللی SI [3] را ژول(j) نام‌گذاری کردند. به تجربه ثابت شده‌است که : $۱cal=۴/۱۸۶\ j$

برای تبدیل این یکاها به یکدیگر می‌توان از معادله $Q=m.c.\Delta t$ کمک گرفت.

۱ــ Kinetic Molecular Theory of Gases

۲ــ کالری واحد گرما در سیستم متریک یا (MKS) می‌باشد. (سیستم متریک یک سیستم ده‌دهی است)

$$۱cal = ۱gr \times ۱ \frac{cal}{gr.^{\circ}C} \times ۱^{\circ}C$$

$$۱Btu = ۱lb \times ۱ \frac{Btu}{lb.^{\circ}F} \times ۱^{\circ}F$$

$$۱lb_m = ۴۵۳/۵۹۲۳۷gr \qquad ۱^{\circ}C = ۱/۸^{\circ}F \qquad C_{water} = ۱\frac{cal}{gr.^{\circ}C} = ۱\frac{Btu}{lb.^{\circ}F}$$

$$۱Btu = ۴۵۳/۵۹۲۳۷gr \times ۱ \times \frac{۱}{۱/۸} = ۲۵۱/۹۹۵۷۶cal \approx ۲۵۲\ cal$$

$$۱Btu = ۲۵۲\ cal = ۲۵۲ \times ۴/۱۸۶j = ۱۰۵۵\ j$$

$$۱Btu = ۰/۲۵۲kcal = ۱/۰۵۵kj \rightarrow ۱kcal = ۳/۹۶۸Btu \approx ۴Btu \quad , \quad ۱kcal = ۴/۱۸۶kJ$$

کار در کلاس ۱ـ۱

۱ـ از هنرجویان بخواهید که کف هر دو دست را به یکدیگر مالش دهند و دلیل گرم شدن آن را توضیح دهند.

۲ـ شخصی به وزن ۷۰۰ نیوتن ۵ متر حرکت می‌کند چند ژول انرژی مصرف می‌شود؟

$$W = F.d = ۷۰۰ \times ۵ = ۳۵۰۰\ j$$

۳ـ چنانچه تمام کار انجام شده شخص در مثال قبل به گرما تبدیل شود چند ژول و چند بی‌تی‌یو و چند کالری گرما تولید شده‌است؟

$$۳۵۰۰\ j \qquad \frac{۳۵۰۰}{۱۰۵۵} = ۳/۳\ Btu \qquad \frac{۳۵۰۰}{۴/۱۸۶} = ۸۳۶\ cal$$

توجه:

هنرآموزان گرامی می‌توانند با توجه به نوع پرسش آن را به چند شکل مطرح نمایند:

الف) برای پاسخ سر کلاس در زمان تدریس

ب) برای آزمون در شروع هر جلسه از مطلب جلسه گذشته[۴]

پ) برای تحقیق توسط هنرجویان (تک‌نفره یا گروهی)

پرسش و پاسخ

۱ـ نظریه دانشمندان روزگاران گذشته را درباره گرما بیان کنید و دلیل رد آن نظریه درباره گرما چه بود؟

۲ـ انرژی گرمایی را تعریف کنید.

۳ـ گرما را تعریف کنید.

۱ـ این سیستم به نام‌های FPS (فوت‌ـپوندـثانیه) و IP (اینچـپوند) نیز نام‌گذاری شده‌است.

۲- British Thermal Unit

۳- International System of Units = Systeme Internationale (لفظ فرانسوی است.)

۴- Quiz

۴ــ یکای انرژی ..... و یکای گرما ..... است.

۵ــ برای کاهش دمای یک کیلوگرم آب $20^{\circ}C$ به آب صفر درجه سلسیوس چند کیلوژول انرژی مورد نیاز است؟ این مقدار را برحسب کیلوکالری و بی‌تی‌یو به‌دست آورید.

۶ــ در زمان فرود هواپیما دمای ترمز به ۶۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس می‌رسد. علت را توضیح دهید.

۷ــ علت اینکه در زمان لمس کردن یک جسم داغ یا یک جسم خیلی سرد دست ما دچار سوختگی می‌شود، چیست؟ (به ویژه اگر چشم ما بسته باشد و متوجه نشویم که جسم سرد است یا گرم)

۲ــ۱ــ دما[1]

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند مطالبی نظیر :

۱ــ کاربرد دما در زندگی روزمره

۲ــ ضرورت اندازه‌گیری دما

۳ــ مفهوم و تعریف‌های دما

۴ــ خلاصه تاریخچه دماسنجی

۵ــ وسایل اندازه‌گیری دما

۶ــ و... را بیان کنند

با مطرح کردن پرسش‌های پیش‌آزمون می‌توان وارد موضوع شد.

پیش‌آزمون

۱ــ یکای اندازه‌گیری دما کدام است؟ الف ــ ژول ب ــ کالری پ ــ سلسیوس

۲ــ دمای داخل یخچال $^{\circ}C$ .... و دمای سردکن آن $^{\circ}C$ .... است.

۳ــ فکر می‌کنید کولر آبی دمای اتاق را چند درجه کاهش می‌دهد؟

۴ــ فکر می‌کنید کولر گازی دمای اتاق را چند درجه کاهش می‌دهد؟

دانش افزایی

الف) تعریف دما

دما دو تعریف رایج دارد :

۱ــ تعریف عملیاتی : دما معیاری است که سردی و گرمی اجسام را نشان می‌دهد.

۲ــ تعریف از دیدگاه مولکولی : دمای هر جسم متناسب با میانگین انرژی جنبشی مولکول‌های سازنده آن جسم است. در واقع دما کمیتی نسبی است که به میزان انرژی جنبشی ذرات جسم بستگی دارد.

۱- Temperature

دما یک خاصیت فیزیکی ماده است که کمیت مشترک همه اجسام است. بسیاری از خواص مواد شامل جامد، مایع، گاز یا پلاسما، چگالی، حلالیت، فشار بخار و رسانایی الکتریکی به دما بستگی دارد. دما نقش مهمی در انجام و سرعت واکنش‌های شیمیایی دارد. همچنین میزان گرمای تشعشعی از یک سطح را تعیین می‌کند.

ب) تاریخچه دماسنجی:

حال که با تعریف دما آشنا شدیم، چگونه باید دما را اندازه بگیریم؟

بی‌شک حس لامسه اولین ابزار بشر برای اندازه‌گیری دما بوده‌است.

اما این حس چقدر دقیق است؟

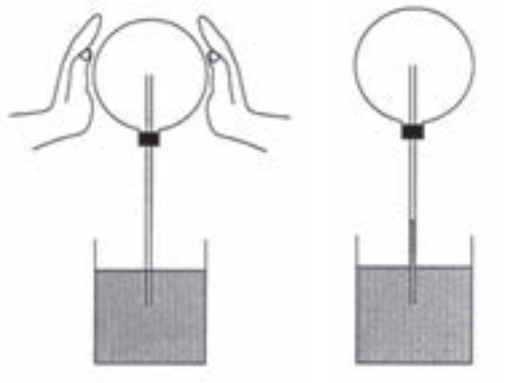
اگر در روزهای برفی زمستان به مدت زیاد برف‌بازی کرده باشید، به خاطر می‌آورید وقتی به خانه برمی‌گشتید و دستان سرد خود را روی بخاری یا زیر آب گرم می‌گرفتید، تشخیصی از گرمای هوا یا آب نداشتید. بلکه برعکس به نظرتان آب یا هوا، سرد می‌آمد. در واقع این اشتباه از اینجا ناشی می‌شود که حواس ما در سرمای زیاد تقریباً کارایی خود را از دست می‌دهند و دیگر تشخیص درستی از سرما و گرما ندارند. پس ظاهراً حس لامسه با وجود اینکه اولین و در دسترس‌ترین ابزار تعیین دماست، چندان دقیق و مناسب نیست. اندازه‌گیری دما با «دماسنج» امکان‌پذیر است.

شکل ۳ــ۱ گالیلئو گالیله (۱۶۴۲ــ۱۵۶۴)

در قرن دوم میلادی یک فیزیکدان یونانی به نام گالن ثابت کرد که می‌توان حس‌هایی مثل سرما و گرما را به کمک وسیله‌ای شامل یک ستون چهار درجه‌ای اندازه‌گیری کرد. این نظریه تا پایان قرن شانزدهم پایه‌ای بر تعلیمات پزشکی بود.

نخستین وسیله واقعی علمی را برای اندازه‌گیری دما در سال ۱۵۹۳ گالیله اختراع کرد. این دستگاه به طور کیفی، (نه از نظر کمی و مقدار معین دما) اثر گرما را در انبساط هوا نشان می‌داد. دماسنج ساده آن زمان شامل یک حباب و یک لوله شیشه‌ای بود که درون آن آب رنگی قرار داشت وقتی حباب گرما می‌دید، هوای داخل آن منبسط می‌شد و از دهانه لوله باریک و بلند خارج می‌گردید. سپس حباب به‌طور وارونه به داخل آب قرار داده می‌شد. هوای جمع‌شده داخل حباب به هنگام خروج، آب اطراف آن را بالا می‌برد. تغییرات بعدی میزان ارتفاع آب، نشانگر گرمای هوای متراکم داخل حباب بود. وسیله گالیله مقیاسی واقعی برای سنجش دما نبود به طوری که وسیله وی بیشتر جنبه دمانما (ترموسکوپ)[۱] داشت تا جنبه دماسنج (ترمومتر)[۲]. برای مثال برای اندازه‌گیری دمای بدن، شخص بیمار دست خود را در اطراف حباب می‌گذاشت و با دمای بدن شخص سالم مقایسه می‌شد.

شکل ۴ــ۱ دمانما



شکل ۵ــ۱ اندازه‌گیری دمای نسبی با دمانما

۱- Thermoscope

۲- Thermometer

بعدها عده‌ای میزان دمای خون و عده‌ای دیگر دمای ذوب کره و . . . را مبنای مدرج‌سازی دماسنج قرار دادند. تا در سال ۱۷۱۴ گابریل دانیل فارنهایت موفق شد، دماسنجی بسازد که امروز استفاده می شود. فارنهایت در شهر دانزیگ واقع در کشور مشترک‌المنافع لهستان و لیتوانی متولد شد و بعد از مرگ والدینش در سن کودکی به هلند رفته و بقیه عمر خود را به تحصیل در رشته شیمی پرداخته و موفق به ساخت دماسنج الکلی و در نهایت جیوه‌ای شد. ذوق و حرفه اصلی وی ساختن وسایل هواشناسی بود. چون در آن زمان برای مطالعه اقلیم‌ها دماسنج ضرورت داشت. او توجه خاصی به ساختن اسباب اندازه‌گیری دما کرد. در قرن هفدهم نوعی دماسنج گازی و الکلی ساخته شده بود که دقت کافی نداشتند. فارنهایت جیوه را مورد استفاده قرار داد و در سال ۱۷۱۴ میلادی دماسنجی جیوه‌ای ساخت. وی نخست راه را برای پاک‌سازی جیوه اختراع کرد. به‌طوری‌که جیوه دیگر به دیواره‌های لوله باریک نمی‌چسبید. دماسنج جیوه‌ای دارای این مزیت بود که اندازه‌گیری دماهای بالاتر از نقطه جوش و پایین‌تر از نقطه انجماد آب را ممکن می‌ساخت. از این گذشته میزان انبساط و تراکم جیوه به نسبت ثابت‌تر از غالب مواد دیگر است. به‌همین دلیل درجه‌بندی دقیق آن مقدور بود.

شکل ۶ــ۱ گابریل دانیل فارنهایت (۱۷۳۶ــ۱۶۸۶)

شکل ۷ــ۱ دماسنج فارنهایت

بر اساس مقاله‌ای که در ۱۷۲۶ توسط او نوشته شده، مقیاس او بر اساس سه نقطه پایه‌گذاری شده‌است. نقطه اول دمای مخلوط یک‌به‌یک آب و یخ و نشادر است که به عنوان صفر در نظر گرفته شده‌است. نقطه بعدی دمای مخلوط یک‌به‌یک آب خالص و یخ است و نقطه سوم دمای بدن انسان است. فارنهایت بعد از مشاهده فاصله این نقاط از هم به این نتیجه رسید که فاصله نقطه ذوب یخ خالص و یخ با نشادر نصف فاصله نقطه ذوب یخ خالص از دمای بدن است. پس برای سادگی تقسیم‌بندی بین این نقاط فاصله‌ها را به دو مقدار ۳۲ قسمتی و ۶۴ قسمتی تقسیم نمود که با نصف کردن چندباره فاصله‌ها امکان‌پذیر است. پس در مقیاس او دمای ذوب یخ خالص برابر با ۳۲ و دمای بدن برابر با ۹۶ درجه(۳۲+۶۴) اندازه‌گیری شد. فارنهایت مشاهده کردکه آب با این مقیاس در ۲۱۲ درجه به جوش می‌آید. بعدها دانشمندان در این مقیاس تغییراتی دادند تا نقطه ذوب یخ دقیقاً ۳۲ درجه و دمای جوش آب ۲۱۲ درجه در نظر گرفته شود و فاصله آنها ۱۸۰ واحد باشد. به خاطر همین تغییرات دمای بدن انسان در این مدل ۹۸ درجه به دست آمد.

آندره سلسیوس، دماسنج خود را در سال ۱۷۴۲ اختراع کرد. مقیاس او بر اساس دو نقطه پایه‌گذاری شده‌است. نقطه اول دمای مخلوطی از آب و یخ در حال تعادل و تحت فشار جو و نقطه بعدی دمای مخلوط آب و بخار در حال تعادل در فشار جو است و بین این دو را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کرد و هر قسمت را یک درجه سانتی‌گراد(این نام از واژه لاتین centum به معنی «۱۰۰» و gradus به معنی «گام» یا «مرحله» گرفته شده‌است.) او ابتدا نقطه جوش آب را صفر و نقطه انجماد آب را ۱۰۰ تعیین کرد، اما سال بعد

این روش را معکوس کرد و این همان درجه‌بندی است که به درجه‌بندی سلسیوس یا سانتی گراد یا صدبخشی معروف است. (از ۱۹۵۴ بر اساس پذیرش جهانی، «درجه سلسیوس» یا یکای سلسیوس با دو دما تعریف می‌شود : صفر مطلق و نقطه سه‌گانه آب خالص ($0/01^{\circ}C$))

شکل ۸ــ۱ آندره سلسیوس (۱۷۴۴ــ۱۷۰۱)

شکل ۹ــ۱ لرد کلوین (۱۹۰۷ــ۱۸۲۴)

ویلیام تامسون مشهور به لرد کلوین یکی از پیشگامان مهم علوم طبیعی در قرن نوزدهم بود. او کارهای مهمی در ترمودینامیک انجام داد. او به‌خاطر پیشنهاد مقیاس دمای ترمودینامیکی کلوین در ۱۸۴۸ معروف است. این واحد اندازه‌گیری دما که مستقل از خواص فیزیکی ماده است، به افتخار او مقیاس دمای کلوین نام گرفته‌است.

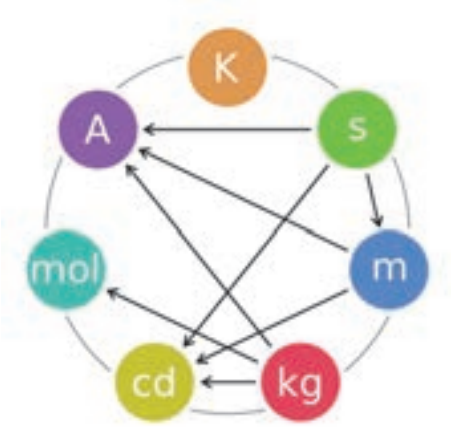
پ) دمای صفر مطلق :

ایده «صفر مطلق» در نیمه دوم قرن ۱۸ مطرح شد با این سؤال که آیا برای میزان سرد بودن ماده حدی وجود دارد؟ پاسخ مثبت است. همانگونه که آورده شد دما معیاری از انرژی جنبشی است و هر زمان که ماده کمترین انرژی را داشته باشد دما صفر می‌شود.

اما صفر کلوین چگونه تعیین می‌شود؟ در واقع صفر کلوین دمایی نیست که بتوان به آن دست یافت. اما برای مشخص کردن شاخص مقیاس کلوین نقطهٔ سه‌گانهٔ آب را معادل ۲۷۳/۱۶ درجه کلوین در نظر می‌گیرند.

قانون سوم ترمودینامیک بیان می‌کند که ممکن نیست از طریق یک سلسله فرایند متناهی به صفر مطلق دست یافت. به عبارتی رسیدن به دمای صفر مطلق محال است. البته به نزدیکی‌های صفر مطلق می‌شود رسید، اما خود صفر مطلق قابل دسترس نمی‌باشد. (سردترین جای شناخته شده دنیا، قلب سحابی بومرنگ است که پنج‌هزار سال با ما فاصله دارد. دانشمندان در سال ۲۰۰۳ گزارش کردند که گازهای به‌جا مانده از یک ستاره مرکزی در حال مرگ، با سرعت خیره کننده‌ای جارو می‌شوند و آن ناحیه از فضا تا دمای یک درجه کلوین سرد شده‌است. در سال ۲۰۰۰ دانشمندان هلسینکی فنلاند اعلام کردند که به دمای ۱۰۰ پیکو کلوین (پیکو 10^{-12}) رسیده‌اند.)

توجه داشته‌باشید که دمای مطلق با کلوین (K) نشان داده می‌شود نه بر حسب درجه کلوین و از علامت درجه ($^{\circ}$) برای آن استفاده نمی‌شود. این یکا به‌عنوان یکی از هفت یکای اصلی در سیستم SI پذیرفته شده‌است.



شکل ۱۰ــ۱ هفت یکای اصلی سیستم SI

ثانیه=S	متر=m
کلوین=K	مول=mol
کیلوگرم=kg	آمپر=A
شمع=cd	

۳ــ۱ــ تفاوت گرما با دما

روش آموزش

جدول یکاها را در سه سیستم روی تخته رسم کنید و از هنرجویان بخواهید که آن را تکمیل نمایند.

سیستم یکا / کمیت	سیستم بین‌المللی SI	متریک (MKS)	سیستم انگلیسی FPS or IP
گرما	j	Kcal	BTU
دما	K	$^{\circ}C$	$^{\circ}F$

سپس در این قسمت تعریف‌هایی که راجع به گرما آمده در یک ستون و تعریف‌های مربوط به دما را در ستون دیگر بیاورید :

تعریف‌های گرما	تعریف‌های دما
یکی از صورت‌های انرژی است.	معیاری است برای سنجش سردی و گرمی اجسام
انرژی مکانیکی می‌تواند به گرما تبدیل شود.	متناسب با انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های سازندهٔ آن جسم است.
گرما انرژی داخلی گذرا است.	کمیتی نسبی است که به میزان انرژی جنبشی ذرات بستگی دارد.
این انرژی از بخشی از یک سیستم به بخش دیگر و یا از یک سیستم به سیستم دیگر جریان پیدا می‌کند.	دما یک خاصیت فیزیکی ماده است.
انرژی داخلی منتقل شده از یک سیستم با دمای بالاتر به یک سیستم با دمای پایین‌تر صرفاً به علت اختلاف دما	رسیدن به دمای صفر مطلق محال است.
	در دمای صفر مطلق فشار گاز صفر می‌شود.
	شدت انرژی جنبشی یک ماده را بیان می‌کند.

کار در کلاس ۱ـ۲

در این زمان می‌توانید کبریت و بلوک فولادی کتاب را مثال بزنید و برای اینکه هنرجو متوجه افزایش دما شود می‌توان دمای تعادل را محاسبه کرد :

$$t_{iron}=۲۰۰^{\circ}C,\ t_{air}=۲۰^{\circ}C,\ m_{iron}=۳۰۰۰kg,\ c_{iron}=۰/۴۵\frac{kj}{kg.k}$$

$$c_{air}=۱\frac{kj}{kg.k}$$

$$Q_{iron}=Q_{air}\rightarrow m_{۱}\times c_{۱}\times(۲۰۰-t)=m_{۲}\times c_{۲}\times(t-۲۰)$$

حال چنانچه حجم این اتاق $۶\times۴\times۳=۷۲m^{۳}$ فرض شود و با جرم مخصوص هوا ۱/۲ دمای اتاق برابر است با :

$$m=۷۲\times۱/۲=۸۶/۴\ kg\approx۱۰۰\ kg$$

$$۳۰۰۰\times۰/۴۵\times(۲۰۰-t)=۱۰۰\times۱\times(t-۲۰)$$

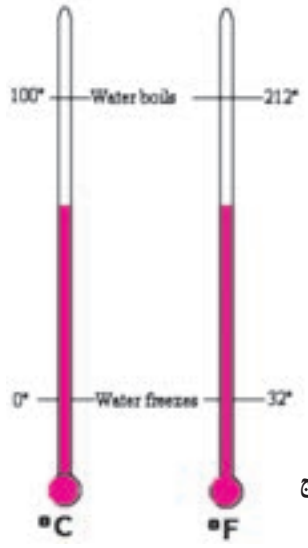
$$۱۳۵۰\times(۲۰۰-t)=۱۰۰\times(t-۲۰)\longrightarrow t=۱۸۷^{\circ}C$$

دانش افزایی

الف) تبدیل یکاهای دما :

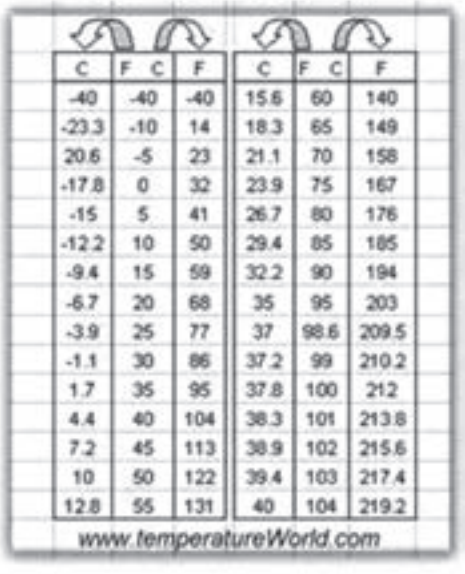
برای تبدیل دو یکای سلسیوس و فارنهایت به یکدیگر کافی است دو نقطه جوش آب و ذوب یخ را در دو سیستم با هم مقایسه کنیم با توجه به شکل رابطه زیر برقرار است :

$$\frac{F-۳۲}{۲۱۲-۳۲}=\frac{C}{۱۰۰-۰}\rightarrow\frac{F-۳۲}{۱۸۰}=\frac{C}{۱۰۰}\rightarrow F=\frac{۱۸۰C}{۱۰۰}+۳۲\rightarrow F=\frac{۹}{۵}C+۳۲\rightarrow F=۱/۸C+۳۲$$



شکل ۱۱ــ۱ مقایسه دو دماسنج

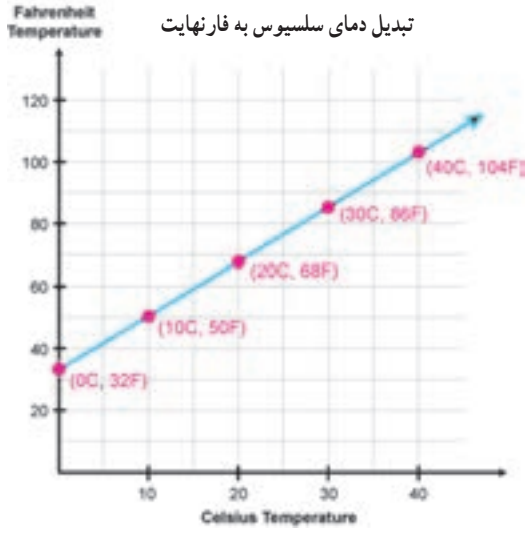
در شکل ۱۲ــ۱ نمودار تبدیل دمای سلسیوس به فارنهایت و بالعکس آورده شده‌است در جدول کتاب (پیوست ۳) نیز تبدیل به این شکل انجام می‌شود که عدد مورد نظر برای تبدیل در ستون وسط می‌آید و عدد تبدیل شده در دو طرف آن خوانده می‌شود به هنرجویان یادآوری کنید که برای استفاده از این جدول نمی‌توان یک ستون را جا انداخت و فقط ستون‌هایی که در کنار همدیگر هستند قابل تبدیل‌اند.



C	F C	F	C	F C	F
-40	-40	-40	15.6	60	140
-23.3	-10	14	18.3	65	149
20.6	-5	23	21.1	70	158
-17.8	0	32	23.9	75	167
-15	5	41	26.7	80	176
-12.2	10	50	29.4	85	185
-9.4	15	59	32.2	90	194
-6.7	20	68	35	95	203
-3.9	25	77	37	98.6	209.5
-1.1	30	86	37.2	99	210.2
1.7	35	95	37.8	100	212
4.4	40	104	38.3	101	213.8
7.2	45	113	38.9	102	215.6
10	50	122	39.4	103	217.4
12.8	55	131	40	104	219.2

www.temperatureWorld.com

شکل ۱۳ــ۱ جدول تبدیل دما



شکل ۱۲ــ۱ نمودار تبدیل دما

برای مثال برای تبدیل صفر درجه سلسیوس به فارنهایت، صفر را از ستون وسط انتخاب و در ستون راست آن ۳۲ درجه فارنهایت به‌دست می‌آید و برای صفر درجه فارنهایت به سلسیوس باز به همان قسمت رفته و از ستون سمت چپ ۱۷/۸- به دست می‌آید. ولی نمی‌توان $17/8^{\circ}C$-را با $32^{\circ}F$ برابر قرار داد.

بدیهی است برای تبدیل درجه سلسیوس به کلوین باید آن را با ۲۷۳/۱۵ جمع کرد.

$$T_K=T_C+۲۷۳/۱۵$$

ویلیام جان رانکین (۱۸۷۲ــ۱۸۲۰) بر اساس صفر مطلق و مقیاس فارنهایت در سال ۱۸۵۹ مقیاس برابر درجه ۱/۸ دیگری را پیشنهاد داد که به نام خود او به‌کار می‌رود. می‌دانیم که هر درجه فارنهایت ۴۵۹/۶۷=۳۲-۴۹۱/۶۷ ، ۴۹۱/۶۷=۱/۸×۲۷۳/۱۵ کلوین است پس صفر مطلق رانکین برابر ۴۵۹/۶۷- می‌باشد پس برای تبدیل درجه فارنهایت به رانکین از معادله :

$$T_R=T_F+۴۵۹/۶۷$$

و برای تبدیل کلوین به رانکین :

$$T_R=T_K\times\frac{۹}{۵}$$

فعالیت خارج از کلاس

در مورد انواع دماسنج‌های زیر تحقیق و به کلاس ارائه شود.

۱ــ جیوه‌ای ۲ــ الکلی ۳ــ دماسنج شیشه‌ای قابل رؤیت از دور ۴ــ دماسنج دوفلزی ۵ــ تابشی ترمیستوری ۶ــ فروسرخ ۷ــ ترموکوپلی

شکل ۱۴ــ۱ دماسنج‌های شیشه‌ای

شکل ۱۵ــ۱ دماسنج‌های دوفلزی

۴ــ۱ــ فازهای ماده

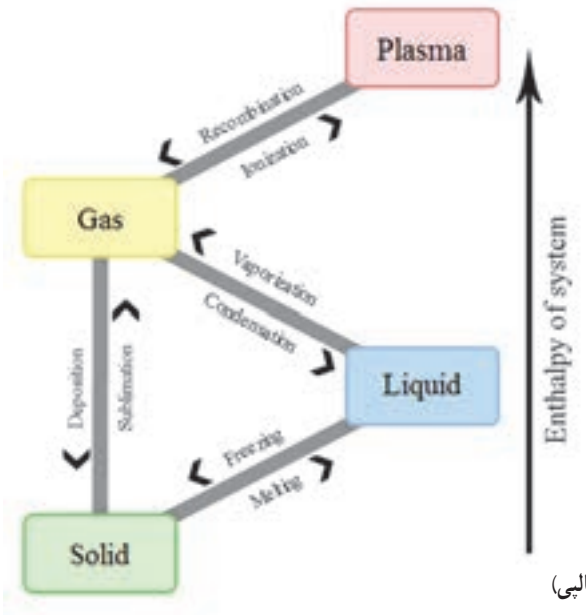
روش آموزش

به موضوع فاز یا حالت به اندازه کافی در درس‌های فیزیک و شیمی پرداخته شده‌است فقط در این قسمت می‌توان علاوه بر مطالب کتاب به خلاصه‌ای از فازهای دیگر ماده که در دانش افزایی آمده پرداخت.

دانش‌افزایی

دانشمندان باستان، عالم را متشکل از چهار عنصر آتش، خاک، آب و هوا می‌دانستند. اما ما می‌دانیم که عنصرها بیشتر هستند ولی تعبیر دیگری نیز ارائه شده و آن این است که آتش را بیانگر انرژی دانسته و سه عنصر دیگر نشان‌دهنده سه حالت از ماده جامد، مایع و گاز می‌باشند. بر طبق این دسته‌بندی، مواد جامد دارای شکل و ابعاد مشخصی بوده و همچنین جرم، حجم و وزن مشخصی دارند. مایعات و گازها شاره هستند، یعنی جریان می‌یابند. این اجسام شکل معینی ندارند و شکل ظرفی را که در آن قرار دارند به خود می‌گیرند. علاوه بر این حالت‌ها، حالت‌هایی دیگر از ماده وجود دارد که به طور معمول در دمای معمولی جو زمین قابل تشخیص نیستند.

پلاسما حالت چهارمی از ماده است که دانش‌امروزی نتوانسته آنها را جزو سه حالت دیگر بپندارد و مجبور شده آن را حالت مستقلی به حساب آورد. این ماده با ماهیت محیط یونیزه، ترکیبی از یون‌های مثبت و الکترون با غلظت معین می‌باشد که مقدار الکترون‌ها و یون‌های مثبت در یک محیط پلاسما تقریباً برابر است و حالت پلاسمای مواد، تقریباً حالتی شبیه خنثی دارد. پدیده‌های طبیعی زیادی از جمله آتش، خورشید، ستارگان و غیره در رده حالت پلاسمایی ماده قرار می‌گیرند. پلاسما شبیه گاز است، ولی مرکب از ذرات باردار متحرکی به نام یون است. یون‌ها به شدت تحت تأثیر نیروهای الکتریکی و مغناطیسی قرار می‌گیرند. مواد طبیعی در حالت پلاسما عبارتند از انواع شعله، بخش خارجی جو زمین، اتمسفر ستارگان، بسیاری از مواد موجود در فضای سحابی و بخشی از دم ستاره دنباله‌دار و شفق‌های قطبی شمالی. نمایش خیره کننده از حالت پلاسمایی ماده است که در میدان مغناطیسی جریان می‌یابد. بد نیست بدانید که دانش امروزی حالات دیگری از جمله برهم‌کنش قوی و ضعیف هسته‌ای را نیز در دسته‌بندی‌ها به عنوان حالات پنجم و ششم ماده به حساب می‌آورد که از این حالات در توجیه خواص نکلئون‌های هسته، نیروهای هسته‌ای، واکنش‌های هسته‌ای و در کل فیزیک ذرات بنیادی استفاده می‌شود.



شکل ۱۶ــ۱ تغییر فاز مواد (با توجه به آنتالپی)

۵ــ۱ــ نمودار دماــگرما

پیش‌آزمون

۱ــ آب در صفر درجه سلسیوس در فاز .... است.

۲ــ دمای بخار آب چند درجه سلسیوس است؟ کمتر از صد( ) بیشتر از صد( )

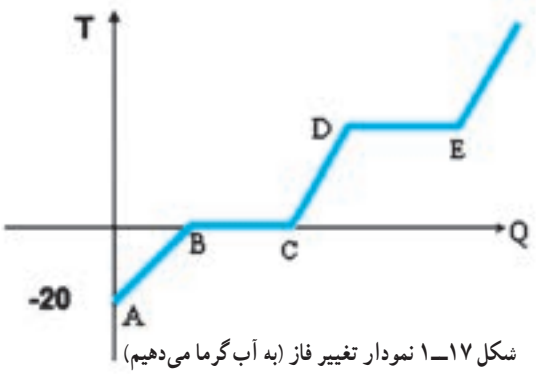
روش آموزش

هنرآموزان گرامی در این بخش بهتر است نمودار، فاز به فاز کشیده شود. در ابتدا دو نکته که در مورد بیشتر مواد به‌خصوص آب درست است به هنرجویان گفته شود.

اول اینکه اگر ما به‌آرامی به جسم گرما دهیم یا تغییر فاز داریم یا تغییر دما و هردو فرایند با هم اتفاق نمی‌افتد. دوم اینکه این شرایط برای حالتی است که به جسم در فشار ثابت (جو) گرما می‌دهیم.

شما می‌توانید به جای محور گرما، محور زمان را به کار ببرید و همین نتیجه را می‌گیرید. چنانچه هنرجویان شما کشش داشتند شما می‌توانید روش به‌دست‌آوردن مقدار گرما برای تغییر فاز را نیز آموزش دهید. توجه داشته باشید دمای منفی را زیر تقاطع دو محور نیز می‌توان رسم نمود.

بهتر است پس از ترسیم نمودار نقطه ذوب یا انجماد، نقطه جوش، گرمای نهان و گرمای محسوس را توضیح دهید.



شکل ۱۷ــ۱ نمودار تغییر فاز (به آب گرما می‌دهیم)

پرسش و پاسخ

۱ــ مفهوم نمودار فازی را بیان کنید؟

۲ــ پیش‌فرض رسم نمودار فازی چند نکته است؟ آنها را بیان کنید.

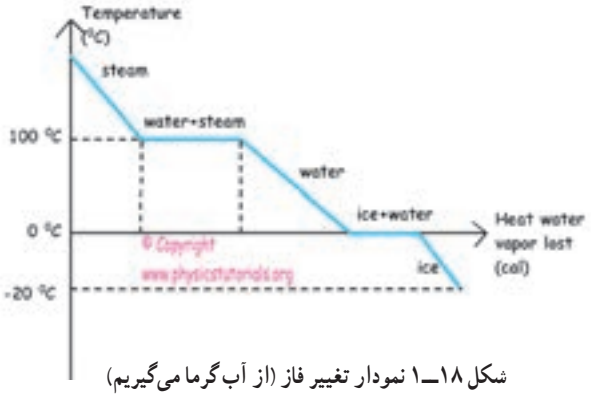
۳ــ چنانچه به جای محور گرما عامل زمان را در نمودار دما گرما داشته باشیم به لحاظ ظاهری نمودار چه تغییری می‌کند؟

دانش‌افزایی

الف) نمودار فازی

نمودارهای فازی یک روش متداول برای ثبت اطلاعات مربوط به فازهای مواد و استفاده از آنهاست. نمودار فازی آب (Phase diagram of water) نموداری است که در آن ارتباط بین فازهای مختلف آب بررسی می‌شود. آب در دماهای مختلف

حالت گاز، مایع و جامد در طبیعت وجود دارد. نوع تبدیل آنها به یکدیگر، به خواص ترمودینامیکی بستگی دارد. در نمودار فازی به بررسی این خواص نیز پرداخته می‌شود. همان‌طور که مشخص است، بیشتر مواد در بیشتر از یک فاز موجود می‌باشند (فاز قسمتی از ماده است که دارای خواص فیزیکی و شیمیایی یکسان می‌باشد). نمودارهای فازی بر حسب نیاز می‌تواند از دیدگاه‌های متفاوت فشار، دما، حجم مخصوص، آنتروپی و... رسم شود.



شکل ۱۸ــ۱ نمودار تغییر فاز (از آب گرما می‌گیریم)

ب) نقطه ذوب یا انجماد

به دمایی که در آن، دما به طور کامل از حالت جامد به مایع (یا بالعکس) تبدیل می‌شود دمای ذوب یا دمای انجماد می‌گویند. دمای ذوب یا انجماد در نمودارهای فازی به عنوان نقطه ذوب یا نقطه انجماد مطرح می‌شود. تعریف یک دما به عنوان دمای ذوب یا دمای انجماد به دیدگاه ما بستگی دارد. هنگام گرم کردن، این نقطه، نقطه ذوب و هنگام سرد کردن نقطهٔ انجماد است. توجه کنید تمامی نقاطی که روی خط میان فاز مایع و جامد قرار دارند همگی بیانگر نقطهٔ ذوب و انجماد هستند. نقطهٔ ذوب و انجماد همیشه برای مواد خالص در نظر گرفته می‌شود. ناخالصی و فشار روی نقطهٔ ذوب یا انجماد تأثیر می‌گذارد. در حین ذوب شدن یا منجمد شدن دمای جسم ثابت می‌ماند. فشار بر نقطهٔ ذوب یا انجماد مواد تأثیرگذار است. با بالا رفتن فشار نقطهٔ ذوب یا انجماد نیز بالا می‌رود. (البته در مورد بعضی مواد مثل آب (یخ) استثنا وجود دارد و آن اینکه با بالا رفتن فشار نقطهٔ ذوب آن پایین می‌آید). با کاهش فشار، نقطهٔ ذوب یخ افزایش می‌یابد، به همین دلیل، یخ‌ها در کوه دیرتر آب می‌شوند، زیرا فشار هوا در آن محل کمتر است.

پ) نقطه جوش

نقطه جوش یک ماده، دمایی است که در آن فشار بخار مایع با فشار بخار اطراف مایع یکسان می‌شود و مایع آماده تبدیل به بخار می‌شود. در این دما جنبش مولکول‌های مایع به بیشینه مقدار ممکن می‌رسد. با افزایش فشار، دمای نقطه جوش مایع افزایش و با کاهش فشار دمای نقطه جوش کاهش می‌یابد به طوری که در خلأ دمای نقطه جوش کمترین مقدار خود را دارد. برای مثال چنانچه بتوانیم فشار را به ۰/۲۶ kpa برسانیم دمای جوش آب به $-10^{\circ}C$ می‌رسد.

ت) گرمای نهان

گرمای نهان، گرمایی است که ماده در هنگام تبدیل از حالتی به حالت دیگر از دست داده و یا جذب می‌کند. نام دیگر گرمای نهان «گذار فازی» است. گرمای جذب شده توسط یک جامد در هنگام مایع شدن در نقطه ذوب را گرمای نهان ذوب و گرمای جذب شده توسط یک مایع برای تبدیل شدن به بخار در فشار یک آتمسفر و در نقطه جوش را گرمای نهان تبخیر می‌گویند. این تغییر زمانی که تغییر فاز جامد به مایع داریم گرماگیر و در جهت عکس گرماده است. انرژی ای که قبلاً برای تبخیر شدن گرفته شده بود به صورت گرمای محسوس آزاد می‌شود. این گرما به منظور غلبه بر نیروی جاذبه نگهدارنده اتم‌ها در مکان‌های بلورین منظم مورد نیاز است.

معادلهٔ گرمای نهان ذوب به این صورت است : $Q=mL$

- Q مقدار انرژی دریافتی یا آزاد شده هنگام تغییر فاز (ژول)
- m جرم ماده مورد نظر
- L گرمای نهان ویژهٔ یک مادهٔ مشخص (J/kg)

ث) گرمای محسوس

اگر نتیجه افزایش یا کاهش گرمای یک ماده فقط تغییرات دمای ماده باشد و در ماده هیچ‌گونه تغییر حالتی روی ندهد، به آن گرمای محسوس گویند. کلمه محسوس در مورد گرمایی به کار گرفته می‌شود که بتوان اثر آن را با یک دماسنج ملاحظه نمود.

پرسش و پاسخ

۱ــ دمای نقطه ذوب و دمای نقطه انجماد را روی نمودار فازی آب مشخص کنید.

۲ــ علت اینکه برف‌ها روی کوه دیرتر آب می‌شوند کدام است؟

۳ــ چرا به محض در آوردن ظرف نوشابه از داخل فریزر یخچال و باز کردن آن نوشابه یخ می‌زند؟

چون بعد از مدتی دمای آن به زیر صفر درجه سلسیوس می‌رسد اما چون فشار داخل ظرف زیاد است منجمد نمی‌شود زیرا با افزایش فشار وارد بر آب دمای انجماد آن کاهش می‌یابد. یعنی در این شرایط آب داخل ظرف در صفر درجه سلسیوس منجمد نمی‌شود بلکه در دمای زیر صفر برای مثال $-۷^{\circ}C$ منجمد می‌شود. بنابراین اگر دمای فریزر $-۵^{\circ}C$ باشد نمی‌تواند نوشابه را منجمد کند. حال اگر این نوشابه را باز کنیم فشار سریعاً کم می‌شود پس دمای انجماد دوباره به عدد صفر برمی‌گردد در حالی که دمای نوشابه $-۷^{\circ}C$ می‌باشد در نتیجه نوشابه به یکباره منجمد می‌شود.

۶ــ۱ــ بخار اشباع و مایع اشباع

روش آموزش

هنرآموزان گرامی بهتر است ابتدا نمودار فشارــدمای آب را رسم نموده و مشخصات فشار و دمای دو سر خط اشباع که مرز بین مایع بخار می‌باشد نوشته و توضیح دهند که هر نقطه اشباع وابسته به دو پارامتر دما و فشار است.

برای مثال : (۰/۰۰۶ atm , ۰/۰۱°C) یا (۲۱۸ atm , ۳۷۴°C) یا (۱ atm , ۱۰۰°C)

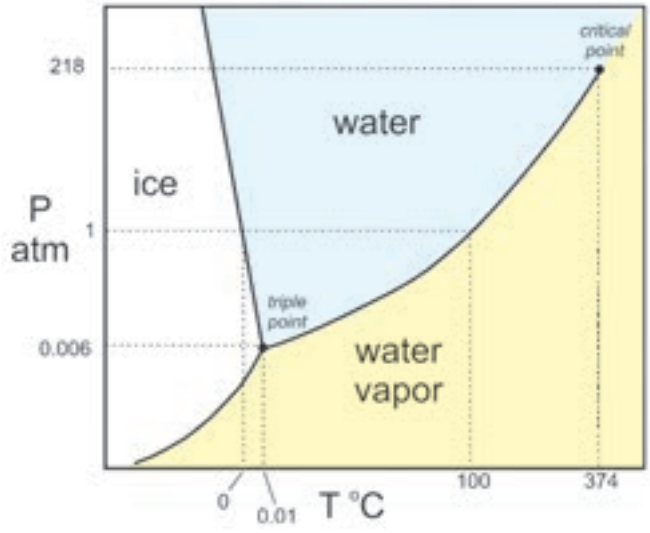
پرسش و پاسخ

۱ــ آب با دمای $۱۰۰^{\circ}C$ در کدام حالت است؟ سوپرهیت ☐ سابکولد ☐ بستگی به فشار دارد ☐

۲ــ آب در کدام شرایط سوپرهیت است؟ (۱°C , ۰/۰۰۵ atm) ☐ (۱۰۰°C , ۲ atm) ☐

دانش افزایی

به عبارت ساده «دمای اشباع به معنی نقطه جوش» می‌باشد. (با توجه به نمودار، حد فاصل tp تا cp نقطه جوش است.) دمای اشباع، دمایی متناظر با فشار اشباع است که در آن یک مایع در حال جوش به بخار تبدیل می‌شود. همچنین می‌توان گفت : این مایع از انرژی گرمایی اشباع شده‌است و گرمای اضافه صرف تبدیل به تغییر فاز می‌شود. همانطور که گفته شد نمودارهای فازی با توجه به کاربرد با پارامترهای متفاوت رسم می‌شوند در این قسمت نمودار فشار ــ دما آمده است.



شکل ۲۱ــ۱ نمودار فازی فشار ــ دما برای آب

همان‌طور که از نمودار فشار ــ دمای آب مشخص است چنانچه ما روی خط اشباع باشیم به هر دلیل (کاهش فشار یا افزایش دما) وارد منطقه زردرنگ شویم وارد منطقه سوپرهیت شده‌ایم و چنانچه به هر دلیل(افزایش فشار یا کاهش دما) وارد منطقه آبی‌رنگ شویم وارد منطقه سابکولد شده‌ایم.

در نمودار فازی فشار ــ دما نقطه‌ای به نام نقطه بحرانی[۱] تعریف می‌شود که در بالای آن، ماده به هیچ‌وجه نمی‌تواند به مایع تبدیل شود. این موضوع به این معناست که منحنی فشار بخار باید در این نقطه تمام شود. بالاترین دمایی که در آن گاز و مایع می‌توانند با یکدیگر درتعادل باشند، به عنوان نقطهٔ بحرانی شناخته می‌شود. فشاری که برای مایع کردن گاز در دمای بحرانی مورد نیاز است را فشار بحرانی می‌گوییم. اطلاعات مربوط به فشار و دمای بحرانی را در روی نمودار به عنوان نقطه بحرانی تعریف می‌کنیم. در دماهای بالاتر از نقطهٔ بحرانی، ماده را به عنوان سیال فوق بحرانی[۲] نام‌گذاری می‌کنند. رفتار ماده در این حالت بسیار جالب است. یک سیال فوق بحرانی کشش سطحی نداشته و لزجت بسیار کمی دارد، در حالی‌که چگالی آن هنوز همان چگالی مایع بوده و حلال بسیار خوبی می‌باشد. از این خاصیت در بعضی از رآکتورها استفاده می‌شود.

۱- Critical Point

۲- Super Critical fluid

۷ــ۱ــ نمودار دماــحجم

روش آموزش

هنرآموزان گرامی بهتر است ابتدا تفاوت حجم مخصوص و حجم را توضیح دهند سپس مختصات دماــحجم مخصوص را رسم نموده و بر اساس جدول ۲۰ــ۱ در هر دما حجم مخصوص مایع اشباع v_f و حجم مخصوص بخار اشباع v_g را مشخص نموده سپس با اتصال نقاط به یکدیگر نمودار دماــحجم مخصوص آب را رسم نمایید. پس از آن خط‌های فشار ثابت را بکشید.(برای کشیدن خط‌های فشار ثابت می‌توان به مشابهت تقریبی آن با خط فشار ثابت نمودار دماــگرما اشاره کرد.) و مناطق مایع سابکولد، بخار سوپرهیت و منطقه بین مایع اشباع و بخار اشباع را مشخص نمایید. پس از رسم هنرجویان متوجه تغییرات زیاد دمای اشباع بخار و تغییرات کم دما اشباع مایع خواهند شد. همچنین چون در دماهای پایین v_g بسیار بالا است رسم منحنی با مقیاس فضای زیادی نیاز دارد که از مقیاس صرف نظر می‌کنند.

جدول ۲۰ــ۱ حجم مخصوص در فشارهای متفاوت

PMPa	T°C	$v_f \frac{dm^3}{Kg}$	$v_g \frac{dm^3}{Kg}$
۰/۰۰۰۶۱۱۳	۰/۰۱	۱/۰۰۰	۲۰۶۱۴۰
۰/۱	۹۹/۶۳	۱/۰۴۳	۱۶۹۴
۱	۱۷۹/۹۱	۱/۱۲۷	۱۹۴
۱۰	۳۱۱/۰۶	۱/۴۵۲	۱۸
۲۲/۰۹	۳۷۴/۱۴	۳/۱۵۵	۳/۱۵۵

پرسش و پاسخ

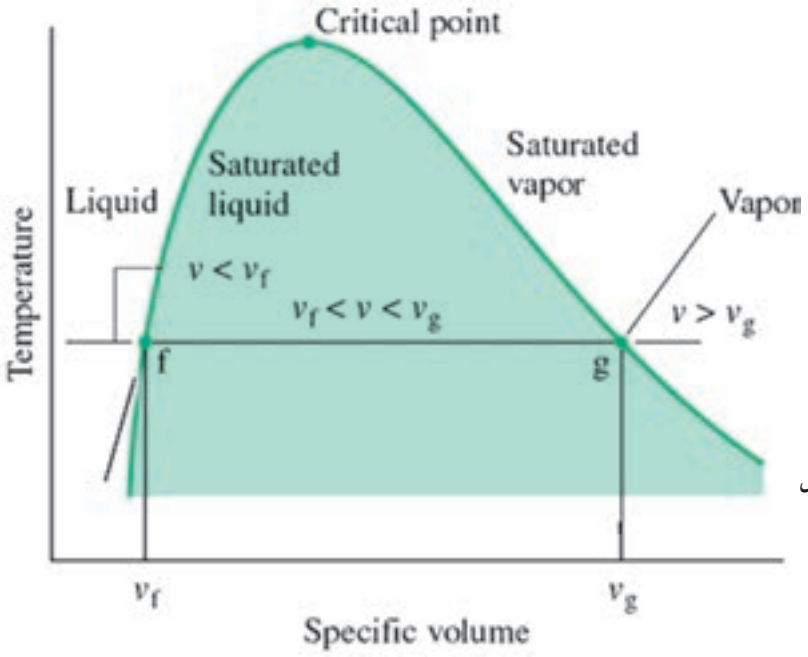
۱ــ حجم مخصوص آب در ۱۰۰ درجه سلسیوس ۸۰۰ $\frac{dm^3}{Kg}$ است. آب در کدام فاز قرار دارد؟

سوپرهیت ☐ سابکولد ☐ بین مایع و بخار ☐

دانش افزایی

الف) نمودار دماــفشار

می‌دانیم معادله مشخصه (PV=nRT) رابطه‌ای بین متغیرهای P,T,V است. در مبحث قبل نمودار فازی فشارــدما آمد. یکی دیگر از نمودارهای فازی آب، نمودار دماــحجم می‌باشد. برای آنکه مقدار آب بر روی نمودار تأثیر نگذارد به جای حجم کل از محور حجم مخصوص (v) استفاده می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم حجم مخصوص، حجم واحد جرم می‌باشد (v=v/m) و عکس چگالی است ($\rho=\frac{1}{v}$).



شکل ۲۱ــ۱ نمودار فازی دماــحجم مخصوص

چنانچه در دمای اشباع (خط fg) ماده بین مایع اشباع v_f و بخار اشباع v_g باشد آن ماده دارای کیفیت است. کیفیت (x) بدین صورت تعریف می‌شود : نسبت جرم بخار به جرم کل

برای مثال : چنانچه جرم بخار ۰/۲۵ کیلوگرم و جرم کل ۱ کیلوگرم باشد، کیفیت ۰/۲۵ یا ۲۵ درصد است.

راه حل پرسش ۱ : $x = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} = \frac{۸۰۰ - ۱}{۱۶۷۳ - ۱} = ۰/۴۸$

کیفیت ۰/۴۸ بدین معنی است که ما ۴۸ درصد بخار داریم.

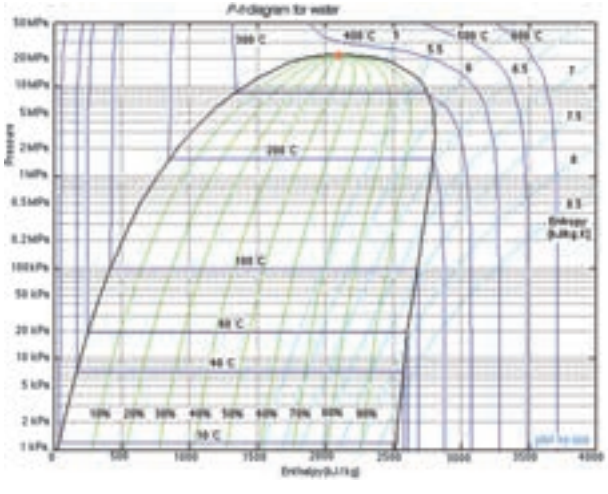
ب) نمودار فشارــآنتالپی

آنتالپی (اندرتافت) مقدار گرمای کل یک سیستم در فشار ثابت است. واحد اندازه‌گیری آنتالپی در سامانه استاندارد بین‌المللی یکاها ژول (J) نام دارد. توجه کنید تغییر آنتالپی در طول فرایند هم‌فشار برابر مقدار گرمایی است که منتقل می‌شود. آنچه که ما به عنوان گرمای نهان (ذوب یا جوش) می‌شناسیم، همان تغییر آنتالپی است.

در نمودار دماــگرما برای آب در فشار جو در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس اختلاف گرمای $h_{fg} = ۳۰۵۳ - ۷۹۷ = ۲۲۵۶ \frac{kj}{kg}$

همان اختلاف آنتالپی بخار اشباع و مایع اشباع است.

چون در سیستم‌های تبرید کاربرد فرایندهای هم‌فشار بیشتر از کاربرد فرایندهای هم‌حجم می‌باشد لذا در این قسمت یکی از مهم‌ترین نمودارهای هم‌فشار که نمودارهای فشارــآنتالپی است، شناسانده خواهد شد. در شکل ۲۲ــ۱ نمودار فشارــآنتالپی برای آب آمده است :



شکل ۲۲ــ۱ نمودار فازی فشارــ آنتالپی

در این نمودار خط‌های افقی نشان‌دهنده فشار و خط‌های عمودی نشان‌دهنده آنتالپی می‌باشند. خط‌های آبی نشانه دما و خط‌های نشانه کیفیت (بر حسب درصد) است. همچنین خط‌های نیلی رنگ نشانه آنتروپی است. در بعضی از نمودارها حجم مخصوص نیز آمده است. در این نمودار نیز همانند نمودار دما ــ حجم مخصوص سه قسمت مایع سابکولد، بخار سوپرهیت و حالت بین مایع و بخار آمده است.

پ) آنتروپی (S)

آنتروپی کمیتی ترمودینامیکی است که اندازه‌ای برای درجه بی‌نظمی در هر سیستم است. هرچه درجهٔ بی‌نظمی بالاتر باشد، آنتروپی بیشتر است. بنابراین برای یک ماده معین در حالت تعادل درونی کامل در هر حالت، داریم : آنتروپی جامد< آنتروپی مایع< آنتروپی گاز

واحد آنتروپی در سیستم SI، ژول بر کلوین است. (J/K)

مثال : تغییر آنتروپی آب در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس از مایع اشباع تا بخار اشباع چند کیلوژول بر کلوین است؟

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{۲۲۵۶}{۱۰۰+۲۷۳/۱۵} = ۶/۰۴ \frac{kj}{K}$$

۸ــ۱ــ فشار

پیش آزمون

۱ــ آیا تا به‌حال با کفش ورزشی میخ‌دار روی برف راه رفته‌اید؟

۲ــ آیا تا به‌حال از خود پرسیده‌اید که چرا چاقو دست را می‌برد؟

روش آموزش

هنرآموزان گرامی به این نکته توجه داشته باشند که هنرجویان مفهوم فشار و بعضی از واحدهای اندازه‌گیری آن را در درس‌های دیگر به‌ویژه فیزیک(۲) خوانده‌اند و یادآوری آن در این بخش مفید است. اما ما می‌توانیم به روش زیر موضوع فشار را مطرح کنیم :

۱ــ تعریف فشار و مثال در مورد فشار بلوک مکعبی و نوک تیز با جرم برابر و فشار متفاوت

۲ــ ما در اینجا روی فشار شاره‌ها بحث می‌کنیم.

۳ــ تاریخچه کوتاه فشارسنجی و آزمایش توریچلی و ترسیم شکل بارومتر توریچلی در کنار دریا و قله اورست

۴ــ عوامل مؤثر بر فشار در مایع و گاز

۵ــ انواع فشار

۶ــ خلأ

۷ــ روش اندازه‌گیری انواع فشار(فشار سنجی)

۸ــ یکاهای فشار

۹ــ دقت اندازه‌گیری گیج فشار نسبی

کار در کلاس

۱ــ در تهران فشار یک محفظه با یک گیج نسبی $-۰/۶$bar اندازه‌گیری شده‌است. فشار مطلق تهران در آن لحظه(از سایت‌های هواشناسی) $۰/۸۷$bar گزارش شده‌است. فشار مطلق محفظه چند bar می‌باشد؟

$$P_a = P_g + P_b = -۰/۶ + ۰/۸۷ = ۰/۲۷ \text{ bar}$$

۲ــ بعضی از کاربران خلأ در درخواست خود عنوان می‌کنند که به فشار ۱- بار نیاز دارند :

$$P_a = P_g + P_b = -۱ + ۰/۸۷ = -۰/۱۳ \text{ bar}$$

چون فشار مطلق نمی‌تواند منفی باشد. پس رسیدن به فشار ۱- بار در تهران ممکن نیست ولی در بندرعباس با فشار گزارش شده ۱۰۱۰ میلی بار، دستیابی به فشار ۱- بار ممکن است :

$$P_a = P_g + P_b = -۱ + ۱/۰۱۰ = ۰/۰۱۰ \text{ bar}$$

دانش افزایی

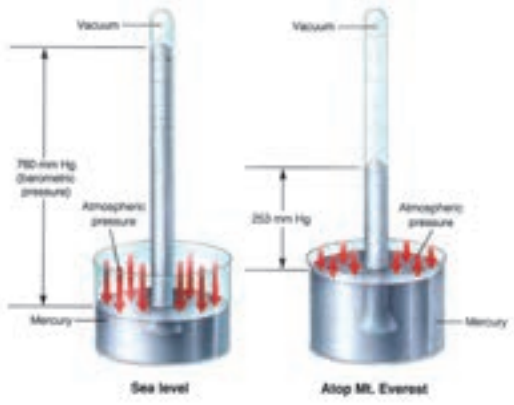
الف) تعریف فشار

فشار نیروی عمود بر واحد سطح است. در جامدات بیشتر از اصطلاح تنش به جای فشار استفاده می‌شود.

ب) تاریخچه فشارسنجی

اوان جلیستا توریچلی[۱] (۱۶۴۷ــ ۱۶۰۸) از اولین کسانی است که به صورت علمی بر روی فشارسنجی تحقیقات گسترده‌ای انجام داد. او به توصیه گالیله بر روی پمپ‌های هیدرولیکی تحقیقاتی انجام داد و مشاهده نمود که بیشترین ارتفاع مکش پمپ آب ۱۰ متر است و چنانچه ارتفاع مکش بیشتر شود آب توسط پمپ بالا نمی‌آید. او نتیجه گرفت که هوا وزن دارد و وزن هوا باعث فشار روی مکش پمپ شده و آب را بالا می‌آورد. او برای تکمیل نظریه خود یک لوله شیشه‌ای به طول یک متر را پر از جیوه کرد،(علت انتخاب جیوه این بود که چگالی جیوه حدود ۱۳/۶ برابر آب است و اگر می‌خواست از آب استفاده کند لوله‌ای به طول ۱۴ متر نیاز داشت که ساخت آن مشکل‌ساز بود.) توریچلی در کنار دریا لوله را پر از جیوه نمود و انگشت خود را روی سر آن گذاشته و لوله را داخل تشتک جیوه برگرداند. او مشاهده کرد که جیوه تا ارتفاع ۷۶ سانتی‌متر پایین آمد و متوقف شد و بالای لوله خالی ماند. نظریه او در مورد وزن هوا اثبات شد و گفت فشار هوا نگذاشت که جیوه پایین‌تر بیاید. (شکل ۲۳ــ۱)

پاسکال[۲] (۱۶۶۲ــ۱۶۲۳) نیز مطالعاتی در زمینهٔ هواسنج و فشار هوا دارد که بسیار مهم است. فراموش نباید کرد که پاسکال کسی بود که برای اولین بار به اختلاف فشار هوا در ارتفاعات و نقاط هم‌سطح دریا پی برد. او با این جمله، پیش‌بینی خود را اعلام کرد : حقیقت ساده‌ای وجود دارد و آن این است که فشار هوا در ارتفاعات، کمتر از فشار هوا در دشت، یا نقاط هم‌سطح دریا است.



شکل ۲۳ــ۱ بارومتر توریچلی که فشار را در سطح دریا و در قله اورست نشان می‌دهد.

۱- Evangelista Torricelli

۲- Blaise Pascal

پ) عوامل مؤثر بر فشار

عوامل مؤثر بر فشار در شاره‌ها، چگالی و ارتفاع مایع می‌باشد که در یک ظرف حاوی مایع با چگالی ρ و ارتفاع h از رابطه زیر به دست می‌آید :

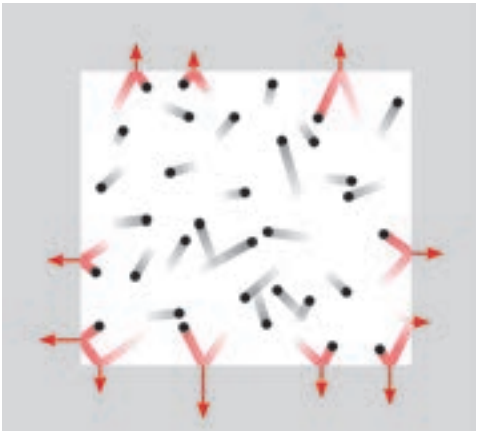
$$P = \frac{F}{A} = \frac{m.g}{A} = \frac{\rho.V.g}{A} = \frac{\rho.A.h.g}{A} = \rho.g.h$$

در گازها مولکول‌های گاز از طریق انرژی جنبشی مولکول‌ها، به سطح ظرف ضربه یا نیرو وارد می‌کنند. هرچه دما بالاتر باشد مولکول‌ها با سرعت بیشتری حرکت می‌کنند و به دیواره ظرف نیروی بیشتری وارد می‌نمایند. از آنجا که فشار گاز از جنبش مولکولی ناشی می‌شود و همچنین جنبش مولکولی به صورت مستقیم با دما رابطه دارد، بر اساس تئوری جنبشی گازها، فشار گاز برابر است با :

$$PV = nRT = \frac{۱}{۳}Nmu^{۲} \rightarrow P = \frac{۱}{۳} \times \frac{N}{V}mu^{۲}$$

در این معادله m جرم مولکول بر حسب گرم، u سرعت متوسط مولکول‌ها بر حسب $\frac{cm}{sec}$ و $\frac{N}{V}$ دانسیته مولکولی (N عدد آووگادرو، V حجم گاز)بر حسب تعداد بر سانتی‌متر مکعب است.

همانگونه که در معادله مشاهده می‌شود رابطه فشار با دما، حجم و سرعت مولکول‌ها داده شده‌است و برای مثال چنانچه سرعت مولکول‌ها دو برابر شود، فشار چهار برابر می‌شود.



شکل ۲۴ــ۱ فشار وارده توسط برخورد ذرات درون یک فضای بسته

ت) انواع فشار

فشار در شاره‌ها بر چهارگونه جو، نسبی، مطلق و تفاضلی می‌باشد :

۱ــ فشار جو[۱] : جو یا اتمسفر زمین لایه‌ای از گازها است که زمین را احاطه کرده‌اند که این گازها به‌وسیله جاذبه زمین نگهداشته شده‌اند. مرز دقیقی بین لایه‌های جو وجود ندارد و با افزایش ارتفاع جو رقیق می‌شود و هیچ مرز مشخصی بین جو و فضای خارج از جو وجود ندارد. ۷۵٪ از جو زمین تا ارتفاع ۱۱ کیلومتر از سطح زمین است. فشار جو نتیجه مستقیمی از وزن هواست. این به این معنی است که به همراه مکان و زمان فشار جو تغییر می‌کند چون وزن هوای بالای زمین به همراه مکان و زمان تغییر می‌کند. پس فشار جو تابعی از ارتفاع، دما، رطوبت هوا و... است. این فشار را فشار محیط یا فشار محلی یا فشار بارومتری[۲]نیز می‌نامند و برای نمایش آن از حرف b استفاده می‌کنند. در جدول ۲۵ــ۱ ارتفاع و فشار متناسب با آن همچنین دمای آن نقطه در جو آمده‌است.

۱– Atmospher Pressure ۲– Barometric Pressure

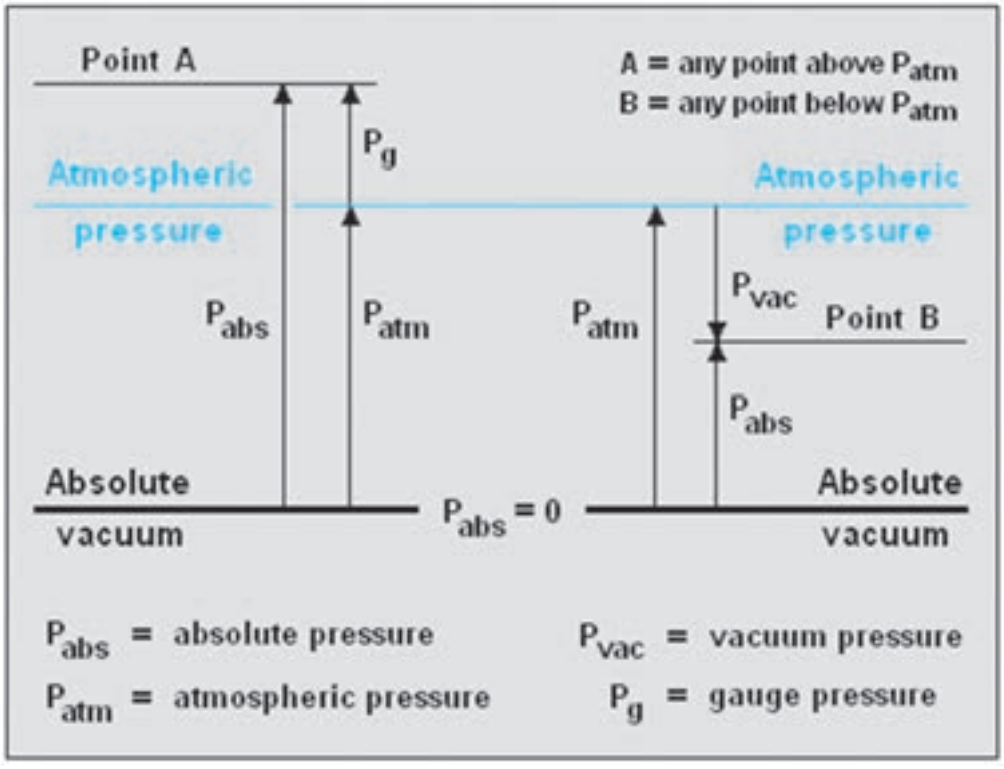
جدول ۲۵ــ۱ فشار و دمای متناظر با ارتفاع

Altitude (feet)	Pressure (in/Hg)	Pressure (mm/Hg)	Pressure (psi)	Temperature (°C)	Temperature (°F)
Sea Level	29.92	760.0	14.69	15.0	59.0
10,000	20.58	522.6	10.11	–4.8	23.3
18,000	14.95	379.4	7.34	–20.7	–5.3
20,000	13.76	349.1	6.75	–24.6	–12.3
25,000	10.51	281.8	5.45	–34.5	–30.1
30,000	8.90	225.6	4.36	–44.4	–48.0
34,000	7.40	187.4	3.62	–52.4	–62.3
35,332	6.80	175.9	3.41	–55.0	–67.0
40,000	5.56	140.7	2.72	–55.0	–67.0
43,000	4.43	119.0	2.30	–55.0	–67.0
50,000	3.44	87.3	1.69	–55.0	–67.0

۲ــ فشار نسبی[۱] : فشار نسبی، فشاری است که صفر آن، فشار محلی است. چون این فشار با فشارسنج‌های معمولی قابل اندازه‌گیری است آن را فشار، فشارسنج نیز می‌نامند.

۳ــ فشار مطلق[۲] : فشار مطلق، فشاری است که صفر آن خلأ کامل است.

رابطه بین سه فشار نامبرده برابر است با : $P_{ab}=P_g+P_b$



شکل ۲۶ــ۱ انواع فشار و رابطه آنها با یکدیگر

۱– Gauge Pressure

۲– Absolute Pressure

ث) خلأ (Vacuum)

خلأ به فضایی گفته می‌شود که خالی از ماده باشد. در چنین حالتی مولکول‌های هوا که عامل ایجاد فشار می‌باشند نیز وجود ندارند. این تعریف ایده‌آل خلأ می‌باشد. فشار صفر مطلق، در این فضا تعریف می‌شود. در عمل رسیدن به چنین محیطی امکان‌پذیر نیست زیرا همیشه تعدادی مولکول گاز وجود دارند. در اصطلاح به فشارهای پایین‌تر از فشار آتمسفر هوا، حالت خلأ گفته می‌شود. با این وصف فشار مابین فشار آتمسفر (جوّ) و صفر مطلق را می‌توان حوزه سیستم‌های وکیوم دانست. خلأ بسته به فشار گاز به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شود. میزان خلأ روی ماه یک نانو پاسکال است. پایین‌ترین فشار قابل دستیابی تاکنون در محیط آزمایشگاهی و دمای استاندارد، حدود سیزده پیکو پاسکال می‌باشد. البته در سیستم‌های دمای پایین (در حدود ۴ کلوین) فشارهای کمتری نیز به صورت غیرمستقیم اندازه‌گیری شده‌است. از آنجا که فشار گاز از جنبش مولکولی ناشی می‌شود و همچنین جنبش مولکولی به صورت مستقیم با دما رابطه دارد، فشارهای بسیار بسیار پایین را می‌توان در دماهای نزدیک به صفر مطلق تجربه نمود.

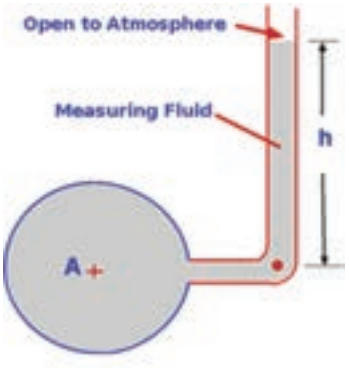
ج) فشارسنج‌ها

برای اندازه‌گیری فشار و خلأ دستگاه‌های اندازه‌گیری متفاوتی ساخته شده‌است که براساس بازه اندازه‌گیری، بازه دمای عملکرد و از همه مهم‌تر نوع فشار اندازه‌گیری طبقه‌بندی می‌شوند. در زیر به چند نمونه آنها اشاره می‌شود :

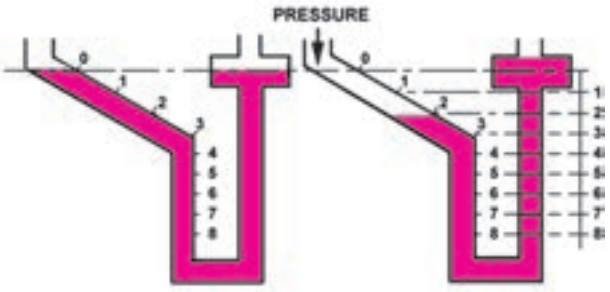
۱ــ بارومتر[1] : برای اندازه‌گیری فشار جو از آن استفاده می‌شود. مقدار هوا همواره در حال تغییر است در نتیجه وزن آن که همان فشار هواست به طور مداوم تغییر می‌کند. تغییر در فشار هوا باعث تغییر در شرایط آب و هوایی می‌شود که این تغییرات را با بارومتر نشان می‌دهند. بارومترها به‌گونه‌ای زینه‌بندی می‌شوند که فشار در ارتفاعات و دره‌ها را نمایش دهند. ساده‌ترین نوع بارومتر، همان فشارسنج توریچلی است. چون حمل این بارومتر سخت است از بارومترهای دیگری نظیر بارومتر ساعتی استفاده می‌شود.

شکل ۲۷ــ۱ بارومتر ساعتی

۲ــ پیزومتر[1] : ساده‌ترین وسیله اندازه‌گیری فشار پیزومتر است. پیزومتر یک لوله شفاف می‌باشد که به صورت عمودی به مخزن یا لوله‌ای که می‌خواهیم فشار آن را اندازه‌گیری کنیم متصل می‌شود. از پیزومتر برای اندازه‌گیری فشار مایعات استفاده می‌شود. برخلاف بارومتر، در پیزومتر انتهای لوله باز می‌باشد. پیزومتر ممکن است قائم یا شیب‌دار باشد.



شکل ۲۸ــ۱ پیزومتر قائم



شکل ۲۹ــ۱ پیزومتر شیب‌دار

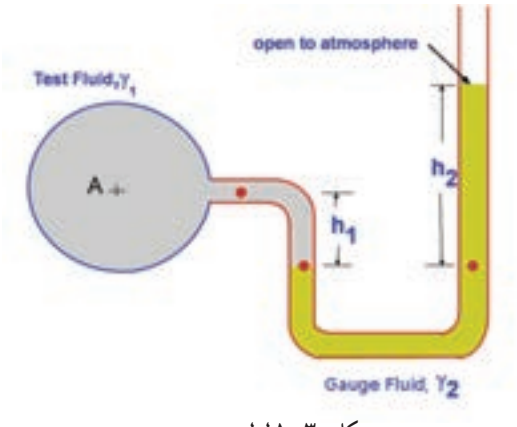
۱– Barometer

۲– Piezometer

معادله فشار نسبی که در مخزن A در پیزومتر نشان داده شده را بیابید.

$$P_A - P_{atm} = \rho . g . h$$

۳ــ مانومتر (U–tube) : لوله یو جایگزینی مناسب برای پیزومتر است. در لوله یو از یک مایع غیرقابل اختلاط با سیال استفاده می‌شود.



شکل ۳۰ــ۱ لوله یو

معادله فشار نسبی در مخزن گاز A در لوله U نشان داده شده را بیابید.

$$P_A + \rho_1 . g . h_1 = P_{atm} + \rho_2 . g . h_2$$

چون چگالی گاز در برابر چگالی مایع ناچیز است می‌توان از آن صرف نظر کرد و چون فشار نسبی مد نظر است پس :

$$P_A - P_{atm} = \rho_2 . g . h_2$$

۴ــ فشارسنج بوردون (Bourdon gauge) : در سال ۱۸۴۹ میلادی این اختراع به نام ایگنه بوردن در فرانسه ثبت شد و به دلیل حساسیت عالی، عملکرد خطی و درستی آن به‌طور گسترده‌ای از آن در اندازه‌گیری فشار استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری اختلاف فشار نیز می‌توان از فشارسنجی که دارای دو لوله بوردون مختلف که به طور مناسبی با هم ارتباط دارند استفاده کرد. اگر داخل لوله وکیوم شود از آن برای اندازه‌گیری فشار آتمسفر می‌توان استفاده کرد.

شکل ۳۱ــ۱ فشارسنج تفاضلی بوردون

انواع دیگری نیز از فشارسنج‌ها مانند فشارسنج الکترونیکی رایج است که در زمان این قسمت نمی‌گنجد.

ج) یکاهای فشار

بسته به کشور، جنس شاره، خلأ و کاربرد آن از یکاهای فشار متفاوتی استفاده می‌شود. برای مثال برای فشار خون بیشتر از یکای میلی‌متر جیوه ولی برای فشار گاز داخل لوله از اینچ‌آب استفاده می‌شود. واحد فشار در سیستم SI ، $\frac{N}{m^2}$ که به پاس فعالیت‌های بلز پاسکال، پاسکال Pa نامیده شد. چون این واحد کوچک است از کیلوپاسکال و مگاپاسکال بیشتر استفاده می‌شود. (یک پاسکال در حدود فشاری است که یک اسکناس روی میز می‌آورد.)

اولین یکای فشار میلی‌متر جیوه (mmHg) است که توسط توریچلی اندازه‌گیری شد و به پاس او آن را تور (Torr) نیز می‌نامند.

زمانی که گویند فشار خون $\frac{۱۲۰}{۷۰}$ است به این معناست که فشار ماکزیمم ۱۲۰ تور و فشار مینیمم ۷۰ تور است. فشار خون در نقاط مختلف بدن یکسان نیست و معیار رایج بازو که هم‌تراز با قلب است می‌باشد.

از یکاهای دیگر اینچ جیوه (inHg) است که فشار هوا برابر ۲۹/۹۲ اینچ جیوه می‌باشد.

$$p_{inHg} = \frac{۷۶۰}{۲۵/۴} = ۲۹/۹۲۱$$

با توجه به ارتفاع جیوه در آزمایش توریچلی فشار هوا را بر حسب پاسکال برابر است با :

(جرم ویژه در دمای صفر درجه سلسیوس ۱۳۵۹/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب)

$$P = \rho.g.h = ۱۳۵۹۵/۱\frac{kg}{m^3} \times ۹/۸۰۶۶۵\frac{m}{s^2} \times ۰/۷۶۰ = ۱۰۱۳۲۵\ pa$$

و چنانچه به جای جیوه از آب استفاده کنیم فشار جو بر حسب متر ستون آب (water column) برابر است با :

$$\rho_۱.g.h_۱ = \rho_۲.g.h_۲ \rightarrow h_۲ = \frac{\rho_۱}{\rho_۲} \times h_۱ = \frac{۱۳۵۹۵/۱}{۱۰۰۰} \times ۰/۷۶۰ = ۱۰/۳۳۲m$$

فشار هوا در کنار دریا یک آتمسفر است که آن را آتمسفر استاندارد نیز نامیده و با (atm) نشان می‌دهند.

$$۱atm = ۷۶۰mmHg = ۷۶۰Torr = ۲۹/۹۲inHg = ۱۰/۳۳۲mwc$$

در تعریف فشار، نسبت نیرو به واحد سطح آمده‌است بنابراین :

$$۱N = \frac{۱}{۹/۸۰۶۶۵} = ۰/۱۰۱۹۷۱Kg_f$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{۱N}{۱m^2} = ۱Pa = \frac{۰/۱۰۱۹۷۱Kg_f}{۱۰۰۰۰cm^2} = ۱/۰۱۹۷ \times ۱۰^{-۵}\frac{Kg_f}{cm^2}$$

کیلوگرم نیرو بر سانتی‌مترمربع را آتمسفر فنی نیز می‌نامند و با نماد (at) نشان می‌دهند.

فشار جو :

$$۱atm = ۱۰۱۳۲۵Pa = ۱۰۱۳۲۵ \times ۱/۰۱۹۷ \times ۱۰^{-۵}\frac{Kg_f}{cm^2} = ۱/۰۳۳۲\frac{Kg_f}{cm^2}$$

$$۱Lb = ۰/۴۵۳۵۹۲۳۷Kg \rightarrow ۱Kg = ۲/۲۰۴۶۲۲Lb \rightarrow ۱Kg_f = ۲/۲۰۴۶۲۲Lb_f$$

$$۱atm = ۱/۰۳۳۲\frac{Kg_f}{cm^2} = \frac{۱/۰۳۳۲ \times ۲/۲۰۴۶۲۲Lb_f}{۱cm^2 \times \frac{۱in^2}{۲/۵۴ \times ۲/۵۴cm^2}} = ۱۴/۶۹\frac{Lb_f}{in^2} = ۱۴/۶۹Psi$$

Psi مخفف پوند نیرو بر اینچ مربع

در دستگاه CGS یکای نیرو دین (dyne) است :

$$1N = 1Kg \times 1\frac{m}{s^2} = 1000gr \times \frac{100cm}{s^2} = 10^5 \frac{gr.cm}{s^2} = 10^5 dyne$$

$$1Pa = 1\frac{N}{m^2} = 1 \times \frac{10^5 dyne}{10000cm^2} = 10\frac{dyne}{cm^2}$$

دین بر سانتی‌مترمربع را باری (Barye) می‌نامند و با نماد (Ba) نشان می‌دهند.

در سال ۱۹۰۹ یک هواشناس به نام ویلیام ناپیر شاو پیشنهاد یکایی به نام بار (bar) را که برابر یک میلیون دین بر سانتی‌مترمربع است را داد، بنابراین :

$$1Pa = 10\frac{dyne}{cm^2} = 10 \times \frac{1}{10^6} bar = 10^{-5} bar \rightarrow 1atm = 101325pa = 1/01325bar$$

ج) دقت اندازه‌گیری گیج فشار نسبی

پارامترهای زیادی از جمله دما، رطوبت، شرایط آب و هوایی، وزش باد، ارتفاع از سطح دریا و . . . فشار آتمسفر را تغییر می‌دهند و اندازه‌گیری دقیق فشار آتمسفر را با دشواری روبه‌رو می‌کند. با تغییر هریک از این پارامترها نقطه صفر گیج جابه‌جا می‌شود و فشار خوانده شده مقدار واقعی نخواهد بود. حال فرض می‌کنیم تمامی پارامترهای بالا ثابت بوده، و تنها ارتفاع از سطح دریا تعیین‌کننده میزان فشار آتمسفر باشد. فشار آتمسفر در سطح دریا ۱ آتمسفر یا ۱۰۱۳ میلی‌بار است، با افزایش ارتفاع از سطح دریا این مقدار کاهش می‌یابد. برای مثال آتمسفر در تهران بین ۸۵۰ تا ۹۰۰ میلی‌بار می‌باشد.

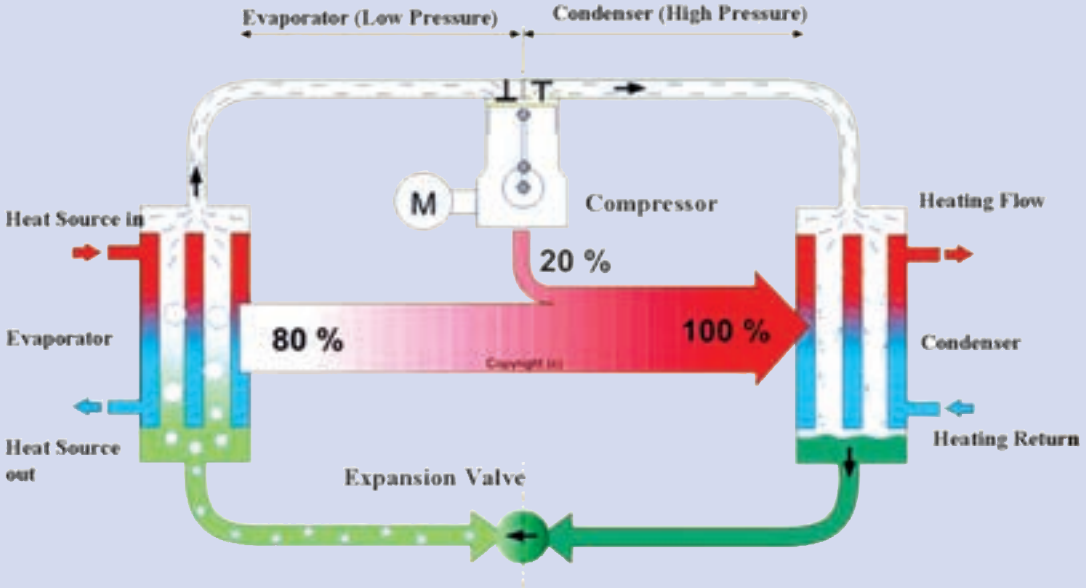
گیج‌های فشار نسبی به غیر از مشکل وابسته بودن به فشار آتمسفر، مشکل دیگری نیز دارند و آن اینکه توانایی خواندن فشارهای کمتر از میلی‌بار را ندارند. بنابراین برای خواندن فشار پمپ وکیوم با دقت زیاد باید از گیج‌های دقیق‌تر مانند فشارسنج‌های الکترونیکی استفاده کرد.

به‌طور کلی از دو فشارسنج (گیج) برای خواندن فشار خلأ استفاده می‌شود، گیج فشار نسبی و گیج فشار مطلق. مقایسه این دو گیج را می‌توان در جدول زیر مشاهده نمود :

مقایسه دو فشارسنج (گیج) برای خواندن فشار خلأ	
گیج فشار نسبی	گیج فشار مطلق
مقدار خوانده شده فشار توسط گیج فشار نسبی به مقدار فشار محیط بستگی دارد.	مقدار خوانده شده فشار توسط گیج فشار مطلق از فشار آتمسفر (فشار هوا در محل اندازه‌گیری) می‌باشد.
کافی است فشار محیط کمی تغییر کند تا فشار در حال اندازه‌گیری توسط گیج فشار نسبی نیز دستخوش تغییر قرار گیرد.	تغییر میزان فشار آتمسفر اثری بر روی فشار خوانده شده توسط این گیج ندارد.
برای انجام کارهایی که تنها اندازه‌گیری مقدار تقریبی فشار کافی است، می‌توان از این گیج استفاده کرد.	برای انجام کارهای دقیق‌تر باید از این گیج استفاده کرد.
این گیج فشار آتمسفر را مبدأ و نقطه صفر در نظر می‌گیرد و با کاهش فشار سیستم، مقادیر منفی را نشان می‌دهد.	این گیج فشار آتمسفر را مقدار واقعی آن در نظر می‌گیرد. با کاهش فشار، به سمت صفر می‌رود و هرگز از صفر پایین‌تر نمی‌رود.
اعداد نشان داده شده توسط این گیج منفی است.	اعداد نشان داده شده توسط این گیج مثبت است.

فصل ۲

سیکل تبرید



۲ سیکل تبرید

پیش آزمون

۱ــ چرا داخل یخچال سرد و لوله‌های پشت آن گرم هستند؟

۲ــ دمای یک ماده مبرد در یک نقطه $۴۲^{\circ}C$ و در نقطه دیگر $۱۰^{\circ}C$ است. این ماده در کدام نقطه سوپرهیت و در کدام نقطه ساب‌کولد است؟

۱ــ۲ــ تاریخچه سردسازی

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند ابتدا به خلاصه تاریخچه سردسازی بپردازند. و پس از آن تن تبرید را تعریف و محاسبه نمایند.

دانش افزایی

تاریخچه سردسازی

در جدول زیر گام‌هایی که در راستای پیشرفت صنعت سردسازی انجام شده، آمده است.

شکل ۱ــ۲ جدول خلاصه تاریخچه سردسازی

سال (میلادی)	عملیات
پیش از تاریخ	برداشت برف و یخ در فصل سرد و استفاده از آن در فصل‌های گرم در بسیاری از فرهنگ‌های باستانی از جمله چینی، یونانی، رومی و ایرانی مرسوم بوده است. یخ و برف ذخیره شده در غارها یا گودال‌ها با کاه پوشش داده می‌شدند. ایرانیان یخ ذخیره شده در گودال را یخچال می‌نامیدند.
قرن ۱۱	نزدیک به هزار سال پیش گویا ابن سینا برای تقطیر بخار عطر یک کویل سرد را به‌کار گرفته است.
۱۵۵۰	شیمیدان‌ها با افزودن نیترات پتاسیم یا نیترات سدیم به آب باعث افت دمای آب شدند این روش به نام خنک کردن (to refrigerate) ثبت شد.
۱۷۴۸	نخستین یخچال مصنوعی شناخته شده به‌دست ویلیام کالن رونمایی شد. کالن توانست با استفاده از یک پمپ خلأ، فشار ظرفی را که حاوی اتر بوده کاهش داده و آن را بجوشاند و گرمای هوای اطراف را جذب نماید. با این آزمایش فقط می‌توان مقدار کوچکی از یخ را به‌دست آورد که در آن زمان هیچ کاربرد عملی نداشت.
۱۷۸۷	دی‌اکسید گوگرد مایع به‌عنوان مبرد به‌کار برده شد.

۱۷۸۰	آمونیاک مایع به‌عنوان مبرد به‌کار برده شد.
۱۸۰۵	الیور اوانز طرح اولین دستگاه سردساز را داد که در آن به‌جای مایع از بخار استفاده می‌شد.
۱۸۲۴	اصول سردسازی جذبی توسط مایکل فارادی کشف شد.
۱۸۳۴	ژاکوب پرکینز با تغییر در طرح اولیه اوانز توانست اولین سردساز جهان را بسازد.
۱۸۴۰	یخچال در خودروها برای حمل و نقل شیر و کره مورد استفاده قرار گرفت.
۱۸۴۲	جان گوری بر پایهٔ طرح اوانز توانست هوای اتاق بیمارانی را که مبتلا به تب زرد بودند را خنک نماید. اساس کار او بر فشرده سازی گاز و انبساط آن در یک کویل بود. (شبیه یخچال‌های تراکمی امروزی)
۱۸۵۱	جان گوری با ادامه آزمایش برای ساخت یخ توانست اختراع خود را به ثبت برساند.
۱۸۵۹	اولین دستگاه تبرید جذبی آب آمونیاک توسط فردیناند کاری اختراع شد.
۱۸۹۰	از کلرواتان C_2H_5Cl در کمپرسورهای روتاری توسط پالمر استفاده شد.
۱۹۲۰	ایزوبوتان توسط ادموند کوپلند و هری ادوارد در یخچال‌های کوچک مورد استفاده قرار گرفت.
۱۹۲۲	از دی‌کلرواتان $C_2H_2Cl_2$ توسط کریر در کمپرسورهای سانتریفوژ استفاده شد.
۱۹۲۳	سردسازی سریع و استفاده از آن در مواد غذایی یخ زده توسعه یافت.
۱۹۲۶	مبرد مصنوعی CFC با نام تجاری فریون توسط توماس میدگلی اختراع شد.
۱۹۲۶	اولین یخچال خانگی مدار بسته ساخته شد.
۱۹۲۷	سیستم سردکننده خودکار تهویه مطبوع عرضه شد.
۱۹۵۰	از انرژی خورشیدی برای تولید یخ (بر اساس تبرید جذبی) استفاده شد.
۱۹۷۳	پروفسور جیمز لاولاک از وجود بسیار کم از گازهای مبرد در جو زمین گزارش داد.
۱۹۷۴	شروود رولند و ماریو مولینا تخریب لایه ازن توسط فریون‌ها را پیش بینی کردند.
۱۹۸۵	«حفره اوزون» بر سر قطب جنوب کشف شد.

۲ــ۲ــ تن تبرید

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند تن تبرید را تعریف و سپس در یکاهای دیگر آن را محاسبه نمایند.

پرسش و پاسخ

۱ــ توان یک کولر گازی ۳۶۰۰۰ بی تی یو برساعت است. این مقدار برابر چند تن تبرید است؟

$$P = ۳۶۰۰۰\frac{B.t.u}{hr} \times \frac{۱TR}{۱۲۰۰۰\frac{B.t.u}{hr}} = ۳TR$$

دانش افزایی

تن تبرید

می‌دانیم که یکی از یکاهای اندازه‌گیری جرم تن می‌باشد و در سیستم‌های مختلف اندازه‌های متفاوت دارد در سیستم متریک برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم است. دو نوع دیگر به‌نام تن بزرگ (انگلیسی) برابر ۲۲۴۰ پوند (۱۰۱۶ کیلوگرم) و تن کوچک (آمریکایی) برابر ۲۰۰۰ پوند (۹۰۷ کیلوگرم) رایج است.

تعریف تن تبرید : مقدار گرمایی که یک تن (تن کوچک) یخ با دمای ۳۲ درجه فارنهایت در یک شبانه روز جذب می‌کند تا تمام آن به آب ۳۲ درجه فارنهایت تبدیل شود.

چون گرمای نهان ذوب یخ $۱۴۴\frac{BTU}{lbm}=۳۳۵\frac{kJ}{kg}=۸۰\frac{Kcal}{Kg}$

با توجه به این تعریف این مقدار گرما برابر است با :

$$۱TR=\frac{۱۴۴Btu/lbm\times۲۰۰۰lbm}{۲۴hr}=۱۲۰۰۰Btu/hr$$

در سیستم بین المللی این مقدار برابر خواهد بود با :

$$۱TR=\frac{۳۳۵kJ/kg\times۹۰۷/۱۸kg}{۲۴\times۳۶۰۰s}=۳/۵۱۷kJ/s=۳/۵۱۷kw$$

در سیستم متریک این مقدار برابر خواهد بود با :

$$۱TR=\frac{۸۰kcal/kg\times۹۰۷/۱۸kg}{۲۴hr}=۳۰۲۴kcal/hr$$

با تبدیل یکا نیز همان مقدار به‌دست می‌آید :

$$۱۲۰۰۰\frac{Btu}{hr}\times۰/۲۵۲\frac{kcal}{Btu}=۳۰۲۴\frac{kcal}{hr}$$

$$۱۲۰۰۰\frac{Btu}{hr}\times۱/۰۵۵\frac{kJ}{Btu}\times\frac{۱hr}{۳۶۰۰s}=۳/۵۱۷\frac{kJ}{S}$$

بنابراین :

$$۱TR=۱۲۰۰۰\frac{Btu}{hr}=۳/۵۱۷kw=۳۰۲۴\frac{kcal}{hr}$$

۳ــ۲ــ فرایند تبرید

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند ابتدا سردسازی را تعریف نموده و سپس آن را دسته بندی نمایند و نشان دهند که یخچال خانگی در کدام قسمت این دسته بندی قرار دارد.

دانش افزایی

تعریف تبرید

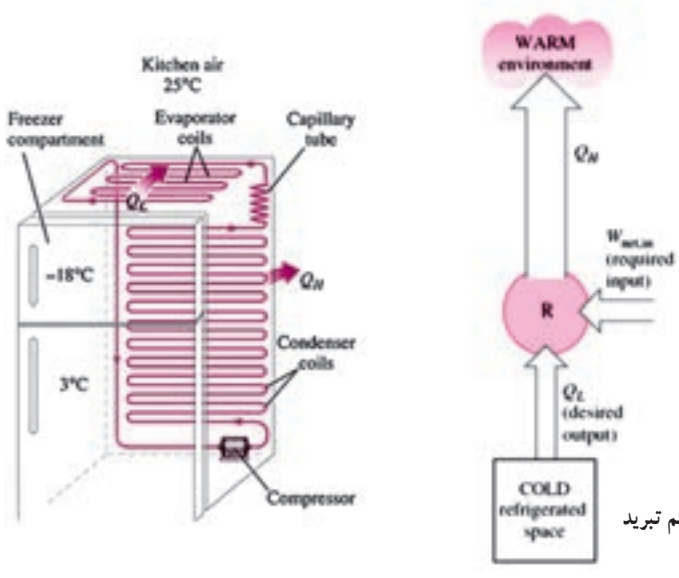
تبرید یا سردسازی عبارت است از : «ایجاد شرایط مناسب برای کاهش دمای یک مکان (یا یک ماده) نسبت به محیط آن» به بیان دیگر تبرید «انتقال گرما از یک محیط با دمای پایین به یک محیط با دمای بالاتر است.»

سردسازی را می‌توان از چند دیدگاه دسته‌بندی نمود. یک طبقه‌بندی روش‌های اساسی سردسازی به‌شکل زیر است :

۱ــ سردسازی مدار باز ۲ــ سردسازی مدار بسته ۳ــ سردسازی به‌روش‌های ویژه

۱ــ سردسازی مدار باز : وقتی یک تکه یخ را در داخل یک لیوان قرار می‌دهید تا آب خنک شود. با این روش دمای آب از طریق تماس مستقیم سردتر گردیده است. همچنین چنانچه یک تکه یخ را برابر یک پنکه قرار دهید و وزش پنکه را به‌سمت خود قرار دهید حس می‌کنید که قالب یخ کمک به خنک‌تر شدن بیشتر هوا می‌کند. انتقال غیر مستقیم گرما توسط جسم سوم یعنی هوایی که بین ماده سرد (یخ) و جسمی که می‌خواهند خنک شود (شما) صورت می‌گیرد. کولر آبی از همین روش پیروی می‌کند.

۲ــ سردسازی مدار بسته : در این روش گرما را از یک محیط با دمای پایین به یک محیط با دمای بالا انتقال می‌دهیم در این روش نیاز به کار خارجی داریم.



شکل ۲ــ۲ــ اصل اساسی یک سیستم تبرید

همان‌طور که می‌دانیم گرما از یک محیط با دمای بالاتر به یک محیط با دمای پایین‌تر به‌خودی خود انتقال می‌یابد و نیاز به کار نداریم ولی چنانچه بخواهیم عکس این کار را انجام دهیم حتماً نیاز به‌کار داریم. (قانون دوم ترمودینامیک)

دمای بالا و پایین را می‌توان به بالا و پایین یک تپه تشبیه نمود که آب از بالای تپه به پایین به‌خودی خود سرازیر می‌شود و حتی می‌تواند یک توربین را بچرخاند ولی برای انتقال آب از پایین به بالا نیاز به کار داریم.

پرکاربردترین سردسازی با این روش سیستم تراکمی[۱] و سیستم جذبی[۲] می‌باشد.

این روش خود به دو دسته کلی مدار بخار و مدار گاز تقسیم می‌شود.

۱ــ۲ــ سردسازی با مدار بسته بخار : این روش نیز خود به دو دسته سیستم تبرید تراکمی و سیستم تبرید جذبی دسته‌بندی می‌شود.

۱ــ۱ــ۲ــ سیستم تبرید تراکمی : در این سیستم مقداری گرما در اواپراتور جذب و مقدار بیشتری گرما در کندانسر دفع می‌گردد.

۲ــ۱ــ۲ــ سیستم تبرید جذبی : در اوائل قرن بیستم سیستم تبرید جذبی آب ــ آمونیاک بسیار محبوب بود ولی با توسعه سیستم تراکمی کاربرد آن کم شد ولی مجدداً سیستم جذبی با استفاده آب ــ لیتیوم برماید به دلیل استفاده از گرمای اضافی در محیط‌های

۱ــ Vapour Compression Refrigeration (VCR)

۲ــ Vapour Absorption Refrigeration (VAR)

صنعتی و همچنین در جایی که گاز بیش از برق در دسترس است مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ــ۲ــ سردسازی با مدار بسته گاز : زمانی که ما از یک گاز به‌عنوان سیال در سیکل تبرید استفاده می‌کنیم ولی گاز تبخیر و تقطیر نمی‌شود و به‌همان حالت می‌ماند آن سیکل را سیکل گاز می‌نامند. پرکاربردترین گاز در این سیکل هوا می‌باشد.

۳ــ سردسازی به‌روش‌های ویژه : روش‌هایی دیگر نیز برای سردسازی وجود دارند که برخی از آنها بازده کمی داشته و برخی نیز برای سیستم‌های دمای پایین به‌کار می‌روند. از معروف‌ترین این سیستم‌ها می‌توان سردسازی ترموالکتریک، سردسازی مغناطیسی، سردسازی نوری و سردسازی گرما ــ صوتی را نام برد.

۴ــ۲ــ رابطه فشار و دمای آب

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند با مراجعه به فصل اول رابطه فشار و دمای نقطه جوش آب را بیان نموده و در مجموع توضیح دهند که هرچه فشار کمتر باشد دمای نقطه جوش پایین‌تر است و هرچه فشار بیشتر باشد دمای نقطه جوش بالاتر می‌رود. و این تصور را که نقطه جوش نمی‌تواند کمتر از صفر درجه سلسیوس باشد از ذهن هنرجویان بزدایند.

در شکل ۳ــ۲ رابطه و دمای نقطه اشباع آب برای مثال آورده شده است. توجه کنید که یکای فشار در زیر فشار آتمسفر در یک ستون جدول برحسب میکرون آمده است که هر اینچ جیوه برابر ۲۵۴۰۰ میکرون است. و در این ستون فشار مطلق است.

شکل ۳ــ۲ جدول فشار و دمای نقطه اشباع آب

Saturated Water (H_2O) Pressure & Temperature Chart			
Temperature In °F	PSIG		Pounds Sq. In. Absolute PSIA
281	35.3psig	↑	50.00
274	30.3psig		45.00
267	25.3psig		40.00
259	20.3psig	High Pressure	35.00
250	15.3psig	Lo/Hi Division	30.00
240	10.3psig	Low Pressure	25.00
228	5.3psig	↓	20.00
213	.3psig		15.00
Above Atmospheric Pressure			
212°	0.00	759,968	14.696
Below Atmospheric Pressure			
Temperature In °F	Inches of Hg. Vacuum	Microns	Pounds Sq. In. Absolute PSIA
205°	4.92	535,000	12.279
194°	9.23	525,526	10.162
176°	15.94	355,092	6.866
158°	20.72	233,680	4.519
140°	24.04	149,352	2.888
122°	26.28	92,456	1.788
104°	27.75	55,118	1.066
86°	28.67	31,750	.614
80°	28.92	25,400	.491
76°	29.02	22,860	.442
72°	29.12	20,320	393
69°	29.22	17,780	.344
64°	29.32	15,240	.295
59°	29.42	12,700	.246
53°	29.52	10,160	.196
45°	29.62	7,620	.147
32°	29.74	4,572	.088
21°	29.82	2,540	.049
6°	29.87	1,270	.0245
-24°	29.91	254	.0049
-35°	29.915	127	.00245
-60°	29.919	25.4	.00049
-70°	29.9195	12.7	.00024
-90°	29.9199	2.54	.000049

پرسش و پاسخ

۱ــ دمای نقطه جوش آب در فشار مطلق ۲۰psia چند درجه فارنهایت است؟

پاسخ : ۲۲۸ درجه فارنهایت

۲ــ دمای نقطه جوش آب در فشار خلأ ۲۹/۹۱ اینچ جیوه چند درجه سلسیوس است؟

$$-۲۴^{\circ}F \rightarrow C = \frac{F-۳۲}{۱/۸} = \frac{-۲۴-۳۲}{۱/۸} = \frac{-۵۶}{۱/۸} = -۳۱$$

۵ــ۲ــ جدول فشار ــ دمای مبردها و کاربرد آن

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند مانند آب رابطه فشار و دمای اشباع مواد سرمازای دیگر را نیز بیان نمایند. در ادامه انواع جدول‌هایی را که در این زمینه وجود دارند به‌لحاظ ساختاری توضیح دهند. سپس یکی از کاربردهای این جدول‌ها را در شارژ گاز یا مایع سردکننده به سیستم توضیح دهند. (جدول‌های ۴ــ۲ و ۵ــ۲)

پرسش و پاسخ

۱ــ در فشار آتمسفر نقطه جوش سردکننده‌های R۴۱۰ و R۱۳۴ و R۲۲ به‌ترتیب چند درجه سلسیوس است؟

پاسخ : ۶۵- و ۴۱- و ۵۵-

۲ــ در فشار ۰/۵barg بار گیج نقطه جوش سردکننده‌های R۴۱۰ــ و R۱۳۴ــ و R۲۲ــ به‌ترتیب چند درجه سلسیوس است؟

پاسخ : ۵۱- و ۲۴- و ۴۱-

۳ــ می‌خواهیم یک سیستم تبرید را با گاز مبرد R۱۳۴ــ شارژ کنیم فشارسنج انتهای اواپراتور، مقدار یک بار را نشان می‌دهد، چنانچه با دماسنج، مقدار دما را اندازه بگیریم صفر درجه سلسیوس را نشان می‌دهد. (سیستم ۵ درجه سوپرهیت باشد) باید کدام عمل را انجام دهیم؟

مقدار شارژ مناسب است ☐ مقدار گاز زیاد است و باید کمی گاز تخلیه کنیم ☐ باید به شارژ ادامه دهیم ☐

پاسخ : با استفاده از جدول، دمای متناظر یک بار ۱۰- درجه است.

۱۰ = (۱۰-) - ۰ = دمای اشباع گاز - دمای گاز = دمای سوپرهیت

دمای سوپرهیت ۵ درجه بالاتر از حد خواسته شده است پس باید به شارژ کردن گاز ادامه دهیم.

دانش افزایی

کاربرد جدول مبردها

چنانچه ما در هر نقطه از چرخه تبرید دما یا فشار را به‌تنهایی داشته باشیم با جدول‌های فشار ــ دما[1] می‌توانیم فشار یا دمای متناظر را پیدا کنیم. برای مثال چنانچه دمای گاز R۱۳۴ در یک چرخه تبرید ۳۵°C باشد فشار اشباع این گاز در همان نقطه ۷/۹۳ بار گیج است. یکی از کاربردهای این جدول‌ها در شارژ گاز می‌باشد که با توجه به نوع دمای کار سیستم و اینکه با مایع شارژ شود یا گاز از روش‌های مختلف استفاده می‌شود :

یکم (اندازه‌گیری قسمت فشار بالا) : بدین صورت که به دمای محیط ۱۵°C افزوده و با این دما فشار کار کندانسر را به دست می‌آورند. (مقدار دقیق این دما با توجه به نوع سیستم و دمای هوای خشک خارج و دمای مرطوب داخل تعیین می‌شود)

مثال : چنانچه بخواهیم گاز R۱۳۴ را به‌کار ببریم و دمای محیط ۳۰°C باشد :

۳۰+۱۵ = ۴۵°C→ ۱۰/۶۷ barg

در این حالت شارژ را تا زمانی ادامه می‌دهند تا فشارسنج، فشار ۱۰/۶۷ بار را نشان دهد.

دوم (اندازه‌گیری سوپرهیت) : گاز بهتر است در انتهای اواپراتور ۵ درجه سلسیوس سوپرهیت شود، برای اینکار با فشارسنج، فشار خروجی را خوانده و هم‌زمان در همان نقطه با دماسنج، دمای گاز را می‌خوانیم. برای مثال می‌خواهیم یک سیستم تبرید را با گاز مبرد R۲۲ شارژ کنیم فشار را در انتهای اواپراتور اندازه گرفته، مقدار ۵ بار را نشان می‌دهد، دمای اشباع متناظر این فشار از جدول ۶°C می‌شود؛ چنانچه با دماسنج، مقدار دما را اندازه بگیریم ۲۰°C را نشان می‌دهد. این بدین معنی است که سیستم ۱۴ درجه سوپرهیت است پس ما باید به شارژ ادامه داده تا اختلاف کمتر شده و به‌حدود ۷ درجه برسد. اما چنانچه دمای اندازه‌گیری شده ۸°C باشد اختلاف ۲ درجه است پس کمی گاز باید تخلیه شود.

دمای اشباع گاز – دمای گاز = دمای سوپرهیت

سوم (اندازه‌گیری دمای ساب‌کولد) : در شیر سرویس، فشار و دمای مایع مبرد را اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس دمای متناظر آن فشار (دمای اشباع) را از جدول به‌دست می‌آوریم.

دمای مایع – دمای اشباع مایع = دمای ساب‌کولد

مثال : در یک چرخه R۱۳۴ دما و فشار اندازه‌گیری شده در انتهای کندانسر ۳۰°C و ۸ بار است. وضعیت ماده مبرد در چه حالتی قرار دارد؟ ۵ درجه ساب‌کولد است.

۵ = ۳۰ – ۳۵ = دمای مایع – دمای اشباع مایع = دمای ساب‌کولد

جدول‌های مبردها با توجه به یکای به‌کار رفته و فشار مطلق یا گیج بسیار متنوع می‌باشند برای مثال در شکل ۴ــ۲ دما برحسب درجه سلسیوس و فشار برحسب بار گیج می‌باشد. منتها شماره‌های مثبت، فشار بیشتر از آتمسفر و شماره‌های منفی، فشار کمتر از آتمسفر را نشان می‌دهد.

در شکل ۵ــ۲ چند یکای فشار برای یک نوع مبرد آورده شده است و فشار هم برحسب فشار مطلق و هم برحسب فشار نسبی آمده است. در ستون اول این جدول که برحسب PSIG تعریف شده در منطقه زیر فشار آتمسفر (خلأ) در داخل پرانتز شماره‌ها برحسب اینچ جیوه می‌باشد. (توجه کنید در این حالت صفر نشانه فشار آتمسفر و ۲۹/۹۲ نشانه خلأ کامل است.) به‌طور معمول در جدول‌هایی که فشار مثبت با بارگیج نشان داده می‌شود فشار خلأ ممکن است با میلی‌متر جیوه نمایش داده شود و در این حالت نیز صفر نشانه آتمسفر و ۷۶۰ نشانه خلأ کامل است.

۱ــ P/T Chart

شکل ۴ــ۲ جدول دما و فشار مبردها (فشار برحسب بارگیج) (barg)

t °C	R22	R12	R134	R404a	R502	R407c	R717	R410a	R507a	R600	R23	R290	R142b	R406a	R409A
-70	-0,81	-0,88	-0,92	-0,74	-0,72	-	-0,89	-0,65	-0,72	-	0,94	-	-	-	-
-65	-0,74	-0,83	-0,88	-0,63	-0,62	-	-0,84	-0,51	-0,61	-	1,48	-	-	-0,94	-
-60	-0,63	-0,77	-0,84	-0,52	-0,51	-0,74	-0,78	-0,36	-0,50	-	2,12	-	-	-0,9	-
-55	-0,49	-0,69	-0,77	-0,35	-0,35	-0,63	-0,69	-0,22	-0,32	-	2,89	-	-	-0,83	-
-50	-0,35	-0,61	-0,70	-0,18	-0,19	-0,52	-0,59	0,08	-0,14	-	3,8	-	-	-0,8	-
-45	-0,2	-0,49	-0,59	-0,11	-0,14	-0,34	-0,44	0,25	-0,02	-	4,86	-	-	-0,66	-
-40	0,05	-0,36	-0,48	0,32	0,30	-0,16	-0,28	0,73	0,39	-0,71	6,09	0,12	-	-0,62	-
-35	0,25	-0,18	-0,32	0,66	0,64	-0,06	-0,24	1,22	0,77	-0,62	7,51	0,37	-	-0,4	-
-30	0,64	0,00	-0,15	1,04	0,98	0,37	0,19	1,71	1,15	-0,53	9,12	0,68	-	-0,2	-
-25	1,05	0,26	-0,06	1,53	1,45	0,75	0,55	2,35	1,67	-0,38	10,98	1,03	-	-0,1	0,08
-20	1,46	0,51	0,33	2,02	1,91	1,12	0,90	2,98	2,18	-0,27	13,04	1,44	-	0,2	0,32
-15	2,01	0,85	0,67	2,67	2,53	1,64	1,41	3,85	2,86	-0,18	15,37	1,91	-	0,4	0,62
-10	2,55	1,19	1,01	3,32	3,14	2,16	1,91	4,72	3,54	0,09	17,96	2,45	0	0,8	0,98
-5	3,27	1,64	1,47	4,18	3,94	2,87	2,6	5,85	4,42	0,33	20,85	3,06	0,22	1,1	1,4
0	3,98	2,08	1,93	5,03	4,73	3,57	3,29	6,98	5,29	0,57	24	3,75	0,47	1,6	1,88
5	4,89	2,66	2,54	6,11	5,73	4,43	4,22	8,37	6,40	0,89	27,54	4,52	0,75	2,1	2,43
10	5,80	3,23	3,14	7,18	6,73	5,26	5,15	9,76	7,51	1,21	31,37	5,38	1,08	2,6	3,07
15	6,95	3,95	3,93	8,52	7,97	6,46	6,36	11,56	8,88	1,62	35,56	6,33	1,46	3,3	3,78
20	8,10	4,67	4,72	9,86	9,20	7,63	7,57	13,35	10,25	2,02	40,11	7,39	1,9	4,0	4,59
25	9,5	5,39	5,71	11,5	10,70	9,14	9,12	15,00	11,94	2,54	45,03	8,55	2,38	4,8	5,5
30	10,90	6,45	6,70	13,14	12,19	10,65	10,67	16,65	13,63	3,05	-	9,82	2,94	5,7	6,51
35	12,60	7,53	7,93	15,13	13,98	12,45	12,61	19,78	15,69	3,69	-	11,21	3,55	6,7	7,64
40	14,30	8,60	9,16	17,11	15,77	14,25	14,55	22,90	17,74	4,32	-	12,73	4,25	7,8	8,88
45	16,3	10,25	10,67	19,51	17,89	16,48	16,94	26,2	20,25	5,09	-	14,38	5,02	9,1	10,26
50	18,30	11,90	12,18	21,90	20,01	18,70	19,33	29,50	22,75	5,86	-	16,16	5,87	10,4	11,76
55	20,75	13,08	14,00	24,76	22,51	21,45	22,24	-	25,80	6,79	-	18,08	6,81	11,9	13,41
60	23,20	14,25	15,81	27,62	25,01	24,20	25,14	-	28,85	7,72	-	20,14	7,85	13,6	15,2
70	29,00	17,85	20,16	-	30,92	-	32,12	-	-	9,91	-	24,72	10,23	17,3	19,26
80	-	22,04	25,32	-	-	-	40,40	-	-	-	-	29,94	13,07	21,5	23,99
90	-	26,88	31,43	-	-	-	50,14	-	-	-	-	35,82	16,4	-	29,43

شکل ۵ــ۲ جدول دما و فشار اشباع فریون ۲۲

Refrigerant R-22 Pressure / Temperature chart

Gauge pressure			Absolute pressure					Farenheit			Celsius			Kelvin		
PSIG	KG/CM2	KPA-G	KG/CM2	Mbar	Pascals	KPA	PSIA	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl
-14 (29")	-.98	-96.5	.05	48	4,798	4.8	0.7	-130.1			-90.1			183.1		
-13 (26")	-.91	-89.6	.12	117	11,693	11.7	1.7	-109.0			-78.3			194.8		
-12 (24")	-.84	-82.7	.19	186	18,588	18.6	2.7	-96.7			-71.5			201.7		
-11 (22")	-.77	-75.8	.26	255	25,482	25.5	3.7	-87.7			-66.5			206.7		
-10 (20")	-.70	-68.9	.33	324	32,377	32.4	4.7	-80.6			-62.6			210.6		
-9 (18")	-.63	-62.1	.40	393	39,272	39.3	5.7	-74.5			-59.2			214.0		
-8 (16")	-.56	-55.2	.47	462	46,167	46.2	6.7	-69.3			-56.3			216.9		
-7 (14")	-.49	-48.3	.54	531	53,061	53.1	7.7	-64.7			-53.7			219.4		
-6 (12")	-.42	-41.4	.61	600	59,956	60.0	8.7	-60.5			-51.4			221.8		
-5 (10")	-.35	-34.5	.68	669	66,851	66.9	9.7	-56.8			-49.3			223.8		
Gauge pressure			Absolute pressure					Farenheit			Celsius			Kelvin		
PSIG	KG/CM2	KPA-G	KG/CM2	Mbar	Pascals	KPA	PSIA	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl
-4 (8")	-.28	-27.6	.75	737	73,746	73.7	10.7	-53.3			-47.4			225.8		
-3 (6")	-.21	-20.7	.82	806	80,641	80.6	11.7	-50.0			-45.6			227.6		
-2 (4")	-.14	-13.8	.89	875	87,536	87.5	12.7	-47.0			-43.9			229.3		
-1 (2")	-.07	-6.9	.96	944	94,431	94.4	13.7	-44.1			-42.3			230.9		
0	.00	.0	1.03	1,013	101,325	101.3	14.7	-41.5			-40.8			232.3		
1	.07	6.9	1.10	1,082	108,220	108.2	15.7	-38.9			-39.4			233.8		
2	.14	13.8	1.17	1,151	115,115	115.1	16.7	-36.5			-38.1			235.1		
3	.21	20.7	1.24	1,220	122,010	122.0	17.7	-34.2			-36.8			236.4		
4	.28	27.6	1.31	1,289	128,904	128.9	18.7	-32.0			-35.6			237.6		
5	.35	34.5	1.38	1,358	135,799	135.8	19.7	-29.9			-34.4			238.8		
Gauge pressure			Absolute pressure					Farenheit			Celsius			Kelvin		
PSIG	KG/CM2	KPA-G	KG/CM2	Mbar	Pascals	KPA	PSIA	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl
6	.42	41.4	1.46	1,427	142,694	142.7	20.7	-27.8			-33.2			239.9		
7	.49	48.3	1.53	1,496	149,589	149.6	21.7	-25.9			-32.2			241.0		
8	.56	55.2	1.60	1,565	156,483	156.5	22.7	-24.0			-31.1			242.0		
9	.63	62.1	1.67	1,634	163,378	163.4	23.7	-22.1			-30.1			243.1		
10	.70	68.9	1.74	1,703	170,273	170.3	24.7	-20.4			-29.1			244.0		
11	.77	75.8	1.81	1,772	177,168	177.2	25.7	-18.7			-28.2			245.0		
12	.84	82.7	1.88	1,841	184,062	184.1	26.7	-17.0			-27.2			245.9		
13	.91	89.6	1.95	1,910	190,957	191.0	27.7	-15.4			-26.3			246.8		
14	.98	96.5	2.02	1,979	197,852	197.9	28.7	-13.8			-25.4			247.7		
15	1.05	103.4	2.09	2,047	204,747	204.7	29.7	-12.3			-24.6			248.5		
Gauge pressure			Absolute pressure					Farenheit			Celsius			Kelvin		
PSIG	KG/CM2	KPA-G	KG/CM2	Mbar	Pascals	KPA	PSIA	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl
16	1.12	110.3	2.16	2,116	211,641	211.6	30.7	-10.8			-23.8			249.4		
17	1.20	117.2	2.23	2,185	218,536	218.5	31.7	-9.3			-22.9			250.2		
18	1.27	124.1	2.30	2,254	225,431	225.4	32.7	-7.9			-22.2			251.0		
19	1.34	131.0	2.37	2,323	232,326	232.3	33.7	-6.5			-21.4			251.8		
20	1.41	137.9	2.44	2,392	239,220	239.2	34.7	-5.2			-20.7			252.5		
21	1.48	144.8	2.51	2,461	246,115	246.1	35.7	-3.9			-19.9			253.2		
22	1.55	151.7	2.58	2,530	253,010	253.0	36.7	-2.6			-19.2			253.9		
23	1.62	158.6	2.65	2,599	259,905	259.9	37.7	-1.3			-18.5			254.7		
24	1.69	165.5	2.72	2,668	266,800	266.8	38.7	0.0			-17.8			255.4		
25	1.76	172.4	2.79	2,737	273,694	273.7	39.7	1.2			-17.1			256.0		
Gauge pressure			Absolute pressure					Farenheit			Celsius			Kelvin		
PSIG	KG/CM2	KPA-G	KG/CM2	Mbar	Pascals	KPA	PSIA	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl
26	1.83	179.3	2.86	2,806	280,589	280.6	40.7	2.4			-16.4			256.7		
27	1.90	186.2	2.93	2,875	287,484	287.5	41.7	3.5			-15.8			257.3		
28	1.97	193.1	3.00	2,944	294,379	294.4	42.7	4.7			-15.2			258.0		
29	2.04	199.9	3.07	3,013	301,273	301.3	43.7	5.8			-14.6			258.6		
30	2.11	206.8	3.14	3,082	308,168	308.2	44.7	6.9			-13.9			259.2		
31	2.18	213.7	3.21	3,151	315,063	315.1	45.7	8.0			-13.3			259.8		
32	2.25	220.6	3.28	3,220	321,958	322.0	46.7	9.1			-12.7			260.4		
33	2.32	227.5	3.35	3,289	328,852	328.9	47.7	10.2			-12.1			261.0		
34	2.39	234.4	3.42	3,357	335,747	335.7	48.7	11.2			-11.6			261.6		
35	2.46	241.3	3.49	3,426	342,642	342.6	49.7	12.2			-11.0			262.2		
Gauge pressure			Absolute pressure					Farenheit			Celsius			Kelvin		
PSIG	KG/CM2	KPA-G	KG/CM2	Mbar	Pascals	KPA	PSIA	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl

HVACSuite.com

جدول‌هایی نیز برای مبردها وجود دارند که علاوه بر دما و فشار سایر ویژگی‌های ترمودینامیکی را نشان می‌دهد. (شکل ۶ــ۲)

شکل ۶ــ۲ جدول خواص مایع و بخار اشباع آمونیاک

Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapour
R717, Ammonia, NH_3

Temp. T °C	Pressure P. bar	Volume, v_g m³/kg	Enthalpy. kJ/kg		Entropy. kJ/kg K		Sp Heat. kJ/kg K	
			Liquid h_f	Vapour h_g	Liquid s_f	Vapour s_g	Liquid c_l	Vapour c_g
-40	0.7168	1.5535	19.60	1408.41	0.2885	6.2455	4.396	2.175
-38	0.7970	1.4068	28.41	1411.54	0.3260	6.2082	4.406	2.192
-36	0.8844	1.2765	37.24	1414.62	0.3634	6.1717	4.417	2.210
-34	0.9795	1.1603	46.09	1417.66	0.4005	6.1359	4.427	2.229
-32	1.0826	1.0566	54.97	1420.65	0.4374	6.1008	4.437	2.248
-30	1.1944	0.96377	63.86	1423.60	0.4741	6.0664	4.448	2.268
-28	1.3153	0.88062	72.78	1426.51	0.5105	6.0327	4.458	2.289
-26	1.4459	0.80595	81.72	1429.36	0.5467	5.9997	4.469	2.310
-24	1.5866	0.73877	90.68	1432.17	0.5828	5.9672	4.479	2.332
-22	1.7382	0.67822	99.66	1434.93	0.6186	5.9354	4.490	2.355
-20	1.9011	0.62356	108.67	1437.64	0.6542	5.9041	4.501	2.379
-18	2.0760	0.57413	117.69	1440.30	0.6896	5.8734	4.512	2.404
-16	2.2634	0.52936	126.74	1442.91	0.7248	5.8433	4.523	2.429
-14	2.4640	0.48874	135.82	1445.47	0.7599	5.8137	4.534	2.455
-12	2.6785	0.45182	144.91	1447.97	0.7947	5.7846	4.545	2.482
-10	2.9075	0.41823	154.03	1450.42	0.8294	5.7559	4.556	2.510
-8	3.1517	0.38761	163.18	1452.81	0.8638	5.7278	4.568	2.538
-6	3.4117	0.35966	172.35	1455.15	0.8981	5.7001	4.580	2.567
-4	3.6862	0.33411	181.54	1457.43	0.9323	5.6728	4.592	2.597
-2	3.9821	0.31073	190.76	1459.65	0.9662	5.6460	4.604	2.628
0	4.2941	0.28929	200.00	1461.81	1.0000	5.6196	4.617	2.660
2	4.6248	0.26962	209.27	1463.91	1.0336	5.5936	4.630	2.692
4	4.9749	0.25154	218.57	1465.94	1.0671	5.5679	4.643	2.726
6	5.3454	0.23491	227.89	1467.91	1.1004	5.5426	4.656	2.760
8	5.7370	0.21959	237.24	1469.82	1.1335	5.5177	4.670	2.795
10	6.1504	0.20545	246.62	1471.66	1.1666	5.4931	4.683	2.831
12	6.5865	0.19240	256.03	1473.43	1.1994	5.4688	4.698	2.868
14	7.0461	0.18034	265.46	1475.13	1.2321	5.4448	4.712	2.906
16	7.5301	0.16917	274.93	1476.75	1.2647	5.4212	4.727	2.945
18	8.0392	0.15882	284.43	1478.30	1.2972	5.3977	4.742	2.985

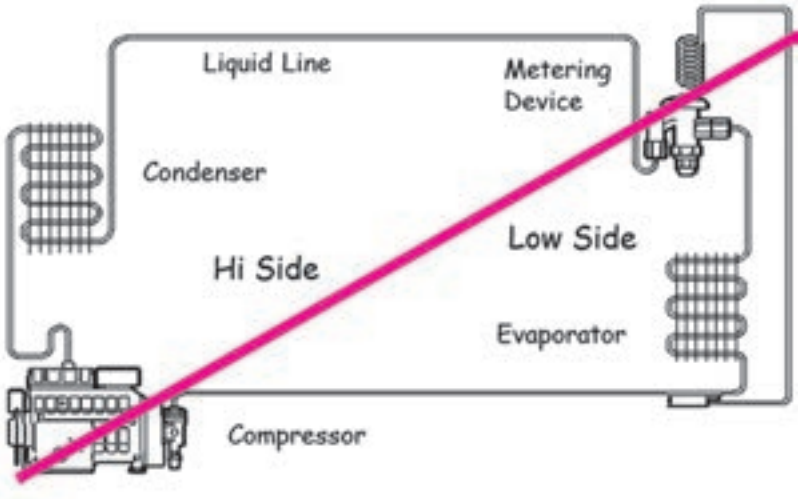
۶ــ۲ــ چرخه سردسازی

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند با توجه به شکل ۸ــ۲ چهار قسمت اصلی هر چرخه را توضیح داده و دما و فشار در هر بخش را بیان نمایند و با توجه به شکل ۹ــ۲ بین چرخه سردسازی جذبی و تراکمی مقایسه‌ای برقرار نمایند.

همچنین می‌توان چهار بخش اصلی سیستم تبرید را برابر شکل ۷ــ۲ روی تابلو رسم نمود و خطی که مرز بین قسمت پرفشار از کم فشار را جدا می‌کند کشید. در نهایت هنرجو را متوجه مفهوم ساب‌کولد و سوپرهیت در سیکل کرده و توضیح دهیم که این مفاهیم

صرفاً در اثر بالا و پایین بودن دما نیست چرا که در انتهای اواپراتور با دمای ۱۰ درجه ما حالت سوپرهیت و در انتهای کندانسر با دمای ۴۲ درجه ما در موقعیت ساب‌کولد هستیم.



شکل ۷ــ۲ــ مرز جدایی بین بخش فشار پایین و فشار بالا

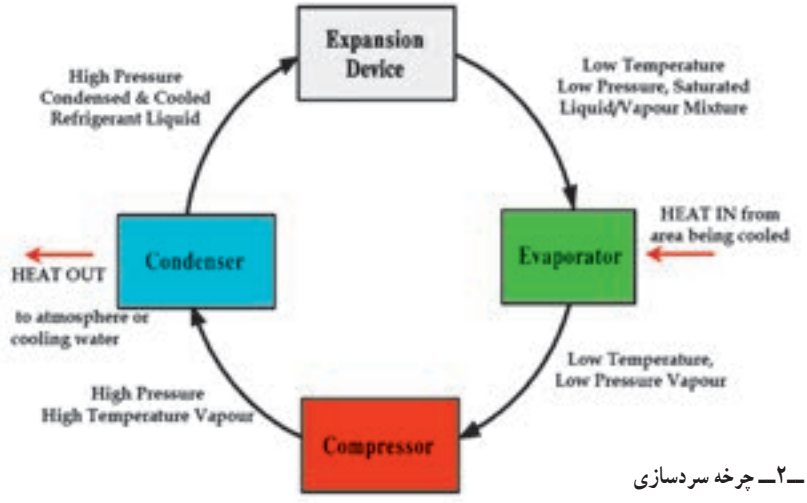
پرسش و پاسخ

۱ــ در کدام قسمت ماده مبرد بیشترین فشار را دارد؟
۲ــ در کدام قسمت ماده مبرد بیشترین دما را دارد؟
۳ــ آیا رابطه‌ای بین دما و فشار در هر قسمت وجود دراد؟
۴ــ آیا فقط دما با مفاهیم سوپرهیت و ساب‌کولد رابطه دارد؟

دانش افزایی

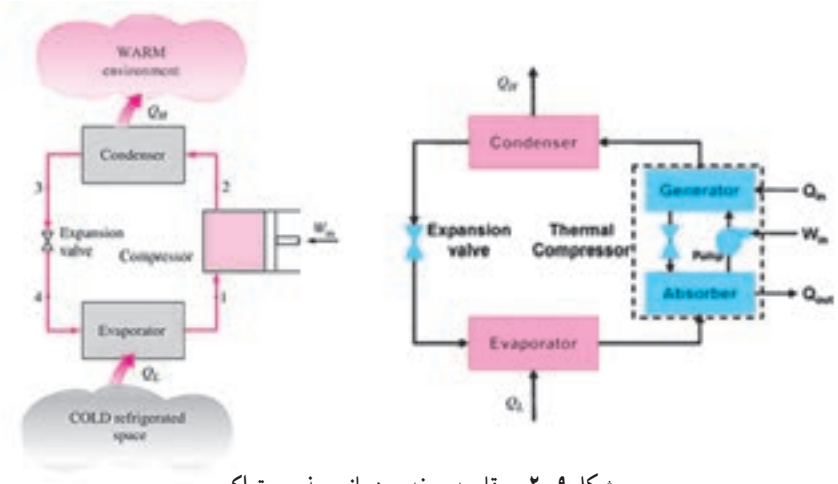
چرخه سردسازی

هر چرخه سردسازی نیاز به چهار بخش دارد. (شکل ۸ــ۲)



شکل ۸ــ۲ــ چرخه سردسازی

چنانچه شرایط طرح به‌گونه‌ای باشد که بخواهیم از سیستم تبرید تراکمی استفاده کنیم از یک کمپرسور مکانیکی و چنانچه از سیستم جذبی استفاده کنیم از یک کمپرسور گرمایی استفاده می‌کنیم. (شکل ۹ــ۲)



شکل ۹ــ۲ــ مقایسه چرخه سردسازی جذبی و تراکمی

چهار فرایند سیستم تبرید تراکمی عبارت است از :

۲ــ۱ تراکم گاز تا دمایی بالاتر از دمای تقطیر (در کمپرسور)

۳ــ۲ تقطیر هم‌فشار و دفع گرما در محیط (در کندانسر)

۴ــ۳ خفقان شامل افت فشار و دما (در شیر انبساط)

۱ــ۴ تبخیر مایع مبرد به‌صورت هم‌دما و هم‌فشار و جذب گرما (در اواپراتور)

همانطور که می‌دانیم دستگاهی که این چرخه را در چنین جهتی بپیماید دستگاه سردکننده[۱] می‌نامند و سیستمی را که دستخوش چنین چرخه‌ای می‌شود را سیستم سردکنندگی (تبرید)[۲] می‌نامند.

در مورد هر دستگاه سردکننده هدف گرفتن بیشترین مقدار گرما از منبع سرد با صرف کمترین کار است.

با این بیان «ضریب عملکرد[۳]» یا «نسبت انرژی سردکنندگی» به‌صورت زیر تعریف می‌شود :

$$COP = \frac{Q_L}{W_{in}}$$

QL– سرمای ایجاد شده در اواپراتور، Win ــ کار کمپرسور، COP ــ ضریب عملکرد

توجه : چنانچه در صورت و مخرج به‌جای انرژی، توان را بگذاریم فرقی نمی‌کند و این رابطه برقرار است.

مثال : ضریب عملکرد یک کولر گازی ۲۴۰۰۰ بی تی یو برساعت با توان کمپرسور ۲۳۰۰ وات چند است؟

$$Q_L = ۲۴۰۰۰ \times \frac{۱}{۳/۱۴۱} = ۷۶۴۱ watt \rightarrow COP = \frac{Q_L}{W_{in}} = \frac{۷۶۴۱}{۲۳۰۰} = ۳/۳۲$$

راه دیگر پیدا کردن ضریب عملکرد با استفاده از دما می‌باشد : $COP = \frac{T_L}{T_H - T_L}$

که در آن T_L و T_H دمای مطلق ماده مبرد در اواپراتور و کندانسر می‌باشد.

مثال : دمای ماده مبرد در کندانسر و اواپراتور یک سیستم به‌ترتیب ۵۲ و ۵ درجه سلسیوس است، ضریب عملکرد چند است؟

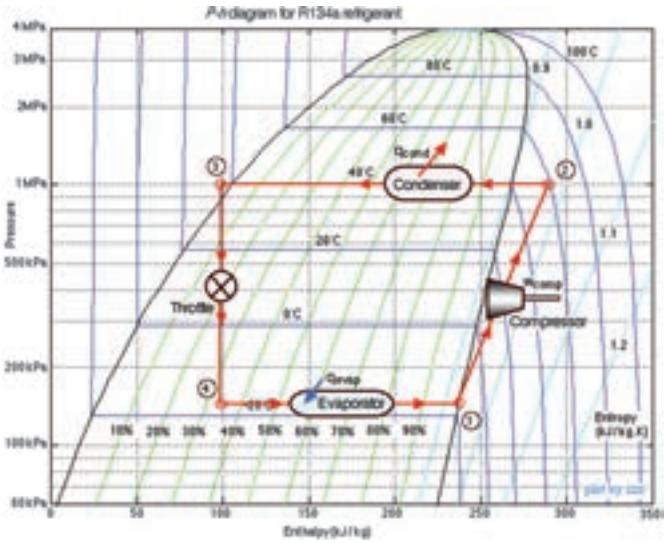
$$COP = \frac{۲۷۳ + ۵}{۵۲ - ۵} = \frac{۲۷۸}{۴۷} = ۵/۹$$

۱ــ Refrigerator ۲ــ Refrigeration ۳ــ Coefficient Of Performance

۷ــ۲ــ نمودار فازی فشار ــ آنتالپی

روش آموزش

هنرآموزان گرامی در فصل اول در مورد نمودار فشار ــ آنتالپی صحبت شده است در این فصل این نمودار را با چرخه سردسازی تطبیق داده برای مثال می‌توان با توجه به شکل ۱۰ــ۲ نشان داد که هر کدام از چهار بخش اصلی در کدام قسمت نمودار قرار می‌گیرند سپس می‌توان نشان داد که گرما در کدام قسمت جذب و در کدام قسمت دفع و در کدام قسمت کار انجام می‌گیرد.



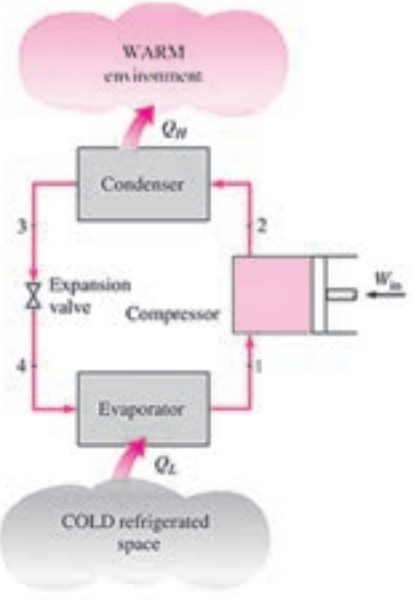
شکل ۱۰ــ۲ــ نمودار فشار ــ آنتالپی گاز R۱۳۴

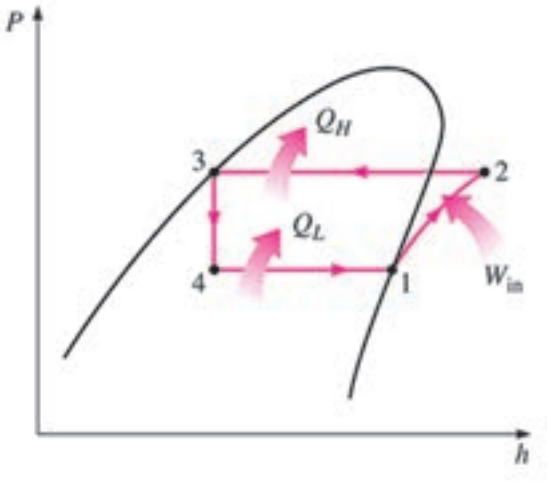
سپس با ترسیم یک چرخه سردسازی تراکمی و در کنار آن یک نمودار Ph نقاط ورود و خروج به دستگاه‌ها را مشابه سازی نموده و یک سیکل ایده‌آل را رسم می‌کنیم. (شکل ۱۱ــ۲) چون در واقع سیکل‌های ما ایده‌آل نیست یک سیکل واقعی را نیز نشان داده(شکل ۱۲ــ۲) و تفاوت آن را در نقاط سوپرهیت و ساب‌کولد بیان می‌کنیم. در نهایت برابر شکل ۱۴ــ۲ روش ترسیم یک نمودار Ph را توضیح می‌دهیم.

دانش افزایی

بررسی یک چرخه سردساز با نمودار فازی فشار ــ آنتالپی

در فصل اول گفته شد که یکی از نمودارهای فازی پرکاربرد، نمودار فازی فشار ــ آنتالپی (P_h) می‌باشد. در یک چرخه سردسازی تراکمی این نمودار در شکل ۱۱ــ۲ آمده است.

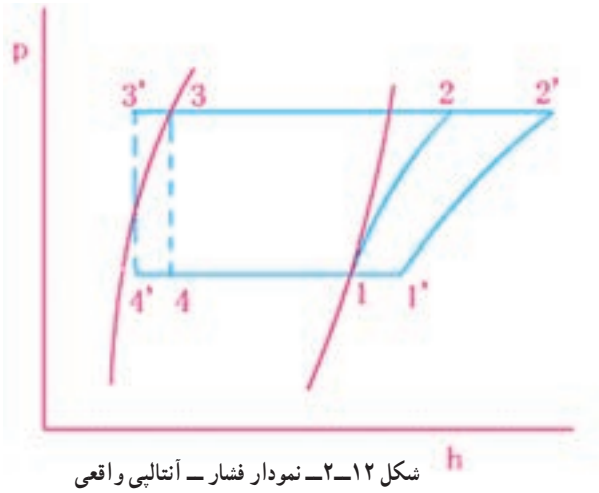




شکل ۱۱ــ۲ــ نمودار فشار ــ آنتالپی

همان‌طور که از روی نمودار مشخص است گاز در نقطه ۱ در حالت فشار و دمای اشباع قرار دارد و پس از اینکه توسط کمپرسور فشار گاز افزایش یافت و کار برروی آن انجام گرفت در نقطه ۲ بیشترین دما را داشته با همان دما وارد کندانسر می‌شود. در اثر فشار بالا در کندانسر ماده مبرد گرمای خود را از دست داده و کم کم تقطیر شده تا در نقطه ۳ تمام آن به‌صورت مایع درآید در این حالت مایع در فشار و دمای اشباع قرار دارد. مایع در این نقطه وارد شیر انبساط شده و در اثر پدیده خفقان[1]، فشار به شدت افت کرده تا در نقطه ۴ به فشار اواپراتور برسد. در اثر فشار کم در اواپراتور ماده مبرد گرمای اطراف خود را جذب کرده و کم کم به صورت بخار در می‌آید تا به نقطه ۱ رسیده و چرخه تکرار شود.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود این نمودار در حالت ایده‌آل رسم شده است و ما در واقعیت برای افزایش بهره‌وری تا جایی که مقدور است دمای گاز خروجی اواپراتور را سوپرهیت و دمای مایع خروجی از کندانسر را ساب‌کولد می‌نماییم. (شکل ۱۲ــ۲)

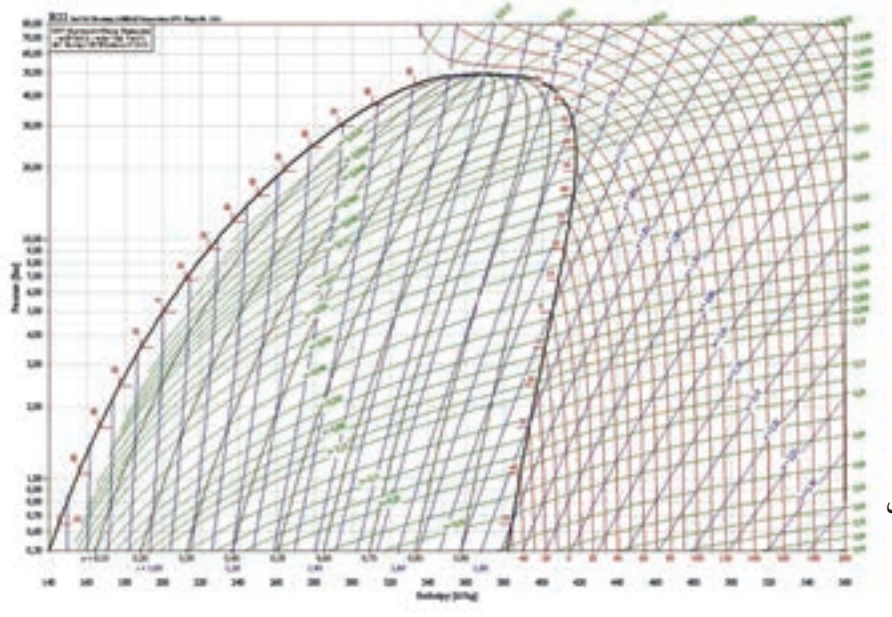


شکل ۱۲ــ۲ــ نمودار فشار ــ آنتالپی واقعی

اما یک نمودار فشار ــ آنتالپی را چگونه رسم کنیم :

برای رسم یک نمودار چنانچه ما فقط دما را در هر بخش داشته باشیم می‌توانیم با توجه به نمودار خام ماده مبرد چرخه را رسم کنیم. (شکل ۱۳ــ۲)

توجه کنید که فشار در این جدول‌ها مطلق است.



شکل ۱۳ــ۲ــ نمودار فشار ــ آنتالپی گاز R۲۲

۱ــ Throttling

برای مثال برای R۲۲ در جدول دما و فشار آمده است :

ورود به کمپرسور	ورود به شیر انبساط	خروجی کندانسر	اواپراتور	R۲۲
-۱۰	۲۵	۳۰	-۱۵	دما (درجه سلسیوس)

برای رسم نمودار برابر شکل (۱۴ــ۲) پنج مرحله را طی می‌کنیم :

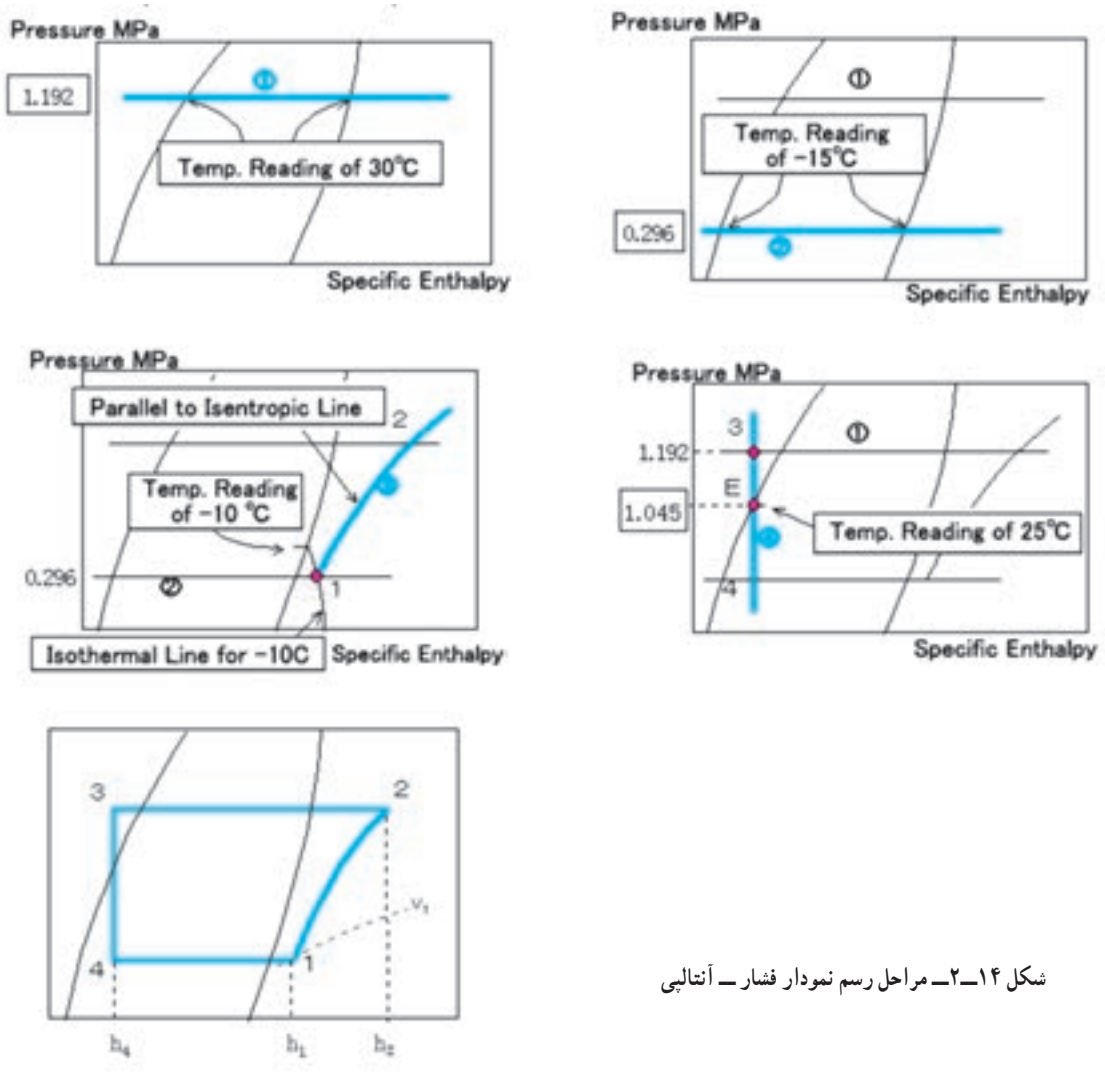
مرحله اول رسم خط کندانسر : خط ۱ که در دمای کندانسر (۳۰) می‌باشد را می‌کشیم.

مرحله دوم رسم خط اواپراتور : خط ۲ که در دمای اواپراتور (۱۵-) می‌باشد را می‌کشیم.

مرحله سوم رسم خط کمپرسور : چون گاز ۵ درجه سوپرهیت شده محل تقاطع خط (۱۰-) با خط ۲ را با نقطه ۱ مشخص می‌کنیم. سپس از نقطه ۱ روی خط آنتروپی ثابت (خط ۳) حرکت کرده تا نقطه ۲ به‌دست آید.

مرحله چهارم رسم خط شیر انبساط : روی خط عمودی دمای ۲۵ درجه حرکت کرده تا خط‌های ۱ و ۲ را در نقاط ۳ و ۴ قطع کند.

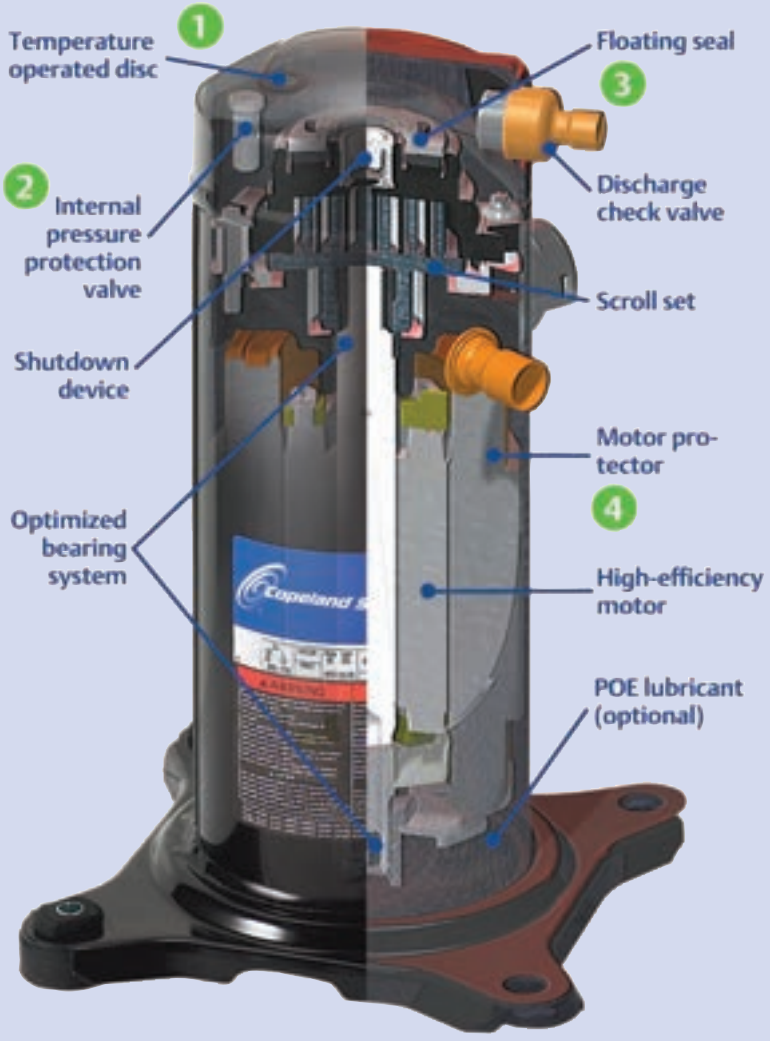
مرحله پنجم : نقطه‌های به‌دست آمده ۱ تا ۴ را به‌هم متصل نمایید.



شکل ۱۴ــ۲ــ مراحل رسم نمودار فشار ــ آنتالپی

فصل ۳

کمپرسورها



۳ کمپرسورها

پیش آزمون

در ابتدای کلاس با مطرح نمودن این پرسش که : «چه دستگاه‌هایی در مایعات یا گازها اختلاف فشار ایجاد نموده و سبب افزایش فشار و جابه‌جایی آنها می‌شود و اینکه آیا در زندگی روزمره با آنها برخورد داشته‌اید » توجه هنرجویان را به موضوع درس جلب کرده و سپس مقدمه شروع مبحث کمپرسورها را با این مطالب بیان نماییم :

برای انتقال مایعات از پمپ استفاده می‌شود که یکی از کاربردهای آن بالا کشیدن آب از چاه می‌باشد. همچنین برای تراکم هوا و گازهای دیگر از کمپرسور استفاده می‌شود که یکی از موارد استفاده از آن کمپرسور کوچکی است که هوا را به‌داخل آکواریوم می‌دمد.

اما در سیکل تبرید کمپرسور :

مصرف انرژی الکتریکی، گاز مبرد را از اواپراتور مکش می کند و سپس آن را فشرده ساخته و وارد کندانسر می‌نماید.

۱ــ۳ــ انواع کمپرسورهای متداول سیستم تبرید

۱ــ کمپرسور سانتریفوژ (گریز از مرکز)

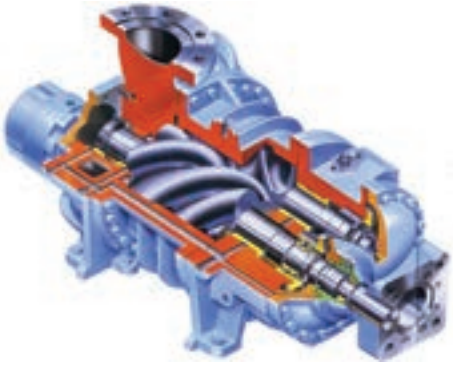
۲ــ کمپرسور پیچی (اسکرو)

۳ــ کمپرسور طوماری (اسکرول)

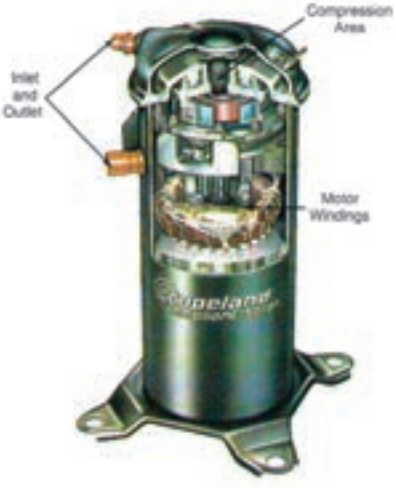
۴ــ کمپرسور تناوبی (پیستونی)

شکل ۱ــ۳ انواع کمپرسورهای متداول را نشان می‌دهد.

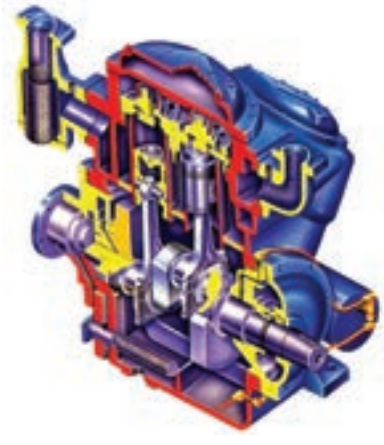
الف) کمپرسور سانتریفوژ



ب) کمپرسور پیچی



ج) کمپرسور طوماری



د) کمپرسور تناوبی

شکل ۱ــ۳

۱ــ۱ــ۳ــ کمپرسور گریز از مرکز : در این نوع کمپرسور همان‌طور که از نام آن مشخص است ارتفاع نظیر فشار از نیروی گریز از مرکز ناشی می‌شود. (شکل ۲ــ۳)

شکل ۲ــ۳ــ کمپرسور سانتریفوژ

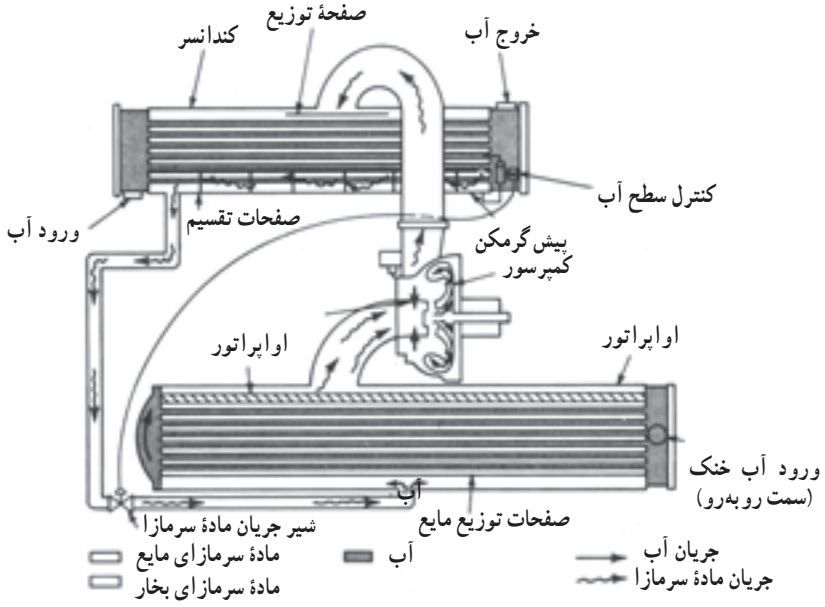
روتورهای گردنده با سرعت زیاد با پره‌هایی که به‌گونه خاصی طراحی شده‌اند تا ماده سرمازا را از واحد تبخیر می‌گیرند (مکش) و مولکول‌های آن را با سرعت بسیار زیاد از محیط روتور به‌خارج از آن می‌رانند (شکل ۳ــ۳). تعدادی از مبردهای رایج در کمپرسورهای گریز از مرکز، مبردهای R ــ۱۱ ، R ــ۱۲، R ــ۱۳، R ــ۵۰۰ و آمونیاک می‌باشند.

شکل ۳ــ۳ــ ماده سرمازا از مرکز وارد پروانه شده و در اثر نیروی گریز از مرکز از محیط روتور خارج می‌شود.

مواد سرمازای مورد استفاده در کمپرسورهای سانتریفوژ دارای چگالی بخار کم و حجم مخصوص زیاد هستند زیرا کمپرسورهای گریز از مرکز برای انتقال حجم بسیار زیادی از ماده سرمازایی که چگالی بخار کمی دارد بسیار مناسب‌اند. گاهی لازم است که تراکم در دو یا چند مرحله صورت گیرد و سرعت چرخش باید بسیار زیاد باشد تا نیروی گریز از مرکز لازم برای تولید ارتفاع

نظیر فشار مورد نیاز حاصل شود.

سرعت چرخش کمپرسورهای گریز از مرکز از ۴۰۰۰ دور در دقیقه برای ماشین‌هایی که ظرفیت آنها بسیار بالاست (۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ تن) تا ۸۰۰۰rpm برای ماشین‌های کم ظرفیت (۵۰ تا ۱۰۰ تن) متغیر است. امتیاز اصلی کمپرسورهای گریز از مرکز ظرفیت زیاد آنها می‌باشد. (شکل ۴ــ۳)



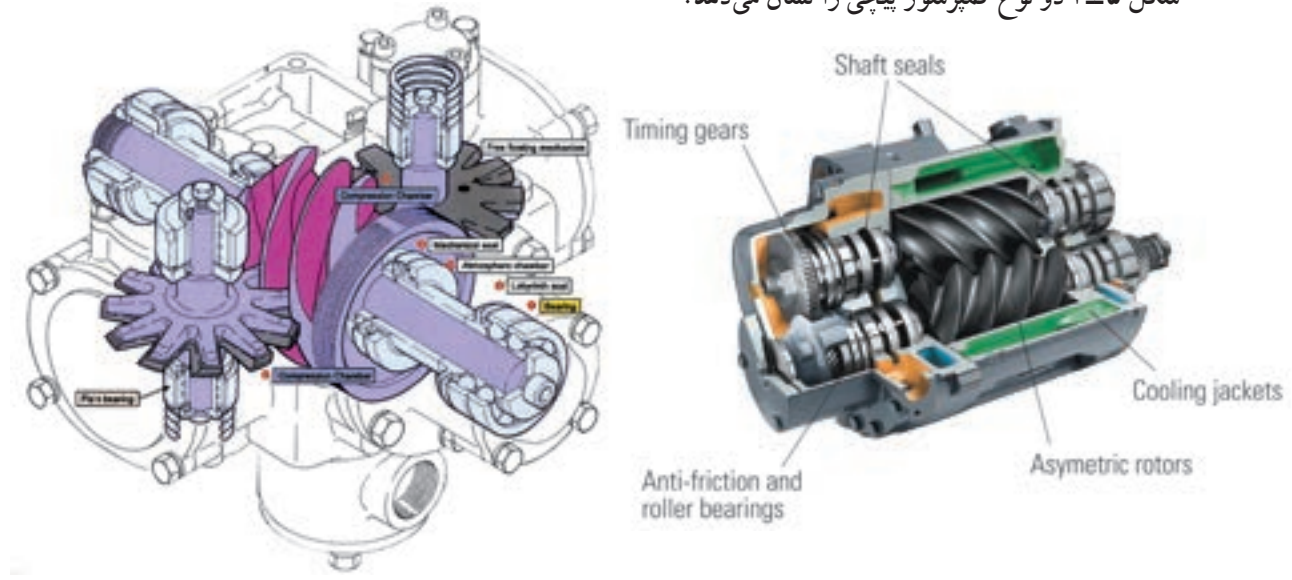
شکل ۴ــ۳ــ کمپرسور گریز از مرکز سانتریفوژ در یک چیلر

۲ــ۱ــ۳ــ کمپرسورهای پیچی (اسکرو) : دو طرح مختلف برای کمپرسورهای پیچی در نظر گرفته شده است.

۱ــ کمپرسور پیچی جفت (دوبل)

۲ــ کمپرسور پیچی منفرد

شکل ۵ــ۳ دو نوع کمپرسور پیچی را نشان می‌دهد.

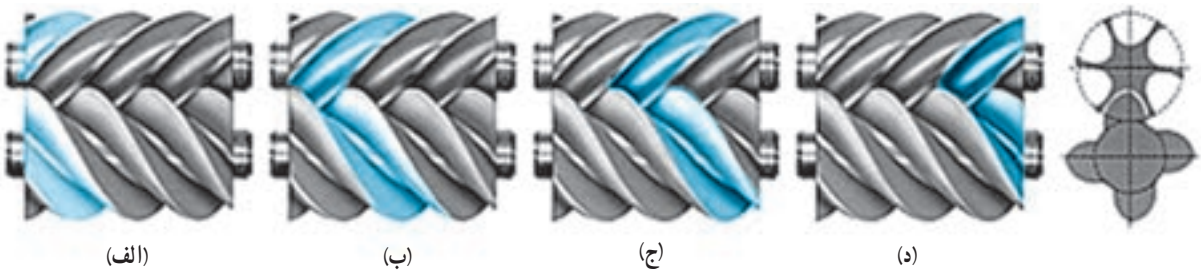


ب) کمپرسور پیچی منفرد

الف) کمپرسور پیچی دوبل

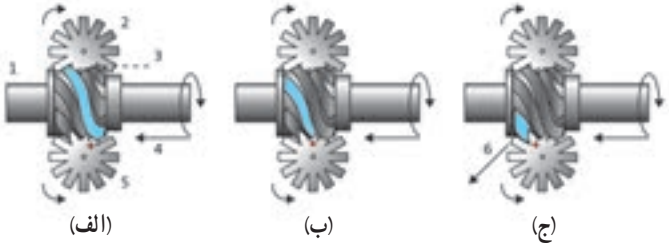
شکل ۵ــ۳

در کمپرسورهای پیچی جفت عمل تراکم توسط دو رتور مارپیچ انجام می‌گیرد (شکل ۶ــ۳) . در اثر گردش رتورها ماده سرمازا به‌داخل شیارهای مارپیچ رتور مکیده می‌شود (۶ــ۳ــ الف) و با توجه به‌جهت چرخش رتور به‌سمت جلو فشرده می‌شود (۶ــ۳ــ ب و ج) و در انتهای دنده‌های مارپیچ به‌علت اینکه فضای بین دنده‌های رتور به حداقل رسیده ماده سرمازا کاملاً متراکم شده و با فشار از انتهای شبکه مارپیچ خارج می‌شود (شکل ۶ــ۳ــ د).



شکل ۶ــ۳ــ نحوه تراکم ماده سرمازا در کمپرسور پیچی جفت

اما در کمپرسورهای پیچی منفرد عمل تراکم توسط یک رتور مارپیچ و دو چرخ ستاره‌ای صورت می‌گیرد (شکل ۷ــ۳). در اثر چرخش سریع رتور و چرخ ستاره‌ای گاز مبرد به‌داخل شیارهای رتور مارپیچ مکیده شده (شکل ۷ــ۳ــ الف) و در اثرکاهش حجم فضای مارپیچ رتور فشار مبرد افزایش یافته و در انتها با فشار زیاد خارج می‌شود (شکل ۷ــ۳ــ ج).



شکل ۷ــ۳ــ نحوه تراکم ماده سرمازا در کمپرسور پیچی منفرد

مزایای این نوع کمپرسورها عبارت‌اند از :

۱ــ عملکرد آرام این نوع کمپرسورها که ناشی از تراکم چرخشی محورهای کمپرسور است.

۲ــ به‌علت حرکت دورانی حلزون‌های کمپرسور لرزش آن بسیار کم می‌باشد.

۳ــ به‌علت هم‌پوشانی سیکل مکش و دهش کمپرسورهای پیچی، جریان مبرد یکنواخت و مستمر می‌باشد.

۴ــ کمپرسورهای پیچی حدود یک دهم کمپرسورهای تناوبی قطعه متحرک دارند لذا خرابی کمپرسور پیچی نسبت به کمپرسورهای تناوبی کمتر بوده و تعمیرات آن راحت‌تر می‌باشد.

۵ــ در کمپرسورهای پیچی فضای مرده وجود ندارد لذا راندمان حجمی این نوع کمپرسورها بالا می‌باشد.

از معایب کمپرسورهای پیچی می‌توان به دو مورد اشاره نمود :

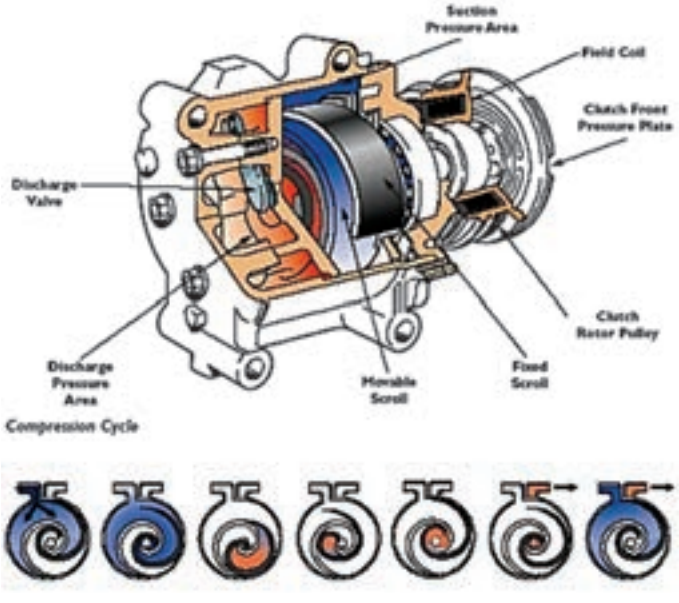
۱ــ سرعت گردش بالای محور کمپرسور

۲ــ نیاز این نوع کمپرسورها به روغن‌کاری مخصوص

۳ــ۱ــ۳ــ کمپرسورهای طوماری (اسکرول) : کمپرسور اسکرول از دو قطعه اصلی اسکرول ثابت و اسکرول متحرک تشکیل شده است (شکل ۸ــ۳).

شکل ۸ــ۳ــ اسکرول ثابت و اسکرول متحرک

این دو قطعه در داخل یکدیگر قرار گرفته‌اند، اسکرول متحرک در داخل اسکرول ثابت حرکت کرده و با توجه به فاصله لبه‌های هر دو قطعه گاز مبرد از قسمت سمت چپ مکیده شده و با فشار از مرکز اسکرول با فشار زیاد خارج می‌شود. این قسمت به لولهٔ سمت راست که لوله دهش می‌باشد متصل شده است (شکل ۹ــ۳).



شکل ۹ــ۳ــ مراحل کار کمپرسور اسکرول

مزایای کمپرسور اسکرول :

۱ــ بازده کمپرسورهای اسکرول ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر از کمپرسورهای پیستونی است.

۲ــ تخلیه گاز به‌صورت پیوسته و مدام و به‌طور یکنواخت انجام می‌شود.

۳ــ قطعات متحرک کمپرسور اسکرول بسیار کم بوده و امکان خرابی این نوع کمپرسورها نسبت به کمپرسورهای پیستونی بسیار کمتر می‌باشد.

۴ــ ارتعاش و سروصدای این نوع کمپرسورها کمتر از کمپرسورهای پیستونی است.

شکل ۱۰ــ۳ یک کمپرسور اسکرول را نشان می‌دهد.

شکل ۱۰ــ۳ــ کمپرسور اسکرول

۴ــ۱ــ۳ــ کمپرسورهای رفت و برگشتی : برای جابه‌جا کردن مواد سرمازایی که چگالی بخار آنها بسیار زیاد است و همچنین مواد سرمازایی که فشار چگالش آنها نسبتاً بالاست، کمپرسور رفت و برگشتی (پیستونی) مناسب‌ترین دستگاه محسوب می‌شود. آمونیاک، R_۱۲، R_۱۳۴a، R_۴۱۰، R_۴۰۷، R_۲۲، R_۵۰۰ و R_۵۰۲ جزء مواد سرمازایی هستند که برای تراکم آنها کمپرسور رفت و برگشتی بهترین راندمان را خواهند داشت.

این کمپرسورها براساس متغیرهای زیر طبقه‌بندی می‌شوند :

۱ــ نوع محرک (وسیله چرخاننده یا گرداننده)

۲ــ آرایش سیلندر و پیستون

۳ــ سیستم‌های خنک کننده و روغن‌کاری

۱ــ۴ــ۲ــ۳ــ نوع محرک : کمپرسورها به کمک الکتروموتور کار می‌کنند اما در سیستم‌های تهویه مطبوع وسایل حمل‌و نقل عمومی مانند اتومبیل‌ها، قطارها، هواپیماها و کشتی‌ها نیرو یا توان محرک، به‌وسیله موتورهای درون‌سوز تأمین می‌شود. کمپرسورهای مجهز به ماشین بخار نیز موجود است ولی این نوع کمپرسورها فقط در جاهایی به‌کار می‌رود که از بخار آب برای مصارف دیگر نیز استفاده می‌شود.

کمپرسور را می‌توان به‌وسیله موتور هم محور (کوپلینگ مستقیم) یا موتوری که محور آن جداست (با استفاده از فلکه وتسمه) چرخاند.

این نوع کمپرسورها را نوع باز می‌نامند. ممکن است موتور محرک مستقیماً کمپرسور را بگرداند و موتور درون کمپرسور قرار گیرد و با آن یکپارچه شده است. این نوع کمپرسورها از نوع بسته و نیمه بسته می‌باشند. کمپرسورهای بسته از لحاظ جاگیری بسیار مناسب‌اند و فضای اندکی را اشغال می‌کنند و در صورت خراب شدن اجزای داخل کمپرسور قابل تعمیر نمی‌باشند اما کمپرسورهای نیمه بسته قابل تعمیر می‌باشند.

امتیاز مشخص کمپرسورهای بسته و نیمه بسته مصونیت از نشت ماده سرمازا و فراغت از دردسرهای مربوط به فلکه و تسمه است.

کاستی‌های کمپرسورهای بسته :

۱ــ محدودیت ظرفیت

۲ــ لزوم چرخیدن کمپرسور با همان سرعت گردش موتور

۳ــ عدم دسترسی برای تعمیر و نگهداری

۴ــ انتقال گرمای حاصل از کار موتور به سیکل تبرید

آرایش سیلندر و پیستون

بیشتر کمپرسورهای رفت و برگشتی که امروزه در سیستم‌های تهویه مطبوع به‌کار می‌روند از نوع یک طرفه‌اند یعنی فقط با یک‌بار حرکت پیستون به‌طرف بالا گاز متراکم می‌شود. ممکن است سیلندر عمود قرار گیرد یا به شکل V (خورجینی) یا W / V باشد سرعت چرخشی ۶۰۰ تا ۱۸۰۰rpm متداول است و گاهی از ماشین‌های با سرعت ۳۶۰۰rpm نیز استفاده می‌شود.

خنک‌کردن و روغن‌کاری

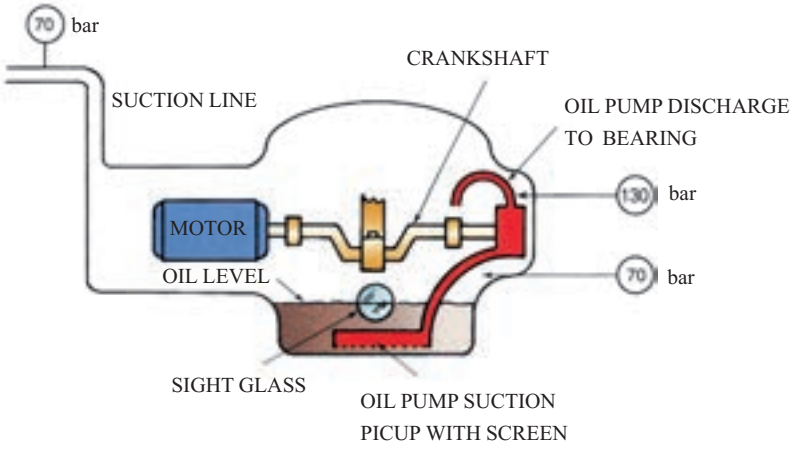
سیلندر و سرسیلندر کمپرسور را می‌توان با آب یا هوا خنک کرد. معمولاً واحدهای خیلی بزرگ را با آب خنک می‌کنند. آب در بدنه دو جداره سیلندر و سرسیلندر جریان دارد و بیشتر کمپرسورهای متداول در سیستم‌های تهویه مطبوع با هوا خنک می‌شوند.

جدار سیلندر و سرسیلندر را پره دار می‌سازند تا سطح زیادی داشته باشند و گرما را به‌خوبی منتقل کنند.

کمپرسورهای بسته به‌وسیله بخار مکش خنک می‌شوند.

کمپرسورها را با استفاده از سیستم پاشش ساده و سیستم‌های تغذیه اجباری به‌کمک پمپ روغن‌کاری می‌کنند. در کمپرسورهای کوچک منحصراً از سیستم روغن‌کاری پاششی استفاده می‌شود اما در کمپرسورهای نیمه بسته و باز روغن‌کاری توسط پمپ روغن انجام می‌گیرد. بدلیل اهمیت روغن‌کاری می‌بایستی از وجود روغن کافی در کمپرسور مطمئن شد به همین منظور برروی بدنه کمپرسور شیشه‌ای قرار دارد تا بتوان سطح روغن داخل کمپرسور را کنترل نمود و در صورت پایین آمدن سطح روغن از اندازه تعیین شده نسبت به شارژ روغن اقدام نمود.

همچنین برای اطمینان از کار صحیح پمپ روغن از کلید کنترل فشار استفاده می‌شود تا در صورت خراب شدن پمپ روغن و نبودن فشار مناسب جهت روغن‌کاری اجزاء کمپرسور، توسط کنترل فشار روغن کمپرسور خاموش می‌شود.



۲ــ۳ــ روش‌های کنترل ظرفیت

سیستم‌های سردسازی ۱۰ تنی و بزرگ‌تر، اغلب به وسایلی برای کنترل ظرفیت کمپرسور نیاز دارد. امروزه چهار روش برای این کار متداول است :

۱ــ استفاده از چند کمپرسور

۲ــ بی‌بار کردن سیلندر

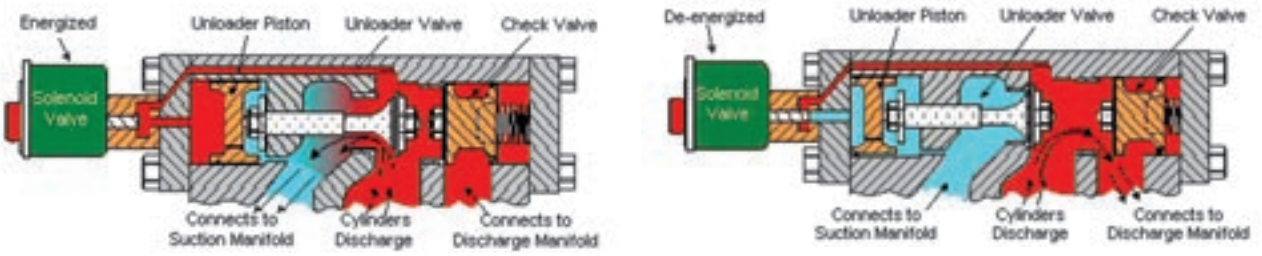
۳ــ کنترل جریان ماده سرمازا، مانند هدایت گاز داغ از مسیر کنار گذر یا تنظیم فشار واحد تبخیر

۴ــ کنترل سرعت دوران کمپرسور (rpm)

۱ــ۲ــ۳ــ استفاده از چند کمپرسور : در کمپرسورهای چند واحدی باید وسایلی برای کنترل ظرفیت و تغییرات توان نصب کرد. معمولاً یک یا چند کمپرسور کار می‌کنند و یکی از این واحدها در مواقع لازم روشن یا خاموش می‌شوند تا با نوسان‌های بار مقابله کنند. برای متوقف کردن یک یا چند واحد معمولاً از فشار واحد تبخیر استفاده می‌شود. هرازگاه واحد در حال کار را تغییر می‌دهند تا فقط یک واحد فرسوده نشود. در چنین سیستمی باید آرایش مداربندی واحد تبخیر دقیق باشد و ظرفیت کندانسر کنترل شود تا بتوان بین بقیه اجزای سیستم و ظرفیت کاهش یافته کمپرسور موازنه برقرار کرد.

۲ــ۲ــ۳ــ بی‌بار کردن سیلندر : در کمپرسورهای چند سیلندر (۴ سیلندر یا بیشتر) ظرفیت کمپرسور به جابجایی حجمی گاز مبرد توسط سیلندرها کمپرسور بستگی دارد لذا می‌توان ظرفیت هر کمپرسور را به آسانی با بای‌پاس کردن گاز خروجی از هر سیلندر کاهش داد.

شکل ۱۱ــ۳ یک نمونه از شیر بی‌بار کننده سیلندر کمپرسور را نشان دهد. همان‌طور که در شکل ۱۱ــ۳ــ الف دیده می‌شود کمپرسور در حال کار معمول خود می‌باشد. گاز خروجی از سیلندر کمپرسور با هل دادن شیر یک طرفه از سمت راست تخلیه می‌شود. با کاهش ظرفیت سیستم برودتی و به‌منظور خارج نمودن این سیلندر از چرخه تراکم گاز مطابق شکل ۱۱ــ۳ــ ب شیر برقی مغناطیس می‌شود. در این حالت مسیر گاز دهش به پشت شیر بی‌بار کننده باز شده و آن‌را به‌سمت راست حرکت می‌دهد. در این وضعیت مسیر برگشت گاز که در سمت چپ بی‌بار کننده قرار دارد باز شده و گاز از این مسیر به قسمت مکش کمپرسور برگشت داده می‌شود. برروی تمامی سیلندرهای کمپرسور یک نمونه از این شیر بی بار کننده نصب می‌شود تا در صورت کاهش تدریجی بار به تدریج سیلندرهای کمپرسور از مدار خارج شوند.



الف) شیر بی بار کننده در حالت کار معمول کمپرسور

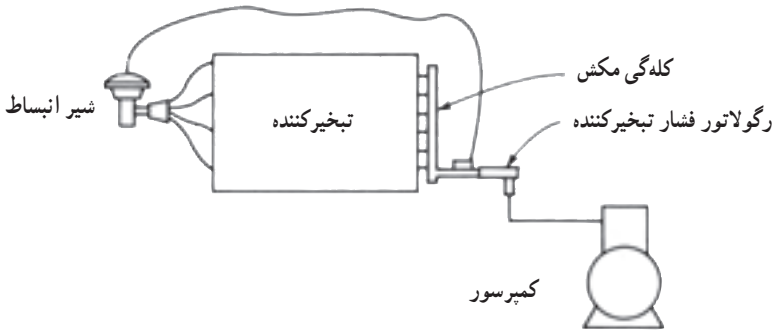
ب) شیر بی‌بار کننده در وضعیت بی‌بارکنندگی سیلندر کمپرسور

شکل ۱۱ــ۳ــ طرز کار شیر بی‌بارکننده

وظیفه کنترل عملکرد شیرهای بی‌بارکننده که برروی هریک از سیلندرها کمپرسور نصب شده بر عهده ترموستات چند مرحله‌ای می‌باشد. این ترموستات به‌گونه‌ای طراحی شده است که با کاهش دمای سردخانه در هر مرحله یکی از شیرهای بی‌بارکننده را مغناطیس می‌کند تا توسط آن سیلندر کمپرسور از مدار تراکم گاز خارج شود.

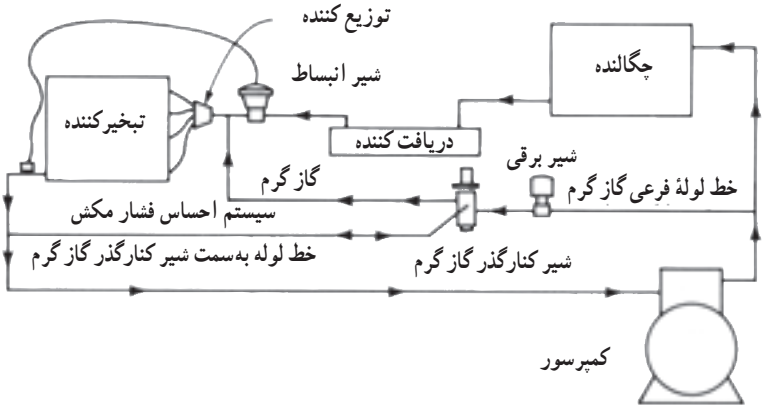
۳ــ۲ــ۳ــ کنترل جریان ماده سرمازا : با کنترل جریان ماده سرمازا به دو روش می‌توان ظرفیت دستگاه را کنترل کرد.

در روش اول از رگولاتور تنظیم کننده فشار واحد تبخیر برای کاهش فشار واحد تبخیر به کمترین مقدار ممکن در هنگام کاهش بار واحد تبخیر استفاده می‌شود. (شکل ۱۲ــ۳)



شکل ۱۲ــ۳ــ نمودار نشان‌دهندهٔ روش نصب رگولاتور فشار واحد تبخیر برای نگه داشتن فشار واحد تبخیر در بالاتر از حداقل لازم برای کار در حالت بار پایین.

در روش دوم گاز گرم از سمت تخلیه کمپرسور از طریق کنار گذر به نقطه‌ای بین ورودی واحد تبخیر ــ واحد توزیع و شیر انبساط جریان پیدا می‌کند. گاز گرم باری جزیی برای واحد تبخیر است که پمپ می‌شود شیر انبساط از جریان مایع بکاهد و در نتیجه ظرفیت واحد تبخیر را کم کند. فشار مکش کمپرسور حفظ می‌شود ولی ظرفیت خالص واحد تبخیر یا سیستم تهویه مطبوع کاهش می‌یابد. (شکل ۱۳ــ۳)



شکل ۱۳ــ۳ــ نمودار نشان‌دهندهٔ طرز کار شیر کنارگذر گاز گرم برای تأمین گاز گرم به‌صورت «بار کاذب» برای واحد تبخیر، به‌منظور کنترل ظرفیت کمپرسور در شرایطی که بار پایین است.

۴ــ۲ــ۳ــ کنترل سرعت کمپرسور : امروزه می‌توان توسط اینورمتر سرعت گردش محور کمپرسور را کنترل نمود و در صورت کاهش بار با کم کردن سرعت کمپرسور، حجم جابه‌جایی مبرد را کاهش داد.

۳ــ۳ــ تعیین قدرت کمپرسور

برای تعیین قدرت کمپرسور یخچال و یخچال فریزر از شکل ۱۶ــ۳ استفاده می‌شود. ابتدا می‌بایستی ۳ مشخصه یخچال یا یخچال فریزر مشخص گردد.

۱ــ نوع یخچال یا یخچال فریزر

۲ــ نوع عایق به‌کار رفته در بدنه یخچال

۳ــ حجم داخل یخچال

شکل ۱۶ــ۳ــ قدرت کمپرسور برای انواع مختلف یخچال و فریزر، با دو نوع عایق پشم شیشه و فوم

مثال : قدرت کمپرسور مورد نیاز برای یک یخچال دو در را که در بدنه یخچال از عایق پلی یورتان استفاده شده و حجم داخلی آن ۱۳ فوت مکعب است بدست آورید.

جواب : با استفاده از شکل ۱۶ــ۳ در ردیف دوم برای یخچال دو در با عایق فوم و با توجه به حجم ۱۳ فوت مکعب قدرت کمپرسور $\frac{۱}{۶}$ اسب بخار بدست می‌آید.

یک فریزر صندوقی خوابیده با عایق پشم شیشه به ابعاد ۱۰۰cm × ۵۰cm × ۷۰cm ساخته شده است، قدرت کمپرسور مورد نیاز برای این فریزر را بدست آورید.

جواب : ابتدا حجم داخل فریزر را بدست می‌آوریم :

$V = L \times b \times h$

$V = ۱\ m \times ۰/۵\ m \times ۰/۷\ m = ۰/۳۵\ m^۳$

سپس حجم مورد نظر را به فوت مکعب تبدیل می‌نماییم.

$۱\ m^۳ = ۳۵۳\ ft^۳$

$۰/۳۵ = x$

$۱ \times x = ۰/۳۵ \times ۳۵/۳$

$V = ۱۲/۳۴\ ft^۳$

حال با استفاده از شکل ۱۶ــ۳ قدرت کمپرسور $\frac{۱}{۵}$hp انتخاب می‌شود.

مثال : حجم یک یخچال دو در با عایق پشم شیشه ۳۰۰ لیتر می‌باشد، قدرت کمپرسور مناسب برای این یخچال چند اسب بخار است.

$$۳۰۰ \qquad ۱\ m^۳ = ۱۰۰۰\ lit$$

$$x = ۳۰۰$$

$$x \times ۱۰۰۰ = ۱ \times ۳۰۰$$

$$x = \frac{۳۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۳ m^۳$$

$$۱\ m^۳ = ۳۵/۲۸\ ft^۳$$

$$۰/۳ = x$$

$$x \times ۱ = ۰/۳ \times ۳۵/۲۸$$

$$x = ۱۰/۵۸\ ft^۳$$

با توجه به جدول ۱۶ـ۳ قدرت $\frac{۱}{۶}$ اسب انتخاب می‌شود.

تحقیق

از هنرجویان بخواهید نوع کمپرسور هریک از وسایل برودتی زیر را مشخص نمایند.

	نوع وسیله	تناوبی بسته	تناوبی نیمه بسته	اسکرو	اسکرول
۱ـ	یخچال	✓			
۲ـ	یخچال فریزر				
۳ـ	آب سردکن				
۴ـ	کولرگازی پنجره‌ای				
۵ـ	کولر گازی اسپلیت				
۶ـ	سردخانه کوچک فروشگاه				

فصل ۴

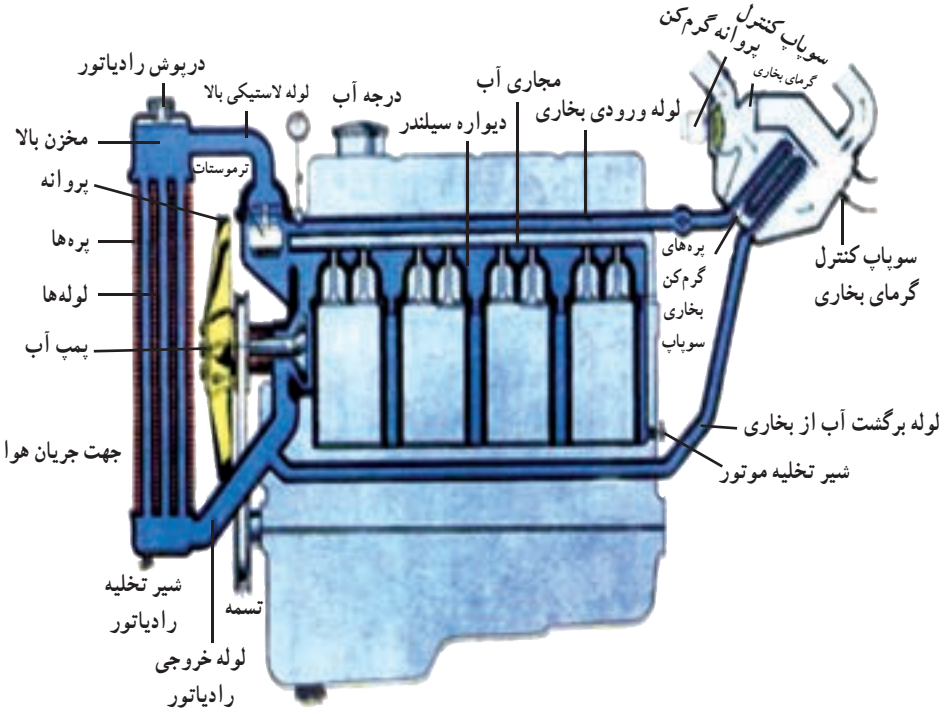
کندانسرها

۴ کندانسرها

پیش آزمون

هنرآموزان محترم در شروع کلاس با طرح این سؤال که «کدام یک از شما می‌توانید علت استفاده از رادیاتور در اتومبیل را بیان کند» توجه هنرجویان را به موضوع درس جلب نمائید.

احتراق بنزین در سیلندر موتور ماشین دمایی در حدود ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد می‌کند. در صورتی‌که این دمای بالا دفع نشود به اجزای موتور صدمه خواهد زد لذا از آب برای انتقال گرما استفاده می‌شود. آب در مسیرهایی که در اطراف سیلندر و سرسیلندر تعبیه شده حرکت کرده و پس از جذب گرمای بدنه موتور به‌وسیله لوله‌های لاستیکی از بالا وارد رادیاتور می‌شود تا در اثر گردش هوا که توسط یک فن ایجاد می‌شود گرمای آب را به‌هوا منتقل نماید. برای افزایش سرعت حرکت آب و انتقال بیشتر گرما از یک پمپ برای به‌گردش درآوردن آب استفاده می‌شود. (شکل ۱ــ۴)



شکل ۱ــ۴ــ مسیر حرکت آب در جداره‌های موتور اتومبیل

در اواپراتور بر اثر تبخیر مبرد گرمای یخچال جذب مبرد می‌شود، همچنین در کمپرسور بر اثر تراکم گاز مبرد دمای آن افزایش می‌یابد لذا برای دفع گرمای جذب شده در اواپراتور و گرمای حاصل از تراکم مبرد در کمپرسور از کندانسر استفاده می‌شود.

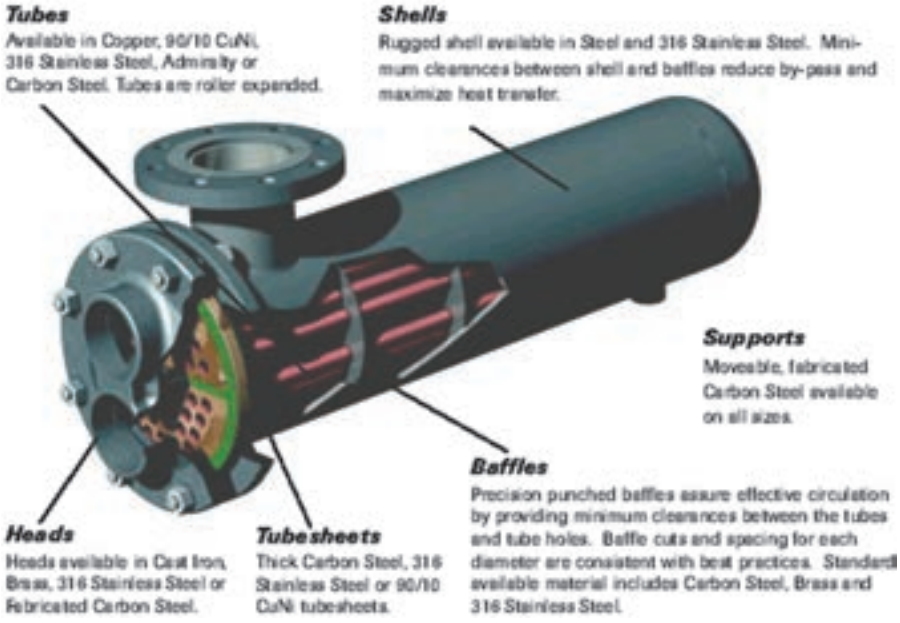
۱ــ۴ــ انواع کندانسر

کندانسرها به سه دسته تقسیم می شوند (شکل ۲ــ۴ الف، ب و ج).

۱ــ کندانسر هوایی

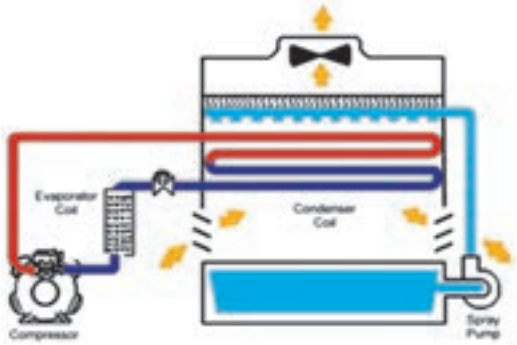
۲ــ کندانسر آبی

۳ــ کندانسر تبخیری



الف) کندانسر آبی

ب) کندانسر هوایی



ج) کندانسر تبخیری

شکل ۲ــ۴ــ انواع کندانسر آبی، هوایی و تبخیری

در بیشتر واحدهای بسیار بزرگ و برخی از واحدهای کوچک، از کندانسر خنک شونده با آب استفاده می‌شود. کندانسرهای خنک شونده با هوا بیشتر در واحدهای کم ظرفیت (۲۰ تن و کمتر) به‌کار می‌روند. اکنون کندانسرهای خنک شونده با هوا در سیستم‌های تهویه مطبوع خانگی و در جاهایی که ارزش آب بسیار زیاد است یا دفع فاضلاب دشوار است یا در مواردی که نمک‌های موجود در آب از لحاظ تشکیل قشر رسوبی مشکل جدی ایجاد می‌کنند دستگاه‌هایی استاندارد محسوب می‌شوند. بسیاری از سیستم‌های هوایی که ظرفیت متوسط تا بسیار زیاد دارند برای مناطق کم آب یا جاهایی که آب‌بها گران است یا در محل‌هایی که آب از کیفیت خوبی برخوردار نیست به‌کار برده می‌شوند.

۱ــ۱ــ۴ــ کندانسر خنک شونده با هوا (هوایی) : در سال‌های اخیر استفاده از کندانسرهای هوایی در سیستم‌های تهویه مطبوع متوسط و کوچک به‌شدت افزایش یافته است. مهم‌ترین دلیل این استقبال احتمالاً این است که این نوع کندانسرها به تعمیر و نگهداری زیادی نیاز ندارند.

این عامل معمولاً عوامل دیگری مانند هزینه برق مصرفی، دوام و عمر کمپرسور و بازده سیستم را دست کم در نظر بسیاری از صاحب خانه‌ها و خریداران سیستم تهویه مطبوع کوچک تحت الشعاع قرار می‌دهد. بیشتر واحدهایی که توان آنها از ۱۰hp کمتر

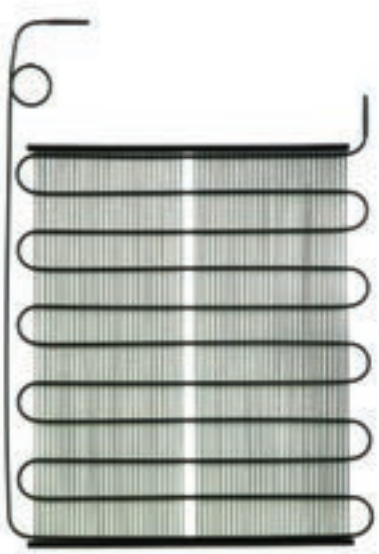
است با هوا خنک می‌شوند. در واحدهای تا ۲۰hp استفاده از دستگاه‌های خنک شونده با هوا معمول است و در واحدهای خیلی بزرگ مجهز به کندانسرهای خنک شونده با هوا را برای آب و هوای بیابانی به‌کار برده‌اند.

کندانسرهای هوایی به دو دسته تقسیم می‌شوند :

۱ــ کندانسر هوایی با جریان طبیعی

۲ــ کندانسر هوایی با جریان اجباری

کندانسرهای هوایی با جریان طبیعی در دو نوع صفحه و لوله و یا میله و لوله ساخته می‌شوند. کندانسر میله و لوله از یک لوله مارپیچ مسی یا فولادی ساخته می‌شود که برروی آن تعداد زیادی میله جوش داده شده است تا باعث افزایش میزان انتقال گرما از کندانسر شود. (شکل ۳ــ۴)



شکل ۳ــ۴ــ کندانسر هوایی با جریان طبیعی

در کندانسرهای هوایی با جریان هوایی اجباری لوله‌های مسی از بین تعداد زیادی پره آلومینیومی عبور می‌کند تا سطح تبادل گرما را به‌مقدار قابل توجه‌ای افزایش دهد. همچنین از یک یا چند فن برای به گردش درآوردن هوا استفاده می‌شود. (شکل ۴ــ۴)

شکل ۴ــ۴ــ کندانسر هوایی با جریان هوایی اجباری

کندانسرهای هوایی معمولاً برای کار با دمای تقطیر حدود ۱۷ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای محیط طراحی شده‌اند. یکی از معایب عمده دستگاه‌های خنک شونده با هوا همین است، زیرا در آب و هوای گرم که دمای محیط بعدازظهرها به ۴۳°C نیز می‌رسد، دمای تقطیر ممکن است ۶۶ درجه سانتی‌گراد باشد که مطابق با فشار ۲۴۹psia برای R_۱۲ و یا فشار ۳۶۹psia مربوط به R_۲۲ است. توان الکتریکی مورد نیاز برای تأمین این چنین فشارهایی بسیار بالا می‌باشد. در چنین شرایطی دمای آب احتمالاً از ۲۴درجه سانتی‌گراد بالاتر نمی‌رود. دمای تقطیر در کندانسر آبی با فشار تقطیر حدود ۱۳۰psia برای R_۱۲ یا با فشار تقطیر حدود ۲۱۰psia برای R_۲۲ در حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد است. مزایای کندانسر آبی در اینجا کاملاً روشن می‌شود که عبارت از مصرف برق کمتر و دوام و عمر بیشتر کمپرسور است.

۲ــ۱ــ۴ــ کندانسر آبی : این کندانسرها در جاهایی که آب مناسب و فراوان و ارزان در اختیار باشد به صرفه‌ترین کندانسر محسوب می‌شود. مسائل خوردگی ناشی از آب یا دفع فاضلاب را باید در نظر گرفت. برای واحدهای ۵ تنی و بزرگ‌تر که به آب زیادی نیاز است معمولاً از یک برج خنک‌کن استفاده می‌شود.

کندانسرهای آبی در سه نوع ساخته می‌شوند :

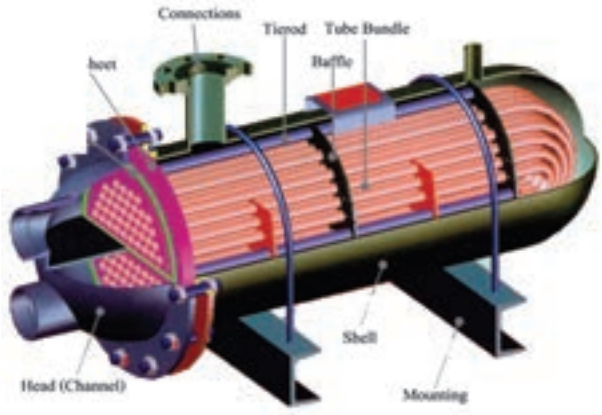
۱ــ پوسته و لوله

۲ــ پوسته و کویل

۳ــ لوله داخل لوله

در کندانسرهای آبی پوسته و لوله و کندانسرهای پوسته و کویل گاز داغ از بالا وارد پوسته شده و پس از تبادل گرما با آب سرد داخل لوله یا کویل تقطیر شده و مایع مبرد از پایین پوسته خارج می‌شود. آب داخل لوله‌ها نیز پس از جذب گرمای مبرد یا در رودخانه و چاه ریخته می‌شوند و یا توسط برج خنک‌کن خنک شده و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند. (شکل ۵ــ۴)

الف) کندانسر پوسته و لوله



ب) کندانسر پوسته و کویل

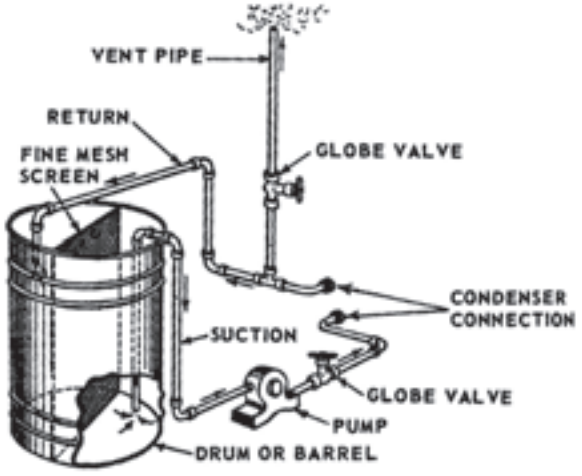
شکل ۵ــ۴ــ کندانسر پوسته و لوله و پوسته و کویل

آب سرد در لوله داخلی کندانسر دو لوله‌ای جریان داشته و گاز داغ نیز در لوله خارجی به گردش درآمده و پس از تبادل گرما تقطیر و از سمت دیگر کندانسر خارج می‌شود. (شکل ۶ــ۴)

شکل ۶ــ۴ــ کندانسر دو لوله‌ای

هرقدر مقدار آبی که با دمای معین از کندانسر گردش می‌کند بیشتر باشد، فشار تقطیر پایین‌تر می‌رود و بدین ترتیب هزینه برق کمتر و عمر و دوام کمپرسور بیشتر می‌شود ولی در صورتی که آب گران قیمت باشد نقطه موازنه‌ای باید تعیین شود که در مجموع بهترین شرایط اقتصادی کار سیستم را تامین کند.

پس از مدتی در اثر گردش آب برروی جداره داخلی لوله‌ها و کویل کندانسر آبی رسوب ایجاد می‌شود که مانع از انتقال گرما بین گاز مبرد و آب خواهد شد. برای رسوب‌گیری از اسید با غلظت پایین استفاده می‌شود. برای این‌کار مطابق شکل ۷ــ۴ داخل مخزن اسید ریخته شده و توسط یک پمپ آن را در داخل لوله‌های کندانسر به‌گردش در می‌آورند تا سبب جدا شدن رسوب‌های داخل لوله شوند. در زمان رسوب‌گیری شیرهای ورود و خروج آب به‌سمت برج خنک‌کن در حالت بسته قرار می‌گیرند.



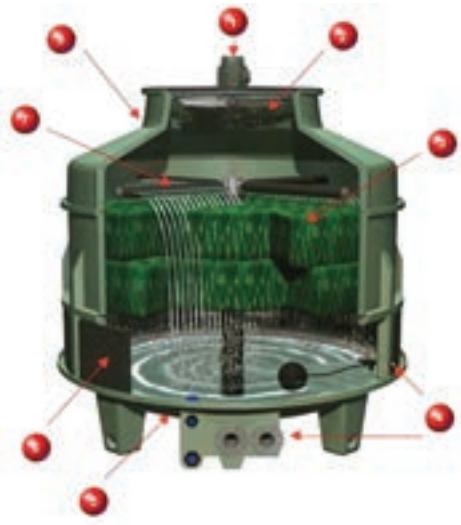
شکل ۷ــ۴ــ نحوه انتقال مخزن رسوب‌گیر به کندانسر آبی

در کندانسر آبی گرمای ماده سرمازا به‌وسیله آب جذب می‌شود و سپس گرمای آب به یکی از روش‌های زیر دفع می‌شود.

۱ــ در صورت امکان تأمین آب تازه با قیمت ارزان، آب گرم خروجی از کندانسر وارد رودخانه یا دریاچه شده و دوباره آب سرد تازه وارد کندانسر می‌شود.

۲ــ با وارد کردن آب خروجی از کندانسر به یک چاه خشک، آب گرم به زمین منتقل می‌شود. در جاهایی که ماسه‌ای باشد و آب را بکشد، می‌توان چاهی به قطر ۶۱ سانتی‌متر و عمق ۱۰۰ متر حفر کرد و دیواره آن را آجرچینی کرد و سپس آن را برای دفع کامل آب گرم کندانسرهای ۳ تا ۱۰ تنی به‌کار برد. آب بها در بسیاری از مناطق عامل تعیین کننده‌ای است و اغلب کشورها اجازه نمی‌دهند که آب ضایع شود.

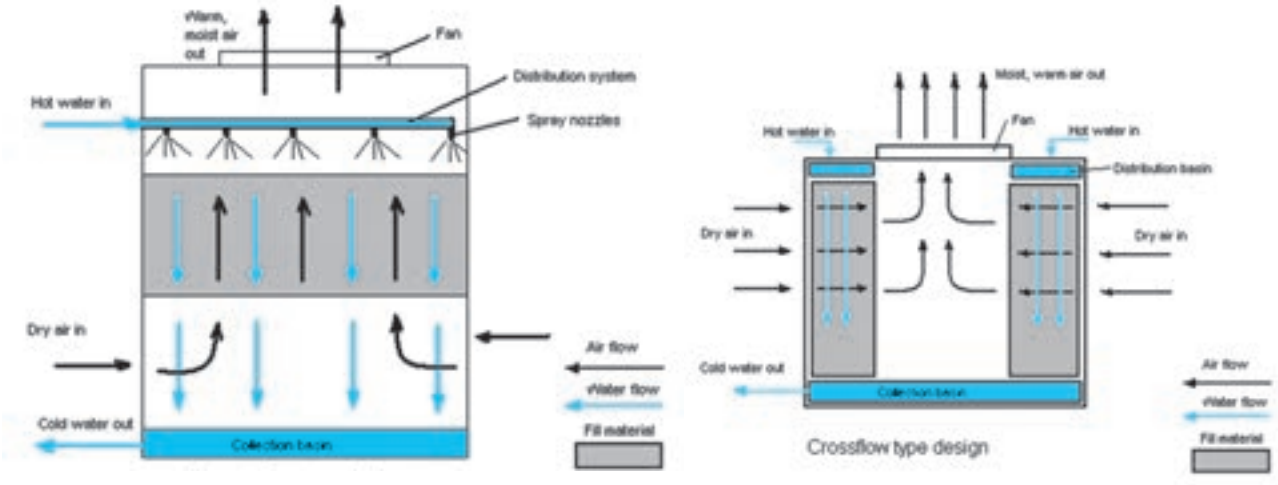
۳ــ به‌وسیله برج خنک کن، استخر پاشش، گرمای آب به هوای اطراف منتقل می‌شود. برای بسیاری از تأسیسات سومین مورد بهترین روش است. برج خنک‌کن و استخر پاشش آب را در تماس کامل با هوای درحال وزش قرار می‌دهد. شکل ۸ــ۴ یک برج خنک‌کن را نشان می‌دهد. آب از طریق انتقال گرمای محسوس که دمای خشک هوای در حال وزش را بالا می‌برد تا حدودی خنک می‌شود ولی دلیل اصلی خنک شدن آب مبادله گرمای نهان تبخیر بخش کوچکی از آن است.



شکل ۸ــ۴ــ برج خنک‌کن

پایین‌ترین دمایی که می‌توان بر اثر خنک کردن آب در برج خنک‌کن به آن رسید معادل دمای مرطوب هواست. در عمل این دما هرگز دست نیافتنی نیست و معمولاً دمای نهایی آب حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد و بالاتر از دمای تر هوا در همان زمان است. در فصل تابستان بر اثر اتلاف ۰/۹٪ آب در گردش، معمولاً ۱۸ درجه سانتی‌گراد سرمایش حاصل می‌شود.

برج‌های خنک‌کن را با توجه به عوامل مختلف تقسیم‌بندی می‌کنند. برج‌های خنک‌کن از نظر نحوه برخورد جریان آب و هوا به دو دسته ۱ــ جریان هوای متقاطع ۲ــ جریان هوای مخالف تقسیم‌بندی می‌کنند. (شکل ۹ــ۴)

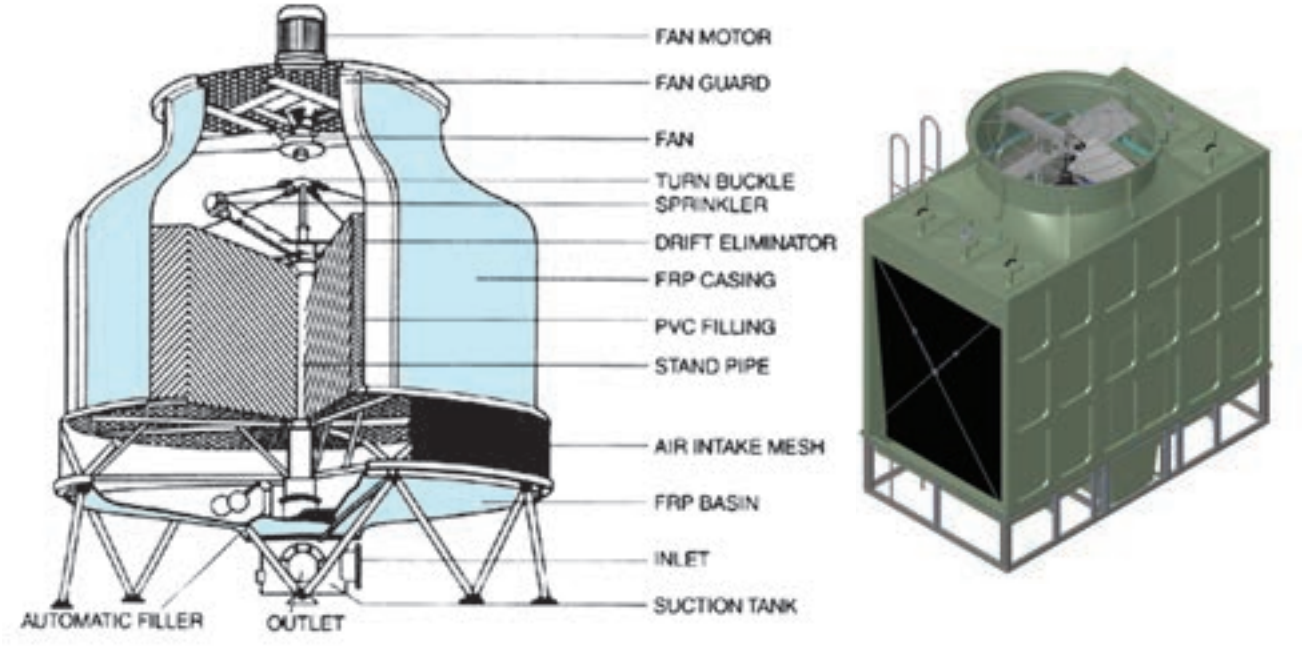


الف) برج خنک‌کن با جریان متقاطع

ب) برج خنک‌کن با جریان هوای مخالف

شکل ۹ــ۴ــ انواع برج خنک‌کن از نظر برخورد جریان آب و هوا

برج‌های خنک‌کن از نظر جنس بدنه نیز به دو دسته ۱ــ بدنه آهنی ۲ــ فایبرگلاس تقسیم‌بندی می‌شوند. (شکل ۱۰ــ۴)



الف) برج خنک‌کن از جنس آهن

ب) برج خنک‌کن از جنس فایبرگلاس

شکل ۱۰ــ۴ــ انواع برج خنک‌کن از نظر جنس بدنه

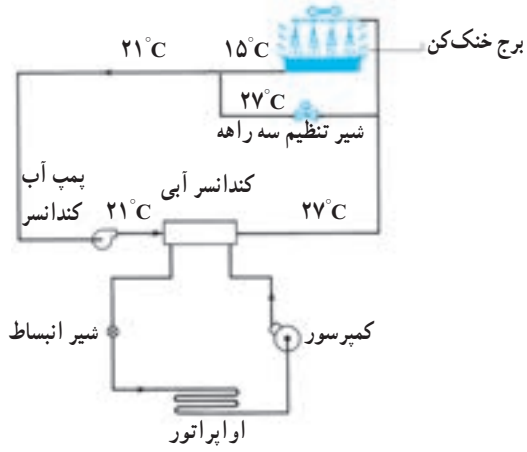
درون برج‌های خنک‌کن که از بدنه آهنی ساخته می‌شود از بالا به پایین و در فواصل مساوی تعداد زیادی تخته به‌صورت افقی قرار می‌گیرد. توسط پمپ آب از کف برج به بالا منتقل شده و برروی چوب‌ها پاشیده می‌شود.

هم‌زمان با ریزش آب از تخته‌های بالا برروی تخته‌های پایینی مقداری از ذرات آب تبخیر شده و امکان سرد شدن آب را فراهم می‌کنند.

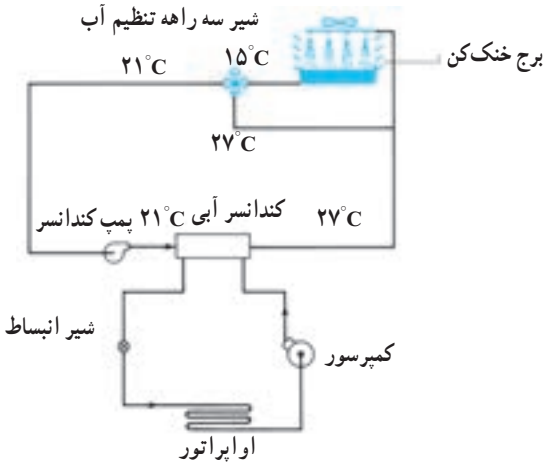
در برج‌های خنک‌کن فایبرگلاس به‌جای تخته‌های چوبی از پکینگ‌های PVC استفاده می‌شود. این پکینگ‌ها با افزایش سطح تماس جریان آب با هوا و همچنین کاهش سرعت جریان آب در خنک سازی جریان آب نقش مؤثری دارند. پکینگ‌ها به‌صورت شبکه‌ای ساخته می‌شوند و از عمر طولانی برخوردارند. در صورت کاهش دمای هوای بیرون در فصل زمستان کندانسرهای آبی مشکل کاهش بیش از حد فشار روی مبرد قبل از شیر انبساط دارند. زمانی که درجه حرارت آب به $24^{\circ}C$ افت نماید در اولین مرحله برای کاهش ظرفیت برج خنک‌کن و جبران افت فشار مایع مبرد، فن برج را خاموش می‌کنیم.

در مرحله دوم از طریق بای‌پاس کردن آب برج به‌وسیله شیرهای دوراهه و سه راهه شکل ۱۱ــ۴ و ۱۲ــ۴ ظرفیت برج را کم می‌کنیم. در هر کدام از این روش‌ها درجه حرارت آب خروجی از برج توسط سنسور حس می‌شود. اگر دما به پایین‌تر از نقطه تنظیم (معمولاً $15^{\circ}C$ تا $20^{\circ}C$) برسد.

شیر بای‌پاس عمل نمود. تمام یا قسمتی از آب برج بای‌پاس می‌شود تا فشار روی مبرد در کندانسر و قبل از شیر انبساط در حد قابل قبول ثابت بماند. با توجه به بحث بای‌پاس نمودن برج، اگر احتمال یخ‌زدگی آب برج وجود داشته باشد از طریق المنت حرارتی یا تزریق بخار مانع از آن می‌شویم. شکل ۱۳ــ۴ شیر دو راهه کندانسر و ساختمان و طرز کار آن را نشان می‌دهد.

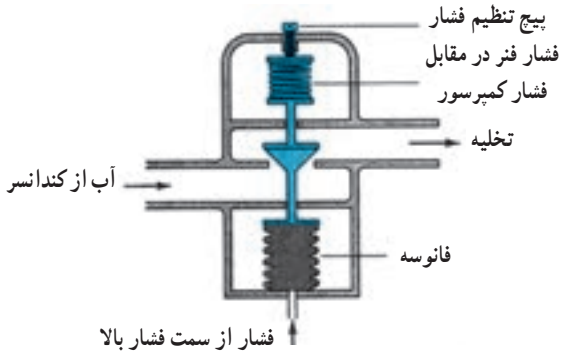


شکل ۱۱ــ۴ــ برج خنک‌کن با کنترل از طریق شیر دو راهه



شکل ۱۲ــ۴ــ برج خنک‌کن با کنترل از طریق شیر سه راهه

الف) شیر دو راهه کندانسر



ب) ساختمان و طرز شیر دو راهه کندانسر

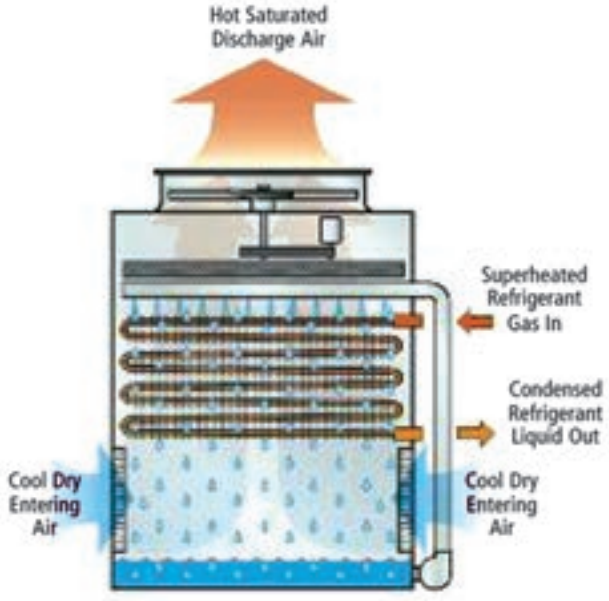
شکل ۱۳ــ۴ــ شیر دوراهه کندانسر

در برج خنک‌کن با بخار شدن بخشی از آب در جریان سیرکوله برج، بقیه آب خنک می‌شود و میزان مصرف آب تقریباً با این میزان بخار شدن آب برابر است. برای تبخیر شدن یک گالن آب حدود ۸۷۰۰Btu گرما لازم است. به عبارت دیگر با تبخیر هر گالن آب حدود ۸۷۰۰Btu گرما از برج دفع می‌شود. حال فرض کنیم ظرفیت برج خنک‌کن ۱۰۰ton تن تبرید باشد در این صورت :

$$۱۰۰\times۱۲۰۰۰=۱۲۰۰۰۰۰\frac{Btu}{hr}$$

با تقسیم این عدد به ۸۷۰۰ میزان مصرف آب در ساعت ۱۳۸ گالن یعنی حدود ۵۲۵ لیتر خواهد بود. البته این عدد با لحاظ نمودن راندمان تبخیر ۱۰۰ درصدی برای برج می‌باشد که در عمل راندمان برج بین ۶۰ الی ۸۰ درصد خواهد بود لذا تبخیر آب به ازای هر تن سرمایی را حدود ۶۰۰ لیتر در ساعت در نظر می‌گیرند.

۳ــ۱ــ۴ــ کندانسر تبخیری : کندانسر تبخیری تلفیقی از کندانسر هوایی، کندانسر آبی و برج خنک‌کن می‌باشد. (شکل ۱۴ــ۴)



شکل ۱۴ــ۴ــ کندانسر تبخیری

طرز کار کندانسر تبخیری طی ۴ مرحله به‌شرح زیر می‌باشد.

۱ــ بخار متراکم و داغ ماده سرمازا از کمپرسور وارد کویل داخل کندانسر تبخیری شده و گرمای آن به آبی که برروی کویل پاشیده می‌شود انتقال می‌یابد. در این حالت کویل دائماً با پاشش آب خیس نگه داشته می‌شود.

۲ــ بخشی از آب با گرمای ماده سرمازا تبخیر می‌شود و گرمای نهان تبخیر بسیار بالای آب اثر سرمایشی و تقطیر مناسبی ایجاد می‌کند و بخش کوچکی از آب بخار شده را سرد و مایع می‌کند.

۳ــ آب تبخیر نشده با جذب گرما از ماده سرمازا گرم می‌شود و بنابراین اگر مطابق مرحله بعدی خنک نمی‌شد از لحاظ ایجاد سرمایش بیشتر دیگر قابل استفاده نبود.

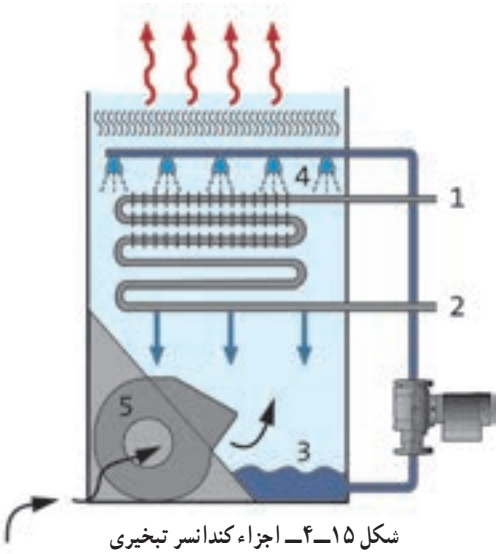
۴ــ هوا از لابه‌لای ذرات آب در حال ریزش از شیپوره پاشش آب عبور می‌کند و با تبخیر بخشی از آب سرمایش مناسبی ایجاد می‌کند در صورتی که بادزن و شیپوره‌های پاشش آب خوب کار کنند آب در مقایسه با دمای مرطوب هوای خروجی چند درجه خنک‌تر می‌شود.

در حدود ۵٪ آب در گردش تبخیر می‌شود و این کمبود به‌وسیله یک شیر شناور تأمین و وارد مخزن می‌شود. تبخیر بخشی از آب، غلظت نمک را در آب باقیمانده بالا می‌برد و بنابراین تصفیه و نمک زدایی آب ضروری است. اگر سر ریز کوچک و با ریزش مدوام

تعبیه شود، غلظت نمک در آب مخزن بالا نخواهد رفت. کندانسر تبخیری به‌صورت واحدهای تکی برای ظرفیت‌های تا ۱۰۰ تن سردسازی ساخته می‌شود و اگر ظرفیت بالاتری مورد نیاز باشد از چند واحد استفاده می‌شود. اما این نوع کندانسر را بیشتر برای واحدهای ۱۰ تا ۵۰ تن بکار می‌برند.

استفاده از این نوع کندانسر در مواردی ضرورت پیدا می‌کند که آب کمیاب یا گرانقیمت باشد، دفع آب زاید مشکل ایجاد کند یا استفاده از برج خنک‌کن عملی نباشد. کندانسر تبخیری فضای اندکی اشغال می‌کند زیرا کندانسر ماده سرمازا و تجهیزات خنک‌کننده آب با هم تلفیق شده و در یک محفظه جای گرفته‌اند.

شکل ۱۵ــ۴ اجزا یک کندانسر تبخیری را نشان می‌دهد. شماره ۱ و ۲ محل ورود و خروج آب خنک شونده، شماره ۳ محل جمع شدن آب در کف کندانسر، شماره ۴ افشانک‌های پاشش آب از بالای کندانسر و شماره ۵ فن کندانسر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵ــ۴ــ اجزاء کندانسر تبخیری

جدول ۱۶ــ۴ــ ظرفیت واحد تقطیر برحسب (kW)

	Saturated Suction Temperature (°C)										
Model Number	6.5	1.5	-3.5	-8.5	-13.5	-16	-18.5	-21	-26	-31	-36
TC-510/AH-12	17.15	14.27	11.96	9.23							
TC-500/AM-12			13.39	10.87	8.70	7.76					
TC-500/AL-12						9.51	8.50	7.64	5.92	4.44	3.14
TC-600/AH-12	19.78	16.66	13.95	11.20							
TC-750/AH-12	25.66	21.27	17.66	14.24							
TC-750/AM-12			22.40	18.05	14.16	12.50					
TC-750/AL-12							10.33	9.00	6.76	5.07	3.82
TC-900/AH-12	33.35	28.07	22.76	18.35							
TC-1000/AH-12	33.50	28.01	23.15	18.63							
TC-755/AH-22	27.65	23.12	19.02	16.91	15.21						
TC-900/AH-22	33.28	27.77	22.64	17.93							
TC-1000/AH-22	41.18	34.32	28.45	23.07	18.26						
TC-500/AL-502							9.21	8.19	6.17	4.65	3.26
TC-600/AL-502						12.56	11.20	9.82	7.40	5.40	3.68
TC-750/AL-502					18.26	16.53	15.02	13.28	10.19	7.61	5.50
TC-1000/AL-502					23.09	20.68	18.57	16.57	12.75	9.36	6.52
TC-500/WH-12	20.23	16.60	13.28	10.49							
TC-500/WM-12			14.94	11.85	9.20	8.03					
TC-500/WL-12						10.26	9.13	8.00	6.04	4.38	3.02
TC-600/WH-12	22.49	18.49	14.94	11.85							
TC-750/WH-12	27.85	22.72	18.41	14.49							
TC-750/WM-12			24.38	18.94	14.64	12.60					
TC-750/WL-12							11.02	9.43	6.87	4.91	3.62
TC-900/WH-12	36.84	30.19	24.38	18.94							
TC-1000/WH-12	36.99	30.19	24.45	19.31							
TC-755/WH-22	30.33	24.91	20.08	15.70							
TC-900/WH-22	36.99	29.89	23.85	18.79	14.49						
TC-1000/WH-22	44.23	36.52	29.89	23.77	18.34						
TC-1500/WH-22	61.72	47.10	38.63	30.48	24.15						
TC-500/WL-502					13.13	11.47	9.96	8.39	6.43	4.65	3.17
TC-600/WL-502						13.74	12.00	10.49	7.67	5.43	3.55
TC-750/WL-502					19.62	17.50	15.40	13.74	10.26	7.55	5.28
TC-1000/WL-502					25.06	22.04	19.62	17.21	12.83	9.21	6.34

۲ــ۴ــ انتخاب کندانسینگ یونیت

برای انتخاب مدل کندانسینگ یونیت از جدول ۱۶ــ۴ استفاده می‌شود. با مشخص بودن ظرفیت واحد تقطیر برحسب (kW) و بدست آوردن دمای مکش گاز کمپرسور می‌توانیم مدل کندانسینگ یونیت را تعیین نماییم.

برای محاسبه دمای مکش می‌بایستی اطلاعات زیر را در اختیار داشته باشیم.

۱ــ دمای سالن نگهداری محصول ti (با توجه به‌نوع محصول تعیین می‌شود)

۲ــ رطوبت نسبی سالن (با توجه به‌نوع محصول تعیین می‌شود)

۳ــ اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان داخل کویل اواپراتور (TD)

۴ــ نوع اواپراتور از نظر جریان هوا (طبیعی یا اجباری)

با توجه به رطوبت نسبی سالن سردخانه و نوع جریان هوا در اواپراتور از جدول ۱۷ــ۴ مقدار اختلاف دمای سالن و ماده مبرد (TD) را بدست می‌آوریم.

برای بدست آوردن دمای مکش از رابطه زیر استفاده می‌نماییم :

$Te = ti - TD$

Teــ دمای مکش کمپرسور (معادل دمای جوش مبرد)

tiــ دمای سالن

TDــ اختلاف دمای سالن و ماده مبرد

جدول ۱۷ــ۴ــ تعیین TD سردخانه برحسب تغییرات رطوبت نسبی
(TD اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریانی در داخل کویل اواپراتور)

رطوبت نسبی ٪	اختلاف درجه حرارت (TD) °C	
	هوا با جریان طبیعی	هوا با جریان اجباری
۹۵ــ۹۱	۷ــ۸	۵ــ۶
۹۰ــ۸۶	۸ــ۹	۶ــ۷
۸۵ــ۸۱	۹ــ۱۰	۷ــ۸
۸۰ــ۷۶	۱۰ــ۱۱	۸ــ۹
۷۵ــ۷۰	۱۱ــ۱۲	۹ــ۱۰

پس از تعیین دمای مکش کمپرسور و با داشتن ظرفیت واحد تقطیر به جدول ۱۶ــ۴مراجعه و مدل واحد تقطیر را بدست می‌آوریم. برای مثال در صورتی‌که ظرفیت واحد تقطیر ۱۴kw و دمای مکش کمپرسور ۱۲°C- باشد برای انتخاب مدل ابتدا در بالای جدول دمای مکش ۱۳/۵°C- را انتخاب کرده و به‌سمت پایین حرکت می‌کنیم تا به عدد ظرفیت واحد تقطیر برسیم در این ستون سه مدل می‌تواند چنین ظرفیتی را تأمین نماید. مدل‌های ۱۲ــTC ــ۷۵۰/AM، ۱۲ــTC ــ۷۵۰/WM و ۲۲ــTC ــ۹۰۰/WH برای ظرفیت ۱۴kw و دمای مکش ۱۲°C- مناسب می‌باشد.

از مدل TC_۷۵۰/AM_۱۲ برای شرایط اقلیمی که امکان استفاده از کندانسر هوایی باشد استفاده می‌شود و از مدل‌های TC_۷۵۰/WM_۱۲ و TC_۹۰۰/WH_۲۲ برای شرایطی که امکان استفاده از کندانسر آبی باشد استفاده می‌شود.

مثال : دمای نگهداری سالن ۱۱- درجه سانتی‌گراد و درصد رطوبت نسبی در سالن ۷۷٪ می‌باشد. درصورتی که اواپراتور از نوع فن‌دار بوده و ظرفیت واحد تقطیر ۱۲kw باشد مدل دستگاه واحد تقطیر را بدست آورید.

حل : ابتدا با توجه به رطوبت ۷۷٪ و نوع فن اواپراتور که از نوع اجباری می‌باشد از جدول ۱۷_۴ اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد TD را بدست می‌آوریم $TD = ۸ _ ۹^{\circ}C$ حال با استفاده از رابطه Te= Ti-TD دمای جوش مبرد که همان دمای مکش مبرد توسط کمپرسور است را بدست می‌آوریم.

$$Te=ti-TD \qquad Te = -۱۱-۹ = -۲۰^{\circ}C$$

در جدول عدد ۲۰- در ردیف دماهای مکش کمپرسور وجود ندارد لذا عدد ۲۱- را انتخاب کرده و در این ستون ظرفیت ۱۲kw را پیدا می‌کنیم و چون این عدد نیز وجود ندارد بزرگترین عدد بزرگتر از ۱۲ را انتخاب نموده و مدل دستگاه را بدست می‌آوریم که عبارتند از مدل‌های :

TC_۷۵۰/AL_۵۰۲

TC_۷۵۰/WL_۵۰۲

درصورتی‌که این دستگاه در منطقه با آب و هوای خشک به‌کار برده شود از مدل TC_۷۵۰/WL_۵۰۲ استفاده می‌شود و درصورتی‌که دستگاه در منطقه با آب و هوای مرطوب استفاده شود بایستی از دستگاه مدل TC_۷۵۰/AL_۵۰۲ استفاده نمود.

در صورت بکارگیری از واحد تقطیر مدل TC_۷۵۰/AL_۵۰۲ مشخصات این دستگاه به‌شرح زیر می‌باشد :

۱_ قدرت اسمی دستگاه ۷۵۰۰۰ اسب بخار است. $۷۵۰ \times ۱۰۰ = ۷۵۰۰۰HP$

۲_ کندانسر این دستگاه از نوع هوایی است (A) .

۳_ دمای مکش کمپرسور در حالت اشباع می‌تواند بین $۱۳/۵^{\circ}C$- تا $۳۶^{\circ}C$- باشد.

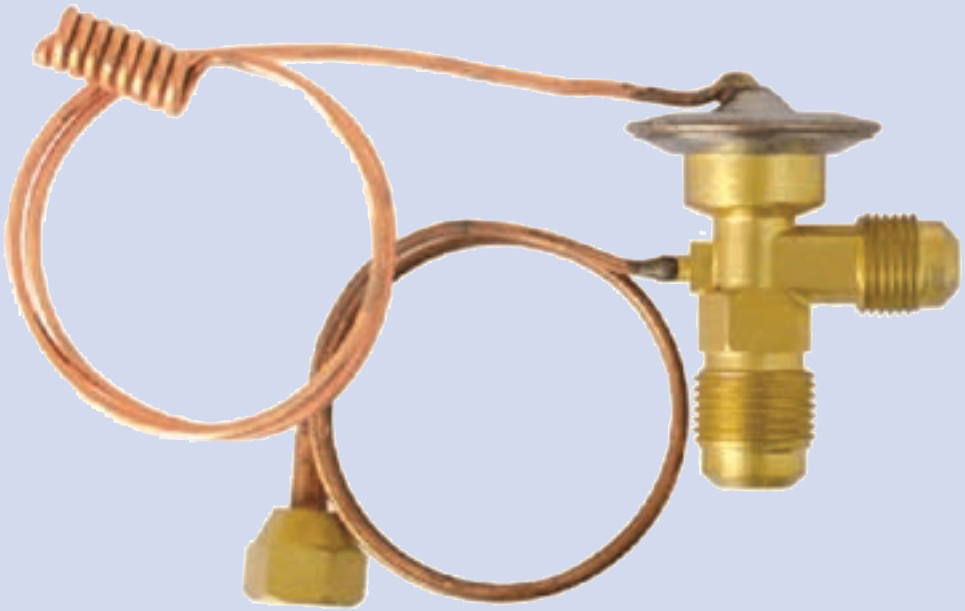
۴_ مبرد بکار رفته در واحد تقطیر R_۵۰۲ می‌باشد.

تحقیق

از هنرجویان بخواهید با مشاهده انواع دستگاه‌های سردکننده موجود در خانه و مغازه‌های مختلف محل زندگی خود و نوع کندانسر آنها را مشخص نمایند.

فصل ۵

کنترل‌کننده‌های مایع مبرد



۵ کنترل کننده‌های مایع مبرد

پیش آزمون

هنرآموزان گرامی با طرح دو سؤال آمادگی لازم برای ارائه مطالب درس را آماده نمایید.

۱ــ علت استفاده از شیر فلکه در شبکه لوله‌کشی آب چیست؟

۲ــ کاربرد شیر فشارشکن چیست؟

همانطور که در کتاب تأسیسات بهداشتی خواندیم از شیر فلکه برای کنترل دبی سیال و از شیر فشارشکن برای کاهش فشار سیالی که در شبکه لوله‌کشی جریان دارد استفاده می‌شود.

فشار ماده سرمازا در کمپرسور افزایش می‌یابد و در کندانسر از گاز به مایع تبدیل می‌شود، برای اینکه ماده سرمازا بتواند در اواپراتور گرمای داخل یخچال را جذب نماید بایستی شرایطی فراهم شود تا بتواند از مایع به گاز تبدیل شود. علاوه بر آن می‌بایستی دبی ماده سرمازایی که از اواپراتور عبور می‌کند نیز کنترل شود. این عمل توسط کنترل کننده‌های ماده مبرد انجام می‌گیرد.

کنترل کننده‌های مایع مبرد دو وظیفه را برعهده دارند :

۱ــ ایجاد اختلاف فشار بین طرفین پرفشار و کم فشار سیستم برای اینکه مبرد بتواند تحت شرایطی که در فشار کم در اواپراتور تبخیر می‌شود در همان زمان در فشار زیاد در کندانسر نیز تقطیر شود.

۲ــ اجازه جریان مبرد مایع از لوله مایع به اواپراتور متناسب با شدت تبخیر مایع در اواپراتور.

کنترل کننده‌های مایع مبرد برروی لوله مایع مبرد قبل از اواپراتور نصب می‌شود. متداول‌ترین این وسایل عبارتند از :

۱ــ لوله مویین

۲ــ شیر انبساط خودکار

۳ــ شیر انبساط ترموستاتیک

۴ــ شیر انبساط الکترونیک

شکل ۱ــ۵ متداول‌ترین وسایل کنترل کننده مایع مبرد را نشان می‌دهد.

الف) لوله مویین

ب) شیر انبساط خودکار

ج) شیر انبساط ترموستاتیک

د) شیر انبساط الکترونیک

شکل ۱ــ۵ــ انواع متداول وسایل کنترل کننده مایع مبرد

۱ــ۵ــ لوله مویین

ساده‌ترین کنترل کننده ماده مبرد لوله مویین می‌باشد که از طول یعنی لوله با قطر خیلی کم ساخته شده و مابین کندانسر و اواپراتور و معمولاً به‌جای لوله مایع قرار می‌گیرد. لوله مویین به‌علت مقاومت اصطکاک زیاد ناشی از طول زیاد و قطر کم و همچنین پدیده خفگی ناشی از تبخیر تدریجی مایع مبرد در لوله به‌دلیل کاهش فشار به کمتر از فشار اشباع، در مقابل جریان مبرد از کندانسر به اواپراتور مقاومت می‌نماید و با کنترل دبی مبرد عبوری، اختلاف فشار مابین آن دو را در حد لازم نگه می‌دارد.

با توجه به اینکه لوله مویین و کمپرسور در سیستم به‌طور سری نصب می‌شوند لازم است که ظرفیت جریان در لوله برابر ظرفیت پمپاژ کمپرسور باشد. بنابراین چنانچه بخواهیم سیستم در شرایط کاری متوازن و مؤثر عمل نماید بایستی طول و قطر لوله مویین چنان باشد که ظرفیت جریان آن در فشارهای تبخیر و تقطیر طراحی شده دقیقاً برابر ظرفیت پمپاژ کمپرسور در همان شرایط باشد.

اگر مقاومت لوله چنان باشد که ظرفیت جریان آن بیشتر یا کمتر از ظرفیت پمپاژ کمپرسور در شرایط طراحی باشد، سیستم در شرایطی غیر از شرایط طراحی به تعادل خواهد رسید. مثلاً اگر مقاومت لوله مویین خیلی زیاد باشد (لوله خیلی بلند و یا قطر آن کم باشد) ظرفیت جریان لوله مویین برای عبور مبرد مایع از کندانسر به اواپراتور از ظرفیت پمپاژ کمپرسور در شرایط طراحی کمتر خواهد بود در این صورت اواپراتور از مبرد خالی شده و مایع اضافی در قسمت تحتانی کندانسر در مدخل لوله مویین جمع می‌شود چون خالی شدن اواپراتور باعث کاهش فشار مکش شده و جمع شدن مایع در کندانسر به‌دلیل کاهش سطح تقطیر آن موجب افزایش درجه حرارت تقطیر می‌شود. اثر مقاومت خیلی زیاد لوله مویین در مقابل جریان مبرد، کاهش فشار مکش و افزایش فشار تقطیر را در پی خواهد داشت.

و در پی کاهش ظرفیت کمپرسور ظرفیت کل سیستم از ظرفیت طراحی آن کمتر خواهد بود.

از طرف دیگر اگر لوله مویین مقاومت کافی در مقابل جریان مبرد را نداشته باشد (لوله خیلی کوتاه و یا قطور باشد) ظرفیت جریان لوله از ظرفیت پمپاژ کمپرسور در شرایط طراحی بیشتر شده اواپراتور بیش از حد تغذیه خواهد شد و خطر ورود مایع به کمپرسور وجود خواهد داشت. همچنین چون مایع در قسمت تحتانی کندانسر جمع نمی‌شود گازهای تقطیر نشده ورودی به کندانسر خواهند توانست به همراه مایع خروجی از کندانسر وارد لوله مویین شده و به‌دلیل کاهش ظرفیت حرارت نهان اواپراتور به‌دلیل ورود گازهای تقطیر نشده، ظرفیت کل سیستم کاهش خواهد یافت.

لوله مویین از این نظر که در طول خاموش بودن سیکل، جریان مبرد مایع به اواپراتور را متوقف نمی‌کند با سایر انواع کنترل‌کننده‌های جریان مبرد متفاوت می‌باشد. لولهٔ مویین علاوه بر ساختمان ساده و قیمت ارزان، با ساده کردن سیستم تبرید هزینه تولید را پایین می‌آورد. چون در چنین سیستم‌هایی در طول خاموش بودن سیکل قسمت‌های پرفشار و کم فشار سیستم از طریق لوله مویین متعادل می‌شوند. کمپرسور به‌صورت بی‌بار راه‌اندازی شده و برای به حرکت درآوردن آن به موتور با گشتاور راه‌اندازی کم نیاز خواهد بود.

معمولاً در تمام واحدهای تبرید خانگی اعم از یخچال و فریزر و کولرهای گازی و بعضی دیگر از واحدهای تجاری کوچک نظیر دستگاه‌های تهویه مطبوع کوچک، از لوله مویین استفاده می‌شود. کندانسرهای طراحی شده برای سیستم‌های با لوله مویین باید طوری باشند که مایع آزادانه از آنها تخلیه شود و از تله شدن مایع در کندانسر در طول خاموش بودن سیکل جلوگیری شود زیرا مایع تله شده در طول خاموشی سیکل پس از تبخیر در کندانسر از طریق لوله مویین وارد اواپراتور می‌شود و با تقطیر شدن در آن، به‌دلیل وارد نمودن بار نهان اضافی به اواپراتور، ظرفیت سیستم را کاهش می‌دهد.

همچنین قطر لوله‌های کندانسر در چنین سیستم‌هایی بایستی حتی‌المقدور کوچک باشد به‌طوری که جمع شدن مقدار خیلی کمی مایع در ورودی لوله مویین بتواند با ایجاد افزایش قابل ملاحظه‌ای در فشار تقطیر، افزایش زیادی در ظرفیت جریان لوله مویین به وجود آورد.

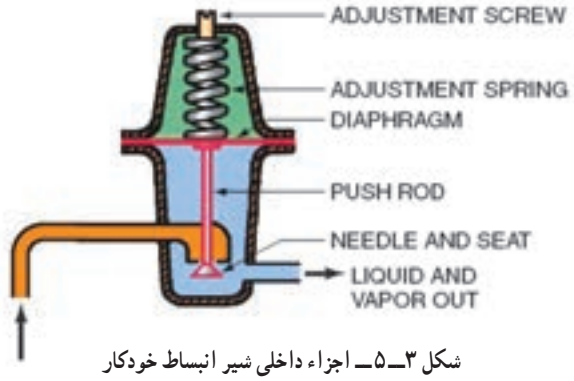
اواپراتورهایی که با لوله مویین به‌کار می‌روند بایستی برای جلوگیری از برگشت مایع به کمپرسور در لحظه راه‌اندازی، امکان جمع‌آوری مبرد مایع را فراهم سازند. برای این منظور در خروجی اواپراتور محفظه کوچکی به‌نام آکومولاتور قرار می‌دهند تا در صورت خروج مایع از اواپراتور، مایع به تله افتاده و به آرامی تبخیر شود. پیچیدن (لحیم کردن) طول معینی از لوله مویین به لوله مکش برای ایجاد انتقال حرارت بین آن دو، به منظور در حداقل نگه داشتن تبخیر مبرد در لوله مویین مطلوب است زیرا تبخیر مبرد در لوله به‌دلیل انبساط تدریجی مایع ناشی از کاهش فشار، ظرفیت آن را شدیداً کاهش می‌دهد و در صورت عدم پیچیدن لوله مویین به لوله مکش بایستی برای جبران عمل خفگی بخار در لوله، طول آن را به اندازه کافی کوتاه نمود.

لوله مویین به قسمت خروجی فیلتر درایر جوش داده می‌شود. (شکل ۲ــ۵)

شکل ۲ــ۵ــ اتصال لوله مویین به فیلتر درایر

۲ــ۵ــ شیر انبساط خودکار

این شیر تشکیل شده است از ۱ــ سوزن و نشیمنگاه ۲ــ دیافراگم فشار ۳ــ فنر که می‌توان به‌وسیله پیچ تنظیمی فشار آن را کنترل نمود ۴ــ صافی در ورودی شیر برای جلوگیری از ورود مواد خارجی و انسداد شیر. شکل ۳ــ۵ ساختمان واقعی نمونه‌ای از شیر انبساط خودکار را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۵ــ اجزاء داخلی شیر انبساط خودکار

شیر خودکار مقدار مبرد ورودی به اواپراتور را با توجه به تغییرات بار تبرید تنظیم نموده و فشار آن را در حد ثابتی نگه می‌دارد. خاصیت ثابت بودن فشار شیر از مقابله دو نیروی مخالف ۱ــ فشار اواپراتور و۲ــ فشار فنر ناشی می‌شود. فشار اواپراتور که به یک طرف دیافراگم وارد می‌شود می‌خواهد شیر را ببندد ولی فشار فنر که به‌طرف مقابل دیافراگم اثر می‌کند باعث باز شدن شیر می‌شود. به این ترتیب در هنگام کار کمپرسور این شیر فشار اواپراتور را با فشار فنر در حال تعادل نگه می‌دارد.

همانطوری که از اسم این شیرها برمی‌آید به‌صورت خودکار عمل کرده و یا با یک بار تنظیم نمودن فنر به‌ازای فشار موردنظر، تنظیم جریان مبرد مایع به اواپراتور به‌صورت اتوماتیک انجام شده و فشار در اواپراتور بدون توجه به بار آن، در حد ثابتی باقی می‌ماند. مثلاً فرض کنید فنر طوری تنظیم شده که فشار اواپراتور ۵۰kpa باشد با کاهش فشار اواپراتور به کمتر از ۵۰kpa، فشار فنر از فشار اواپراتور بیشتر شده باعث باز شدن شیر می‌شود. به این ترتیب مایع بیشتری به اواپراتور جریان یافته و سطح بیشتری از آن با مبرد مایع تماس می‌یابد. به این ترتیب به‌دلیل افزایش سطح جذب کننده حرارت اواپراتور، شدت تبخیر افزایش یافته و افزایش فشار اواپراتور تا برابر شدن با فشار فنر افزایش می‌یابد.

چنانچه فشار اواپراتور از ۵۰kpa بیشتر شود، فشار اواپراتور بر فشار فنر غلبه می‌کند و شیر بسته می‌شود. به این ترتیب جریان مایع به اواپراتور کاهش و مقدار سطح مؤثر اواپراتور نیز کاهش می‌یابد. بدیهی است این امر شدت تبخیر را کاهش می‌دهد و فشار اواپراتور را تا برقراری مجدد تعادل با فشار فنر تقلیل می‌دهد.

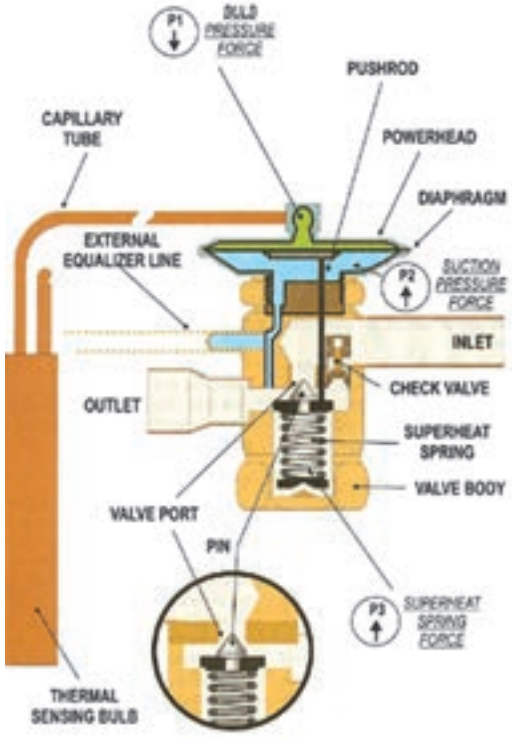
همانطور که قبلاً شرح داده شد تبخیر مبرد در اواپراتور مدت کوتاهی پس از خاموش شدن کمپرسور ادامه می‌یابد و چون بخار تولید شده به‌وسیله کمپرسور مکیده نمی‌شود، فشار اواپراتور افزایش می‌یابد و بدین ترتیب در طول خاموش بودن کمپرسور، فشار اواپراتور همواره از فشار فنر زیادتر بوده و شیر کاملاً بسته می‌ماند ولی با روشن شدن کمپرسور، بلافاصله فشار اواپراتور به کمتر از فشار فنر کاهش می‌یابد، شیر باز شده و اجازه می‌دهد برای برقراری تعادل بین فشارهای اواپراتور و فنر، مایع کافی به اواپراتور جریان یابد.

عیب اصلی شیرهای خودکار راندمان نسبتاً کم آنها در مقایسه با سایر انواع کنترل کننده‌های مبرد می‌باشد. با توجه به اینکه شیر انبساط خودکار اجازه می‌دهد در زمان بارهای سنگین تنها قسمت کوچکی از اواپراتور با مایع پر شود، ظرفیت و راندمان سیستم تبرید به‌دلیل ثابت بودن فشار شیر، محدود می‌شود و نمی‌توان به ظرفیت و راندمان‌های بالاتری دست یافت. همچنین به‌دلیل اینکه فشار اواپراتور در طول کار کمپرسور ثابت می‌ماند بایستی شیر را برای کمترین درجه حرارت لازم اواپراتور تنظیم نمود. این امر موجب کاهش ظرفیت و راندمان کمپرسور خواهد شد زیرا در اوایل سیکل کاری سیستم، اواپراتور پر و دمای مکش بالاتر است و کمپرسور نمی‌تواند بلافاصله اواپراتور را تخلیه نماید و سریعاً دما را کاهش دهد. عیب دیگر شیرهای خودکار که به ثابت بودن فشار آن مربوط می‌شود این است که نمی‌توان آن را همراه با کنترل‌کننده فشار کم به‌کار برد زیرا کار اصلی کنترل کننده فشار کم به تغییرات فشار اواپراتور در طول سیکل بستگی دارد، چیزی که به‌هنگام استفاده از شیر انبساط خودکار عملاً نمی‌تواند وجود داشته باشد.

راندمان شیرهای انبساط خودکار در شرایط بارهای زیاد، کم می‌باشد و به همین دلیل صرفاً در تجهیزات کوچک نظیر یخچال‌ها و فریزرهای خانگی و یخچال‌های کوچک بستنی که بارهای نسبتاً ثابتی دارند به کار می‌روند. ولی حتی در این موارد نیز به‌علت مؤثر بودن و ارزان بودن سایر انواع کنترل کننده‌های جریان مبرد، به ندرت از شیرهای انبساط خودکار استفاده می‌کنند.

۳ــ۵ــ شیر انبساط ترموستاتیک

شیرهای انبساط ترموستاتیک به‌دلیل راندمان بالا و سهولت سازگاری با هر کاربرد تبریدی، بیشتر از سایر کنترل‌های ماده مبرد در دستگاه‌های سردکننده به‌کار می‌روند. درحالی که کار شیر انبساط خودکار به‌فشار ثابت اواپراتور متکی می‌باشد، کار شیرهای انبساط ترموستاتیکی به سوپرهیت شدن ثابت بخار خروجی از اواپراتور بستگی دارد، پدیده‌ای که اجازه می‌دهد اواپراتور تحت تمام شرایط بار سیستم از مبرد کاملاً پر باشد. با توجه به اینکه شیرهای انبساط ترموستاتیک تحت تمام شرایط کاری استفاده کامل و مؤثر از سطح اواپراتور را میسر می‌سازند در سیستم‌های تبرید با تغییرات بار زیاد، مناسب‌ترین نوع کنترل کننده مبرد می‌باشند. شکل ۴ــ۵ اجزاء داخلی شیر انبساط ترموستاتیک را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۵ــ اجزاء داخلی شیر انبساط ترموستاتیک

قسمت‌های اصلی این شیر عبارتند از : ۱ــ سوزن و نشیمنگاه ۲ــ دیافراگم ۳ــ کپسول (بالب) حسگر گرما که پر از گاز مبرد بوده و به‌وسیله لولهٔ مویین به‌فضای بالای دیافراگم مرتبط می‌شود. ۴ــ فنر که میزان فشردگی آن معمولاً به‌وسیله یک پیچ تنظیم کنترل می‌شود. در این نوع شیر انبساط نیز معمولاً برای جلوگیری از ورود مواد خارجی از یک صافی استفاده می‌شود. کار شیر انبساط ترموستاتیک از مقابله سه نیروی مستقل : ۱ــ فشار بخار بالب ترموستات (P_1) ۲ــ فشار اواپراتور (P_2) ۳ــ فشار فنر (P_3) ناشی می‌شود.

بالب شیر انبساط به لوله مکش در خروجی اواپراتور بسته شده و به تغییرات دمای بخار مبرد عبوری از آن نقطه حساس است. هرچند بین دمای بخار مبرد در لوله مکش و دمای گاز داخل بالب اختلاف جزیی وجود دارد عملاً درجه حرارت آن دو برابر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین می‌توان فرض کرد که فشار وارده به‌وسیله گاز داخل کپسول همواره برابر فشار اشباع گاز در دمای لوله مکش می‌باشد.

ملاحظه می‌شود که فشار سیال داخل بالب از طریق لوله مویین به‌فضای بالای دیافراگم اثر می‌نماید و می‌خواهد شیر را باز کند درحالی که فشار اواپراتور و فنر به‌طرف دیگر دیافراگم وارد می‌آیند و می‌خواهند شیر را در جهت بسته شدن حرکت دهند. مثال زیر اصول کار شیر را بیشتر روشن می‌نماید. در شکل ۴ــ۵ فرض کنید فریون ۱۲ مایع در دمای $4^{\circ}C$ که برابر فشار اشباع (P_2) ۲۵۰kpa (۳۵۱kpa مطلق) می‌باشد، تبخیر می‌شود به‌علاوه فرض کنید فنر (P_3) چنان تنظیم شده است که فشار ۶۰kpa اعمال نماید.

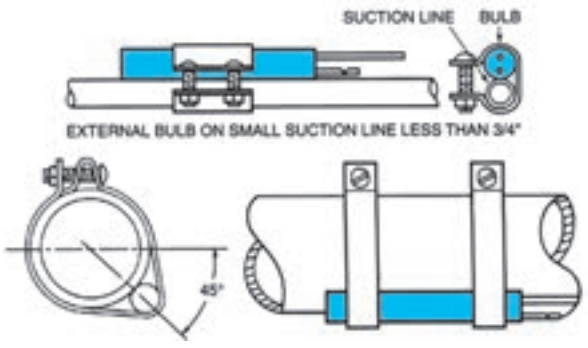
به این ترتیب کل فشاری که می‌خواهد شیر را ببندد مجموع فشارهای P_2 و P_3 یعنی ۳۱۰kpa (۶۰+۲۵۰) خواهد بود درصورتی که از افت فشار مبرد در اواپراتور صرف نظر شود می‌توان فرض کرد که فشار و دمای مبرد در تمام قسمت‌های اواپراتور برابر است. بنابراین در نقطه خروجی اواپراتور تمام مایع تبخیر می‌شود و مبرد در دما و فشار اشباع به‌صورت بخار اشباع خواهد بود. اما در انتهای اواپراتور بخار با جذب حرارت از محیط سوپرهیت شده و با وجود ثابت ماندن فشار، درجه حرارتش افزایش می‌یابد.

فرض کنید تا محل نصب کپسول حساس کنترل کننده جریان (بالب حرارتی) پنج درجه سانتی‌گراد سوپرهیت شده و دمای آن از $4^{\circ}C$ به $9^{\circ}C$ افزایش یابد بنابراین گاز داخل بالب در دمای سوپرهیت لوله مکش بوده و فشار آن (P_1) برابر فشار اشباع فریون ۱۲ در دمای $9^{\circ}C$ یعنی ۳۱۰kpa یا (۴۱۱kpa مطلق) خواهد بود. این فشار از طریق لوله‌های مویین به‌پشت دیافراگم اثر می‌نماید و نیرویی را که می‌خواهد شیر را در جهت باز شدن حرکت دهد ایجاد می‌کند. تحت شرایط تنظیم و تعیین شده، نیروی بازکننده شیر دقیقاً برابر نیرویی است که می‌خواهد شیر را ببندد ($P_1 = P_2+P_3$) به این ترتیب شیر در فشار متعادل است و تا زمانی که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش نیروها را تغییر نداده و باعث حرکت شیر در یک جهت نشود، در تعادل باقی خواهند ماند، شیر تنها موقعی در تعادل خواهد بود که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش در محل بالب برابر $5^{\circ}C$ باشد که دقیقاً برابر فشار لازم برای جبران فشار فنر می‌باشد. بنابراین هرگونه تغییر در میزان سوپرهیت شدن بخار مکش، باعث حرکت شیر در جهتی خواهد شد که مقدار سوپرهیت لازم را ایجاد نماید و دوباره تعادل برقرار گردد و چنانچه سوپرهیت بخار مکش کمتر از $5^{\circ}C$ باشد، فشار بالب کمتر از مجموع فشارهای اواپراتور و فنر می‌شود و شیر را در جهت بسته شدن حرکت می‌دهد و تا زمانی که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش به $5^{\circ}C$ افزایش یابد، جریان مبرد ورودی به اواپراتور را می‌بندد. از طرف دیگر چنانچه میزان سوپرهیت شدن بیش از $5^{\circ}C$ باشد فشار بالب از مجموع فشارهای اواپراتور و فنر زیادتر می‌شود و شیر را در جهت باز شدن حرکت می‌دهد و تا زمانی که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش به $5^{\circ}C$ کاهش یابد جریان مبرد به اواپراتور افزایش می‌یابد.

در تمام موارد میزان سوپرهیت لازم برای ایجاد تعادل در شیر انبساط ترموستاتیکی به میزان تنظیم فنر بستگی دارد و به‌همین دلیل تنظیم فنر، تنظیم سوپرهیت نیز نامیده می‌شود. با افزایش نیروی فنر میزان سوپرهیت شدن لازم برای جبران فشار فنر و برگشت شیر به‌حالت تعادل افزایش و با کاهش آن کاهش می‌یابد. افزایش میزان سوپرهیت شدن بخار مکش از این لحاظ که سطح مؤثر اواپراتور را کاهش می‌دهد، مطلوب نیست. با وجود اینکه کاهش میزان سوپرهیت شدن بخار مکش، سطح مؤثر اواپراتور را افزایش می‌دهد.

معمولاً شیرهای انبساط ترموستاتیکی برای ۴ تا $5^{\circ}C$ سوپرهیت شدن بخار مکش تنظیم می‌شوند و چون این میزان برای بیشتر کاربردهای تبرید مناسب می‌باشد جز در موارد کاملاً ضروری نباید آن را تغییر داد.

۱ــ۳ــ۵ــ محل نصب کپسول حساس شیر انبساط (بالب) : عملکرد شیرهای انبساط ترموستاتیک تا حد زیادی به محل و نصب صحیح کپسول (بالب) بستگی دارد. بالب ترموستات بایستی به‌طور محکم به‌وسیله بست‌های فلزی به قسمت افقی لوله مکش نزدیک خروجی اواپراتور و ترجیحاً در داخل فضای سردشونده نصب شود. با توجه به اینکه بالب باید به دمای بخار لوله مکش حساس باشد، لازم است که تمام طول آن با لوله مکش تماس حرارتی خوبی داشته باشد. در لوله‌های مکش با قطر خارجی کمتر از ۲۰ میلی‌متر معمولاً بالب را در بالای لوله نصب می‌کنند ولی در لوله‌های مکش با قطر خارجی ۲۰ میلی‌متر و بیشتر، نصب کپسول حساس در وضعیت ساعت ۴ یا ۸ معمولاً کنترل رضایت بخشی خواهد داشت (شکل ۵ــ۵) .



شکل ۵ــ۵ــ موقعیت نصب بالب ترموستات

۴ــ۵ــ انتخاب لوله مویین

تعیین قطر لوله مویین با استفاده از نمودار شکل ۱۲ــ۵ کتاب اصلی صورت می‌گیرد. این جدول برای مبرد R ــ۵۰۲ طراحی گردیده است.

ابتدا با داشتن دمای گاز برگشتی یکی از دو ستون سمت چپ شکل را انتخاب نموده و برروی آن مقدار ظرفیت کمپرسور را مشخص می‌کنیم حال برروی خط افقی به سمت راست حرکت کرده تا یکی از نمودارهای مورب که قطر داخلی لوله مویین می‌باشد را قطع کند حال با حرکت به‌سمت پایین شکل می‌توان طول لوله مویین را برحسب اینچ به‌دست آورد.

مثال : در یک سیکل برودتی قدرت سرمایی $۸۸۰۰\frac{Btu}{hr}$ و دمای گاز برگشتی $۵۳^{\circ}C$ و ماده سرمازا R ــ۵۰۲ می‌باشد. چنانچه بخواهیم از لوله مویین با قطر داخلی ۰/۰۷۰ اینچ استفاده نماییم طول مناسب لوله مویین را به‌دست آورید.

در ستون اول از سمت چپ شکل ظرفیت $۸۸۰۰\frac{Btu}{hr}$ را به‌دست آورده به‌سمت راست حرکت می‌کنیم با برخورد با منحنی قطر ۰/۰۷۰ به‌سمت پایین آمده و طول ″۸۳ را به‌دست می‌آوریم.

همانطور که قبلاً اشاره شد انتخاب صحیح لوله مویین به دو عامل طول لوله و قطر لوله بستگی دارد و همان کاری که یک لوله مویین کوتاه با قطر کم می‌تواند انجام دهد لوله مویین بلند با قطر بزرگ‌تر نیز انجام می‌دهد. درصورتی‌که ناگزیر به تعویض لوله مویین باشیم و قطر لوله تعویض با قطر لوله اصلی یکسان نباشد می‌بایستی طول لوله مویین جدید را متناسب با قطر لوله مویین تغییر دهیم. برای این‌کار از جدول ۱۳ــ۵ کتاب اصلی استفاده می‌شود. ابتدا از جدول ضریب تغییر طول لوله را به‌دست آورده و در طول قبلی لوله مویین ضرب می‌کنیم تا طول جدید لوله مویین به‌دست آید. برای به‌دست آوردن «ضریب تغییر طول» از ستون سمت چپ جدول قطر داخلی لوله اصلی را به‌دست آورده و خطی به‌سمت راست می‌کشیم، حال از ردیف بالای جدول قطر داخلی لوله مویین تعویضی را به‌دست آورده وخطی دیگر به‌سمت پایین جدول ترسیم می‌نماییم، محل تلاقی این دو خط «ضریب تغییر طول» لوله مویین می‌باشد.

مثال : قطر داخلی لوله مویین یک یخچال ″۰/۰۳۴ و طول آن ″۶۰ می‌باشد.

در صورتی‌که بخواهیم لوله مویین با قطر ″۰/۰۳۶ را جایگزین لوله مویین اصلی نماییم طول لوله مویین جدید را بدست آورید.

حل : با توجه به جدول ۶ــ۵ ضریب تغییر طول لوله ۱/۳۵ خواهد بود لذا طول لوله مویین تعویضی برابر خواهد بود با :

طول جدید لوله مویین = ۶۰ × ۱/۳۵ = ″۸۱

جدول ۶ــ۵ــ تعویض لوله مویین

قطر داخلی لوله مویین اصلی	قطر داخلی لوله مویین تعویضی					
	0.031	0.036	0.044	0.050	0.055	0.059
0.028	1.59					
0.030	1.16					
0.031	1.00					
0.032	0.86					
0.033	0.75	1.54				
0.034	0.65	1.35				
0.035	0.58	1.16				
0.036	0.50	1.00				
0.037		0.90				
0.038		0.80				
0.039		0.71				
0.040		0.62	1.55			
0.041		0.56	1.38			
0.042		0.50	1.24			
0.043			1.11			
0.044			1.00			
0.045			0.90			
0.046			0.82	1.47		
0.047			0.74	1.31		
0.048			0.67	1.20		
0.049			0.61	1.09		
0.050			0.56	1.00	1.56	
0.051			0.51	0.93	1.44	
0.052				0.85	1.32	
0.053				0.78	1.20	
0.054				0.70	1.09	
0.055				0.64	1.00	
0.056				0.60	0.94	
0.057				0.55	0.87	
0.058				0.51	0.80	1.50
0.059					0.73	1.00
0.060					0.67	0.73
0.064					0.50	0.54
0.070						
0.075						
0.080						
0.085						
0.090						

فصل ۶

اواپراتورها

۶ اواپراتورها

پیش آزمون

هنرآموزان گرامی با طرح سؤال زیر آمادگی لازم را برای طرح درس در بین هنرجویان ایجاد نمایند.

«برروی دست کدام یک از شما الکل یا بنزین ریخته شده است؟ در صورت داشتن این تجربه احساس شما چه بوده است؟»

هنگام تماس پوست بدن با اتر یا بنزین، انسان بر روی پوست خود احساس خنکی خواهد نمود. علت این امر تبخیر بنزین می‌باشد. بنزین برای تبخیر شدن گرمای پوست بدن را جذب نموده و از مایع به بخار تبدیل می‌شود.

برای جذب گرمای داخل یخچال از اواپراتور استفاده می‌شود. در اواپراتور نیز مایع مبرد به بخار تغییر حالت داده و برای این‌کار گرمای داخل یخچال را جذب می‌کند.

۱ــ۶ــ کاربرد اواپراتورها

اواپراتورها سطوح انتقال حرارتی هستند که در آنها ماده مبرد با دریافت گرمای نهان تبخیر از فضا یا محصولات سردشونده از مایع به بخار تبدیل شده و سبب سردشدن فضای سردخانه یا یخچال می‌شود.

اواپراتور در دستگاه‌های گوناگونی برای ایجاد سرما استفاده می‌شود که تعدادی از کاربردهای آن عبارتست از :

۱ــ ساختمان‌های مسکونی، برای خنک کردن هوای اتاق در تابستان توسط کولر گازی و یا نگهداری مواد غذایی داخل یخچال در دمای پایین.

۲ــ ساختمان‌های عمومی، کاهش دمای آب جهت ایجاد هوای خنک در فن کویل و تأمین آب سرد بهداشتی در آب سردکن.

۳ــ کاربرد صنعتی، خنک‌کردن شیر، انجماد محصولات غذایی مانند گوشت، بستنی و ...، تأمین دمای پایین جهت انجام کارهای تحقیقاتی، دستگاه‌های یخ‌ساز.

به‌دلیل کاربرد متعدد و متنوع تبرید، اواپراتورها در انواع شکل‌ها، اندازه‌ها و طرح های گوناگون ساخته می‌شوند و می‌توان آنها را از جنبه‌های مختلف دسته‌بندی نمود. از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱ــ انواع اواپراتور از نظر نوع تغذیه
- ۱ــ انبساط مستقیم (خشک)
- ۲ــ اواپراتور پر

۲ــ انواع اواپراتور از نظر چگونگی جریان هوا
- ۱ــ با جریان اجباری هوا
- ۲ــ با جریان طبیعی هوا

۳ــ انواع اواپراتور از نظر نوع ساخت
- ۱ــ کویلی پره‌دار
- ۲ــ کویلی بدون پره

۲ــ۶ــ انواع اواپراتور از نظر نوع تغذیه

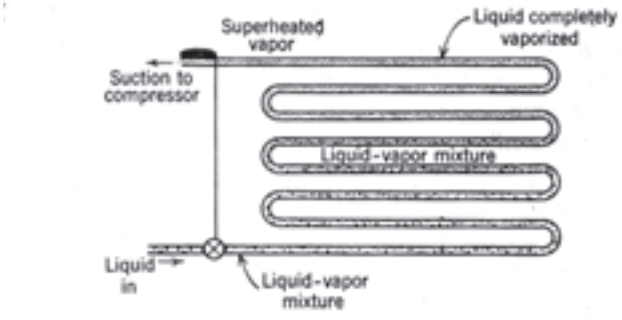
اواپراتورها را می‌توان برحسب نوع تغذیه مبرد به دو نوع انبساط خشک[۱] و تر[۲] طبقه بندی نمود.

در روش انبساط خشک مقدار تغذیه مبرد اواپراتور، به‌مقدار تبخیر آن در واحد زمان بستگی دارد.

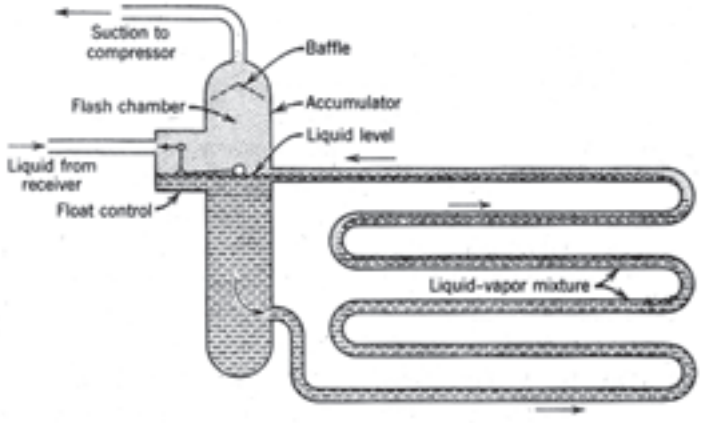
مبرد در لوله مکش کمپرسور به صورت بخار خواهد بود (شکل ۱ــ۶ــ الف) در این روش کنترل کننده مبرد اغلب یک شیر انبساط ترموستاتیکی یا لوله مویین است. برای اطمینان کامل از تبخیر مبرد در اواپراتور و جلوگیری از ورود مایع مبرد به لوله مکش و کمپرسور، مبرد در خروج از اواپراتور تقریباً ۵ درجه سانتی‌گراد سوپرهیت می‌شود. این امر عملاً ۱۰ تا ۲۰ درصد سطح اواپراتور را به‌خود اختصاص می‌دهد.

درحالی که راندمان اواپراتورهای انبساط خشک، قدری از اواپراتورهای تر کمتر است به‌علت ساختمان ساده‌تر، هزینه کمتر، اشغال فضای کمتر، نیاز به مبرد کمتر، و کمتر بودن مشکل برگشت روغن، از متداول‌ترین انواع اواپراتور می‌باشند.

در اواپراتورهای تر به‌دلیل پر بودن اواپراتور با مبرد مایع، حداکثر سطح خیس شده لوله‌ها و ماکزیمم شدت انتقال حرارت به‌دست می‌آیند. این اواپراتورها مطابق شکل ۱ــ۶ــ ب یک جمع کننده یا مخزن ذخیره اضافی می‌باشند که مبرد مایع در آن جمع می‌شود و در اثر ثقل، به لوله‌های اواپراتور جریان می‌یابد. سطح مایع موجود در جمع کننده به‌وسیله شناور کنترل می‌شود.



الف) اواپراتور انبساط خشک



ب) اواپراتور تر

شکل ۱ــ۶

۳ــ۶ــ انواع اواپراتور از نظر جریان هوا

اواپراتورها از نظر جریان هوا به دو دسته جریان هوای طبیعی و جریان هوای اجباری تقسیم می‌شوند.

در اواپراتورهای با جریان طبیعی به‌علت کم بودن سرعت گردش هوا بین اواپراتور و فضایی که می‌خواهیم سرد نماییم تبادل گرما نیز کمتر صورت می‌گیرد لذا از این نوع اواپراتورها معمولاً در یخچال‌های خانگی و فضاهای کوچک استفاده می‌شود.

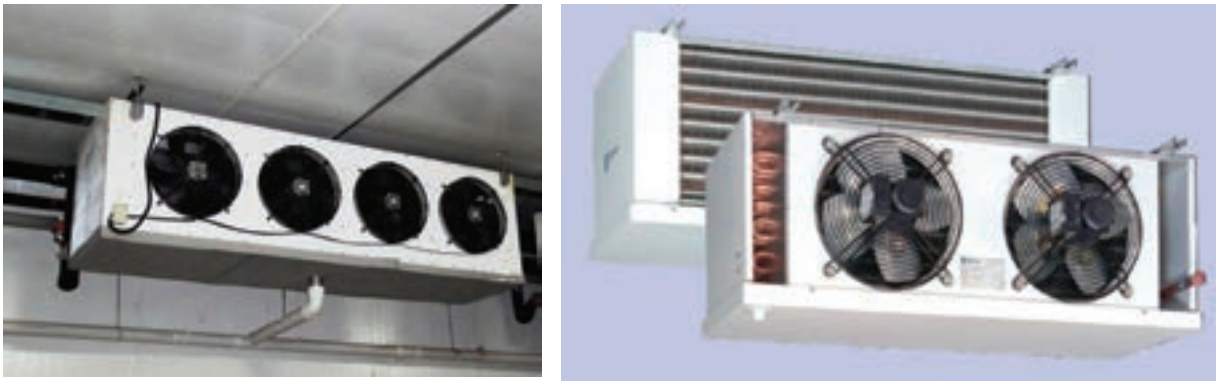
شکل ۲ــ۶ چند نمونه از اواپراتورهای با جریان طبیعی هوا را نشان می‌دهد.

۱ــ dry expansion

۲ــ flooded

شکل ۲ــ۶ــ انواع اواپراتور با جریان طبیعی هوا

درصورتی که به برودت بیشتری نیاز داشته باشیم با به گردش درآوردن هوای داخل سردخانه یا یخچال، سرعت تبادل گرما بین هوا و اواپراتور را افزایش می‌دهیم. (شکل ۳ــ۶)

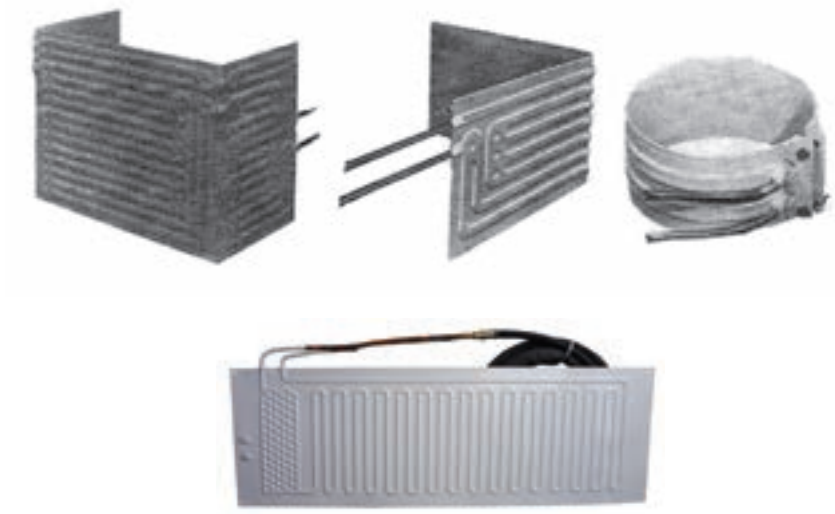


شکل ۳ــ۶ــ اواپراتور با جریان هوای اجباری

۴ــ۶ــ انواع اواپراتور از نظر نوع ساخت

اواپراتورها از نظر نوع ساخت به دو دسته کویلی پره‌دار و کویلی بدون پره تقسیم می‌شوند.

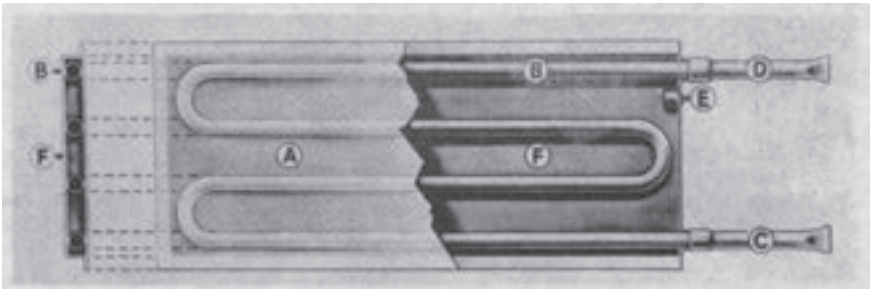
یک نوع از اواپراتورهای کویلی بدون پره از دو صفحه فلزی که برروی آنها شیارهایی برای عبور مبرد ایجاد شده است ساخته می‌شوند. (شکل ۴ــ۶)



شکل ۴ــ۶ــ اواپراتور کویلی بدون پره

این نوع از اواپراتورها به‌دلیل شکل‌پذیری به‌فرم دلخواه، ساخت اقتصادی و سهولت تمیز شدن به‌طور وسیعی در یخچال‌ها و فریزرهای خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نوع دیگری از اواپراتورهای کویلی بدون پره از لوله‌ای واقع بین دو صفحه فلزی ساخته می‌شود. صفحات فلزی در انتها به یکدیگر جوش می‌شوند. (شکل ۵ــ۶) در این اواپراتورها برای ایجاد تماس حرارتی مطلوب بین صفحات و لوله حامل مبرد، فضای بین صفحات را با محلول اتکتیک[1] پر یا خلأ ایجاد می‌کنند به‌طوری که فشار اتمسفریک بیرون باعث تماس حرارتی خوبی بین لوله‌ها و صفحات گردد. اوپراتورهای حاوی محلول اتکتیک به‌ویژه در مواقعی که ظرفیت ذخیره شده‌ای موردنیاز باشد مفید است و بیشتر در کامیون‌های یخچال‌دار در سقف یا دیواره‌های آن نصب می‌شود.



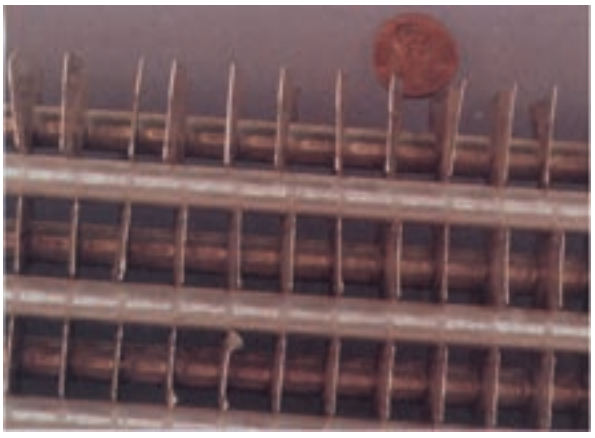
شکل ۵ــ۶ــ اواپراتورهای صفحه‌ای

a) پوسته بیرونی اواپراتور با سطح تخت که ضخیم بوده و جوش الکتریکی شده است.
b) لوله فولادی که مبرد از داخل آن جریان می‌یابد.
c) ورودی از کمپرسور
d) خروجی به کمپرسور که برای تمام مبردها غیر از آمونیاک مسی می‌باشد و برای آمونیاک فولادی به‌کار می‌رود.
e) اتصال برای ایجاد خلأ مابین صفحات که بعداً آب‌بندی می‌شود.
f)فضای خلأ در اواپراتورهای خشک. اواپراتورهای با ظرفیت ذخیره تبرید حاوی محلول اتکتیک می‌باشند.

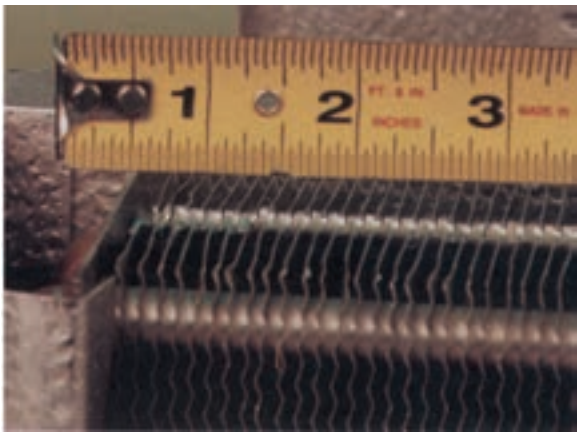
اواپراتور کویلی پره‌دار نوعی از اواپراتورهای لوله‌ای می‌باشند که در آنها به‌منظور افزایش سطح خارجی و در نتیجه بهبود راندمان سرد کردن هوا، پره‌هایی به‌عنوان سطوح ثانویه جذب حرارت بر روی لوله‌ها قرار گرفته‌اند. در اواپراتورهای لوله‌ای قسمت اعظم هوا بدون تماس با سطوح کویل سرد از آن عبور می‌کند ولی با افزودن پره‌هایی به لوله، سطوح تبادل حرارت به‌داخل فضای باز بین لوله‌ها نفوذ کرده و به‌صورت جمع‌کننده‌های حرارتی عمل می‌کند و حرارت قسمتی از هوا را که معمولاً با سطوح اولیه تماس نمی‌یابد گرفته و به لوله هدایت می‌کند. فاصله و اندازه پره‌ها تا حدودی به‌نوع کاربرد و قطر لوله بستگی دارد و برحسب دمای اواپراتور تعداد آنها در هر متر بین ۴۰ تا ۵۰۰ عدد متغیر است.

چون تشکیل برفک برروی کویل‌های سردکننده هوایی که در درجات حرارت پایین کار می‌کنند غیر قابل اجتناب است و تشکیل برفک موجب محدود شدن مجرای بین پره‌ها و کند شدن جریان هوا در روی کویل می‌شود بایستی برای به‌حداقل رساندن احتمال محدود شدن جریان هوا در اواپراتورهای طراحی شده برای کاربردهای با دمای پایین، فاصله پره‌ها بیشتر و تعداد آنها کمتر باشد (حدود ۸۰ تا ۲۰۰ پره در هر متر) ولی در کویل‌های تهویه مطبوع و سایر کاربردهایی که در آنها دمای سطح کویل از دمای انجماد بالاتر است به‌دلیل عدم تشکیل برفک، پره‌ها حتی با فواصل ۱/۸ میلی‌متر نیز چیده می‌شوند. شکل ۶ــ۶ فاصله پره‌های در اواپراتورهای با دمای پایین و اواپراتورهای با دمای متوسط را نشان می‌دهد.

۱ــ محلول دوتایی که دارای نقطه ذوب یا نقطه انجماد پایین باشد. لفظ یونانی اتکتیک شامل دو کلمه eu به معنای خوب و tectos به معنای ذوب شدن بنابراین اتکتیک به معنای آسان ذوب است.



الف) اواپراتور با دمای پایین



ب) اواپراتور با دمای متوسط

شکل ۶ــ۶

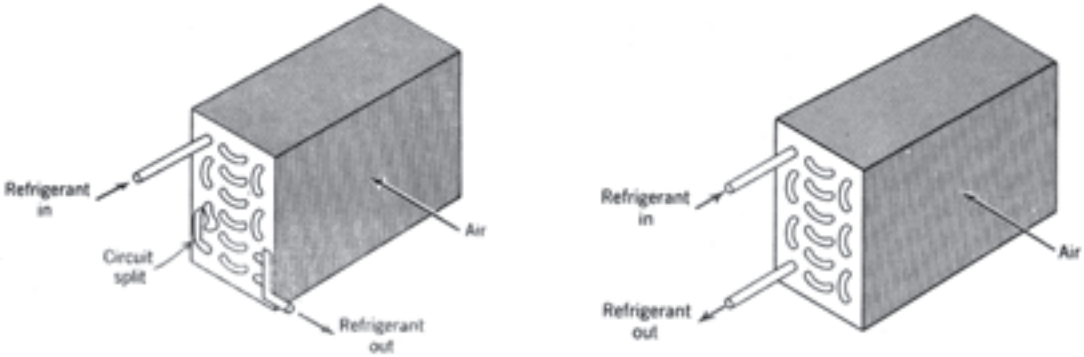
اواپراتورهای کویلی پره‌دار نسبت به اواپراتورهای ساده سطوح حرارتی بیشتری دارند و در ظرفیت‌های یکسان فضای کمتری را اشغال می‌نمایند و لذا استفاده از آنها موجب صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در فضای نصب آنها می‌شود. (شکل ۷ــ۶)

شکل ۷ــ۶ــ اواپراتور کویلی پره‌دار مورد استفاده در دستگاه‌های هواساز

۵ــ۶ــ پخش‌کننده‌ها در اواپراتور

اواپراتورهایی که تنها دارای یک مدار مبرد هستند در محدوده‌های معینی از بار، عملکرد مطلوبی دارند ولی هنگامی که محدوده بار آنها افزایش یابد سرعت مبرد از حد مجاز تجاوز می‌نماید و افت فشار بیشتر می‌شود چون حجم مبرد در ضمن تبخیر افزایش می‌یابد، با حرکت مبرد در طول مدار، سرعت و افت فشار در واحد طول افزایش می‌یابد و در انتهای لوله که مبرد به‌صورت صددرصد بخار است مقدار سرعت و افت فشار ماکزیمم می‌گردد.

با تقسیم لوله‌های اواپراتور به دو مدار می‌توان افت فشار اضافی در قسمت انتهایی اواپراتور را تا اندازه‌ای از بین برد. در این صورت مبرد تا زمان رسیدن به ماکزیمم سرعت مجاز، در یک مسیر واحد حرکت می‌نماید و سپس به دو مسیر موازی تقسیم می‌شود. به این ترتیب سرعت مبرد به نصف مقدار آن در مسیر واحد، تقلیل می‌یابد و افت فشار آن در واحد طول به $\frac{۱}{۸}$ افت فشار واحد طول مدار واحد می‌رسد. البته این امر امکان بارگذاری بیشتر اواپراتور را بدون تجاوز افت فشار از حد مجاز میسر می‌سازد و در ضمن سرعت همه قسمت‌های کویل، در محدوده مورد نظر باقی می‌ماند و به این ترتیب شدت انتقال حرارت بی‌مورد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. (شکل ۸ــ۶)

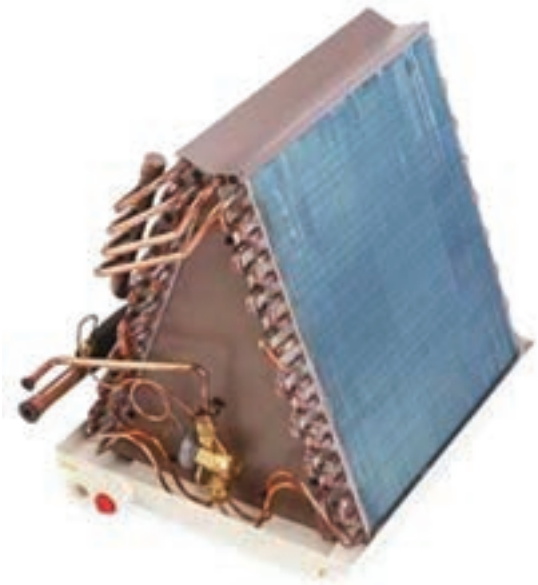


الف) اواپراتور با یک مدار مبرد

ب) اواپراتور با دو مدار مبرد

شکل ۸ــ۶

روش دیگر کاهش افت فشار استفاده از پخش کننده در مسیر ورودی مبرد به هر مدار اواپراتور و نصب کلکتور در انتهای هر مدار اواپراتور می‌باشد. نصب پخش کننده در مسیر ورودی مبرد به اواپراتور سبب می‌شود که ماده مبرد به صورت مساوی برای تمام مدارهای اواپراتور به‌طور مساوی تقسیم شود. (شکل ۹ــ۶)



شکل ۹ــ۶ــ محل نصب پخش کننده و کلکتور برروی اواپراتور

۶ــ۶ــ برفک زدایی یا دیفراست

با عبور هوا از روی سطح اواپراتور بخارات موجود در هوا بر روی اواپراتور تقطیر شده و به برفک تبدیل می‌شود. (شکل ۱۰ــ۶)

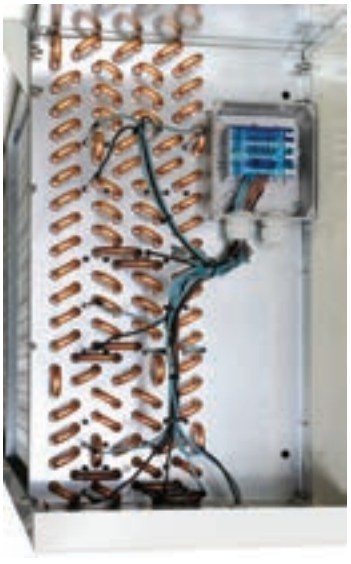
شکل ۱۰ــ۶ــ تشکیل برفک بر روی اواپراتور

با افزایش برفک ایجاد شده بر روی سطح اواپراتور میزان تبادل گرما بین هوا و مبرد کاهش می‌یابد لذا می‌بایستی با استفاده از روش‌های مختلف نسبت به ذوب برفک اقدام نمود.

به‌طور کلی زمان برفک زدایی با میزان تجمع برفک بر روی اواپراتور و شدت انتقال حرارت برای ذوب برفک تعیین می‌شود.

میزان تجمع برفک به‌نوع تأسیسات، فصل و فواصل زمانی برفک زدایی بستگی دارد.

۱ــ۶ــ۶ــ برفک زدایی با گرمکن الکتریکی : گرمکن‌های الکتریکی به‌طور وسیعی برای برفک زدایی کویل‌های پره‌ای فن‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این روش هیترهایی بین کویل‌های اواپراتور قرار می‌گیرد تا با اتصال جریان برق، هیترها گرم شده و برفک را ذوب نماید. مصرف این هیترها ۴۰۰ وات و بیشتر می‌باشد. عمل تبرید دستگاه در طی مدت برفک زدایی به‌طور خودکار قطع می‌شود و پس از انجام برفک زدایی کامل، یک ترموستات دستگاه را به کار عادی برمی‌گرداند.



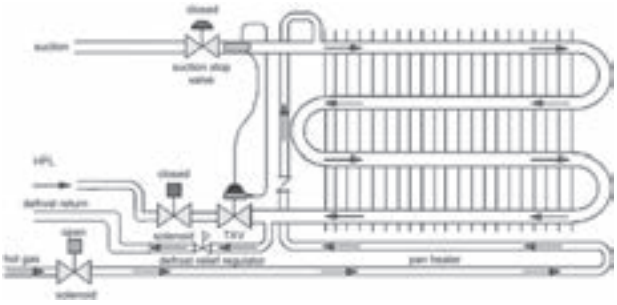
این هیترها کاملاً عایق‌بندی شده‌اند و در مدار آنها از یک فیوز استفاده شده است. در مدار بعضی از این هیترها یک ترموستات ایمنی نیز کار گذاشته می‌شود تا در صورت افزایش بیش از حد حرارت مدار برق را قطع نماید.

سیکل برف‌زدایی الکتریکی ممکن است به‌طور دستی یا به وسیله یک تایمر برفک‌گیر به‌طور اتوماتیک روشن و خاموش شود.

برای جلوگیری از انتقال گرما به فضای سردشونده فن‌های اواپراتور در زمان دیفراست خاموش خواهند بود. (شکل ۱۱ــ۶)

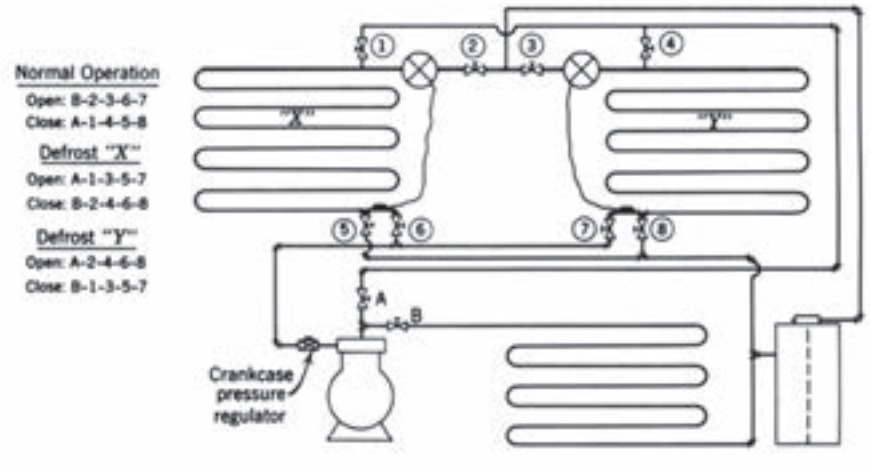
شکل ۱۱ــ۶ــ محل نصب هیترهای مورد نیاز برای برفک زدایی

۲ــ۶ــ۶ــ برفک زدایی با گاز داغ : روش‌های برفک‌زدایی با گاز داغ تنوع زیادی دارند ولی همه آنها به‌نحوی از گاز داغ خروجی از کمپرسور به‌عنوان منبع حرارت برای برفک‌زدایی بهره می‌گیرند. یکی از ساده‌ترین روش‌ها برفک‌زدایی با گاز داغ مطابق شکل ۱۲ــ۶ می‌باشد.



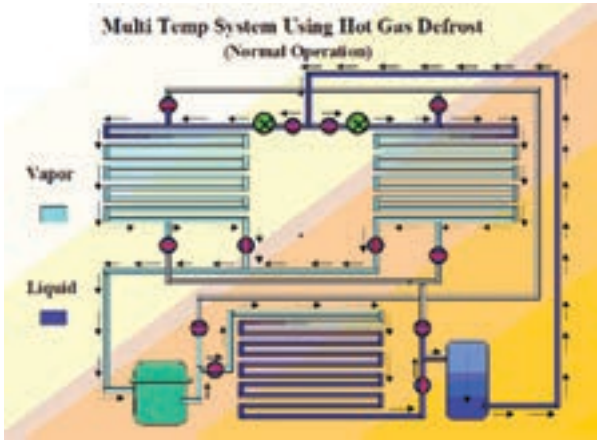
شکل ۱۲ــ۶ــ دیفراست با گاز داغ

یک لوله میان‌بر مجهز به شیربرقی و شیر یک طرفه مابین خروجی کمپرسور و اواپراتور قرار می‌گیرد. هنگامی که شیر برقی باز می‌شود گاز داغ خروجی از کمپرسور میان‌بر می‌شود و پس از عبور از اواپراتور و ذوب کردن برفک‌های اواپراتور از شیر فشارشکن عبور کرده و پس از کاهش فشار گاز به‌سمت مکش کمپرسور برمی‌گردد. در زمان دیفراست شیر برق که در مسیر اصلی مبرد قبل از شیر انبساط قرار دارد در حالت بسته می‌باشد. درصورتی‌که در مدار سیکل تبرید دو اواپراتور نصب شده باشد مطابق شکل ۱۳ــ۶ عمل دیفراست هر اواپراتور را می‌توان با باز یا بستن شیرهای مشخص شده در شکل انجام داد. برای مثال برای دیفراست اواپراتور «x» می‌بایستی شیرهای (A ــ۱ــ۳ــ۵ــ۷) باز و شیرهای (B ــ۲ــ۴ــ۶ــ۸) را بست تا همزمان با کار کمپرسور و ایجاد برودت در اواپراتور «y» ، برفک‌های اواپراتور «x» در اثر عبور گاز داغ ذوب شود.



شکل ۱۳ــ۶ــ دیفراست با گاز داغ در مدار با دو اواپراتور

شکل ۱۴ــ۶ سیکل دیگری که از گاز داغ برای دیفراست استفاده شده را نشان می‌دهد. برخلاف روش دیفراست یا گرم‌کن الکتریکی در این روش در زمان دیفراست کمپرسور به‌کار خود ادامه خواهد داد.



الف) کار عادی سیکل

ب) دیفراست اواپراتور

شکل ۱۵ــ۶

۷ــ۶ــ انتخاب اواپراتور

مدل اواپراتور از جدول ۱۷ــ۶ کتاب اصلی و با در اختیار داشتن دو عامل ظرفیت سرمایی سردخانه و دمای جوش ماده مبرد (Te) به‌دست می‌آید.

برای محاسبه دمای جوش ماده مبرد (Te) از رابطه زیر استفاده می‌شود :

$Te=Ti-TD$

Tiــ دمای سالن (دمای نگهداری محصول)

TDــ اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان داخل کویل اواپراتور. دمای سالن که همان دمای نگهداری محصول می‌باشد را می‌توان با توجه به‌نوع محصول از جدول ۱۹ــ۶ کتاب اصلی بدست آورد. برای محاسبه اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان داخل کویل اواپراتور (TD) با توجه به رطوبت نسبی سالن سردخانه که از جدول ۱۹ــ۶ بدست آمده به جدول ۱۶ــ۶ کتاب اصلی مراجعه نموده و با در نظر گرفتن نوع جریان هوای اواپراتور TD را بدست می‌آوریم.

مثال : در یک سالن سردخانه ماهی تازه نگهداری می‌شود. اگر اواپراتورهای سالن از نوع هوا با جریان اجباری باشد دمای سالن (Ti) و اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان در کویل اواپراتورهای سالن (TD) و دمای جوش مبرد (Te) را مشخص نمایید.

حل : با استفاده از جدول ۱۹ــ۶ کتاب اصلی دمای نگهداری ماهی تازه $Ti= -1^{\circ}C$ می‌باشد. مقدار رطوبت نسبی سالن نگهداری ماهی تازه نیز ۸۵ــ۸۰ درصد می‌باشد.

طبق جدول ۱۶ــ۶ کتاب اصلی با فرض رطوبت ۹۳ درصد و نوع هوای جریان اجباری اواپراتور، TD معادل ۸ــ۷ درجه سانتی‌گراد بدست می‌آید. و در نهایت دمای جوش مبرد (۸–،۹–) بدست می‌آید.

$Te=Ti-TD$ $\qquad Te= -1-7 = -8^{\circ}C$

$Te= -1-8 = -9$ $\qquad$ و یا

انتخاب مدل اواپراتور با داشتن دو عامل دمای جوش مبرد و ظرفیت برودتی انجام می‌گیرد. در جدول ۱۷ــ۶ کتاب اصلی ستون‌های دوم برای دمای جوش تا $-5^{\circ}C$ و ستون سوم برای دمای جوش $-30^{\circ}C$ طراحی شده است، با توجه به دمای جوش مبرد که قبلاً محاسبه نموده‌ایم در یکی از این دو ستون به سمت پایین حرکت می‌کنیم تا به عدد معادل ظرفیت برودتی مورد نیاز برسیم. در

صورتی که عدد مورد نظر در جدول نبود عدد بزرگ‌تر را انتخاب نموده به‌سمت چپ حرکت کرده و مدل اواپراتور را از ستون اول تعیین می‌نماییم.

مثال : ظرفیت برودتی یک سردخانه ۱۰۰۰۰w و دمای جوش مبرد $-5^{\circ}C$ است، مدل اواپراتور را بدست آورید.

جواب : مدل‌های (۸ـ۶۰۹ـ۸) ، (۸ـ۶۰۶ـ۱۲) ، (۸ـ۴۱۲ـ۸) ، (۸ـ۴۱۴ـ۴)

را می‌توان برای این ظرفیت در نظر گرفت.

مثال : بار برودتی یک سردخانه که برای نگهداری ماهی منجمد استفاده می‌شود ۴۲kw است. درصورتیکه بخواهیم در این سردخانه دو اواپراتور با جریان اجباری هوا نصب نماییم ظرفیت هر یک از اواپراتورها را بدست آورید.

حل : با استفاده از جدول ۱۹ـ۶ کتاب اصلی :

$Ti = -18^{\circ}C$ و $RH = 80-\%85$

با استفاده از جدول ۱۶ـ۶ کتاب اصلی و با فرض رطوبت ۸۵٪ :

$TD = 7^{\circ}C-8^{\circ}C$

$Te= Ti-TD$ $\quad Te = -18-8 = -26^{\circ}C$

از جدول ۱۷ـ۶ کتاب اصلی با توجه به ظرفیت هر اواپراتور

$42 \div 2 = 21kw = 21000w$

و دمای جوش مبرد $Te=-37^{\circ}C$ مدل‌های (۸ـ۸۱۲ـ۱۲) و (۸ـ۶۱۴ـ۱۲) بهترین انتخاب می‌باشد. (شکل ۱۶ـ۶)

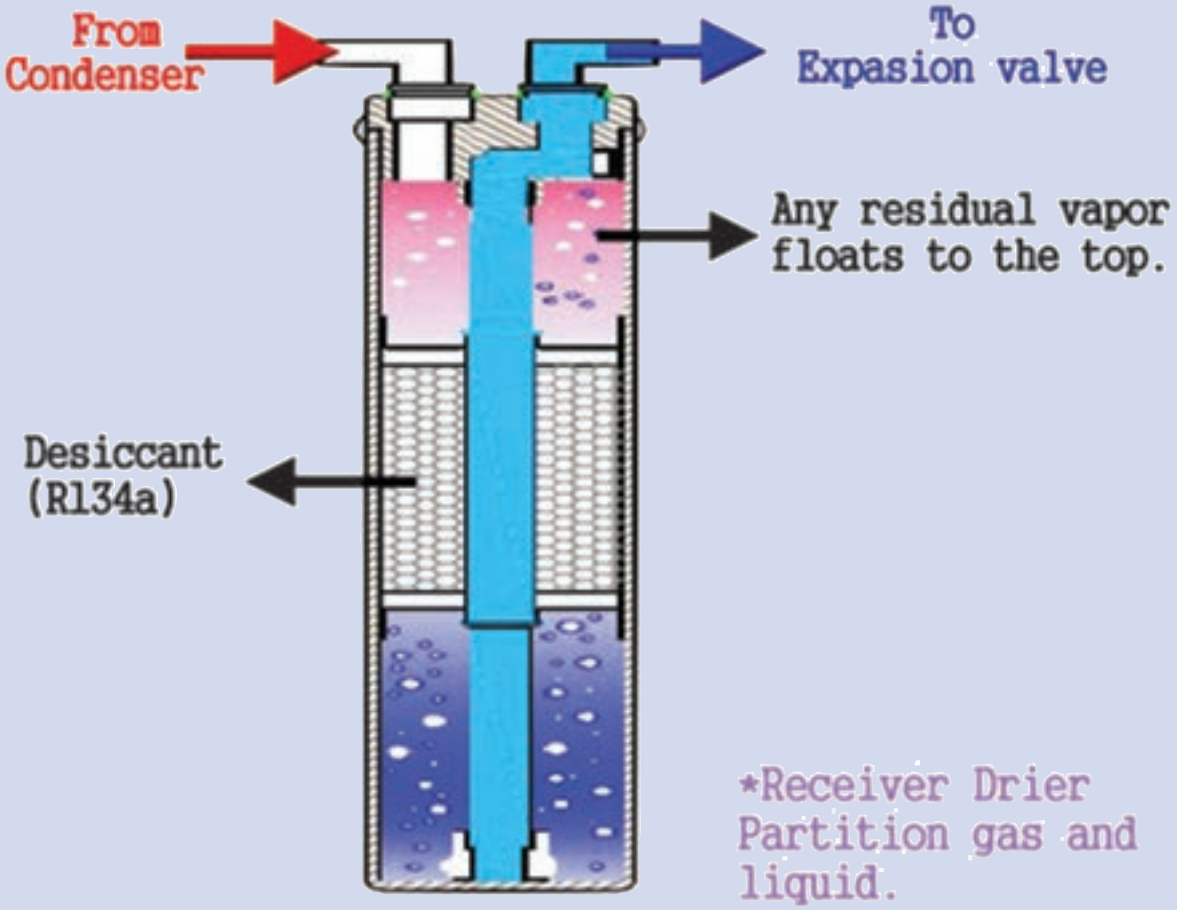
جدول ۱۶ــ۶ــ کاتالوگ نمونه انتخاب اواپراتور

8mm FIN SPACING TECHNICAL DATA

	CAPACITY Te = -5°C w	CAPACITY Te = -30°C w	AIRFLOW m 3 /h	SURFACE m2	COIL VOLUME lit	FANS NO.	FANS DIA.	FANS A	FANS KW
8-406-8	5101	4397	5700	20	7	1	450	0.88	0.45
8-606-8	7010	6042	5600	30	12	1	450	0.88	0.45
12-606-8	11500	9890	8300	45	16	1	500	1.95	0.76
12-806-8	13067	11237	8200	60	21	1	500	1.95	0.76
8-409-8	7525	6471	8400	30	10	1	500	1.95	0.76
8-609-8	10488	9019	8300	45	15	1	500	1.95	0.76
12-609-8	15606	13421	10600	68	24	1	630	1.55	0.72
12-809-8	20155	17333	10300	89	29	1	630	1.55	0.72
8-412-8	10495	9025	11400	40	12	2	450	0.88	0.45
8-612-8	14267	12269	11200	59	18	2	450	0.88	0.45
12-612-8	21059	18110	16600	89	28	2	500	1.95	0.76
12-812-8	26413	22715	16400	119	37	2	500	1.95	0.76
8-414-8	10966	9430	11400	46	14	2	450	0.88	0.45
8-614-8	16471	14165	11200	69	21	2	450	0.88	0.45
12-614-8	25165	21641	18600	104	36	2	560	2.1	0.9
12-814-8	31441	27039	18400	139	46	2	560	2.1	0.9
8-418-8	14910	12822	16800	60	18	2	500	1.95	0.76
8-618-8	20800	17888	16600	89	31	2	500	1.95	0.76
12-618-8	31215	26844	21200	134	40	2	630	1.55	0.72
12-818-8	40174	34549	20600	178	56	2	630	1.55	0.72
12-624-8	41693	35855	27900	179	56	3	560	2.1	0.9
12-824-8	51542	44326	27600	238	76	3	560	2.1	0.9
12-124-8	65112	55996	34400	298	91	2	630	4.2	2.3
16-624-8	62384	53650	47000	238	76	2	710	6	3.3
16-824-8	76475	65768	46000	317	101	2	710	6	3.3
16-124-8	88167	75823	45200	397	121	2	710	6	3.3
12-628-8	50957	43823	36000	208	61	2	630	4.2	2.3
12-828-8	63050	54223	35600	278	81	2	630	4.2	2.3
12-128-8	73670	63356	34400	347	101	2	630	4.2	2.3
16-628-8	66442	57140	47000	278	81	2	710	6	3.3
16-828-8	83771	72043	46000	370	111	2	710	6	3.3
16-128-8	97559	83917	45200	463	141	2	710	6	3.3
12-636-8	66159	56896	42400	268	81	4	630	1.55	0.72
12-836-8	82637	71067	41200	357	106	4	630	1.55	0.72
12-136-8	94004	80843	37200	446	131	4	630	1.55	0.72
16-636-8	80528	69254	54000	357	111	3	630	4.2	2.3
16-836-8	106753	91807	69000	476	141	3	710	6	3.3
16-136-8	131832	113375	67800	595	181	3	710	6	3.3
12-642-8	76342	65654	54000	312	91	3	630	4.2	2.3
12-842-8	99704	85745	53400	417	121	3	630	4.2	2.3
12-142-8	107952	92838	51600	521	151	3	630	4.2	2.3
16-642-8	94992	81693	72400	417	121	3	710	6	3.3
16-842-8	126047	108400	69000	556	161	3	710	6	3.3
16-142-8	148730	127907	67800	695	201	3	710	6	3.3

فصل ۷

تجهیزات جانبی دستگاه‌های سردکننده



۷ تجهیزات جانبی دستگاه‌های سردکننده

۱ــ۷ــ جداکن روغن

پیش آزمون

اگر در یک سیستم تبرید تراکمی روغن به‌تدریج از کمپرسور به‌داخل سیکل برود و به‌کمپرسور برنگردد چه اتفاقی می‌افتد؟

روش آموزش

تأثیر روغن در کمپرسور و نیاز مبرم به آن در کمپرسور توضیح داده شود. همچنین زیان‌های روغن در کندانسر و اواپراتور و در نهایت ضرورت برگشت روغن خروجی از کمپرسور به کمپرسور گفته شود.

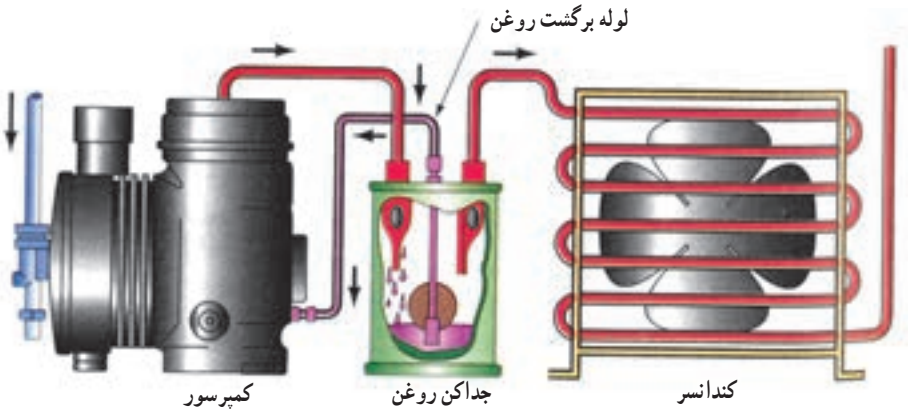
دانش‌افزایی

مطابق شکل ۱ــ۷ جداکن روغن پس از کمپرسور نصب می‌شود. وقتی گاز داغ به‌همراه روغن وارد جداکن روغن می‌شود گاز چون سبک است در قسمت بالا و روغن چون سنگین است در قسمت پایین جداکن روغن جمع می‌شود و بدین‌وسیله گاز و روغن از هم جدا می‌شوند. گاز تحت فشار رانش کمپرسور به‌سمت کندانسر می‌رود. حجم روغن در جداکن زیاد شده و باعث می‌شود سوپاپ ته تله روغن که در مسیر لوله برگشت روغن به کمپرسور است باز شده و تحت مکش کمپرسور روغن جمع شده در جداکن روغن به کمپرسور برگشت داده شود.

کار در کلاس

شکل ۱ــ۷ کتاب اصلی را رسم کرده سیکل را تکمیل کرده قسمت‌های مختلف سیکل را نام‌گذاری کرده و لوله‌های رانش و مکش و برگشت روغن جداکن روغن را روی آن مشخص کنید.

الف) جداکن روغن روی خط رانش نصب می‌شود.



ب) این شیر شناوری مبرد مایع را مانند روغن به کمپرسور برمی‌گرداند. بنابراین باید گرم نگه داشته شود تا از تقطیر گاز مبرد جلوگیری شود.

شکل ۱ــ۷ــ جداکن روغن

پرسش و پاسخ

۱ــ محل نصب تله روغن در سیکل تبرید کجاست؟ بعد از کمپرسور و قبل از کندانسر

۲ــ چه عاملی باعث برگشت روغن از تله روغن به کمپرسور می‌شود؟ فشار رانش روی روغن از یک طرف و فشار مکش کمپرسور از طرف دیگر باعث برگشت روغن به کمپرسور می‌شود.

۳ــ دو مورد از وظایف جداکن روغن را بنویسید.

۱ــ جلوگیری و حفاظت کمپرسور از کارکرد بدون روغن

۲ــ پیشگیری از جدا شدن موم از روغن

۴ــ چه عاملی باعث جدا شدن روغن از گاز در جداکن روغن می‌شود؟ سبک بودن گاز و سنگین بودن روغن، گاز را در سطح بالا و روغن را در سطح پایین جداکن روغن قرار می‌دهد و بدین‌وسیله از هم جدا می‌شوند.

۵ــ چه عاملی باعث باز شدن دهانه لوله برگشت روغن در جداکن روغن می‌شود؟ اگر ازدیاد حجم روغن در جداکن به اندازه‌ای برسد که نیروی ارشمیدس شناور را از جای خود بالا ببرد و راه دهانه برگشت باز شود.

تحقیق

در مورد رابطه ظرفیت تله روغن با ظرفیت کمپرسور تحقیق کنید.

۲ــ۷ــ مخزن مایع سرمازا

پیش آزمون

اگر بخواهیم کمپرسور یک سیکل تبرید را تعمیر کنیم و حجم مبرد موجود در سیکل نیز زیاد باشد بار ماده سرمازای داخل سیستم را چه کنیم؟ در فضا رها کنیم؟ یا در جایی ذخیره کنیم؟

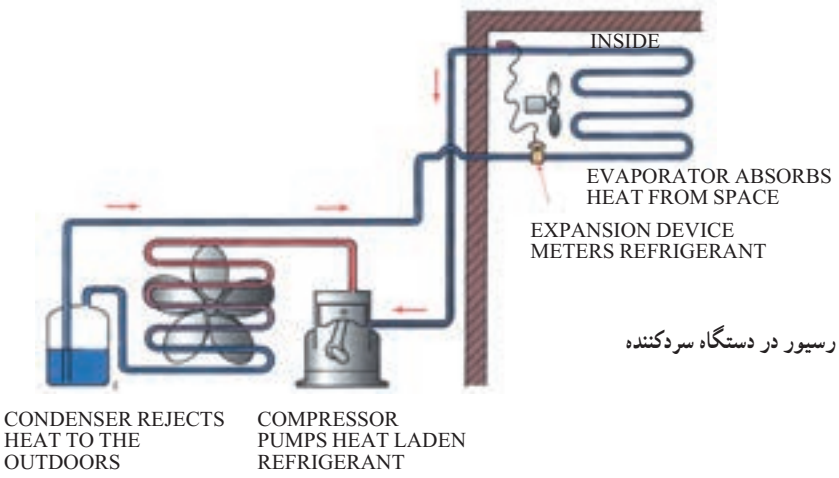
روش آموزش

لازم است در خصوص ارزش ماده مبرد و اینکه در هنگام تعمیر سیستم آن‌را بایستی ذخیره کرد توضیح داده شود. همچنین ضرورت، انواع و محل نصب مخزن سرمازا توضیح داده شود.

دانش‌افزایی

شکل ۲ــ۷ چگونگی قرارگیری رسیور در دستگاه سردکننده را نشان می‌دهد.

مخزن مایع سرمازا در دو نوع افقی و عمودی ساخته می‌شود و در سیستم‌هایی که کندانسر هوایی دارند استفاده می‌شود. محل نصب آن بعد از کندانسر می‌باشد که در دو حالت از آن استفاده می‌شود الف) حالتی که سیستم نیاز به تعمیر داشته باشد به‌خاطر اینکه مبرد به هوا نرود آن را در رسیور جمع‌آوری کرده و پس از تعمیر سیستم به سیکل برمی‌گردانند. ب) در بعضی از سیستم‌های تبرید خاموش روشن شدن سیستم با استفاده از پایین و بالا شدن فشار مکش کمپرسور انجام می‌گیرد. در این حالت با قطع ترموستات شیر برقی بعد از رسیور مسیر را می‌بندد و گاز در رسیور جمع می‌شود و باعث پایین آمدن فشار در کمپرسور و خاموش شدن آن می‌شود و با باز شدن شیربرقی مبرد به کمپرسور رفته فشار مکش بالا رفته و کمپرسور روشن می‌شود.



شکل ۲ــ۷ــ چگونگی قرارگیری رسیور در دستگاه سردکننده

کار در کلاس

طریقه جمع‌آوری مبرد در رسیور را با طرح مدار برقی بنویسید.

پرسش و پاسخ :۱ــ انواع رسیور را نام ببرید. افقی و عمودی

۲ــ محل نصب رسیور کجاست؟ بعد از کندانسر

۳ــ سیستم‌های برودتی با کندانسر آبی چرا رسیور ندارند؟ پایین پوسته کندانسر به جای رسیور عمل می‌کند.

تحقیق

حجم رسیور چه نسبتی با حجم مبرد داخل سیستم تبرید دارد؟

۳ــ۷ــ فیلتر درایر

پیش آزمون

اگر داخل سیستم تبرید مواد زائدی به‌همراه ماده مبرد به‌داخل سیستم برود چه اتفاقی ممکن است بیفتد؟

روش آموزش

لازم است در خصوص گرفتگی سیستم تبرید مخصوصاً در سیستم‌های کوچک و در محل لوله مویی توضیحاتی داده شود. همچنین مضرّات رطوبت برای مواد مبرد گفته شده سپس فیلتر درایرهای ثابت و هسته قابل تعویض توضیح داده شود.

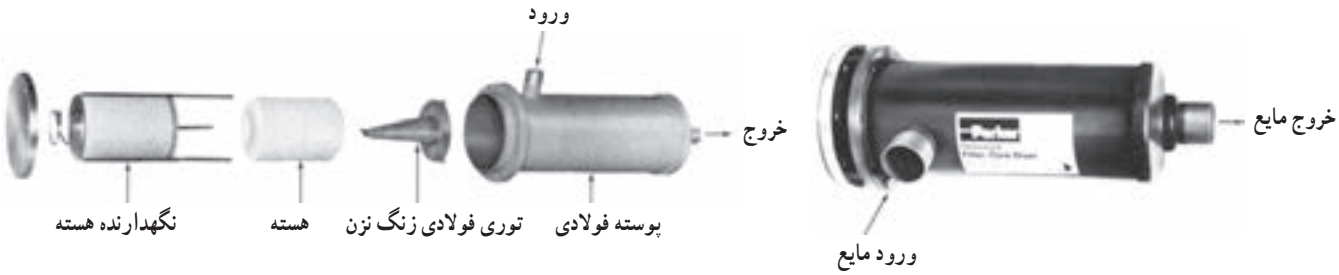
دانش افزایی

شکل ۳ــ۷ فیلتردرایرهای قابل استفاده در سیستم‌های تبرید کوچک را نشان می‌دهد.

در داخل این فیلتر درایرها مقداری آلومینای احیا شده یا سلیکاژل وجود دارد که نوعی جاذب رطوبت هستند و چنانچه ماده مبرد رطوبتی به‌همراه داشته باشد توسط این مواد جذب شده و به‌دام می‌افتند به‌همین دلیل به‌آن درایر (خشک کننده یا رطوبت‌گیر)

می‌گویند. همچنین در قسمت خروجی آنها یک توری فلزی وجود دارد که مواد زائد احتمالی عبوری از سیستم را می‌گیرد به‌همین دلیل به آن فیلتر هم گفته می‌شود و محل نصب آن بعد از کندانسر می‌باشد. چنانچه سیستمی رسیور داشته باشد محل نصب فیلتر درایر بعد از رسیور می‌باشد.

شکل ۳ــ۷ــ فیلتر درایر قابل استفاده در سیستم‌های تبرید کوچک



ب) اجزای فیلتر درایر

الف) با هسته قابل تعویض

شکل ۴ــ۷ــ فیلتر درایر

در سیستم‌های کوچک که از فیلتر درایرهای کوچک استفاده می‌شود لوله مویی به‌خروجی فیلتر درایر وصل می‌شود. بعضی از فیلتر درایرها علاوه بر لوله ورودی یک لوله اضافی هم دارند که در صورت لزوم استفاده از شارژ ماده مبرد به‌صورت مایع از آن استفاده می‌کنند در سیستم‌های بزرگ‌تر از فیلتر درایرهایی استفاده می‌شود که هسته آنها قابل تعویض است. (شکل ۴ــ۷)

در این فیلتر درایرها در ابتدای فصل راه‌اندازی ماده مبرد را در رسیور یا کندانسر جمع‌آوری کرده هسته فیلتر درایر را عوض کرده سپس ماده مبرد را به سیستم برمی‌گردانند.

کار در کلاس

فیلتر درایرها را با توجه به شکل‌های ۶ــ۷ تا ۸ــ۷ بررسی کرده اجزای داخلی آنها را به ترتیب طبقه‌بندی کرده و بنویسید.

پرسش و پاسخ

۱ــ علّت گفتن درایر در نام‌گذاری فیلتر درایر چیست؟

جواب : موادی به اسم آلومینای احیا شده یا سلیکاژل در داخل فیلتر درایر است که کارش به دام انداختن رطوبت‌های احتمالی می‌باشد به این دلیل به آن درایر هم می‌گویند.

۲ــ لوله اضافی که روی بعضی از فیلتر درایرهای یخچال‌های خانگی وجود دارد برای چیست؟ برای شارژ ماده مبرد به‌صورت مایع.

تحقیق

چنانچه سلیکاژل داخل فیلتر درایری از رطوبت اشباع شده باشد و آن را عوض نکنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

۴ــ۷ــ مبدل گرمایی

پیش آزمون

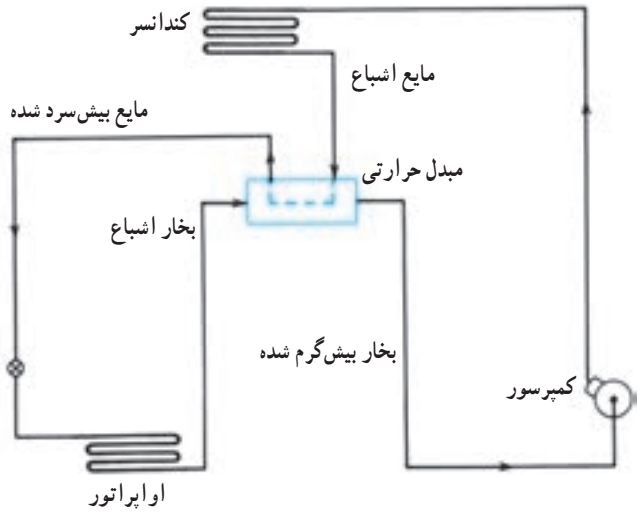
چکار کنیم تا در یک سیستم تبرید راندمان بیشتری داشته باشیم؟

روش آموزش

در خصوص سوپرهیت و ساب‌کولد توضیح داده شود. همچنین چنانچه مبردی قبل از ورود به اواپراتور مایعی گرم یا سرد باشد چه تأثیری در میزان تبخیر و تولید سرما در اواپراتور دارد را برای هنرجویان توضیح دهید.

دانش‌افزایی

ماده مبرد در خروجی از کندانسر و قبل از ورود به اواپراتور هرچه سردتر باشد وقتی که به اواپراتور می‌رود چون کاملاً مایع خواهد بود و گازی همراه نخواهد داشت گرمای بیشتری از محیط اواپراتور برای تبخیر می‌گیرد در نتیجه سرمای بیشتری تولید می‌شود. از طرفی ماده مبرد در هنگام برگشت به کمپرسور بایستی به‌حالت سوپرهیت باشد تا هیچ مایعی همراه آن نباشد. برای رسیدن به هر دو منظور از دستگاهی به اسم مبدل گرمایی استفاده می‌کنند. در این دستگاه لوله خروجی از کندانسر را قبل از اواپراتور و لوله مکش را قبل از کمپرسور طوری کنار هم قرار می‌دهند که مایع قبل از ورود به اواپراتور گرمایش را به لوله مکش بدهد در نتیجه هم مبرد قبل از ورود به اواپراتور بیش‌سرد می‌شود و از طرف دیگر مبرد برگشتی قبل از ورود به کمپرسور بیش‌گرم می‌شود. (شکل ۵ــ۷ را ببینید)



شکل ۵ــ۷ــ مبدل گرمایی جهت بیش‌سرد کردن مبرد در خط مایع و بیش‌گرم شدن بخار مبرد در خط مکش

کار در کلاس

سیکل تبرید را رسم کرده و محل مبدل گرمایی را در آن مشخص کرده و قسمت‌های سیکل را نام‌گذاری کنید.

پرسش و پاسخ

۱ــ مبدل گرمایی چه تأثیری در ظرفیت برودتی سیستم تبرید دارد؟

پاسخ : باعث بالارفتن ظرفیت برودتی سیستم تبرید می‌شود.

۲ــ در یخچال خانگی مبدل گرمایی کجاست؟ در یخچال خانگی لوله مویین را به دور لوله برگشت از اواپراتور می‌پیچانند یا در مجاورت آن و چسبیده به لوله برگشت اواپراتور و یا گاهی لوله مویین را از داخل لوله برگشت اواپراتور عبور می‌دهند تا تبادل گرمایی در لوله‌های قبل و بعد از اواپراتور صورت بگیرد.

تحقیق

اگر مبدل گرمایی بین لوله رانش قبل از کندانسر و لوله برگشت اواپراتور نصب شود چه تأثیری در ظرفیت برودتی دارد؟

۵ــ۷ــ شیرهای سرویس رانش و مکش کمپرسور

پیش آزمون

۱ــ چگونه می‌شود کمپرسوری را جهت تعمیر از یک سیکل تبرید باز کرد به‌طوری که مبرد آن را تخلیه نکنیم؟

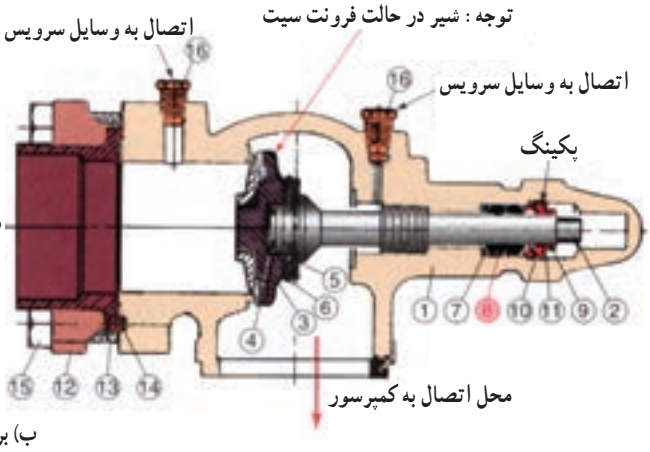
روش آموزش

در خصوص سرویس سیستم شامل وکیوم کردن، تست فشار و شارژ گاز و همچنین تعمیر قسمت‌های سیستم طوری توضیح داده شود که نیاز به شیر سرویس احساس شود سپس شیرهای سرویس رانش و مکش و تفاوت‌های آنها توضیح داده شود.

دانش‌افزایی

۱ــ شیر سرویس مکش : شیر سرویش مکش روی کمپرسور نصب می‌شود. یک راه به کمپرسور، یک راه به لوله مکش و یک راه به مجرای سرویس دارد. طوری نصب می‌شود که اگر شیر را کاملاً ببندیم و با بازکردن فلنج آنرا از کمپرسور جدا کنیم شیر روی لوله مکش باقی می‌ماند و می‌تواند مانع از خروج مبرد به بیرون شود. ساختار شیر سرویس مکش طوری است که اگر شیر را در جهت عقربه‌های ساعت کاملاً سفت کنیم مسیر لوله برگشت اواپراتور به کمپرسور کاملاً بسته شده و مسیر کمپرسور به مجرای سرویس کاملاً باز می‌شود. اگر شیر سرویس را در جهت خلاف عقربه های ساعت بچرخانیم و کاملاً باز شود مسیر کمپرسور به اواپراتور کاملاً باز و ارتباط کمپرسور مجرای سرویس کاملاً بسته می‌شود. اگر شیر را نیمه باز کنیم مسیر کمپرسور به اواپراتور و به محل سرویس هر سه باز می‌شود.

الف) شیر سرویس



ب) برش خورده شیر سرویس

۱ــ بدنه
۲ــ ساقه
۳ــ دیسک
۴ــ فنر دیسک
۵ــ پین دیسک
۶ــ حلقه نگهدارنده
۷ــ واشر آب‌بندی
۸ــ پکینگ (وسایل آب‌بندی)
۹ــ گلند پکینگ
۱۰ــ درپوش
۱۱ــ واشر درپوش
۱۲ــ فلنج
۱۳ــ آداپتور
۱۴ــ واشر
۱۵ــ پیچ
۱۶ــ درپوش لوله

شکل ۶ــ۷

۲ــ شیر سرویس رانش : شیر سرویس رانش سمت رانش کمپرسور بسته می‌شود. طوری تعبیه شده که اگر فلنج شیر را باز کنیم شیر روی لوله رانش می‌ماند و اگر شیر کاملاً بسته باشد مانع خروج مبرد به بیرون می‌شود. چنانچه شیر را در جهت عقربه‌های ساعت کاملاً ببندیم مسیر لوله رانش از سمت کندانسر کاملاً بسته و کمپرسور به بیرون راه پیدا می‌کند. اگر دسته شیر را در جهت خلاف عقربه‌های ساعت کاملاً باز کنیم کمپرسور به خط رانش باز شده و مسیر داخل سیستم با مجرای سرویس کاملاً بسته می‌شود. اگر دسته شیر را نیمه باز کنیم کمپرسور به کندانسور و مجرای سرویس راه پیدا می‌کند.

کار در کلاس

شکل ۶ــ۷ را بررسی کرده و قسمت‌های شماره‌گذاری آن را نام برده چند بار تکرار کنید تا خوب یاد بگیرید.

پرسش و پاسخ

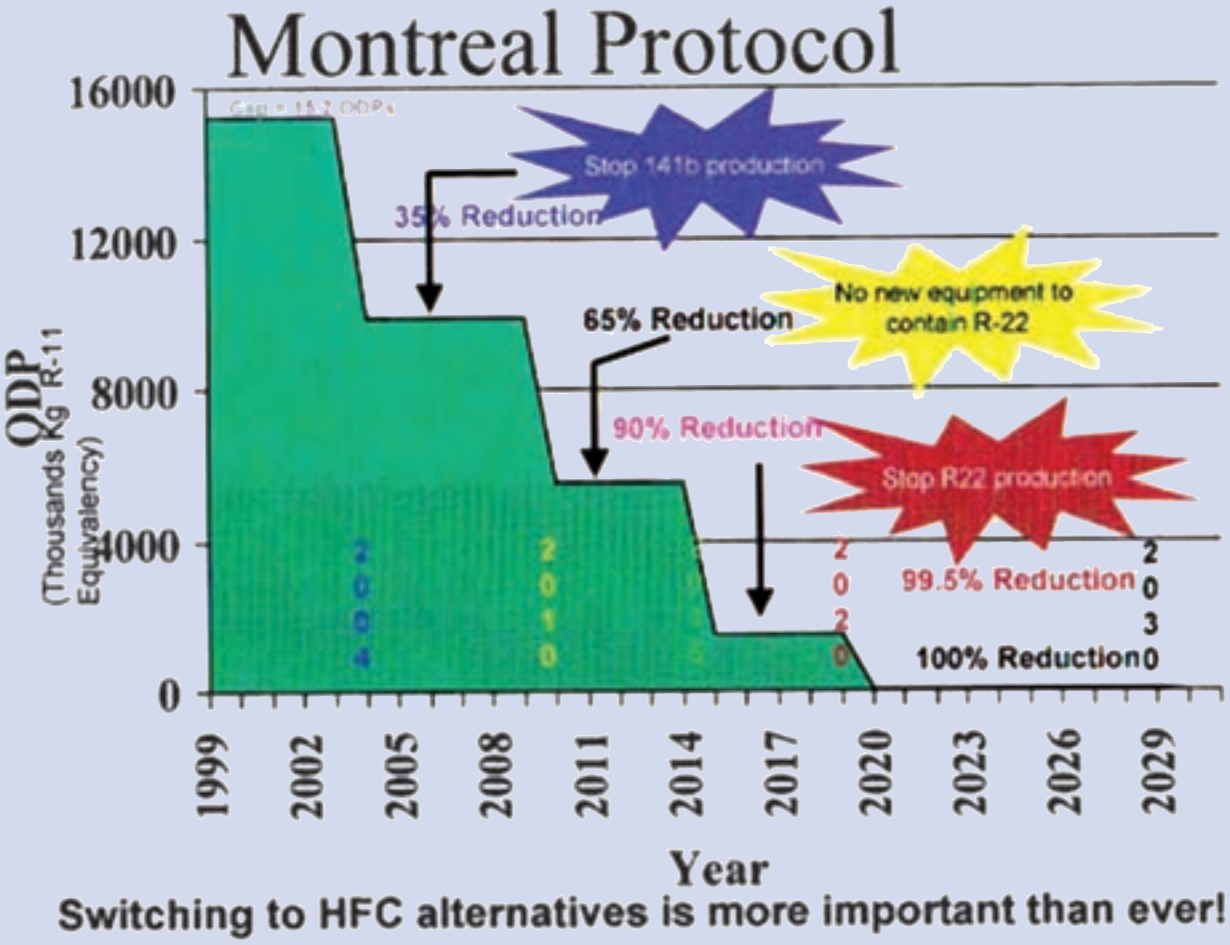
۱ــ محل نصب شیر سرویس مکش کجاست؟ روی برگشت کمپرسور
۲ــ محل نصب شیر سرویس رانش کجاست؟ روی رانش (خروجی)کمپرسور
۳ــ وقتی شیر سرویس مکش در حالت frontseat باشد چه مسیری از سیستم باز یا بسته است؟ اواپراتور به کمپرسور بسته می‌شود. ارتباط کمپرسور با مجرای سرویس باز می‌شود.
۴ــ وقتی شیر سرویس کاملاً backseat باشد چه مسیری در سیستم باز یا بسته است؟ مسیر داخل و خارج سیستم بسته و اواپراتور به کمپرسور باز است.

تحقیق

شیرهای سرویس رانش و مکش از نظر قطر شیر چه تفاوتی با هم دارند و چرا؟

فصل ۸

موادسرمازا و روغن‌ها



۸ مواد سرمازا و روغن‌ها

پیش آزمون

۱ــ چرا لایه ازن سوراخ شده است؟
۲ــ چرا یخ‌های قطبی در حال آب شدن هستند؟
۳ــ چند سرمازا را نام ببرید.
۴ــ روان‌کاری کمپرسور را کدام ماده انجام می‌دهد؟

۱ــ۸ــ تاریخچه

روش آموزش

هدف از پرسش‌های پیشنهادی پیش آزمون بارش فکری است و نباید در مورد پاسخ آنها داوری، ارزشیابی یا خرده‌گیری کرد و تنها پاسخ چند نفر را در گوشه‌ای از تخته یادداشت کنید. در ادامه هنرآموزان می‌توانند ابتدا به چکیده‌ای از تاریخچه سرمازاها اشاره کنند.

دانش افزایی

تاریخچه پیدایش مواد سرمازا

در جدول شکل ۱ــ۸ گام‌هایی که در راستای پیدایش مواد سرمازا انجام شده، آمده است.

جدول ۱ــ۸ــ تاریخچه پیدایش مواد سرمازا

سال (میلادی)	عملیات
۱۷۷۴	کشف آمونیاک
۱۷۸۷	کاربرد دی‌اکسید گوگرد مایع به‌عنوان مبرد
۱۸۳۴	تولید دی‌اکسید کربن در حالت جامد
۱۷۸۰	کاربرد آمونیاک مایع به‌عنوان مبرد
۱۸۹۰	استفاده از کلرواتان C_2H_5Cl در کمپرسورهای روتاری توسط پالمر
۱۹۲۰	استفاده از ایزوبوتان توسط ادموند کوپلند و هری ادوارد در یخچال‌های کوچک
۱۹۲۲	استفاده از دی‌کلرواتن C_2H_2Cl توسط کریر در کمپرسورهای سانتریفوژ

۱۹۲۶	اختراع مبرد مصنوعی CFC با نام تجاری فریون توسط توماس میدگلی
۱۹۳۰	تولید فریون ۱۲
۱۹۳۵	تولید فریون ۲۲
۱۹۵۳	تولید فریون ۵۰۲
۱۹۷۳	گزارش پروفسور جیمز لاولاک از وجود بسیار کم از گازهای مبرد در جو زمین
۱۹۷۴	پیش‌بینی شروود رولند و ماریو مولینا در مورد تخریب لایه ازن توسط فریون‌ها
۱۹۸۵	کشف «حفره ازن» بر سر قطب جنوب
۱۹۸۵	کنوانسیون وین درباره حفاظت از لایه ازن
۱۹۸۷	امضای پروتکل پیشگیری از تولید سرمازاهای ویرانگر لایه ازن (CFC) در مونترال
۱۹۹۲	پذیرش پیشگیری از کاربرد سرمازاهای در برگیرنده کلر و حتی هیدروژن (HCFC) در چهارمین گردهمایی امضاکنندگان پروتکل مونترال در کپنهاک
۱۹۹۵	گزارش گروه بین‌المللی متخصصان درباره تغییرات آب و هوا (IPCC) که انتظار می‌رود تا پایان قرن ۲۱ دمای زمین به ۲۰ درجه سلسیوس برسد. (دمای کنونی ۱۴ درجه)
۱۹۹۷	امضای پروتکل پیشگیری از تولید سرمازاهای پتانسیل بالا در گرمایش زمین در کیوتو

۲ــ۸ــ سرمازاها

روش آموزش

پس از تاریخچه می‌توان دو دیدگاه را برای آموزش برگزید :

دیدگاه یکم : همانند کتاب تأسیسات برودتی در آغاز موضوع محیط زیست و مواد سرمازا را بیان کنید.

دیدگاه دوم : در آغاز دسته‌بندی سرمازاها را توضیح داده و سپس به محیط زیست بپردازید.

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند پس از یادآوری اندکی از شیمی آلی که هنرجویان در سال اول متوسطه آموخته‌اند به ساختار آلکان‌ها اشاره و بر مبنای آن متان و اتان را بیان کنند. چون کاربرد سرمازای R۱۳۴ــ زیاد است با کشیدن شکل آن بدون در نظر گرفتن ایزومرهای آن ثابت کنید که این گاز در سری اتان است. همانطور که می‌دانید نام این گاز تترافلورواتان است و فرمول شیمیایی آن CH_2FCF_3 است. البته می‌توانید قبل از اینکه به این بحث بپردازید، دسته‌بندی سرمازاها را با نموداری که در بخش دانش‌افزایی آمده آغاز نمایید و نمودار را در گوشه‌ای از تخته بکشید که تا آخر این درس هنرجو بتواند جایگاه هر سرمازا را ببیند. سپس برابر شکل ۴ــ۸ برای کربن، هیدروژن، فلور و کلر یک رنگ در نظر گرفته و چهار حالت هالوکربن‌ها را رسم کنید. البته گروه FC در کتاب نمی‌باشد و برای دانش افزایی می‌توان آن را بیان نمود.

سرمازاهای مخلوط را به دلیل کاربرد فراوان آنها و اشاره کتاب به سرمازای R۴۰۷ــ می‌توان بیان نمود. سپس به سرمازاهای طبیعی اشاره شود و به‌دلیل مشکلاتی که سرمازاهای مصنوعی برای محیط زیست پیش آورده است و بازگشت به سرمازاهای طبیعی بهتر است که با یک نگاه ویژه به آنها توجه شود.

دانش افزایی

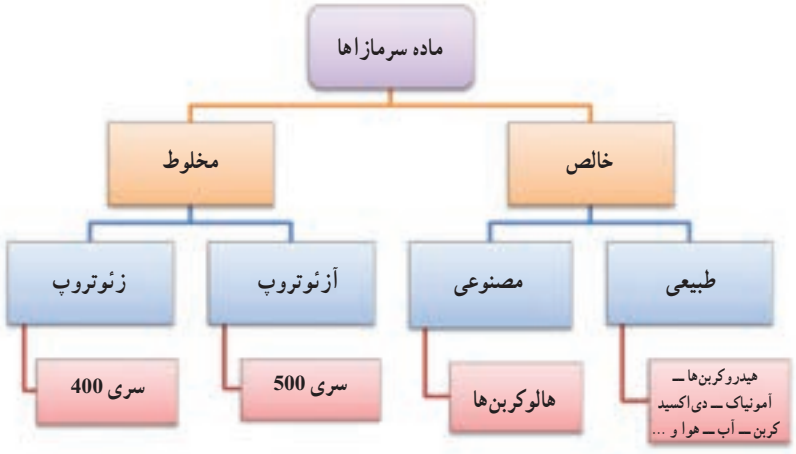
الف) شیمی آلی[1]

شیمی آلی درباره پیوندهای کربن یا مواد آلی سخن می‌گوید. موادی که از منابع آلی بدست می‌آیند، در یک ویژگی مشترک هستند و آن اشتراک در دارا بودن عنصر کربن است. شیمی آلی، شیمی ترکیبات کربن با سایر عناصر به‌ویژه هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، هالوژن‌ها و غیر فلزات دیگر نظیر گوگرد و منیزیم است. ساختمان موجودات زنده به‌غیر از آب، به‌طور عمده از مواد آلی ساخته شده‌اند. برخی از ترکیبات آلی فقط شامل دو عنصر، هیدروژن و کربن هستند و از این‌رو به‌عنوان هیدروکربن شناخته می‌شوند. هیدروکربن‌ها براساس ساختمان آنها، به دو دسته اصلی، آلیفاتیک و آروماتیک تقسیم می‌شوند. هیدروکربن های آلیفاتیک خود به گروه‌های آلکان‌ها (C_nH_{2n+2})، آلکن‌ها (C_nH_{2n})، آلکین‌ها (C_nH_{2n-2})، و ترکیبات حلقه‌ای مشابه سیکلو آلکان‌ها و غیره تقسیم می‌گردند. آلکان‌ها که آغازگر آنها متان است به ترکیبات غیر حلقوی و خطی کربن و هیدروژن اطلاق می‌شود. در آلکان‌ها تعداد اتم‌های هیدروژن نسبت به اتم‌های کربن، دو برابر به‌علاوه دو می‌باشد. برای مثال در مولکول بوتان، چهار اتم کربن و ده اتم هیدروژن وجود دارد. در آلکان‌ها، انتظار می‌رود هرچه تعداد اتم‌ها افزایش یابد، تعداد آرایش‌های ممکن اتم‌ها نیز زیادتر می‌شود. به‌تدریج که در سری آلکان‌ها پیش می‌رویم، تعداد ایزومرها در هم رده‌های متوالی به‌میزان شگفت آوری افزایش می‌یابند. برای مثال هپتان دارای نه ایزومر می‌باشد، یعنی در شیمی آلی نه ماده مختلف با ویژگی‌های گوناگون هستند که فرمول همگی آنها C_7H_{16} است. برای نامیدن ترکیبات گوناگون و پیچیده آلی از روش استاندارد آیوپاک استفاده می‌کنند. همچنین آلکن‌ها، هیدروکربن‌هایی هستند که یک پیوند دوگانه کربن با کربن (C=C) دارند. آلکن‌ها سیر نشده هستند، یعنی می‌توانند هیدروژن بگیرند و سیر شوند. آلکین‌ها نیز هیدروکربن هایی هستند که دست کم یک پیوند سه‌گانه بین دو اتم کربن دارند. نام آیوپاک کوچک‌ترین آلکین، اتین C_2H_2 است. پیش‌تر اتین به نام استیلن شناخته می‌شد به‌همین دلیل آلکین‌ها به نام استیلن‌ها نیز نامیده می‌شوند.

ب) دسته‌بندی سرمازاها

به ماده‌ای سرمازا[2] گویند که در یک چرخه گرمایی بتواند افزون بر گرفتن گرما و پس دادن آن در محل دیگر، برگشت پذیر بوده و از مایع به گاز و بالعکس تبدیل شود. استاندارد ASHRAE ۳۴ بیش از صد سرمازا را نامبرده است.

سرمازاها را از چند دیدگاه می‌توان دسته‌بندی نمود. یک دیدگاه آن در شکل ۲ــ۸ آمده است :

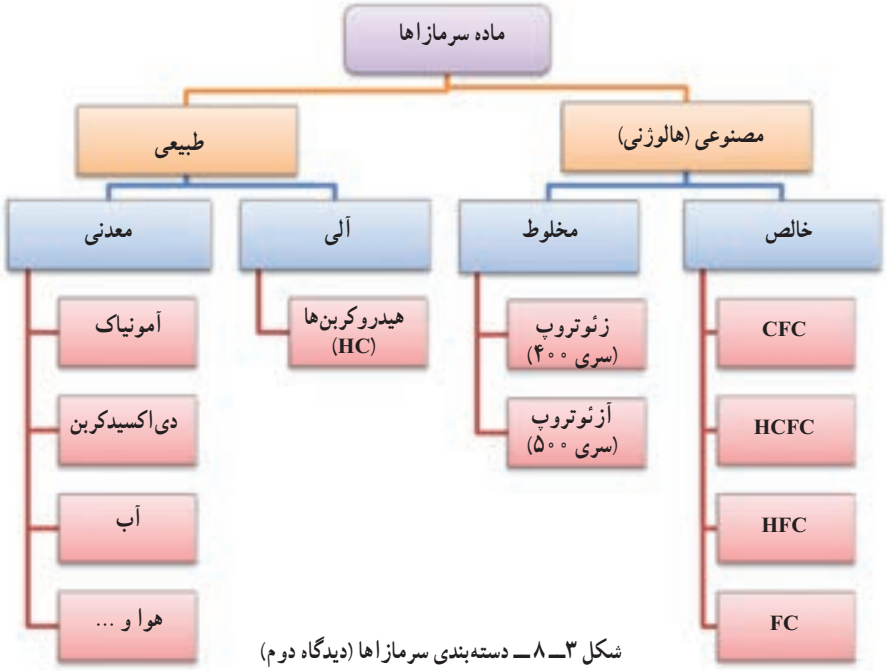


شکل ۲ــ ۸ــ دسته‌بندی سرمازاها (دیدگاه یکم)

۱ــ Organic chemistry

۲ــ Refrigerant

در شکل ۳ــ۸ همان سرمازاها را از دیدگاهی دیگر دسته‌بندی نموده است :



شکل ۳ــ۸ــ دسته‌بندی سرمازاها (دیدگاه دوم)

در این بخش به شرح دسته‌بندی از دیدگاه دوم پرداخته می‌شود :

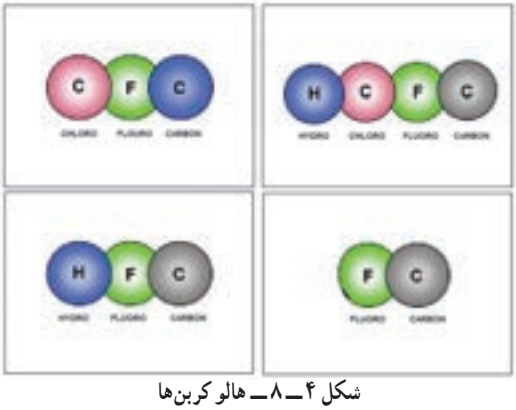
۱ــ سرمازاهای مصنوعی

این سرمازاها در طبیعت یافت نمی‌شوند و به‌صورت مصنوعی تولید می‌شوند. بیشتر این بخش را، هالوکربن‌ها (هر سرمازا که دست کم دارای یک نوع هالوژن (کلر، فلور، برم و ید) باشد) تشکیل می‌دهند و خود در دو گروه قرار دارند :

سرمازاهای خالص

سرمازاهای هالوژنی خالص از یک نوع مولکول تشکیل شده‌اند و خود در چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند :

گروه CFC : ماده تشکیل دهنده شامل کربن و فلور و کلر است. چون در ساختار این گروه فقط کربن و هالوژن‌ها قرار دارند آن را گروه هالوژنی کامل کلردار نیز می‌نامند. مانند : R ــ ۱۲



شکل ۴ــ۸ــ هالو کربن‌ها

گروه HCFC : ماده تشکیل دهنده آن شامل عناصر کربن و فلور و کلر و هیدروژن است. چون در ساختار این گروه علاوه بر کربن و هالوژن‌ها، هیدروژن نیز قرار دارد آن را گروه هالوژنی ناقص نیز می‌نامند. مانند : R ــ ۲۲

گروه HFC : ماده تشکیل دهنده آن شامل عناصر کربن و فلور و هیدروژن است. همانطور که دیده می‌شود کلر از ساختار این

گروه خارج شده است. مانند : R۱۳۴a

گروه FC : ماده تشکیل دهنده آن شامل عناصر کربن و فلور است. گاهی این گروه را PCF[۱] نیز می‌نامند. همانطور که دیده می‌شود کلر و هیدروژن از ساختار این گروه خارج شده است. آن را گروه هالوژنی کامل بدون کلر نیز می‌نامند. مانند : R۱۴

سرمازاهای مخلوط

مخلوط دو یا چند ماده سرمازا را با نسبت خاصی با یکدیگر که خود به دو گروه اصلی دسته‌بندی می‌شوند :

آزئوتروپ‌ها[۲] : آزئوتروپ‌ها از آمیختن دو یا چند سرمازا که بعد از درهم شدن یک ماده تازه را تشکیل می‌دهند که ویژگی آن ماده با هر یک از مواد تشکیل دهنده آن متفاوت است، به‌دست می‌آید. درصدهای مواد تشکیل دهنده این سرمازاها در حالت‌های گاز و مایع مساوی است. سرمازاهای سری ۵۰۰ از این دسته می‌باشند. مانند R۵۰۷ــ که ترکیبی از ۵۰ درصد R۱۲۵ــ و ۵۰ درصد R۱۳۴a ــ است.

زئوتروپ‌ها[۳] : زئوتروپ‌ها از آمیختن دو یا چند سرمازا که در فشار و دمای معین درصدهای تشکیل دهنده مواد در حالت گاز و مایع برابر نیستند، به‌دست می‌آیند. در نتیجه عمل تبخیر یا تقطیر در دمای ثابتی انجام نمی‌شود. مواد سرمازای سری ۴۰۰ از این دسته می‌باشند. مانند R۴۱۰a ــ که ترکیبی از ۵۰ درصد R۱۲۵ و ۵۰ درصد R۳۲ است.

مواد سرمازای طبیعی

مواد سرمازای آلی

هیدروکربن‌ها (HC) : ساختار اصلی این دسته را کربن و هیدروژن تشکیل می‌دهد و در بعضی از کشورها این دسته سرمازا بسیار به‌کار می‌رود. از شناخته‌ترین هیدروکربن‌هایی که در تبرید رایج می‌باشند پروپان (R۲۹۰ــ) و ایزوبوتان (R۶۰۰a ــ) می‌باشد. از ویژگی‌های این سرمازاها : اثر نامطلوب زیست محیطی کم، اشتعال پذیری بالا، راندمان زیاد، سردکنندگی خیلی خوب می‌باشد.

مواد سرمازای معدنی

آمونیاک (NH_3) : آمونیاک (R۷۱۷ــ) مهم‌ترین ترکیب هیدروژنهٔ ازت است و در طبیعت از تجزیه مواد آلی ازت‌دار بدست می‌آید. آمونیاک گازی است بی‌رنگ، با مزهٔ فوق‌العاده تند و زننده که اشک آور و خفه‌کننده است. گاز آمونیاک از هوا سبک‌تر بوده و به سهولت به‌مایع تبدیل می‌شود. آمونیاک در آب بسیار محلول بوده و نقطه ذوب آن $78^{\circ}C$- و نقطه جوش آن $34^{\circ}C$- است. آمونیاک سبب تحریکات دستگاه تنفسی، پوست و چشم شده و با آسیب رساندن به شش‌ها در اثر مواجهه با حجم زیاد این گاز می‌تواند سبب مرگ شود. آمونیاک به‌شکل نمک آمونیاک نخستین بار توسط جابر ابن حیان شیمیدان ایرانی شناخته شد.

اما آنچه جلب توجه می‌کند قیمت پایین، بازدهی بالای سیکل و ضریب انتقال گرمایی و دمای بالای بحرانی این ماده است. ضمن اینکه بی‌تأثیر بودن نسبت به نفوذ آب به سیستم و تشخیص سریع محل نشست در سیستم و حل نشدن روغن در آمونیاک از مزایای دیگر این ماده است. به‌خصوص که اثر مخرب بر ازن ندارد و اثر گرمازایی نیز ندارد.

نکات منفی در مورد آمونیاک بوی تند، سمی بودن و توانایی افروزش و انفجار و سبک‌تر از هوا بودن است.

۱ــ Perfluorocarbons ۲ــ Azeotropic blends ۳ــ Zeotropic blends

دی‌اکسید کربن (CO_2) : یکی دیگر از سرمازاهای طبیعی دی‌اکسید کربن (R_۷۴۴) است که در جو یافت می‌شود. قیمت پایین و سادگی سیستم و کارکرد با روغن معدنی و بی‌خطر بودن برای طبیعت از مزایای این ماده است. دی‌اکسید کربن دارای فشار بحرانی بالا و دمای بحرانی پایین (۳۱°C) و دمای نقطه سه‌گانه نسبتاً بالا (−۵۶°C) است.

آب : در سیستم‌های جذبی از آب (R_۷۱۸) به‌عنوان ماده سرمازا استفاده می‌شود.

هوا : گرچه استفاده از هوا (R_۷۲۹) در چرخه‌ها نسبت به‌سایر سرمازاها بهره کمتری دارد با این حال در صنایع و سردکردن کابین هواپیما از آن استفاده می‌شود.

در شکل ۵_۸ جدول مواد سرمازای خالص آورده شده است.

شکل ۵_۸ ــ جدول مواد سرمازای خالص

غیر هالوژنی		هالوژنی			
		بدون کلر		کلردار	
غیر آلی	هیدروکربن‌ها HC	هالوژنی ناقص HFC	هالوژنی کامل FC	هالوژنی ناقص HCFC	هالوژنی کامل CFC
R۷۰۲ (هیدروژن)	R۱۷۰ (اتان)	R۲۳	R۱۴	R۲۲	R۱۱
R۷۰۴ (هلیم)	R۲۹۰ (پروپان)	R۱۲۵	R۱۱۶	R۱۲۳	R۱۲
R۷۱۷ (آمونیاک)	R۶۰۰ (بوتان)	R۳۲	R۲۱۸	R۱۲۴	R۱۳
R۷۱۸ (آب)	R۶۰۰a (ایزوبوتان)	R۱۳۴a	RC۳۱۸	R۱۴۲b	R۱۳B۱
R۷۲۸ (نیتروژن)	R۱۱۵۰ (اتیلن)	R۱۴۳a			R۱۱۳
R۷۳۲ (اکسیژن)		R۱۵۲a			R۱۱۴
R۷۴۰ (آرگون)		R۲۲۷			R۱۱۵
R۷۴۴ (CO_2)					
R۷۶۴ (SO_2)					

۳_۸ــ سرمازاها و محیط زیست

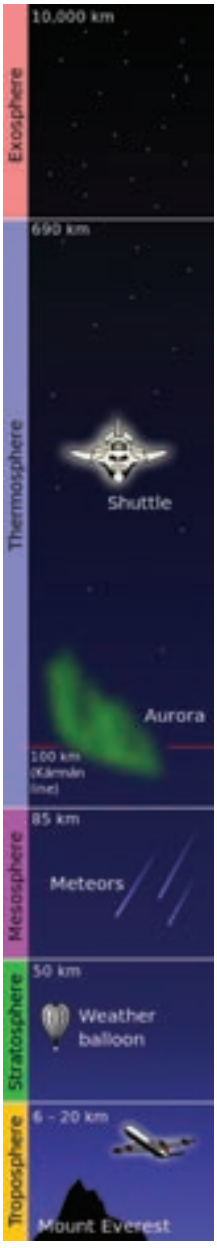
روش آموزش

هنرآموزان محترم در این بخش برای اینکه روشن شود سرمازاها چه تأثیری بر محیط زیست دارند بهتر است در آغاز به لایه ازن و سرمازاها که در برگیرنده چهار موضوع لایه ازن، پتانسیل تخریب لایه ازن، رویه تخریب لایه ازن و پروتکل مونترال است پرداخته شود.

در بخش بعدی به گرم شدن زمین و سرمازاها که خود دربرگیرنده سه موضوع گازهای گلخانه‌ای، توان گرم کردن زمین و پروتکل کیوتو است اشاره شود.

دانش افزایی

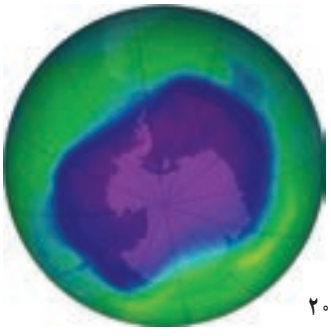
الف) لایه ازن : گاز ازن (O_3) یکی از شکل‌های گاز اکسیژن است. این گاز را شیمیدان آلمانی به نام کریستین فردریش شونبین[1] کشف و نام آن را از واژه‌ای یونانی به معنی «بو» گرفته است. علت این نام‌گذاری این است که بعد از آذرخش و باران بوی مطبوعی در هوا می‌پیچد که دلیل آن وجود گاز ازن است. این گاز در اثر برخورد پرتوهای فرابنفش یا آذرخش به مولکول‌های اکسیژن و تجزیه آن به دو اتم اکسیژن و در نتیجه ترکیب یک اتم با یک مولکول ایجاد می‌شود. در لایه استراتوسفر زمین گاز ازن قرار دارد. لایه ازن با غلظت بالایی از مولکول‌های ازن تشکیل شده است و در سال ۱۹۱۳ توسط دو فیزیک‌دان فرانسوی به نام‌های چارلز فابری و هنری بویسون کشف شد. چنانچه از فضا به زمین نگاه شود این لایه به‌شکل یک نوار آبی نازک قابل مشاهده است. علت قرار گرفتن این گاز در این لایه این است که در بالای ازن ذراتی وجود دارند که آنها را شبه عناصر می‌نامند. در حالت طبیعی زمین ذرات بسیار ریزی را از خود تولید می‌کند که این ذرات سبک‌تر از گاز ازن می‌باشد. خورشید نوعی موج ویژه دارد که پس از برخورد با زمین تا قسمت بیرونی لایهٔ ازن منعکس می‌گردد و دقیقاً در مرز انعکاس این امواج، ذرات مذکور در لایه‌ای حدود سه تا چهار کیلومتر تشکیل می‌شوند. این ذرات به‌صورت محافظ، از ازن نگهداری می‌کنند. این لایه با جذب ۹۷ تا ۹۹ درصد پرتوهای فرابنفش خورشید، زندگی را بر روی زمین ممکن می‌سازد. لایهٔ ازن از پرتوهای پر انرژی فرابنفش را جذب کرده و آنها را به‌شکل پرتوهای فروسرخ درمی‌آورد و به سطح زمین می‌فرستد.



شکل ۶ــ۸ــ لایه‌های آتمسفر

از نیمه اول قرن بیستم، فعالیت انسان روی زمین موجب بروز ضایعاتی در لایه ازن شده و به‌نظر می‌رسد که زندگی روی کره زمین در معرض مخاطره قرار گرفته است. در واقع انسان ناخواسته هوا را با مواد شیمیایی آلوده می‌کند و سپر حفاظتی خود را از بین می‌برد. لایه ازن را می‌توان با کاتالیزور رادیکال‌های آزاد، از جمله اکسید نیتریک (NO) ، اکسید نیتروژن (N_2O) ، هیدروکسید (OH) ، اتم کلر (Cl) ، و اتم برم (Br) از بین برد. در سال‌های اخیر با توجه به پخش مقادیر زیادی از ترکیبات هالوژن‌های ساخته شده به‌ویژه کلروفلوروکربن‌ها (CFCs) و برموفلوروکربن‌ها لایه ازن تندتر در حال از بین رفتن است. این ترکیبات بسیار پایدار می‌باشند که در آن کلر و برم آزاد توان شکستن بیش از یکصد هزار مولکول ازن را دارند.

پس از استفاده از کلروفلوروکربن‌ها، این ترکیبات به استراتوسفر راه یافتند و عناصر کلر و برم موجود در آنها طی واکنش‌های شیمیایی موجب تخریب تدریجی لایهٔ ازن شدند. به‌ویژه ضخامت لایهٔ ازن بر فراز قطب جنوب به‌شدت کاهش یافته است. (شکل ۷ــ۸)



شکل ۷ــ۸ــ شکاف لایه ازن در قطب جنوب سال ۲۰۰۶

۱ــ Christian Friedrich Schönbein (1799–1868)

سطح ازن با تغییر فصل‌ها، وزش باد و تغییرات خورشید نیز تغییر می‌یابد. حدود ۱۰درصد مولکول‌های ازن در تروپوسفر (پایین‌ترین لایه آتمسفر) است. توجه داشته باشید که گرچه لایه ازن در استراتوسفر مفید است ولی ازن در تروپوسفر آلاینده به‌شمار می‌آید و آسیب‌هایی به بافت‌های جانوری و گیاهی می‌رساند.

ب) پتانسیل تخریب لایه ازن[1] (ODP) : ODP یک شاخص برای سنجش ویرانگری لایه ازن توسط مواد گوناگون می‌باشد. این معیار یک مقدار نسبی است که نسبت به ماده سرمازای ۱۱ــCFC سنجیده می‌شود. پس ماده ۱۱ــCFC با ODP برابر یک تعریف می‌شود و سایر مواد با توجه به این نقطه مرجع محاسبه می‌شوند. بنابراین چنانچه ODP یک ماده ۰/۲ باشد به این مفهوم است که این ماده یک پنجم بدی ۱۱ــCFC را در تخریب لایه ازن دارد. در نتیجه ODP به‌شکل زیر محاسبه می‌شود :

$$ODP = \frac{\text{Global loss of Ozone due to X}}{\text{Global loss of Ozone due to CFC}-۱۱}$$

پس ODP نسبت از دست دادن جهانی ازن توسط ماده X به از دست دادن جهانی ازن توسط ۱۱ــCFC است.

همانگونه که می‌دانیم مولکول ویرانگر پس از یک بار ویرانگری یک مولکول ازن از بین نمی‌رود و ما باید عامل زمان را نیز در معادله دخالت دهیم. اما چنانچه بازهٔ زمانی را در تخریب لایه ازن دخالت دهیم معادله به‌شکل زیر است :

$$ODP(X,T) = \frac{\text{loss of Ozone due to X over time period T}}{\text{loss of Ozone due to CFC}-۱۱\text{over time period T}}$$

در این حالت ODP نسبت از دست دادن ازن به‌علت ماده X در مدت زمان T به از دست دادن ازن با توجه به ۱۱ــCFC در مدت زمان T است. در جدول شکل ۸ــ۸ مقدار ODP چند ماده در چندین سال و در حالت پایدار آمده است :

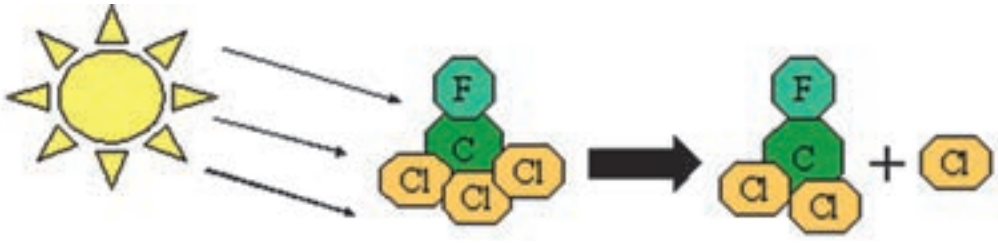
شکل ۸ــ۸ــ جدول ODP چند ماده

		ODP			
		۱۰سال	۳۰سال	۱۰۰سال	حالت پایدار
CFC_۱۱۳	$CF_2ClCFCl_2$	۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۷۸	۱/۱۰
Carbon tetrachloride	CCl_4	۱/۲۵	۱/۲۲	۱/۱۴	۱/۰۸
methyl chloroform	CH_3CCl_3	۰/۷۵	۰/۳۲	۰/۱۵	۰/۱۲
HCFC_۲۲	CHF_2Cl	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۵
Halon_۱۳۰۱	CF_3Br	۱۰/۴	۱۰/۷	۱۱/۵	۱۲/۵

پ) رویه ویرانی لایه ازن : همانطور که توضیح داده شد هالوژن‌ها یکی از مواد ویرانگر لایه ازن[2] (ODS) می‌باشند. یک نمونه از ترکیب ماده سرمازای ۱۱ــR به‌شکل ۹ــ۸ خواهد بود :

۱ــ Ozone Depletion Potential

۲ــ Ozone Depleting Substances



UV rays strike CFC molecules, cansing a Cl to break away

Lone Cl strikes ozone, leaving chlorine monoxide & oxygen molecule, which results in a loss of ozone

شکل ۹ــ۸ــ ویرانی ازن با کلر

همان‌گونه که دیده می‌شود :

۱ــ اتم کلر از R ــ۱۱ با تابش پرتوهای فرابنفش آزاد می‌شود.

۲ــ اتم کلر با مولکول ازن که ناپایدار است برخورد کرده و ضمن ساخت کلرومونواکسید یک مولکول اکسیژن نیز می‌سازد.

۳ــ کلرومونواکسید با یک مولکول ازن دیگر برخورد کرده و ضمن آزاد سازی کلر دو مولکول اکسیژن نیز می‌سازد.

$$ClO + O_3 \rightarrow Cl + 2O_2$$

همان‌طور که دیده می‌شود در این فرایند کلر همچنان باقی می‌ماند تا دست کم یکصد هزار مولکول ازن را از بین ببرد.

ت) کنوانسیون وین و پروتکل مونترال : به‌دنبال کشف حفره ازن در سال ۱۹۸۵ کنوانسیون وین برای حفاظت از لایه ازن توسط سازمان ملل متحد و دیگر کشورهای جهان تدوین گردید. این کنوانسیون را ۲۸ کشور امضا کردند. گرچه این کنوانسیون به‌طور عمده توسط کشورهای پیشرفته به امضا رسید و دربرگیرنده هیچ اقدام کنترلی بین‌المللی نبود با این همه یک نقطه عطف به‌شمار می‌رود. در حقیقت این کنوانسیون نخستین موافقت‌نامه بین‌المللی برای ایجاد زمینه همکاری‌های علمی و فنی برای حفاظت از لایه ازن می‌باشد. این کنوانسیون زمینه تشکیل دومین ساختار حقوقی بین‌المللی برای اقدامات حفاظتی از لایه ازن (مونترال) را به‌وجود آورد.

دو سال پس از کنوانسیون وین، در سال ۱۹۸۷ طرح‌های مذاکره کننده بین‌المللی برای بحث و تبادل نظر درباره تعهدات محکم‌تر بین‌المللی برای CFCها و حفاظت از لایه ازن در مونترال گردهم آمدند. در حقیقت پروتکل مونترال، به‌عنوان مکمل کنوانسیون وین بوده و نخستین اقدام کنترلی بین‌المللی در مورد مواد از بین برنده لایه ازن در آن پیش‌بینی شده است.

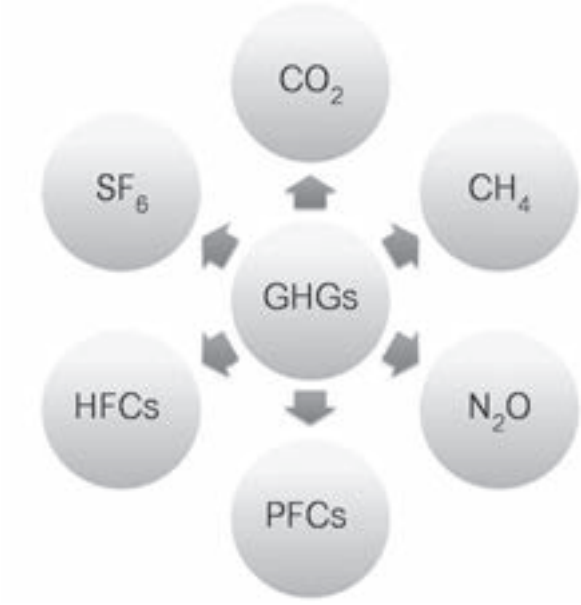
پروتکل مونترال اولین معاهده بین المللی بود که تعهدات متفاوتی را برای کشورهای در حال توسعه و پیشرفته در نظر گرفت.

این امر یک موفقیت مهم در صحنه بین‌المللی به‌شمار می‌رفت. زیرا شرایط خاص کشورهای در حال توسعه را شناسایی و مورد توجه قرار داده است. براساس این پروتکل، ابتدا کشورهای پیشرفته ملزم به کاهش انتشار CFCها به‌میزان ۵۰ درصد تا سال

۲۰۰۰ شدند. پروتکل مونترال تاکنون چندین بار اصلاح و تعدیل شده است که تغییرات آن بدین شرح می‌باشد : الحاقیه لندن (۱۹۹۰)، الحاقیه کپنهاگ (۱۹۹۲) ، تطبیقات وین (۱۹۹۵) و الحاقیه‌های مونترال (۱۹۹۷).

ایران نیز در سال ۱۹۹۰ (۱۳۶۹) به‌عضویت کنوانسیون وین درآمده و یکی از اعضای امضاکنندگان پروتکل مونترال می‌باشد. قوانین (راهکارهای) ملی و بین‌المللی مربوط به حفاظت از محیط زیست بنا به اهمیت موضوع حفاظت از محیط زیست، اصل ۵۰ قانون اساسی ایران و برنامه‌های توسعه همگی تأکید بر جلوگیری از اختلالات زیست محیطی شهری و روستایی دارند. علاوه برآن، قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست (مصوب ۱۳۵۳/۳/۲۸ و اصلاحیه ۱۳۷۱/۸/۲۴) در ۲۱ ماده و چندین تبصره، راهکارهایی را برای کنترل محیط و جلوگیری از تخریب آن ارائه داده است و این مهم را از وظایف سازمان حفاظت محیط زیست دانسته است. این قانون بر ماده نهم تأکید دارد؛ بر اینکه «اقدام به هر عملی که موجبات آلودگی محیط زیست » را فراهم نماید، ممنوع است. منظور از آلوده ساختن محیط زیست عبارتست از پخش یا آمیختن مواد خارجی به آب یا هوا یا زمین به‌میزانی که زیان‌آور به‌حال انسان یا سایر موجودات زنده و یا گیاهان و ... می‌باشد. آنچه که در این قانون (ماده ۱۵) پیش‌بینی شده، این است که مأمورین سازمان حفاظت محیط زیست ضابطین دادگستری محسوب می‌شوند که نشان‌دهنده اهمیت موضوع است.

شکل ۱۰ــ۸ــ نتیجه پروتکل مونترال



شکل ۱۱ــ۸ــ چند گاز گلخانه‌ای

ث) گاز گلخانه‌ای[1] : یک گاز گلخانه‌ای (GHG) گازی است که پرتوهایی که در محدوده فروسرخ در آتمسفر قرار دارند را جذب و پخش می‌کند. بخار آب (H_2O) ، دی‌اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4) و ازن (O_3) از مؤثرترین گازهای گلخانه‌ای هستند شکل (۱۱ــ۸). علاوه برگازهای نام‌برده، اکسیددی‌نیتروژن (N_2O)[2]، هیدروفلوروکربن‌ها (HFCs)، کلروفلوروکربن‌ها (CFCs)، هیدروکلروفلوروکربن‌ها (HCFCs) و پرفلوروکربن‌ها (PFCs) نیز از جمله این گازها می‌باشند.

۱ــ GreenHouse Gas

۲ــ گاز (N_2O) را نباید با گازهای (NO_x) مانند دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) و مونواکسید نیتروژن (NO) که تولید باران‌های اسیدی می‌کنند اشتباه گرفت.

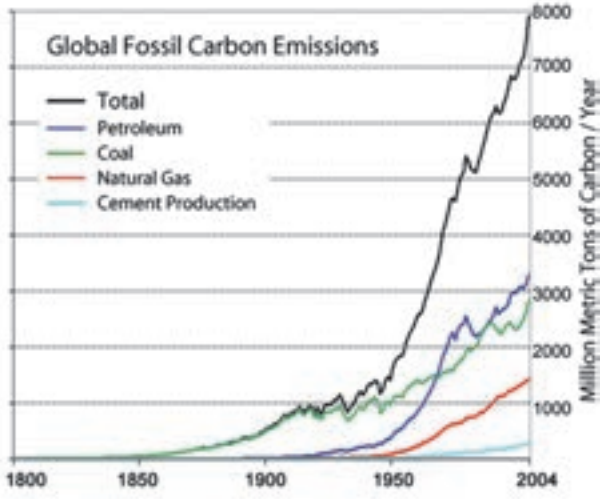
گازهای گلخانه‌ای تا حد زیادی بر دمای زمین تأثیر می‌گذارند، بدون آنها، سطح زمین به‌طور متوسط در حدود ۳۳ درجه سلسیوس سردتر از حال حاضر می‌بود. (دمای زمین به‌طور متوسط در حال حاضر ۱۴ درجه سلسیوس است.) با وجودی که نمی‌توان به‌طور دقیق مشخص کرد که سهم هرکدام از این گازها در اثر گلخانه‌ای زمین چقدر است با این حال در جدول شکل ۱۲ــ۸ جدول تقریبی سهم هرکدام از گازها در فرایند گلخانه‌ای آورده شده است.

شکل ۱۲ــ۸ــ جدول سهم هرکدام از گازها در فرایند گلخانه‌ای

نام گاز	فرمول شیمیایی	سهم گاز در اثر گلخانه‌ای (درصد)
بخار آب	H_2O	۳۶ـ۷۲
کربن دی‌اکسید	CO_2	۹ـ۲۶
متان	CH_4	۴ـ۹
ازن	O_3	۳ـ۷

بخار آب یک «گاز طبیعی گلخانه‌ای» است و بالاترین نقش را در اثر گلخانه‌ای ایفا می‌کند. میزان غلظت بخار آب در منطقه‌های گوناگون در نوسان است، توجه داشته باشید که نقش انسان در تولید بخار آب ناچیز است.

از آغاز انقلاب صنعتی با افزایش به‌کارگیری انسان از سوخت‌های فسیلی مقدار دی‌اکسید کربن در آتمسفر از ۲۸۰ppm[۱] به ۳۹۷ppm رسیده است. در شکل ۱۳ــ۸ نیز نمودار رشد انتشار سوخت‌های کربنی در آتمسفر را برحسب میلیون تن در سال می‌بینید.



شکل ۱۳ــ۸ــ نمودار رشد انتشار سوخت‌های کربنی

۱ــ Parts Per Million

با توجه به نوع گاز گلخانه‌ای «زمان ماندگاری در جو[۱]» برای هر گاز متفاوت است. گذشته از بخار آب که در نزدیک سطح زمین زمان ماندگاری مشخصی دارد، بیشتر گازهای گلخانه‌ای مدت طولانی می‌گذرد تا جو زمین را ترک کنند. کار آسانی نیست که به‌طور دقیق پی ببریم چه مدتی طول می‌کشد، زیرا جو یک سیستم بسیار پیچیده است. اما برآوردهایی از مدت ماندن آنها وجود دارد که در ستون سوم جدول شکل ۱۴ــ۸ آمده است.

ج) توان گرم کردن زمین[۲] (GWP) : GWP یک اندازه نسبی است که نشان دهنده میزان گرمای به‌دام افتاده توسط گازهای گلخانه‌ای در جو زمین است. مبنای اندازه‌گیری GWP، گاز CO_2 است. با این شکل که ابتدا گرمای به‌دام افتاده توسط دی‌اکسیدکربن را در یک جرم و زمان مشخص محاسبه کرده و گرمای به‌دام افتاده با همان جرم و زمان را نسبت به آن اندازه می‌گیرند. GWP در بازه زمانی ۲۰ و ۱۰۰ و ۵۰۰ سال اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین GWP دی‌اکسید کربن در هر حالت یک است. در جدول شکل ۱۴ــ۸ مقدار GWP برای چند ماده آمده است. زمانی که ما می‌گوییم GWP گاز HCFC_۲۲ در ۲۰ سال ۵۱۶۰ می‌باشد، بدین معنی است که این گاز ۵۱۶۰ مرتبه بیشتر از دی‌اکسیدکربن در این مدت و در جرم برابر گرما را به دام می‌اندازد.

شکل ۱۴ــ۸ــ جدول GWP چند گاز و زمان ماندگاری آنها

نام گاز	فرمول شیمیایی	زمان ماندگاری	GWP		
			۲۰ سال	۱۰۰ سال	۵۰۰ سال
Carbon dioxide	CO_2		۱	۱	۱
Methane	CH_4	۱۲	۷۲	۲۵	۷/۶
Nitrous oxide	N_2O	۱۱۴	۲۸۹	۲۹۸	۱۵۳
CFC_۱۲	CCl_2F_2	۱۰۰	۱۱۰۰۰	۱۰۹۰۰	۵۲۰۰
HCFC_۲۲	$CHClF_2$	۱۲	۵۱۶۰	۱۸۱۰	۵۴۹
HFC_۲۳	CHF_3	۲۷۰	۱۱۰۰۰	۱۴۸۰۰	۱۲۲۰۰
HFC_۱۳۴a (hydrofluorocarbon)	CH_2FCF_3	۱۴	۳۸۳۰	۱۴۳۰	۴۳۵
Tetrafluoromethane_R۱۴	CF_4	۵۰۰۰۰	۵۲۱۰	۷۳۹۰	۱۱۲۰۰
Hexafluoroethane_R۱۱۶	C_2F_6	۱۰۰۰۰	۸۶۳۰	۱۲۲۰۰	۱۸۲۰۰
Sulfur hexafluoride	SF_6	۳۲۰۰	۱۶۳۰۰	۲۲۸۰۰	۳۲۶۰۰
Nitrogen trifluoride	NF_3	۷۴۰	۱۲۳۰۰	۱۷۲۰۰	۲۰۷۰۰

چ) کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا (تغییرات اقلیمی) و پروتکل کیوتو : کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا (تغییرات اقلیمی) در سال ۱۹۹۲ با هدف ثابت نگه داشتن مقدار گازهای گلخانه‌ای تشکیل شد. این معاهده در هر کشور دارای یک مجری طرح ملی است. ایران از سال ۱۹۹۶ به عضویت این کنوانسیون درآمد و دفتر

۱ــ Atmospheric Lifetime ۲ــ Global Warming Potential

طرح ملی تغییرات آب و هوایی، این مسئولیت را به عهده داشته و با همکاری برنامه عمران ملل متحد و برنامه محیط زیست ملل متحد، طرح‌های مشترکی را در خصوص تغییرات آب و هوا انجام می‌دهد.

تا کنون سه کنفرانس بین‌المللی در زمینه نحوه اجرای تعهدات کنوانسیون تغییرات آب و هوا توسط کشورهای مختلف به ترتیب در برلن، سال ۱۹۹۵، در ژنو، سال ۱۹۹۶ و در سال ۱۹۹۷ در کیوتو تشکیل شده است.

در پروتکل کیوتو برنامه زمان بندی شده کمّی، برای کشورهای توسعه یافته صنعتی در قرن ۲۱ به‌ویژه در دهه‌های اول آن برای کاهش گازهای گلخانه‌ای وضع شده است. به‌عبارتی تعیین اهداف کمّی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مدت زمانی مشخص محور اصلی این نشست را تشکیل می‌دهد. همچنین شناسایی سیاست‌ها و اقدامات برای دستیابی به این هدف و تداوم اجرای این تعهدات از دیگر محورهای این پروتکل بودند.

۴ــ۸ــ شماره‌گذاری سرمازاها برابر استاندارد ASHRAE ۳۴

روش آموزش

روش شماره‌گذاری که در کتاب آمده به‌صورت چکیده است و بهتر است روشی که در دانش افزایی این بخش آمده است به‌کار گرفته شود.

دانش افزایی

سرمازاها را می‌توان همان‌گونه که در نمودار دسته‌بندی سرمازاها دیده شد، برابر استاندارد ۳۴ ASHRAE شماره‌گذاری نمود.

۱ــ شماره‌گذاری سرمازاهای هالوژنی خالص: R ــ nXYZ

ــ در شروع آن حرف R که نشانه سرمازا است آورده می‌شود.

ــ سپس یک عدد چهار رقمی در جلوی آن می‌آید.

ــ اولین حرف از سمت راست تعداد فلور است. Z=F

ــ دومین حرف از سمت راست تعداد هیدروژن‌ها به‌اضافه یک است. Y=H+۱

ــ سومین حرف از سمت راست تعداد کربن منهای یک است. X=C−۱

ــ چهارمین عدد از سمت راست تعداد پیوندهای کربن سیرنشده[۱] می‌باشد.

R ــ (تعداد پیوندهای کربن سیرنشده) (C−۱) (H+۱) (F)

ــ چنانچه در ساختار آن از برم Br استفاده شده باشد حرف B و تعداد اتم برم در جلوی آن نوشته می‌شود.

ــ چنانچه سرمازا چند ایزومر داشته باشد در حالت ساختار متقارن هیچ حرفی جلوی آن نوشته نمی‌شود و در سایر حالت‌ها، حرف‌های a و b و c نوشته می‌شود. (مانند R ــ ۱۳۴a)

ــ البته بهتر است با توجه به اثر تخریب کنندگی کلر در لایه ازن به‌جای حرف R نوع سرمازا را نوشت. (مانند CFC ــ ۱۲ یا HCFC ــ ۲۲ یا HFC ــ ۱۳۴a)

مثال ۱ : سرمازای $CBrClF_2$ را شماره‌گذاری کنید.

R ــ (تعداد پیوندهای کربن سیرنشده) (C−۱) (H+۱) (F) →

R ــ (۰) (۱−۱) (۰+۱) (۲) → R ــ ۱۲B۱

۱ــ پیوندهای دو گانه و سه‌گانه، پیوندهای سیرنشده (غیر اشباع) نامیده می‌شوند و از نظر شیمیایی کاملاً واکنش‌پذیر می‌باشند.

مثال۲ : سرمازای $CH_2=CH_2$ را شماره‌گذاری کنید.

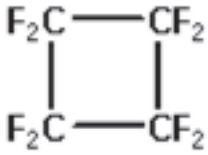
همان‌گونه که مشخص است یک پیوند کربن سیرنشده است :

$R_nXYZ \rightarrow R_۱(۲-۱)\,(۴+۱)\,(۰) \rightarrow R_۱۱۵۰$

مثال۳ : سرمازای $CH_2=CHF$ را شماره‌گذاری کنید.

همان‌گونه که مشخص است یک پیوند کربن سیرنشده است :

$R_nXYZ \rightarrow R_۱(۲-۱)\,(۳+۱)\,(۱) \rightarrow R_۱۱۴۱$



مثال۴ : سرمازای C_4F_8 (Octafluorocyclobutane) با ساختار نشان داده شده را شماره‌گذاری کنید.

$R_nXYZ \rightarrow R_۰(۴-۱)\,(۰+۱)\,(۸) \rightarrow R_C۳۱۸$

همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است ساختار مولکول آن به‌صورت حلقوی است و این ساختار را سیکلو می‌نامند و چون ساختار آن حلقوی است حرف C را اضافه می‌کنیم. بنابراین شماره کامل آن : R_C۳۱۸ است.

۲ــ شماره‌گذاری سرمازاهای هالوژنی مخلوط :

برای این نوع سرمازاها زئوتروپ‌ها را با سری ۴xx و آزئوتروپ‌ها را با سری ۵xx نشان می‌دهند. (مانند R_۴۰۷ و R_۵۰۲)

۳ــ شماره‌گذاری سرمازاهای آلی :

سرمازاهای آلی سری متان، اتان و پروپان را همانند سرمازاهای هالوژنی خالص شماره‌گذاری می‌کنند و سایر آنها را با ۶xx شماره‌گذاری می‌کنند (مانند بوتان C_4H_{10} که با شماره R_۶۰۰ مشخص می‌شود).

مثال : پروپان C_3H_8 را شماره‌گذاری کنید.

$R_nXYZ \rightarrow R_۰(۳-۱)\,(۸+۱)\,(۰) \rightarrow R_۲۹۰$

۴ــ شماره‌گذاری سرمازاهای طبیعی معدنی :

سرمازاهای معدنی نیز با ۷xx شماره‌گذاری می‌شوند. XX نشانه جرم مولکولی آن سرمازا است.

مثال : سرمازای CO_2 را شماره‌گذاری کنید.

$C=۱۲\,,\,O=۱۶ \rightarrow ۱۲+۲\times۱۶=۴۴ \rightarrow R_۷۴۴$

مثال : گاز N_2O را شماره‌گذاری کنید.

$N=۱۴\,,\,O=۱۶ \rightarrow ۲\times۱۴+۱۶=۴۴ \rightarrow R_۷۴۴ \rightarrow R_۷۴۴A$

چون شماره این گاز نیز R_۷۴۴ شد برای پیشگیری از اشتباه آن با CO_2 آن را R_۷۴۴A می‌نامند.

شماره‌گذاری سرمازاهایی که در این بخش آورده شد براساس استاندارد ۳۴ ASHRAE است و در استانداردهای دیگر، روش‌های دیگری و گازهای دیگری وجود دارد، مانند گازهای پیشنهادی دانشگاه انرژی مسکو؛ برای مثال CM۱ که جایگزین R_۱۲ معرفی شده است.

۵ــ۸ــ سرمازای خوب

روش آموزش

در آغاز به ویژگی‌های فیزیکی یک سرمازای خوب اشاره می‌شود و سپس به موضوع زیست محیطی آن اشاره می‌کنیم.

دانش افزایی

در نگاه آغازین چشم‌داشت ما از یک سرمازای خوب این است که :

ــ سمی نباشد.

ــ آتش نگیرد و منفجر نشود. (حتی پس از درهم شدن با هوا)

ــ خورنده نباشد.

ــ نشتی آن به آسانی قابل تشخیص باشد.

ــ نقطه جوش آن پایین باشد.

ــ با روغن درهم شده و باز از آن جدا شود.

ــ گرمای نهان آن بالا باشد. (هرچه گرمای نهان سرمازا بالاتر باشد به‌مقدار کمتری سرمازا نیاز است.)

ــ دمای بحرانی آن بالا باشد. (برای آنکه سرمازا در دماهای بالا، در فاز بخار پایدار بماند.)

ــ بازده آن بالا باشد. (بازده بالای سرمازا توان مورد نیاز کمپرسور را برای فشرده کردن کاهش داده و ضریب عملکرد چرخه سردسازی را افزایش می‌دهد.)

ــ حجم ویژه آن پایین باشد. (هرچه حجم ویژه سرمازا کمتر باشد دستگاه‌ها کوچک‌تر خواهند شد.)

ــ هادی الکتریسیته نباشد.

ــ با روغن ترکیب شیمیایی نشود و... .

در زیر چند مورد پیش‌گفته توضیح داده می‌شود :

۱ــ سمّیت[1]

سمیّت و توانایی افروزش دو نمایه کلیدی برای نشان دادن درجه ایمنی یک ماده سرمازا هستند. در استاندارد ASHRAE۳۴ این دو نمایه به صورت نسبی در جدول شکل ۱۵ــ۸ آمده است.

شکل ۱۵ــ۸ــ جدول نمایه نسبی سمیت و توانایی افروزش

	کمترین درجه سمی بودن	بیشترین درجه سمی بودن
بیشترین درجه افروزش	A۳	B۳
کمترین درجه افروزش	A۲	B۲
بدون توانایی افروزش	A۱	B۱

۱ــ Toxicity

۲ــ توانایی افروزش

دومین معیار کلیدی برای سنجش سطح ایمنی ماده سرمازا، توانایی افروزش آن ماده است. آب را به‌عنوان یک ماده غیر قابل آتش‌گیر و پروپان (R_۲۹۰) را با توانایی افروزش زیاد در نظر بگیرید. به‌هرحال هر ماده‌ای با توجه به‌شرایطی که در آن وجود دارد ممکن است، بسوزد. آنچه برای سوختن یک ماده مورد نیاز است متفاوت است. یک کاغذ ممکن است در دمای اتاق با یک شعله بسوزد و یا می‌تواند بدون شعله در دمای ۲۳۳ درجه سلسیوس خودبه‌خود آتش بگیرد. توانایی افروزش مواد سرمازا در سه رده دسته‌بندی می‌شوند.

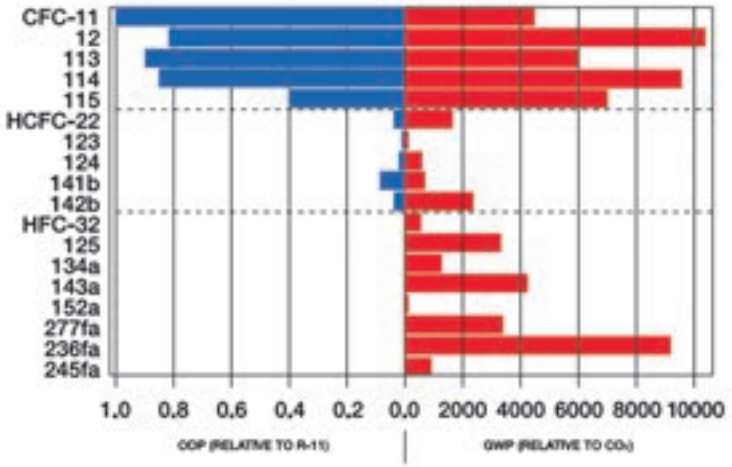
۳ــ بازده

گاهی دیده می‌شود که مفهوم بازده ماده سرمازا با ضریب عملکرد سیستم به اشتباه گرفته شده است. ضریب عملکرد مربوط به کل سیستم می‌باشد و پارامترهای زیادی روی آن تأثیر می‌گذارد. در ضریب عملکرد موارد مختلفی از جمله بازده‌های کمپرسور، موتور، اواپراتور، کندانسر، مواد به‌کار رفته، طراحی سیستم و ... تأثیرگذارند. ولی در بازده ماده سرمازا مواردی همچون روش انتقال ماده، خاصیت هدایت گرمایی، سرعت صوت و مواردی از این قبیل دخالت دارند.

کدام سرمازا بهتر است؟ در پاسخ، قبل از پرداختن به ترموفیزیکی چنانچه به‌مسائل زیست محیطی اهمیت دهیم، باید ابتدا بگوییم که «**سرمازایی که از پروتکل‌های مونترال و کیوتو پیروی کند**».

اما همان‌گونه که دیدیم پس از پروتکل مونترال و الحاقیه آن به‌کارگیری سرمازاهای CFC و HCFC به‌دلیل وجود کلر در آنها ممنوع شد و پس از پروتکل کیوتو نیز به‌کارگیری HFCها در یک برنامه زمان‌بندی شده باید ممنوع شود.

به شکل ۱۶ــ۸ نگاه کنید از دیدگاه شما کدام سرمازا بهتر است؟



شکل ۱۶ــ۸ــ مقایسه ODP و GWP چند سرمازا

چنانچه بخواهیم بهترین سرمازا را از دیدگاه زیست محیطی شناسایی کنیم باید به سرمازاهای طبیعی بازگشت کنیم که هم ODP و هم GWP آنها صفر و یا بسیار کم است. یک بار دیگر چکیده‌ای از ویژگی‌های چند سرمازاهای طبیعی را بازگو می‌کنیم :

ــ دی‌اکسیدکربن : غیر قابل افروزش، غیر سمی، ارزان و به‌طور گسترده‌ای در دسترس، فشار کار بالا و GWP کم

ــ هیدروکربن‌های ساده (HC_S) : توانایی افروزش بالا، سمی، ODP صفر، GWP ناچیز، جایگزین مناسبی برای هالوکربن‌ها، سازگار با مس، توانایی درهم شدن با روغن‌های معدنی، صرفه‌جویی در انرژی نسبت به‌سایر سرمازاها تا ۲۰ درصد با توجه به جرم

مولکولی کم وفشار بخار، کاهش‌دهنده اسیدهای تشکیل شده همچنین قابل استفاده در سردکن‌های خانگی و تهویه مطبوع می‌باشند. همان‌گونه که می‌دانیم بیشتر سرمازاها توانایی افروزش دارند اما نقطه خودسوزی آنها متفاوت است. نقطه خودسوزی R_۲۲ برابر ۶۳۰ درجه سلسیوس و R_۱۲ برابر ۷۵۰ درجه و R_۱۳۴a برابر ۷۴۰ و R_۲۹۰ برابر ۴۶۵ و R_۶۰۰a برابر ۴۷۰ درجه می‌باشد.

همچنین بیشتر هیدروکربن‌های ساده نیاز به دو تا ده درصد هوا داشته تا بسوزند. از طرفی چنانچه هیدروکربن‌ها بسوزند، محصولات آن بخار آب و دوده کربن است. ولی چنانچه هالوکربن‌ها بسوزند نتیجه آن دود بسیار سمی است.

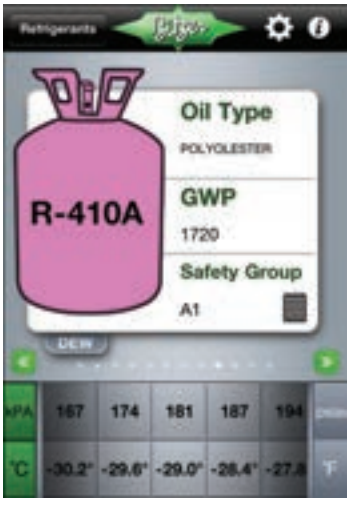
ـ آمونیاک : ODP و GWP صفر، ویژگی‌های ترمودینامیکی عالی (جرم مولکولی کوچک، گرمای نهان زیاد، چگالی بخار بالا و ویژگی‌های انتقال گرمای بسیار خوب) ، دمای بحرانی بالا (۱۳۲ درجه سلسیوس) ، عدم سازگاری با مس، در صورت نشت بوی تند آن باعث تشخیص نشت می‌شود و قبل از رسیدن به غلظت‌های خطرناک می‌توان آن را برطرف نمود.

همچنین چون جرم آن کمتر از هوا است به تندی بالا رفته و باعث مسمومیت نمی‌شود. همچنین قیمت آن به نسبت ارزان است.

۶ـ۸ـ کد رنگی سرمازاها

تحقیق

از هنرجویان بخواهید که یکی از نرم افزارهایی که برروی کامپیوتر یا تلفن همراه قابل نصب می‌شود را یافته و نصب نمایند.



شکل ۱۷ـ۸ـ نمونه نرم افزار مربوط به یک سرمازا که برروی گوشی تلفن همراه نصب می‌شود.

شکل ۱۸ـ۸ـ رنگ سیلندرهای سرمازاهای مصنوعی

۷ـ۸ـ سرمازاهای کرایوژنیک[۱]

کلمه کرایو (cryo) به معنی سرد و از واژه یونانی کرایوس به‌معنی سرد و یخ‌زده گرفته شده است. در علم فیزیک پژوهش روی تولید سرما در دماهای پایین را کرایوژنیک گویند. بنابراین می‌توان کرایوژنیک را به‌معنای سرماپژوهی شناخت. اما در مورد دامنه

۱ـ Cryogenics

دمای کرایوژنیک دیدگاه‌های گوناگونی مطرح است. دمای کرایوژنیک مرز بین پایان تبرید[۱] و کرایوژنیک است. بیشتر دانشمندان این مرز را ۱۵۰- درجه سلسیوس یا ۱۲۳ کلوین می‌شناسند. گروهی از مراکز دیگر این دما را ۱۸۰- یا ۹۳ کلوین فرض می‌کنند. این عدد منطقی‌تر به‌نظر می‌رسد چرا که نقطه جوش بیشتر گازهای کرایوژنیک مانند هلیم، هیدروژن، نئون، نیتروژن، اکسیژن و هوا زیر ۱۸۰- است در حالی که نقطه جوش فریون‌ها و سرمازاهای رایج بالاتر از ۱۸۰- است.

۸ــ۸ــ روانکاوی[۲] و روغن‌های تبرید[۳]

روش آموزش

پس از آموزش ویژگی‌هایی که ما از روغن انتظار داریم به دسته‌بندی روغن‌ها پرداخته و جدول شکل ۱۹ــ۸ را توضیح دهید. هنرجویان را متوجه این مسئله نمایید که نام‌هایی همچون 4GS، نام‌های تجاری هستند و برای گزینش روغن باید به گونه آن و سازگاری آن با سرمازا توجه شود.

دانش افزایی

برای پیشگیری از سایش بین دو یا چند قطعه گردنده از سیستم روانکاوی استفاده می‌شود. به‌عنوان روان کننده بیشتر از روغن استفاده می‌شود. به‌طور کلی یک روغن باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد :

- ــ نقطه جوش بالا
- ــ نقطه انجماد پایین
- ــ گرانروی مناسب
- ــ پایداری گرمایی
- ــ پایداری در برابر اکسیداسیون
- ــ از خوردگی پیشگیری بکند.
- ــ و ...

۱ــ تأثیر متقابل روغن و ماده سرمازا بر یکدیگر : در بیشتر کمپرسورها ماده سرمازا با روغن روانکاوی در تماس مستقیم می‌باشد. بنابراین از هر دو دیدگاه شیمیایی و فیزیکی روغن و ماده سرمازا نباید تأثیری بر روی یکدیگر داشته باشند. گرچه بعضی از سرمازاها تا حدی با روغن واکنش نشان می‌دهند ولی به‌شرط به‌کارگیری روغن با کیفیت بالا و تمیز و خشک بودن سیستم، در شرایط طبیعی معمولاً واکنش جزیی است و اهمیت چندانی ندارد. اما هنگامی که مقدار قابل ملاحظه‌ای از مواد آلوده‌کننده نظیر هوا و رطوبت در سیستم وجود داشته باشد، اغلب میان ماده سرمازا و روغن واکنش رخ می‌دهد. این امر به تجزیه شدن روغن، تشکیل اسیدهای خورنده و لجن‌ها و اندود مس شدن و یا به‌خوردگی شدید سطوح صیقلی فلزی منجر می‌شود. زیاد بودن دمای تخلیه این تحولات و به‌ویژه تجزیه روغن را تسریع بخشیده و منجر به‌تشکیل رسوبات کربنی می‌شود. تشکیل اندود مس در قسمت‌های مختلف کمپرسور در سیستم‌هایی که از مبردهای هالوکربنی استفاده می‌کنند مشاهده شده است. علت اصلی این امر دقیقاً مشخص نشده ولی دلیل آن احتمالاً وجود رطوبت و استفاده از روغن‌های با کیفیت پایین می‌باشد. در سیستم‌های آمونیاکی به‌دلیل عدم استفاده از

۱ــ Refrigeration
۲ــ Lubrication
۳ــ Refrigeration Oil

لوله‌های مسی، مس اندود شدن وجود نخواهد داشت. در هر حال بدون توجه به طبیعت و یا دلایل واکنش‌های نامطلوب بین مبرد و روغن روانکاوی می‌توان با استفاده از روغن‌های با کیفیت بالا با نقطه سیلان و یا نقطه انجماد پایین با پاک نگه داشتن نسبی سیستم از آلاینده‌هایی نظیر هوا و رطوبت و طراحی سیستم برای دمای تخلیه نسبتاً پایین، این معایب را به‌حداقل رساند.

۲ــ توانایی درهم شدن روغن با ماده سرمازا : یکی از مشخصه‌های مهم روغن، توانایی درهم شدن آن با ماده سرمازا می‌باشد. این مشخصه توانایی حل شدن ماده سرمازا در روغن و عکس آن را بیان می‌کند. این مشخصه در سرمازاهای گوناگون متفاوت است. سرمازاها را از دیدگاه توانایی درهم شدن آنها با روغن می‌توان به سه گروه دسته‌بندی نمود :

ــ سرمازاهایی که با هر نسبتی با روغن درهم می‌شوند.

ــ سرمازاهایی که با روغن درهم شده و در اواپراتور از آن جدا می‌شوند.

ــ سرمازاهایی که در کندانسر با روغن درهم نمی‌شوند. (یا به میزان خیلی کم درهم می‌شوند.)

توانایی درهم شدن روغن با ماده سرمازا را از دیدگاه‌های گوناگونی می‌توان بررسی نمود، ولی آنچه مسلم است چنانچه سرمازا با روغن باشد، روغن رقیق می‌شود. در نتیجه کاهش گرانروی و کیفیت روانکاوی را به‌دنبال دارد. برای برطرف نمودن این عیب باید گرانروی روغن بیشتر باشد.

از آثار دیگر روغن در یک سیستم سردکننده جریان یافتن آن با سرمازا درون سیستم و کاهش راندمان سیستم است. دلیل اصلی آن تشکیل یک فیلم روغن روی سطح داخلی لوله‌های کندانسر و اواپراتور است. این عمل موجب کاهش جابجایی گرما می‌شود. چون با کاهش دما روغن لزج‌تر می‌شود و تمایل بیشتری به چسبیدن به سطوح می‌یابد، این مشکل در اواپراتور بیشتر است و با کاهش بیشتر دما شدیدتر می‌شود.

بدیهی است هنگامی که روغن از کمپرسور اجازه خارج شدن را پیدا نکند وظیفهٔ خود را به بهترین نحو انجام می‌دهد ولی چنانچه مقداری روغن به‌صورت ذرات ریز به‌همراه بخار ماده سرمازا از کمپرسور خارج شود، برای پیشگیری از کاهش سطح روغن در کارتل کمپرسور باید آن را بازگشت داد.

۳ــ گزینش روغن : روغن کمپرسور نیز مانند روغن‌های دیگر از دو بخش اصلی روغن پایه و مواد افزودنی تشکیل شده است که روانکاوی، خنک‌کاری، گازبندی و جلوگیری و سایش از مهمترین وظایف عمومی این روغن‌ها به‌شمار می‌رود. گزینش روغن بر چند پایه انجام می‌شود :

ــ ماده سرمازا

ــ نوع اواپراتور خشک (روغن راه‌یافته به آن کمتر از ۱۵ درصد) و دمای کار آن

ــ نوع اواپراتور مرطوب (روغن راه یافته به آن بیشتر از ۱۵ درصد) و دمای کار آن

ــ نوع کمپرسور و دمای خروجی آن

ــ توصیه شرکت سازنده کمپرسور

به هر حال می‌توان روغن‌ها را با توجه به سرمازاهای گوناگون برابر جدول شکل ۱۹ــ۸ به‌کار برد.

شکل ۱۹ــ۸ــ جدول روغن‌های پیشنهادی برای هر سرمازا به‌ترتیب اولویت

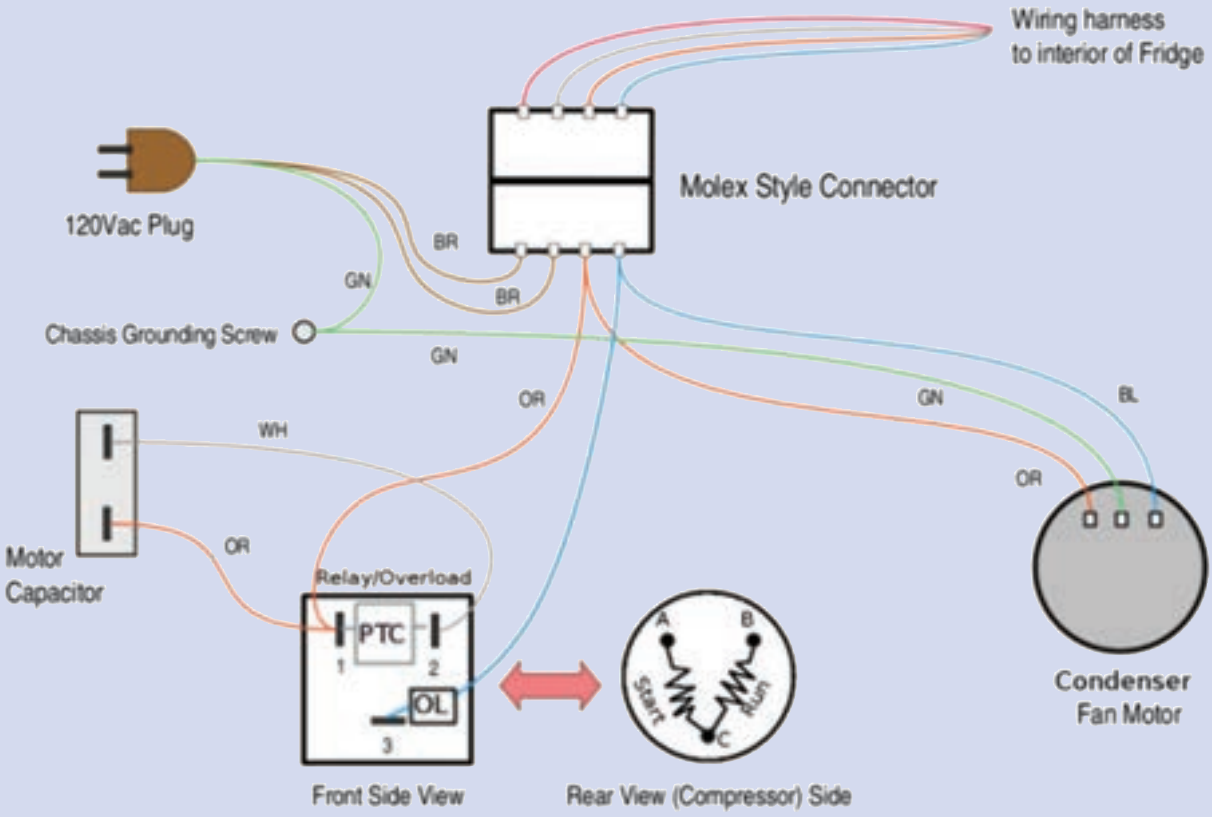
نوع روغن پیشنهادی	گونه سرمازا
۱ــ معدنی نفتنی ۲ــ معدنی پارافینی ۳ــ پلی آلفا الفین (PAO) ۴ــ آلکیل بنزن (AB)	CFC,HCFC
پلیول استر (POE)	HFC
۱ــ معدنی نفتنی ۲ــ معدنی پارافینی ۳ــ پلی آلفا الفین (PAO) ۴ــ آلکیل بنزن (AB)	آمونیاک
۱ــ پلی آلفا الفین (PAO) ۲ــ استرها ۳ــ پلی آلکالین گلیکول‌ها (PAG)	CO_2
۱ــ پلی آلکالین گلیکول‌ها (PAG) ۲ــ معدنی نفتنی	هیدروکربن‌ها (HC)

در جدول شکل ۲۰ــ۸ نام چند شرکت سازنده که فرآورده‌های آن با نشانه‌های تجاری گوناگون و ویژه آن شرکت برای هر سرمازا پیشنهاد شده آورده شده است.

شکل ۲۰ــ۸ــ جدول روغن‌های پیشنهادی چند شرکت سازنده

فصل ۹

کنترل‌ها



۹ کنترل‌ها

۱ــ۹ــ ترموستات

پیش آزمون

۱ــ گرما و سرما چه تأثیری در انبساط و انقباض سیالات (مایعات و گازها) دارند؟

۲ــ حرکت مولکول‌های یک سیال (مایع و گاز) با گرما و سرما چه تغییری می‌کند؟

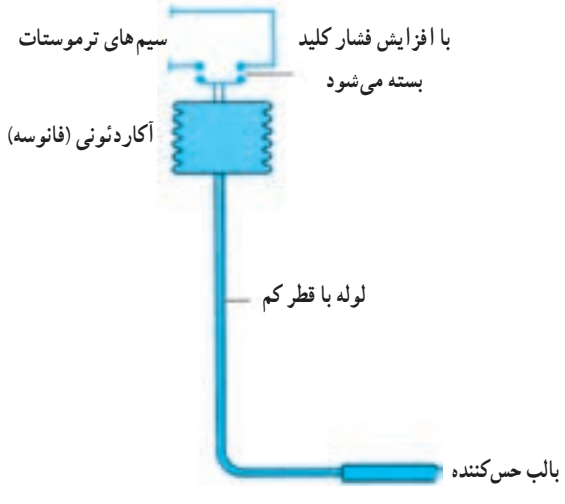
روش آموزش

پس از جمع‌آوری جواب سؤالات بهتر است مفهوم کنترل کردن با آوردن مثالی ساده برای هنرجویان تفهیم شود. مثلاً کنترل یک لامپ به‌وسیله کلید تک پل مثال زده شود و مدار آن نیز رسم شود.

سپس ترموستات توضیح داده شود.

دانش افزایی

گرمای داخل یخچال باعث می‌شود تا حرکت مولکول‌های مایع یا گاز داخل بالب ترموستات زیاد شده و در نتیجه ازدیاد حجم پیدا کند. این ازدیاد حجم باعث می‌شود تا محفظه آکاردئونی ترموستات باز شده و باعث وصل شدن کنتاکت‌های کلید ترموستات و در نتیجه عبور جریان شود و چون این کلید با کمپرسور یا مدار فرمان آن سری می‌شود باعث راه‌اندازی کمپرسور می‌شود. وقتی که کمپرسور به اندازه لازم کار کرد و فضای داخل یخچال به اندازه کافی سرد شد، سرما باعث انقباض مایع یا گاز داخل محفظه آکاردئونی شده در نتیجه حجم آن کاهش یافته و محفظه آکاردئونی کنتاکت‌های کلید ترموستات را از هم جدا کرده و جریان برق کمپرسور قطع و در نتیجه کمپرسور خاموش می‌شود (شکل ۱ــ۹) .



شکل ۱ــ۹ــ اساس کارکرد ترموستات بالب و فانوسه‌ای پر شده با مایع یا گاز

کار در کلاس

اسامی تعدای از وسایل سردکننده و گرم کننده را که در آنها برای کنترل دما از ترموستات استفاده می‌شود نام ببرید.

پاسخ : وسایل سردکننده مانند یخچال، فریزر، آب سردکن، یخساز، فن کویل. وسایل گرم کننده مانند فن کویل، دیگ آب گرم، دیگ بخار و پمپ‌های سیر کولاتور آب گرم.

پرسش و پاسخ

۱ــ در یک یخچال خانگی که ترموستات آن از نوع بالب و فانوسه می‌باشد با گرم شدن داخل یخچال کلید ترموستات قطع می‌شود یا وصل؟

پاسخ : وصل می‌شود.

۲ــ در یک ترموستات که در اتاقی روی دیوار نصب شده است در فصل زمستان با بالا رفتن دمای هوای اتاق کلید ترموستات فن کویل را قطع می‌کند یا وصل؟

پاسخ : قطع

۳ــ روی دکمه تنظیم ترموستات یخچالی از ۱ تا ۵ درجه بندی شده است. اگر این دکمه را روی ۵ تنظیم کنیم معنی آن چیست؟

پاسخ : یعنی اینکه دمای داخل یخچال تا پایین‌ترین نقطه تنظیم ترموستات (تا جایی که ترموستات اجازه می‌دهد یعنی بیشترین سرما) سرد می‌شود. در واقع یخچال بیشتر کار می‌کند و بیشتر سرد می‌کند.

۴ــ تفاوت ترموستات آب سردکن و فریزر چیست؟ **پاسخ** : ترموستات آب سردکن ترموستات بالای صفر است اما ترموستات فریزر ترموستات زیر صفر است.

تحقیق

اگر بالب ترموستات یک دستگاه یخچال خانگی شکسته شده و سیال داخل بالب از آن خارج شود چنانچه یخچال به برق وصل باشد کمپرسور خاموش است یا روشن؟

پاسخ : عاملی که باعث می‌شود کلید ترموستات وصل و برق به کمپرسور برسد، گاز یا مایع داخل بالب ترموستات است. اگر بالب شکسته شود و سیال داخل آن تخلیه شود دیگر سیالی وجود ندارد تا منبسط شود و باعث وصل کلید ترموستات شود در نتیجه کلید ترموستات همیشه قطع و کمپرسور خاموش می‌باشد.

۲ــ۹ــ تایمر دیفراست

پیش آزمون

۱ــ اگر اواپراتور یخچال خانه شما برفک بزند چکار می‌کنید؟

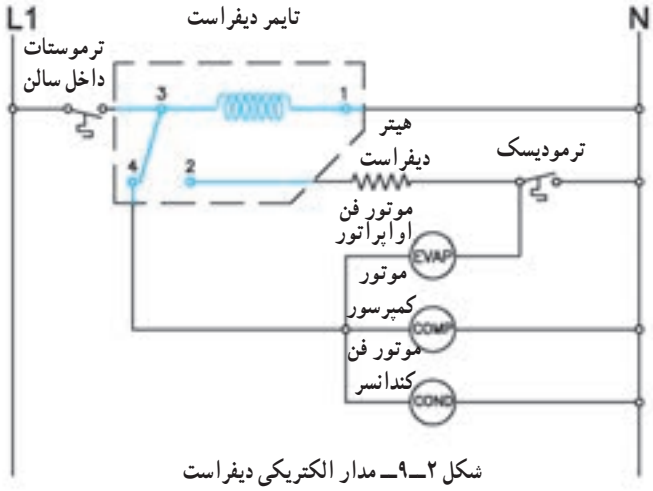
۲ــ برفکی که روی اواپراتور یخچال می‌نشیند چه تأثیری روی ظرفیت برودتی یخچال می‌گذارد؟

روش آموزش

بهتر است در خصوص عایق‌های حرارتی توضیح داده شود و گفته شود که برفک نیز خود یک عایق حرارتی است و مانع رسیدن سرما به محصولات داخل یخچال می‌شود. همچنین گفته شود که گاهی برای برفک‌زدایی وسایل داخل یخچال را از آن خارج کرده و یخچال را از برق می‌کشند و درب یخچال را باز می‌کنند تا برفک ها آب شود و این یکی از راه های برفک‌زدایی است. در اینجا گفته شود که راه‌های دیگری نیز برای برفک‌زدایی وجود دارد که تایمر دیفراست نیز یکی از این راه‌هاست.

دانش افزایی

زمانی‌که یک دستگاه سردکننده کار می‌کند در محل اواپراتور سرما ایجاد می‌شود در نتیجه هوای اطراف اواپراتور سرد می‌شود. زمانی‌که هوای اطراف اواپراتور به نقطه شبنم رسید بخارات آب موجود در هوای اطراف اواپراتور تقطیر شده چون باز هم سرد می‌شود به‌حالت برف درآمده که می‌گویند اطراف اواپراتور برفک زده است چون برفک یک عایق حرارتی می‌باشد اجازه نمی‌دهد محصولات محیط اواپراتور سرد شود به همین دلیل برفک‌ها را ذوب و از سیستم سرد کننده خارج می‌کند. یکی از راه‌های ذوبان برفک استفاده از تایمر دیفراست است.



شکل ۲ــ۹ــ مدار الکتریکی دیفراست

شرح مدار : در مدار شکل **۲ــ۹** فاز از طریق L_1 وارد ترموستات شده پس از عبور از ترموستات از طریق کنتاکت شماره ۳ به بوبین موتور تایمره رسیده و از طرف دیگر نیز نول از طریق N به آن می‌رسد و در تمام مدت زمانی‌که کلید ترموستات وصل است موتور تایمر هم کار می‌کند. سپس فاز در حالت کار عادی سیستم از طریق کنتاکت ۳ به ۴ رفته و از آنجا به فن اواپراتور، کمپرسور و فن کندانسر می‌رسد و از طرف دیگر نیز نول آنها تأمین شده و سیستم به کار عادیش ادامه می‌دهد. تایمر طوری تنظیم شده است که ۲ تا ۳ بار در ۲۴ ساعت و هر بار حدود نیم ساعت (بسته به نیاز) کنتاکت ۳ از ۴ جدا شده و به ۲ وصل می‌شود در این حالت کمپرسور، فن اواپراتور و فن کندانسر هر سه خاموش شده و هیتر الکتریکی که زیر اواپراتور قرار دارد به مدار آمده و شروع به گرم شدن و در نتیجه ذوب برفک‌های اطراف اواپراتور می‌شود. پس از آنکه مدت زمان تنظیم شده تایمر به اتمام رسید کنتاکت شماره ۳ از ۲ جدا شده و به محل اولیش یعنی کنتاکت شماره ۴ وصل می‌شود و سیستم کار عادیش را ادامه می‌دهد. چنانچه در زمان دیفراست برفک‌ها زودتر از زمان تنظیم شده تایمر ذوب شوند اگر هیتر به گرم کردن ادامه دهد گرمای اضافی در اطراف اواپراتور ایجاد شده و این گرمای اضافی باعث صرف کار بیشتر توسط کمپرسور می‌شود برای جلوگیری از ایجاد این گرمای اضافی ترموستاتی را به‌نام ترموستات محافظ یا

ترمودیسک با هیتر ذوبان برفک به‌صورت سری وصل می‌کنند. چنانچه هیتر اطراف اواپراتور را زیاد گرم کند یعنی اینکه برفک‌ها ذوب شده است ترمودیسک نیز که محل نصب آن بدنه اواپراتور است این گرمای اضافی را احساس کرده و هیتر را خاموش می‌کند تا زمان تایمر بسر آید در این صورت سیستم به کار عادیش ادامه می‌دهد.

کار در کلاس

با مداد و با استفاده از دست آزاد برروی کاغذ مدار تایمر دیفراست را رسم کنید و مشخصات آن را روی آن بنویسید. این کار را آنقدر ادامه دهید تا بدون نگاه به مدار خودتان از حفظ آن را رسم کنید.

پرسش و پاسخ

۱ــ کدام یک از ترموستات‌های اصلی و محافظ می‌توانند برق هیتر دیفراست را قطع کنند؟

پاسخ : هر دوی آنها وقتی قطع شوند برق هیتر دیفراست را قطع می‌کنند.

۲ــ برق موتور تایمر دیفراست معمولاً چه زمانی قطع می‌شود؟

پاسخ : وقتی که ترموستات اصلی قطع می‌کند برق موتور تایمر نیز قطع می‌شود.

۳ــ اگر کنتاکت‌های تایمر دیفراست را با کنتاکت‌های یک کلید تبدیل مقایسه کنیم کدام کنتاکت تایمر دیفراست مشابه کنتاکت مشترک در کلید تبدیل است؟

پاسخ : کنتاکت شماره ۳

۴ــ در مدار ۲ــ۹ اگر جای فاز و نول (L_1,N) را عوض کنیم چه تأثیری در کار سیستم به‌وجود می‌آورد؟

پاسخ : فرقی نمی‌کند و سیستم به کار عادیش ادامه می‌دهد.

تحقیق

شکل ۲ــ۹ مدار الکتریکی تایمر دیفراست را خوب بررسی کنید. آیا می‌شود تغییری در مدار ایجاد کرد که از نظر صرفه‌جویی انرژی بهتر از وضعیت موجود باشد؟

پاسخ : بله اگر نول اواپراتور را از کنتاکت دوم ترمودیسک یعنی بین ترمودیسک و هیتر دیفراست بگیریم آن وقت اگر اطراف اواپراتور گرم باشد و زمان دیفراست به سر آید و سیستم به کار عادی برگردد ترمودیسک اجازه کار به فن اواپراتور نمی‌دهد در نتیجه هوای گرم اطراف اواپراتور به بقیه قسمت‌ها منتقل نمی‌شود.

۳ــ۹ــ رله ولتاژ

پیش آزمون

۱ــ کنتاکت‌های ۱ و ۲ رله ولتاژ از نوع NC هستند یا NO

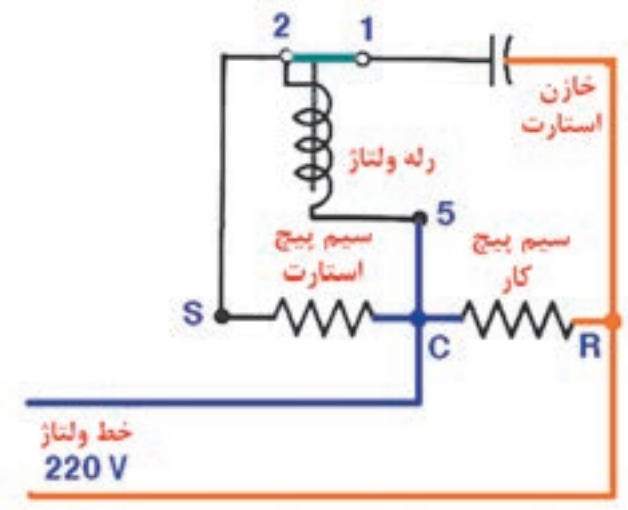
۲ــ پسوند ولتاژ در رله ولتاژ چه معنایی دارد؟

روش آموزش

تفاوت اصلی رله ولتاژ و جریان بیان شود. تولید میدان مغناطیسی توسط سیم‌پیچ گفته شود. تولید جریان بر اثر میدان مغناطیسی گفته شود. برای درک بهتر سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه در ترانس‌ها توضیح داده شود. سپس طرز کار رله ولتاژ گفته شود.

دانش‌افزایی

شکل ۳ــ۹ مدار الکتریکی رله ولتاژ را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۹ــ مدار الکتریکی رله ولتاژ در کمپرسور تک فازه با خازن استارت

رله ولتاژ در کمپرسورهایی که به گشتاور راه‌اندازی بالایی نیاز دارند استفاده می‌شود. این رله یک بوبین دارد که به‌دور یک قرقره پیچیده شده است که بین سیم‌پیچ اصلی و فرعی به‌صورت موازی بسته می‌شود. به‌دلیل همین موازی بودن است که به آن رله ولتاژ می‌گویند. یک میله که یک تیغه بدان وصل است در داخل قرقره وجود دارد که مطابق شکل ۳ــ۹ کنتاکت‌های ۱ و ۲ را در یک حالت وصل و در حالت دیگر قطع می‌نماید. زمانی‌که کمپرسور خاموش است کنتاکت‌های ۱ و ۲ در حالت وصل هستند در شروع راه‌اندازی سیم‌پیچ اصلی در مدار قرار می‌گیرد. در این حالت سیم‌پیچ استارت که یک خازن به‌منظور ایجاد گشتاور راه‌اندازی بیشتر با آن سری شده با سیم‌پیچ اصلی به‌صورت موازی قرار دارد و به مدار آمده و کمپرسور شروع به‌کار می‌کند.

پس از راه‌اندازی لازم است که خازن راه انداز و سیم‌پیچ استارت از مدار خارج شوند. در لحظه راه اندازی فاز و نول از طریق سر مشترک سیم‌پیچ‌های اصلی و استارت و خازن به بوبین رله می‌رسند. بوبین مغناطیس شده و میله‌ای که داخل قرقره است کنتاکت ۱ را از ۲ جدا می‌کند در نتیجه خازن، بوبین رله و سیم‌پیچ استارت هر سه از مدار مستقیم جریان برق خارج می‌شوند اما از این لحظه به بعد سیم‌پیچ بوبین رله و سیم‌پیچ استارت با هم سری می‌شوند و سیم‌پیچ استارت مانند سیم‌پیچ ثانویه یک ترانسفورماتور عمل می‌کند و سیم‌پیچ اصلی نیز مانند سیم‌پیچ اولیه در ترانسفورماتور عمل می‌کند. میدان مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ اصلی، سیم‌پیچ استارت را قطع کرده و باعث تولید جریانی در سیم‌پیچ استارت می‌شود. چون سیم‌پیچ بوبین رله و سیم‌پیچ استارت با هم سری هستند در نتیجه جریان تولید شده در سیم‌پیچ استارت از بوبین رله نیز عبور می‌کند که این جریان باعث تولید یک میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌پیچ رله می‌شود که این میدان مغناطیسی کنتاکت‌های ۱ و ۲ را از هم جدا کرده و سیم‌پیچ فرعی را قطع نگه می‌دارد.

کار در کلاس

برای یادآوری و درک بهتر از رله‌های استارت جریان و ولتاژ روابط الکتریکی از جمله جریان، مقاومت و ولتاژ را در مدارات سری و موازی مورد بررسی و بازبینی قرار دهید و مقاومت معادل دو مقاومت ۱۰ اهمی را در حالت‌های سری و موازی بدست آورید.

پرسش و پاسخ

۱ــ پسوند جریان و ولتاژ در رله‌های جریان و ولتاژ به چه معناست؟

پاسخ : یکی از معانی جریان سری و ولتاژ موازی است. در رله استارت جریان بوبین رله با سیم‌پیچ اصلی بصورت سری قرار دارد در نتیجه آن را رله جریان می‌گویند اما بوبین رله ولتاژ بصورت موازی با سیم‌پیچ اصلی قرار می‌گیرد به‌همین دلیل آن را رله ولتاژ می‌گویند.

۲ــ اگر کنتاکت‌های ۱ و ۲ در لحظه راه‌اندازی ابتدا باز باشند چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ : کمپرسور روشن نمی‌شود.

۳ــ نقش خازن راه‌انداز در رله ولتاژ چیست؟

پاسخ : ایجاد گشتاور بیشتر به‌منظور راه‌اندازی بهتر کمپرسور.

۴ــ اگر در شکل ۱۵ــ۹ مدار الکتریکی رله ولتاژ، محل سیم‌پیچ‌های اصلی و فرعی را با هم عوض کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ : سیم‌پیچ فرعی بعلّت اینکه دائم در مدار است می‌سوزد.

تحقیق

شرح رله ولتاژ را از منابع معتبر دیگر (غیر از کتاب درسی) استخراج کرده با ذکر منبع آن، برای جلسه آینده تحویل دهید.

۴ــ۹ــ اورلود

پیش آزمون

اگر کمپرسور یخچالی بیش از اندازه گرم شود چه اتفاقی برای آن می‌افتد؟

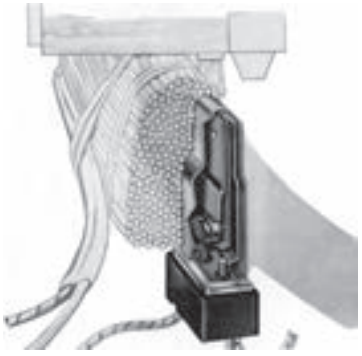
روش آموزش

هنرجو بایستی با مفهوم تولید گرما بر اثر عبور جریان برق آشنا شود. فرمول $Q = RI^2T$ نشان می‌دهد که میزان تولید گرمای تولید شده در اورلود با مقاومت آن نسبت مستقیم و با مجذور جریان عبوری تولید شده در اورلود نسبت مستقیم دارد همچنین با زمان عبوری از آن نسبت مستقیم دارد. توضیح داده شود که گرمای اضافی حاصل از عبور جریان باعث سوختن سیم‌پیچ کمپرسور می‌شود و برای جلوگیری از این اتفاق از اورلود استفاده می‌شود.

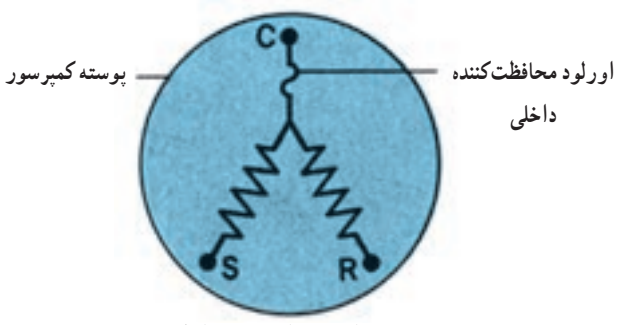
دانش افزایی

اورلود وسیله‌ای است که در دو نوع داخلی و خارجی تولید می‌شود. نوع خارجی آن در کمپرسورهای یخچال نصب می‌شود

و آن وسیله‌ای است که اگر برای مدت زمان معینی جریانی بیشتر از حد معمول از آن عبور کند گرمای بیش از حد تولید کرده و این گرما موجب انبساط سطحی صفحه‌ای که در آن قرار دارد می‌شود. صفحه بر اثر گرم شدن و انبساط سطحی از دو طرف به‌سمت مرکز خم شده و جریان عبوری از خود را قطع می‌کند و چون جریان کمپرسور از آن عبور می‌کند کمپرسور را خاموش می‌کند پس از سرد شدن صفحه مجدداً وصل می‌شود. این عمل باعث محافظت سیم‌پیچ کمپرسور می‌شود (شکل ۴ــ۹) .



الف) موقعیت اورلود داخلی موتور در داخل سیم‌پیچ



ب) موقعیت اورلود داخلی در مدار کمپرسور بسته

شکل ۴ــ۹ــ اورلود داخلی

کار در کلاس

اهم‌متر و اورلود را از انبار گرفته سالم بودن اورلود را با اهم‌متر امتحان کنید.

پاسخ : اهم‌متر را روی اهم گذاشته کنتاکت‌های ۱ و ۳ را به فیش‌های اهم‌متر می‌زنیم. اگر راه داد اورلود سالم است.

پرسش و پاسخ

۱ــ چرا اورلود خارجی را به بدنه کمپرسور متصل می‌کنند؟

پاسخ : برای اینکه اورلود گرمای بدنه کمپرسور را نیز احساس کند و چنانچه گرما بیش از حد باشد صفحه اورلود گرم شده و کمپرسور را خاموش می‌کند.

۲ــ در اورلودی که در مدار قدرت یک یخچال خانگی قرار می‌گیرد با قطع شدن آن چه تأثیری بر لامپ داخل یخچال می‌گذارد؟

پاسخ : لامپ داخل یخچال مستقل از اورلود است و قطع و وصل اورلود تأثیری در آن ندارد.

۳ــ در اورلودی که در مدار فرمان کمپرسور قرار می‌گیرد چه قسمتی از اورلود با بوبین کنتاکتور سری می‌شود؟

پاسخ : کنتاکت معمولاً بسته اورلود

۴ــ اگر بخواهیم اورلودی را در مسیر یک کمپرسور سه فاز قرار بدهیم چگونه در مدار قرار می‌گیرد؟

پاسخ : در اینجا از اورلودی به اسم بی‌متال استفاده می‌کنیم که خود از دو مدار فرمان و قدرت تشکیل شده است. قسمت قدرت آن در مسیر سه فاز عبوری از کنتاکتور به کمپرسور و قسمت فرمان آن در مسیر بوبین کمپرسور قرار می‌گیرد. چنانچه بی‌متال بیش از اندازه گرم شود (بر اثر عبور جریان اضافی) قسمت فرمان برق آن بوبین کنتاکتور را قطع می‌کند.

۵ــ۹ــ کنترل فشار کم (L.P.O)

پیش آزمون

۱ــ لوله کنترل فشار به‌کجای سیستم برودتی وصل می‌شود؟

۲ــ خود کنترل فشار کم کجا نصب می‌شود؟

روش آموزش

لازم است توضیح داده شود که لوله کنترل فشار کم به خط مکش وصل می‌شود و سیالی که در آن قرار می‌گیرد مبرد خود سیستم است و تغییر فشار مبرد قسمت مکش باعث قطع و وصل کنتاکت‌های کنترل فشار کم می‌شود.

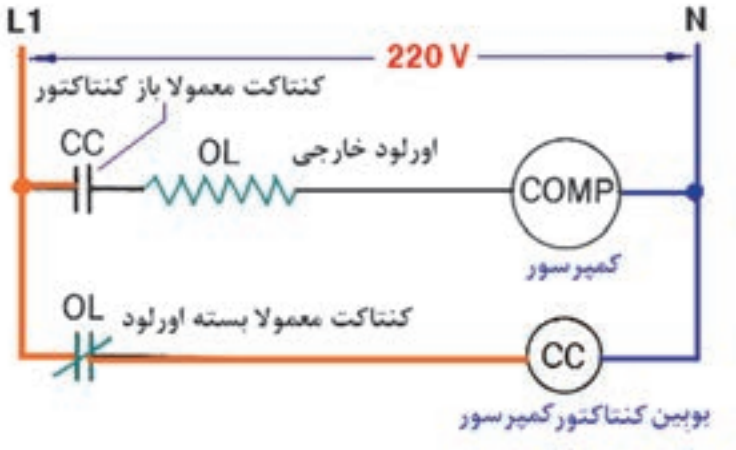
دانش‌افزایی

یکی از روش‌های قرارگیری کنترل فشار کم در مدار بدین‌صورت است که وقتی ترموستات سرمای بیش از حد را احساس کرد به شیر برقی که روی لوله رانش بعد از کندانسور نصب شده فرمان قطع می‌دهد. وقتی برق شیر برقی از طریق ترموستات قطع شد شیر برقی مسیر ماده مبرد به‌سمت برگشت کمپرسور را مسدود می‌کند در حالی‌که کمپرسور کار می‌کند مبرد را از سمت مکش گرفته و به‌داخل کندانسر یا ریسیور می‌فرستد. چون شیر برقی راه را بسته ماده مبرد به مکش کمپرسور برنمی‌گردد در نتیجه فشار در قسمت مکش کمپرسور پایین آمده و کنترل فشار کم که کنتاکت‌های آن در مدار فرمان کنتاکتور کمپرسور قرار دارند عمل کرده و کمپرسور را خاموش می‌کنند. وقتی کمپرسور برای مدتی خاموش باشد سرمای اواپراتور کم شده ترموستات احساس گرما کرده و کنتاکت‌های آن وصل می‌شود. با وصل شدن ترموستات برق به شیر برقی رسیده و شیر برقی مسیر لوله رانش را باز می‌کند. اختلاف فشار در قسمت رانش و مکش سیکل تبرید در حالی‌که کمپرسور هنوز خاموش است باعث می‌شود که ماده مبرد به‌سمت کمپرسور برگشته و در نتیجه آن فشار در مکش کمپرسور بالا رفته در نتیجه کنتاکت‌های کنترل فشار کم وصل شده و کمپرسور روشن می‌شود.

کار در کلاس

مدار برقی یک سیکل تبرید را با دست آزاد طوری ترسیم کنید که کنترل فشار کم در آن، کمپرسور را خاموش و روشن کند.

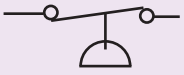
پاسخ : شکل ۶ــ۹

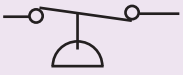


شکل ۵ــ۹ــ مدار الکتریکی حفاظت کمپرسور از طریق کنترل مدار فرمان

پرسش و پاسخ

۱ــ کدام یک از موارد زیر نماد کنترل فشار کم در مدار برقی است؟

الف) 

ب) 

پاسخ : ب درست است.

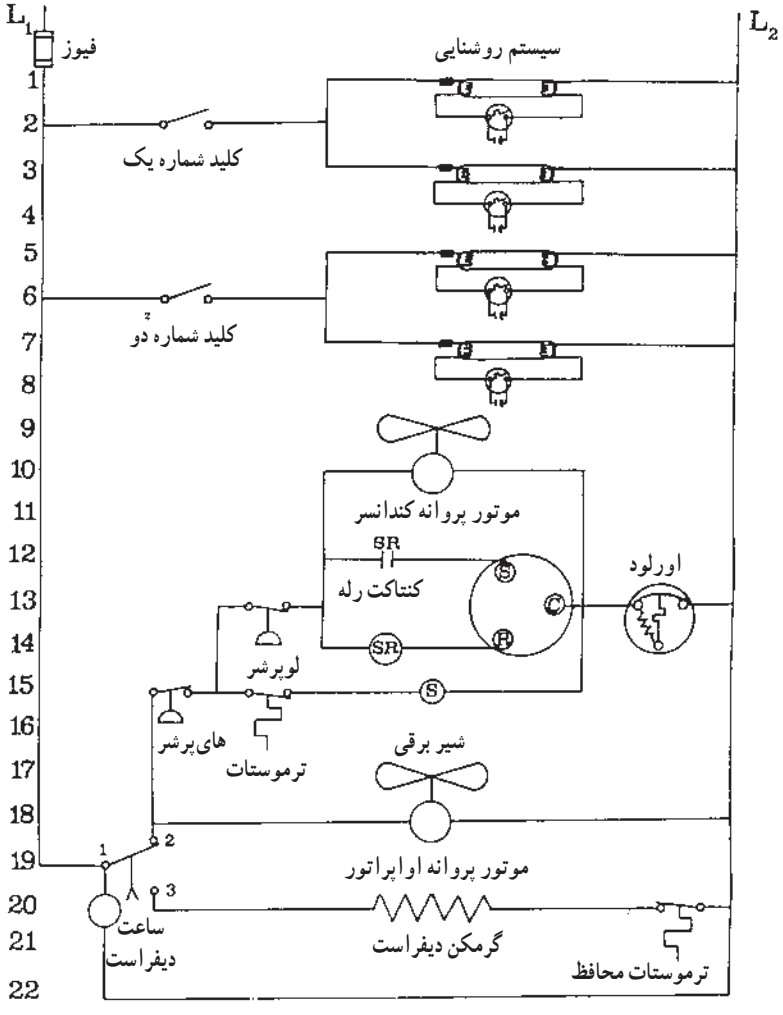
۲ــ بالا رفتن فشار در مکش کمپرسور باعث کدام یک از موارد زیر است.

الف) روشن کردن کمپرسور ب) خاموش کردن کمپرسور

پاسخ : الف درست است.

۳ــ لوله کنترل فشار کم به‌کجا وصل می‌شود؟ **پاسخ :** به‌قسمت مکش کمپرسور

۴ــ داخل لوله کنترل فشار کم چه سیالی وجود دارد؟ **پاسخ :** ماده مبرد موجود در سیکل تبرید



شکل ۶ــ۹ــ مدار الکتریکی یک نمونه اتاق سرد

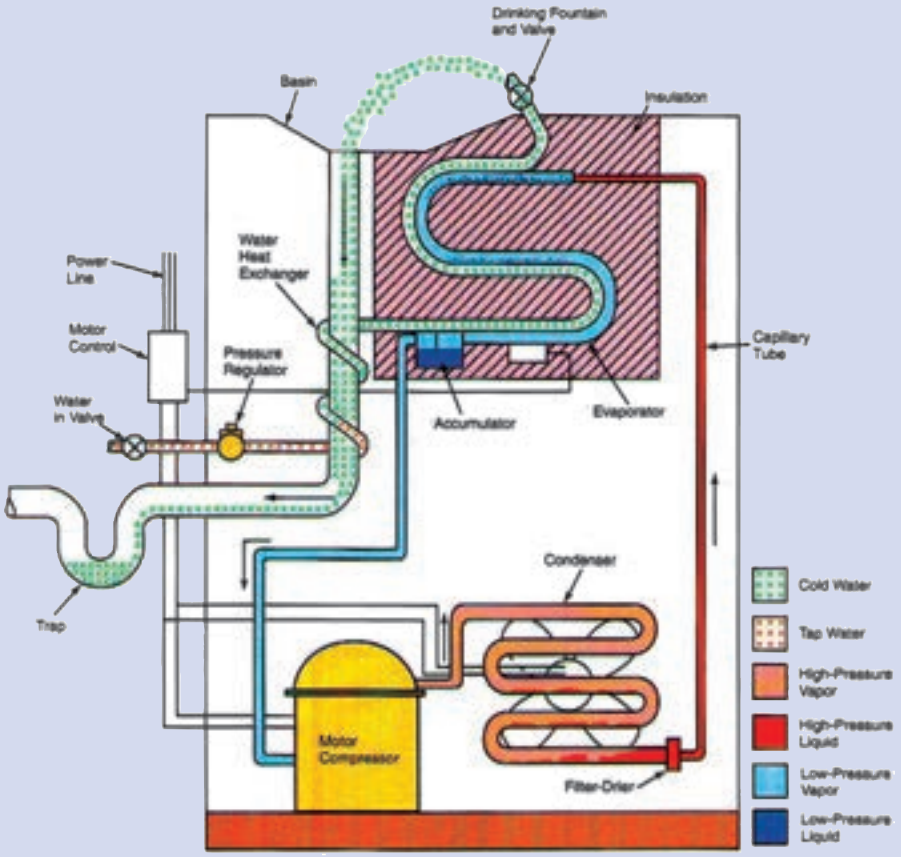
تحقیق

تفاوت کنترل فشار کم و کنترل فشار زیاد چیست؟

اول اینکه کنترل فشار کم با پایین آمدن فشار از حد لازم کمپرسور را خاموش می‌کند و با بالا رفتن فشار به‌حد لازم کمپرسور روشن می‌شود ولی کنترل فشار زیاد با بالا رفتن فشار از حد لازم کمپرسور را خاموش ولی با پایین آمدن فشار کمپرسور روشن نمی‌شود زیرا معمولاً وجود یک اشکال در سیستم تبرید باعث بالا رفتن فشار سیستم و قطع برق کمپرسور توسط کنترل فشار زیاد می‌شود. بنابراین وقتی کنترل فشار زیاد کمپرسور را خاموش می‌کند بایستی اول مشکل سیستم را برطرف کرد سپس اواپراتور دستی کنترل فشار زیاد را به مدار آورده و آن را روشن کند.

فصل ۱۰

دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری



۱۰ دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری

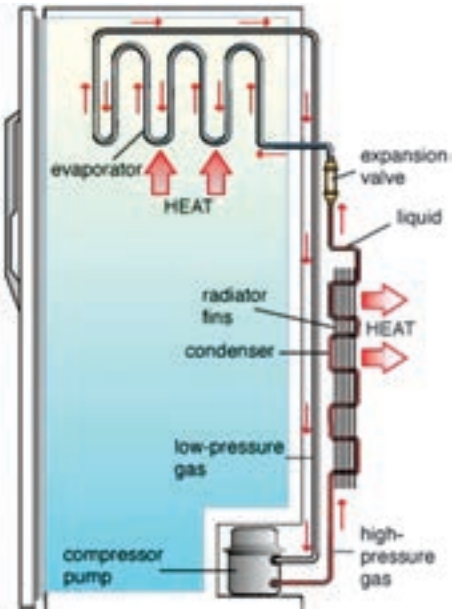
هنرآموزان گرامی با طرح سؤال «قبل از اختراع یخچال مواد غذایی چگونه نگهداری می‌شدند» آمادگی لازم جهت ارائه مطلب درس این فصل را فراهم نمایند.

۱ــ۱۰ــ یخچال

شکل ۱ــ۱۰ــ یخچال فریزر مجهز به آب سردکن

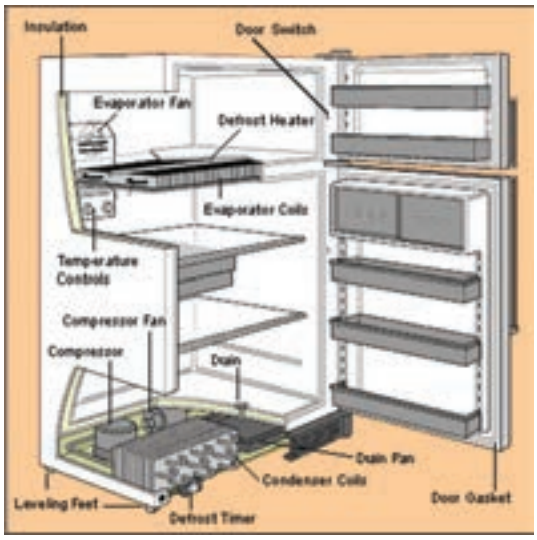
قبل از اختراع یخچال‌های امروزی در محفظه‌های نگهداری غذا مقداری یخ قرار می‌دادند تا در اثر ذوب شدن تدریجی یخ، هوای محفظه را خنک نگه داشته شود. نخستین یخچال در سال ۱۷۸۴ میلادی به‌دست ویلیام کولین در دانشگاه گلاسکو در معرض دید عموم قرار گرفت و از آن زمان تاکنون به‌تدریج تکمیل گردید به‌طوری که امروزه یخچال‌ها علاوه بر محفظه انجماد (جایخی) و فضای نگهداری غذا، مجهز به محفظه تأمین آب یخ نیز می‌باشند. (شکل ۱ــ۱۰)

۱ــ۱ــ۱۰ــ قطعات و اجزاء مکانیکی یخچال: کمپرسور یخچال در قسمت پایین کابینت قرار گرفته و کاملاً بدون منفذ بوده مجهز به یک موتور القایی دو میدانی می‌باشند. کندانسر از نوع جریان هوای طبیعی بوده و دستگاه کنترل مایع معمولاً لوله مویین است. اواپراتور نیز از آلومینیوم یا فولاد ضد زنگ ساخته می‌شود. حجم و فضای قفسه‌ای زیادی برای ذخیره غذای منجمد، ساختن یخ قالبی و سرد کردن غذا و نوشابه و تأمین آب سرد پیش‌بینی شده است. (شکل ۲ــ۱۰)



شکل ۲ــ۱۰ــ اجزاء مکانیکی یخچال

در یخچال فریزرهای بزرگ کندانسر از نوع جریان اجباری هوا بوده و برای گردش هوای داخل یخچال و تبادل گرمای بیشتر بین محصولات غذایی و اواپراتور، یک فن هوا را به گردش در می‌آورد. (شکل ۳ــ۱۰)



شکل ۳ــ۱۰ــ محل نصب کندانسر و اواپراتور یخچال فریزر

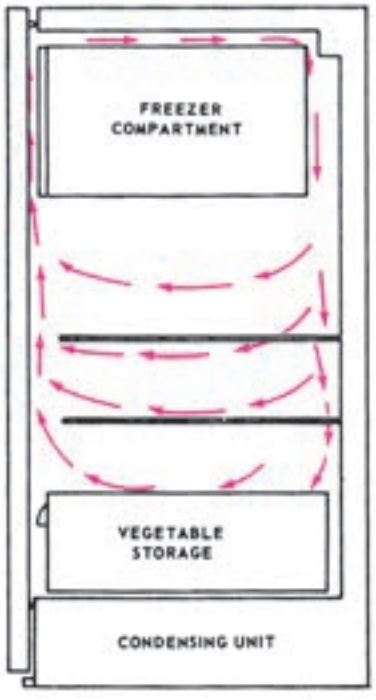
در یخچال دو دمای متفاوت ایجاد می‌شود.

۱ــ دمای جایخی (محفظه غذای منجمد) . دمای این محفظه باید $15^{\circ}C$- یا کمتر نگاه داشته شود.

۲ــ دمای کابین اصلی یخچال هیچگاه نباید از صفر درجه سانتی‌گراد کمتر شود (معمولاً بین $7^{\circ}C$ــ۲ نگاه داشته می‌شود) زیرا اگر دمای یخچال به‌زیر صفر درجهٔ سانتی‌گراد برسد بیشتر غذاها یخ زده و خراب می‌شوند.

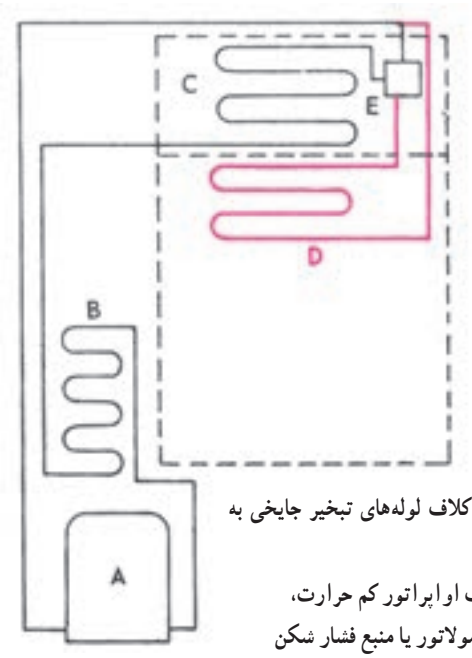
برای تأمین دو دمای متفاوت از روش‌های گوناگون استفاده می‌شود :

۱ــ کوران و گردش هوای سرد فریزر یا محفظه غذای منجمد در کابینت اصلی (شکل ۴ــ۱۰)



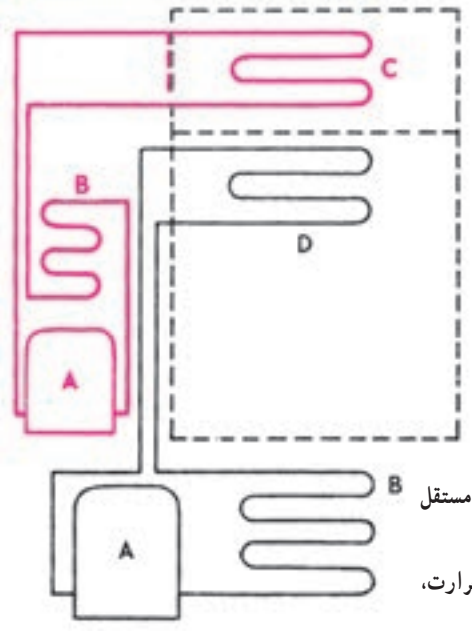
شکل ۴ــ۱۰ــ کوران هوای سردی که از قسمت غذای منجمد (جایخی) سرازیر می‌شود قفسه‌های کابینت یخچال را خنک می‌کند.

۲ــ سرریز شدن مایع سرمازا از اواپراتور فریزر به اواپراتور کابینت اصلی مانند (شکل ۵ــ۱۰).



شکل ۵ــ۱۰ــ سرریز مایع سرمازا از کلاف لوله‌های تبخیر جایخی به کلاف کابین، کابین را خنک می‌کند.
A ــ کمپرسور، B ــ کندانسر، C ــ کلاف اواپراتور کم حرارت،
D ــ کلاف اواپراتور مرطوب، E ــ آکومولاتور یا منبع فشار شکن

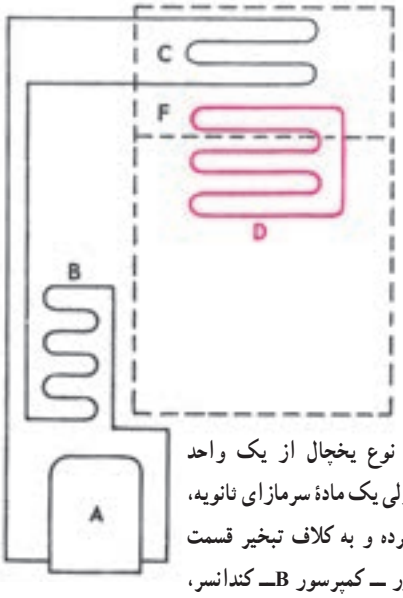
۳ــ استفاده از دو مکانیزم سردکننده، سردکننده جداگانه و کاملاً مستقل (شکل ۶ــ۱۰).



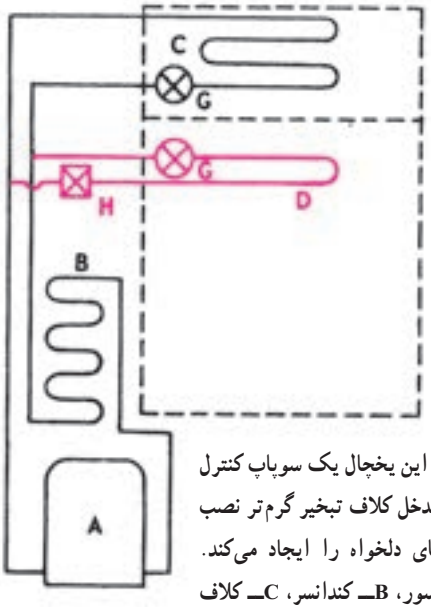
شکل ۶ــ۱۰ــ این دو محفظه مختلف‌الحرارت با دو واحد کاملاً مستقل و جداگانه خنک می‌شوند.
A ــ موتور ــ کمپرسور، B ــ کندانسر، C ــ کلاف تبخیر کم حرارت،
D ــ کلاف اواپراتور مرطوب

۴ــ سیستم دو ماده‌ای که در آن یک ماده سرمازای ثانویه در یک مدار بسته به گردش درآمده و هوای گرم کابینت اصلی را جذب و آن را به اواپراتور محفظه بالایی (جایخی) منتقل می‌نماید. (شکل ۷ــ۱۰)

۵ــ نصب سوپاپ کنترل دو دمایی در مدار لوله حامل مایع سرمازا (در مدخل گرم‌تر کلاف سوار می‌شود). (شکل ۸ــ۱۰)



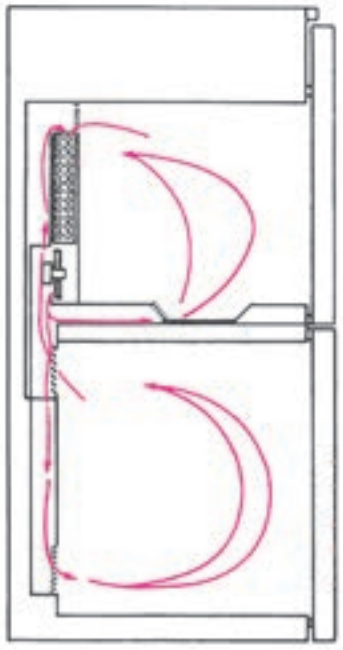
شکل ۷ــ۱۰ــ در این نوع یخچال از یک واحد تقطیرکننده استفاده شده ولی یک مادهٔ سرمازای ثانویه، حرارت کابین را جذب کرده و به کلاف تبخیر قسمت فریزر می‌دهد. A ــ موتور ــ کمپرسور B ــ کندانسر، C ــ اواپراتور کم حرارت، D ــ کلاف اواپراتور مرطوب، E ــ کندانسر ثانوی



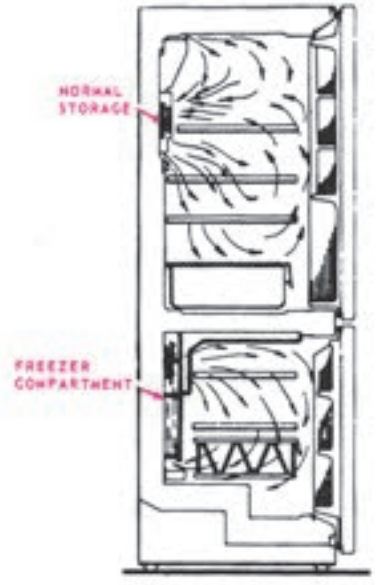
شکل ۸ــ۱۰ــ در این یخچال یک سوپاپ کنترل دو گرمایی که در مدخل کلاف تبخیر گرم‌تر نصب شده دو نوع سرمای دلخواه را ایجاد می‌کند. A ــ موتور کمپرسور، B ــ کندانسر، C ــ کلاف اواپراتور سردتر، D ــ کلاف اواپراتور مرطوب، دستگاه‌های کنترل مادهٔ سرمازا، H ــ سوپاپ کنترل دو گرمایی

۶ــ استفاده از اواپراتور کوران مصنوعی که در آن یک پنکه، هوای سرد اطراف اواپراتور را در هر دو محفظه به جریان می‌اندازد. (شکل ۹ــ۱۰)

۷ــ استفاده از اواپراتور کوران القایی که در آن دو پنکه مستقل هوای سرد اطراف کلاف را به محفظه‌ها منتقل می‌کند. (شکل ۱۰ــ۱۰)

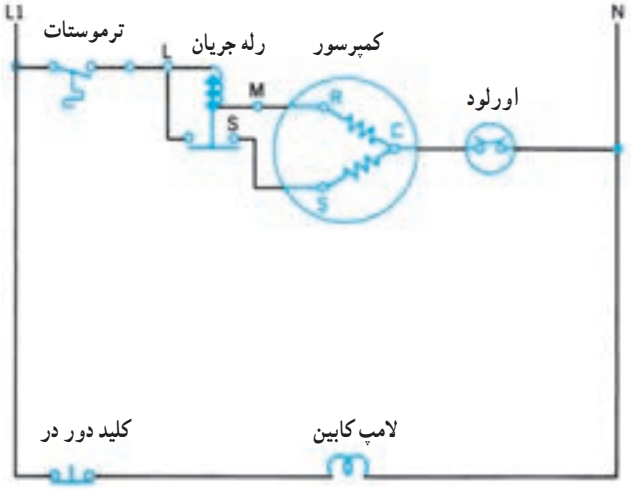


شکل ۹ــ۱۰ــ اوپراتور کوران مصنوعی که در آن از یک پنکه برای به گردش درآوردن هوای سرد در هر دو محفظه استفاده شد.



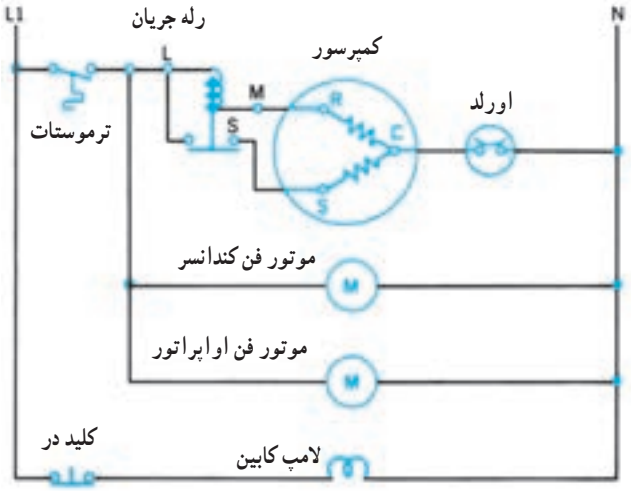
شکل ۱۰ــ۱۰ــ اواپراتور کوران القایی که در آن از پنکه‌های جداگانه برای به گردش درآوردن هوای سرد در کابینت اصلی و فریزر استفاده شده است. ۱ــ کابینت اصلی. ۲ــ فریزر

۲ــ۱ــ۱۰ــ مدار الکتریکی یخچال : مدار الکتریکی یخچال معمولی را می‌توان به دو خط اصلی تقسیم نمود. (شکل ۱۰ــ۱۱)



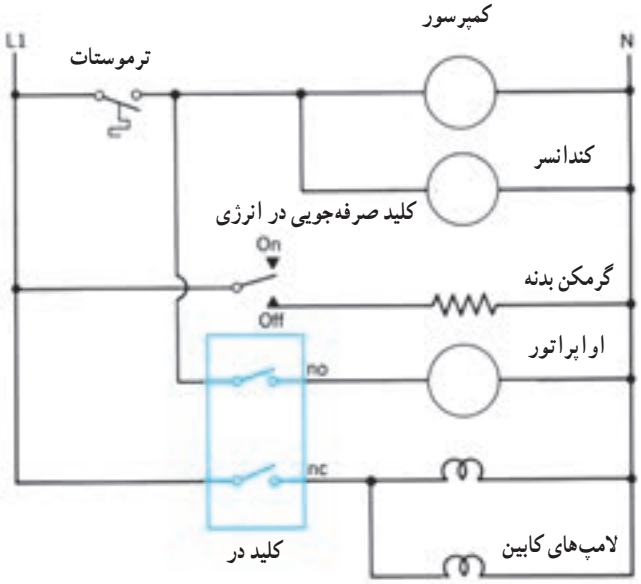
شکل ۱۰ــ۱۱ــ مدار الکتریکی یک دستگاه یخچال خانگی

خط اول برق کمپرسور را کنترل می‌کند، در این مسیر ترموستات قرار گرفته است تا هنگامی‌که دمای داخل یخچال به دمای تنظیم رسید برق کمپرسور را قطع نماید. همچنین در این مسیر رله جریان قرار دارد تا بتوان در هنگام راه‌اندازی کمپرسور، سیم‌پیچ کمکی را وارد مدار نمود و پس از راه‌اندازی کمپرسور سیم‌پیچ کمکی را از مدار خارج نماید. در انتهای مسیر نیز اورلود نصب می‌شود تا در صورت عبور جریانی بیش از جریان نامی کمپرسور مانند یک فیوز جریان برق را قطع نماید. مسیر دوم برای کنترل لامپ داخل یخچال استفاده می‌شود. در زمان باز شدن در یخچال لامپ روشن و با بستن در یخچال لامپ خاموش خواهد شد. در مدار الکتریکی یخچال فریزر علاوه بر دو مسیر قبلی، دو مسیر دیگر که متعلق به برق فن کندانسر و فن اواپراتور است نیز اضافه می‌شود. برق ورودی این دو مسیر بعد از ترموستات گرفته شده تا همزمان با خاموش و روشن شدن کمپرسور، فن‌های کندانسر و اواپراتور نیز خاموش یا روشن شوند. (شکل ۱۰ــ۱۲)



شکل ۱۰ــ۱۲ــ مدار الکتریکی یک دستگاه یخچال فریزر

در صورتی که برای تبادل گرمای بیشتر بین مواد غذایی داخل یخچال و اواپراتور از فن برای به گردش درآوردن هوا استفاده شود، با باز شدن درب یخچال هوای سرد داخل یخچال به بیرون دمیده می‌شود. برای جلوگیری از این امر مطابق شکل ۱۳ــ۱۰ از یک کلید دو حالته در مدار برق اواپراتور و لامپ داخل کابین یخچال استفاده می‌شود. هنگامی که درب یخچال بسته است کلیدی که در مدار فن اواپراتور قرار دارد در حالت بسته و کلیدی که در مدار لامپ قرار دارد باز می‌باشد. حال اگر در یخچال باز شود کلید لامپ تغییر حالت داده و بسته می‌شود اما کلیدی که در مدار فن اواپراتور قرار دارد باز شده و از ادامه کار اواپراتور جلوگیری می‌کند.



شکل ۱۳ــ ۱۰ــ طرح دیگری از مدار الکتریکی یخچال فریزر

۲ــ۱۰ــ آب سردکن

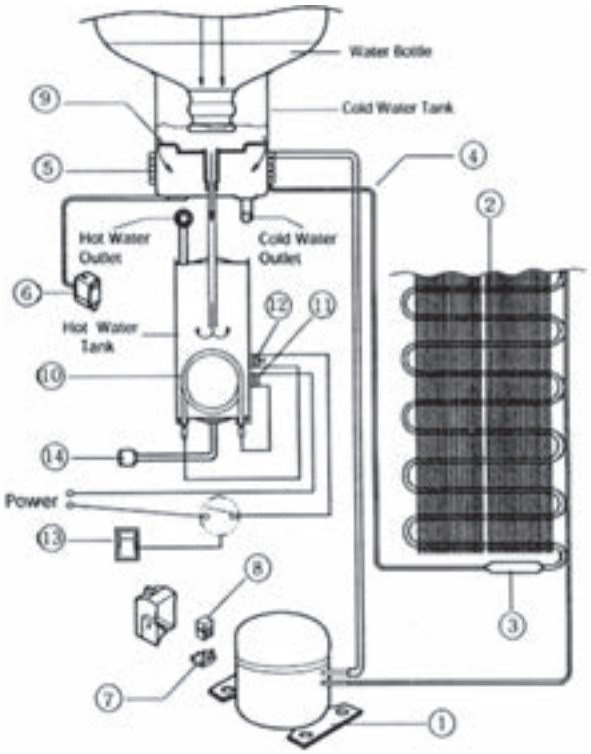
۱ــ۲ــ۱۰ــ مدار مکانیکی آب سردکن: مدار مکانیکی آب سرد کن در دو نوع ساخته می‌شوند. در نوع اول بر روی آب‌سردکن یک بطری آب نصب می‌شود. آب داخل بطری توسط اواپراتوری که بر روی بدنه دستگاه نصب شده خنک می‌شود. (شکل ۱۴ــ۱۰)

شکل ۱۴ــ۱۰ــ آب سردکن دارای بطری آب

لوله‌های اواپراتور در بالای دستگاه به‌صورت کلاف دور محلی که در تماس با آب مخزن است پیچیده می‌شوند تا آب مخزن را خنک نماید (شکل ۱۵ــ۱۰) . امروزه این دستگاه‌ها مجهز به یک هیتر می‌باشند تا آب داغ را نیز تهیه نمایند. با خالی شدن آب داخل بطری، بطری خالی را با بطری پر از آب تعویض می‌کنند.

اجزاء تشکیل دهنده این دستگاه دوکاره که آب سرد و آب گرم را تأمین می‌کند عبارتند از :

۱ــ کمپرسور
۲ــ کندانسر
۳ــ فیلتر درایر
۴ــ لوله رفت مایع مبرد
۵ــ کویل اواپراتور
۶ــ ترموستات آب سرد
۷ــ اورلود
۸ــ رله
۹ــ مخزن نگهداری آب سرد
۱۰ــ هیتر
۱۱ــ بی‌متال
۱۲ــ ترموستات آب گرم
۱۳ــ کلید قطع و وصل
۱۴ــ خروج آب گرم

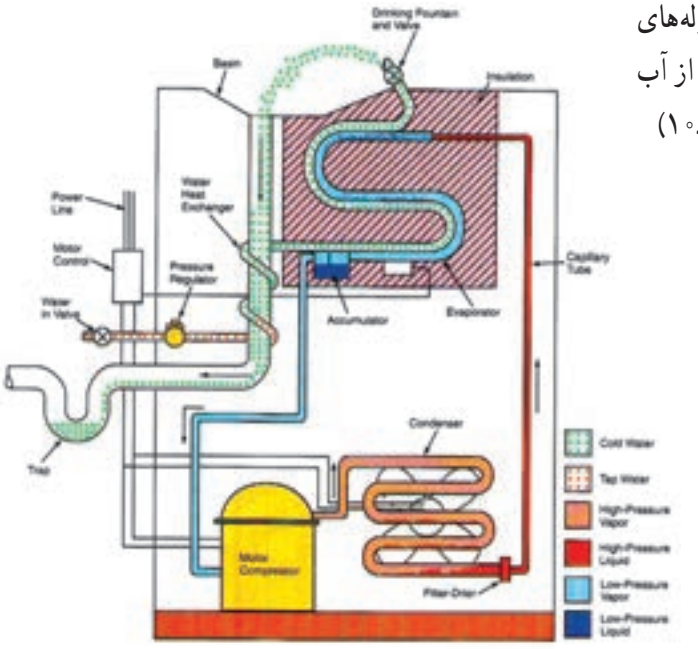


شکل ۱۵ــ۱۰ــ اجزاء دستگاه آب سردکن بطری‌دار مجهز به هیتر گرم کن آب داغ

در نوع دیگر آب سردکن از یک مخزن باز یا یک مخزن بسته استفاده می‌شود که لوله‌های اواپراتور به‌دور مخزن پیچیده می‌شود. (شکل ۱۶ــ۱۰)

شکل ۱۶ــ۱۰ــ آب سردکن با مخزن ذخیره آب

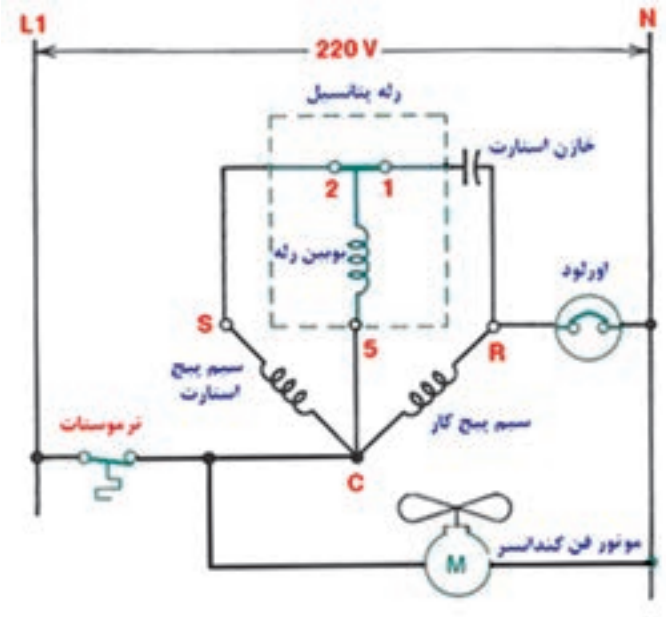
البته ممکن است به‌جای استفاده از مخزن، لوله‌های اواپراتور به لوله‌های آب سرد لحیم شوند تا انتقال حرارت از آب داخل لوله به اواپراتور به‌خوبی صورت گیرد. (شکل ۱۷ــ۱۰)



شکل ۱۷ــ۱۰ــ اجزاء داخلی آب سردکن

در مسیر آب شهر یک شیر قطع و وصل و یک شیر تنظیم فشار قرار دارد، لوله آب شهر ابتدا به‌دور لوله تخلیه پیچیده می‌شود تا در اثر تبادل حرارت با آب سردی که تخلیه می‌شود کمی خنک شده و در ادامه مسیر حرکت آب داخل لوله‌هایی که به کویل اواپراتور لحیم شده است دمای آب خروجی از آب سردکن به دمای تنظیمی خواهد رسید.

۲ــ۲ــ۱۰ــ مدار الکتریکی آب سردکن : مدار الکتریکی آب سردکن همانند مدار الکتریکی یخچال معمولی بوده با این تفاوت که مدار روشنایی حذف شده و مدار تغذیه فن کندانسر اضافه می‌شود. اتصال فن بعد از ترموستات انجام می‌گیرد تا روشن و خاموش شدن فن کندانسر همزمان با کار کارکرد کمپرسور باشد. (شکل ۱۸ــ۱۰)



شکل ۱۸ــ۱۰ــ مدار الکتریکی آب سردکن

۳ــ۱۰ــ یخچال ویترینی

در فروشگاه‌ها برای نگهداری مواد غذایی از یخچال‌های ویترینی استفاده می‌شود. جلوی این یخچال‌ها از شیشه ساخته می‌شود تا خریداران بتوانند به‌راحتی محصولات داخل یخچال را ببینند. یخچال‌های ویترینی به دو دسته ویترینی شیشه‌ای بسته و ویترینی نمایشی روباز تقسیم می‌شود. (شکل ۱۹ــ۱۰)

الف) یخچال ویترینی شیشه‌ای بسته

ب) یخچال ویترینی نمایشی روباز

شکل ۱۹ــ۱۰

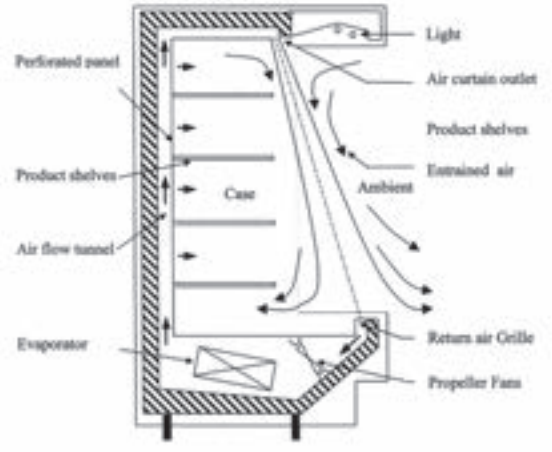
یخچال‌های ویترینی گاهی برحسب محل قرار گرفتن اواپراتور نیز طبقه‌بندی می‌شوند.

۱ــ اواپراتور در سقف

۲ــ اواپراتور بر روی دیوار

۳ــ اواپراتور در کف

به‌منظور تسهیل دسترسی مشتری به مواد غذایی در سلف سرویس‌ها و سوپر مارکت‌ها استفاده از یخچال‌های ویترینی روباز کاملاً متداول است. در این یخچال‌ها از اواپراتور فن‌دار استفاده می‌شود و هوای سرد از طریق کانال‌هایی به شبکه‌های عقبی یخچال دمیده شده و برودتی در حد سرمای غذاهای منجمد ایجاد می‌کند و هوای گرم از قسمت جلوی یخچال به پایین می‌رود. چراغ‌های روشنایی این یخچال‌ها معمولاً در خارج از شیشه ویترین کار گذاشته می‌شود تا حرارت آنها باعث ازدیاد کار یخچال نگردد. (شکل ۲۰ــ۱۰)



شکل ۲۰ــ۱۰ــ جریان هوا در یخچال ویترینی

برای حفظ و نمایش محصولات کشاورزی از یخچال‌های ویترینی روباز با برودتی معادل $5^{\circ}C$ استفاده می‌شود اما در یخچال‌های روباز مخصوص ارائه و فروش مواد غذایی منجمد برودتی نزدیک به $18^{\circ}C-$ نیاز است که ایجاب می‌کند اواپراتورهای آنها در دمای $12^{\circ}C-$ تا $10^{\circ}C-$ کار کند. در محل‌هایی که ممکن است رطوبت موجود در هوا تقطیر شده و یخ بزند سیم‌های حرارتی نصب می‌شود. بعضی از یخچال‌ها به سیستم اخطاری مجهزند که در صورت بالا رفتن درجه حرارت با به صدا درآوردن زنگ با روشن شدن چراغ هشدار می‌دهند.

۱۰ـ۴ـ محاسبه برآورد بار سرمایی یخچال و فریزر

برای بدست آوردن بار برودتی یخچال‌های معمولی، یخچال فریزرها و یخچال‌های پیش‌ساخته از جدول ۱۰ـ۱۶ کتاب اصلی استفاده می‌شود. ابتدا حجم خارجی یخچال را محاسبه نموده و مقدار آن را از ستون سمت چپ جدول پیدا کرده و به‌سمت راست می‌رویم تا بار برودتی یخچال را بدست آوریم.

مثال : یک یخچال پیش‌ساخته با دمای $5^{\circ}C$ به ابعاد $200cm \times 120cm \times 100cm$ ساخته شده است، بار برودتی یخچال را بدست آورید.

حل : ابتدا حجم خارجی یخچال را بدست می‌آوریم :

$$V=2m \times 1/2m \times 1m = 2/4\ m^3$$

از جدول ۱۰ـ۱۶ بار برودتی ۷۶۵w بدست می‌آید.

۱۰ـ۵ـ سردخانه (اتاق‌های سرد)

فروشگاه‌های گوشت و مواد غذایی از یخچال‌های بسیار بزرگ اتاق مانند استفاده می‌کنند. در ساختمان کابینت انواع متداول این یخچال‌ها از عایق پلی‌یورتان و پوشش فلزی خارجی استفاده می‌شود و رویه داخلی با لایه‌ای از لعاب و قسمت خارجی با رنگ پخته پوشیده می‌شود. (شکل ۱۰ـ۲۱)

شکل ۱۰ـ۲۱ـ دو نمونه سردخانه

سردخانه‌ها در دو نوع ثابت و متحرک ساخته می‌شوند.

اتاق سردخانه‌های ثابت از مصالح ساختمانی ساخته شده و پس از نصب عایق بر روی دیوارهای داخلی، روی عایق با ورق‌های نازک آلومینیومی روکش می‌شود. جداره‌های خارجی دیوار سردخانه نیز با مصالح ساختمانی پوشیده می‌شود.

سردخانه متحرک از قطعات پیش‌ساخته تشکیل می‌شود که در محل ساخت سردخانه به یکدیگر متصل می‌شوند. وسط این قطعات پیش‌ساخته عایق قرار گرفته و دو طرف آن با ورق فلزی پوشیده می‌شود. (شکل ۲۲ــ۱۰)

شکل ۲۲ــ۱۰ــ اجزاء پیش‌ساخته سردخانه

در یخچال نیز مانند دیوارهای سردخانه‌های متحرک ساخته می‌شوند و برای جلوگیری از ورود هوای خارج از درز در به‌داخل سردخانه نوار لاستیکی دور در تعبیه می‌شود. قفل و بست و دستگیره در این اتاق‌های سرد به‌منظور ایمنی از داخل نیز باز می‌شوند. اطراف در به سیم‌های حرارتی الکتریکی مجهز است تا از یخ زدن در جلوگیری شود. (شکل ۲۳ــ۱۰)

شکل ۲۳ــ۱۰ــ در سردخانه

۶ــ۱۰ــ برآورد بار سرمایی سردخانه

برآورد بار سرمایی سردخانه‌های پیش‌ساخته کوچک با استفاده از نمودار شکل ۲۲ــ۱۰ کتاب اصلی صورت می‌گیرد. برای محاسبه بار سردخانه ابتدا سطح خارجی سردخانه را بدست آورده و مقدار آن را بر روی محور عمودی نمودار مشخص کرده و به‌سمت راست حرکت می‌کنیم تا خط مورب داخل نمودار را قطع نماید. سپس از همان محل به‌سمت پایین رفته و مقدار بار برودتی سردخانه را از روی محور افقی می‌خوانیم.

لازم به‌ذکر است که نمودار برآورد سرمایی سردخانه براساس ۳۲ درجه دمای محیط و ۱۶ تا ۱۸ ساعت کار برای تجهیزات طراحی شده است. در صورتی‌که دمای محیط $38^{\circ}C$ و دمای سالن ۱/۵ درجه سانتی‌گراد باشد، پس از محاسبه بار از نمودار ۱۲٪

به‌مقدار بدست آمده اضافه می‌نماییم. همچنین در صورتی که دمای محیط $38^{\circ}C$ و دمای سالن $-29^{\circ}C$ باشد ۱۰٪ به مقادیر بدست آمده از نمودار اضافه خواهد شد. در بالای نمودار ضخامت مناسب عایق جداره‌های سردخانه مشخص شده است.

مثال ۱ : سطوح خارجی سردخانه‌ای ۲۸۰ متر مربع است. اگر سردخانه در محیطی با دمای $32^{\circ}C$ قرار گرفته باشد بار سرمایی سردخانه را بدست آورید.

حل : با استفاده از نمودار بار سرمایی برابر با ۱۲/۷kw خواهد بود.

مثال ۲ : سردخانه‌ای به ابعاد خارجی $10m \times 8m \times 4m$ مفروض است. در صورتی که دمای محیط $35^{\circ}C$ و دمای سالن سردخانه $-18^{\circ}C$ باشد مطلوبست ۱ــ بار سرمایی سردخانه ۲ــ ضخامت مناسب برای عایق جداره‌های سردخانه

حل : محاسبه سطح خارجی سردخانه از دو راه امکان پذیر است.

راه اول : سطح جانبی سردخانه : $10 \times 4 \times 2 = 80m^2$

$8 \times 4 \times 2 = 64m^2$

سطح کف و سقف سردخانه : $10 \times 8 \times 2 = 160m^2$

سطح کل سردخانه : $80 + 64 + 160 = 304m^2$

راه دوم : با استفاده از جدول ۲۴ــ۱۰ کتاب اصلی، ابتدا در ستون «طول» عدد ۱۰ متر را انتخاب می‌نماییم و در ستون «عرض» عدد ۸ متر را انتخاب و به سمت راست حرکت می‌کنیم، در ستون ارتفاع 4m سطح خارجی سردخانه ۳۰۴ متر مربع بدست خواهد آمد.

با داشتن سطح خارجی $304m^2$ از نمودار بار سرمایی سردخانه ۱۳/۷ کیلووات خواهد بود اما به‌دلیل تفاوت شرایط دمای محیطی سردخانه با شرایط نمودار، می‌بایستی بار بدست‌آمده را اصلاح نماییم. برای این کار ۱۰٪ به بار سرمایی اضافه خواهد شد.

$$13/7 + \frac{10}{100} = 1/37kw$$

بار سرمایی سردخانه : $13/7 + 1/37 = 15/07\ kw$

با توجه به توضیحات بالای نمودار ضخامت مناسب عایق پشم شیشه برای این سردخانه ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

فصل ۱۱

دستگاه‌های تهویه مطبوع

۱۱ دستگاه‌های تهویه مطبوع

پیش آزمون

۱ــ تهویه مطبوع چیست؟

۲ــ تفاوت کولر آبی و کولر گازی در چیست؟

روش آموزش

هدف از پرسش‌های پیشنهادی پیش آزمون بارش فکری است و نباید در مورد پاسخ آنها داوری، ارزشیابی یا خرده‌گیری کرد و تنها پاسخ چند نفر را در گوشه‌ای از تخته یادداشت کنید. در ادامه هنرآموزان محترم می‌توانند پس از تعریف تهویه مطبوع و گستره آن به چکیده‌ای از تاریخچه تهویه مطبوع اشاره کنند.

۱ــ۱۱ــ تاریخچه

دانش افزایی

الف ــ تعریف تهویه مطبوع[۱]: «تهویه مطبوع، فرایندی برای دگرگونی ویژگی‌های هوا به شرایط دلخواه است.»

تهویه مطبوع دربرگیرندهٔ سیستم‌های سردکن، گرم کردن، تهویه و گندزدایی هوا است.

ب ــ تاریخچه پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع: در جدول شکل ۱ــ۱۱ گام‌هایی که در راستای پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع انجام شده، آمده است.

شکل ۱ــ۱۱ ــ جدول تاریخچه پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع

سال (میلادی)	کارهای انجام شده
قدمت تاریخی	به کارگیری نی در پنجره‌ها و ریختن آب روی آن توسط مصریان باستان ــ گذر آب درون دیوارها توسط رومی‌های باستان، کاربرد بادگیرها توسط ایرانیان
قرن نوزدهم	پیشرفت تهویه مطبوع به دلیل پیشرفت دانش شیمی
قرن دوم	ساخت بادزنی با هفت پره به قطر ۳ متر(گردش با نیروی دست) توسط دینگ هوان از سلسله هان چین
قرن هشتم	ساخت بادزنی که با نیروی آب به گردش درمی آمد و آب نیز در هوا اسپری می‌شد در زمان امپراطور ژوان سونگ از سلسله تانگ چین
۱۷۵۸	آزمایش‌های بنجامین فرانکلین و جان هدلی برای کشف اصل تبخیر (به عنوان وسیله‌ای برای سرد کردن یک شی به تندی) ــ آنها به این نتیجه رسیدند که یک نفر را می‌توان تا سر حد مرگ در تابستان سرد کرد.

۱ــ Air conditioning

۱۸۲۰	کشف مایکل فارادی در مورد سردسازی با فشرده‌سازی و میعان آمونیاک و اجازه تبخیر به آن
۱۸۴۲	به کارگیری جان گوری از کمپرسور و ماشین یخ ساز برای سرد کردن اتاق بیماران مبتلا به تب زرد و پایین آوردن رطوبت هوای اتاق‌ها
۱۹۰۲	ساخت دستگاه تهویه مطبوع برقی توسط ویلیس کریر
۱۹۰۴	طراحی نمودار سایکرومتریک توسط ویلیس کریر
۱۹۰۶	بررسی راه‌هایی برای اضافه کردن رطوبت به هوا درکارخانه نساجی توسط استوارت کرامر و ابداع اصطلاح «تهویه مطبوع»، و در نتیجه ابداع سیستم خنک‌کننده تبخیری
۱۹۴۵	اختراع کولرگازی پنجره‌ای توسط رابرت شرمن که ضمن سرد و گرم کردن می‌توانست هوا را رطوبت گیری، رطوبت- زدایی و فیلتر کند.

۲ــ۱۱ــ ویژگی‌های هوا و سایکرومتری

الف ــ ویژگی‌های هوا

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند هفت ویژگی هوا شامل دمای حباب خشک، دمای حباب مرطوب، دمای نقطه شبنم، رطوبت ویژه، رطوبت نسبی، آنتالپی و حجم مخصوص را توضیح داده و با به کارگیری اختلاف دمای مرطوب و دمای خشک هوا رطوبت نسبی را به‌دست آورند. (جدول ۲ــ۱۱)

Relative Humidity (%)

Dry-Bulb Temperature (°C)	Difference Between Wet-Bulb and Dry-Bulb Temperatures (C°)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
−20	100	28														
−18	100	40														
−16	100	48														
−14	100	55	11													
−12	100	61	23													
−10	100	66	33													
−8	100	71	41	13												
−6	100	73	48	20												
−4	100	77	54	32	11											
−2	100	79	58	37	20	1										
0	100	81	63	45	28	11										
2	100	83	67	51	36	20	6									
4	100	85	70	56	42	27	14									
6	100	86	72	59	46	35	22	10								
8	100	87	74	62	51	39	28	17	6							
10	100	88	76	65	54	43	33	24	13	4						
12	100	88	78	67	57	48	38	28	19	10	2					
14	100	89	79	69	60	50	41	33	25	16	8	1				
16	100	90	80	71	62	54	45	37	29	21	14	7	1			
18	100	91	81	72	64	56	48	40	33	26	19	12	6			
20	100	91	82	74	66	58	51	44	36	30	23	17	11	5		
22	100	92	83	75	68	60	53	46	40	33	27	21	15	10	4	
24	100	92	84	76	69	62	55	49	42	36	30	25	20	14	9	4
26	100	92	85	77	70	64	57	51	45	39	34	28	23	18	13	9
28	100	93	86	78	71	65	59	53	47	42	36	31	26	21	17	12
30	100	93	86	79	72	66	61	55	49	44	39	34	29	25	20	16

شکل ۲ ــ ۱۱ــ جدول رطوبت نسبی هوا

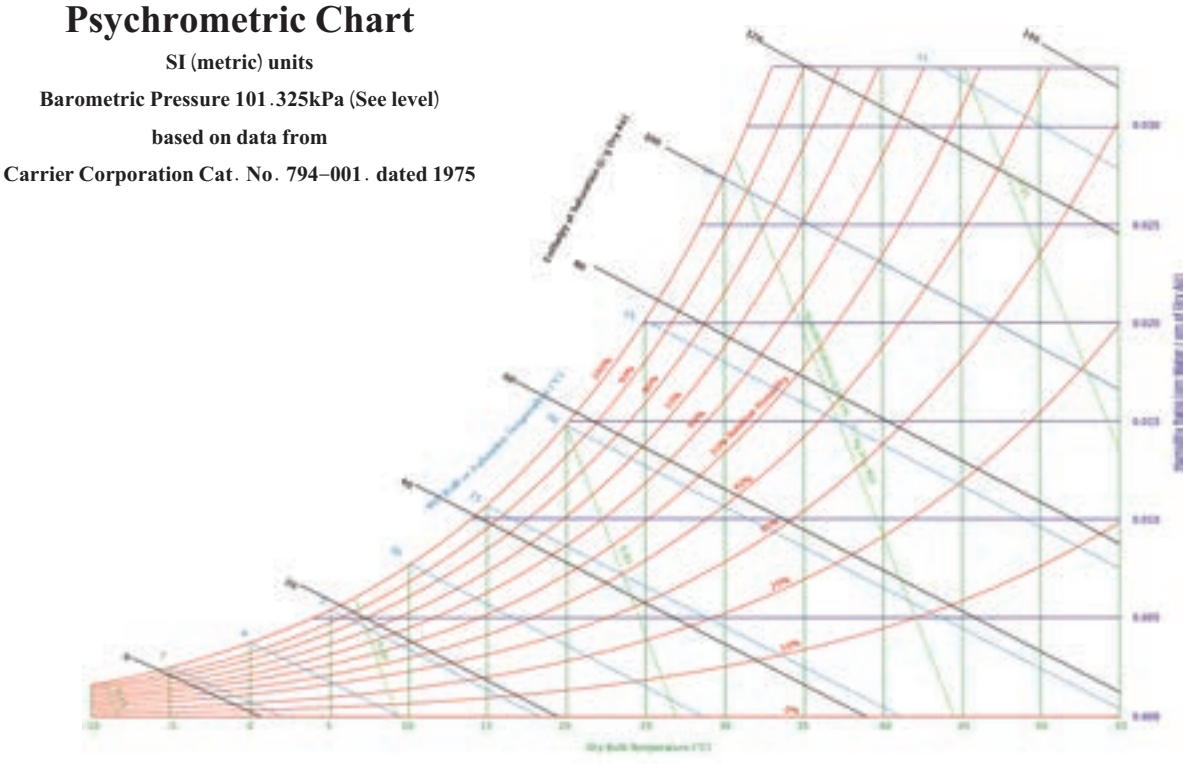
پرسش و پاسخ

دمای هوای خشک اتاقی ۲۰ درجه سلسیوس و اختلاف بین دمای خشک و دمای مرطوب هوا ۵ درجه سلسیوس است رطوبت نسبی چند درصد است؟ با استفاده از جدول رطوبت نسبی ۵۸ درصد است.

ب ــ نمودار سایکرومتریک[1]

روش آموزش

دراین بخش هنرآموزان محترم می‌توانند هفت ویژگی هوا راکه پیش از این بیان نموده‌اید بر روی نمودار سایکرومتریک[2](شکل ۳ــ۱۱) نشان دهند. هنرجویان به طور معمول رطوبت ویژه[3] (نسبت رطوبت یا رطوبت مطلق) را با رطوبت نسبی[4] اشتباه می‌گیرند که بهتر است در این مورد توضیح بیشتری داده شود.



شکل ۳ ــ ۱۱ ــ نمودار سایکرومتریک

پرسش و پاسخ

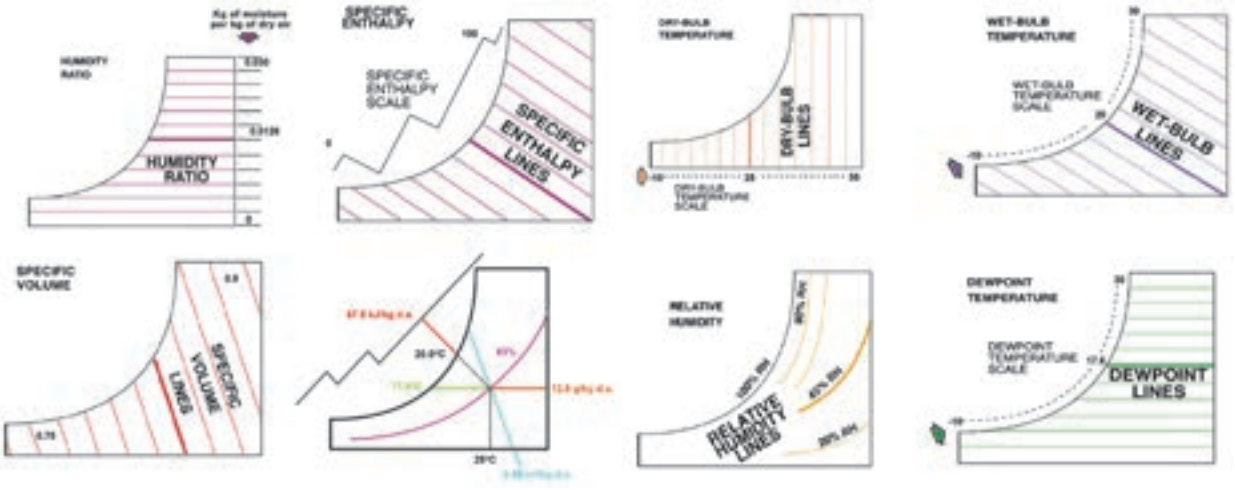
دمای خشک هوای یک اتاق ۲۵ درجه سلسیوس و دمای مرطوب آن ۲۰ درجه سلسیوس است، ویژگی‌های دیگر هوای این اتاق را پیدا کنید. الف) رطوبت نسبی ب) دمای نقطه شبنم پ) رطوبت ویژه ث) آنتالپی

۱ــ Psychrometric chart

۲ــ نمودار رطوبی هوا

۳ــ Humidity Ratio

۴ــ Relative Humidity



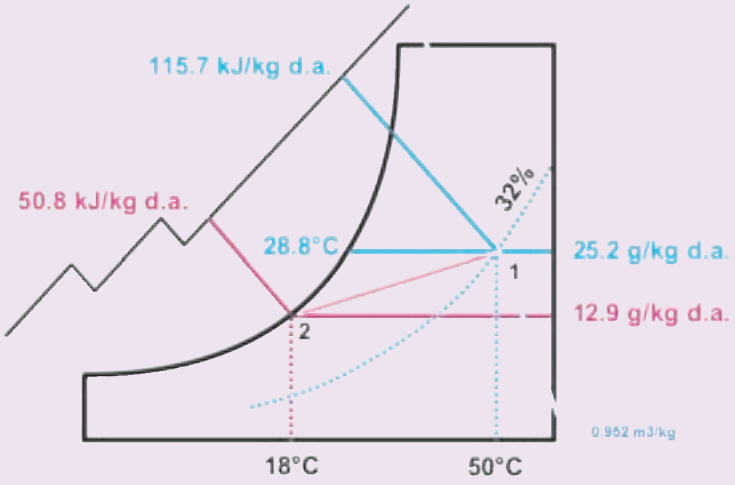
الف) چهار ویژگی هوا بر روی نمودار

ب) سه ویژگی دیگر هوا بر روی نمودار و پاسخ به پرسش و پاسخ مربوطه

شکل ۴ ــ ۱۱

پرسش و پاسخ

هوای با دمای ۵۰ درجه سلسیوس و دبی ۰/۱ متر مکعب بر ثانیه و رطوبت نسبی ۳۲ درصد را از روی کویل یک کولر گازی عبور داده تا در شرایط اشباع به دمای ۱۸ درجه سلسیوس برسد، ظرفیت سرمایی این کولر چند کیلووات است؟ (از گرمای گرفته شده آب روی کویل صرف نظر کنید.)

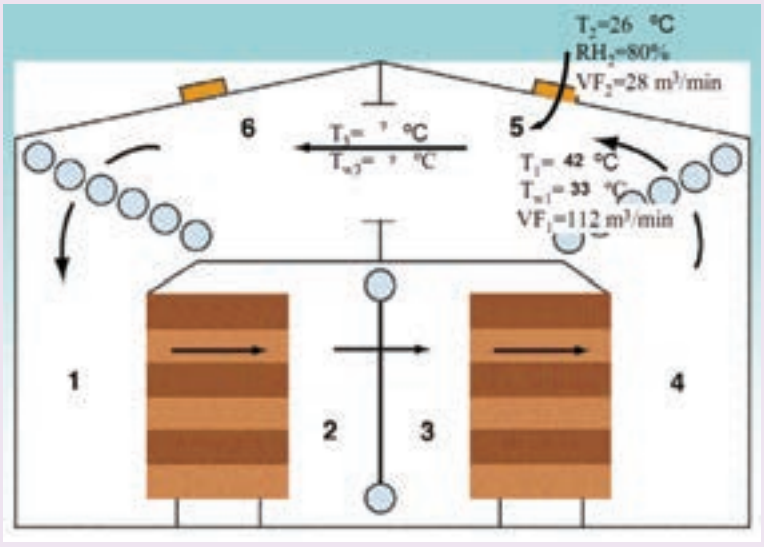


شکل ۵ ــ ۱۱

$$q = (۰/۱\frac{m^۳}{s} \div ۰/۹۵۲\frac{m^۳}{kg}) \times (۱۱۵/۷ - ۵۰/۸)\frac{kj}{kg} = ۶/۸kw$$

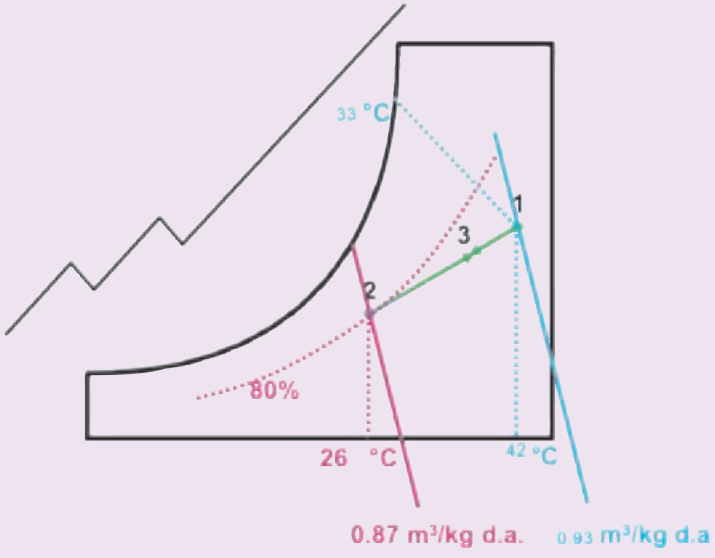
پرسش و پاسخ

هوای با ویژگی‌هایی که در شکل ۶ــ۱۱ نشان داده شده است درون یک اتاق در گردش است. چنانچه مقداری هوای تازه وارد اتاق شود، دمای خشک و مرطوب هوا بعد از درهم شدن چند درجه سلسیوس است؟



شکل ۶ــ ۱۱

ویژگی‌های داده شده را بر روی نمودار سایکرومتریک مشخص می‌کنیم، سپس از نقطه ۱ خطی را به سوی نقطه ۲ امتداد می‌دهیم. ویژگی‌های درهم شده در نقطه‌ای مانند ۳،بین نقاط ۱و ۲ واقع می‌شود. (شکل ۷ــ۱۱)



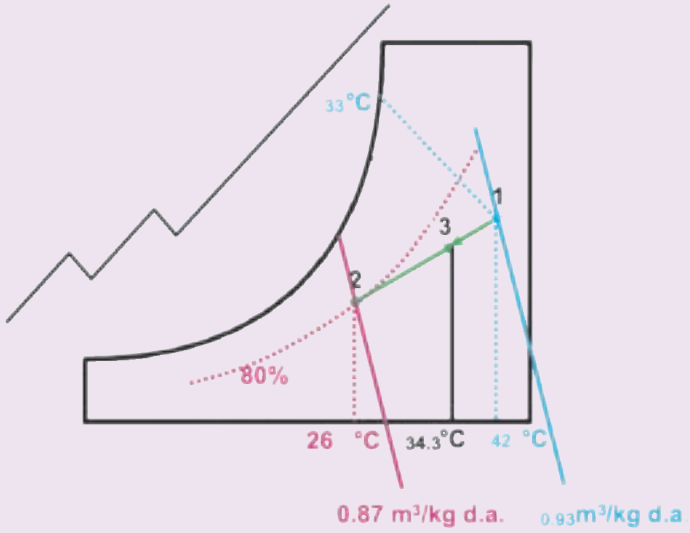
شکل ۷ــ ۱۱ــ الف ــ مشخص نمودن نقاط روی نمودار

برای اینکه محل نقطه ۳ را بدست آوریم به‌روش زیر عمل می‌کنیم :

$$T_C = \frac{۰/۹۳ \times ۴۲^\circ C + ۰/۸۷ \times ۲۶^\circ C}{۰/۹۳ + ۰/۸۷} = \frac{۳۹/۰۶ + ۲۲/۶۲}{۱/۸}$$

$$T_C = ۳۴/۳^\circ C$$

از نقطهٔ $T_C = ۳۴/۳^\circ C$ خطی عمود ترسیم می‌کنیم تا خط ۲ــ۱ را در نقطهٔ ۳ قطع کند.



شکل ۷ــ ۱۱ ــ ب ــ پاسخ پرسش روی نمودار

۳ــ۱۱ــ آسایش گرمایی[۱]

دانش افزایی

دمای داخلی بدن انسان در حالت عادی در حدود ۳۷ درجه سلسیوس است که این دما در سطح پوست به ۳۲ درجه کاهش می‌یابد. در صورتی‌که دمای هوا، بیشتر شود بدن احساس گرمی کرده و در صورتی‌که دمای هوا از آن کمتر شود بدن احساس سردی می‌کند. بنابراین همواره تبادل حرارتی بین بدن و محیط اطرافش در جریان است. حال اگر این تبادل حرارت به‌حالت تعادل درآید یعنی بدن در هر لحظه بتواند انرژی اضافی خود را به محیط منتقل کند یا انرژی مورد نیاز را از محیط جذب کند، آسایش گرمایی برقرار شده است. یعنی حالتی که فرد نه احساس سرما و نه احساس گرما می‌کند.

الف ــ عوامل مؤثر بر آسایش گرمایی

۱ــ دمای خشک ۲ــ دمای مرطوب ۳ــ رطوبت ۴ــ سرعت جریان هوا ۵ــ تابش

۶ــ پوشش : واحد اندازه‌گیری پوشش لباس cloth است. در نمودارهای آسایش گرمایی به‌صورت پیش فرض پوشش افراد برابر ۰/۵ (لباس رسمی) در نظر گرفته می‌شود.

۱ــ Thermal comfort

۷ــ عوامل فیزیکی (سن، جنس، نژاد)

افراد مسن برای احساس آسایش احتیاج به دمایی ۱ تا ۲ درجه بالاتر از افراد عادی دارند. زن‌ها نیز برای احساس آسایش احتیاج به دمایی ۱ تا ۲ درجه بیشتر از مردها دارند. عامل دیگر نژاد است. برای مثال افرادی که در مناطق گرمسیر زندگی می‌کنند راحت‌تر می‌توانند دماهای بالاتر از نقطه آسایش را تحمل کنند.

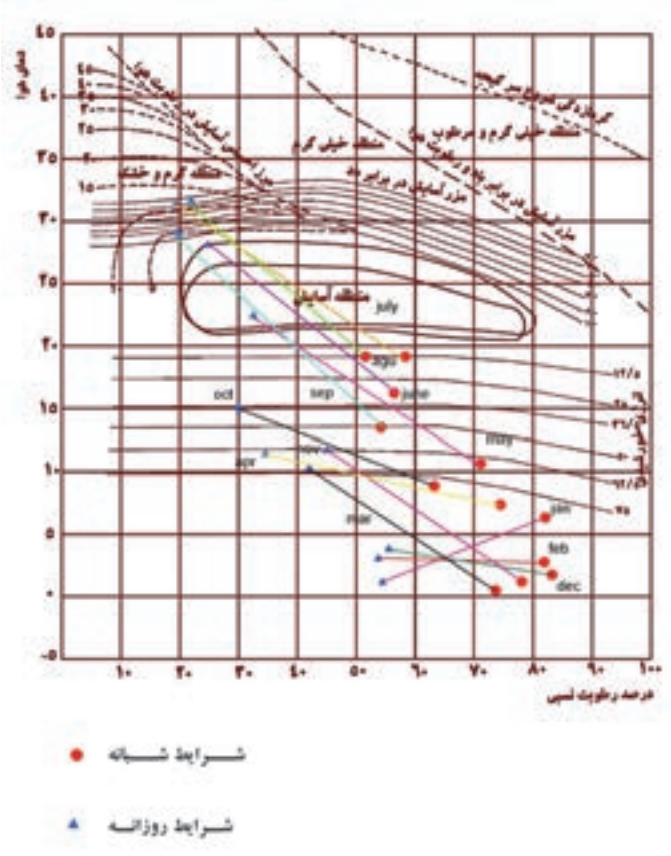
ب ــ نقطه آسایش

به‌شرایطی که در آن مجموع فاکتورهای دما، رطوبت، جریان هوا، تابش و پوشش برای آسایش فراهم باشد، نقطه آسایش می‌گوییم. با تغییر هر یک از فاکتورهای پیش‌گفته شرایط آسایش از بین رفته و برای جبران آن باید فاکتور دیگر را تغییر دهیم. مثلاً در صورت افزایش دما می‌توان پوشش را کم کرد یا با افزایش جریان هوا مجدداً به یک نقطه آسایش جدید برسیم. مجموعه تمام نقاط آسایش را محدوده آسایش می‌نامند.

محدوده آسایش را می‌توان در نمودارهایی که نمودارهای زیست اقلیمی یا بیوکلماتیک نامیده می‌شوند نشان داد. این نمودارها خود بر دو گونه دسته‌بندی می‌شوند :

۱ــ نمودار بیوکلماتیک انسانی

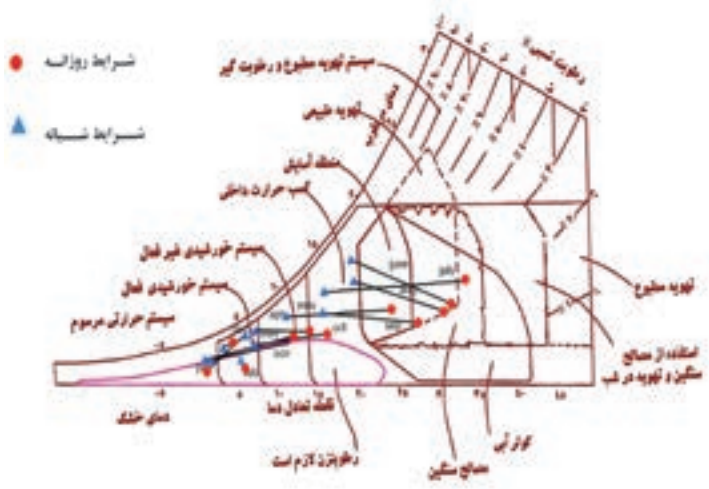
این نمودار شرایط آسایش فیزیکی انسان را با توجه به شرایط اقلیمی پیرامون او مشخص می‌سازد. محور افقی نشانگر رطوبت نسبی و محور عمودی نشانگر دمای محیط است. حد نهایی تحمل جریان هوا ۷۰۰ فوت در دقیقه (۳/۵ متر بر ثانیه) است. پوشش در این نمودار به صورت پیش فرض ۰/۵ فرض شده است.(شکل ۸ ــ ۱۱)



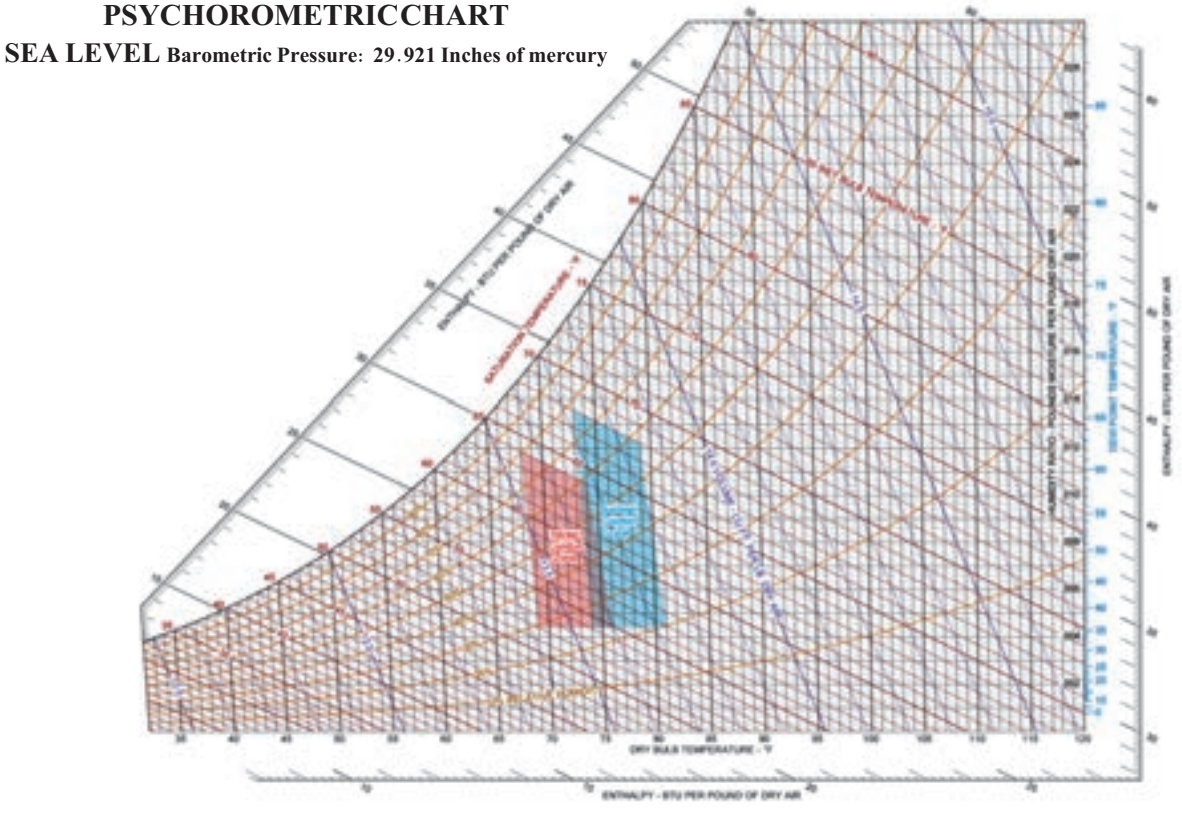
شکل ۸ ــ ۱۱ــ نمودار بیوکلماتیک انسانی

۲ــ نمودار بیوکلماتیک ساختمانی

این نمودار شرایط آسایش انسان را در محیط مسکونی نشان می‌دهد. و بر روی نمودار سایکرومتریک قابل مشاهده است. در این نمودار محدوده آسایش در تابستان و زمستان نشان داده می‌شود. (شکل ۹ــ ۱۱ــ الف و ب)

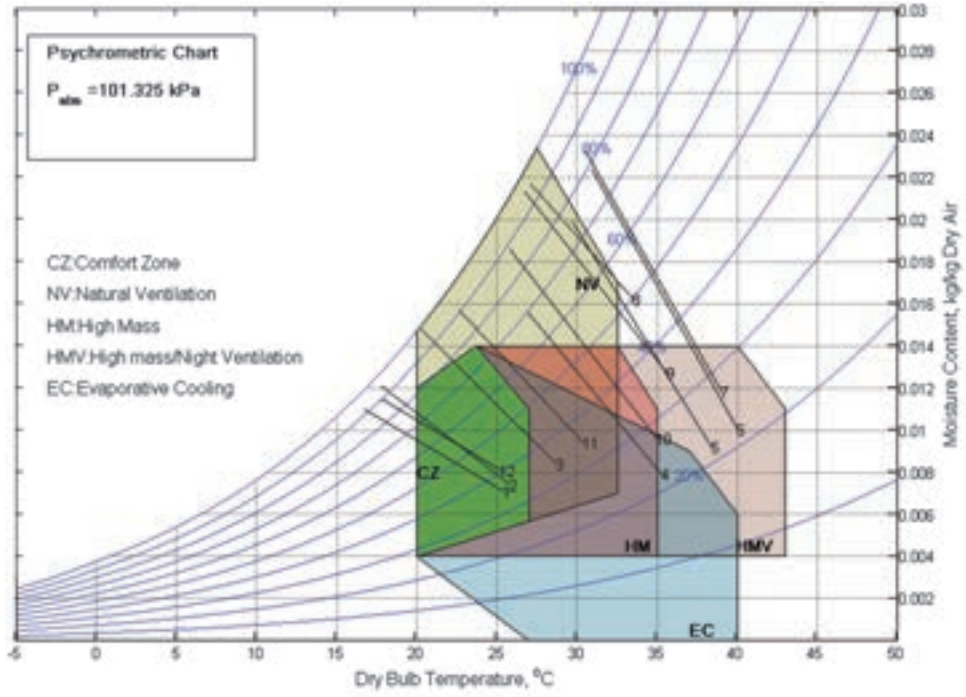


شکل ۹ ــ ۱۱ ــ الف ــ نمودار بیوکلماتیک



شکل ۹ ــ ۱۱ــ ب ــ نمودار بیوکلماتیک ساختمانی

در شکل ۱۰ــ ۱۱ یک نمودار بیوکلماتیک ساختمانی دیگر که در آن منطقه آسایش (CZ)، تهویه طبیعی(NV)، ساختمان با مصالح سنگین(HM)، ساختمان با مصالح سنگین و تهویه در شب(HMV) و سرمایش تبخیری(EC) نشان داده شده است.



شکل ۱۰ ــ ۱۱ ــ نمودار بیوکلماتیک ساختمانی در یکی از شهرهای کناره خلیج فارس

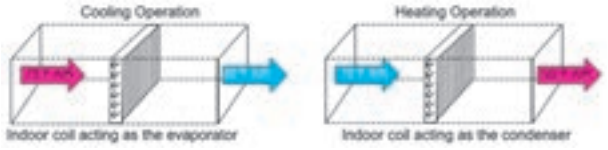
۴ ــ۱۱ــ پمپ گرمایی[۱]

پمپ گرمایی دستگاهی است که گرما را در خلاف جهت جریان طبیعی آن منتقل می‌کند. به عبارت دیگر پمپ گرمایی، گرما را از محیط سرد به محیط گرم منتقل می‌کند. این فرایند در تابستان از درون ساختمان به بیرون و در زمستان از بیرون به درون ساختمان انجام می‌شود. (شکل ۱۱ــ ۱۱)

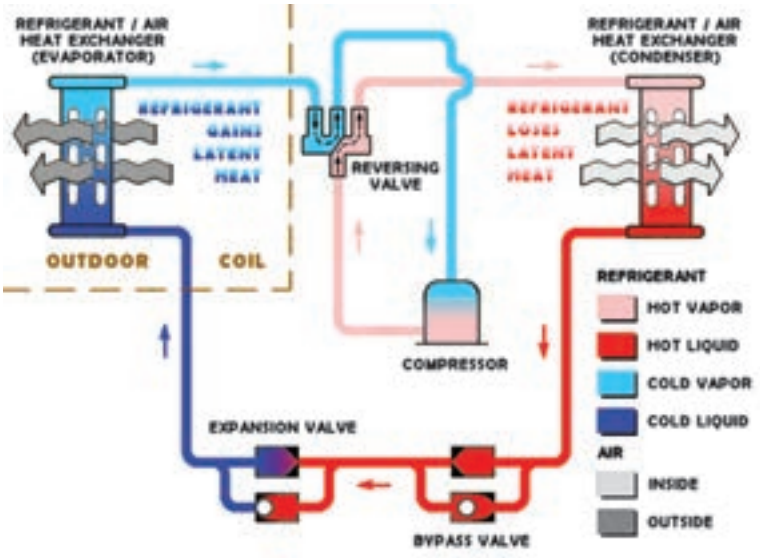
شکل ۱۱ ــ ۱۱ ــ پمپ گرمایی دو فصلی در یک ساختمان

۱ــ Heat Pump

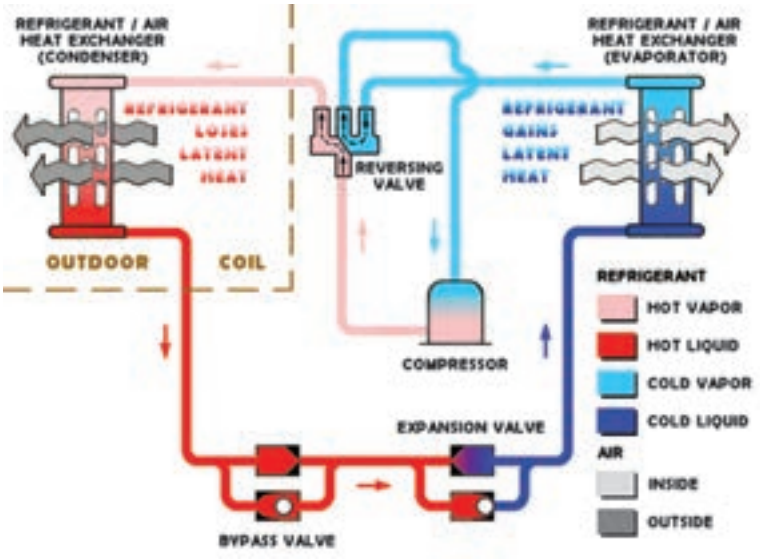
با جابه جا کردن کندانسر و اواپراتور به اقتضای فصل می‌توان از چرخه سردسازی به عنوان پمپ‌های گرمایی استفاده کرد. (شکل‌های ۱۲ــ ۱۱ و ۱۳ــ ۱۱)



شکل ۱۲ ــ ۱۱ ــ کارکرد یک کولر گازی در دو فصل

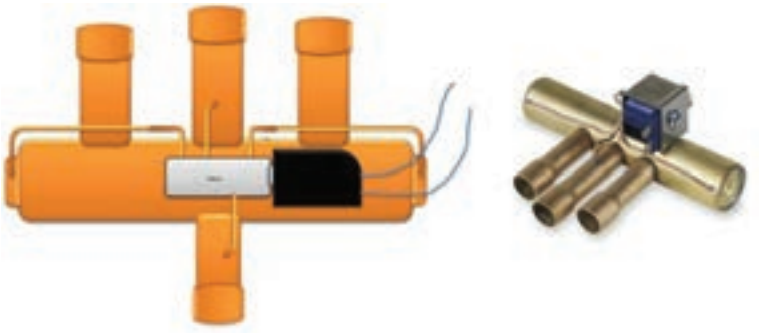


شکل ۱۳ ــ ۱۱ــ الف ــ جهت گردش ماده سرمازا در زمستان



شکل ۱۳ ــ ۱۱ــ ب ــ جهت گردش ماده سرمازا در تابستان

در شکل ۱۴ــ ۱۱ شیر معکوس کننده گردش ماده سرمازا در یک پمپ گرمایی و درون آن نشان داده شده است.



شکل ۱۴ ــ ۱۱ ــ شیر معکوس کننده گردش ماده سرمازا

۵ ــ ۱۱ ــ بار سرمایی ساختمان

بار سرمایی مقدار گرمایی است که ساختمان در روز طرح فصل تابستان در واحد زمان می‌گیرد. بر خلاف بار گرمایی ساختمان که عوامل به وجودآورنده آن محدود است، مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده بار برودتی متعدد و شامل عوامل مختلف در داخل و خارج ساختمان می‌باشد. قدم اول در طراحی سیستم‌های برودتی، بررسی اولیه شرایط ساختمان می‌باشد.

ــ تعیین شرایط آب و هوایی، طرح خارج
ــ تعیین شرایط طرح داخل برابر منحنی آسایش
ــ جنس دیوارها
ــ جهت ساختمان در مقابل باد یا خورشید
ــ موقعیت ساختمان نسبت به ساختمان‌های اطراف
ــ نحوه تابش آفتاب
ــ مشخصات پنجره‌ها (ابعاد، قاب، مواد تشکیل‌دهنده، تعداد جدار شیشه‌ها)
ــ تعداد افراد حاضر در ساعت طرح و نوع فعالیت و مدت زمان حضور
ــ سیستم روشنایی
ــ مشخصات وسائل برقی و گرمایی
ــ گونه بهره‌برداری از ساختمان

افزایش گرما در یک ساختمان به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود :

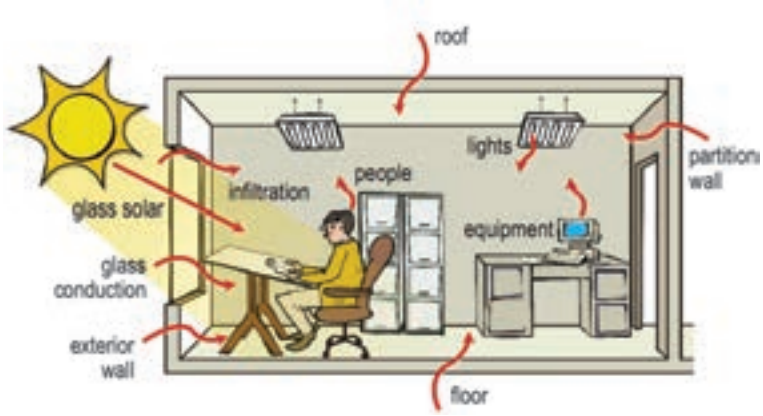
۱ــ بار سرمایی بخش خارجی

شامل هدایت از دیوارها، پنجره‌ها، سقف، کف، تابش، هوای نفوذی و همه گرمای محسوس منتقل شده از خارج

۲ــ بار سرمایی بخش داخلی

شامل گرمای محسوس و نهان تولید شده مانند ساکنین، روشنایی، دستگاه‌ها و . . .

در شکل ۱۵ــ ۱۱ عواملی که در یک ساختمان منبع تولید گرما می‌باشند نشان داده شده است.



شکل ۱۵ ــ ۱۱ ــ منبع تولید گرما در ساختمان

برای برآورد بار سرمایی سه روش اصلی به کار می‌رود :

۱ــ محاسبات دقیق

۲ــ محاسبات نیمه مهندسی

۳ــ محاسبات سرانگشتی

در این بخش به چند نمونه برآورد سرانگشتی اشاره می‌شود.

الف ــ برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس هوای گذریافته از روی کویل

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (A) \times (XT_o + YT_i + T_c)$$

ضریب هوا (AF)

$$AF = p \times C_p \times ۶۰$$

مثال :ضریب هوا را در سطح دریا بدست آورید.

P (چگالی هوا در سطح دریا) $= ۰/۰۷۵ \ lb/ft^3$

C_p (گرمای ویژه هوا) $= ۰/۲۴ \ Btu/lb.F$

۶۰ نیز ضریب تبدیل دقیقه به ساعت است.

$$AF = ۰/۰۷۵ \times ۰/۲۴ \times ۶۰ = ۱/۰۸ \ Btu.min/ft^3.F.hr$$

از جدول شکل ۱۶ ــ ۱۱ مقدار ضریب هوا (AF) را در سایر ارتفاع‌ها از سطح دریا را برای شهر مورد نظر می‌توان مشخص کرد.

شکل ۱۶ــ۱۱ ــ جدول مقدار ضریب هوا (AF)

ارتفاع از سطح دریا (متر)	۰	۳۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۸۰۰	۲۱۰۰	۲۴۰۰	۲۷۰۰	۳۰۰۰
AF	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۰۱	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۷۴

ضریب بار سرمایی (CLF)، ضریب حجم هوای مورد نیاز به ازای واحد سطح را برای ساختمان‌های گوناگون نشان می‌دهد. در جدول ۱۷ ــ ۱۱ ضریب بار سرمایی (CLF) برای ساختمان‌های گوناگون آورده شده است.

شکل ۱۷ ــ ۱۱ ــ جدول ضریب بار سرمایی (CLF)

ساختمان نوع کاربری	CLF (CFM/ft2)
ساختمان مسکونی ــ آپارتمان	۱
ساختمان اداری یا تجاری	۱/۲
کلاس درس ــ مدارس	۱/۵
بیمارستان (اتاق بیماران)	۲
ساختمان‌های چند منظوره ــ مجتمع‌ها ــ فروشگاه‌های بزرگ	۲/۵

A ــ مساحت فضا

X ــ سهم هوای تازه بیرون

Y ــ سهم هوای بازگشتی به دستگاه

To ــ دمای خشک طرح خارج

Ti ــ دمای خشک طرح داخل

Tc ــ دمای نقطه شبنم کویل سرد

مثال : بار سرمایی یک ساختمان اداری در تهران به مساحت ۱۰۰۰ فوت مربع، چند تن تبریداست؟ (۲۰درصد هوای تازه) برای شرایط تهران داریم :

$CLF = ۱/۲$ $AF = ۰/۹۳$ $Tc = ۵۵\ ^{\circ}F$ $Ti = ۷۵\ ^{\circ}F$ $To = ۱۰۵^{\circ}F$

بنابراین :

$$Q = ۰/۹۳ \times ۱/۲ \times ۱۰۰۰ \times (۰/۲ \times ۱۰۵ + ۰/۸ \times ۷۵ - ۵۵) = ۲۹۰۱۶\ Btu/hr = ۲/۴\ T.C$$

همانطور که می‌دانیم درکولر گازی هوای برگشتی نداریم پس معادله به شکل زیر درمی‌آید :

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (A) \times (T_i - T_c)$$

و چنانچه بخواهیم مساحت و دما را درسیستم متریک قرار دهیم :

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (۱۱A) \times (۱/۸ \times (T_i - T_c)) \longrightarrow$$

شکل ۱۸ ــ ۱۱ ــ جدول برآورد سرانگشتی بار سرمایی

Sl.no	Application	Required cooling capacity (TR) for 1000 ft² of floor area
1.	Office buildings: External zones Internal zones	 25% glass: 3.5 TR 50% glass: 4.5 TR 75% glass: 5.0 TR 2.8 TR
2.	Computer rooms	6.0 – 12.0 TR
3.	Hotels Bedrooms Restaurants	 Single room: 0.6 TR per room Double room: 1.0 TR per room 5.0 - 9.0 TR
4.	Department stores Basement & ground floors Upper floors	 4.5 – 5.0 TR 3.5 – 4.5 TR
5.	Shops	5.0 TR
6.	Banks	4.5 – 5.5 TR
7.	Theatres & Auditoriums	0.07 TR per seat

$$Q = ۲۰(AF) \times (CLF) \times (A) \times (T_i - T_c)$$

مثال : بار سرمایی یک ساختمان اداری در تهران به مساحت ۹۰ متر مربع، چند تن تبرید است؟

برای شرایط تهران داریم :

$CLF = ۱/۲$ $AF = ۰/۹۳$ $Ti = ۲۴^{\circ}C$ $Tc = ۱۳^{\circ}C$

$$Q = ۲۰ \times (۰/۹۳) \times (۱/۲) \times (۹۰) \times (۲۴ - ۱۳) = ۲۲۰۹۷ \text{ Btu/hr} = ۱/۸ \text{ Tc}$$

ب ــ برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس نوع کاربری

در جدول شکل ۱۸ ــ ۱۱ برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس نوع کاربری آورده شده است.

مثال : بار سرمایی یک دفتر کار به مساحت ۱۱۰ متر مربع که از یک طرف پنجره خارجی دارد چند تن تبرید است؟

$$A = ۱۱۰ \times ۱۱ = ۱۱۰۰ \text{ft}^{۲} \rightarrow Q = \frac{۱۱۰۰}{۱۰۰۰} \times ۳/۵ = ۳/۸۵ \text{TR}$$

۶ ــ ۱۱ ــ سرد کننده تبخیری[۱]

دستگاه‌های سرد کننده تبخیری هوا را می‌توان به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم دسته‌بندی کرد. در سرمایش تبخیری از طریق کم کردن دمای حباب خشک هوا، شرایط محیطی مناسب‌تری تأمین می‌گردد.

۱ــ Evaporative Cooler

فرایند سرمایش تبخیری مستقیم، یک فرایند تبادل گرما آدیاباتیک است که در آن گرما از هوا به آب انتقال می‌یابد و آب تبخیر می‌گردد. به این ترتیب دمای حباب خشک هوا کاهش یافته و سرمایش محسوس انجام می‌شود. چندگونه از این دستگاه‌ها عبارتند از :

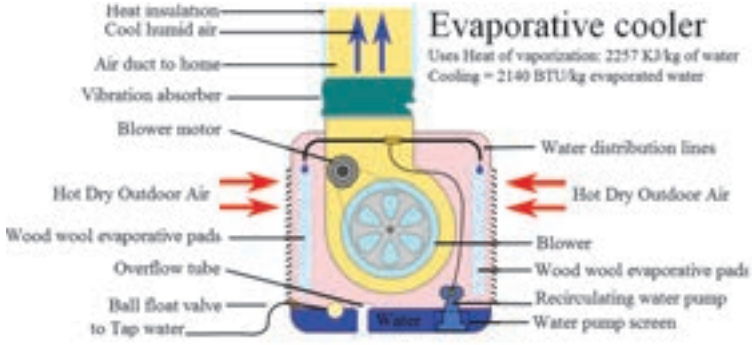
(۱) کولرهای تبخیری

(۲) هواشوی‌ها

(۳) واحدهایی که در آنها بر روی کویل آب پاشیده می‌شود.

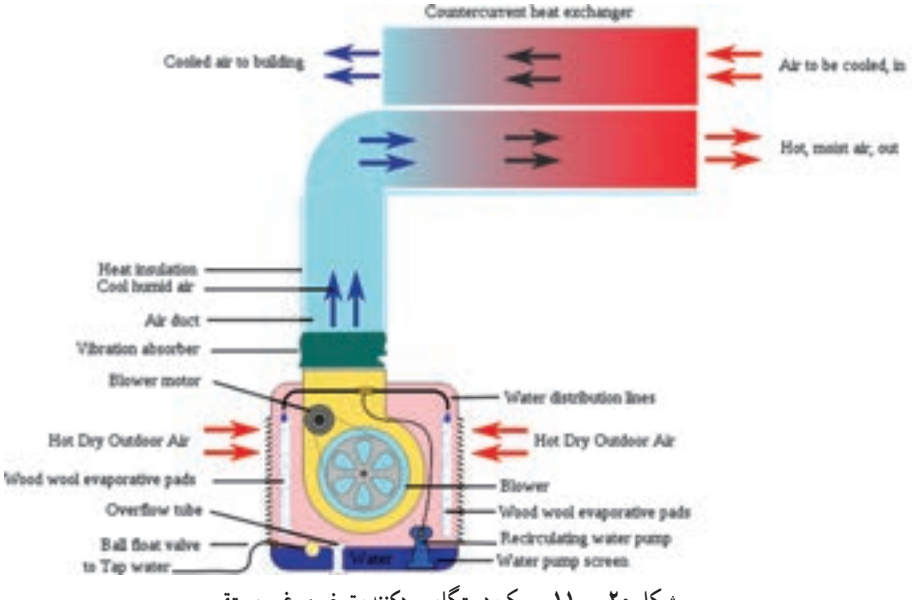
(۴) رطوبت زن‌ها

در شکل ۱۹ ــ ۱۱ یک دستگاه سردکننده تبخیری که با نام کولر آبی شناخته می‌شود نشان داده شده است.

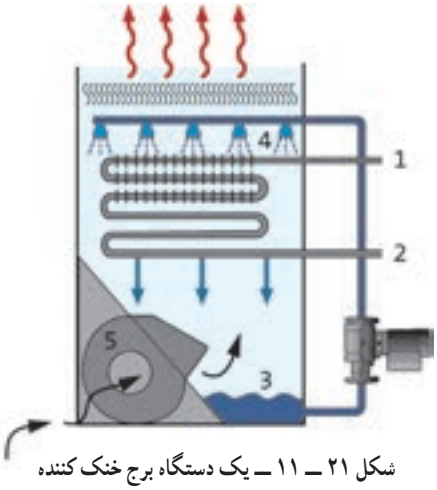


شکل ۱۹ ــ ۱۱ ــ یک دستگاه سردکننده تبخیری

در سیستم‌های تبخیری غیر مستقیم هوا در یک مبدل گرمایی که جریان هوای ثانویه از آن می‌گذرد، سرد می‌شود هوای ثانویه را نیز می‌توان مستقیماً به روش تبخیری و یا توسط آبی که به روش تبخیری خنک شده است سرد کرد. کولرهای تبخیری غیرمستقیم (شکل ۲۰ ــ ۱۱) و برج‌های خنک کننده (شکل ۲۱ ــ ۱۱) نمونه‌ای از این دستگاه‌ها می‌باشند.



شکل ۲۰ ــ ۱۱ ــ یک دستگاه سردکننده تبخیری غیر مستقیم



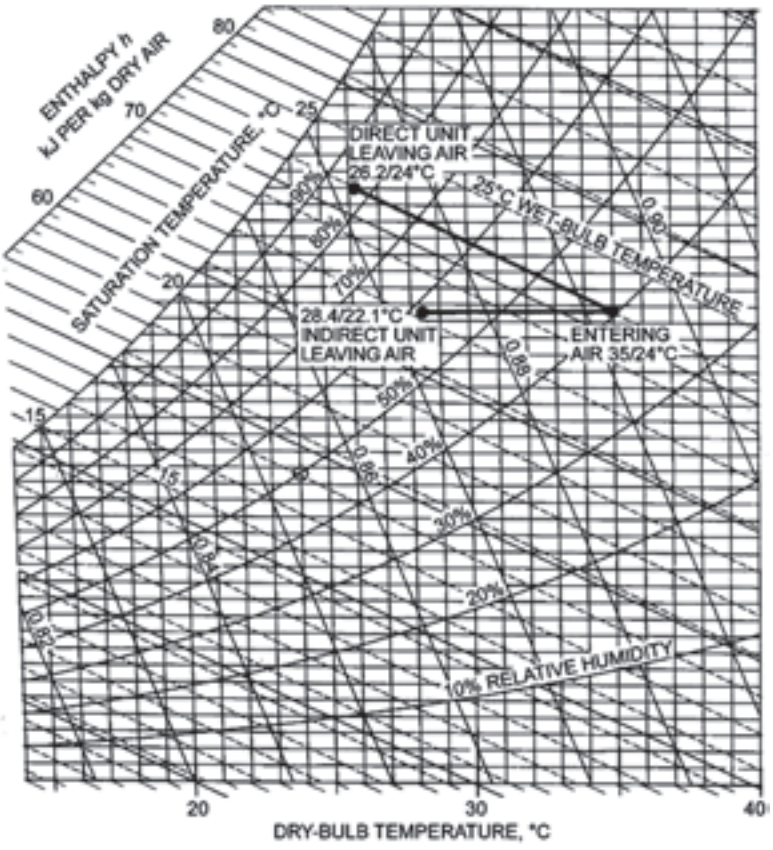
شکل ۲۱ ــ ۱۱ ــ یک دستگاه برج خنک کننده

پرسش و پاسخ

دمای حباب خشک و تر هوای ورودی به یک کولر تبخیری مستقیم ۳۵ و ۲۴ درجه سلسیوس است. چناچه کارایی این کولر ۸۰ درصد باشد دمای هوای خروجی از کولر را محاسبه کنید.

$$\Delta T_{dw} = ۳۵ - ۲۴ = ۱۱^{\circ}C \,,\, \Delta T_{d} = ۰/۸ \times ۱۱ = ۸/۸^{\circ}C \rightarrow T_{do} = ۳۵ - ۸/۸ = ۲۶/۲^{\circ}C$$

چون در کولر تبخیری مستقیم آب درگردش است و فرض بر این است که مقدار کمی از آن تبخیر شده، آدیاباتیک در نظر گرفته می‌شود. پس دمای هوای تر ورودی با دمای آب یکسان است. (شکل ۲۲ ــ ۱۱)



شکل ۲۲ ــ ۱۱ ــ نشان دادن مشخصات دو گونه کولر تبخیری

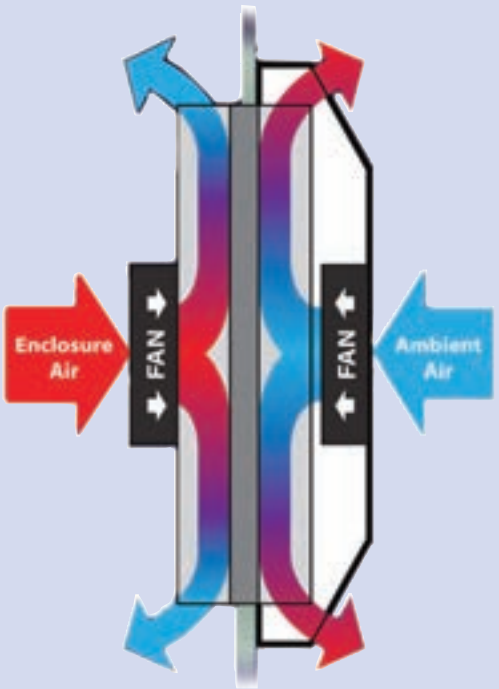
پرسش و پاسخ

دمای حباب خشک و تر هوای ورودی به یک کولر تبخیری غیر مستقیم ۳۵ و ۲۴ درجه سلسیوس است. چنانچه کارایی این کولر ۶۰ درصد باشد دمای هوای خروجی از کولر را محاسبه کنید.

$$\Delta T_{dw} = ۳۵ - ۲۴ = ۱۱^{\circ}C \,,\, \Delta T_{d} = ۰/۶ \times ۱۱ = ۶/۶^{\circ}C \rightarrow T_{do} = ۳۵ - ۶/۶ = ۲۸/۴^{\circ}C$$

فصل ۱۲

سیستم‌های دیگر تبرید



۱۲ سیستم‌های دیگر تبرید

۱ــ۱۲ــ سیستم جذبی کریر

پیش آزمون

۱ ــ چگونه می‌شود بدون کمپرسور یک سیستم تبرید درست کرد که بتواند سرما ایجاد کند؟

۲ــ آیا می‌شود از آب به عنوان ماده سرمازا استفاده کرد؟

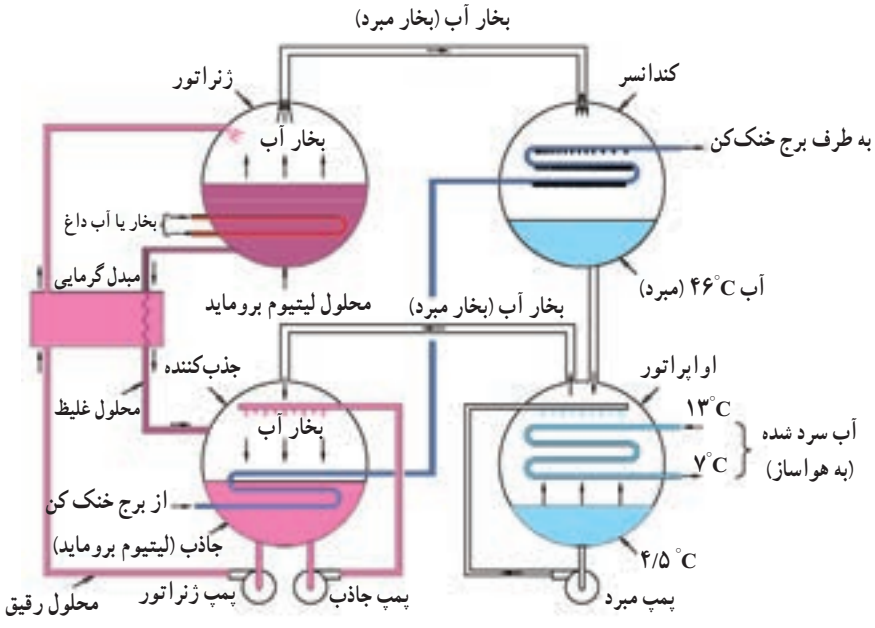
روش آموزش

بایستی دمای جوش آب را در فشارهای مختلف توضیح داد طوری‌که هنرجو بفهمد که مثلاً ممکن است آب در $10^{\circ}C$ بجوشد تا آن‌را به عنوان ماده مبرد بپذیرد. خصوصیت جاذب آب توسط نمک‌ها و در نهایت سیکل کریر را طی مراحل مختلف آن‌چنان که کتاب گفته توضیح داده شود و در نهایت سیکل کامل گردد. در مراحل مختلف بایستی اطمینان حاصل کرد که هنرجویان مرحله قبل را فهمیده‌اند.

دانش افزایی

شکل ۱ ــ ۱۲ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی را نشان می‌دهد.

شرح مدار : این سیکل از چهار قسمت اصلی کندانسر، اواپراتور، ژنراتور و جذب کننده تشکیل شده است. در قسمت اواپراتور فشار و دما پایین است ماده مبرد که آب است وقتی وارد اواپراتور می‌شود تبخیر شده و سرما تولید می‌کند این سرما کویل آبی را سرد می‌کند که آب فن کویل‌ها را تأمین کند.



شکل ۱ ــ ۱۲ ــ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی

آب سرد شده با پمپ مبرد از ته اواپراتور روی کویل آبی که به اواپراتور می‌رود ریخته شده تا بیشتر آن را سرد کند در داخل جذب کننده محلول لیتیوم بروماید قرار دارد که از طریق لوله رابط بین اواپراتور و ژنراتور بخارات آب اواپراتور را جذب کرده تا فضای کافی برای تبخیر بیشتر آب در اواپراتور و در نتیجه ایجاد سرمای بیشتر وجود داشته باشد. وقتی لیتیوم بروماید نیز مقدار زیادی بخار آب جذب کرد اشباع می‌شود و به وسیله پمپ ژنراتور آن را به ژنراتور فرستاده و داخل محفظهٔ ژنراتور که در کف آن کویل بخار داغ عبور می‌کند می‌ریزیم سپس گرمای کویل بخار باعث می‌شود که آب از لیتیوم بروماید جدا شود. آب جدا شده بخار شده به سمت کندانسر رفته تقطیر شده برای تبخیر مجدد و تولید سرما به اواپراتور می‌رود لیتیوم بروماید نیز به جذب کننده برگشته تا بخار بیشتری را از اواپراتور جذب کند و این سیکل تکرار می‌شود مبدل گرمایی نیز باعث می‌شود تا لیتیوم بروماید احیا شده غلیظ‌تر به ژنراتور برگردد و لیتیوم بروماید رقیق نیز گرم‌تر به ژنراتور برود و این عمل ظرفیت برودتی سیستم را بالا می‌برد آبی که بین کندانسر بر جذب‌کننده و برج خنک کننده به وسیله پمپ در جریان است باعث تقطیر آب در کندانسور، غلیظ کردن بیشتر لیتیوم بروماید با جذب گرما توسط آب و پس دادن گرمای دریافتی در کندانسر و جذب کننده در برج خنک کننده به هوای بیرون. این سیستم چون کمپرسور ندارد مصرف برق خیلی کمی دارد، سرو صدا ندارد در تناژ برودتی بالا تولید می‌شود.

کار در کلاس

با مداد روی کاغذ به‌صورت دست آزاد سیکل سیستم جذبی کریر آنقدر رسم کنید و اسامی قسمت‌های اصلی را روی آن بنویسید تا کاملاً بر ترسیم آن مسلط شوید.

پرسش و پاسخ

در سیستم جذبی کریر چند نوع آب وجود دارد؟

۱ــ آبی که در اواپراتور جاذب، ژنراتور و کندانسر جریان دارد و به عنوان ماده سرمازا عمل می‌کند.

۲ــ آبی که بین فن کویل و اواپراتور به‌وسیله پمپ سیرکولاتور درجریان است وکار آن خنک کردن کویل‌های فن کویل و در نتیجه هوای محیط فن کویل است.

۳ــ آبی که بین کندانسر و برج خنک کننده به‌وسیله پمپ سیرکولاتور درجریان است و کار آن خنک کردن بخار آب (مبرد) است که در ژنراتور از لیتیوم بروماید جدا شده است.

۴ــ آب دائمی که در ژنراتور کار جداکردن آب از لیتیوم بروماید را انجام می‌دهد.

وظیفه پمپ مبرد در اواپراتور چیست؟ ۱ــ این پمپ آب سرد شده را بر روی کویلی که حامل آب فن کویل‌ها می‌باشد پاشیده و باعث سرد شدن آن می‌شود.

۲ــ حدوداً آب در اواپراتور که به عنوان ماده مبرد عمل می‌کند چند درجه سلسیوس سرد می‌شود؟

۴/۵ °C ــ ۵°C درجه

۳ــ تفاوت پمپ جاذب و پمپ ژنراتور در سیستم جذبی کریر چیست؟ پمپ جاذب لیتیوم بروماید را از نازل‌هایی در داخل جذب کننده عبور داده و به شکل پودر درمی‌آورد تا بتواند مقدار بیشتری بخارات آب را در اواپراتور جذب کند اما پمپ ژنراتور کارش انتقال محلول لیتیوم بروماید و آب از جذب کننده به ژنراتور با هدف جداسازی آب از لیتیوم بروماید است.

۴ــ چند نوع سیستم تبرید جذبی وجود دارد؟ سیستم‌های جذبی را بر حسب نوع جداسازی آب از لیتیوم بروماید در ژنراتور طبقه‌بندی می‌کنند و این عوامل معمولاً عبارتند از : ۱ــ آب گرم ۲ــ آب داغ ۳ــ بخار داغ ۴ــ شعله مستقیم (Direct fire)

تحقیق

علّت تشکیل کریستال در چیلر جذبی چیست و راه کریستال زدایی چگونه است؟

۲ــ۱۲ــ یخچال جذبی

پیش آزمون

۱ــ چگونه می‌شود در جایی که برق وجود ندارد از یخچال استفاده کرد؟

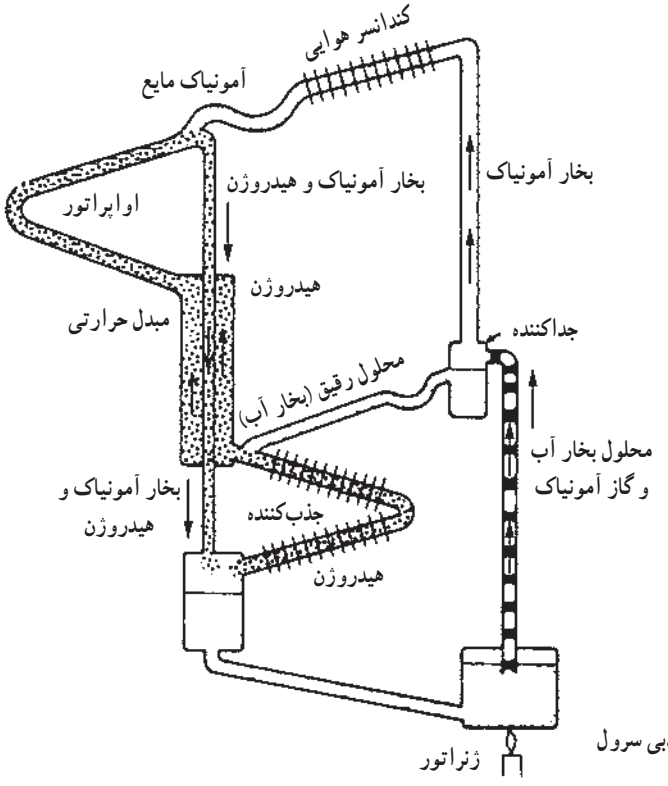
۲ــ آیا می‌شود از آمونیاک به عنوان ماده مبرد استفاده کرد؟

روش آموزش

بایستی در مورد ترکیب آب وآمونیاک و علاقه‌مندی محلولیت این دو برای هنرجویان توضیح داد همچنین در خصوص تأثیر هیدروژن در تبخیر آمونیاک سپس سیکل جذبی سرول را تشریح کرد.

دانش افزایی

شکل ۳ ــ ۱۲ سیکل ساده یخچال نفتی را نشان می‌دهد. بخار آمونیاک پس از عبور از کندانسر تقطیر شده به اواپراتور رفته در آنجا به کمک هیدروژن تبخیر شده و سرما تولید می‌کند سپس بخار آمونیاک به همراه هیدروژن به سمت جذب کننده رفته در آنجا بخار آمونیاک جذب آبی شده که از جداکننده به سمت جذب کننده می‌آید در جدا کننده مقداری از گرمای خود را از دست داده آب و آمونیاک به‌صورت محلولی غلیظ سمت ژنراتور حرکت می‌کنند و هیدروژن به سمت اواپراتور برمی‌گردد.



شکل ۲ ــ۱۲ ــ سیکل یخچال جذبی سرول

محلول آب و آمونیاک غلیظ در ژنراتور تحت تأثیر گرما قرار گرفته آمونیاک از آب جداشده به‌سمت کندانسر رفته پس از تقطیر سیکل را تکرار می‌کند آب نیز پس از جدایی از آمونیاک به‌سمت جذب‌کننده رفته با بخار آمونیاک ترکیب و برای ادامه سیکل به ژنراتور می‌رود.

کار در کلاس

یکی از هنرجویان شکل یخچال جذبی سرول را روی تخته رسم کرده و بقیه هنرجویان به نوبت هر کدام قسمتی از شکل را نام برده و توضیح دهند.

پرسش و پاسخ

۱ــ ماده سرمازا در یخچال نفتی سرول چیست؟

پاسخ : آمونیاک

۲ــ نقش هیدروژن در یخچال نفتی سرول چیست؟

پاسخ : علّت استفاده از گاز هیدروژن کاهش فشار بخار آمونیاک در اواپراتور و فراهم کردن امکان تبخیر مایع آمونیاک است.

۳ــ هدف از نصب دو عدد تله مایع U شکل در بالا و پایین یخچال نفتی سرول چیست؟ هدف از نصب دو عدد تله مایع U شکل این است که مانع از خارج شدن گاز هیدروژن از اواپراتور و جذب کننده شوند.

۳ــ۱۲ــ سردسازی ترموالکتریک

پیش آزمون

چگونه می‌شود با استفاده از برق اما بدون استفاده از کمپرسور سرما تولید کرد؟

روش آموزش

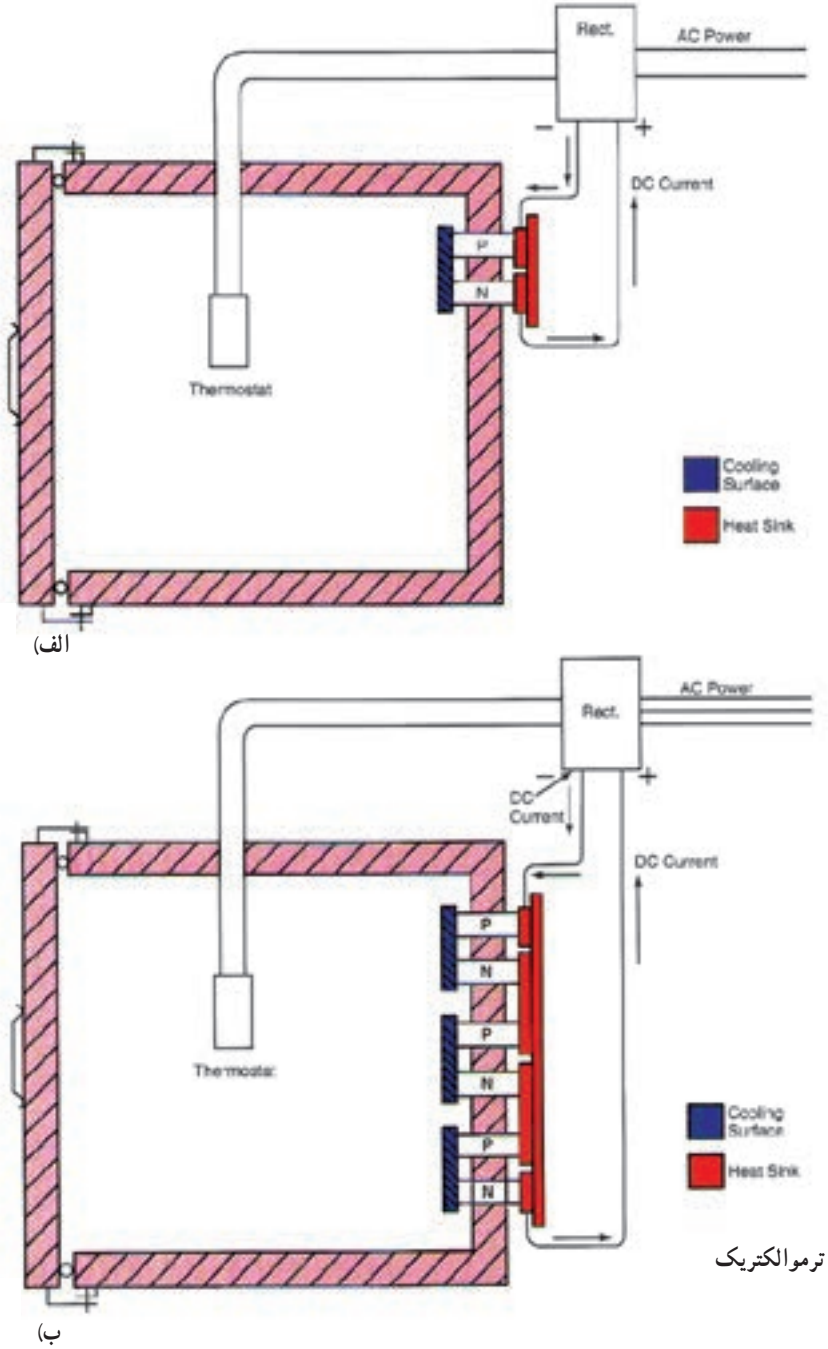
ابتدا حرکت الکترون‌ها و سرعت آنها را توضیح داده جریان‌های مستقیم و متناوب، عایق‌ها، هادی‌ها و نیمه هادی‌ها را توضیح داده اشاره‌ای به تولید جریان در ترموکوپل به‌وسیله گرما و کاربرد آن در آبگرمکن‌ها و بخاری‌ها کرده و سپس تبرید ترموالکتریک گفته شود.

در سیستم سردکننده ترموالکتریک انتقال حرارت از یک جسم با محیط دیگر توسط الکترون‌ها (بجای مایع سردکننده) انجام می‌شود. شکل ۳ــ۱۲ ــ الف ــ یک سیستم سردکننده ترموالکتریک ساده است که قادر می‌باشد حرارت اتاقک عایق بندی شده را به وسیله الکترون‌ها به قسمت رادیاتور در بیرون انتقال می‌دهد. پره‌های نازک زیادی برای پخش حرارت محیط به بیرون بر روی رادیاتور و درخارج آن گذاشته شده است کارآیی این کویل ترموالکتریک به اختلاف سطح انرژی موجود در دو قطب شبه هادی P و N بستگی دارد. باید توجه داشت که دو قطب P و N قطب‌های مثبت و منفی الکتریکی نیستند بلکه اجسام نیمه هادی از نوع ترانزیستور می‌باشند و به‌طور الکترونیکی

کار می‌کنند پیشرفت علم الکترونیک، نیمه هادی‌ها، آلیاژها، و اکسیدهایی را شناسانده که اختلاف سطح انرژی متفاوتی دارند خواص الکتریکی این‌گونه نیمه هادی‌ها چیزی در حد بین عایق‌ها و هادی‌هاست. کارآیی این وسیله به نوع موادی که به عنوان نیمه هادی‌های P و N به کار می‌رود بستگی دارد. نظر به اینکه مواد به‌کار رفته در ساختمان P و N هادی‌های خوبی نیستند سطح مقطع آنها نسبتاً بزرگ انتخاب می‌شود تا هم مقاومت الکتریکی آنها کم باشد و هم گرمای حاصل از عبور جریان برق از آنها کمتر شود.

شکل ۳ــ۱۲ ــ الف ــ یک کوپل ترموالکتریک را نشان می‌دهد حرارت زیادی را نمی‌توان با یک عدد ترموکوپل انتقال داد برای افزایش قدرت تولید سرما از چندین کوپل سری استفاده شده است.

شکل ۳ــ۱۲ ــ ب ــ نشان دهنده یک سرد کننده ترموالکتریک چندتایی است که در آن برای افزایش ظرفیت جذب حرارت سه عدد ترموکوپل به طور سری به هم متصل شده‌اند. تعدادی ترموکوپل سری شده با هم را مدول گویند. برای افزایش بیشتر قدرت سردکنندگی می‌توان چندین مدول را به صورت موازی به هم مربوط کرد. یک عنصر حساس حرارتی (ترموستات) که در داخل اطاق سردکننده وجود دارد جریان برق ترانسفورماتور یکسوکننده را کنترل می‌کند. یکسوکننده یک جریان مستقیم ثابت و حساب شده ای را برای مدول‌ها تأمین می‌کند و بدین‌وسیله حرارت داخل سردکننده را کنترل می‌کند. دراین سیستم هیچ نقطه متحرکی وجود ندارد به‌جز ساختمان مدول بقیه سیستم از نظر ساختمانی بسیار ساده است. بازدهی حرارتی این سیستم کم است بدین معنی که مقدار تأثیر سردکنندگی آن نسبت به برق مصرفی به مراتب کمتر از سردکننده‌هایی است که با کمپرسور کار می‌کنند. باید توجه داشت که اگر جهت جریان برق مدول عوض شود جهت انتقال حرارت معکوس می‌شود.



شکل ۳ ــ ۱۲ ــ اساس کار سردساز ترموالکتریک

یعنی مدول‌ها حرارت را از بیرون دریافت داشته و به داخل اتاق می‌فرستند و به عنوان یک سیستم گرمکن کار می‌کند. از این وسیله ممکن است هم برای سرد کردن و هم گرم کردن یک محیط استفاده کرد (با تعویض جهت جریان). از این سیستم در تهویه مطبوع زیر دریایی‌های اتمی به مقیاس وسیعی استفاده می‌شود. همچنین از این وسیله برای خنک نگه داشتن وسایل الکترونیکی مانند کامپیوتر و تجهیزات فضایی به مقیاس گسترده‌ای استفاده می‌شود.

پرسش و پاسخ

۱ــ نقش رکتی فایر در تبرید ترموالکتریک چیست؟ درتبرید ترموالکتریک از جریان مستقیم استفاده می‌شود. یکی از وظایف رکتی فایر تبدیل جریان AC به DC است وظیفه دیگر رکتی فایر کم و زیادکردن جریان DL خروجی به سمت P و N با تأثیرپذیری از ترموستات و در نتیجه تنظیم سرمای حاصل از تبرید به‌وسیله ترموالکتریک است.

۲ــ اگر جهت جریان در تبرید ترموالکتریک را عوض کنیم یعنی جای مثبت و منفی عوض شود چه تأثیری در سیستم تبرید ترموالکتریک بوجود می‌آید؟ محل صفحات سرد و گرم عوض می‌شود اصطلاحاً می‌گویند جای اواپراتور و کندانسر عوض می‌شود.

۳ــ چند نوع نیمه هادی را که درتبرید ترموالکتریک کاربرد دارند را نام ببرید.

سلیکون ــ ژرمانیم

۴ــ چند مورد از استفاده ترموالکتریک را نام ببرید : تجهیزات الکترونیک ــ کامپیوتر ــ وسایل هوافضا ــ سرد کردن مایعات ــ خنک کردن هوا

تحقیق

تحقیق کنید که چگونه ترموستات به رکتی فایر فرمان تنظیم سرما را در تبرید ترموالکتریک می‌دهد.

منابع و مآخذ

۱ــ قورچیان، نادرقلی ، جزئیات روش‌های تدریس، انتشارات فراشناختی اندیشه

۲ــ صفوی، امان الله ــ روش‌ها، فنون و الگوهای تدریس، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)

۳ــ حاج سقطی، اصغر و جعفری، سید احمد ــ مترجمان اصول تبرید طراحی و محاسبات سیستم های سردکننده ــ انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

ــمقاله مبردهای جدید، مخلوط مبردها و اثرات زیست محیطی، سید مجتبی نائینیان ــ مصطفی مافی

ــمقالات و مطالب علمی از وبگاه سراسری گروه صنعتی باکمن www.wikipg.com

ــ مقاله بررسی و تحقیق در مورد مناسب‌ترین مبرد، علی اکبر عظمتی از وبگاه

http: // www.nosazimadares.ir / fanni / tasisat / DocLib3

ــ فیزیک ۲، فنی و حرفه‌ای

ــ خلاصه تاریخچه ترمودینامیک، خسروی الحسینی و آلان غلام ویسی از وبگاه http: // www.kiau.ac.ir

ــکالیبره انواع دستگاه‌ها از مرجع کالیبراسیون رسام از وبگاه http: // rasamlab.ir

ــ پروتکل مونترال از وبگاه http: // iranhse.ir / ? p =۱۲۸۵

ــ سمیعی، یدالله، کتاب الکترونیکی اصول و اجزای سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و تهویه مطبوع از وبگاه www.asa.ir

ــ معرفی کوتاه انواع مبردها و مبرد 134 ــ R از وبگاه http: //www.prozhe.com

ــمقالات علمی از وبگاه www.ROSHD.IR

1 ــ ASHRAE HANDBOOK 2010

2 ــ WWW.Wikipedia.ORG

3ــ AG 31 ــ 007 Refrigerant Application Guide from http: //www.mcquay.com/McQuay/DesignSolution/Green Waypage3

Load Calculation Spreadsheets Quick Answers Without Relying on Rules of Thumb from ASHRAE Journal, January 2012

4 ــ Dr. Sam C M Hui Load Calculations

5ــ N . Al ــ Azari , Y.Zurigat and.Al ــ Rawahi Development of Bioclimatic Chart for Passive Building Design in Muscat ــ Oman