بسم الله الرحمن الرحیم

تأسیسات برودتی

رشتهٔ تأسیسات

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۱۸۶۳

۶۲۱ تأسیسات برودتی/ مؤلفان : احمد شعبانی، احمد آقازاده‌هریس، حسین مرتضوی.
۵/ ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.
ت ۱۴۸/ ۲۳۱ص. : مصور. ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۱۸۶۳)
۱۳۹۵ متون درسی رشتهٔ تأسیسات، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ تأسیسات دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. سردسازی و دستگاه‌های سردکننده.الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ تأسیسات. ب. عنوان. ج.فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

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

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

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

این کتاب براساس نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها و کتاب‌های حاشیه‌نویسی شده هنرآموزان گرامی و پرسشنامه‌های هنرجویان گرامی و متخصصان در فرایند اعتباربخشی توسط اعضای کمیسیون تخصصی رشتهٔ تأسیسات در سال تحصیلی ۹۱ــ۱۳۹۰ مورد بازنگری و اصلاح قرار گرفت.

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 : **تأسیسات برودتی ـ ۴۹۵/۸**

مؤلفان : **احمد شعبانی، حسین مرتضوی** (فصل ۸)، **احمد آقازاده هریس، رضا افشاری‌نژاد و حمیدرضا نقیب‌زاده**

اعضای کمیسیون تخصصی : **داود بیطرفان، حسن ضیغمی، محمد قربانی، امیر لیلازمهرآبادی و سیدحسن میرمنتظری**

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

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

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

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ : **لیدا نیک‌روش**

رسام : **ابوالفضل شریفیان، مریم دهقان‌زاده**

طراح جلد : **مریم کیوان**

صفحه‌آرا : **زهره بهشتی‌شیرازی**

حروفچین : **فاطمه ضیاء، سیّده فاطمه طباطبایی**

مصحح : **فاطمه شریفی، مهناز طالعی**

امور آماده‌سازی خبر : **فریبا سیر**

امور فنی رایانه‌ای : **ناهید خیام‌باشی، سیّده شیوا شیخ‌الاسلامی**

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

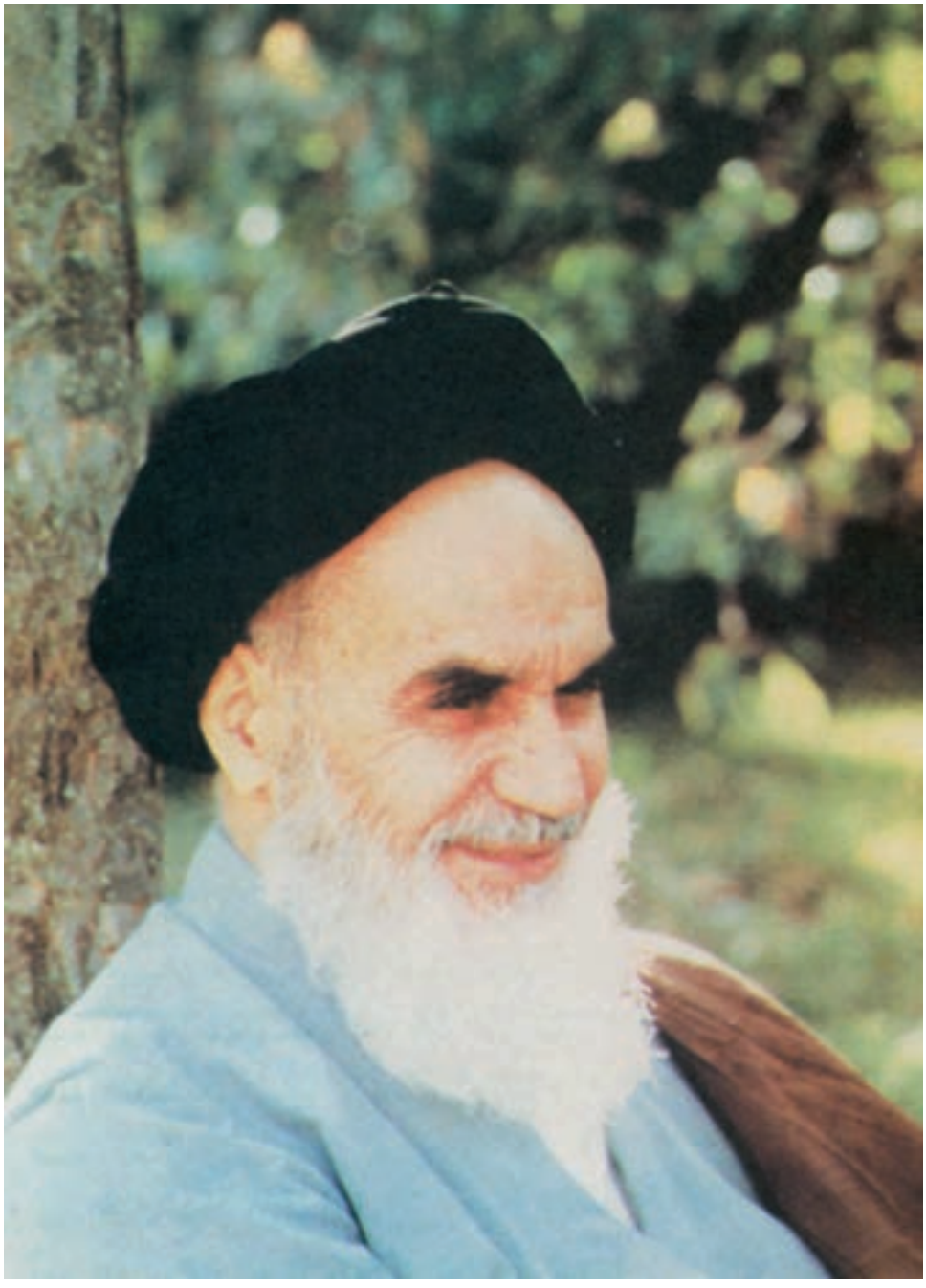
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

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

سال انتشار : **۱۳۹۵**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۲۲۷-۱ ISBN 978- 964-05-2227-1



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

مقدمه

فصل اوّل : کلیات ۲
۱ـ۱ـ گرما (حرارت) ۲
۱ـ۲ـ مولکول‌ها و گرما ۳
۱ـ۳ـ دما (درجه حرارت) ۳
۱ـ۴ـ سه حالت ماده ۵
۱ـ۵ـ نمودار دما ـ گرما (T–H) برای آب ۶
۱ـ۶ـ بخار اشباع و مایع اشباع ۷
۱ـ۷ـ نمودار دما ـ حجم آب ۱۰
۱ـ۸ـ فشار ۱۴
۱ـ۹ـ پرسش و تمرین ۱۸

فصل دوم ـ سیکل تبرید ۲۲
۲ـ۱ـ تبرید (سردسازی) ۲۳
۲ـ۲ـ تن تبرید ۲۴
۲ـ۳ـ فرایند تبرید ۲۴
۲ـ۴ـ رابطه فشار و دمای جوش ۲۵
۲ـ۵ـ رابطه فشار و دما برای مبردهای مختلف ۲۸
۲ـ۶ـ چرخه تبرید ۳۰
۲ـ۷ـ تغییرات فشار و دما در چرخهٔ تبرید ۳۲
۲ـ۸ـ بررسی چرخه تبرید با نمودار P–H ۳۳
۲ـ۹ـ پرسش و تمرین ۳۶

فصل سوم ـ کمپرسورها ۴۰
۳ـ۱ـ انواع کمپرسور ۴۱
۳ـ۲ـ کمپرسورهای تناوبی ۴۳
۳ـ۳ـ انواع کمپرسور تناوبی ۴۴
۳ـ۴ـ روغن‌کاری کمپرسور ۴۷
۳ـ۵ـ کنترل ظرفیت ۴۸
۳ـ۶ـ تعیین قدرت کمپرسور یخچال‌ها و فریزرها ۴۹
۳ـ۷ـ پرسش و تمرین ۵۱

فصل چهارم ـ کندانسرها ۵۶
۴ـ۱ـ ضریب عملکرد ۵۸
۴ـ۲ـ انواع کندانسر ۵۸
۴ـ۳ـ کندانسرهای هوایی ۵۸
۴ـ۴ـ کندانسرهای آبی ۵۹
۴ـ۵ـ برج خنک کن ۶۲
۴ـ۶ـ کندانسر تبخیری ۶۳
۴ـ۷ـ انتخاب کندانسینگ یونیت (واحد تقطیر) ۶۴
۴ـ۸ـ پرسش و تمرین ۶۶

فصل پنجم ـ کنترل‌کننده‌های مایع مبرد ۷۰
۵ـ۱ـ لوله مویین ۷۱
۵ـ۲ـ شیر انبساط خودکار ۷۲
۵ـ۳ـ شیر انبساط ترموستاتیک ۷۲
۵ـ۴ـ شیر انبساط الکترونیک ۷۵
۵ـ۵ـ انتخاب شیر انبساط ۷۶
۵ـ۶ـ انتخاب لوله مویین ۷۷
۵ـ۷ـ پرسش و تمرین ۸۰

فصل ششم ـ اواپراتورها ۸۲
۶ـ۱ـ انواع اواپراتور ۸۲

۲ـ۶ـ تقطیر در اواپراتورها ۸۵
۳ـ۶ـ فشار کاری اواپراتور ۸۵
۴ـ۶ـ پخش‌کننده‌ها در اواپراتور ۸۶
۵ـ۶ـ جهت جریان هوا از روی کویل اواپراتور ۸۷
۶ـ۶ـ برفک‌زدایی یا دیفراست ۸۸
۷ـ۶ـ انتخاب اواپراتور ۸۸
۸ـ۶ـ پرسش و تمرین ۹۵

فصل هفتم ــ تجهیزات جانبی دستگاه‌های سرد کننده ۹۸
۱ـ۷ـ جداکن روغن ۹۸
۲ـ۷ـ مخزن مایع سرما زا ۱۰۰
۳ـ۷ـ فیلتر درایر ۱۰۱
۴ـ۷ـ سایت گلاس (شیشه رؤیت) ۱۰۲
۵ـ۷ـ شیر برقی ۱۰۳
۶ـ۷ـ مبدل گرمایی ۱۰۳
۷ـ۷ـ تله مایع مبرد (آکومولاتور) ۱۰۴
۸ـ۷ـ شیر اطمینان کندانسر ۱۰۵
۹ـ۷ـ درپوش‌های ذوب شونده ۱۰۵
۱۰ـ۷ـ شیرهای سرویس رانش و مکش کمپرسور ۱۰۶
۱۱ـ۷ـ هیتر کارتر کمپرسور ۱۰۶
۱۲ـ۷ـ صدا خفه کن ۱۰۸
۱۳ـ۷ـ لرزه‌گیر ۱۰۸
۱۴ـ۷ـ پرسش و تمرین ۱۱۰

فصل هشتم ــ مواد سرمازا و روغن‌ها ۱۱۴
۱ـ۸ ــ مواد سرمازا و محیط زیست ۱۱۴
۲ـ۸ـ اثر گلخانه‌ای ۱۱۵
۳ـ۸ـ ضریب ODP ۱۱۶
۴ـ۸ـ مواد سرمازای هالوکربنی ۱۱۷
۵ـ۸ـ مواد سرمازای پایه معدنی ۱۲۰
۶ـ ۸ـ روش شماره‌گذاری مواد سرمازا ۱۲۰
۷ـ۸ـ ویژگی‌های مواد سرمازا ۱۲۱
۸ـ۸ـ سازگاری مواد سرمازا ۱۲۱
۹ـ۸ـ رنگ سیلندر مادهٔ سرمازا ۱۲۱
۱۰ـ۸ ــ سیالات کریوژنیک ۱۲۲
۱۱ـ۸ ــ روغن های تبرید ۱۲۳
۱۲ـ۸ـ پرسش و تمرین ۱۲۶

فصل نهم ــ کنترل‌ها ۱۳۰
۱ـ۹ـ ترموستات (دماپا) ۱۳۰
۲ـ۹ـ ترمو دیسک (ترموستات محافظ) ۱۳۳
۳ـ۹ـ تایمر دیفراست ۱۳۴
۴ـ۹ـ رله‌های استارت ۱۳۴
۵ـ۹ـ اورلود یا کلید محافظ جریان اضافی ۱۳۸
۶ـ۹ـ کنترل فشار کم (L.P.C) ۱۳۹
۷ـ۹ـ کنترل فشار زیاد (H.P.C) ۱۳۹
۸ـ۹ـ کنترل فشار روغن (O.P.C) ۱۴۱
۹ ـ۹ـ کنترل رطوبت ۱۴۱
۱۰ـ ۹ـ پرسش و تمرین ۱۴۲

فصل دهم ــ دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری ۱۴۶
۱ـ ۱۰ـ یخچال ۱۴۶
۲ـ۱۰ـ آب سردکن ۱۵۰
۳ـ۱۰ـ یخچال‌های ویترینی ۱۵۲
۴ـ۱۰ـ برآورد بار سرمایی یخچال و فریزر ۱۵۴
۵ـ۱۰ـ سردخانه (اتاق‌های سرد) ۱۵۵
۶ـ۱۰ـ برآورد بار سرمایی سردخانه های کوچک ۱۵۶
۷ـ۱۰ـ پرسش و تمرین ۱۵۹

فصل یازدهم ــ دستگاه‌های تهویه مطبوع ۱۶۲
۱ـ۱۱ـ هوا ۱۶۳

۲ـ۱۱ـ دمای هوا ۱۶۳
۳ـ۱۱ـ رطوبت هوا ۱۶۳
۴ـ۱۱ـ دمای حباب خشک هوا ۱۶۳
۵ـ۱۱ـ دمای حباب مرطوب ۱۶۳
۶ـ۱۱ـ دمای نقطه شبنم ۱۶۵
۷ـ۱۱ـ رطوبت ویژه ۱۶۵
۸ـ۱۱ـ رطوبت نسبی ۱۶۵
۹ـ۱۱ـ نمودار سایکرومتریک ۱۶۶
۱۰ـ۱۱ـ منطقهٔ آسایش ۱۶۹
۱۱ـ۱۱ـ کولر گازی پنجره‌ای ۱۷۰
۱۲ـ۱۱ـ کولر گازی اسپلیت ۱۷۵
۱۳ـ۱۱ـ انواع کولرهای گازی اسپلیت ۱۷۹
۱۴ـ۱۱ـمدار الکتریکی کولرگازی اسپلیت ۱۸۲
۱۵ـ۱۱ـ انتخاب کولرگازی ۱۸۶
۱۶ـ۱۱ـ محاسبه بار برودتی فضاهای مختلف ۱۸۶
۱۷ـ۱۱ـ کولر آبی ۱۸۷
۱۸ـ۱۱ـ پرسش و تمرین ۱۹۴

فصل دوازدهم ــ سیستم‌های دیگر تبرید **۲۰۶**
۱ـ۱۲ـ سیستم تبرید جذبی کریر ۲۰۶
۲ـ۱۲ـ یخچال جذبی ۲۱۱
۳ـ۱۲ـ سیستم تبرید پاششی با مواد مبرد مصرف شدنی ۲۱۲
۴ـ۱۲ـ سیستم سرد ساز ترموالکتریک ۲۱۳
۵ـ۱۲ـ پرسش و تمرین ۲۱۸

واژه‌نامه تأسیسات **۲۲۰**

پیوست‌ها **۲۲۷**

منابع و مآخذ **۲۳۱**

به نام خداوند جان و خرد
کزین برتر اندیشه برنگذرد

مقدمه

آب و هوای بیشتر نقاط کرۀزمین طوری است که انسان برای زندگی توأم با آسایش در تابستان نیاز به دستگاه‌های خنک کننده هوا و تهویه مطبوع دارد و اغلب خانه‌ها دارای حداقل یک یخچال و فریزر می‌باشند. امروزه دستگاه‌های سردکنندۀ خانگی و تجاری مانند یخچال، فریزر، کولر و ... جزءلاینفک زندگی بشر شده است. کارخانه‌های زیادی در دنیا و در کشور ما به ساخت دستگاه‌های سردکننده و تهویه مطبوع اشتغال دارند و به پیشرفت قابل توجهی هم در این زمینه نایل آمده‌اند.

ساخت، نصب، راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری دستگاه‌های سردکننده و تهویه مطبوع یکی از مشاغل مفید جامعه ما است و متخصص و تحصیل کرده در این رشته می‌تواند در یکی از زمینه‌های یاد شده کار کند و به عنوان یک شهروند مفید و سازندۀ جامعه شناخته شود.

کتاب تأسیسات برودتی که پیش‌روی شما قرارگرفته است، اصول کار سیستم‌های سردکننده ، ساختمان و طرز کار آن‌ها را آموزش می‌دهد و هنرجو پس از پایان آموزش این کتاب می‌تواند اصول کار و ساختمان دستگاه‌های سردکننده را توضیح دهد، کنترل‌ها و تجهیزات جانبی و هدف از کاربرد آن‌ها را بیان نماید و با استفاده از کارهای عملی که در کارگاه زیر نظر هنرآموزان خویش انجام می‌دهد معلومات مقدماتی لازم برای گام نهادن در زمینه تأسیسات برودتی پیدا می‌کند.

کتاب در دوازده فصل تدوین شده است. در فصل اوّل کلیات مربوطه و پیش‌نیازها بیان شده است. در فصل دوم تحت عنوان سیکل تبرید، اصول کار سیستم‌های سردکننده را براساس فرآیند تغییر حالت مایع به بخار تشریح می‌نماید و اجزای اصلی یک دستگاه سردکننده مکانیکی را معرفی می‌نماید. فصل‌های سوم، چهارم، پنجم و ششم به اجزاء اصلی سیستم‌های سردکننده شامل، کمپرسورها، کندانسرها، کنترل‌کننده مایع و اواپراتورها اختصاص دارند و در این فصل‌ها انواع، ساختمان، اصول کار هریک از آن‌ها را شرح می‌دهد.

فصل هفتم تحت عنوان تجهیزات جانبی دستگاه‌های سردکننده وسایلی را که علاوه بر چهار جزء اصلی در سیستم‌های سردکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد، شرح می‌دهد و هدف از نصب آن‌ها، ساختمان و طرز کار آن‌ها را توضیح می‌دهد.

در فصل هشتم کتاب ویژگی‌های مواد سرمازا، کاربرد آن‌ها، تأثیر آن‌ها بر محیط زیست و روش شماره‌گذاری آنها سیلندرهای نگهداری مواد سرمازا پرداخته شده است و همچنین در این فصل روغن‌های مورد استفاده در دستگاه‌های سردکننده نیز معرفی شده است.

فصل نهم کتاب اختصاص به کنترل‌های الکتریکی مورد استفاده در دستگاه‌های سردکننده دارد، در این فصل کنترل‌های دما و فشار مورد بحث و بررسی قرار گرفته و ساختمان و طرز کار آن‌ها بیان شده است. در فصل دهم چند نمونه از دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری معرفی شده و به ساختمان، کاربرد، طرز کار آن‌ها پرداخته شده است. فصل یازدهم تحت عنوان دستگاه‌های تهویه مطبوع، ضمن معرفی ویژگی‌های هوا وسایکرومتریک اصول کار و ساختمان کولرگازی پنجره‌ای و اسپیلت و کولرآبی را شرح می‌دهد. فصل دوازدهم تحت عنوان سیستم‌های دیگر به تشریح روش‌های دیگر تبرید غیر از روش تبرید مکانیکی می‌پردازد و سیستم تبرید جذبی، پاششی و ترموالکتریک در این قسمت معرفی می‌شوند.

برای ایجاد علاقه در هنرجویان و نتیجه‌گیری مطلوب از کتاب پیشنهاد می‌شود :

۱ــ از هنرجویان خواسته شود درمورد دستگاه سردکننده، اجزای اصلی و جانبی آن‌ها تحقیق کنند. این تحقیق می‌تواند شامل جمع آوری کاتالوگ ــ جستجوی اینترنتی و جمع آوری نرم‌افزارهای ارائه شده از سوی تولیدکنندگان باشد.

۲ــ ازمدیران صنعت و صنعت‌گران موفق، اساتید دعوت شود تا درباره نقش دستگاه‌های سردکننده در زندگی، پیشرفت‌های

جدید و ... برای هنرجویان سخنرانی کنند.

۳ــ بازدید گروهی از کارخانه‌های تولیدکننده و نمایشگاه‌های بین‌المللی انجام شود که در ایجاد علاقه به کار و رشته بسیار مؤثر می‌باشد.

هنرجویان پس از پایان دورهٔ سه ساله، دورهٔ دو ساله کاردانی را پیش روی خود دارند که در یکی از دو گرایش : ۱ــ تأسیسات حرارت مرکزی و تهویه مطبوع، ۲ــ تأسیسات تبرید به تحصیل خود ادامه دهند. در هر رشته زمینه فعالیت در مورد دستگاه سردکننده وجود دارد و می‌تواند وارد دنیای وسیع تأسیسات سردکننده‌ها اعم از تحصیلات و کار شود.

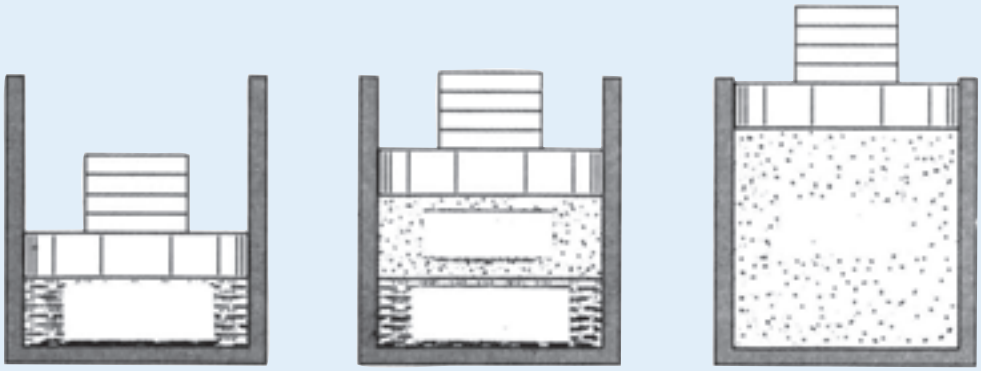
مؤلفان از اعضای کمیسیون تخصصی رشتهٔ تأسیسات که کتاب را با دقت و حوصله مورد بررسی قرار دادند و اصلاح نمودند صمیمانه تشکر می‌نمایند و از شما برادران همکار، اساتید، صاحب‌نظران و هنرجویان می‌خواهند که نواقص و نارسایی‌ها را اعلام فرمایید و با انتقادها و پیشنهادهای خود مؤلفان را راهنمایی فرمایید.

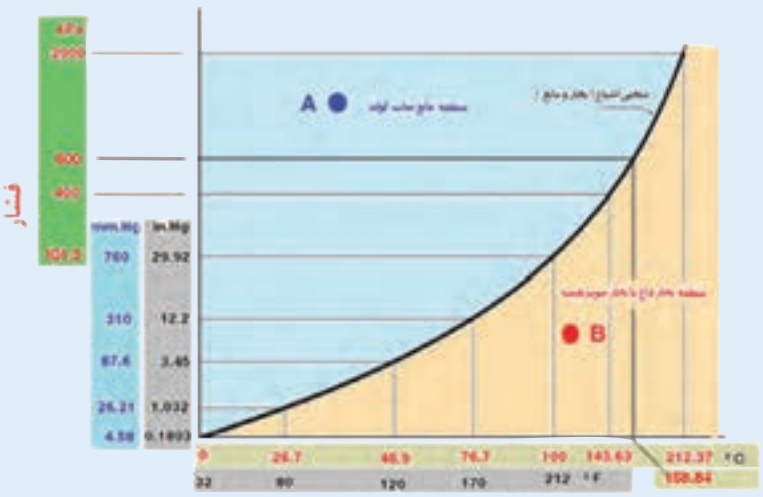
از این که توفیق تألیف این کتاب نصیب ما شده است خداوند منان راسپاسگزار هستیم.

و من اللّٰه التوفیق ــ مؤلفان

هدف کلی

شناخت اصول، استانداردها، طرز کار و روش انتخاب دستگاه‌های سردکننده و تهویه مطبوع خانگی




فشار
A
B
دما (درجه حرارت)

فصل اوّل

کلیات

پس از پایان آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ گرما را توضیح دهد.

۲ــ نظریه جنبشی مولکولی را توضیح دهد.

۳ــ دما را توضیح دهد.

۴ــ اندازه‌گیری دما را توضیح دهد.

۵ــ نمودار دما ــ گرما را برای آب شرح دهد.

۶ــ بخار اشباع و مایع اشباع را شرح دهد.

۷ــ نمودار دما ــ حجم آب را توضیح دهد.

۸ــ فشار را تعریف کند.

۹ــ فشار اَتمسفر ــ فشار نسبی و فشار مطلق را توضیح دهد.

۱ــ کلیات

۱ــ۱ــ گرما (حرارت)

فلاسفهٔ زمان باستان بر این باور بودند که گرما سیالی نادیدنی است که از جسم گرم به سوی جسم سرد می‌رود واژه کالری (معادل لاتین گرما)برای معرفی این سیال به کار برده می‌شد. آزمایش‌های تامسون[۱](۱۸۱۴-۱۷۵۳) ثابت کرد که گرما در واقع انرژی حرکتی مولکول‌هاست.

تامسون درحدود سال ۱۷۹۵ در یک کارخانه نظامی کار می‌کرد. سوراخ کاری توپ‌های برنجی یکی از کارهایی بود که زیر نظر او انجام می‌گرفت. گرمای خیلی زیادی که در هنگام سوراخ‌کاری تولید می‌شدو آبی که برای خنک کردن مته‌ها به کار برده می‌شد توجه او را جلب کرد و این حقیقت را برای تامسون روشن کرد که گرما هنگامی تولید می‌شود که روی مته‌ها کار مکانیکی انجام شود. این نتیجه‌گیری نقطه ای برای اشتباه بودن نظریه کالریک بود.

آزمایش‌های دیگری که پژوهشگران بعدی مانند ژول[۲]، فاراد[۳] و ماکسول[۴] انجام دادند نظریه تامسون را تائید کرد. مفهوم پیشین از گرما به عنوان سیالی مرموز منسوخ شد و ایدهٔ نویی از گرما به عنوان انرژی حرکت مولکولی پذیرفته شد این مفهوم را اغلب فرضیه جنبشی ــ مولکولی می‌نامند.

۱ــ Sir Benjamin Thompson (۱۷۵۳ــ۱۸۱۴)

۲ــ Jam Prescott joule(۱۸۱۸ ــ۱۸۸۹)

۳ــ Michael faraday (۱۷۹۱ــ۱۸۶۷)

۴ــ James Maxwell(۱۸۳۱ــ۱۸۷۹)

۲ــ۱ــ مولکول‌ها و گرما

طبق نظریه جنبشی ــ مولکولی همه اجسام از ذرات ریزی به نام مولکول تشکیل شده‌اند چون مولکول‌های اجسام حرکت می‌کنند «انرژی جنبشی» دارند و به سبب وضع و حالتی که نسبت به یکدیگر دارند «انرژی پتانسیل» نیز دارند. وقتی جسمی را گرم می‌کنیم انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. طبق نظریه «جنبشی مولکولی» گرما مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌هاست.

واحد اندازه‌گیری گرما در سیستم SI، ژول[1] «J» است.

بیشتر بدانیم

کیلو کالری، کالری[2] (cal) و بی تی یو[3] (Btu) واحدهای دیگری هستند که در اندازه‌گیری مقدار گرما به کار می‌روند.

$$۱Cal = ۴/۱۸۶\ J$$

$$۱Btu = ۲۵۲\ Cal$$

$$۱kcal = ۱۰۰۰ Cal$$

$$۱kcal = ۳/۹۷\ Btu \simeq ۴Btu^*$$

۳ــ۱ــ دما (درجه حرارت)

وقتی به جسمی گرما می‌دهیم سرعت ملکول‌ها و انرژی داخلی آن افزایش می‌یابد. این افزایش به‌صورت افزایش دما متجلّی می‌شود. برعکس با گرفتن گرما (انرژی) از جسم، سرعت مولکول‌ها و دمای جسم کاهش می‌یابد.

دما را نباید با گرما که شکلی از انرژی است اشتباه کرد. دما میزان سرعت حرکت مولکول‌های یک جسم را نشان می‌دهد. در حالی که گرما نه تنها نشان دهندهٔ میزان سرعت حرکت مولکول‌هاست بلکه تعیین کنندهٔ تعداد مولکول‌هایی است که تحت‌تأثیر آن قرار گرفته‌اند. مثلاً یک قاشق مسی (۱۰۰ گرمی) که تا ۸۰۰ درجه سلسیوس گرم شده است به اندازه یک شمش مسی ۵ کیلوگرمی که تا ۲۰۰ درجه سلسیوس گرم شده است گرما ندارد ولی دمای آن بیشتر است و یا فرض کنید در اتاقی که نشسته‌اید به‌طور کامل بسته و عایق باشد کبریتی روشن کنید و سپس دماسنج نصب شده دراتاق را به دقت تحت نظر بگیرید با وجود اینکه دمای شعله کبریت بالای $۱۰۰۰^{\circ}C$ می‌باشد نمی‌توانید مقدار گرمایی را که هوای اتاق را گرم می‌کند اندازه بگیرید سپس اجازه دهید یک شمش فولادی به وزن ۳۰۰۰kg و دمای $۲۰۰^{\circ}C$ داخل همان اتاق بیاوریم در مدت زمان کمتری، دیگر نیازی به دماسنج جهت گفتن دمای اضافه شده به هوای اتاق از طریق شمش فولادی را نداریم و آشکارا افزایش دمای اتاق احساس می‌شود. گرچه دمای شعله کبریت خیلی بیشتر از شمش فولادی می‌باشد اما شمش فولادی گرمای خیلی بیشتری داشته و دمای اتاق را بالا می‌برد. (شکل ۱ــ ۱)

۱ــ Joule

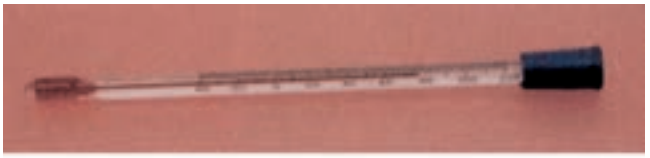
۲ــ Calorie

۳ــ British Thermal Unit (B.t.u)

* یک Btu تقریباً برابر گرمایی است که از سوختن یک چوب کبریت آزاد می‌شود.

شکل۱ــ۱ــ شعله کبریت دمای بیشتری را از شمش فولادی دارد با وجود این شمش فولادی گرمای بیشتری را در وجود خود نگه داشته و هوای اتاق را بیشتر گرم خواهد کرد.

۱ــ۳ــ۱ــ اندازه گیری دما :وسیله اندازه گیری دما، دماسنج است. شکل ۲ــ۱ انواع دماسنج‌های با ساقه شیشه‌ای، عقربه‌ای و الکترونیکی را نشان می‌دهد.



الف) دماسنج با ساقه شیشه‌ای

ب) دماسنج عقربه‌ای

ج) دماسنج الکترونیکی

شکل۲ــ ۱

واحد سنجش دما در سیستم SI کلوین (K) است. درجه سلسیوس واحد دیگری است که در اندازه‌گیری دما متداول است.

$$K=C+۲۷۳$$

مثال : دمای جوش آب $۱۰۰^{\circ}C$ است. دمای جوش آب بر حسب درجه کلوین خواهد بود :

$$K=۲۷۳+{}^{\circ}C$$

$$K=۲۷۳+۱۰۰=۳۷۳$$

مثال : کم‌ترین دمای ممکن ۰K است.

این مقدار برابر چند درجه سلسیوس است؟

$$K=۲۷۳+{}^{\circ}C$$

$$۰=۲۷۳+{}^{\circ}C \longrightarrow {}^{\circ}C=-۲۷۳$$

بیشتر بدانیم

واحد متداول دیگر در اندازه‌گیری دما درجه فارنهایت ($^\circ F$) است. برای تبدیل دمای فارنهایت به سلسیوس و برعکس از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$\frac{F-۳۲}{۱۸۰}=\frac{C}{۱۰۰}$$

مثال : دمای جوش آب بر حسب درجه فارنهایت خواهد بود :

$$\frac{F-۳۲}{۱۸۰}=\frac{۱۰۰}{۱۰۰}$$

$$۱۰۰(F-۳۲)=۱۰۰\times۱۸۰$$
$$۱۰۰F-۳۲۰۰=۱۸۰۰۰$$
$$۱۰۰F=۲۱۲۰۰$$
$$F=۲۱۲$$

از فرمول‌های زیر نیز می‌توان برای تبدیل درجه سلسیوس به فارنهایت و برعکس استفاده کرد.

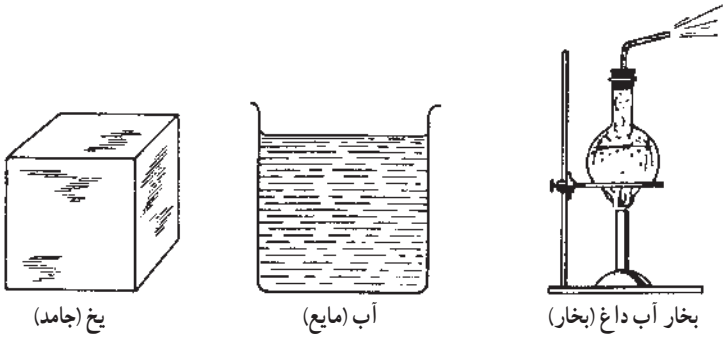
$$C=\frac{۵}{۹}(F-۳۲) \quad , \quad F=\frac{۹}{۵}C+۳۲$$

۴ــ۱ــ سه حالت ماده

در دماها و فشارهای معمولی، مواد به سه حالت دیده می‌شوند. به صورت جامد مانند فلز و چوب، به صورت مایع مانند آب، الکل و بنزین و به صورت گاز مانند اکسیژن، ازت و دی‌اکسید کربن.

ما از روی عادت فکر می‌کنیم که آب همیشه مایع است ولی ما می‌دانیم که در دمای زیر $۰^\circ C$ آب جامد (یخ)می‌شود یا در دماهای بالاتر از $۱۰۰^\circ C$ به گاز یا بخار تبدیل می شود. به همین ترتیب سرب معمولاً جامد است ولی در $۳۲۷^\circ C$ مایع و در $۱۶۲۱^\circ C$ بخار می‌شود. دی‌اکسید کربن معمولاً به صورت گاز است ولی در دمای $۷۹^\circ C-$ جامد (یخ خشک)می‌شود.

در شکل ۳ــ۱ سه حالت جامد،مایع و گاز مربوط به آب را ملاحظه می کنید.



شکل۳ــ۱ ــ سه حالت ماده (آب)

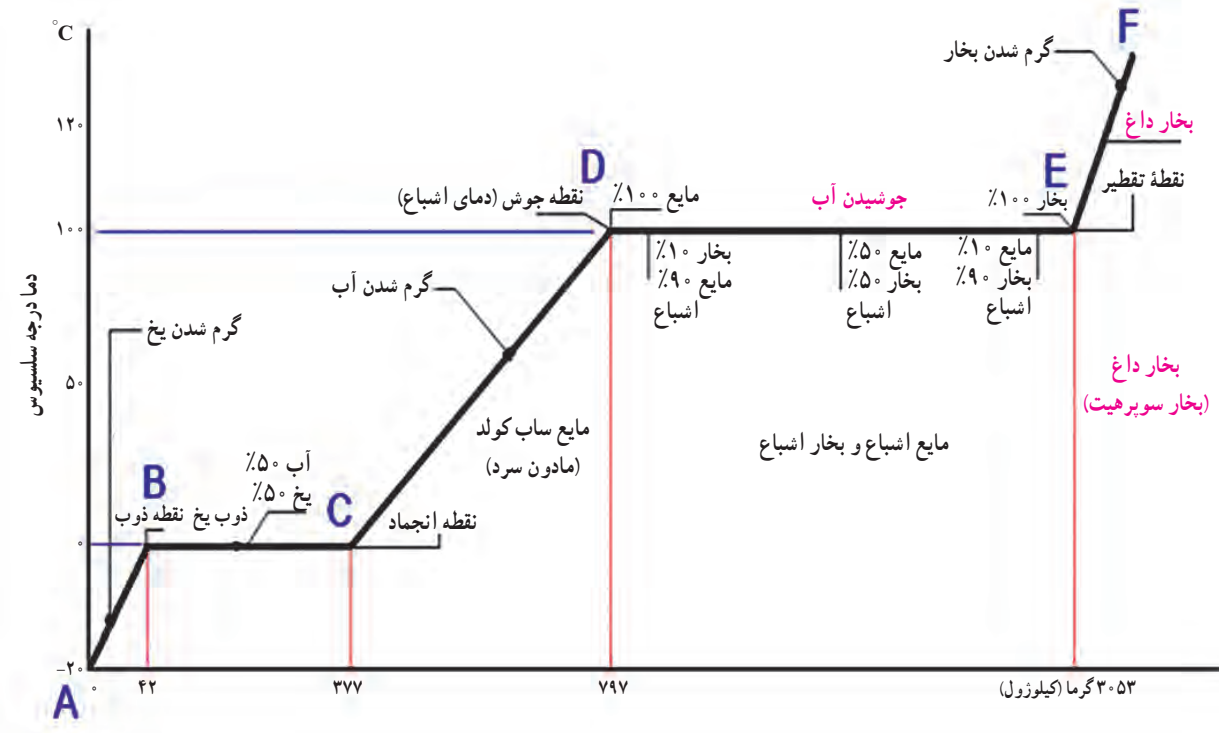
آب در دمای اتاق و فشار جو به حالت مایع است دراین حالت مولکوهای آب به قدر کافی از هم دور هستند که بر روی هم بلغزند و شکل ظرف را به خود بگیرند ولی از هم جدا نمی‌شوند. در مورد مایعات قانون پاسکال دارای اهمیت است طبق این قانون فشار وارد بر یک نقطه از مایع عیناً به تمام نقاط آن وارد می‌شود.

اگر در فشار جو به آب گرما داده شود تا دما به $100^{\circ}C$ برسد آب می‌جوشد و بخار آب تشکیل می‌شود و تغییر حالت از مایع به گاز صورت می‌گیرد. بخار آب همان حالت گازی آب است. درحالت گازی مولکول‌ها از هم دورند و نیروی بین مولکولی خیلی کم است. مولکول‌ها می‌توانند آزادانه در هر جهتی حرکت نمایند و به همدیگر برخورد نمایند برعکس مایعات که تراکم‌پذیر نیستند گازها تراکم‌پذیر می‌باشند.

اگر آب را سرد کنیم تا دمای آن به $0^{\circ}C$ برسد تشکیل یخ آغاز می‌شود. درحالت یخ آب به صورت جامد است. جسم جامد حالتی از ماده است که بدون اتکا به چیزی شکل و وضعیت خود را حفظ می‌کند. مولکول‌ها در یک‌جا ثابت هستند و دائماً درحال ارتعاش می‌باشند. دامنه ارتعاش آن‌ها به میزان دما بستگی دارد هر چه دما کمتر باشد ارتعاش مولکول کمتر است و اگر دما بیشتر شود میزان ارتعاش بیشتر می‌شود، از آن‌جایی که آب ماده متداولی است و تغییر حالت آن در فشار جو و دماهای معمولی روزمره صورت می‌گیرد ازآب به عنوان مثال برای بررسی تغییر حالت استفاده می‌کنیم.

۵ــ۱ــ نمودار دما ــ گرما (T-H) برای آب

یک کیلوگرم یخ با دمای $-20^{\circ}C$ در ظرفی که دماسنجی داخل آن است آماده می‌کنیم. ظرف را توسط شعله‌ای گرم می‌کنیم و تغییرات حاصل بر روی دمای آب رادرحالت‌های مختلف بر روی نموداری که محور افقی آن بر حسب kJ (کیلو ژول)و محور عمودی آن بر حسب درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) مدرج شده است درج می‌نماییم. نموداری مطابق شکل ۴ــ۱ به دست می‌آید.



شکل۴ــ۱ــ نمودار دماــگرما

نقطه A نشان‌دهندهٔ یک کیلوگرم یخ $-20^{\circ}C$ در ابتدای آزمایش است. با گرم شدن ظرف دمای یخ افزایش پیدا می‌کند تا درنقطه B دمای یخ به $0^{\circ}C$ می‌رسد خط مورب AB افزایش دمای یخ از $-20^{\circ}C$ تا $0^{\circ}C$ را نشان می‌دهد. در این مرحله گرمایی که به یخ داده شده است برابر ۴۲ کیلوژول است.

درنقطه B با دمای $0^{\circ}C$ یخ شروع به ذوب شدن می‌نماید.

گرم کردن ظرف ادامه دارد ملاحظه می‌شود که درجه دماسنج روی $0^{\circ}C$ ثابت مانده و تغییری نمی‌کند ولی به تدریج به میزان آب اضافه می‌شود و از مقدار یخ کاسته می‌گردد. معلوم می‌شود که گرمای داده شده صرف تبدیل یخ به آب شده است. خط افقی دما ثابت BC ذوب شدن یخ در دمای $0^{\circ}C$ را نشان می‌دهد. در نقطه C آخرین ذره یخ آب می‌شود. در فاصله نقطه B تا نقطه C، $377 - 42 = 335kJ$ گرما به یخ داده شده است.

پس از تمام شدن فرآیند ذوب یخ مشاهده می‌کنیم که دما افزایش پیدا می‌کند. هر چه بر میزان گرمای داده شده افزوده می‌شود، میزان دمای آن نیز افزایش می‌یابد. تا در نقطه D دما به $100^{\circ}C$ می‌رسد و آب به جوش می‌آید. خط مورب CD افزایش دمای آب از $0^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ را نشان می‌دهد. در این مرحله $797 - 377 = 420\ kJ$ گرما به آب داده شده است.

از نقطهٔ D که آب به جوش می‌آید باز هم ملاحظه می‌شود که با افزایش گرما دما ثابت می‌ماند این فرآیند تا نقطهٔ E که آخرین ذره مایع به بخار تبدیل می‌شود ادامه دارد در این مرحله $2256\ kJ = 797 - 3053$ گرما به آب اضافه شده است.

خط EF نشان می‌دهد اگر بخار تولیدی درظرف بسته باشد و عمل گرمادهی ادامه یابد دمای بخار بالاتر خواهد رفت.

با توجه به نمودار مذکور به تعاریف زیر می‌پردازیم.

ـ نقطه ذوب[1] : نقطه ذوب عبارت از دمایی است که هر جسم جامد در فشار معینی در آن دما به مایع تبدیل می‌شود. نقطه ذوب آب (یخ) در فشار آتمسفر برابر $0^{\circ}C$ است. افزایش فشار وارد بر جسم به جز درچند مورد سبب بالا رفتن نقطه ذوب آن می‌شود. در بعضی از مواد مانند یخ افزایش فشار سبب کاهش نقطه ذوب می‌شود.

ـ گرمای نهان ذوب : گرمای نهان ذوب یک جسم جامد برابر است با مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از آن جسم جامد در نقطه ذوب بدهیم تا در همان دما به مایع تبدیل شود. گرمای نهان ذوب برابر با گرمایی است که درنمودار در فاصله نقطه B تا نقطه C به آب داده شد که برابر $335\ \frac{kJ}{kg}$ می‌باشد.

ـ نقطه جوش[2] : دمایی را که در آن هر مایعی در فشار ثابت معینی به جوش می‌آید، نقطه جوش می‌نامند. نقطه جوش آب در فشار آتمسفر برابر با $100^{\circ}C$ است. نقطه جوش هر مایع به فشار وارد بر سطح آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر سطح مایع سبب بالارفتن نقطه جوش می‌شود.

ـ گرمای محسوس[3] : به گرمایی که سبب بالا رفتن دمای جسم شود گرمای محسوس گویند. درنمودار ۴ـ۱ گرمای داده شده به یخ از نقطه A تا B (42kJ) و گرمای داده شده به آب از نقطه C تا D(420kJ) را گرمای محسوس گویند زیرا موجب بالارفتن دمای یخ از $-20^{\circ}C$ تا $0^{\circ}C$ و بالارفتن دمای آب از $0^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ شده است.

ـ گرمای نهان[4] : به گرمایی که در دمای ثابت به یک جسم داده می‌شود تا سبب تغیر حالت آن جسم شود گرمای نهان گفته می‌شود و به صورت گرمای نهان ذوب و گرمای نهان تبخیر وجود دارد. درنمودار ۳ـ۱ 335kJ گرمایی که از نقطه B تا C به آب داده می‌شود گرمای نهان ذوب آب و 2256kJ گرمایی که از نقطه D تا E در حین جوش به آب داده شده است گرمای نهان تبخیر می‌باشد.

۶ـ۱ـ بخار اشباع و مایع اشباع

یک کیلوگرم آب در داخل سیلندر و پیستون نشان داده شده در شکل ۵ ـ۱ را در نظر می‌گیریم. فرض می‌کنیم پیستون و وزنهٔ روی آن فشار یک آتمسفر را در سیلندر برقرار نمایند و دمای اوّلیه آب $20^{\circ}C$ باشد. با انتقال گرما به آب دمای آن بالا می‌رود و حجم نیز کمی افزایش می‌یابد (فشار ثابت است). این حالت در شکل ۵ ـ۱ـ الف نشان داده شده است.

با ادامه گرمادهی وقتی دمای آب به $100^{\circ}C$ می‌رسد تغییری در حالت (فاز)مشاهده می‌شود که در شکل ۵ ـ۱ـ ب نشان داده شده است یعنی مقداری از مایع به بخار تبدیل می‌شود. در طول این فرایند دما ثابت باقی می‌ماند ولی حجم به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

با ادامه گرمادهی به ظرف زمانی می‌رسد که تمام آب مایع به

۱ـ Melting point

۲ـ Boiling point

۳ـ Sensible Heat

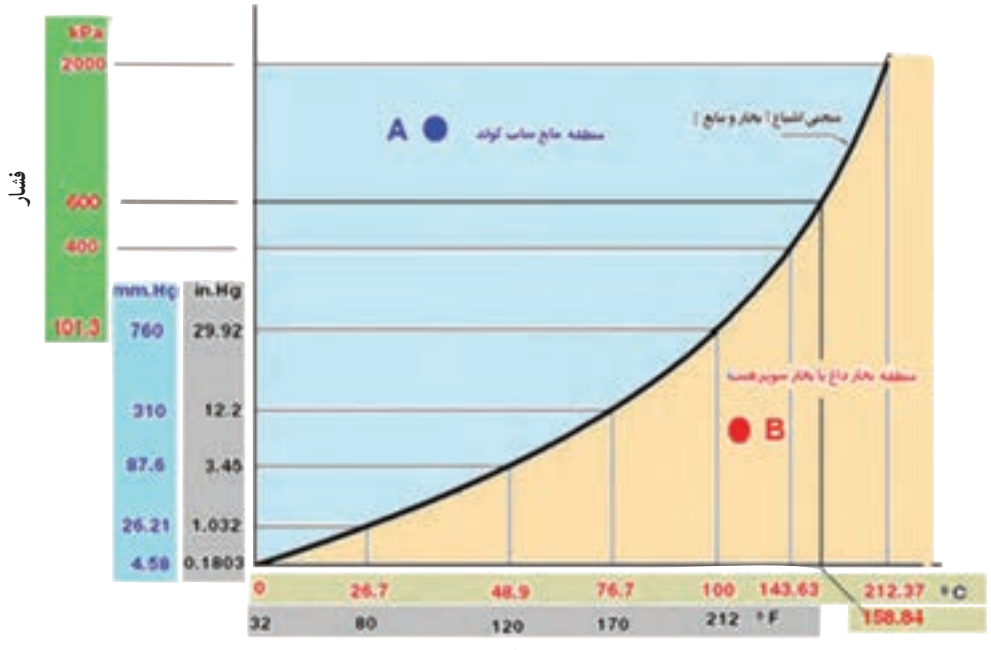
۴ـ Latent Heat

شکل۵ــ۱ــ بخار اشباع و فشار اشباع

بخار آب تبدیل می‌شود این حالت در شکل ۵ــ۱ــ پ نشان داده شده است. هرگونه افزایش گرما به این ظرف موجب بالا رفتن دمای بخار آب می‌شود.

در یک فشار معین عبارت «دمای اشباع» نشان‌دهندهٔ دمایی است که عمل جوش در آن اتفاق می‌افتد. فشار مربوط به دمای اشباع را فشار اشباع می‌نامند. بنابراین برای آب دمای جوش $100^{\circ}C$ دمای اشباع در فشار یک اَتمسفر است و فشار یک اَتمسفر فشار اشباع در دمای $100^{\circ}C$ می‌باشد. برای هر ماده خالص رابطه معینی بین فشار اشباع و دمای اشباع وجود دارد. که نمونه‌ای از آن در منحنی«فشار ــ دما» در شکل ۶ــ۱ نشان داده شده است. این منحنی رابطه فشار با دمای اشباع برای آب را نشان می‌دهد.

چنانچه ماده‌ای به صورت مایع در دما و فشار اشباع وجود داشته باشد «**مایع اشباع**»[1] نامیده می‌شود. اگر دمای مایعی کمتر از دمای اشباع در یک فشار معین باشد مایع «**بیش سرد**»یا «**ساب کول**»[2] خوانده می‌شود(نقطه A).



شکل۶ــ۱ــ منحنی ــ فشار ــ دما برای آب

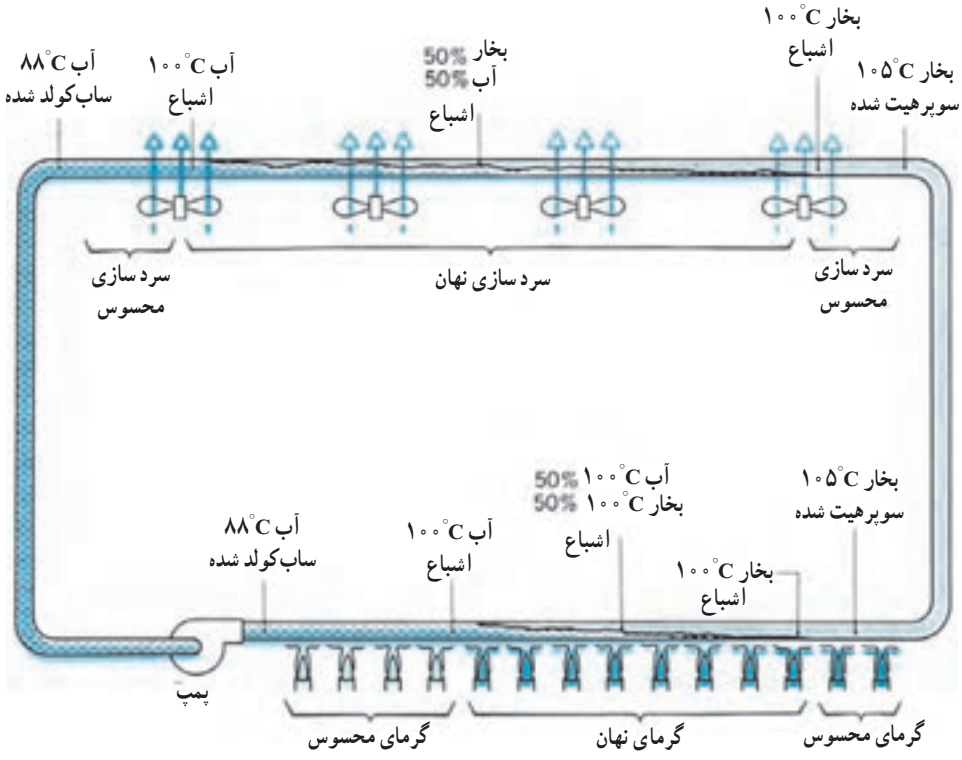
۱ ــ Saturated liquid

۲ ــ Subcooled liquid

هرگاه ماده به صورت بخار در فشار اشباع وجود داشته باشد به آن «**بخار اشباع**»گویند. و اگر بخار در دمایی بالاتر از دمای اشباع باشد، «**بخار بیش گرم**» یا «**بخار داغ**» یا «**بخار سوپرهیت**»[1] نامیده می‌شود(نقطه B).

مثال : شکل ۷ــ۱ مفاهیم دمای اشباع، ساب کول شدن و سوپرهیت شدن به یکدیگر گره می‌زند. سیستم بسته‌ای در نظر بگیرید که تمام قسمت‌های آن به طور تقریب در فشار اَتمسفریک نگه داشته شده باشد. آب خروجی از پمپ دارای دمایی $^{\circ}C$ ۸۸ است که در شرایط ساب کولد قرار دارد. با افزودن گرما دمای آب تا $^{\circ}C$ ۱۰۰ بالا می‌رود (گرمای محسوس). اگر به گرما دادن ادامه دهیم دما در $^{\circ}C$ ۱۰۰ (دمای اشباع) ثابت می‌ماند در حالی که آب به بخار تبدیل می‌شود. گرمای داده شده به آب در این مرحله از نوع گرمای نهان است. وقتی تمام آب به جوش آمده و تبدیل به بخار شود افزایش گرما باعث افزایش دمای بخار تا $^{\circ}C$ ۱۰۵ می‌شود (گرمای محسوس) و بخار سوپرهیت حاصل می‌شود.

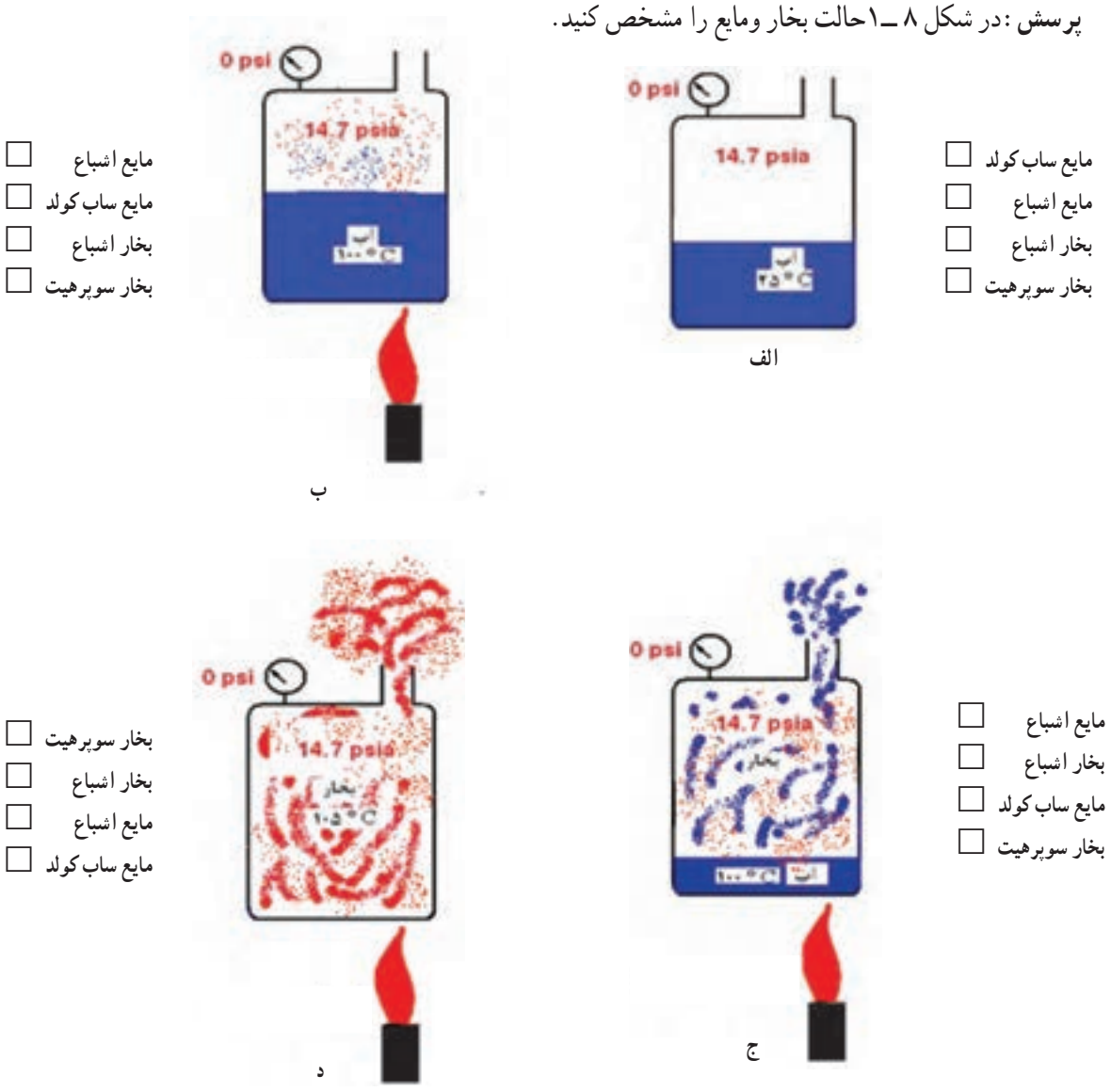
و اگر در قسمت‌های بعدی با استفاده از فن‌های سردکننده اقدام به گرفتن گرما از سیستم نماییم، ابتدا بخار سوپرهیت گرمای خود را از دست می‌دهد (گرمای محسوس) و به دمای اشباع $^{\circ}C$ ۱۰۰ می‌رسد. با ادامه عمل گرماگیری بخار اشباع تبدیل به مایع اشباع می‌شود (گرمای نهان) و در نهایت مایع ساب کولد با دمای $^{\circ}C$ ۸۸ به‌دست می‌آید که وارد پمپ می‌گردد.



شکل۷ــ۱ــ سیال (آب)با گرفتن و پس دادن گرما می‌تواند بجوشد یا تقطیر شود.

۱ ــ Superheated Vapor

پرسش :در شکل ۸ ــ۱حالت بخار ومایع را مشخص کنید.

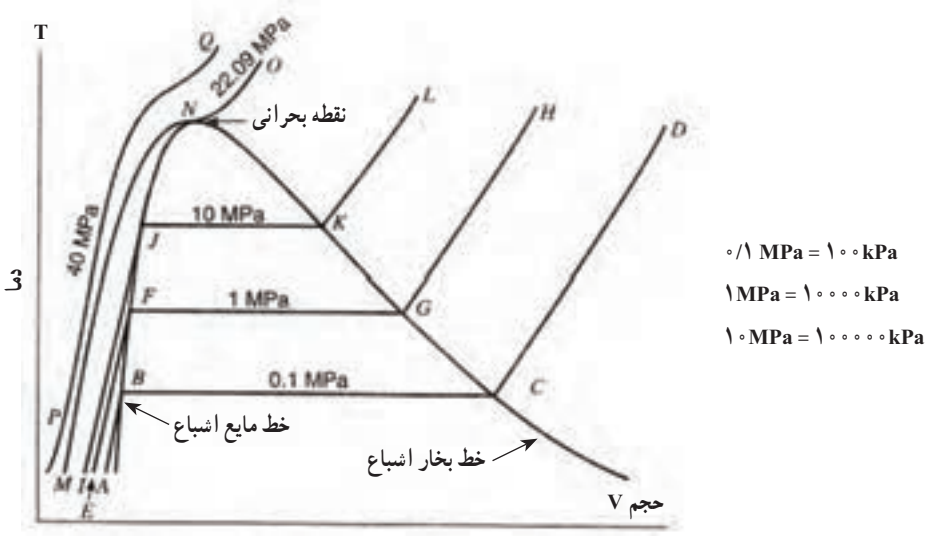


شکل۸ ــ۱

۷ــ۱ــ نمودار دما ـ حجم آب

نمودار دما ــ گرما را که در شکل ۴ــ۱برای آب در فشار ۱۰۰ kPa ترسیم شده است دوباره نگاه کنید اگر از فاز جامد صرف نظر کرده فاز مایع و بخار آن را در فشارهای مختلف برای آب رسم کنیم، نموداری مانند شکل ۹ــ۱ به‌دست می‌آید که ABCD در فشار ۱۰۰ kPa، EFGH در فشار ۱۰۰۰۰ kPa و IJKL در فشار ۱۰۰۰۰۰ kPaرسم شده است. خط منحنی که از به‌هم پیوستن نقاط B، F، J و ... و N به‌دست می‌آید را خط مایع اشباع گویند و خطی را که از به‌هم پیوستن نقاط N، K، G و ... و N به‌دست می‌آید خط بخار اشباع گویند.

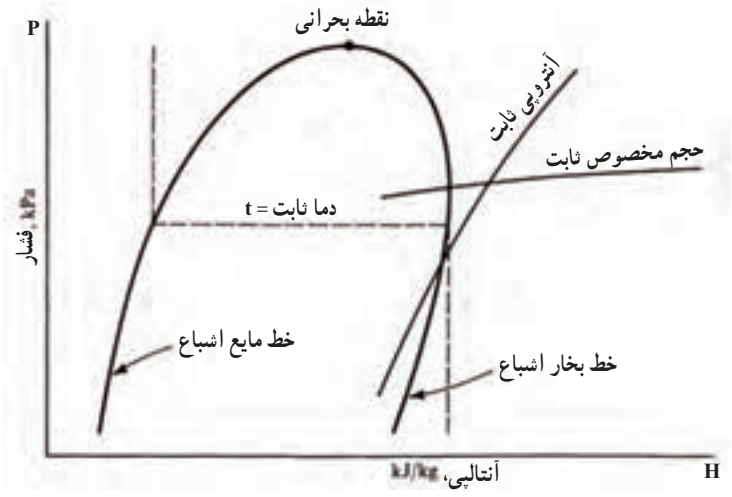
اگر خط‌های دمای ثابت مانند BC، FG، IK و ... را باهم مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که هرچه فشار بیشتر می‌شود، طول خط دمای ثابت کوچکتر می‌شود تا در نقطه بحرانی تبدیل به یک نقطه(N) می‌شود.



شکل ۹ــ۱ــ نمودار دما، حجم آب، نشان‌دهنده فازهای مایع و بخار (این نمودار با مقیاس رسم نشده است).

برای هر ماده‌ای نموداری شبیه آن چه برای آب در شکل ۹ــ۱ مشاهده کردید ترسیم می‌شود.

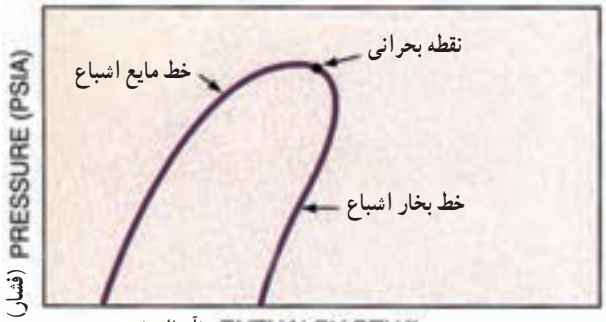
نمودار ترسیم شده را نمودار T–V می گویند. در بررسی‌های مربوط به مواد سرمازا در سردسازی (تبرید) بیشتر از نمودار P–H استفاده می‌شود. در شکل ۱۰ــ۱ یک نمودار P–H معرفی شده است.



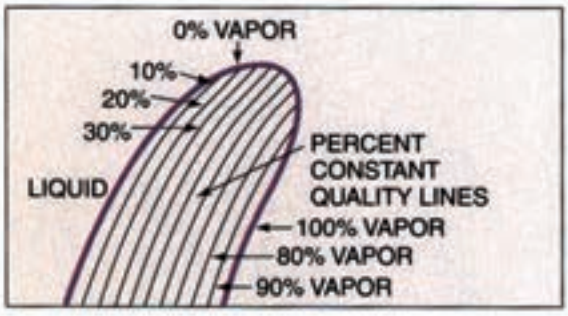
شکل ۱۰ــ۱ــ نمودار فشار ــ آنتالپی یا نمودار P–H

شکل‌های ۱۱ــ۱ خط های نمودار P–H را به‌صورت دیگری معرفی می‌نماید.

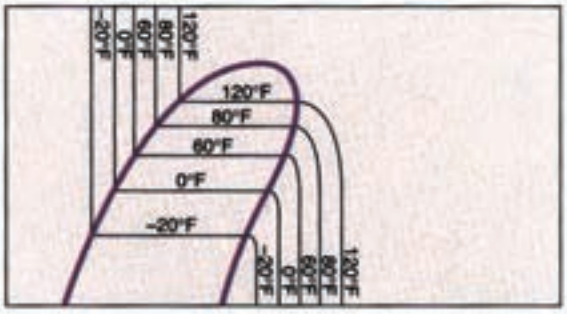
در شکل ۱۲ــ۱ نمودار P–H مادهٔ سرمازای ۲۲ــ R را مشاهده می کنید.



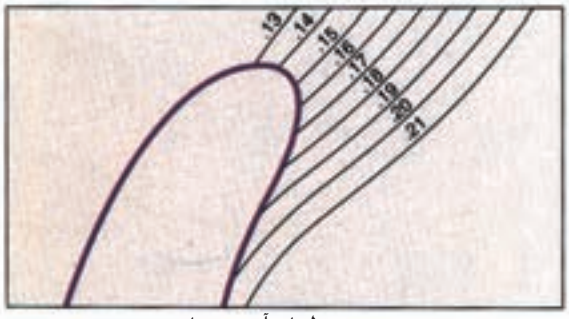
ناحیه‌های ساب کولد ــ اشباع ــ سوپرهیت



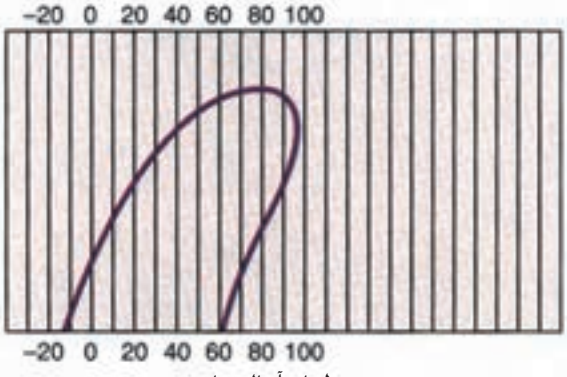
خط‌های عیار ثابت (درصد بخار)



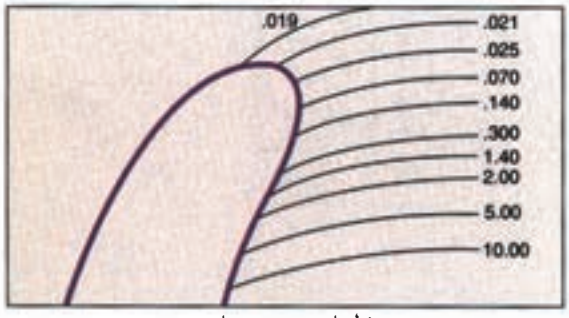
خط‌های دما ثابت



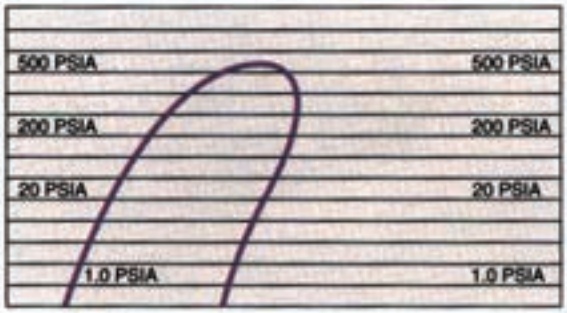
خط‌های آنتروپی ثابت
$\left(\frac{BTU}{lb}\right)$



خط‌های آنتالپی ثابت

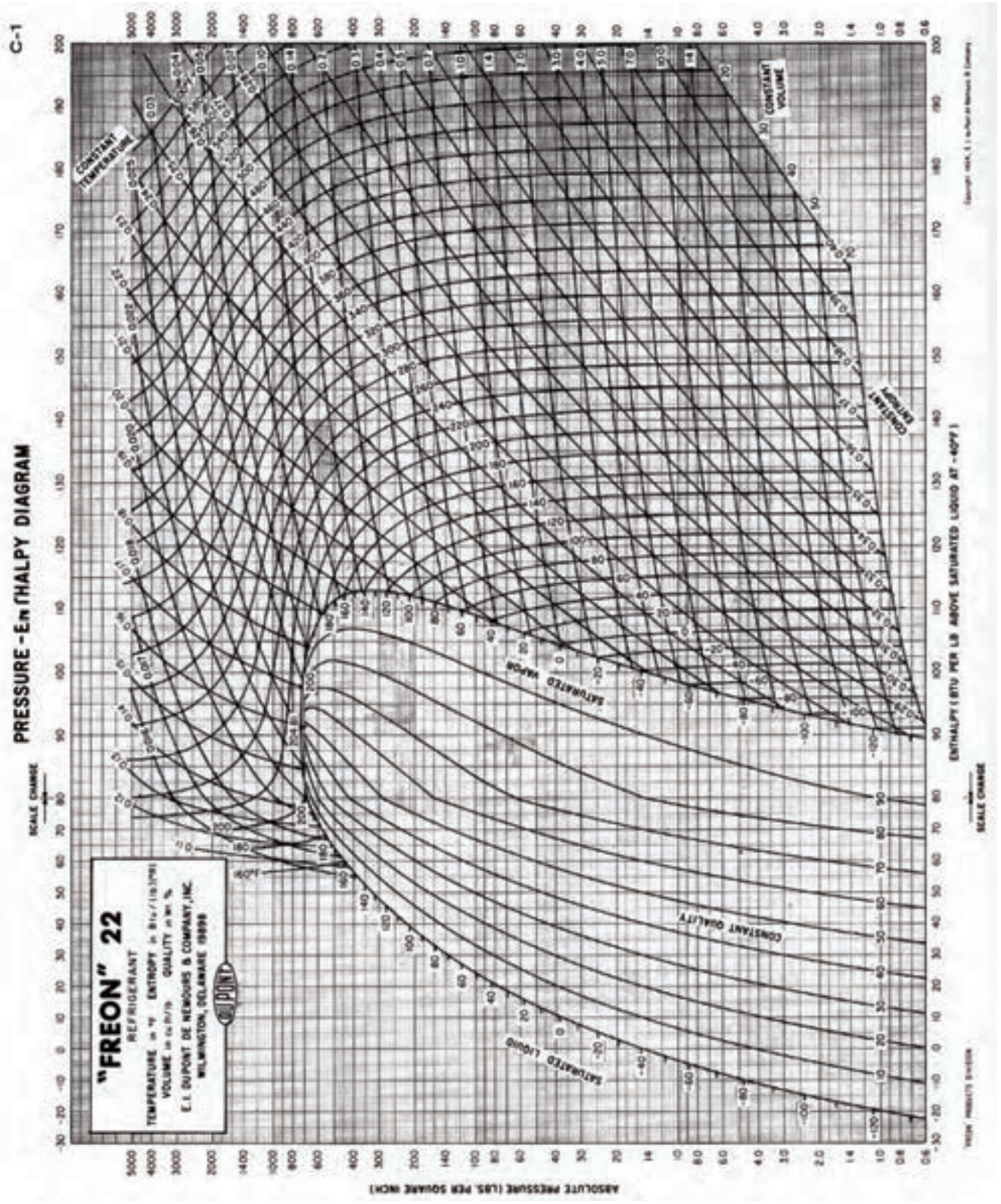


خط‌های حجم ویژه ثابت
$\left(\frac{FT^3}{lb}\right)$



خط‌های فشار ثابت

شکل ۱۱ــ۱ــ معرفی خط‌های نمودار P–H



شکل ۱۲ــ۱ــ نمودار P–H برای ماده سرمازای ۲۲ــ R

۸ــ۱ــ فشار

فشار عبارت است ازمقدار نیروی وارد بر سطح $p = \frac{F}{A}$.
در این رابطه اگر نیرو (F) بر حسب نیوتن و سطح (A) بر حسب متر مربع باشد فشار(P)بر حسب N/m^2 یا پاسکال (Pa) خواهد شد. در رابطه فوق هر چه نیرو بزرگ‌تر شود و مساحت کوچک‌تر گردد فشار حاصل بیشتر و بیشتر خواهد بود. فرو کردن پونز بر سطح یک چوب به راحتی انجام می‌شود زیرا مساحت نوک پونز بسیار کم و فشار حاصل بسیار زیاد است.

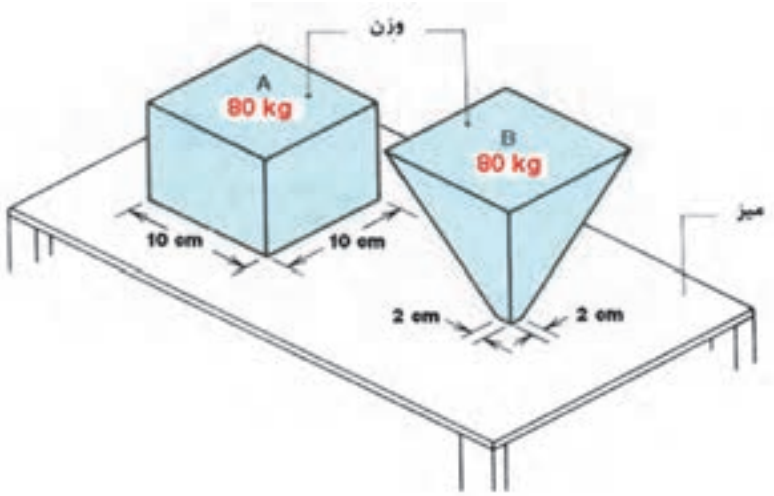
همان‌طور که درشکل ۱۳ــ۱ ملاحظه می کنید دو بلوک A و B دارای وزن یکسان می‌باشند اما فشاری که از طرف بلوک A بر سطح میز وارد می‌شود بسیار کمتر از فشاری است که از طرف بلوک B بر روی سطح میز وارد می‌شود.

فشار بلوک A : $1kg = 10N$

$$P = \frac{800}{0/01} = 80000 N/m^2 = 80kpa$$

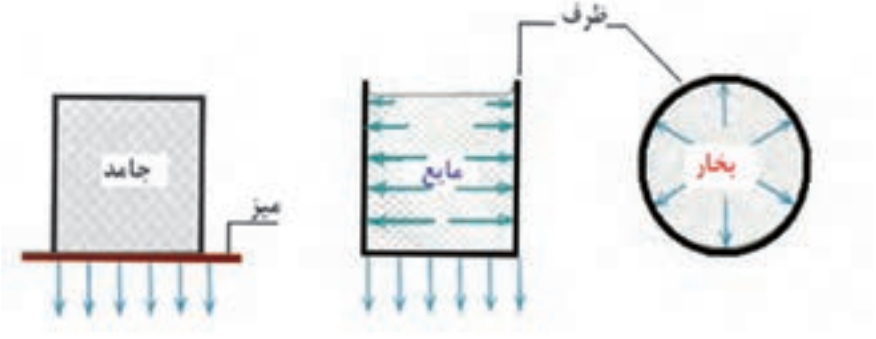
فشار بلوک B :

$$P = \frac{800}{0/0004} = 2000,000 = 2\times10^6 N/m^2 = 2000kpa$$



شکل ۱۳ــ۱ــ هر بلوک نیرویی معادل ۸۰ کیلوگرم روی میز وارد می‌کند. بلوک A فشاری بر ۸۰Kpa به وجود می‌آورد در حالی که بلوک B فشار برابر ۲۰۰۰Kpa را موجب می‌شود.

شکل ۱۴ــ۱ــ فشار را در سه حالت مختلف ماده نشان می‌دهد. در یک جسم جامد فشار فقط مستقیماً رو به پایین اعمال می‌شود. درمایعات فشار در سطح جانبی ظرف اعمال شده و مقدار آن بستگی به ارتفاع مایع دارد. در گازها در تمام سطوح به‌طور یکسان اعمال می‌شود.



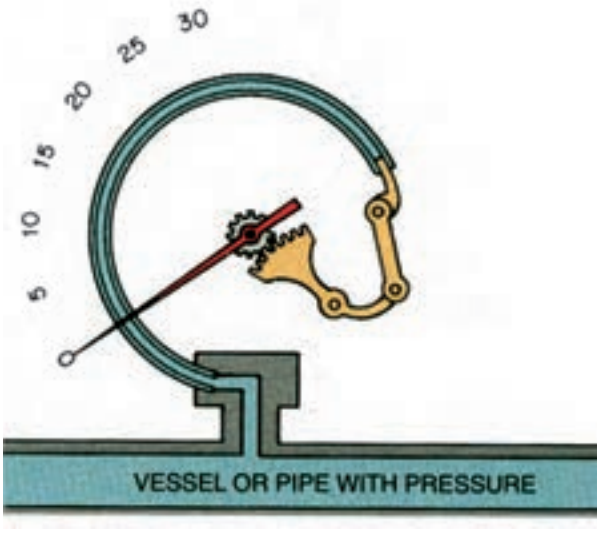
شکل ۱۴ــ۱ــ فشارهای اعمالی برای جامدات، مایعات و بخار

۱ــ۸ــ۱ــ فشار نسبی : فشار نسبی یا فشار مانومتری فشاری است که فشارسنج نشان می‌دهد. فشارسنج‌ها فقط اختلاف فشار میان فشار واقعی سیال و فشار جو را اندازه می‌گیرند و طوری درجه‌بندی شده‌اند که در فشار جو، صفر را نشان می‌دهند بدین لحاظ خواندن فشار راحت‌تر می‌شود.

برای اندازه‌گیری فشار نسبی از مانومتر یا فشارسنج بوردون استفاده می‌شود (شکل ۱۵ــ۱). فشار نسبی را با Pg نشان می‌دهند.

شکل ۱۵ــ۱ــ فشارسنج بوردون

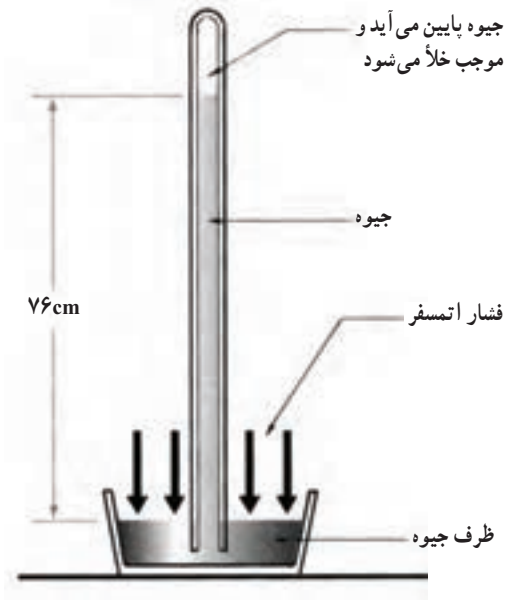
لوله بوردون لوله فلزی خمیدهٔ بیضی شکلی است که میزان خمیدگی آن بر اثر افزایش فشار سیال داخل لوله کمتر و بر اثر کاهش فشار بیشتر می‌شود هر تغییری درخمیدگی لوله از طریق دنده‌ها به عقربه منتقل می‌شود (شکل ۱۶ــ۱). جهت و مقدار حرکت عقربه به جهت و اندازه خمیدگی لوله بستگی دارد.



شکل ۱۶ــ۱ــ نمایش شماتیک مکانیزم فشارسنج بوردون

۲ــ۸ــ۱ــ فشار اَتمسفر : اطراف کرهٔ زمین را پوششی از هوا دربرگرفته است. چون هوا دارای جرم بوده و در معرض جاذبه است، فشاری اعمال می‌کند که فشار جو یا فشار اَتمسفر نام دارد. ستونی از هوا را به سطح یک متر مربع در نظر بگیرید که از سطح زمین، همتراز سطح دریا تا حد بالای جو ادامه دارد. جرم این ستون هوا به اندازه‌ای است که نیروی جاذبه وارد بر آن در سطح دریا (سطح قاعده ستون) برابر ۱۰۱۳۲۵N می‌شود. چون کل این نیرو بر سطح $1m^2$ وارد می‌شود فشار حاصل از جو درسطح دریا $101325 N/m^2$ (نیوتن بر متر مربع) یا پاسکال (Pa) است. این همان مقدار فشار جو در سطح دریا است که گاهی فشار یک اَتمسفر نیز گفته می‌شود. دقت کنید که فشار یک اَتمسفر تقریباً برابر فشار یک بار (bar) است. فشار جو ثابت نبوده با ارتفاع تغییر می‌کند و با افزایش ارتفاع فشار جو کاهش می‌یابد.

فشار اَتمسفر به وسیلهٔ بارومتر اندازه‌گیری می‌کنند و به همین جهت به آن فشار بارومتری نیز می‌گویند(شکل۱۷ــ۱). از آن جایی که فشار هر محل با ارتفاع از سطح دریا تغییر می‌کند به آن فشار محلی نیز گویند.



شکل ۱۷ــ۱ــ بارومتر جیوه‌ای

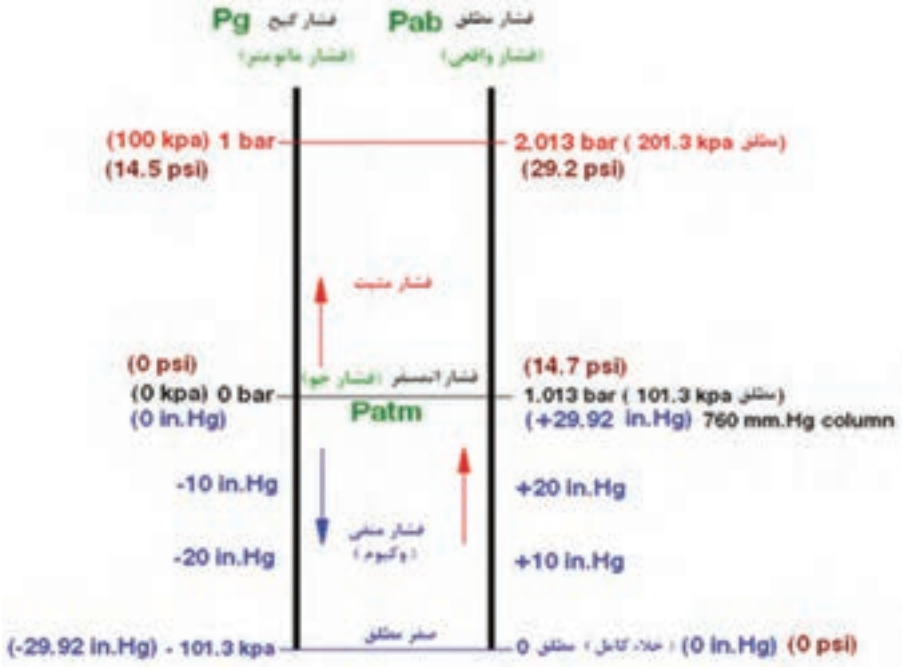
۳ــ۸ــ۱ــ فشار مطلق : فشار کل یا واقعی یک سیال است. فشار مطلق مجموع فشار نسبی و فشار اَتمسفر محلی است.

فشار نسبی + فشار اَتمسفر = فشار مطلق

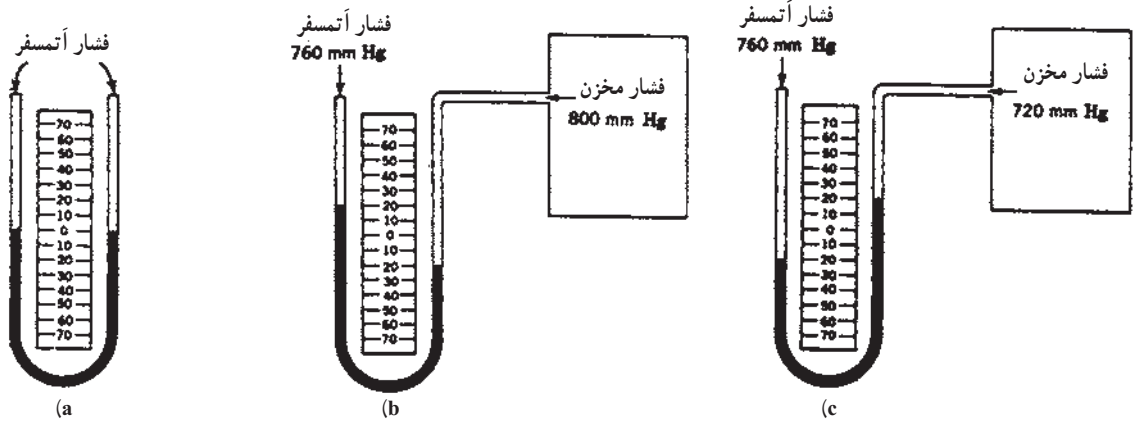
$$Pab = Pb + Pg$$

در صورتی که فشار نسبی کمتر از فشار جو باشد آن را با علامت منفی نشان می‌دهند. رابطه بین فشار نسبی و فشار مطلق در شکل ۱۸ــ۱ آمده است.

شکل ۱۹ــ۱ بیان دیگری برای روشن شدن رابطه بین فشار نسبی و فشار مطلق است.



شکل ۱۸ــ ۱ــ نسبت بین فشار گیج و فشار مطلق



شکل ۱۹ــ۱ــ a) فشار وارد (فشار اَتمسفر) به دو سمت لوله برابر و سطح جیوه نیز در لوله برابر است.

b) نشان می‌دهد که فشار مخزن ۴۰ میلی متر جیوه از فشار اَتمسفر بیشتر است.

c) نشان می دهد که فشار مخزن ۴۰ میلی متر جیوه از فشار اَتمسفر (۷۶۰mmHg) کمتر است.

واحدهای فشار :واحد فشار در سیستم SI، پاسکال (Pa) یا نیوتن بر متر مربع N/m^2 است. واحد دیگر فشار بار(bar) است. یک بار معادل ۱۰۰۰۰۰Pa است. فشار بر حسب ارتفاع ستون جیوه (mmHg ، cmHg) و ارتفاع ستون آب (mwc) نیز سنجیده می‌شود. در سیستم انگلیسی معمولاً از واحدهای Psi (پوند بر اینچ مربع) و ارتفاع ستون جیوه (inHg) استفاده می کنند. Psig نشانه فشار مانومتری و Psia نشانه فشار مطلق است.

۱atm = ۱/۰۱۳bar = ۱۴/۷psi = ۷۶۰mm.Hg
=۲۹/۹۲in.Hg=۱۰/۳۳m.w = ۱۰۱۳۲۵pa
=۱/۰۳۳kg/cm^2

۸ ــ ۱ ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱ــ با گرم کردن یک جسم کدام تغییر در مولکول های آن ایجاد می‌شود :

الف) کاهش انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی　　ب) افزایش انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی

ج) کاهش انرژی پتانسیل　　د) کاهش انرژی جنبشی

۲ــ درتغییر بخار$^{\circ}C$ ۱۰۰ به بخار $^{\circ}C$ ۱۱۰ کدام فرایند زیر انجام یافته است؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

الف) گرم کردن نهان　　ب) گرم کردن محسوس

ج) گرم کردن نهان و محسوس　　د) ساب کولد و سوپرهیت

۳ــ هنگام تغییر حالت یخ به آب کدام فرایند انجام می‌شود؟

الف) ساب کولد　　ب) سوپرهیت

ج) گرم کردن محسوس　　د) گرم کردن نهان

۴ــ مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم جامد در نقطه ذوب بدهیم تا به مایع در همان دما تبدیل شود ..... نامیده می‌شود(امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) نقطه ذوب　　ب) گرمای نهان ذوب

ج) گرمای محسوس　　د) سوپرهیت

۵ ــ به گرمایی که سبب بالارفتن دمای جسم می‌شود چه می‌گویند؟

الف) گرمای محسوس　　ب) گرمای نهان

ج)گرمای فوق گرم　　د)گرمای داغ

۶ــ درکدام حالت ماده، فشار درتمام سطوح به‌طور یکسان اعمال می‌شود؟

الف) جامدات　　ب) مایعات

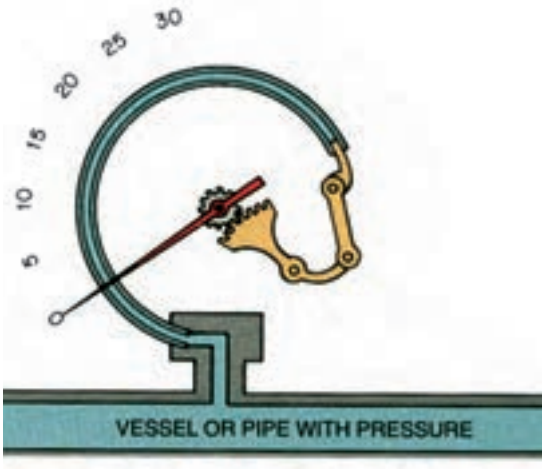
ج) گازها　　د) مایعات و گازها

۷ــ شکل مقابل کدام وسیله اندازه‌گیری را نشان می‌دهد؟

الف) بارومتر

ب)فشارسنج بوردون

ج)دماسنج عقربه‌ای



پرسش‌های درست و نادرست

۸ــ واحد اندازه‌گیری گرما درسیستم SI ژول است.

☐ درست ☐ نادرست

۹ــ دریک فشار معین عبارت دمای اشباع دمایی است که عمل تقطیر اتفاق می‌افتد. (امتحان نهایی شهریور ۹۱)

☐ درست ☐ نادرست

۱۰ــ نقطه جوش هر مایع به فشار وارد بر سطح آن بستگی دارد.

☐ درست ☐ نادرست

۱۱ــ هرگاه ماده‌ای به صورت بخار در فشار اشباع وجود داشته باشد بخار سوپرهیت گویند.

☐ درست ☐ نادرست

۱۲ــ شکل مقابل حالت مایع ساب کولد را نشان می‌دهد.

☐ درست ☐ نادرست

۱۳ــ مقدار نیروی وارد بر واحد سطح را فشار گویند.

☐ درست ☐ نادرست

۱۴ــ برای اندازه‌گیری فشار محلی از مانومتر استفاده می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

سئوالات کامل کردنی

۱۵ــ براساس نظریه جنبشی مولکولی، گرما مجموع ..... و ..... مولکول‌های یک جسم می‌باشد.

۱۶ــ دما میزان..... مولکوهای یک جسم رانشان می‌دهد.

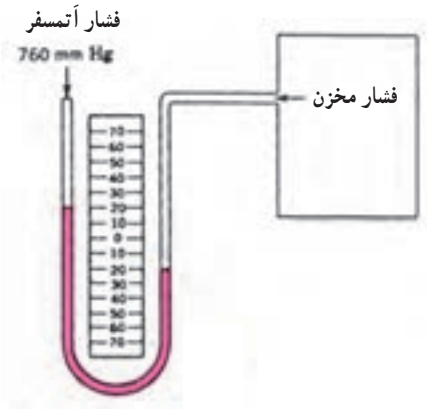
۱۷ــ ده درجه سلسیوس معادل ..... درجه کلوین می‌باشد.

۱۸ــ اگر بخار در دمایی بالاتر از دمای اشباع باشد .....نامیده می‌شود.

۱۹ــ مقدار فشار درمایعات به ..... بستگی دارد.

۲۰ــ در شکل روبه‌رو فشار مخزن برابر با .....

میلی متر جیوه است. (امتحان نهایی خرداد ۸۹)



واژه مناسب را در جای خالی بنویسید.

(بارومتر ــ دما ــ گرمای محسوس ــ بخار داغ ــ گرمای نهان ــ مانومتر ــ فشار ــ بخار اشباع)

۲۱ــ کلوین واحد اندازه گیری ..... می‌باشد.

۲۲ــ افزایش ..... سبب بالارفتن نقطه جوش می‌شود.

۲۳ــ گرمایی که در دمای ثابت به یک جسم داده می‌شود تا سبب تغییر حالت آن جسم شود .....گفته می‌شود.

۲۴ــ هرگاه ماده به صورت بخار درفشار اشباع وجود داشته باشد به آن ..... گویند.

۲۵ــ برای اندازه‌گیری فشار نسبی از ..... استفاده می‌شود.

پرسش‌های تشریحی

۲۶ــ گرما را بر اساس نظریه فلاسفه قدیم تعریف نمایید.

۲۷ــ تفاوت دما و گرما را شرح دهید.

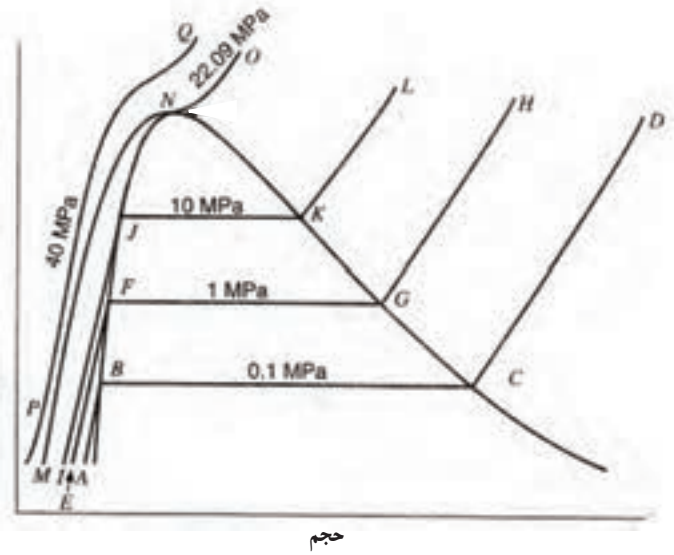
۲۸ــ مایع اشباع را شرح دهید.

۲۹ــ بخار اشباع را شرح دهید.

۳۰ــ مایع ساب کولد را تعریف کنید.

۳۱ــ بخار سوپرهیت را تعریف کنید.

۳۲ــ در نمودار دما ــ حجم شکل مقابل خط مایع اشباع، خط بخار اشباع و نقطه بحرانی را مشخص کنید.



۳۳ــ درصورتی‌که فشار محلی ۱۴/۷ Psi و فشار سنج عدد ۱۵Psi را نشان دهد فشار مطلق را حساب نمایید.

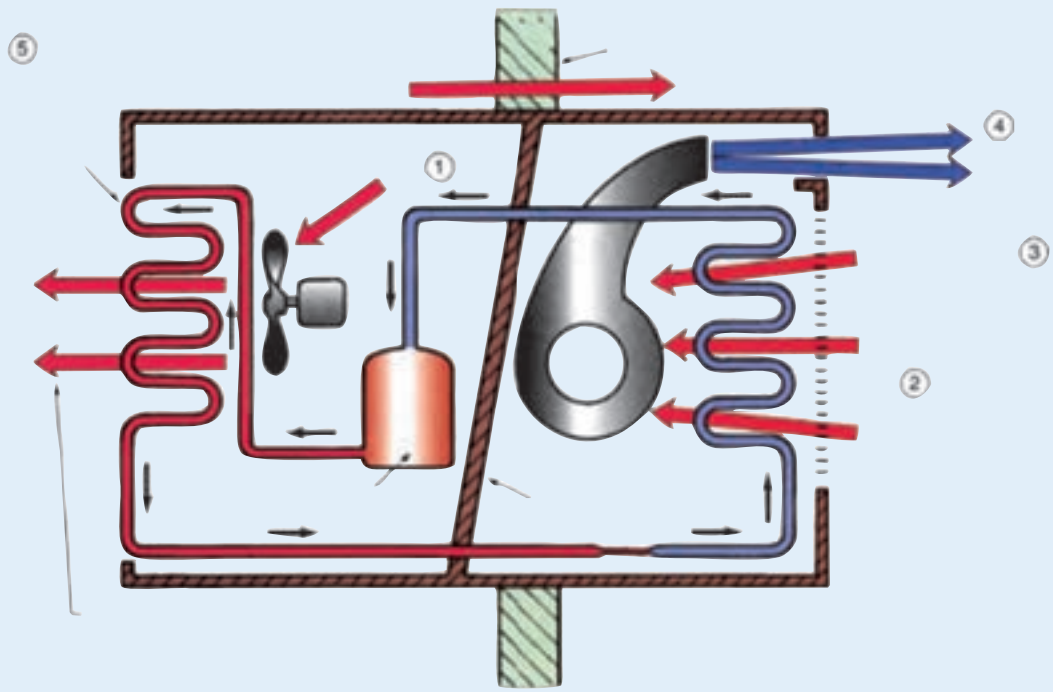
۳۴ــ سه حالت ماده را شرح دهید.

۳۵ــ رابطهٔ دمای اشباع و فشار اشباع را بیان کنید.

۳۶ــ منطقه مایع ساب کولد و بخار سوپر هیت را بر روی منحنی فشار ــ دما تعیین کنید.

۳۷ــ نمودار دما ــ گرما را ترسیم کرده و قسمت‌های مختلف نمودار را مشخص نمایید.

فصل دوم



فصل دوم

سیکل تبرید

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ تبرید را توضیح دهد.

۲ــ تن تبرید را بیان نماید.

۳ــ فرآیند تبرید را شرح دهد.

۴ــ رابطه فشار و دمای جوش را بیان کند.

۵ــ رابطه فشار و دمای جوش را برای مبردهای مختلف شرح دهد.

۶ــ سیکل تبرید را توضیح دهد.

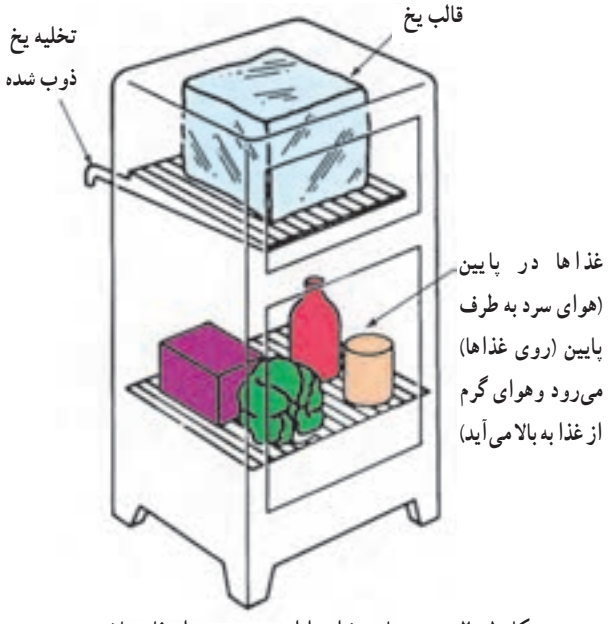
۷ــ تغییرات دما و فشار را در سیکل تبرید توضیح دهد.

۸ــ سیکل تبرید را با نمودار P-H بررسی نماید.

۲ــ سیکل تبرید

نگهداری مواد غذایی یکی از وظایف مهم صنعت تبرید است. سرعت فاسد شدن مواد غذایی با کند شدن حرکت مولکولی کم می‌شود زیرا کند شدن حرکت مولکولی رشد باکتری فاسد کنندهٔ موادغذایی را کم می‌کند. در زیر نقطه انجماد رشد باکتری‌های فاسدکنندهٔ غذا بسیار کم می‌شود.

در گذشته محصولات لبنی و سایر محصولات فاسد شدنی در سردترین اتاق منزل، سرداب (زیرزمین)، چاه یا چشمه نگهداری می‌شد. همچنین از جعبه‌های دارای یخ نیز برای نگهداری مواد غذایی استفاده می‌شد. یخ در هنگام ذوب شدن گرمای موادغذایی را جذب می‌کند و آن‌ها را سرد کرده خنک نگه می‌دارد شکل (۱ــ۲). در اوایل قرن بیستم میلادی تولید یخ توسط دستگاه‌های سردکننده مکانیکی آغاز شد و در جعبه‌هایی برای فروش عرضه شد با این حال همه مردم نمی‌توانستند نسبت به خرید آن اقدام نمایند.



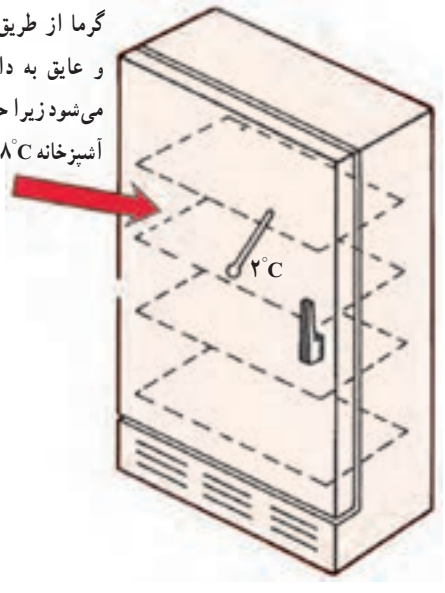
شکل ۱ــ۲ــ جعبه‌های یخ ابتدا از چوب سپس از فلز ساخته شده با چوب‌پنبه عایق‌کاری می‌شد. اگر قسمت سرد شونده با قالب یخ در یک محفظه قرار می‌گرفت یک یخچال ساخته می‌شد.

در همین سال‌ها بعضی کارخانه‌ها و سازندگان، یخچال خانگی را تولید کردند که مورد استقبال قرار گرفت و امروزه کمتر خانه‌ای است که حداقل دارای یک یخچال نباشد. از تبرید و سردسازی امروزه در تأمین آسایش مردم، لوازم سردکننده خانگی و تجاری و همچنین تهویه مطبوع ساختمان‌ها و اتومبیل‌ها استفاده می‌شود.

۱ــ۲ــ تبرید (سردسازی)

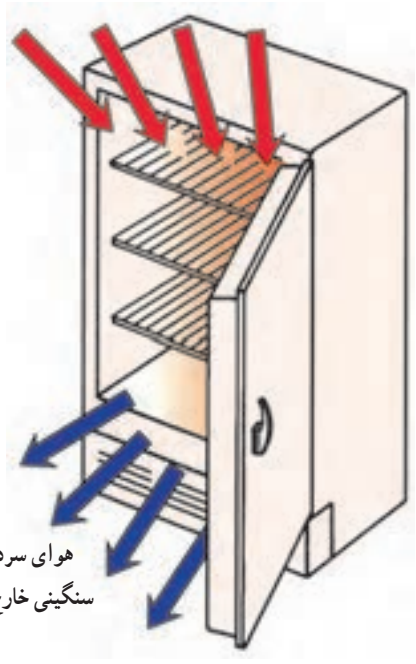
تبرید عبارت است از گرفتن گرما از محلی که می‌خواهیم سرد کنیم و انتقال آن به محیطی بزرگ‌تر که تغییر محسوسی در دمای آن ایجاد نمی‌شود.

دما در یک آشپزخانه معمولی در تابستان $32^{\circ}C$ و در زمستان $18^{\circ}C$ است. دمای داخل یخچال در قسمت غذاهای تازه حدود $2^{\circ}C$ است. گرما به‌طور طبیعی از جای گرم به جای سرد جریان می‌یابد. بنابراین گرمای اتاق حتی از طریق جدارهای عایق شده یخچال به داخل یخچال انتقال می‌یابد. وقتی در یخچال باز می‌شود و غذای گرم در آن قرار می‌گیرد هم گرمای غذا و هم جابه‌جایی هوای گرم اتاق با هوای سرد یخچال باعث می‌شود که به گرماهای داخل یخچال اضافه شود که گرمای اضافه شده باید خارج شوند تا از بالا رفتن دمای داخل یخچال جلوگیری گردد (شکل‌های ۲ــ۲ تا ۴ــ۲).

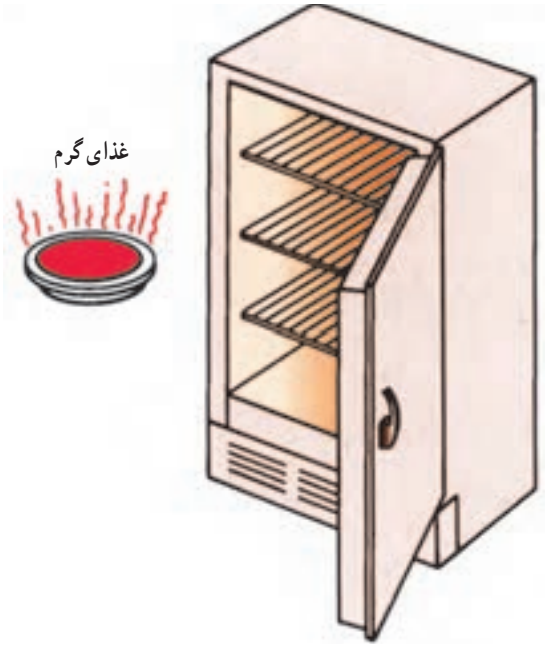


شکل ۳ــ۲ــ گرما از میان دیواره به داخل محفظه یخچال از طریق هدایت انتقال می‌یابد. دیواره‌ها دارای عایق هستند ولی نمی‌توانند به‌طور کامل از نفوذ گرما جلوگیری کنند.

هوای گرم جای هوای سرد را می‌گیرد.



شکل ۲ــ۲ــ هوای سرد داخل یخچال به علت سنگینی بیرون می‌آید و هوای گرم جای آن را می‌گیرد.



شکل ۴ــ۲ــ غذای برداشته شده از اتاق یا اجاق، به یخچال گرما اضافه می‌کند که به منزله نفوذ گرما تلقی می‌شود. این گرمای اضافه شده باید گرفته شود والاّ دمای داخل یخچال بالا خواهد رفت.

۲ــ۲ــ تن تبرید[1]

دستگاه‌های سردکننده باید دارای یک سیستم تعیین ظرفیت باشند تا امکان مقایسه آنها وجود داشته باشد. برای اندازه‌گیری قدرت سرمایی در دستگاه‌های سردکننده کوچک از وات و در دستگاه‌های بزرگ‌تر از کیلووات استفاده می‌شود.

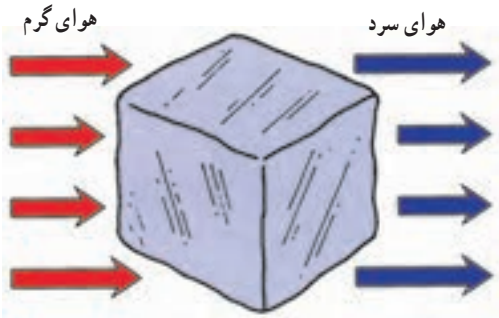
برای ارزیابی قدرت دستگاه‌های سردکننده واحد دیگری وجود دارد و به زمانی برمی‌گردد که از یخ برای سرد کردن استفاده می‌کردند. در این روش قدرت سرمایی دستگاه‌های کوچک را به بی‌تی‌یو در ساعت و قدرت سرمایی دستگاه بزرگ‌تر را به تن سرمایی می‌سنجند. یک تن سرمایی معادل سرمایی است که یک تن یخ در اثر ذوب شدن در ۲۴ ساعت تولید می‌کند و معادل ۱۲۰۰۰ بی‌تی‌یو در ساعت است. (شکل ۵ــ۲)

$$1TR=12000\frac{BTU}{hr}$$

$$1TR=3000\frac{Kcal}{hr}$$

$$1TR=3480W\simeq 3500W$$

$$1TR\simeq 3/5\,KW$$

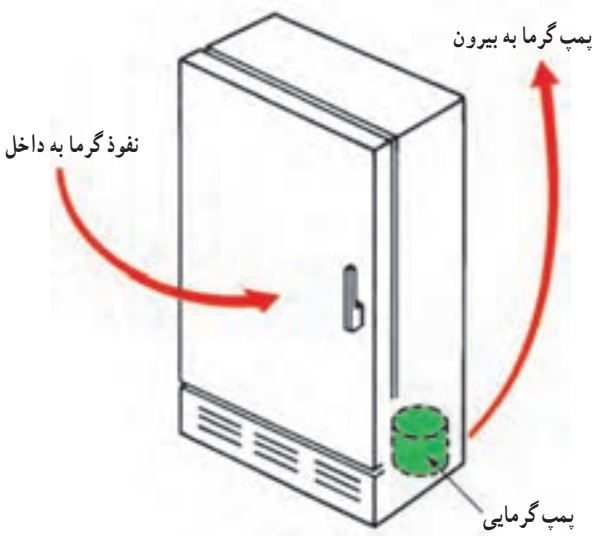


۱ تن یخ (۲۰۰۰ پوند)

شکل ۵ــ۲ــ سرمای ایجاد شده توسط یک تن یخ صفر درجه در ۲۴ ساعت تن سرمایی است.

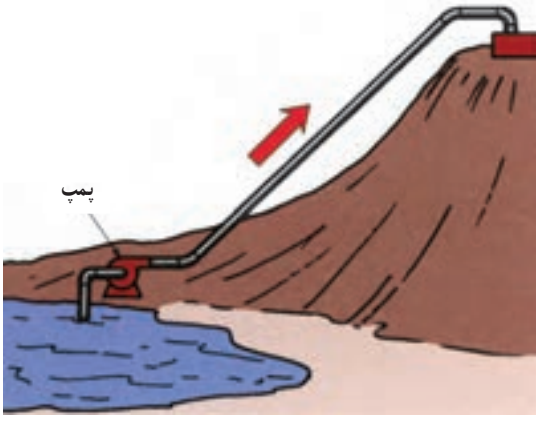
۳ــ۲ــ فرایند تبرید

یخچال باید گرما را از سطح دمایی $-18^{\circ}C$ تا $2^{\circ}C$ محفظه داخل یخچال به سطح دمایی $32^{\circ}C$ تا $18^{\circ}C$ داخل اتاق پمپ نماید. قطعات تشکیل دهنده یخچال با همراهی همدیگر این وظیفه را انجام می‌دهند (شکل ۶ــ۲). نفوذ گرما به داخل یخچال دمای آن را بالا می‌برد ولی فرصت بالا رفتن دمای مواد غذایی داخل یخچال پیش نمی‌آید زیرا بالا رفتن دمای مواد غذایی باعث فساد آن‌ها می‌شود. بنابراین وقتی دمای هوای داخل یخچال تا حد معینی بالا رود سیستم سردکنندهٔ یخچال شروع به‌کار می‌کند و گرما را از یخچال خارج می‌کند.



شکل ۶ــ۲ــ گرمای نفوذی به یخچال باید از آن خارج شود.

فرایند پمپ گرما از یخچال را با فرایند پمپ آب از درّه به بالای تپه می‌توان مقایسه کرد. پمپ از یک موتور الکتریکی به‌عنوان انرژی کار استفاده می‌کند (شکل ۷ــ۲).



شکل ۷ــ۲ــ پمپ گرما از داخل یخچال $2^{\circ}C$ به خارج با دمای $24^{\circ}C$ همانند پمپ آب از پایین تا بالای تپه است.

۱ــ Ton of Refrigeration (تن سرمایی)

تبرید فرآیندی است که طی آن گرما از محیط با دمای پایین‌تر به محیط با دمای بالاتر حرکت می‌کند بنابراین نیاز به انرژی دارد.

۴ــ۲ــ رابطه فشار و دمای جوش

آب خالص در کنار دریا در دمای ۱۰۰°C می‌جوشد. دمای جوش آب در ارتفاعات کمتر از ۱۰۰°C است. نقطه جوش آب با تغییر فشار روی آن تغییر می‌کند. وقتی می‌گوییم آب در کنار دریا در دمای ۱۰۰°C می‌جوشد به معنای آن است که در کنار دریا فشار یک اَتمسفر یا ۷۶۰ میلی‌متر جیوه روی سطح آن اعمال می‌شود جدول ۸ــ۲ رابطه فشار و دما را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که اگر بخواهیم آب را در ۶°C بجوشانیم باید فشار روی سطح آب را کم کنیم تا ۷/۰۱ mmHg یا ۰/۰۰۹۳۴۷ bar برسد. در چیلرهای جذبی از آب به عنوان مادهٔ سرمازا استفاده می‌کنند یا اگر بخواهیم آب در دمای بالاتر از ۱۰۰°C مثلاً ۲۵۰°C بجوشانیم باید فشاری برابر ۳۹/۷۷۶ bar بر روی آب وارد شود این کاری است که در دیگ‌های بخار انجام می‌شود.

جدول ۸ــ۲ــ رابطه فشار و دمای اشباع برای آب

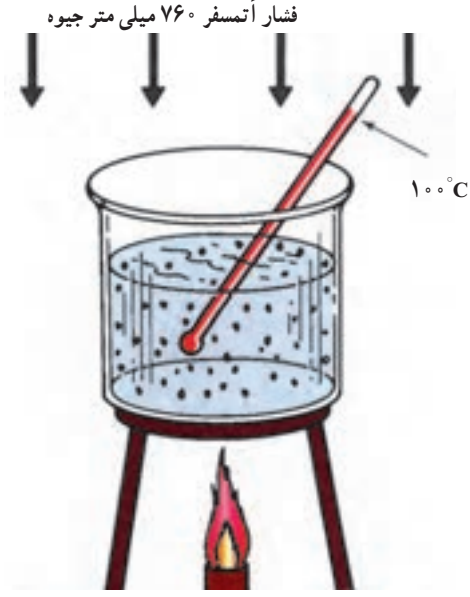
فشار اشباع		درجه °C	فشار اشباع		درجه °C	فشار اشباع		درجه °C
bar (ab)	PSI (ab)		bar (ab)	mmHg (ab)		bar (ab)	mmHg (ab)	
۱/۰۸۷۶	۱۵/۷۷	۱۰۲	۰/۱۰۰۸۸	۷۵/۶۶۶	۴۶	۰/۰۰۴۰۱۳	۳/۰۱۱	−۵
۱/۱۶۶۶	۱۶/۹۱	۱۰۴	۰/۱۱۱۶۳	۸۳/۷۰۶	۴۸	۰/۰۰۴۳۶۹	۳/۲۷۸	−۴
۱/۲۵۰۴	۱۸/۱۳	۱۰۶	۰/۱۲۳۳۵	۹۲/۴۸۲	۵۰	۰/۰۰۴۵۰۵	۳/۳۸۰	−۳
۱/۳۳۹۰	۱۹/۴۱	۱۰۸	۰/۱۳۶۱۲	۱۰۲/۰۸۳	۵۲	۰/۰۰۴۷۵۴	۳/۵۶۷	−۲
۱/۴۳۲۶	۲۰/۷۷	۱۱۰	۰/۱۵۰۰۱	۱۱۲/۵۰۹	۵۴	۰/۰۰۵۶۲۳	۴/۲۱۷	−۱
۱/۵۳۱۶	۲۲/۲۰	۱۱۲	۰/۱۶۵۱۰	۱۲۳/۸۳۵	۵۶	۰/۰۰۶۱۰۸	۴/۵۸	۰
۱/۶۳۶۱	۲۳/۷۲	۱۱۴	۰/۱۸۱۴۶	۱۳۶/۰۶	۵۸	۰/۰۰۷۰۵۴	۵/۲۹	۲
۱/۷۴۶۴	۲۵/۳۲	۱۱۶	۰/۱۹۹۱۷	۱۴۹/۳۳۷	۶۰	۰/۰۰۸۱۲۹	۶/۰۹۷	۴
۱/۸۶۲۸	۲۷/۰۱	۱۱۸	۰/۲۱۸۴	۱۶۳/۸۱۳	۶۲	۰/۰۰۹۳۴۷	۷/۰۱	۶
۱/۹۸۵۴	۲۸/۷۸	۱۲۰	۰/۲۳۹۱	۱۷۳/۹۳۹	۶۴	۰/۰۱۰۷۲۱	۸/۰۴	۸
۲/۳۲۰۸	۳۳/۶۵	۱۲۵	۰/۲۶۱۵	۱۹۶/۱۴۱	۶۶	۰/۰۱۲۲۷۷	۹/۲۱	۱۰
۲/۷۰۱۱	۳۹/۱۶	۱۳۰	۰/۲۸۵۶	۲۱۴/۲۱۷	۶۸	۰/۰۱۴۰۱۶	۱۰/۵۱۲	۱۲
۳/۱۳۰	۴۵/۳۸	۱۳۵	۰/۳۱۱۷	۲۳۳/۷۹۴	۷۰	۰/۰۱۵۹۷۴	۱۱/۹۶۳	۱۴
۳/۶۱۴	۵۲/۴۰	۱۴۰	۰/۳۳۹۶	۲۵۴/۷۲۱	۷۲	۰/۰۱۸۱۷۰	۱۳/۶۲۸	۱۶
۴/۱۵۵	۶۰/۲۴	۱۴۵	۰/۳۶۹۶	۲۷۷/۲۲۲	۷۴	۰/۰۲۰۶۲	۱۵/۴۶۶	۱۸
۶/۱۸۰	۸۹/۶۱	۱۶۰	۰/۴۳۶۵	۳۲۶/۷۲۷	۷۸	۰/۰۲۶۴۳	۱۹/۸۲۴	۲۲

ادامه جدول ۸ــ۲ــ رابطه فشار و دمای اشباع برای آب

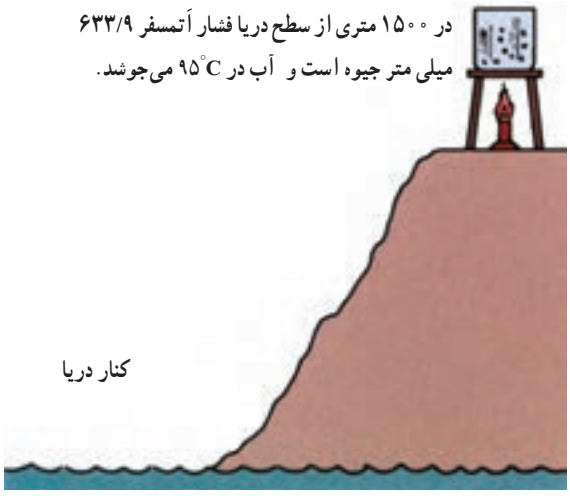
فشار اشباع		درجه C°	فشار اشباع		درجه C°	فشار اشباع		درجه C°
bar (ab)	PSI (ab)		bar (ab)	mmHg (ab)		bar (ab)	mmHg (ab)	
۱۵/۵۵۱	۲۲۵/۴۸	۲۰۰	۰/۴۷۳۶	۳۵۵/۲۲۹	۸۰	۰/۰۲۹۸۲	۲۲/۳۶۶	۲۴
۳۹/۷۷۶	۵۷۶/۷۵	۲۵۰	۰/۵۱۳۳	۳۸۵/۰۰۶	۸۲	۰/۰۳۳۶۰	۲۵/۲۰۲	۲۶
۸۵/۹۲	۱۲۴۵/۸۴	۳۰۰	۰/۵۵۵۸	۴۱۶/۸۸۴	۸۴	۰/۰۳۷۷۹	۲۸/۳۴۴	۲۸
۱۶۵/۳۷	۲۳۹۷/۸۶	۳۵۰	۰/۶۰۱۱	۴۵۰/۸۶۲	۸۶	۰/۰۴۲۴۱	۳۱/۸۱۰	۳۰
			۰/۶۴۹۵	۴۸۷/۱۶۵	۸۸	/۰۴۷۵۳	۳۵/۶۵۰	۳۲
			۰/۷۰۱۱	۵۲۵/۸۶۸	۹۰	۰/۰۵۳۱۸	۳۹/۸۸۸	۳۴
			۰/۷۵۶۰	۵۶۷/۰۴۶	۹۲	۰/۰۵۹۴۰	۴۴/۵۵۳	۳۶
			۰/۸۱۴۵	۶۱۰/۹۲۵	۹۴	۰/۰۶۶۲۴	۴۹/۶۸۴	۳۸
			۰/۸۷۶۷	۶۵۷/۵۷۹	۹۶	۰/۰۷۳۷۵	۵۵/۳۱۷	۴۰
			۰/۹۴۲۹	۷۰۷/۲۳۳	۹۸	۰/۰۸۱۹۸	۶۱/۴۹	۴۲
			۱/۰۱۳۱	۷۶۰	۱۰۰	۰/۰۹۱۰۱	۶۸/۲۶۳	۴۴

شکل ۹ــ۲ ظرف آبی را نشان می‌دهد که در کنار دریا در دمای ۱۰۰°C می‌جوشد اگر این ظرف به قله کوهی برده شود نقطه جوش تغییر می کند (شکل ۱۰ــ۲) . علت آن رقیق تر شدن اَتمسفر (جوّ) و کم شدن فشار است.

این امر باعث می‌شود که پختن غذاهایی نظیر سیب‌زمینی، لوبیا به علت نیاز به زمان بیشتر سخت‌تر شود یا تخم‌مرغ در چنین ارتفاعی درحالت آب‌پز سفت نشود.



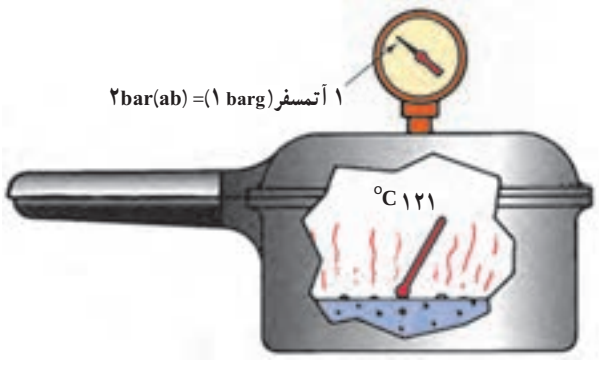
شکل ۹ــ۲ــ آب در کنار دریا در ۱۰۰°C می‌جوشد.



شکل ۱۰ــ۲ــ آب در فشار ۶۳۳/۹ میلی‌متر جیوه در دمای ۹۵°C می‌جوشد.

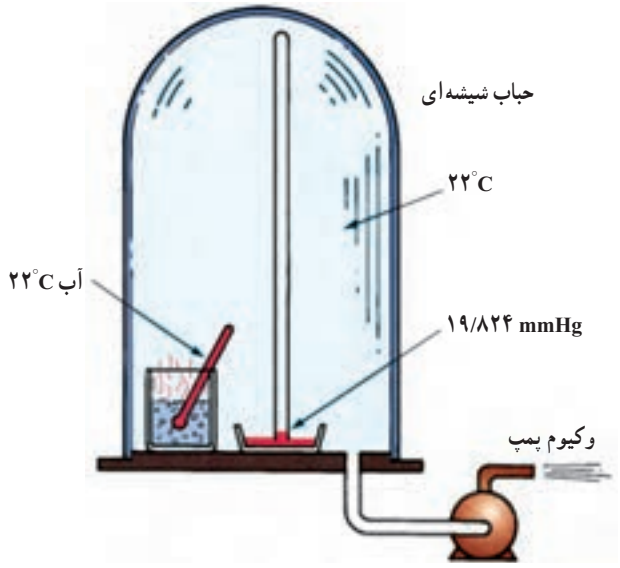
با قرار دادن غذا در یک ظرف بسته‌ای که می‌تواند افزایش فشار پیدا کند نظیر دیگ زودپز فشار را حدود یک اَتمسفر افزایش می‌دهیم تا فشار مطلق ۲ اَتمسفر شود. در این حالت دمای جوش آب به ۱۲۱ افزایش می‌یابد (شکل ۱۱ــ۲).

مطالعه جدول رابطه فشار / دما معلوم می‌نماید که وقتی فشار افزایش پیدا کند، نقطه جوش نیز افزایش می‌نماید و هرگاه فشار کاهش یابد نقطه جوش نیز پایین‌تر می‌آید.



شکل ۱۱ــ۲ــ آب در فشار ۲ آتمسفر در دمای ۱۲۱°C می‌جوشد.

مطابق شکل ۱۲ــ۲ چنانچه یک ظرف آب خالص با دماسنج و یک بارومتر در داخل یک حباب شیشه‌ای قرار گیرد و وکیوم پمپ روشن شود (فرض کنید دمای آب و دمای اتاق ۲۲°C باشد) وقتی فشار حباب شیشه‌ای به ۱۹/۸۲۴ mmHg برسد آب شروع به جوشیدن می‌کند.



شکل ۱۲ــ۲ــ وقتی فشار داخل ظرف شیشه‌ای به ۱۹/۸۲۴ میلی‌متر جیوه برسد آب در دمای اتاق (۲۲°C) می‌جوشد.

بیشتر بدانیم

رابطهٔ دمای جوش با ارتفاع از سطح دریا

تقریباً به ازای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا ۲۵ میلی‌متر جیوه از فشار جو کاسته می‌شود.

مثال : در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا فشار جو چند میلی‌متر جیوه است؟

$$\text{مقدار کاهش فشار} = \frac{۱۵۰۰}{۳۰۰} \times ۲۵ = ۱۲۵ \text{ میلی‌متر جیوه}$$

$$\text{مقدار فشار جو} = ۷۶۰ - ۱۲۵ = ۶۳۵ \text{ میلی‌متر جیوه}$$

تقریباً به ازای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا ۱°C از دمای جوش آب کاسته می‌شود.

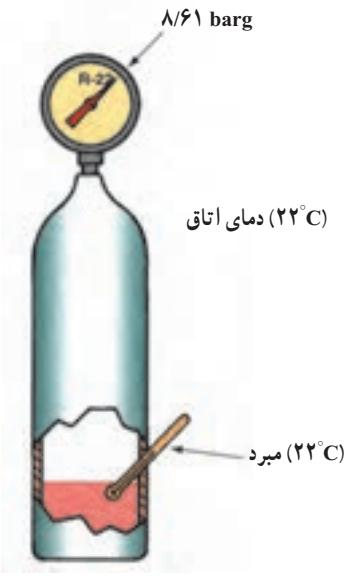
مثال : در ارتفاع ۱۵۰۰ متری آب در چه درجه‌ای می‌جوشد؟

$$\text{مقدار کاهش نقطه جوش} = \frac{۱۵۰۰}{۳۰۰} = ۵°C$$

$$\text{دمای جوش در ارتفاع ۱۵۰۰ متری} = ۱۰۰ - ۵ = ۹۵°C$$

۵ــ۲ــ رابطه فشار و دما برای مبردهای مختلف

یک سیلندر حاوی مبرد R ــ ۲۲ در اتاقی با دمای $22^{\circ}C$ قرار می‌دهیم تا دمای آن برابر دمای هوای اتاق شود. قسمتی از سیلندر توسط مایع و قسمتی توسط بخار پر شده است و دارای دمای $22^{\circ}C$ است. فشار معادل آن از جدول ۱۶ــ۲ ۸/۶۱ barg است و فشارسنج روی سیلندر نیز همان فشار ۸/۶۱ barg را نشان می‌دهد. (شکل ۱۳ــ۲)

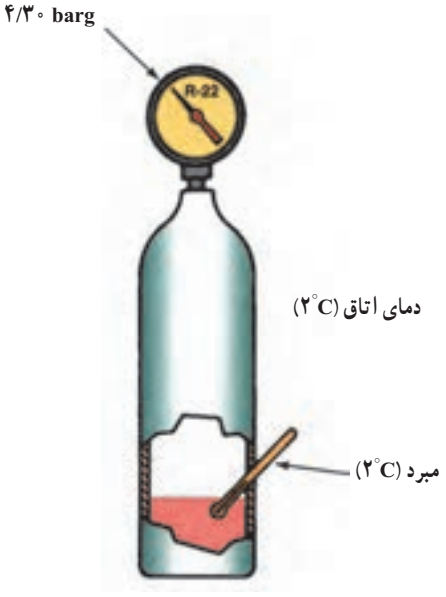


شکل ۱۳ــ۲ــ در دمای $22^{\circ}C$ فشارسنج فشار ۸/۶۱ barg را نشان می‌دهد.

اگر همان سیلندر را به اتاق با دمای $2^{\circ}C$ منتقل کنیم تا پس از گذشت زمان لازم به دمای سردخانه برسد، فشار سیلندر با توجه به جدول ۱۶ــ۲ به ۴/۳۰ barg می‌رسد زیرا وقتی سیلندر سرد می‌شود قسمتی از بخار در آن به مایع تبدیل می‌شود تا فشار داخل سیلندر کاهش یابد (شکل ۱۴ــ۲).

اگر سیلندری که اکنون در دمای $2^{\circ}C$ است به اتاق گرم‌تر با دمای $22^{\circ}C$ برگردانیم تا به دمای اتاق برسد مایع داخل سیلندر در اثر گرم شدن به آرامی می‌جوشد و بخار تولید می‌کند. تولید بخار باعث افزایش فشار می‌شود و فشار سیلندر به ۸/۶۱ barg معادل دمای $22^{\circ}C$ از جدول ۱۶ــ۲ می‌رسد.

حال اگر سیلندر با دمای $22^{\circ}C$ را به اتاقی با دمای $38^{\circ}C$ ببریم به‌آرامی می‌جوشد و بخار بیشتری تولید می‌کند. با تولید بخار فشار نیز افزایش می‌یابد تا به ۱۳/۶ barg مطابق جدول ۱۶ــ۲ برسد (شکل ۱۵ــ۲).



شکل ۱۴ــ۲ــ در دمای $2^{\circ}C$ فشار ۴/۳۰ barg است.

شکل ۱۵ــ۲ــ در دمای $38^{\circ}C$ فشار نسبی ۱۳/۶ barg است.

جدول ۱۶ــ۲ــ رابطه فشار و دما برای مبردهای مختلف

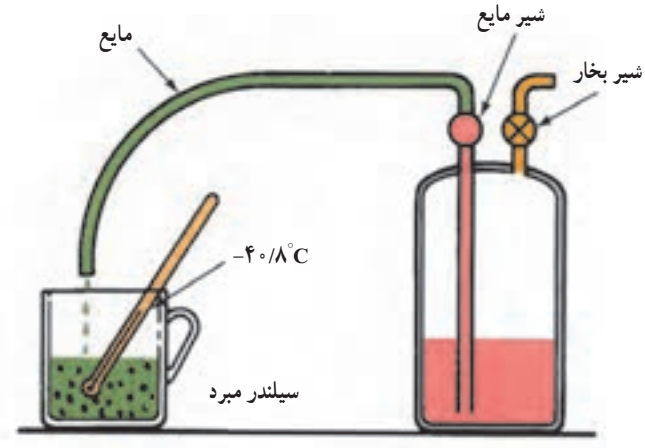
Temperature		REFRIGERANT					
°C	°F	R-۱۲ barg/mmHg	R-۲۲ barg/mmHg	R-۱۳۴a barg/mmHg	R-۴۱۰a barg/mmHg	R-۵۰۲ barg/mmHg	R-۵۰۷ barg/mmHg
-۵۰	-۵۸/۰	۴۶۷*	۲۷۶*	۵۳۶*	۰/۰۳	۱۴۹*	۱۱۴*
-۴۸	-۵۴/۴	۴۳۵*	۲۲۴*	۵۰۹*	۰/۱۴	۸۷*	۴۶*
-۴۶	-۵۰/۸	۴۰۰*	۱۶۸*	۴۷۹*	۰/۲۷	۲۰*	۰/۰۴
-۴۴	-۴۷/۲	۳۶۳*	۱۰۷*	۴۴۷*	۰/۴۰	۰/۰۷	۰/۱۴
-۴۲	-۴۳/۶	۳۲۳*	۴۲*	۴۱۱*	۰/۵۴	۰/۱۷	۰/۲۶
-۴۰	-۴۰/۰	۲۷۹*	۰/۰۴	۳۷۳*	۰/۷۰	۰/۲۸	۰/۳۸
-۳۶	-۳۲/۸	۱۸۲*	۰/۲۵	۲۸۵*	۱/۰۴	۰/۵۳	۰/۶۵
-۳۴	-۲۹/۲	۱۲۸*	۰/۳۷	۲۳۶*	۱/۲۳	۰/۶۷	۰/۸۰
-۳۰	-۲۲/۰	۷/۶*	۰/۶۳	۱۲۴*	۱/۶۶	۰/۹۷	۱/۱۳
-۲۶	-۱۴/۸	۰/۱۷	۰/۹۲	۰/۰۱	۲/۱۴	۱/۳۱	۱/۵۱
-۲۲	-۷/۸	۰/۳۸	۱/۲۶	۰/۲۱	۲/۶۸	۱/۶۹	۱/۹۳
-۱۸	-۰/۴	۰/۶۲	۱/۶۳	۰/۴۴	۳/۲۹	۲/۱۲	۲/۴۰
-۱۴	۶/۸	۰/۸۸	۲/۰۶	۰/۷۰	۳/۹۷	۲/۶۰	۲/۹۳
-۱۰	۱۴/۰	۱/۱۸	۲/۵۴	۰/۹۹	۴/۷۳	۳/۱۳	۳/۵۲
-۶	۲۱/۲	۱/۵۰	۳/۰۶	۱/۳۳	۵/۵۷	۳/۷۲	۴/۱۷
-۲	۲۸/۴	۱/۸۷	۳/۶۵	۱/۷۱	۶/۵۰	۴/۳۷	۴/۸۸
۰	۳۲/۰	۲/۰۷	۳/۹۷	۱/۹۱	۷/۰۰	۴/۷۲	۵/۲۷
۲	۳۵/۶	۲/۲۸	۴/۳۰	۲/۱۳	۷/۵۳	۵/۰۸	۵/۶۷
۶	۴۲/۸	۲/۷۲	۵/۰۱	۲/۶۱	۸/۶۵	۵/۸۶	۶/۵۴
۱۰	۵۰/۰	۳/۲۱	۵/۸۰	۳/۱۳	۹/۸۸	۶/۷۲	۷/۴۹
۱۴	۵۷/۲	۳/۷۵	۶/۶۶	۳/۷۱	۱۱/۲	۷/۶۴	۸/۵۲
۱۸	۶۴/۴	۴/۳۴	۷/۵۹	۴/۳۶	۱۲/۷	۸/۶۵	۹/۶۵
۲۲	۷۱/۶	۴/۹۸	۸/۶۱	۵/۰۶	۱۴/۳	۹/۷۴	۱۰/۹
۲۶	۷۸/۸	۵/۶۷	۹/۷۱	۵/۸۴	۱۶/۰	۱۰/۹	۱۲/۲
۳۴	۹۳/۲	۷/۲۴	۱۲/۲	۷/۶۱	۱۹/۸	۱۳/۵	۱۵/۲
۳۸	۱۰۰/۴	۸/۱۱	۱۳/۶	۸/۶۲	۲۲/۰	۱۵/۰	۱۶/۹

ادامه جدول ۱۶ــ۲ــ رابطه فشار و دما برای مبردهای مختلف

Temperature		REFRIGERANT					
°C	°F	R-۱۲ barg/mmHg	R-۲۲ barg/mmHg	R-۱۳۴a barg/mmHg	R-۴۱۰a barg/mmHg	R-۵۰۲ barg/mmHg	R-۵۰۷ barg/mmHg
۴۲	۱۰۷/۶	۹/۰۵	۱۵/۱	۹/۷۱	۲۴/۳	۱۶/۵	۱۸/۷
۴۶	۱۱۴/۸	۱۰/۱	۱۶/۷	۱۰/۹	۲۶/۸	۱۸/۲	۲۰/۷
۵۰	۱۲۲/۰	۱۱/۲	۱۸/۴	۱۲/۲	۲۹/۵	۲۰/۰	۲۲/۸
۵۴	۱۲۹/۲	۱۲/۳	۲۰/۳	۱۳/۵	۳۲/۳	۲۱/۹	۲۵/۱
۵۸	۱۳۶/۴	۱۳/۶	۲۲/۲	۱۵/۰	۳۵/۴	۲۳/۹	۲۷/۶
۶۲	۱۴۳/۶	۱۴/۹	۲۴/۳	۱۶/۶	۳۸/۷	۲۶/۱	۳۰/۲

* فشار بخار برحسب barg و مقادیر روشن (ایتالیک) برحسب mm.Hg می‌باشد اعداد ایتالیک (بولد شده) مقادیر خلأ است.

مطالعه بیشتر جدول ۱۶ــ۲ نشان می‌دهد که وقتی فشار تا فشار جوّ پایین رود (۰ barg) مبرد R ــ۲۲ در دمای ۴۱°C- می‌جوشد. این حالت موقعی اتفاق می‌افتد که شیر سیلندر R ــ۲۲ به‌آرامی باز شود و بخار فریون ۲۲ امکان رها شدن در جو را پیدا نماید. افت فشار بخار باعث می‌شود که مایع مانده در سیلندر به جوش آید و دمایش کاهش یابد. به‌ازای هر مقدار مایعی که می‌جوشد مقداری گرما جذب سیستم می‌شود و مقداری سرما ایجاد می‌نماید. در این حالت گرما از مایع R ــ۲۲ گرفته می‌شود. وقتی فشار داخل تا فشار جو کاهش یابد سیلندر به دمای ۴۱°C- رسیده و از یخ پوشیده می‌شود.



شکل ۱۷ــ۲ــ R ــ۲۲ در فشار جو در دمای ۴۰/۸°C- می‌جوشد.

در این آزمایش فرض می‌کنیم که شیر به اندازه‌ای بزرگ است که بخار ایجاد شده به جو انتقال می‌یابد. اگر لوله باریکی به شیر مایع روی سیلندر وصل شود و شیر به‌آرامی باز شود مایع مبرد در فنجان جمع شده و در دمای ۴۱°C- می‌جوشد (شکل ۱۷ــ۲).

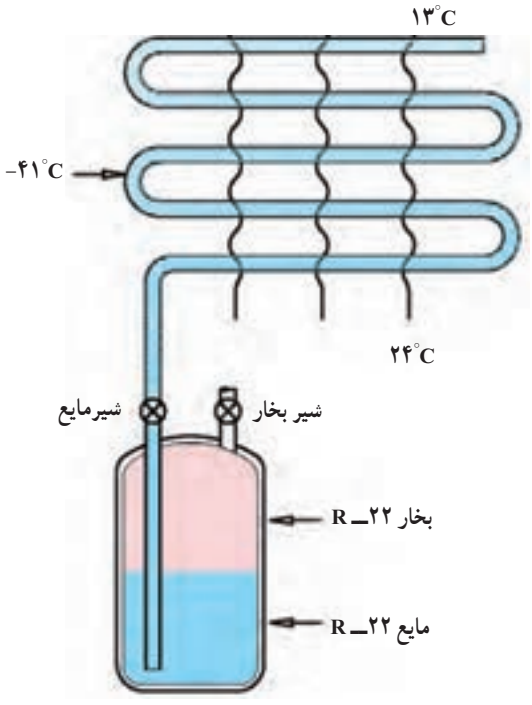
۶ــ۲ــ چرخه تبرید[1]

یک کویل لوله مسی به شیر خروجی مایع سیلندر وصل می‌کنیم و شیر را طوری باز می‌کنیم تا مایع به‌تدریج در داخل لوله مسی وارد شود. دمای جوش مبرد R ــ۲۲ در فشار یک اَتمسفر ۴۱°C- است بنابراین مایع در داخل کویل در دمای ۴۱°C- می‌جوشد و گرمایی را که برای تبخیر لازم است از محیط اطراف می‌گیرد و آن را سرد می‌کند. اگر هوا با دمای ۲۴°C از روی آن عبور نماید دمایش تا ۱۳°C می‌تواند کاهش پیدا کند (شکل ۱۸ــ۲).

کویل لوله مسی را که مایع در داخل آن به حالت جوش درآمده و بخار می‌شود، کویل تبخیرکننده یا «اواپراتور[2]» می‌نامند. برای این‌که تمام مایع خروجی تا انتهای کویل تبدیل به بخار شود باید با تنظیم شیر روی سیلندر مقدار معینی مایع وارد کویل لوله مسی شود. اگر شیر مایع بیش از حد باز باشد در خروجی کویل مایع خواهیم داشت و اگر بیش از حد بسته باشد مقدار مایع ورودی

۱ــ چرخهٔ سردسازی

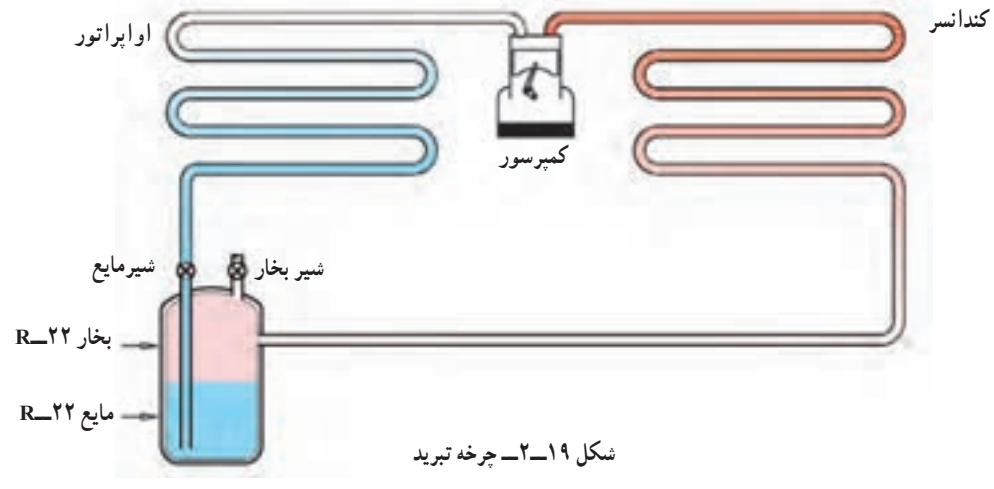
۲ــ Evaporator



شکل ۱۸ــ۲ــ دمای کویل ۴۱°C- است هوای عبوری از آن می‌تواند از ۲۴°C تا ۱۳°C کاهش یابد.

به کویل کم شده و قدرت سرمایی کویل خیلی کاهش می‌یابد. شیر تنظیم[۱] را شیر انبساط[۲] نیز می‌گویند. فریون ۲۲ را که در داخل کویل تبخیر شده و سرما ایجاد می‌کند ماده مبرد[۳] یا ماده سرمازا می‌گویند.

در این سیستم دو اشکال عمده وجود دارد. اوّل این‌که علاوه بر هدر رفتن ماده سرمازای R ــ ۲۲ این نوع مبرد نباید در جو رها شود[۴]. اشکال دوم این است که ماده مبرد مصرف شده و کپسول خالی می‌شود بنابراین کار سیستم پیوسته نخواهد بود. برای جلوگیری از خروج گاز و هدر رفتن آن باید دستگاه‌های مکملی باشند تا گاز خارج شده را دوباره به‌حالت مایع درآورده و مورد استفاده قرار دهند. برای رسیدن به این هدف یک کمپرسور[۵] و یک کندانسر[۶] باید به‌سیستم اضافه کرد. کمپرسور گاز خروجی از اواپراتور را متراکم کرده با فشار و دمای زیاد وارد کندانسر می‌نماید. در کندانسر گاز داغ و متراکم شده توسط آب یا هوا خنک شده به مایع تبدیل می‌شود. مایع خروجی از کندانسر وارد سیلندر می‌شود و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱۹ــ۲).

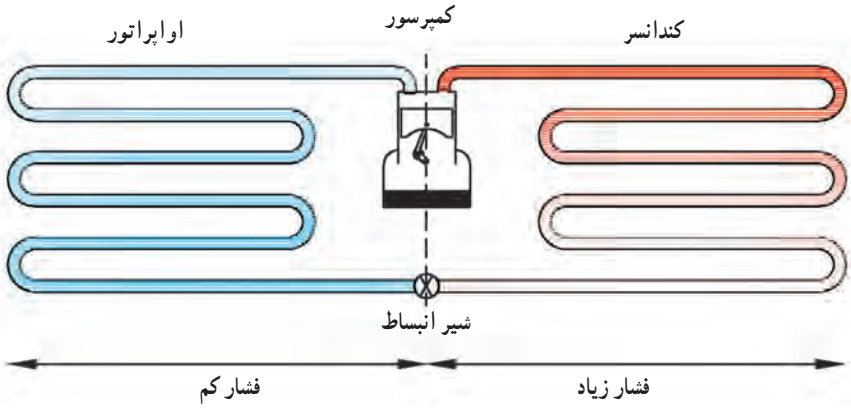


شکل ۱۹ــ۲ــ چرخه تبرید

به سیلندر مثال فوق در سیستم‌های سردکننده مخزن تجمع مایع[۷] یا رسیور می‌گویند در سیستم‌های سردکننده کوچک که مقدار مبرد جریانی کم است، مخزن تجمع مایع حذف می‌شود و سیستم به‌صورت شکل ۲۰ــ۲ درمی‌آید.

در شکل ۲۰ــ۲ اگر خطی از کمپرسور تا شیر انبساط کشیده شود، سیستم تبرید به دو قسمت فشار کم و فشار زیاد تقسیم می‌شود. کمپرسور و کندانسر جزء قسمت فشار زیاد سیستم بوده و خروجی شیر انبساط و اواپراتور جزء قسمت فشار کم می‌باشد.

۱ــ Metering device
۲ــ Expansion Valve
۳ــ Refrigerant
۴ــ رها کردن مبردهای هالوکربنی در جو غیرقانونی است.
۵ــ Compressor
۶ــ Condenser
۷ــ Receiver



شکل ۲۰ــ۲ــ چرخه تبرید ــ قسمت فشار کم ــ قسمت فشار زیاد

۷ــ۲ــ تغییرات فشار و دما در چرخهٔ تبرید

چرخه تبرید شکل ۲۱ــ۲ یک بار دیگر با توجه به وضعیت فشار و دما در قسمت‌های مختلف آن ترسیم می‌کنیم و مطابق شماره‌هایی که بر روی شکل داده شده است به تشریح آن می‌پردازیم.

۱ــ مخلوطی از ۷۵٪ مایع و ۲۵٪ بخار شیر انبساط را ترک کرده وارد اواپراتور می‌شود.

۲ــ مخلوط مایع و بخار فریون ۲۲ دارای فشار نسبی ۴۷۲kpa می‌باشد و دمای جوش متناسب با آن ۵°C است.

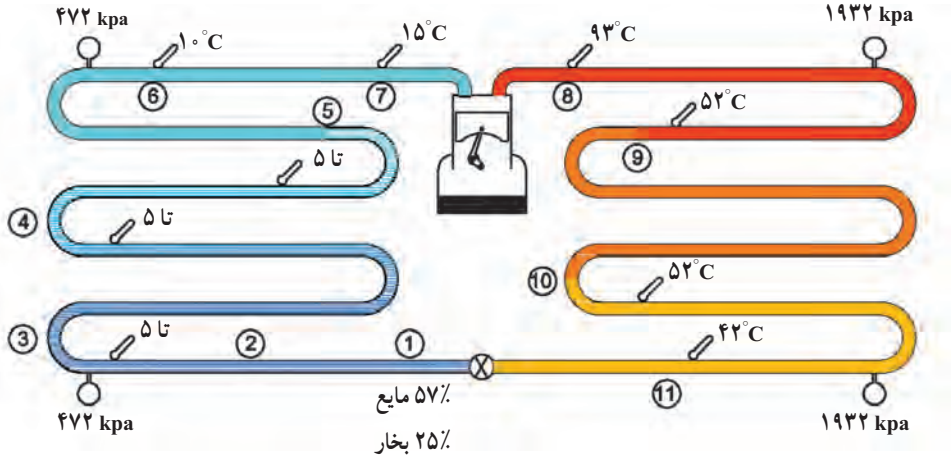
۳ــ مخلوط مایع و بخار درحال حرکت در اواپراتور با گرمایی که از هوای ۲۴°C داخل اتاق می‌گیرد تبخیر می‌شود.

۴ــ وقتی ماده سرمازا به وسط اواپراتور می‌رسد به‌صورت ۵۰٪ مایع و ۵۰٪ بخار درمی‌آید.

۵ــ در نقطه ۵ تمام مایع تبدیل به بخار می‌شود. دمای بخار هنوز ۵°C بوده و می‌تواند از هوای اتاق با دمای ۲۴°C گرما جذب نماید. از این نقطه به بعد جذب گرما باعث افزایش دمای بخار مبرد و سوپرهیت شدن آن می‌شود.

۶ــ در این نقطه بخار خالص با ۵°C سوپرهیت خواهیم داشت و دمای بخار مبرد ۱۰°C خواهد بود.

۷ــ تحت تأثیر مکش کمپرسور بخار به داخل آن کشیده می‌شود. بخاری که اواپراتور را ترک می‌کند دارای دمای ۱۰°C با ۵°C سوپرهیت می‌باشد. فاصله بین خروجی اواپراتور



شکل ۲۱ــ۲ــ نمایش تغییرات دما و فشار در چرخه تبرید

و ورودی کمپرسور را خط مکش[1] می گویند. برای جلوگیری از افزایش بیش از حد دمای مبرد در ورود به کمپرسور خط مکش را عایق می کنند. با این حال دمای ماده مبرد در ورود به کمپرسور به $15^{\circ}C$ می رسد.

۸ــ گازی که از طریق خط رانش کمپرسور را ترک می کند دارای فشار و دمای بالایی است. خط رانش دارای دمای $93^{\circ}C$ و فشار نسبی ۱۹۳۲kpa می باشد. گرچه خط رانش کوتاه است ولی به علت اختلاف دمای زیاد با محیط گرمای خود را به آسانی به محیط منتقل می نماید. دمای محیط حدود $35^{\circ}C$ فرض شده است.

۹ــ با دفع گرما از ماده سرمازا در خط رانش و کویل ابتدایی کندانسر در نقطه ۹ دما به $52^{\circ}C$ می رسد. پس از این نقطه دما ثابت مانده دفع گرما باعث می شود که مادهٔ سرمازا از حالت بخار به مایع تبدیل شود.

۱۰ــ تحول تبدیل بخار به مایع که از نقطه ۹ شروع می شود در نقطه ۱۰ پایان می یابد و در این نقطه ماده سرمازا به صورت ۱۰۰٪ مایع در دمای $52^{\circ}C$ است.

۱۱ــ با حرکت مایع در طول کویل عمل دفع گرما از کویل به محیط ادامه دارد و دمای مایع به دمای پایین تر از دمای تقطیر (اشباع) $52^{\circ}C$ یعنی به حدود $42^{\circ}C$ می رسد و می گویند مایع حدود $10^{\circ}C$ ساب کولد[2] (مادون سرد) شده است. مایع از طریق خط مایع به شیر انبساط می رسد و ماده سرمازا سیکل یا چرخه خود را کامل کرده است و آماده شروع مجدد آن است.

در چرخه تبرید

۱ــ اواپراتور گرما را به داخل سیستم جذب می کند.

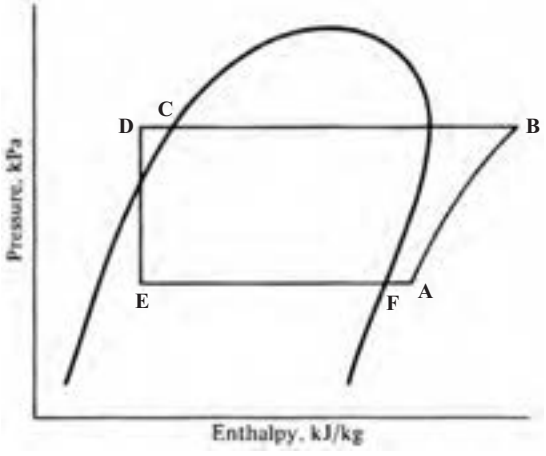
۲ــ کمپرسور بخار حامل گرما را به کندانسر پمپ می کند.

۳ــ کندانسر گرما را از سیستم دفع می کند.

۴ــ شیر انبساط جریان ماده سرمازا را تنظیم می کند.

۸ــ۲ــ بررسی چرخه تبرید با نمودار P-H

اگر چرخه تبریدی که توضیح دادیم بر روی نمودار P-H رسم کنید شکلی مانند شکل ۲۲ــ۲ به دست می آید.



شکل ۲۲ــ۲ــ نمودار PH چرخه تبرید تراکمی

برای ایجاد ارتباط بین شکل ۲۱ــ۲ با شکل ۲۲ــ۲ جدول زیر را پر کنید.

نام قسمت	مایع سابکول شده	مایع اشباع	بخار اشباع	بخار سوپر هیت شده	فشار KPa	دما $^{\circ}C$
A						
B					۱۹۳۲	
C						
D						۴۲
E						
F			✓			

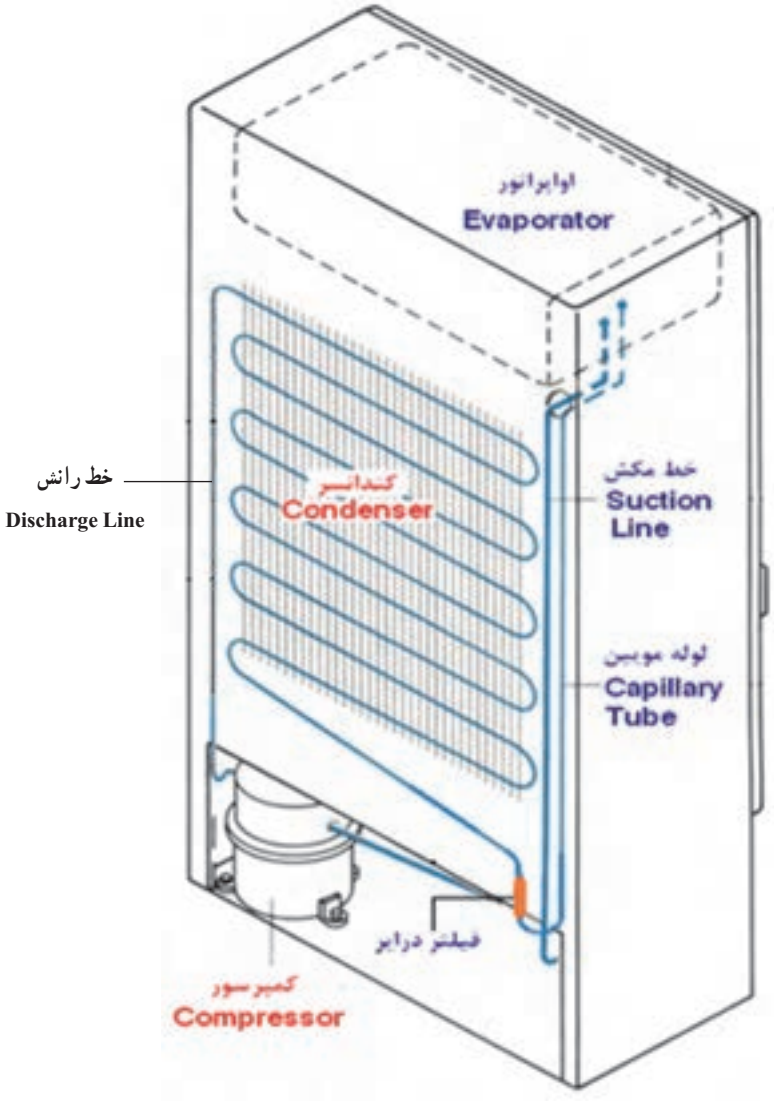
۱ــ Suction Line

۲ــ Subcooled

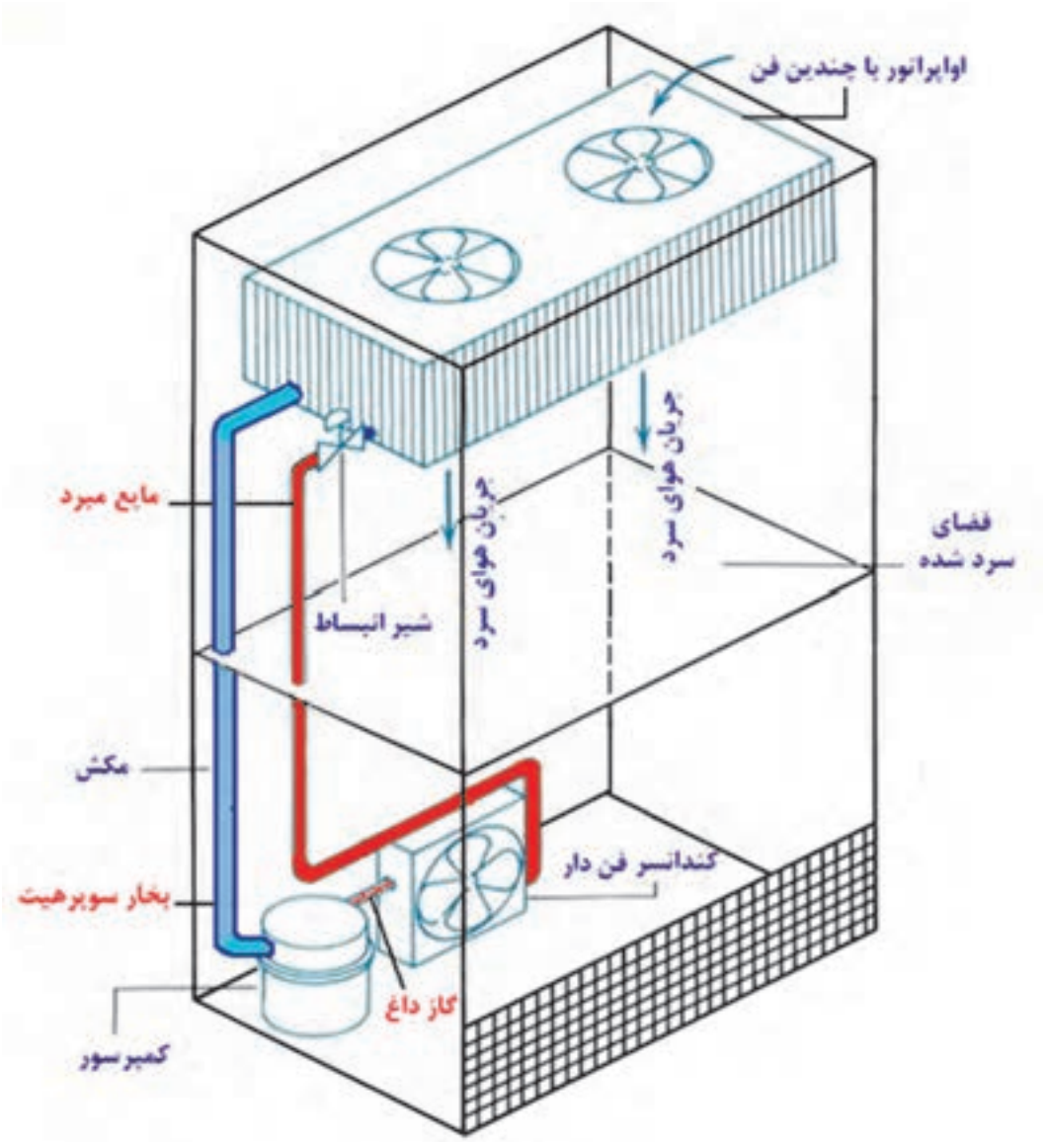
اگر شما اساس سیکل تبرید توضیح داده شده در این فصل را فهمیده باشید زمینه کامل برای فهمیدن اصول کار اکثر سیستم‌های سردکننده نظیر یخچال‌ها، فریزرها، کولرهای گازی، آب سرد کن ها، کولر اتومبیل‌ها را خواهید داشت. انواع مختلف سیستم‌های تبرید تراکمی در تأسیسات متفاوت به کار برده شده‌اند، اساس کار همهٔ آنها یکی است و تمامی این سیستم‌ها شامل کمپرسور، کندانسر، کنترل کنندهٔ مایع مبرد و اواپراتور می باشند.

در زیر چند نوع از این سیستم‌ها را بررسی می کنیم.

شکل ۲۳ــ۲ یک یخچال معمولی خانگی را نشان می‌دهد به‌طوری‌که کمپرسور زیر کابین یخچال سوار شده است. کویل کندانسر در پشت کابین نصب گردیده و کنترل کننده مایع که یک لوله باریک و بلندی است (لوله مویین) از انتهای کندانسر به ابتدای اواپراتور که در داخل کابین است وصل شده است. شکل ۲۴ــ۲ یک دستگاه یخچال تجاری را نشان می‌دهد که کمپرسور و کندانسر در پایین یخچال نصب شده است. کابین شامل کویل اواپراتور و شیر کنترل مایع که درست در قسمت ورودی کویل نصب شده است می‌باشد. در چنین تأسیساتی هر دو کویل کندانسر و اواپراتور مجهز به فن بوده و هوا روی کویل‌ها دمیده می‌شود تا انتقال گرمای بیشتر و آسان‌تری داشته باشیم. در بیشتر یخچال فریزرهای خانگی هم یک یا دو فن نصب شده است.



شکل ۲۳ــ۲ــ در یک دستگاه یخچال خانگی، کمپرسور در قسمت پایین، کندانسر در پشت، کنترل‌کننده مایع مبرد که یک لوله بلند و باریک است و اواپراتور در فضای داخلی آن نصب شده است.



شکل ۲۴ــ۲ــ یک یخچال تجاری با اواپراتور و کنترل کننده مایع مبرد بدون حفاظ برای سرویس در داخل کابین

شکل ۲۵ــ۲ نشان می‌دهد که گرمای ساختمان از طریق کویل داخلی به سیستم تبرید انتقال یافته و سپس از طریق کویل بیرونی از سیستم تبرید به هوای بیرونی منتقل می‌شود. کولر گازی گرمای داخل ساختمان را به بیرون پمپ می‌کند. شرایط کار دستگاه به شرح زیر است :

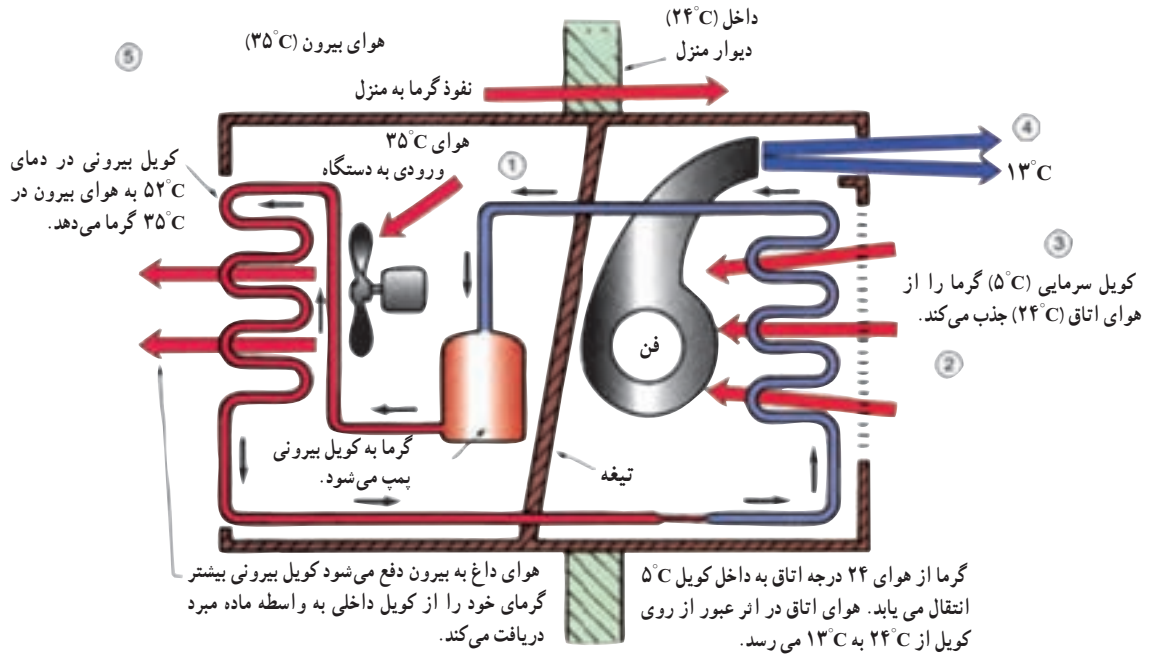
۱ــ دمای طرح هوای بیرون $35^{\circ}C$

۲ــ دمای طرح داخل $24^{\circ}C$

۳ــ دمای کویل سردکننده $5^{\circ}C$. این کویل گرما را از اتاق به سیستم تبرید انتقال می‌دهد. لازم به یادآوری است با توجه به این‌که دمای اتاق $24^{\circ}C$ و دمای کویل $5^{\circ}C$ است انجام انتقال گرما قطعی است.

۴ــ این انتقال گرما هوای خروجی از کویل و ورودی به فن و خروجی از فن را به $13^{\circ}C$ می‌رساند.

۵ــ دمای کویل بیرونی حدود $52^{\circ}C$ است. این کویل گرمای سیستم را به هوای بیرون منتقل می‌کند. دمای کویل $52^{\circ}C$ و دمای هوای بیرون $35^{\circ}C$ است بنابراین انجام انتقال گرما از دستگاه سردکننده به هوای بیرون نیز قطعی است.



شکل ۲۵ــ۲ــ کولر گازی

۹ــ۲ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهار گزینه‌ای

۱ــ آب در کدام حالت زیر در دمای بالاتری به جوش می‌آید؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) داخل کتری — ب) داخل زودپز

ج) در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا — د) در محلی هم سطح دریای آزاد

۲ــ در صورتی که فشار داخل زودپز ۱/۹۸ bar باشد آب داخل زودپز در چند درجه سانتی‌گراد به جوش می‌آید.

الف) ۶۶ — ب) ۱۰۴

ج) ۱۲۰ — د) ۱۳۰

۳ــ با خارج کردن هوای داخل ظرف سر بسته‌ای که تا نیمه آب دارد، دمای جوش آب

الف) افزایش می‌یابد — ب) کاهش می‌یابد

ج) تغییری نمی‌کند — د) دو برابر می‌شود

۴ــ کدام مورد درصد مایع و بخار مبرد خروجی از شیر انبساط می‌باشد.

الف) ۷۵٪ مایع و ۲۵٪ بخار — ب) ۲۵٪ مایع و ۷۵٪ بخار

ج) ۵۰٪ مایع و ۵۰٪ بخار — د) ۴۰٪ مایع و ۶۰٪ بخار

۵ــ در کدام قسمت چرخه تبرید گرمایی به مبرد اضافه و یا کم **نمی‌شود**. (امتحان نهایی ــ دی ۹۰)

الف) اواپراتور — ب) کندانسر

ج) کمپرسور — د)شیر انبساط

۶ــ مبرد در انتهای کندانسر به چه صورت می‌باشد؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

الف)مایع اشباع　　ب) مایع سوپرهیت

ج) مخلوط مایع و بخار　　د) بخار فوق گرم

۷ــ بیشترین انتقال گرما در کجای سیکل تبرید رخ می‌دهد؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

الف) کمپرسور　　ب) کندانسر

ج) اواپراتور　　د) شیر انبساط

پرسش‌های درست و نادرست

۸ ــ تبرید فرایندی است که طی آن گرما از محیط با دمای بالا به‌محیط با دمای پایین حرکت می‌کند.

☐ درست　　☐ نادرست

۹ــ گرما در اثر جابه‌جایی هوا و از طریق جداره‌های یخچال به‌داخل یخچال انتقال می‌یابد.

☐ درست　　☐ نادرست

۱۰ــ اگر فشار روی سطح آب ۷۵/۶۶ mmHg باشد آب در دمای ۵۶ درجه سانتی‌گراد به جوش می‌آید.

☐ درست　　☐ نادرست

۱۱ــ اساس کار یخچال، کولرگازی و کولر اتومبیل یکی می‌باشد.

☐ درست　　☐ نادرست

پرسش‌های کامل کردنی

۱۲ــ واحد اندازه‌گیری قدرت سرمایی دستگاه‌های سرمایی بزرگ ..... و ..... می‌باشد.

۱۳ــ ۳۶۰۰۰ بی تی یو در ساعت معادل ..... تن تبرید است.

۱۴ــ با افزایش فشار بر روی سطح آب، نقطه جوش آب ..... می یابد.

۱۵ــ هرگاه سیلندر حاوی مبرد ۱۲ــ R را در اتاقی با دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد نگهداری شود فشار داخل سیلندر ..... میلی‌متر جیوه می‌باشد.

واژه‌های مناسب را در جای خالی بنویسید.

«تن تبرید ــ اواپراتور ــ بی تی یو در ساعت ــ کندانسر ــ شیر انبساط ــ حرکت مولکولی ــ کمپرسور»

۱۶ــ سرعت فاسد شدن مواد غذایی با کند شدن ..... کم می‌شود.

۱۷ــ قدرت سرمایی دستگاه های سردکنندهٔ کوچک را با ..... می‌سنجند.

۱۸ــ کویل لوله مسی را که مایع مبرد در داخل آن به حالت جوش در می‌آید و بخار می‌شود ..... می‌نامند.

۱۹ــ کمپرسور و ..... جزء قسمت فشار زیاد سیستم تبریدی می‌باشند.

۲۰ــ جریان ماده سرمازا توسط ..... تنظیم می‌شود.

پرسش‌های تشریحی

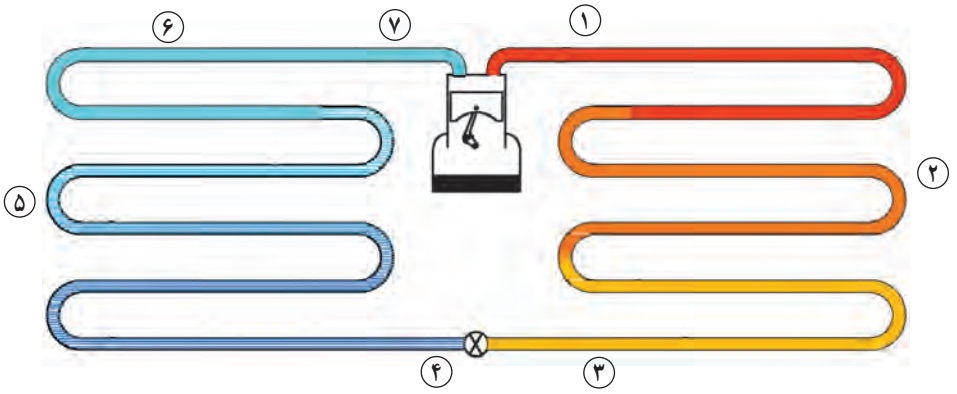
۲۱ــ تبرید را تعریف کنید.

۲۲ــ تن سرمایی را تعریف کنید.

۲۳ــ قسمت‌های فشار کم و فشار زیاد در سیکل تبرید را بیان کنید.

۲۴ــ سیلندر متصل به یک کویل لوله مسی به عنوان یک دستگاه سردکننده را توضیح داده و اشکالات آن را بنویسید.

۲۵ــ با توجه به سیکل تبرید شکل زیر جدول را برای مبرد R ــ۲۲ کامل کنید.



قسمت	دما C°	فشار KPa	حالت و درصد مبرد
۱	۹۳		
۲			
۳		۱۹۳۲	
۴			
۵			۵۰٪ مایع و ۵۰٪ بخار
۶			
۷			

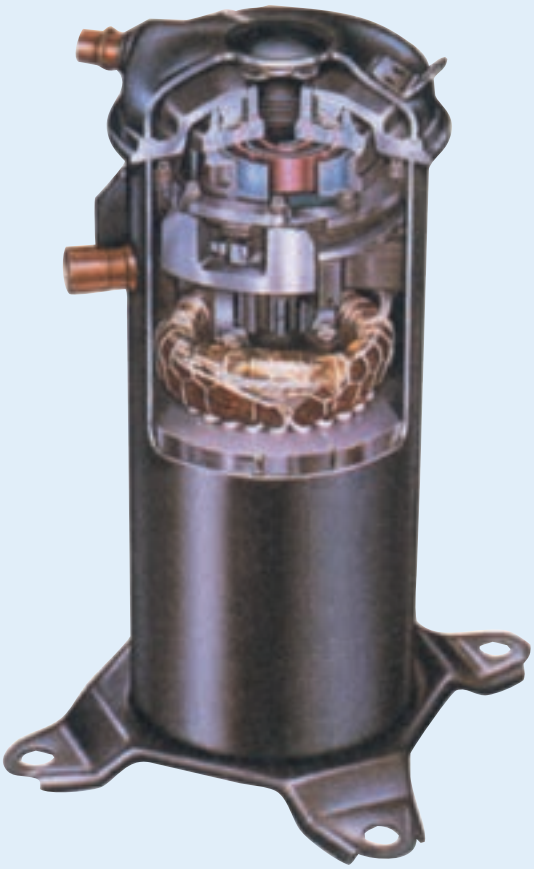
۲۶ــ اجزاء اصلی سیکل تبرید را به طور مختصر شرح دهید.

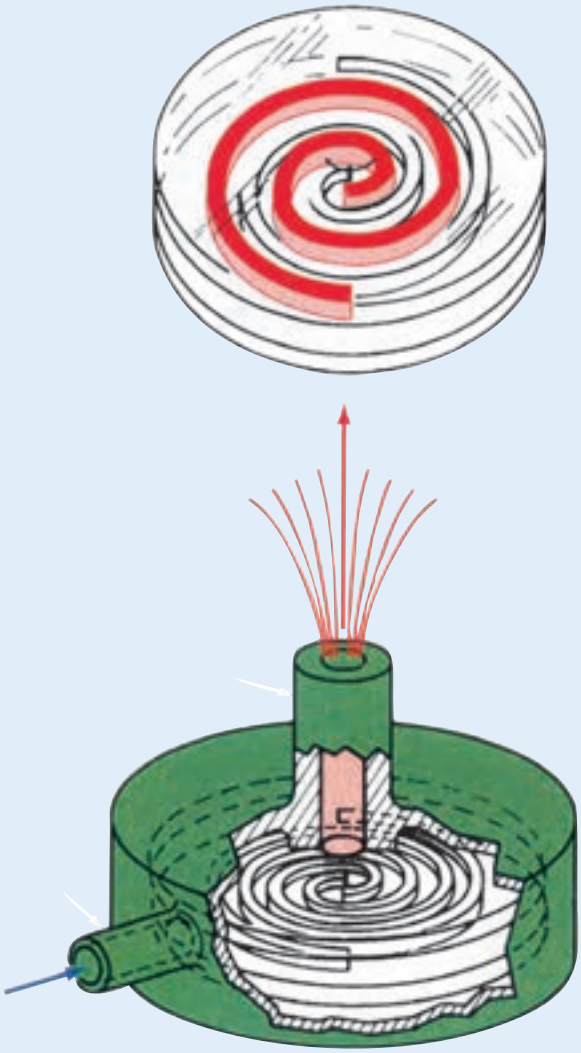
۲۷ــ چرا در اواپراتور و کندانسور با وجود جذب و دفع گرما،دما ثابت می‌ماند.(امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

۲۸ــ نمودار P ــH سیکل تبرید را ترسیم کرده و قسمت‌های مختلف آن را مشخص نمایید.

۲۹ــ تفاوت‌های یخچال خانگی، یخچال تجاری، کولر گازی را بنویسید.

فصل سوم





فصل سوم

کمپرسورها

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ انواع کمپرسور را نام ببرد.

۲ــ اجزا اصلی کمپرسور تناوبی را نام ببرد.

۳ــ چگونگی کار کمپرسور تناوبی را توضیح دهد.

۴ــ انواع کمپرسور تناوبی را توضیح دهد.

۵ــ چگونگی کار کمپرسور بسته پنج لوله‌ای را از روی شکل توضیح دهد .

۶ ــ روغن کاری کمپرسورها را توضیح دهد.

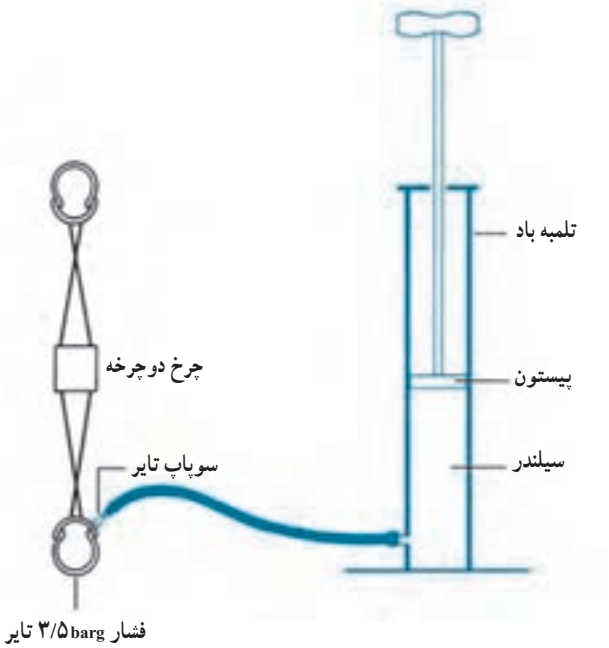
۷ــ لزوم کنترل ظرفیت را بیان کند.

۸ ــ روش‌های کنترل ظرفیت را شرح دهد.

۹ــ تعیین قدرت کمپرسور یخچال‌ها و فریزرها را توضیح دهد.

۳ــ کمپرسورها

کمپرسور قلب یک سیستم تبرید تراکمی است که با ایجاد اختلاف فشار موجب گردش مادهٔ سرمازا در سیستم می‌شود. شکل ۱ــ۳ تلمبه باد یک دوچرخه را که نوع ساده یک کمپرسور است نشان می‌دهد. تلمبه شامل یک سیلندر و یک پیستون است. پیستون در داخل سیلندر می‌تواند بالا و پایین حرکت کند. وقتی که پیستون به‌طرف بالا کشیده می‌شود، هوا در اثر فشار آتمسفر داخل سیلندر می‌شود و چنانچه پیستون را به پایین فشار دهیم حجم هوا کم شده و فشار آن بیشتر می‌شود. زمانی که فشار هوا در داخل سیلندر بیشتر از فشار هوا در داخل تایر دوچرخه بشود، سوپاپ روی تایر باز شده و هوا وارد تایر می‌شود. متراکم شدن هوا باعث برخورد بیشتر مولکول‌ها شده درنتیجه دمای هوا افزایش می‌یابد و موجب گرم شدن بدنه سیلندر می‌شود.



شکل ۱ــ۳ــ یک کمپرسور ساده

۱ــ۳ــ انواع کمپرسور

کمپرسورهای متداول در سیستم‌های تبرید عبارتند از :

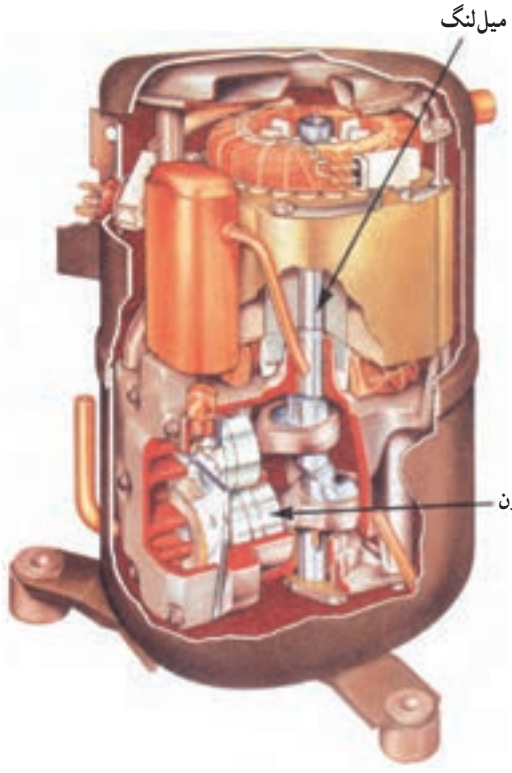
۱ــ کمپرسورهای تناوبی[۱]

۲ــ کمپرسورهای سانتریفوژ (گریز از مرکز[۲])

۳ــ کمپرسورهای پیچی[۳] (اسکرو)

۴ــ کمپرسور طوماری (اسکرول[۴])

در شکل ۲ــ۳ کمپرسورهای مذکور نشان داده شده است.



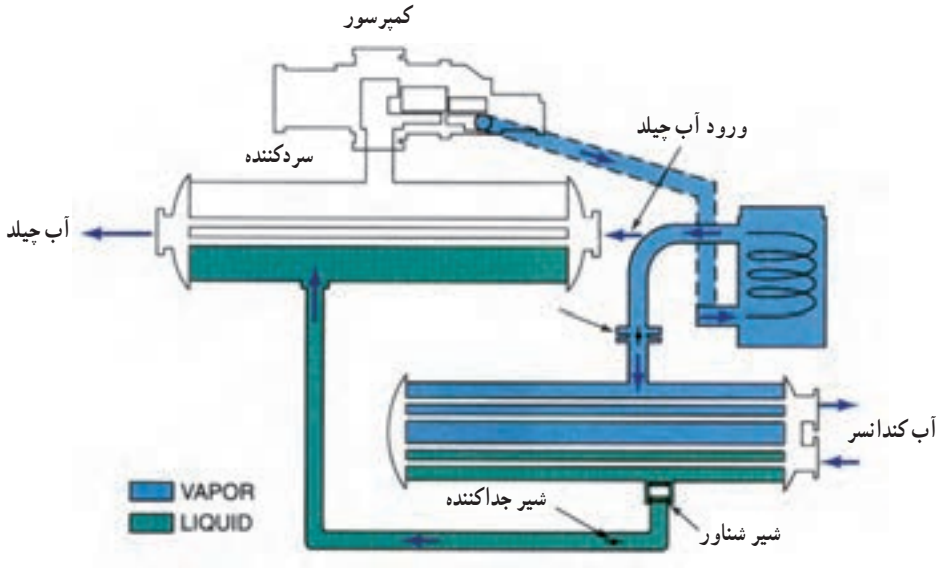
الف) کمپرسور تناوبی

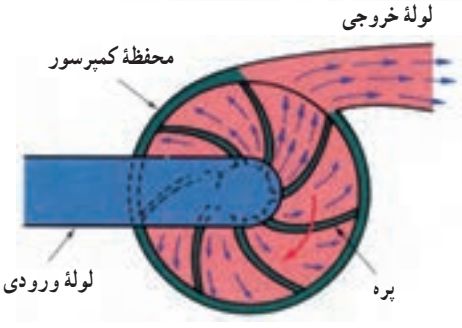
۱ــ Reciprocating Compressors

۲ــ Centrifugal Compressors

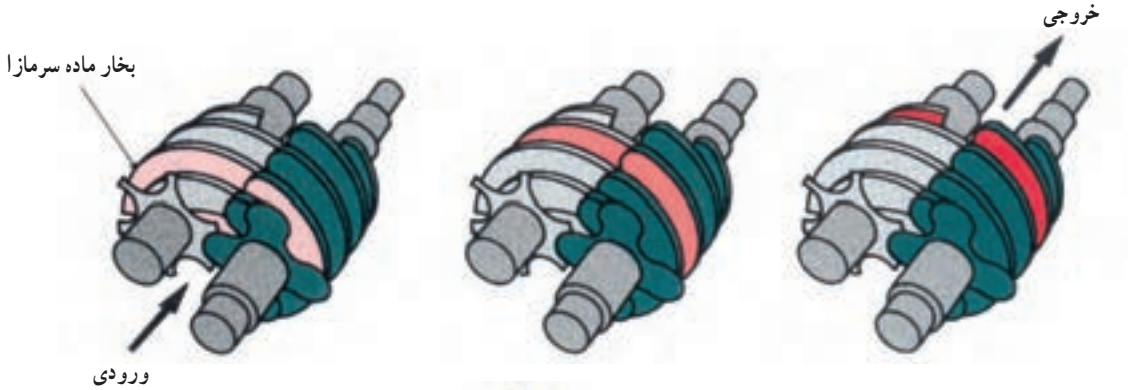
۳ــ Screw Compressors

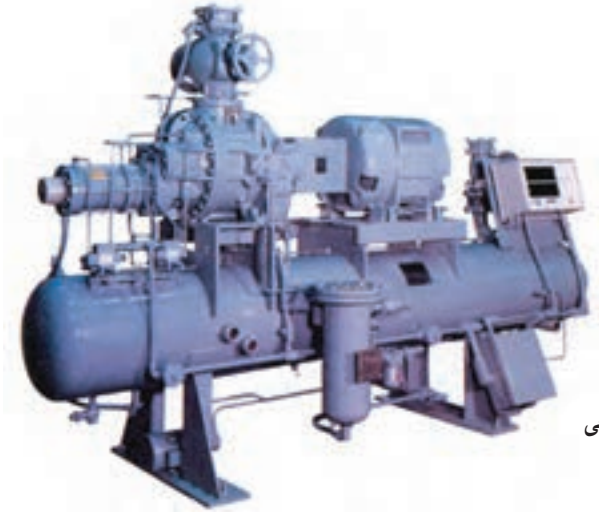
۴ــ Scroll Compressors



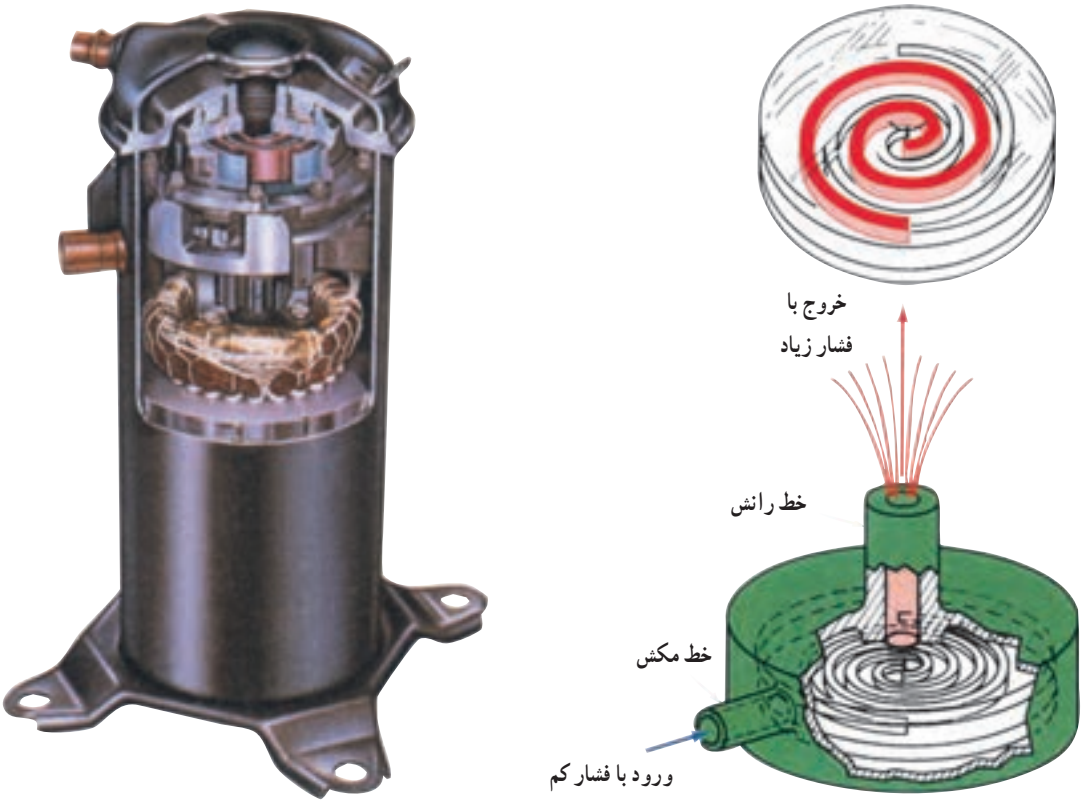


ب) کمپرسور سانتریفوژ





ج) کمپرسور پیچی



د) کمپرسور طوماری (اسکرول)

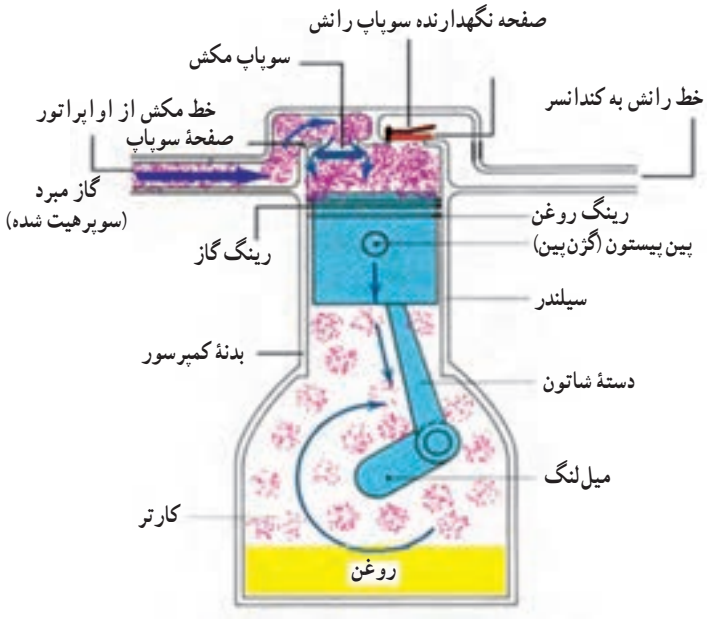
شکل ۲ــ۳ــ انواع کمپرسور

الف) کمپرسور تناوبی ب) کمپرسور سانتریفوژ ج) کمپرسور اسکرو د) کمپرسور اسکرول

۲ــ۳ــ کمپرسورهای تناوبی

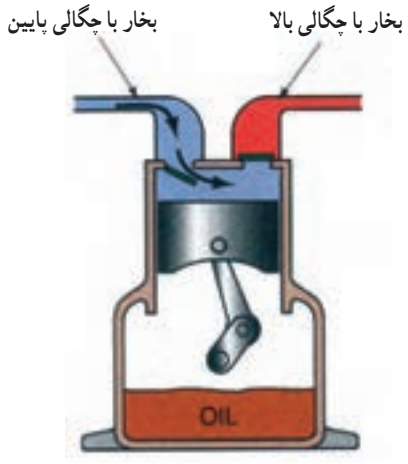
به این کمپرسورها کمپرسورهای رفت و برگشتی، کمپرسورهای سیلندر پیستونی و گاهی متقارن گویند.

کمپرسورهای تناوبی در اندازه‌های مختلف از $\frac{۱}{۴}$ تن تبرید تا ۱۰۰ تن تبرید در دسترس می‌باشند. شکل ۳ــ۳ قسمت‌هایی از کمپرسورتناوبی را نشان می‌دهد.



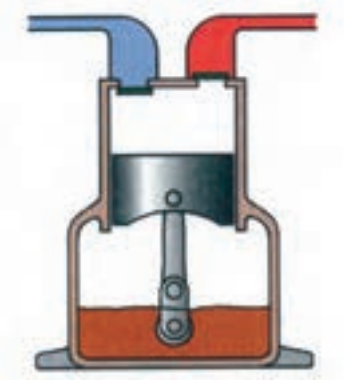
شکل ۳ــ۳ــ کمپرسور تناوبی

وقتی پیستون به‌طرف پایین حرکت می کند به جایی می‌رسد که فشار داخل سیلندر کمتر از فشار خط مکش می‌شود. در این حال سوپاپ مکش باز می‌شود و گاز خط مکش وارد سیلندر شده و آن را پر می‌کند. (شکل ۴ــ۳)



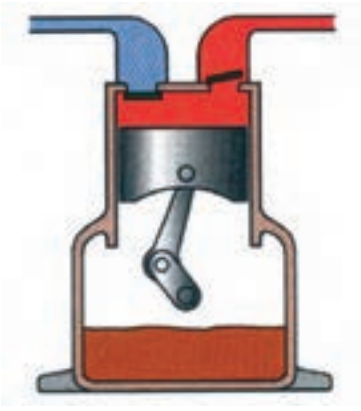
شکل ۴ــ۳ــ پیستون رو به پایین حرکت می‌کند.

وقتی پیستون به پایین‌ترین نقطه (نقطهٔ مرگ پایین) می‌رسد حجم سیلندر به بیشترین مقدار خود می‌رسد هر چند سیلندر در حال پر شدن است. (شکل ۵ــ۳)



شکل ۵ــ۳ــ پیستون در نقطه مرگ پایین

وقتی پیستون شروع به بالا آمدن می کند سوپاپ مکش بسته می‌شود و بالا رفتن فشار در سیلندر آغاز می‌شود. در نزدیکی بالای سیلندر وقتی فشار داخل سیلندر بیشتر از فشار بالای سوپاپ رانش می‌شود سوپاپ رانش بازشده و گاز به قسمت فشار بالای سیستم تخلیه می‌شود. (شکل ۶ــ۳)



شکل ۶ــ۳ــ پیستون رو به بالا حرکت می‌کند.

زمانی که پیستون به بالاترین نقطهٔ خود (نقطهٔ مرگ بالا می‌رسد) یک فضای خالی بین سرسیلندر و پیستون باقی می‌ماند که مقداری گاز پرفشار در این قسمت وجود دارد که تخلیه نمی‌شود و در سیکل بعدی مجدداً منبسط می‌شود. (شکل ۷ــ۳)

شکل ۷ــ۳ــ پیستون در نقطه مرگ بالا

۳ــ۳ــ انواع کمپرسور تناوبی

کمپرسور تناوبی بر سه گونه‌اند :

۱ــ کمپرسورهای بسته[۱]

۲ــ کمپرسورهای نیمه بسته[۲]

۳ــ کمپرسورهای باز[۳]

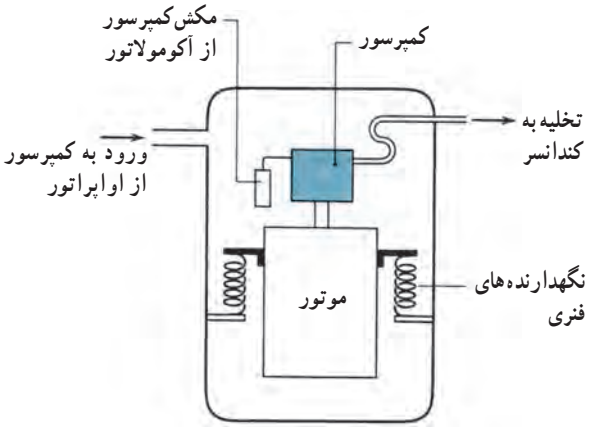
۱ــ Hermetic ۲ــ Semi Hermetie ۳ــ Open

۱ــ۳ــ۳ــ کمپرسورهای بسته : کمپرسور بسته در شکل‌های ۸ــ۳ و ۹ــ۳ نشان داده شده است. کمپرسور و موتور در داخل یک پوسته قرار گرفته و جوشکاری شده است. اگر موتور چنین کمپرسوری بسوزد یا سوپاپ آن بشکند کمپرسور غیر قابل استفاده می‌شود.

لوله مکش از اواپرتور به‌داخل پوسته منتقل شده است. محتویات داخل پوسته از جمله الکتروموتور به‌وسیلهٔ گاز سرمازا خنک می‌شود. قطر لوله رانش کوچک‌تر از قطر لوله مکش کمپرسور بوده و داخل کمپرسور از میان پوسته عبور کرده به کندانسر هدایت می‌شود. به‌طور معمول کمپرسورهای بسته را تا ظرفیت ۲۰ تن تبرید تولید می‌کنند.

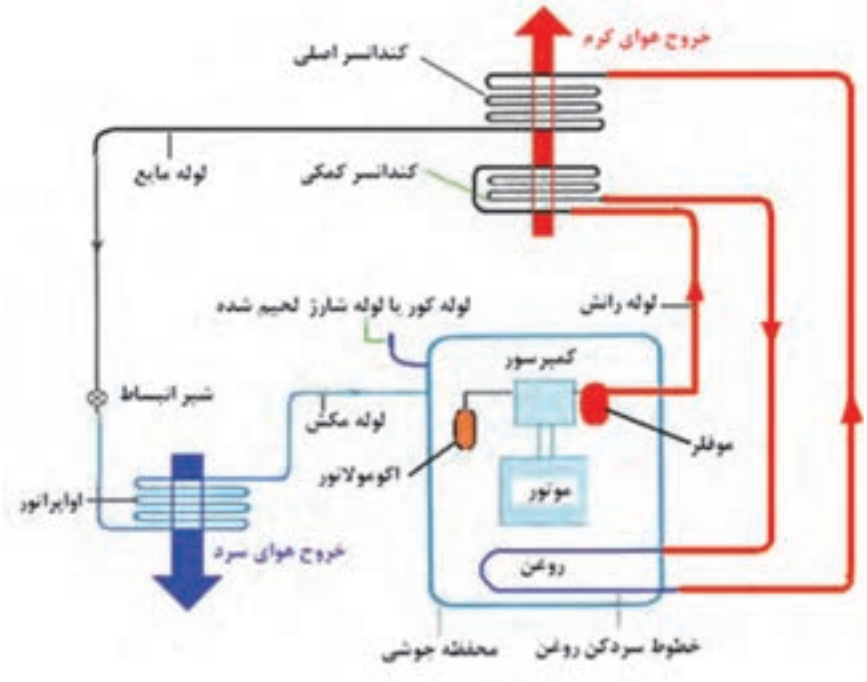
بر روی بیشتر کمپرسورهای بسته سه عدد لوله متصل شده است. برخی از کمپرسورهای بسته روی بدنه خود دو لوله اضافی دیگر برای خنک کاری روغن دارند که جمعاً پنج لوله به بدنه کمپرسور متصل است. این دو لوله به‌قسمت پایین کمپرسور (کارتر) وصل می‌شود. شکل ۱۰ــ۳ اتصال خنک‌کن روغن و عبور آن از پایین کمپرسور را نشان می‌دهد.

گاز داغ از رانش کمپرسور به سمت کندانسر کمکی رفته پس از عبور از آن کمی خنک می‌شود. گاز خنک شده از میان



شکل ۸ــ۳ــ یک کمپرسور تناوبی با فنرهای نگهدارنده در داخل پوسته

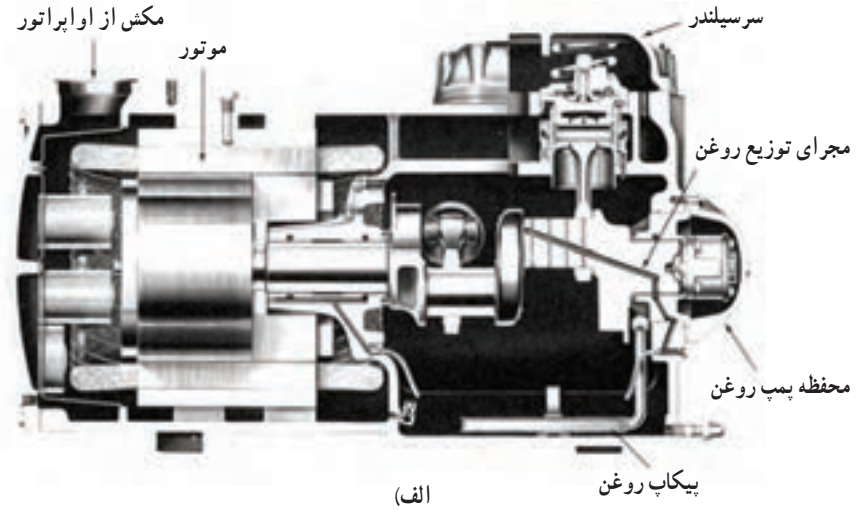
شکل ۹ــ۳ــ نمای ظاهری یک کمپرسور بسته



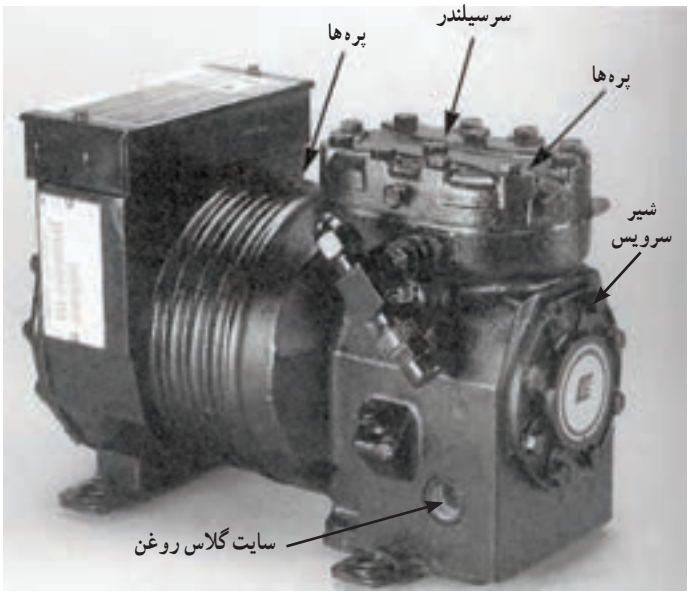
شکل ۱۰ــ۳ــ یک کمپرسور بسته با خنک‌کن روغن

کویلی که در ته کمپرسور نصب شده عبور کرده و گرمای روغن کمپرسور را خارج می‌کند سپس گاز از میان کندانسر اصلی عبور کرده و فرآیند معمولی سیستم انجام می‌شود.

۲ــ۳ــ۳ کمپرسورهای نیمه بسته : کمپرسورهای نیمه بسته یا بستهٔ قابل تعمیر می‌باشد که در اندازه‌های بزرگ‌تر ساخته می‌شوند (شکل۱۱ــ۳). در این نوع کمپرسور، مجموعهٔ موتور و کمپرسور در یک محفظهٔ بسته می‌باشند که مجموعهٔ فوق با باز کردن چند پیچ قابل دسترس بوده و کلیهٔ قطعات کمپرسور می‌تواند از هم جدا شده و تعمیر شوند. شیرهای سرویس روی قسمت مکش و رانش به بدنه کمپرسور متصل و قابل باز شدن هستند. یک عدد شیشه بر روی کارتر نصب شده تا سطح روغن کمپرسور را مشخص نماید. سرسیلندر کمپرسور، صفحه سوپاپ و پمپ روغن همگی قابل تعویض و تعمیر هستند. کمپرسورهای نیمه‌بسته زیر ۳ تن تبرید به‌ندرت استفاده می‌شوند.



الف)



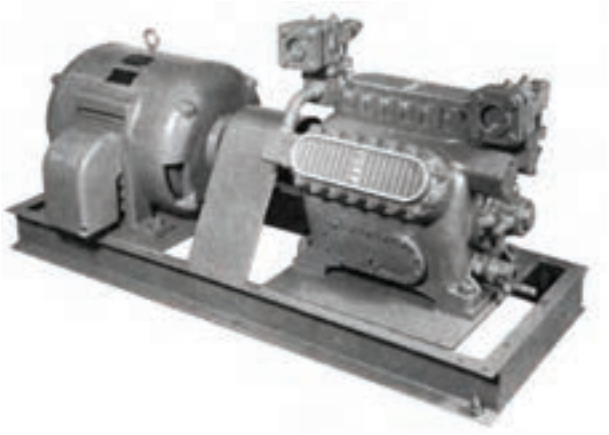
ب)

شکل ۱۱ــ۳ــ کمپرسور نیمه بسته
الف) برش خورده ب) واقعی

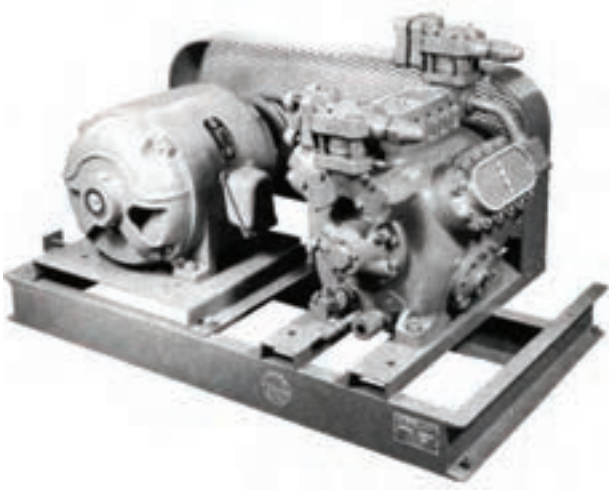
۲ــ۳ــ۳ــ کمپرسورهای باز : به کمپرسورهایی گفته می‌شود که قسمت الکتروموتور (محرک) آن از کمپرسور جداست. ارتباط بین الکتروموتور با کمپرسور به دو صورت انجام می‌گیرد.

الف) اتصال مستقیم : اتصال محور الکتروموتور به کمپرسور توسط یک کوپلینگ انجام می‌گیرد. چون محور کمپرسور از بدنه خارج می‌شود باید از کاسه نمد مناسب برای جلوگیری از نشت ماده سرمازا و روغن استفاده شود (شکل ۱۲ــ۳ــ الف)

ب) اتصال توسط تسمه : محورهای الکتروموتور و کمپرسور به‌موازات هم هستند. توسط چرخ تسمه و تسمه حرکت الکتروموتور به کمپرسور منتقل می‌شود. هرچند روش اتصال قدیمی است باز هم از آن در مواردی استفاده می‌شود. کمپرسورهای باز در ظرفیت‌های بالاتری ساخته می‌شوند. (شکل ۱۲ــ۳ــ ب)



الف) کمپرسور باز اتصال مستقیم



ب) کمپرسور باز با اتصال توسط تسمه

شکل ۱۲ــ۳ــ کمپرسور باز

۴ــ۳ــ روغن‌کاری کمپرسور[1]

سطوح بین قطعات متحرک کمپرسورها باید روغن‌کاری شود. دو روش برای روغن کاری کمپرسور وجود دارد :

۱ــ روغن کاری به‌روش پاششی[2]

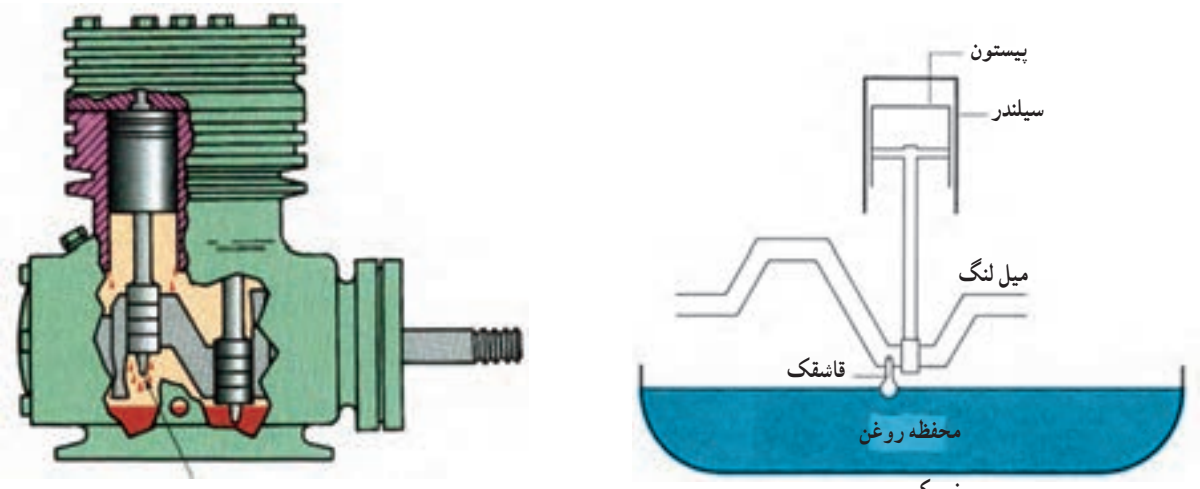
۲ــ روغن کاری به‌روش فشاری[3] (اجباری)

۱ــ۴ــ۳ــ در روش اوّل روغن کاری با گردش میل لنگ در روغن داخل محفظه میل لنگ (کارتر) آغاز می‌شود. با هر بار گردش میل لنگ قاشقک روی آن روغن را به یاتاقان‌ها و شیارهای مرتبط به یاتاقان‌ها پرتاب می‌کند. روغن هم‌چنین به‌زیر پیستون و جداره سیلندر نیز پاشیده می‌شود. (شکل ۱۳ــ۳ــ الف). در نوع دیگر میل لنگ به‌طور عمودی در پوسته قرار گرفته است. با دور گرفتن موتور، روغن در اثر نیروی گریز از مرکز از مجرای طولی میل لنگ بالا آمده و قطعات گردنده را روغن کاری می‌کند. (شکل ۱۳ــ۳ــ ب) روغنکاری به‌روش پاششی در کمپرسورهای کوچک کاربرد دارد.

۱ــ Lubrication

۲ــ splash system

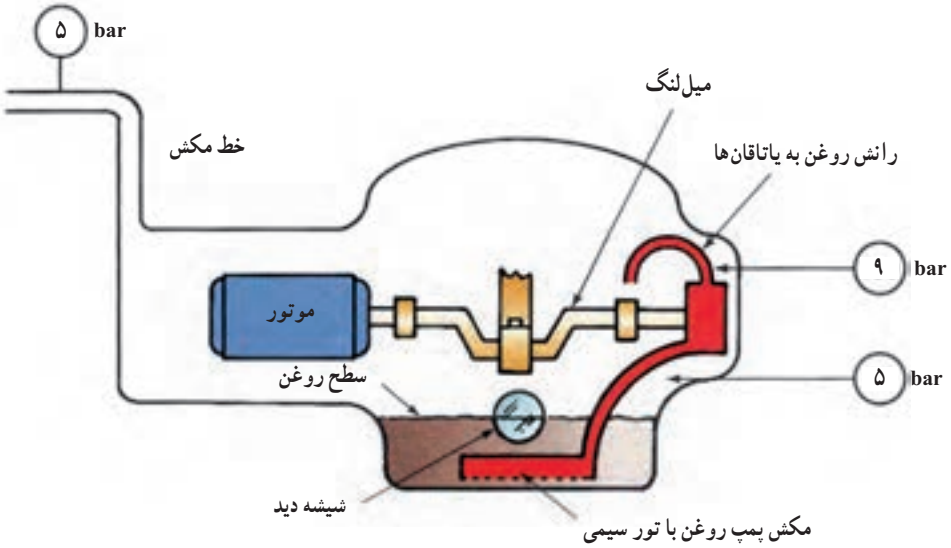
۳ــ force ــ feed or pressure system



شکل ۱۳ــ۳ــ روغن کاری پاششی کمپرسور

۲ــ۴ــ۳ــ در سیستم روغن کاری فشاری از یک پمپ روغن مطابق شکل ۱۴ــ۳ استفاده می‌شود. میل لنگ با سطح روغن در تماس نیست. پمپ روغن در انتهای میل لنگ قرار گرفته است و به‌وسیلهٔ میل لنگ می‌چرخد. فشار مکش پمپ روغن عملاً همان فشار مکش کمپرسور است. اگر فشار خروجی پمپ ۹bar و فشار مکش کمپرسور ۵bar باشد فشار خالص مفید پمپ ۴bar خواهد بود.

پمپ، روغن را از کارترگرفته و با فشار از طریق مجاری و راهگاه‌های میل‌لنگ به محل روغن‌کاری می‌رساند.



شکل ۱۴ــ۳ــ پمپ روغن

۵ــ۳ــ کنترل ظرفیت

یک سیستم تبرید برای سخت‌ترین شرایط طراحی و انتخاب می‌شود. بنابراین در بیشتر مواقع کمپرسور در ظرفیتی کمتر از ظرفیت طراحی کار می‌کند. باید تدابیری برای تناسب ظرفیت کمپرسور با سرمای مورد نیاز پیش بینی شود تا بتوان میزان سرمادهی را با توجه به کاهش دمای فضای مورد نظر کم

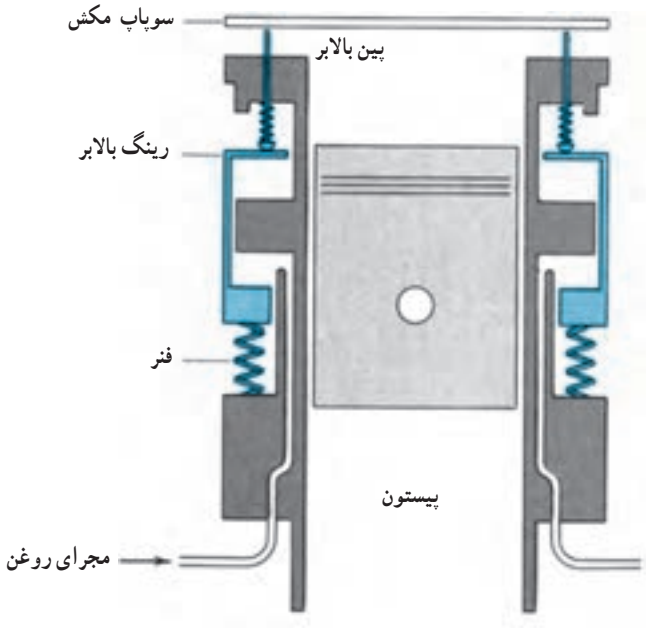
کرد. ساده‌ترین روش کم کردن ظرفیت سرمایی خاموش و روشن کردن کمپرسور است که در یخچال‌های خانگی، کولرهای گازی و سیستم‌های کوچک به‌این روش عمل می‌شود.

الکتروموتور کمپرسورهای بزرگ خاموش و روشن شدن‌های زیاد (بیشتر از یک بار در نیم ساعت) را تحمل نمی‌کند. بنابراین در کمپرسورهای بزرگ به‌روش های مختلف ظرفیت کمپرسور را کم می‌کنند تا با بار سرمایی مورد نیاز متناسب شود. یکی از روش‌های مورد استفاده بی‌بار کردن سیلندر است.

در روش بی‌بار کردن سیلندر سوپاپ مکش را به‌حالت باز نگه می‌دارند. سیلندری که سوپاپ مکش آن باز است سیلندر بی‌بار گفته می‌شود. در سیلندر بی‌بار عمل تراکم انجام نمی‌شود و توان خیلی کمی از موتور صرف حرکت بالا و پایین پیستون می‌شود.

در روش بی‌بار کردن از یک ترموستات چند مرحله‌ای استفاده می‌شود وقتی بار سرمایی یا به‌عبارتی سرمای مورد نیاز کم می‌شود دمای فضا کاهش می‌یابد. با فرمان یک مرحله از ترموستات یکی از سیلندرهای یک کمپرسور چهار سیلندری بی‌بار می‌شود و کمپرسور با سه سیلندر و با $\frac{۳}{۴}$ ظرفیت کار می‌کند. با ادامه یافتن کاهش نیاز سرمایی دمای فضا باز هم کاهش می‌یابد و مرحله دوم ترموستات فرمان بی‌بار شدن دومین سیلندر را صادر می‌کند و کمپرسور با $\frac{۱}{۲}$ ظرفیت به‌کار خود ادامه می‌دهد. اگر نیاز سرمایی باز هم کم شود سیلندر سوم بی‌بار می‌شود و کمپرسور با یک سیلندر و $\frac{۱}{۴}$ ظرفیت به‌کار خود ادامه می‌دهد. در صورتی که بار سرمایی باز هم کم شود و دمای فضا پایین‌تر رود کمپرسور خاموش می‌شود.

در شکل ۱۵ــ۳ شماتیک چگونگی بی‌بار شدن سیلندر و باز نگه داشتن سوپاپ نشان داده شده است. لازم به‌ذکر است که وقتی مسیر روغن بی‌بار کننده توسط شیر مغناطیسی قطع می‌شود یا کمپرسور خاموش است فشار فنر رینگ بالابر را بالا برده سوپاپ را باز نگه می‌دارد. اگر مسیر روغن باز باشد، فشار روغن بر فشار فنر غلبه می‌کند در نتیجه رینگ بالابر به‌طرف پایین حرکت می‌کند و سوپاپ مکش در محل خود قرار می‌گیرد.



شکل ۱۵ــ۳ــ مکانیزم بی‌بار کننده
وقتی کمپرسور خاموش است یا کلید کنترل ظرفیت و رود روغن به‌سیستم بی‌بارکننده را قطع می‌کند فشار فنر رینگ بالابر را بالا برده سوپاپ را بالا و باز نگه می‌دارد و سیلندر بی‌بار می‌شود.

۶ــ۳ــ تعیین قدرت کمپرسور یخچال‌ها و فریزرها

در شکل ۱۶ــ۳ انواع یخچال و فریزرهای خانگی در حجم و مدل‌های مختلف آمده است. در مقابل هر مدل یخچال یا فریزر نوع عایق مصرفی (پشم شیشه یا پلی یورتان) و ظرفیت کمپرسور با توجه به حجم آن قید شده است چنان چه مشاهده می‌کنید هر اندازه حجم یخچال یا فریزر بزرگ‌تر می‌شود ظرفیت کمپرسور نیز بیشتر می‌شود لیکن آنچه مهم است نوع عایق می‌باشد که در ظرفیت کمپرسور بیشتر اثرگذار است. در یک حجم برابر عایق فوم (پلی یورتان) بهتر از عایق پشم شیشه عمل کرده و باعث می‌شود ظرفیت کمپرسور کمتر شده و به نسبت هزینه تهیه کمپرسور و برق مصرفی آن نیز کاهش می‌یابد برای مثال در فریزر صندوقی خوابیده ۱۱ الی ۱۳ فوت مکعبی (۳۱۱ــ۳۶۸ لیتری) با عایق پشم شیشه کمپرسوری با توان $\frac{۱}{۵}$ اسب بخار نیاز است در حالی که فریزر فوق با همان حجم ولی با عایق فوم می‌تواند کمپرسوری با توان $\frac{۱}{۶}$ اسب را داشته باشد که از نظر اقتصادی به صرفه‌تر است.

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

۷ــ۳ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهار گزینه‌ای

۱ــ علت گرم شدن بدنه تلمبه باد در اثر حرکت پیستون داخل سیلندر کدام است.

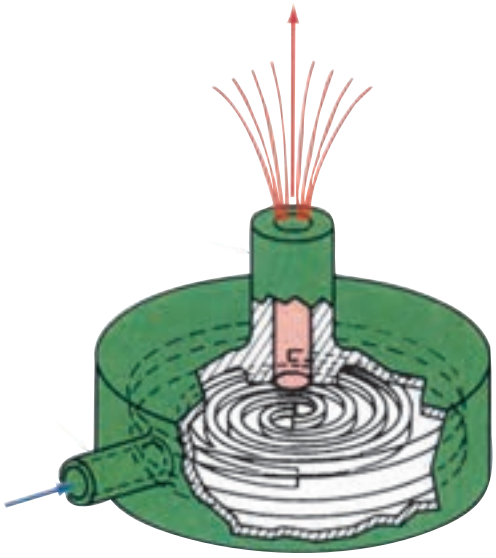
الف) متراکم شدن هوا و برخورد بیشتر مولکول‌های هوا

ب) کاهش سرعت مولکول‌های هوا

ج) افزیش سرعت خروج هوا از تلمبه

د) تماس پیستون با بدنه سیلندر

۲ــ شکل مقابل نمایش کدام نوع کمپرسور می‌باشد.



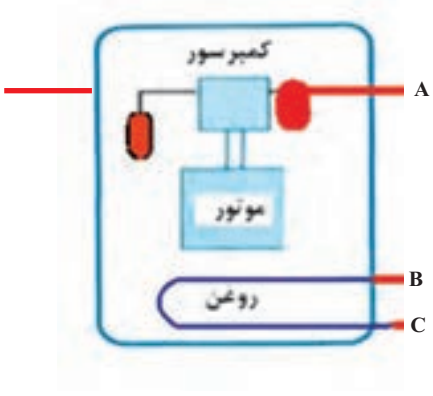
الف) تناوبی

ب) سانتریفوژ

ج) اسکرو

د) اسکرول

۳ــ در شکل زیر (کمپرسور پنج لوله‌ای با خنک کن روغن) لوله‌های A، B، C به ترتیب به‌کجا نصب می‌شوند؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)



۱) کندانسر کمکی ــ کندانسر اصلی ــ کندانسر کمکی

۲) کندانسر اصلی ــ کندانسر کمکی ــ کندانسر اصلی

۳) کندانسر کمکی ــ کندانسر کمکی ــ کندانسر اصلی

۴) کندانسر اصلی ــ کندانسر اصلی ــ کندانسر کمکی

۴ــ کمپرسورهای تناوبی در ظرفیت‌های چند تن تبرید ساخته می‌شوند؟

الف) ۴ تا ۱۰۰ ب) ۴ تا ۱۵۰

ج) $\frac{۱}{۴}$ تا ۱۰۰ د) $\frac{۱}{۴}$ تا ۱۵۰

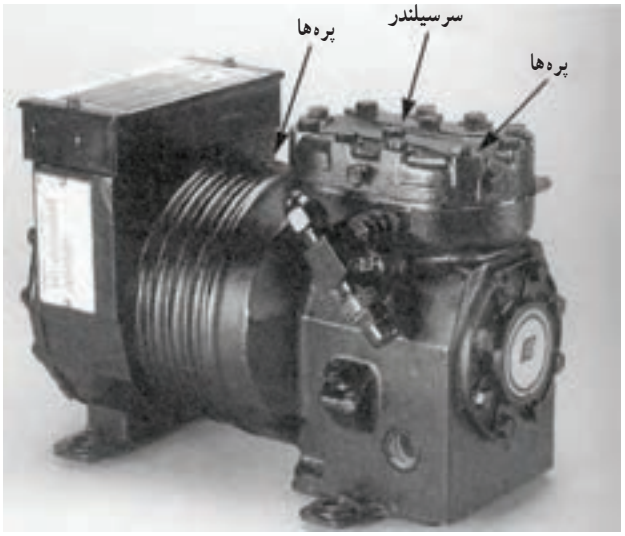
۵ــ شکل زیر کدام کمپرسور را نشان می‌دهد؟ (امتحانات نهایی ــ دی ۹۰)

الف) بسته

ب) باز

ج) نیمه بسته

د) پیچی



۶ــ علت نصب شیشه بر روی کارتر کمپرسورهای نیمه بسته کدام است؟

الف) کنترل سطح روغن کمپرسور

ب) کنترل میزان ماده مبرد

ج) کنترل کار صحیح پمپ روغن

د) اطمینان از سالم بودن سیم پیچ کمپرسور

۷ــ علت به‌کارگیری کاسه نمد در کمپرسورهای باز کدام است؟

الف) انتقال گردش محور موتور به کمپرسور

ب) جلوگیری از نشت ماده سرمازا و روغن

ج) روغنکاری اجزاء داخل کمپرسور

د) کنترل سطح روغن داخل کمپرسور

پرسش‌های درست و نادرست

۸ــ به کمپرسورهای تناوبی کمپرسور رفت و برگشتی، سیلندر پیستونی و متقارن نیز می‌گویند.

☐ درست ☐ نادرست

۹ــ در کمپرسور متقارن هنگامی که پیستون تا بالاترین قسمت سیلندر بالا می‌رود فشار خط مکش کم شده و سوپاپ مکش باز می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

۱۰ــ سوپاپ کمپرسورهای نیمه بسته به‌راحتی قابل تعویض است.

☐ درست ☐ نادرست

۱۱ــ قطر لوله تخلیه کمپرسور بسته از قطر لوله مکش بزرگ‌تر است.

☐ درست ☐ نادرست

۱۲ــ از کمپرسورهای نیمه بسته به‌ندرت زیر ۳ تن تبرید استفاده می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

۱۳ــ الکتروموتور کمپرسورهای بزرگ، خاموش و روشن شدن بیشتر از ۲ بار در نیم ساعت را تحمل نمی‌کنند.

☐ درست ☐ نادرست

سؤالات کامل کردنی

۱۴ــ به کمپرسورهای پیچی کمپرسور..... نیز گفته می‌شود.

۱۵ــ الکتروموتور کمپرسورهای بسته به‌وسیله .....خنک می‌شود.

۱۶ــ کمپرسورهای بسته تا ظرفیت .....تن تبرید تولید می‌شود.

۱۷ــ کمپرسورهای رفت و برگشتی از نوع .....قابل تعمیر نمی‌باشند.

۱۸ــ روغن کاری کمپرسورها به‌روش ..... و .....انجام می‌شود.

۱۹ــ در سیستم‌های بزرگ تبرید برای کنترل ظرفیت از روش .....استفاده می‌شود.

واژه مناسب را در جای خالی بنویسید.

«میل لنگ ــ کوپلینگ ــ متقارن ــ بی‌بارکردن سیلندر ــ کاسه نمد ــ شاتون ــ خاموش و روشن کردن کمپرسور»

۲۰ــ به کمپرسورهای تناوبی کمپرسورهای ..... نیز می‌گویند.

۲۱ــ در کمپرسورهای باز اتصال محور الکتروموتور به کمپرسور توسط ..... انجام می‌گیرد.

۲۲ــ در سیستم روغنکاری فشاری، پمپ روغن بر روی ..... قرار می‌گیرد.

۲۳ــ کنترل ظرفیت سیستم‌های کوچک تبرید به‌روش ..... انجام می‌گیرد.

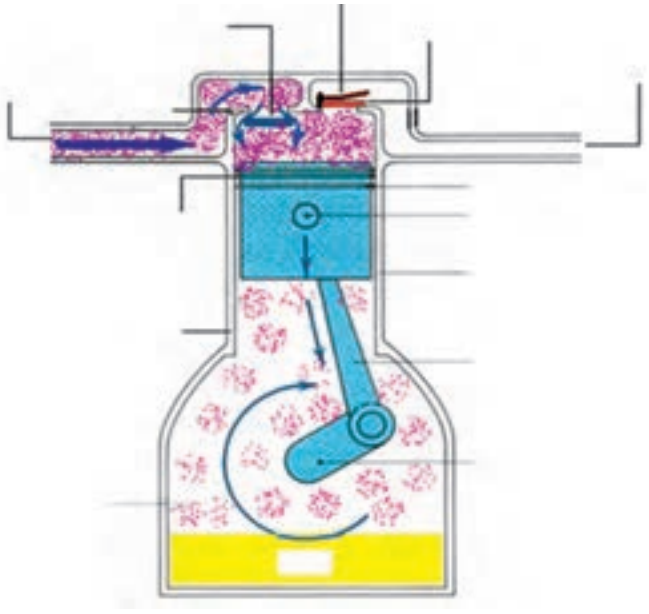
۲۴ــ در کمپرسورهای باز برای جلوگیری از نشت روغن از ..... استفاده می‌شود.

پرسش‌های تشریحی

۲۵ــ وظیفه کمپرسور را شرح دهید.

۲۶ــ انواع کمپرسورهای متداول در سیستم تبرید را نام ببرید.

۲۷ــ اجزاء مشخص شده بر روی شکل کمپرسور تناوبی را بنویسید.



۲۸ــ چگونگی مکش و رانش در کمپرسور تناوبی را شرح دهید. (امتحان نهایی ــشهریور ۸۹)

۲۹ــ طرز کار کمپرسورهای پنج لوله‌ای را شرح دهید. (امتحان نهایی ــ دی ۸۹)

۳۰ــ کمپرسور باز را تعریف کرده و انواع آن را بنویسید.

۳۱ــ روغن‌کاری کمپرسور به‌روش پاششی و فشاری را توضیح دهید.

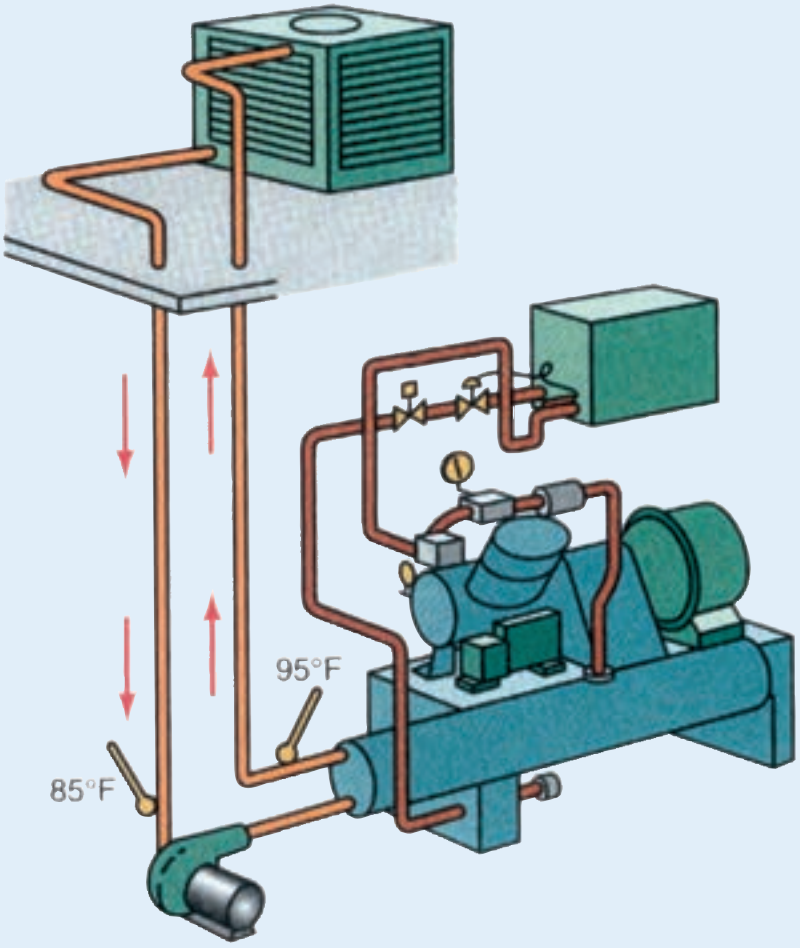
۳۲ــ علت به‌کارگیری روش‌های کنترل ظرفیت چیست.

۳۳ــ بی‌بار کردن کمپرسور با استفاده از ترموستات چند مرحله‌ای را شرح دهید.

۳۴ــ نحوهٔ بی‌بار شدن سیلندر در روش کنترل ظرفیت با استفاده از بی‌بار کننده را شرح دهید.

۳۵ــ در یک کمپرسور چهار سیلندر در چند مرحله و چند درصد می‌توان ظرفیت کمپرسور را بی‌بار کرد. (امتحان نهایی ــ دی ۹۱)

فصل چهارم



فصل چهارم

کندانسرها

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ ضریب عملکرد سیستم تبرید را توضیح دهد.

۲ــ انواع کندانسر را نام ببرد.

۳ــ کندانسرهای هوایی را توضیح دهد.

۴ــ کندانسینگ یونیت را شرح دهد.

۵ــ کندانسرهای آبی را توضیح دهد.

۶ــ انواع کندانسر آبی را از روی شکل شرح دهد.

۷ــ مقدار آب جریانی در کندانسرهای آبی را حساب کند.

۸ــ برج خنک کن را توضیح دهد.

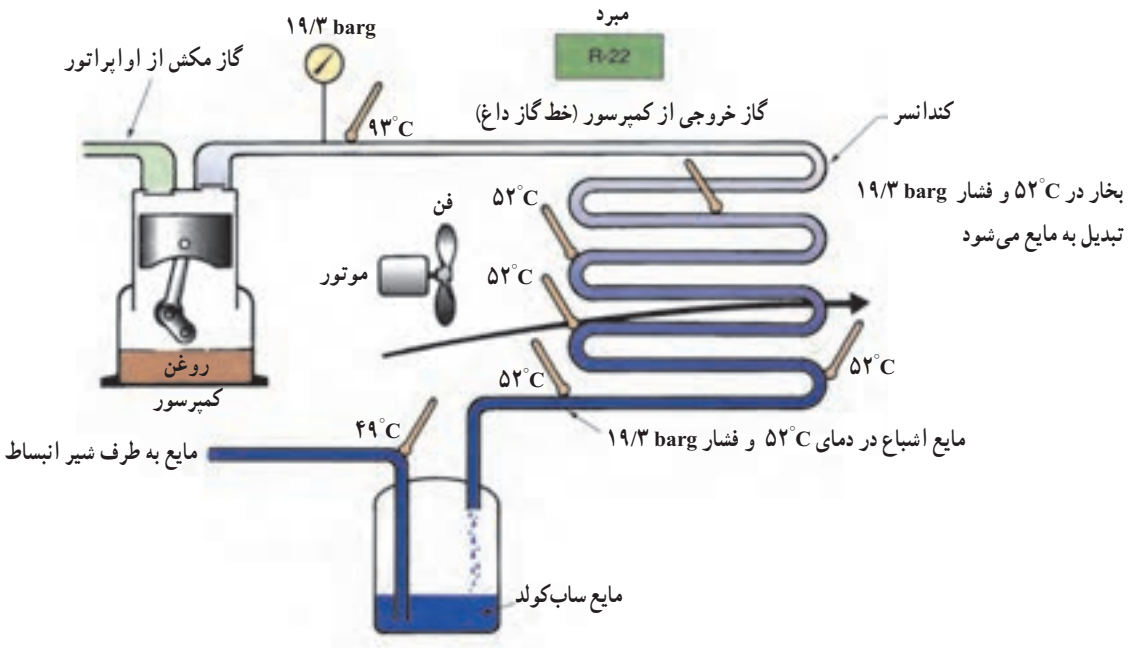
۹ــ کندانسر تبخیری را توضیح دهد.

۱۰ــ انتخاب کندانسینگ یونیت را توضیح دهد.

۴ــ کندانسرها[۱]

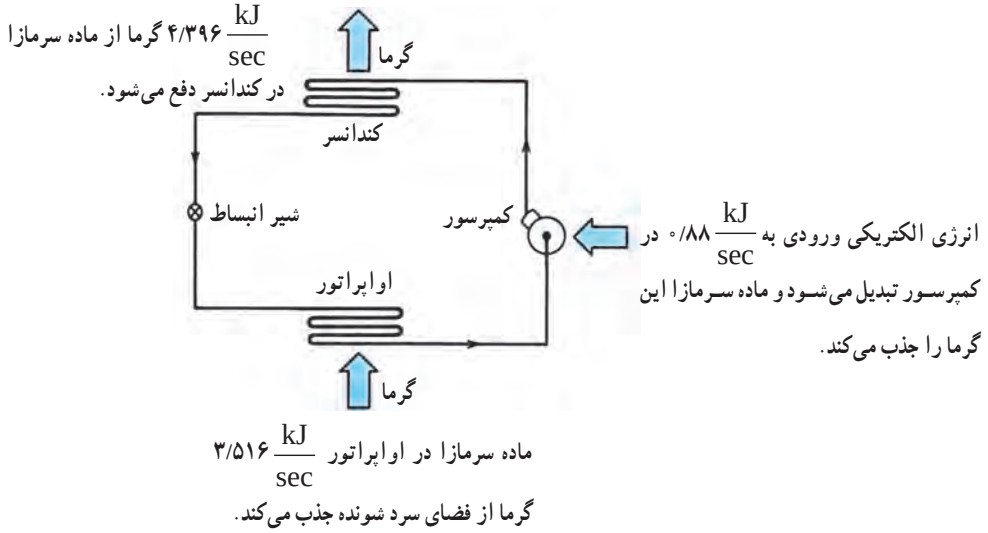
مادهٔ سرمازا پس از تراکم در کمپرسور وارد کندانسر می‌شود. در کندانسر گرمای گاز داغ به هوا یا آب انتقال می‌یابد و تبدیل به مایع می‌شود. گاز داغ ابتدا در کویل‌های اوّلیه تا دمای اشباع خنک می‌شود و سپس در دمای ثابت به حالت مایع درمی‌آید (شکل ۱ــ۴).

۱ــ Condensers



شکل ۱ــ۴ــ بخار در داخل کندانسر به مایع تبدیل می‌شود.

گرمایی که از کندانسر دفع می‌شود معادل مجموع گرمای در کمپرسور است. (شکل ۲ــ۴)
جذب شده در اواپراتور و گرمای حاصل از تراکم (کار مکانیکی)



شکل ۲ــ۴ــ گرمای دفع شده در کندانسر معادل گرمای جذب در اواپراتور و گرمای جذب شده در کمپرسور است.

گرمای حاصل از تراکم در کمپرسور + گرمای جذب شده در اواپراتور = گرمای دفع شده در کندانسر

۴/۳۹۶ = ۳/۵۱۶ + ۰/۸۸

۱ــ۴ــ ضریب عملکرد[۱]

برای بیان بازده در سیستم‌های سردکننده از ضریب عملکرد استفاده می‌کنیم. ضریب عملکرد عبارت است از نسبت سرمای ایجاد شده در اواپراتور به انرژی الکتریکی مصرفی در کمپرسور.

در شکل ۲ــ۴ ضریب عملکرد $\frac{۳/۵۱۶}{۰/۸۸} = ۴$ است که عددی بزرگ‌تر از واحد است یعنی به ازاء هر کیلووات انرژی مصرف شده، ۴ کیلووات سرما حاصل شده است.

۲ــ۴ــ انواع کندانسر

کندانسرها به‌طورکلی سه نوع هستند :

۱ــ کندانسر هوایی

۲ــ کندانسر آبی

۳ــ کندانسر تبخیری

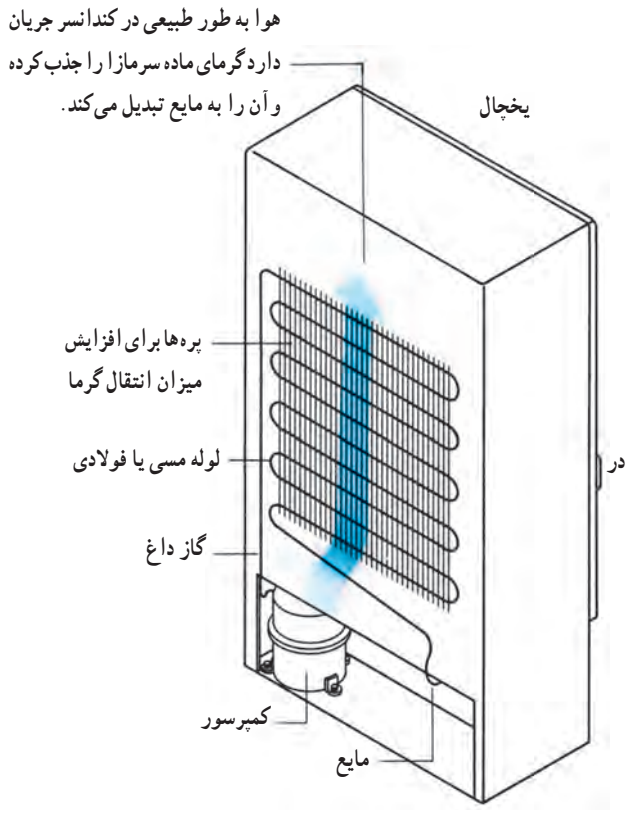
۳ــ۴ــ کندانسرهای هوایی

در کندانسرهای هوایی برای تقطیر گاز مبرد از هوا استفاده می‌کنند. دو نوع کندانسر هوایی وجود دارد که عبارت است از :

۱ــ کندانسر هوایی با جریان طبیعی ۲ــ کندانسر هوایی با جریان اجباری.

در کندانسر با جریان طبیعی هوا، دفع گرما از مبرد به نحوه جابه‌جایی و جریان طبیعی هوا بستگی دارد. این کندانسرها به علت داشتن ساختمان ساده و نداشتن قطعه متحرک، کم هزینه بوده و بسیار مطمئن عمل می‌کنند. ولی به لحاظ محدود بودن سرعت جریان هوا نیاز به یک سطح بزرگ‌تری دارند. لذا به طور معمول از کندانسرهای نوع طبیعی در یخچال و فریزرهای خانگی استفاده می‌شود. شکل ۳ــ۴ کندانسر طبیعی نصب شده پشت یخچال از نوع میله و لوله بوده و گاهی این کندانسرها به شکل صفحه و لوله نیز ساخته می‌شوند.

در کندانسرهای نوع اجباری هوا را توسط فن از میان کویل کندانسر عبور می‌دهند. شکل ۴ــ۴ یک نوع کندانسر جریان

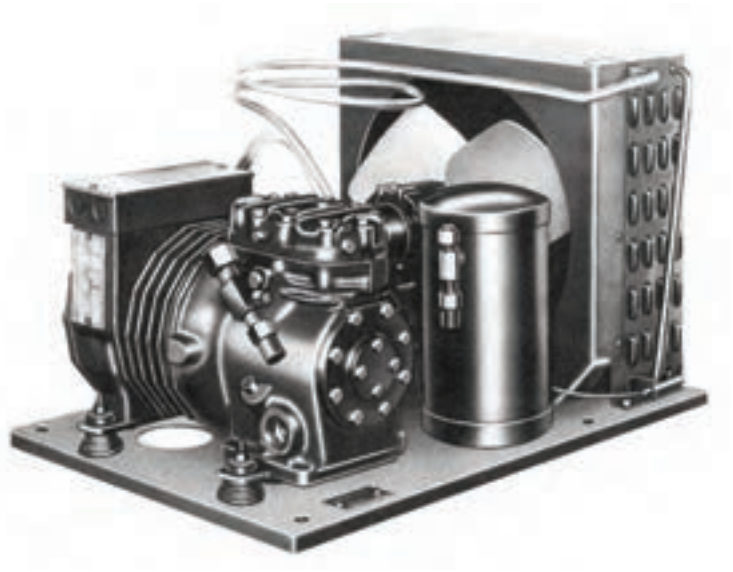


شکل ۳ــ۴ــ کندانسر یخچال خانگی

اجباری را در یک مجموعه نشان می‌دهد. این مجموعه را که در آن کمپرسور، کندانسر به همراه کنترل‌های الکتریکی روی یک شاسی سوار شده است، **واحد تقطیر** یا **کندانسینگ یونیت** می‌گویند. کندانسینگ یونیت‌ها برای انواع اتاقک‌های برودتی دستگاه یخ‌ساز، فریزرها و سایر تأسیساتی که ظرفیتشان از ۳ton (تن تبرید) تجاوز نکند به‌کار برده می‌شود. کندانسرهای هوایی مورد استفاده برای سیستم‌های تا ۱۲۰ton مطابق شکل ۵ــ۴ به صورت یک واحد مستقل ساخته و به‌کار برده می‌شوند. در این نوع کندانسرها از چندین فن جهت عبور دادن هوا از روی کویل استفاده می‌کنند. این کندانسرها برای نصب در هوای آزاد طراحی شده‌اند.

تـذکر : دمای تقطیر در کندانسر هوایی ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس بیشتر از دمای هوای ورودی به کندانسر است.

۱ــ coeffient of performance



شکل ۴ــ۴ــ کندانسینگ یونیت کوچک

شکل ۵ــ۴ــ کندانسینگ یونیت بزرگ

۴ــ۴ــ کندانسرهای آبی

در کندانسرهای آبی از آب ۱۵°C تا ۳۲°C به عنوان واسطه انتقال گرما استفاده می‌شود. انواع کندانسرهای آبی عبارت‌اند از :

۱ــ پوسته و لوله

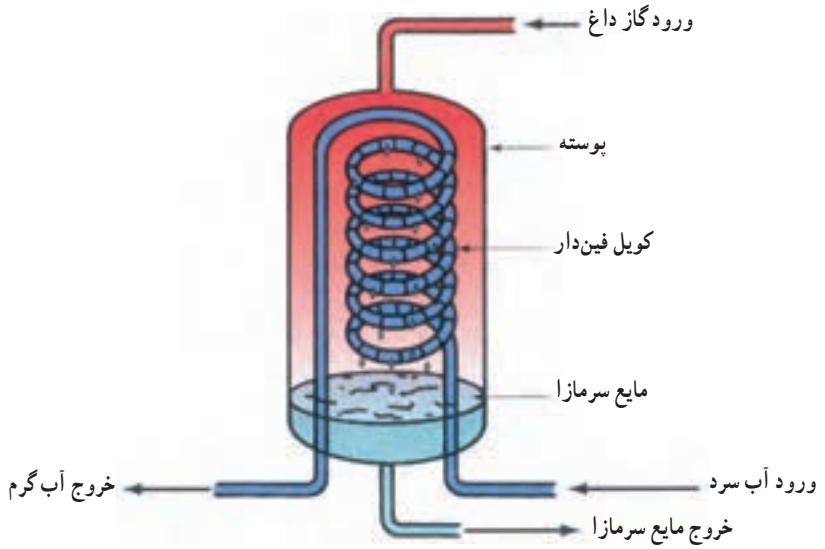
۲ــ پوسته و کویل

۳ــ لوله داخل لوله (دو لوله‌ای) که در شکل‌های ۶ــ۴ و ۷ــ۴ انواع کندانسر آبی نشان داده شده است.

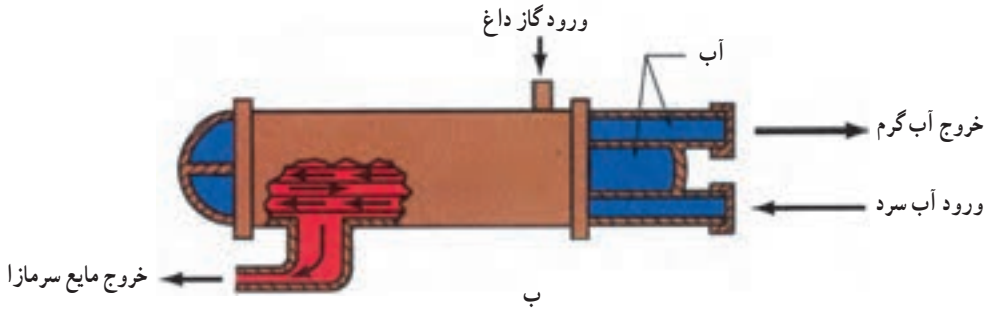
در کندانسرهای آبی آب وارد لوله یا کویل می‌شود و گاز داغ از سمت مخالف ورود آب، وارد پوسته می‌گردد. گرمای گاز داغ، انتقال یافته در نتیجه آب گرم‌تر می‌شود و گاز داغ، خنک شده و تقطیر می‌شود. در کندانسرهای دو لوله‌ای آب وارد لولهٔ داخلی می‌شود.

یک نکته عملی و تجربی این است که دمای تقطیر در حدود ۶°C[1] بالاتر از دمای آب خروجی از کندانسر و دمای آب خروجی

۱ــ در کتاب اصلی ۱۰°F آمده است که معادل ۵/۶°C است.

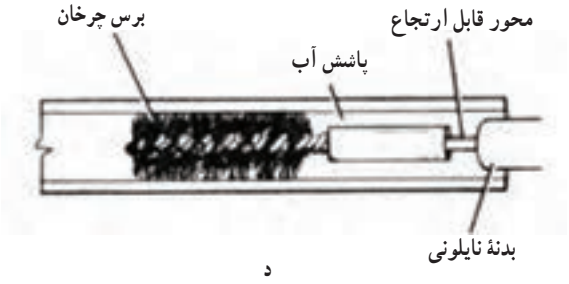


الف



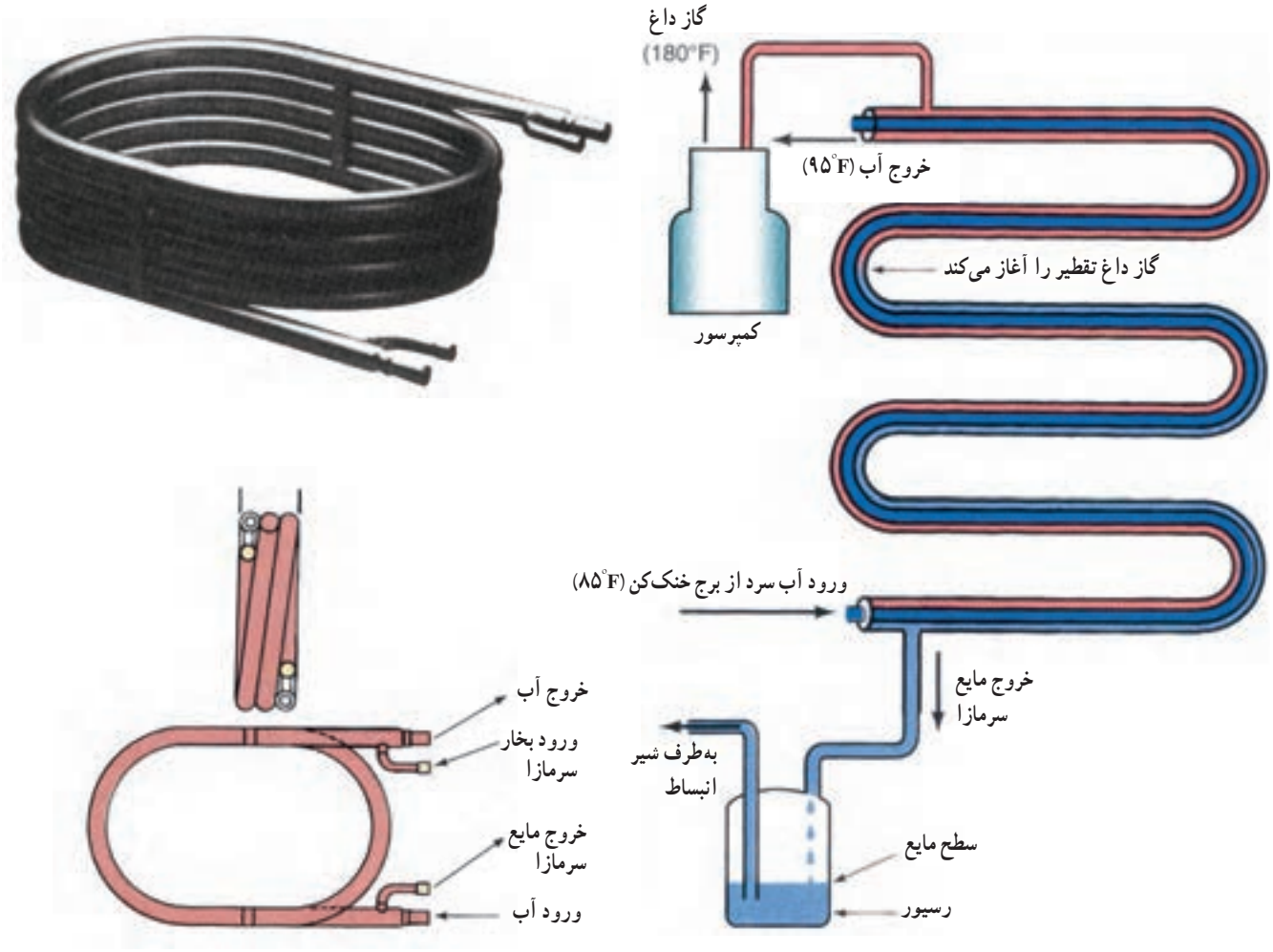
ب

ج



د

شکل ۶ــ۴ــ الف) کندانسر پوسته و کویل ب) کندانسر پوسته و لوله ج) تمیز کردن لوله‌های کندانسر پوسته و لوله د) برس مخصوص تمیز کردن لوله‌های کندانسر



شکل ۷ــ۴ــ کندانسر لوله در لوله

از کندانسر حدود $6^{\circ}C$ بالاتر از دمای آب ورودی به کندانسر خواهد بود.

بدین ترتیب به‌ازاء یک تن سرمایی حدود ۶۰۰ لیتر در ساعت آب لازم است،

زیرا

$$Q = mc(t_2 - t_1)$$

$$Q = \text{۱ تن سرمایی} = ۱۲۰۰۰ \frac{Btu}{hr} = ۳/۵۱۶ \frac{kJ}{s}$$

$$\approx ۱۵۰۰۰ \frac{Btu}{hr} = ۴/۳۹۶ \frac{kJ}{s} \text{ گرمای دفع شده در کندانسر}$$

$$C = ۴/۱۹۶ \frac{kJ}{kg \cdot {}^{\circ}c}$$

$$m = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)} = \frac{۴/۳۹۶}{۴/۱۹۶ \times ۶} = ۰/۱۷۵ \frac{kg}{s}$$

$$= ۰/۱۷۵ \times ۳۶۰۰$$

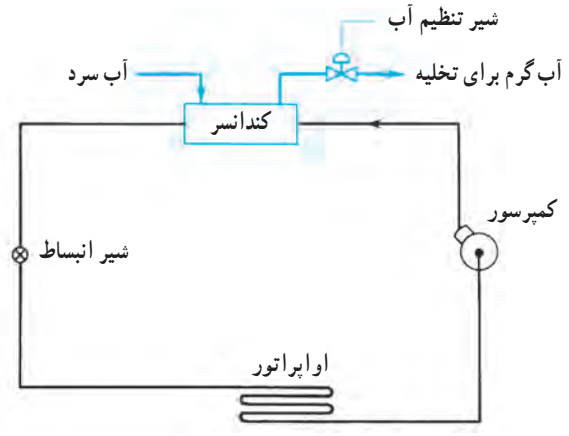
$$= ۶۳۰ \frac{kg}{hr}$$

$$= ۶۳۰ \frac{L}{hr}$$

مثال : ظرفیت سرمایی یک چیلر ۷ تن است چنان‌چه از کندانسر آبی استفاده شود مقدار جریان آب چند لیتر در ساعت است؟

$$Q = ۷ \times ۶۰۰ \frac{L}{hr} = ۴۲۰۰ \frac{L}{hr}$$

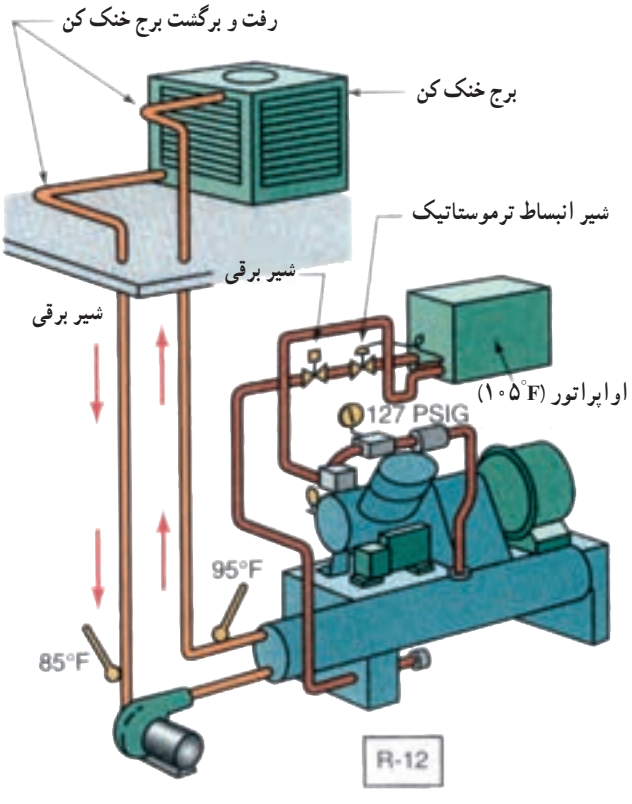
جریان آب در داخل کندانسر می‌تواند مطابق شکل ۸ــ۴ باشد. آب ورودی می‌تواند آب شهر، آب رودخانه یا آب چاه باشد. به‌طور معمول آب خروجی توسط دستگاهی به‌نام برج‌خنک‌کن دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۸ــ۴ــ سیستم تبرید با کندانسر آبی با یک بار مصرف آب

۵ــ۴ــ برج خنک کن

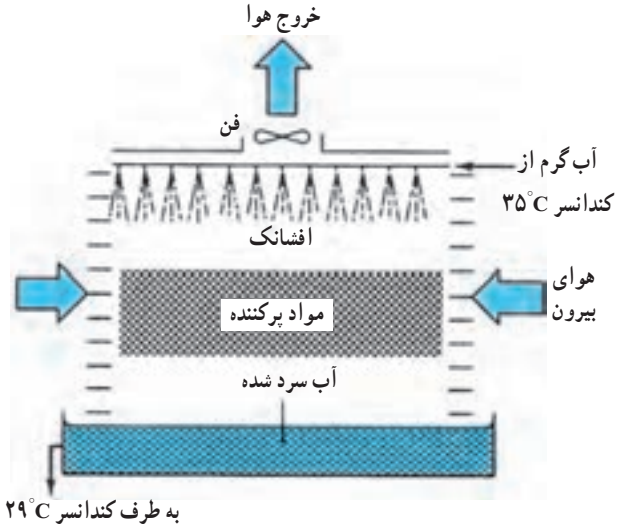
برج خنک کن آب گرم خروجی از کندانسر را خنک می کند تا مجدداً در کندانسر مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۹ــ۴). در برج خنک کن آب گرم خروجی از کندانسر به افشانک‌ها پمپ می‌شود.



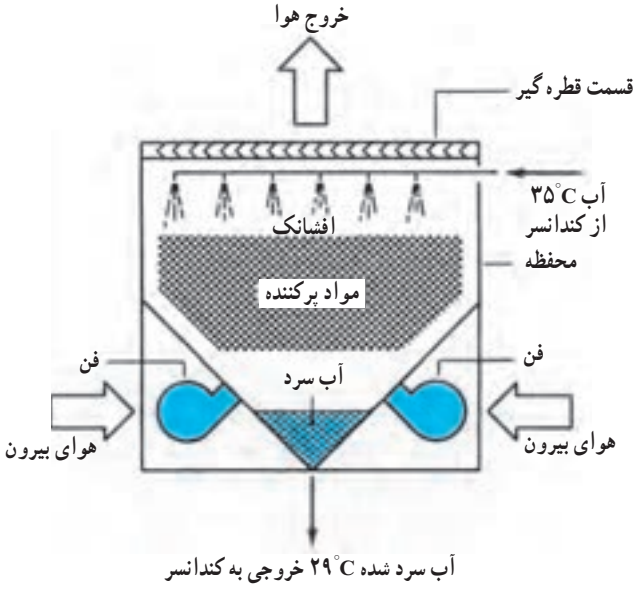
شکل ۹ــ۴ــ ارتباط برج خنک کن با کندانسینگ یونیت

قسمتی از قطرات ریزی که از افشانک‌ها خارج می‌شوند در اثر تماس با هوا به آسانی تبخیر می‌شوند. گرمای لازم برای تبخیر از قسمت تبخیر نشدهٔ قطرات گرفته می‌شود و آنها را خنک می کند. آب خنک شده در تشتک برج جمع می‌شود و به داخل کندانسر برای استفادهٔ مجدد هدایت می‌شود (شکل‌های ۱۰ــ۴ و ۱۱ــ۴).

برج خنک کن مطابق شکل ۱۲ــ۴ نیاز به تغذیه تأمین آب تلف شده دارد زیرا در اثر تبخیر[1]، پرتاب به بیرون[2] و تخلیه اجباری[3]،

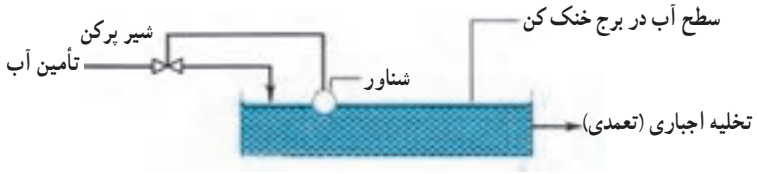


شکل ۱۰ــ۴ــ برج خنک کن با جریان هوای مکشی



شکل ۱۱ــ۴ــ برج خنک کن با جریان هوای وزشی

۱ــ Evaporation ۲ــ Windage ۳ــ Bleed-off



شکل ۱۲ــ۴

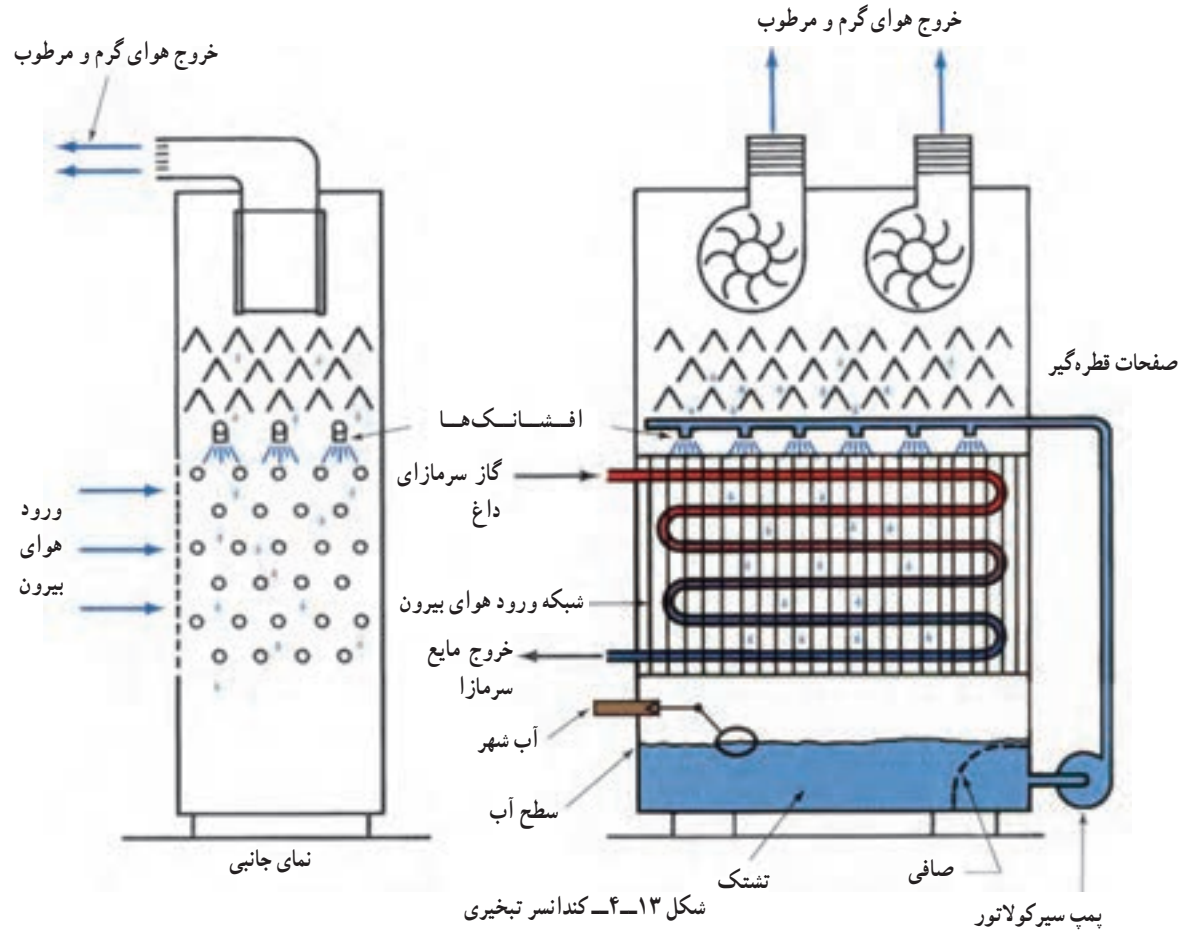
آب برج کم می‌شود و باید جبران شود.

در مورد تخلیه اجباری لازم به توضیح است که در اثر تبخیر آب و باقی ماندن املاح در آن غلظت آب زیاد می‌شود و رسوب گرفتگی کندانسر بیشتر می‌شود. برای کاهش غلظت آب و نگه‌داشتن آن در حد قابل قبولی قسمتی از آب تشتک (۱۰ تا ۲۰ درصد) را تخلیه می‌نمایند.

در برج‌های خنک‌کن از فن برای عبور دادن هوا از روی مواد پرکننده (مانند چوب) استفاده می‌شود. براساس محل قرارگیری فن برج‌های خنک‌کن به دو دسته با جریان هوای مکشی (شکل ۱۰ــ۴) و جریان هوای وزشی (شکل ۱۱ــ۴) تقسیم می‌شوند.

۶ــ۴ــ کندانسر تبخیری[1]

کندانسر تبخیری را می‌توان ترکیبی از برج خنک‌کن و کندانسر در نظر گرفت. در سیستم‌های بزرگ که محدودیت مصرف در برج خنک‌کن وجود دارد و در سیستم کوچک که امکان استفاده از برج خنک کن نیست، کندانسر مناسبی است (شکل ۱۳ــ۴).



شکل ۱۳ــ۴ــ کندانسر تبخیری

۱ــ Evaporative condensers

همان‌طور که در شکل ۱۳ــ۴ مشاهده می‌شود توسط یک یا دو بادزن که در بالای محفظهٔ کندانسر نصب شده‌اند هوا از پایین به بالا کشیده می‌شود و از لابه‌لای کویل‌های کندانسر عبور می‌کند. گاز سرمازا از بالا وارد کویل کندانسر شده از پایین خارج می‌شود. همزمان یک پمپ جریانی آب را از تشتک گرفته به افشانک‌هایی که در بالای کندانسر قرار گرفته است می‌رساند تا به‌صورت قطرات ریز برروی سطح کویل پاشیده شوند. حرکت رو به بالای هوا موجب تبخیر برروی سطح کویل می‌شود. عمل تبخیر موجب می‌شود که گرمای به‌مراتب بیشتری از ماده سرمازای داخل کویل گرفته شود. و توان دفع گرمای کویل را نسبت به‌حالتی که فقط هوا از روی آنها جریان یابد بیشتر می‌کند. علاوه بر این‌ها پره‌دار بودن کویل کمک بیشتری به دفع گرما می‌نماید.

۷ــ۴ــ انتخاب کندانسینگ یونیت (واحد تقطیر)

کندانسرها همراه کمپرسور روی یک شاسی سوار شده به‌نام کندانسینگ یونیت یا واحد تقطیر خوانده می‌شوند بنابراین علاوه‌بر اینکه کندانسرها و کمپرسورها را به‌طور جداگانه می‌توان انتخاب نمود بیشتر این دو دستگاه یک‌جا انتخاب می‌شود.

برای انتخاب واحد تقطیر در سیستم Si جدول ۱۴ــ۴ تهیه و تنظیم شده است. در این جدول ظرفیت واحد تقطیر بر حسب کیلووات (kW) داده شده است و مقادیر جدول براساس فرضیات زیر می‌باشد.

در صورتی که کندانسر هوایی باشد درجه حرارت محیط $32^{\circ}C$ فرض شده است.

برای کندانسرهای آبی دمای آب ورودی $24^{\circ}C$ و دمای تقطیر $38^{\circ}C$ فرض شده است.

جدول ۱۴ــ۴ ظرفیت واحد تقطیر بر حسب (kW)

Model Number	Saturated Suction Temperature (°C)										
	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

در جدول ۱۴ــ۴ یازده مقیاس مختلف دمای مکش در حالت اشباع داده شده و ۳۳ مدل TC ارائه گردیده است که با داشتن بار سرمایی سیستم و انتخاب یک دمای مناسب برای گاز سرد اشباع ورودی به کمپرسور می‌توان مدل و مشخصات مناسبی برای واحد تقطیر انتخاب نمود.

برای انتخاب دمای مناسب برای گاز ورودی به کمپرسور با توجه به نوع محصول از جدول مشخصات گوشت، میوه و سبزی رطوبت نسبتی پیشنهادی را برداشت و مشخص نموده و با معلوم بودن نوع جریان هوا (طبیعی یا اجباری) از روی کویل اواپراتور مقدار TD (اختلاف دمای سالن و ماده مبرد جریانی) را تعیین و از دمای سالن کم می‌کنیم تا دمای اشباع معلوم گردد. همچنین از جدول بخار اشباع ماده مبرد مورد استفاده می‌توان فشار خط مکش را نیز به دست آورد.

شکل ۱۵ــ۴ کد راهنمای مدل‌های واحد تقطیر به عنوان تعیین مشخصات با استفاده از شماره و یا حروف به ترتیب زیر می‌باشد :

۱ــ TC نوع مدل واحد تقطیر را نشان می‌دهد که از طرف کارخانه سازنده تعیین می‌شود.

۲ــ سه رقم شماره بعدی حاصل ضرب قدرت اسمی برحسب اسب بخار در عدد ۱۰۰ می‌باشد (۱۰۰× (HP) قدرت اسمی)

۳ــ حرف A و یا W بعد از اعداد سه رقمی معرف هوا یا آبی است که کندانسر را خنک می‌کند و R یعنی کندانسر هوایی جدا.

۴ــ حرف H یا M و یا L به ترتیب شاخص حدود درجات مکش در حالت اشباع می‌باشد که H به معنی حد بالا (بین $-8/5^{\circ}C$ تا $6/5^{\circ}C$) و M یعنی حد متوسط (بین $-3/5^{\circ}C$ تا $-16^{\circ}C$) و L به معنی حد پایین (بین $-13/5^{\circ}C$ تا $-36^{\circ}C$) می‌باشند.

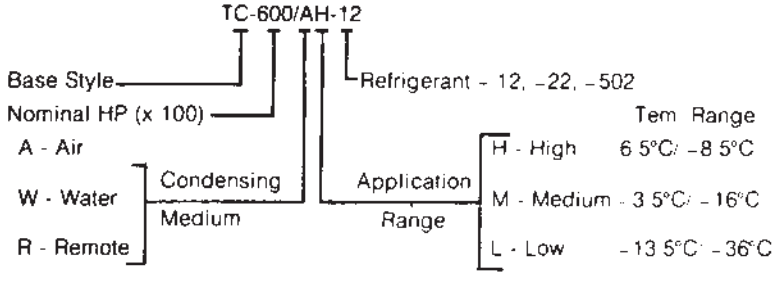
۵ــ اعداد سمت راست (۱۲ و ۲۲ و ۵۰۲) مشخص کننده نوع مبرد به کار برده شده در سیستم می‌باشد که به ترتیب فریون ۱۲ و فریون ۲۲ و فریون ۵۰۲ را نشان می‌دهند.

مثال : در صورتی که دمای اشباع گاز مبرد در قسمت مکش کمپرسور $-13/5^{\circ}C$ و ظرفیت واحد تقطیر ۲۰kW باشد مدل واحد تقطیر را تعیین نمایید.

حل : از جدول ۱۴ــ۴ با توجه به دمای مکش و ظرفیت واحد تقطیر، مدل دستگاه عبارت است (TC-1000/AL-502).

مثال : در صورتی که بخواهیم در سردخانه‌ای گوشت مرغ منجمد را در $-18^{\circ}C$ نگهداری نماییم و ظرفیت واحد تقطیر ۱۰kW محاسبه شده باشد مدل دستگاه واحد تقطیر را تعیین نمایید. با علم بر این‌که سردخانه در منطقه‌ای با آب و هوای مرطوب نصب گردیده و اختلاف دمای ماده مبرد جریانی با هوای سردخانه $8^{\circ}C$ است.

حل : از جدول ۱۴ــ۴ با داشتن دمای سالن $-18^{\circ}C$ و $TD=8^{\circ}C$، دمای اشباع ماده مبرد در مکش $-26^{\circ}C$ انتخاب و با توجه به ظرفیت دستگاه از مقادیر متن جدول دو مدل TC750/AL-502 و TC750/WL-502 را می‌توانیم انتخاب نماییم ولی به لحاظ اینکه سردخانه در منطقه‌ای با آب و هوای مرطوب نصب شده مدل هوایی TC750/AL-502 را انتخاب می‌نماییم.



شکل ۱۵ــ۴ــ راهنمای کد مدل‌های واحد تقطیر

۸ــ۴ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱ــ ورود گاز به کندانسر از کدام قسمت آن می‌باشد؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف)بالا　　ب) پایین

ج) وسط　　د) بالا یا پایین

۲ــ کدام مورد از انواع کندانسر نمی‌باشد؟

الف) آبی　　ب) هوایی

ج) تراکمی　　د) تبخیری

۳ــ کدام مورد از انواع کندانسر هوایی با جریان طبیعی است؟

الف) صفحه و لوله ــ پوسته و لوله　　ب) صفحه و لوله ــ پوسته و کویل

ج) میله و لوله ــ پوسته و لوله　　د) میله و لوله ــ صفحه و لوله

۴ــ با وجود کدام دستگاه می‌توان از آب مصرف شده در کندانسرهای آبی مجدداً استفاده کرد؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

الف) سختی‌گیر　　ب) صافی

ج) سختی‌گیر و صافی　　د) برج خنک‌کن

۵ــ علّت تخلیه اجباری آب برج خنک‌کن چیست؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

الف) دمای خیلی زیاد یا خیلی کم آب برج　　ب) بالا بودن غلظت آب در برج

ج) دمای خیلی کم آب برج　　د) دمای خیلی زیاد آب برج

پرسش‌های درست و نادرست

۶ــ ضریب عملکرد عبارت است از نسبت سرمای ایجاد شده در اواپراتور به گرمای دفع شده در کندانسر.

☐ درست　　☐ نادرست

۷ــ کندانسرهای هوایی در دو نوع جریان طبیعی و جریان اجباری ساخته می شوند.

☐ درست　　☐ نادرست

۸ــ نصب کندانسینگ یونیت برای فریزرهای تا ظرفیت ۳ton مجاز می‌باشد.

☐ درست　　☐ نادرست

۹ــ دبی آب مورد نیاز برای کندانسر آبی یک چیلر ۵ تنی برابر با ۲۰۰۰ لیتر در ساعت می‌باشد.

☐ درست　　☐ نادرست

۱۰ــ برج‌های خنک‌کن بر اساس محل قرارگیری فن برج به دو دسته جریان هوای مکشی و وزشی تقسیم می‌شوند.

☐ درست　　☐ نادرست

پرسش‌های کامل کردنی

۱۱ــ گرمای دفع شده در کندانسر معادل مجموع گرمای ..... و گرمای ..... است.

۱۲ــ اگر دمای هوای ورودی به کندانسر $32^{\circ}C$ باشد دمای تقطیر در کندانسر ..... تا ..... درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

۱۳ــ در کندانسرهای آبی از آب با دمای ..... درجه سانتی‌گراد به‌عنوان واسطه استفاده می‌شود.

۱۴ــ برای کاهش غلظت آب در برج خنک‌کن ..... درصد آب برج را تخلیه می‌کنند.

۱۵ــ اگر دمای آب ورودی به کندانسر ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد دمای تقطیر ..... درجه سانتی‌گراد است.

واژه‌های مناسب را در جای خالی بنویسید.

«قطعه متحرک ــ ساب کولد ــ کندانسر ــ مکشی ــ اشباع ــ دو لوله‌ای»

۱۶ــ گاز داغ ابتدا در کویل‌های اولیه کندانسر تا دمای ..... خنک و سپس در دمای ثابت به حالت مایع درمی‌آیند.

۱۷ــ کندانسرهای هوایی به‌علت نداشتن ..... بسیار مطمئن عمل می‌کنند.

۱۸ــ کندانسر تبخیری ترکیبی از برج خنک‌کن و ..... می‌باشد.

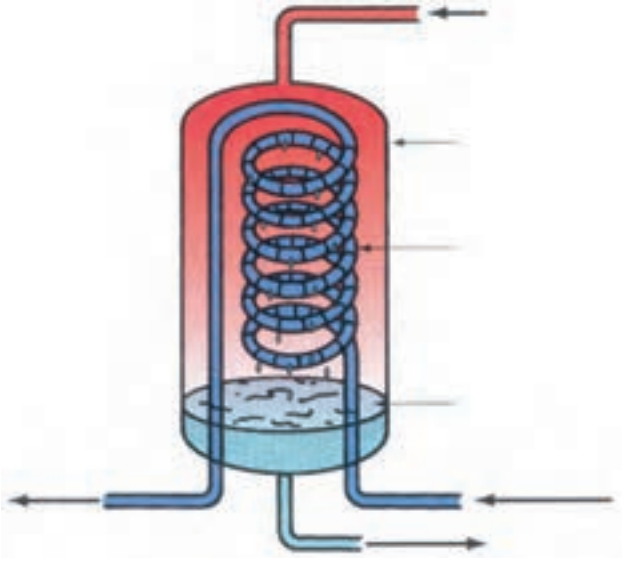
۱۹ــ یکی از انواع کندانسرهای آبی، کندانسر ..... می‌باشد.

پرسش‌های تشریحی

۲۰ــ کندانسینگ یونیت را شرح دهید.

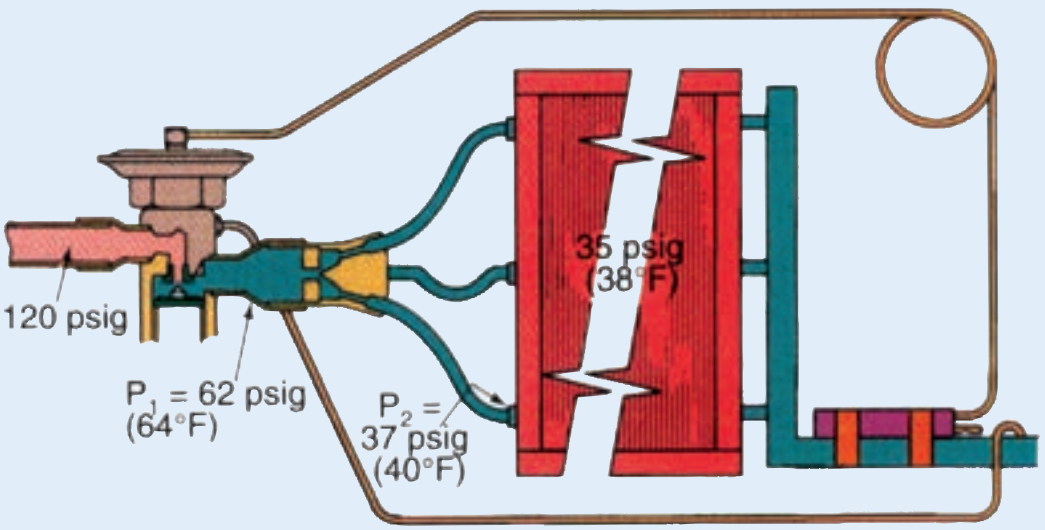
۲۱ــ انواع کندانسرهای آبی را نام ببرید.

۲۲ــ شکل زیر کدام نوع کندانسر را نشان می‌دهد؟ با توجه به فلش‌های روی شکل نوع سیال ورودی یا خروجی در هر قسمت را مشخص نمایید.



۲۳ــ طرز کار برج خنک‌کن را شرح دهید.
۲۴ــ طرز کار کندانسر تبخیری را شرح دهید.

فصل پنجم



فصل پنجم

کنترل کننده‌های مایع مبرد

پس از پایان آموزش این فصل از هنرجو انتظار می رود بتواند :

۱ــ لوله مویین را شرح دهد.

۲ــ شیر انبساط خودکار را توضیح دهد.

۳ــ شیر انبساط ترموستاتیک را شرح دهد.

۴ــ شیر انبساط الکترونیک را شرح دهد.

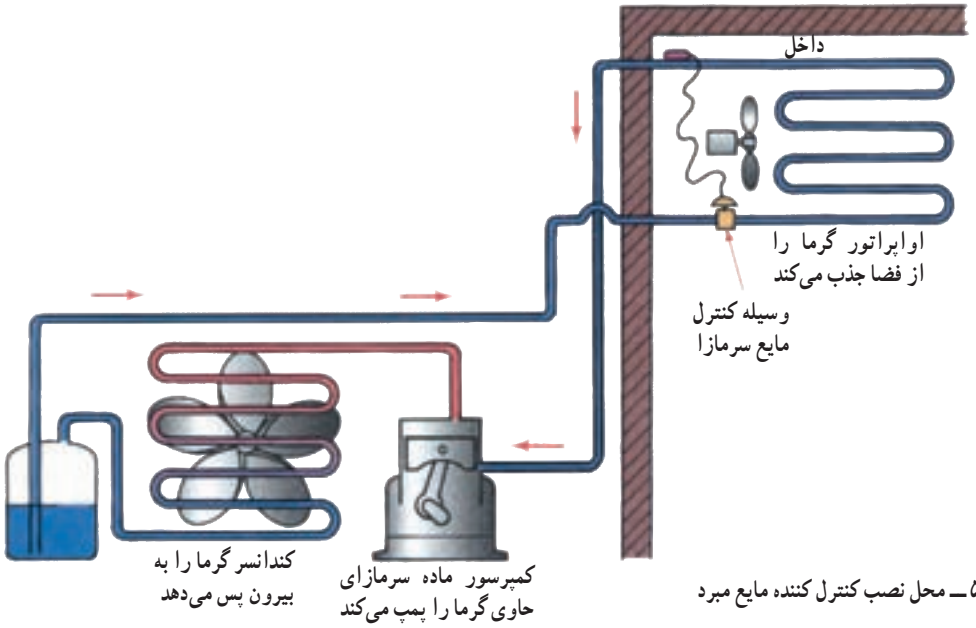
۵ــ روش انتخاب شیر انبساط را توضیح دهد.

۶ــ روش انتخاب لوله مویین را شرح دهد.

۵ــ کنترل کننده‌های مایع مبرد[۱]

در مسیر عبور مایع از کندانسر به اواپراتور از وسایلی به‌نام کنترل کنندهٔ مایع مبرد استفاده می‌شود. وظیفه این وسایل ایجاد افت فشار در مسیر می‌باشد. (شکل ۱ــ۵)

ساده‌ترین کنترل مایع مبرد یک روزنه یا اوریفیس[۲] است.



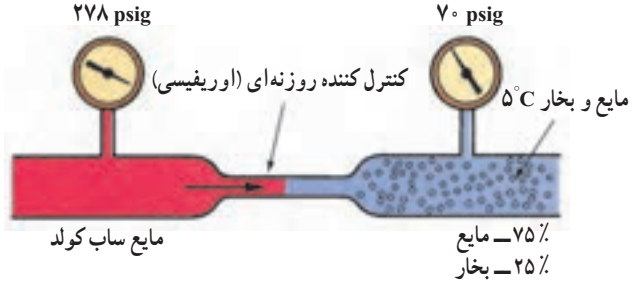
شکل ۱ــ۵ــ محل نصب کنترل کننده مایع مبرد

۱ــ Metering devices

۲ــ orifice

وجود اوریفیس در مسیر مایع مبرد موجب وقفه در عبور تمام جریان می‌شود و این اوریفیس نقطه‌ای است که بخش فشار بالای سیستم را از بخش فشار پایین سیستم جدا می‌کند.

در شکل ۲ــ۵ مایع ورودی به اوریفیس دارای فشار ۲۷۸psig و دمای $110^{\circ}F$ است. در حالی که مایع خروجی از آن دارای دمای $41^{\circ}F$ می‌باشد که ۲۵٪ آن به‌صورت بخار درآمده و ۷۵٪ آن به‌صورت مایع است. بخار شدن ۲۵٪ از مایع عبوری باعث افت دمای مایع شده و دمای آن را به $41^{\circ}F$ می‌رساند.



شکل۲ــ۵ــ با کم کردن مقطع عبور افت فشار حاصل می شود.

متداول‌ترین وسایل کنترل مایع مبرد عبارت‌اند از :

۱ــ لولهٔ مویین[1]

۲ــ شیر انبساط خودکار[2]

۳ــ شیر انبساط ترموستاتیک[3]

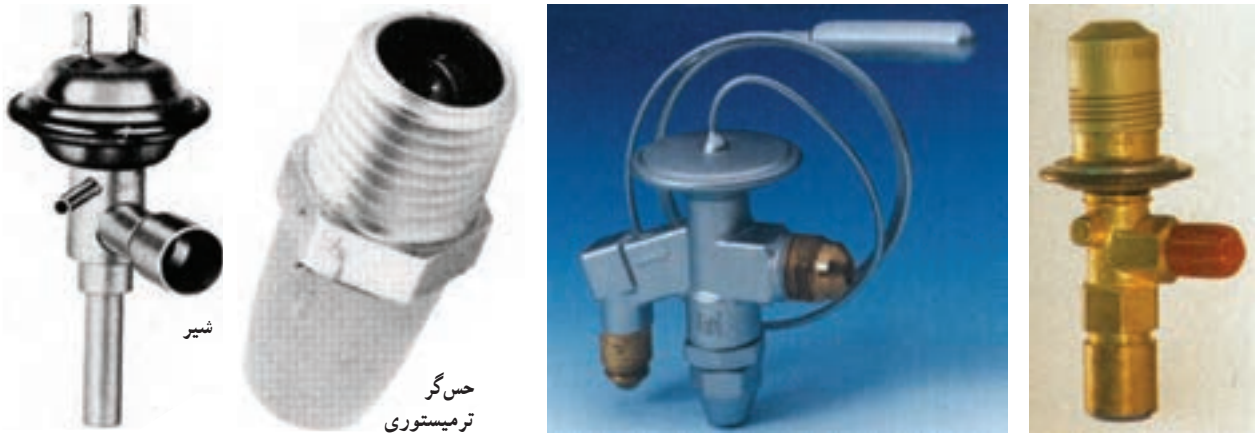
۴ــ شیر انبساط الکترونیک[4] که در شکل ۳ــ۵ نشان داده شده‌اند.

۱ــ ۵ ــ لوله مویین

لوله‌های مویین ساده‌ترین کنترل کنندهٔ مایع مبرد می‌باشند. که شامل یک لوله با طول معین و قطر کم است که در ورودی اواپراتور نصب می‌شود. چون لوله مویین و کمپرسور به‌طور سری در سیستم بسته شده‌اند بنابراین ظرفیت جریان در لوله الزاماً برابر ظرفیت تخلیه کمپرسور است. در نتیجه برای کار مؤثر سیستم، طول و قطر لوله مویین باید متناسب با ظرفیت تخلیه کمپرسور باشد.

انتخاب صحیح لوله مویین بستگی به دو عامل طول لوله و قطر لوله دارد. همان کاری که یک لوله مویین کوتاه با قطر کم می‌تواند انجام دهد لوله مویین بلند با قطر بزرگ‌تر نیز انجام می‌دهد. لوله با قطر بزرگ‌تر ترجیح داده می‌شود زیرا احتمال گرفتگی لوله مویین کمتر است.

یکی از مزایای لوله مویین این است که به هنگام خاموشی کمپرسور، جریان مبرد از سمت فشار زیاد سیستم به سمت فشار کم



شکل ۳ــ۵ــ الف) شیر انبساط خودکار ب) شیر انبساط ترموستاتیک ج) شیر انبساط الکترونیک

۱ــ Capillary tube

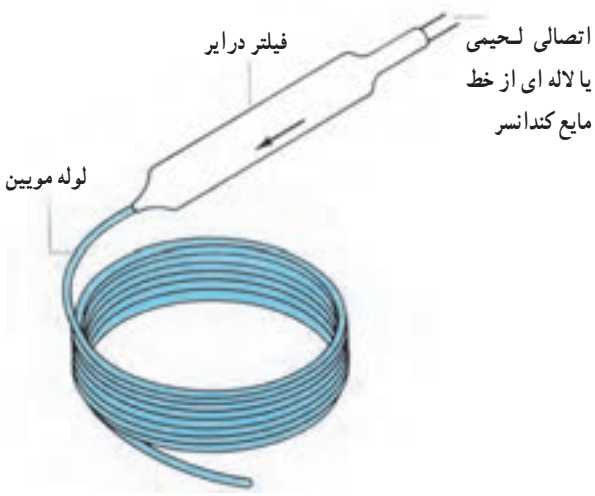
۲ــ Automatic Expansion valve

۳ــ Thermostatic Expansion valve

۴ ــ solid state controlled Expansion valve

ادامه می‌یابد تا تعادل فشار در سیستم برقرار شود. بنابراین کمپرسور بی‌بار راه‌اندازی می‌شود.

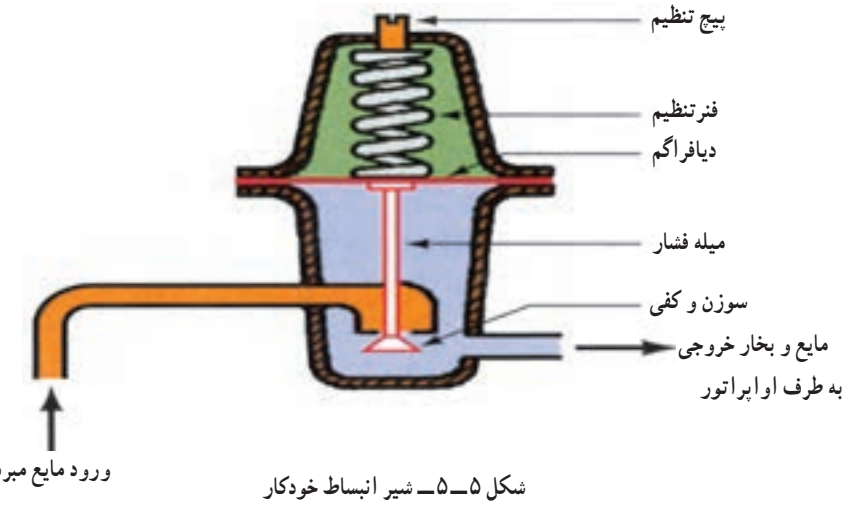
لوله مویین به طور معمول در سیستم‌های تبرید کوچک (در یخچال‌ها، فریزرها و کولرگازی) به‌کار می‌رود. در شکل ۴ــ۵ لوله مویین متصل به فیلتر درایر نشان داده شده است.



شکل ۴ــ۵ــ لوله مویین به همراه فیلتر درایر
(برای محافظت در برابر گرفتگی)

۲ــ۵ــ شیر انبساط خودکار

کار شیر انبساط خودکار حس کردن فشار داخلی اواپراتور و باز و بسته کردن مسیر جریان برای ایجاد یک فشار ثابت در اواپراتور است. فشار خروجی شیر انبساط (همان فشار ورودی اواپراتور) به زیر دیافراگم وارد می‌شود و شیر را در جهت بسته شدن حرکت می‌دهد. و فشار فنر از بالا بر دیافراگم وارد می‌شود و در جهت باز شدن شیر عمل می‌کند. شکل ۵ــ۵ شماتیک یک شیر انبساط خودکار را نشان می‌دهد.



شکل ۵ــ۵ــ شیر انبساط خودکار

این نوع شیر انبساط در تجهیزات کوچک برودتی که بار نسبتاً ثابت دارند استفاده می‌شود و عملکرد آن طوری است که وقتی کمپرسور خاموش می‌شود شیر انبساط بسته شده و تا کمپرسور مجدداً شروع به کار کند، بسته می‌ماند.

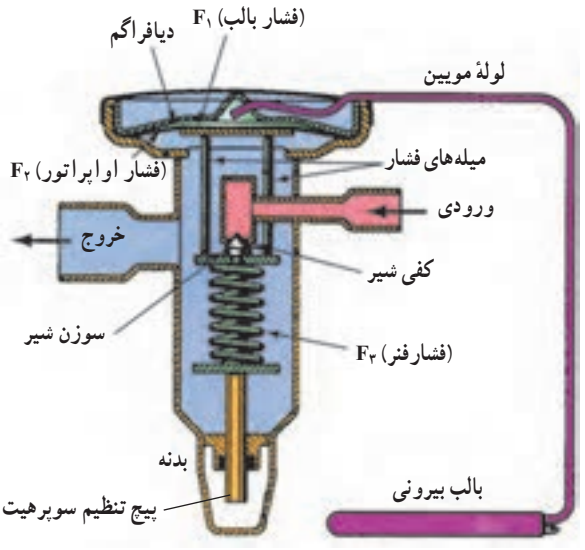
۳ــ۵ــ شیر انبساط ترموستاتیک

شیر انبساط ترموستاتیک مناسب‌ترین وسیله کنترل مایع مبرد می‌باشد که این کار با حس کردن دما در قسمت خروجی اواپراتور و در نتیجه افزایش فشار سیال داخل بالب و لولهٔ مویین ممکن می‌شود.

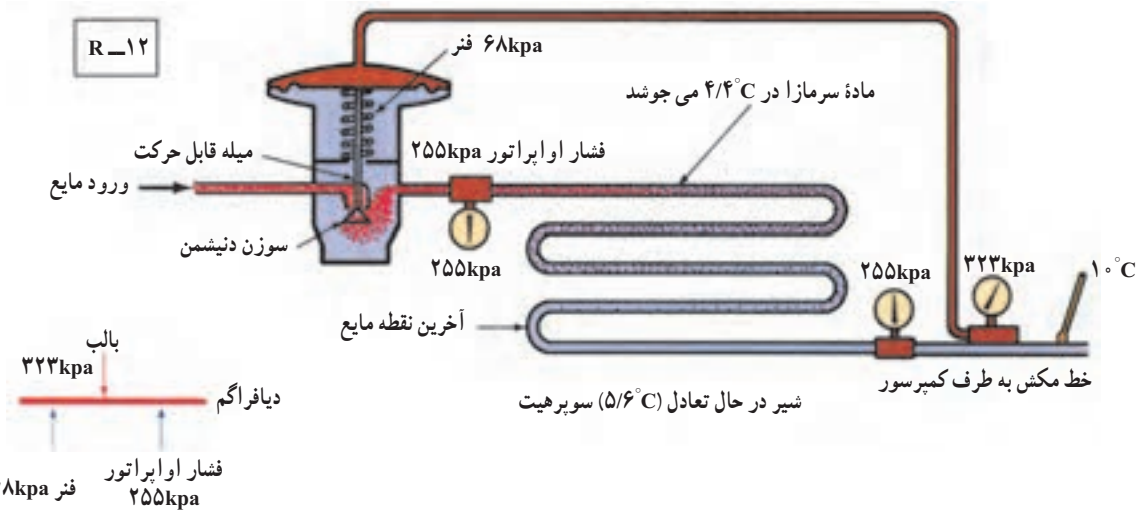
شیر انبساط ترموستاتیک براساس سه نیروی حاصل از فشار بالب، فشار اواپراتور و فشار فنر عمل می‌کند. بالب شیر انبساط که خود حاوی همان مبرد داخل سیستم می‌باشد از دمای مبرد خروجی از اواپراتور متأثر می‌شود. فشار به‌وجود آمده از داخل بالب به قسمت بالای دیافراگم شیر منتقل می‌شود. فشار

اواپراتور به زیر دیافراگم منتقل می‌شود و فشار سوم به‌وسیله فنر ایجاد می‌شود که به زیر دیافراگم اعمال می‌شود. شکل ۶ــ۵ سه فشار متفاوت وارد شده به دیافراگم شیر انبساط ترموستاتیک را نشان می‌دهد.

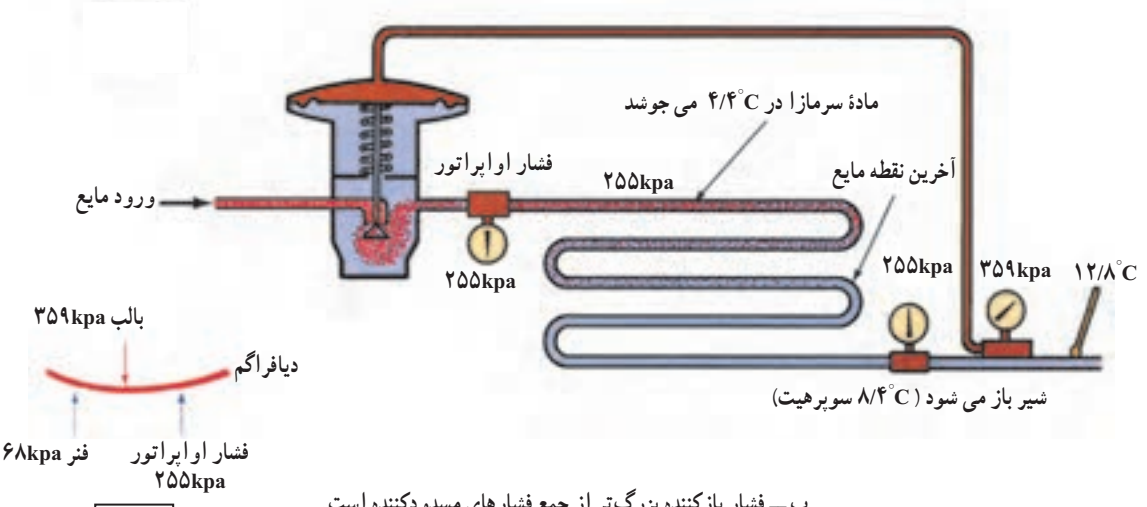
شکل‌های ۷ــ۵ سوپرهیت شدن بیشتر و کمتر را نشان می‌دهد. در تمام موارد مقدار سوپرهیت لازم به فشار فنر بستگی دارد. به این دلیل پیچ تنظیم فنر را «پیچ تنظیم سوپرهیت» می‌گویند.



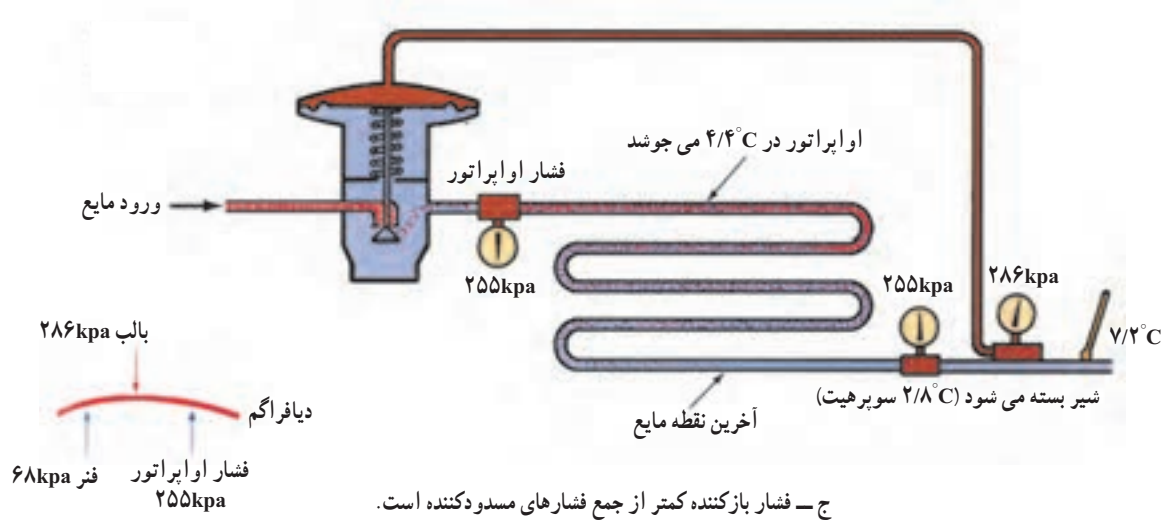
شکل ۶ــ۵ــ سه نیروی وارد بر دیافراگم شیر انبساط ترموستاتیک



الف ــ فشار بازکننده معادل جمع فشارهای مسدودکننده است.



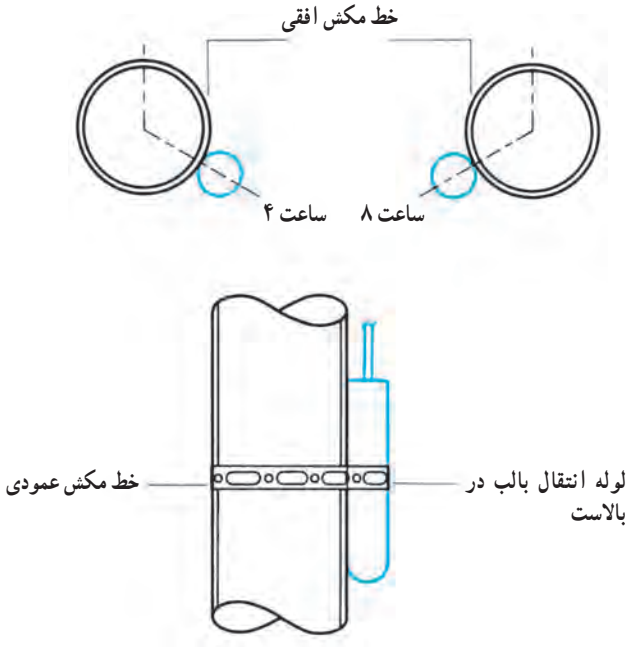
ب ــ فشار بازکننده بزرگ‌تر از جمع فشارهای مسدودکننده است.

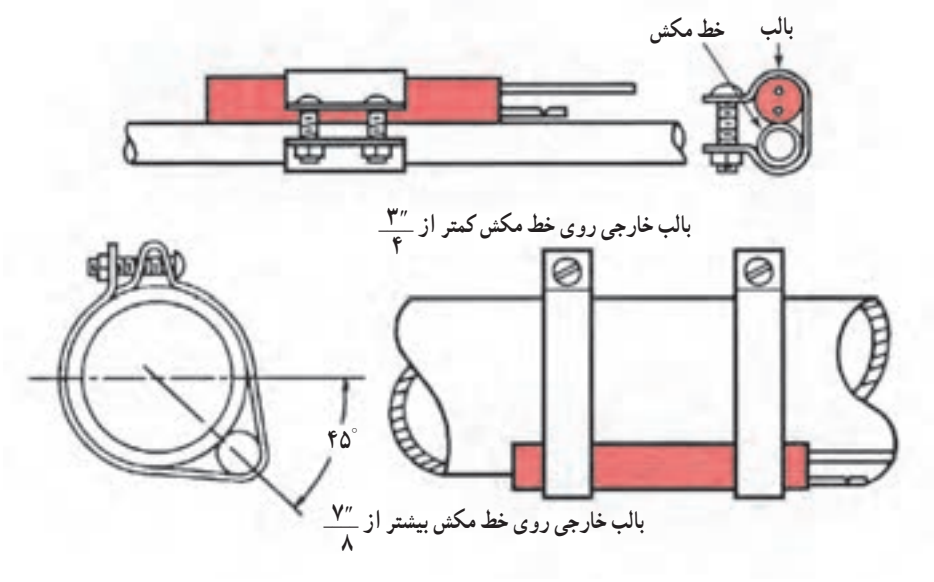


ج ــ فشار بازکننده کمتر از جمع فشارهای مسدودکننده است.

شکل ۷ــ۵ــ چگونگی تنظیم سوپرهیت مبرد در خروج از اواپراتور

محل نصب بالب حس‌کننده دما روی لوله در کارکرد صحیح شیر انبساط ترموستاتیک خیلی اهمیت دارد. موقعیت بالب بر روی لوله افقی مطابق شکل ۸ــ۵ در موقعیت ساعت ۴ یا ۸ است تا الزاماً به هر اندازه مایع مبرد کم دمایی را که از اواپراتور خارج می‌شود حس کند. دقت کنید که بالب حس‌کننده در قسمت زیر لوله موقعیت ساعت ۶ نصب نشود زیرا ممکن است یک لایه نازکی از روغن از داخل لوله به عنوان عایق عمل کند و حساسیت شیر را کم کند. قبل از نصب بالب حتماً محل آن را روی لوله از هرگونه گرد و غبار و چربی تمیز کنید و با کمربند مخصوص محکم روی لوله ببندید و به‌طور مناسب از هوای محیط اطراف ایزوله کنید تا هیچ‌گونه تأثیری غیراز دمای لوله مکش روی آن اثر نکند. در لوله‌های مکش عمودی، بالب شیرطوری نصب می‌شود که لوله انتقال فشار در بالای بالب قرار گیرد.

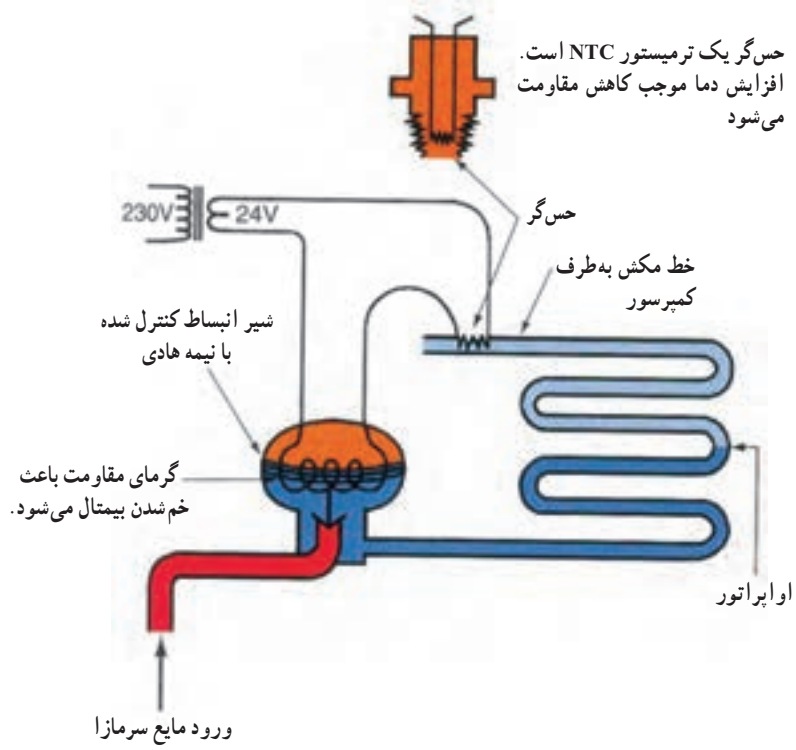




شکل ۸ــ۵ــ موقعیت پیشنهادی قرارگیری بالب حس کننده

۴ــ۵ــ شیر انبساط الکترونیک

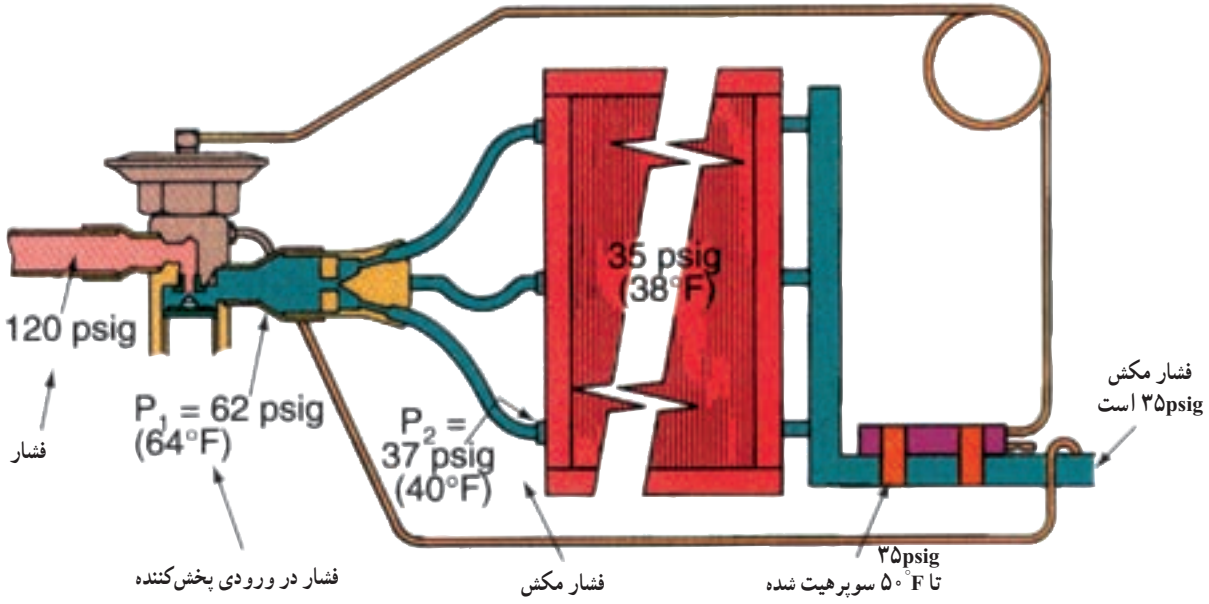
در این نوع شیر از یک ترمیستور به‌عنوان حس‌گر استفاده شده است وقتی دمای گاز خروجی از اواپراتور بالا رود مقاومت ترمیستور کم می‌شود در نتیجه شدت جریان گذرنده از گرم‌کن بیشتر می‌شود و گرمای بیشتری توسط هیتر تولید شده و بیمتال شیر را در جهت باز شدن حرکت می‌دهد تامایع بیشتری وارد اواپراتور شود. (شکل ۹ــ۵)



شکل ۹ــ۵ــ نحوه عملکرد شیر انبساط الکترونیک

۵ــ۵ــ انتخاب شیر انبساط

برای انتخاب شیر انبساط ترموستاتیک باید ظرفیت سرمایی و شرایط کار سیستم معلوم باشد. برای مثال با استفاده کاتالوگ سازنده در شکل ۱۱ــ۵ می‌بینیم شیر با ظرفیت نامی ۱تن سرمایی در دمای اواپراتور $20^{\circ}F$ هنگامی دارای ظرفیت ۱تن است که افت فشار در شیر انبساط ۶۰psi باشد. اگر دمای محیط $70^{\circ}F$ باشد و انتظار رود که افت فشار در شیر در طول سال ۱۲۵psi باشد قدرت سرمایی شیر ۱/۳تن می‌شود. اگر این شیر در محیطی گرم‌تر قرار گیرد فشار ورودی افزایش یابد همان شیر دارای ظرفیت ۱/۶تن می‌شود زیرا بالارفتن فشار ورودی افت فشار را افزایش می‌دهد. (شکل ۱۰ــ۵)



شکل ۱۰ــ۵ــ فشارهای واقعی که در سیستم وجود دارد. افت فشار در شیر انبساط لزوماً برابر با فشار رانش منهای فشار مکش نیست بلکه افت فشار در پخش‌کننده که مقدار قابل توجهی است باید مورد توجه قرار گیرد.

		EVAPORATOR TEMPERATURE (°F)															
		+50								+40							
	Nominal Capacity	PRESSURE DROP ACROSS VALVE (psi)															
Model	(tons)	40	60	80	100	125	150	175	200	40	60	80	100	125	150	175	200
128	1/4	0.32	0.38	0.43	0.48	0.55	0.60	0.65	0.72	0.30	0.34	0.38	0.43	0.49	0.53	0.55	0.57
223	1/2	0.50	0.67	0.79	0.86	0.95	1.2	1.3	1.4	0.45	0.65	0.75	0.84	0.90	1.0	1.1	1.3
226	1	0.95	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	0.90	1.0	1.2	1.4	1.6*	1.7	2.0	2.2
228	1-1/2	1.5	1.6	1.9	2.1	2.4	2.5	2.6	2.7	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4
326	2	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.4	3.5	3.6	1.9	2.2	2.4	2.6	3.0	3.1	3.2	3.3
328	3	3.1	3.5	4.0	4.5	4.9	5.0	5.1	5.2	3.0	3.4	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	4.4
	4	4.0	5.0	5.9	6.8	8.0	8.5	9.4	10.0	3.5	4.5	5.2	6.0	6.6	7.4	8.0	8.5
426/428	5	4.6	5.7	6.5	7.3	8.5	9.3	10.1	10.8	4.4	5.0	5.3	6.5	7.1	7.9	8.6	9.5
407	7-1/2	7.4	9.1	10.5	11.7	13.0	13.5	14.0	14.4	7.0	8.0	9.3	10.3	11.5	11.7	12.0	12.4
	10	9.4	11.5	13.3	14.8	16.6	17.0	17.6	17.9	9.0	10.2	11.8	13.2	14.6	14.9	15.3	15.6
419	12-1/2	10.0	12.3	14.1	15.8	17.6	18.4	19.0	19.5	10.0	10.8	12.5	14.0	15.6	17.1	18.2	19.3
420	16	13.8	15.7	18.1	20.2	22.6	23.1	24.2	25.0	13.0	13.9	16.0	17.9	20.0	21.9	22.9	24.3
	19	16.2	18.6	21.5	23.9	26.6	27.3	28.4	29.3	15.9	16.5	19.0	21.2	23.6	24.5	25.6	27.5
	25	22.0	24.5	28.3	31.5	34.8	35.5	36.7	37.4	21.0	21.7	25.0	28.0	30.9	31.9	33.7	34.9

CONDITION 1

CONDITION 2

EVAPORATOR TEMPERATURE (°F)

Model	Nominal Capacity (tons)	+20								0							
		PRESSURE DROP ACROSS VALVE (psi)															
		60	80	100	125	150	175	200	225	60	80	100	125	150	175	200	225
128	1/4	0.24	0.28	0.31	0.34	0.39	0.44	0.50	0.53	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40
223	1/2	0.50	0.63	0.70	0.79	0.92	1.0	1.2	1.3	0.48	0.55	0.63	0.70	0.88	0.97	1.1	1.2
226	1	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	0.89	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8
228	1-1/2	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2
326	2	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	1.7	2.0	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	3.1
328	3	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
	4	3.2	4.0	4.5	5.6	6.3	7.0	7.6	8.2	3.0	3.5	4.0	4.8	5.9	6.6	7.0	7.8
426/428	5	3.7	4.2	4.7	6.0	7.1	7.6	8.2	8.6	3.5	4.0	4.3	5.2	6.3	7.0	7.5	8.0
407	7-1/2	5.9	6.8	7.6	8.4	9.3	9.6	9.9	10.1	4.6	5.0	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4
	10	7.5	8.6	9.6	10.7	11.6	12.1	12.4	12.7	5.8	6.3	6.9	7.7	8.4	9.2	9.9	10.3
419	12-1/2	7.9	9.2	10.2	11.6	12.4	13.1	14.0	14.9	6.0	6.6	7.3	8.2	9.0	9.7	10.5	11.2
420	16	10.1	11.7	13.1	14.7	16.0	17.2	18.1	19.3	7.9	8.4	9.4	10.5	11.5	12.4	13.1	14.2
	19	12.0	13.9	15.6	17.6	19.0	20.5	21.8	23.0	9.4	10.0	11.1	12.4	13.6	14.7	15.3	16.4
	25	15.9	18.3	20.5	23.0	25.0	26.3	27.7	29.1	12.2	13.0	14.6	16.4	17.9	19.4	20.6	22.0

شکل ۱۱ــ۵ــ ظرفیت شیر برای افت فشارهای متفاوت.

مثال : اگر ظرفیت سرمایی سیستم ۲تن سرمایی و دمای اواپراتور $20^{\circ}F$ باشد مدل شیر انبساط را با توجه به شکل ۱۱ــ۵ تعیین کنید. اگر افت فشار در شیر انبساط ۱۷۵psi باشد.

حل : با توجه به شکل در دمای اواپراتور $20^{\circ}F$ در ستون مربوط به افت فشار ۱۷۵psi نزدیک‌ترین قدرت سرمایی (۲/۱ تن) را پیدا می‌کنیم. مدل شیر در خط افقی را می‌خوانیم. شیر انبساط مدل ۲۲۸ و ظرفیت نامی $1\frac{1}{2}$ تن را انتخاب می‌کنیم.

۶ــ۵ــ انتخاب لوله مویین

برای انتخاب لوله مویین می‌توان از نموداری مانند شکل ۱۲ــ۵ استفاده کرد.

مثال : برای یک دستگاه برودتی یا ماده سرمازای R ــ۵۰۲ دمای مکش $18/3^{\circ}C$ و سوپرهیت $0^{\circ}C$ لوله مویین مناسب انتخاب کنید. اگر قدرت سرمایی کمپرسور ۶۰۰۰ $\frac{Btu}{hr}$ فرض شود.

حل : با توجه به داده‌های مثال و با مراجعه به نمودار مربوطه انتخاب لوله مویین می‌تواند یکی از حالت‌زیر باشد :

لوله مویین با قطر داخلی ۰/۰۵۹″ به‌طول ۵۴″

لوله مویین با قطر داخلی ۰/۰۶۴ به‌طول ۹۰″

لوله مویین به‌قطر داخلی ۰/۰۷۰ به‌طول ۱۲۷″

برای تعویض لوله مویین با لوله مویین اصلی در صورت نبودن لوله مویین اصلی می‌توان از جدول ۱۳ــ۵ استفاده نمود.

مثال : قطر لوله مویین اصلی دستگاه سردکننده ۰/۰۵۸″ و طول برابر ۷۰″ است. اگر بخواهیم لوله مویین اصلی را با لوله مویین با قطرهای داخلی ۰/۰۵۰، ۰/۰۵۵، ۰/۰۵۹ عوض کنیم در طول آن چه تغییری حاصل می‌شود؟

حل : با مراجعه به‌جدول ضریب تعویض را پیدا می‌کنیم.

برای تعویض با قطر ۰/۰۵۰ طول لوله مویین را در ضریب ۰/۵۱ ضرب می‌کنیم.

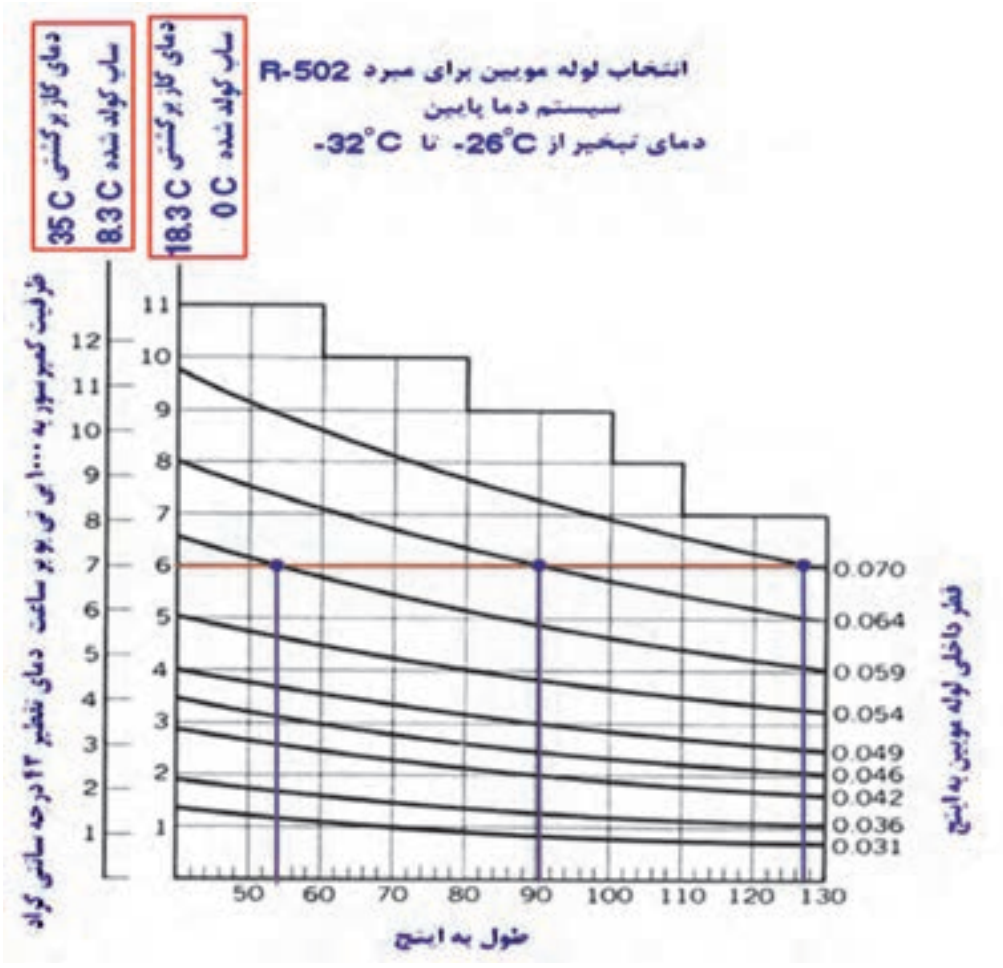
″۳۵/۷ = ۰/۵۱ × ″۷۰

برای تعویض با قطر ۰/۰۵۹ بایستی طول لوله مویین را در ۱/۵ ضرب کنیم.

″۱۰۵ = ۱/۵ × ″۷۰

برای تعویض با قطر ۰/۰۵۵ بایستی طول لوله مویین را در ضریب ۰/۸۰ ضرب کنیم.

″۵۶ = ۰/۸۰ × ″۷۰



شکل ۱۲ــ۵ــ انتخاب لوله مویین با توجه به‌ظرفیت سرمایی کمپرسور

جدول ۱۳ــ۵ــ تعویض لوله مویین

قطر داخلی لوله موسن اصلی	قطر داخلی لوله موسن 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						

۷ــ۵ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱ــ کدام مورد حالت مبرد خروجی از اوریفیس را بیان می‌کند؟

الف) ۱۵٪ مایع　　ب) ۶۰٪ مایع

ج) ۷۵٪ بخار　　د) ۲۵٪ بخار

۲ــ انتخاب صحیح کدام یک از وسایل کنترل کننده مبرد به طول و قطر آن بستگی دارد؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) لوله مویین　　ب) شیر انبساط ترموستاتیک و لوله مویین

ج) شیر انبساط الکترونیک و شیر انبساط ترموستاتیک　　د) شیر انبساط الکترونیک

۳ــ شیر انبساط ترموستاتیک در کدام قسمت سیکل تبرید نصب می‌شود؟

الف) قبل از کمپرسور　　ب) بعد از کمپرسور

ج) قبل از اواپراتور　　د) بعد از اواپراتور

پرسش‌های درست و نادرست

۴ــ وظیفه کنترل کنندهٔ مایع مبرد ایجاد افت فشار در مسیر می‌باشد.

☐ درست　　☐ نادرست

۵ــ لوله مویین در یخچال و فریزر و کولر گازی به‌کار برده می‌شود.

☐ درست　　☐ نادرست

۶ــ بالب حس‌کننده شیر انبساط ترموستاتیک در موقعیت ساعت ۲ یا ۵ نصب می‌شود.

☐ درست　　☐ نادرست

پرسش‌های کامل کردنی

۷ــ ساده‌ترین کنترل‌کننده مایع مبرد ..... می‌باشد.

۸ــ یکی از مزایای استفاده از لوله مویین این است که به‌هنگام خاموشی کمپرسور ..... در سیستم برقرار می‌شود.

۹ــ شیر انبساط خودکار در تجهیزات کوچک برودتی که بار ..... دارند استفاده می‌شود.

پرسش‌های تشریحی

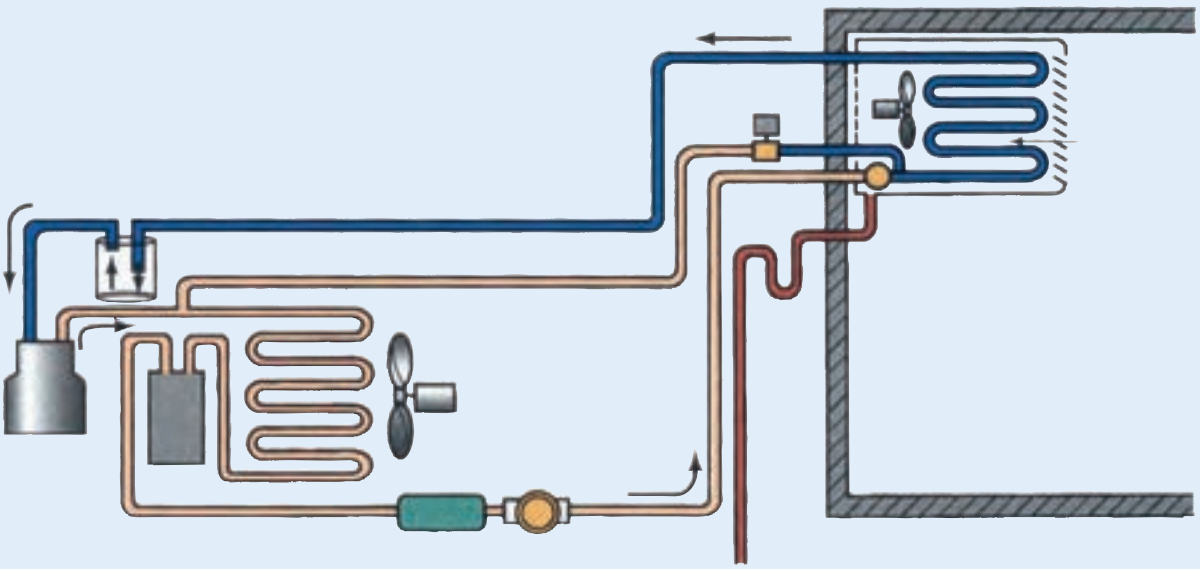
۱۰ــ انواع متداول وسایل کنترل‌کننده مایع مبرد را نام ببرید.

۱۱ــ طرز کار شیر انبساط خودکار را شرح دهید.

۱۲ــ طرز کار شیر انبساط ترموستاتیک را شرح دهید.

۱۳ــ طرز کار شیر انبساط الکترونیک را شرح دهید.

فصل ششم



فصل ششم

اواپراتورها

پس از پایان آموزش این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ انواع اواپراتور را توضیح دهد.

۲ــ چگونگی تقطیر در اواپراتورها را شرح دهد.

۳ــ فشار کاری اواپراتورها را تعیین کند.

۴ــ پخش‌کننده‌ها در اواپراتورها را توضیح دهد.

۵ــ جهت درست حرکت هوا از روی کویل اواپراتور را توضیح دهد.

۶ــ برفک‌زدایی یا دیفراست را شرح دهد.

۷ــ روش انتخاب یک نوع اواپراتور را شرح دهد.

۶ــ اواپراتورها

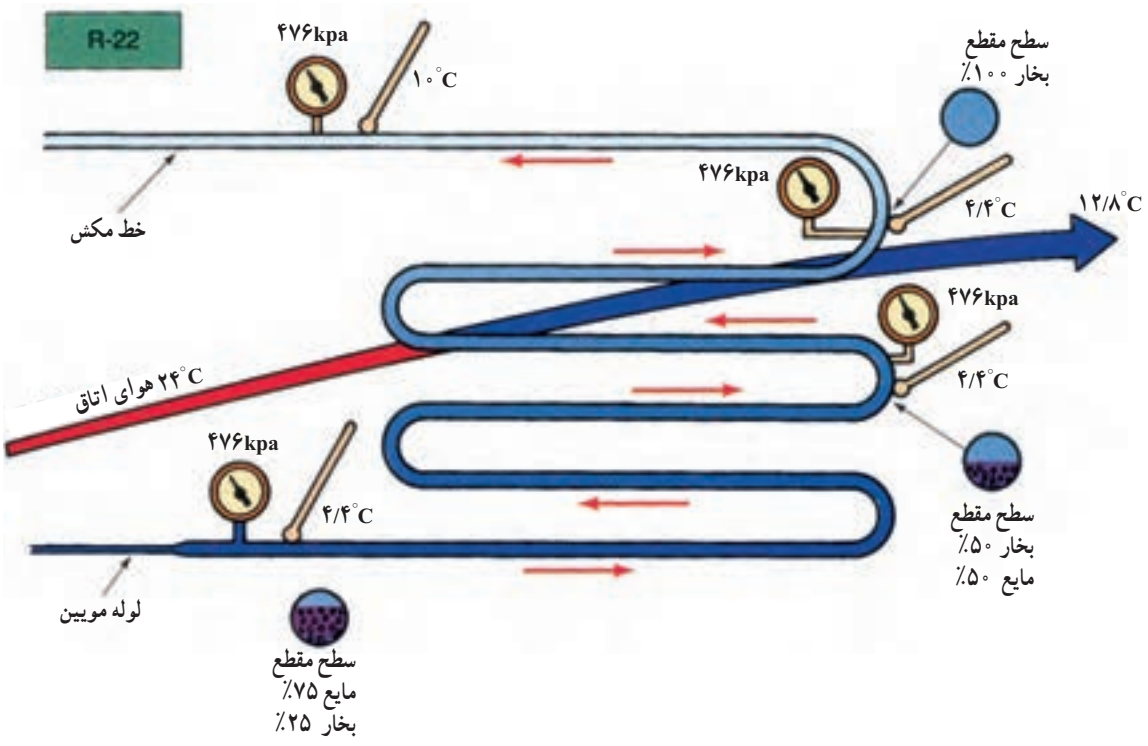
اواپراتور یکی از چهار قسمت اصلی دستگاه‌های سردکننده است. در اواپراتور ماده سرمازا در دمایی پایین‌تر از دمای محیط اواپراتور می‌جوشد و گرمای مواد و محیط داخل اواپراتور را جذب نموده و آنها را سرد می‌کند. اواپراتور می‌تواند برای سرد کردن هوا، آب یا هرنوع مایع و گازی به‌کاربرده شود.

در شکل ۱ــ۶ دمای جوش ماده سرمازا در اواپراتور ۴/۴°C است. مادهٔ سرمازا پس از عبور لوله مویین به‌صورت مخلوطی از ۷۵٪ مایع و ۲۵٪ بخار است. هرچه ماده سرمازا پیش‌تر می‌رود گرمای بیشتری جذب کرده و از مقدار مایع آن کاسته شده به‌مقدار بخار آن افزوده می‌شود به‌طوری که در ۹۰٪ از طول کویل ابتدای اواپراتور، ماده سرمازا به‌صورت مخلوطی از مایع و بخار است و دمای آن ثابت است، در ۱۰ درصد طول انتهای کویل ماده سرمازا به‌صورت ۱۰۰ درصد بخار است و با جذب گرما دمای آن بیشتر می‌شود و در انتهای کویل دمای آن ۱۰°C است و می‌گوییم ماده سرمازا سوپرهیت شده است.

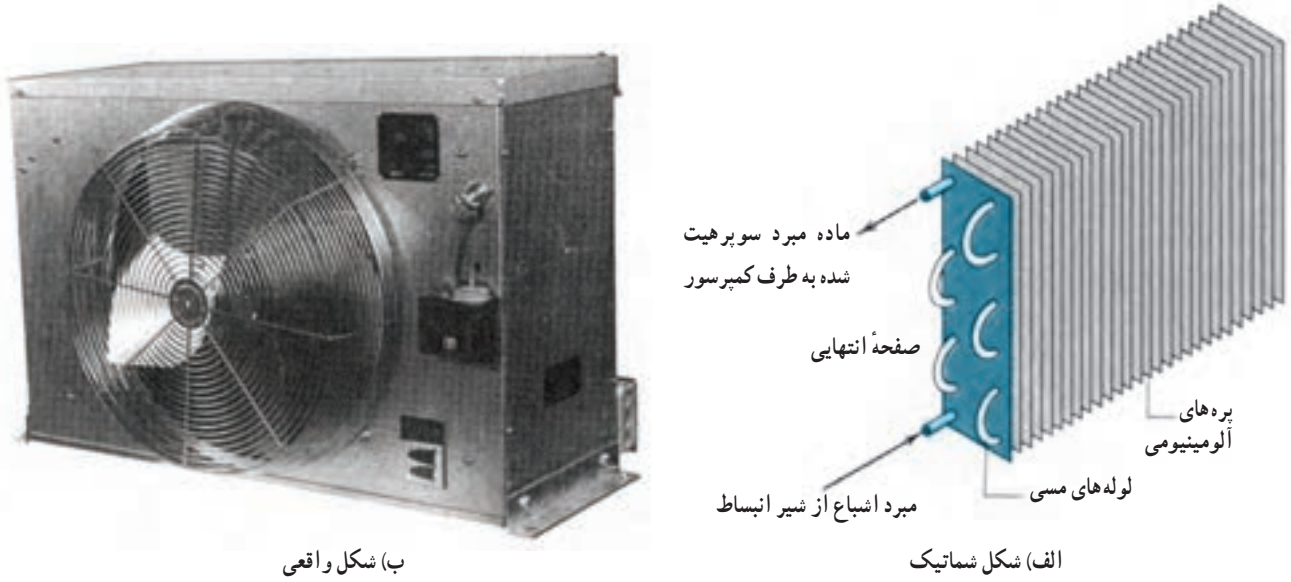
۱ــ۶ــ انواع اواپراتور

برای اواپراتورها دسته‌بندی‌های گوناگونی گفته شده است. اواپراتورها از نظر نوع تغذیه به دو دسته اواپراتورهای انبساط مستقیم یا خشک و اواپراتورهای پر تقسیم می‌شوند. از نظر چگونگی جریان هوا دو گونه‌اند با جریان اجباری هوا و با جریان طبیعی. همچنین اواپراتورها رامی‌توان به دو دستهٔ اواپراتورهای کویلی پره‌دار و اواپراتورهای کویلی بدون پره تقسیم کرد.

۱ــ۱ــ۶ــ اواپراتورهای کویلی پره‌دار : در این اواپراتورها ماده سرمازا در داخل لوله‌های مسی که به‌صورت کویل درآمده‌اند حرکت می‌کند. برای افزایش میزان تبادل گرما بین محیط پیرامون اواپراتور وماده سرمازا آنها را پره‌دار می‌نمایند. تعداد پره‌های (فین‌های) اواپراتورهای پره‌دار از ۷ تا ۱۴ پره در



شکل ۱ــ۶ــ جریان ماده سرمازا در کویل اواپراتور



ب) شکل واقعی

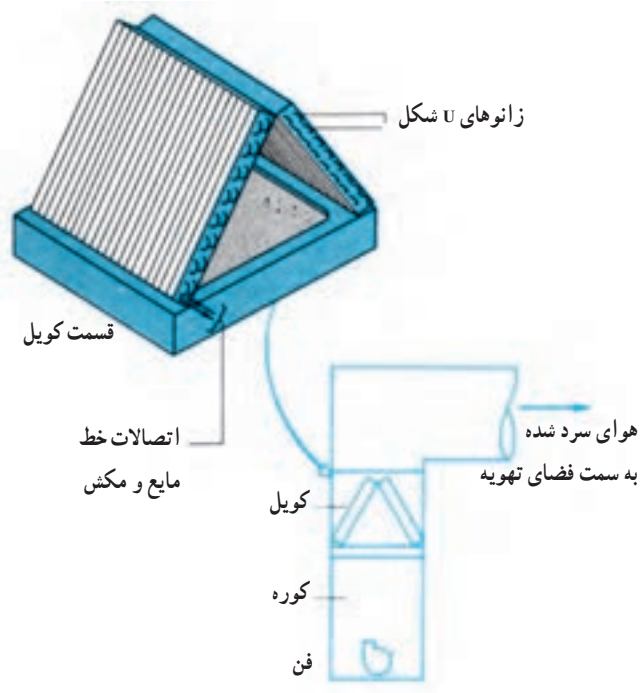
الف) شکل شماتیک

شکل ۲ــ۶ــ اواپراتور کویلی پره‌دار

هر اینچ است (شکل ۲ــ۶) . این اواپراتور معمولاً از نوع جریان اجباری می‌باشد.

با استفاده از این نوع اواپراتورها می‌توان در موقعیت‌های گوناگون هوا را سرد کرد و به‌وسیله کانال‌ها به فضاهای موردنظر که الزاماً نزدیک دستگاه سردکننده نباشند فرستاد. شکل ۳ــ۶ اواپراتور کویلی پره‌دار در یک دستگاه تهویه مطبوع را نشان می‌دهد. کندانسینگ یونیت در بیرون ساختمان و اواپراتور در داخل کابین دستگاه مطابق شکل نصب شده است.

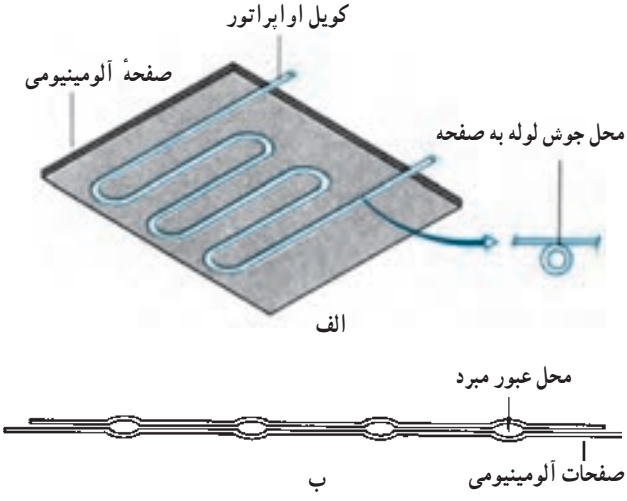
۲ــ۱ــ۶ــ اواپراتورهای کویلی بدون پره : اواپراتور کویلی بدون پره یا اواپراتورهای صفحه‌ای در شکل‌های گوناگون



شکل ۳ــ۶ــ اواپراتور کویلی فین‌دار(پره‌دار) با جریان اجباری هوا (فن‌دار)

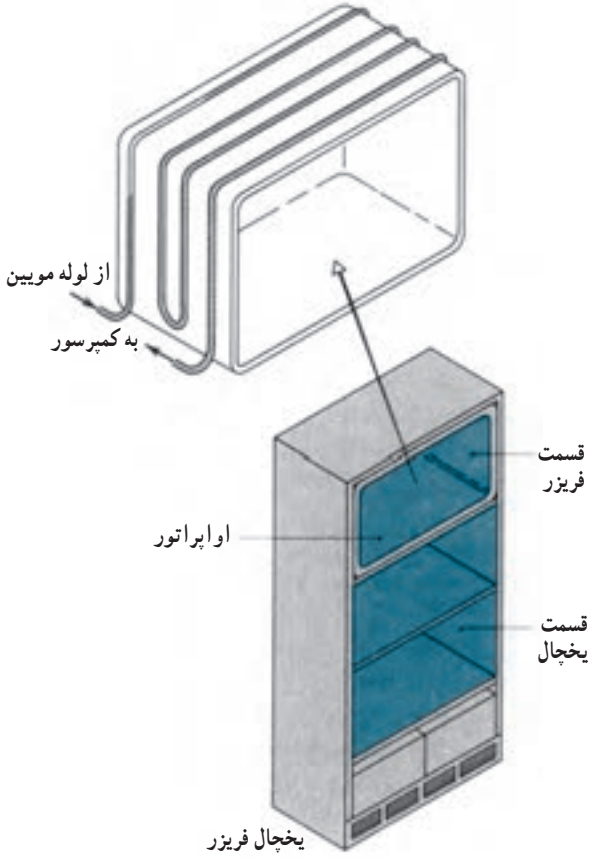
ساخته می‌شود. در این اواپراتورها انتقال گرما با جریان طبیعی هوا صورت می‌گیرد. از این اواپراتورها معمولاً در دستگاه‌های سردکننده خانگی مانند یخچال و فریزر استفاده می‌شود.

شکل ۴ــ۶ الف اواپراتور صفحه‌ای (کویلی بدون فین) را نشان می‌دهد که لوله حامل مادهٔ سرمازا به صفحه آلومینیومی جوش شده است و در شکل ۴ــ۶ ب دو صفحه آلومینیومی طوری به‌هم پرس شده‌اند که محل‌هایی برای جریان ماده سرمازا باشد.



شکل ۴ــ۶ــ الف) اواپراتور کویلی بدون فین با جریان طبیعی هوا
ب) اواپراتور صفحه‌ای (پرس دو صفحهٔ آلومینیومی با شکل خاص)

شکل ۵ــ۶ جایخی یک دستگاه یخچال را نشان می‌دهد که اواپراتور صفحه‌ای به‌شکل جایخی فرم داده شده است. در اغلب فریزرهای صندوقی از اواپراتورهای صفحه‌ای استفاده می‌شود. (شکل ۶ــ۶)

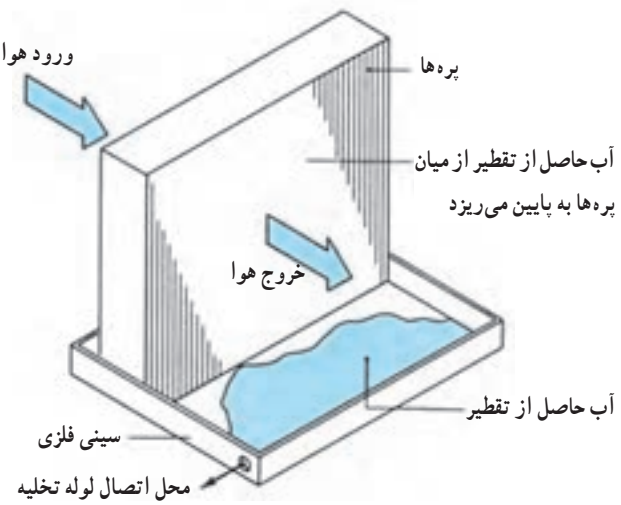


شکل ۵ ــ۶ــ اواپراتور کویلی بدون پره(فین) با
جریان طبیعی هوا (اواپراتور صفحه‌ای)

شکل ۶ــ۶ــ اواپراتور صفحه‌ای در دستگاه فریزر صندوقی

۲ــ۶ــ تقطیر در اواپراتورها

اگر شما یک لیوان آب یخ را روی میز بگذارید طولی نمی‌کشد که سطح خارجی لیوان مرطوب می‌شود. خیسی سطح خارجی لیوان همان بخار آب هوای اطراف لیوان می‌باشد که در اثر تماس با سطح سرد لیوان، تقطیر شده و تبدیل به قطرات آب می‌شود. وقتی که هوا به وسیله اواپراتور خنک می‌شود معمولاًعمل تقطیر رخ می‌دهد. اگر دمای سطح اواپراتور پایین‌تر از دمای انجماد آب باشد، آب تقطیر شده روی سطح اواپراتور (به‌صورت برفک) منجمد می‌شود. در اواپراتورهای صفحه‌ای در اثر کارکرد سیستم برودتی به‌تدریج به ضخامت یخ اضافه شده و قبل از این‌که ضخامت یخ به مقدار قابل‌توجهی برسد بایستی به‌طریقی از آن جدا شود. در اواپراتورهای فین‌دار با جریان اجباری هوا که در دمای پایین‌تر از نقطه انجماد کار می‌کنند بایستی در هر روز چندین مرتبه عمل ذوب برفک (دیفراست) انجام گیرد. در اواپراتورهایی که در دمایی بین $0^{\circ}C$ تا $10^{\circ}C$ کار می‌کنند آب حاصل از تقطیر بخار از میان پره‌ها پایین ریخته و در سینی کف اواپراتور جمع شده و به بیرون منتقل می‌شود (شکل ۷ــ۶). توجه کنید که از کویل یک اواپراتور به‌ظرفیت ۳تن تبرید بیش از ۷/۵ لیتر در ساعت آب تقطیر می‌شود.



شکل ۷ــ۶ــ آب حاصل از تقطیر در داخل سینی کف اواپراتور جمع شده سپس از طریق لوله تخلیه به بیرون منتقل می‌شود.

۳ــ۶ــ فشار کاری اواپراتور

دمای مبرد داخل کویل اواپراتور، مشخص‌کنندهٔ فشار داخلی آن می‌باشد. چنانچه دمای اواپراتور پایین‌تر از $-1^{\circ}C$ تا $-3^{\circ}C$ برسد سطح اواپراتور به اندازه کافی سرد می‌شود که آب تقطیر شده را منجمد نماید.

جدول ۸ــ۶ــ محدوده تقریبی فشار کار اواپراتور

فشار مکش نرمال	ماده مبرد	کاربرد
۱/۹ ــ ۲psi	R ــ۱۲	یخچال فریزر خانگی
۶۰ ــ ۷۰psi	R ــ۲۲	کولرهای گازی
۲۵ ــ ۳۵psi	R ــ۵۰۲	یخ ساز
۲۸ ــ ۳۰psi	R ــ۱۳۴a	کولر اتومبیل

در جدول ۸ــ۶ فشار کاری اواپراتورها برای کاربردهای متفاوت قید شده است. چنانچه برای سیستم تبریدی فشارمکش ذکر نشده باشد می‌توان با استفاده از جدول مبردها فشارمکش را انتخاب نمود.

اگر نیاز باشد که دمای کابین و محصول داخل آن به یک دمای پایین برسد بایستی دمای هوایی که برای سرد کردن کابین به‌کار برده می‌شود سردتر باشد و در ضمن اواپراتوری که می‌خواهد هوای سرد را از خود خارج کند خود بایستی سردتر از هوای خروجی باشد. به عبارتی دمای هوای خروجی از اواپراتور که برای سرد کردن کابین و محصولات داخل آن به‌کار برده می‌شود $5/5^{\circ}C$ سردتر از دمای کابین و دمای اواپراتور یا دمای مبرد داخل کویل $5/5^{\circ}C$ سردتر از دمای هوای سرد خروجی از اواپراتور باشد.

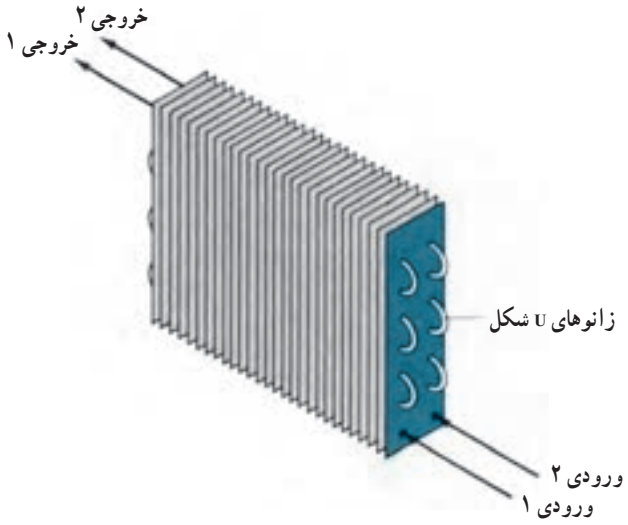
مثال : لازم است دمای یک کابین یخچال با استفاده از مبرد R ــ۱۳۴a به دمای $-11^{\circ}C$ برسد دمای داخل کابین برابر $-11^{\circ}C$ و دمای هوای سرد خروجی از اواپراتور برابر $-16/5^{\circ}C$ و دمای اواپراتور یا مبرد داخل کویل برابر $-22^{\circ}C$ می‌باشد. با استفاده از جدول ۱۶ــ۲ (فشار و دمای اشباع مبردها) برای مبرد R ــ۱۳۴a فشار اشباع متناسب با دمای اشباع $-22^{\circ}C$ معادل ۰/۲۱barg (۳psi) بدست می‌آید.

مثال : سیستم تبرید با مبرد R ــ ۲۲ مربوط به یک سالن سردخانه که جهت نگهداری سیب درختی در نظر گرفته شده است موجود می‌باشد. مطلوب است فشار مکش کمپرسور در سیکل برودتی برحسب psig و barg. (دمای نگهداری سیب بین C° ۰ تا C° ۱− می‌باشد که ما دمای C° ۱− در نظر می‌گیریم.)

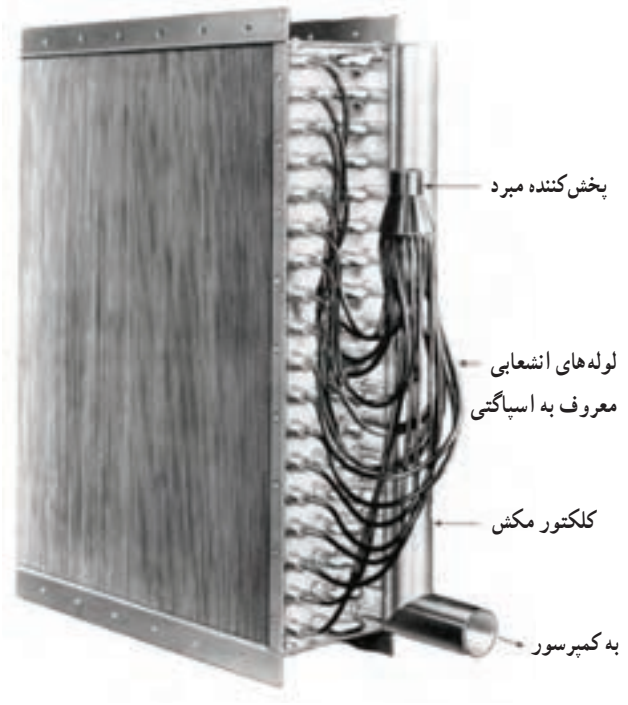
حل : دمای محصول معادل C° ۱−، دمای هوای خروجی از اواپراتور C° ۶/۵− و دمای اواپراتور یا مبرد داخل معادل C° ۱۲− می‌باشد از جدول مبردها برای مبرد R ــ ۲۲ فشار اشباع متناسب با دمای C° ۱۲− معادل ۲/۲۹barg (۳۳/۲psig) بدست می‌آید.

۴ــ۶ــ پخش‌کننده‌ها در اواپراتور

اگر کویل اواپراتور مانند شکل ۱ــ۶ تنها یک لوله خم شده باشد تمام ماده مبرد جریان ناچاراً بایستی از همان مسیر عبور نماید در کویل‌های بزرگ‌تر اجرای چنین کاری به‌خاطر افت فشار شدیدی که ایجاد می‌شود عملاً ممکن نیست. شکل ۹ــ۶ کویل اواپراتوری را نشان می‌دهد که دو مسیر رفت و برگشت دارد. ایجاد دو مسیر موازی در کویل اواپراتور بستگی به مقدار مبرد جریانی دارد. در اواپراتور با کویل بزرگ‌تر حتی ممکن است ۱۵ تا ۲۰ مسیر جدا از هم تعبیه شود (شکل ۱۰ــ۶). در اواپراتور با مسیرهای بیشتر برای پخش مساوی ماده مبرد جریانی از وسیله‌ای به‌نام پخش‌کننده[1] نظیر شکل ۱۱ــ۶ استفاده می‌کنند. در این سیستم‌ها مایع مبرد خروجی از مخزن ذخیره وارد شیر انبساط شده و به‌صورت مخلوط مایع و بخار، شیر انبساط را ترک کرده و قبل از ورود به کویل اواپراتور، وارد پخش‌کننده می‌شود. در داخل پخش‌کننده، ماده مبرد به‌صورت مساوی برای تمام مسیرها تقسیم شده و پس از جذب گرمای فضا نهایتاً در قسمت انتهای کویل به‌وسیله یک عدد جمع کننده (کلکتور) گاز مبرد جمع شده و به سمت کمپرسور هدایت می‌شود. استفاده از پخش‌کننده در اواپراتور باعث می‌شود که افت فشار در تمام مسیرها با هم مساوی شده و درنهایت افت فشار کلی در اواپراتور کم می‌شود.



شکل ۹ــ۶ــ اواپراتور کویلی با دو مسیر رفت و برگشت مستقل



شکل ۱۰ــ۶ــ اواپراتور کویلی با چندین مسیر

۱ــ Distributer

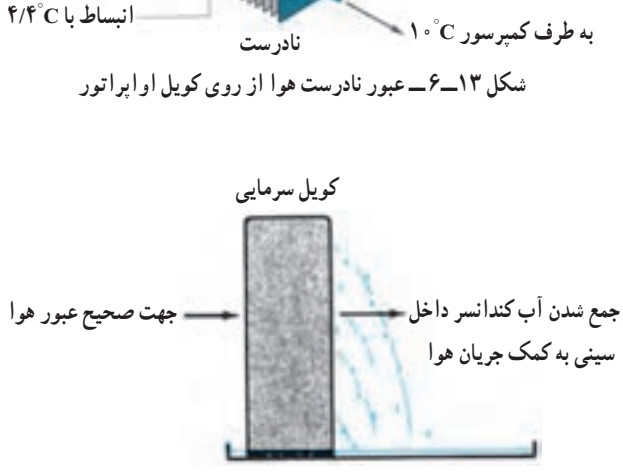
شکل ۱۱ــ۶ــ تقسیم‌کننده یا پخش‌کننده ماده مبرد

۵ــ۶ــ جهت جریان هوا از روی کویل اواپراتور

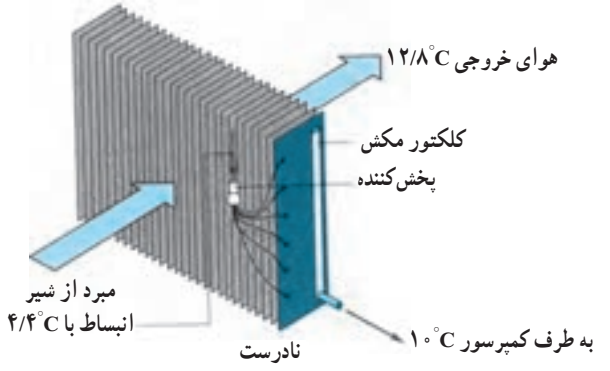
سمت ورودی و خروجی هوا از روی اواپراتور خیلی شبیه هم می‌باشند. بنابراین در موقع نصب آن باید توجه شود که برعکس قرار نگیرد زیرا موجب کاهش ظرفیت اواپراتور می‌شود. برای نصب صحیح کویل اواپراتور همیشه به‌خاطر بسپارید که هوای سرد در خروج از کویل بایستی با مبرد سرد در تماس باشد. شکل ۱۲ــ۶ روش درست جریان هوا از روی کویل و شکل ۱۳ــ۶ روش نادرست را نشان می‌دهد.

در شکل ۱۳ــ۶ با اواپراتوری که در $4/4^{\circ}C$ دمای مکش اشباع و $5/6^{\circ}C$ سوپرهیت می‌باشد دمای هوای خروجی به کمتر از $12/8^{\circ}C$ نخواهد رسید. درصورتی که در روش نصب صحیح شکل ۱۱ــ۶ با داشتن $4/4^{\circ}C$ دمای اشباع مبرد ورودی به کویل، هوای خروجی از کویل به $7/2^{\circ}C$ می‌رسد.

شکل ۱۴ــ۶ نحوهٔ نصب صحیح سینی تخلیه آب تقطیر شده در زیر اواپراتور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ــ۶ــ عبور درست هوا از روی کویل اواپراتور



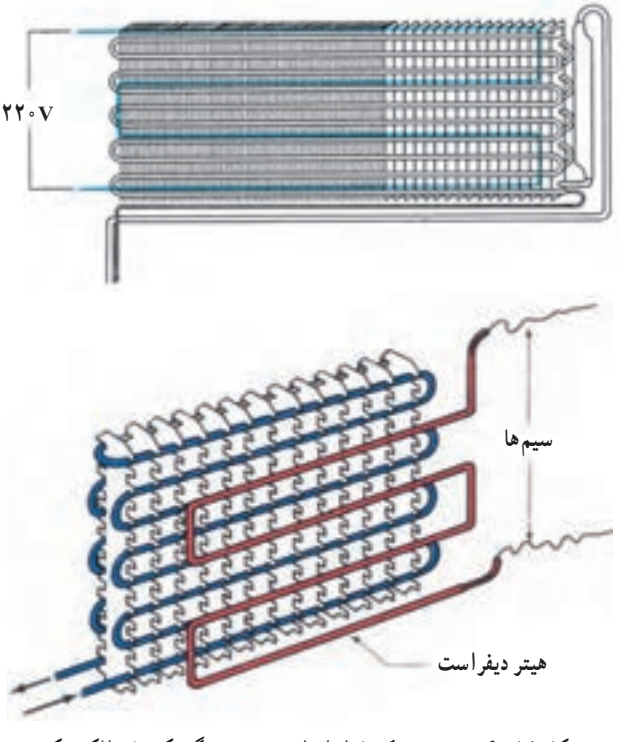
شکل ۱۳ــ۶ــ عبور نادرست هوا از روی کویل اواپراتور

شکل ۱۴ــ۶ــ موقعیت نصب درست سینی کف اواپراتور

۶ــ۶ــ برفک زدایی یا دیفراست

برای اواپراتورهایی که در دمای پایین کار می کنند تا بتوانند دمای فضای موردنظر را در کمتر از $0^{\circ}C$ نگه دارند بخارات تقطیر شده در روی سطح کویل اواپراتور یخ خواهد بست. این حالت عموماً برای فریزرهای خانگی می‌باشد. اگر اواپراتور از نوع صفحه‌ای باشد کارکرد اواپراتور بدون دیفراست برای روزها حتی هفته‌ها میسّر می‌باشد. اگر اواپراتور از نوع کویلی فین‌دار و با جریان اجباری هوا (فن‌دار) باشد ایجاد برفک و یخ روی کویل به‌سرعت باعث مشکلاتی می‌شود. عبور هوای فضای موردنظر از میان فین‌هایی که ۳ میلی‌متر یا کمتر از هم فاصله دارند محدود می‌شود. تشکیل یخ به هر ضخامت روی کویل و پره جریان هوا از روی اواپراتور را با مشکل مواجه می کند و با کاهش بار اواپراتور، فشار مکش کمتر شده و مقدار ضخامت یخ روی کویل افزایش می‌یابد و مدت زمان زیادی نمی کشد که سطح اواپراتور به‌صورت بلوک یخ درآید.

۱ــ۶ــ۶ــ برفک‌زدایی با گرمکن الکتریکی : شکل ۱۵ــ۶ کویل اواپراتوری را نشان می‌دهد که مجهز به هیترهای الکتریکی است و یک تایمر باعث می‌شود در زمان‌های مشخص کمپرسور از مدار خارج شده و گرمکن‌های الکتریکی وارد مدار شود تا عمل دیفراست با استفاده از گرمای هیترها انجام پذیرد. آب حاصل از عمل دیفراست پس از جمع شدن در سینی کف اواپراتور، از طریق لوله تخلیه به بیرون منتقل می‌شود برای جلوگیری از انجماد مجدد و انباشته شدن یخ در سینی و مسدود شدن مسیر لوله تخلیه، هیترهای دیگری را نیز در کف سینی و لوله تخلیه کار می گذارند.



شکل ۱۵ــ۶ــ دو نمونه کویل اواپراتور مجهز به گرمکن‌های الکتریکی

۲ــ۶ــ۶ــ برفک زدایی با گاز داغ : در این طریق جهت دیفراست اواپراتور از گاز داغ استفاده می‌شود. شکل ۱۶ــ۶ روش دیفراست با گاز داغ را نشان می‌دهد. در این سیستم تایمر فرمان به شیر برقی داده و گاز داغ از خروجی کمپرسور مستقیماً وارد اواپراتور می گردد. کمپرسور در مدت زمان دیفراست با گاز داغ به‌کار خود ادامه می‌دهد.

۷ــ۶ــ انتخاب اواپراتور

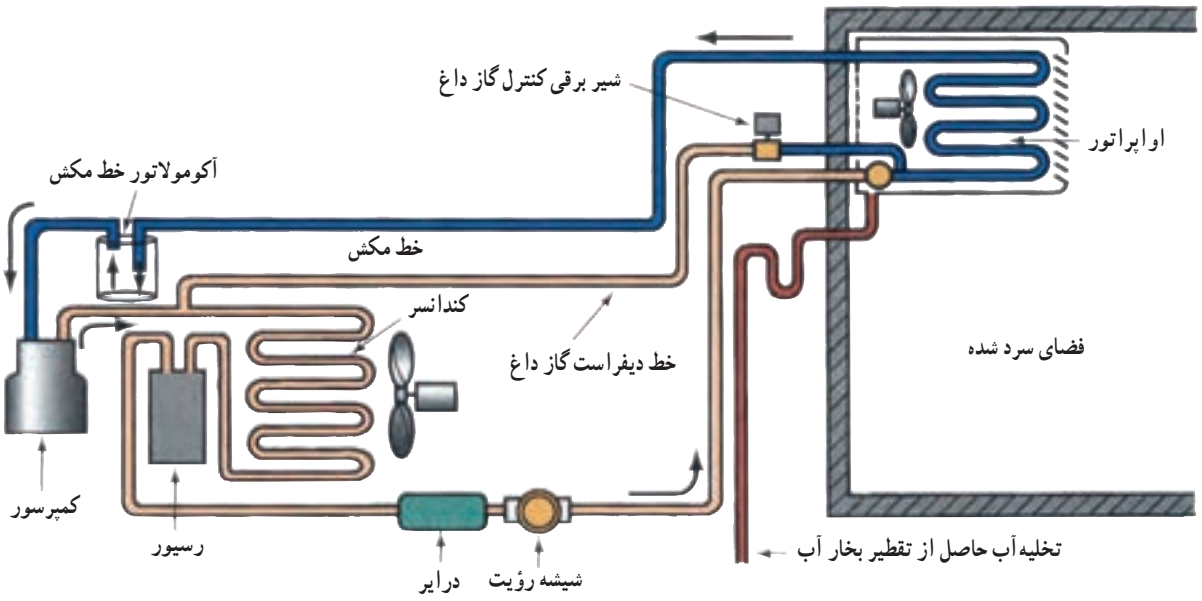
برای انتخاب اواپراتور ابتدا ظرفیت سرمایی اواپراتور را که برابر با بارسرمایی است تعیین می کنیم. عامل دوم در انتخاب اواپراتور تعیین مقدار TD[1] یا اختلاف دمای کویل اواپراتور با دمای داخل سردخانه است که به روش زیر تعیین می‌شود.

براساس نوع محصولی که باید در سالن سردخانه نگهداری شود از ستون سوم جدول ۲ــ۶ مشخصات میوه‌ها، سبزی و مواد گوشتی رطوبت نسبی پیشنهادی و دمای سالن برداشت می نماییم.

با استفاده از جدول۱۷ــ۶ و رطوبت نسبی تعیین شده سردخانه و نوع اواپراتور از نظر جریان هوا (طبیعی یا اجباری) مقدار اختلاف دمای سالن و ماده مبرد (TD) معلوم می گردد. اگر مقدار TD از دمای سالن (ti) کم کنیم دمای جوش ماده مبرد در داخل کویل به‌دست می‌آید.

جدول ۱۸ــ۶ نمونه از یک کاتالوگ اواپراتور می‌باشد برای انتخاب اواپراتور توسط این جدول باید بارسرمایی سردخانه (W) و دمای جوش ماده مبرد در اواپراتور معلوم باشد (Te)؛

۱ــ Temperature Diffrence



شکل ۱۶ــ۶ــ برفک زدایی با گاز داغ

جدول ۱۷ــ۶ــ تعیین TD سردخانه برحسب تغییرات رطوبت نسبی (TD اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریانی در داخل کویل اواپراتور)

اختلاف درجه حرارت (TD) °C		رطوبت نسبی٪
هوا با جریان اجباری	هوا با جریان طبیعی	
۵ــ۶	۷ــ۸	۹۱ــ۹۵
۶ــ۷	۸ــ۹	۸۶ــ۹۰
۷ــ۸	۹ــ۱۰	۸۱ــ۸۵
۸ــ۹	۱۰ــ۱۱	۷۶ــ۸۰
۹ــ۱۰	۱۱ــ۱۲	۷۰ــ۷۵

پس از انتخاب مدل اواپراتور مشخصات دیگر اواپراتور مانند میزان جریان هوا ($\frac{m^3}{h}$) ، سطح حرارتی (m^2) ، حجم کویل (lit) قطر فن‌اواپراتور (mm) شدت جریان مصرفی (A) و قدرت الکتریکی فن (kW) را می‌توان از جدول استخراج نمود.

نمونه این جدول برای فواصل مختلف بین پره‌ها (فین‌ها) تهیه می‌شود. بنابراین یکی از عوامل مؤثر در انتخاب اواپراتور فاصله بین پره‌ها است هر چه فاصله پره‌ها کمتر باشد عمل برفک‌زدایی در فاصله زمانی کمتری انجام می‌گیرد برای انتخاب فاصله بین پره‌ها موارد زیر توصیه می‌شود.

فاصله فین ۶mm برای اتاق‌های نگهداری بالای $+4^\circ C$

فاصله فین ۸mm برای اتاق‌های نگهداری مرطوب با دمای بین $0^\circ C$ تا $5^\circ C$

فاصله فین ۱۰mm برای اتاق‌های نگهداری بین $0^\circ C$ تا $-25^\circ C$

فاصله فین ۱۲mm برای اتاق نگهداری $0^\circ C$ تا $-4^\circ C$ با رطوبت بالا به انضمام تونل انجماد

فاصله فین ۱۵mm برای تونل‌های انجماد

فاصله فین ۱۸mm برای تونل‌های انجماد با رطوبت بالا و محصول مرطوب بدون بسته‌بندی

مثال : دمای نگهداری سالن $ti = -16$ و درصد رطوبت نسبی در سالن ۸۵٪ می‌باشد در صورتی که اواپراتور از نوع فن‌دار انتخاب شود مدل اواپراتور را از روی کاتالوگ داده شده انتخاب کنید در صورتی که بارسرمایی ۵۵kW باشد.

حل :

۱ــ با توجه به دمای سردخانه اواپراتور انتخابی باید از نوعی باشد که فاصله بین فین‌های آن ۱۰mm باشد.

جدول ۱۸ــ۶ 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

ادامه جدول ۱۸ــ۶ کاتالوگ نمونه انتخاب اواپراتور

10mm FIN SPACING — TECHNICAL DATA

	CAPACITY Te = -5°C w	CAPACITY Te = -30°C w	AIRFLOW m^3/h	SURFACE m^2	COIL VOLUME lit	FANS NO.	FANS DIA.	FANS A	FANS KW
8-406-10	4594	3950	5900	16	7	1	450	0.88	0.45
8-606-10	6233	5360	5700	24	12	1	450	0.88	0.45
12-606-10	11225	9653	8400	36	16	1	500	1.95	0.76
12-806-10	12460	10715	8300	48	21	1	500	1.95	0.76
8-409-10	6679	5743	8500	24	10	1	500	1.95	0.76
8-609-10	9681	8325	8400	36	15	1	500	1.95	0.76
12-609-10	13794	11862	11000	54	24	1	630	1.55	0.72
12-809-10	18177	15632	10600	71	29	1	630	1.55	0.72
8-412-10	9378	8065	11900	32	12	2	450	0.88	0.45
8-612-10	12794	11002	11400	48	18	2	450	0.88	0.45
12-612-10	19128	16450	16 800	71	28	2	500	1.95	0.76
12-812-10	24227	20835	16600	95	37	2	500	1.95	0.76
8-414-10	9609	8263	11900	37	14	2	450	0.88	0.45
8-614-10	14756	12690	11400	56	21	2	450	0.88	0.45
12-614-10	22901	19694	19000	83	36	2	560	2.1	0.9
12-814-10	29768	25600	18600	111	46	2	560	2.1	0.9
8-418-10	13361	11490	17000	48	18	2	500	1.95	0.76
8-618-10	18963	16308	16800	71	31	2	500	1.95	0.76
12-618-10	28115	24178	22000	107	40	2	630	1.55	0.72
12-818-10	36185	31119	21200	143	56	2	630	1.55	0.72
12-624-10	37472	32225	28500	143	56	3	560	2.1	0.9
12-824-10	46265	39877	27900	191	76	3	560	2.1	0.9
12-124-10	58910	52666	36600	238	91	2	630	4.2	2.3
16-624-10	59057	50789	48000	191	76	2	710	6	3.3
16-824-10	70608	60722	47000	254	101	2	710	6	3.3
16-124-10	83306	71643	46000	318	121	2	710	6	3.3
12-628-10	44919	38630	36600	167	61	2	630	4.2	2.3
12-828-10	56511	48599	36000	224	81	2	630	4.2	2.3
12-128-10	65541	56709	35600	278	101	2	630	4.2	2.3
16-628-10	57579	49517	48000	222	81	2	710	6	3.3
16-828-10	73393	63117	47000	297	111	2	710	6	3.3
16-128-10	86551	74433	46000	371	141	2	710	6	3.3
12-636-10	62086	53393	49000	214	81	4	630	1.55	0.72
12-836-10	77918	67009	42100	286	106	4	630	1.55	0.72
12-136-10	85997	73957	41200	357	131	4	630	1.55	0.72
16-636-10	67824	58328	54900	286	111	3	630	4.2	2.3
16-836-10	93294	80232	70500	381	141	3	710	6	3.3
16-136-10	122814	105620	69000	477	181	3	710	6	3.3
12-642-10	67078	57677	54900	250	91	3	630	4.2	2.3
12-842-10	85068	73158	54000	334	121	3	630	4.2	2.3
12-142-10	94825	81549	53400	417	151	3	630	4.2	2.3
16-642-10	78796	67764	72000	334	121	3	710	6	3.3
16-842-10	110535	95060	70500	445	161	3	710	6	3.3
16-142-10	133609	114930	69000	556	201	3	710	6	3.3

۲ــ مقدار TD را از جدول ۱۶ــ۶ تعیین می‌کنیم.

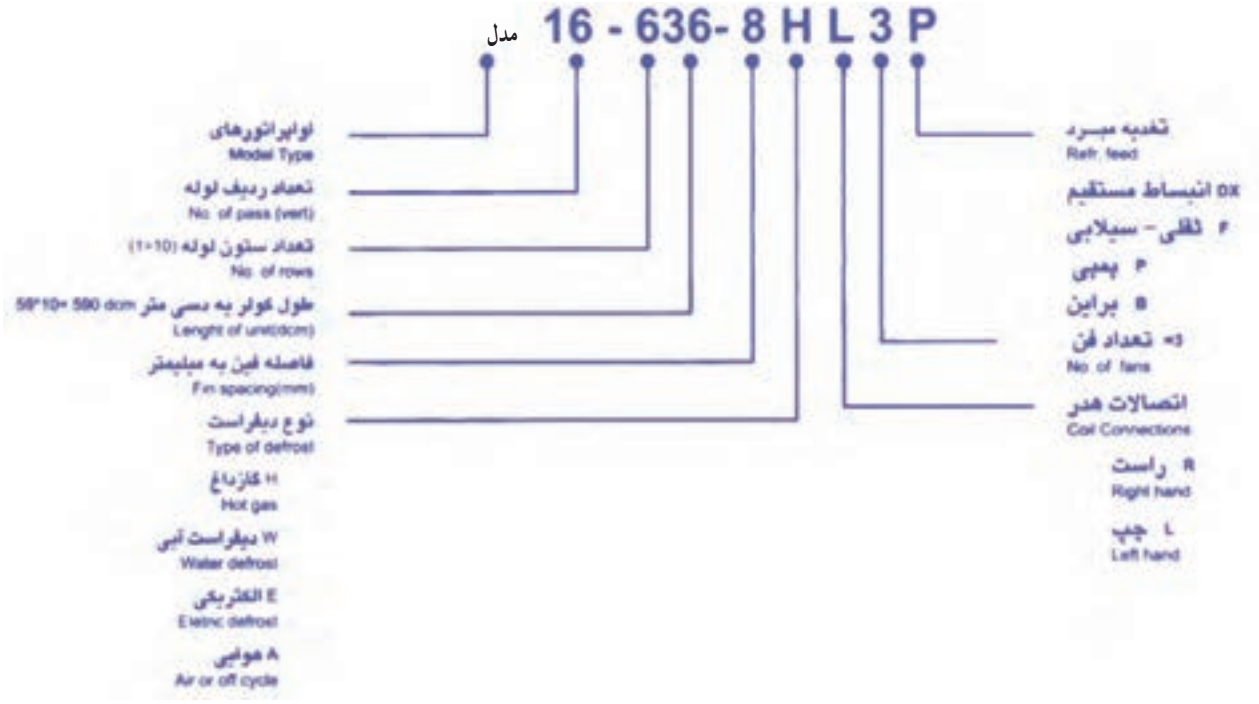
$RH = \%۸۵ \Rightarrow TD = ۷ \text{ تا } ۸^{\circ}C$

۳ــ دمای جوش مبرد در اواپراتور انتخاب می‌کنیم.

$Te = -۱۶ - (۸ \text{ تا } ۷) = (-۲۳) \text{ تا } (-۲۴)$

۴ــ بر روی کاتالوگ مورد نظر در ستون $Te = -۳۰^{\circ}C$ به پایین حرکت می‌کنیم تا به قدرت سرمایی ۵۵۰۰۰W یا کمی بیشتر از آن برسیم مدل انتخابی 10–128–12 خواهد بود سایر مشخصات اواپراتور را از جدول استخراج نماییم.

در شکل ۱۹ــ۶[1] مفهوم شماره‌های مدل اواپراتور تبیین شده است.



شکل ۱۹ــ۶ــ کد راهنمای مدل اواپراتور

مثال : بار برودتی سردخانه‌ای که برای نگهداری سیب در نظر گرفته شده است معادل ۱۰۰کیلو وات می‌باشد. با توجه به فضای سالن لازم است دو دستگاه اواپراتور فن دار در محل نصب گردد. با توجه به اطلاعات یاد شده مدل مناسب اواپراتور را انتخاب نمایید.

حل : از جدول مشخصات میوه‌ها، دما و رطوبت نگهداری سیب به ترتیب $-۱^{\circ}C$ و ٪۷۸ انتخاب می‌کنیم. با استفاده از جدول ۱۷ــ۶ مقدار TD را معلوم می‌کنیم که عبارت است از :

رطوبت نسبی سالن نگهداری سیب ٪۷۸

$\Leftarrow TD = ۸^{\circ}C \text{ تا } ۹^{\circ}C$

اواپراتور از نوع فن دار

با توجه به دمای سالن $ti = -۱^{\circ}C$ و $TD = ۸^{\circ}C$ تا $۹^{\circ}C$ می‌توانیم بنویسیم $te = -۹^{\circ}C$ $-۱۰^{\circ}C$ بنابراین با مشخص شدن te و ظرفیت، مدل مناسب اواپراتور را از جدول ۱۱ــ۱۲ انتخاب می‌کنیم که می‌شود دو دستگاه اواپراتور مدل ۱۶ــ۶۲۴ــ۱۰

با حجم هوادهی $۴۸۰۰۰ \frac{m^3}{hr}$، با سطح $۱۹۱m^2$، با حجم کویل ۷۶lit با دو عدد فن به قطر پروانه ۷۱۰mm با جریانی معادل ۶A و قدرت ۳/۳kW انتخاب می‌شود.

۱ــ این شماره گذاری مربوط به کارخانه تولید کننده است و نیازی به حفظ کردن ندارد.

جدول ۲۰ــ۶ ــ مشخصات محصول برای نگهداری در سردخانه

product	محصول	دمای سالن °C	رطوبت نسبی ٪	زمان نگهداری	دمای انجماد °C	گرمای ویژه قبل از انجماد kj/kg.K	گرمای ویژه بعد از انجماد kj/kg.K	گرمای نهان انجماد kj/kg.K
Meats	گوشت‌ها							
Bacon	ژامبون	۱ ،-۲/۲۵	۷۰ــ۸۰	۱۵ days	-۰/۵	۲/۰۹	۱/۲۶	۶۹
Beef-fresh	گوشت گاو تازه	۰ ،۱	۸۸ ــ ۹۲	۳ Weeks	-۰/۵	۳/۱۴	۱/۶۷	۲۲۸
Beef-frozen	گوشت گاو منجمد	-۱۸ ،-۲۳	۹۰ــ۹۵	۹-۱۲months				
Cut meat	گوشت تکه‌شده	۱ ،۳/۲۵	۸۵ ــ ۹۰	۵ days	-۱/۷۵	۳/۰۱	۱/۶۷	۲۲۱
Loins	گوشت راسته	-۱ ،-۲/۲۵	۸۵ ــ ۸۷	۳ weeks	۰/۵	۲/۸۵	۱/۵۹	۲۰۱
Lamb	گوشت بره	۱- ،-۲/۲۵	۸۵ــ۹۰	۲ weeks	-۱/۷۵	۲/۸۰	۱/۲۶	۱۹۴
Veal	گوشت گوساله	۱- ،-۲/۲۵	۸۵ــ۹۰	۱۵ days	-۱/۷۵	۱/۶۵	۱/۶۳	۲۱۲
Poultry fresh	ماکیان (طیور)تازه	۱- ،-۲/۲۵	۸۵ــ۹۰	۱۰ days	-۲/۷۵	۳/۱۸	۱/۵۵	۲۴۶
Poultry frozen	ماکیان منجمد	-۱۸	۸۵ــ۹۰	۱۰ months				
Fish fresh	ماهی تازه	-۱	۸۰ــ۸۵	۱۵ days	-۲/۲۵	۳/۱۸	۱/۷۲	۲۳۵
Fish Frozen	ماهی منجمد	-۱۸	۸۰ــ۸۵	۶ months				
Vegetables	سبزیجات							
Beans green	حبوبات سبز	۰ ،۴/۵	۸۵ــ۹۰	۳۰ days	-۱/۲۵	۳/۶۴	۱/۹۷	۲۷۷
Beets tops off	چغندر قند	۰ ،۲/۲۵	۹۵ ــ ۹۸	۱-۳months	-۲/۷۵	۳/۷۷	۲/۰۱	۳۰۰
Broccoli	گل کلم	۰ ،۱/۷۵	۹۰ ــ ۹۵	۷-۱۰ days	-۱/۵	۳/۷۷	۲/۰۱	۳۱۴
Cabbage	کلم‌برگ	۰ ،۲/۲۵	۹۰ ــ ۹۵	۳-۴months	-۰/۵	۳/۸۹	۱/۹۷	۳۰۷
Carrots	هویج	۰ ،۲/۲۵	۹۵ ــ ۹۸	۴-۵months	-۰/۷۵	۳/۸۹	۱/۸۸	۲۹۳
Celery	کرفس	۰ ،-۰/۵	۹۰ ــ ۹۵	۲-۴months	-۱/۲۵	۳/۸۱	۱/۹۲	۳۱۶
Corn green	ذرت سبز	۰ ،-۵/۵	۸۵ــ۹۰	۴-۸ days	-۱/۷۵	۳/۶۰	۱/۵۹	۲۵۱
Cucumbers	خیار	۱۰ ،۷/۲۵	۸۰ ــ ۸۵	۱۰-۱۴ days	-۰/۷۵	۳/۸۹	۲/۰۱	۳۱۸
Lettuce	کاهو	۰ ،۲/۲۵	۹۰ ــ ۹۵	۲-۳ weeks	-۰/۵	۳/۷۷	۱/۹۲	۳۱۶
Melons	هندوانه	۲/۲۵ ،۴/۵	۷۵ ــ ۸۵	۲-۴ weeks	-۱/۷۵	۳/۸۱	۱/۹۲	۲۶۷
Parsnips	پیاز	۰ ،۲/۲۵	۷۰ ــ ۷۵	۶-۸months	-۱/۰	۳/۸۱	۲/۱۳	۳۰۲
Peas green	لوبیای سبز	۰ ،۲/۲۵	۸۵ــ۹۰	۱-۲ weeks	-۱/۷۵	۳/۴۳	۱/۸۸	۲۴۹
Potatoes	سیب‌زمینی	۱۰ ،۲۱	۸۵ــ۹۰		-۱/۷۵	۳/۶۰	۱/۹۷	۲۶۳
Spinach	اسفناج	۰ ،۲/۲۵	۹۰ ــ ۹۵	۱۰-۱۴ days	-۱/۰	۳/۸۵	۲/۱۳	۳۰۰
Tomatoes green	گوجه‌فرنگی سبز	۱۲/۷۵ ،۱۵/۵	۸۵ــ۹۰	۳-۵ weeks	-۰/۷۵	۳/۸۵	۱/۹۲	۳۰۷
Tomatoes ripe	گوجه‌فرنگی رسیده	۴/۵ ،۱۰	۸۵ــ۹۰	۷-۱۰ days	-۰/۷۵	۳/۸۵	۱/۹۲	۳۰۷
Turnips	شلغم	۰ ،۲/۲۵	۹۵ ــ ۹۸	۴-۵months	-۰/۷۵	۳/۷۷	۱/۸۸	۲۹۸
Vegetables	سبزی‌های مخلوط	۱/۷۵ ،۴/۵	۸۵ــ۹۰	۲-۴months	-۱/۰	۳/۷۷	۱/۸۸	۳۰۲

product	محصول	دمای سالن °C	رطوبت نسبی ٪	زمان نگهداری	دمای انجماد °C	گرمای ویژه قبل از انجماد kj/kg.K	گرمای ویژه بعد از انجماد kj/kg.K	گرمای نهان انجماد kj/kg.K
Fruits	میوه‌ها							
Apples	سیب	۰ ، -۱/۰	۸۵_۸۸	۴-۸months	-۱/۷۵	۳/۷۲	۱/۸۲	۲۸۴
Apricots	زردآلو	۰ ،-۰/۵	۸۰_۸۵	۷-۱۴ days	-۲/۲۵	۳/۸۵	۲/۱	۲۸۴
Bananas	موز	۱۳ ،۱۵/۵	۹۰_۹۵	۱۰ days	-۲/۰	۳/۷۷		۲۵۱
Berries	توت	۰ ،-۰/۵	۸۰_۸۵	۳-۱۰ days	-۲/۰	۳/۷۷	۲/۱	۲۷۹
Strawberries	توت فرنگی	۲ ،۴/۵	۸۵_۹۰	۱۰-۲۰ days	-۲/۷۵	۳/۸۱	۱/۹۷	۲۸۴
Dates	خرما	۰ ،-۲/۲۵	۶۵_۷۵	۳-۶months	-۱۵/۵	۱/۴۶		۶۰
Dried fruits	میوه‌های خشک شده	۰ ،۲/۲۵	۷۰_۷۵	۹-۱۲months		۱/۹	۱/۳۴	۱۰۰
Grapes	انگور	۰ ،-۱۰	۸۵_۹۰	۳-۶months	-۴/۰	۳/۵۶	۲/۴۷	۲۶۰
Grapefruit	گریپ‌فروت	۰ ،-۱۰	۸۵_۹۰	۶-۸ weeks	-۲/۰	۳/۸۱	۲/۱	۲۸۹
Lemons	لیمو	۱۲/۵ ،۱۵/۵	۸۵_۹۰	۱-۴months	-۲/۲۵	۳/۸۱	۲/۱	۲۹۳
Limes	لیموترش	۷/۲۵ ،۱۰	۸۵_۹۰	۶-۸ weeks	-۱/۵	۳/۸۱	۲/۱	۲۹۳
Oranges	پرتغال	۰ ،-۱۰	۸۵_۹۰	۸-۱۰ weeks	-۲/۰	۳/۸۱	۱/۸۴	۲۹۱
Peaches	هلو	۰/۵ ،-۰/۵	۸۰_۸۵	۲-۴ weeks	-۱/۵	۳/۸۱	۱/۷۲	۲۹۸
Pears	گلابی	۱/۷۵ ،-۰/۵	۸۵_۹۰	۱-۷months	-۲/۲۵	۳/۸۱	۲/۱	۲۸۴
Pineapples	آناناس	۴/۵ ،۷/۵	۸۵_۹۰	۲-۴ weeks	-۱/۵	۳/۷۷	۲/۱	۲۹۸
Plums	آلو	۱، -۰/۵	۸۰_۸۵	۳-۸ weeks	-۲/۲۵	۳/۶۸	۲	۲۷۰
Quinces	به	۱ ،-۰/۵	۸۰_۸۵	۲-۳months	-۲/۲۵	۳/۷۷	۲/۱	۲۸۴
miscellaneous	متفرقه							
Butter	کره	-۱۸ ،-۲۰/۵	۸۰_۸۵	۶ months	-۱/۰	۲/۶۸	۱/۴۲	۳۴/۹
Cheese	پنیر	۱ ،-۱	۷۵_۸۰	۱۵ days	-۸/۲۵	۲/۶۸	۱/۵۱	۱۸۴
Eggs	تخم‌مرغ	-۰/۵ ،-۱	۸۵_۸۷	۱۲ months	-۰/۲۵	۳/۵۶	۱/۸۸	۲۳۲
Ice cream	بستنی	-۲۹	۸۵		-۱۸	۳/۲۲		۱۴۴
Milk	شیر	۱/۷۵ ،۴/۵	۸۰	۵ days	-۰/۵	۳/۷۷	۲/۰۵	۲۸۸

۸ــ۶ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهار گزینه‌ای

۱ــ در هر اینچ از اواپراتور پره‌ای چند پره نصب می‌شود؟

الف) ۷ــ۲ ب) ۱۷ــ۱۰

ج) ۱۴ــ۷ د) ۲۰ــ۱۴

۲ــ اواپراتور سردکننده خانگی از کدام نوع است؟

الف) پر ب) صفحه‌ای

ج) کویلی پره‌دار د) با جریان اجباری

۳ــ چنانچه سمت ورود و خروج هوا از روی کویل اواپراتور برعکس باشد کدام اشکال ایجاد می‌شود؟

الف) افزایش دمای سوپرهیت ب) افزایش حجم مبرد عبوری

ج) کاهش دمای مبرد د) کاهش ظرفیت اواپراتور

۴ــ علت نصب هیتر بر روی کویل اواپراتور کدام است؟

الف) افزایش ظرفیت اواپراتور ب) افزایش تبادل حرارت

ج) کاهش دمای ساب‌کولد د) ذوب برفک

پرسش‌های کامل کردنی

۵ــ در طی ۹۰٪ از طول کویل اواپراتور دمای مبرد ..... است.

۶ــ در ابتدای کویل اواپراتور ماده سرمازا به صورت ..... است.

۷ــ دمای مبرد داخل کویل اواپراتور می‌بایستی ..... درجه سانتی‌گراد سردتر از دمای هوای خروجی از اواپراتور باشد.

پرسش‌های درست و نادرست

۸ــ برای افزایش تبادل گرما در اواپراتور تعدادی پره بر روی کویل اواپراتور قرار می‌دهند.

☐ درست ☐ نادرست

۹ــ اواپراتور اغلب فریزرهای صندوقی از نوع کویلی پره‌دار ساخته می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

۱۰ــ در زمان دیفراست با گاز داغ کمپرسور، فن اواپراتور و فن کندانسر باید خاموش باشد. (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

☐ درست ☐ نادرست

پرسش تشریحی

۱۱ــ وظیفه اواپراتور را بیان کنید.

۱۲ــ چگونگی تغییرات حالت ماده مبرد در کویل‌های اواپراتور را بیان کنید.

۱۳ــ انواع اواپراتور از نظر نوع کویل، نوع تغذیه و چگونگی جریان هوا را نام ببرید.

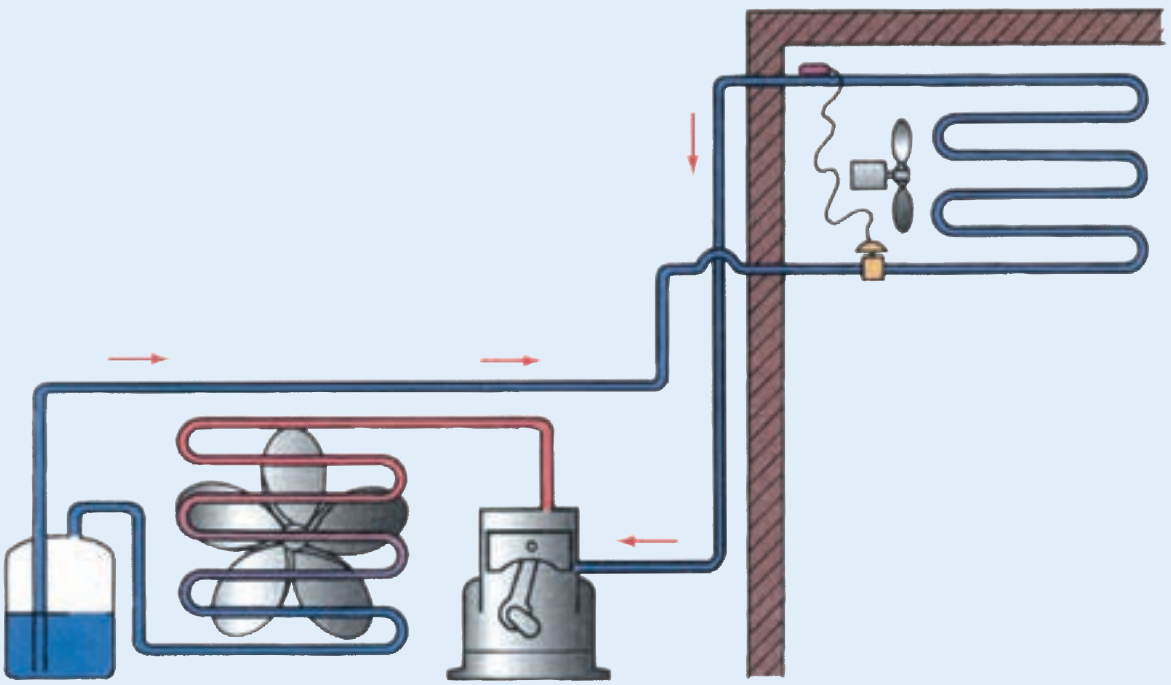
۱۴ــ علت تشکیل یخ بر روی اواپراتور را شرح دهید.

۱۵ــ روش‌های برفک‌زدایی را مختصراً شرح دهید.

۱۶ــ در کدام روش دیفراست، کمپرسور در زمان دیفراست باید روشن باشد؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۸۹)

۱۷ــ اگر بخواهیم دمای کابین یک یخچال ویترینی $5^{\circ}C$ باشد دمای هوای سردکننده، دما وفشار مبرد در اواپراتور را تعیین کنید. ماده مبرد مورد استفاده ۱۲ــ R باشد.

فصل هفتم



فصل هفتم

تجهیزات جانبی دستگاه‌های سردکننده

پس از پایان آموزش این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ جداکن روغن را شرح دهد.

۲ــ مخزن مایع سرمازا (رسیور) را شرح دهد.

۳ــ فیلتر درایر را توضیح دهد.

۴ــ سایت گلاس را شرح دهد.

۵ــ ساختمان شیر برقی را توضیح دهد.

۶ــ مبدل گرمایی در دستگاه‌های سردکننده را شرح دهد.

۷ــ تله مایع مبرد یا آکومولاتور را شرح دهد.

۸ــ شیر اطمینان کندانسر را توضیح دهد.

۹ــ شیر اطمینان از نوع درپوش ذوب شونده را شرح دهد.

۱۰ــ شیرهای سرویس رانش و مکش کمپرسور را توضیح دهد.

۱۱ــ هیتر کارتر را شرح دهد.

۱۲ــ صدا خفه‌کن یا موفلر کمپرسور را توضیح دهد.

۱۳ــ لرزه‌گیر کمپرسور را توضیح دهد.

۷ــ تجهیزات جانبی دستگاه‌های سردکننده

هر سیستم تبرید تراکمی برای ایجاد سرما به چهار جزء اصلی ۱ــ کمپرسور ۲ــ کندانسر ۳ــ اواپراتور ۴ــ کنترل‌کننده مایع سرمازا نیاز دارد. در دستگاه‌های سردکننده وسایل دیگر نیز به کار رفته است که هدف از به‌کارگیری آنها ۱ــ تنظیم کار، ۲ــ حفاظت قطعات اصلی و ۳ــ آسان نمودن سرویس و تعمیر است. به این قطعات تجهیزات جانبی[1] گویند.

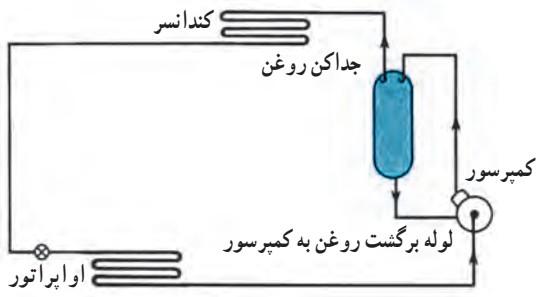
۱ــ۷ــ جداکن روغن[2]

جداکن روغن بین کمپرسور و کندانسر، روی خط گاز داغ مطابق شکل ۱ــ۷ نصب می‌شود.

دستگاه فوق بیشتر روغن خارج شده از کمپرسور را از گاز داغ جدا کرده و مستقیماً به داخل کارتر کمپرسور برمی‌گرداند. شکل۲ــ۷ نشان می‌دهد که چگونه سرعت گاز داغ در محفظه

۱ــ Accessories

۲ــ oil seperator



شکل ۱ــ۷ــ جداکن روغن در روی خط گاز داغ نصب شده و مانع از سیر کولاسیون روغن در سیستم می‌شود.

تله روغن کم شده و باعث می‌شود که قطرات روغن به ته مخزن سقوط کنند. وقتی‌که سطح روغن در داخل محفظه بیشتر از سطح مجاز می‌شود، شناور بالا آمده طوری که مسیر برگشت روغن به‌طرف کمپرسور باز می‌شود. روغن با فشار زیادی که بر سطح آن از قسمت بالای مخزن اعمال می‌شود از مسیر باز شده به سمت کارتر کمپرسور که تحت فشار کم می‌باشد جریان می‌یابد.

با ملاحظه و بررسی ساختمان تله روغن در شکل ۲ــ۷ مشخص است که این وسیله حتماً در حالت قائم نصب شود در غیر این‌صورت شیر شناوری ته مخزن صحیح عمل نمی‌کند. توجه شود که برای پیشگیری از تقطیر ماده سرمازا در جداکن روغن دور آن را عایق‌بندی می‌کنند. شکل ۳ــ۷ جداکن روغن و قرارگیری آن را نشان می‌دهد.

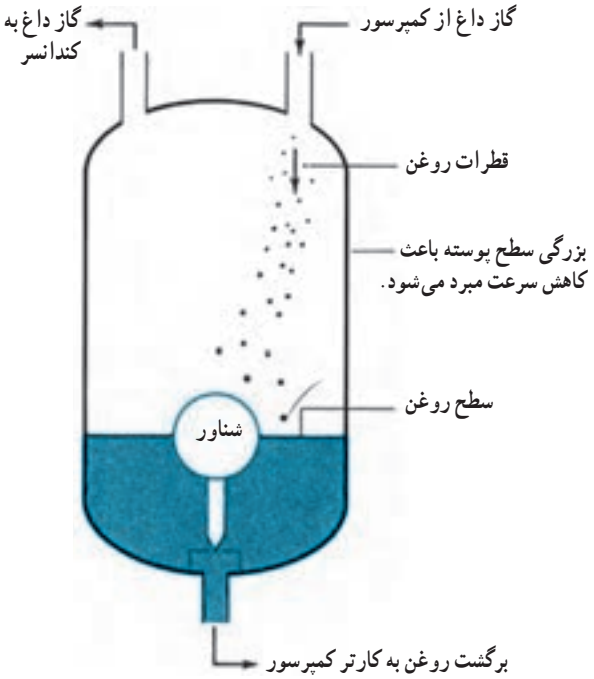
وظایف جداکن روغن به‌شرح زیر خلاصه می‌شود :

۱ــ جلوگیری و حفاظت کمپرسور از کارکرد بدون روغن

۲ــ پیش‌گیری از گردش روغن در سیکل تبرید، که در سطح داخلی لوله مانند عایق عمل کرده، مقدار انتقال گرما را در کندانسر و اواپراتور کاهش می‌دهد.

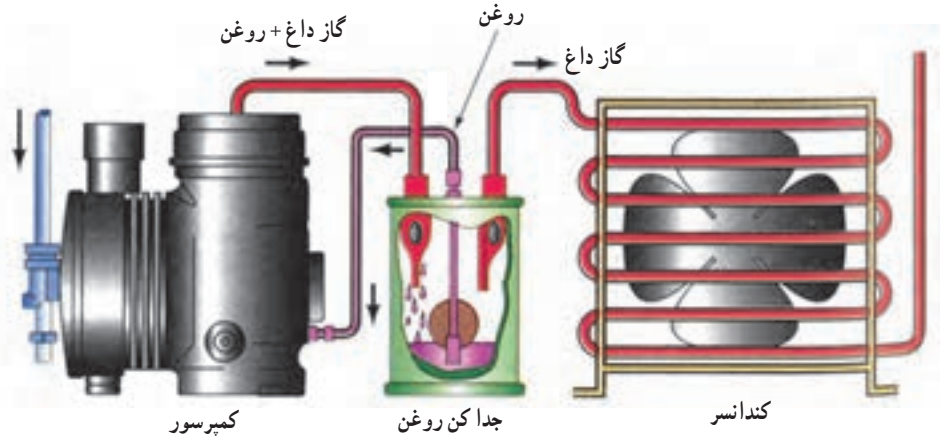
۳ــ پیش‌گیری از جدا شدن موم از روغن

روغن‌های تبرید دارای مقداری موم هستند. در دماهای پایین (زیر $-40^{\circ}C$) موم از روغن جدا می‌شود. موم جدا شده می‌تواند شیر انبساط را مسدود کرده و کار سیستم را مختل نماید.



شکل۲ــ۷ــ اجزاء داخلی یک دستگاه جداکن روغن

الف ــ جداکن روغن روی خط رانش نصب می شود.



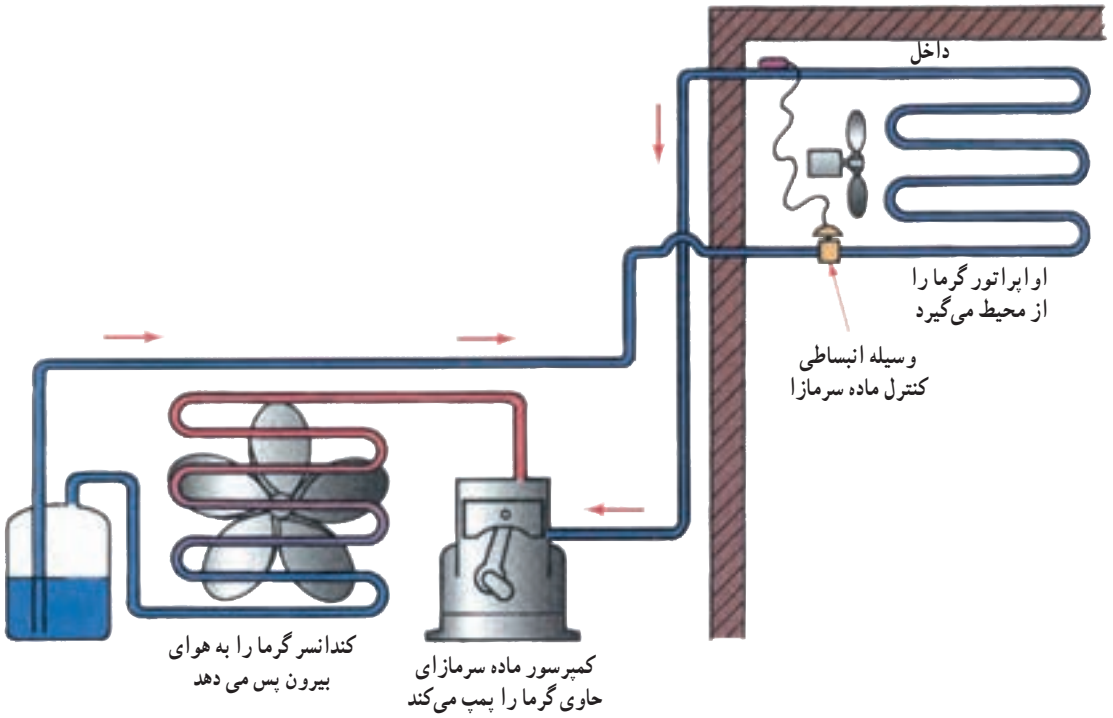
ب ــ این شیر شناوری مبرد مایع را مانند روغن به کمپرسور برمی‌گرداند. بنابراین باید گرم نگه داشته شود تا از تقطیر گاز مبرد جلوگیری شود.

شکل ۳ــ۷

۲ــ۷ــ مخزن مایع سرمازا[۱]

مطابق شکل ۴ــ۷ مخزن مایع سرمازا (رسیور) در انتهای کندانسر قرار می‌گیرد. تا در زمان کاهش بار سرمایی که به ماده سرمازای کمتری نیاز است ماده سرمازا در آن جمع شود. در این حالت سطح مایع در مخزن بالاتر می‌رود. در زمان افزایش بار سرمایی، مادهٔ سرمازای بیشتری جریان یافته و سطح مایع در مخزن پایین می‌رود.

استفاده دیگر مخزن در هنگام تعمیر سیستم است. در هنگام تعمیر تمام ماده سرمازا را در مخزن جمع می‌کنند تا از آزاد شدن آن در جو و هدر رفتن جلوگیری شود. به غیر از سیستم‌های تبرید خانگی (یخچال و فریزر) در اغلب سیستم‌های تبرید با کندانسر هوایی مخزن مایع مبرد (رسیور) وجود دارد. در سیستم‌های برودتی با کندانسر آبی، قسمت پایین پوسته به‌عنوان رسیور عمل می‌کند.

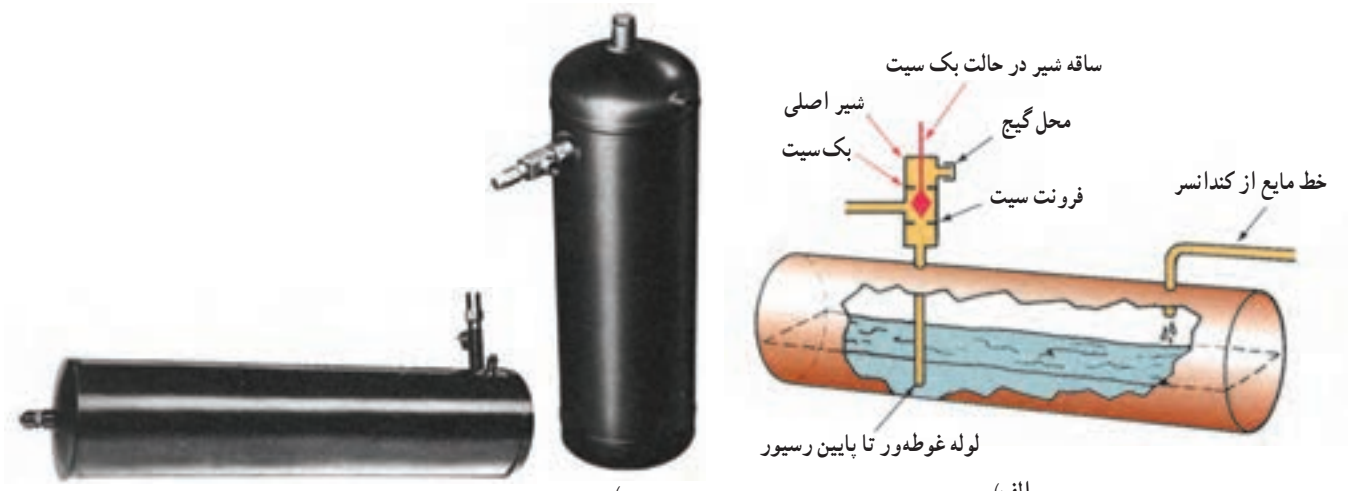


شکل ۴ــ۷ــ چگونگی قرارگیری رسیور در دستگاه سردکننده

رسیورها استوانه‌ای شکل بوده و در دو نوع افقی و عمودی ساخته و نصب می‌شوند (شکل ۵ــ۷). نوع افقی معمولاً زیر قاب موتور کمپرسور و نوع عمودی در کنار کندانسر و کمپرسور روی شاسی واحد تقطیر نصب می‌شوند. خروج مایع مبرد در هر دو نوع مخزن، از قسمت پایین انجام می‌شود تا بتواند مایع مبرد خالص را به‌طرف شیر انبساط بفرستد.

در شکل ۵ــ۷ الف اگر شیر در حالت فرونت سیت باشد مایع از رسیور خارج نمی‌شود، در حالتی که شیر بک سیت است راه خروج مایع باز است.

۱ــ Receiver



شکل ۵ــ۷ــ رسیور افقی و عمودی

۳ــ۷ــ فیلتر درایر[۱]

فیلتر درایر وسیله‌ای است که مواد خارجی را از مبرد می‌گیرد. این مواد خارجی می‌تواند خاک، روان‌ساز لحیم کاری، رطوبت و اسید تولید شده به‌وسیله رطوبت باشد. گرفتن مواد خارجی و رطوبت توسط مواد مختلف فشرده شده در داخل درایر انجام می‌گیرد. آلومینای فعال شده[۲]، سلیکاژل[۳] مواد رطوبت‌گیر متداول مورد استفاده در فیلتر درایر می‌باشند. یک توری ریز در خروجی فیلتر درایر قرار می‌گیرد تا از گردش ناخالصی‌ها در سیستم جلوگیری شود. فیلتر درایر به دو صورت دائمی و با هسته قابل تعویض عرضه می‌شوند.

شکل ۶ــ۷ یک سری از فیلتر درایرهای کوچک را که در سیستم‌های کم‌ظرفیت قابل استفاده هستند نشان می‌دهد. فیلترهای درایر در خط مایع بعد از کندانسر و رسیور و قبل از لوله مویین یا شیر انبساط نصب می‌شوند.

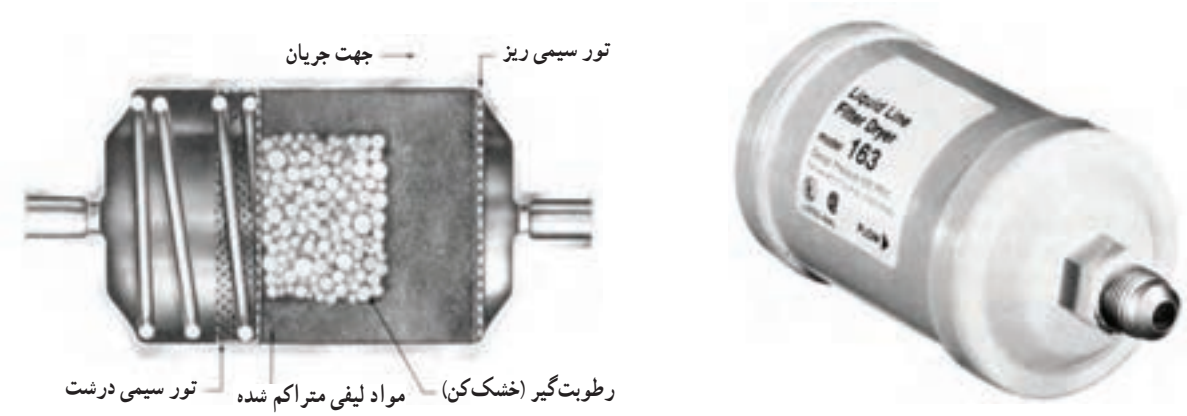
شکل ۷ــ۷ یک فیلتر درایر بزرگ را که در محدودهٔ ظرفیت ۲ تا ۱۵ تن تبرید به‌کار می‌رود نشان می‌دهد.

برای سیستم‌های بزرگ از فیلتر درایر با هسته قابل تعویض استفاده می‌شود (شکل ۸ــ۷ــ الف). قطعات داخلی یک فیلتر

شکل ۶ــ۷ــ فیلتر درایر قابل استفاده در سیستم‌های تبرید کوچک

درایر با دو عدد هسته رطوبت گیر (کور درایر)[۴] در شکل ۸ــ۷ــب نشان داده شده است.

۱ــ Filter Drier
۲ــ Activated alumina
۳ــ Silica Gel
۴ــ Coredrier



شکل ۷ــ۷ــ فیلتر درایر خط مایع قابل استفاده در ظرفیت‌های ۲ تا ۱۵تن تبرید

الف) با هسته قابل تعویض

ب) اجزای فیلتر درایر

شکل ۸ ــ۷ــ فیلتر درایر

۴ــ۷ــ سایت‌گلاس (شیشه‌رؤیت)[۱]

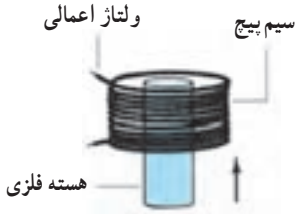
سایت‌گلاس در خط مایع درست قبل از شیر انبساط و بعد از هر وسیله جانبی دیگر خط مایع، نصب می‌شود. اگر مبرد داخل سایت‌گلاس به‌صورت حباب‌دار و سفید باشد نشانه آن است که مقدار مایعی که عبور می‌کند کم است. بیشتر سایت‌گلاس‌ها رطوبت داخل سیستم را نیز نشان می‌دهند. نشانگر رطوبت در وسط شیشه سایت‌گلاس نصب می‌شود. وجود رطوبت در سیستم با تغییر رنگ «نشانگر رطوبت» مشخص می‌شود. مثلاً رنگ آبی نشان‌دهندهٔ نبودن رطوبت و رنگ زرد نشان‌دهندهٔ وجود رطوبت در سیستم است. (شکل ۹ــ۷)

۱ــ sight glass

شکل ۹ــ۷ــ سایت‌گلاس (شیشه رؤیت)

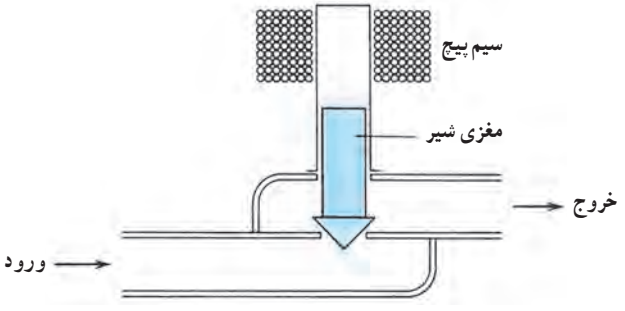
۵ــ۷ــ شیر برقی

شیر برقی وسیله‌ای است که برای باز و بسته کردن مسیر مایع مبرد در اثر فرمان ترموستات به‌کار می‌رود. شیر برقی از یک کویل الکتریکی (سیم‌پیچ) و یک مغزی فلزی و بدنه تشکیل شده است. وقتی‌که انرژی الکتریکی به سیم‌پیچ اعمال می‌شود یک میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد شده که باعث حرکت مغزی فلزی داخل سیم‌پیچ می‌شود (شکل ۱۰ــ۷).



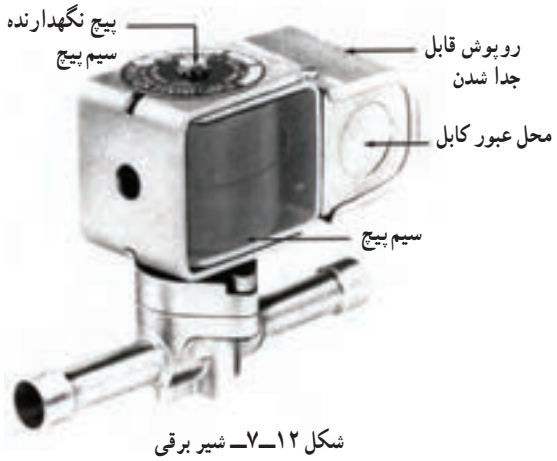
شکل ۱۰ــ۷ــ سیم‌پیچ به‌علاوه هسته فلزی شیر برقی

شکل ۱۱ــ۷ مکانیزم حرکت یک شیر برقی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ــ۷ــ مکانیزم کار شیر برقی

عموماً شیرهای برقی در یک سیستم تبرید بین رسیور و شیر انبساط نصب می‌شوند در این موقعیت به‌نام شیر برقی خط مایع[1] نامیده می‌شود. شکل ۱۲ــ۷ نمای ظاهری یک شیر برقی را نشان می‌دهد.



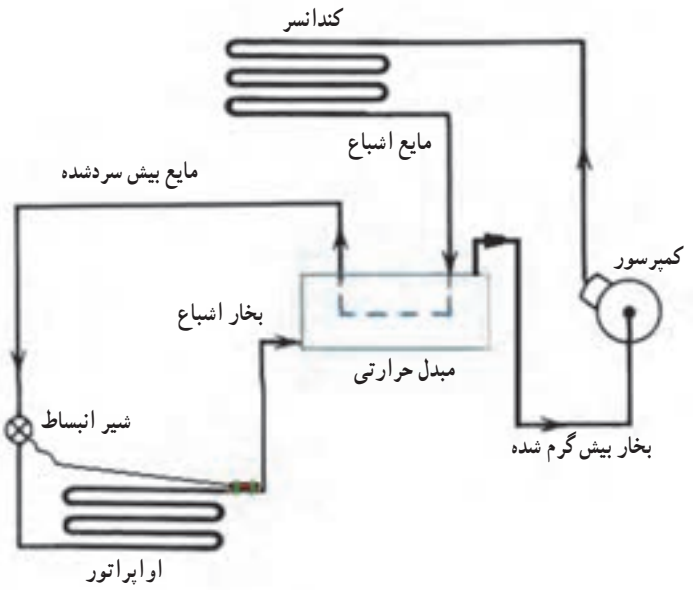
شکل ۱۲ــ۷ــ شیر برقی

۶ــ۷ــ مبدل گرمایی[2]

در سیستم‌های برودتی بیش سرد شدن مایع در ورود به شیر انبساط موجب افزایش راندمان اواپراتور می‌شود و همچنین بیش گرم شدن بخار مبرد در خروجی اواپراتور از ورود مایع به کمپرسور جلوگیری می‌نماید. برای بیش سرد شدن مایع مبرد و بیش گرم شدن بخار مبرد از مبدل گرمایی استفاده می‌شود. در مبدل گرمایی گاز خروجی از اواپراتور در اثر تبادل گرمایی با مایع خروجی از کندانسر بیش گرم و مایع خروجی از کندانسر بیش سرد می‌شود (شکل ۱۳ــ۷).

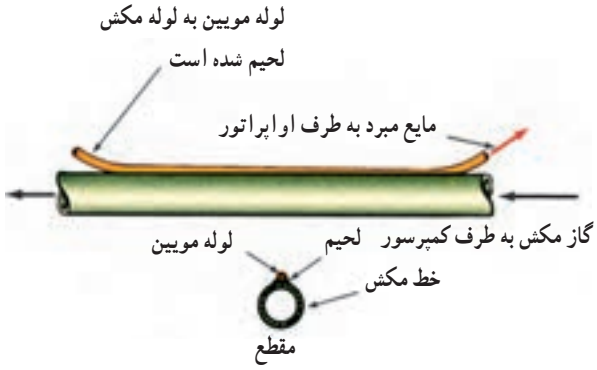
۱ــ Liquid line solenoid valve (LSV)

۲ــ Heat Exchanger

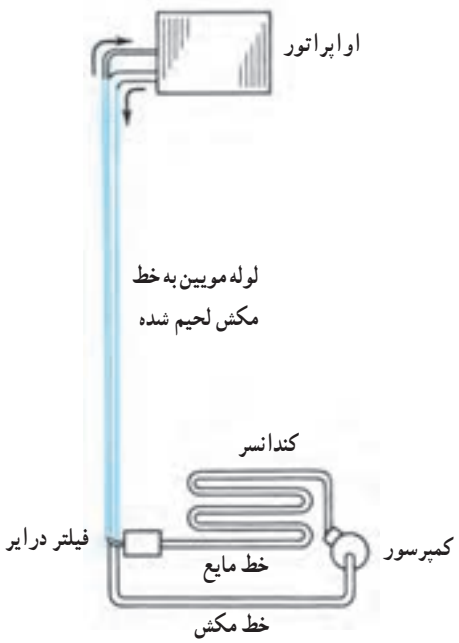


شکل ۱۳ــ۷ــ مبدل گرمایی جهت بیش سرد کردن مبرد در خط مایع و بیش گرم شدن بخار مبرد در خط مکش

در سیستم‌های کوچک خانگی مانند یخچال و یا فریزر که از لوله مویین به‌جای شیر انبساط استفاده می‌شود. لوله مویین را به لوله مکش لحیم می‌کنند تا تبادل گرمایی بهتری بین خط مکش و خط مایع انجام شود (شکل‌های ۱۴ــ۷).



الف ــ اتصال ساده خط مکش به خط مایع



ب ــ لحیم‌کاری لوله مویین به لوله خروجی اواپراتور و ایجاد یک مبدل گرمایی

شکل ۱۴ــ۷ــ مبدل گرمایی در سیستم کوچک

۷ــ۷ــ تله مایع مبرد (آکومولاتور)[۱]

شکل ۱۵ــ۷ یک دستگاه آکومولاتور را نشان می‌دهد که بین اواپراتور و کمپرسور نصب شده است. هدف از نصب تله مایع، جلوگیری از ورود مایع به کمپرسور است. ورود مایع از لوله مکش به داخل کمپرسور به لحاظ غیرقابل تراکم بودن آن، موجب وارد آمدن ضربات شدید از طرف پیستون به سرسیلندر،

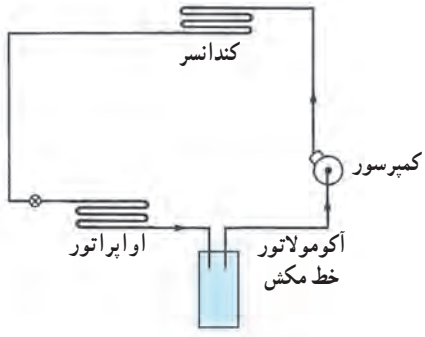
۱ــ Accumulator

که شکستن سوپاپ‌ها و سرسیلندر و ترکیدگی خود پیستون و خرابی‌های دیگری را به همراه دارد.

در شرایطی که ماده مبرد خروجی از شیر انبساط بیشتر از ظرفیت اواپراتور باشد. در خروجی اواپراتور با مایع مبرد مواجه می‌شویم در این شرایط مایع مبرد خارج شده از اواپراتور در آکومولاتور به تله خواهد افتاد و درحالی که از طریق پوستهٔ تله، جذب گرما می‌کند به‌تدریج تبخیر خواهد شد.

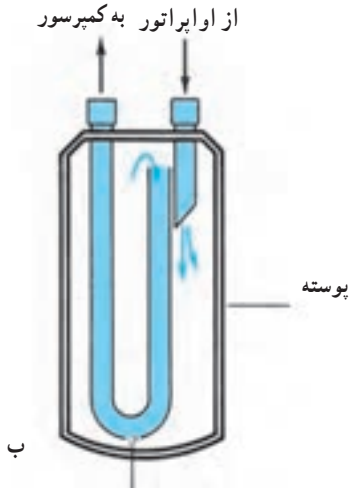
شکل‌های۱۶ــ۷ یک آکومولاتور خط مکش و برش خورده آن‌را نشان می‌دهند.

منفذ کوچکی در قسمت ته لوله U شکل وجود دارد وقتی که سطح روغن در آکومولاتور بالا می‌آید از راه این منفذ به داخل لوله مکش نفوذ کرده و به سمت کمپرسور برگشت می‌شود.



شکل ۱۵ــ۷ــ آکومولاتور در خط مکش نصب شده و مانع از رسیدن مایع مبرد به کمپرسور می‌شود.

الف



وقتی سطح روغن بالا می‌آید این سوراخ امکان برگشت روغن به کمپرسور را فراهم می‌کند.

شکل ۱۶ــ۷ــ الف) آکومولاتور خط مکش ب) شکل شماتیک آکومولاتور

۸ــ۷ــ شیر اطمینان کندانسر[1]

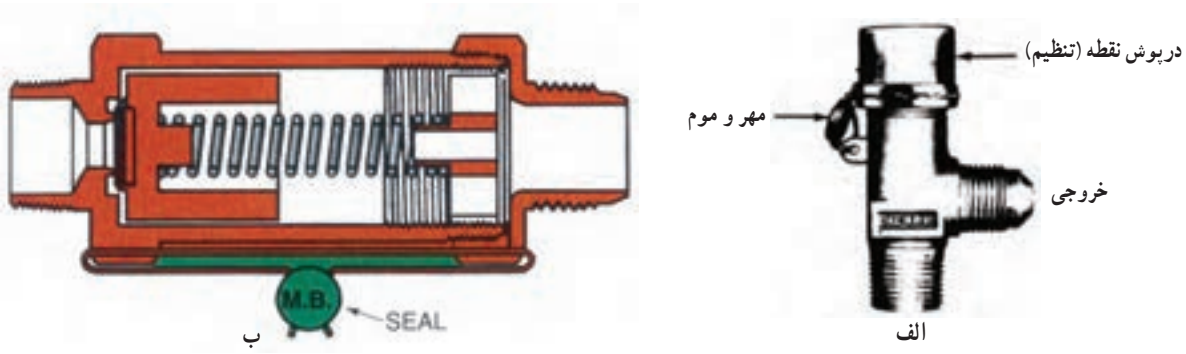
شیرهای اطمینان ظروف و مخازن را در فشار بالاتر از فشار طراحی محافظت می‌کنند. استفاده از این شیرها در اغلب استانداردهای معتبر توصیه شده است. در پوسته کندانسری که برای فشار ۲۰ آتمسفر طراحی شده است، اعمال فشار بیش ازحد باعث گسیختگی و انفجار می‌شود. معمولاً محل نصب شیر اطمینان روی پوسته کندانسر می‌باشد و نباید قطع کننده‌ای بین شیر اطمینان و کندانسر نصب گردد. شکل۱۷ــ۷ شیر اطمینان و برش خورده آن را نشان می‌دهد.

۹ــ۷ــ درپوش‌های ذوب‌شونده[2]

درپوش‌های ذوب‌شونده یکی دیگر از وسایل ایمنی است که عموماً روی کندانسر یا رسیور نصب می‌شوند (شکل۱۸ــ۷). این درپوش‌ها نظیر درپوش‌های استاندارد می‌باشند به‌جز این که

۱ــ Relief valve

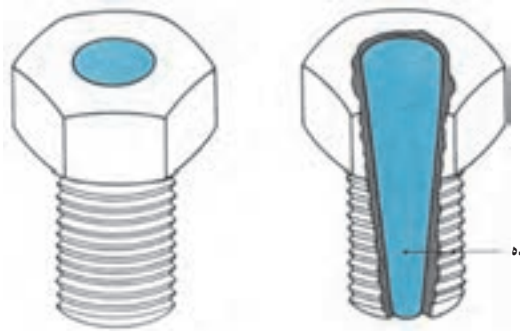
۲ــ Fusible caps



شکل ۱۷ــ ۷ــ الف) شیر اطمینان ب) برش خورده شیر اطمینان

وسط درپوش‌ها در طول، سوراخ شده و موادی را داخل آن‌ها ذوب کرده‌اند. دماهای استاندارد برای درپوش‌های ذوب‌شونده ۷۲°C، ۱۰۰°C، ۱۳۵°C می‌باشد. اعمال دماهای بیشتر از مقادیر فوق باعث ذوب شدن مواد داخل درپوش شده و مسیر مبرد به هوای بیرون باز می‌شود تا صدمات جدی بر سیستم وارد نیاید.

لازم است دقت شود که هیچ‌وقت درپوش‌های ذوب‌شونده با درپوش‌های معمولی تعویض نگردد.



شکل ۱۸ــ ۷ــ درپوش ذوب‌شونده

۱۰ــ۷ــ شیرهای سرویس[1] رانش و مکش کمپرسور

این شیرها در قسمت ورود و خروج گاز مبرد به کمپرسور نصب می‌شوند. شیری که در نقطهٔ ورود گاز به کمپرسور نصب شده است به‌نام شیر سرویس مکش و شیری که در محل خروج گاز از کمپرسور قرار دارد شیر سرویس رانش نامیده می‌شود. تنها اختلافی که بین این دو شیر سرویس وجود دارد معمولاً در اندازهٔ آن است. شیر سرویس مکش به علت عبور گاز مبرد با فشار کم، بزرگ‌تر می‌باشد زیرا بایستی حجم بیشتری از گاز را عبور دهد درحالی که شیر سرویس رانش که گاز با فشار زیاد و متراکم‌تری را عبور می‌دهد کوچک‌تر است.

با وجود این شیرها، انجام سرویس و تعمیر در سیستم‌های سردکننده به‌سهولت انجام می‌گیرد. ساختمان شیرهای سرویس به تعمیرکار آن کمک می‌کند تا انجام عملیاتی مانند وکیوم، شارژ گاز، شارژ روغن، جدا کردن کمپرسور برای تعمیر راحت‌تر انجام دهند. در شکل ۱۹ــ۷ یک نمونه شیر سرویس و ساختمان داخلی آن نشان داده شده است.

۱۱ــ۷ــ هیتر کارتر کمپرسور[2]

هیتر کارتر یک گرمکن الکتریکی است که برای گرم کردن محفظه میل‌لنگ (کارتر) استفاده می‌شود.

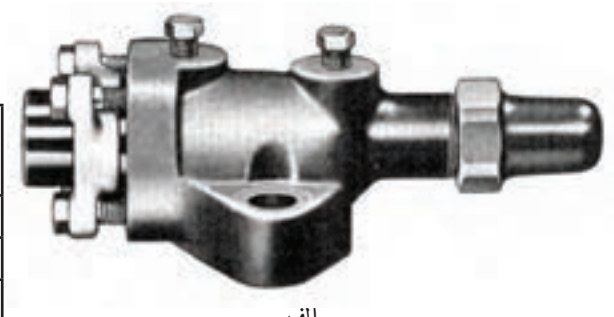
هدف از کاربرد هیتر این است که دمای کارتر را به اندازهٔ کافی گرم نگه بداریم تا از حل شدن مقدار قابل ملاحظه ماده مبرد در روغن جلوگیری شود. در غیر این‌صورت وقتی کمپرسور راه‌اندازی می‌شود مایع مبردی که در روغن حل شده است تغییر حالت ناگهانی (فلاش) می‌کند و مخلوط روغن و مبرد به‌صورت کف درآمده و مقدار زیادی روغن به همراه ماده سرمازا کمپرسور را ترک می‌کند.

چند نوع هیتر کارتر درشکل ۲۰ــ۷ نشان داده شده است.

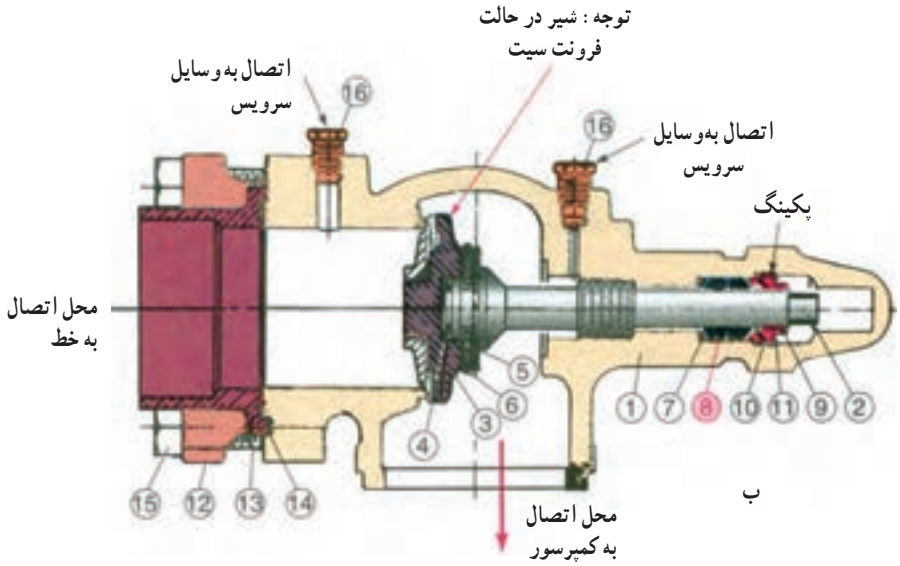
۱ــ Service Valves

۲ــ Crank Case Heater

PCE NO.	DESCRIPTION	QUAN
1	BODY	1
2	STEM	1
3	SEAT DISC ASS´Y	1
4	DISC SPRING	1
5	DISC PIN	4
6	RETAINER RING	1
7	PACKING WASHER	1
8	PACKING	2*
9	PACKING GLAND	1
10	CAP	1
11	CAP GASKET	1
12	FLANGE	1
13	ADAPTER	1
14	GASKET	1
15	CAPSCREW	4
16	PIPE PLUG	2



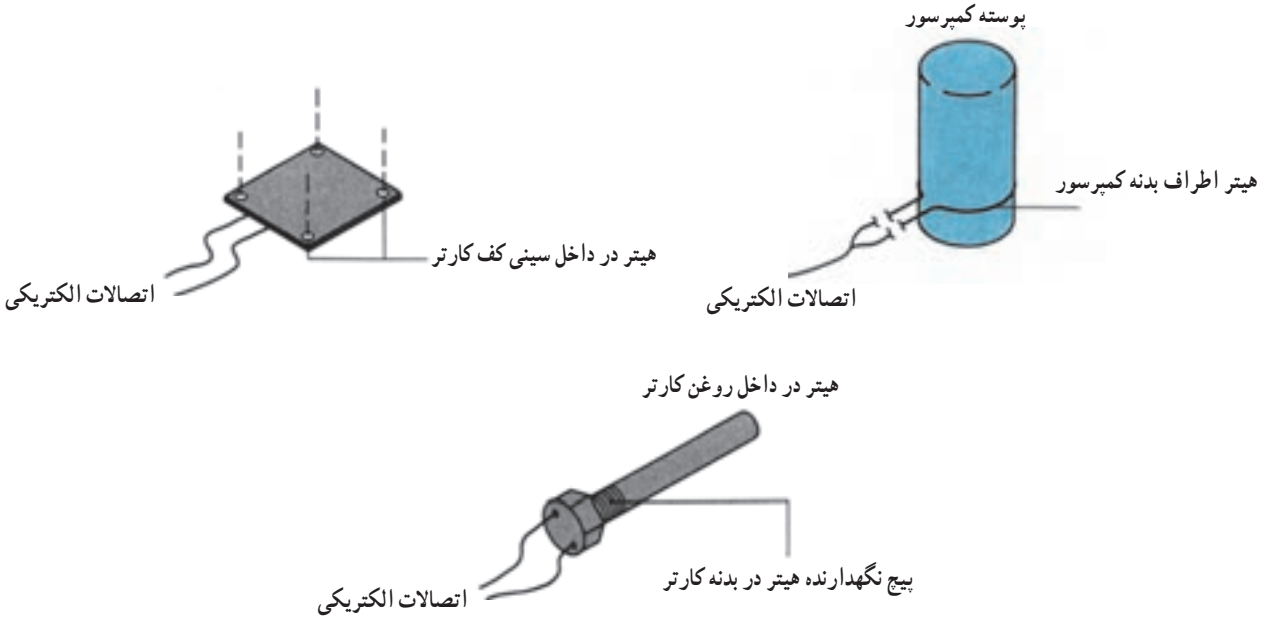
الف



ب

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

شکل ۱۹ــ۷ــ الف) شیر سرویس ب) برش خورده شیر سرویس



شکل ۲۰ــ۷ــ چند نوع هیتر روغن کارتر کمپرسور

هیتر می‌تواند در صفحهٔ زیرین کمپرسور یا به‌صورت کمربند دور بدنه باشد و یا این‌که با استفاده از یک غلاف داخل کارتر رفته و مستقیماً روغن مبرد را گرم می‌کند. برای کنترل هیتر بایستی طوری عمل شود که در زمان خاموشی کمپرسور هیتر انرژی‌دار شده و کار کند و در زمان استارت کمپرسور از مدار خارج شود. سازندگان کمپرسور اغلب سفارش می‌کنند که هیتر ۲۴ ساعت قبل از کمپرسور وارد مدار شود و روغن را گرم کند تا از عدم وجود مبرد حل شده داخل روغن مطمئن شوند.

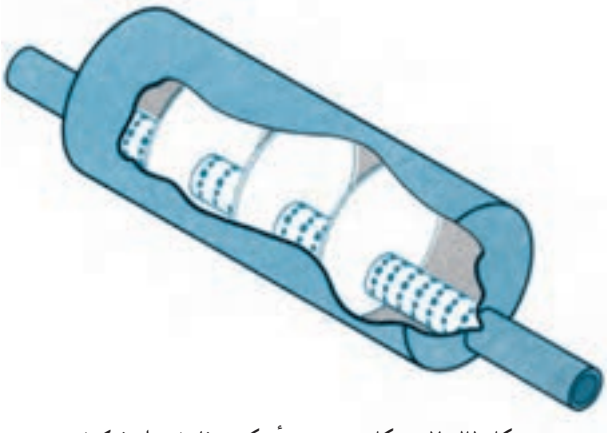
۱۲ــ۷ــ صدا خفه‌کن[۱]

به همان دلیل که در اتومبیل‌ها برای کاهش صدای موتور از انباره اگزوز استفاده می‌شود بعضی مواقع در سیستم‌های تبرید نیز از صدا خفه‌کن یا موفلر استفاده می‌شود. صدا خفه‌کن‌ها می‌توانند در داخل یا خارج پوسته کمپرسور نصب گردند. بعضی از کارخانجات سازنده صدا خفه‌کن را در خط رانش در داخل پوسته کمپرسور جاسازی و نصب می‌کنند و نیز می‌توان صدا خفه‌کن را به‌صورت مجزا در خارج کمپرسور روی خط رانش نصب کرد.

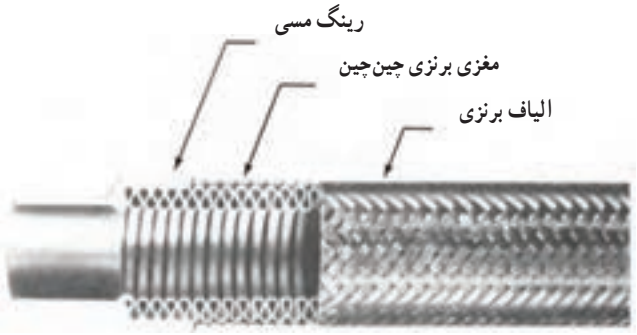
شکل ۲۱ــ۷ یک دستگاه صدا خفه‌کن را نشان می‌دهد. وقتی که گاز داغ از داخل صدا خفه‌کن عبور می‌کند سطح صدا پایین می‌آید. صدا خفه‌کن‌ها در خط رانش کمپرسور باید به‌صورت صحیح نصب شوند تا از به تله افتادن مقدار زیادی روغن در اثر کاهش سرعت گاز داغ جلوگیری شود. چنانچه در شکل دیده می‌شود برای جلوگیری از جمع شدن روغن در داخل صدا خفه‌کن اتصالات ورود و خروج ، خارج از مرکز درنظر گرفته شده است. زمانی که قرار باشد موفلر در خط افق نصب شود بایستی اتصالات ورود و خروج آن در قسمت پایین قرار بگیرد. برای نصب در خط‌های قائم، جهت جریان مبرد در داخل موفلر حتماً به سمت پایین باشد.

۱۳ــ۷ــ لرزه‌گیر[۲]

لرزه‌گیرها وسایلی هستند که مانع از انتقال لرزش کمپرسور به لوله‌های سیستم تبرید می‌شوند شکل‌های ۲۲ــ۷ و ۲۳ــ۷ نشان‌دهنده لرزه‌گیر و موقعیت نصب آن در سیستم تبرید است. مزیت استفاده از لرزه‌گیر در کاهش صدا و جلوگیری از بزرگ شدن نشت‌های ریز احتمالی در اتصالات می‌باشد. لرزه‌گیرها در اولین قسمت ممکن روی لوله‌های رانش و مکش کمپرسور نصب می‌شوند و ضمناً پس از لرزه‌گیر، لوله به‌طور مناسب و محکم با بست ثابت می‌شود تا لرزش کمپرسور به قسمت‌های دیگر غیر از یونیت منتقل نشود.



شکل ۲۱ــ۷ــ شکل برش خوردهٔ یک موفلر (صدا خفه‌کن)



شکل ۲۲ــ۷ــ لرزه‌گیر

۱ــ Muffler

۲ــ Vibration Eliminator

شکل۲۳ــ۷ــ نحوه اتصال لرزه‌گیر در خط مکش و رانش کمپرسور

۱۴ــ ۷ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱ــ کدام یک بین کمپرسور و کندانسر نصب می‌شود؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

الف) آکومولاتور　　ب) جداکننده روغن

ج) رسیور　　د) فیلتر درایر

۲ــ خروج مایع مبرد از قسمت ..... مخزن مایع سرمازا انجام می‌شود.

الف) پایین　　ب) بالا

ج) کنار مخزن　　د) کنار یا بالا

۳ــ تغییر رنگ "نشان دهنده " در وسط شیشه سایت گلاس مشخص کننده کدام مورد است؟

الف) وجود روغن　　ب) کمبود مایع مبرد

ج) افزایش فشار　　د) وجود رطوبت

۴ــ محل نصب آکومولاتور کجاست؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

الف) بین کمپرسور و اواپراتور　　ب) بین کمپرسور و کندانسر

ج) بین کندانسر و شیر انبساط　　د) قبل از اواپراتور

۵ــ علت استفاده از هیتر در کارتر کمپرسور چیست؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

الف) جلوگیری از غلیظ شدن روغن　　ب) تبخیر رطوبت موجود در روغن

ج) جلوگیری از حل شدن مبرد در روغن　　د) جلوگیری از آزاد شدن موم روغن

پرسش‌های درست و نادرست

۶ــ مخزن رسیور در انتهای اواپراتور نصب می‌شود.

☐ درست　　☐ نادرست

۷ــ فیلتر درایر در خط مایع بعد از کندانسر و رسیور و قبل از لوله مویین نصب می‌شود.

☐ درست　　☐ نادرست

۸ــ سایت گلاس در خط مایع قبل از شیر انبساط و بعد از هر وسیله جنبی دیگر خط مایع نصب می‌شود.

☐ درست　　☐ نادرست

۹ــ در یخچال، لوله مویین را به لولهٔ مکش لحیم می‌کنند تا روغن از مبرد جدا شود.

☐ درست　　☐ نادرست

۱۰ــ ورود مایع مبرد به کمپرسور سبب شکستن سوپاپ‌های کمپرسور می‌شود.

☐ درست　　☐ نادرست

۱۱ــ هیتر کارتر کمپرسور در زمان خاموشی کمپرسور نبایستی خاموش باشد.

☐ درست　　☐ نادرست

۱۲ــ لرزه‌گیرها در اولین قسمت ممکن بر روی لوله‌های رانش و مکش کمپرسور نصب می‌شوند.
☐ درست ☐ نادرست

پرسش‌های کامل کردنی

۱۳ــ در سیستم‌های بزرگ از فیلتر درایر با ..... استفاده می‌شود.
۱۴ــ شیر برقی در سیستم تبرید بین ..... و ..... نصب می‌شود.
۱۵ــ هدف از نصب تله مایع جلوگیری از ورود مایع به ..... است.
۱۶ــ معمولاً شیر انبساط بر روی ..... نصب می‌شود.
۱۷ــ مزیت استفاده از ..... کاهش صدا و جلوگیری از بزرگ شدن نشت‌های ریز احتمالی در اتصالات است.
۱۸ــ اگر مبرد در داخل سایت گلاس به‌صورت ..... باشد، نشانه کمبود مایع مبرد است. (امتحان نهایی ــ دی ۸۹)

واژه مناسب جاهای خالی سؤالات ۱۹ تا ۲۳ را بنویسید.

«بیش سرد نمودن ــ بیش گرم نمودن ــ شیر انبساط ــ رطوبت‌گیر ــ رسیور ــ درپوش ذوب‌شونده ــ شیر سرویس»
۱۹ــ در سیستم‌های برودتی با کندانسر آبی، قسمت پایین پوسته به‌عنوان ..... عمل می‌کند.
۲۰ــ سایت گلاس درست قبل از ..... نصب می‌شود.
۲۱ــ از مبدل گرمایی برای ..... بخار مبرد استفاده می‌شود.
۲۲ــ ..... یکی از وسایل ایمنی است که بر روی کندانسر یا رسیور نصب می‌شود.
۲۳ــ وسایلی مانند ..... به تعمیرکاران کمک می‌کند تا شارژ گاز راحت‌تر انجام شود.

پرسش‌های تشریحی

۲۴ــ علت به‌کارگیری تجهیزات جانبی دستگاه‌های سردکننده چیست؟
۲۵ــ هدف از نصب جداکننده روغن در سیستم‌های تبرید را بیان کنید.
۲۶ــ علت جدا شدن روغن از ماده مبرد را در یک جداکننده روغن، توضیح دهید.
۲۷ــ نحوه برگشت روغن به‌داخل کارتر کمپرسور را از یک جداکننده روغن بیان کنید.
۲۸ــ علت نصب رسیور در سیستم‌های تبرید را شرح دهید.
۲۹ــ علت نصب فیلتر درایر را بنویسید.
۳۰ــ از آلومینای فعال شده و سلیکاژل در داخل کدام یک از وسایل سیستم تبرید استفاده می‌شود؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۸۹)
۳۱ــ سایت گلاس چیست و محل نصب آن را در سیستم تبرید ذکر کنید.
۳۲ــ شیر برقی چیست؟
۳۳ــ قسمت‌های مختلف شیر برقی را ذکر کنید.

۳۴ــ علت نصب مبدل حرارتی در سیستم‌های تبرید را بنویسید.

۳۵ــ در سیستم‌های برودتی کم ظرفیت (یخچال‌های خانگی) نحوه نصب مبدل حرارتی را بیان کنید.

۳۶ــ در یک تله مایع مبرد، روغن مبرد نیز به تله خواهد افتاد؛ نحوه برگشت روغن به‌داخل کمپرسور را توضیح دهید

۳۷ــ علت نصب درپوش‌های ذوب شونده را بنویسید.

۳۸ــ محل نصب شیرهای سرویس رانش و مکش و مشخصات هر شیر را بنویسید.

۳۹ــ محل نصب صدا خفه‌کن و علت نصب آن را در سیستم‌های تبرید توضیح دهید.

۴۰ــ نحوهٔ نصب صدا خفه‌کن در شرایط افقی و عمودی را شرح دهید.

فصل هشتم

R407A
R500
R502
R114
R12
R22
R402A
R407C
R410A
R404A
R134A
R507
R401B
R406A
R508B
R13
R23
R503
R124
R409A
R401A
R13
R503
R508B
R23
134a
502
22
12

فصل هشتم

مواد سرمازا و روغن‌ها

پس از پایان آموزش این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ تأثیر مواد سرمازا بر محیط زیست را شرح دهد.

۲ــ اثر گلخانه‌ای را توضیح دهد.

۳ــ ضریب BDP (توانایی ضریب لایه ازن) را بیان کند.

۴ــ مواد سرمازای هالوکربنی را توضیح دهد.

۵ــ CFC ها، HCFC و HFC را با معرفی نمونه شرح دهد.

۶ــ مواد سرمازای پایه معدنی را با معرفی نمونه‌ها شرح دهد.

۷ــ روش شماره‌گذاری مواد سرمازا را توضیح دهد.

۸ــ ویژگی‌های مواد سرمازا را شرح دهد.

۹ــ سازگاری مواد سرمازا را شرح دهد.

۱۰ــ رنگ کپسول مواد سرمازای متداول را معرفی کند.

۱۱ــ سیالات کریوژنیک را معرفی کند.

۱۲ــ هدف از کاربرد روغن‌ها را در سیستم تبرید توضیح دهد.

۱۳ــ ویژگی‌های روغن مورد استفاده در سیستم تبرید را توضیح دهد.

۱۴ــ انواع روغن‌های مورد استفاده در سیستم تبرید را معرفی کند.

۸ــ مواد سرمازا و روغن‌ها

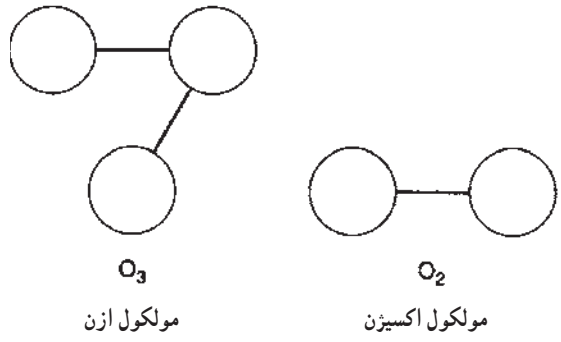
در یک سیستم سردکننده سیالی که به طور پیوسته گرما را در اواپراتور جذب و از کندانسور دفع نماید ماده سرمازا (مبرد) نامیده می‌شود.

۸ــ۱ مواد سرمازا و محیط زیست

اُزن شکلی خاص از اکسیژن است که مولکول‌های آن شامل ۳ اتم اکسیژن است (O_3) و مولکول اکسیژن که ما تنفس می‌کنیم دو اتم اکسیژن دارد (شکل ۱ــ۸).

گاز ازن در لایه‌های بالای جو زمین و در ۱۳ تا ۴۸ کیلومتری بالای سطح زمین قرار دارد که این لایه از رسیدن پرتوهای ماوراء بنفش خورشید به سطح زمین جلوگیری می‌کند (شکل ۲ــ۸).

نور خورشید مولکول ازن (O_3) را شکسته و آن را به

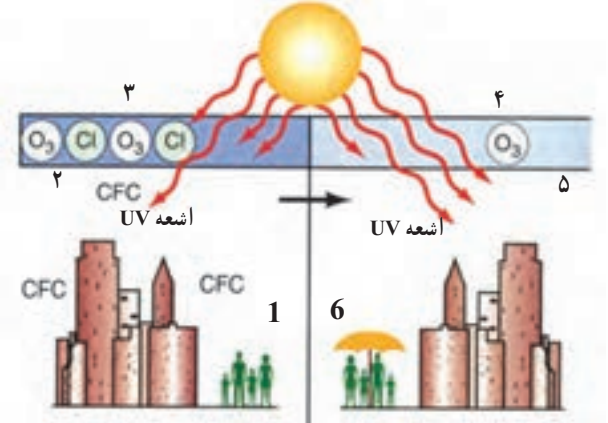


شکل ۱ــ۸ ــ مولکول ازن و اکسیژن

شکل ۲ــ ۸ ــ لایه‌های جو زمین

مولکول اکسیژن (O_2) و یک اکسیژن آزاد (O) تبدیل می‌کند. در همان زمان از طریق فتوسنتز و ترکیب مولکول اکسیژن (O_2) با یک اکسیژن آزاد دیگر (O) ازن بیشتری تولید می‌شود، ازن به طور دایمی ساخته شده و در لایهٔ فوقانی جو تخریب می‌شود و این موازنه میلیون‌ها سال است که ادامه دارد. ترکیبات شیمیایی کلردار ساخت بشر این روند دقیق را از موازنه خارج کرده است. یک مولکول کلردار می‌تواند تعداد زیادی مولکول ازن را از بین برده و باعث شود اشعه ماوراء بنفش بیشتری به زمین برسد و این اشعه برای انسان‌ها، حیوانات و گیاهان خطرناک است و سبب افزایش سرطان‌های پوست، افزایش آب مروارید در انسان‌ها و حیوانات، ضعف سیستم ایمنی انسان و کاهش زندگی گیاهی و دریایی می‌شود (شکل ۳ــ۸). براساس توافقنامه مونترال کانادا، مواد شیمیایی دارای کلر و برم و حلال‌ها (مانند مواد دمش فوم، حشره‌کش‌های خاص، مواد اطفاء حریق) طبق برنامه زمان‌بندی خاصی از رده‌ی مصرف خارج می‌شوند.

قابل توجه است که تعدادی از مبردها باعث افزایش دمای کره زمین می‌شوند که به آن‌ها گازهای گلخانه‌ای گفته می‌شود.



۱ــ CFCها در جو رها می‌شوند
۲ــ CFCها داخل لایه ازن می‌شوند
۳ــ اشعه UV اتم Cl را از CFCها آزاد می‌کند.
۴ــ Cl ازن را تخریب می‌کند
۵ ــ تخریب بیشتر ازن
اشعه UV بیش‌تر
۶ ــ اشعه UV بیشتر

شکل ۳ــ ۸ ــ تخریب لایه ازن توسط ترکیبات کلردار

۲ــ ۸ ــ اثر گلخانه‌ای

اثر گلخانه‌ای چیست؟ گازهای گلخانه‌ای چه گازهایی هستند؟

به مجموعه‌ای از گازها که مقداری از انرژی خورشید را در جو نگه می‌دارند و باعث گرم‌شدن جو می‌شوند، گازهای گلخانه‌ای می‌گویند. بخارآب (H_2O)، دی‌اکسید کربن(CO_2)، دی اکسید نیتروژن(NO_2) و متان(CH_4) گازهای گلخانه‌ای هستند. اگراین گازها نبودند انرژی گرمایی خورشید مجدداً به فضا برمی‌گشت و هوای زمین ۳۳ درجه سلسیوس سردتر از هوای فعلی می‌شد.

اثر گلخانه‌ای به افزایش دمای زمین در اثر وجود گازهای گلخانه‌ای درجو زمین گفته می‌شود.

آیا می‌دانیدچرابه این گازها، گازهای گلخانه‌ای می‌گوییم؟

گلخانه یک اتاق شیشه‌ای است که نور خورشید از شیشه‌های آن به داخل می‌تابد و هوای گلخانه را گرم می‌کند، اما

شیشه‌های گلخانه اجازه نمی‌دهند این هوای گرم از گلخانه خارج شود، هوایی که در اطراف ماست شبیه یک گلخانه است. گازهای گلخانه در جو درست مثل شیشه‌های گلخانه عمل می‌کنند. نور خورشید پس از عبور از لایه‌های گازهای گلخانه‌ای وارد جو زمین می‌شود. زمانی که نور خورشید به سطح زمین می‌رسد مقداری از انرژی گرمایی آن توسط خاک، آب و سایر موجودات جذب می‌شود، مقداری هم درجو زمین می‌ماند و باقیمانده آن به فضا برمی‌گردد. اگر مقدار گازهای گلخانه‌ای در جو از حد طبیعی بالاتر باشد، انرژی کمتری به فضا برمی‌گردد، درنتیجه جو زمین گرم‌تر می‌شود و به دنبال آن دمای کره زمین بالا می‌رود.

اثر گلخانه‌ای، کره زمین را به اندازه‌ای گرم نگه می‌دارد که ما انسان‌ها بتوانیم بر روی آن زندگی کنیم، اما اگر اثر گلخانه‌ای شدت یابد ممکن است دمای زمین به قدری زیاد شود که ما و بقیه گیاهان و جانوران نتوانیم گرمای آن را تحمل کنیم.

در ۱۰۰ سال گذشته دمای کره زمین ۰/۴ درجه سلسیوس زیادتر شده است و همین امر دانشمندان را نگران کرده است.

۳ــ۸ــ ضریب ODP[1]

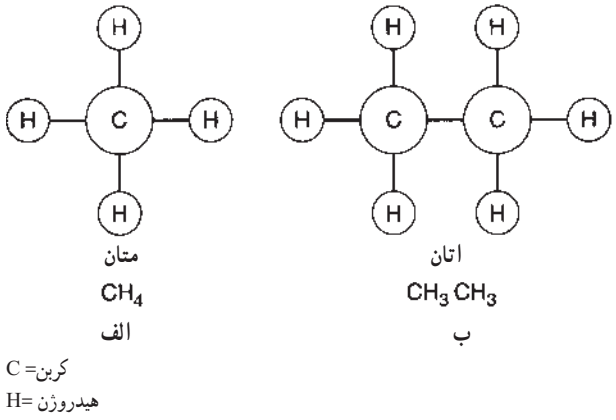
این ضریب توانایی مادهٔ سرمازا در تخریب لایه ازن را مشخص می‌کند. مواد سرمازای ۱۱ــ R و ۱۲ــ R با داشتن اثر تخریبی بیشتر لایه ازن دارای ODP=۱ بوده و سایر مواد سرمازا نسبت به آن سنجیده می‌شوند. تمامی مواد سرمازایی که دارای ODP غیر صفر می‌باشند باید به تدریج از چرخه بازار مصرف خارج شوند.

در جدول۴ــ۸ نام چند ماده سرمازا با فرمول شیمیایی و مقدار ODP با درجه ایمنی آورده شده است.

جدول ۴ــ۸ــ نام، فرمول شیمیایی، ODP و کلاس ایمنی تعدادی از مواد سرمازا

نام مبرد	فرمول شیمیایی مبرد	مقدار ODP	کلاس ایمنی
R ــ۱۱	CCl_3F	۱/۰	A_1
R ــ۱۲	CCl_2F_2	۱/۰	A_1
R ــ۱۱۳	CCl_2FCClF_2	۰/۸	A_1
R ــ۱۱۴	$CClF_2CClF_2$	۱/۰	A_1
R ــ۱۱۵	$CClF_2CF_3$	۰/۶	A_1
R ــ۵۰۰	CFC ــ۱۲(۷۳/۸٪)/HFC ــ۱۵۲a (۲۶/۲٪)	۰/۷۴	A_1
R ــ۵۰۲	HCFC ــ۲۲(۴۸/۸٪)/CFC ــ ۱۱۵ (۵۱/۲٪)	۰/۳۳	A_1
R ــ۲۲	$CHClF_2$	۰/۰۵	A_1
R ــ۱۲۳	$CHCl_2CF_3$	۰/۰۲	B_1
R ــ۱۲۴	$CHClFCF_3$	۰/۰۲	A_1
R ــ۱۴۲b	CH_3CClF_2	۰/۰۶	A_1
R ــ۱۲۵	CHF_2CF_3	۰	A_1
R ــ ۱۳۴a	CF_3CH_2F	۰	A_1
R ــ ۱۵۲a	CH_3CHF_2	۰	A_2

۱ ــ Ozone Depletion Potential



شکل ۵ــ ۸ ــ مولکول اتان و متان

دراستاندارد ANSI مواد مبرد از لحاظ سمی بودن در دو کلاس A و B دسته‌بندی شده‌اند. کلاس A شامل مبردهایی است که درجه سمی بودن آن‌ها پایین است و کلاس B شامل مبردهایی است که درجه سمی بودن آن‌ها بالا است و همچنین مبردها به لحاظ قابلیت اشتعال در سه کلاس ۱، ۲ و ۳ قرار داده شده‌اند.

بنابراین مبردها به لحاظ ایمنی به قرار زیر دسته‌بندی شده‌اند :

A۱ درجه سمی پایین و غیر قابل اشتعال
A۲ درجه سمی پایین و قابلیت اشتعال کم
A۳ درجه سمی پایین و قابلیت اشتعال بالا
B۱ درجه سمی بالا و غیر قابل اشتعال
B۲ درجه سمی بالا و قابلیت اشتعال کم
B۳ درجه سمی بالا و قابلیت اشتعال بالا

۴ــ ۸ ــ مواد سرمازای هالوکربنی

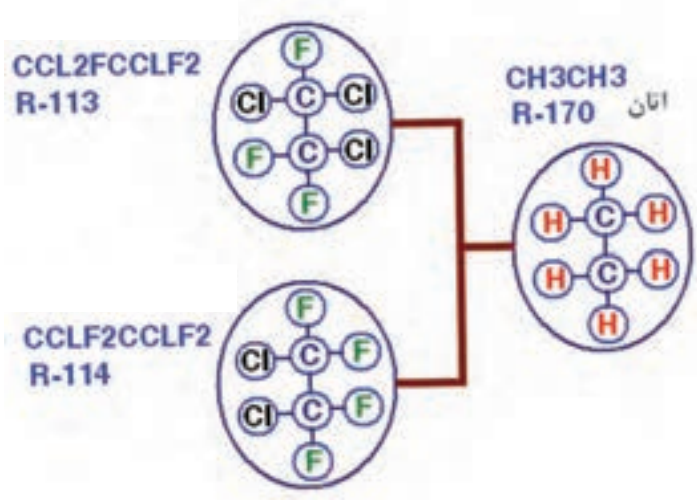
مواد سرمازای هالوکربنی، اغلب از دو مولکول متان واتان ساخته شده‌اند. این‌دو مولکول شامل هیدروژن و کربن می‌باشند و به آن‌ها هیدروکربن خالص می‌گویند (شکل۵ ــ ۸).

هرگاه تعدادی از اتم‌های هیدروژن (H) از ساختار مولکولی اتان یا متان برداشته شوند و اتم‌های کلر (Cl) یافلوئور(F) یا هردو جایگزین آنها شوند مولکول‌های جدیدی ایجاد می‌شودکه به آنها مواد سرمازای هالوکربنی گویند.

شکل‌های ۶ ــ ۸ و ۷ــ ۸ چگونگی ساخت مواد سرمازای هالوکربنی[1] را نشان می‌دهد.

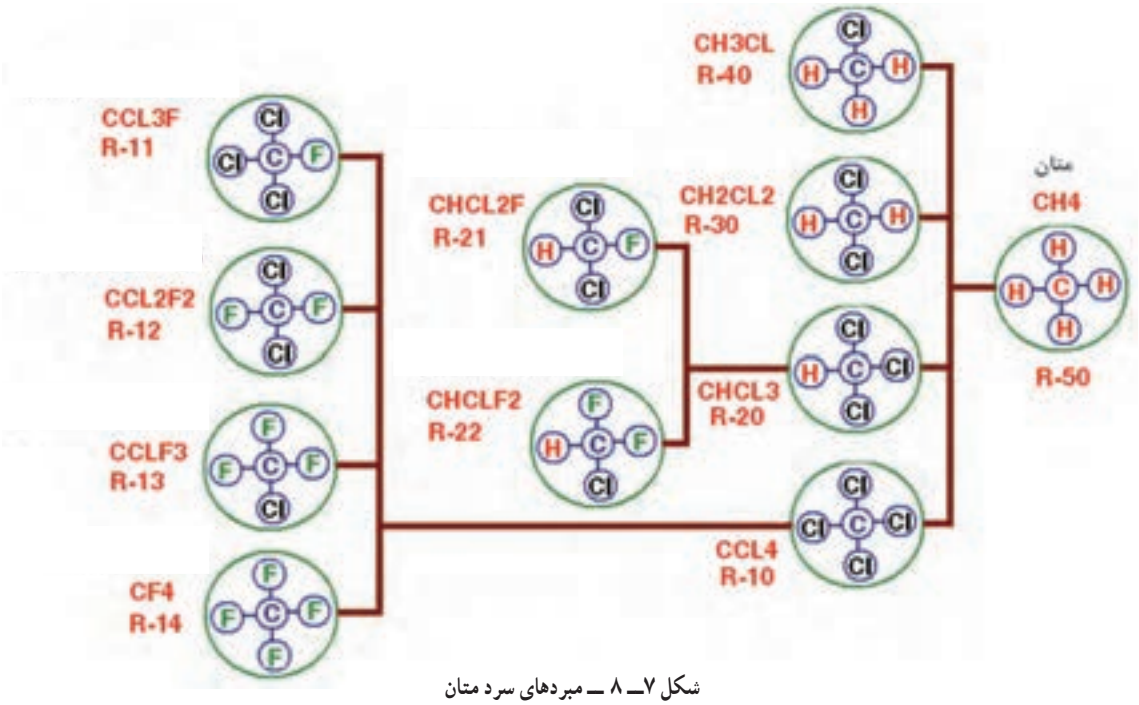
مواد سرمازای هالوکربنی به سه گروه CFC ها،HCFCها و HFC ها تقسیم می‌شوند.

۱ــ CFCها (کلروفلورو کربن‌ها) : دراین گروه به جای



شکل ۶ــ ۸ ــ مبردهای سرد اتان

۱ــ عناصر گروه ۱۷ (۷ اصلی) جدول تناوبی یعنی فلوئور F، کلر Cl، برم Br، ید I و استاتین را هالوژن‌ها می‌گویند این عناصر در حالت طبیعی دو اتمی هستند هالوژن از زبان یونانی گرفته شده است و به معنای نمک زا است.



شکل ۷ــ ۸ ــ مبردهای سرد متان

اتم‌های هیدروژن (H)، کلر (Cl)، فلوئور(F) یا هر دو جایگزین شده‌اند اتم‌های هیدروژن در این گروه حذف شده است.

۲ــ HCFC ها (هیدروکلروفلوروکربن‌ها) :در این گروه به جای تعدادی از اتم‌های هیدروژن، کلر، فلوئورو یا هر دو جایگزین شده‌اند اتم هیدروژن تماماً حذف نشده است.

۳ــ HFC ها (هیدرو فلوروکربن‌ها) : دراین گروه به جای تعدادی از اتم‌های هیدروژن، فلوئور جایگزین شده است. اتم هیدروژن تماماً حذف نشده است و این گروه بدون اتم کلر می باشند.

پرسش : ماده سرمازا بافرمول شیمیایی CCl_2FCF_3 جزء کدام گروه از مبردها است؟

پاسخ : در فرمول فوق اتم هیدروژن وجود ندارد کلر (Cl) و فلوئور(F) وجود دارند، پس جزءگروه CFC هاست.

پرسش : ماده سرمازا بافرمول شیمیایی $CHFClCF_3$ جزء کدام گروه از مواد سرمازا است؟

پاسخ : چون دارای اتم کلر(Cl)، فلوئور(F) و هیدروژن(H) است پس جزءگروه HCFC ها است.

پرسش : ماده سرمازای با فرمول شیمیایی CHF_2CH_3 جزء کدام گروه است؟

پاسخ : هم اتم هیدروژن و هم اتم فلوئور دارد اتم کلر ندارد پس جزء HFCها است.

۱ــ۴ــ۸ــ CFC ها : این گازها وقتی به لایه فوقانی جو می‌رسند در مقابل مولکول‌های ازن واکنش نشان داده و باعث تخریب آن می‌شوند. هم‌چنین CFC ها در گرمای کره زمین نقش دارند و از سال ۱۹۹۵ تولید آن منع شده است و در جدول ۸ــ۸ مواردی از آن‌ها آمده است.

جدول ۸ ــ ۸ ــ CFCs

فرمول شیمیایی	مبرد شماره
CCl_3F	R ــ ۱۱
CCl_2F_2	R ــ ۱۲
CCl_2FCClF_2	R ــ ۱۱۳
$CClF_2CClF_2$	R ــ ۱۱۴
$CClF_2CF_3$	R ــ ۱۱۵

مادهٔ سرمازای *R ــ ۱۱*: در فشار جو با دمای $23/9^{\circ}C$ می‌جوشد در بعضی از خنک‌کننده‌های گریز از مرکز (کاربرد

دارد) و همچنین به عنوان حلال صنعتی برای تمیز کردن دستگاه‌ها استفاده می‌شد و چون در هر مولکول آن ۳ اتم کلر وجود دارد و لایهٔ ازن را خیلی شدید تخریب می‌کند از مدت‌ها قبل استفادهٔ آن ممنوع شده است.

مادهٔ سرمازای *R*ـ۱۲ : در سال ۱۹۲۶ اوّلین بار مورد استفاده قرار گرفت. در فشار جو با دمای $-۳۰^{\circ}C$ به جوش می‌آید. ماده‌ای است بی‌رنگ، تقریباً بی‌بو، غیرسمی و غیرقابل اشتعال و خورنده نیست و رنگ کپسول آن سفید است. مقدار کمی آب در آن حل می‌شود. در تماس با شعله مستقیم تجزیه شده و بسیار سمی خواهد شد و در هر مولکول آن دو اتم کلر وجود دارد. اگر چه کم‌تر از R ـ۱۱ به لایه ازن صدمه می‌زند ولی باز هم تخریب آن زیاد بوده و تولید آن متوقف شده است[1] و مادهٔ سرمازای R ـ۱۳۴a جایگزین مناسبی برای آن می‌باشد.

۲ـ۴ـ۸ـ HCFC ها : مقدار کمی کلر دارند و به همین دلیل در اتمسفر ثبات کمتری داشته و قدرت تخریب ازن کمتری نسبت به CFC دارند و تعدادی از آن‌ها در جدول ۹ـ۸ آمده است.

جدول ۹ـ ۸ ـ HCFCها

فرمول شیمیایی	مبرد شماره
$CHClF_2$	R ـ۲۲
$CHCl_2CF_3$	R ـ۱۲۳
$CHClFCF_3$	R ـ۱۲۴
CH_3CClF_2	R ـ۱۴۲b

مادهٔ سرمازای *R*ـ۲۲ : ماده سرمازایی که پایدار، غیرسمی، بدون اثر اکسیدکنندکی و غیرقابل اشتعال است.

برای رسیدن به دمای پایین نیازی به کارکردن در فشار کم‌تر از جو نیست.

حلالیت آن در آب ۳ برابر R ـ۱۲ می‌باشد و ضرورت استفاده از رطوبت‌گیر افزایش می‌یابد.

نقطهٔ جوش آن در فشار یک اتمسفر $-۴۰/۸^{\circ}C$ است و در دستگاه‌های تونل‌های انجماد سریع قابل استفاده است.

در دستگاه‌های تهویه مطبوع و در یخچال‌های خانگی استفاده می‌شود.

رنگ کپسول آن سبز است.

ظرفیت برودتی آن ۶۰٪ بیشتر از R ـ۱۲ است، پس کمپرسور کوچک‌تری مورد نیاز است.

دردمای حدود $-۲۳^{\circ}C$ در روغن حل می‌شود. بنابراین در دمای پایین باید از جدا کننده روغن استفاده شود.

اگر چه کمتر از R ـ۱۲ به لایه ازن آسیب می‌رساند اما خدمات پس از فروش آن رو به کاهش است و تا سال ۲۰۲۰ متوقف می‌شود.

در کمپرسورهای پیچی (Screw) و در دستگاه های با ظرفیت بیش از ۱۵۰ تن سرمایی از R ـ۱۳۴a به جای R ـ۲۲ استفاده می‌شود.

ضمناً R ـ۱۳۴a برای سیستم های کوچک‌تر و در سیستم‌های تبرید منازل تا جایگزینی مبرد مناسب و مقرون به صرفه به جای R ـ۲۲ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مادهٔ سرمازای R ـ۴۱۰A نیز جایگزین مناسبی برای R ـ۲۲ است.

۳ـ۴ـ۸ـ HFCها : گروه سوم از گازها HFC ها می‌باشد، اتم کلر نداشته شامل هیدروژن، فلوئور و اتم‌های کربن می‌باشد. لایه ازن را تخریب نکرده و در افزایش دمای کره زمین هم نقش کمتری دارد و جانشین مناسبی برای CFCها و HCFCها می‌باشد و تعدادی از آن‌ها در جدول ۱۰ـ۸ آمده است[1].

جدول ۱۰ـ ۸ ـ هیدروفلوروکربن

فرمول شیمیایی	مبرد شماره
CHF_2CF_3	R ـ۱۲۵
CH_2FCF_3	R ـ ۱۳۴a
CHF_3	R ـ۲۳
CH_2F_2	R ـ۳۲
CH_3CF_3	R ـ۱۴۳a
CH_3CHF_2	R ـ ۱۵۲a

۱ـ طبق توافقنامه مونترال کانادا و به نام پروژه‌ی (به سوی هوای پاک) که ۱۰۸ کشور جهان آن را امضاء کرده‌اند مبنی بر حذف تدریجی CFC و HCFC و جایگزینی آن با HFC

مادهٔ سرمازای *R ــ ۱۳۴a* : با توجه به اثر تخریبی CFCها[1] و HCFCها بر لایه ازن مادهٔ سرمازای R ــ۱۳۴a جانشین مناسبی تشخیص داده شد. R ــ۱۳۴a[2] به عنوان یک مبرد از خواص جانبی برخوردار است. زیرا قابلیت تخریب لایه ازن ODP در آن صفر بوده و همچنین قابلیت گرم‌نمودن جو زمینGWP[3] به شکل مستقیم در این ماده بسیار پایین است. یکی از شاخص‌هایی که استفاده از R ــ۱۳۴a را محدود ساخته است این است که روغن‌های معمولی، با این ماده قابل اختلاط نیستند. اما روان‌کننده‌های جدیدی طراحی شده‌اند که به سیستم R ــ۱۳۴a امکان می‌دهند تا با عمری طولانی و مؤثر کار کنند.

دمای جوش R ــ۱۳۴a، ۲۶/۱۵°C-است. بنابراین در دمای بالاتر ۲۶/۱۵°C- فشار اواپراتور و کندانسر مثبت خواهد بود. این مبرد جانشین خوبی برای مبرد R ــ۱۲ می‌باشد. ماده‌ای بی‌رنگ و بی‌بو است، در سیلندر۱۳/۶ کیلوگرمی، ۲۲/۷ کیلوگرمی، ۵۷ کیلوگرمی و ... در دسترس می‌باشد.

مادهٔ سرمازای *R ــ ۴۰۷* : مخلوطی از ۵۲ درصد R ــ۱۳۴a و ۲۵ درصد R ــ۱۲۵ و ۲۳ درصد R ــ۳۲ می‌باشد. دارای نقطه جوش ۴۶/۵°C- می‌باشد. اثر تخریبی بر لایه ازن ندارد و ضریب ODP آن صفر می‌باشد. جانشین مناسبی برای مبرد ۲۲ شناخته شده است.

۵ ــ ۸ ــ مواد سرمازای پایه معدنی

مواد سرمازایی که ساختمان شیمیایی آنها بر اساس هیدروکربن نیستند به عنوان مواد سرمازای پایه معدنی معرفی می‌شوند از جمله این مواد می‌توان از آمونیاک، آب، انیدریدکربنیک و انیدرید سولفورو می‌توان نام برد.

۱ ــ۵ــ۸ ــ آمونیاک (NH_3 ــ۷۱۷ R) : در سال ۱۸۷۳ برای اوّلین بار مورد استفاده قرار گرفت. تنها مادهٔ سرمازایی است که از گروه هیدروکربن‌ها نمی‌باشد و در دستگاه‌های صنعتی، کارخانجات یخ‌سازی و بسته‌بندی به کار برده می‌شود و از ترکیب هیدروژن و ازت به دست می‌آید.

گازی است بی‌رنگ تا اندازه‌ای قابل اشتعال.

سمی است ولی نشت آن به علت بوی کاملاً مشخص و دود سفیدی که در مجاورت شمع گوگردی یا پودر گوگرد تولید می‌کند و به راحتی قابل تشخیص است.

در مجاورت رطوبت مس و برنز را فاسد کرده و خورنده می‌باشد ولی روی فولاد تأثیر ندارد.

به لایهٔ ازن آسیبی وارد نمی‌سازد.

نقطهٔ جوش آن در فشار اتمسفر ۳۳°C- می‌باشد.

دارای دمای رانش بالایی است (حدود ۱۰۰°C) و خنک‌کاری سر سیلندر با آب را مطلوب می‌سازد.

۲ ــ۵ــ۸ ــ آب R ــ۷۱۸ : حجم زیاد بخار آب در هنگام جوش در اواپراتور طوری است که استفاده از آن را در کمپرسورهای معمولی و تراکمی غیرممکن می‌سازد، همچنین خلأ لازم در قسمت اواپراتور خیلی زیاد و نگهداری آن دشوار است. با این حال در سیستم‌های تهویه مطبوع به عنوان ماده سرمازا به طور رضایت بخش مورد استفاده است زیرا آب کاملاً بی‌ضرر است بو ندارد، سمی نیست و اگر مقدار زیادی از آن در یک ساختمان پرجمعیتی منتشر شود خطری ایجاد نمی‌کند. مسأله حجم زیاد و خلأ زیاد با پیدایش کمپرسورهای گریز از مرکز و سیستم‌های جذبی حل شده است.

در سیستم‌های تهویه مطبوع از آب ۴/۴°C که در فشار خیلی پایین ایجاد می‌شود استفاده می‌شود.

۶ ــ ۸ ــ روش شماره‌گذاری مواد سرمازا

عدد نشان‌دهندهٔ ماده سرمازا یک عدد سه رقمی به صورت abc بعد از R (Refrige rant) می‌باشد و در مورد ماده سرمازای پایهٔ کربنی به روش زیر می‌توان از فرمول مبرد استخراج نمود.

۱ــ عموماً CFCها تخریب لایه ازن و گرم‌کردن هوای کرهٔ زمین را در پی دارند و تأثیر HCFCها کمتر و در HFCها تخریب لایهٔ ازن صفر است امّا در بعضی از آنها قدرت گرم‌کردن هوای کرهٔ زمین بالا است و می‌توان R ــ۱۲۳ (یک HCFC) و R ــ۱۵۲a (یک HFC) نام برد.

۲ــ حرف a نشان می‌دهد که فرمول شیمیایی R ــ۱۳۴ دو یا چند ایزومر دارد که یکی از آنها R ــ۱۳۴a است.

۳ــ Global Warming Potential

a تعداد کربن‌ها در فرمول منهای یک $a = c - ۱$

b تعدادهیدروژن در فرمول به علاوه یک $b = H + ۱$

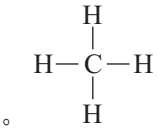
c تعداد فلوئور در فرمول $c = F$

مثال : الف) شماره مبرد $CH_۴$ چه عددی است؟

$a = c - ۱ = ۱ - ۱ = ۰$

$b = H + ۱ = ۴ + ۱ = ۵$

$c = F = ۰$ در نتیجه $۰۵۰ \longrightarrow R - ۵۰$

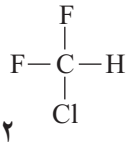


ب) شماره مبرد $CHF_۲Cl$ را بنویسید.

$a = c - ۱ = ۱ - ۱ = ۰$

$b = H + ۱ = ۱ + ۱ = ۲$

$c = F = ۲ \longrightarrow$ در نتیجه $۰۲۲ \longrightarrow R - ۲۲$

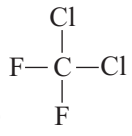


ج) کد مبرد $CCl_۲F_۲$ را بنویسید.

$a = c - ۱ = ۱ - ۱ = ۰$

$b = H + ۱ = ۰ + ۱ = ۱$

$c = F = ۲$ در نتیجه $۰۱۲ \longrightarrow$ بنابراین $R - ۱۲$

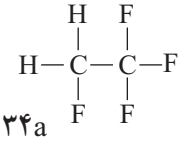


د) شماره شناسایی مبرد $CH_۲FCF_۳$ نوع a را بنویسید.

$a = c - ۱ = ۲ - ۱ = ۱$

$b = H + ۱ = ۲ + ۱ = ۳$

$c = F = ۴$ بنابراین ۱۳۴ در نتیجه $۱۳۴a - R$



ـ شماره‌گذاری مواد سرمازای پایه معدنی مانند آب، آمونیاک : شماره مبرد یک عدد سه رقمی است که رقم اوّل آن ۷ و دو رقم بعدی جرم مولکولی آن‌هاست.

مثال : الف) شماره مادهٔ سرمازای ($NH_۳$) آمونیاک را بنویسید.

$۱ =$ جرم اتمی H , $۱۴ =$ جرم اتمی N

$\Rightarrow ۱۴ + ۳ = ۱۷ \longrightarrow R = ۷۱۷$

ب) شماره مادهٔ سرمازای آب ($H_۲O$) را بنویسید.

در نتیجه $۱۸ = ۲ + ۱۶ =$ جرم مولکولی $H_۲O$

$R - ۷۱۸ \longrightarrow O = ۱۶ , ۲ \times ۱ = ۲$ جرم مولکولی $H_۲$

ج) شماره مادهٔ سرمازای انیدرید سولفورو ($SO_۲$) را بنویسید.

$۳۲ = ۲ \times ۱۶ =$ جرم مولکولی $O_۲ , ۳۲ =$ جرم اتمی S

در نتیجه $۶۴ = ۳۲ + ۳۲ =$ جرم مولکولی $SO_۲$

$\longrightarrow R - ۷۶۴$

۷ـ۸ ـ ویژگی‌های مواد سرمازا

یک ماده سرمازا باید دارای ویژگی‌های زیر باشد :

۱ـ بر محیط زیست اثر تخریبی نداشته باشد.

۲ـ نقطه جوش آن پایین باشد.

۳ـ با جابه جایی مقدار کمی سرمای زیادی ایجاد کند.

۴ـ گرمای نهان تبخیر آن زیاد باشد.

۵ـ بر روی اجزای سیستم اثر شیمیایی نداشته باشد.

۶ـ سمی نباشد.

۷ـ قابل اشتعال نباشد.

۸ـ در صورت نشت، مواد غذایی را آلوده نکند.

۹ـ در صورت نشت قابل تشخیص باشد.

۱۰ـ اکسیدکننده نباشد.

۸ ـ ۸ ـ سازگاری مواد سرمازا

در انتخاب مادهٔ سرمازا برای یک سیستم سرمایی، باید نوع ماده سرمازا با سیستم سازگار باشد. سازگاری شامل موارد زیر است :

ـ مادهٔ سرمازا بر عایق سیم‌پیچ موتور بی‌اثر باشد.

ـ عدم تأثیر ماده سرمازا بر مواد پلاستیکی مانند واشرها.

ـ عدم تأثیر مبرد بر فلزاتی که با آن در تماس است مانند مس.

ـ سازگاری روغن مورد استفاده در سیستم با مبرد.

به طور کلی قبل از شارژ یک سیستم با مادهٔ سرمازایی غیر از مادهٔ سرمازای قبلی باید از سازگاری مادهٔ سرمازای جدید با مواد مورد استفاده در سیستم اطمینان حاصل کرد.

۹ـ۸ ـ رنگ سیلندر مادهٔ سرمازا

برای تشخیص کپسول‌های مواد سرمازا آنها را با رنگ‌های مختلف مشخص می‌کنند. این عمل از به‌کاربردن اشتباهی یک ماده به‌جای مادهٔ دیگر در یک سیستم جلوگیری می‌کند و چون مواد سرمازا بر روی فلزات اثر می‌گذارند هر ۵ سال یک بار باید کپسول مواد سرمازا آزمایش شود و این مدت برای گازهای بی‌اثر ۱۰ سال است.

تعدادی از مواد سرمازا با ذکر شمارهٔ مادهٔ سرمازا و رنگ آن در جدول ۱۱ــ۸ و شکل ۱۲ ــ۸ آمده است.

جدول ۱۱ــ ۸ــ شماره مبرد و رنگ بعضی از مبردها

شماره ماده سرمازا	رنگ کپسول	شماره ماده سرمازا	رنگ کپسول	شماره ماده سرمازا	رنگ کپسول	شماره ماده سرمازا	رنگ کپسول
R ــ۴۰VB	زرد کرمی	R ــ۷۱۷	نقره‌ای	R ــ۵۰۲	ارغوانی	R ــ۴۱۰A	رنگ گلی
R ــ۱۱	نارنجی	R ــ ۱۳۴a	آبی روشن	R ــ ۴۰۷C	شکلاتی	R ــ ۴۰۴A	نارنجی
R ــ۱۲	سفید	R ــ۱۱۴	آبی تیره	R ــ۱۲۳	خاکستری روشن		
R ــ۲۲	سبز	R ــ۴۰۹A	قهوه‌ای مایل به زرد	R ــ ۴۰۱B	زرد خردلی		
R ــ۵۰۰	زرد	R ــ۱۱۳	زرشکی	R ــ ۴۰۲A	قهوه‌ای روشن		

شکل ۱۲ ــ ۸ــ رنگ سیلندر بعضی از مبردها

۱۰ ــ۸ ــ سیالات کریوژنیک[1]

کلمهٔ کریوژن به معنای تولیدکنندهٔ سرما است. به سیالاتی که بتوانند دمای بین $-144^{\circ}C$ تا صفر مطلق ($-273^{\circ}C$) را تولید نمایند سیالات کریوژنیک می‌نامند. سیالات کریوژنیک دارای نقطه جوش پایین می‌باشند. (جدول ۱۳ــ ۸)

جدول۱۳ــ ۸ ــ نقطه جوش سیالات کریوژنیک

نام سیال کریوژنیک		دمای جوش C
هیدروژن	R-۷۰۲	-۲۵۳
نئون	R-۷۲۰	-۲۴۶
هلیوم	R-۷۰۴	-۲۶۹
نیتروژن	R-۷۲۸	-۱۹۶
اکسیژن	R-۷۳۲	-۱۸۳
آرگون	R-۷۴۰	-۱۸۶

۱ــCryogenic Fluids

۱۱ــ۸ ــ روغن‌های تبرید

هدف از روغن‌کاری خوب محافظت از قطعات متحرک و گازبندی قطعات می‌باشد و برای رسیدن به این منظور روغن مورد استفاده باید بامبرد و اجزای سیستم از نظر شیمیایی سازگاری داشته و به خوبی با آن مخلوط شود و کمترین میزان حلالیت را داشته باشد. در داخل سیلندر یک کمپرسور رفت و برگشتی لایه روغن در قسمت‌های مکش تحت تأثیر درجه حرارت پایین و در قسمت‌های نزدیک سرسیلندر تحت تأثیر درجه حرارت‌های تقریباً بالا قرار دارد. از آن‌جایی که گرانروی روغن با تغییر درجه حرارت تغییر می‌کند، در نتیجه در نزدیکی‌های قسمت مکش روغن دارای گرانروی بیشتری نسبت به قسمت نزدیک سرسیلندر می‌باشد. در هر حال روی کلیه سطوحی که کار می‌کنند باید یک لایه نازک روغن پاشیده شود. این عمل به وسیله رینگ‌های پیستون، صورت می‌گیرد (وقتی که پیستون جلو و عقب می‌رود). در کمپرسورهایی که فاقد رینگ هستند این عمل به‌وسیله پیستون صورت می‌گیرد، روغن باید سریعاً در تمام قسمت‌ها پخش شود. برای این منظور گرانروی روغن نباید خیلی زیاد باشد و از طرف دیگر اگر گرانروی خیلی پایین باشد نمی‌تواند لایه مناسبی را روی قطعات مختلف تشکیل دهد در نتیجه نمی‌تواند سطوح قطعات را در برابر سایش حفاظت کند.

۱ــ۱۱ ــ۸ــ انواع روغن‌ها : یکی از روش‌های دسته‌بندی روغن‌ها به صورت زیر است :

- **انواع روغن‌ها**
  - ۱ــ حیوانی
  - ۲ــ گیاهی
  - ۳ــ معدنی
    - الف) نفتنی ← مورد استفادهٔ برودتی
    - ب)پارافین
    - ج) آروماتیک
  - ۴ــ مصنوعی
    - الف)آلکیل بنزن ← مورد استفادهٔ برودتی
    - ب) گلیکول
    - ج) آلی و معدنی ←مورد استفادهٔ برودتی

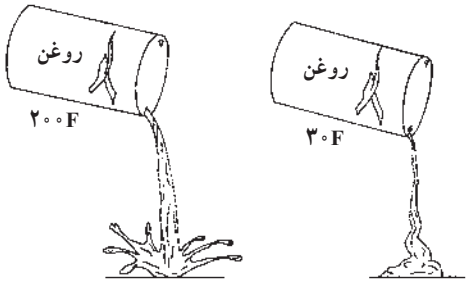
از روغن‌های معدنی و روغن‌های مصنوعی در سیستم‌های برودتی استفاده می‌شود. ترکیبات مبرد بر پایه CFC و HCFC با روغن‌های معدنی پایه نفتنی بهتر کار می‌کند. ترکیبات مبرد بر پایه HFC با روغن‌های مصنوعی از نوع الکیل بنزن یا آلی معدنی بهتر کار می‌کند.

۲ــ۱۱ــ۸ــ خواص روغن‌های تبرید :

۱ــ روغن خیلی رقیق بین سطوح لغزنده باقی نمانده و فیلم (لایه نازک) روغن تشکیل نشده و سبب سایش قطعات می‌شود.

روغن خیلی غلیظ بین سطوح متحرک به خوبی جریان نمی‌یابد.

گرانروی (غلظت) روغن با دمای آن رابطه دارد و هر چه دما پایین‌تر باشد گرانروی روغن بیشتر می‌شود و به سختی جریان می‌یابد (شکل ۱۴ــ ۸). برای یخچال‌هایی که در دماهای $-15^{\circ}C$ تا $-18^{\circ}C$ کار می‌کنند از روغن‌هایی استفاده می‌شود که در دمای $-29^{\circ}C$ جریان داشته باشد.

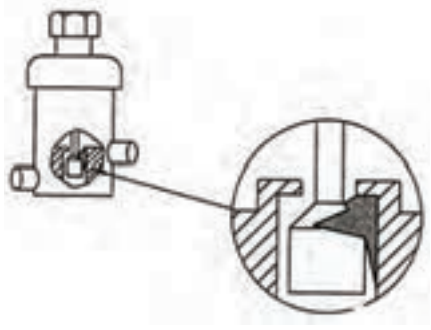


شکل ۱۴ــ۸ــ تغییر گرانروی (ویسکوزیته) روغن با دما

۲ــ روغن با اغلب مبردها مانند R ــ ۱۲ مخلوط شده، رقیق می‌شود و می‌تواند به سادگی به همراه مبرد سیکل تبرید را طی کرده و به کمپرسور برگردد. البته روغن با بعضی از مبردها مانند R ــ ۷۱۷ (آمونیاک) مخلوط نمی‌شود و حتی در خروج از کمپرسور رقیق نیست و به راحتی نمی‌تواند همراه مبرد سیکل را طی کرده و به کمپرسور برگردد و لذا در خروج از کمپرسور به منظور برگرداندن روغن به کمپرسور تلهٔ روغن نصب می‌شود.

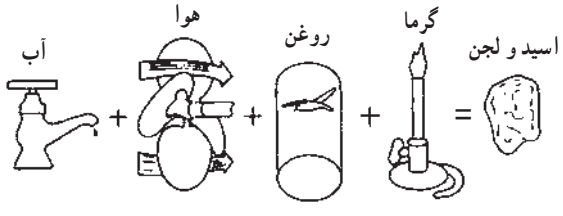
۳ــ نقطهٔ ریزش آن پایین باشد تا در تمام قسمت‌های سیستم جریان یابد.

۴ــ در دمای پایین موم کمتری از خود باقی بگذارد و تا حد امکان در هنگام تماس با سطوح سرد تولید موم نکند (شکل ۱۵ــ ۸).

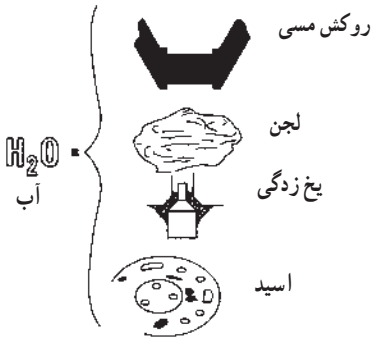


شکل ۱۵ ــ ۸ ــ نتیجه وجود موم در روغن

۵ ــ روغن تبرید رطوبت نداشته باشد زیرا تماس رطوبت و روغن با سطح قسمت پرفشار کمپرسور سبب ایجاد لجن و اسید می‌شود (شکل‌های ۱۶ــ ۸ و ۱۷ــ ۸). که لجن می‌تواند مجرای روغن در کمپرسور را مسدود کند و اسید سطوح داخلی را بساید و در کمپرسور بسته به سیم‌پیچ موتور آسیب برساند.



شکل ۱۶ ــ ۸ ــ تشکیل لجن



شکل ۱۷ــ ۸ ــ تشکیل اسید

لازم به یادآوری است که روغن تبرید در ظروف سربستهٔ ۴ لیتری، ۲۰ لیتری و بشکه‌ای نگهداری می‌شود.

۳ــ۱۱ــ۸ــ تشخیص روغن سالم :

الف) بوی روغن : اگر از روغن داخل سیستم برودتی به هنگام بازشدن بوی نامطبوع به مشام برسد باید روغن تعویض شود.

ب) رنگ روغن : نمونه‌ای از روغن داخل سیستم را در ظرف شیشه‌ای بی‌رنگ ریخته اگر رنگ روغن روشن متمایل به قهوه‌ای (برشته) باشد روغن سالم و اگر رنگ آن تیره باشد باید روغن تعویض شود.

ج) روش‌های آزمایشگاهی : روش‌های دیگری نیز وجود دارد که در آزمایشگاه‌ها انجام می‌شود.

روغن‌های GS د رمواد سرمازای HCFC و CFC مانند R ــ ۲۲ و R ــ ۱۲ حل می‌شوند، بدون آنکه خواص خود را از دست بدهند و با مواد سرمازای طبیعی مانند R ــ ۷۱۷ و R ــ ۶۰۰ و R ــ ۲۹۰ خیلی خوب عمل می‌کنند.

در جدول ۱۸ــ ۸ ویژگی‌های روغن‌های GS آمده است. روغن‌های سری S ــ SL برای مبرد HFC مانند R ــ ۱۳۴a و R ــ ۴۰۴a به کار می‌روند درجدول‌های ۱۹ــ ۸ ویژگی‌ها و کاربرد این روغن‌ها را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱۸ــ ۸ ــ ویژگی‌های روغن‌های GS

TYPICAL DATA

Property			3GS	4GS	5GS
Density	15°C	g/cm^3	0.909	0.915	0.921
Color	ASTM		L0.5	L1.0	L1.0
Viscosity	40°C	mm^2/s	29.5	54.9	94.6
Viscosity	100°C	mm^2/s	4.31	5.97	7.78
Flash Point	COC	°C	178	188	208
Pour Point		°C	-40	-35	-27.5
Total Acid No.		mgKOH/g	0.01	0.01	0.01
Aniline Point		°C	75.4	79.8	80.4

ge of Carton Case (4L Can x 6) is also available.

*Suiso is a trademark of Sonneborn Inc.
Water

For more information
If there is any inquiry on our products, please contact us.

جدول ۱۹ــ ۸ ــ ویژگی‌ها و کاربرد روغن‌های S–SL

O SL-32S						
ISO Viscosity Classification			ISO VG10	ISO VG15	ISO VG22	ISO VG32
Density	15°C	g/cm^3	0.928	0.940	0.951	0.956
Color	ASTM		L0.5	L0.5	L0.5	L0.5
Viscosity	40°C	mm^2/s	10.1	15.0	22.5	32.3
Viscosity	100°C	mm^2/s	2.50	3.22	4.14	5.14
Flash Point	COC	°C	182	196	212	230
Pour Point		°C	<-50	<-50	<-50	-22.5
Total Acid Number		mgKOH/g	0.01	0.01	0.01	0.01
Water Content		ppm	35	35	35	35
Miscibility	Oil/ R-134a=1/4	°C	-52	-40	-30	-20
Resistivity	25°C	Ωcm	5.0×10^{13}	7.0×10^{13}	4.0×10^{14}	4.0×10^{14}

Applications

Products	Compressor Type				Applications	Refrigerants			
	Recipro	Rotary	Turbo	Screw		R-134	R-404A	R-410A	R-407C
SUNISO SL-10S	○				Refrigerator, Freezer,Chiller	○	○	○	○
SUNISO SL-15S	○				Refrigerator, Freezer,Chiller	○	○	○	○
SUNISO SL-22S	○				Refrigerator, Freezer,Chiller	○	○	○	○
SUNISO SL-32S	○	○	○	○	Refrigerator, Freezer, Chiller, Dehumidifier	○	○		

*Suiso is a trademark of Sonneborn Inc.

۱۲ــ۸ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چند گزینه‌ای

۱ــ مواد سرمازای هالوکربنی اغلب از کدام مولکول‌ها تشکیل شده‌اند؟

الف) متان و ازن
ب) متان و اتان
ج) اتان و ازن
د) اتان ودی‌اکسید کربن

۲ــ در مبردهای گروه CFC به جای اتم هیدروژن کدام اتم‌ها جایگزین شده‌اند؟

الف) ازن
ب) کلر
ج) فلوئور
د) کلر، فلوئور یا هر دو

۳ــ کدام مورد از مواد سرمازای پایه معدنی نمی باشد؟

الف) $CHClF_2$
ب) R ــ ۷۱۷
ج) R ــ۷۱۸
د) انیدرید سولفوره

۴ــشماره مبرد $CHClFCF_3$ چه عددی است؟

الف) R ــ ۲۲
ب) R ــ۱۱۳
ج) R ــ ۱۲۴
د) R ــ ۱۴۳ a

۵ ــترکیبات مبرد بر پایه HCFC با کدام نوع روغن بهتر کار می‌کند؟

الف) حیوانی
ب) گیاهی
ج) معدنی
د)مصنوعی

۶ــبرای سیستم‌هایی که با مبرد R ــ۱۳۴a کار می‌کنند کدام روغن مناسب است؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) ۳GS
ب) ۴GS
ج) ۵GS
د) SL۱۰۰

پرسش‌های درست و نادرست

۷ــبا شدت اثر گلخانه‌ای دمای زمین افزایش می‌یابد.

□ درست □ نادرست

۸ــ در مواد سرمازای HCFC به جای اتم هیدروژن، کلر یا ازن جایگزین می‌شود.

□ درست □ نادرست

۹ــ فریون R ــ۱۱ دارای ۳ اتم کلر است.(امتحان نهایی ــخرداد ۹۰)

□ درست □ نادرست

۱۰ــ ماده سرمازا با فرمول شیمیایی $CHClFCF_3$ جزء گروه مواد سرمازای CFC ها می‌باشند.

□ درست □ نادرست

۱۱ــآمونیاک یکی از مبردهای پایه معدنی است.(امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

□ درست □ نادرست

۱۲ــ ماده سرمازا باید گرمای نهان تبخیر کمی داشته باشد. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)
□ درست □ نادرست

پرسش‌های کامل کردنی

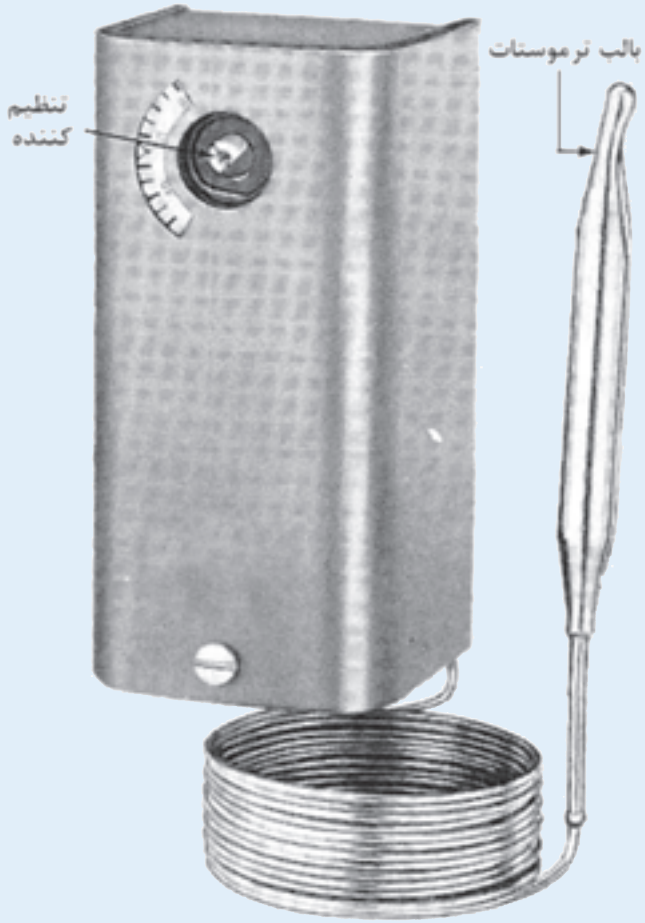
۱۳ــ لایه ازن موجود در جو زمین از رسیدن پرتوهای ..... خورشید به زمین جلوگیری می‌کند.
۱۴ــ مواد سرمازای ..... و ..... دارای ODP=۱ می باشند.
۱۵ــ مواد سرمازای گروه HFCها بدون اتم ..... می باشند.
۱۶ــ فریون R ــ۲۲ جزء مواد سرمازای ..... می‌باشد.
۱۷ــ مبرد ..... از ترکیب سه مبرد R ــ۱۳۴a، R ــ۱۲۵ و R ــ۳۲ بدست می‌آید.
۱۸ــ ..... از سیالات کریوژنیک است. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

واژه‌های مناسب را در جای خالی بنویسید.

(پایه معدنی ــ R ــ۱۳۴a ــ گرانروی ــ حلال صنعتی ــ R ــ۱۲ ــ گاز بندی ــ فشار ــ تست مدار)
۱۹ــ از مبرد R ــ۱۱ به عنوان ..... نیز استفاده می‌شود.
۲۰ــ حلالیت فریون R ــ۲۲ در آب ۳ برابر فریون ..... است.
۲۱ــ مبرد آمونیاک جزء مواد سرمازای ..... می‌باشد.
۲۲ــ رنگ کپسول مبرد ..... آبی روشن است.
۲۳ــ هدف از روغن‌کاری کمپرسورها محافظت از قطعات متحرک و ..... قطعات است.
۲۴ــ هر چه دما پایین‌تر باشد ..... روغن بیشتر است.
۲۵ــ چگونگی تخریب لایه ازن توسط CFCها را شرح دهید.
۲۶ــ اثر گلخانه‌ای را توضیح دهید.
۲۷ــ ضریب ODP را شرح دهید (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۱)
۲۸ــ مواد سرمازای هالوکربنی را شرح دهید.
۲۹ــ خصوصیات مواد سرمازای CFC ها را بنویسید.
۳۰ــ خصوصیات مواد سرمازای HCFCها را بنویسید.
۳۱ــ خصوصیات مواد سرمازای HFCها را بنویسید.
۳۲ــ مبردهای گروه CFCها را نام برده و خصوصیات آن را مختصراً شرح دهید.
۳۳ــ مبردهای گروه HCFCها را نام برده و خصوصیات آن را مختصراً شرح دهید.
۳۴ــ مبردهای گروه HFCها را نام برده و خصوصیات آن را مختصراً شرح دهید.
۳۵ــ مواد سرمازای پایه معدنی را شرح دهید.
۳۶ــ مبردهای گروه پایه معدنی را نام برده و خصوصیات آن را مختصراً شرح دهید.
۳۷ــ سازگاری مواد مبرد شامل چه چیزهایی می‌شود. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)
۳۸ــ ویژگی‌های مواد سرمازا را شرح دهید.

۳۹ــسازگاری مواد مبرد شامل چه چیزهایی می‌شود.
۴۰ــسیالات کریوژنیک را شرح داده و انواع آن را نام ببرید.
۴۱ــهدف از کاربرد روغن در سیستم تبرید را توضیح دهید.
۴۲ــدر سیستم برودتی از چه روغن‌هایی استفاده می‌شود.
۴۳ــخواص روغن‌های تبرید را شرح دهید.
۴۴ــچگونگی تشخیص روغن سالم را بنویسید.

HEAT
COOL
ON
OFF
FAN
1
2
3
10
15
20
25
30
°C


بالب ترموستات
تنظیم
کننده

فصل نهم

کنترل‌ها

پس از پایان آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ ترموستات را شرح دهد.

۲ــ ترمودیسک (ترموستات محافظ) را توضیح دهد.

۳ ــ تایمر دیفراست را شرح دهد.

۴ــ رله‌های استارت، انواع و کاربردهای آن را توضیح دهد.

۵ ــ اورلود یا کلید محافظ جریان اضافی را توضیح دهد.

۶ــ کنترل فشار کم را شرح دهد.

۷ ــ کنترل فشار زیاد را شرح دهد.

۸ــ کنترل فشار روغن راتوضیح دهد.

۹ــ کنترل رطوبت را توضیح دهد.

۹ــ کنترل‌ها

کنترل‌ها وسایلی هستند که با قطع، وصل یا تنظیم جریان الکتریسیته یا سیال شرایط از پیش تعیین شده را حفظ نمایند.

۱ــ ۹ ــ ترموستات (دماپا)

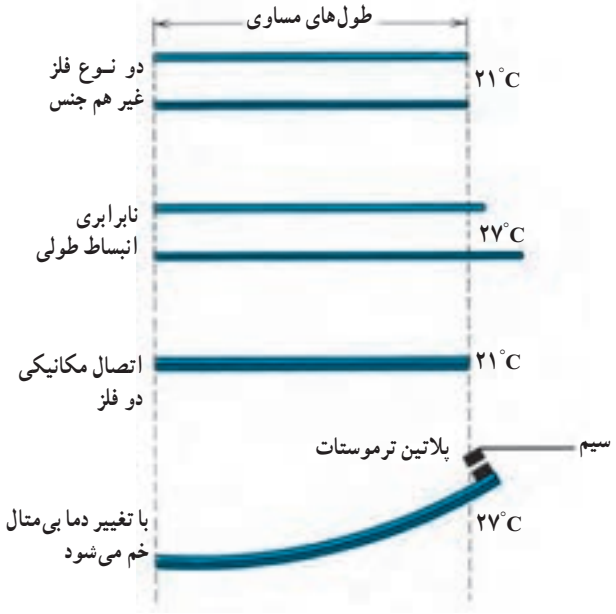
ترموستات‌ها از طریق حس کردن دمای محفظه یا محصول به سیستم تبرید فرمان ادامه کار یا خاموش‌شدن می‌دهند، مکانیزم حس کننده دما ممکن است یکی از موارد زیر باشد :

۱ــ قطعه بی‌متالی

۲ــ بالب پرشده با گاز یا مایع

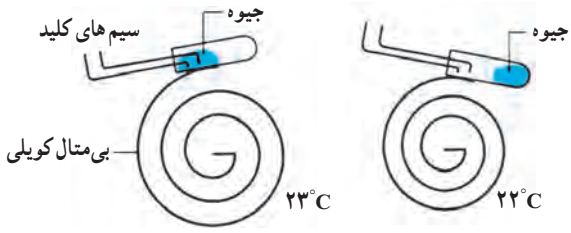
۳ــ مقاومت متغیر یا ترمیستور

شکل ۱ــ۹ طریقه کار یک حس‌کننده بی‌متالی را نشان می‌دهد. تمام فلزات وقتی که گرما ببینند منبسط می‌شوند. مقدار



شکل ۱ــ۹ــ اساس کارکرد ترموستات‌های بی‌متالی

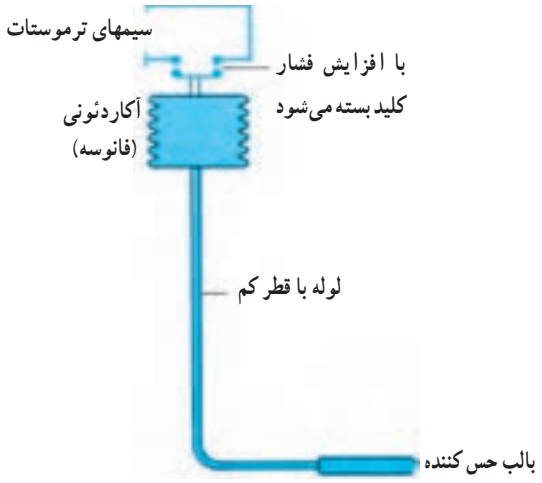
انبساط در فلزات مختلف متفاوت می‌باشد. وقتی که دو فلز غیرهم‌جنس که در تمام طول به هم جوش شده‌اند گرما داده شوند بی‌متال به سمت فلزی که انبساط کمتری دارد، خم می‌شود. خم شدن بی‌متال باعث باز و بسته شدن پلاتین می‌گردد. بعضی مواقع برای به‌دست آوردن حرکت لازم جهت باز و بسته شدن پلاتین ترموستات از بی‌متال‌های طویل که به شکل کویل درآمده استفاده می‌شود مطابق (شکل ۲ــ ۹).



شکل ۲ــ۹ــ بی‌متال کویلی در ترموستات تابستانی

مجموعه مکانیزم فوق را که می‌توان در داخل یک پوسته تا حد ممکن کوچک‌تر جاسازی نمود. این نوع ترموستات‌ها در داخل فضایی که قرار است دمای آن کنترل شود نصب شده و از دقت بالایی نیز برخوردار هستند.

شکل ۳ــ۹ یک ترموستات را نشان می‌دهد که کپسول حس‌کنندهٔ دما بیرون از ترموستات می‌باشد. داخل بالب از گاز

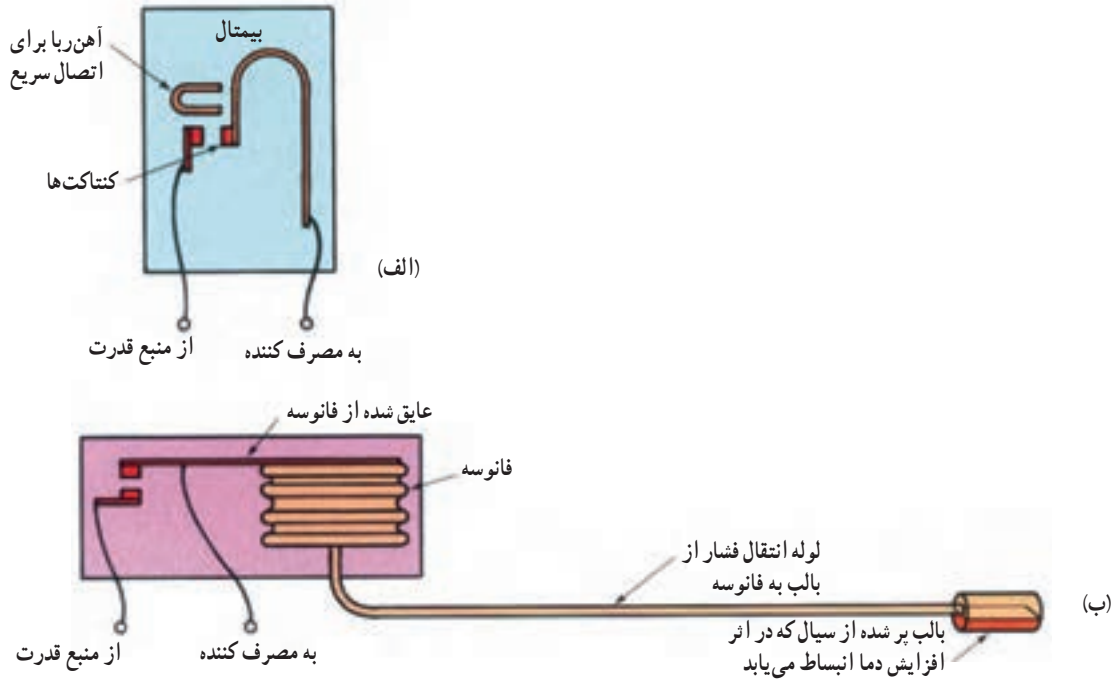


شکل ۳ــ۹ــ اساس کارکرد ترموستات بالب‌دار و فانوسه‌ای پر شده با مایع یا گاز

پرشده و براساس حس کردن دما منبسط یا منقبض می‌شود.

با افزایش دما گاز داخل کپسول منبسط شده و فشار اعمالی به محفظهٔ آکاردئونی اضافه می‌شود که حرکت مکانیزم مذکور باعث بسته‌شدن پلاتین و روشن‌شدن سیستم برودتی می‌شود. عضو حس‌کننده (کپسول) می‌تواند با مایع نیز پر شود. این نوع ترموستات‌ها می‌توانند در خارج از فضای سردشونده نصب شوند.

شکل۴ــ۹ چگونگی عملکرد حس‌گرهای ترموستات‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۹ــنمایش عملکرد دو نوع حس‌گرهای دما. الف) بیمتالی ب) بالب و فانوسه

۱ــ۱ــ۹ــ انواع ترموستات : ترموستات‌ها از نظر نوع کاربری به دو گروه ترموستات‌های اتاقی و ترموستات‌های کانالی تقسیم می‌شوند. ترموستات‌های اتاقی در داخل اتاق و یا محلی که لازم است دمای آن کنترل گردد نصب می‌شود و به همین علت معمولاً این ترموستات‌ها با ظاهری لوکس و زیبا به بازار عرضه می‌شوند. در این نوع ترموستات‌ها مجموع عضو حس‌کننده و پلاتین داخل کاور ترموستات می‌باشد.

شکل ۵ــ۹ــ ترموستات اتاقی دو فصلی

ترموستات‌های کانالی معمولاً داخل موتورخانه‌ها و بر روی دستگاه‌ها نصب می‌گردد. بنابراین لازم است از جنس مقاوم و فلزی ساخته شده باشد. ترموستات‌های کانالی اصولاً بالب‌دار خواهد بود و این بالب در داخل محلی که کنترل دمای آن موردنظر است قرار داده می‌شود.

شکل ۵ ــ۹ ترموستات اتاقی و شکل ۶ ــ۹ ترموستات کانالی (با حس گر بیرونی) را نشان می‌دهد.

شکل ۶ــ۹ــ ترموستات کانالی

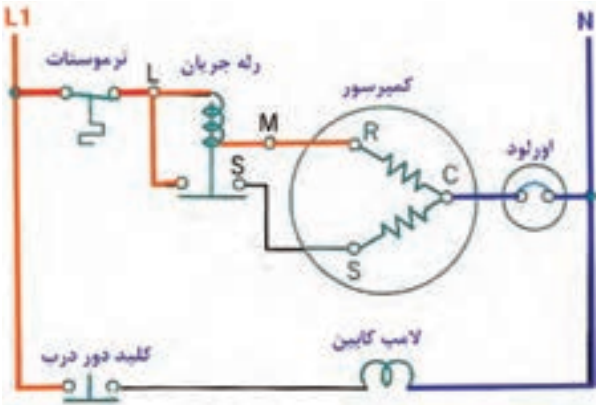
۲ــ۱ــ۹ــ موقعیت ترموستات در مدار الکتریکی :

ترموستات‌ها در کنترل دما و فرمان به تجهیزات به دو صورت در مدارهای الکتریکی نصب می‌شوند :

۱ــ به صورت مستقیم در مدار ولتاژ نصب می‌شوند. (شکل ۷ــ۹)

۲ــ در مدار فرمان نصب‌شده و به صورت غیر مستقیم مدار ولتاژ (مدار قدرت) را کنترل می‌کنند.

ترموستات‌های خط ولتاژ، سری با موتور کمپرسور بسته شده و قادربه تحمل تمام جریان عبوری از کمپرسورهستند.

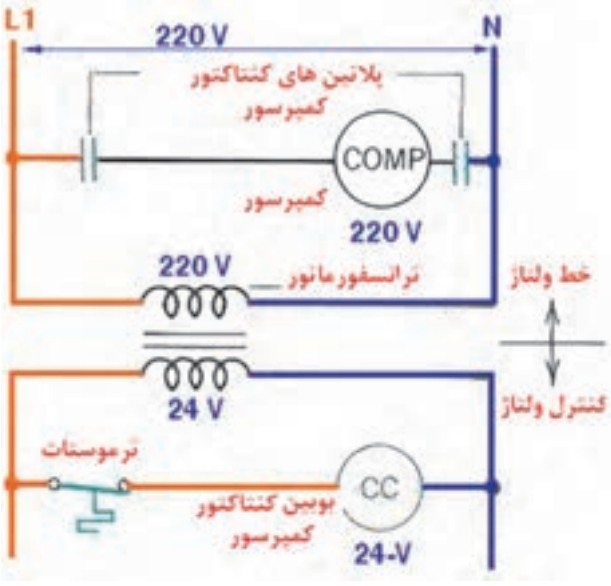


شکل ۷ــ۹ــ مدار برقی یک دستگاه یخچال معمولی که ترموستات مستقیماً خط ولتاژ را کنترل می‌کند.

این روش نصب در سیستم‌های برودتی کم‌ظرفیت نظیر یخچال فریزرهای خانگی به کار برده می‌شود.

در سیستم‌های برودتی با ظرفیت بالا که ترموستات نمی‌تواند تمام جریان عبوری از کمپرسور یا موتور را تحمل نماید به طریق غیرمستقیم عملکرد کمپرسور کنترل می‌شود به طوری که ترموستات مستقیماً در مدار فرمان (کنترل) نصب شده و به طریق غیر مستقیم مدار قدرت را کنترل می‌کند.

دراین شرایط ترموستات با یک بوبین کوچک با جریان کم (بوبین کنتاکتور کمپرسور) سری نصب می‌شود و از این طریق ولتاژ خط قدرت را کنترل می‌کند. با بسته‌شدن پلاتین ترموستات، یک جریان کم از پلاتین ترموستات عبور کرده و بوبین کوچک را تحریک می‌کند. با تحریک بوبین در مدار کنترل، یک جریان خیلی بیشتری از خط ولتاژ وارد موتور وکمپرسور می شود. (شکل ۸ ــ ۹)



شکل ۸ــ۹ــ بسته شدن کلید (ترموستات) باعث تحریک بوبین کنتاکتور در خط کنترل ولتاژ شده، پلاتین‌های مربوط به کنتاکتور در خط ولتاژ بسته می شوند و در نهایت کمپرسور با برق ۲۲۰V شروع به‌کار می‌کند.

۳ــ۱ــ۹ــ نحوه تنظیم ترموستات‌ها : ترموستات‌ها دارای یک نقطهٔ تنظیم[1] و یک تنظیم تفاضلی[2] می‌باشند. اختلاف بین دمای وصل[3] و دمای قطع[4] تفاضل گفته می‌شود. ترموستاتی که روی $2^{\circ}C$ تنظیم شده است تا زمانی که دمای حس شده به $4^{\circ}C$ نرسد قادر به روشن‌کردن کمپرسور نیست و در ضمن تا زمانی که دمای حس شده به $0^{\circ}C$ افت نکند، نمی‌تواند کمپرسور را از مدار خارج کند. این ترموستات دارای نقطه تنظیم $2^{\circ}C$ و یک اختلاف ۴ سلسیوسی بین دماهای وصل و قطع می‌باشد. مقدار تفاضل به نوع محصول و جای عضو حس‌کننده بستگی دارد. هرگاه عضو حس‌کنندهٔ ترموستات در روی محصول نصب شده و دمای محصول را مستقیماً کنترل کند، تفاضل $1^{\circ}C$ تا $2^{\circ}C$ است از طرف دیگر، هرگاه عضو حس کننده ترموستات در سالن نصب شود و دمای محصول از طریق دمای سالن کنترل گردد تفاضل حدود $3^{\circ}C$ تا $4^{\circ}C$ است. در خیلی موارد عضو حس‌کننده‌ی ترموستات را روی اواپراتور نصب می‌کنند و دمای محصول را از طریق دمای اواپراتور کنترل می‌کنند که دراین حالت تفاضل باید $8^{\circ}C$ تا $12^{\circ}C$ می‌باشد.

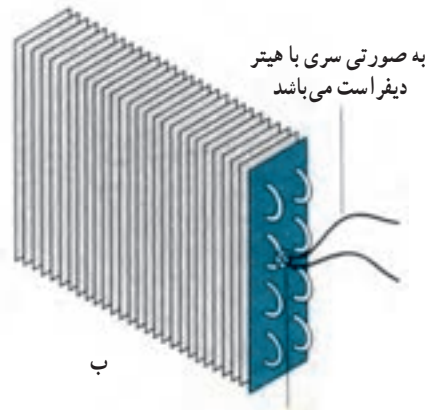
۲ــ۹ــ ترمو دیسک (ترموستات محافظ)

ترموستات نشان داده شده در شکل ۹ــ۹ ترمودیسک یا ترموستات محافظ است. این ترموستات به صورت مناسب به کویل اواپراتور چسبیده و درجه حرارت سطح کویل را حس می‌کند. اگر هیتر دیفراست قادر باشد، ذوب نمودن برفک اواپراتور را قبل از زمان برگشت تایمر به کار عادی انجام دهد، ترمودیسک، هیتر را برای مدت زمان باقی‌مانده دیفراست، از مدار خارج خواهد کرد. با این عمل انرژی به دو صورت ذخیره می شود.

اول اینکه مصرف انرژی از بابت کارکرد هیتر کمتر می‌شود و دوم، انرژی مورد نیاز برای سیستم برودتی برای خارج کردن گرمای هیتر هدر نمی‌رود. ترمودیسک به صورت سری با هیتر دیفراست در مدار نصب می‌شود. ترموستات از نوع زمستانی بوده به طوری که با افزایش درجه حرارت سطح اواپراتور، مدار هیتر دیفراست را قطع می‌کند تا گرمای هیتر بی‌جهت وارد فضای سرد شده نشود. هنگامی که ترمودیسک مدار هیتر را قطع می‌کند هیچ‌کدام از قسمت‌های سیستم برودتی برق‌دار نیست و فقط تایمر

۱ــ Set Point
۲ــ differential
۳ــ cut in
۴ــ cut out

الف



شکل ۹ــ۹ــ الف)ترمودیسک ب)موقعیت قرارگیری ترمودیسک

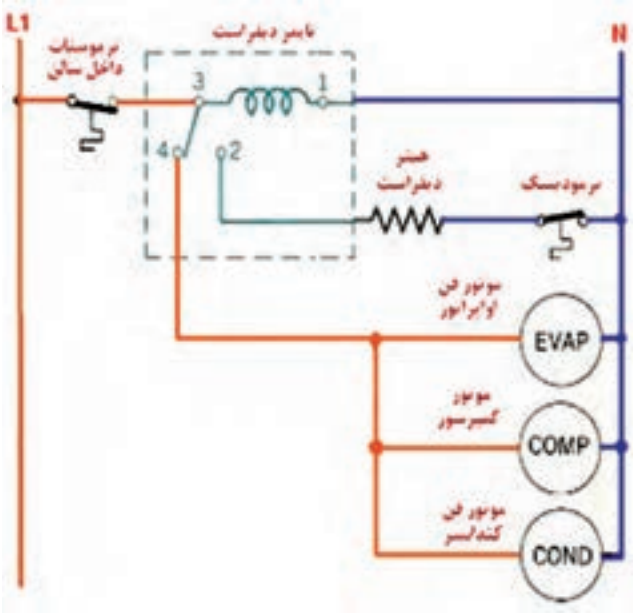
دیفراست کار می‌کند تا زمان تنظیم شده برای دیفراست به پایان برسد. پس از اتمام مدت دیفراست موقعیت پلاتین ۳ به ۲ شکل ۱۰ــ۹ تعویض شده و به حالت ۳ به ۴ در می‌آید تا سیستم برودتی کارکرد عادی خود را از سر بگیرد.

۳ــ۹ــ تایمر دیفراست

به علت پایین بودن دمای اواپراتور بخار آب موجود در هوا ضمن عبور از روی اواپراتور سرد شده به نقطه شبنم می‌رسد سپس منجمد می‌گردد و به صورت برفک ویخ روی کویل اواپراتور باقی خواهد ماند که نتیجه آن کاهش هوای عبوری و کاهش انتقال گرما بین اواپراتور و فضای موردنظر می‌شود. هر دو مورد یاد شده کاهش ظرفیت برودتی سیستم را به‌دنبال خواهد داشت لذا باید با یک برنامه‌ی زمان‌بندی، برفک و یخ ایجاد شده بر روی اواپراتور ذوب گردد. مدت زمان ذوب برفک و تعداد دفعات در ۲۴ ساعت بستگی به مقدار برفک ایجاد شده بر روی اواپراتور دارد. تنظیم تعداد دفعات دیفراست (۲، ۳، ۴ دفعه در ۲۴ ساعت) و مدت زمان هر دیفراست (۱۰ تا ۶۰ دقیقه) به وسیله دستگاهی به نام تایمر دیفراست انجام می‌گیرد.

شکل ۱۰ــ۹ مدار الکتریکی دیفراست یک سیستم تبریدی را نشان می‌دهد که به وسیله تایمر دیفراست کنترل می‌شود.

مدار فوق شامل تایمر، هیتر و ترمودیسک است موتور تایمر دیفراست بین ترمینال های ۱ و ۳ بوده و در تمام مدت به‌جز زمان قطع ترموستات برق دار است.



شکل ۱۰ــ۹ــ مدار الکتریکی دیفراست

۴ــ۹ــ رله‌های استارت

رله‌های استارت وسایلی هستند که در کمپرسورهای تک‌فاز برای راه‌اندازی کمپرسور استفاده می‌شوند.

انواع رله‌های استارت عبارت‌اند از :

۱ــ رله استارت از نوع جریانی (رله جریان)

۲ــ رله استارت از نوع پتانسیلی (رله ولتاژ)

۳ــ رله استارت از نوع ترمیستوری(سرامیکی)

۱ــ۴ــ۹ــ رله جریان : رله‌جریان کلیدی است مغناطیسی شامل سیم‌پیچ کوچکی که به دور یک محفظه پیچیده شده و داخل

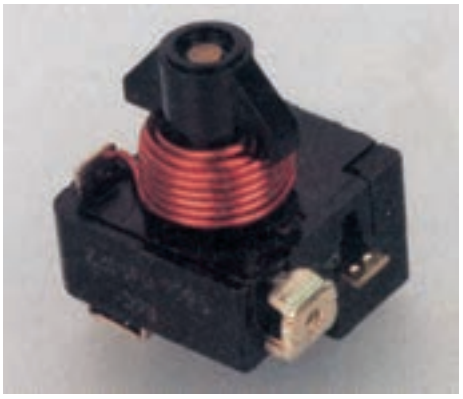
یک هستهٔ آهنی وجود دارد. قطر سیم‌پیچ رله متناسب با قدرت کمپرسور انتخاب می‌شود و چون سیم‌پیچ رله با سیم‌پیچ اصلی (R) به طور سری در مدار قرار می‌گیرد دارای تعداد دور کم می‌باشد تا افت ولتاژ ایجاد نگردد. در داخل رله کلیدی وجود دارد که در حالت عادی اتصال آن باز است.

شکل ۱۱ــ ۹ یک رله‌ی جریان را نشان می‌دهد.

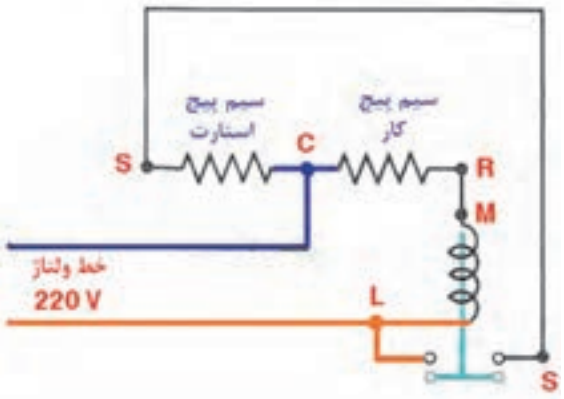
شکل ۱۲ــ۹ مدار الکتریکی رله‌ی جریان را بدون خازن استارت و شکل ۱۳ــ۹ با خازن استارت نشان می‌دهد.

چنان‌چه مشاهده می‌شود سیم‌پیچ رله با سیم‌پیچ کار (اصلی) کمپرسور به صورت سری نصب شده است. وقتی که ولتاژ خط اعمال می‌شود یک جریان بالایی در یک لحظه از میان سیم‌پیچ اصلی عبور می‌کند. این جریان آنی از میان سیم‌پیچ رله نیز عبور کرده یک میدان مغناطیسی قوی به‌وجود آمده پلاتین رله را بالا می‌کشد تا تمام جریان از میان سیم‌پیچ استارت نیز عبور نماید. با برق‌دار شدن هر دو سیم‌پیچ (استارت و اصلی) کمپرسور استارت شده و به سرعت نهایی می‌رسد. به محض رسیدن به سرعت نهایی جریان لحظه‌ای بالاتر (جریان راه‌اندازی) پایین آمده و کمپرسور با جریان عادی به کار ادامه می‌دهد. با کاهش جریان، میدان مغناطیسی در اطراف سیم پیچ رله جریان کم می‌شود.

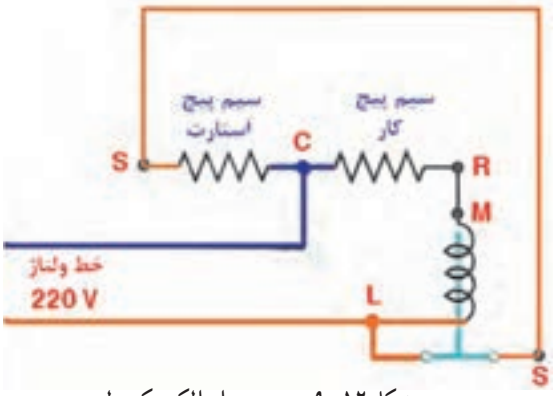
وقتی که کمپرسور تقریباً با تمام سرعت می‌چرخد میدان مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ رله به اندازه کافی نیست که پلاتین را



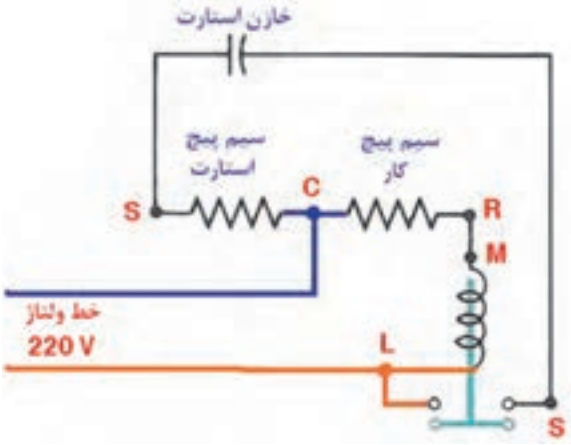
شکل ۱۱ــ۹ــ رله جریان



شکل ۱۲ــ۹ ــ الف ــ مدار الکتریکی رله جریان در کمپرسور تک فاز قبل از استارت



شکل ۱۲ــ۹ ــ ب ــ مدار الکتریکی رله جریان در کمپرسور تک فازحین استارت



شکل ۱۳ــ۹ــ مدار الکتریکی رله جریان در کمپرسور تک فاز با خازن استارت

به حالت بسته نگه دارد و پلاتین رله در اثر وزن خود پایین افتاده باز می‌شود. باز شدن پلاتین، سیم‌پیچ استارت را از مدار خارج کرده و کمپرسور تنها به‌وسیلهٔ سیم‌پیچ اصلی به کار ادامه می‌دهد.

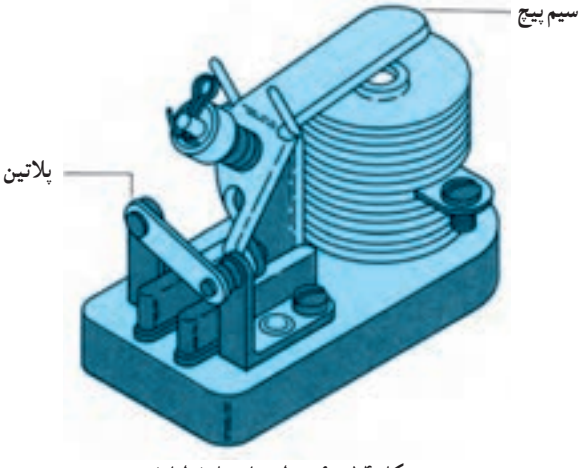
یادآوری :

۱ــ رله بایستی کاملاً تراز نصب شود.

۲ــ رله بایستی متناسب با ظرفیت کمپرسور باشد.

۳ــ رله‌های جریان نباید با موتورهایی که هم خازن استارت[1] و هم خازن کار[2] دارند استفاده شود.

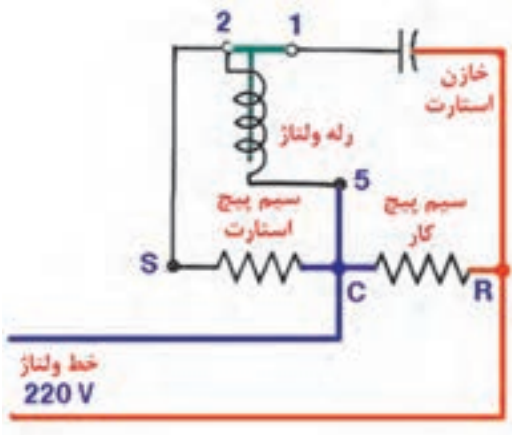
۲ــ۴ــ۹ــ رله ولتاژ (پتانسیل) : از این رله در موتورهایی که نیاز به گشتاور راه‌اندازی بالایی دارند استفاده می‌شود. مطابق شکل ۱۴ــ۹ رله ولتاژ شامل یک سیم‌پیچ با سطح مقطع کم و تعداد دور بیش‌تر نسبت به رله جریان است و پلاتین رله ولتاژ برعکس پلاتین رله جریان در حالت عادی (کمپرسور بدون برق) بسته می‌باشد. وقتی که ولتاژ شبکه وصل می‌شود فوراً دو جریان کاملاً موازی برقرار شده، یکی از جریان‌ها از میان سیم‌پیچ استارت و دیگری از میان سیم‌پیچ اصلی یا کار عبور می‌کند. به محض دور گرفتن کمپرسور سیم‌پیچ استارت نظیر یک ژنراتور عمل نموده و ولتاژی را به سیم‌پیچ رله اعمال می‌کند. (اساس کار موتور بر مبنای جریان الکتریکی از سیم‌پیچ می‌باشد واساس کار ژنراتور بر مبنای قرارگرفتن سیم‌پیچ در میدان مغناطیسی است) وقتی که کمپرسور تقریباً به سرعت نهایی رسید میدان مغناطیسی اطراف کویل رله ولتاژ به واسطه اعمال برق تولیدی توسط



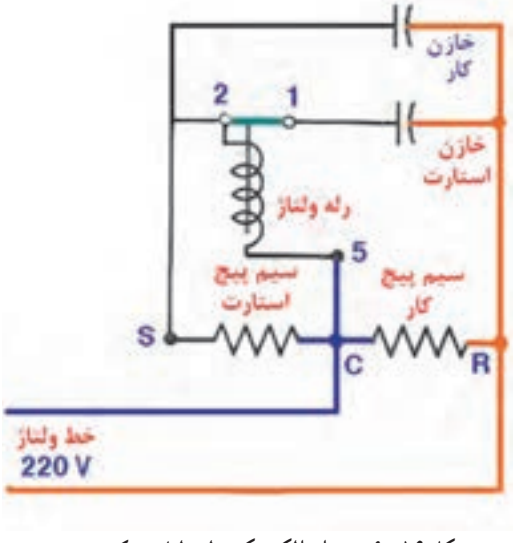
شکل ۱۴ــ۹ــ رله پتانسیل (ولتاژ)

سیم‌پیچ استارت به اندازه کافی قوی است که بتواند پلاتین رله را پایین کشیده و باز نماید. با باز شدن پلاتین رله، خازن استارت و سیم‌پیچ استارت از مدار خارج می‌شوند، ولی با گردش کمپرسور تولید برق به‌وسیله سیم‌پیچ استارت خارج شده از مدار، به اندازه‌ای است که بتواند پلاتین رله را در حالت باز نگه بدارد.

رله‌های پتانسیل به‌وسیله شماره ترمینال‌های ۵، ۲ و ۱ شناسایی می‌شوند. ترتیب شماره‌های ۵، ۲ و ۱ به عنوان مشترک، استارت و کار در یادگیری و به خاطرآوردن محل اتصالات به مدار برای شما کمک می‌شود.



شکل ۱۵ــ۹ــ مدار الکتریکی رله ولتاژ در کمپرسور تک فاز با خازن استارت



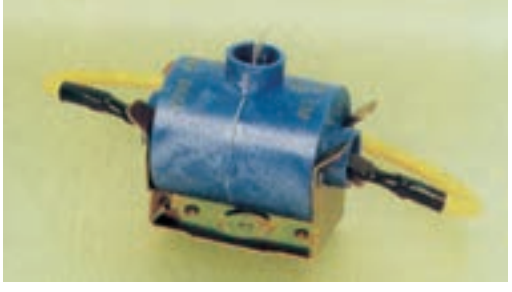
شکل ۱۶ــ۹ــ مدار الکتریکی رله ولتاژ در کمپرسور تک فاز با خازن استارت و خازن کار

۱ــ خازن استارت وسیله‌ای که برای کمک به راه‌اندازی در مدار کمپرسور قرار می‌گیرد و پس از رسیدن کمپرسور به ۷۵٪ دور نامی توسط رله به همراه سیم‌پیچ استارت از مدار خارج می‌شود.

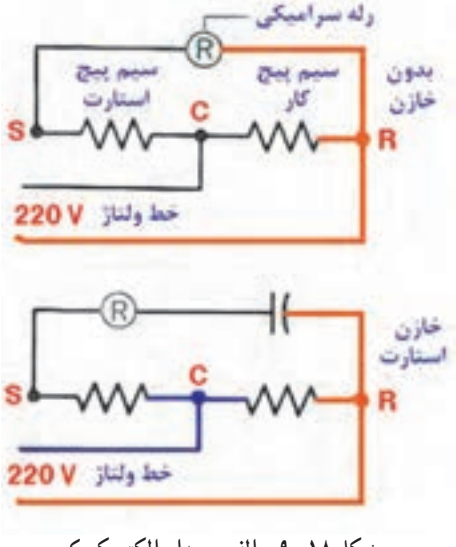
۲ــ خازن کار یا خازن دائمی ــ خازنی که در تمام مدت زمان کار کمپرسور برای ایجاد گشتاور مناسب در مدار باقی می‌ماند.

شکل ۱۵ــ۹ مدار الکتریکی رله ولتاژ با خازن استارت و شکل ۱۶ــ۹ مدار الکتریکی رله ولتاژ با خازن استارت و خازن کار را نشان می‌دهد.

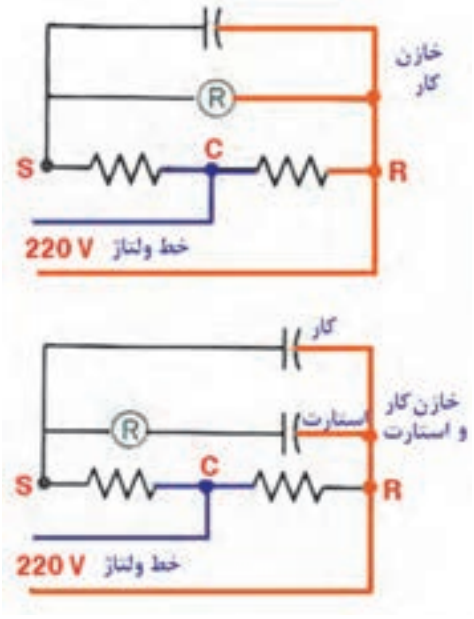
۳ــ۴ــ۹ــ رله ترمیستوری (رله سنگی) : در رله‌های سنگی کلید یا پلاتینی برای خارج کردن سیم پیچ استارت از مدار وجود ندارد. شکل ۱۷ــ۹ رله ترمیستوری را نشان می‌دهد. جنس رله‌ها از سرامیک بوده و با دما مقدار مقاومت آن‌ها تغییر می‌کند. شکل ۱۸ــ۹ الف و ب نحوه نصب این رله‌ها را در مدار الکتریکی نشان می‌دهد. وقتی که کمپرسور در حال استراحت است رله سرد بوده مقاومت بسیار کمی دارد و مانند یک کلید بسته عمل می‌کند. وقتی که ولتاژ اعمال می‌شود هر دو سیم‌پیچ استارت و کار همزمان برق‌دار شده و کمپرسور استارت می‌کند. در طی چند ثانیه جریان عبوری از سیم‌پیچ استارت باعث داغ‌شدن رله سرامیکی می‌شود. داغ‌شدن رله باعث افزایش شدید مقاومت در رله شده و مانند یک کلید باز عمل نموده و سیم‌پیچ استارت را از مدار خارج می‌کند.



شکل ۱۷ــ۹ــ رله سرامیکی



شکل ۱۸ــ۹ــ الف ــ مدار الکتریکی کمپرسور مجهز به رله سنگی بدون خازن و با خازن استارت



شکل ۱۸ــ۹ــ ب ــ مدار الکتریکی کمپرسور مجهز به رله سنگی و خازن استارت و خازن کار

تنها عیب رله‌های سرامیکی در عمل کرد نامحدود آنها در زمان روشن‌کردن کمپرسور است. به این معنی که رله‌ها بیش‌تر به زمان وابسته هستند لذا نسبت به دو نوع رله جریان و ولتاژ، سیم‌پیچ استارت را بیش‌تر در مدار نگه می‌دارند و به لحاظ مقاومت بالایی که دارند جریان زیادی از شبکه دریافت می‌کنند که خوب نیست.

مزیت رله‌های سرامیکی نسبت به بقیه رله‌ها در کاربرد

همگانی آن‌هاست. یک رله سرامیکی را با انواع رله‌های جریان، ولتاژ که در کمپرسورهای $\frac{1}{12}$ hp تا $\frac{1}{2}$ hp به‌کار برده شده‌اند، می‌توان عوض کرد. این مشخصه رله‌های سرامیکی، کار تکنیسین کاربر را بسیار راحت‌تر کرده است.

۵ــ ۹ــ اورلود یا کلید محافظ جریان اضافی

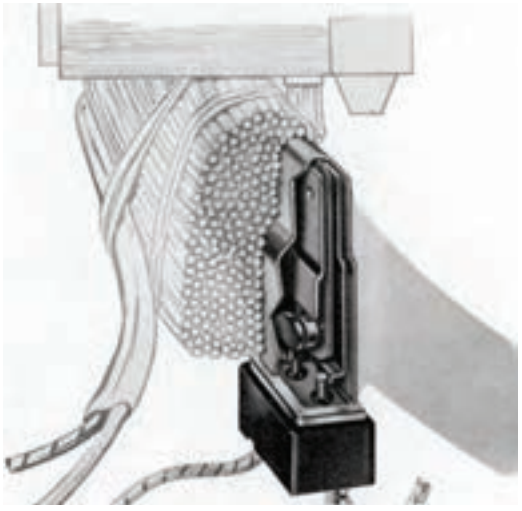
اورلود یک وسیلهٔ حفاظتی است و هنگامی که جریانی بیش‌تر از جریان مجاز کمپرسور از آن عبور کند و یا در اثر اختلال پیش آمده، کمپرسور بیش‌از اندازه گرم شود جریان برق را، قبل از این‌که با سیم‌پیچ کمپرسور صدمه‌ای برسد قطع می‌کند.

انواع اورلود :

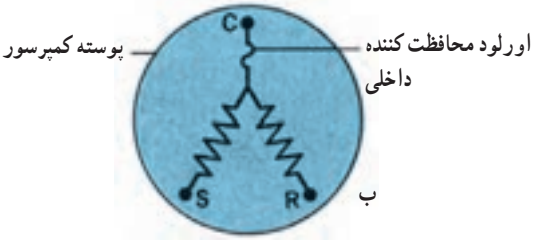
۱ــ اورلود داخلی

۲ــ اورلود خارجی

۱ــ ۵ــ۹ــ اورلودهای داخلی : معمولاً در گرم‌ترین محل در داخل سیم‌پیچ نصب می‌شوند. البته نصب اورلود داخلی



الف



اورلود محافظت کننده داخلی

پوسته کمپرسور

ب

شکل ۱۹ــ۹ــ موقعیت اورلود داخلی

الف ــ موقعیت اورلود داخلی موتور در داخل سیم‌پیچ

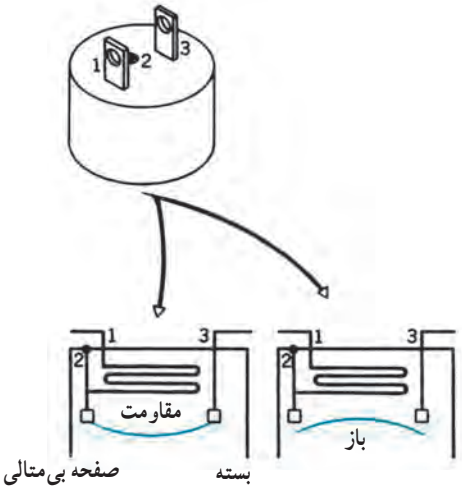
ب ــ موقعیت اورلود داخلی در مدار کمپرسور بسته

بستگی به طراحی کمپرسور دارد ولی عموماً در تمام کمپرسورها چه بزرگ و چه کوچک نصب می‌شود (شکل ۱۹ــ۹).

۲ــ۵ــ۹ــ اورلود خارجی : اورلودهای خارجی عموماً از نوع بی‌متالی هستند و در مقابل دما و جریان حساس می‌باشند.

اورلود خارجی بر روی بدنه کمپرسور نصب می‌شود و دمای بدنه و جریان عبوری از کمپرسور را حس می‌کند و در صورت بالا رفتن دمای بدنه یا جریان، برق کمپرسور را قطع می‌کند که عموماً در کمپرسور یخچال‌های خانگی به کار می‌رود که شامل یک تیغهٔ بی‌متالی و یک مقاومت (هیتر) است که به صورتی سری به همدیگر متصل شده‌اند و تمام جریان کمپرسور از آنها عبور می‌کند. وقتی که کمپرسور جریان بیش از حد نرمال از شبکه می‌کشد، مقاومت داخل اورلود داغ شده و کلید بی‌متالی باز می‌شود. بازشدن کلید همراه با صدا می‌باشد. (در درجه حرارت $105^{\circ}C$ قطع و در درجه حرارت $61^{\circ}C$ وصل می‌شود) اورلود دریک تا دو دقیقه ری‌ست خواهد شد و کمپرسور دوباره روشن می‌شود.

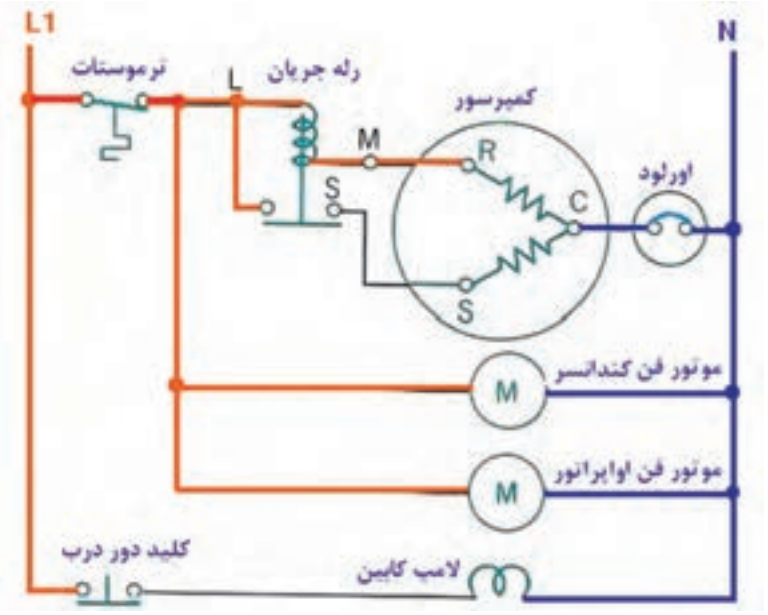
شکل ۲۰ــ۹ــ اورلود خارجی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰ــ۹ــ اورلود خارجی قابل استفاده در یخچال‌های خانگی

۳ــ۵ــ۹ــ قرارگیری اورلودها در مدار : اورلودها به دو صورت در مدار کمپرسور قرار می‌گیرند.

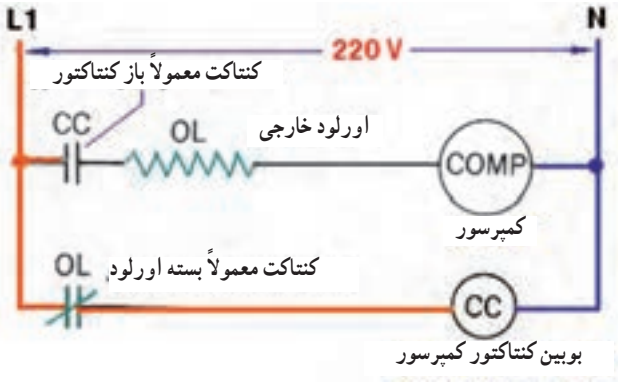
۱ــ در کمپرسورهای تک فاز و در ظرفیت‌های کم مطابق شکل ۲۱ــ۹ اورلود کمپرسور را مستقیماً خاموش می‌کنند به عبارت دیگر در مدار قدرت قرار می‌گیرند.



شکل ۲۱ــ۹ــ قرارگیری اورلود در مدار قدرت

۲ــ اورلود در کمپرسورهای بزرگتر یا سه فاز در مدار فرمان قرار می‌گیرد. یعنی با افزایش جریان یا دما برق بوبین کنتاکتور به‌وسیله اورلود در مدار فرمان قطع می‌شود. قطع شدن برق بوبین کنتاکتور برق اصلی مدار قدرت کمپرسور را قطع می‌کند. در شکل ۲۲ ــ ۹ یک نمونه مدار قدرت و مدار فرمان آورده شده است.

در مدار شکل ۲۲ ــ ۹ با اتصال فاز (L_1) و نول (N) فاز از طریق کنتاکت معمولاً بسته اورلود (OL) به بوبین کنتاکتور (CC) می‌رسد بوبین تحریک شده و کنتاکت معمولاً باز در خط بالاتر بسته می‌شود و کمپرسور راه‌اندازی می‌گردد. اگر جریان عبوری



شکل ۲۲ــ۹ــ مدار الکتریکی حفاظت کمپرسور از طریق کنترل مدار فرمان

از کمپرسور بیشتر شود هیتر گرم شده و کنتاکت معمولاً بسته در خط پایین باز می‌شود و برق بوبین کنتاکتور را قطع می‌نماید با قطع‌شدن برق بوبین کنتاکت معمولاً باز بوبین در خط بالاتر باز می‌شود و کمپرسور خاموش می‌گردد.

۶ ــ۹ــ کنترل فشار کم[1] (L.P.C)

اگر فشار سمت کم فشار سیستم سردکننده بیش از حد معین پایین رود این کنترل مدار را قطع و کمپرسور را متوقف می‌کند چنانچه فشار به حالت عادی برگردد کلید رابسته و کمپرسور را روشن می‌کند. بدین ترتیب کمپرسور از خطر عوارض ناشی از پایین رفتن فشار محافظت می‌کند (شکل ۲۳ــ ۹).

۷ ــ۹ــ کنترل فشار زیاد[2] (H.P.C)

کنترل فشار بالا، فشار سمت پرفشار را حس کرده و عمل می‌کند. معمولاً سنسور کنترل کننده به رانش کمپرسور وصل می‌شود. هرگاه فشار به هر دلیل ممکن (تقطیر نامناسب، شارژ اضافی مبرد، وجود هوا در سیستم و ...) به بیش از مقدار تنظیم

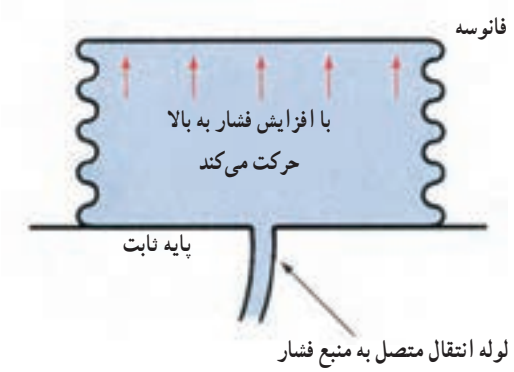
۱ــ Low Pressure Control

۲ــ High Pressure Control

شده روی کنترل کننده برسد برای جلوگیری از آسیب‌های جدی درتجهیزات (کمپرسوروکندانسر)، کمپرسور مستقیماً خاموش می‌شود. شکل ۲۴ــ۹ نمای ظاهری یک کنترل فشار زیاد را نشان می‌دهد.

این کنترل‌ها عموماً (نه همیشه) دارای یک دگمهٔ ری‌ست هستند. وقتی که کمپرسور به‌وسیله کنترل فشار زیاد خاموش می‌شود، با پایین آمدن فشار کمپرسور دوباره روشن نخواهد شد. باید بعد از تشخیص عیب و رفع آن دگمهٔ ری‌ست فشرده شده تا مجدداً کمپرسور وارد مدار شود. شکل ۲۵ ــ۹ مجموعه کنترل فشار بالا و کنترل‌فشار پایین را در یک محفظه نشان می‌دهد.

شکل ۲۳ــ۹ــ کنترل فشار کم



شکل ۲۴ــ۹ــ کلید فشار زیاد

شکل ۲۵ــ۹ــ کلید فشار کم و زیاد

۸ ــ۹ــ کنترل فشار روغن[۱] (O.P.C)

کنترل فشار روغن را می‌توان همراه با کمپرسورهایی که روغن‌کاری آن‌ها با فشار (اجباری) انجام می‌شود به کار برد، اگر پمپ روغن نتواند فشار کافی و لازم برای روغن‌کاری را تأمین کند، کنترل فشار روغن کمپرسور را خاموش می‌کند. این کنترل براساس اختلاف فشار رانش پمپ و مکش کمپرسور کار می‌کند (شکل ۲۶ــ ۹).

شکل ۲۶ــ۹ــ کنترل فشار روغن

۹ ــ۹ــ کنترل رطوبت

برای نگهداری همه مواد غذایی فاسدشدنی در حالت طبیعی (بسته‌بندی نشده) مانند انواع گوشت (سفید و قرمز)، میوه، سبزیجات، پنیر، تخم‌مرغ علاوه بر کنترل دقیق دمای محفظه بایستی رطوبت محل نیز کاملاً کنترل شود. یکی از علل خراب‌شدن مواد غذایی، از دست‌دادن رطوبت به صورت تبخیر سطحی است. کاهش رطوبت در میوه و سبزیجات با چروک‌شدن و پژمردگی، در مورد گوشت و پنیر و غیره باعث رنگ‌پریدگی، کوچک‌شدن و بدشدن قیافهٔ ظاهری آنها است. لذا باید رطوبت محفظه یا سالن برای کاربردهای متفاوت در حد قابل قبول نگه داشته شود تا مشکلات ذکر شده بروز نکند. وقتی که محصول در ظروف ضد رطوبت بسته‌بندی شده باشند، کنترل رطوبت محل نگهداری مهم نمی‌باشد.

چنانچه قبلاً نیز توضیح داده شده، وقتی که یک سیستم برودتی برای سرد کردن فضایی کار می‌کند در اثر پایین بودن دمای کویل اواپراتور و همچنین پایین آمدن دمای محفظه از نقطه شبنم (بخار آب موجود در فضا) رطوبت از محصول جدا شده و تقطیر می‌شود و یا به صورت برفک و یخ‌روی کویل اواپراتور جمع می‌شود. لذا جهت جبران کاهش رطوبت و تزریق رطوبت مورد نیاز در طی عملیات سردکردن از سیستم رطوبت‌زن استفاده می‌شود و هدایت سیستم فوق به‌وسیله دستگاهی به نام کنترل رطوبت انجام می‌گیرد (شکل ۲۷ــ ۹).

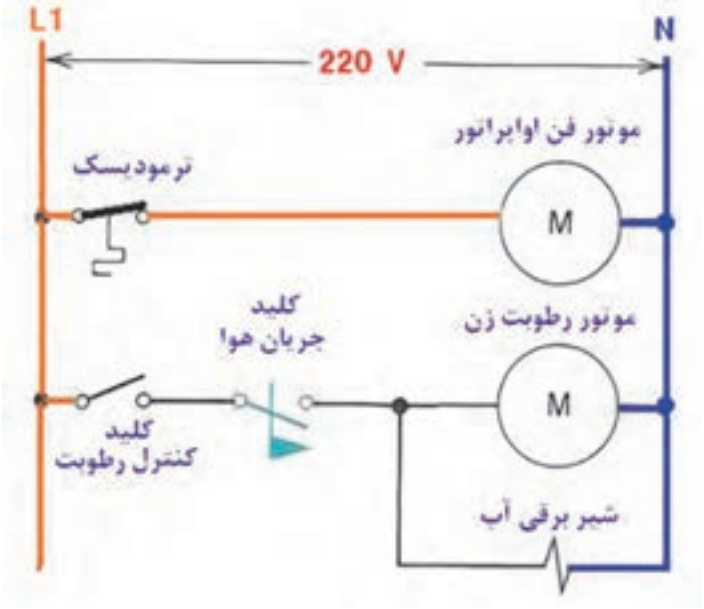
شکل ۲۷ــ۹ــ شکل ظاهری یک کنترل رطوبت

شکل ۲۸ــ۹ــ مدار الکتریکی کنترل رطوبت را نشان می‌دهد.

با علم به اینکه عملیات رطوبت‌زنی تنها زمانی مقدور می‌باشد که فن اواپراتور در حال کار باشد. لذا به بررسی مدار سیستم

۱ــ Oil Pressure Control

رطوبت‌زن می‌پردازیم. چنانچه در مدار مشخص است موتور فن اواپراتور پس از عملیات ذوب برفک وارد مدار نمی‌شود مگر اینکه سطح کویل کاملاً سرد شده و ترمودیسک وصل کند. پس از روشن شدن موتور فن اواپراتور، کلید جریان هوا وصل می‌شود در این وضعیت اگر رطوبت سالن کمتر از تنظیم روی کنترل کننده رطوبت باشد، کلید کنترل رطوبت وصل شده موتور رطوبت زن و شیر برقی آب وارد مدار می‌شوند. پس از رسیدن میزان رطوبت سالن به حد مورد نظر، کنترل کننده رطوبت موتور رطوبت زن و شیر برقی آب را از مدار خارج می‌کند.



شکل ۲۸ــ۹ــ سیستم رطوبت زنی با کلید جریان هوا

۱۰ــ۹ ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چندگزینه‌ای

۱ــکدام یک فقط درچند ثانیه اول راه‌اندازی کمپرسور عمل می‌کند؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۱)

الف) رله
ب) اورلود
ج) ترمودیسک
د) ترموستات

۲ــسیم پیچ رله جریان با سیم‌پیچ ..... به طور ..... قرار می‌گیرد. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

الف) اصلی ــ سری
ب) استارت ــ موازی
ج) اصلی ــ موازی
د) استارت ــ سری

۳ــدر چه صورت ترمودیسک، مدار برق هیتر دیفراست را قطع می‌کند؟

الف) افزایش فشار اواپراتور
ب)افزایش دمای کندانسر
ج) افزایش فشار کندانسر
د) افزایش دمای سطح اواپراتور

۴ــ کدام مورد از مزایای رله سنگی است؟

الف) تحمل جریان بالا　　ب) راه‌اندازی سریع

ج) کاربرد همگانی　　د) قیمت ارزان

۵ ــ معمولاً سنسور کنترل فشار زیاد به ..... وصل می‌شود.

الف) مکش کمپرسور　　ب) رانش کمپرسور

ج)خروجی اواپراتور　　د)ورودی اواپراتور

پرسش‌های درست و نادرست

۶ــ در سیستم‌های برودتی با ظرفیت بالا ترموستات به طور مستقیم درمدار ولتاژ نصب می شود .

□ درست　□ نادرست

۷ــ ترمودیسک بر روی کویل اواپراتور نصب می‌شود.

□ درست　□ نادرست

۸ــ مدت زمان ذوب برفک توسط ترمودیسک تنظیم می‌شود.

□ درست　□ نادرست

۹ــ از رله جریان می‌توان در موتورهایی که هم خازن استارت و هم خازن کار دارند استفاده نمود.

□ درست　□ نادرست

۱۰ــ اورلود داخلی معمولاً در گرم‌ترین محل داخل سیم‌پیچ نصب می‌شود.

□ درست　□ نادرست

پرسش‌های کامل‌کردنی

۱۱ــ ترموستات‌ها از نظر نوع کاربرد به دو گروه ..... و ..... تقسیم می‌شوند.

۱۲ــ رله‌ها بایستی متناسب با ..... انتخاب شوند.

۱۳ــ نام دیگر کلید محافظ جریان اضافی کمپرسور ..... می‌باشد.(امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

۱۴ــ در صورت بالا رفتن ..... یا ..... کمپرسور، اورلود خارجی برق کمپرسور را قطع می کند.

۱۵ــ کنترل فشار روغن بر اساس فشار ..... و ..... کار می کند.(امتحان نهایی ــ شهریور ۸۹)

واژه مناسب را در جاهای خالی بنویسید.

(اورلود ــ L.P.C ــ مدار ولتاژ ــ کاربرد همگانی ــ ترمودیسک ــ H.P.C ــ سنگی)

۱۶ــ در سیستم‌های برودتی کم ظرفیت ترموستات به صورت مستقیم در ..... نصب می‌شود.

۱۷ــ دو نوع از رله‌های استارت عبارت‌اند از رله ..... و رله ولتاژ می‌باشند.

۱۸ــ مزیت رله‌های ترمیستوری نسبت به بقیه رله‌ها در ..... آنها است.

۱۹ــ از نظر نصب ..... در دو نوع داخلی و خارجی وجود دارند. (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

۲۰ــ کنترل ..... کمپرسور را در مقابل عوارض ناشی از پایین رفتن فشار محافظت می کند.

پرسش‌های تشریحی

۲۱ــ ترموستات را تعریف کنید.

۲۲ــ مکانیزم‌های حس‌کننده‌ی دما در ترموستات را نام ببرید.

۲۳ــ حس‌کنندهٔ بی‌متالی را شرح دهید.

۲۴ــ حس‌کنندهٔ بالب‌دار را شرح دهید.

۲۵ــ دمای وصل (Cut in) و دمای قطع (Cut out) را شرح دهید.

۲۶ــ تنظیم تفاضلی (Differential) را شرح دهید.

۲۷ــ ترمودیسک و طرز کار آن را توضیح دهید.

۲۸ــ مزایای استفاده از ترمودیسک را بنویسید. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

۲۹ــ طرز کار تایمر دیفراست را توضیح دهید.

۳۰ــ رله استارت را تعریف کنید.

۳۱ــ رله جریان را شرح دهید.

۳۲ــ رله ولتاژ را شرح دهید.

۳۳ــ رله ترمیستوری (سنگی) را شرح دهید.

۳۴ــ نحوه اتصال رله جریان را در مدار الکتریکی کمپرسور توضیح دهید.

۳۵ــ نحوه اتصال رله ولتاژ را در مدار الکتریکی کمپرسور توضیح دهید.

۳۶ــ نحوه اتصال رله سنگی را در مدار الکتریکی کمپرسور توضیح دهید.

۳۷ــ اورلود چیست؟

۳۸ــ نحوه اتصال اورلود کمپرسورهای تک فاز را شرح دهید.

۳۹ــ نحوه اتصال اورلود کمپرسورهای سه فاز را شرح دهید.

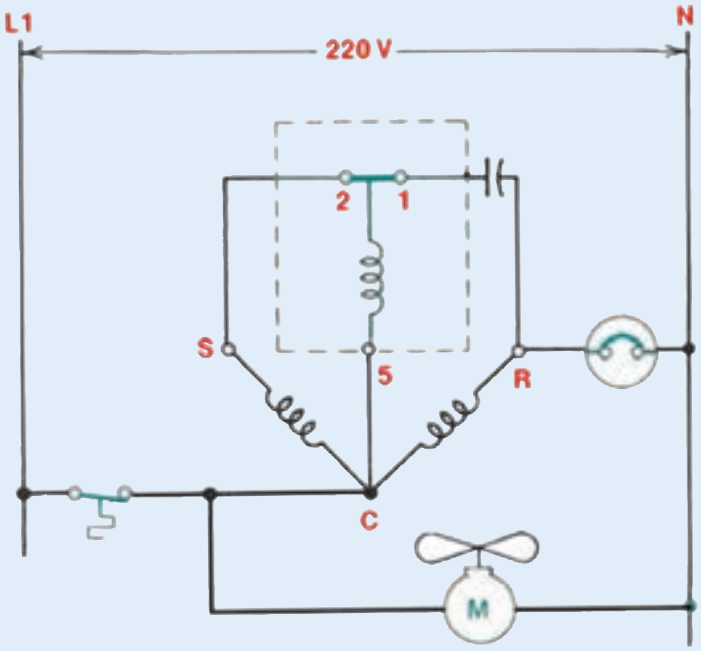
۴۰ــ کنترل فشار کم را توضیح دهید.

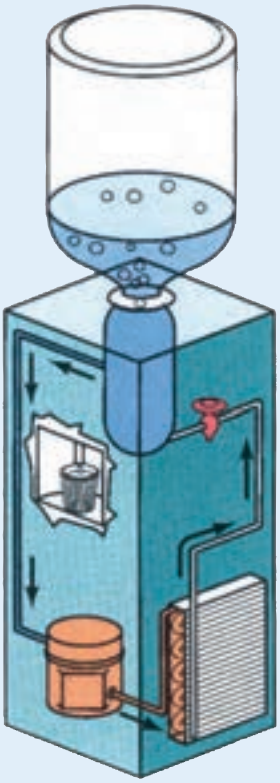
۴۱ــ کنترل فشار زیاد را بیان کنید.

۴۲ــ کنترل فشار روغن را توضیح دهید.

۴۳ــ کنترل رطوبت را توضیح دهید.

فصل دوم





فصل دهم

دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری

پس از پایان آموزش این فصل انتظار می‌رود هنرجو بتواند :

۱ــ ساختمان یخچال را توضیح دهد.

۲ــ طرز کار مدار الکتریکی یخچال را شرح دهد.

۳ــ مدار مکانیکی آب سردکن را شرح دهد.

۴ــ ساختمان الکتریکی آب سردکن را شرح دهد.

۵ــ یخچال‌های ویترینی را توضیح دهد.

۶ ــ بار سرمایی یخچال و فریزر را برآورد نماید.

۷ــ ساختمان سردخانه پیش‌ساخته را توضیح دهد.

۸ ــ بار سرمایی سردخانه‌های کوچک را برآورد نماید.

۱۰ــ دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری

۱ــ۱۰ــ یخچال[۱]

دستگاهی که برای نگهداری مواد غذایی فاسدشدنی در دمای کم استفاده می‌شود یخچال نامیده می‌شود.

۱ــ۱ــ۱۰ــ ساختمان یخچال : اجزای تشکیل دهنده یخچال را می‌توان به سه دسته الف) اجزای سیکل تبرید ب) اجزای الکتریکی ج) اجزای بدنه تقسیم نمود. کمپرسور، کندانسر، فیلتر درایر، اواپراتور، لوله مویین اجزای سیکل تبرید یخچال را تشکیل می‌دهند. موتور الکتریکی، ترموستات، رله استارت، اورلود، جعبه تقسیم، لامپ، سرپیچ اجزای الکتریکی هستند و کابین، در، لاستیک دور در، دستگیره، پایه، لولا و قفل از اجزای بدنه یخچال می‌باشند.

در شکل ۱ــ۱۰ یک نمونه یخچال خانگی نمایش داده شده است.

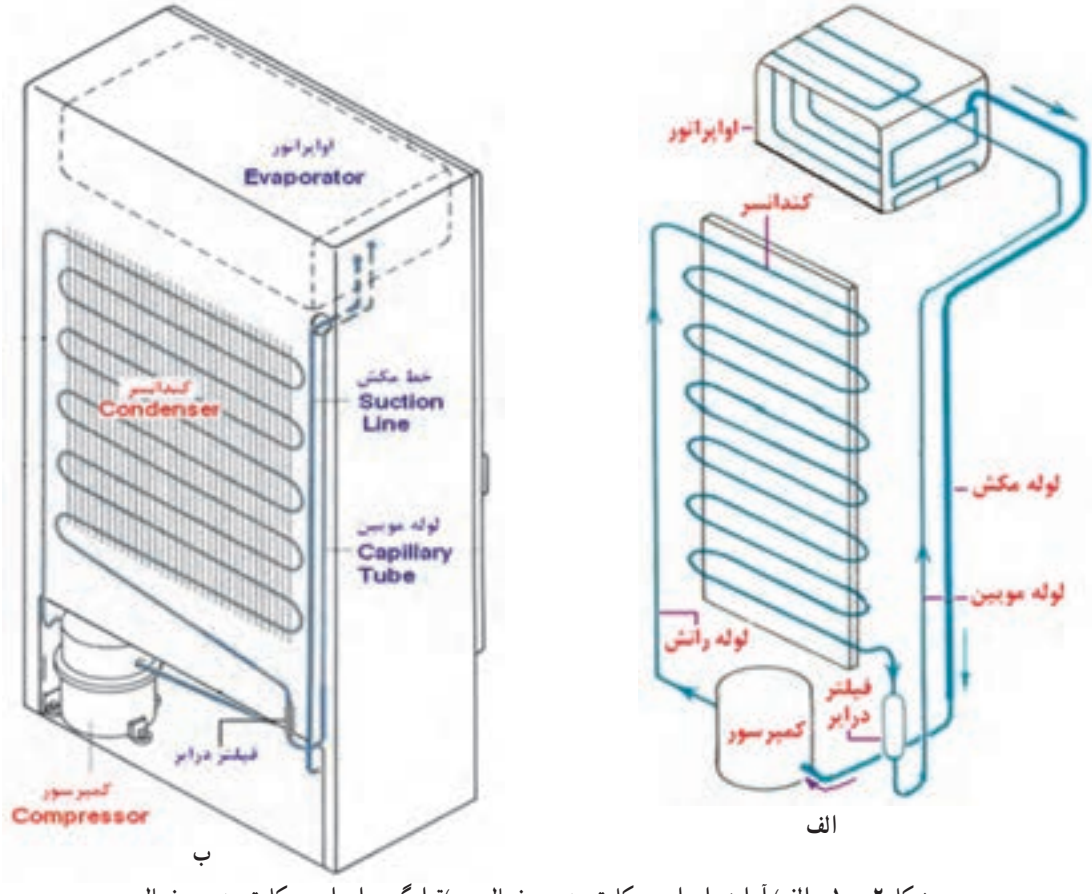
شکل ۲ــ۱۰ــ الف) آرایش اجزای سیکل تبرید یک یخچال خانگی و شکل ۲ــ۱۰ــ ب) چگونگی قرارگیری کمپرسور، کندانسر، اواپراتور، و لولهٔ مویین در یخچال نشان می‌دهد. کمپرسور در زیر کابین و کندانسر به‌صورت قائم به پشت کابین ثابت شده است.

کنترل کننده مایع سرمازا از نوع لوله مویین است که ماده سرمازا را به‌داخل کویل اواپراتور صفحه‌ای که در داخل کابین و قسمت بالای آن نصب شده است می‌رساند. فضای داخل اواپراتور به وسیله یک در از فضای داخل کابین جدا می‌شود. فضای داخل اواپراتور به‌عنوان فریزر است. هوایی که در بالای کابین سرد می‌شود سنگین شده به پایین کابین منتقل می‌شود.

۱ــ Refrigerator

مشخصات :
یخچال ۱۳ فوت
برفک زدایی اتوماتیک
۶۶کیلوگرم وزن خالص
ابعاد ۱۶۰×۶۳×۶۳ سانتی‌متر
سازگار با محیط زیست

شکل ۱ــ۱۰ یخچال



شکل ۲ــ۱۰ــ الف) آرایش اجزای سیکل تبرید در یخچال ب)قرارگیری اجزای سیکل تبرید در یخچال

محدودهٔ دمایی قسمت جایخی (فریزر) $18^{\circ}C-$ تا $23^{\circ}C-$ است در حالی که قسمت یخچال در محدودهٔ دمایی $2^{\circ}C+$ تا $7^{\circ}C+$ می‌ماند و ترموستات یخچال می‌تواند دمای فریزر یا دمای کابین را حس نموده و فرمان روشن و خاموش شدن کمپرسور را بدهد.

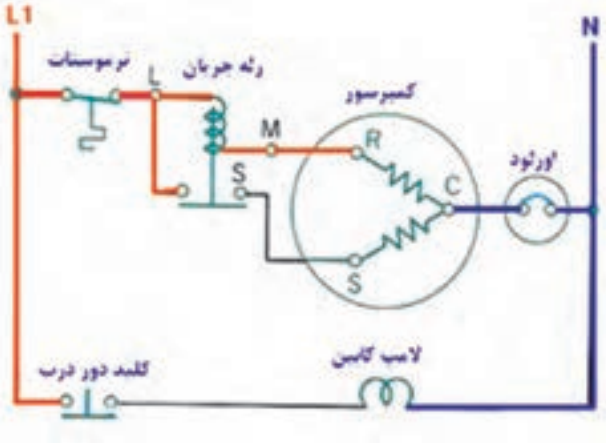
یخچال‌هایی که فضای فریزر و یخچال کاملاً از هم جدا شده‌اند دارای دو عدد اواپراتور می‌باشند. مادهٔ مبرد ابتدا وارد کویل اواپراتور محفظهٔ فریزر شده و سپس وارد کویل اواپراتور یخچال می‌گردد.

دمای ماده مبرد در لوله مکش به اندازه کافی بالا است تا در مجاورت هوای بیرون عرق نکند ولی با وجود این سازندگان یخچال‌ها لوله مکش را عایق‌بندی می‌کنند. بعضی از کمپرسورهای یخچال‌های خانگی دارای دو اتصال اضافی دیگر نیز در قسمت پایین خود دارند. این اتصالات برای خنک‌کاری روغن بوده که قبلاً در خصوص این موضوع و نحوه عملکرد آن توضیح کافی داده‌ایم.

دور در یخچال‌ها لاستیک نرمی (که داخل آن آهنرباست) نصب شده که به هنگام بسته شدن در، فضای داخل را از فضای بیرون کاملاً جدا می‌کند. اگر نتواند این کار را انجام دهد هوای بیرون به داخل کابین نفوذ می‌کند کمپرسور بیش از حد نرمال روشن باقی می‌ماند. تا بتواند گرمای ناشی از نفوذ هوا را خارج کند و مقدار برفک به سرعت اضافه می‌شود. برای تست کیفیت لاستیک دور در می‌توانید از قطعه ورق کاغذی استفاده نمایید بدین صورت که اگر ورق کاغذی بین در و کابین قرار گرفته و در بسته شود ورق کاغذی بایستی بین در و بدنه گیر کند این کار را می‌توانید در چندین نقطه انجام دهید.

۲ــ۱ــ۱۰ــ طرز کار مدار الکتریکی یخچال:

راه‌اندازی کمپرسور با استفاده از رله جریان بوده و همچنین کمپرسور در مقابل جریان اضافی به‌وسیله اورلود محافظت می‌شود و یک عدد ترموستات به صورت سری در مدار کمپرسور نصب شده تا کمپرسور را در موقع لزوم روشن و خاموش نماید. بالب ترموستات داخل کابین یخچال یا جایخی (فریزر) نصب شده و نسبت به محل فوق تنظیم می‌شود. روشنایی داخل کابین نیز به‌وسیله یک عدد لامپ تأمین می‌شود به‌طوری که با باز شدن در کابین یخچال کلید فشاری دور در مدار لامپ را وصل و لامپ روشن می‌شود با بستن کابین کلید دور در مدار لامپ را قطع می‌کند. شکل ۳ــ۱۰ مدار الکتریکی یک یخچال خانگی را نشان می‌دهد.



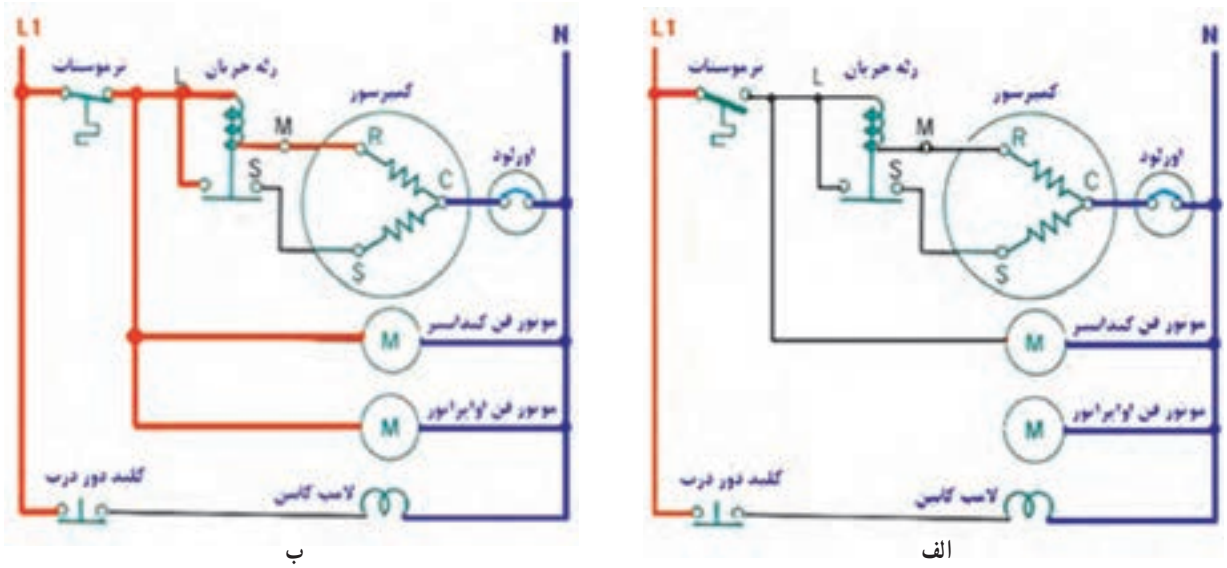
شکل ۳ــ۱۰ــ مدار برقی یک دستگاه یخچال معمولی

تحقیق: معادل انگلیسی یخچال Refrigerator به‌معنای سردکننده است در مورد علت نامگذاری یخچال تحقیق کنید.

شکل ۴ــ۱۰ مدار الکتریکی یک دستگاه یخچال فریزر را نشان می‌دهد کمپرسور دستگاه به‌وسیله رله جریان راه‌اندازی و به‌وسیله اورلود در مقابل جریان اضافی محافظت می‌شود کنترل کننده دما (ترموستات) به‌طور معمول در کابین یخچال نصب وتنظیم شده و مجموعه کمپرسور، فن کندانسر و فن اواپراتور را کنترل می‌کند به هنگام رسیدن دمای کابین به دمای تنظیم شده روی ترموستات، کمپرسور به همراه فن کندانسر و فن اواپراتور از مدار خارج می‌شوند. دیفراست یخچال فریزر در مدار مربوطه به حالت طبیعی می‌باشد (خاموشی دستی سیستم).

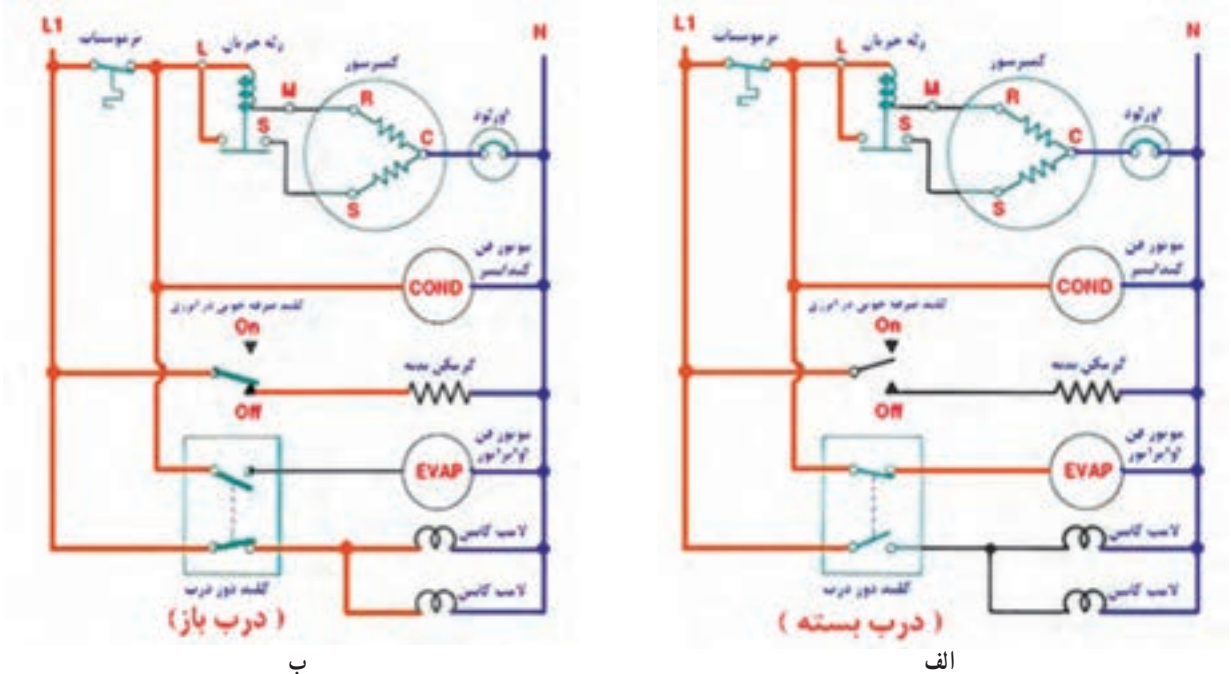
شکل ۵ــ۱۰ طرح‌هایی به مدار اضافه می‌کند. لامپ‌های کابین یخچال به‌طور موازی بسته‌شده‌اند و توسط یک کلید DPST[1] دو پل تک راهه کنترل می‌شوند که فن اواپراتور را نیز تغذیه می‌کند.

۱ــ Double Pole Single Throw



ب الف

شکل ۴ــ۱۰ــ مدار الکتریکی یک یخچال فریزر الف) دستگاه در حال کار ب)دستگاه اتوماتیک نموده و خاموش است



ب الف

شکل ۵ــ۱۰ــ طرح دیگری از مدار الکتریکی یخچال، با کلید صرفه‌جویی الف) دربسته ب) در باز

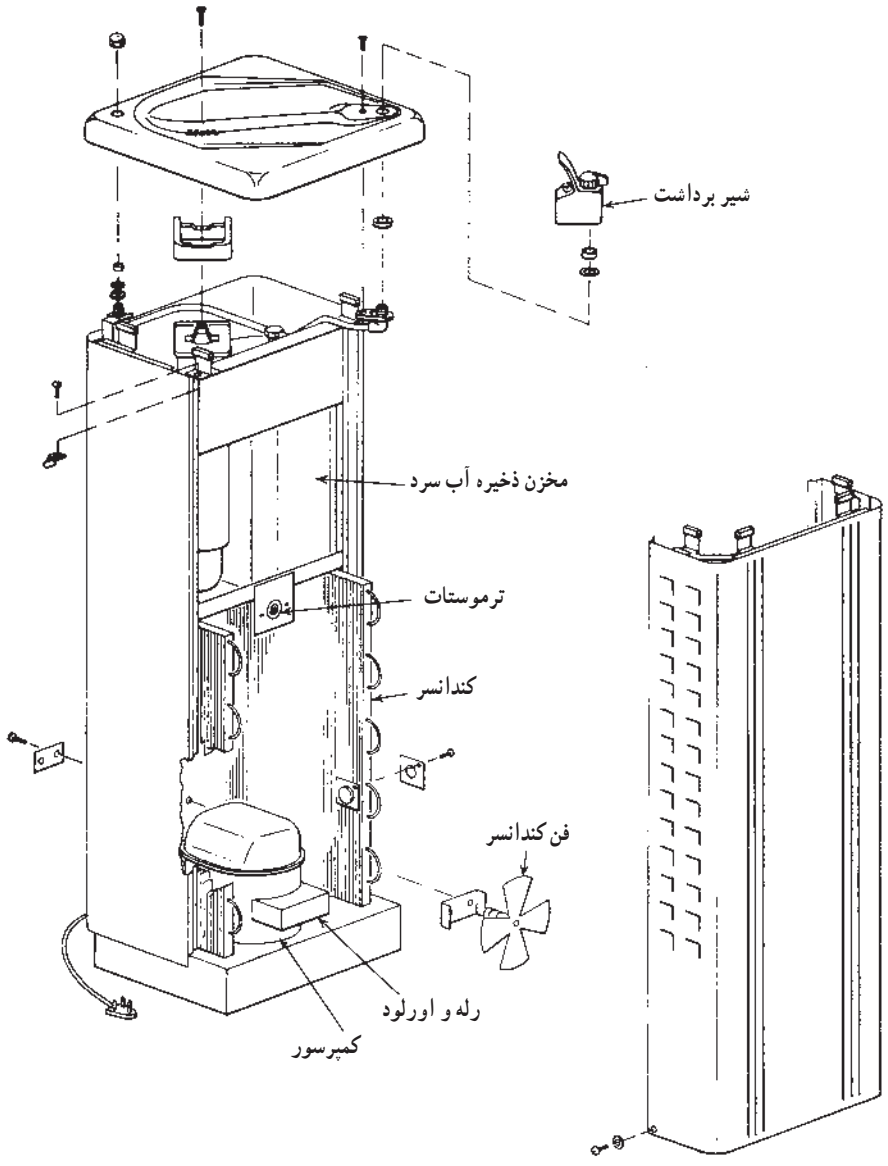
وقتی در باز می‌شود درحالی که سیستم تبرید کار می کند فن اواپراتور قطع خواهد شد. با این طرح از خروج هوای سرد در زمان باز شدن در جلوگیری به عمل می‌آید.

گرمکن نشان داده شده ممکن است گرمکن بدنه، گرمکن دور در باشد این گرمکن یک سیم نیکل ــ کرومی است که دور بدنه پیچیده است تا در اثر سرد شدن بدنه رطوبت هوای بیرون بر روی بدنه تقطیر نشود. در بعضی از سیستم‌ها گرمکن‌ها دایماً در مدار هستند و در بعضی دیگر از کلید صرفه‌جویی انرژی استفاده می‌شود که در مواردی که رطوبت اتاق پایین باشد می‌توان با استفاده از کلید گرمکن بدنه یخچال را قطع کرد.

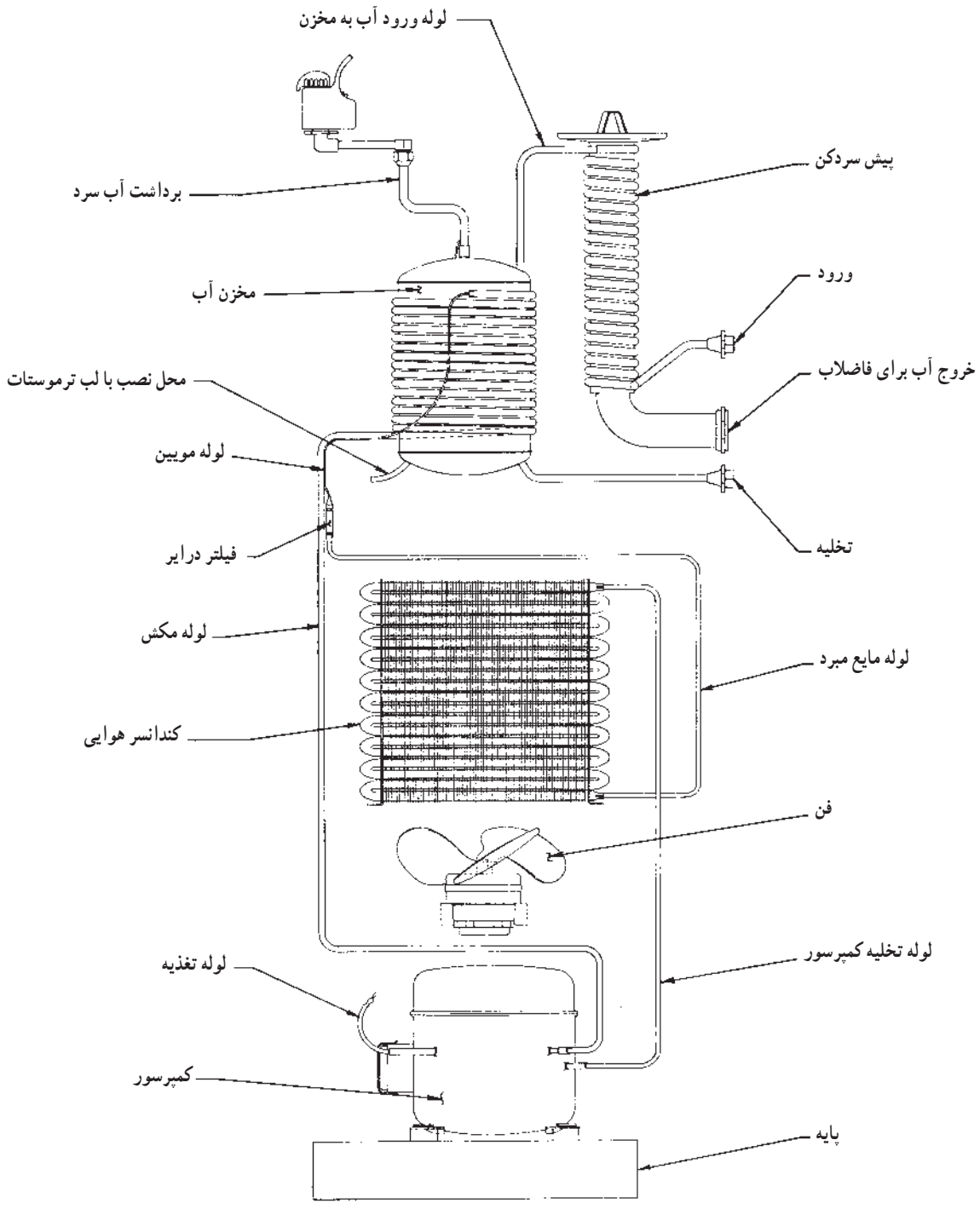
۲ــ۱۰ــ آب سردکن

۱ــ۲ــ۱۰ــ مدار مکانیکی آب سردکن : شکل ۶ــ۱۰ نقشه انفجاری یک دستگاه آب سردکن رانشان می‌دهد. قسمت‌های مختلف دستگاه در شکل آمده است. شکل۷ــ۱۰ نیز مدار مکانیکی دستگاه فوق را نشان می‌دهد.

آب شهر با دمای بین $16^{\circ}C$ تا $26^{\circ}C$ وارد دستگاه شده و با دمای مطلوب $10^{\circ}C$ خارج می‌شود. مدار مکانیکی آب سردکن بسیار ساده است کمپرسور از نوع بسته با مبرد ۱۲ــR یا R۱۳۴a، کندانسر از نوع هوایی اجباری، کنترل کننده مایع مبرد لوله مویین، اواپراتور کویلی به‌صورتی که به اطراف مخزن آب‌سرد پیچانده شده است. یک عدد ترموستات نیز دمای آب داخل مخزن را حس نموده و فرمان روشن و خاموش شدن به سیستم تبرید را می‌دهد آب شهر قبل از ورود به‌داخل مخزن آب‌سردکن به دور لوله تخلیه آب‌سرد مصرف شده پیچانده شده تا سرمای آب‌سرد خارج شده از مخزن جذب آب شهر ورودی به مخزن گردد، بدین‌وسیله راندمان دستگاه اضافه می‌شود.



شکل ۶ــ۱۰ــ شکل انفجاری آب سردکن



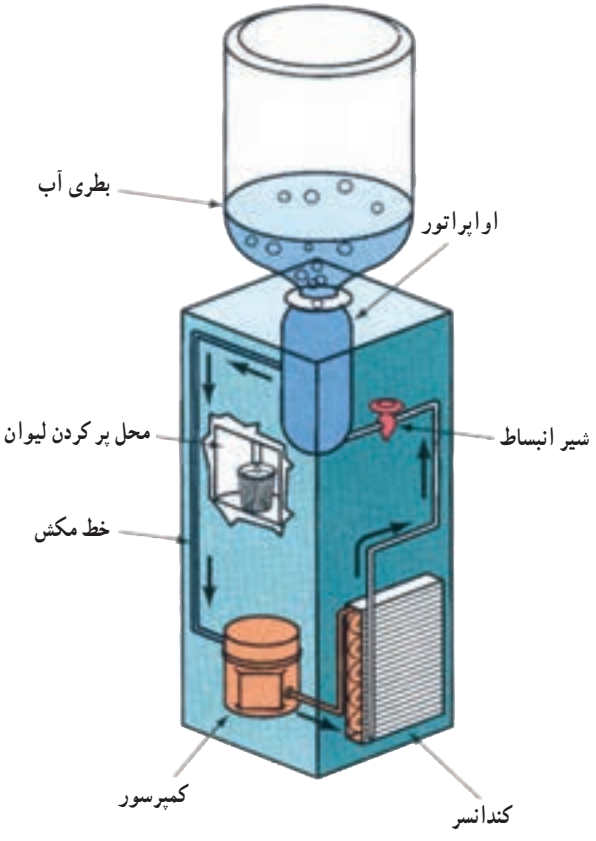
شکل ۷ــ۱۰ــ مدار مکانیکی یک دستگاه آب سردکن

۲ــ۲ــ۱۰ــ مدار الکتریکی آب سردکن

در شکل ۸ــ۱۰ مدار الکتریکی آب سردکن را ملاحظه می‌کنید. عموماً کمپرسور به‌وسیله رله ولتاژ راه اندازی می‌شود و از طریق ترموستات آب داخل مخزن آب سردکن کنترل می‌شود. محدوده دمایی ترموستات معمولاً بین ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس می‌باشد. با وصل شدن ترموستات فن کندانسر نیز به همراه کمپرسور وارد مدار می‌شود. کمپرسور به‌وسیله اورلود محافظت می‌گردد.

شکل ۸ــ۱۰ــ مدار الکتریکی آب سردکن

در شکل ۹ــ۱۰ چگونگی کار آب سردکن بطری‌دار نشان داده شده است. سیکل تبرید و چگونگی سرد شدن آب را توضیح دهید.



شکل ۹ــ۱۰ــ آب سرد کن بطری‌دار

۳ــ۱۰ــ یخچال‌های ویترینی

برای نمایش محصولات در فروشگاه‌های مواد غذایی از یخچال‌های ویترینی استفاده می‌شود تا تماشای محصولات مورد فروش برای مشتریان ممکن باشد. دمای یخچال‌های ویترینی برای کاربردهای مختلف در جدول ۱۰ــ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰ــ۱۰ــ دمای مربوط به نگهداری در یخچال ویترینی

کاربرد	حداکثر دما °C	حداقل دما °C
گوشت بسته‌بندی نشده	۴	۲
گوشت بسته‌بندی	۳	۱
فرآورده‌های کشاورزی	۷	۲
لبنیات	۶	۲
غذای منجمد	-۱۸	–
بستنی	-۲۴	–

یخچال‌های ویترینی در دو گونه صندوقی و ایستاده در بازار وجود دارند. یخچال صندوقی یا روباز هستند یا دارای دریچه‌اند. مشتری می‌تواند محصولات را ببیند. گوشت‌هایی که در یخچال‌های نوع باز نگهداری می‌شوند، به‌صورت بسته بندی بوده و با پلاستیک شفاف پوشانده می‌شوند. در این نوع یخچال‌ها اواپراتور ممکن است در زیر قرار گیرد. بادزن‌ها هوای سرد را از دریچه‌ها به فضای یخچال می‌دمند. پنل‌هایی بر روی بدنه قرار دارند که قابل جدا شدن بوده و با جدا کردن آنها، سرویس کویل و بادزن‌ها امکان پذیر می‌شود. شکل‌های ۱۱ــ۱۰ و ۱۲ــ۱۰ نمونه از یخچال ویترینی روباز هستند.

شکل ۱۱ــ۱۰ــ یخچال ویترینی باز
هوای سرد از بالای بدنه بر روی میوه‌ها جریان دارد.

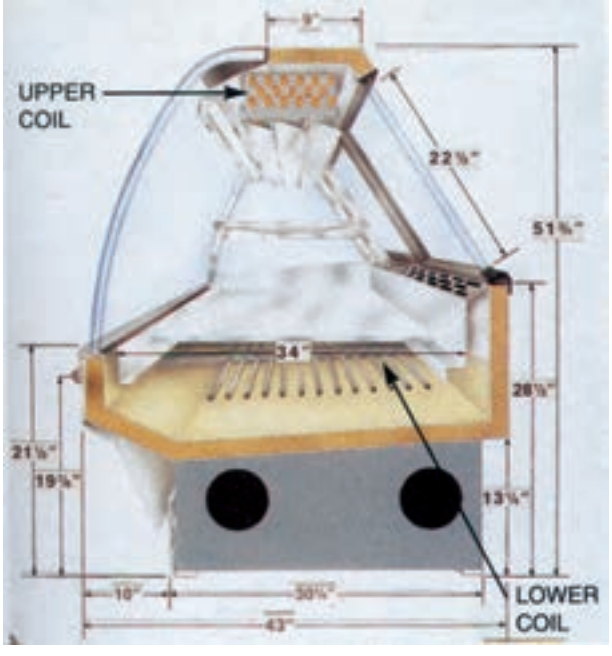
شکل ۱۲ــ۱۰ــ یخچال لبنیات
موقعیت اواپراتورها را نشان می‌دهد

در برخی از یخچال‌های صندوقی، قفسه‌های سرد در بالا قرار دارند. این قفسه‌ها باید دارای جریان درست هوا در پیرامون خود باشند. وقتی اواپراتور در بالا باشد معمولاً با اواپراتور قرار گرفته در پایین به‌صورت سری لوله کشی می‌شوند. (شکل ۱۳ــ۱۰)

نوع بسته یخچال‌های صندوقی در دمای خیلی کم طراحی می‌شوند و برای نگهداری بستنی و مواد منجمد استفاده می‌شود.

درهای کشویی این یخچال‌ها می‌توانند بالا و پایین روند و از سمتی به سمت دیگر کشیده شوند.

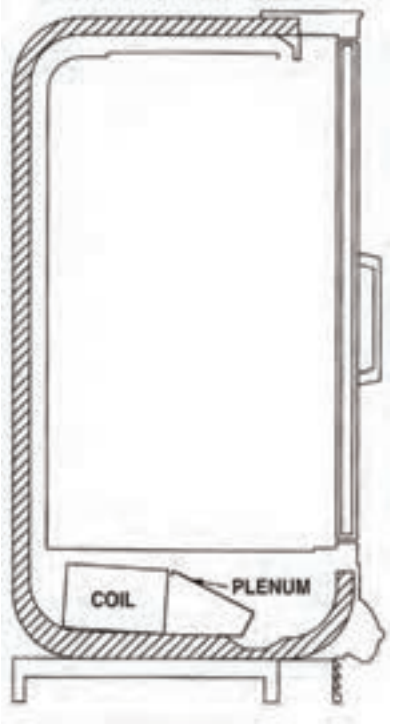
یخچال ویترینی ایستاده معمولاً دارای درهایی هستند که مشتری می‌تواند محصولات داخل را مشاهده نماید. چنین دستگاه‌هایی ممکن است دارای واحد تقطیر در بیرون باشند. (شکل ۱۴ــ۱۰)



شکل ۱۳ــ۱۰ــ قرارگیری چند اواپراتور در یک بدنه
به‌علت نیاز به سردکنندگی در بیش از یک جا

شکل ۱۴ــ۱۰ــ در نوع ایستاده امکان برداشت محصول از داخل وجود دارد.

درهای یخچال‌های ایستاده را از شیشه دوجداره می‌سازند تا از تقطیر بخار آب بر روی شیشه جلوگیری نمایند. (شکل ۱۵ــ۱۰)



شکل ۱۵ــ۱۰ــ درها از شیشه‌های دوجداره برای جلوگیری از عرق کردن ساخته شده است.

۴ــ۱۰ ــ برآورد بارسرمایی یخچال و فریزر

جدول۱۶ــ۱۰ برای برآورد بار برودتی یخچال و فریزرهای پیش‌ساخته تجاری تهیه شده است. با داشتن حجم خارجی یخچال یا فریزر برحسب متر مکعب بار برودتی برحسب وات مشخص می‌شود درجه حرارت پیشنهادی برای یخچال $+1/5^{\circ}C$ و برای فریزر $-18^{\circ}C$ است. برای یخچال و فریزرعایق مصرفی پلی‌یورتان به ضخامت ۲۵ میلی‌متر یا معادل آن و دمای محیط $27^{\circ}C$ فرض شده است. به ازاء هر در شیشه‌ای دو جداره ۲۶۰ وات به بار اضافه می‌شود.

جدول ۱۶ــ۱۰ــ بار برودتی یخچال و فریزر

فریزرهای پیش ساخته کوچک (۱۸-درجه سانتی‌گراد)		
بار برودتی(w)	تعداد در	حجم خارجی (متر مکعب)
۷۳۰	۱	۰/۷
۱۱۰۰	۲	۱/۵
۱۳۴۵	۳	۲
۱۸۲۰	۴	۳
۲۲۴۰	۵	۴
یخچال‌های پیش‌ساخته قفسه‌بندی شده (۵ و ۱+ درجه سانتی‌گراد)		
بار برودتی (w)		حجم خارجی (متر مکعب)
۲۹۰		۰/۵
۴۳۰		۱
۵۴۵		۱/۵
۶۶۰		۲
۷۶۵		۲/۵
۸۷۰		۳
۹۸۵		۴
۱۱۶۰		۵
۱۳۳۰		۶
۱۴۵۰		۷
۱۵۱۰		۸

مثال : بار برودتی یخچالی به ابعاد $160 \times 63 \times 63\ cm^3$ را از جدول ۱۶ــ۱۰ بدست آورید.

حل :

$16\ dm \times 6/3\ dm \times 6/3\ dm = 635\ dm^3 = 0/635\ m^3$

با مراجعه به‌جدول بار برودتی ۴۳۰w بدست می‌آید.

۵ــ ۱۰ــ سردخانه (اتاق‌های سرد)

فروشگاه‌های مواد غذایی برای ذخیره گوشت و مواد فاسدشدنی از سردخانه‌ها و یخچال‌های اتاق مانند استفاده می‌کنند. این سردخانه‌ها از قطعات پیش ساختهٔ جدا از هم ساخته می‌شوند. اندازه‌های استاندارد و متداول این یخچال‌ها در جدول ۱۷ــ ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۷ــ۱۰ــ ابعاد استاندارد و متداول اتاق‌های سرد

طول	عرض	ارتفاع
متر	متر	متر
۲/۱۵	۱/۵	۳
۲/۴۵	۱/۸۵	۳
۲/۴۵	۲/۴۵	۳
۲/۷۵	۲/۱۵	۳
۳/۷۰	۳	۲/۳۰
۱/۸۵	۱/۵	۲/۳۰
۱/۸۵	۱/۸۵	۲/۳۰
۲/۱۵	۱/۸۵	۲/۳۰

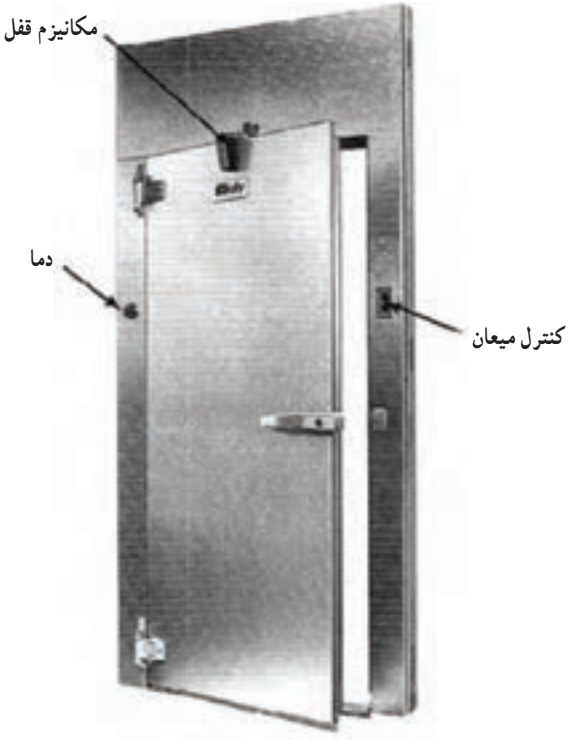
دو نمونه از اتاق‌های سرد در شکل‌ها ۱۸ــ۱۰ و ۱۹ــ ۱۰ نشان داده شده است.

در اتاق‌های سرد از اواپراتور کویلی فن‌دار استفاده می‌شود.

شکل ۱۸ــ۱۰ــ نمایش اجزاء یک سردخانه پیش‌ساخته که در محل مونتاژ می‌شود.

شکل ۱۹ــ ۱۰ــ یک سردخانه پیش‌ساخته با کنترل از بیرون. دمای اتاق نگهداری ۳°c و از ماده سرمازای ۵۰۲ــ R استفاده شده است. سیستم نیمه خودکار است. به موقعیت پنل کنترل الکتریکی توجه کنید.

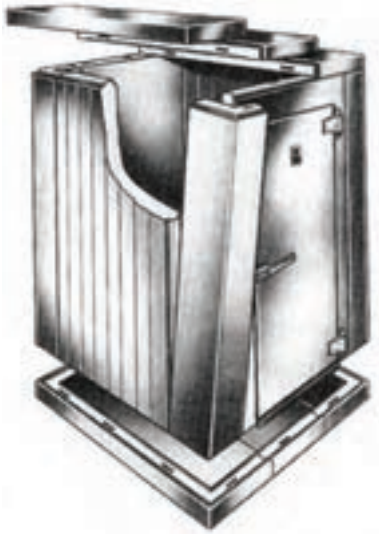
قفل و بست و دستگیرهٔ در این سردخانه به‌منظور ایمنی از داخل نیز باز می‌شوند. اطراف در به گرمکن‌های الکتریکی مجهز است تا از یخ‌زدن در جلوگیری شود (شکل ۲۰ــ۱۰) .



شکل ۲۰ــ۱۰ــ در یک سردخانه پیش ساخته سیم‌های گرمایی در پیرامون در جاسازی شده است تا از عرق کردن و یخ زدن درهای بازشونده پیش‌گیری شود.

اتاق‌های سرد به دو صورت ثابت و متحرّک ساخته می‌شوند. نوع ثابت را در داخل اتاقی که از مصالح ساختمانی ساخته شده است اجرا می‌کنند، و نوع متحرک از پنل‌های پیش‌ساخته که در محل با پیچ و مهره مونتاژ می‌شود، اجرا می‌کنند. پنل‌ها از دو لایه ورق فلزی و یک لایه عایق در وسط از جنس پولی اورتان یا پلاستوفوم تزریقی ساخته می‌شوند.

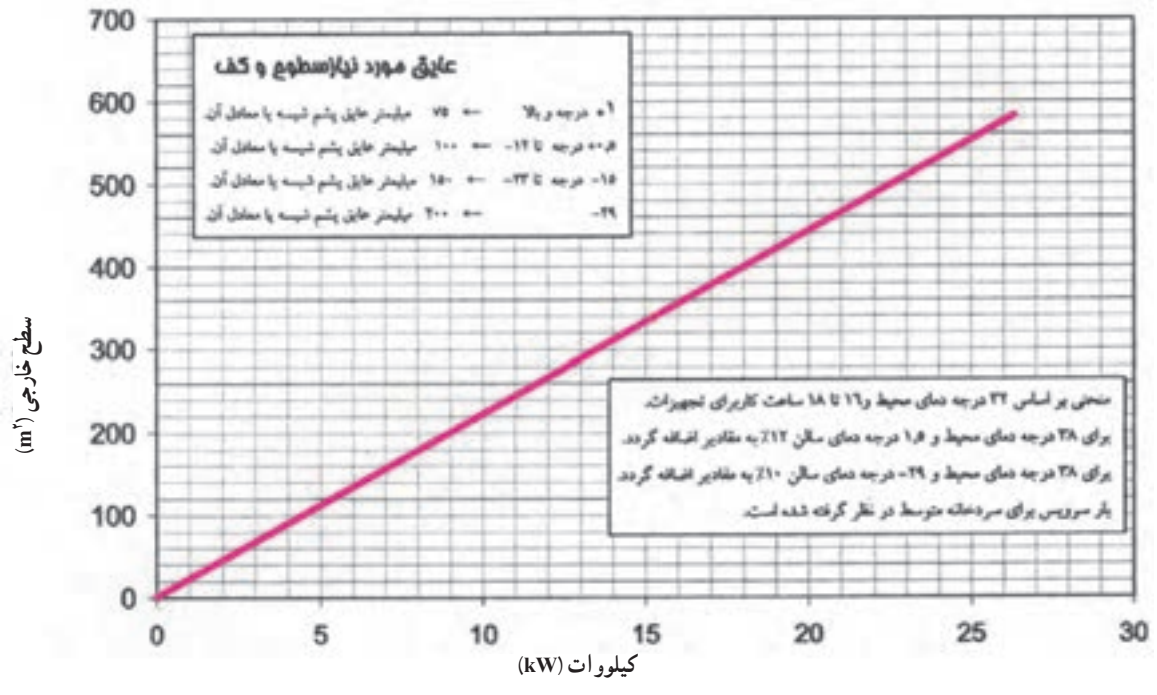
شکل ۲۱ــ۱۰ نمونه‌ای از ساختمان دیواره سردخانه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱ــ۱۰ــ اتاق سرد جازدنی ــ که در محل قابل مونتاژ است. پنل‌ها از فوم با فلز در هرسو ساخته شده‌اند. این جعبه پیش‌ساخته می‌تواند در بیرون یا داخل قرار گیرد.

۶ــ۱۰ــ برآورد بار سرمایی سردخانه‌های کوچک

در نمودار ۲۲ــ۱۰ برای برآورد صحیح بارسرمایی سردخانه‌های کوچک تا سطح خارجی ۵۵۰ متر مربع تهیه و تنظیم شده است. در محور عمودی این نمودار، مقادیر سطح کل خارجی سردخانه برحسب متر مربع قید شده و در محور افقی بار سرمایی برحسب کیلو وات نوشته شده است. استفاده از نمودار مذکور برای برآورد سریع بار سرمایی سردخانه بسیار ساده می‌باشد به‌طوری‌که مقدار سطح خارجی سردخانه را از ستون سمت چپ انتخاب و به طور افقی خطی ترسیم می‌کنیم تا خط مورب (خط



شکل ۲۲ــ۱۰ــ برآورد بار سرمایی سردخانه‌های پیش‌ساخته کوچک

بار) را قطع نماید از محل تقاطع به طور عمود حرکت کرده و مقدار بارسرمایی برحسب کیلو وات را روی محور افقی قرائت می‌کنیم.

یادآوری چند نکته در استفاده از این نمودار لازم است :

۱ــ نمودار مذکور برای سردخانه‌های پیش ساخته تا سطح خارجی ۵۵۰ متر مربع تهیه و تنظیم شده است.

۲ــ دمای محیط $32^{\circ}C$ در نظر گرفته شده است.

۳ــ ساعت کار تجهیزات بین ۱۶ تا ۱۸ ساعت در ۲۴ ساعت در نظر می‌باشد.

۴ــ اگر دمای محیط $38^{\circ}C$ و دمای سالن $1/5^{\circ}C+$ باشد ۱۰٪ به مقدار بار سرمایی به دست آمده از جدول اضافه نمایید.

۵ــ اگر دمای محیط $38^{\circ}C$ و دمای سالن $29^{\circ}C-$ باشد ۱۰٪ به مقدار بار سرمایی به‌دست آمده از جدول اضافه نمایید.

۶ــ نوع عایق مصرفی پشم شیشه یا معادل آن می‌باشد.

۷ــ ضخامت عایق برای سالن با دمای $1^{\circ}C+$ و بالاتر ۷۵ میلی‌متر

ضخامت عایق برای سالن با دمای $0/5^{\circ}C$ تا $12^{\circ}C-$، ۱۰۰ میلی‌متر

ضخامت عایق برای سالن با دمای $15^{\circ}C-$ تا $23^{\circ}C-$، ۱۵۰ میلی‌متر

ضخامت عایق برای سالن با دمای $29^{\circ}C-$ برابر ۲۰۰ میلی‌متر لحاظ گردیده است.

با توجه به اینکه این نمودار با شرایط ذکر شده تهیه و تنظیم شده اگر شرایط مسئله در خصوص برآورد بار سرمایی با شرایط مذکور هماهنگ باشد می‌توان از نمودار ارائه شده استفاده کرد در غیر این صورت بایستی بارسرمایی به روش معمول محاسبه شود.

مثال : سطوح خارجی سردخانه‌ای ۱۶۰ مترمربع می‌باشد. سردخانه در محیطی قرارگرفته است که دارای دمای $32^{\circ}C$ می‌باشد. اگر دمای سردخانه $1/5^{\circ}C+$ و از ۷۵ میلی‌متر عایق پشم شیشه در سردخانه استفاده شده باشد. بارسرمایی سردخانه را برآورد نمایید.

حل : عدد ۱۶۰ متر مربع را روی محور عمودی انتخاب می‌کنیم و با رسم خط افقی و برخورد آن با خط مورب به طور عمودی به‌سمت پایین حرکت می‌کنیم عدد ۷ کیلو وات را می‌خوانیم از آن جایی که شرایط مسأله با شرایط ذکر شده در نمودار مطابقت می‌کند عدد 7kW جواب مسأله می‌باشد.

برای کم‌کردن محاسبه و برآورد سریع بار سرمایی سردخانه ازنمودار، با داشتن ابعاد سالن در سایزهای مختلف، برای دو ارتفاع ۳ متری و ۴ متری سطح کل خارجی سردخانه از جدول ۲۴ــ۱۰ به‌دست می‌آید.

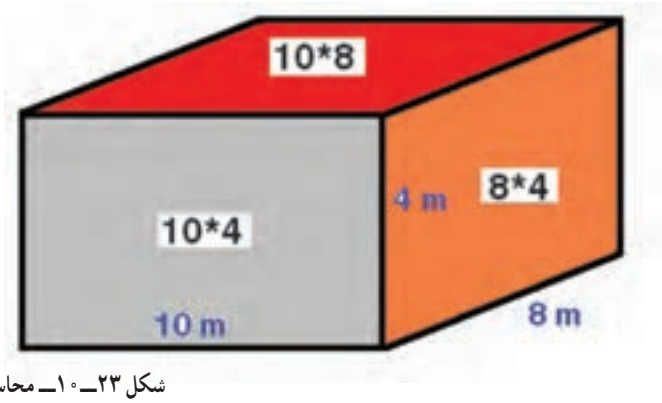
در ستون اول طول سالن برحسب متر، در ستون دوم عرض سالن برحسب متر و در ستون سوم مقدار سطح کل خارجی سالن برای ارتفاع ۳ متری برحسب متر مربع و در ستون چهارم مقدار سطح کل خارجی سالن برای ارتفاع ۴متری برحسب متر مربع قید شده است. برای مثال اگر سطح خارجی سالن به ابعاد ۳×۴×۷ برابر ۱۲۲ متر مربع می‌باشد. اگر همین سالن دارای ارتفاع ۴ متر باشد سطح خارجی آن برابر ۱۴۴ مترمربع می‌شود.

مثال : سردخانه‌ای به ابعاد $4m \times 8m \times 10m$ جهت نگهداری بستنی ساخته شده است. عایق مصرفی از نوع پشم شیشه با ضخامت 200mm می‌باشد. درجه حرارت محیط $38^{\circ}C$ و بار سرویس متوسط فرض می‌شود. بار برودتی سردخانه را از طریق روش کوتاه (استفاده از نمودار) برآورد نمایید. دمای نهایی سردخانه $29^{\circ}C-$ می‌باشد.

حل : از جدول ۲۴ــ۱۰ با داشتن ابعاد سردخانه، سطح کل خارجی معادل ۳۰۴ متر مربع انتخاب می‌شود مقدار سطح را از قسمت عمودی سمت چپ منحنی انتخاب کرده به طور افقی حرکت می‌کنیم پس از برخورد با خط بار، از محل تقاطع به سمت پایین رفته تا بار برودتی 13/6 kW انتخاب شود. با توجه به شرایط داخل و خارج به مقدار ۱۲٪ به مقدار فوق اضافه نموده تا بار برودتی مورد نیاز سردخانه انتخاب شود.

$$13/6 + \%12\ (13/6) = 15/23\ kW$$

در صورتی که جدول ۲۴ــ۱۰ در دسترس نباشد می‌توانیم سطح کل را محاسبه نماییم. (شکل ۲۳ــ۱۰)



$۱۰ \times ۴ \times ۲ = ۸۰\ m^۲$

$۸ \times ۴ \times ۲ = ۶۴\ m^۲$

$۱۰ \times ۸ \times ۲ = ۱۶۰\ m^۲$

$۸۰+۶۴+۱۶۰ = ۳۰۴\ m^۲$ جمع کل سطح خارجی سردخانه = ۳۰۴ متر مربع

شکل ۲۳ــ۱۰ــ محاسبه سطح کل جانبی

جدول ۲۴ــ۱۰ــ محاسبه سطح خارجی سردخانه بر اساس ارتفاع ۳ و ۴ متری بر حسب متر مربع

سطح خارجی (مترمربع)				سطح خارجی (مترمربع)			
ارتفاع ۴متر	ارتفاع ۳متر	عرض (متر)	طول (متر)	ارتفاع ۴متر	ارتفاع ۳متر	عرض (متر)	طول (متر)
۱۶۰	۱۳۶	۴	۸	۴۰	۳۲	۲	۲
۱۶۸	۱۴۳	۴	۸/۵	۴۶	۳۷	۲	۲/۵
۱۷۶	۱۵۰	۴	۹	۵۲	۴۲	۲	۳
۱۸۴	۱۵۷	۴	۹/۵	۵۸	۴۷	۲	۳/۵
۱۹۲	۱۶۴	۴	۱۰	۶۴	۵۲	۲	۴
۲۰۸	۱۷۸	۴	۱۱	۱۰	۵۷	۲	۴/۵
۲۲۴	۱۹۲	۴	۱۲	۷۶	۶۲	۲	۵
۱۱۲	۹۴	۵	۴	۸۸	۷۲	۲	۶
۱۲۱	۱۰۲	۵	۴/۵	۱۰۰	۸۲	۲	۷
۱۳۰	۱۱۰	۵	۵	۵۲/۵	۴۲/۵	۲/۵	۲/۵
۱۳۹	۱۱۸	۵	۵/۵	۵۹	۴۸	۲/۵	۳
۱۴۸	۱۲۶	۵	۶	۶۵/۵	۵۳/۵	۲/۵	۳/۵
۱۵۷	۱۳۴	۵	۶/۵	۷۲	۵۹	۲/۵	۴
۱۶۶	۱۴۲	۵	۷	۷۸/۵	۶۴/۵	۲/۵	۴/۵
۱۷۵	۱۵۰	۵	۷/۵	۸۵	۷۰	۲/۵	۵
۱۸۴	۱۵۸	۵	۸	۹۱/۵	۷۵/۵	۲/۵	۵/۵
۱۴۸	۱۲۶	۶	۵	۹۸	۸۱	۲/۵	۶
۱۵۸	۱۳۵	۶	۵/۵	۱۰۴/۵	۸۶/۵	۲/۵	۶/۵
۱۶۸	۱۴۴	۶	۶	۱۱	۹۲	۲/۵	۷
۱۷۸	۱۵۳	۶	۶/۵	۱۱۷/۵	۹۷/۵	۲/۵	۷/۵
۱۸۸	۱۶۲	۶	۷	۱۲۴	۱۰۳	۲/۵	۸
۱۹۸	۱۷۱	۶	۷/۵	۱۳۷	۱۱۴	۲/۵	۹
۲۰۸	۱۸۰	۶	۸	۶۶	۵۴	۳	۳
۲۱۸	۱۸۹	۶	۸/۵	۷۳	۶۰	۳	۳/۵
۲۲۸	۱۹۸	۶	۹	۸۰	۶۶	۳	۴
۲۴۸	۲۱۶	۶	۱۰	۸۷	۷۲	۳	۴/۵
۲۱۰	۱۸۲	۷	۷	۹۴	۷۸	۳	۵
۲۲۱	۱۹۲	۷	۷/۵	۱۰۱	۸۴	۳	۵/۵
۲۳۲	۲۰۲	۷	۸	۱۰۸	۹۰	۳	۶
۲۴۳	۲۱۲	۷	۸/۵	۱۱۵	۹۶	۳	۶/۵
۲۵۴	۲۲۲	۷	۹	۱۲۲	۱۰۲	۳	۷
۲۶۵	۲۳۲	۷	۹/۵	۱۲۹	۱۰۸	۳	۷/۵
۲۷۶	۲۴۲	۷	۱۰	۱۳۶	۱۱۴	۳	۸
۲۸۷	۲۵۲	۷	۱۰/۵	۱۴۳	۱۲۰	۳	۸/۵
۲۹۸	۲۶۲	۷	۱۱	۱۵۰	۱۲۶	۳	۹
۳۲۰	۲۸۲	۷	۱۲	۱۶۴	۱۳۸	۳	۱۰
۳۴۲	۳۰۲	۷	۱۳	۱۷۸	۱۵۰	۳	۱۱
۲۲۰	۱۹۱	۸	۶/۵	۱۹۲	۱۶۲	۳	۱۲
۲۳۲	۲۰۲	۸	۷	۸۰/۵	۶۶/۵	۳/۵	۳/۵

سطح خارجی (مترمربع)						سطح خارجی (مترمربع)			
ارتفاع ۴متر	ارتفاع ۳متر	عرض (متر)	طول (متر)	ارتفاع ۴متر	ارتفاع ۳متر	عرض (متر)	طول (متر)
۲۴۴	۲۱۳	۸	۷/۵	۸۸	۷۳	۳/۵	۴
۲۵۶	۲۲۴	۸	۸	۹۵/۵	۷۹/۵	۳/۵	۴/۵
۲۶۸	۲۳۵	۸	۸/۵	۱۰۳	۸۶	۳/۵	۵
۲۸۰	۲۴۶	۸	۹	۱۱۰/۵	۹۲/۵	۳/۵	۵/۵
۲۹۲	۲۵۷	۸	۹/۵	۱۱۸	۹۹	۳/۵	۶
۳۰۴	۲۶۸	۸	۱۰	۱۲۵/۵	۱۰۵/۵	۳/۵	۶/۵
۳۲۸	۲۹۰	۸	۱۱	۱۳۳	۱۱۲	۳/۵	۷
۳۵۲	۳۱۲	۸	۱۲	۱۴۰/۵	۱۱۸/۵	۳/۵	۷/۵
۳۷۶	۳۳۴	۸	۱۳	۱۴۸	۱۲۵	۳/۵	۸
۴۰۰	۳۵۶	۸	۱۴	۱۶۳	۱۳۸	۳/۵	۹
۴۲۴	۳۷۸	۸	۱۵	۱۷۸	۱۵۱	۳/۵	۱۰
۳۶۰	۳۲۰	۱۰	۱۰	۲۰۸	۱۷۷	۳/۵	۱۲
۳۸۸	۳۴۶	۱۰	۱۱	۹۶	۸۰	۴	۴
۴۱۶	۳۷۲	۱۰	۱۲	۱۰۴	۸۷	۴	۴/۵
۴۴۴	۳۹۸	۱۰	۱۳	۱۱۲	۹۴	۴	۵
۴۷۲	۴۲۴	۱۰	۱۴	۱۲۰	۱۰۱	۴	۵/۵
۵۰۰	۴۵۰	۱۰	۱۵	۱۲۸	۱۰۸	۴	۶
۵۲۸	۴۷۶	۱۰	۱۶	۱۳۶	۱۱۵	۴	۶/۵
۵۵۶	۵۰۲	۱۰	۱۷	۱۴۴	۱۲۲	۴	۷
				۱۵۲	۱۲۹	۴	۷/۵

۷ــ۱۰ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چندگزینه‌ای

۱ــ محدودهٔ دمایی قسمت جایخی یخچال چند درجه سانتی گراد است؟

الف) ۲+ تا ۷+ ب) ۵- تا ۱۰- ج) ۵- تا ۱۸- د) ۱۸- تا ۲۲-

۲ــ در چه صورت گرمکن بدنه یخچال را توسط کلید صرفه جویی قطع می‌کنند؟

الف) بالا بودن رطوبت اتاق ب) پایین بودن رطوبت اتاق

ج) همزمان با روشن شدن هیتر دیفراست د) هنگام قطع هیتر دیفراست

۳ــ علت ساخت درب یخچال‌های ایستاده به صورت دو جداره کدام است؟

الف) از تقطیر بخار آب بر روی شیشه جلوگیری کند ب) در مقابل ضربه مقاوم باشند

ج) کاهش نفوذ هوا به یخچال د) زیبایی بیشتر یخچال

۴ــ بار برودتی یک فریزر با حجم خارجی ۳/۷ متر مکعب چند وات است؟

الف) ۸۷۰ ب) ۹۸۵ ج) ۱۸۲۰ د) ۲۲۴۰

پرسش‌های کامل کردنی

۵ــ در مدار الکتریکی یخچال با باز شدن درب یخچال موتور کمپرسور توسط ..... خاموش می‌شود.

۶ــ دمای خروجی آب از آب سردکن ..... درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود.

۷ــ در مدار الکتریکی آب سردکن عموماً کمپرسور توسط رله ..... راه اندازی می‌شود.

۸ــ اواپراتور اتاق‌های سرد از نوع ..... می‌باشد.

پرسش‌های درست و نادرست

۹ــ محدودهٔ دمایی داخل یخچال ۷ تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد است.

☐ درست ☐ نادرست

۱۰ــ در آب سردکن از مبرد ۲۲ــ R استفاده می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

۱۱ــ اواپراتورهایی که در بالا و پایین یخچال صندوقی نصب می‌شوند به‌طور سری به‌یکدیگر متصل می‌شوند.

☐ درست ☐ نادرست

۱۲ــ برای جلوگیری از یخ زدن در سردخانه، اطراف در گرمکن الکتریکی نصب می‌کنند.

☐ درست ☐ نادرست

کلمات مناسب را در جای خالی بنویسید.

«بدنه ــ پلاستوفوم ــ لولهٔ تخلیه ــ اورلود ــ اواپراتور ــ لولهٔ مکش ــ کندانسر»

۱۳ــ یکی از اجزای الکتریکی یخچال ..... می‌باشد.

۱۴ــ در یخچال‌هایی که فضای فریزر و یخچال کاملاً از هم جدا هستند از دو عدد ..... استفاده می‌شود.

۱۵ــ از سیم نیکل ــ کروم برای گرم کن دور ..... استفاده می‌شود.

۱۶ــ لولهٔ آب شهر قبل از ورود به مخزن آب سردکن به دور ..... پیچانده می‌شود.

۱۷ــ عایق اتاق‌های سرد از جنس ..... انتخاب می‌شوند.

پرسش‌های تشریحی

۱۸ــ اجزای تشکیل دهندهٔ یخچال را شرح دهید.

۱۹ــ طرز کار مدار الکتریکی یخچال را توضیح دهید.

۲۰ــ طرز کار مدار الکتریکی یخچال با کلید صرفه جویی را شرح دهید.

۲۱ــ مدار مکانیکی آب سردکن را توضیح دهید.

۲۲ــ مدار الکتریکی آب سردکن را توضیح دهید.

۲۳ــ انواع یخچال‌های ویترینی را شرح دهید.

۲۴ــ کاربرد اتاق‌های سرد را توضیح دهید.

۲۵ــ انواع اتاق های سرد را شرح دهید.

۲۶ــ سردخانه‌ای به ابعاد ۱۰m×۸m×۵m مفروض است. در صورتی که دمای داخل سردخانه ۲۰°C- و دمای هوای محیط ۳۲°C باشد.

الف) ضخامت عایق سردخانه را تعیین کنید.

ب) بار سرمایی سردخانه را از روی نمودار تعیین نمایید.

۲۷ــ سردخانه‌ای به ابعاد ۱۲m×۱۰m×۴m با دمای محیط ۳۸°C و دمای داخلی ۱/۵°C مفروض است. ضخامت عایق و بار سرمایی سردخانه را به‌دست آورید.

فصل یازدهم

فصل یازدهم

دستگاه‌های تهویه مطبوع

پس از پایان آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود :

۱ــ هوا و اَتمسفر را توضیح دهد.

۲ــ دمای هوا، اَتمسفر و محیط زندگی انسان را شرح دهد.

۳ــ رطوبت هوا را توضیح دهد.

۴ــ دمای حباب خشک را تعریف کند.

۵ــ دمای حباب مرطوب را شرح دهد.

۶ــ دمای نقطه شبنم را تعریف کند.

۷ــ رطوبت ویژه را توضیح دهد.

۸ــ رطوبت نسبی را توضیح دهد.

۹ــ نمودار سایکرومتریک را از روی شکل توضیح دهد.

۱۰ــ منطقهٔ آسایش را از روی شکل توضیح دهد.

۱۱ــ کولر گازی پنجره‌ای را توضیح دهد.

۱۲ــ کولر گازی اسپلیت را شرح دهد.

۱۳ــ انواع کولرهای گاز اسپلیت را شرح دهد.

۱۴ــ مدار الکتریکی کولر گازی اسپلیت را از روی نقشه توضیح دهد.

۱۵ــ روش انتخاب کولر گازی را شرح دهد.

۱۶ــ بار برودتی فضاهای مختلف را برآورد نماید.

۱۷ــ طرز کار کولر آبی را توضیح دهد.

۱۱ــ دستگاه‌های تهویه مطبوع

انسان با تلاشی پی‌گیر در راه بهبود محیط زیست می‌کوشد تا شرایط زندگی بهتر و راحت‌تری را فراهم آورد. ایجاد تهویه مطبوع یکی از مهم‌ترین گام‌هایی است که برای رسیدن به‌این هدف برداشته شده است. تهویه مطبوع برای انسان آسایش و تندرستی می‌آورد و تأثیر خوبی روی عواطف و روان انسان باقی می‌گذارد.

حال این پرسش پیش می‌آید که تهویه مطبوع چیست؟ سیستم تهویه مطبوع چهار عامل زیر را در تابستان و زمستان

به‌طور خودکار کنترل می‌کند تا شرایط آسایش انسان را تأمین کند. عوامل گفته شده در بالا عبارتند از :

۱ــ دمای هوا

۲ــ رطوبت هوا

۳ــ سرعت گردش هوا

۴ــ پاکیزگی هوا

علاوه بر پیامد آسایش بخش تهویه مطبوع، بسیاری از صاحبان صنایع دریافته‌اند که تهویه مطبوع در کارخانه‌ها امکان کنترل کامل مراحل تولید را برای آنها فراهم آورده و کیفیت محصول تولیدی را بالا می‌برد.

سیستم تهویه مطبوع کامل باید هوا را برحسب نیاز گرم‌تر یا سردتر نموده، درصد رطوبت آن را کم یا زیاد، جریان و گردش آن را کنترل و تنظیم و نهایتاً آن را تصفیه کند انجام این مراحل دقیق و خودکار باشد.

۱ــ۱۱ــ هوا

لایه هوایی که زمین را دربرگرفته است کمی بیش از ۶۰۰ کیلومتر ضخامت دارد که به چند لایهٔ مشخص تقسیم شده است. لایه‌ای از هوا که در این بخش بیش از همه مورد توجّه ما است، لایه‌ای است که بین سطح دریا و ارتفاع ۵۰۰۰۰ پا (حدود ۱۵ کیلومتر) قرار دارد زیرا تا این ارتفاع است که تهویه و گرم کردن داخل هواپیما لازم می‌شود. لایهٔ بین ۳۰۰۰۰ پا تا ۵۰۰۰۰ پایی هوا را «ترویوسفر» و لایهٔ بین سطح دریا تا ارتفاع ۳۰۰۰۰ پایی «اَتمسفر» می‌نامند. اَتمسفر از مخلوط چند گاز تشکیل شده است و هریک از آن طبق قانون دالتون طوری عمل می‌کنند که گویا به‌تنهایی فضا را اشغال کرده‌اند.

هوا از نظر حجمی از ۷۸ درصد نیتروژن (ازت) و ۲۱ درصد اکسیژن و ۱ درصد گازها دیگر تشکیل شده است. این هوا را هوای خشک می‌نامند هوا در کلیه شرایط بخار آب همراه دارد و مقدار آن در هوا متغیر است.

۲ــ۱۱ــ دمای هوا

دمای هوا در نقاط سکون زمین بین ۵۴- تا ۵۴+ درجه سلسیوس[1] می باشد. دمای مطبوع طبیعی ۲۲ درجه سلسیوس است.

دمای طبیعی بدن انسان ۳۷ درجه سلسیوس است. در بیشتر نقاط معتدل کره زمین دمای محیط کمتر از دمای بدن انسان است و به‌همین دلیل برای حفظ گرمای بدن به لباس و پوشاک نیاز است. در تابستان، هنگامی که دمای هوای محیط از ۳۷ درجه سلسیوس بیشتر می‌شود بدن انسان با تبخیر عرق بدن مقداری از گرمای خود را از دست می‌دهد. بنابراین برای حفظ دمای محیط در حد تهویه مطبوع گرم کردن آن در برخی موارد و خنک کردن آن در موارد دیگر امر ضروری به‌نظر می‌رسد.

۳ــ۱۱ــ رطوبت هوا

هوایی که در آن زندگی می‌کنیم، همیشه دارای مقداری بخار آب است و چون بدن انسان از طریق منفذهای پوست و دستگاه تنفس (در هنگام بازدم) مقدار قابل ملاحظه‌ای رطوبت از دست می‌دهد. دانستن اینکه هوا چگونه توانایی گرفتن این رطوبت را دارد و رطوبت هوا چه تأثیری بر رهایی رطوبت بدن از طریق سیستم تنفسی و منفذهای پوست دارد اهمیت زیادی دارد.

۴ــ۱۱ــ دمای حباب خشک هوا[2]

دمایی است که با دماسنج معمولی اندازه‌گیری شود.

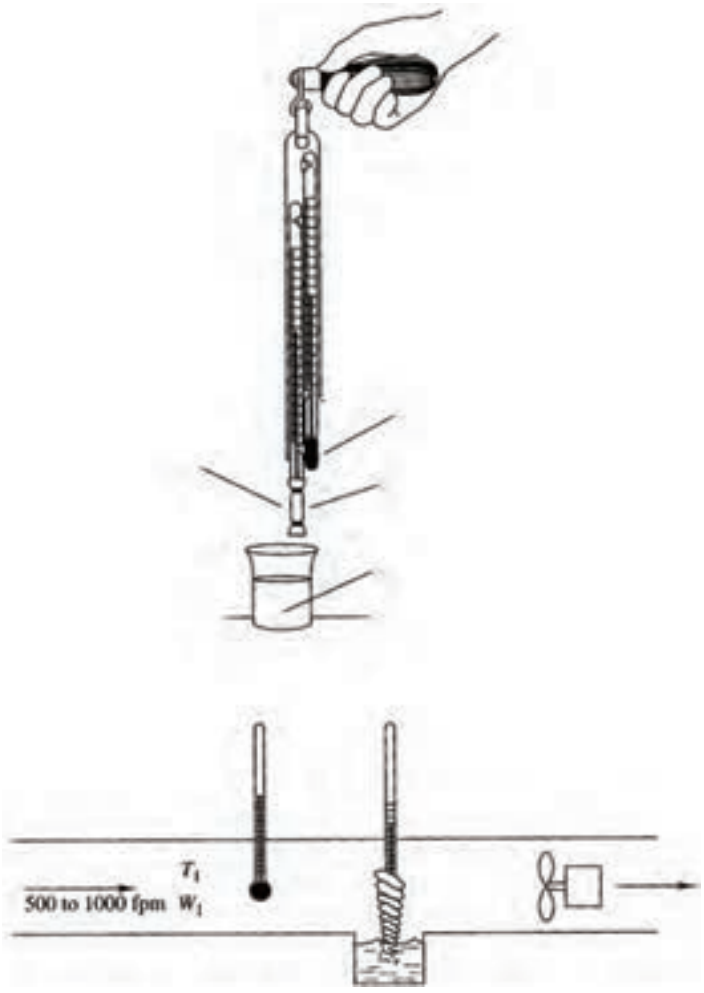
۵ــ۱۱ــ دمای حباب مرطوب[3]

دمای حباب مرطوب دمایی است که با دماسنجی اندازه‌گیری شود که مخزن آن با فتیلهٔ سفید و تمیزی که با آب مقطر خالص خیس شده باشد اندازه‌گیری شود (شکل ۱ــ۱۱). معمولاً دماسنج در این حالت دمای کمتری را نشان می‌دهد. تفاوت بین دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب بستگی

۱ــ ۶۵- تا ۱۳۰ درجه فارنهایت

۲ــ Dry Bulb Temperature

۳ــ Wet Bulb Temperature



شکل ۱ــ۱۱ــ دستگاه سایکرومتری برای اندازه‌گیری دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب

به‌مقدار رطوبت هوا در فضا دارد. هرگاه هوا صددرصد از بخار آب اشباع شده باشد هیچ‌گونه تبخیری روی فتیله صورت نخواهد گرفت در این حالت دماهای نشان داده شده توسط دماسنج‌های خشک و مرطوب یکسان خواهد بود ولی، اگر هوا صددرصد اشباع نباشد آب مقطر فتیله تبخیر می‌شود و فتیله را خنک‌تر می‌کند. از دماسنج خشک و دماسنج حباب مرطوب برای تعیین رطوبت هوا استفاده می‌شود در جدول ۲ــ۱۱ با داشتن دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب می‌توان درصد رطوبت نسبی را بدست آورد.

جدول ۲ــ۱۱ــ تعیین رطوبت نسبی با توجه به دمای حباب خشک و (DBT ــ WBT) کاهش حباب مرطوب. اعداد داخل جدول رطوبت نسبی را نشان می‌دهند.

درجه دقت اندازه‌گیری رطوبت با حباب مرطوب، به‌سرعت گذر هوا از روی حباب بستگی دارد. سرعت‌های ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ فوت در دقیقه (۲/۵ تا ۵ متر در ثانیه) بهترین سرعت گذر هواست.

برای ایجاد سرعت نسبی در هوا دماسنج‌های خشک و مرطوب را روی تخته‌ای قرار داده و به‌وسیله دست در هوا می‌چرخانند. این مجموعه را «سایکرومتر[1]» می‌نامند.

۱ــ Psychrometer

جدول ۲ــ۱۱ــ تعیین رطوبت نسبی با توجه به اختلاف دمای حباب خشک با حباب مرطوب و دمای حباب خشک (°F)

DB TEMP	WB DEPRESSION																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
32	90	79	69	60	50	41	31	22	13	4																				
36	91	82	73	65	56	48	39	31	23	14	6																			
40	92	84	76	68	61	53	46	38	31	23	16	9	2																	
44	93	85	78	71	64	57	51	44	37	31	24	18	12	5																
48	93	87	80	73	67	60	54	48	42	36	34	25	19	14	8															
52	94	88	81	75	69	63	58	52	46	41	36	30	25	20	15	10	6	0												
56	94	88	82	77	71	66	61	55	50	45	40	35	34	26	24	17	12	8	4											
60	94	89	84	78	73	68	63	58	53	49	44	40	35	31	27	22	18	14	6	2										
64	95	90	85	79	75	70	66	61	56	52	48	43	39	35	34	27	23	20	16	12	9									
68	95	90	85	81	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	21	17	14									
72	95	91	86	82	78	73	69	65	61	57	53	49	46	42	39	35	32	28	25	22	19									
76	96	91	87	83	78	74	70	67	63	59	55	52	48	45	42	38	35	32	29	26	23									
80	96	91	87	83	79	76	72	68	64	61	57	54	54	47	44	41	38	35	32	29	27	24	21	18	16	13	11	8	6	1
84	96	92	88	84	80	77	73	70	66	63	59	56	53	50	47	44	41	38	35	32	30	27	25	22	20	17	15	12	10	8
88	96	92	88	85	81	78	74	71	57	64	61	58	55	52	49	46	43	41	38	35	33	30	28	25	23	21	18	16	14	12
92	96	92	89	85	82	78	75	72	69	65	62	59	57	54	51	48	45	43	40	38	35	33	30	28	26	24	22	19	17	15
96	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	74	61	58	55	53	50	47	45	42	40	37	35	33	31	29	26	24	22	20	18
100	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	57	54	52	49	47	44	42	40	37	35	33	31	29	27	25	23	21
104	97	93	90	87	84	80	77	74	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	44	41	39	37	35	33	31	29	27	25	24
108	97	93	90	87	84	81	78	75	72	70	67	64	62	59	57	54	52	50	47	45	43	41	39	37	35	33	31	29	28	26

۶ــ۱۱ــ دمای نقطه شبنم[1]

دمایی است که در آن ذرات بخار آب موجود در هوا به ذرات آب قابل رویت تبدیل می‌شود. اگر هوا را سرد کنیم به‌حالتی می‌رسیم که در آن بخار آب شروع به تقطیر می‌نماید دمای هوا در این حالت دمای نقطه شبنم گویند. عرق کردن ظرف آب یخ به‌این معنی است که هوای پیرامون ظرف آب یخ به دمای نقطه شبنم رسیده است. هوا را در این زمان هوای اشباع[2] می‌گویند.

۷ــ۱۱ــ رطوبت ویژه[3]

رطوبت ویژه یا مطلق مقدار واقعی رطوبت موجود در هوا است. این مقدار برحسب گرم یا کیلوگرم در هر کیلوگرم هوای خشک و در سیستم انگلیسی به‌صورت گرین در هر پوند هوای خشک بیان می‌شود. هر پوند معادل ۷۰۰۰ گرین است. رطوبت ویژه با حرف W نمایش می‌دهند.

۸ــ۱۱ــ رطوبت نسبی[4]

رطوبت نسبی، واژه‌ای است برای تشریح «مقدار رطوبت موجود در هوا در مقایسه با مقدار رطوبتی که هوا می‌تواند تا اشباع شدن کامل تحت دمای هوای مورد آزمایش به‌خود جذب کند». رطوبت با درصد بیان می‌شود مانند ۳۰٪ ، ۷۵٪ ، ۱۰۰٪ ، و ...

به بیان دیگر $$RH = \frac{Wat}{Ws} \times ۱۰۰$$

که در آن

RH = رطوبت نسبی

Wat = رطوبت ویژه واقعی

Ws = رطوبت ویژه در حالت اشباع

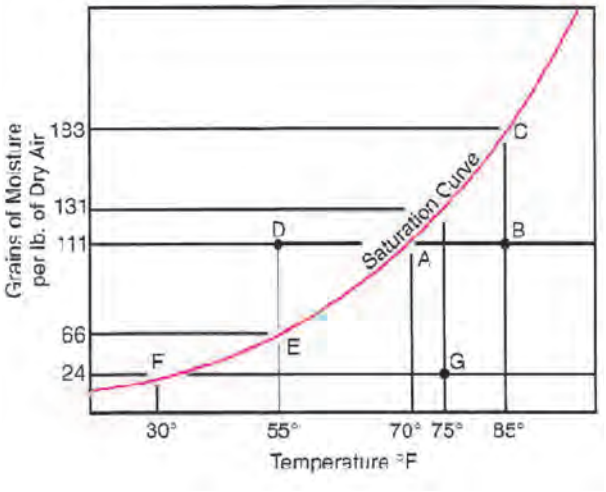
با مراجعه به نمودار شکل ۳ــ۱۱ رطوبت ویژه در نقطه B ۱۱۱گرین در هر پوند هوای خشک است نقطه B دارای دمای حباب خشک ۸۵°F است و مقدار رطوبت ویژه آن در حالت اشباع (نقطه C) ۱۸۳ گرین در هر پوند هوای خشک است بنابراین رطوبت

۱ــ Dew Point Temperature

۲ــ Saturated Air

۳ــ Specific Humidity

۴ــ Relative Humidity



شکل ۳ــ۱۱ــ منحنی اشباع هوا از بخار آب. با افزایش درجهٔ حرارت، مقدار آبی که هوا می‌تواند در خود نگه دارد بیشتر می‌شود.

نسبی در نقطه B $\frac{۱۱۱}{۱۸۳}\times ۱۰۰ = ۶۰/۶$ درصد است.

خط AB نشان دهندهٔ تغییر هوای اشباع پس از گرم شدن، و نقطه D نشان دهنده تغییر هوای اشباع پس از سرد شدن است. رطوبتی که بین نقطه D تا E نشان داده شده است رطوبتی است که تقطیر و از هوا جدا شده است. زیرا هوا در دمای مشابه نقطه D (۵۵ فارنهایت) فقط می‌تواند ۶۶ گرین رطوبت را در خود نگه دارد و مقدار رطوبت تقطیر شده برابر ۴۵ = ۶۶−۱۱۱ گرین است.

حالت زمستانی هوا در نقطه F نشان داده شده است. هوای در دمای ۳۰ درجه فارنهایت و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد یعنی اشباع به‌داخل خانه کشیده می‌شود در این حالت هر پوند هوا ۲۴ گرین رطوبت دارد. اگر این هوا تا ۷۵ درجه فارنهایت گرم شده و رطوبتی به آن افزوده نشود، وضعیت جدیدی پیدا می‌کند که با حرف G نشان داده شده است. هوای اشباع شده در شرایط نقطه G (دمای ۷۵°) باید ۱۳۱ گرین رطوبت داشته باشد چون هوای ورودی ۲۴ گرین رطوبت داشت پس رطوبت نسبی $\frac{۲۴}{۱۳۱}\times ۱۰۰ = ۱۸/۳$ درصد می‌شود. این‌گونه هوا برای آسایش انسان خیلی خشک است و سبب تبخیر سریع از طریق منافذ پوستی و مجاری تنفسی می‌شود. تحت این‌گونه شرایط، رطوبت اقلام آبدار منزل جذب شده سبب تاب برداشتن وسایل چوبی و ترک برداشتن آنها می‌شود.

۹ــ۱۱ــ نمودار سایکرومتریک

برای آسان شدن محاسبات و تعیین ویژگی‌های ترمودینامیکی هوا نمودار رطوبی هوا یا نمودار سایکرومتریک[۱] تهیه شده است که در آن با داشتن دو تا از ویژگی‌های ترمودینامیکی هوا دیگر ویژگی‌های آن را می‌توان تعیین کرد. ویژگی‌های ترمودینامیکی هوا عبارتند از :

۱ــ دمای حباب خشک (DBT)

۲ــ دمای حباب مرطوب (WBT)

۳ــ رطوبت نسبی (RH)

۴ــ دمای نقطه شبنم

۵ــ رطوبت ویژه (W)

۶ــ حجم مخصوص (V)

۷ــ آنتالپی (H)

در این نمودار بر روی محور طولی دمای حباب خشک و بر روی محور عمودی رطوبت ویژه قرار گرفته است.

در شکل ۴ــ۱۱ نمودار سایکرومتریک در سیستم انگلیسی و در شکل ۵ــ۱۱ نمودار سایکرومتریک در سیستم SI آورده شده است. شکل ۶ــ۱۱ راهنمای خطوط دمای خشک ثابت ــ دمای مرطوب ثابت ــ رطوبت ویژه ثابت ــ رطوبت نسبی ثابت ــ آنتالپی ثابت و حجم مخصوص ثابت بر روی نمودار است تا با توجه به آن بتوان از نمودار سایکرومتریک به آسانی استفاده کرد.

با حل نمونه‌های زیر با نمودار سایکرومتریک آشنا خواهید شد.

۱ــ دمای حباب خشک ۳۵°C و دمای حباب مرطوب ۱۸°C است، رطوبت ویژه، رطوبت نسبی، حجم مخصوص و آنتالپی هوا را در این شرایط تعیین کنید.

۲ــ هوا در شرایط ۳۰°C DB و ۵۰٪ = RH است. رطوبت ویژه، دمای حباب مرطوب، آنتالپی و حجم مخصوص هوا

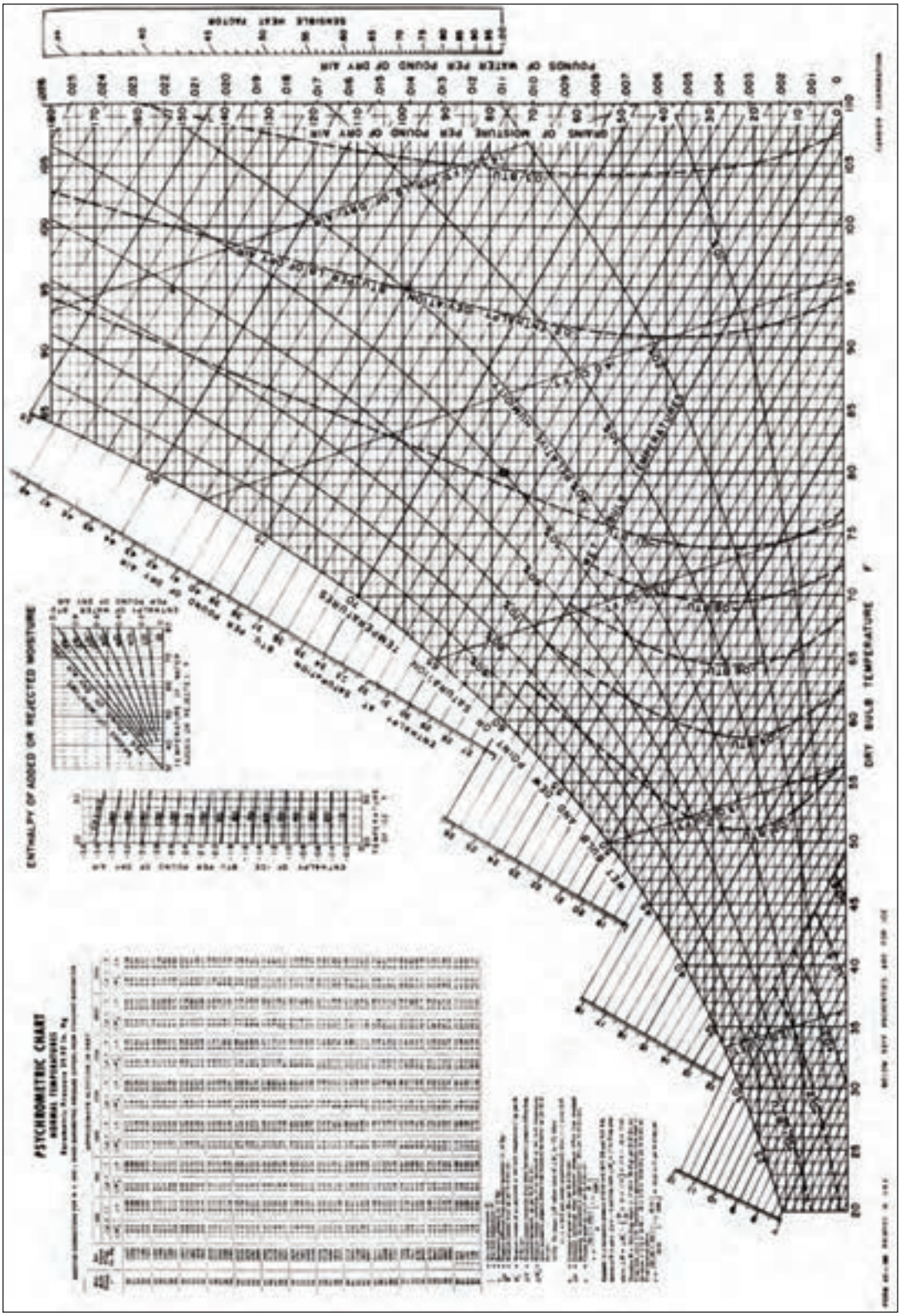
۱ــ Psychrometric chart

را از روی سایکرومتریک چارت پیدا کنید.

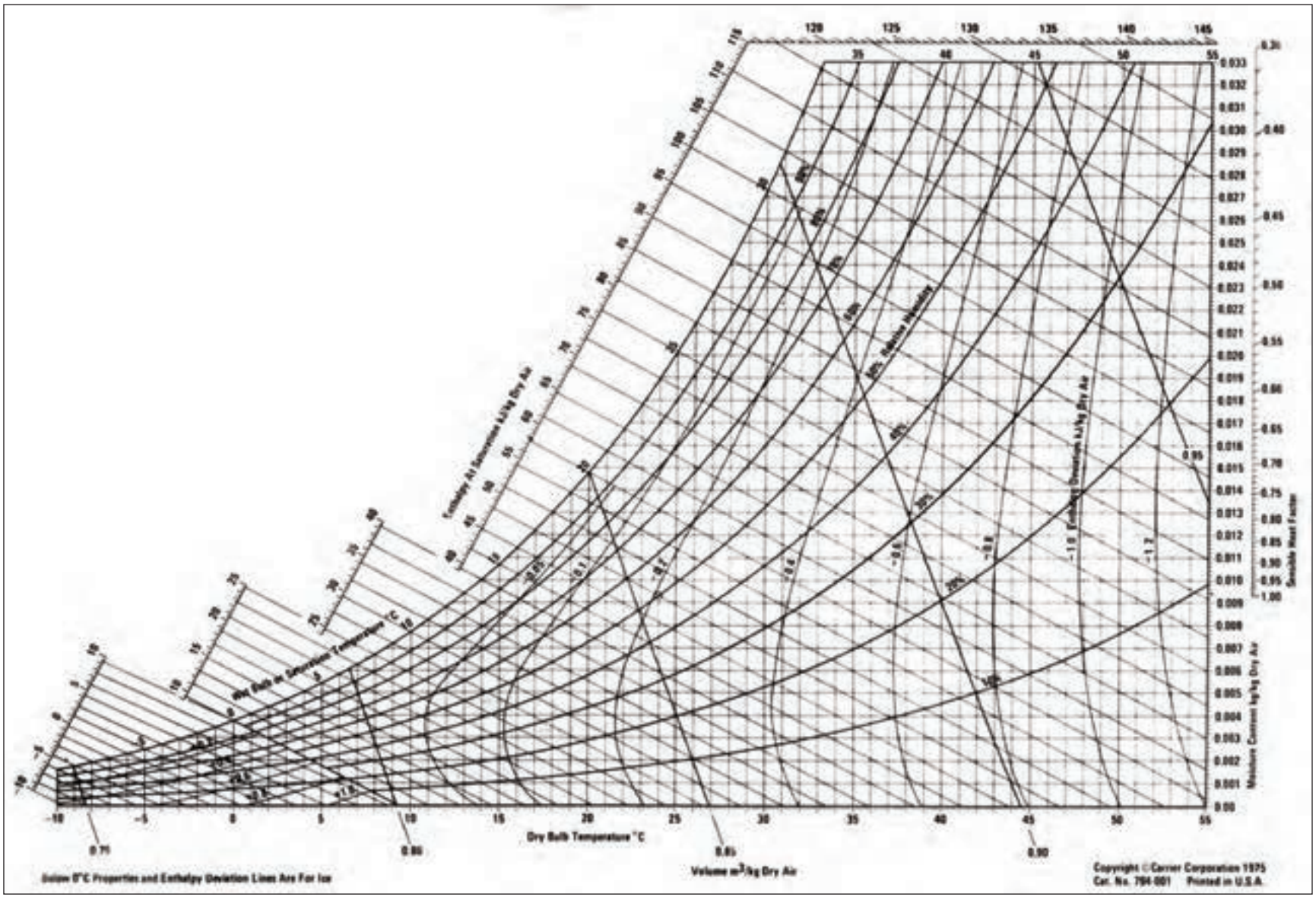
۳ــ سایکرومتر مشخصات هوای داخل سالن را ۲۲°C DB و ۱۵°C WB نشان می‌دهد.

الف) حجم مخصوص هوای سالن را پیدا کنید.

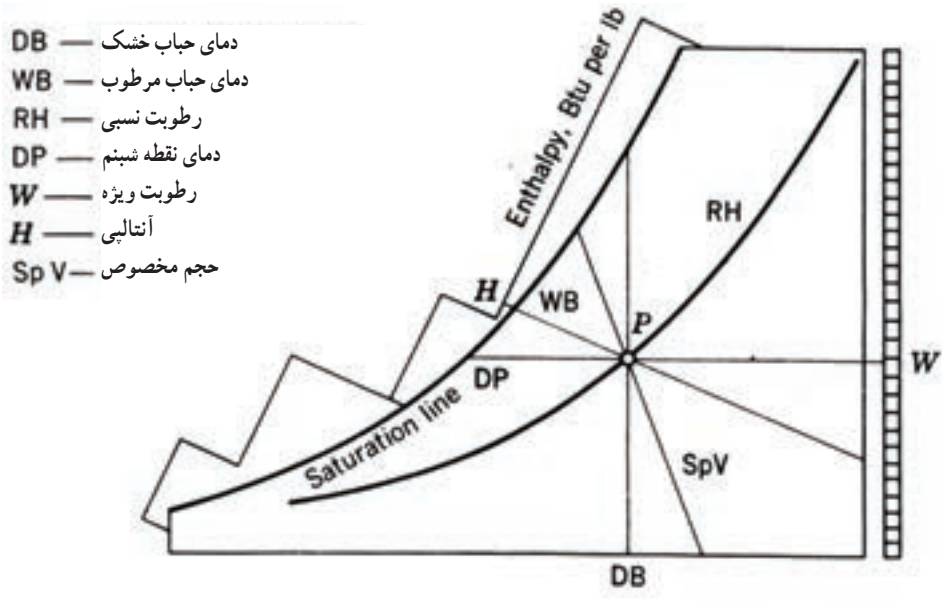
ب) اگر ابعاد سالن ۵×۸×۱۰ متر باشد جرم هوای داخل سالن چند کیلوگرم است.



شکل ۴ــ۱۱ــ نمودار سایکرومتریک برحسب واحدهای USCS (انگلیسی)



شکل ۵ــ۱۱ ــ نمودار سایکرومتریک در سیستم واحدی SI



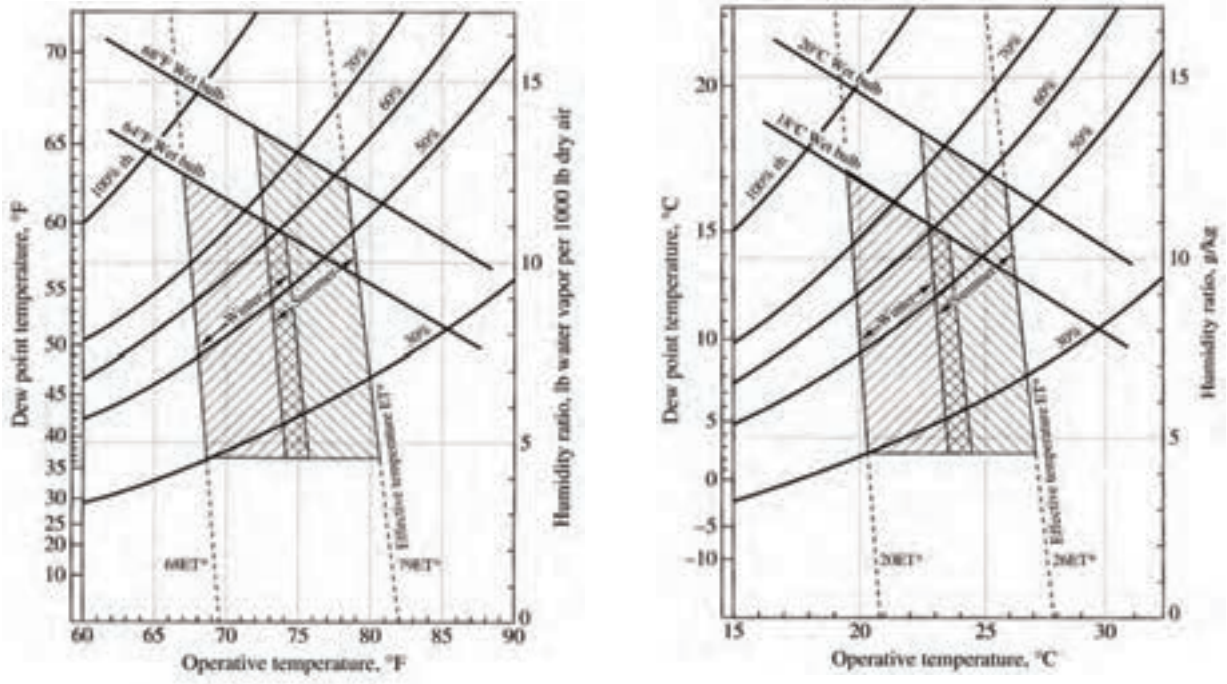
شکل ۶ــ۱۱ــ راهنمای استفاده از نمودار سایکرومتریک

۱۰ــ۱۱ــ منطقهٔ آسایش

شرایط آسایش در اثر ترکیب مطلوبی از دما، رطوبت، جریان و تمیزی هوا بدست می‌آید. با مقادیر گوناگون از عوامل گفته شده شرایط آسایش گوناگون بدست می‌آید. مثلاً رطوبت نسبی زیاد را که آسایش بخش نیست می‌توان با کاهش دما و افزایش سرعت جریان هوا جبران نمود.

دمای پوست بدن یک فرد معمولی در راحت‌ترین حالت (۹۱°F) ۳۳°C است. در زمستان با پوشیدن لباس مناسب دمای پوست بدن را در این دما نگه می‌داریم و در هوای گرم با عرق کردن بدن پوست به دمای گفته شده می‌رسد.

شکل ۷ــ۱۱ منطقهٔ آسایش در زمستان و تابستان را نشان می‌دهد دامنه‌هایی دمایی به عادت لباس پوشی مردم در زمستان و



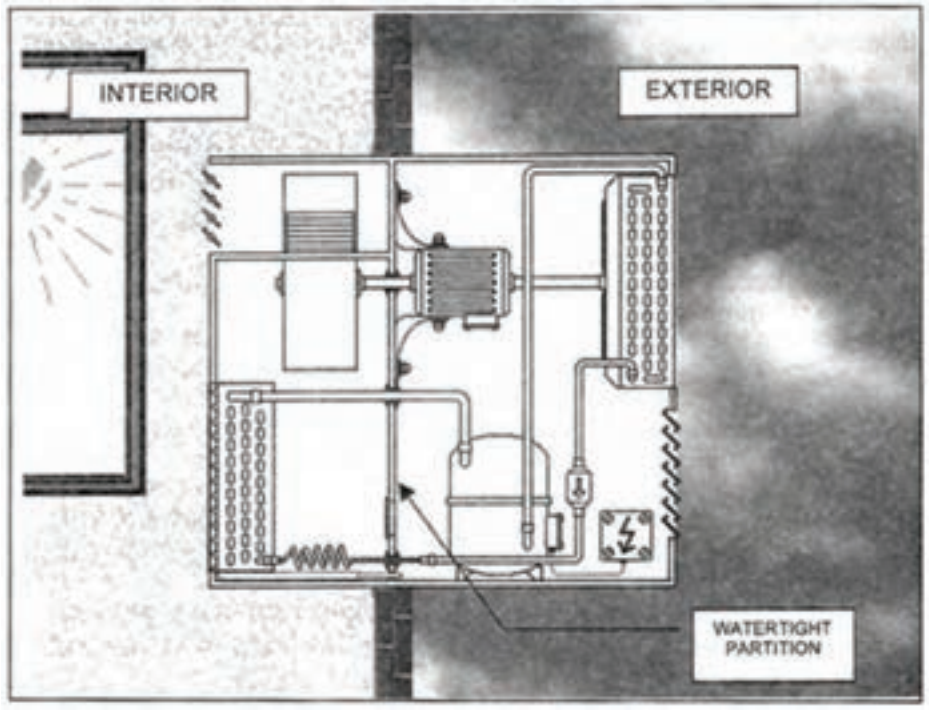
شکل ۷ــ۱۱ــ منطقهٔ آسایش در سیستم SI و انگلیسی

تابستان توجه داشته است و فعّالیّت افراد در حالت نشسته و سبک فرض شده است. منطقهٔ آسایش زمستانی برای سرعت جریان هوا در $\frac{m}{s}$ ۰/۱۵ و منطقهٔ آسایش تابستانی در سرعت هوای $\frac{m}{s}$ ۰/۲۵ تهیه شده است.

۱۱ــ۱۱ــ کولر گازی پنجره‌ای

این نوع کولر گازی یک دستگاه تهویه مطبوع یک‌پارچه می‌باشد و چون در فضای قاب پنجره نصب می‌شود به آن «دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای[1]» می‌گویند. بیشتر شما این دستگاه را دیده‌اید که در بالای درگاه ورودی مغازه و دفاتر اداری و ... نصب شده است.

همان‌گونه که در شکل ۸ــ۱۱ نشان داده شده است یک قسمت از دستگاه در داخل اتاق قرار گرفته است و قسمت دیگر در بیرون اتاق واقع شده است.



شکل ۸ــ۱۱ــ دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای از دو قسمت داخلی و خارجی تشکیل شده است.

همچنین در شکل مشاهده می‌کنید که قسمت داخلی دستگاه به‌وسیله دیواره یا تیغه‌ای که امکان نفوذ آب و هوا را نمی‌دهد از قسمت خارجی آن جدا شده است.

فکر می‌کنید هدف از قرار دادن این دیواره در دستگاه چیست؟

کدام قسمت از دستگاه سردکننده تهویه مطبوع پنجره‌ای بیرون از اتاق قرار می‌گیرد؟

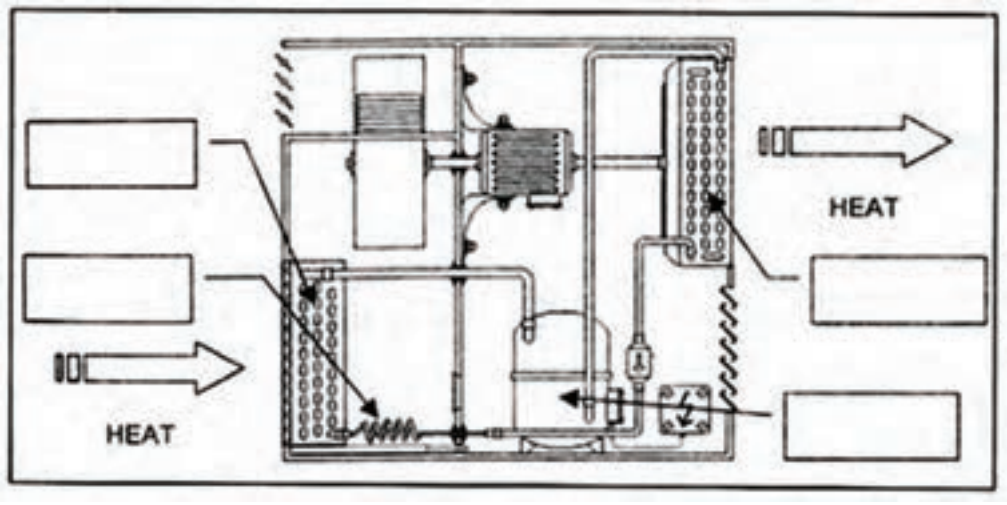
بدیهی است قسمت بیرونی دستگاه کندانسر است زیرا وظیفه کندانسر این است که گرمای اتاق را به فضای بیرون انتقال دهد. در سیکل تبرید دیده‌اید که کندانسر گرمای جذب شده در اواپراتور و گرمای معادل کار کمپرسور را به بیرون انتقال می‌دهد. بنابراین چون می‌خواهیم اتاق را خنک کنیم دستگاه کندانسر باید در بیرون از اتاق باشد.

از آن‌جایی که کمپرسور مولد گرما و پر سر و صداست کمپرسور نیز باید بیرون از اتاق قرار گیرد.

برای آشنایی بیشتر اجزاء دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای در شکل ۹ــ۱۱ را بنویسید.

۱ــ Window Air conditioner

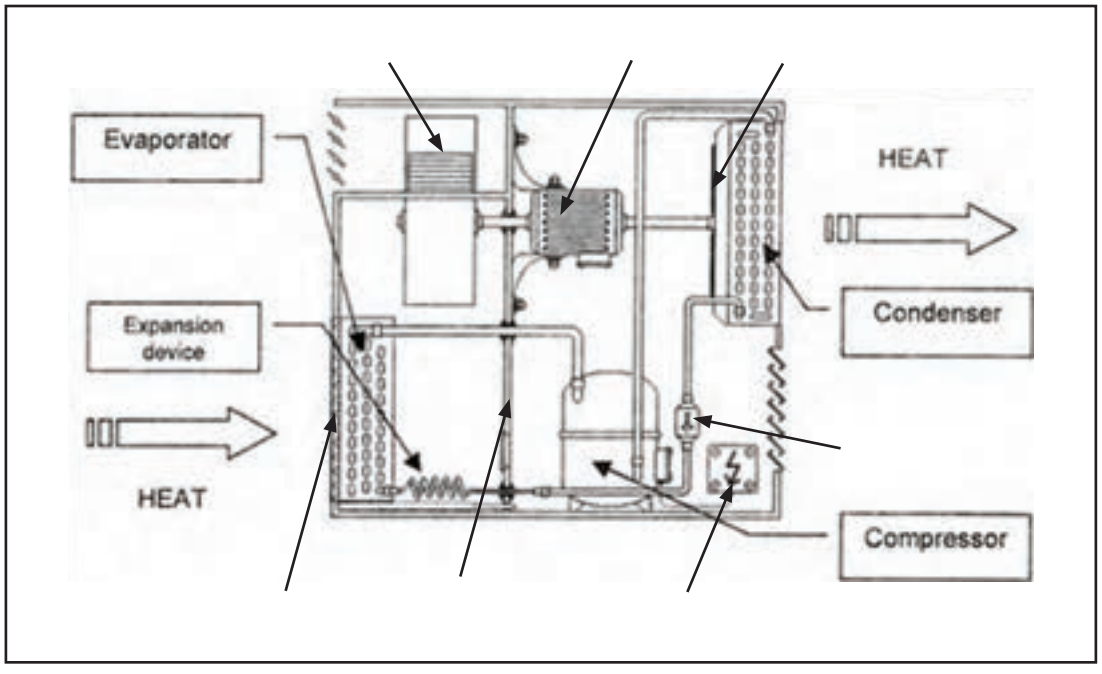
قطعات نشان داده شده در شکل ۹ــ۱۱ قطعات اصلی یک دستگاه سردکننده است ولی هر دستگاه سردکننده قطعات اضافی دیگری دارد که لازم است آنها را نیز بشناسید بنابراین سعی کنید فیلترها، فن‌ها، موتوری که فن‌ها را می‌چرخاند، تیغه‌ای را که از هرگونه مخلوط شدن هوای داخل و خارج از اتاق جلوگیری می‌کند بر روی شکل معرفی کنید.



شکل ۹ــ۱۱ــ نامگذاری قطعات

درستی کار خود در نامگذاری قطعات دستگاه با شکل ۱۰ــ۱۱ مقایسه کنید.

این‌که تیغه و دیواره دستگاه از برخورد هوای داخل و هوای خارج جلوگیری می‌کند بسیار مهم است زیرا دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای دستگاهی نیست که هوای بیرون را گرفته و آن را خنک کند و سپس به‌داخل اتاق بفرستد.



شکل ۱۰ــ۱۱ــ نامگذاری اجزای کولر گازی

از نظر مکانیکی سیستم تهویه مطبوع پنجره‌ای یا کولر گازی دارای سه مدار است :

۱ــ مدار هوای داخل

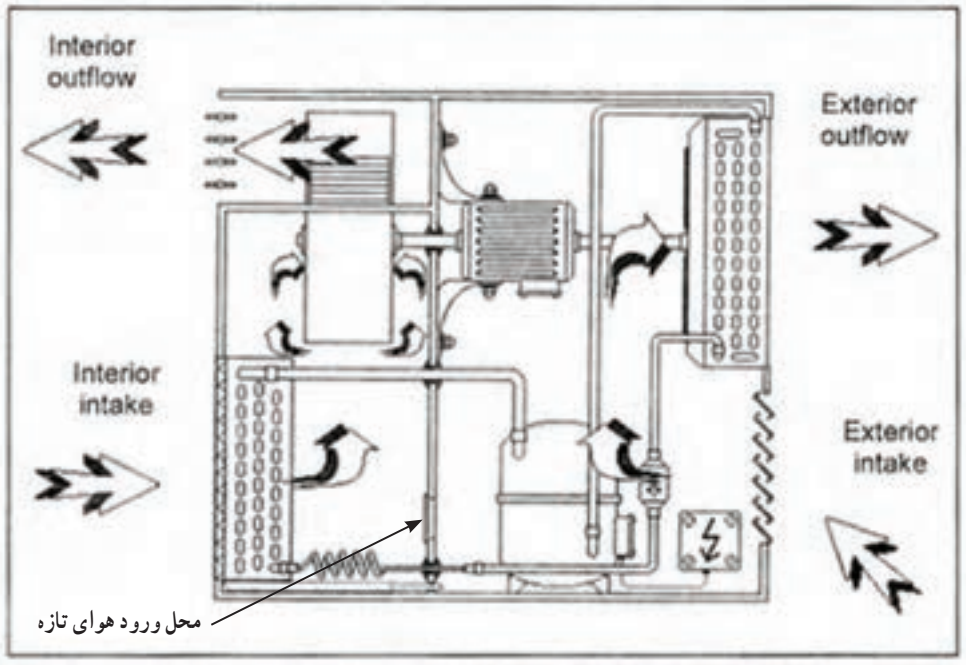
۲ــ مدار سیکل تبرید

۳ــ مدار هوای بیرون (شکل ۱۱ــ۱۱ را ببینید)

۱ــ مدار هوای داخل : هوای اتاق توسط بادزن به درون دستگاه کشیده می‌شود. هوا در عبور از روی کویل‌های اواپراتور قسمتی از گرمای خود را به ماده سرمازای درون کویل می‌دهد و خنک می‌شود. هوای خنک توسط بادزن دستگاه به‌درون اتاق دمیده می‌شود.

۲ــ مدار سیکل تبرید : همانند همهٔ دستگاه‌های سردکننده ماده سرمازا در اواپراتور تبخیر شده گرمای هوای داخل را جذب می‌کند سپس به‌سمت کمپرسور حرکت نموده، در کمپرسور متراکم و داغ می‌شود. ماده سرمازای متراکم شده در کندانسر، گرمای خود را به هوای بیرون داده به مایع تبدیل می‌شود. بدین ترتیب گرمای جذب شده در اواپراتور به علاوهٔ گرمایی که در اثر تراکم به ماده سرمازای داده می‌شود در کندانسر به‌هوای بیرون منتقل می‌گردد.

۳ــ مدار هوای بیرون : هوای بیرون توسط بادزن کندانسر از روی کویل‌های کندانسر عبور می‌کند و چون دمای هوای بیرون پایین‌تر از دمای سطح کویل‌های کندانسر است گرمای ماده سرمازای درون کویل کندانسر به هوای بیرون منتقل می‌شود.



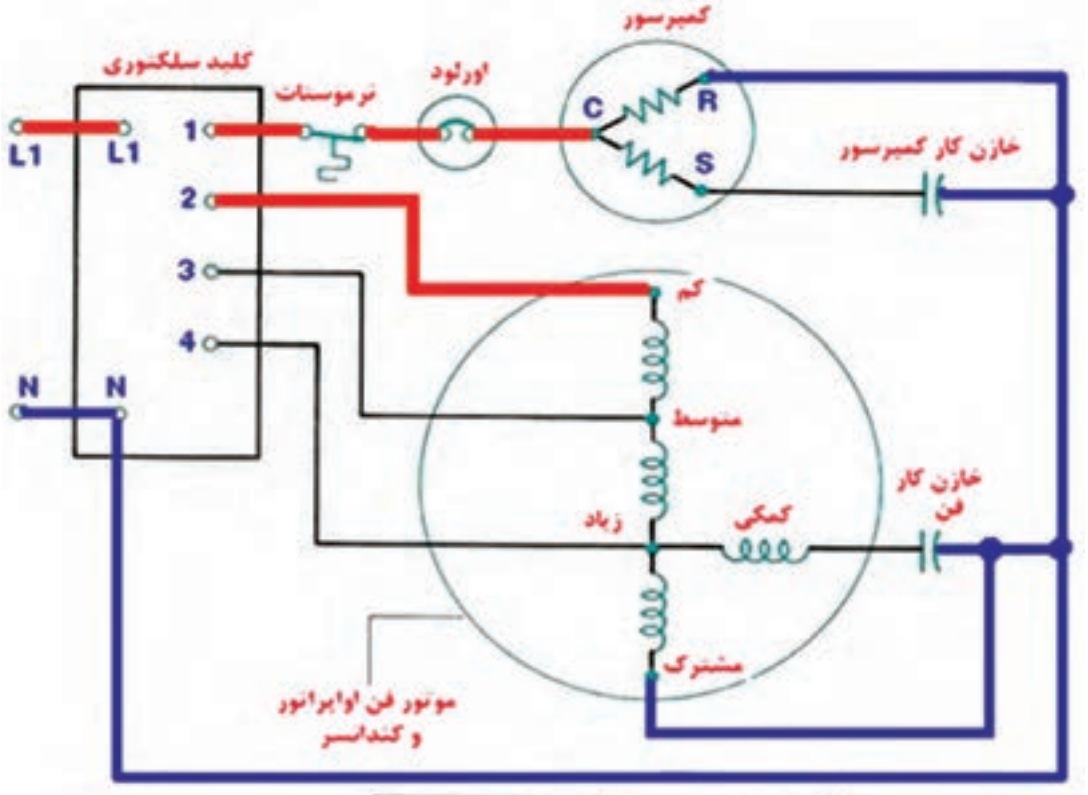
شکل ۱۱ــ۱۱ــ تبیین سه مدار در کولر گازی

هنگامی که دمای اتاق به دمای تنظیم شده بر روی ترموستات برسد ترموستات عمل می‌کند و کمپرسور خاموش می‌شود.

بر روی تیغهٔ جدا کننده در قسمت بیرونی و داخلی دریچه‌ای وجود دارد تا با بازکردن آن امکان ورود مقدار کمی هوای بیرون به‌داخل فراهم شود. این هوا با هوای خروجی از اواپراتور مخلوط می‌شود و توسط بادزن به درون اتاق دمیده می‌شود. این عمل برای تأمین هوای تازه اتاق پیش‌بینی شده است.

مدار الکتریکی : اغلب کولرهای گازی از کمپرسورهای استفاده می‌کنند که الکتروموتور آنها از نوعی هستند که سیم‌پیچی استارت آنها در مدار می‌مانند و رله ندارند. ممکن است یک خازن دائمی بین سیم‌پیچی استارت و سیم‌پیچی اصلی وجود داشته باشد.

شکل ۱۲ــ۱۱ کولر گازی را نشان می‌دهد که یک الکتروموتور دو محوری را راه‌اندازی می‌کند که هم فن اواپراتور و هم فن کندانسر را با سه سرعت زیاد، متوسط و کم بگرداند. کمپرسور می‌تواند با هر یک از سه سرعت موتور فن کار کند و از یک ترموستات فرمان می‌گیرد. در مدار موتور فن‌ها نیز از یک خازن دائمی الکترولیتی استفاده شده است.



موقعیت کلید سلکتوری	اتصال بین
سرعای زیاد	L1,1,4
سرعای متوسط	L1,1,3
سرعای کم	L1,1,2
دور سه فن	L1,4
دور متوسط فن	L1,3
دور کم فن	L1,2

شکل ۱۲ــ۱۱ــ مدار برقی کولر گازی

مشخصات فنی کولر گازی پنجره‌ای در جدول و شکل ۱۳ــ۱۱ ارائه شده است.

شرح / مدلهای	۱۲	۱۸	۲۴	واحد
توان سرمایش	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۴۰۰۰	Btu/hr
توان گرمایش (هیت پمپ)	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۴۰۰۰	Btu/hr
توان گرمایش (الکتریکی)	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	W
توان سرمایش کمپرسور	۱۴۰۰۰	۲۱۰۰۰	۲۵۰۰۰	Btu/hr
میزان جذب رطوبت	۲/۲	۳/۲	۴/۱	Lit/hr
حجم هوای در گردش	۲۵۰	۳۵۰	۴۲۰	CFM
توان مصرفی دستگاه	۱۳۵۰	۲۰۵۰	۲۵۰۰	W
جریان کل	۷	۱۰/۵	۱۳/۲	A
ابعاد دستگاه (عرض×عمق×ارتفاع)	۴۳۰×۷۰۰×۶۶۰	۴۳۰×۷۰۰×۶۶۰	۴۳۰×۷۰۰×۶۶۰	mm
وزن خالص	۷۳	۷۷	۸۲	kg

شکل ۱۳ــ۱۱ــ مشخصات فنی سه مدل کولر گازی پنجره‌ای

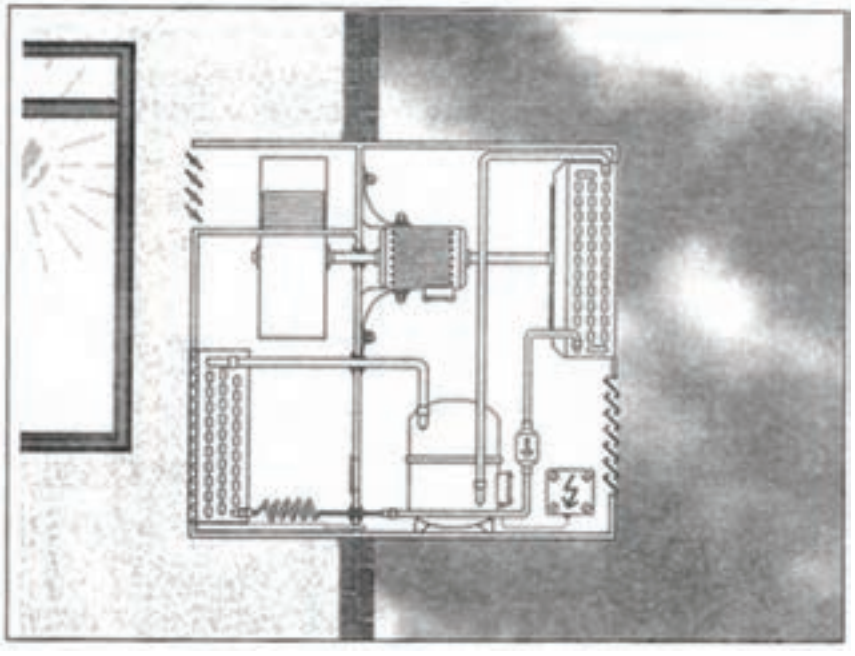
۱۲ــ۱۱ــ کولر گازی اسپلیت

دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای یا کولر گازی دو اشکال عمده دارد.

ــ شکل ظاهری آن جالب نیست و پر سروصداست.

ــ به‌علت قرارگیری در قاب پنجره یا حفره‌ای در دیوار استفاده از آن راحت نیست.

اگرچه تیغهٔ وسط باعث جدا شدن هوای خارج و هوای داخل شده است با این همه امکان عبور سروصدا از آن وجود دارد. (شکل ۱۴ــ۱۱)



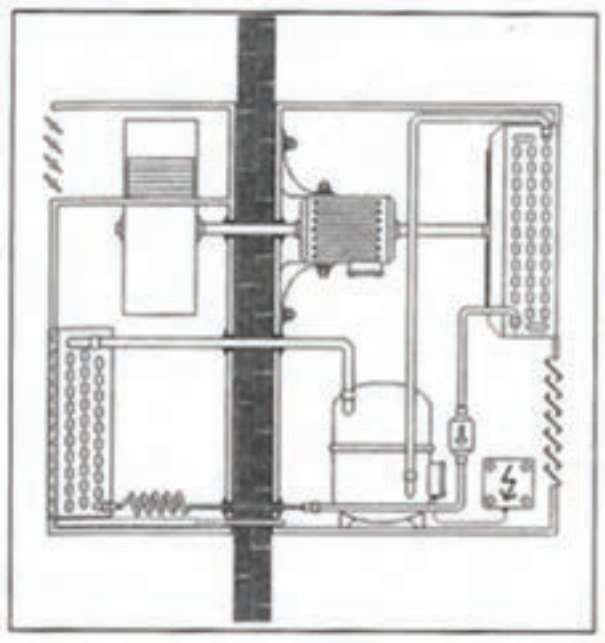
شکل ۱۴ــ۱۱ــ کولر گازی نصب شده در حفرهٔ دیوار

بنابراین چرا برای بهبود کاربرد آن از محل تیغه، دستگاه را به دو قسمت جدا از هم تقسیم نکنیم؟ به این ترتیب می‌توانیم فن کندانسر، کندانسر و کمپرسور را در سوی دیگر نصب کنیم تا مقدار زیادی از سروصدا را از بین ببریم. اواپراتور و فن اواپراتور که سروصدای زیادی ندارد در فضای داخل اتاق بماند.

آیا به‌نظر شما این سیستم مناسب و ایده‌آل است؟ شکل ۱۵ــ۱۱ ببینید.

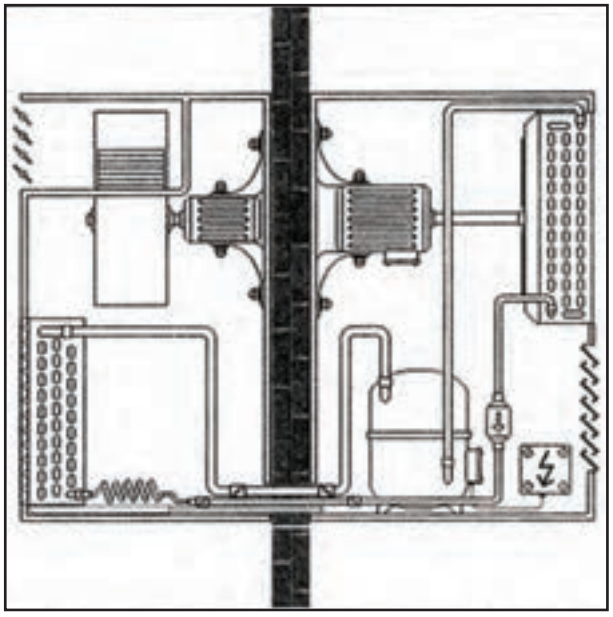
فن اواپراتور در داخل اتاق قرار می‌گیرد ولی موتور آن در خارج از اتاق است محور آن از میان دیوار عبور می‌کند در زمان ساخت برای این‌که فن دستگاه به‌خوبی بچرخد باید اطمینان حاصل کنیم که بخش‌های داخلی و خارجی کولر گازی به‌خوبی تراز شده باشند.

بنابراین، این طرح عملی نیست.



شکل ۱۵ــ۱۱ــ جداسازی دو قسمت کولر توسط دیوار

در طرح دیگر برای کم کردن سروصدا موتور دیگری به دستگاه اضافه می‌کنیم تا فن اواپراتور را بچرخاند در این حالت می‌توانیم موتوری با سروصدای پایین را انتخاب کنیم. (شکل ۱۶ــ۱۱)



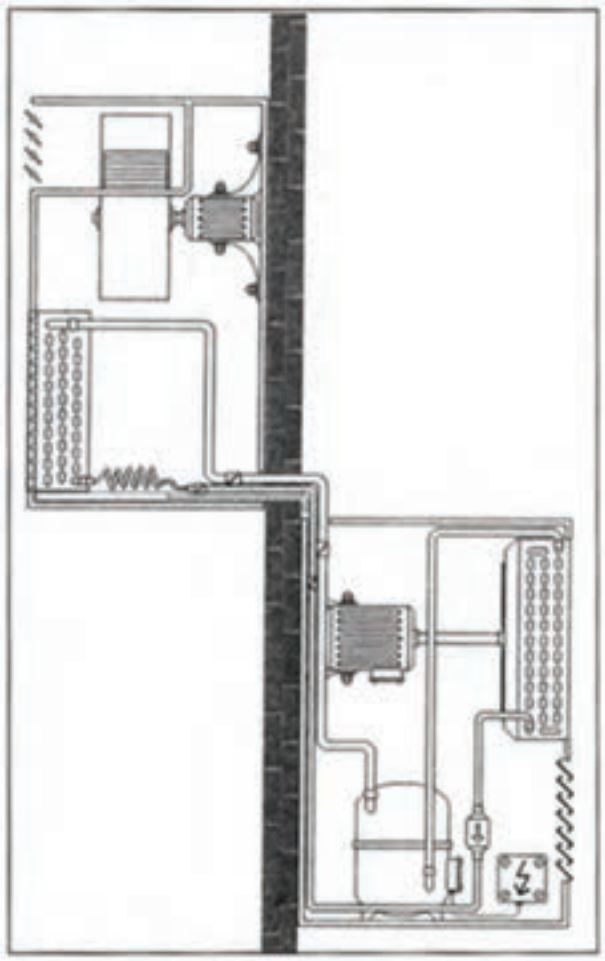
شکل ۱۶ــ۱۱ــ برای فن اواپراتور یک موتور جداگانه در نظر می‌گیریم

با این اصلاح دستگاه تهویه مطبوع یک‌پارچه را به دستگاه تهویه دو قسمتی (دوپارچه) یا اسپلیت تبدیل می‌کنیم. یک قسمت که در داخل اتاق قرار می‌گیرد شامل اواپراتور و فن اواپراتور و موتور فن است که بخش داخلی نامیده می‌شود.

قسمت دوم در خارج از اتاق تهویه شده قرار می‌گیرد شامل کندانسر، فن کندانسر و موتور فن کندانسر و کمپرسور می‌شود این قسمت را بخش خارجی یا واحد تقطیر[1] می‌نامند.

شکل ۱۷ــ۱۱ نشان می‌دهد که بخش خارجی دستگاه تهویه مطبوع الزامی ندارد که در مقابل بخش داخلی قرار گیرد. از آن‌جایی که دو بخش دستگاه توسط لوله به‌یکدیگر متصل شده‌اند می‌توانند در دو سطح مختلف قرار گیرند.

در این نمونه لوله مویین، در بخش داخلی قرار گرفته است



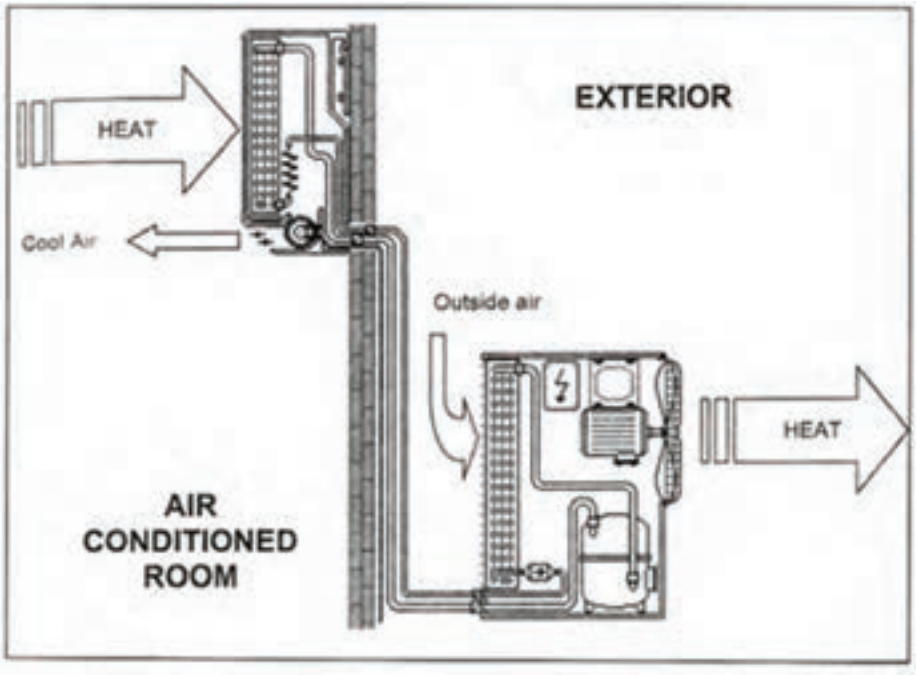
شکل ۱۷ــ۱۱ــ بخش داخلی و خارجی می‌توانند در دو سطح مختلف قرار بگیرند.

ولی در برخی موارد در بخش خارجی دستگاه نصب می‌شود.

برای دستگاه‌هایی که ظرفیت سرمایی کمی دارند همانند آنهایی که برای اطاق خواب طراحی شده‌اند تولیدکنندگان ترجیح می‌دهند که لوله مویین را در بخش خارجی دستگاه قرار دهند. در این روش صدای سوتی که به‌وسیله لوله مویین در هنگام روشن و خاموش شدن سیستم ایجاد می‌شود شنیده نمی‌شود.

بدین ترتیب سیستم‌های تهویه مطبوع اسپلیت که امروزه رایج‌ترین سیستم تهویه مطبوع است معرفی گردید. در شکل ۱۸ــ۱۱ نمونه از سیستم‌های اسپلیت (جدا از هم) را مشاهده می‌کنید.

۱ــ Condensing Unit or Condensing set or Condensing assembly



شکل ۱۸ــ۱۱ــ نمونه‌ای از سیستم تهویه مطبوع اسپلیت

اجزای سیستم تهویه مطبوع اسپلیت

الف) اجزای بخش داخلی

تکیه‌گاه[۱]: بخش داخلی دستگاه را به دیوار محکم و ثابت می‌کند.

صافی هوا[۲]: گرد و غبار هوا را قبل از عبور از اواپراتور می‌گیرد.

اواپراتور[۳]: یک مبدل گرمایی است که گرمای هوای اتاق می‌گیرد و هوا را خنک می‌کند.

بادزن اواپراتور[۴]: هوای اتاق را از میان اواپراتور به‌درون خود مکیده سپس به‌درون اتاق می‌دمد. به‌طور معمول این فن از نوع گریز از مرکز است.

تیغه‌های هدایت هوا: این تیغه‌ها به‌طور معمول خودکار و قابل تنظیم هستند و جریان هوای خروجی از اواپراتور در جهت‌های مختلف هدایت می‌کنند.

وسیله کنترل ماده سرمازا[۵]: در کولر گازی اسپلیت از لوله مویین استفاده می‌شود.

تشتک جمع‌آوری آب تقطیر شده: هنگامی که هوا از روی اواپراتور می‌گذرد خنک می‌شود. بخشی از بخار آب موجود در هوا در اثر برخورد به سطح سرد اواپراتور تقطیر شده و در تشتکی در زیر اواپراتور قرار گرفته است جمع می‌شود و به‌وسیلهٔ لوله‌ای به بیرون از اتاق هدایت می‌گردد.

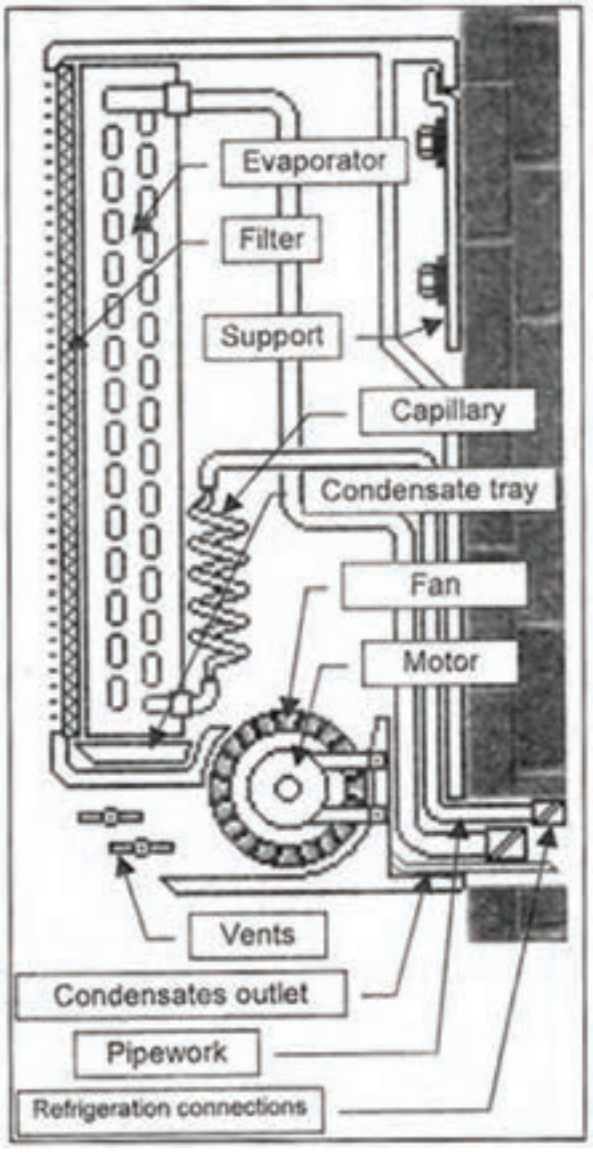
اجزا مدار هوای داخل را در شکل ۱۹ــ۱۱ مشاهده می‌کنید.

ب) اجزای بخش خارجی

شبکه محافظ[۶]: کار این شبکه محافظت از پره‌های کندانسر در برابر صدمات فیزیکی است.

کندانسر[۷]: این دستگاه یک مبدل گرمایی است که گرمای ماده سرمازا را به هوای آزاد انتقال می‌دهد.

۱ــ support
۲ــ Air Filter
۳ــ Evaporator
۴ــ Evaporator Fan
۵ــ Metering device
۶ــ Grille
۷ــ Condenser



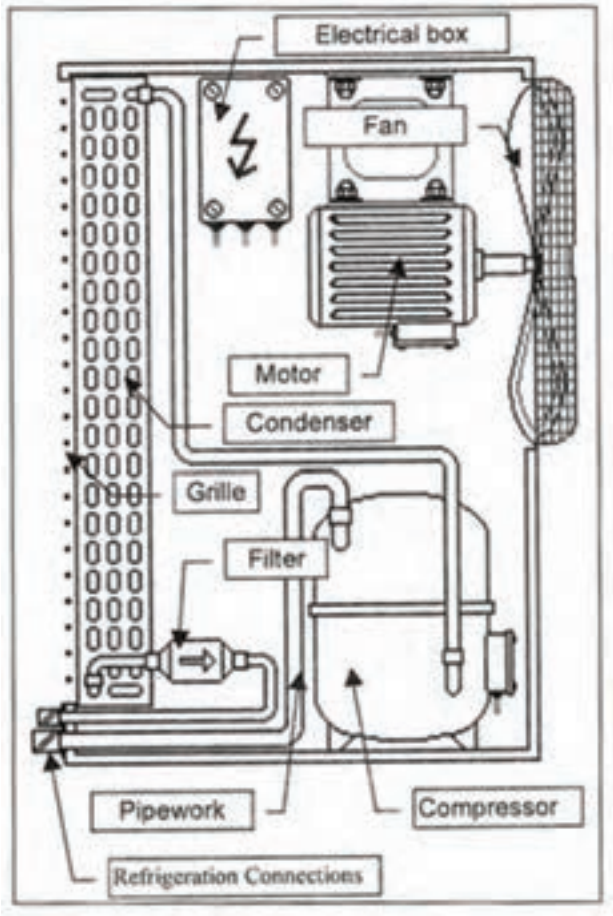
شکل ۱۹ــ۱۱ــ اجزای بخش داخلی کولر گازی اسپلیت

بادزن کندانسر[1] *:* هوا را از روی کویل کندانسر عبور می‌دهد تا گرمای کویل گرفته شود. این بادزن به‌طور معمول از نوع محوری (ملخی) است.

کمپرسور[2] *:* وظیفه کمپرسور متراکم کردن ماده سرمازا و راندن آن به کندانسر است. با توجه به نوع آب و هوای محیط می‌تواند از نوع تناوبی ــ روتاری یا اسکرول باشد.

فیلتر درایر[3] *:* ناخالصی احتمالی همراه ماده سرمازا در عبور از فیلتر درایر گرفته می‌شود تا از مسدود شدن لوله مویین جلوگیری شود همچنین بخار آب احتمالی همراه مبرد را جذب می‌کند وجود بخار موجب تولید اسید و صدمات جدی به سیستم سردکننده می شود.

اجزای بخش خارجی را در شکل ۲۰ــ۱۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۰ــ۱۱ــ اجزای بخش خارجی کولر گازی اسپلیت

جعبه الکتریکی[4] *:* اتصال‌های الکتریکی مربوط بخش داخلی و خارجی در این جعبه قرار دارد.

پ) اجزای ارتباطی بین دو بخش داخلی و خارجی

لوله کشی مسی: اتصال لوله کشی بین بخش داخلی و

---

۱ ــ Condenser Fan

۲ ــ Compressor

۳ ــ Filter and dryer

۴ ــ Electrical Box

بخش خارجی سیستم اسپلیت توسط لوله و فیتینگ مسی انجام می‌گیرد. بدین ترتیب لوله خروجی کندانسر (فیلتر درایر) به ورودی اواپراتور (لوله مویین) و لوله مکش کمپرسور به خروجی اواپراتور توسط لوله کشی مسی متصل می‌شوند.

کابل کشی: ارتباط الکتریکی بین وسایل الکتریکی با جعبه الکتریک را فراهم می‌آورد.

۱۳ــ۱۱ ــ انواع کولرهای گازی اسپلیت

کولرهای اسپلیت را به دو شیوه می‌توان دسته بندی کرد :

۱ــ شکل ظاهری یونیت داخلی و شرایط نصب

۲ــ مصرف انرژی و نوع ماده سرمازا

۱ــ۱۳ــ۱۱ــ دسته بندی انواع کولرهای اسپلیت براساس شکل ظاهری و شیوه قرارگیری یونیت داخلی

۱ــ اسپلیت دیواری : این مدل همان‌گونه که از نام آن پیداست یونیت داخلی برروی دیوار نصب می‌گردد. این نوع از کولرهای اسپلیت دارای بیشترین تنوع در شکل ظاهری در میان انواع کولرهای اسپلیت‌اند. همچنین این کولر متداول‌ترین نوع کولر اسپلیت در بازار است و اغلب برندهای موجود در بازار کشور و جهان مدل‌های متنوعی از آن را ارائه می دهند.

نصب این نوع اسپلیت‌ها نیازی به تغییر در معماری داخلی ساختمان یا وجود داکت و پیش‌بینی ملزومات عمده‌ای نداشته و صرفاً طول لوله مسی میان یونیت‌های داخلی و خارجی و فاصله یونیت داخلی از سقف مطرح است.

این نوع کولر در ظرفیت‌های متنوعی از $\frac{Btu}{hr}$ ۷۰۰۰ تا $\frac{Btu}{hr}$ ۳۶۰۰۰ عرضه می‌شود و مجهز به یک برد الکترونیکی برای کنترل دستگاه خواهد بود. این نوع کولر در طیف گسترده‌ای از مکان‌ها نظیر منازل مسکونی و ادارات و ... مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. (شکل ۲۱ــ۱۱)

شکل ۲۱ــ۱۱ــ اسپلیت دیواری

۲ــ کولر اسپلیت ایستاده : این نوع کولر در ظرفیت‌های متنوع بین $\frac{Btu}{hr}$ ۲۴۰۰۰ تا $\frac{Btu}{hr}$ ۱۰۰۰۰۰ تولید می شود. همانگونه که از نامش آشکار است سازهٔ نسبتاً بزرگ یونیت داخلی بر روی زمین مستقر شده و محل باد سرد از قسمت فوقانی یونیت داخلی بیرون می‌آید و عموماً از قسمت پایین یونیت مکش هوا صورت می گیرد.

مزیت این کولرها نسبت به سایر کولرهای هم‌ظرفیت توانایی بالاتر دمنده یونیت داخلی (به اصطلاح پرتاب باد بیشتر) و در نتیجه پوشش کامل‌تر برای فضاهای بزرگتر نظیر سالن‌ها است.

شکل ۲۲ــ۱۱ــ سه مدل کولر اسپلیت ایستاده

۳ــ کولر اسپلیت کاستی : این کولرها با قرار گرفتن در سقف کاذب محیط مورد نظر و قابلیت تطابق رنگ و طراحی می‌توانند شرایط مناسب‌تری را برای معماران و طراحان داخلی فراهم نمایند. امّا پیش نیاز استفاده از این نوع کولرها پیش‌بینی اندازهٔ مورد نیاز در سقف کاذب و نصب شاسی مناسب برای نصب این نوع کولر می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۲۳ــ۱۱ نشان داده شده است این کولر نیازی به کانال‌کشی نداشته و هوای سردشده توسط آن مستقیماً به قسمت بالایی فضای موردنظر دمیده می‌شود.

۴ــ کولرهای اسپلیت کانالی (داکت اسپلیت) : این کولر از نظر اجزای چرخهٔ سرمایش مانند سایر مدل‌هاست و همانند

شکل ۲۳ــ۱۱ــ کولر اسپلیت کاستی

کولر کاستی در سقف کاذب تعبیه می‌گردد. لیکن هوای خنک شده توسط کویل از طریق یک شبکه کانال‌کشی و تعدادی دریچه هوا توزیع می‌گردد.

در این نوع کولرها محاسبهٔ درست کانال اهمیت بیشتری دارد. در صورت اشتباه در محاسبات یا عدم توجه کافی به آن صدای هوای عبوری از درون کانال و دریچه‌ها سبب برهم خوردن شرایط آسایش خواهد شد.

الف

ب

شکل ۲۴ــ۱۱ــ الف) یک نمونه داکت اسپلیت ب) داکت اسپلیت و کانال‌کشی فضا

۵ــ کولرهای سقفی زمینی : نام آنها نشان می‌دهد که بر روی زمین یا سقف نصب می‌گردد اما باید توجه داشت که نصب آنها به‌صورت روکار انجام می‌شود. برای نصب بر روی سقف نیاز به تهیه شاسی متناسب با وزن دستگاه می‌باشد. (شکل ۲۵ــ۱۱)

شکل ۲۵ــ۱۱ــ نمونه کولر ایستاده سقفی زمینی

۲ــ۱۳ــ۱۱ــ انواع کولرهای گازی اسپلیت از نظر مصرف انرژی و نوع مادهٔ سرمازا

۱ــ کولرهای گازی معمولی : این کولرها در ابتدا با کمپرسورهای پیستونی کار می‌کردند و طراحان در مدل‌های بعدی از کمپرسورهای روتاری جهت بهینه سازی و بهبود استفاده نمودند و در ظرفیت‌های بیش از $۳۰۰۰۰ \frac{Btu}{hr}$ از کمپرسورهای اسکرال در این دستگاه‌ها بهره جستند. گاز مبرد R_۲۲ به‌دلیل داشتن ترکیبات کلر در صورت نشت می‌تواند اثر تخریبی بر لایه ازن داشته باشد.

همچنین با توجه به شرایط ترمودینامیکی گاز و طراحی دستگاه‌ها امکان دست‌یابی به رده‌های بالای انرژی در این نوع محصولات وجود نداشت.

۲ــ کولرهای گازی کم مصرف : با بکار بردن مبرد R_۴۱۰ و تغییر شرایط ترمودینامیکی چرخه سرمایش امکان دستیابی به رده‌های انرژی بالا نظیر A یا بالاتر میسر شد.

مبرد مذکور دوستدار محیط زیست است و با حذف ترکیبات کلر در صورت نشت آسیب به لایه ازن وارد نمی‌کند. این گاز مبرد از ترکیبات دو گاز به‌دست می‌آید و شرایط چرخه سرمایشی دستگاه کاملاً متفاوت با گاز R_۲۲ است. یکی از تفاوت‌های عمده این دستگاه دگرگونی در شیوهٔ شارژ گاز است که در صورت نشت می‌بایست کل گاز ترکیبی R_۴۱۰ تخلیه شده و مجددا شارژ گاز صورت گیرد.

دستگاه‌هایی که از مبرد R_۴۱۰ بهره می‌برند دارای کمپرسورهای روتاری هستند. لازم به توضیح است که گاز دوستدار محیط زیست دیگری به‌نام R_۴۰۷ هم موجود است که شرایط عملکرد ترمودینامیکی آن بسیار نزدیک به مبرد R_۲۲ است. مبرد R_۴۰۷ از سه گاز تشکیل شده است و در برخی چیلرها و مینی چیلرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ــ کولرهای گازی دور متغیر (مجهز به دستگاه اینورتر) : روند رو به رشد انرژی مصرفی طراحان سیستم‌های تهویه مطبوع را به فکر کاهش هرچه بیشتر مصرف انرژی انداخته است. این کاهش مصرف به دستگاه‌های نوع قبل (کم مصرف با مبرد R_۴۱۰) محدود نمی‌گردد.

در محصولات اینورتر همان‌طور که نامشان بیان می‌دارد، تکنولوژی تغییر دور موتور دستگاه به‌کار رفته است.

در این دسته از کولرها سامانه کنترل بازخورد، تأثیر به‌سزایی بر هدایت چرخهٔ سرمایش دارد؛ بدین معنا که از سنسورها جهت برآورد شرایط موجود در محیط تحت تهویه استفاده شده و با توجه به داده‌های ورودی، مدار فرمان دور موتور کمپرسور و در نتیجه میزان بار سرمایشی متناسب با شرایط به‌صورت پیوسته و نه پلکانی تغییر ایجاد می‌کند.

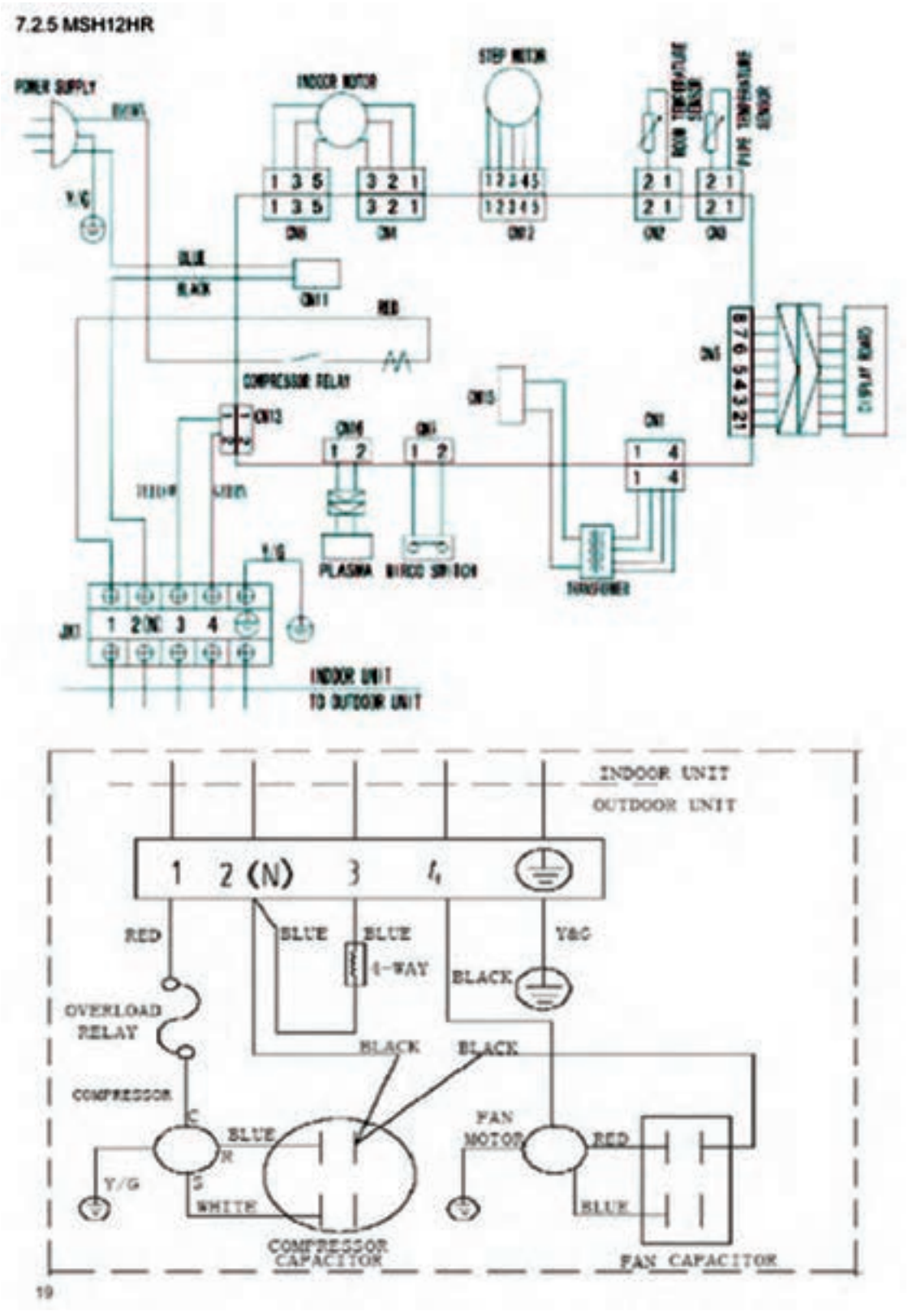
این سیستم کنترلی به‌سبب کاهش قابل توجه مصرف انرژی موفق به دستیابی به‌رده‌های انرژی چون A+++ و حتی A++++ می‌گردد. لازم به توضیح است که کمپرسورهای بکار رفته در این نوع محصولات از نوع روتاری هستند.

۱۴ــ۱۱ــ مدار الکتریکی کولر گازی اسپلیت

در شکل ۲۶ــ۱۱ یک نمونه نقشه مدار الکترونیک آمده است.[۱]

در جدول ۲۷ــ۱۱ یک نمونه کاتالوگ کولرگازی اسپلیت آورده شده است.

۱ــ در طرح پرسش نهایی استفاده نشود.



شکل ۲۶ــ۱۱ــ یک نمونه نقشه مدار کولر گازی اسپلیت

جدول ۲۷ــ۱۱ــ مشخصات فنی نمونه از کولر گازی اسپلیت

اطلاعات فنی کولرهای اسپلیت سرد و گرم		واحد	مدل				
			B - 09HR	B -12HR	B -18HR	B -24HR	B-30HR
مشخصات منبع تغذیه		Ph-V-Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz
قابلیت سرمایشی	ظرفیت سرمایشی	Btu/h	9000	12000	18000	24000	30000
	توان ورودی	W	1000	1300	2000	2650	3150
	جریان مصرفی(کار)	A	4.6	5.9	9.0	12.5	15
قابلیت گرمایشی	ظرفیت گرمایشی	Btu/h	10000	13000	21000	27000	31000
	توان ورودی	W	980	1270	2200	2650	3150
	جریان مصرفی(کار)	A	4.4	5.8	9.5	12	14.2
میزان رطوبت گیری		L/h	1.0	1.5	1.8	2.2	2.4
توان ورودی موتور فن یونیت داخلی		W	39.5	38.5	53/50/46	70/66/63	70/66/63
میزان هوا دهی یونیت داخلی		m^3/h (Hi/Mi/Lo)	450/400 350	580/500 420	800/730 600	1080/1020 960	1150/1080 1020
میزان صدای یونیت داخلی		dB(A) (Hi/Mi/Lo)	37/34/32	37/32/28	43/41/39	45/42/39	47/44/41
یونیت داخلی	عمق	mm	195	195	220	225	225
	ارتفاع	mm	250	265	292	330	330
	پهنا	mm	710	790	920	1080	1080
	وزن با بسته بندی/ وزن خالص	Kg	8/9.5	9.0/11.0	13/15	17/21	17/21
مشخصات کمپرسور	نوع کمپرسور	——	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary
	توان ورودی	W	970	1250/1285	2025	2330	2574
توان ورودی موتور فن یونیت خارجی		W	70	85	130	173	173
میزان هوا دهی یونیت خارجی		m^3/h	1800	2000	2200	2500	2500
میزان صدای یونیت خارجی		dB(A)	50	51	55	59	59
یونیت خارجی	عمق	mm	235	250	335	335	335
	ارتفاع	mm	535	540	695	695	695
	پهنا	mm	700	780	845	845	845
	وزن بابسته بندی/وزن خالص	Kg	28.5/31	34/37	55/67	62/67	62/67
میزان مبرد		g	800	900	1150	2200	2400
لوله کشی مبرد	قطر لوله گاز	mm	Φ9.53	Φ12.7	Φ12.7	Φ16.0	Φ16.0
	قطر لوله مایع	mm	Φ6.35	Φ6.35	Φ6.35	Φ9.53	Φ9.53
	حداکثر طول لوله مبرد	m	10	10	15	20	20
	حداکثر اختلاف ارتفاع یونیتهای داخلی وخارجی	m	5	5	8	10	10
دمای عملکرد		℃	17 - 30	17 - 30	17 - 30	17-30	17-30
دمای محیط		℃	(-7) — 45	(-7) — 45	(-7) — 56	(-7) — 56	(-7) — 56
سطح مورد کاربرد		m^2	14 ~ 21	18 ~ 26	30 ~ 40	40 ~ 56	50 ~ 68

ادامه جدول ۲۷ــ۱۱ــ مشخصات فنی نمونه از کولر گازی اسپلیت

اطلاعات فنی کولرهای اسپلیت سرد		واحد	مدل				
			B - 09CR	B -12CR	B - 18CR	B -24CR	B - 30CR
مشخصات منبع تغذیه		Ph-V-Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz
قابلیت سرمایشی	ظرفیت سرمایشی	Btu/h	9000	12000	18000	24000	30000
	توان ورودی	W	1000	1300	2000	2650	3150
	جریان مصرفی(کار)	A	4.6	5.9	9.0	12.5	15
میزان رطوبت گیری		L/h	1.0	1.5	1.8	2.2	2.4
توان ورودی موتور فن یونیت داخلی		W	39.5	38.5	53/50/46	70/66/63	70/66/63
میزان هوا دهی یونیت داخلی		m^3/h (Hi/Mi/Lo)	450/400 350	580/500 420	800/730 600	1080/1020 960	1150/1080 1020
میزان صدای یونیت داخلی		dB(A) (Hi/Mi/Lo)	37/34/32	37/35/33	43/41/39	45/42/39	47/44/41
یونیت داخلی	عمق	mm	195	195	220	225	225
	ارتفاع	mm	250	265	292	330	330
	پهنا	mm	710	790	920	1080	1080
	وزن با بسته بندی / وزن خالص	Kg	8/9.5	9.0/11.0	13/15	17/21	17/21
مشخصات کمپرسور	نوع کمپرسور	——	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary
	توان ورودی	W	970	1250/1285	2025	2330	2574
توان ورودی موتور فن یونیت خارجی		W	70	85	130	173	173
میزان هوا دهی یونیت خارجی		m^3/h	1800	2000	2200	2500	2500
میزان صدای یونیت خارجی		dB(A)	50	51	55	59	59
یونیت خارجی	عمق	mm	235	250	335	335	335
	ارتفاع	mm	535	540	695	695	695
	پهنا	mm	700	780	845	845	845
	وزن با بسته بندی / وزن خالص	Kg	26.5/29	34/37	53/58	60/65	60/65
میزان مبرد		g	580	850	1200	2000	2400
لوله کشی مبرد	قطر لوله گاز	mm	Φ9.53	φ12.7	Φ12.7	Φ16.0	Φ16.0
	قطر لوله مایع	mm	Φ6.35	Φ6.35	Φ6.35	Φ9.53	Φ9.53
	حداکثر طول لوله مبرد	m	10	10	15	20	20
	حداکثر اختلاف ارتفاع یونیتهای داخلی وخارجی	m	5	5	8	10	10
دمای عملکرد		℃	17-30	17-30	17-30	17-30	17-30
دمای محیط		℃	18-45	18-45	18-56	18-56	18-56
سطح مورد کاربرد		m^2	14~21	18~26	30~40	40~56	50~68

۱۵ــ۱۱ــ انتخاب کولر گازی

در صورتی که بار سرمایی ساختمان یا اتاق محاسبه شده باشد مبنای انتخاب کولر گازی خواهد بود. در بیشتر موارد برای انتخاب کولر گازی از روش‌های تقریبی استفاده می‌شود. جدول ۲۸ــ۱۱ روش انتخاب کولر گازی در مناطق معتدل را براساس مساحت فضا ارائه می‌دهد اعداد داخل جدول مساحت اتاق برحسب مترمربع است. کولرهای گازی معمولاً در ظرفیت‌های ۱۲۰۰۰، ۱۸۰۰۰، ۲۴۰۰۰، ۳۶۰۰۰، ۴۸۰۰۰ بی تی یو برساعت ساخته می‌شوند.

جدول ۲۸ــ۱۱ــ انتخاب کولر گازی بر اساس سطح بنا (m^2)

ظرفیت بی تی یو برساعت / نوع کاربری	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۴۰۰۰	۳۶۰۰۰	۴۸۰۰۰
مسکونی	۲۹	۴۳	۵۸	۸۸	۱۱۶
اداری	۲۵	۳۷	۵۱	۷۴	۹۸
بیمارستان	۲۰	۳۰	۴۱	۶۰	۸۰
مغازه	۱۷	۲۵	۳۳	۵۰	۶۷
رستوران	۱۴	۲۱	۲۹	۴۲	۵۷

پیش فرض های تهیه این جدول به شرح زیر است :

دمای بیرون $43^{\circ}C$ و دمای داخل اتاق قبل از روشن کردن دستگاه $32^{\circ}C$ است و پس از روشن کردن دستگاه و پس از ایجاد شرایط تعادل، به حدود $24^{\circ}C$ می‌رسد.

ارتفاع سقف : ۳ متر

طبقات در وسط ساختمان در نظر گرفته شده است و از وجوه شمال و جنوب پنجره دارد.

توجه : در صورتیکه ساختمان در طبقات آخر باشد و یا ارتفاع سقف آن بلندتر از ۳ متر باشد و یا در وجوه شرقی و غربی هم پنجره داشته باشد، ضریب اطمینانی در محاسبات باید منظور شود.

۱۶ــ۱۱ــ محاسبه بار برودتی فضاهای مختلف

در جدول ۲۹ــ۱۱ بار سرمایی تقریبی برای فضاهای مختلف آورده شده است که پس از برآورد بار می‌توان دستگاه سردکننده با کولر گازی مورد استفاده را انتخاب نمود.

مثال : بار برودتی فروشگاهی به مساحت ۱۰۰ مترمربع را بدست آورید. در جدول آمده است تن تبرید/مترمربع ۳۷ــ۲۸ یعنی در شرایط گرمایی معتدل بار سرمایی فروشگاه به ازاء ۳۷ مترمربع یک تن سرمایی است. بار سرمایی فروشگاه $\frac{۱۰۰}{۳۷} = ۲/۷$ تن سرمایی است.

$$۲/۷ \times ۱۲۰۰۰ \frac{Btu}{hr} = ۳۲۴۰۰ \frac{Btu}{hr}$$

بنابراین اگر بخواهیم از کولر گازی برای خنک کردن این فروشگاه استفاده کنیم یک کولر گازی با ظرفیت $۳۶۰۰۰ \frac{Btu}{hr}$ باید تهیه شود.

جدول ۲۹ــ۱۱ــ برآورد سریع بار سرمایی اماکن مختلف برحسب تن تبرید

تن تبرید / متر مربع ۲۸ــ۱۸	انبار
تن تبرید / متر مربع ۲۸ــ۱۴	بانک
تن تبرید / متر مربع ۱۸ــ۹	فروشگاه مدرن
تن تبرید / متر مربع ۳۲	انبارهای سرد
	وزارتخانه‌ها
تن تبرید / متر مربع ۲۱	طبقه زیرزمین
تن تبرید / متر مربع ۲۳ــ۲۱	همکف و اول و بالا
تن تبرید / متر مربع ۲۶ــ۲۳	انبار دارو
تن تبرید / متر مربع ۲۸ــ۱۸	کارخانجات
تن تبرید / متر مربع ۱۸ــ۱۴	رستوران (غذاخوری)
تن تبرید / متر مربع ۲۸ــ ۱۴	انبار مواد غذایی
تن تبرید / متر مربع ۴۷ــ۳۷	اتاق‌های هتل
اتاق / تن تبرید ۳/۴	اتاق‌های بسته‌بندی گوشت
تن تبرید/ ۲۴hr گوشت ۱۸۰۰kg	اتاق‌های نگهداری گوشت
	اداره‌ها
تن تبرید / متر مربع ۱۸ــ۱۷	خصوصی (غیر دولتی)
تن تبرید / متر مربع ۳۷ــ۱۹	عمومی (دولتی)
تن تبرید / متر مربع ۱۸ــ۱۴	پزشکی (بیمارستان‌ها)
تن تبرید / متر مربع ۲۳ــ۱۸	چاپخانه (کارگاه)
تن تبرید / متر مربع ۵۵ــ۴۶	چاپخانه (مسکونی)
	خانه‌های مسکونی
آپارتمان ۳ اتاقه / تن تبرید ۱	آپارتمان
آپارتمان ۵ اتاقه / تن تبرید ۱/۵	ساختمان معمولی
تن تبرید / متر مربع ۳۷ــ۲۸	فروشگاه
تن تبرید / صندلی ۱۷	سالن اجتماعات (تالار سخنرانی)

۱۷ــ۱۱ــ کولر آبی

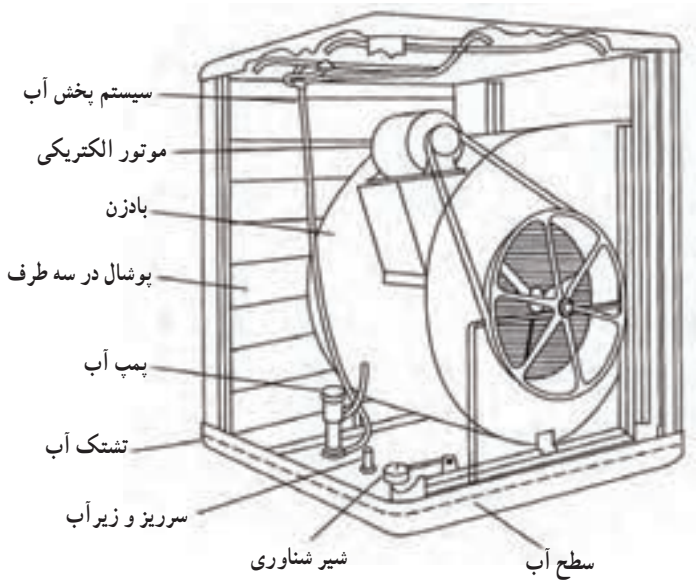
از نوع خنک کننده‌های تبخیری[1] است در شکل ۳۰ــ۱۱ اجزاء اصلی یک سردکننده تبخیری موسوم به کولر آبی نشان داده شده است. بدنه آن فلزی بوده و به شکل مکعب ساخته می‌شود با آنکه روی آن رنگ آمیزی می‌شود ولی برای جلوگیری از زنگ زدگی آن را از ورق آهن گالوانیزه می‌سازند. سه طرف بدنه شبکه‌بندی شده و پشت شبکه‌ها صفحه پوشال قرار دارد. در سمت جلو دهانهٔ ارسال هوا تعبیه شده است.

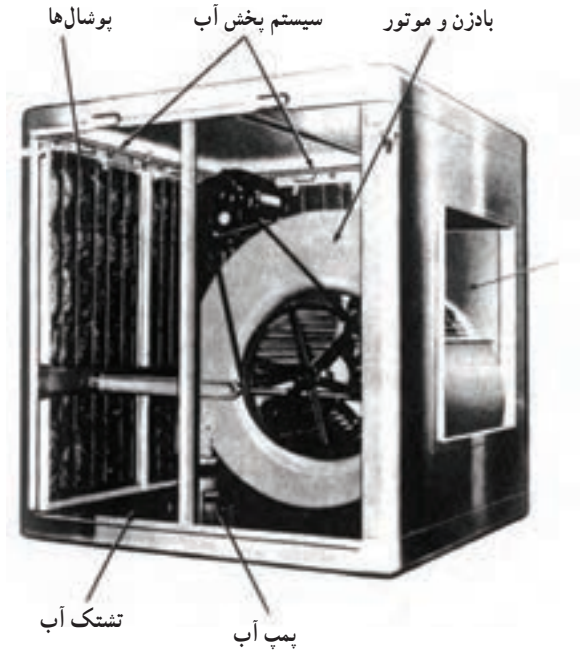
بادزن هوا از نوع سانتریفوژ (گریز از مرکز) است. برای گرداندن بادزن از یک الکتروموتور استفاده شده است. حرکت الکتروموتور توسط سیستم چرخ و تسمه به محور بادزن منتقل می‌شود. یک پمپ کوچک آب تشتک را بالا برده و توسط آب‌پخش کن‌های بالایی بر روی پوشال‌ها می‌ریزد و پوشال‌ها را دائماً خیس می‌کند پوشال مورد مصرف در کولر آبی از جنس چوب نپوسیدنی بوده، آب را به خوبی در خود نگه می‌دارد و در مقابل قارچ و کپک و باکتری مقاوم است. پوشال‌ها در یک پوشش توری در سطح قاب پخش شده است. پوشال‌ها باید نسبتاً متراکم باشد و برای این منظور باید در هر مترمربع سطح حدود ۱/۵ کیلوگرم پوشال گنجانده شود.

۱ــ۱۷ــ۱۱ــ طرز کار کولر آبی: آبی که یکنواخت از آب پخش‌کن‌ها پاشیده می‌شود، پوشال‌ها را پیوسته خیس نگه می‌دارد. وقتی بادزن حرکت می‌کند هوای بیرون از روی پوشال‌های خیس می‌گذرد و باعث تبخیر بخشی از آب روی پوشال‌ها می‌شود. گرمای لازم برای تبخیر از هوا و باقیمانده آب گرفته می‌شود و در نتیجه هم هوا و هم آب خنک می‌شود.

عمل تبخیر در کولر آبی در گرمای کلی ثابت و دمای حباب مرطوب ثابت انجام می‌گیرد. انجام عمل در گرمای کلی ثابت بدین معنا است که گرمایی نهان لازم برای تبخیر آب به‌صورت گرمای محسوس از هوا گرفته می شود و دمای حباب خشک هوا پایین می‌رود و دمای حباب مرطوب ثابت می‌ماند. هوای خروجی از کولر آبی علاوه بر خنکی از گرد و غبار نیز تصفیه شده وارد اتاق

۱ــ Evaporative coolers



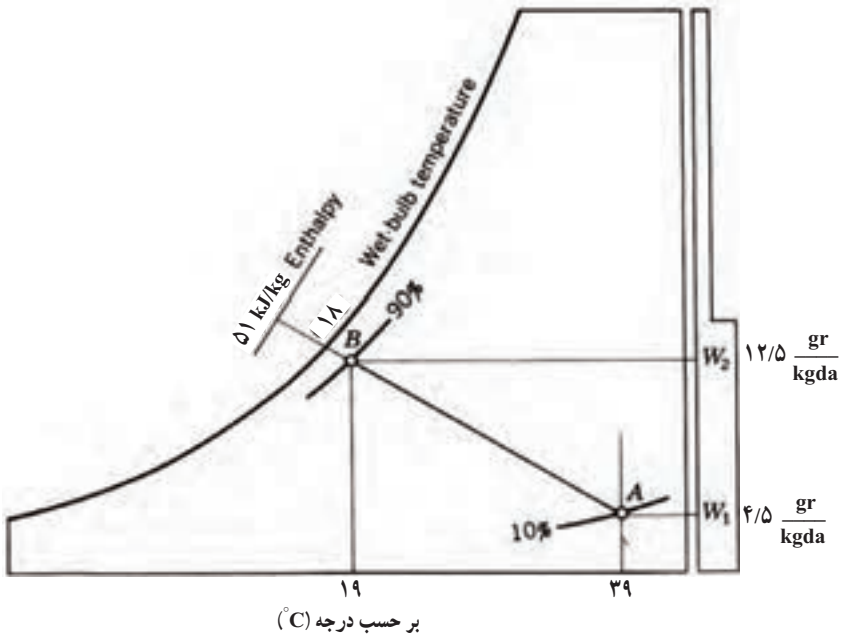


شکل ۳۰ــ۱۱ــ اجزای کولر آبی

می‌شود. شکل ۳۱ــ۱۱ بر روی نمودار سایکرومتریک مشخصات هوای ورود و هوای خروجی از کولر را نشان می‌دهد.

اگر نقطه A معرف هوای ورودی به کولر باشد دارای شرایط دمای حباب خشک $39^{\circ}C$ دمای حباب مرطوب $18^{\circ}C$ و رطوبت نسبی آن ۱۰٪ است.

$$A\begin{cases}39C^{\circ}DB\\18C^{\circ}WB\\RH=\%10\\W_A=4/5\frac{gr}{kgda}\\H=51kJ/kg\end{cases}$$



شکل ۳۱ــ۱۱ــ تحول انجام در کولر آبی (تبخیری)

و اگر B معرف هوای خروجی از کولر باشد دمای حباب خشک $19^{\circ}C$ و دمای حباب مرطوب $18^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۹۰٪ خواهد بود.

$$B\begin{cases}19C^{\circ}DB\\18C^{\circ}WB\\RH=\%90\\W_B=12/5\dfrac{gr}{kgda}\\H=51kJ/kg\end{cases}$$

گرچه آنتالپی یا گرمای کلی ثابت است ولی با تبخیر آب از گرمای محسوس کم شده و دمای حباب خشک $20^{\circ}C$ کاهش یافته است.

$$W_B - W_A = 12/5 - 4/5 = 8\frac{gr}{kgda}$$

مقدار آب مصرف شده به ازاء یک کیلوگرم هوای خشک می‌باشد.

پرسش : مقدار مصرف آب یک کولر ۴۵۰۰ را در هر ساعت حساب کنید.

$$4500cfm = \frac{4500}{35/2}\frac{m^3}{min} = \frac{4500}{35/2}\times 60 = 7670\frac{m^3}{hr}$$

هر متر مکعب هوا به‌طور متوسط 1/2 kg وزن دارد.

$$\rho = 1/2\frac{kg}{m^3}$$

$$m = 7670\times 1/2 = 9204\frac{kg}{hr}$$

$$8gr = 0/008kg$$

$$m_w = 9204\times 0/008 = 73/63kg = 73/63eit$$ بخار

مصرف آب یک کولر ۴۵۰۰ در ساعت است.

۲ــ۱۷ــ۱۱ــ ظرفیت کولر آبی : مقدار هوادهی کولر آبی برحسب سی اف ام[1] یا متر مکعب در ساعت[2] را هنگامی که دستگاه به‌تنهایی و بدون اتصال به شبکه و بدون افت فشار استاتیکی کار می‌کند ظرفیت اسمی کولر آبی گویند. کانال و دریچه‌ها با ایجاد

۱ــ CFM: Cubic feet Per minute

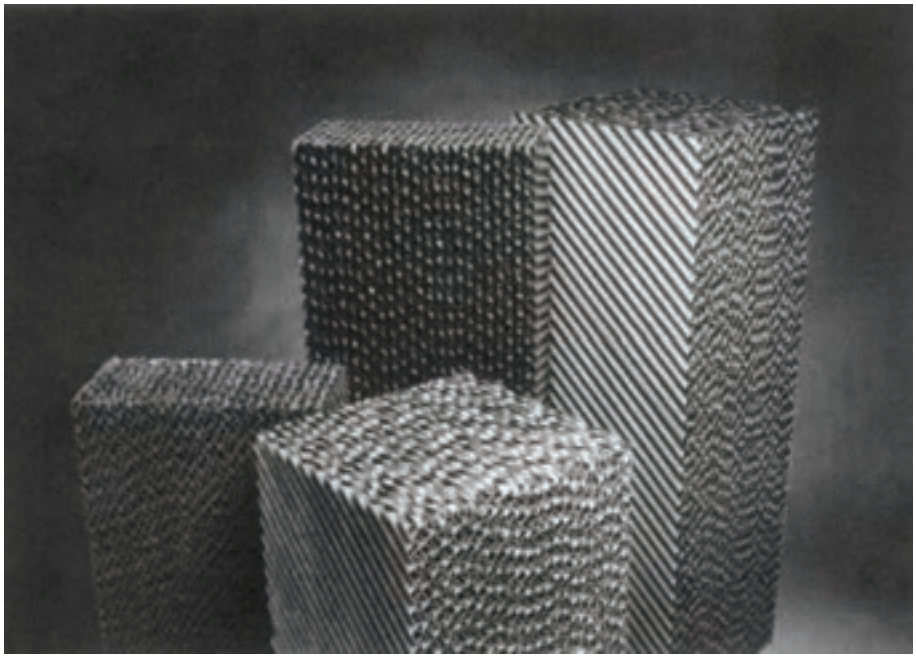
۲ــ $\frac{m^3}{h}$

افت فشار استاتیکی از ظرفیت هوادهی کولر می‌کاهند.

کولرهای آبی در ظرفیت‌های از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ سی‌اف‌ام (۱ تا ۱۰ متر مکعب در ثانیه) ساخته می‌شود سرعت خروجی هوا از کولر باید از ۵ فوت در ثانیه (۱/۵ متر در ثانیه) بیشتر نشود تا ورود آب اضافی به جریان هوا جلوگیری شود.

کولرهای تبخیری بزرگتر از واسطه‌های تبخیری دیگر با ضخامت بزرگتر استفاده می‌کنید. در دستگاه‌های بزرگتر از مواد سلولزی جامد یا فایبرگلاس استفاده می‌کنند که ممکن است ضخامت آنها به ۱/۵ فوت (۴۶ سانتی‌متر) برسد. کولرهای از مواد سلولزی برای تبخیر استفاده می‌کنند می‌توانند تا ۲۰۰۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه (۹۴ متر مکعب در ثانیه) هوادهی داشته باشند.

در شکل ۳۲ــ۱۱ نمونه از مواد سلولزی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۲ــ۱۱ــ نمونه مواد سلولزی مورد استفاده در کولرهای تبخیری

جدول‌های ۳۳ــ۱۱ و ۳۴ــ۱۱ مشخصات فنی کولرهای آبی یک کارخانه را ارائه می‌دهد. از این جدول‌ها رطوبت نسبی و دمای هوای خروجی از کولر در شرایط مختلف ــ مقدار آب مصرفی ــ مقدار الکتریکی ــ هوادهی و... می‌توان بدست آورد.

جدول ۳۳ــ۱۱ــ دمای هوای خروجی از کولر، مقدار مصرف آب در مدل‌های مختلف با توجه به دمای خشک و رطوبت نسبی محل

مصرف آب lit/h برای AC۷۰	مصرف آب lit/h برای AC۵۵	مصرف آب lit/h برای AC۴۸	مصرف آب lit/h برای AC۴۰	مصرف آب lit/h برای AC۳۵	دمای هوای خروجی °C	رطوبت هوای ورودی ٪	دمای هوای حباب خشک ورودی °C
۶۶	۵۲	۵۰	۴۷	۳۴	۲۶/۴۸	۱۰	۴۵
۵۳	۴۲	۴۰	۳۸	۲۸	۲۹/۸	۲۰	
۴۸	۳۷	۳۳	۳۲	۲۵	۳۲/۸	۳۰	
۴۰	۲۹	۲۶	۲۵	۱۷	۳۵	۴۰	
۶۱	۴۸	۴۶	۴۴	۳۲	۲۳/۲	۱۰	۴۰
۵۰	۳۹	۳۷	۳۵	۲۶	۲۶/۰۸	۲۰	
۴۰	۳۱	۳۰	۲۹	۲۱	۲۸/۵۲	۳۰	
۳۵	۲۷	۲۶	۲۵	۱۸	۳۰/۸	۴۰	
۲۶	۲۱	۲۰	۱۹	۱۳	۳۲/۵۶	۵۰	
۵۵	۴۳	۴۱	۳۹	۲۸	۲۰/۰۸	۱۰	۳۵
۴۵	۳۶	۳۴	۳۳	۲۴	۲۲/۴	۲۰	
۳۹	۳۰	۲۹	۲۸	۲۰	۲۴/۶	۳۰	
۳۱	۲۴	۲۳	۲۲	۱۶	۲۶/۴	۴۰	
۲۳	۱۸	۱۷	۱۶	۱۲	۲۸/۲۸	۵۰	
۴۹	۳۸	۳۷	۳۵	۲۵	۱۶/۸۸	۱۰	۳۰
۴۱	۳۲	۳۱	۲۹	۲۱	۱۸/۸	۲۰	
۳۵	۲۷	۲۶	۲۵	۱۸	۲۰/۵۶	۳۰	
۲۹	۲۳	۲۲	۲۱	۱۵	۲۲/۲	۴۰	
۲۴	۱۹	۱۸	۱۷	۱۳	۲۳/۸۴	۵۰	

جدول ۳۴ــ۱۱ــ الف) قدرت مصرفی ــ هوادهی ــ سطح مورد استفاده ــ وزن ــ مصرف آب ــ قدرت الکتروموتور مدل‌های مختلف
ب) شرایط هوای خروجی ج) دمای هوای خروجی با توجه شرایط گوناگون

COOLER SPECIFICATION	COOLER MODEL			
	AC 35	AC 40	AC 55	AC70
Power Consumption (watt)	530	530	690	890
Air Delivery(cfm)	2300	3500	3900	4900
Cooling Area(m3)	180	270	320	380
Weight(Net)(kg)	45	65	66	83
Water consumption in 20% relative humidity & 35 centigrade(Lit/hour)	24	33	36	45
Output Power (hp)	1/3	1/3	1/2	3/4

الف

Inlet air temp. C°	Relative Humidity inlet air %	Outlet air temp. C°	Relative Humidity outlet air %
45	10	26	65
	20	29	72
	30	33	77
	40	35	79
40	10	23	68
	20	26	73
	30	29	78
	40	31	81
35	10	20	70
	20	23	75
	30	25	79
	40	26	83
30	10	17	72
	20	19	76
	30	21	81
	40	22	84

ب

Ambient Temperature °C	Percentage relative humidity								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	4	4.5	5.5	6	7	7.5	8	9	9.5
15	7.5	8.5	9.5	10.5	11	12	13	13.5	14
20	11	12	13	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19
25	14.5	16	17	18.5	20	21	22	23	24
30	17.5	19.5	21	22.5	24	25	26.5	28	29
35	20	23	25	26.5	28.5	30	31.5	32.5	34
40	23	26.5	29	31	32.5	34.5			
45	26	29	32.5	35					
50	29	32.5	36.5						
Above represents approximate supply air temperature based on a minimum pad saturation of 80%									

ج

۳ــ۱۷ــ۱۱ــ انتخاب کولر آبی : کولرهای آبی براساس مقدار هوادهی آنها برحسب فوت مکعب در دقیقه نامگذاری می‌شوند وقتی می‌گوییم کولر ۴۵۰۰ یعنی کولر آبی که در هر دقیقه ۴۵۰۰ سی اف ام هوا را وارد فضای تهویه شونده می‌کند.

برای تعیین ظرفیت هوادهی کولر آبی از فرمول زیر می‌توان استفاده کرد.

$$CFM = \frac{V}{n}$$

V= حجم فضای مورد نظر برحسب فوت مکعب

n = زمان یک بار تعویض هوای اتاق بر حسب دقیقه از جدول ۳۵ــ۱۱

مثال : هوادهی کولر مناسب برای فضایی به ابعاد ۳×۶×۸ متر حساب کنید اگر ساختمان خصوصی و در منطقه گرمسیر واقع شده باشد. با توجه به جدول ۳۵ــ۱۱

پاسخ : با توجه به جدول مقدار n=۲ است پس

$V = ۸ \times ۶ \times ۳ \times ۳۵/۳ \ ft^۳$ حجم

$$CFM = \frac{۸ \times ۶ \times ۳ \times ۳۵/۳}{۲} = ۲۵۴۱/۶ \frac{ft^۳}{min}$$ هوادهی

با توجه به مقدار CFM محاسبه شده می‌توان کولر مدل AC40 را از جدول ۳۴ــ۱۱ الف انتخاب نمود.

جدول ۳۵ــ۱۱ــ زمان تعویض یک بار هوای اتاق به دقیقه

منطقه	ساختمان خصوصی	ساختمان عمومی
سردسیر	۳	۳/۵
معتدل	۲/۵ عمومی	۲
گرمسیر	۲	۱/۵

۱۸ــ۱۱ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چند گزینه‌ای

۱ــ از دستگاه سایکرومتری برای اندازه گیری کدام مورد استفاده می‌شود.

الف) رطوبت نسبی　　ب)سرعت گردش هوا

ج) رطوبت ویژه　　د) دمای حباب مرطوب

۲ــ کدام مشخصه هوا برای هوای اتاق که دارای دمای حباب خشک $33^{\circ}C$ و دمای حباب مرطوب $22^{\circ}C$ می‌باشد صحیح است.

الف) رطوبت نسبی ۴۹٪　　ب) رطوبت ویژه $0/016 \frac{kg}{kg \text{ هوای خشک}}$

ج) دمای نقطه شبنم $16/8^{\circ}C$　　د) آنتالپی $75 \frac{kg}{kg \text{ هوای خشک}}$

۳ــ کدام مورد از اجزاء کولر گازی پنجره‌ای در مسیر مدار هوای داخلی کولر قرار می‌گیرد.

الف) اواپراتور　　ب) کندانسر

ج) کمپرسور　　د) فیلتر درایر

۴ــ کدام مورد مزیت کولر گازی اسپلیت ایستاده نسبت به سایر کولرهای گازی است.

الف) مصرف کمتر انرژی　　ب) هزینه اولیه کمتر

ج) توانایی بالاتر دمنده داخلی　　د) جاگیری کمتر واحد داخلی

پرسش‌های درست و نادرست

۵ــ دمای نقطه شبنم عامل تفاوت بین دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب هوای محیط می‌باشد.

☐ درست　　☐ نادرست

۶ــ دمایی که در آن دما، ذرات بخار آب موجود در هوا به ذرات آب قابل رویت تبدیل می‌شوند را دمای نقطه شبنم گویند.

☐ درست　　☐ نادرست

۷ــ سیم پیچ استارت کمپرسور کولرهای گازی پس از راه اندازی توسط رله از مدار خارج می‌شود.

☐ درست　　☐ نادرست

۸ــ فن اواپراتور از اجزای بخش خارجی کولر گازی اسپلیت می‌باشد.

☐ درست　　☐ نادرست

۹ــ با استفاده از مبرد R ــ۴۱۰ در کولرهای گازی، امکان دستیابی به رده‌ای بالاتر انرژی نظیر A یا بالاتر امکان پذیر شده است.

☐ درست　　☐ نادرست

پرسش‌های پرکردنی

۱۰ــ دمای طبیعی بدن انسان ..... درجه سانتی‌گراد است.

۱۱ــ در اتاق که دمای حباب خشک $72^{\circ}F$ و اختلاف دمای حباب خشک با دمای حباب مرطوب $18^{\circ}F$ باشد رطوبت نسبی ..... درصد است.

۱۲ــ کولرهای گازی اسپلیت دیواری در ظرفیت‌های ..... تا ..... به بازار عرضه می‌شوند.

۱۳ــ کولر گازی ..... در سقف کاذب نصب شده و نیازی به کانال‌کشی ندارد.

۱۴ــ برای خنک کردن اتاقی به مساحت $12m^2$ که در یک ساختمان اداری خصوصی واقع شده می‌توان از کولر گازی با ظرفیت $\frac{Btu}{hr}$ ..... استفاده نمود.

پرسش‌های تشریحی

۱۵ــ عوامل مؤثر در تأمین شرایط آسایش محیط زندگی انسان را نام ببرید.

۱۶ــ مشخصات یک سیستم تهویه مطبوع کامل را توضیح دهید.

۱۷ــ لایه هوایی که زمین را دربرگرفته است را شرح دهید.

۱۸ــ رطوبت هوا را شرح دهید.

۱۹ــ طریقه اندازه‌گیری دمای هوای مرطوب را توضیح دهید.

۲۰ــ هوای اشباع را تعریف کنید.

۲۱ــ رطوبت ویژه و رطوبت نسبی را شرح دهید.

۲۲ــ ویژگی‌های ترمودینامیکی هوا را نام برده و هریک برروی نمودار ۵ــ۱۱ مشخص نمایید.

۲۳ــ منطقه آسایش را از روی نمودار شرح دهید.

۲۴ــ سه مدار الکتریکی کولر گازی را شرح دهید.

۲۵ــ مدار الکتریکی کولر گازی را شرح دهید.

۲۶ــ تفاوت کولر گازی پنجره‌ای با کولر گازی اسپلیت را توضیح دهید.

۲۷ــ اجزاء بخش‌های داخلی، خارجی و ارتباطی کولر گازی اسپلیت را بنویسید.

۲۸ــ انواع کولر گازی اسپلیت را از نظر شکل ظاهری و شرایط نصب را نام ببرید.

۲۹ــ کولر گازی اسپلیت ایستاده را شرح دهید.

۳۰ــ کولر گازی اسپلیت کاستی را شرح دهید.

۳۱ــ کولر گازی اسپلیت کانالی را شرح دهید.

۳۲ــ کولر گازی اسپلیت سقفی زمینی را شرح دهید.

۳۳ــ انواع کولر گازی اسپلیت از نظر کاربرد و بازدهٔ انرژی را توضیح دهید.

۳۴ــ ساختمان و طرز کار کولر آبی را توضیح دهید.

۳۵ــ مقدار مصرف آب یک کولر آبی ۷۰۰۰ را در هر ساعت بدست آورید. (شرایط هوا را مانند مثال کتاب درنظر بگیرید.)

۳۶ــ ظرفیت کولرهای آبی را شرح دهید.

۳۷ــ مدل و مشخصات کولر آبی برای خنک کردن یک فضا به مساحت $50m^2$ با ارتفاع $3m$ با کاربری عمومی که در منطقه گرمسیری قرار دارد را بدست آورید.

بیشتر بدانیم

بادگیر شاهکار مهندسی ایران

بادگیرها

گرمای خیلی زیاد و اشعهٔ سوزان خورشید در روزهای گرم و بلند تابستان آن‌چنان وجود بادگیرها را به‌خصوص در مناطق گرم کویری ضروری ساخته است که بی‌اغراق می‌توان گفت زندگی بدون آن‌ها غیرممکن و طاقت‌فرسا می‌باشد.

بادگیرها بسته به جهت وزش باد منطقه به‌صورت‌های چهارگوش، هشت‌گوش، مستطیل شکل و یا خرطومی شکل ساخته می‌شوند.

بادگیرهای چهارگوش و هشت‌گوش برای مناطقی مناسب‌ترند که باد جهت مشخصی ندارد و در تابستان جهت آن از شمال به جنوب یا از مشرق به مغرب می‌باشد. بادگیرهای مستطیل شکل بیشتر در مناطقی ساخته می‌شوند که درتابستان جهت باد در آن‌جا به‌طور معمول از شمال‌شرقی به جنوب‌غربی است و بادگیری خرطومی شکل مخصوص مناطقی با طوفان سهمگین شنی و گردبادها می‌باشد در این حالت بادگیر در جهت شمال شرقی ساخته می‌شود.

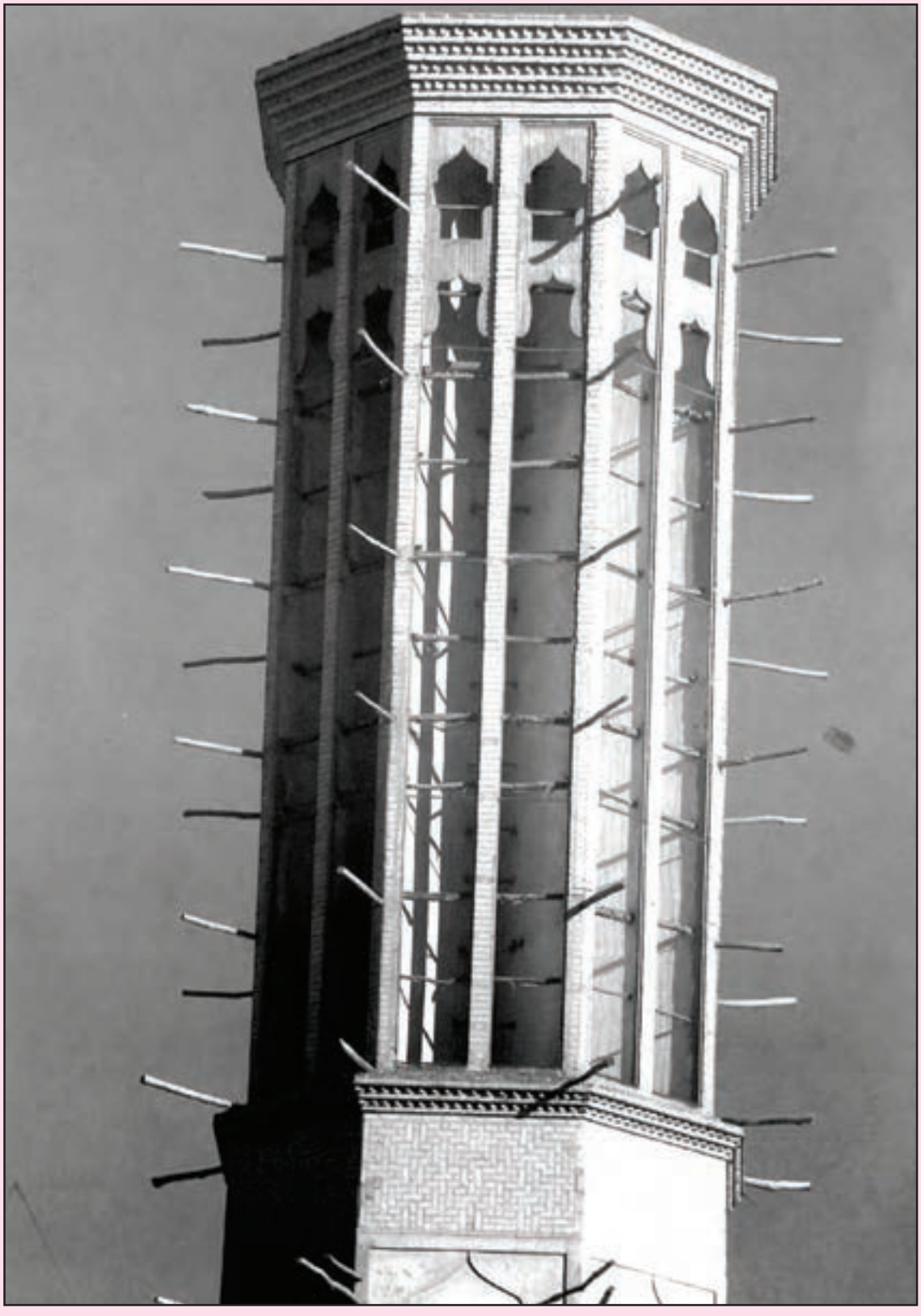
شکل ۱ و شکل ۲ دو نمونه از بادگیرها را نشان می‌دهد. قسمت بالایی بادگیر دارای چندین محفظه مستطیل شکل دراز است که جریان باد از آن عبور می‌کند. طرح بادگیرهای مختلف از نظر ارتفاع، محفظه‌های عبور باد، محل بادگیر، نسبت به ساختمان و جهت وزش باد منطقه متفاوت است.

طرز کار بادگیر

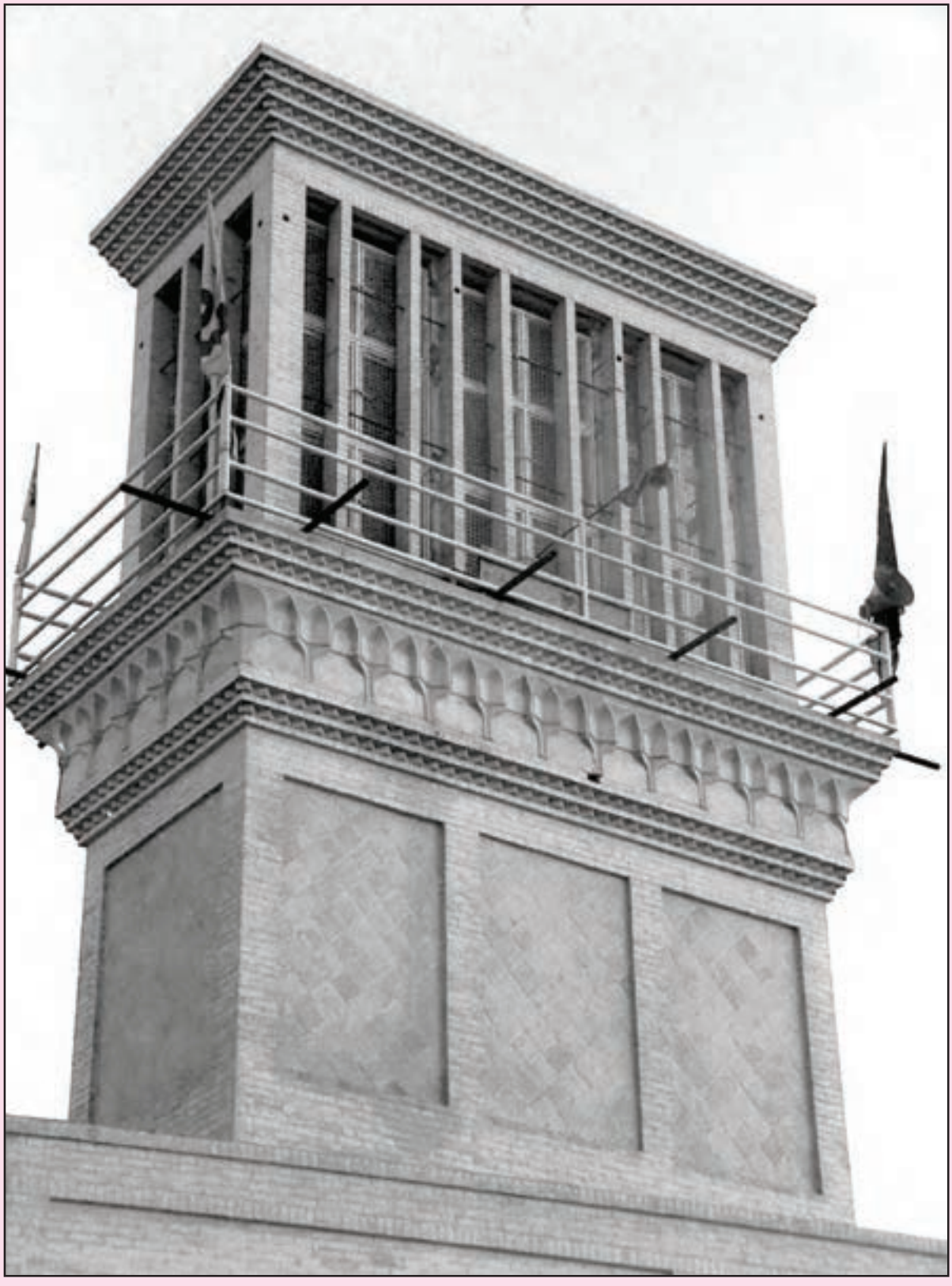
عبور هوا از بادگیر به‌خاطر دما و چگالی هوا در اطراف آن است. اختلاف چگالی، کششی را به‌وجود می‌آورد که آن نیز خود جریان هوا به داخل و خارج را به‌دنبال دارد. جریان باد در پایین بادگیر به‌وسیله درهای اتاق زیر آن، قابل کنترل می‌باشد (در شهر یزد زیر بادگیرها ایوان بزرگی که معمولاً در ندارد قرار گرفته و به آن اصطلاحاً تالار می‌گویند).

عمل یک بادگیر در یک شبانه‌روز به وضع باد و ساعت مربوطه بستگی دارد. در شب اگر وزش باد نباشد، بادگیر شبیه به یک دودکش عمل می‌کند (شکل‌های۳ و ۴). یعنی جریان باد از پایین به بالا می‌باشد. دیوارهای بادگیر در مدت روز گرما را جذب کرده‌اند و گرما که به دیواره‌های داخلی بادگیر نفوذ کرده موجب می‌شود تا هوای داخل بادگیر را گرم کرده و به‌طرف بالا بفرستد.

شکل و ساختمان بالای بادگیر یعنی ضخامت دیوارها و مقطع افقی محفظه‌های باد طوری طرح‌ریزی شده‌اند که بتوانند گرمای به‌دست آمده را مدت زیادی نگهداری کنند تا عمل فوق به‌خوبی انجام گیرد. از آن‌جایی که چگالی هوای گرم از هوای سرد کمتر است فشار هوا در قسمت بالای بادگیر کمتر می‌باشد و این موجب می‌شود تا نیروی کششی در جهت چگالی کمتر ایجاد شود. درنتیجه هوای داخل تالار به‌طرف بالای بادگیر کشیده شده و هوای آزاد و خنک شب داخل تالار می‌شود (می‌دانیم که در کویر برخلاف روزها که هوا بسیار گرم است شب‌ها بسیار خنک و سرد می‌باشد).



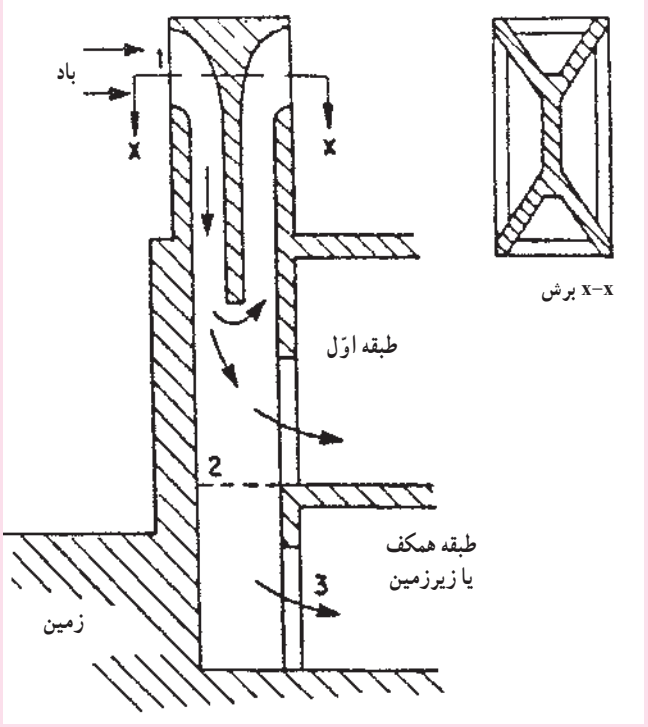
شکل ۱ــ بادگیر هشت گوش



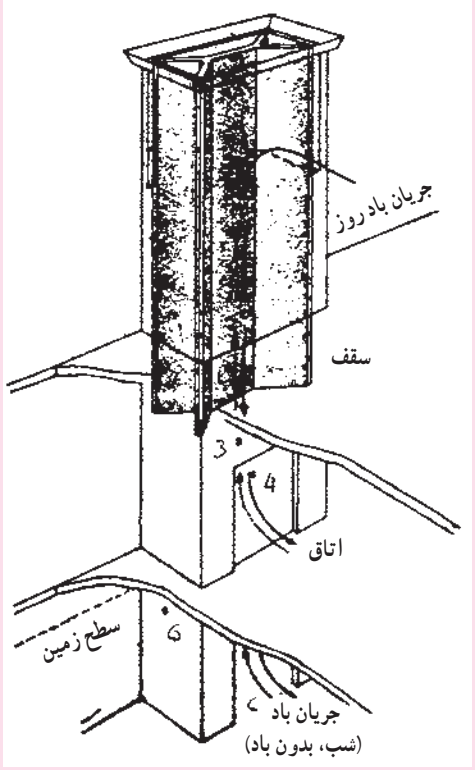
شکل ۲ــ بادگیر مستطیل شکل

حالتی که بیان شد برای زمانی بود که در هوای آزاد بادی در جریان نباشد. حال اگر باد نیز در جریان باشد باد با فشار از طریق محفظه‌ها داخل بادگیر می‌شود و اگرچه اندکی در اثر تماس با دیوارهای بادگیر گرم می‌شود، با این حال چون مقدار این گرما کم است هوای داخل تالار و یا اتاق را خنک‌تر از هوای اطراف می‌کند و عمل تبرید را هم‌چنان انجام می‌دهد.

روزها زمانی که باد وجود ندارد عمل بادگیر عکس عمل دودکش می‌باشد. دیواره‌های قسمت بالایی بادگیر که شب خنک شده‌اند باد داخل آن‌را سرد کرده و به‌طرف پایین می‌فرستند، باد خنک پس از عبور از داخل تالار به‌طرف خارج حرکت می‌کند حال اگر هنگام روز باد نیز وجود داشته باشد نسبت مقدار جریان باد افزایش می‌یابد البته این را باید درنظر گرفت که عمل بادگیرها در مدت یک روز یا یک شب ثابت نیست و در اثر افزایش و کاهش دما، شدت اشعه خورشید، سرعت باد و عوامل دیگر تغییر می‌کند.



شکل ۳ــ الگوی جریان هوا در بادگیر



شکل ۴ــ جریان هوا در شب و روز

در شکل ۴ عمل یک بادگیر در مدت شبانه‌روز در بودن یا نبودن باد تغییر می‌کند. خطوط ممتد نشان‌دهنده جهت جریان هوا در روز و شب وقتی که باد باشد و خطوط خط‌چین نشان‌دهنده جریان هوا در شب بدون وزش باد می‌باشد.

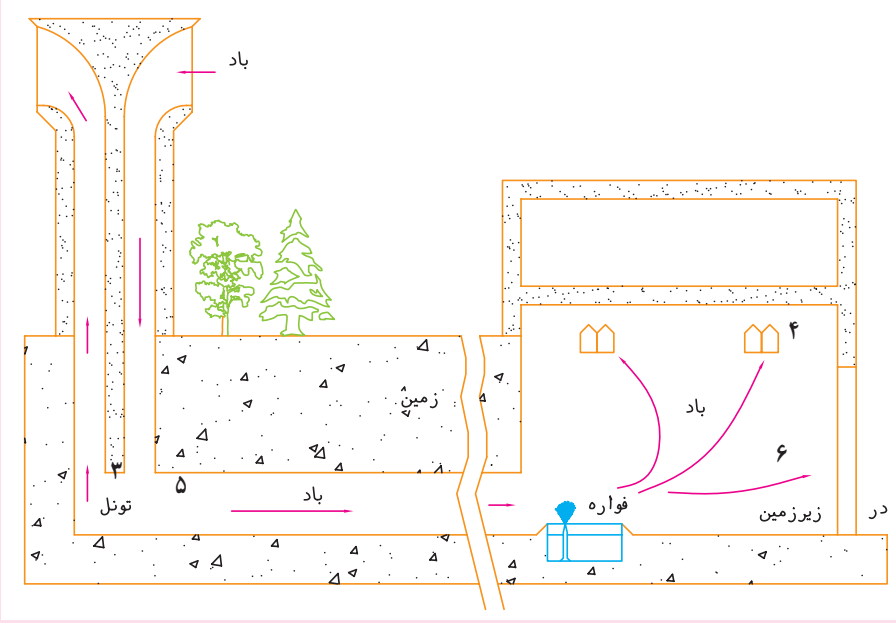
دیوار و مدخل عبور باد در مدت روز گرما را جذب می‌کنند و در شب گرما را پس می‌دهند روز بعد دیوارها خنک هستند وقتی باد نوزد هوای گرم مجاور در جهت کمان‌های ممتد از محفظه‌ها (۱) داخل می‌شود و پس از تماس با دیوار خنک می‌گردد درها در قسمت پایین بادگیر به اتاق یا تالار (۴) و زیرزمین (۶) باز می‌شوند.

استفاده از سیستم سرمایی تبخیری

آن‌چه تا این‌جا گفته شد مربوط به خنک کردن هوا و پایین آوردن دما بدون تغییر در مقدار رطوبت یا بخار آب موجود در هوا بود به طریقه دیگر نیز می‌توان از بادگیرها برای خنک کردن هوا و دما استفاده کرد و به‌علاوه رطوبت را تغییر داد. این عمل در بالا بردن میزان خنکی حائز اهمیت فراوانی بوده و نقش مهمی را بازی می‌کند.

به‌عنوان مثال موقعی که دیوارهای یک زیرزمین که بادگیر بالای آن قرار گرفته دارای نم باشد (هم‌چنان که معمولاً هست) عمل خنک‌کنندگی هوا نه‌تنها به‌وسیله بادگیر، بلکه به‌وسیله تبخیر رطوبت حاصله نیز انجام می‌پذیرد. چرا که رطوبت روی دیوار برای تبخیر احتیاج به جذب حرارت دارد و این کار را با جذب حرارت هوای جاری انجام می‌دهد. در حقیقت قبل از آن‌که استفاده از یخچال‌های برقی در شهرهای کویری متداول شود زیرزمین‌ها نقش مهمی را در تابستان‌ها به‌عهده داشتند و اکنون نیز حتی در سطح بسیار وسیعی از آن‌ها استفاده می‌شود. غیر از زیرزمین‌ها، راه دیگری نیز برای انتفاع از عمل تبخیر در تبرید وجود دارد و آن قرار دادن یک حوضچه یا یک فواره کوچک در زیر بادگیر می‌باشد (شکل ۵). در این حالت باد پس از خنک شدن در عبور از بادگیر به سطح آب و فواره برخورد کرده و بیش از پیش خنک می‌شود و به داخل اتاق راه می‌یابد.

در بعضی از شهرهای کویری حوضچه یا فواره‌ای در زیرزمین قرار می‌دهند و به این ترتیب به دمای مطلوبی دست می‌یابند از این ساختمان‌ها در شهر یزد بسیار استفاده می‌شود.

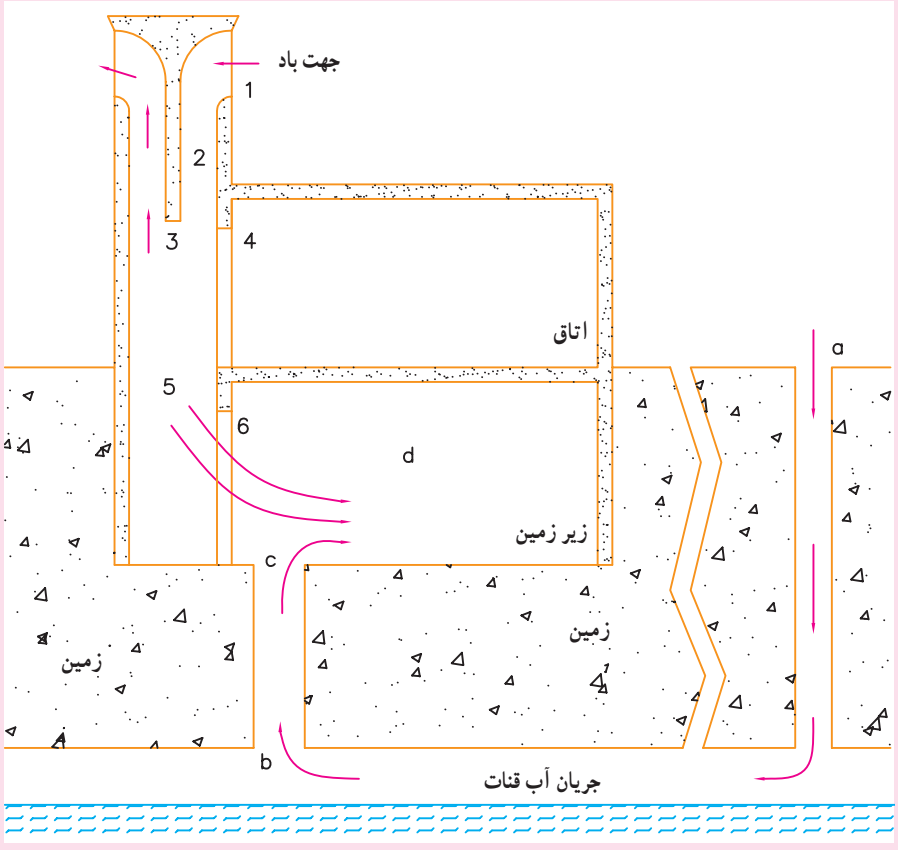


شکل ۵

عمل یک بادگیر به‌تنهایی بدون تغییر رطوبت در هوا می‌باشد، اما اگر بتوان به‌نحوی آب را وارد سیستم کرد می‌توان میزان رطوبت را نیز تغییر داد. دمای هوا در تماس با آب کاهش یافته و رطوبت آن افزایش می‌یابد. برای این منظور در بعضی از حالات بادگیر را حدود ۵۰ متر دورتر از ساختمان قرار می‌دهند و هوای آن‌را به‌وسیلهٔ کانال

از زیرزمین هدایت می‌کنند. این کانال در صورت امکان زیر درختان قرار داده می‌شود تا هنگامی که به درختان آب می‌دهند. آب جداره کانال را خیس کند و هوا را خنک کند (شکل ۵).

ترکیبی از بادگیر و یک جریان زیرزمینی که در اثر حرکت رودخانه خنک شده است می‌تواند دمای مطلوبی به‌دست دهد. هوای گرم از یک‌طرف (a) وارد کانال رودخانه زیرزمینی می‌شود. از طرفی باد از محفظه‌های بادگیر (۱) داخل شده و از اتاق (۴) و در زیرزمین وارد ساختمان می‌شود. عبور این باد از روی کانال عمودی بین رودخانه و زیرزمین باعث می‌شود تا هوای داخل کانال رودخانه به‌طرف بالا کشیده شود (شکل ۶).



شکل ۶

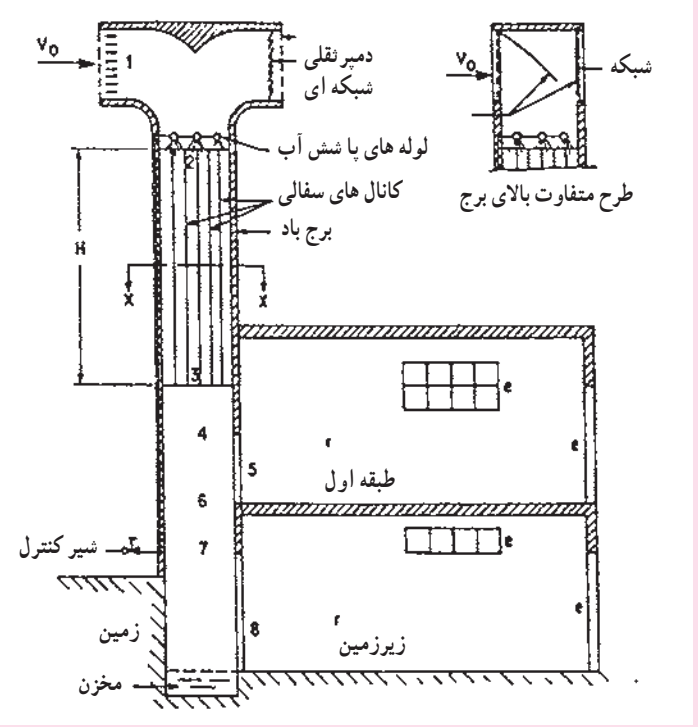
از آن‌جایی که آب زیرزمین معمولاً سرد است هوایی که از روی آن عبور کرده نیز خنک می‌باشد و بدین‌ترتیب کیفیت عمل تبرید بسیار بالا می‌رود. به همین مناسبت روی کانال عمودی یا در نزدیکی آن جای مناسبی برای نگهداری غذا و مواد فاسد شدنی است.

شب‌ها نیز این بادگیرها عمل تبرید را به‌خوبی انجام می‌دهند. گفتیم که شب‌ها بادگیرها عملی شبیه عمل دودکش‌ها را دارند یعنی هوای داخل ساختمان را به‌طرف بالا می‌کشند.

کشیده شدن هوای داخل ساختمان به‌طرف بالا، مکش هوای داخل کانال را به‌دنبال دارد که آن نیز خود موجب به جریان افتادن باد خنک می‌شود.

یکی از مشکلات استفاده از بادگیرها هدایت گردوخاک، حشرات و حتی پرندگان به داخل ساختمان می‌باشد و برای جلوگیری بایستی دارای تورهای فلزی باشند. یکی از راه‌های جلوگیری از ورود گرد و خاک افزایش بادگیرها می‌باشد که البته این‌کار مخارج زیادی دربر دارد. راه دیگر پهن‌تر کردن قسمت پایینی بادگیر از قسمت بالایی آن می‌باشد. افزایش مقطع عرضی پایین بادگیر باعث کاهش سرعت باد در پایین آن می‌باشد که به گردوخاک اجازه می‌دهد تا روی منطقه‌هایی که مخصوص این کار است بنشیند و داخل ساختمان نشود.

طرح پیشنهادی در شکل ۷ روش دیگر استفاده از سیستم سردکننده تبخیری را ارائه می‌دهد. آب بر روی لوله‌های سفالی پاشیده می‌شود به علت سفالی بودن لوله‌ها زود تبخیر نمی‌شود بلکه هم‌چنان که به پایین جریان می‌یابد، لوله‌های سفالی را مرطوب نگه می‌دارد. آب اضافی و جذب نشده توسط لوله‌ها در پایین بادگیر در مخزن انباشته می‌شود که ممکن است مورد استفاده قرار گیرد یا تخلیه شود (شکل ۷).

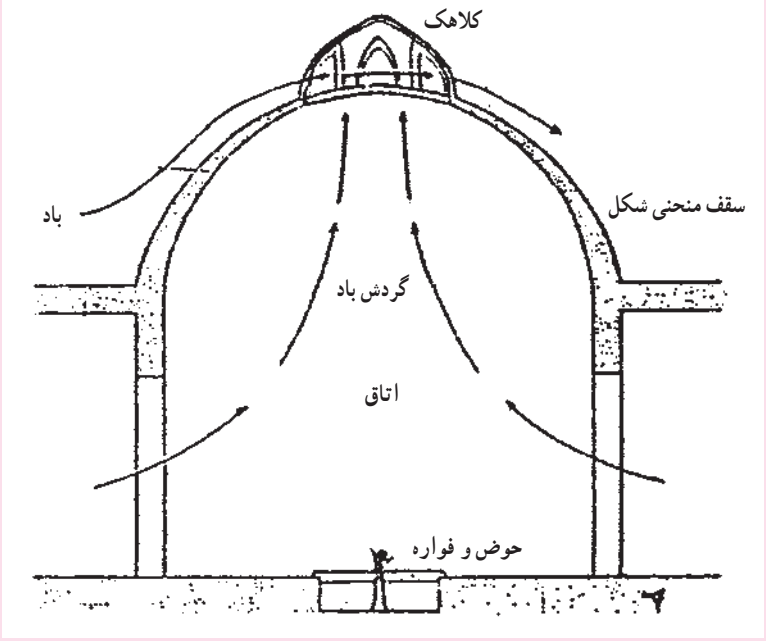


شکل ۷ــ طرح جدید برای استفاده سیستم سردکننده تبخیری در بادگیرها

در شهرهای کویری ایران که بیشتر بادگیرها در آن‌جا مورد استفاده قرار می‌گیرد هر چند وقت یک دفعه طوفان‌های شنی عظیمی به‌وجود می‌آید که راه‌حل‌های ذکر شده نمی‌تواند در مقابل آن‌ها کاری انجام دهد.

برای مقابله با چنین طوفان‌هایی کار گذاشتن فیلتر در محفظه‌های ورودی بادگیر می‌تواند مؤثر واقع شود.

استفاده از باد در شهرهای کویری ایران چون کرمان، یزد، کاشان، بم، رفسنجان و غیره تنها از طریق بادگیرها صورت نمی‌گیرد و به روش‌های دیگری مانند اتاق‌هایی با سقف‌های منحنی شکل برای خنک کردن هوا و آب‌انبارهایی برای خنک کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.



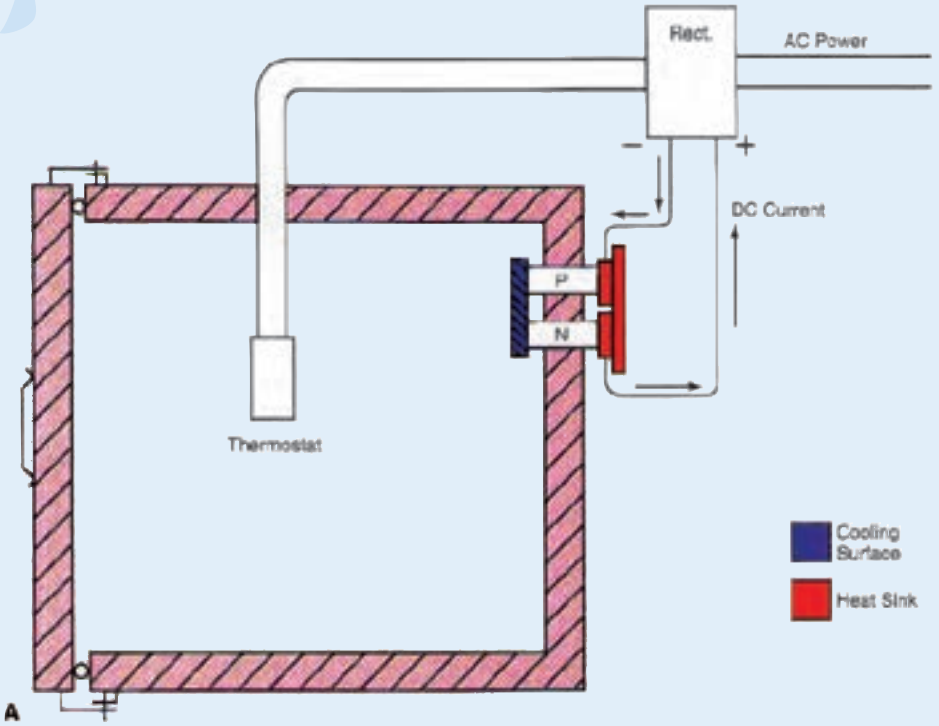
شکل ۸

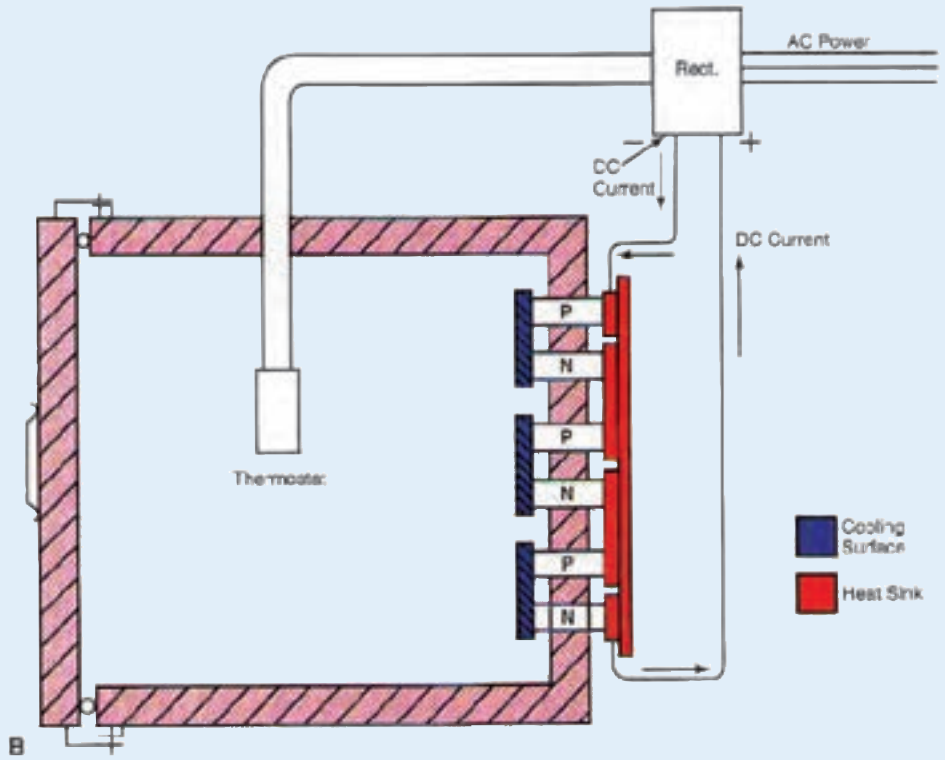
درشکل ۸ سقف منحنی شکل و جهت جریان باد را در آن ملاحظه می کنید (اتاق‌هایی که بدین شکل یعنی با سقف منحنی و یک کلاهک کوچک بالای آن و یک حوضچه با فواره وسط آن ساخته می‌شوند در شهر یزد به «هشتی» معروف هستند.)

سرعت باد هنگام عبور از داخل کلاهک سقف افزایش پیدا می کند و درنتیجه فشار آن کاهش می‌یابد اختلاف فشار حاصله بین کلاهک و زیر سقف باعث می‌شود تا باد جریان پیدا کند جهت جریان باد روی سقف نیز خروج باد داخل اتاق را به همراه دارد. بین این مسیر حوضچه و فوّاره آن وظیفه خنک کردن هوا را به‌عهده دارد.

چنان‌چه به‌خاطر داشته باشید در قبل گفتیم که هوای گرم در برخورد با آب، گرمای خود را از دست می‌دهد و باعث تبخیر آب می‌شود و چون حرارت خود را از دست داده خنک می‌شود. مزیّتی که سقف‌های منحنی شکل بر بادگیرها دارند این است که در ساخت آن‌ها برای جلوگیری از ریزش احتیاجی به چوب نیست و در بعضی از موارد ساخت آن‌ها راحت‌تر از بادگیر می‌باشد.

فصل دوازدهم


Rect.
AC Power
DC Current
P
N
Thermostat
Cooling Surface
Heat Sink
A


Rect.
AC Power
CC Current
DC Current
P
N
P
N
P
N
Thermostat
Cooling Surface
Heat Sink
B

فصل دوازدهم

سیستم‌های دیگر تبرید

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ سیستم تبرید جذبی را تشریح نماید.

۲ــ یخچال جذبی و اصول کار آن‌را توضیح دهد.

۳ــ سیستم تبرید پاششی با مواد مبرد مصرف شدنی را توضیح دهد.

۴ــ سیستم تبرید ترموالکتریک را توضیح دهد.

۱۲ــ سیستم های دیگر تبرید

آن‌چه در فصل‌های گذشته مورد بحث و بررسی قرار گرفته است مربوط به دستگاه‌هایی است که براساس سیستم تبرید تراکمی کار می‌کنند که در آن‌ها برای گردش ماده سرمازا از کمپرسور استفاده می‌شود و اغلب دستگاه‌های سردکننده به‌خصوص دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری براساس سیستم تبرید تراکمی کار می‌کنند. سیستم‌هایی که اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ آنها حداقل دارای یک کمپرسور، یک کندانسر، یک شیر انبساط و یک اواپراتور می‌باشد.

سیستم‌های دیگر سردکننده سیستم‌هایی هستند که اصول کار آنها با اصول کار سیستم تبرید تراکمی یکی نیست. سیستم‌های تبرید جذبی کریر، سیستم تبرید جذبی سرول (یخچال نفتی)، سیستم تبرید پاششی و سیستم تبرید ترموالکتریک از جمله سیستم‌هایی هستند که در این فصل مورد بررسی و بحث قرار گرفته‌اند.

۱ــ۱۲ــ سیستم تبرید جذبی کریر

سیستم تبرید جذبی از نظر تقطیر ماده سرمازا در فشار و دمای بالا و تبخیر آن در فشار و دمای کم و گرفتن گرما از ماده‌ای که باید سرد شود شبیه سیکل تبرید تراکمی است.

تفاوت عمده و اصلی بین سیستم تبرید جذبی و سیستم تبرید تراکمی در چگونگی انتقال مادهٔ سرمازا از سمت فشار کم به سمت فشار زیاد سیستم است. در سیستم تبرید تراکمی برای این منظور از کمپرسور استفاده می‌شود درحالی که در سیستم تبرید جذبی برای انتقال بخار کم دما و کم‌فشار از یک فرآیند شیمیایی استفاده می‌شود. دومین تفاوت عمده بین سیستم تبرید جذبی و سیستم تبرید تراکمی در نوع ماده سرمازا می‌باشد. ماده سرمازای مورد استفاده در سیستم‌های تراکمی هالوکربن‌ها در انواع مختلف می‌باشد. در حالی که ماده سرمازای مورد استفاده در سیستم جذبی کریر آب است.

به‌کارگیری و استفاده از این سیستم‌ها در شرایط زیر توصیه می‌شود.

۱ــ وقتی که انرژی الکتریکی گران بوده و سوخت ارزان مانند گاز طبیعی در اختیار باشد.

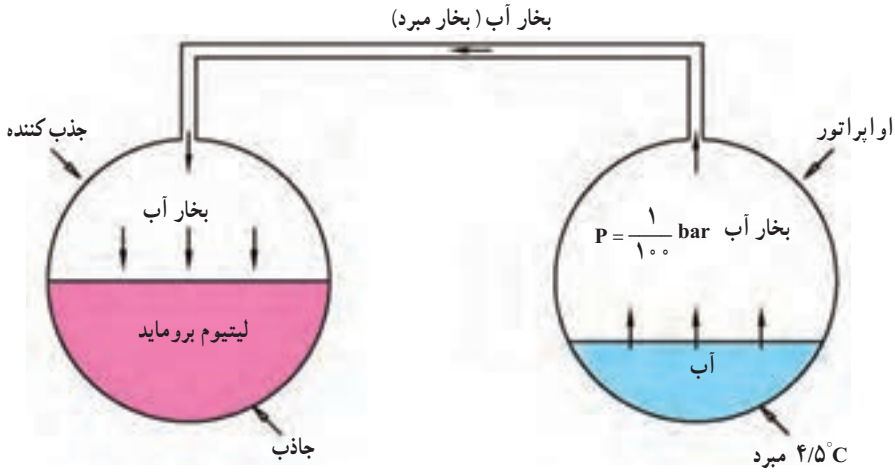
۲ــ وقتی که در تابستان دیگ‌های بخار بلااستفاده باشند.

۱ــ۱ــ۱۲ــ اصول کار سیستم‌های جذبی : در چیلر جذبی، مایع مبرد آب می‌باشد. می‌دانید که آب در شرایط استاندارد (فشار یک اتمسفر) در $100^{\circ}C$ به‌جوش می‌آید و در فشار یک‌دهم ($\frac{1}{10}$) اتمسفر آب در دمای $43^{\circ}C$ تبخیر می‌شود و در فشار یک صدم ($\frac{1}{100}$) اتمسفر آب در دمای $4/5^{\circ}C$ تبخیر می‌شود.

در این سیستم‌ها از یک مایع دیگری به‌نام لیتیوم بروماید به‌عنوان جاذب استفاده می‌شود تا بخار آب را جذب نماید. انتخاب لیتیوم بروماید به‌عنوان جاذب به‌دلیل داشتن قدرت جذب عالی بخار آب، غیرسمی بودن، غیرقابل انفجار بودن و نداشتن ترکیبات مضر می‌باشد.

برای درک بهتر، سیکل تبرید جذبی را مرحله به مرحله بررسی می‌کنیم.

درشکل ۱ــ۱۲ دو ظرف نشان داده شده است. یکی از ظرف‌ها (اواپراتور) محتوی آب و ظرف دیگر (جذب‌کننده) محتوی لیتیوم بروماید است. اگر بتوانیم هوای داخل دو ظرف را خالی کرده تا حدود $\frac{1}{100}$ اتمسفر (تقریباً خلأ کامل) برسانیم آب داخل اواپراتور در $4/5^{\circ}C$ تبخیر می‌شود (عمل تبخیر گرماگیر است) با تبخیر قسمتی از آب، بقیهٔ آب داخل اواپراتور تا کمتر از $4/5^{\circ}C$ سرد می‌شود.



شکل ۱ــ۱۲ــ مجاورت بخار آب و لیتیوم بروماید در فشار کم باعث جذب بخار آب توسط لیتیوم می‌شود.

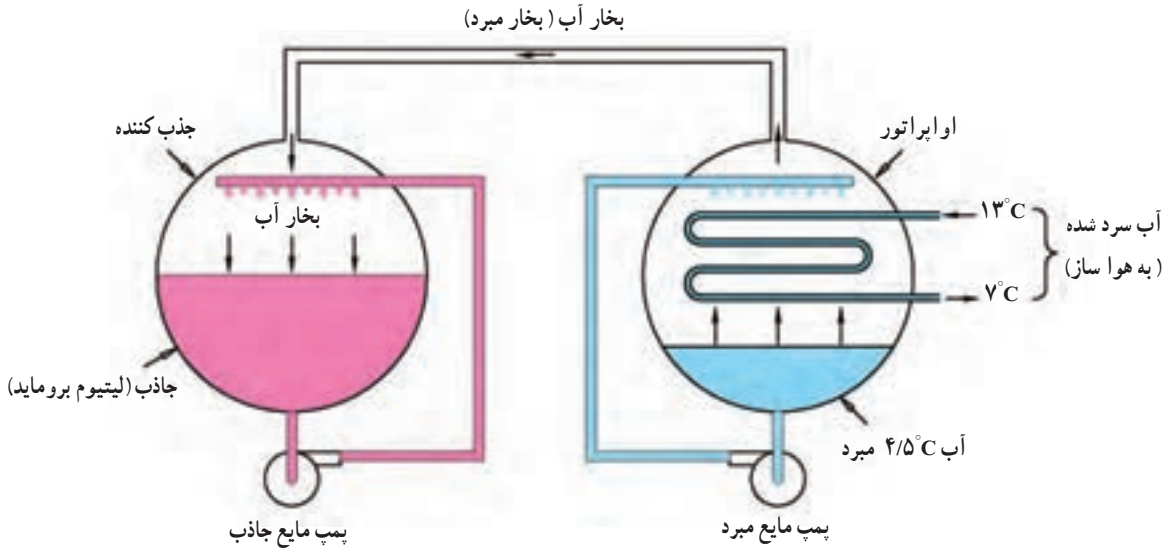
بخار تولید شده در اواپراتور به سمت جذب‌کننده رفته و به‌وسیله محلول لیتیوم بروماید جذب می‌شود. برای استفاده از سرمای تولید شده در اواپراتور می‌توان یک کویل در داخل آن نصب کرد (شکل ۲ــ۱۲).

برای بالا بردن راندمان، دو عدد پمپ به‌عنوان پمپ مایع سرمازا و پمپ مایع جاذب به سیستم اضافه می‌شود. پمپ مایع سرمازا آب سرد را روی کویل ریخته و شدت تبخیر را افزایش می‌دهد و پمپ جاذب، محلول لیتیوم‌بروماید را به‌صورت اسپری در ظرف لیتیوم‌بروماید می‌پاشد، درنتیجه قدرت جذب بخار آب را بیشتر می‌کند. سیستم فوق دارای دو اشکال عمده بوده که بایستی برطرف گردد.

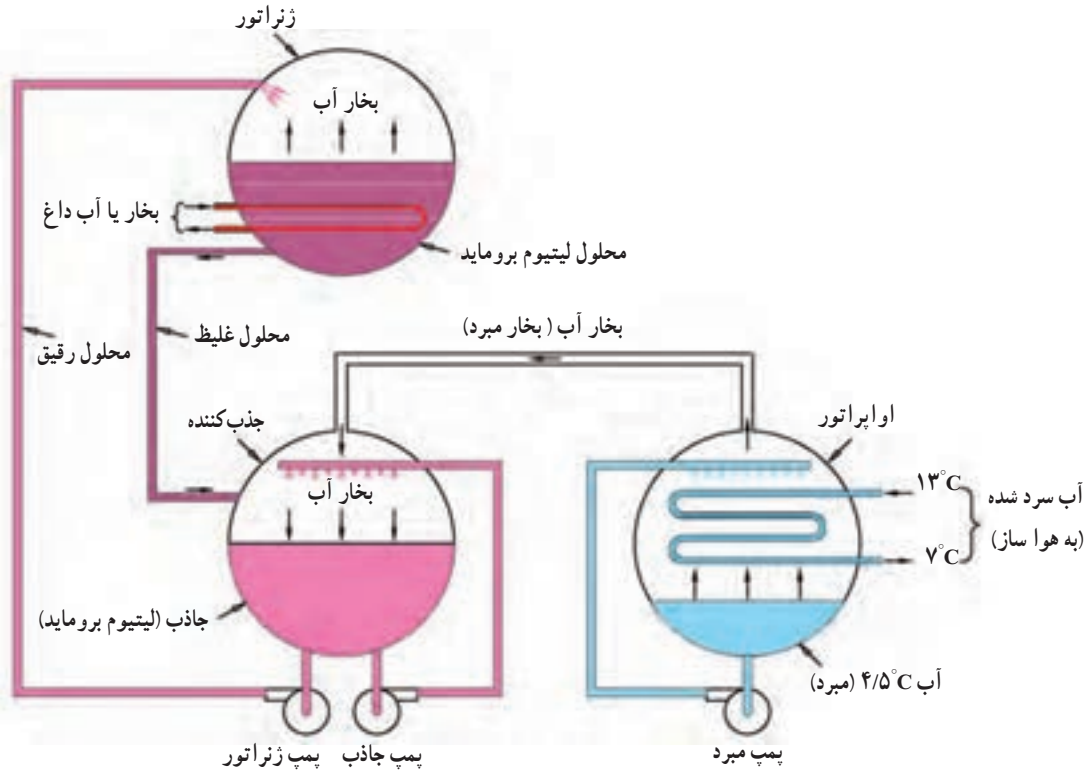
اول این‌که محلول لیتیوم بروماید مرتباً بخار آب را جذب کرده و رقیق می‌شود و نهایتاً پس از مدتی قدرت جذب آب را از دست خواهد داد.

دوم این‌که مایع مبرد (آب) موجود در اواپراتور مرتباً تبخیر شده و کم می‌شود و بالاخره تمام خواهد شد.

برای رفع مشکل اول به سیستم یک دستگاه ژنراتور اضافه می‌کنیم (شکل ۳ــ۱۲) تا محلول رقیق لیتیوم‌بروماید توسط یک پمپ به ژنراتور فرستاده شود و به‌وسیله بخار یا آب داغ به‌صورت غیرمستقیم گرما داده می‌شود. در اثر گرما محلول لیتیوم‌بروماید جوشیده و بخار آب از آن جدا می‌شود. بنابراین محلول باقی‌مانده در ژنراتور محلولی است غلیظ که به سمت جذب‌کننده هدایت می‌شود تا مجدداً بتواند بخار آب بیشتری را جذب نماید.



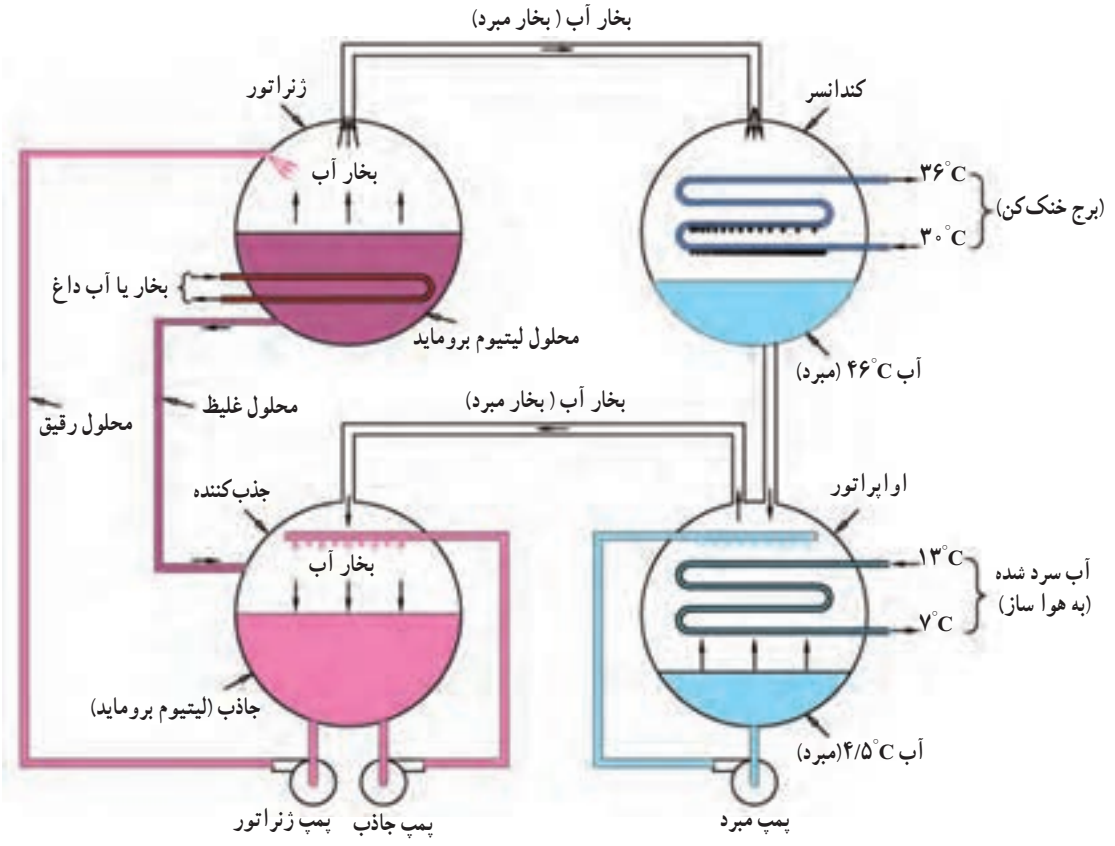
شکل ۲ــ۱۲ــ با نصب دو عدد پمپ برای اواپراتور و جذب‌کننده راندمان بیشتر می‌شود.



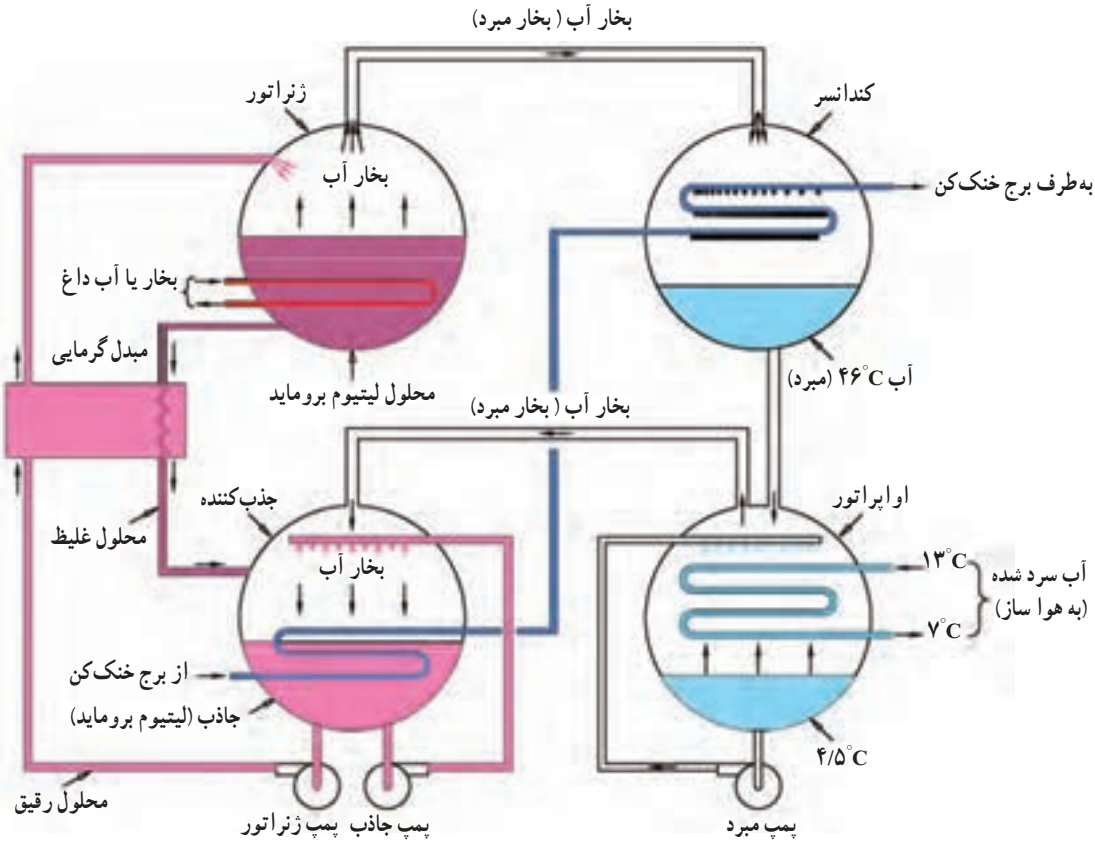
شکل ۳ــ۱۲ــ برای رفع مشکل اول به سیستم یک ژنراتور اضافه می‌کنیم.

برای رفع مشکل دوم به سیستم فوق یک دستگاه کندانسر (تقطیرکننده) اضافه می‌کنیم (شکل ۴ــ۱۲). تا این‌که بخار آب خارج‌شده در ژنراتور بتواند وارد کندانسر شده تقطیر شود و مجدداً به اواپراتور برگردد درنتیجه یک سیکل بسته تشکیل می‌شود.

شکل ۵ــ۱۲ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۲ــ با اضافه کردن یک دستگاه کندانسر و تقطیر مجدد بخارات آب سیکل بسته تشکیل می‌شود.



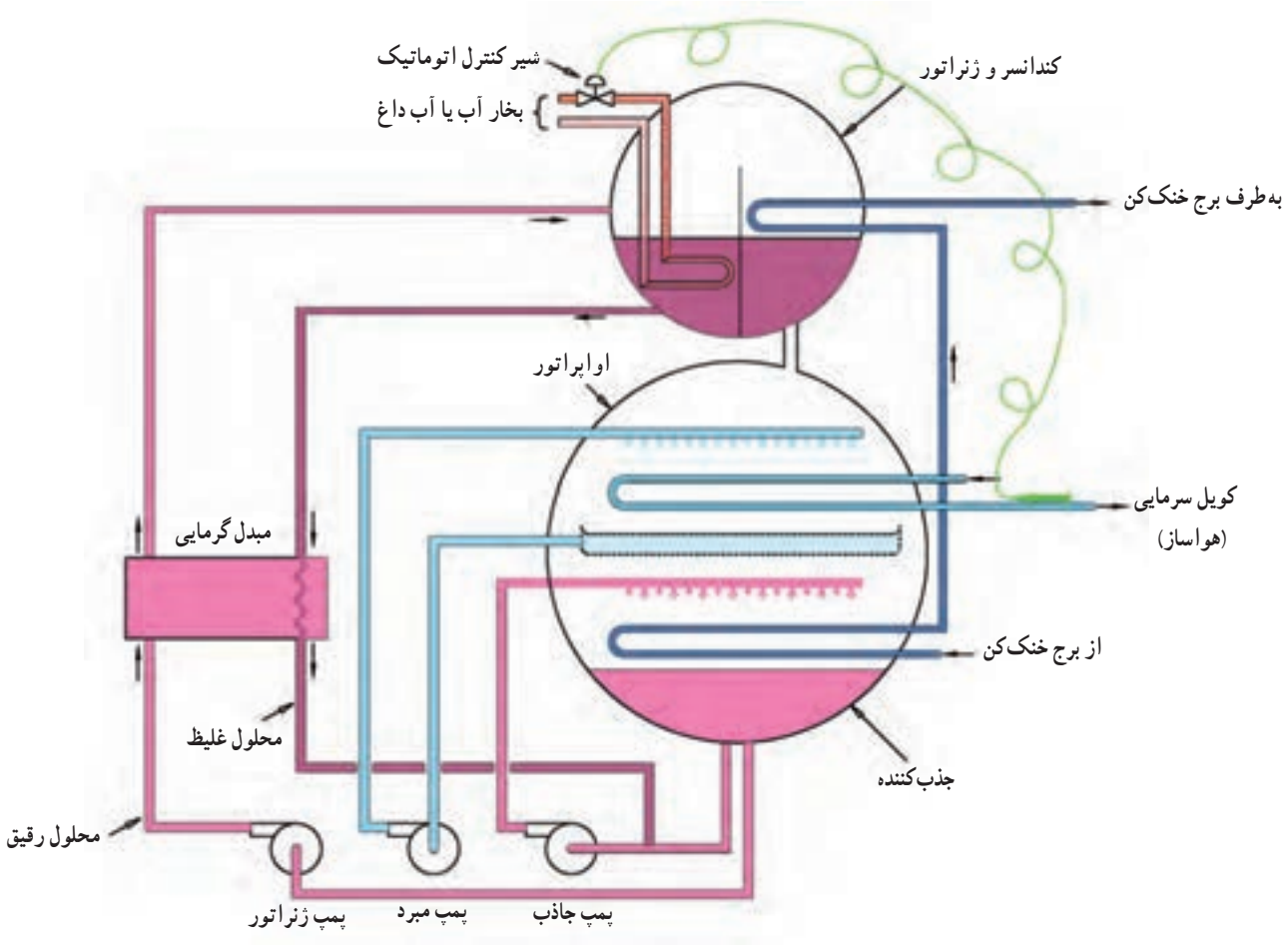
شکل ۵ــ۱۲ــ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی

برای بالا بردن راندمان اولاً یک مبدل گرمایی بین ژنراتور و ابزوربر (جذب‌کننده) قرار می‌دهند تا از طرفی محلول رقیق را که از جذب‌کننده به ژنراتور می‌رود را گرم کند و از طرف دیگر محلول غلیظ را که از ژنراتور به جذب‌کننده می‌رود سرد کند. ثانیاً یک کویل در جذب‌کننده قرار می‌دهند و از داخل آن آب برج خنک‌کن را می‌گذرانند تا گرمای حاصل از حل شدن آب در لیتیوم‌بروماید را بگیرند (هر اندازه محلول لیتیوم‌بروماید سردتر و غلیظ‌تر شود قدرت جذب بخار آب بیشتری را پیدا می‌کند.)

به لحاظ این‌که فشار مطلق کندانسر و ژنراتور تقریباً با هم برابر بوده (یک دهم اتمسفر) و فشار مطلق اواپراتور و جذب‌کننده نیز با هم برابر بوده (یک صدم اتمسفر) لذا کندانسر و ژنراتور را در یک پوسته، اواپراتور و جذب‌کننده را در یک پوسته دیگر قرار می‌دهند. توجه داشته باشید که در فشار یک‌صدم اتمسفر آب در $4/5^{\circ}C$ می‌جوشد درنتیجه می‌تواند دمای آب سرد را (آب هواساز) تا $6/5^{\circ}C$ پایین بیاورد. درشکل ۶ــ۱۲ یک عدد شیر کنترل بخار در مسیر ورود بخار به ژنراتور نصب شده است.

سنسور شیر از دمای آب کویل هواساز متأثر می‌شود. با کاهش دمای آب داخل کویل در قسمت خروجی اواپراتور، مقدار بخار ورودی به ژنراتور کسر می‌شود و برعکس.

با توجه به توضیحات بیان شده مسیر حرکت مبرد و جاذب در سیکل بسته به شرح زیر است. مسیر مبرد (آب) از کندانسر به اواپراتور، به جذب‌کننده و به ژنراتور سپس مجدداً به کندانسر می‌باشد و مسیر ماده جاذب (لیتیوم‌بروماید) از جذب‌کننده به ژنراتور و مجدداً به جذب‌کننده می‌باشد.



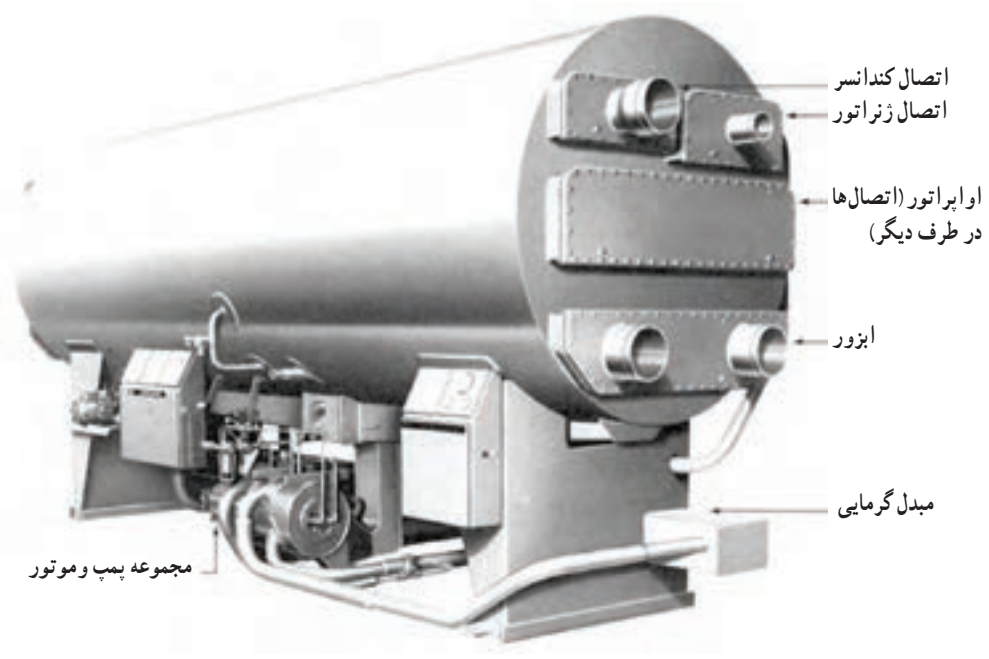
شکل ۶ــ۱۲ــ سیکل کامل تبرید جذبی با تجهیزات اضافی

سیستم‌های جذبی دارای مشکلاتی به قرار زیر هستند.

۱ــ فشار خیلی پایین : نگهداری مطمئن اواپراتور در فشار خیلی پایین دشوار است به‌طوری که آب بتواند در دمای $4/5^{\circ}C$ بجوشد. کمترین و کوچک‌ترین نشتی باعث کاهش ظرفیت سیستم می‌شود.

۲ــ خوردگی : محلول لیتیوم‌بروماید یک نوع آب نمک است اگر هوا به داخل سیستم نفوذ کند لیتیوم‌بروماید باعث خوردگی قسمت‌های فولادی می‌گردد به تعبیری سیستم غیرقابل استفاده می‌شود.

۳ــ کریستالیزاسیون : عمل تغییر حالت محلول از مایع به جامد است که باعث گرفتگی مسیر جریان محلول می‌شود. برای برطرف کردن آن بایستی لولهٔ گرفته شده را گرما داده تا مسیر باز شود. سیستم‌های جذبی در تأسیسات تهویه مطبوع مراکز مسکونی و تجاری به کار برده می‌شوند. شکل ۷ــ۱۲ یک دستگاه چیلر جذبی را نشان می‌دهد.



شکل ۷ــ۱۲ــ یک نمونه چیلر جذبی با ظرفیت ۱۵۰ــ۱۰۰ تن سرمایی

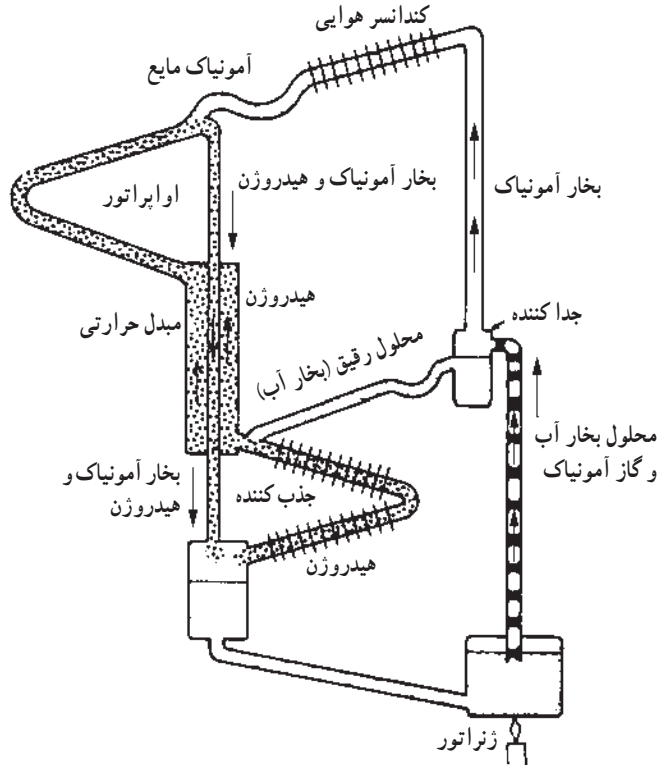
۲ــ۱۲ــ یخچال جذبی

در این سیستم از آب به‌عنوان جاذب و از آمونیاک به‌عنوان مبرد استفاده شده است. زیرا که آب مقدار زیادی گاز آمونیاک را به خود جذب می‌کند، یخچال جذبی را در گذشته به‌نام یخچال نفتی می‌شناختند.

شکل ۸ــ۱۲ یک سیکل ساده یخچال نفتی را نشان می‌دهد وقتی گرما از طریق ژنراتور به محلول می‌رسد، گاز آمونیاک با مقداری بخار آب از محلول جدا شده از طریق لوله‌ای وارد جداکننده می‌شود و در محل جداکننده، بخار آب در اثر نیروی وزن از طریق تله مایع U شکل به جذب‌کننده هوایی می‌رود درحالی که بخار آمونیاک مستقیماً به کندانسر هوایی می‌رود که در آن‌جا تقطیر شود. سپس آمونیاک مایع در اثر نیروی وزن خود از طریق لوله U شکل از کندانسر به اواپراتور می‌ریزد و در اواپراتور با جذب گرما از فضای داخل کابین تبخیر می‌شود. بخار آمونیاک همراه با مقداری گاز هیدروژن از اواپراتور به جذب‌کننده می‌رود. در جذب‌کننده بخار آمونیاک در آب حل می‌شود. درحالی که گاز هیدروژن که میل ترکیبی با آب (جاذب) ندارد از جذب‌کننده گذشته به اواپراتور برمی‌گردد. علت استفاده از گاز هیدروژن

کاهش فشار بخار آمونیاک در اواپراتور و فراهم کردن امکان تبخیر مایع آمونیاک است.[1]

هدف از نصب دو عدد تله مایع به شکل U این است که مانع از خارج شدن گاز هیدروژن از اواپراتور و جذب‌کننده شویم. سیکل نشان داده شده مربوط به یخچال سرول است. سایر یخچال‌های نفتی مانند الکترولوکس و سوپرفیکس و... نیز شبیه یخچال سرول کار می‌کنند. لازم به تذکر است که به‌جای شعله چراغ نفتی می‌توان از شعله گاز یا گرمکن الکتریکی استفاده کرد.



شکل ۸ــ۱۲ــ سیکل یخچال جذبی سرول

۳ــ۱۲ــ سیستم تبرید پاششی با مواد مبرد مصرف‌شدنی

استفاده از ازت و اکسیدکربن مایع، برای سرد کردن وسایل نقلیه مثل کامیون‌های حامل مواد غذایی، متداول است.

اصول اساسی سیستم‌هایی که از مایعات غیرسمی به‌عنوان سیال واسطه سردکنندگی استفاده می‌کنند عیناً مثل سایر سیستم‌های تبرید است منتها این سیستم‌ها فاقد دستگاه تراکم مثل کمپرسور می‌باشند. البته به علت ارزان بودن قیمت این نوع گازها، می‌توان به‌عنوان واسطهٔ تبرید فقط یک‌بار از آن‌ها استفاده کرد. از این سیستم‌های سردکننده در واگن قطارهای باری حامل مواد غذایی، و برای سرد نگه‌داشتن آن‌ها نیز می‌توان استفاده کرد. طرز عمل این نوع دستگاه‌ها دو گونه است :

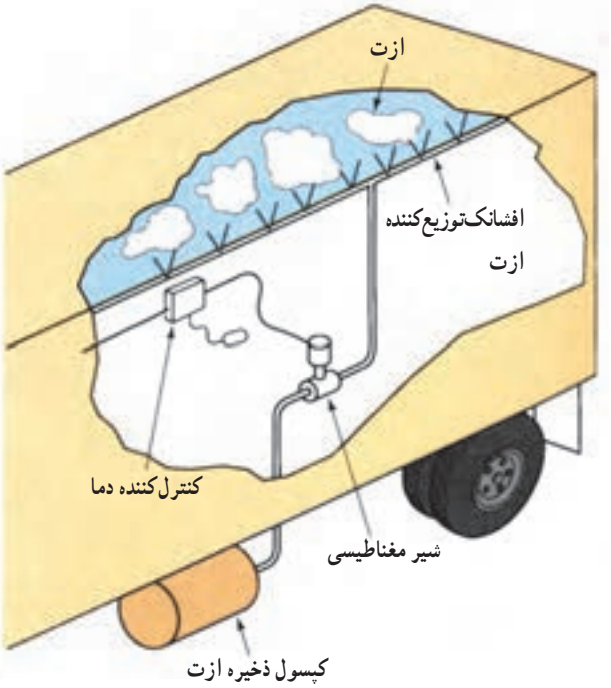
۱ــ گذراندن ازت مایع از داخل صفحه تبرید و تبخیر آن در هوا.

۱ــ سیکل جذبی یخچال‌های نفتی در اصل براساس قانون دالتون کار می‌کند که بیان می‌دارد فشار کلی هر مخلوط گاز یا بخار، مجموع فشارهای جزئی وارده توسط هر گاز یا بخار موجود در مخلوط است در این سیستم فشار کلی وارده توسط گاز و بخار واقعاً در تمام قسمت‌های سیکل یکسان است ولی به علت حضور هیدروژن و فشار جزیی که به‌طرف کم فشار سیستم (اوپراتور و جذب‌کننده) وارد می‌شود فشار جزیی وارده توسط بخار آمونیاک در این قسمت‌ها کمتر از آن مقداری خواهد بود که بخار آمونیاک در ژنراتور و کندانسر در غیاب هیدروژن وارد می‌کند درنتیجه آمونیاک می‌تواند در دما و فشاری پایین در اواپراتور تبخیر شود و در عین حال در فشار و دمای بالا در کندانسر تقطیر یابد.

۲ــ پاشش ازت مایع به‌وسیله یک افشانک به محیطی که باید سرد شود.

معمول‌ترین ماده مصرفی در این سیستم‌ها ازت مایع بوده و مایع اکسیدکربن نیز گاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این سیستم‌ها ازت مایع به‌وسیله پمپ به کپسول‌های ذخیره تلمبه می‌شود بعضی کامیون‌ها دارای ۲ یا ۳ کپسول ازت می‌باشند که این کپسول‌ها به‌طور متوالی پر می‌شوند یعنی اوّل کپسول اولی پر شده و بعد کپسول دوّمی از راه کپسول اوّل پر می‌شود و الی آخر. وقتی که کپسول‌ها یا محفظه مایع ازت شارژ شدند و فضای مواد غذایی نیز در کامیون بارگیری شد، درجه حرارت کابین انتخاب و به‌وسیله ترموستات تنظیم می‌شود. ترموستات یا وسیله کنترل دما، از تغییرات دمای کابین متأثر شده و زمانی که دما افزایش یابد کنترل‌کننده درجه حرارت، شیر مغناطیسی لوله حامل ازت مایع را باز کرده و ازت مایع با فشار زیاد به طرف افشانک حرکت و به‌وسیله آن به داخل فضای بار کامیون پاشیده می‌شود. ازت مایع در موقع پاشش به‌صورت بخار درآمده و حرارت لازم برای تبخیر شدن را از محیط داخلی کامیون گرفته و آن‌جا را سرد می‌کند. به شکل ۹ــ۱۲ توجه کنید.

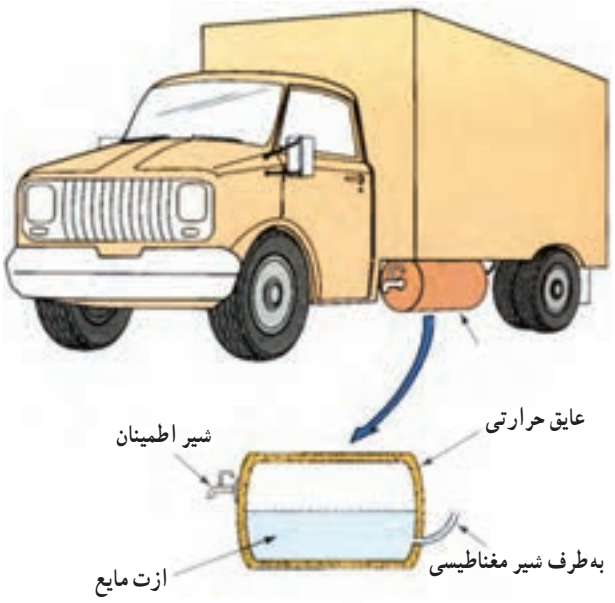


شکل ۹ــ۱۲ــ سیستم تبرید پاششی با ازت

سیستم‌های تبرید پاششی که ازت یا اکسیدکربن مصرف می‌کنند امکان ایجاد برودت با درجات حرارت دلخواه را دارند و برای میوه‌جات و سبزیجات و انواع مواد گوشتی چه در حالت انبار ثابت و چه در حالت سردخانه سیّار بسیار مناسب و مفید می‌باشند.

برای حفاظت سیستم معمولاً بر روی کپسول ذخیره ازت مایع شیر اطمینان نصب می‌شود.

درشکل ۱۰ــ۱۲ کپسول ذخیره ازت مایع و محل نصب آن در کامیون نشان داده شده است.



شکل ۱۰ــ۱۲ــ جزئیات مخزن ذخیره ازت مایع

اتاق بار کامیون نیز دریچه اطمینان دارد به‌طوری که هرگاه فشار داخلی کامیون از فشار جو بیشتر شود، دریچه اطمینان به‌طور خودکار باز شده و اضافه فشار محیط بار را تخلیه می‌کند. ضمناً درهای ورودی کامیون نیز کلید اطمینانی دارند که با باز شدن در و قبل از وارد شدن شخص به داخل محیط سرد، جریان پاشش ازت را قطع می‌کند.

۴ــ۱۲ــ سیستم سردساز ترموالکتریک

یکی از روش‌های ایجاد سرما است به این معنی که به‌جای ماده مبرد، از انرژی الکتریکی به‌عنوان حامل گرما استفاده می‌شود و گرما را از قسمتی جذب و به قسمت دیگر منتقل می‌نمایند. با

این روش بدون این که از وسایل معمولی مثل کمپرسور و کندانسر و اواپراتور و غیره استفاده شود سرما تولید می‌گردد.

ازویژگی‌های دستگاه‌های سردکننده ترموالکتریک نداشتن قطعات متحرک، نداشتن صدا، یک‌پارچه بودن، عدم احتیاج به سرویس و تعمیر آنها می‌توان نام برد.

از مزایای دیگر این سیستم این است که چون فقط جریان الکتریکی است که ایجاد برودت می‌کند و در این سیستم لوله‌کشی و هدایت گاز و غیره وجود ندارد لذا به‌سادگی می‌توان از یک منبع انرژی استفاده کرده و چندین دستگاه را یک‌جا به‌کار انداخت.

این دستگاه‌ها در هر حالتی قادر به کار هستند حتی زمانی که درحال نقل و انتقال باشند. اگر از لحاظ حجمی، دستگاه‌های ترموالکتریکی را با دستگاه‌های سردکننده تراکمی مقایسه کنیم با ظرفیت سرمایی مساوی، دستگاه‌های ترموالکتریکی دارای حجم کوچکتری خواهند بود.

۱ــ۴ــ۱۲ــ اصول کار سردساز ترموالکتریک : آیا می‌توان در یک سردساز با به‌کارگیری انرژی الکتریکی مستقیماً سرما ایجاد کرد و از هزینه کمپرسور، تبخیرکننده و لوله‌های رابط جلوگیری کرد.

اصل فیزیکی که تبرید ترموالکتریک[1] بر پایه آن قرار گرفته است از سال ۱۸۳۴ شناخته شده است. تبرید ترموالکتریک در انتقال گرما از یک جا به جای دیگر الکترون‌ها را به‌کار می‌گیرد که سریع‌تر از مواد سرمازا هستند.

شکل ۱۱ــ۱۲ الف یک زوج ترموالکتریک ساده را نشان می‌دهد. زوج ترموالکتریک گرما را از درون یک فضای گرمابند شده به مبدل گرمایی حرکت می‌دهد. مبدل گرمایی در بیرون قرار گرفته است. الکترون‌ها گرما را سریع‌تر از مواد سرمازا حمل می‌کنند.

پره‌های[2] روی اواپراتور (آبی تیره) جریان گرمایی را افزایش می‌دهند. پره‌های روی مبدل گرمایی بیرون (قرمز تیره) به انتقال گرما به هوای محیط بیرون کمک می‌کنند.

نیمه هادی‌ها[3] موادی هستند که الکتریسیته را هدایت می‌کنند. ولی هدایت آنها درست مانند فلزات نیست. آنها موادی هستند که از عناصری مانند سلیکون، ژرمانیم یا ترکیبی از عناصر ساخته می‌شوند. نیمه هادی‌ها یا از نوع «نیمه هادی نوع N[4]» می‌باشند که بوسیله بارهای منفی (الکترون‌ها) الکتریسیته را هدایت می‌کنند. یا از نوعی هستند که «نیمه هادی‌های نوع P[5]» نامیده می‌شود که الکتریسیته را به‌وسیله بارهای مثبت هدایت می‌کنند که اغلب «حفره‌ها» یا «حفره‌های الکترونی» نامیده می‌شوند.

شکل ۱۱ــ۱۲ ب جریان ایجاد شده از مواد نوع P به مواد نوع N را نشان می‌دهد. جایی که N و P به هم متصل شده‌اند گرما را جذب می‌کند. سرهای مقابل آنها داغ می‌شوند و گرما را پس می‌دهند. یک اتصال ساده یک اثر سرمایی کوچک دارد. بنابراین چندین نقطه اتصال دوتایی P ــ N که به‌طور سری با هم متصل شوند سرمای قابل توجهی را تولید می‌کنند. شکل ۱۱ــ۱۲ ب را ببینید. گروه‌هایی از قطعات کوچک (مدول‌ها[6]) به روش موازی با هم متصل می‌شوند تا ظرفیت را بالا برند.

ترموستاتی در درون فضای سردشده جریان الکتریکی در یک سوکننده (رکتیفایر) را کنترل می‌کند. رکتیفایر جریان مستقیم dc قطعات کوچک (مدول‌ها) را تأمین می‌کند. بدین ترتیب دمای درون یخچال نیز کنترل می‌شود.

در تبرید ترموالکتریک قطعات متحرک وجود ندارد. گذشته از ساختمان مدول‌ها، که کاملاً ساده هستند. راندمان گرمایی پایین است. مقدار اثر سرمایی بدست آمده با انرژی الکتریکی کمتر از سیستم تبرید معمول تراکمی است.

معکوس کردن جهت جریان در وسایل ترموالکتریک سطوح سرد و داغ را تعویض می‌کند. بدین ترتیب از همان وسیله‌ها برای گرم کردن و سرد کردن فضای گرمابند شده می‌توان استفاده کرد.

از وسیله ترموالکتریک هم‌چنین در کنترل دمای تجهیزات الکترونیک (کامپیوتر، وسایل هوا فضا و غیره) استفاده می‌شود.

۱ــ Thermoelectric

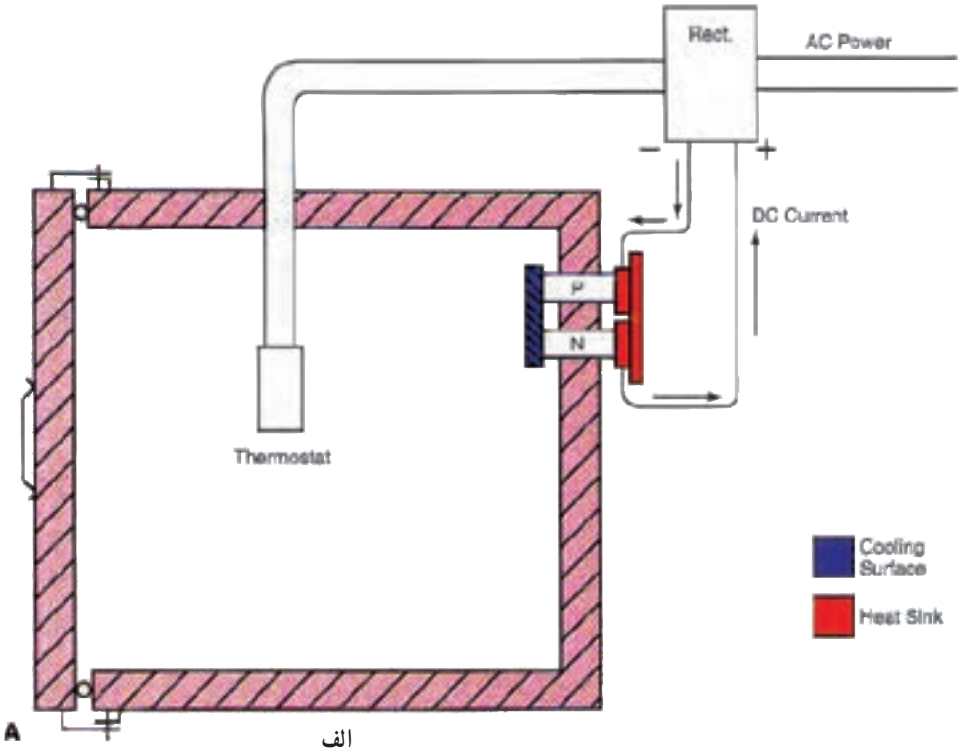
۲ــ Fins

۳ــ Semi conductors

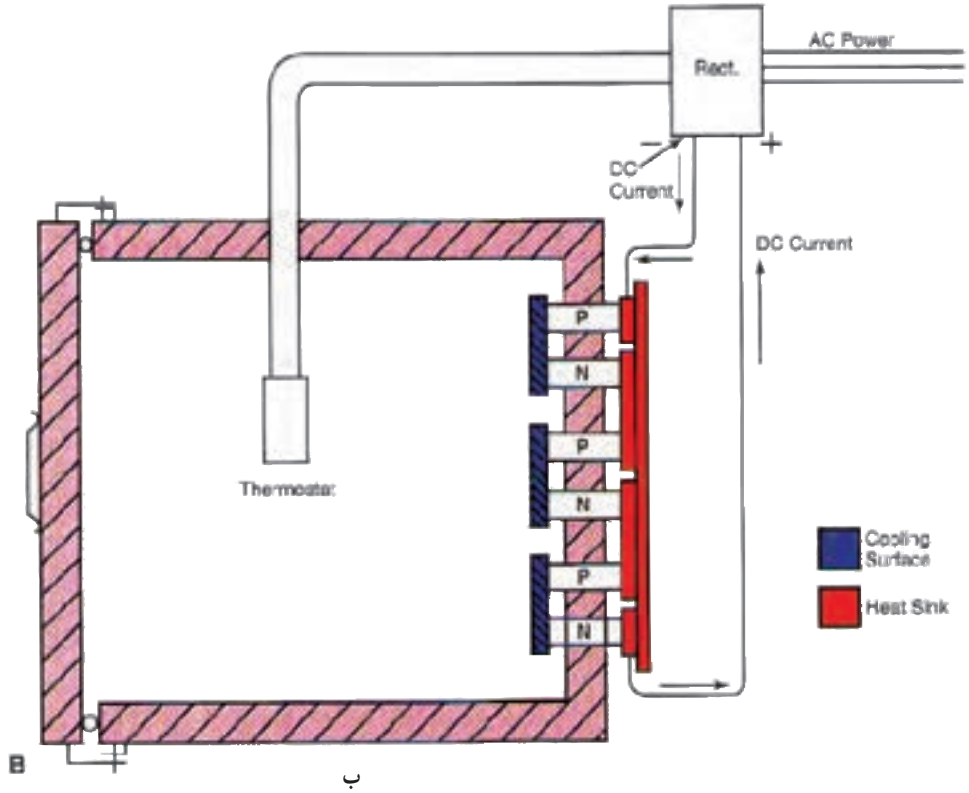
۴ــ N type Semi conductors

۵ــ P type semiconductors

۶ــ Modules



الف

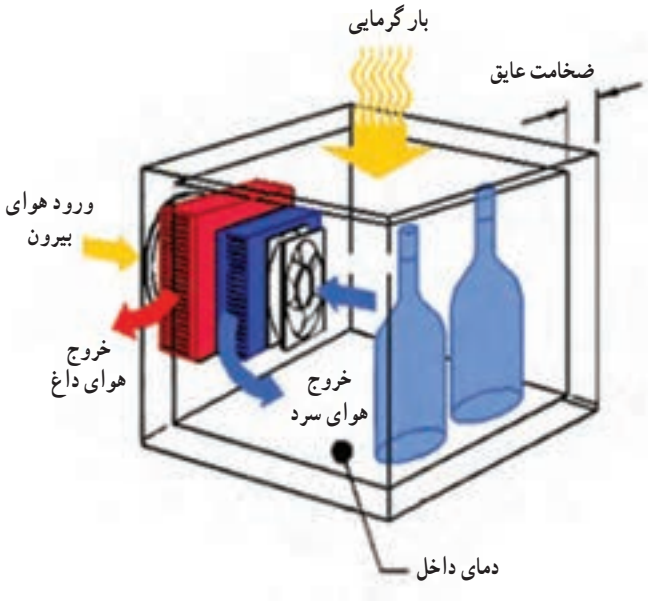


ب

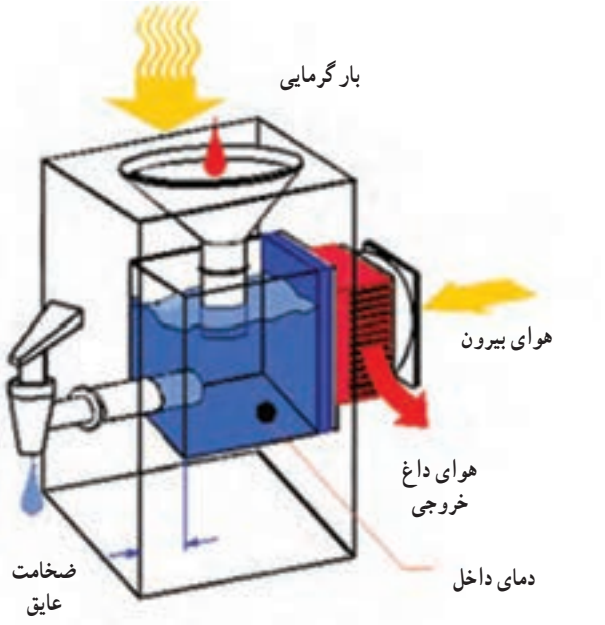
شکل ۱۱ــ۱۲ــ الف) نمودار زوج ترموالکتریک ساده، که برای سرد کردن فضای عایق شده به‌کار می‌رود. گرمای جذب شده توسط زوج ترموالکتریک توسط سطح گرمایی پره‌دار به هوایی بیرون داده می‌شود. ب) یک سردکننده ترموالکتریک ــ سه زوج به‌طور سری بهم بسته شده‌اند تا اثر جذب گرما افزایش یابد.

۲ــ۴ــ۱۲ــ کاربردهای تبرید ترموالکتریک : چند نمونه از کاربردهای تبرید ترموالکتریک در شکل‌های ۱۲ــ۱۲ تا ۱۷ــ۱۲ نشان داده شده است.

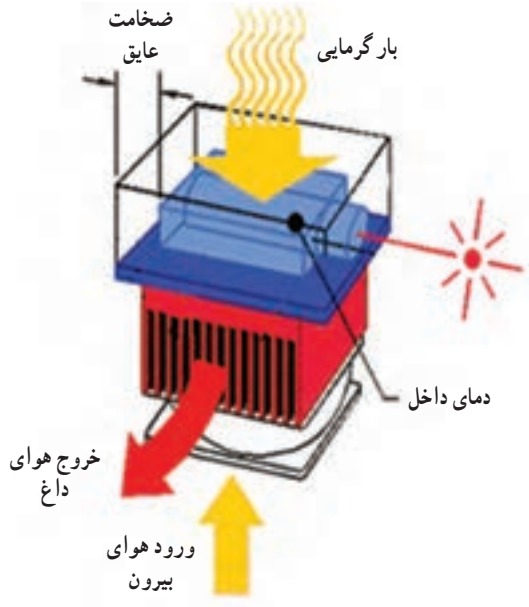
سردکن‌های مایع برای سرد کردن مایعات در حال گردش و همچنین مکان‌هایی که امکان نصب مجموعه تجهیزات برودتی وجود نداشته باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس کار این دستگاه بسیار ساده می‌باشد. سیالی که قرار است خنک شود از یک طرف لوله وارد و از طرف دیگر لوله خارج می‌گردد. در صورت نیاز از یک پمپ سیرکولاتور کوچک که با برق ۱۲DC کار می‌کند استفاده می‌کنیم. اگر دمای سیال از دمای محیط کم‌تر باشد بایستی لوله‌های حامل مایع عایق کاری گردند. درصورتی که سیال مورد نظر آب باشد حداکثر دبی که در کارخانه سازنده برای پمپ تنظیم شده است معادل ۱/۶لیتر در دقیقه می‌باشد.



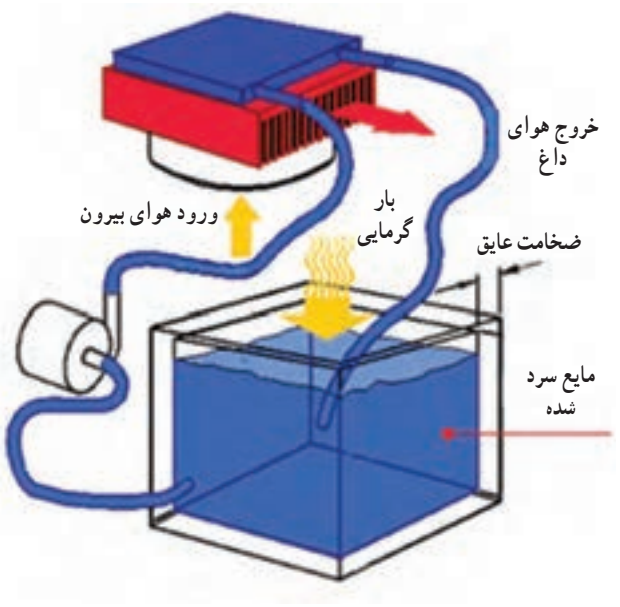
شکل ۱۲ــ۱۲ــ وجود مایع در مجاورت سطح سرد باعث سرد شدن آن می‌شود.



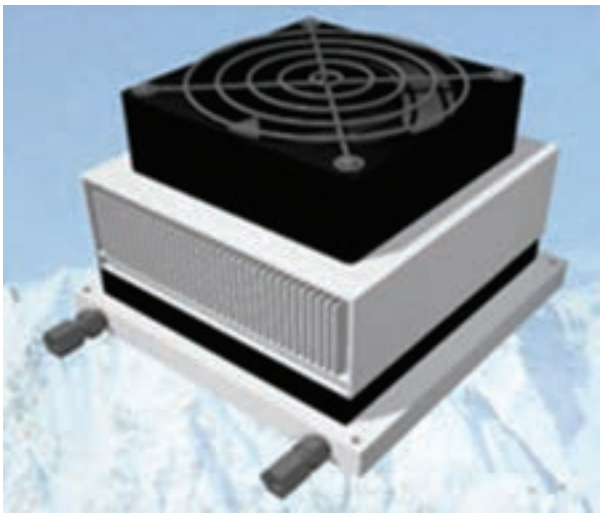
شکل ۱۳ــ۱۲ــ دمای هوای داخل کابین در اثر عبور از روی سطح سرد، پایین می‌آید.



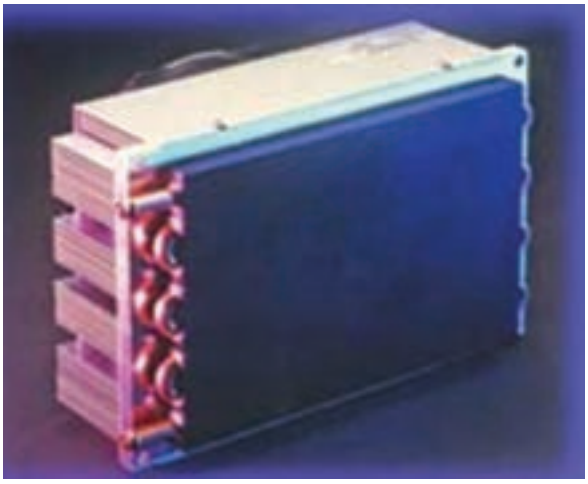
شکل ۱۴ــ۱۲ــ سرمایش از طریق قرار گرفتن جسم جامد روی سطح سرد



شکل ۱۵ــ۱۲ــ سیرکوله مایع از روی سطح سرد باعث سرمایش آن می‌شود.



شکل ۱۶ــ۱۲ــ سیستم تبرید ترموالکتریک برای خنک کردن هوا



شکل ۱۷ــ۱۲ــ سیستم تبرید ترموالکتریک برای خنک کردن مایعات

۵ــ۱۲ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چندگزینه‌ای

۱ــ کدام یک قدرت جذب عالی بخار آب را دارند؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) جیوه　　ب) فریون

ج) لیتیوم بروماید　　د) الکل

۲ــ در چیلر جذبی مایع مبرد کدام است؟

الف)آمونیاک　　ب) آب

ج) ازت　　د) اکسید کربن مایع

۳ــ شیر کنترل بخار در سیستم جذبی در کدام محل زیر نصب می‌شود؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) ورودی بخار به ژنراتور　　ب) ورودی بخار به کندانسر

ج) خروجی بخار اواپراتور　　د) خروجی بخار از ژنراتور

۴ــ کدام مورد از مشکلات سیستم جذبی کریر است؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

الف) فشار بالا　　ب) مصرف برق زیاد

ج) سروصدای زیاد　　د) خوردگی

۵ــ هدف از نصب تله مایع در یخچال جذبی جلوگیری از خارج شدن ..... است.

الف) آمونیاک از کندانسر　　ب) آمونیاک از ژنراتور

ج) هیدروژن از ژنراتور　　د) هیدروژن از اواپراتور

پرسش‌های کامل کردنی

۶ــ تفاوت عمدهٔ بین سیستم تبرید تراکمی و سیستم تبرید جذبی ..... و ..... می‌باشد.

۷ــ سنسور شیر بخار نصب شده بر روی لولهٔ بخار ورودی به ژنراتور از ..... فرمان می‌گیرد.

۸ــ مادهٔ جاذب یخچال‌های جذبی ..... است. (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

۹ــ در سیستم ..... برای ایجاد سرما به جای ماده مبرد از انرژی الکتریکی به‌عنوان حامل گرما استفاده می‌شود.

۱۰ــ در سیستم تبرید ترموالکتریک جابجا کردن گرما توسط ..... انجام می‌گیرد.

پرسش‌های درست و نادرست

۱۱ــ مبدل گرمایی در سیستم های جذبی بین ژنراتور و اواپراتور قرار می‌گیرند. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

☐ درست　　☐ نادرست

۱۲ــ ماده جاذب در یخچال‌های نفتی لیتیوم بروماید است. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

☐ درست　　☐ نادرست

۱۳ــ استفاده از ازت و هیدروژن برای سردکردن کامیون‌های مواد غذایی متداول است.

☐ درست ☐ نادرست

۱۴ــ در ظرفیت‌های سرمایی مساوی، دستگاه‌های ترموالکتریک از نظر حجمی بزرگتر از دستگاه‌های تراکمی می‌باشند.

☐ درست ☐ نادرست

۱۵ــ جریان برق دستگاه‌های ترموالکتریک توسط رکتیفایر تأمین می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

واژه‌های مناسب را در جای خالی بنویسید.

«دمای ــ اواپراتور ــ فشار مطلق ــ اثر سرمایی ــ ژنراتور ــ معکوس نمودن ــ فرایند شیمیایی»

۱۶ــ در سیستم تبرید جذبی برای انتقال مادهٔ سرمازا از ..... استفاده می‌شود.

۱۷ــ در چیلر جذبی به‌دلیل اینکه ..... کندانسر و ژنراتور با هم برابرند آنها را در یک پوسته قرار می دهند.

۱۸ــ بخار آب جذب شده توسط لیتیوم بروماید در ..... از آن جدا می‌شود.

۱۹ــ در وسایل ترموالکتریک با ..... جهت جریان، سطوح سرد و داغ تعویض می‌شوند.

۲۰ــ مقدار ..... بدست آمده در سیستم ترموالکتریک از سیستم تراکمی کمتر است.

پرسش‌های تشریحی

۲۱ــ به‌کارگیری و استفاده از سیستم جذبی کریر در چه شرایطی توصیه می‌شود؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۸۹)

۲۲ــ علت عبور آب برج خنک‌کن از جذب کننده را بیان کنید.

۲۳ــ قسمت‌های اصلی سیستم جذبی کریر را نام ببرید. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

۲۴ــ سیستم جذبی دارای چه مشکلاتی هستند؟ نام ببرید. (امتحان نهایی ــ دی ماه ۸۹)

۲۵ــ طرز کار سیستم جذبی را مرحله به مرحله شرح دهید.

۲۶ــ کنترل ظرفیت سیستم جذبی کریر چگونه انجام می‌شود؟

۲۷ــ طرز کار یخچال نفتی را شرح دهید.

۲۸ــ سیستم تبرید پاششی با مواد مصرف شدنی را شرح دهید.

۲۹ــ در کدام سیستم تبرید ماده مبرد وجود ندارد؟ (امتحان نهایی ــ دی ماه ۸۹)

۳۰ــ مزایای سیستم سردسازی ترموالکتریک را بنویسید.

۳۱ــ اصول کار سردسازی ترموالکتریک را شرح دهید.

واژه نامه تأسیسات (انگلیسی ــ فارسی)

واحد گرما در سیستم انگلیسی (بی‌تی‌یو)	British Thermal Unit (Btu)
مشعل	Burner
بای پاس (مسیر کنار گذر)	Bypass
فتوسل یا چشم الکتریکی	Cad Cell or Cadmium Cell
کابل	Cable
کالری (واحد گرما در سیستم متریک)	Calorie
خازن	Capacitor
خازن راه انداز موتور	Capacitor ــ Start motor
ظرفیت	Capacity
لوله مویین	Capillary tube
دی‌اکسید کربن	Carbon Dioxide (co_2)
منواکسید کربن	Carbon monoxide
کاتد	Cathode
محافظت کاتدی کنترل خوردگی	Cathodic Protection
کاویتاسیون (هوا گرفتن پمپ)	Cavitation
سقف	Ceiling
سلسیوس (واحد دما در سیستم متریک)	Celsius
مرکز	Center
مقیاس سانتی‌گراد	Centigrade Scale
سانتی‌متر	Centimeter
گرمایش مرکزی	Central heating
سرمایش مرکزی	Central cooling
کمپرسور گریز از مرکز	Centrifugal compressor
پمپ گریز از مرکز	Centrifugal pump
کلید گریز از مرکز	Centrifugal switch
فوت مکعب در دقیقه	cfm (cubic feet per minute)
بخش ــ فصل	Chapter
تغییر حالت	Change of state
سیلندر شارژ	Charging cylinder
نمودار	Chart
شیر یک سویه	Check valve
آب سرد شده	Chilled Water
مدار	Circuit
قطع کننده مدار (کلید مینیاتوری)	Circuit breaker
پمپ سیرکولاسیون	Circulating pump
دریچه‌ای برای تخلیه سیستم	Cleanout
مدار بسته	Closed cycle
کویل	Coil
اتصال سرد	Cold Junction
آب سرد	Cold water
اتصال مشترک زمین (نول)	Common Neutral
کویل سرمایی	Cooling Coil
برج خنک‌کن	Cooling Tower
جمع کننده	Collector
احتراق	Combustion
هوای احتراق	Combustion Air
محفظه احتراق	Combustion Chamber
محصولات احتراق کامل	Combustion Products
ساختمان تجاری	Commercial Building

گیج مرکب	Compound Gauge
کمپرسور	Compressor
راندمان کمپرسور	Compressor Efficiency
کمپرسور نوع باز	Compressor Open Type
سیل کمپرسور وسیله گاز بند که در کمپرسورهای باز می‌باشد	Compressor Seal
بخار تقطیر شده	Condensate
تقطیر	Condense
کندانسر (تقطیر کننده)	Condenser
فشار تقطیر	Condensing Pressure
دمای تقطیر	Condensing Temperature
واحد تقطیر یا کندانسینگ یونیت	Condensing Unit
کنتاکتور (کلید مغناطیسی)	Contactor
شیر اتوماتیک	Control Valve
ولتاژ کنترل	Control Voltage
شاتون (قطعه‌ای که پیستون را به میل‌لنگ وصل می‌کند.)	Connecting Rod
جابجایی، وزش یا کنوکسیون	Convection
برج خنک‌کن	Cooling Tower
میل لنگ	Crankshaft
جریان الکتریکی	Current
رله جریان	Current Relay
نقطه وصل	Cut in
نقطه قطع	Cut out
سیلندر	Cylinder
سرسیلندر	Cylinder head
دمپر (وسیله کنترل مقدار هوا)	Damper
جریان مستقیم	dc (direct current)
درجه	Degree
رطوبت‌گیر	Dehumidifier
رطوبت‌گیری	Dehumidification
دانسیته ــ چگالی	Density
فشار طراحی	Design pressure
دمای طراحی	Design temperature
نقطه شبنم	Dew Point
قطر	Diameter
دیافراگم (صفحه قابل انعطاف)	Diaphragm
دی‌الکتریک	Dielectric
دیفرانسیل (اختلاف بین نقطه وصل و نقطه قطع در کلیدهای اتوماتیک)	Differential
دریچه هوا	Diffuser
دیود	Diode
مستقیم	Direct
اتصال مستقیم	Direct connected
اواپراتور انبساط مستقیم	Direct Expansion Evaporator
تخلیه (محل خروج گاز داغ از کمپرسور)	Discharge
جدا کردن	Disconnect
تشتک زیر اواپراتور	Drip pan
رطوبت‌گیر ــ خشک‌کن	Drier
دمای حباب خشک	Dry Bulb Temperature
یخ خشک (کربن دی‌اکسید جامد)	Dry Ice
داکت (کانال)	Duct
خارج از مرکز	Eccentric
راندمان	Efficiency
دیفراست الکتریکی	Electric Defrost
گرمکن الکتریکی	Electric Heater
الکترونیک (علم نیمه هادی‌ها)	Electronics
نشت یاب الکترونیکی (یک وسیله جهت نشت یابی مبرد از سیستم تبرید)	Electronic Leak Detector
انرژی	Energy
برچسب انرژی	Energy label
مهندس	Engineer
انتالپی (گرما)	Enthalpy
رنگ ضد رطوبت	Epoxy

Equalizer Tube	لوله متعادل کننده
Equipment	تجهیزات
Equipment Grounding Conductor (E)	سیم اتصال به زمین
Evacuation	وکیوم یا تخلیه هوا
Evaporation	تبخیر
Evaporative condenser	کندانسر تبخیری
Evaporator	اواپراتور (تبخیر کننده)
Evaporator Coil	کویل اواپراتور
Evaporator Dry Type	اواپراتور نوع خشک
Evaporator Fan	فن اواپراتور
Evaporative cooler	سردکن تبخیری نظیر کولرهای آبی
Exhaust Opening	بازشو تخلیه
Expansion Joint	اتصال انبساطی
Expansion Loop	حلقه انبساطی
Expansion Valve	شیر انبساط
Expansion Tank	مخزن انبساط
External Equalizer	متعادل کننده خارجی
Fahrenheit	فارنهایت
Fan	فن (پروانه)
Fan Coil	فن کویل
Farad	فاراد (واحد سنجش ظرفیت خازن)
Fault	خرابی
Filter	فیلتر
Fin	فین (پره)
Finned Tubes	لوله‌های پره‌دار
Fire Damper	دمپر آتش
Flammability	قابلیت اشتعال
Flare	لاله سرلوله
Float Valve	شیر شناور
Flooded Evaporator	اواپراتور پر
Flue Gas	محصولات احتراق که از دودکش خارج می‌شوند.
fpm (feet per minute)	اف‌پی‌ام (فوت در دقیقه)
Freezing	انجماد
Frequency	فرکانس
Freon	فریون (مواد مبرد هالو کربنی)
Fresh air	هوای تازه
Friction	اصطکاک ــ مالش
Fundamental	اساسی ــ اصلی
Furnace	کوره هوای گرم
Fuse	فیوز (وسیلهٔ حفاظتی الکتریکی)
Fusible plug	درپوش ذوب شونده
Gage Vacuum	گیج وکیوم (وسیله‌ای جهت اندازه‌گیری فشارهای کمتر از فشار اتمسفر)
Gage port	گیج پورت (محل نصب گیج)
Gage pressure	فشار گیج یا فشار نسبی
Galvanizing	گالوانیزه کردن
gpm (Gallons per minute)	جی‌پی‌ام (گالن در دقیقه)
Gas	گاز
Gas ــ Noncondensible	گاز غیر قابل تقطیر
Gas pressure switch	کلید فشار گاز
Gat valve	شیر کشویی
Glass wool	پشم شیشه
Grain	گرین (یکی از واحدهای وزن است. هر ۷۰۰۰ گرین معادل یک پوند می‌باشد.)
Grille	دریچه بدون دمپر
Ground	اتصال زمین در مدارهای الکتریکی
Ground wire	سیم اتصال زمین یا سیم ارت
Halide torch	مشعل هالاید (وسیلهٔ تشخیص نشت در سیستم‌های تبرید با مبردهای هالوکربی)
Hand hole	هند هول (محفظه‌ای برای دسترسی دست به‌داخل مخازن و منابع می‌باشد.)
Head pressure	فشار رانش (فشار خروجی کمپرسور)
Heat	گرما

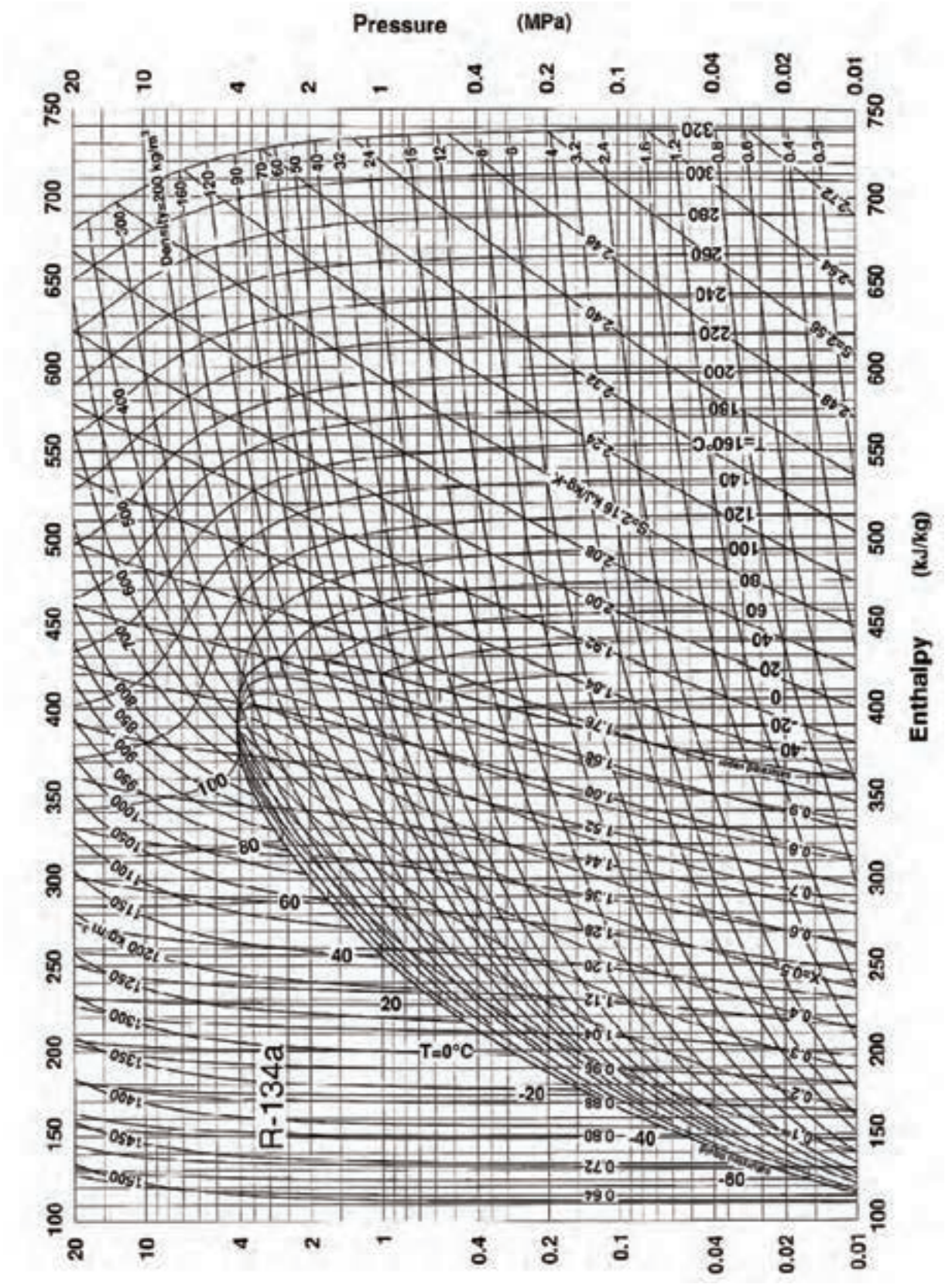
مبدل گرمایی	Heat exchanger
بار گرمایی	Heat load
افت گرما	Heat loss
گرمای ذوب (نهان)	Heat of Fusion
پمپ حرارتی	Heat pump
انتقال حرارت	Heat transfer
گرمایی	Heating
کویل گرمایی	Heating coil
بار گرمایی	Heating load
توان گرمایی خروجی (مفید)	Heating out put
سطح حرارتی	Heating surface
ارزش گرمایی	Heating value
ارتفاع	Height
کمپرسور بسته	Hermetic compressor
هرتز (واحد فرکانس)	Hertz
کلید قطع در فشار بالا	High pressure cut out
سمت بالا	High side
اسب بخار	Horsepower
گاز داغ	Hot Gas
بای پاس گاز داغ	Hot Gas Bypass
برفک‌زدایی به‌طریق گاز داغ	Hot Gas Defrost
رطوبت زن	Humidifier
کنترل کننده رطوبت	Humidistat
رطوبت	Humidity
هیدروکربن‌ها	Hydrocarbons
هیدرونیک (سیستمی که سیال واسطه در آن،آب می‌باشد.)	Hydronic
ترانس جرقه	Ignition Transformer
سازمان بین المللی استانداردسازی (ایزو)	International Organization for Standardization (ISO)
مقیاس کلوین (دمای مطلق)	Kelvin Scale
کیلو وات	Kilowatt (kw)
کیلو وات ساعت واحد انرژی الکتریکی	Kilowatt Hour (kwh)
گرمای نهان	Latent Heat
گرمای نهان تقطیر	Latent Heat of Condensation
گرمای نهان ذوب	Latent Heat of Fusion
گرمای نهان ذوب	Latent Heat of Melting
گرمای نهان تبخیر	Latent Heat of Vaporization
کنترل حد	Limit Control
کلید حد	Limit Switch
خط	Line
ترموستات خط ولتاژ	LineVoltage Thermostat
خط مایع	Liquid line
لیتر	Liter
بار	Load
کنترل فشار کم	Low pressure Cutout
سمت کم فشار	Low side Pressure
منهول (دریچه آدم‌رو)	Manhole
منیفولد گیج (گیج چندراهه)	Manifold Gauges
مانومتر یا فشار سنج مورد استفاده در فشارهای کم	Manometer
جرم	Mass
موتورخانه	Mechanichal Room
مهندس مکانیک	Mechanichal Engineer
میکروفاراد	Microfarad
میکرون معادل یک هزارم میلی‌متر	Micron
میکرون گیج (فشار سنجی که برای اندازه‌گیری فشارهای خیلی پایین (وکیوم)به‌کار برده می‌شود.)	Micron Gauge
دقیقه	Minute
قابلیت مخلوط دو مایع با یکدیگر	Miscibility
مخلوط هوا	Mixed air
نشان دهنده رطوبت	Moisture Indicator
مولکول	Molecule

موتور	Motor
راه انداز موتور	Motor Starter
کنوکسیون طبیعی	Natural convection
گاز طبیعی	Natural gas
فریزر بدون برفک	No ــ Frost Freezer
نامی ــ اسمی	Nominal
غیر قابل تقطیر	Noncondensible
معمولاً بسته	Normally closed
معمولاً باز	Normally open
نازل	Nozzle
اهم واحد سنجش مقاومت الکتریکی می‌باشد.	Ohm
قانون اهم	Ohms Law
پمپ روغن	Oil pump
رینگ روغن	Oil Rings
جداکن روغن	Oil separator
فشار کاری، فشار داخل سیستم در زمان کارکرد عادی دستگاه می‌باشد.	Operating pressure
اوریفیس سوراخ کوچک	Orifice
هوای بیرون	Outside Air
اورلود	Overload
محافظ اضافه بار	Overload Protector
ازُن	Ozone
پکیج بسته سرمایی یا گرمایی و یا هر دو	Packaged
وسیله گازبند	Packing
مدار موازی	Parallel Circuit
پاسکال	Pascal
پیستون کمپرسور	Piston
گژیین پین (پیستون را به شاتون وصل می‌کند.)	Piston Pin
جابجایی پیستون	Piston Displacement
پنوماتیک	Pneumatic
رله پتانسیل ــ رله ولتاژ	Potential Relay
پوند بر اینچ مربع واحد اندازه گیری فشار	Pound per square inch pressure (psi)
قدرت (توان)	Power
ضریب قدرت	Power Factor
فشار	Pressure
افت فشار	Pressure Drop
رگلاتور فشار	Pressure Regulator
هوای اولیه	Primary Air
پی اس آی پوند بر اینچ مربع (واحد فشار)	Psi
پوند بر اینچ مربع (مطلق)	Psia
پوند بر اینچ مربع (فشار نسبی)	psig
پمپ دان	Pump Down
خالی کردن بخارهای ناخواسته از داخل سیستم یا فضای مورد نظر	Purging
رانکین (درجه‌بندی مطلق دما در سیستم انگلیسی)	Rankine
رسیور (مخزن مایع سرمازا)	Receiver
رفت و برگشتی	Reciprocating
مبرد (ماده سرمازا)	Refrigerant
رطوبت نسبی	Relative Humidity
شیر اطمینان	Relief Valve
رگلاتور (کاهنده فشار)	Regulator
تعمیر	Repair
شروع به‌کار مجدد	Reset
مقاومت	Resistance
هوای برگشتی هوایی که از اتاق وارد هواساز می‌شود.	Return Air
معکوس شده	Reversed
شیر معکوس کننده (شیر چهار راهه)	Reversing valve
رایزر (لوله‌های بالا رونده که در داکت‌ها انجام می‌شود.)	Riser
رایزر دیاگرام	Riser Diagram
پشت بام	Roof

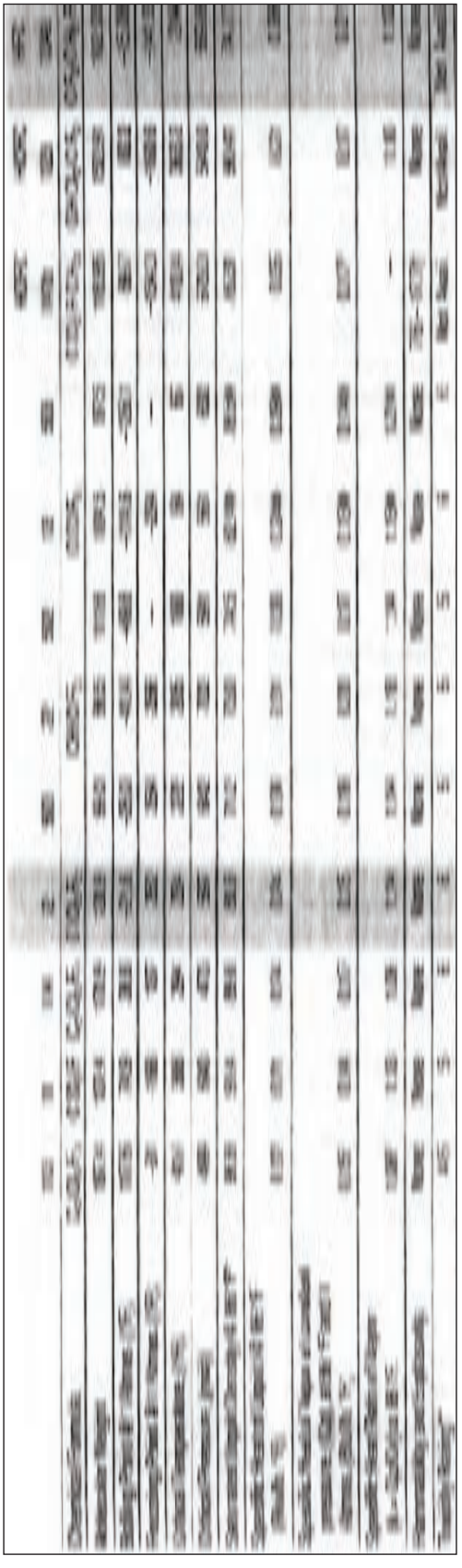
تخلیه پشت بامی (کف شوی پشت بام)	Roof Drain
ترموستات اتاقی	Room Thermostat
کمپرسور دورانی	Rotary Compressor
روتور (قسمت گردنه موتور)	Rotor
سیم‌پیچ کار، سیم‌پیچ اصلی	Run Winding
کنترل ایمنی	Safety Control
شیر اطمینان ــ شیر ایمنی	Safety Valve
هوای اشباع شده	Saturated Air
دمای اشباع	Saturation Temperature
شیر شریدر	Schrader Valve
دومی ــ ثانیه	Second
هوای ثانویه	Secondary Air
ولتاژ خروجی در یک ترانسفورماتور	Secondary Voltage
کمپرسور نیمه بسته	Semihermetic Compressor
گرمای محسوس	Sensible Heat
شیر سرویس	Service Valve
یک کمپرسور بسته قابل تعمیر	Serviceable Hermetic Compressor
حس کننده ــ حس‌گر	Sensor
پوسته	Shell
خاموش کردن	Shut Down
سیل شفت ــ وسله گاز بند دور محور	Shaft Seal
سایت گلاس ــ شیشه دید	Sight glass
لحیم کاری با سیم نقره	Silver brazing
شیر برقی	Solenoid valve
جامد	Solid
وزن مخصوص	Specific gravity
گرمای ویژه	Specific heat
حجم مخصوص	Specific volume
سیستم دوتکه	Split system
سیم‌پیچ استارت یا راه انداز	Start Winding
رله استارت	Starting Relay
استاتور ــ قسمت ساکن موتور	Stator
تله بخار	Steam Trap
ساب کولد ــ بیش سرد شده	Subcooled
خط مکش	Suction Line
هوای ورودی	Supply Air
سوپر هیت ــ بیش گرم	Superheat
افت دما	Temperature Drop
افزایش دما	Temperature Rise
ترمیستور	Thermister
ترموکوپل	Thermocouple
ترمودینامیک	Thermodynamics
ترموستات	Thermostat
شیر انبساط ترموستاتیک	Thermostatic Expansion Valve
شیر سه راهه	Three ــ Way Valve
تن تبرید	Ton of Refrigeration
گشتاور یا نیروی چرخاننده	Torque
ترانسفورماتور (مبدل ولتاژ و جریان)	Transformer
وکیوم	Vacuum
شیر	Valve
صفحه سوپاپ	Valve plate
بخار	Vapor
خط بخار	Vapor Line
فشار بخار	Vapor Pressure
سرعت	Velocity
ونت	Vent
تهویه (فرآیند تأمین هوای تازه یا بیرون راندن هوا از فضای بسته)	Ventilation
ونتیلاتور یا دمنده	Ventilator
ویسکوزیته	Viscosity
ولت (واحد پتانسیل الکتریکی)	Volt
ولتاژ ــ فشار الکتریکی	Voltage

Voltage relay	رله ولتاژ	Welded	جوش داده شده
Volume	حجم	Wet bulb	دمای حباب مرطوب
Warm	گرم	Width	پهنا
Water column	ستون آب	Winter	زمستان
Water Cooler	آب سردکن	Wire	سیم
Water heater	آب گرم‌کن	Work	کار
Water meter	کنتور آب (شمارنده دبی عبوری)	Work shop	تعمیرگاه
Water proof	ضد آب	Working pressure	فشار کاری
Watt	وات (واحد توان الکتریکی می‌باشد.)	Zero	صفر
Weight	وزن یا سنگینی	Zone	منطقه

پیوست ۱


Pressure (MPa)
Enthalpy (kJ/kg)
R-134a
T=0°C
T=160°C
Density=200 kg/m³

پیوست ۲



پیوست ۳

جدول تبدیل درجه حرارت سانتی‌گراد و فارنهایت

Temperature			Temperature			Temperature			Temperature		
Celsius	C or F	Fahr	Celsius	C or F	Fahr	Celsius	C or F	Fahr	Celsius	C or F	Fahr
−40.0	**−40**	−40.0	−6.7	**+20**	+68.0	+26.7	**+80**	+176.0	+60.0	**+140**	+284.0
−39.4	**−39**	−38.2	−6.1	**+21**	+69.8	+27.2	**+81**	+177.8	+60.6	**+141**	+285.8
−38.9	**−38**	−36.4	−5.5	**+22**	+71.6	+27.8	**+82**	+179.6	+61.1	**+142**	+287.6
−38.3	**−37**	−34.6	−5.0	**+23**	+73.4	+28.3	**+83**	+181.4	+61.7	**+143**	+289.4
−37.8	**−36**	−32.8	−4.4	**+24**	+75.2	+28.9	**+84**	+183.2	+62.2	**+144**	+291.2
−37.2	**−35**	−31.0	−3.9	**+25**	+77.0	+29.4	**+85**	+185.0	+62.8	**+145**	+293.0
−36.7	**−34**	−29.2	−3.3	**+26**	+78.8	+30.0	**+86**	+186.8	+63.3	**+146**	+294.8
−36.1	**−33**	−27.4	−2.8	**+27**	+80.6	+30.6	**+87**	+188.6	+63.9	**+147**	+296.6
−35.6	**−32**	−25.6	−2.2	**+28**	+82.4	+31.1	**+88**	+190.4	+64.4	**+148**	+298.4
−35.0	**−31**	−23.8	−1.7	**+29**	+84.2	+31.7	**+89**	+192.2	+65.0	**+149**	+300.2
−34.4	**−30**	−22.0	−1.1	**+30**	+86.0	+32.2	**+90**	+194.0	+65.6	**+150**	+302.0
−33.9	**−29**	−20.2	−0.6	**+31**	+87.8	+32.8	**+91**	+195.8	+66.1	**+151**	+303.8
−33.3	**−28**	−18.4	0	**+32**	+89.6	+33.3	**+92**	+197.6	+66.7	**+152**	+305.6
−32.8	**−27**	−16.6	+0.6	**+33**	+91.4	+33.9	**+93**	+199.4	+67.2	**+153**	+307.4
−32.2	**−26**	−14.8	+1.1	**+34**	+93.2	+34.4	**+94**	+201.2	+67.8	**+154**	+309.2
−31.7	**−25**	−13.0	+1.7	**+35**	+95.0	+35.0	**+95**	+203.0	+68.3	**+155**	+311.0
−31.1	**−24**	−11.2	+2.2	**+36**	+96.8	+35.6	**+96**	+204.8	+68.9	**+156**	+312.8
−30.6	**−23**	−9.4	+2.8	**+37**	+98.6	+36.1	**+97**	+206.6	+69.4	**+157**	+314.6
−30.0	**−22**	−7.6	+3.3	**+38**	+100.4	+36.7	**+98**	+208.4	+70.0	**+158**	+316.4
−29.4	**−21**	−5.8	+3.9	**+39**	+102.2	+37.2	**+99**	+210.2	+70.6	**+159**	+318.2
−28.9	**−20**	−4.0	+4.4	**+40**	+104.0	+37.8	**+100**	+212.0	+71.1	**+160**	+320.0
−28.3	**−19**	−2.2	+5.0	**+41**	+105.8	+38.3	**+101**	+213.8	+71.7	**+161**	+321.8
−27.8	**−18**	−0.4	+5.5	**+42**	+107.6	+38.9	**+102**	+315.6	+72.2	**+162**	+323.6
−27.2	**−17**	+1.4	+6.1	**+43**	+109.4	+39.4	**+103**	+217.4	+72.8	**+163**	+325.4
−26.7	**−16**	+3.2	+6.7	**+44**	+111.2	+40.0	**+104**	+219.2	+73.3	**+164**	+327.2
−26.1	**−15**	+5.0	+7.2	**+45**	+113.0	+40.6	**+105**	+221.0	+73.9	**+165**	+329.0
−25.6	**−14**	+6.8	+7.8	**+46**	+114.8	+41.1	**+106**	+222.8	+74.4	**+166**	+330.8
−25.0	**−13**	+8.6	+8.3	**+47**	+116.6	+41.7	**+107**	+224.6	+75.0	**+167**	+332.6
−24.4	**−12**	+10.4	+8.9	**+48**	+118.4	+42.2	**+108**	+226.4	+75.6	**+168**	+334.4
−23.9	**−11**	+12.2	+9.4	**+49**	+120.2	+42.8	**+109**	+228.2	+76.1	**+169**	+336.2
−23.3	**−10**	+14.0	+10.0	**+50**	+122.0	+43.3	**+110**	+230.0	+76.7	**+170**	+338.0
−22.8	**−9**	+15.8	+10.6	**+51**	+123.8	+43.9	**+111**	+231.8	+77.2	**+171**	+339.8
−22.2	**−8**	+17.6	+11.1	**+52**	+125.6	+44.4	**+112**	+233.6	+77.8	**+172**	+341.6
−21.7	**−7**	+19.4	+11.7	**+53**	+127.4	+45.0	**+113**	+235.4	+78.3	**+173**	+343.4
−21.1	**−6**	+21.2	+12.2	**+54**	+129.2	+45.6	**+114**	+237.2	+78.9	**+174**	+345.2
−20.6	**−5**	+23.0	+12.8	**+55**	+131.0	+46.1	**+115**	+239.0	+79.4	**+175**	+347.0
−20.0	**−4**	+24.8	+13.3	**+56**	+132.8	+46.7	**+116**	+240.8	+80.0	**+176**	+348.8
−19.4	**−3**	+26.6	+13.9	**+57**	+134.6	+47.2	**+117**	+242.6	+80.6	**+177**	+350.6
−18.9	**−2**	+28.4	+14.4	**+58**	+136.4	+47.8	**+118**	+244.4	+81.1	**+178**	+352.4
−18.3	**−1**	+30.2	+15.0	**+59**	+138.2	+48.3	**+119**	+246.2	+81.7	**+179**	+354.2
−17.8	**0**	+32.0	+15.6	**+60**	+140.0	+48.9	**+120**	+248.0	+82.2	**+180**	+356.0
−17.2	**+1**	+33.8	+16.1	**+61**	+141.8	+49.4	**+121**	+249.8	+82.8	**+181**	+357.8
−16.7	**+2**	+35.6	+16.7	**+62**	+143.6	+50.0	**+122**	+251.6	+83.3	**+182**	+359.6
−16.1	**+3**	+37.4	+17.2	**+63**	+145.4	+50.6	**+123**	+253.4	+83.9	**+183**	+361.4
−15.6	**+4**	+39.2	+17.8	**+64**	+147.2	+51.1	**+124**	+255.2	+84.4	**+184**	+363.2
−15.0	**+5**	+41.0	+18.3	**+65**	+149.0	+51.7	**+125**	+257.0	+85.0	**+185**	+365.0
−14.4	**+6**	+42.8	+18.9	**+66**	+150.8	+52.2	**+126**	+258.8	+85.6	**+186**	+366.8
−13.9	**+7**	+44.6	+19.4	**+67**	+152.6	+52.8	**+127**	+260.6	+86.1	**+187**	+368.6
−13.3	**+8**	+46.4	+20.0	**+68**	+154.4	+53.3	**+128**	+262.4	+86.7	**+188**	+370.4
−12.8	**+9**	+48.2	+20.6	**+69**	+156.2	+53.9	**+129**	+264.2	+87.2	**+189**	+372.2
−12.2	**+10**	+50.0	+21.1	**+70**	+158.0	+54.4	**+130**	+266.0	+87.8	**+190**	+374.0
−11.7	**+11**	+51.8	+21.7	**+71**	+159.8	+55.0	**+131**	+267.8	+88.3	**+191**	+375.8
−11.1	**+12**	+53.6	+22.2	**+72**	+161.6	+55.6	**+132**	+269.6	+88.9	**+192**	+377.6
−10.6	**+13**	+55.4	+22.8	**+73**	+163.4	+56.1	**+133**	+271.4	+89.4	**+193**	+379.4
−10.0	**+14**	+57.2	+23.3	**+74**	+165.2	+56.7	**+134**	+273.2	+90.0	**+194**	+381.2
−9.4	**+15**	+59.0	+23.9	**+75**	+167.0	+57.2	**+135**	+275.0	+90.6	**+195**	+383.0
−8.9	**+16**	+60.8	+24.4	**+76**	+168.8	+57.8	**+136**	+276.8	+91.1	**+196**	+384.8
−8.3	**+17**	+62.6	+25.0	**+77**	+170.6	+58.3	**+137**	+278.6	+91.7	**+197**	+386.6
−7.8	**+18**	+64.4	+25.6	**+78**	+172.4	+58.9	**+138**	+280.4	+92.2	**+198**	+388.4
−7.2	**+19**	+66.2	+26.1	**+79**	+174.2	+59.4	**+139**	+282.2	+92.8	**+199**	+390.2

The numbers in boldface in the center column refer to the temperature, either in Celsius or Fahrenheit which is to be converted to the other scale. If converting Fahrenheit to Celsius the equivalent temperature will be found in the left column. If converting Celsius to Fahrenheit, the equivalent temperature will be found in the column on the right

پیوست ۴

تبدیل بین واحدهای فشار در سیستم SI و سیستم انگلیسی

	pascal	atm	bar	kg/cm^2	psi	mmHg	inHg	$dyne/cm^2$
pascal	1	9.8692×10^{-6}	10^{-5}	1.0192×10^{-5}	1.45038×10^{-4}	0.00750	2.953×10^{-4}	10
atm	101.325	1	1.01325	1.03323	14.6960	760.0	29.921	1013.250
bar	10^5	0.98692	1	1.01972	14.5038	750.062	29.530	10^6
kg/cm^2	98.066	0.96784	0.98066	1	14.223	735.559	28.959	980.665
psi	6894.8	0.068046	0.068948	0.07030696	1	51.715	2.0360	33.864
mmHg	133.32	0.00131579	0.0013332	0.0013595	0.0193368	1	0.03937	1333.2
inHg	3386.4	0.033421	0.033864	0.034532	0.491154	25.400	1	33.864
$dyne/cm^2$	0.100	9.8692×10^{-7}	10^{-6}	1.01972×10^{-6}	1.45038×10^{-5}	0.000750	2.953×10^{-5}	1

منابع و مآخذ

ـ حاج سقطی، اصغر، تأسیسات برودتی کد ۴۹۵/۸

ـ حاج سقطی، اصغر، اصول تبرید (ترجمه) دانشگاه علم و صنعت ایران

ـ زمانی پرویز، سلیمانی سپانوس، اصول نوین سردکننده‌ها (ترجمه) دانشگاه خواجه نصیر طوسی

ـ قدیری مقدم اصغر و دیگران، تأسیسات حرارتی کد ۴۹۴/۶

ـ کاظمی مازیار، برهانی صفا، اصول ترمودینامیک کلاسیک (ترجمه) انتشارات شهراب

ـ بروشورهای شرکت تراست

۱ـ Robert Chatenever, Air conditioning and Refrigeration for Professional

۲ـ Whitman. Johnson, tomczyk Refrigeration and Air Conditioning

۳ـ Norman C.Harris, Moder Air conditioning Practice McGraw.Hill

۴ـ ARI, Refrigeration and Air Conditioning

۵ـ Jan F. Kreider Ph.D,PC

Peter S. Curtiss, Ph.D

Ari Rabl, PhD

Heating and cooling of Bulding

۶ـ Wilbert F.Stoecker / Jerold W. Jones Refrigeration and Conditioning