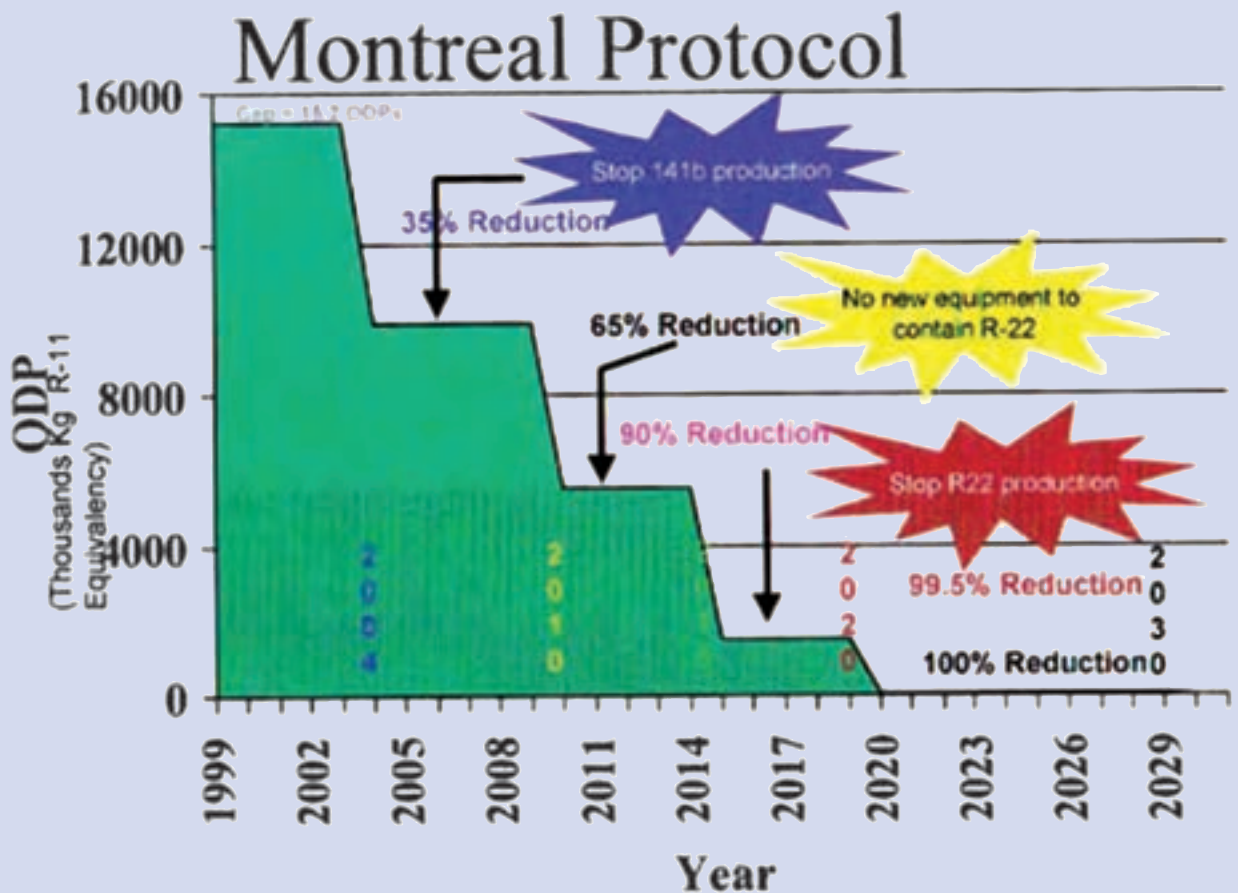


مواد سرمازا و روغن‌ها



Switching to HFC alternatives is more important than ever!

## مواد سرمازا و روغن‌ها



## پیش‌آزمون

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

## ۱-۸- تاریخچه

## روش آموزش

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

## دانش‌افزایی

## تاریخچه پیدایش مواد سرمازا

در جدول شکل ۱-۸ گام‌هایی که در راستای پیدایش مواد سرمازا انجام شده، آمده است.

جدول ۱-۸- تاریخچه پیدایش مواد سرمازا

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

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

## ۸-۲- سرمازاها

### روش آموزش

پس از تاریخچه می‌توان دو دیدگاه را برای آموزش برگزید:

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

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

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند پس از یادآوری اندکی از شیمی آلی که هنرجویان در سال اول متوسطه آموخته‌اند به ساختار آلکان‌ها اشاره و بر مبنای آن متان و اتان را بیان کنند. چون کاربرد سرمازای R-۱۳۴ زیاد است با کشیدن شکل آن بدون در نظر گرفتن ایزومرهای آن ثابت کنید که این گاز در سری اتان است. همانطور که می‌دانید نام این گاز تترافلورواتان است و فرمول شیمیایی آن  $\text{CH}_2\text{FCF}_2$  است. البته می‌توانید قبل از اینکه به این بحث بپردازید، دسته‌بندی سرمازاها را با نموداری که در بخش دانش‌افزایی آمده آغاز نمایید و نمودار را در گوشه‌ای از تخته بکشید که تا آخر این درس هنرجو بتواند جایگاه هر سرمازا را ببیند. سپس برابر شکل ۴-۸ برای کربن، هیدروژن، فلور و کلر یک رنگ در نظر گرفته و چهار حالت هالوکربن‌ها را رسم کنید. البته گروه FC در کتاب نمی‌باشد و برای دانش‌افزایی می‌توان آن را بیان نمود.

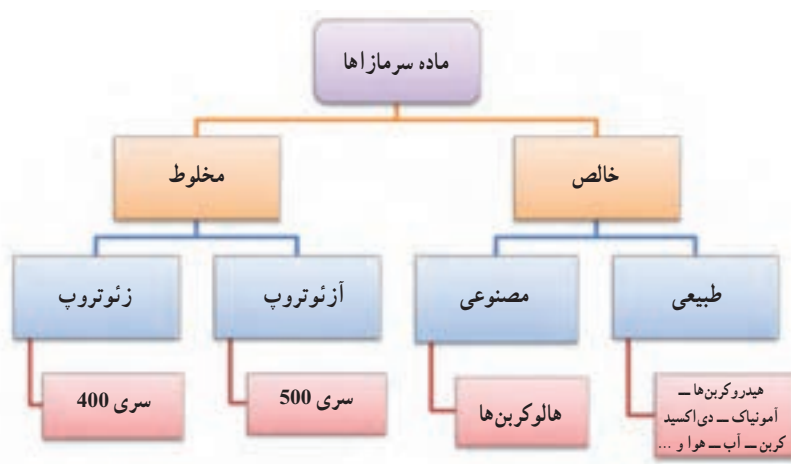
سرمازاهای مخلوط را به دلیل کاربرد فراوان آنها و اشاره کتاب به سرمازای R-۴۰۷ می‌توان بیان نمود. سپس به سرمازاهای طبیعی اشاره شود و به دلیل مشکلاتی که سرمازاهای مصنوعی برای محیط زیست پیش آورده است و بازگشت به سرمازاهای طبیعی بهتر است که با یک نگاه ویژه به آنها توجه شود.

الف) شیمی آلی<sup>۱</sup>

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

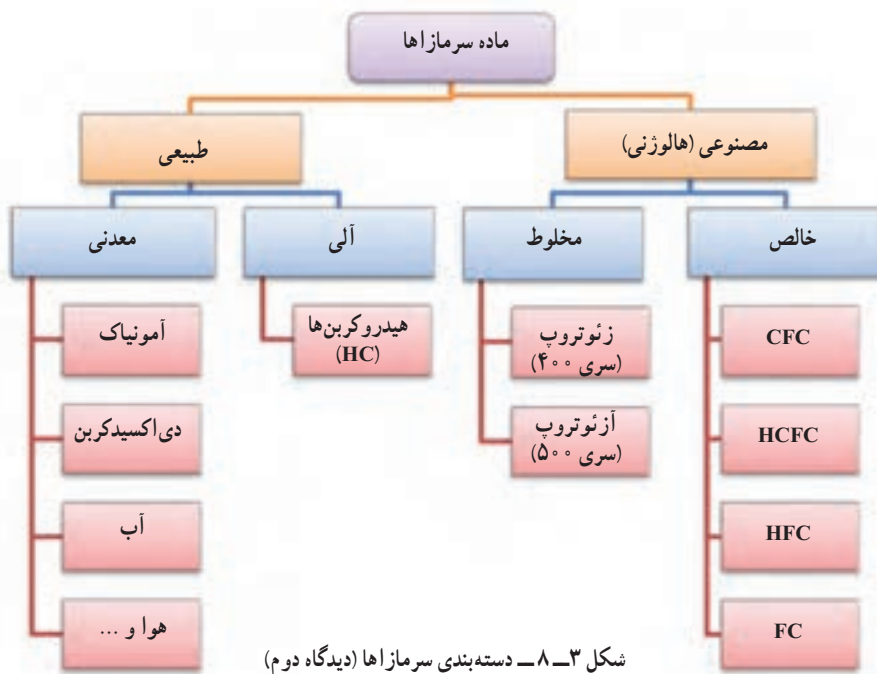
## ب) دسته‌بندی سرمازاها

به ماده‌ای سرمازا<sup>۲</sup> گویند که در یک چرخه گرمایی بتواند افزون بر گرفتن گرما و پس دادن آن در محل دیگر، برگشت پذیر بوده و از مایع به گاز و بالعکس تبدیل شود. استاندارد ASHRAE ۳۴ بیش از صد سرمازا را نامبرده است. سرمازاها را از چند دیدگاه می‌توان دسته‌بندی نمود. یک دیدگاه آن در شکل ۲-۸ آمده است:



شکل ۲-۸ - دسته‌بندی سرمازاها (دیدگاه یکم)

در شکل ۸-۳ همان سرمازاها را از دیدگاهی دیگر دسته‌بندی نموده است:



شکل ۸-۳ - دسته‌بندی سرمازاها (دیدگاه دوم)

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

### ۱- سرمازاهای مصنوعی

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

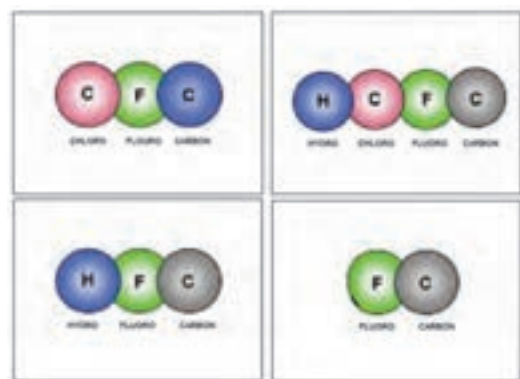
#### سرمازاهای خالص

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

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

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

مانند: R-۲۲



شکل ۸-۴ - هالوکربن‌ها

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

گروه خارج شده است. مانند: R۱۳۴a

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

## سرمازاهای مخلوط

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

**آزوتروپ‌ها<sup>۲</sup>:** آزوتروپ‌ها از آمیختن دو یا چند سرمازا که بعد از درهم شدن یک ماده تازه را تشکیل می‌دهند که ویژگی آن ماده با هر یک از مواد تشکیل دهنده آن متفاوت است، به دست می‌آید. درصدهای مواد تشکیل دهنده این سرمازاها در حالت‌های گاز و مایع مساوی است. سرمازاهای سری ۵۰۰ از این دسته می‌باشند. مانند R-۵۰۷ که ترکیبی از ۵۰ درصد R-۱۲۵ و ۵۰ درصد R-۱۳۴a است.

**زئوتروپ‌ها<sup>۳</sup>:** زئوتروپ‌ها از آمیختن دو یا چند سرمازا که در فشار و دمای معین درصدهای تشکیل دهنده مواد در حالت گاز و مایع برابر نیستند، به دست می‌آیند. در نتیجه عمل تبخیر یا تقطیر در دمای ثابتی انجام نمی‌شود. مواد سرمازای سری ۴۰۰ از این دسته می‌باشند. مانند R-۴۱۰a که ترکیبی از ۵۰ درصد R-۱۲۵ و ۵۰ درصد R-۳۲ است.

## مواد سرمازای طبیعی

### مواد سرمازای آلی

**هیدروکربن‌ها (HC):** ساختار اصلی این دسته را کربن و هیدروژن تشکیل می‌دهد و در بعضی از کشورها این دسته سرمازا بسیار به کار می‌رود. از شناخته‌ترین هیدروکربن‌هایی که در تبرید رایج می‌باشند پروپان (R-۲۹۰) و ایزوبوتان (R-۶۰۰a) می‌باشد. از ویژگی‌های این سرمازاها: اثر نامطلوب زیست محیطی کم، اشتعال پذیری بالا، راندمان زیاد، سردکنندگی خیلی خوب می‌باشد.

## مواد سرمازای معدنی

**آمونیاک (NH<sub>3</sub>):** آمونیاک (R-۷۱۷) مهم‌ترین ترکیب هیدروژنه ازت است و در طبیعت از تجزیه مواد آلی ازت‌دار بدست می‌آید. آمونیاک گازی است بی‌رنگ، با مزه فوق‌العاده تند و زننده که اشک آور و خفه‌کننده است. گاز آمونیاک از هوا سبک‌تر بوده و به سهولت به مایع تبدیل می‌شود. آمونیاک در آب بسیار محلول بوده و نقطه ذوب آن ۷۸°C- و نقطه جوش آن ۳۴°C- است. آمونیاک سبب تحریکات دستگاه تنفسی، پوست و چشم شده و با آسیب رساندن به شش‌ها در اثر مواجهه با حجم زیاد این گاز می‌تواند سبب مرگ شود. آمونیاک به شکل نمک آمونیاک نخستین بار توسط جابر ابن حیان شیمیدان ایرانی شناخته شد.

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

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

**دی اکسید کربن (CO<sub>۲</sub>):** یکی دیگر از سرمازاهای طبیعی دی اکسید کربن (R-۷۴۴) است که در جو یافت می‌شود. قیمت پایین و سادگی سیستم و کارکرد با روغن معدنی و بی خطر بودن برای طبیعت از مزایای این ماده است. دی اکسید کربن دارای فشار بحرانی بالا و دمای بحرانی پایین (۳۱ °C) و دمای نقطه سه گانه نسبتاً بالا (۵۶ °C-) است.

**آب:** در سیستم‌های جذبی از آب (R-۷۱۸) به عنوان ماده سرمازا استفاده می‌شود.

**هوا:** گرچه استفاده از هوا (R-۷۲۹) در چرخه‌ها نسبت به سایر سرمازاها بهره کمتری دارد با این حال در صنایع و سردکردن کابین هواپیما از آن استفاده می‌شود.

در شکل ۵-۸ جدول مواد سرمازای خالص آورده شده است.

شکل ۵-۸ - جدول مواد سرمازای خالص

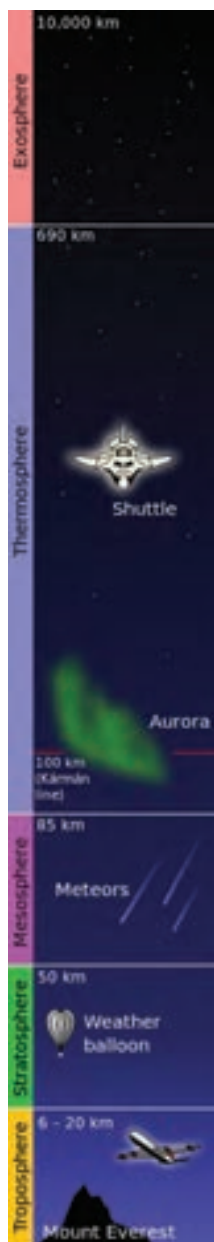
هالوژنی				غیر هالوژنی	
کلردار		بدون کلر		هیدروکربن‌ها HC	غیر آلی
هالوژنی کامل CFC	هالوژنی ناقص HCFC	هالوژنی کامل FC	هالوژنی ناقص HFC		
R۱۱	R۲۲	R۱۴	R۲۳	R۱۷۰ (اتان)	R۷۰۲ (هیدروژن)
R۱۲	R۱۲۳	R۱۱۶	R۱۲۵	R۲۹۰ (پروپان)	R۷۰۴ (هلیوم)
R۱۳	R۱۲۴	R۲۱۸	R۳۲	R۶۰۰ (پوتان)	R۷۱۷ (آمونیاک)
R۱۳B۱	R۱۴۲b	RC۳۱۸	R۱۳۴a	R۶۰۰a (ایزوبوتان)	R۷۱۸ (آب)
R۱۱۳			R۱۴۳a	R۱۱۵۰ (اتیلن)	R۷۲۸ (نیتروژن)
R۱۱۴			R۱۵۲a		R۷۳۲ (اکسیژن)
R۱۱۵			R۲۲۷		R۷۴۰ (آرگون)
					R۷۴۴ (CO <sub>۲</sub> )
					R۷۶۴ (SO <sub>۲</sub> )

### ۳-۸ - سرمازاها و محیط زیست

#### روش آموزش

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

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

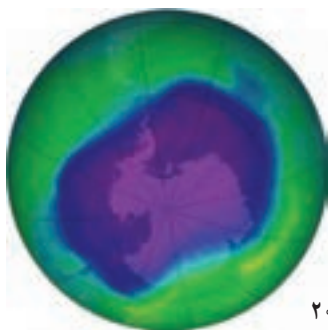


شکل ۶-۸- لایه‌های آتمسفر

**الف) لایه ازن:** گاز ازن ( $O_3$ ) یکی از شکل‌های گاز اکسیژن است. این گاز را شیمیدان آلمانی به نام کریستین فردریش شونباین<sup>۱</sup> کشف و نام آن را از واژه‌ای یونانی به معنی «بو» گرفته است. علت این نام‌گذاری این است که بعد از آذرخش و باران بوی مطبوعی در هوا می‌پیچد که دلیل آن وجود گاز ازن است. این گاز در اثر برخورد پرتوهای فرابنفش یا آذرخش به مولکول‌های اکسیژن و تجزیه آن به دو اتم اکسیژن و در نتیجه ترکیب یک اتم با یک مولکول ایجاد می‌شود. در لایه استراتوسفر زمین گاز ازن قرار دارد. لایه ازن با غلظت بالایی از مولکول‌های ازن تشکیل شده است و در سال ۱۹۱۳ توسط دو فیزیک‌دان فرانسوی به نام‌های چارلز فابری و هنری بویسون کشف شد. چنانچه از فضا به زمین نگاه شود این لایه به شکل یک نوار آبی نازک قابل مشاهده است. علت قرار گرفتن این گاز در این لایه این است که در بالای ازن ذراتی وجود دارند که آنها را شبه عناصر می‌نامند. در حالت طبیعی زمین ذرات بسیار ریزی را از خود تولید می‌کند که این ذرات سبک‌تر از گاز ازن می‌باشد. خورشید نوعی موج ویژه دارد که پس از برخورد با زمین تا قسمت بیرونی لایه ازن منعکس می‌گردد و دقیقاً در مرز انعکاس این امواج، ذرات مذکور در لایه‌ای حدود سه تا چهار کیلومتر تشکیل می‌شوند. این ذرات به صورت محافظ، از ازن نگهداری می‌کنند. این لایه با جذب ۹۷ تا ۹۹ درصد پرتوهای فرابنفش خورشید، زندگی را بر روی زمین ممکن می‌سازد. لایه ازن از پرتوهای پرنرژی فرابنفش را جذب کرده و آنها را به شکل پرتوهای فرسرخ درمی‌آورد و به سطح زمین می‌فرستد.

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

پس از استفاده از کلروفلوروکربن‌ها، این ترکیبات به استراتوسفر راه یافتند و عناصر کلر و برم موجود در آنها طی واکنش‌های شیمیایی موجب تخریب تدریجی لایه ازن شدند. به‌ویژه ضخامت لایه ازن بر فراز قطب جنوب به شدت کاهش یافته است. (شکل ۷-۸)



شکل ۷-۸- شکاف لایه ازن در قطب جنوب سال ۲۰۰۶

۱- Christian Friedrich Schönbein (1799-1868)



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

**(ب) پتانسیل تخریب لایه ازن<sup>۱</sup> (ODP):** ODP یک شاخص برای سنجش ویرانگری لایه ازن توسط مواد گوناگون می‌باشد. این معیار یک مقدار نسبی است که نسبت به ماده سرمازای CFC-۱۱ سنجیده می‌شود. پس ماده CFC-۱۱ با ODP برابر یک تعریف می‌شود و سایر مواد با توجه به این نقطه مرجع محاسبه می‌شوند. بنابراین چنانچه ODP یک ماده ۰/۲ باشد به این مفهوم است که این ماده یک پنجم بدی CFC-۱۱ را در تخریب لایه ازن دارد. در نتیجه ODP به‌شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$ODP = \frac{\text{Global loss of Ozone due to X}}{\text{Global loss of Ozone due to CFC-11}}$$

پس ODP نسبت از دست دادن جهانی ازن توسط ماده X به از دست دادن جهانی ازن توسط CFC-۱۱ است. همانگونه که می‌دانیم مولکول ویرانگر پس از یک بار ویرانگری یک مولکول ازن از بین نمی‌رود و ما باید عامل زمان را نیز در معادله دخالت دهیم. اما چنانچه بازه زمانی را در تخریب لایه ازن دخالت دهیم معادله به‌شکل زیر است:

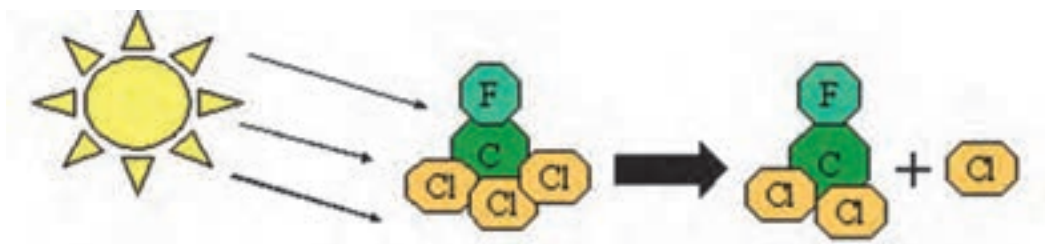
$$ODP(X, T) = \frac{\text{loss of Ozone due to X over time period T}}{\text{loss of Ozone due to CFC-11 over time period T}}$$

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

شکل ۸-۸- جدول ODP چند ماده

		ODP			
		۱۰ سال	۳۰ سال	۱۰۰ سال	حالت پایدار
CFC-۱۱۳	CF <sub>3</sub> ClCFCl <sub>2</sub>	۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۷۸	۱/۱۰
Carbon tetrachloride	CCl <sub>4</sub>	۱/۲۵	۱/۲۲	۱/۱۴	۱/۰۸
methyl chloroform	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	۰/۷۵	۰/۳۲	۰/۱۵	۰/۱۲
HCFC-۲۲	CHF <sub>2</sub> Cl	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۵
Halon-۱۳۰۱	CF <sub>3</sub> Br	۱۰/۴	۱۰/۷	۱۱/۵	۱۲/۵

**(پ) رویه ویرانی لایه ازن:** همانطور که توضیح داده شد هالوژن‌ها یکی از مواد ویرانگر لایه ازن<sup>۲</sup> (ODS) می‌باشند. یک نمونه از ترکیب ماده سرمازای R-۱۱ به‌شکل ۸-۹ خواهد بود:



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



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

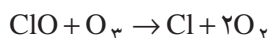
شکل ۹-۸- ویرانی ازن با کلر

همان گونه که دیده می شود :

۱- اتم کلر از R-۱۱ با تابش پرتوهای فرابنفش آزاد می شود.

۲- اتم کلر با مولکول ازن که ناپایدار است برخورد کرده و ضمن ساخت کلرومونواکسید یک مولکول اکسیژن نیز می سازد.

۳- کلرومونواکسید با یک مولکول ازن دیگر برخورد کرده و ضمن آزاد سازی کلر دو مولکول اکسیژن نیز می سازد.



همان طور که دیده می شود در این فرایند کلر همچنان باقی می ماند تا دست کم یکصد هزار مولکول ازن را از بین ببرد.

**ت) کنوانسیون وین و پروتکل مونترال:** به دنبال کشف حفره ازن در سال ۱۹۸۵ کنوانسیون وین برای حفاظت از لایه

ازن توسط سازمان ملل متحد و دیگر کشورهای جهان تدوین گردید. این کنوانسیون را ۲۸ کشور امضا کردند. گرچه این کنوانسیون به طور عمده توسط کشورهای پیشرفته به امضا رسید و دربرگیرنده هیچ اقدام کنترلی بین المللی نبود با این همه یک نقطه عطف به شمار می رود. در حقیقت این کنوانسیون نخستین موافقت نامه بین المللی برای ایجاد زمینه همکاری های علمی و فنی برای حفاظت از لایه ازن می باشد. این کنوانسیون زمینه تشکیل دومین ساختار حقوقی بین المللی برای اقدامات حفاظتی از لایه ازن (مونترال) را به وجود آورد.

دو سال پس از کنوانسیون وین، در سال ۱۹۸۷ طرح های مذاکره کننده بین المللی برای بحث و تبادل نظر درباره تعهدات محکم تر بین المللی برای CFC ها و حفاظت از لایه ازن در مونترال گردهم آمدند. در حقیقت پروتکل مونترال، به عنوان مکمل کنوانسیون وین بوده و نخستین اقدام کنترلی بین المللی در مورد مواد از بین برنده لایه ازن در آن پیش بینی شده است.

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

این امر یک موفقیت مهم در صحنه بین المللی به شمار می رفت. زیرا شرایط خاص کشورهای در حال توسعه را شناسایی و

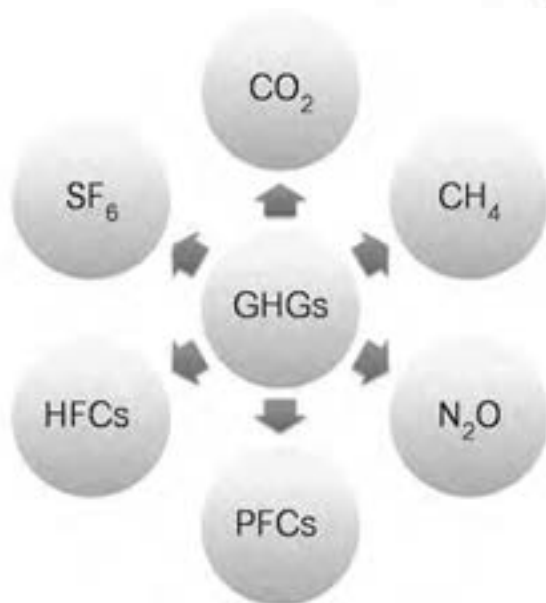
مورد توجه قرار داده است. براساس این پروتکل، ابتدا کشورهای پیشرفته ملزم به کاهش انتشار CFC ها به میزان ۵۰ درصد تا سال

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

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



شکل ۱۰-۸- نتیجه پروتکل مونترال



شکل ۱۱-۸- چند گاز گلخانه‌ای

### ث) گاز گلخانه‌ای<sup>۱</sup>: یک گاز گلخانه‌ای (GHG) گازی

است که پرتوهایی که در محدوده فرسرخ در آتمسفر قرار دارند را جذب و پخش می‌کند. بخار آب ( $H_2O$ )، دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ )، متان ( $CH_4$ ) و ازن ( $O_3$ ) از مؤثرترین گازهای گلخانه‌ای هستند شکل (۸-۱۱). علاوه بر گازهای نام‌برده، اکسیددی‌نیتروژن ( $N_2O$ )<sup>۲</sup>، هیدروفلوروکربن‌ها (HFCs)، کلروفلوروکربن‌ها (CFCs)، هیدروکلروفلوروکربن‌ها (HCFCs) و پرفلوروکربن‌ها (PFCs) نیز از جمله این گازها می‌باشند.

۱- GreenHouse Gas

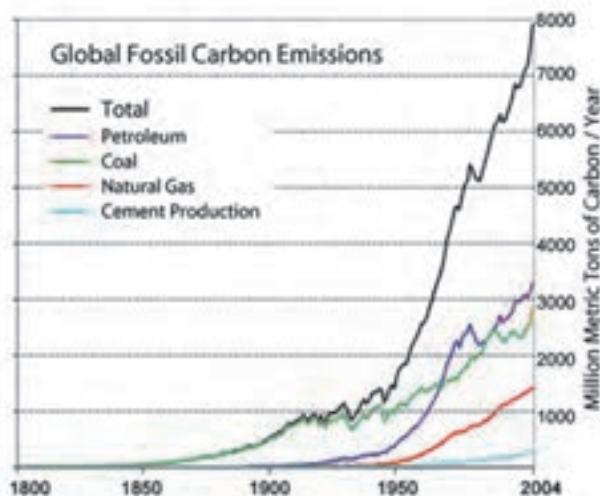
۲- گاز ( $N_2O$ ) را نباید با گازهای ( $NO_x$ ) مانند دی‌اکسید نیتروژن ( $NO_2$ ) و مونواکسید نیتروژن ( $NO$ ) که تولید باران‌های اسیدی می‌کنند اشتباه گرفت.

گازهای گلخانه‌ای تا حد زیادی بر دمای زمین تأثیر می‌گذارند، بدون آنها، سطح زمین به‌طور متوسط در حدود ۳۳ درجه سلسیوس سردتر از حال حاضر می‌بود. (دمای زمین به‌طور متوسط در حال حاضر ۱۴ درجه سلسیوس است.) با وجودی که نمی‌توان به‌طور دقیق مشخص کرد که سهم هر کدام از این گازها در اثر گلخانه‌ای زمین چقدر است با این حال در جدول شکل ۸-۱۲ جدول تقریبی سهم هر کدام از گازها در فرایند گلخانه‌ای آورده شده است.

شکل ۸-۱۲- جدول سهم هر کدام از گازها در فرایند گلخانه‌ای

نام گاز	فرمول شیمیایی	سهم گاز در اثر گلخانه‌ای (درصد)
بخار آب	H <sub>2</sub> O	۳۶-۷۲
کربن دی‌اکسید	CO <sub>2</sub>	۹-۲۶
متان	CH <sub>4</sub>	۴-۹
ازن	O <sub>3</sub>	۳-۷

بخار آب یک «گاز طبیعی گلخانه‌ای» است و بالاترین نقش را در اثر گلخانه‌ای ایفا می‌کند. میزان غلظت بخار آب در منطقه‌های گوناگون در نوسان است، توجه داشته باشید که نقش انسان در تولید بخار آب ناچیز است. از آغاز انقلاب صنعتی با افزایش به‌کارگیری انسان از سوخت‌های فسیلی مقدار دی‌اکسید کربن در آتمسفر از ۲۸ ppm<sup>۱</sup> به ۳۹۷ ppm رسیده است. در شکل ۸-۱۳ نیز نمودار رشد انتشار سوخت‌های کربنی در آتمسفر را برحسب میلیون تن در سال می‌بینید.



شکل ۸-۱۳- نمودار رشد انتشار سوخت‌های کربنی

با توجه به نوع گاز گلخانه‌ای «زمان ماندگاری در جو» برای هر گاز متفاوت است. گذشته از بخار آب که در نزدیک سطح زمین زمان ماندگاری مشخصی دارد، بیشتر گازهای گلخانه‌ای مدت طولانی می‌گذرد تا جو زمین را ترک کنند. کار آسانی نیست که به‌طور دقیق بی‌بهریم چه مدتی طول می‌کشد، زیرا جو یک سیستم بسیار پیچیده است. اما برآوردهایی از مدت ماندن آنها وجود دارد که در ستون سوم جدول شکل ۸-۱۴ آمده است.

**ج) توان گرم کردن زمین<sup>۲</sup> (GWP):** GWP یک اندازه نسبی است که نشان دهنده میزان گرمای به‌دام افتاده توسط گازهای گلخانه‌ای در جو زمین است. مبنای اندازه‌گیری GWP، گاز CO<sub>2</sub> است. با این شکل که ابتدا گرمای به‌دام افتاده توسط دی‌اکسید کربن را در یک جرم و زمان مشخص محاسبه کرده و گرمای به‌دام افتاده با همان جرم و زمان را نسبت به آن اندازه می‌گیرند. GWP در بازه زمانی ۲۰ و ۱۰۰ و ۵۰۰ سال اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین GWP دی‌اکسید کربن در هر حالت یک است. در جدول شکل ۸-۱۴ مقدار GWP برای چند ماده آمده است. زمانی که ما می‌گوییم GWP گاز ۲۲-HCFC در ۲۰ سال ۵۱۶۰ می‌باشد، بدین معنی است که این گاز ۵۱۶۰ مرتبه بیشتر از دی‌اکسید کربن در این مدت و در جرم برابر گرما را به‌دام می‌اندازد.

شکل ۸-۱۴- جدول GWP چند گاز و زمان ماندگاری آنها

نام گاز	فرمول شیمیایی	زمان ماندگاری	GWP		
			سال ۲۰	سال ۱۰۰	سال ۵۰۰
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>		۱	۱	۱
Methane	CH <sub>4</sub>	۱۲	۷۲	۲۵	۷/۶
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	۱۱۴	۲۸۹	۲۹۸	۱۵۳
CFC-۱۲	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	۱۰۰	۱۱۰۰۰	۱۰۹۰۰	۵۲۰۰
HCFC-۲۲	CHClF <sub>2</sub>	۱۲	۵۱۶۰	۱۸۱۰	۵۴۹
HFC-۲۳	CHF <sub>3</sub>	۲۷۰	۱۱۰۰۰	۱۴۸۰۰	۱۲۲۰۰
HFC-۱۳۴a (hydrofluorocarbon)	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub>	۱۴	۳۸۳۰	۱۴۳۰	۴۳۵
Tetrafluoromethane-R۱۴	CF <sub>4</sub>	۵۰۰۰۰	۵۲۱۰	۷۳۹۰	۱۱۲۰۰
Hexafluoroethane-R۱۱۶	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	۱۰۰۰۰	۸۶۳۰	۱۲۲۰۰	۱۸۲۰۰
Sulfur hexafluoride	SF <sub>6</sub>	۳۲۰۰	۱۶۳۰۰	۲۲۸۰۰	۳۲۶۰۰
Nitrogen trifluoride	NF <sub>3</sub>	۷۴۰	۱۲۳۰۰	۱۷۲۰۰	۲۰۷۰۰

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

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

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

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

## ۸-۴- شماره گذاری سرمازاها برابر استاندارد ASHRAE ۳۴

### روش آموزش

روش شماره گذاری که در کتاب آمده به صورت چکیده است و بهتر است روشی که در دانش افزایی این بخش آمده است به کار گرفته شود.

### دانش افزایی

سرمازاها را می‌توان همان گونه که در نمودار دسته بندی سرمازاها دیده شد، برابر استاندارد ASHRAE ۳۴ شماره گذاری نمود.

#### ۱- شماره گذاری سرمازاهای هالوژنی خالص: R-nXYZ

- در شروع آن حرف R که نشانه سرمازا است آورده می‌شود.

- سپس یک عدد چهار رقمی در جلوی آن می‌آید.

- اولین حرف از سمت راست تعداد فلور است.  $Z=F$

- دومین حرف از سمت راست تعداد هیدروژن‌ها به اضافه یک است.  $Y=H+1$

- سومین حرف از سمت راست تعداد کربن منهای یک است.  $X=C-1$

- چهارمین عدد از سمت راست تعداد پیوندهای کربن سیر نشده<sup>۱</sup> می‌باشد.

$R-(C-1)(H+1)(F)$  (تعداد پیوندهای کربن سیر نشده) -R

- چنانچه در ساختار آن از برم Br استفاده شده باشد حرف B و تعداد اتم برم در جلوی آن نوشته می‌شود.

- چنانچه سرمازا چند ایزومر داشته باشد در حالت ساختار متقارن هیچ حرفی جلوی آن نوشته نمی‌شود و در سایر حالت‌ها،

حرف‌های a و b و c نوشته می‌شود. (مانند R-۱۳۴a)

- البته بهتر است با توجه به اثر تخریب کنندگی کلر در لایه ازن به جای حرف R نوع سرمازا را نوشت. (مانند R-۱۲-CFC یا

R-۱۲-BFC یا HFC-۱۳۴a)

**مثال ۱:** سرمازای  $CBrClF_2$  را شماره گذاری کنید.

$R-(C-1)(H+1)(F) \rightarrow$  (تعداد پیوندهای کربن سیر نشده) -R

$R-12B1$   $\rightarrow$   $R-(0)(1-1)(0+1)(2)$

۱- پیوندهای دو گانه و سه گانه، پیوندهای سیر نشده (غیر اشباع) نامیده می‌شوند و از نظر شیمیایی کاملاً واکنش پذیر می‌باشند.

**مثال ۲:** سرمازای  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  را شماره گذاری کنید.

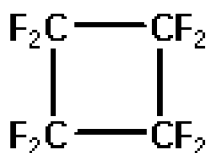
همان گونه که مشخص است یک پیوند کرین سیر نشده است:

$$R_nXYZ \rightarrow R_{-1}(2-1)(4+1)(0) \rightarrow R_{-1150}$$

**مثال ۳:** سرمازای  $\text{CH}_2=\text{CHF}$  را شماره گذاری کنید.

همان گونه که مشخص است یک پیوند کرین سیر نشده است:

$$R_nXYZ \rightarrow R_{-1}(2-1)(3+1)(1) \rightarrow R_{-1141}$$



**مثال ۴:** سرمازای  $\text{C}_4\text{F}_8$  (Octafluorocyclobutane) با ساختار نشان داده شده را شماره گذاری کنید.

$$R_nXYZ \rightarrow R_{-0}(4-1)(0+1)(8) \rightarrow R_{-C318}$$

همان گونه که در شکل نشان داده شده است ساختار مولکول آن به صورت حلقوی است و این ساختار را سیکلو می نامند و چون

ساختار آن حلقوی است حرف C را اضافه می کنیم. بنابراین شماره کامل آن:  $R_{-C318}$  است.

### ۲- شماره گذاری سرمازاهای هالوژنی مخلوط:

برای این نوع سرمازاها از تروپ‌ها با سری ۴xx و از توتروپ‌ها با سری ۵xx نشان می دهند. (مانند  $R_{-407}$  و  $R_{-502}$ )

### ۳- شماره گذاری سرمازاهای آلی:

سرمازاهای آلی سری متان، اتان و پروپان را همانند سرمازاهای هالوژنی خالص شماره گذاری می کنند و سایر آنها را با ۶xx

شماره گذاری می کنند (مانند بوتان  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  که با شماره  $R_{-600}$  مشخص می شود).

**مثال:** پروپان  $\text{C}_3\text{H}_8$  را شماره گذاری کنید.

$$R_nXYZ \rightarrow R_{-0}(3-1)(8+1)(0) \rightarrow R_{-290}$$

### ۴- شماره گذاری سرمازاهای طبیعی معدنی:

سرمازاهای معدنی نیز با ۷xx شماره گذاری می شوند. XX نشانه جرم مولکولی آن سرمازا است.

**مثال:** سرمازای  $\text{CO}_2$  را شماره گذاری کنید.

$$C=12, O=16 \rightarrow 12+2 \times 16=44 \rightarrow R_{-744}$$

**مثال:** گاز  $\text{N}_2\text{O}$  را شماره گذاری کنید.

$$N=14, O=16 \rightarrow 2 \times 14+16=44 \rightarrow R_{-744} \rightarrow R_{-744A}$$

چون شماره این گاز نیز  $R_{-744}$  شد برای پیشگیری از اشتباه آن را  $R_{-744A}$  می نامند.

شماره گذاری سرمازاهایی که در این بخش آورده شد براساس استاندارد ۳۴ ASHRAE است و در استانداردهای دیگر،

روش‌های دیگری و گازهای دیگری وجود دارد، مانند گازهای پیشنهادی دانشگاه انرژی مسکو؛ برای مثال CM۱ که جایگزین

$R_{-12}$  معرفی شده است.

## ۵-۸- سرمازای خوب

## روش آموزش

در آغاز به ویژگی‌های فیزیکی یک سرمازای خوب اشاره می‌شود و سپس به موضوع زیست محیطی آن اشاره می‌کنیم.

## دانش‌افزایی

در نگاه آغازین چشم‌داشت ما از یک سرمازای خوب این است که :

- سمی نباشد.
  - آتش نگیرد و منفجر نشود. (حتی پس از درهم شدن با هوا)
  - خورنده نباشد.
  - نشستی آن به آسانی قابل تشخیص باشد.
  - نقطه جوش آن پایین باشد.
  - با روغن درهم شده و باز از آن جدا شود.
  - گرمای نهان آن بالا باشد. (هرچه گرمای نهان سرمازا بالاتر باشد به مقدار کمتری سرمازا نیاز است.)
  - دمای بحرانی آن بالا باشد. (برای آنکه سرمازا در دماهای بالا، در فاز بخار پایدار بماند.)
  - بازده آن بالا باشد. (بازده بالای سرمازا توان مورد نیاز کمپرسور را برای فشرده کردن کاهش داده و ضریب عملکرد چرخه سردسازی را افزایش می‌دهد.)
  - حجم ویژه آن پایین باشد. (هرچه حجم ویژه سرمازا کمتر باشد دستگاه‌ها کوچک‌تر خواهند شد.)
  - هادی الکتریسیته نباشد.
  - با روغن ترکیب شیمیایی نشود و ...
- در زیر چند مورد پیش‌گفته توضیح داده می‌شود :

## ۱- سمیت

سمیت و توانایی فروش دو نمایه کلیدی برای نشان دادن درجه ایمنی یک ماده سرمازا هستند. در استاندارد ASHRAE ۳۴ این دو نمایه به صورت نسبی در جدول شکل ۱۵-۸ آمده است.

شکل ۱۵-۸- جدول نمایه نسبی سمیت و توانایی فروش

	کمترین درجه سمی بودن	بیشترین درجه سمی بودن
بیشترین درجه فروش	A۳	B۳
کمترین درجه فروش	A۲	B۲
بدون توانایی فروش	A۱	B۱



## ۲- توانایی افروزش

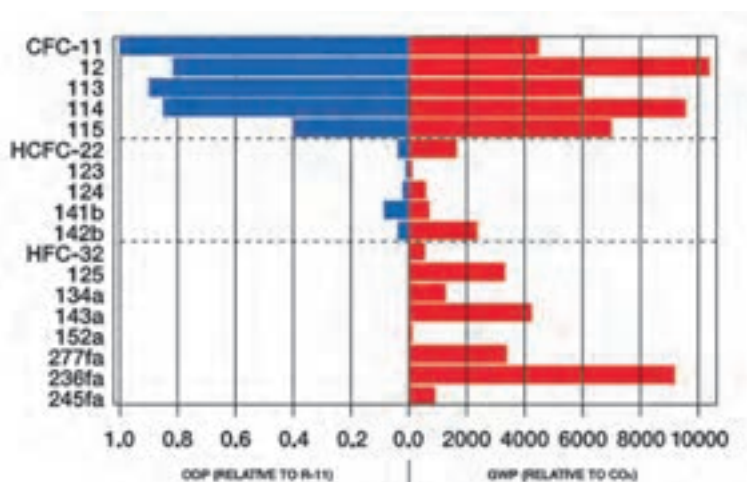
دومین معیار کلیدی برای سنجش سطح ایمنی ماده سرمازا، توانایی افروزش آن ماده است. آب را به عنوان یک ماده غیر قابل آتش گیر و پروبان (R-۲۹۰) را با توانایی افروزش زیاد در نظر بگیرید. به هر حال هر ماده‌ای با توجه به شرایطی که در آن وجود دارد ممکن است، بسوزد. آنچه برای سوختن یک ماده مورد نیاز است متفاوت است. یک کاغذ ممکن است در دمای اتاق با یک شعله بسوزد و یا می‌تواند بدون شعله در دمای ۲۳۳ درجه سلسیوس خودبه‌خود آتش بگیرد. توانایی افروزش مواد سرمازا در سه رده دسته‌بندی می‌شوند.

## ۳- بازده

گاهی دیده می‌شود که مفهوم بازده ماده سرمازا با ضریب عملکرد سیستم به اشتباه گرفته شده است. ضریب عملکرد مربوط به کل سیستم می‌باشد و پارامترهای زیادی روی آن تأثیر می‌گذارد. در ضریب عملکرد موارد مختلفی از جمله بازده‌های کمپرسور، موتور، اواپراتور، کندانسر، مواد به کار رفته، طراحی سیستم و ... تأثیرگذارند. ولی در بازده ماده سرمازا مواردی همچون روش انتقال ماده، خاصیت هدایت گرمایی، سرعت صوت و مواردی از این قبیل دخالت دارند.

کدام سرمازا بهتر است؟ در پاسخ، قبل از پرداختن به ترموفیزیکی چنانچه به مسائل زیست محیطی اهمیت دهیم، باید ابتدا بگوییم که «سرمازایی که از پروتکل‌های مونترال و کیوتو پیروی کند».

اما همان گونه که دیدیم پس از پروتکل مونترال و الحاقیه آن به کارگیری سرمازاهای CFC و HCFC به دلیل وجود کلر در آنها ممنوع شد و پس از پروتکل کیوتو نیز به کارگیری HFCها در یک برنامه زمان بندی شده باید ممنوع شود. به شکل ۱۶-۸ نگاه کنید از دیدگاه شما کدام سرمازا بهتر است؟



شکل ۱۶-۸- مقایسه ODP و GWP چند سرمازا

چنانچه بخواهیم بهترین سرمازا را از دیدگاه زیست محیطی شناسایی کنیم باید به سرمازاهای طبیعی بازگشت کنیم که هم ODP و هم GWP آنها صفر و یا بسیار کم است. یک بار دیگر چکیده‌ای از ویژگی‌های چند سرمازاهای طبیعی را بازگو می‌کنیم:

- دی‌اکسید کربن: غیر قابل افروزش، غیر سمی، ارزان و به‌طور گسترده‌ای در دسترس، فشار کار بالا و GWP کم
- هیدروکربن‌های ساده (HC<sub>s</sub>): توانایی افروزش بالا، سمی، ODP صفر، GWP ناچیز، جایگزین مناسبی برای هالوکربن‌ها، سازگار با مس، توانایی در هم شدن با روغن‌های معدنی، صرفه‌جویی در انرژی نسبت به سایر سرمازاها تا ۲۰ درصد با توجه به جرم

مولکولی کم و فشار بخار، کاهش دهنده اسیدهای تشکیل شده همچنین قابل استفاده در سردکن‌های خانگی و تهویه مطبوع می‌باشند. همان‌گونه که می‌دانیم بیشتر سرمازاها توانایی افروزش دارند اما نقطه خودسوزی آنها متفاوت است. نقطه خودسوزی R-۲۲ برابر ۶۳° درجه سلسیوس و R-۱۲ برابر ۷۵° درجه و R-۱۳۴a برابر ۷۴° و R-۲۹۰ برابر ۴۶۵ و R-۶۰۰a برابر ۴۷° درجه می‌باشد. همچنین بیشتر هیدروکربن‌های ساده نیاز به دو تا ده درصد هوا داشته تا بسوزند. از طرفی چنانچه هیدروکربن‌ها بسوزند، محصولات آن بخار آب و دوده کربن است. ولی چنانچه هالوکربن‌ها بسوزند نتیجه آن دود بسیار سمی است.

– آمونیاک : ODP و GWP صفر، ویژگی‌های ترمودینامیکی عالی (جرم مولکولی کوچک، گرمای نهان زیاد، چگالی بخار بالا و ویژگی‌های انتقال گرمای بسیار خوب)، دمای بحرانی بالا (۱۳۲ درجه سلسیوس)، عدم سازگاری با مس، در صورت نشت بوی تند آن باعث تشخیص نشت می‌شود و قبل از رسیدن به غلظت‌های خطرناک می‌توان آن را برطرف نمود.

همچنین چون جرم آن کمتر از هوا است به تندی بالا رفته و باعث مسمومیت نمی‌شود. همچنین قیمت آن به نسبت ارزان است.

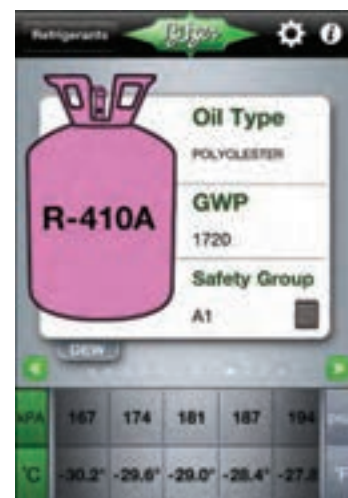
## ۶-۸- کد رنگی سرمازاها

### تحقیق

از هنرجویان بخواهید که یکی از نرم افزارهایی که بر روی کامپیوتر یا تلفن همراه قابل نصب می‌شود را یافته و نصب نمایند.



شکل ۱۸-۸- رنگ سیلندرهای سرمازاها مصنوعی



شکل ۱۷-۸- نمونه نرم افزار مربوط به یک

سرمازا که بر روی گوشی تلفن همراه نصب می‌شود.

## ۷-۸- سرمازاها ی کرایوژنیک

کلمه کرایو (cryo) به معنی سرد و از واژه یونانی کرایوس به معنی سرد و یخزده گرفته شده است. در علم فیزیک پژوهش روی تولید سرما در دماهای پایین را کرایوژنیک گویند. بنابراین می‌توان کرایوژنیک را به معنای سرماپژوهی شناخت. اما در مورد دامنه

دمای کرایوژنیک دیدگاه‌های گوناگونی مطرح است. دمای کرایوژنیک مرز بین پایان تبرید<sup>۱</sup> و کرایوژنیک است. بیشتر دانشمندان این مرز را ۱۵۰- درجه سلسیوس یا ۱۲۳ کلوین می‌شناسند. گروهی از مراکز دیگر این دما را ۱۸۰- یا ۹۳ کلوین فرض می‌کنند. این عدد منطقی‌تر به نظر می‌رسد چرا که نقطه جوش بیشتر گازهای کرایوژنیک مانند هلیوم، هیدروژن، نئون، نیتروژن، اکسیژن و هوا زیر ۱۸۰- است در حالی که نقطه جوش فریون‌ها و سرمازاهای رایج بالاتر از ۱۸۰- است.

## ۸-۸- روانکاو<sup>۲</sup> و روغن‌های تبرید<sup>۳</sup>

### روش آموزش

پس از آموزش ویژگی‌هایی که ما از روغن انتظار داریم به دسته‌بندی روغن‌ها پرداخته و جدول شکل ۸-۱۹ را توضیح دهید. هنرجویان را متوجه این مسئله نمایید که نام‌هایی همچون ۴GS، نام‌های تجاری هستند و برای گزینش روغن باید به گونه آن و سازگاری آن با سرمازا توجه شود.

### دانش‌افزایی

برای پیشگیری از سایش بین دو یا چند قطعه گردنده از سیستم روانکاو استفاده می‌شود. به‌عنوان روان‌کننده بیشتر از روغن استفاده می‌شود. به‌طور کلی یک روغن باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

- نقطه جوش بالا
- نقطه انجماد پایین
- گرانروی مناسب
- پایداری گرمایی
- پایداری در برابر اکسیداسیون
- از خوردگی پیشگیری بکند.
- و ...

**۱- تأثیر متقابل روغن و ماده سرمازا بر یکدیگر:** در بیشتر کمپرسورها ماده سرمازا با روغن روانکاو در تماس مستقیم می‌باشد. بنابراین از هر دو دیدگاه شیمیایی و فیزیکی روغن و ماده سرمازا نباید تأثیری بر روی یکدیگر داشته باشند. گرچه بعضی از سرمازاها تا حدی با روغن واکنش نشان می‌دهند ولی به‌شرط به‌کارگیری روغن با کیفیت بالا و تمیز و خشک بودن سیستم، در شرایط طبیعی معمولاً واکنش جزئی است و اهمیت چندانی ندارد. اما هنگامی که مقدار قابل ملاحظه‌ای از مواد آلوده‌کننده نظیر هوا و رطوبت در سیستم وجود داشته باشد، اغلب میان ماده سرمازا و روغن واکنش رخ می‌دهد. این امر به تجزیه شدن روغن، تشکیل اسیدهای خورنده و لجن‌ها و اندود مس شدن و یا به‌خوردگی شدید سطوح صیقلی فلزی منجر می‌شود. زیاد بودن دمای تخلیه این تحولات و به‌ویژه تجزیه روغن را تسریع بخشیده و منجر به تشکیل رسوبات کربنی می‌شود. تشکیل اندود مس در قسمت‌های مختلف کمپرسور در سیستم‌هایی که از مبردهای هالوکربنی استفاده می‌کنند مشاهده شده است. علت اصلی این امر دقیقاً مشخص نشده ولی دلیل آن احتمالاً وجود رطوبت و استفاده از روغن‌های با کیفیت پایین می‌باشد. در سیستم‌های آمونیاکی به‌دلیل عدم استفاده از

۱- Refrigeration

۲- Lubrication

۳- Refrigeration Oil

لوله‌های مسی، مس اندود شدن وجود نخواهد داشت. در هر حال بدون توجه به طبیعت و یا دلایل واکنش‌های نامطلوب بین میرد و روغن روانکاو می‌توان با استفاده از روغن‌های با کیفیت بالا با نقطه سیلان و یا نقطه انجماد پایین با پاک نگه داشتن نسبی سیستم از آلاینده‌هایی نظیر هوا و رطوبت و طراحی سیستم برای دمای تخلیه نسبتاً پایین، این معایب را به حداقل رساند.

**۲- توانایی درهم شدن روغن با ماده سرمازا:** یکی از مشخصه‌های مهم روغن، توانایی درهم شدن آن با ماده سرمازا می‌باشد. این مشخصه توانایی حل شدن ماده سرمازا در روغن و عکس آن را بیان می‌کند. این مشخصه در سرمازاهای گوناگون متفاوت است. سرمازاها را از دیدگاه توانایی درهم شدن آنها با روغن می‌توان به سه گروه دسته‌بندی نمود:

– سرمازاهایی که با هر نسبتی با روغن درهم می‌شوند.

– سرمازاهایی که با روغن درهم شده و در اوپراتور از آن جدا می‌شوند.

– سرمازاهایی که در کنداسر با روغن درهم نمی‌شوند. (یا به میزان خیلی کم درهم می‌شوند.)

توانایی درهم شدن روغن با ماده سرمازا را از دیدگاه‌های گوناگونی می‌توان بررسی نمود، ولی آنچه مسلم است چنانچه سرمازا با روغن باشد، روغن رقیق می‌شود. در نتیجه کاهش گرانروی و کیفیت روانکاو را به دنبال دارد. برای برطرف نمودن این عیب باید گرانروی روغن بیشتر باشد.

از آثار دیگر روغن در یک سیستم سردکننده جریان یافتن آن با سرمازا درون سیستم و کاهش راندمان سیستم است. دلیل اصلی آن تشکیل یک فیلم روغن روی سطح داخلی لوله‌های کنداسر و اوپراتور است. این عمل موجب کاهش جابجایی گرما می‌شود. چون با کاهش دما روغن لزج‌تر می‌شود و تمایل بیشتری به چسبیدن به سطوح می‌یابد، این مشکل در اوپراتور بیشتر است و با کاهش بیشتر دما شدیدتر می‌شود.

بدیهی است هنگامی که روغن از کمپرسور اجازه خارج شدن را پیدا نکند وظیفه خود را به بهترین نحو انجام می‌دهد ولی چنانچه مقداری روغن به صورت ذرات ریز به همراه بخار ماده سرمازا از کمپرسور خارج شود، برای پیشگیری از کاهش سطح روغن در کارتل کمپرسور باید آن را بازگشت داد.

**۳- گزینش روغن:** روغن کمپرسور نیز مانند روغن‌های دیگر از دو بخش اصلی روغن پایه و مواد افزودنی تشکیل شده است که روانکاو، خنک‌کاری، گازبندی و جلوگیری و سایش از مهمترین وظایف عمومی این روغن‌ها به‌شمار می‌رود. گزینش روغن بر چند پایه انجام می‌شود:

– ماده سرمازا

– نوع اوپراتور خشک (روغن راه‌یافته به آن کمتر از ۱۵ درصد) و دمای کار آن

– نوع اوپراتور مرطوب (روغن راه‌یافته به آن بیشتر از ۱۵ درصد) و دمای کار آن

– نوع کمپرسور و دمای خروجی آن

– توصیه شرکت سازنده کمپرسور

به هر حال می‌توان روغن‌ها را با توجه به سرمازاهای گوناگون برابر جدول شکل ۱۹-۸ به کار برد.

شکل ۱۹-۸- جدول روغن‌های پیشنهادی برای هر سرمازا به ترتیب اولویت

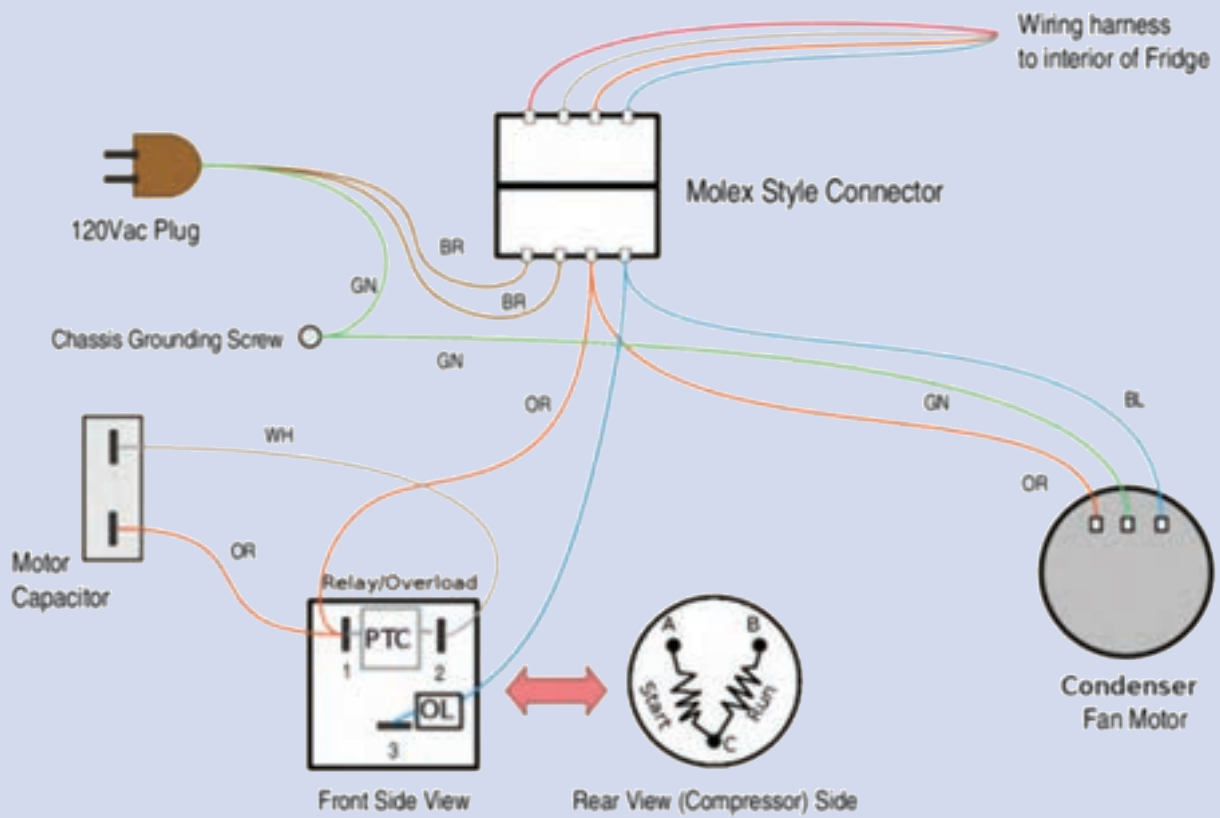
گونه سرمازا	نوع روغن پیشنهادی
CFC,HCFC	۱- معدنی نفتنی ۲- معدنی پارافینی ۳- پلی آلفا الفین (PAO) ۴- آلکیل بنزن (AB)
HFC	پلیول استر (POE)
آمونیاک	۱- معدنی نفتنی ۲- معدنی پارافینی ۳- پلی آلفا الفین (PAO) ۴- آلکیل بنزن (AB)
CO <sub>2</sub>	۱- پلی آلفا الفین (PAO) ۲- استرها ۳- پلی آلکالین گلیکول‌ها (PAG)
هیدروکربن‌ها (HC)	۱- پلی آلکالین گلیکول‌ها (PAG) ۲- معدنی نفتنی

در جدول شکل ۲۰-۸ نام چند شرکت سازنده که فرآورده‌های آن با نشانه‌های تجاری گوناگون و ویژه آن شرکت برای هر سرمازا پیشنهاد شده آورده شده است.

شکل ۲۰-۸- جدول روغن‌های پیشنهادی چند شرکت سازنده

Product #	Shell	Waste	Refrigerant	Oil	Notes/Comments	Fuels	CP	Code	Series	Size
228771	Shell 248	Shell 248	Capillary Tube	Capillary Tube	Capillary Tube	Capillary Tube	100		400	1.0
228772							100		400	1.0
228773							100		400	1.0
228774							100		400	1.0
228775							100		400	1.0
228776							100		400	1.0
228777							100		400	1.0
228778							100		400	1.0
228779							100		400	1.0
228780							100		400	1.0
228781							100		400	1.0
228782							100		400	1.0
228783							100		400	1.0
228784							100		400	1.0
228785							100		400	1.0
228786							100		400	1.0
228787							100		400	1.0
228788							100		400	1.0
228789							100		400	1.0
228790							100		400	1.0
228791							100		400	1.0
228792							100		400	1.0
228793							100		400	1.0
228794							100		400	1.0
228795							100		400	1.0
228796							100		400	1.0
228797							100		400	1.0
228798							100		400	1.0
228799							100		400	1.0
228800							100		400	1.0

# کنترل‌ها



# ۹ کنترل‌ها

## ۹-۱- ترموستات

### پیش‌آزمون

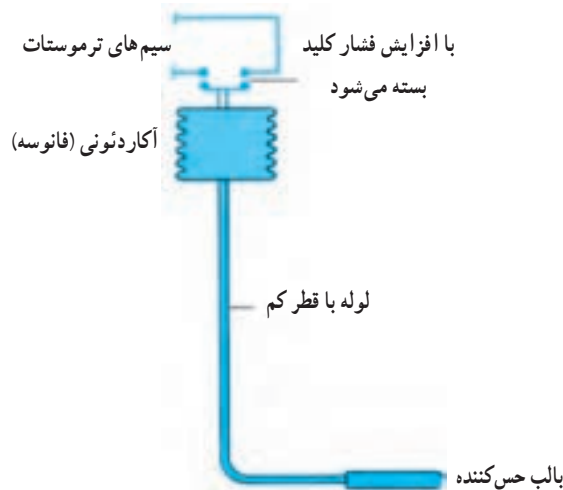
- ۱- گرما و سرما چه تأثیری در انبساط و انقباض سیالات (مایعات و گازها) دارند؟
- ۲- حرکت مولکول‌های یک سیال (مایع و گاز) با گرما و سرما چه تغییری می‌کند؟

### روشن‌آموزش

پس از جمع‌آوری جواب سؤالات به‌تر است مفهوم کنترل کردن با آوردن مثالی ساده برای هنرجویان تفهیم شود. مثلاً کنترل یک لامپ به‌وسیله کلید تک پل مثال زده شود و مدار آن نیز رسم شود. سپس ترموستات توضیح داده شود.

### دانش‌افزایی

گرمای داخل یخچال باعث می‌شود تا حرکت مولکول‌های مایع یا گاز داخل بالب ترموستات زیاد شده و در نتیجه ازدیاد حجم پیدا کند. این ازدیاد حجم باعث می‌شود تا محفظه آکاردئونی ترموستات باز شده و باعث وصل شدن کنتاکت‌های کلید ترموستات و در نتیجه عبور جریان شود و چون این کلید با کمپرسور یا مدار فرمان آن سری می‌شود باعث راه‌اندازی کمپرسور می‌شود. وقتی که کمپرسور به اندازه لازم کار کرد و فضای داخل یخچال به اندازه کافی سرد شد، سرما باعث انقباض مایع یا گاز داخل محفظه آکاردئونی شده در نتیجه حجم آن کاهش یافته و محفظه آکاردئونی کنتاکت‌های کلید ترموستات را از هم جدا کرده و جریان برق کمپرسور قطع و در نتیجه کمپرسور خاموش می‌شود (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- اساس کارکرد ترموستات بالب و فانوسه‌ای پر شده با مایع یا گاز

اسامی تعدادی از وسایل سردکننده و گرم کننده را که در آنها برای کنترل دما از ترموستات استفاده می شود نام ببرید.  
 پاسخ: وسایل سردکننده مانند یخچال، فریزر، آب سردکن، یخساز، فن کویل. وسایل گرم کننده مانند فن کویل، دیگ آب گرم، دیگ بخار و پمپ های سیر کولاتور آب گرم.

## پرسش و پاسخ

- ۱- در یک یخچال خانگی که ترموستات آن از نوع بالب و فانوسه می باشد با گرم شدن داخل یخچال کلید ترموستات قطع می شود یا وصل؟  
 پاسخ: وصل می شود.
- ۲- در یک ترموستات که در اتاقی روی دیوار نصب شده است در فصل زمستان با بالا رفتن دمای هوای اتاق کلید ترموستات فن کویل را قطع می کند یا وصل؟  
 پاسخ: قطع
- ۳- روی دکمه تنظیم ترموستات یخچالی از ۱ تا ۵ درجه بندی شده است. اگر این دکمه را روی ۵ تنظیم کنیم معنی آن چیست؟  
 پاسخ: یعنی اینکه دمای داخل یخچال تا پایین ترین نقطه تنظیم ترموستات (تا جایی که ترموستات اجازه می دهد یعنی بیشترین سرما) سرد می شود. در واقع یخچال بیشتر کار می کند و بیشتر سرد می کند.
- ۴- تفاوت ترموستات آب سردکن و فریزر چیست؟ پاسخ: ترموستات آب سردکن ترموستات بالای صفر است اما ترموستات فریزر ترموستات زیر صفر است.

## تحقیق

اگر بالب ترموستات یک دستگاه یخچال خانگی شکسته شده و سیال داخل بالب از آن خارج شود چنانچه یخچال به برق وصل باشد کمپرسور خاموش است یا روشن؟  
 پاسخ: عاملی که باعث می شود کلید ترموستات وصل و برق به کمپرسور برسد، گاز یا مایع داخل بالب ترموستات است. اگر بالب شکسته شود و سیال داخل آن تخلیه شود دیگر سیالی وجود ندارد تا منبسط شود و باعث وصل کلید ترموستات شود در نتیجه کلید ترموستات همیشه قطع و کمپرسور خاموش می باشد.

## ۹-۲- تایمر دیفر است

## پیش آزمون

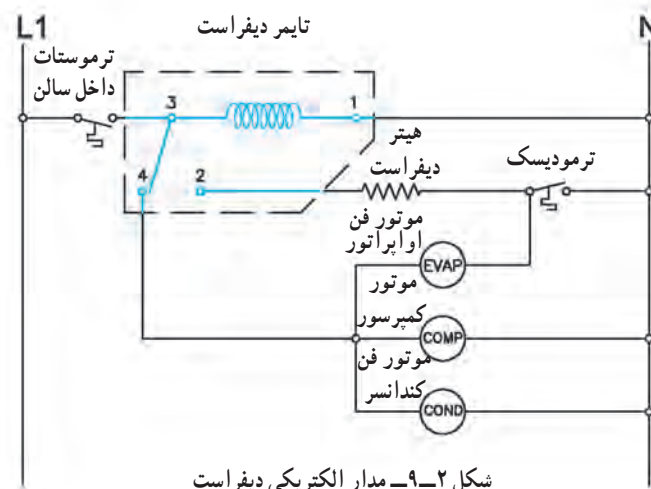
- ۱- اگر اواپراتور یخچال خانه شما برفک بزند چکار می کنید؟
- ۲- برفکی که روی اواپراتور یخچال می نشیند چه تاثیری روی ظرفیت برودتی یخچال می گذارد؟



بهتر است در خصوص عایق‌های حرارتی توضیح داده شود و گفته شود که برفک نیز خود یک عایق حرارتی است و مانع رسیدن سرما به محصولات داخل یخچال می‌شود. همچنین گفته شود که گاهی برای برفک‌زدایی وسایل داخل یخچال را از آن خارج کرده و یخچال را از برق می‌کشند و درب یخچال را باز می‌کنند تا برفک‌ها آب شود و این یکی از راه‌های برفک‌زدایی است. در اینجا گفته شود که راه‌های دیگری نیز برای برفک‌زدایی وجود دارد که تایمر دیفراسست نیز یکی از این راه‌هاست.

## دانش‌افزایی

زمانی که یک دستگاه سردکننده کار می‌کند در محل اواپراتور سرما ایجاد می‌شود در نتیجه هوای اطراف اواپراتور سرد می‌شود. زمانی که هوای اطراف اواپراتور به نقطه شبنم رسید بخارات آب موجود در هوای اطراف اواپراتور تقطیر شده چون باز هم سرد می‌شود به حالت برف درآمده که می‌گویند اطراف اواپراتور برفک زده است چون برفک یک عایق حرارتی می‌باشد اجازه نمی‌دهد محصولات محیط اواپراتور سرد شود به همین دلیل برفک‌ها را ذوب و از سیستم سرد کننده خارج می‌کند. یکی از راه‌های ذوبان برفک استفاده از تایمر دیفراسست است.



شکل ۹-۲ مدار الکتریکی دیفراسست

شرح مدار: در مدار شکل ۹-۲ فاز از طریق  $L_1$  وارد ترموستات شده پس از عبور از ترموستات از طریق کنتاکت شماره ۳ به بوبین موتور تایمر رسیده و از طرف دیگر نیز نول از طریق  $N$  به آن می‌رسد و در تمام مدت زمانی که کلید ترموستات وصل است موتور تایمر هم کار می‌کند. سپس فاز در حالت کار عادی سیستم از طریق کنتاکت ۳ به ۴ رفته و از آنجا به فن اواپراتور، کمپرسور و فن کندانسر می‌رسد و از طرف دیگر نیز نول آنها تأمین شده و سیستم به کار عادی ادامه می‌دهد. تایمر طوری تنظیم شده است که ۲ تا ۳ بار در ۲۴ ساعت و هر بار حدود نیم ساعت (بسته به نیاز) کنتاکت ۳ از ۴ جدا شده و به ۲ وصل می‌شود در این حالت کمپرسور، فن اواپراتور و فن کندانسر هر سه خاموش شده و هیتر الکتریکی که زیر اواپراتور قرار دارد به مدار آمده و شروع به گرم شدن و در نتیجه ذوب برفک‌های اطراف اواپراتور می‌شود. پس از آنکه مدت زمان تنظیم شده تایمر به اتمام رسید کنتاکت شماره ۳ از ۲ جدا شده و به محل اولیش یعنی کنتاکت شماره ۴ وصل می‌شود و سیستم کار عادی را ادامه می‌دهد. چنانچه در زمان دیفراسست برفک‌ها زودتر از زمان تنظیم شده تایمر ذوب شوند اگر هیتر به گرم کردن ادامه دهد گرمای اضافی در اطراف اواپراتور ایجاد شده و این گرمای اضافی باعث صرف کار بیشتر توسط کمپرسور می‌شود برای جلوگیری از ایجاد این گرمای اضافی ترموستاتی را به نام ترموستات محافظ یا

ترمودیسک با هیتر ذوبان برفک به صورت سری وصل می‌کنند. چنانچه هیتر اطراف اوپراتور را زیاد گرم کند یعنی اینکه برفک‌ها ذوب شده است ترمودیسک نیز که محل نصب آن بدنه اوپراتور است این گرمای اضافی را احساس کرده و هیتر را خاموش می‌کند تا زمان تایمر بسر آید در این صورت سیستم به کار عادی‌اش ادامه می‌دهد.

### کار در کلاس

با مداد و با استفاده از دست آزاد بر روی کاغذ مدار تایمر دیفراسست را رسم کنید و مشخصات آن را روی آن بنویسید. این کار را آنقدر ادامه دهید تا بدون نگاه به مدار خودتان از حفظ آن را رسم کنید.

### پرسش و پاسخ

- ۱- کدام یک از ترموستات‌های اصلی و محافظ می‌توانند برق هیتر دیفراسست را قطع کنند؟  
پاسخ: هر دوی آنها وقتی قطع شوند برق هیتر دیفراسست را قطع می‌کنند.
- ۲- برق موتور تایمر دیفراسست معمولاً چه زمانی قطع می‌شود؟  
پاسخ: وقتی که ترموستات اصلی قطع می‌کند برق موتور تایمر نیز قطع می‌شود.
- ۳- اگر کنتاکت‌های تایمر دیفراسست را با کنتاکت‌های یک کلید تبدیل مقایسه کنیم کدام کنتاکت تایمر دیفراسست مشابه کنتاکت مشترک در کلید تبدیل است؟  
پاسخ: کنتاکت شماره ۳
- ۴- در مدار ۲-۹ اگر جای فاز و نول ( $L_1, N$ ) را عوض کنیم چه تأثیری در کار سیستم به وجود می‌آورد؟  
پاسخ: فرقی نمی‌کند و سیستم به کار عادی‌اش ادامه می‌دهد.

### تحقیق

شکل ۲-۹ مدار الکتریکی تایمر دیفراسست را خوب بررسی کنید. آیا می‌شود تغییری در مدار ایجاد کرد که از نظر صرفه‌جویی انرژی بهتر از وضعیت موجود باشد؟  
پاسخ: بله اگر نول اوپراتور را از کنتاکت دوم ترمودیسک یعنی بین ترمودیسک و هیتر دیفراسست بگیریم آن وقت اگر اطراف اوپراتور گرم باشد و زمان دیفراسست به سر آید و سیستم به کار عادی برگردد ترمودیسک اجازه کار به فن اوپراتور نمی‌دهد در نتیجه هوای گرم اطراف اوپراتور به بقیه قسمت‌ها منتقل نمی‌شود.

### ۹-۳- رله ولتاژ

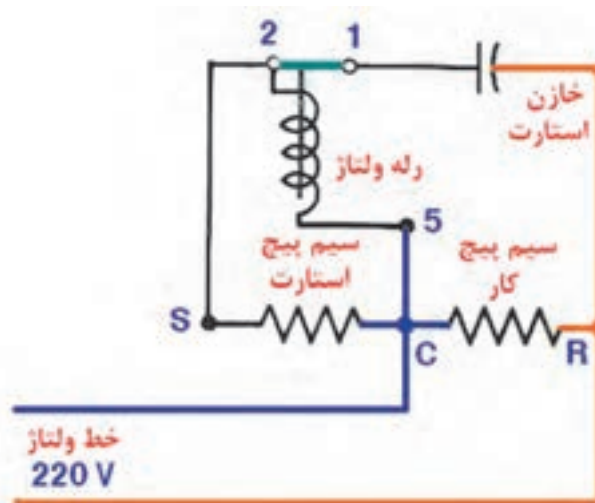
#### پیش‌آزمون

- ۱- کنتاکت‌های ۱ و ۲ رله ولتاژ از نوع NC هستند یا NO
- ۲- پسوند ولتاژ در رله ولتاژ چه معنایی دارد؟

تفاوت اصلی رله ولتاژ و جریان بیان شود. تولید میدان مغناطیسی توسط سیم پیچ گفته شود. تولید جریان بر اثر میدان مغناطیسی گفته شود. برای درک بهتر سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه در ترانس‌ها توضیح داده شود. سپس طرز کار رله ولتاژ گفته شود.

## دانش افزایی

شکل ۳-۹ مدار الکتریکی رله ولتاژ را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۹- مدار الکتریکی رله ولتاژ در کمپرسور تک فاز با خازن استارت

رله ولتاژ در کمپرسورهایی که به گشتاور راه‌اندازی بالایی نیاز دارند استفاده می‌شود. این رله یک بوبین دارد که به دور یک قرقره پیچیده شده است که بین سیم پیچ اصلی و فرعی به صورت موازی بسته می‌شود. به دلیل همین موازی بودن است که به آن رله ولتاژ می‌گویند. یک میله که یک تیغه بدان وصل است در داخل قرقره وجود دارد که مطابق شکل ۳-۹ کنتاکت‌های ۱ و ۲ را در یک حالت وصل و در حالت دیگر قطع می‌نماید. زمانی که کمپرسور خاموش است کنتاکت‌های ۱ و ۲ در حالت وصل هستند در شروع راه‌اندازی سیم پیچ اصلی در مدار قرار می‌گیرد. در این حالت سیم پیچ استارت که یک خازن به منظور ایجاد گشتاور راه‌اندازی بیشتر با آن سری شده با سیم پیچ اصلی به صورت موازی قرار دارد و به مدار آمده و کمپرسور شروع به کار می‌کند.

پس از راه‌اندازی لازم است که خازن راه‌انداز و سیم پیچ استارت از مدار خارج شوند. در لحظه راه‌اندازی فاز و نول از طریق سر مشترک سیم پیچ‌های اصلی و استارت و خازن به بوبین رله می‌رسند. بوبین مغناطیس شده و میله‌ای که داخل قرقره است کنتاکت ۱ را از ۲ جدا می‌کند در نتیجه خازن، بوبین رله و سیم پیچ استارت هر سه از مدار مستقیم جریان برق خارج می‌شوند اما از این لحظه به بعد سیم پیچ بوبین رله و سیم پیچ استارت با هم سری می‌شوند و سیم پیچ استارت مانند سیم پیچ ثانویه یک ترانسفورماتور عمل می‌کند و سیم پیچ اصلی نیز مانند سیم پیچ اولیه در ترانسفورماتور عمل می‌کند. میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ اصلی، سیم پیچ استارت را قطع کرده و باعث تولید جریانی در سیم پیچ استارت می‌شود. چون سیم پیچ بوبین رله و سیم پیچ استارت با هم سری هستند در نتیجه جریان تولید شده در سیم پیچ استارت از بوبین رله نیز عبور می‌کند که این جریان باعث تولید یک میدان مغناطیسی در اطراف سیم پیچ رله می‌شود که این میدان مغناطیسی کنتاکت‌های ۱ و ۲ را از هم جدا کرده و سیم پیچ فرعی را قطع نگه می‌دارد.

برای یادآوری و درک بهتر از رله‌های استارت جریان و ولتاژ روابط الکتریکی از جمله جریان، مقاومت و ولتاژ را در مدارات سری و موازی مورد بررسی و بازبینی قرار دهید و مقاومت معادل دو مقاومت  $10^\circ$  اهمی را در حالت‌های سری و موازی بدست آورید.

## پرسش و پاسخ

۱- پسوند جریان و ولتاژ در رله‌های جریان و ولتاژ به چه معناست؟

پاسخ: یکی از معانی جریان سری و ولتاژ موازی است. در رله استارت جریان بوبین رله با سیم پیچ اصلی بصورت سری قرار دارد در نتیجه آن را رله جریان می‌گویند اما بوبین رله ولتاژ بصورت موازی با سیم پیچ اصلی قرار می‌گیرد به همین دلیل آن را رله ولتاژ می‌گویند.

۲- اگر کنتاکت‌های ۱ و ۲ در لحظه راه‌اندازی ابتدا باز باشند چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ: کمپرسور روشن نمی‌شود.

۳- نقش خازن راه‌انداز در رله ولتاژ چیست؟

پاسخ: ایجاد گشتاور بیشتر به منظور راه‌اندازی بهتر کمپرسور.

۴- اگر در شکل ۹-۱۵ مدار الکتریکی رله ولتاژ، محل سیم پیچ‌های اصلی و فرعی را با هم عوض کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ: سیم پیچ فرعی بعلت اینکه دائم در مدار است می‌سوزد.

## تحقیق

شرح رله ولتاژ را از منابع معتبر دیگر (غیر از کتاب درسی) استخراج کرده با ذکر منبع آن، برای جلسه آینده تحویل دهید.

## ۹-۴- اورلود

## پیش آزمون

اگر کمپرسور یخچالی بیش از اندازه گرم شود چه اتفاقی برای آن می‌افتد؟

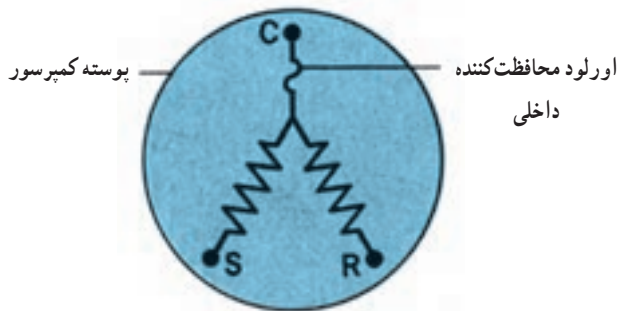
## روش آموزش

هنرجو بایستی با مفهوم تولید گرما بر اثر عبور جریان برق آشنا شود. فرمول  $Q = RI^2T$  نشان می‌دهد که میزان تولید گرمای تولید شده در اورلود با مقاومت آن نسبت مستقیم و با مجذور جریان عبوری تولید شده در اورلود نسبت مستقیم دارد همچنین با زمان عبوری از آن نسبت مستقیم دارد. توضیح داده شود که گرمای اضافی حاصل از عبور جریان باعث سوختن سیم پیچ کمپرسور می‌شود و برای جلوگیری از این اتفاق از اورلود استفاده می‌شود.

## دانش افزایی

اورلود وسیله‌ای است که در دو نوع داخلی و خارجی تولید می‌شود. نوع خارجی آن در کمپرسورهای یخچال نصب می‌شود

و آن وسیله‌ای است که اگر برای مدت زمان معینی جریانی بیشتر از حد معمول از آن عبور کند گرمای بیش از حد تولید کرده و این گرما موجب انبساط سطحی صفحه‌ای که در آن قرار دارد می‌شود. صفحه بر اثر گرم شدن و انبساط سطحی از دو طرف به سمت مرکز خم شده و جریان عبوری از خود را قطع می‌کند و چون جریان کمپرسور از آن عبور می‌کند کمپرسور را خاموش می‌کند پس از سرد شدن صفحه مجدداً وصل می‌شود. این عمل باعث محافظت سیم بیچ کمپرسور می‌شود (شکل ۹-۴).



(ب) موقعیت اورلود داخلی در مدار کمپرسور بسته



(الف) موقعیت اورلود داخلی موتور در داخل سیم بیچ

شکل ۹-۴- اورلود داخلی

## کار در کلاس

اهم‌تر و اورلود را از انبار گرفته سالم بودن اورلود را با اهم‌تر امتحان کنید.  
پاسخ: اهم‌تر را روی اهم‌گذاشته کنتاکت‌های ۱ و ۳ را به فیش‌های اهم‌تر می‌زنیم. اگر راه داد اورلود سالم است.

## پرسش و پاسخ

- ۱- چرا اورلود خارجی را به بدنه کمپرسور متصل می‌کنند؟  
پاسخ: برای اینکه اورلود گرمای بدنه کمپرسور را نیز احساس کند و چنانچه گرما بیش از حد باشد صفحه اورلود گرم شده و کمپرسور را خاموش می‌کند.
- ۲- در اورلودی که در مدار قدرت یک یخچال خانگی قرار می‌گیرد با قطع شدن آن چه تأثیری بر لامپ داخل یخچال می‌گذارد؟  
پاسخ: لامپ داخل یخچال مستقل از اورلود است و قطع و وصل اورلود تأثیری در آن ندارد.
- ۳- در اورلودی که در مدار فرمان کمپرسور قرار می‌گیرد چه قسمتی از اورلود با بوبین کنتاکتور سری می‌شود؟  
پاسخ: کنتاکت معمولاً بسته اورلود
- ۴- اگر بخواهیم اورلودی را در مسیر یک کمپرسور سه فاز قرار بدهیم چگونه در مدار قرار می‌گیرد؟  
پاسخ: در اینجا از اورلودی به اسم بی‌متال استفاده می‌کنیم که خود از دو مدار فرمان و قدرت تشکیل شده است. قسمت قدرت آن در مسیر سه فاز عبوری از کنتاکتور به کمپرسور و قسمت فرمان آن در مسیر بوبین کمپرسور قرار می‌گیرد. چنانچه بی‌متال بیش از اندازه گرم شود (بر اثر عبور جریان اضافی) قسمت فرمان برق آن بوبین کنتاکتور را قطع می‌کند.

## ۹-۵- کنترل فشار کم (L.P.O)

## پیش آزمون

- ۱- لوله کنترل فشار به کجای سیستم برودتی وصل می شود؟
- ۲- خود کنترل فشار کم کجا نصب می شود؟

## روش آموزش

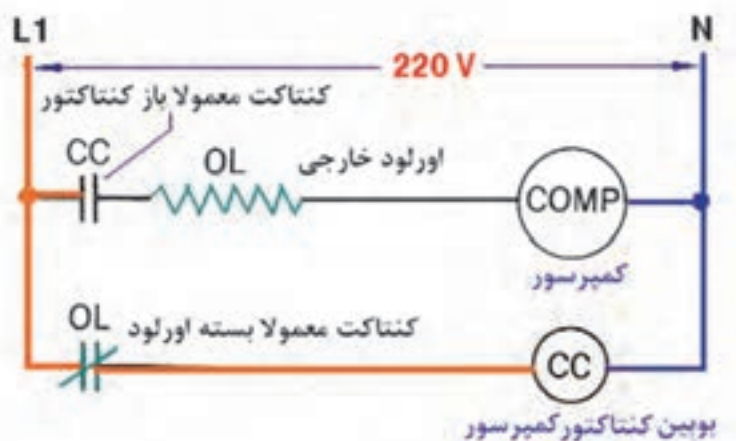
لازم است توضیح داده شود که لوله کنترل فشار کم به خط مکش وصل می شود و سیالی که در آن قرار می گیرد مبرد خود سیستم است و تغییر فشار مبرد قسمت مکش باعث قطع و وصل کنتاکت های کنترل فشار کم می شود.

## دانش افزایی

یکی از روش های قرارگیری کنترل فشار کم در مدار بدین صورت است که وقتی ترموستات سرمای بیش از حد را احساس کرد به شیر برقی که روی لوله رانش بعد از کندانسور نصب شده فرمان قطع می دهد. وقتی برق شیر برقی از طریق ترموستات قطع شد شیر برقی مسیر ماده مبرد به سمت برگشت کمپرسور را مسدود می کند در حالی که کمپرسور کار می کند مبرد را از سمت مکش گرفته و به داخل کندانسر یا رسیور می فرستد. چون شیر برقی راه را بسته ماده مبرد به مکش کمپرسور بر نمی گردد در نتیجه فشار در قسمت مکش کمپرسور پایین آمده و کنترل فشار کم که کنتاکت های آن در مدار فرمان کنتاکتور کمپرسور قرار دارند عمل کرده و کمپرسور را خاموش می کنند. وقتی کمپرسور برای مدتی خاموش باشد سرمای اوپراتور کم شده ترموستات احساس گرما کرده و کنتاکت های آن وصل می شود. با وصل شدن ترموستات برق به شیر برقی رسیده و شیر برقی مسیر لوله رانش را باز می کند. اختلاف فشار در قسمت رانش و مکش سیکل تبرید در حالی که کمپرسور هنوز خاموش است باعث می شود که ماده مبرد به سمت کمپرسور برگشته و در نتیجه آن فشار در مکش کمپرسور بالا رفته در نتیجه کنتاکت های کنترل فشار کم وصل شده و کمپرسور روشن می شود.

## کار در کلاس

مدار برقی یک سیکل تبرید را با دست آزاد طوری ترسیم کنید که کنترل فشار کم در آن، کمپرسور را خاموش و روشن کند.  
پاسخ: شکل ۹-۶



شکل ۹-۵- مدار الکتریکی حفاظت کمپرسور از طریق کنترل مدار فرمان

۱- کدام یک از موارد زیر نماد کنترل فشار کم در مدار برقی است؟



پاسخ: ب درست است.

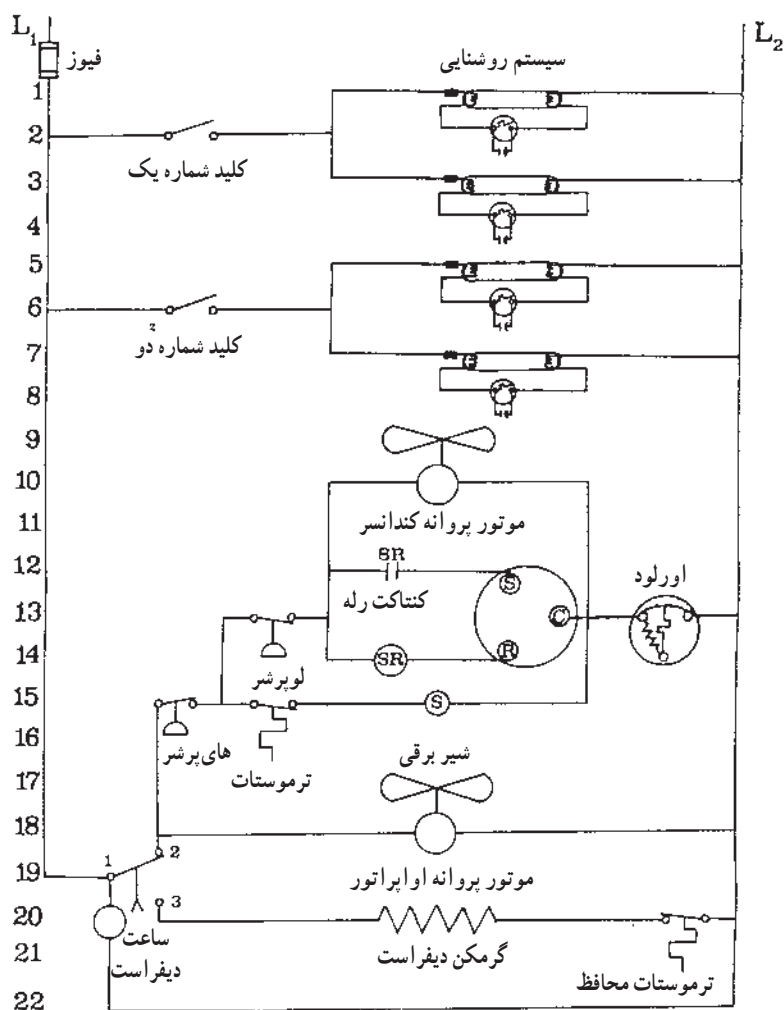
۲- بالا رفتن فشار در مکش کمپرسور باعث کدام یک از موارد زیر است.

(الف) روشن کردن کمپرسور (ب) خاموش کردن کمپرسور

پاسخ: الف درست است.

۳- لوله کنترل فشار کم به کجا وصل می‌شود؟ پاسخ: به قسمت مکش کمپرسور

۴- داخل لوله کنترل فشار کم چه سیالی وجود دارد؟ پاسخ: ماده مبرد موجود در سیکل تبرید



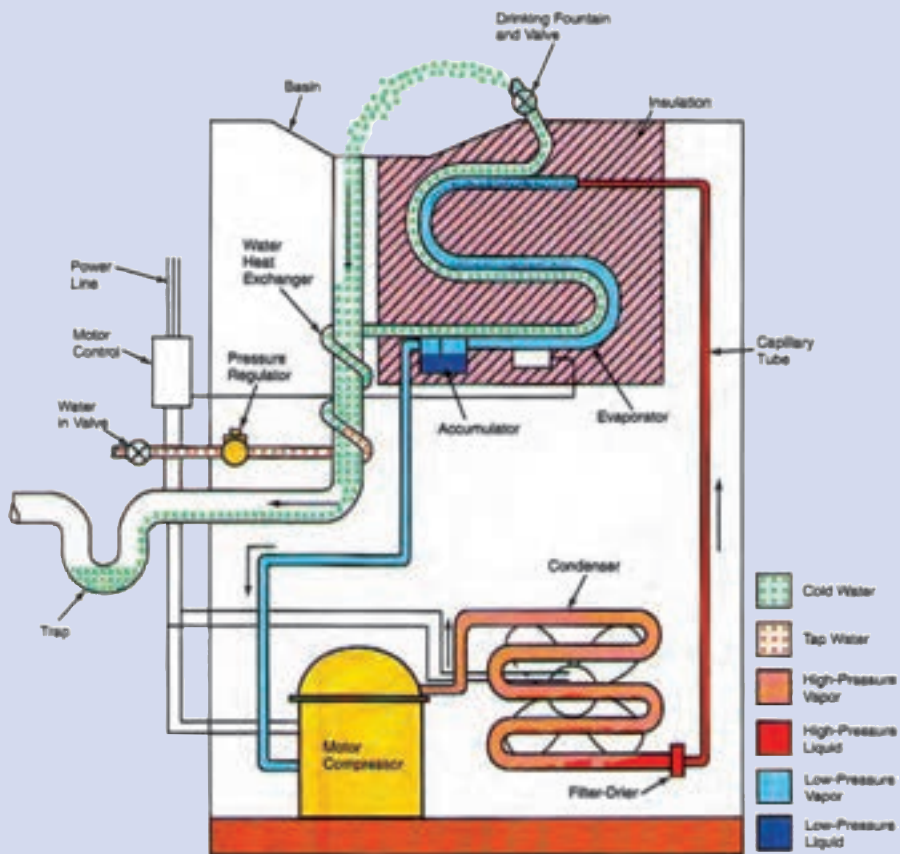
شکل ۹-۶- مدار الکتریکی یک نمونه اتاق سرد

تفاوت کنترل فشار کم و کنترل فشار زیاد چیست؟

اول اینکه کنترل فشار کم با پایین آمدن فشار از حد لازم کمپرسور را خاموش می‌کند و با بالا رفتن فشار به حد لازم کمپرسور روشن می‌شود ولی کنترل فشار زیاد با بالا رفتن فشار از حد لازم کمپرسور را خاموش ولی با پایین آمدن فشار کمپرسور روشن نمی‌شود زیرا معمولاً وجود یک اشکال در سیستم تبرید باعث بالا رفتن فشار سیستم و قطع برق کمپرسور توسط کنترل فشار زیاد می‌شود. بنابراین وقتی کنترل فشار زیاد کمپرسور را خاموش می‌کند بایستی اول مشکل سیستم را برطرف کرد سپس اواپراتور دستی کنترل فشار زیاد را به مدار آورده و آن را روشن کند.



دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری



## دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری



هنرآموزان گرامی با طرح سؤال «قبل از اختراع یخچال مواد غذایی چگونه نگهداری می‌شدند» آمادگی لازم جهت ارائه مطلب درس این فصل را فراهم نمایند.

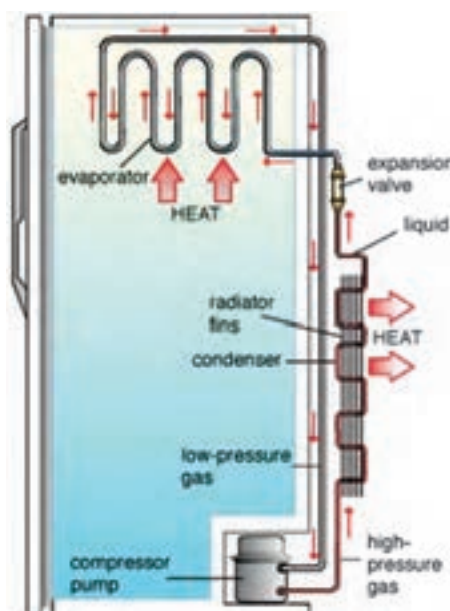
## ۱-۱- یخچال

قبل از اختراع یخچال‌های امروزی در محفظه‌های نگهداری غذا مقداری یخ قرار می‌دادند تا در اثر ذوب شدن تدریجی یخ، هوای محفظه را خنک نگه داشته شود. نخستین یخچال در سال ۱۷۸۴ میلادی به دست ویلیام کولین در دانشگاه گلاسکو در معرض دید عموم قرار گرفت و از آن زمان تاکنون به تدریج تکمیل گردید به طوری که امروزه یخچال‌ها علاوه بر محفظه انجماد (جایخی) و فضای نگهداری غذا، مجهز به محفظه تأمین آب یخ نیز می‌باشند. (شکل ۱-۱)

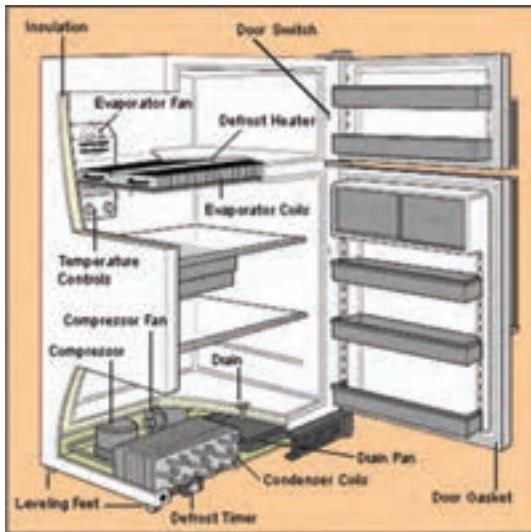


۱-۱-۱- قطعات و اجزاء مکانیکی یخچال: کمپرسور یخچال در قسمت پایین کابینت قرار گرفته و کاملاً بدون منفذ بوده مجهز به یک موتور القایی دو میدانی می‌باشند. کندانسر از نوع جریان هوای طبیعی بوده و دستگاه کنترل مایع معمولاً لوله موئین است. اواپراتور نیز از آلومینیوم یا فولاد ضد زنگ ساخته می‌شود. حجم و فضای قفسه‌ای زیادی برای ذخیره غذای منجمد، ساختن یخ قالبی و سرد کردن غذا و نوشابه و تأمین آب سرد پیش‌بینی شده است. (شکل ۱-۲)

شکل ۱-۱- یخچال فریزر مجهز به آب سردکن



شکل ۱-۲- اجزاء مکانیکی یخچال



در یخچال فریزرهای بزرگ کندانسر از نوع جریان اجباری هوا بوده و برای گردش هوای داخل یخچال و تبادل گرمای بیشتر بین محصولات غذایی و اواپراتور، یک فن هوا را به گردش در می‌آورد. (شکل ۱۰-۳)

شکل ۱۰-۳- محل نصب کندانسر و اواپراتور یخچال فریزر

در یخچال دو دمای متفاوت ایجاد می‌شود.

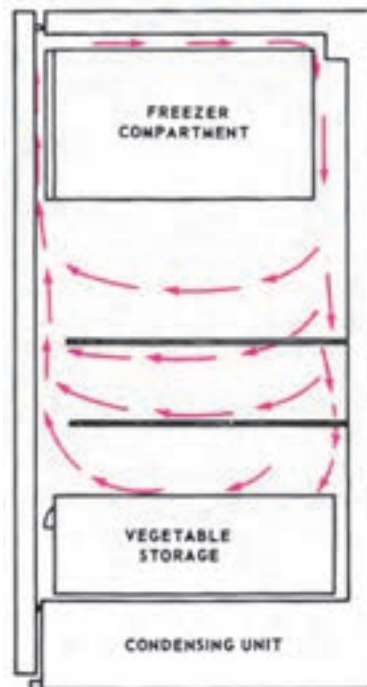
۱- دمای جایشی (محفظه غذای منجمد) . دمای این محفظه باید  $15^{\circ}\text{C}$  - یا کمتر نگاه داشته شود.

۲- دمای کابین اصلی یخچال هیچگاه نباید از صفر درجه سانتی‌گراد کمتر شود (معمولاً بین  $7^{\circ}\text{C}$  -  $2^{\circ}\text{C}$  نگاه داشته می‌شود) زیرا

اگر دمای یخچال به زیر صفر درجه سانتی‌گراد برسد بیشتر غذاها یخ زده و خراب می‌شوند.

برای تأمین دو دمای متفاوت از روش‌های گوناگون استفاده می‌شود:

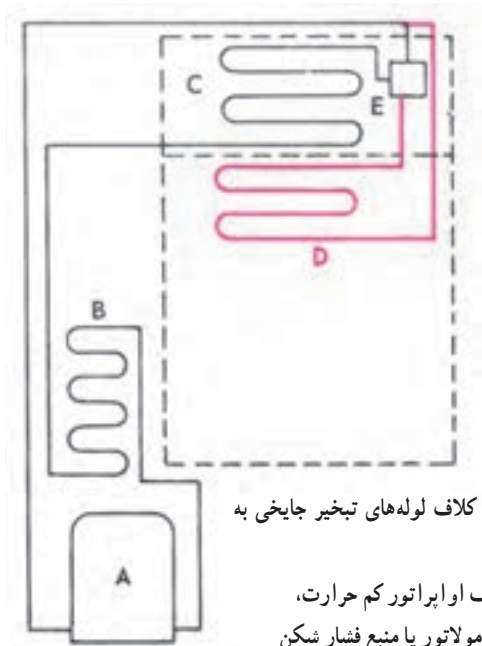
۱- کوران و گردش هوای سرد فریزر یا محفظه غذای منجمد در کابینت اصلی (شکل ۱۰-۴)



شکل ۱۰-۴- کوران هوای سردی که از قسمت غذای منجمد (جایشی)

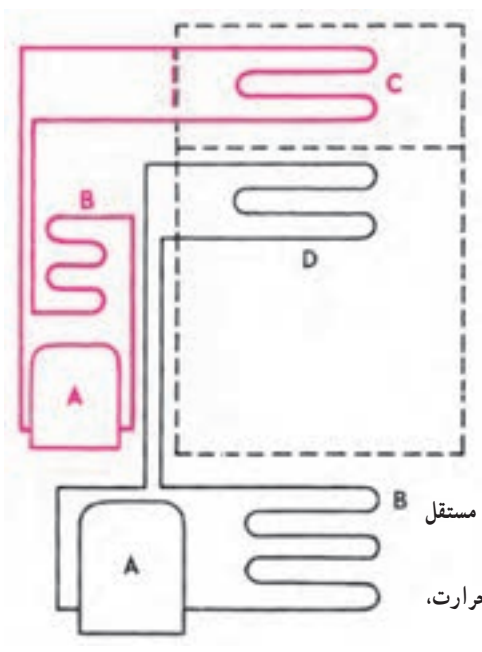
سرازیر می‌شود قفسه‌های کابینت یخچال را خنک می‌کند.

۲- سرریز شدن مایع سرمازا از اواپراتور فریزر به اواپراتور کابینت اصلی مانند (شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰- سرریز مایع سرمازا از کلاف لوله‌های تبخیر جایی به کلاف کابینت، کابینت را خنک می‌کند.  
A- کمپرسور، B- کندانسر، C- کلاف اواپراتور کم حرارت، D- کلاف اواپراتور مرطوب، E- آکومولاتور یا منبع فشار شکن

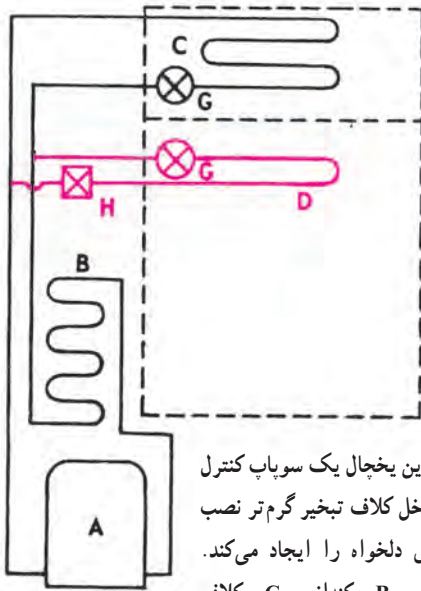
۳- استفاده از دو مکانیزم سردکننده، سردکننده جداگانه و کاملاً مستقل (شکل ۶-۱۰).



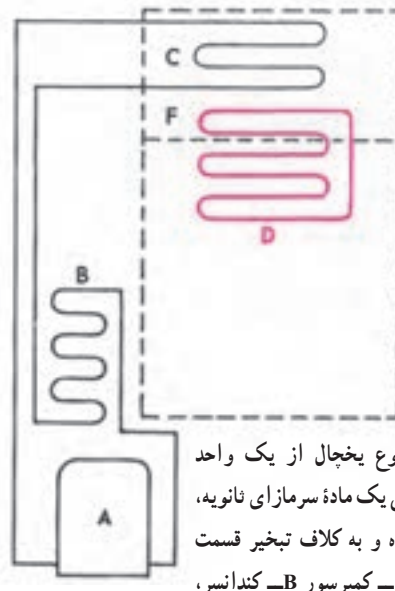
شکل ۶-۱۰- این دو محفظه مختلف‌الحرارت با دو واحد کاملاً مستقل و جداگانه خنک می‌شوند.  
A- موتور - کمپرسور، B- کندانسر، C- کلاف تبخیر کم حرارت، D- کلاف اواپراتور مرطوب

۴- سیستم دو ماده‌ای که در آن یک ماده سرمازای ثانویه در یک مدار بسته به گردش درآمده و هوای گرم کابینت اصلی را جذب و آن را به اواپراتور محفظه بالایی (جایی) منتقل می‌نماید. (شکل ۷-۱۰)

۵- نصب سوپاپ کنترل دو دمایی در مدار لوله حامل مایع سرمازا (در مدخل گرم‌تر کلاف سوار می‌شود). (شکل ۸-۱۰)



شکل ۸-۱۰- در این یخچال یک سوپاپ کنترل دو گرمایی که در مدخل کلاف تبخیر گرم‌تر نصب شده دو نوع سرمای دلخواه را ایجاد می‌کند. A- موتور کمپرسور، B- کندانسر، C- کلاف اواپراتور سردتر، D- کلاف اواپراتور مرطوب، دستگاه‌های کنترل ماده سرمازا، H- سوپاپ کنترل دو گرمایی



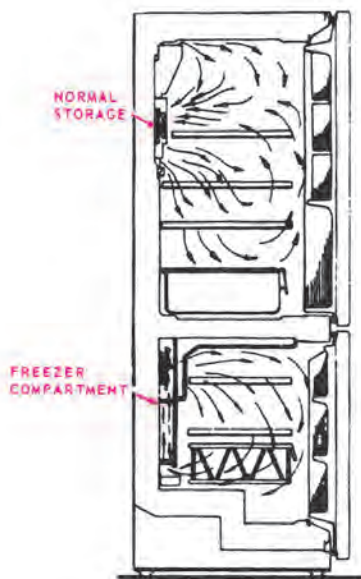
شکل ۷-۱۰- در این نوع یخچال از یک واحد تقطیرکننده استفاده شده ولی یک ماده سرمازای نانویه، حرارت کابین را جذب کرده و به کلاف تبخیر قسمت فریزر می‌دهد. A- موتور - کمپرسور B- کندانسر، C- اواپراتور کم حرارت، D- کلاف اواپراتور مرطوب، E- کندانسر نانوی

۶- استفاده از اواپراتور کوران مصنوعی که در آن یک پنکه، هوای سرد اطراف اواپراتور را در هر دو محفظه به جریان

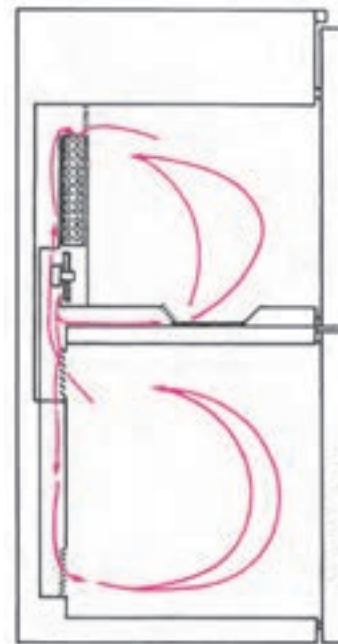
می‌اندازد. (شکل ۹-۱۰)

۷- استفاده از اواپراتور کوران القایی که در آن دو پنکه مستقل هوای سرد اطراف کلاف را به محفظه‌ها منتقل می‌کند. (شکل

۱۰-۱۰)



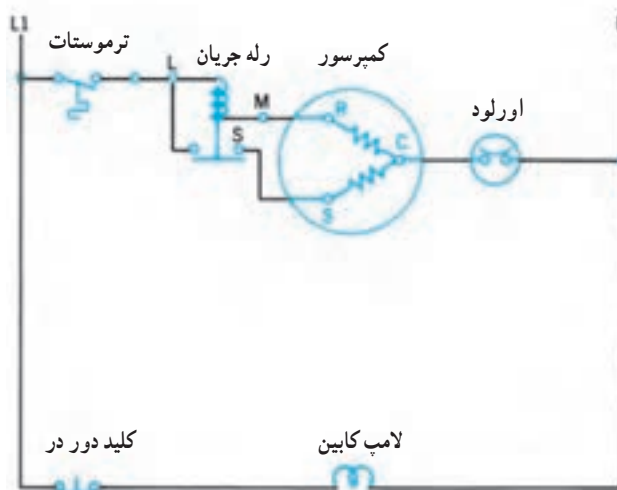
شکل ۱۰-۱۰- اواپراتور کوران القایی که در آن از پنکه‌های جداگانه برای به گردش درآوردن هوای سرد در کابینت اصلی و فریزر استفاده شده است. ۱- کابینت اصلی. ۲- فریزر



شکل ۹-۱۰- اواپراتور کوران مصنوعی که در آن از یک پنکه برای به گردش درآوردن هوای سرد در هر دو محفظه استفاده شد.

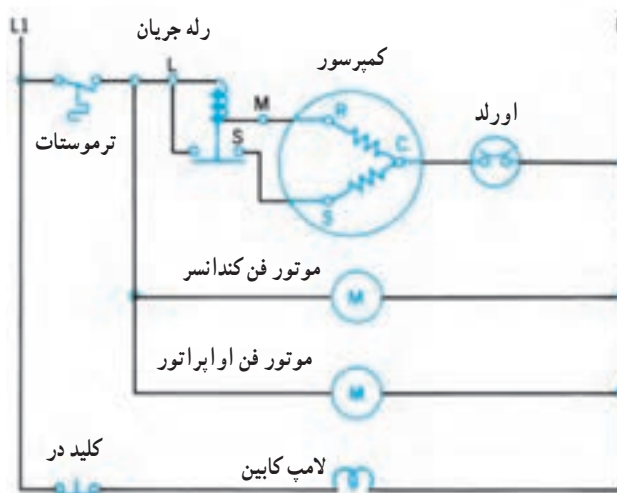
## ۱-۲-۱ مدار الکتریکی یخچال: مدار الکتریکی یخچال معمولی را می توان به دو خط اصلی تقسیم نمود. (شکل

(۱-۱۱)



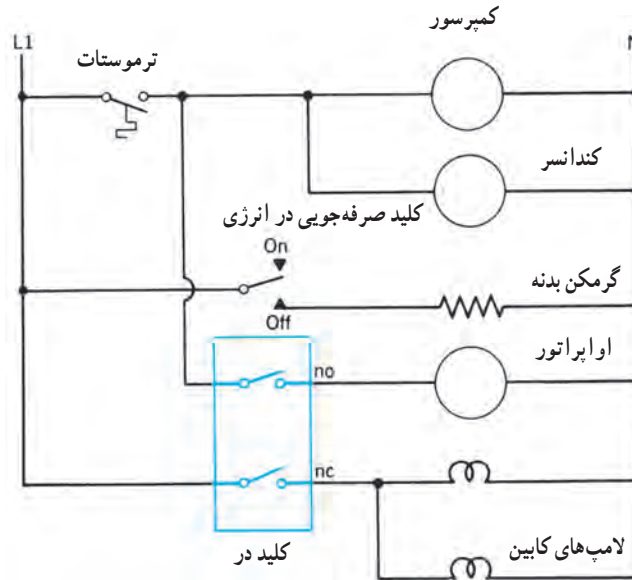
شکل ۱-۱۱-۱ مدار الکتریکی یک دستگاه یخچال خانگی

خط اول برق کمپرسور را کنترل می کند، در این مسیر ترموستات قرار گرفته است تا هنگامی که دمای داخل یخچال به دمای تنظیم رسید برق کمپرسور را قطع نماید. همچنین در این مسیر رله جریان قرار دارد تا بتوان در هنگام راه اندازی کمپرسور، سیم پیچ کمکی را وارد مدار نمود و پس از راه اندازی کمپرسور سیم پیچ کمکی را از مدار خارج نماید. در انتهای مسیر نیز اورلود نصب می شود تا در صورت عبور جریانی بیش از جریان نامی کمپرسور مانند یک فیوز جریان برق را قطع نماید. مسیر دوم برای کنترل لامپ داخل یخچال استفاده می شود. در زمان باز شدن در یخچال لامپ روشن و با بستن در یخچال لامپ خاموش خواهد شد. در مدار الکتریکی یخچال فریزر علاوه بر دو مسیر قبلی، دو مسیر دیگر که متعلق به برق فن کندانسور و فن اوپراتور است نیز اضافه می شود. برق ورودی این دو مسیر بعد از ترموستات گرفته شده تا همزمان با خاموش و روشن شدن کمپرسور، فن های کندانسور و اوپراتور نیز خاموش یا روشن شوند. (شکل ۱-۱۲)



شکل ۱-۱۲-۱ مدار الکتریکی یک دستگاه یخچال فریزر

در صورتی که برای تبادل گرمای بیشتر بین مواد غذایی داخل یخچال و اواپراتور از فن برای به گردش درآوردن هوا استفاده شود، با باز شدن درب یخچال هوای سرد داخل یخچال به بیرون دمیده می‌شود. برای جلوگیری از این امر مطابق شکل ۱۰-۱۳ از یک کلید دو حالت در مدار برق اواپراتور و لامپ داخل کابین یخچال استفاده می‌شود. هنگامی که درب یخچال بسته است کلیدی که در مدار فن اواپراتور قرار دارد در حالت بسته و کلیدی که در مدار لامپ قرار دارد باز می‌باشد. حال اگر در یخچال باز شود کلید لامپ تغییر حالت داده و بسته می‌شود اما کلیدی که در مدار فن اواپراتور قرار دارد باز شده و از ادامه کار اواپراتور جلوگیری می‌کند.



شکل ۱۰-۱۳- طرح دیگری از مدار الکتریکی یخچال فریزر

## ۲-۱- آب سردکن

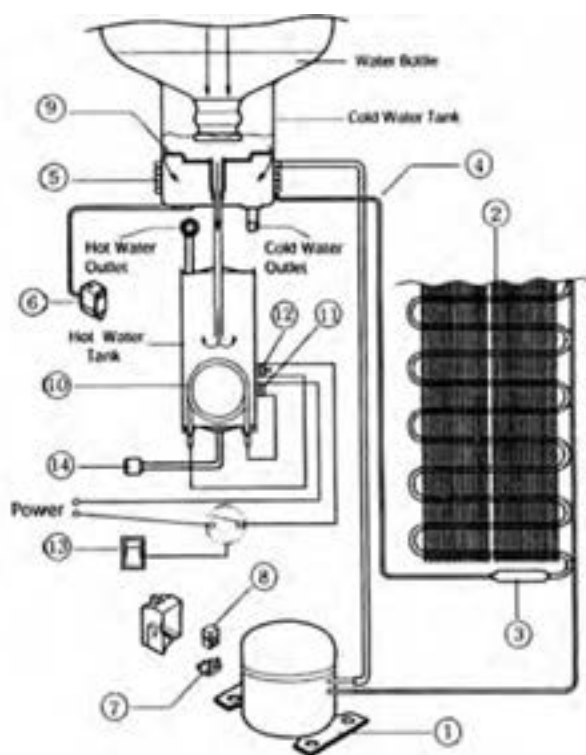
۱-۲-۱- مدار مکانیکی آب سردکن: مدار مکانیکی آب سرد کن در دو نوع ساخته می‌شوند. در نوع اول بر روی آب سردکن یک بطری آب نصب می‌شود. آب داخل بطری توسط اواپراتوری که بر روی بدنه دستگاه نصب شده خنک می‌شود. (شکل ۱۰-۱۴)



شکل ۱۰-۱۴- آب سردکن دارای بطری آب

لوله‌های اوپراتور در بالای دستگاه به صورت کلاف دور محلی که در تماس با آب مخزن است پیچیده می‌شوند تا آب مخزن را خنک نماید (شکل ۱۵-۱۰). امروزه این دستگاه‌ها مجهز به یک هیتر می‌باشند تا آب داغ را نیز تهیه نمایند. با خالی شدن آب داخل بطری، بطری خالی را با بطری پر از آب تعویض می‌کنند.

اجزاء تشکیل دهنده این دستگاه دو کاره که آب سرد و آب گرم را تأمین می‌کند عبارتند از:



- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| ۱- کمپرسور            | ۸- رله                 |
| ۲- کندانسر            | ۹- مخزن نگهداری آب سرد |
| ۳- فیلتر درایر        | ۱۰- هیتر               |
| ۴- لوله رفت مایع مبرد | ۱۱- بی‌متال            |
| ۵- کویل اوپراتور      | ۱۲- ترموستات آب گرم    |
| ۶- ترموستات آب سرد    | ۱۳- کلید قطع و وصل     |
| ۷- اورلود             | ۱۴- خروج آب گرم        |

شکل ۱۵-۱۰ اجزاء دستگاه آب سردکن بطری‌دار مجهز به هیتر گرم کن آب داغ

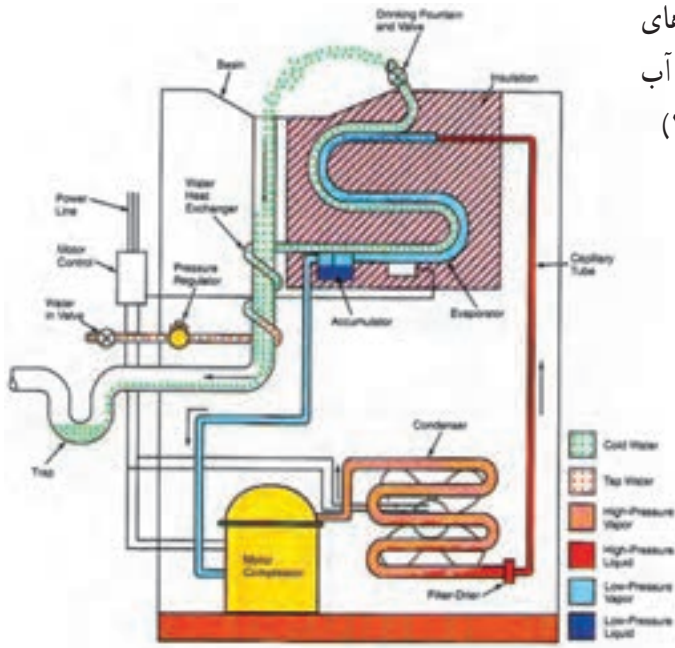
در نوع دیگر آب سردکن از یک مخزن باز یا یک مخزن بسته استفاده می‌شود که لوله‌های اوپراتور به دور مخزن پیچیده می‌شود. (شکل ۱۶-۱۰)



شکل ۱۶-۱۰ آب سردکن با مخزن ذخیره آب



البته ممکن است به جای استفاده از مخزن، لوله‌های اوپراتور به لوله‌های آب سرد لحیم شوند تا انتقال حرارت از آب داخل لوله به اوپراتور به خوبی صورت گیرد. (شکل ۱۷-۱۰)



شکل ۱۷-۱۰- اجزاء داخلی آب سردکن

در مسیر آب شهر یک شیر قطع و وصل و یک شیر تنظیم فشار قرار دارد، لوله آب شهر ابتدا به دور لوله تخلیه پیچیده می‌شود تا در اثر تبادل حرارت با آب سردی که تخلیه می‌شود کمی خنک شده و در ادامه مسیر حرکت آب داخل لوله‌هایی که به کویل اوپراتور لحیم شده است دمای آب خروجی از آب سردکن به دمای تنظیمی خواهد رسید.

**۲-۲-۱۰ مدار الکتریکی آب سردکن:** مدار الکتریکی آب سردکن همانند مدار الکتریکی یخچال معمولی بوده با این تفاوت که مدار روشنایی حذف شده و مدار تغذیه فن کندانسر اضافه می‌شود. اتصال فن بعد از ترموستات انجام می‌گیرد تا روشن و خاموش شدن فن کندانسر همزمان با کار کارکرد کمپرسور باشد. (شکل ۱۸-۱۰)



شکل ۱۸-۱۰- مدار الکتریکی آب سردکن

## ۳-۱- یخچال ویترونی

در فروشگاه‌ها برای نگهداری مواد غذایی از یخچال‌های ویترونی استفاده می‌شود. جلوی این یخچال‌ها از شیشه ساخته می‌شود تا خریداران بتوانند به راحتی محصولات داخل یخچال را ببینند. یخچال‌های ویترونی به دو دسته ویترونی شیشه‌ای بسته و ویترونی نمایشی روباز (شکل ۱۹-۱۰) می‌شود.



ب) یخچال ویترونی نمایشی روباز



الف) یخچال ویترونی شیشه‌ای بسته

شکل ۱۹-۱۰

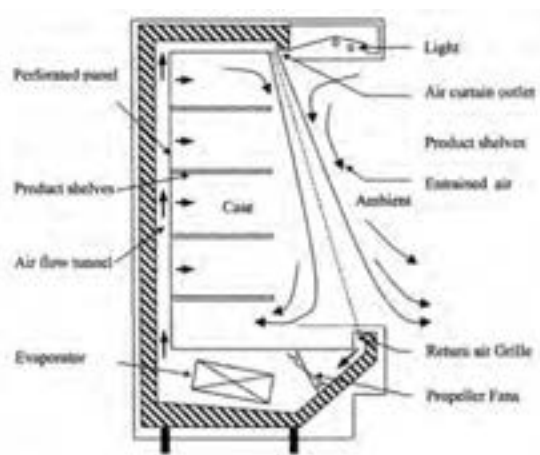
یخچال‌های ویترونی گاهی برحسب محل قرار گرفتن اواپراتور نیز طبقه‌بندی می‌شوند.

۱- اواپراتور در سقف

۲- اواپراتور بر روی دیوار

۳- اواپراتور در کف

به منظور تسهیل دسترسی مشتری به مواد غذایی در سلف سرویس‌ها و سوپرمارکت‌ها استفاده از یخچال‌های ویترونی روباز کاملاً متداول است. در این یخچال‌ها از اواپراتور فن‌دار استفاده می‌شود و هوای سرد از طریق کانال‌هایی به شبکه‌های عقبی یخچال دمیده شده و بروندی در حد سرمای غذاهای منجمد ایجاد می‌کند و هوای گرم از قسمت جلوی یخچال به پایین می‌رود. چراغ‌های روشنایی این یخچال‌ها معمولاً در خارج از شیشه ویترونی کار گذاشته می‌شود تا حرارت آنها باعث ازدیاد کار یخچال نگردد. (شکل ۲۰-۱)



شکل ۲۰-۱- جریان هوا در یخچال ویترونی

برای حفظ و نمایش محصولات کشاورزی از یخچال‌های ویترینی روباز با برودتی معادل  $5^{\circ}\text{C}$  استفاده می‌شود اما در یخچال‌های روباز مخصوص ارائه و فروش مواد غذایی منجمد برودتی نزدیک به  $-18^{\circ}\text{C}$  نیاز است که ایجاب می‌کند اوپراتورهای آنها در دمای  $12^{\circ}\text{C}$  تا  $-1^{\circ}\text{C}$  کار کند. در محل‌هایی که ممکن است رطوبت موجود در هوا تقطیر شده و یخ بزند سیم‌های حرارتی نصب می‌شود. بعضی از یخچال‌ها به سیستم اخطاری مجهزند که در صورت بالا رفتن درجه حرارت با به صدا درآوردن زنگ با روشن شدن چراغ هشدار می‌دهند.

#### ۴-۱۰- محاسبه برآورد بار سرمایی یخچال و فریزر

برای بدست آوردن بار برودتی یخچال‌های معمولی، یخچال فریزرها و یخچال‌های پیش‌ساخته از جدول ۱۶-۱۰ کتاب اصلی استفاده می‌شود. ابتدا حجم خارجی یخچال را محاسبه نموده و مقدار آن را از ستون سمت چپ جدول پیدا کرده و به سمت راست می‌رویم تا بار برودتی یخچال را بدست آوریم.

**مثال:** یک یخچال پیش‌ساخته با دمای  $5^{\circ}\text{C}$  به ابعاد  $100\text{ cm} \times 120\text{ cm} \times 200\text{ cm}$  ساخته شده است، بار برودتی یخچال را بدست آورید.

**حل:** ابتدا حجم خارجی یخچال را بدست می‌آوریم:

$$V = 2\text{ m} \times 1/2\text{ m} \times 1\text{ m} = 2/4\text{ m}^3$$

از جدول ۱۶-۱۰ بار برودتی  $765\text{ W}$  بدست می‌آید.

#### ۵-۱۰- سردخانه (اتاق‌های سرد)

فروشگاه‌های گوشت و مواد غذایی از یخچال‌های بسیار بزرگ اتاق مانند استفاده می‌کنند. در ساختمان کابینت انواع متداول این یخچال‌ها از عایق پلی‌یورتان و پوشش فلزی خارجی استفاده می‌شود و رویه داخلی با لایه‌ای از لعاب و قسمت خارجی با رنگ پخته پوشیده می‌شود. (شکل ۲۱-۱۰)



شکل ۲۱-۱۰- دو نمونه سردخانه



شکل ۲۲-۱۰ اجزاء پیش ساخته سردخانه

سردخانه‌ها در دو نوع ثابت و متحرک ساخته می‌شوند. اتاق سردخانه‌های ثابت از مصالح ساختمانی ساخته شده و پس از نصب عایق بر روی دیوارهای داخلی، روی عایق با ورق‌های نازک آلومینیومی روکش می‌شود. جداره‌های خارجی دیوار سردخانه نیز با مصالح ساختمانی پوشیده می‌شود. سردخانه متحرک از قطعات پیش ساخته تشکیل می‌شود که در محل ساخت سردخانه به یکدیگر متصل می‌شوند. وسط این قطعات پیش ساخته عایق قرار گرفته و دو طرف آن با ورق فلزی پوشیده می‌شود. (شکل ۲۲-۱۰)

در یخچال نیز مانند دیوارهای سردخانه‌های متحرک ساخته می‌شوند و برای جلوگیری از ورود هوای خارج از درز در به داخل سردخانه نوار لاستیکی دور در تعبیه می‌شود. قفل و بست و دستگیره در این اتاق‌های سرد به منظور ایمنی از داخل نیز باز می‌شوند. اطراف در به سیم‌های حرارتی الکتریکی مجهز است تا از یخ زدن در جلوگیری شود. (شکل ۲۳-۱۰)



شکل ۲۳-۱۰ در سردخانه

## ۶-۱۰ برآورد بار سرمایی سردخانه

برآورد بار سرمایی سردخانه‌های پیش ساخته کوچک با استفاده از نمودار شکل ۲۲-۱۰ کتاب اصلی صورت می‌گیرد. برای محاسبه بار سردخانه ابتدا سطح خارجی سردخانه را بدست آورده و مقدار آن را بر روی محور عمودی نمودار مشخص کرده و به سمت راست حرکت می‌کنیم تا خط مورب داخل نمودار را قطع نماید. سپس از همان محل به سمت پایین رفته و مقدار بار برودتی سردخانه را از روی محور افقی می‌خوانیم.

لازم به ذکر است که نمودار برآورد سرمایی سردخانه براساس ۳۲ درجه دمای محیط و ۱۶ تا ۱۸ ساعت کار برای تجهیزات طراحی شده است. در صورتی که دمای محیط  $38^{\circ}\text{C}$  و دمای سالن  $1/5$  درجه سانتی‌گراد باشد، پس از محاسبه بار از نمودار ۱۲٪

به مقدار بدست آمده اضافه می‌نماییم. همچنین در صورتی که دمای محیط  $38^{\circ}\text{C}$  و دمای سالن  $29^{\circ}\text{C}$  - باشد  $10\%$  به مقادیر بدست آمده از نمودار اضافه خواهد شد. در بالای نمودار ضخامت مناسب عایق جداره‌های سردخانه مشخص شده است.

**مثال ۱:** سطوح خارجی سردخانه‌ای  $28^{\circ}$  متر مربع است. اگر سردخانه در محیطی با دمای  $32^{\circ}\text{C}$  قرار گرفته باشد بار سرمایی سردخانه را بدست آورید.

**حل:** با استفاده از نمودار بار سرمایی برابر با  $12/7\text{kw}$  خواهد بود.

**مثال ۲:** سردخانه‌ای به ابعاد خارجی  $4\text{m} \times 8\text{m} \times 10\text{m}$  مفروض است. در صورتی که دمای محیط  $35^{\circ}\text{C}$  و دمای سالن سردخانه  $18^{\circ}\text{C}$  - باشد مطلوبست ۱- بار سرمایی سردخانه ۲- ضخامت مناسب برای عایق جداره‌های سردخانه

**حل:** محاسبه سطح خارجی سردخانه از دو راه امکان پذیر است.

$$10 \times 4 \times 2 = 80\text{m}^2 \quad \text{راه اول: سطح جانبی سردخانه:}$$

$$8 \times 4 \times 2 = 64\text{m}^2$$

$$10 \times 8 \times 2 = 160\text{m}^2 \quad \text{سطح کف و سقف سردخانه:}$$

$$80 + 64 + 160 = 304\text{m}^2 \quad \text{سطح کل سردخانه:}$$

راه دوم: با استفاده از جدول ۲۴-۱۰ کتاب اصلی، ابتدا در ستون «طول» عدد  $10$  متر را انتخاب می‌نماییم و در ستون «عرض» عدد  $8$  متر را انتخاب و به سمت راست حرکت می‌کنیم، در ستون ارتفاع  $4\text{m}$  سطح خارجی سردخانه  $304$  متر مربع بدست خواهد آمد.

با داشتن سطح خارجی  $304\text{m}^2$  از نمودار بار سرمایی سردخانه  $13/7$  کیلووات خواهد بود اما به دلیل تفاوت شرایط دمای محیطی سردخانه با شرایط نمودار، می‌بایستی بار بدست آمده را اصلاح نماییم. برای این کار  $10\%$  به بار سرمایی اضافه خواهد شد.

$$13/7 + \frac{10}{100} = 1/37\text{kw}$$

$$13/7 + 1/37 = 15/07\text{kw} \quad \text{بار سرمایی سردخانه:}$$

با توجه به توضیحات بالای نمودار ضخامت مناسب عایق پشم شیشه برای این سردخانه  $150$  میلی‌متر می‌باشد.