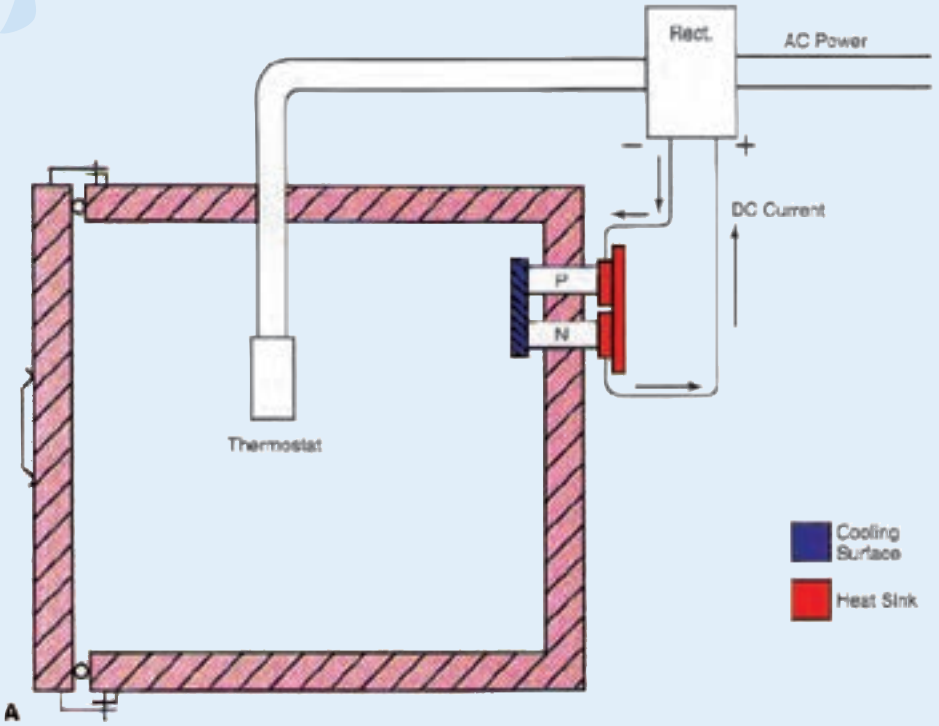
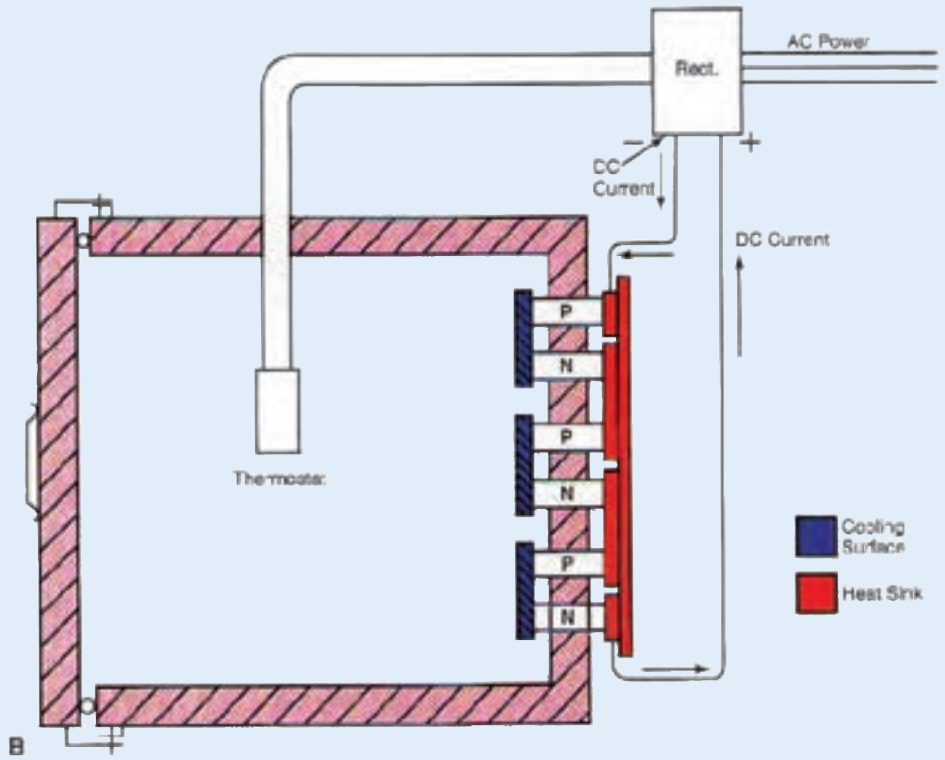
فصل دوازدهم


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.

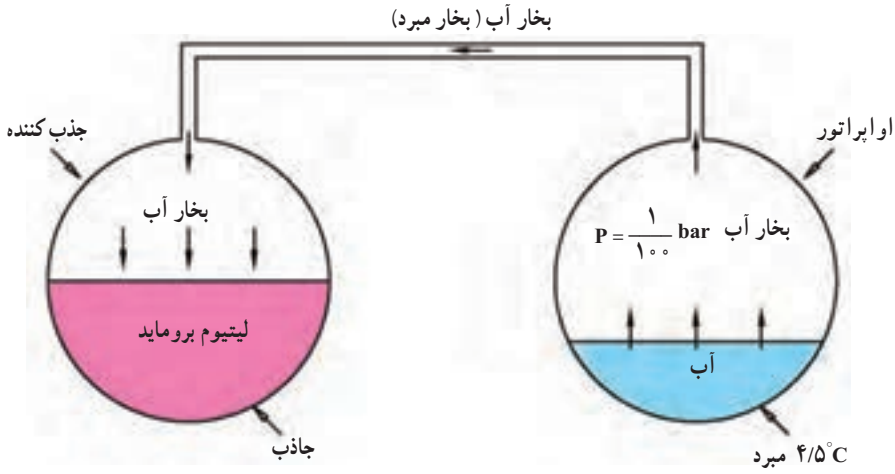
۲ــ وقتی که در تابستان دیگ‌های بخار بلااستفاده باشند.

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.

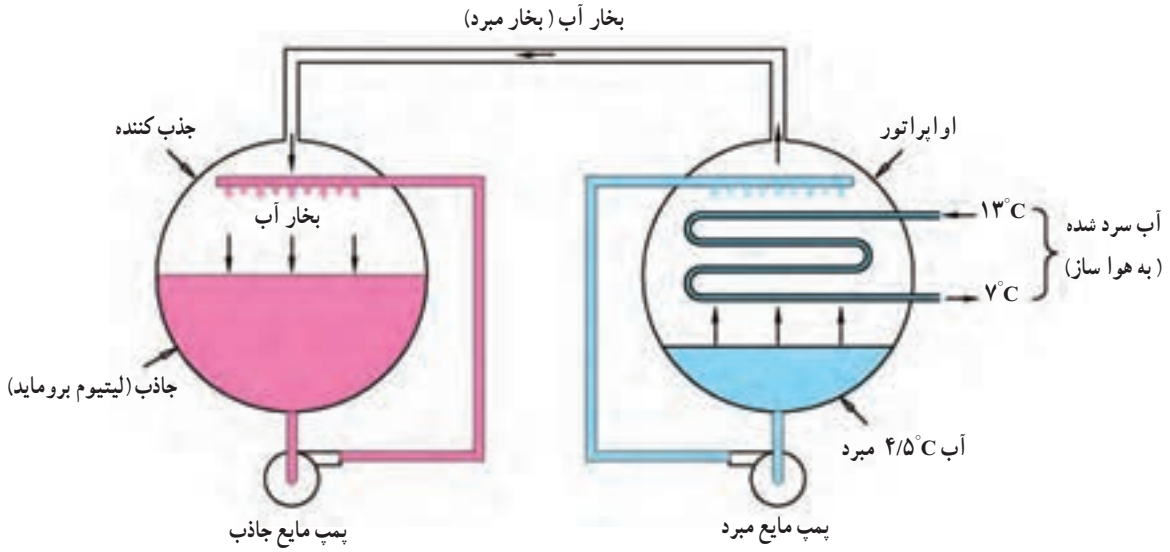
بخار تولید شده در اواپراتور به سمت جذب‌کننده رفته و به‌وسیله محلول لیتیوم بروماید جذب می‌شود. برای استفاده از سرمای تولید شده در اواپراتور می‌توان یک کویل در داخل آن نصب کرد (شکل ۲ــ۱۲).

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.

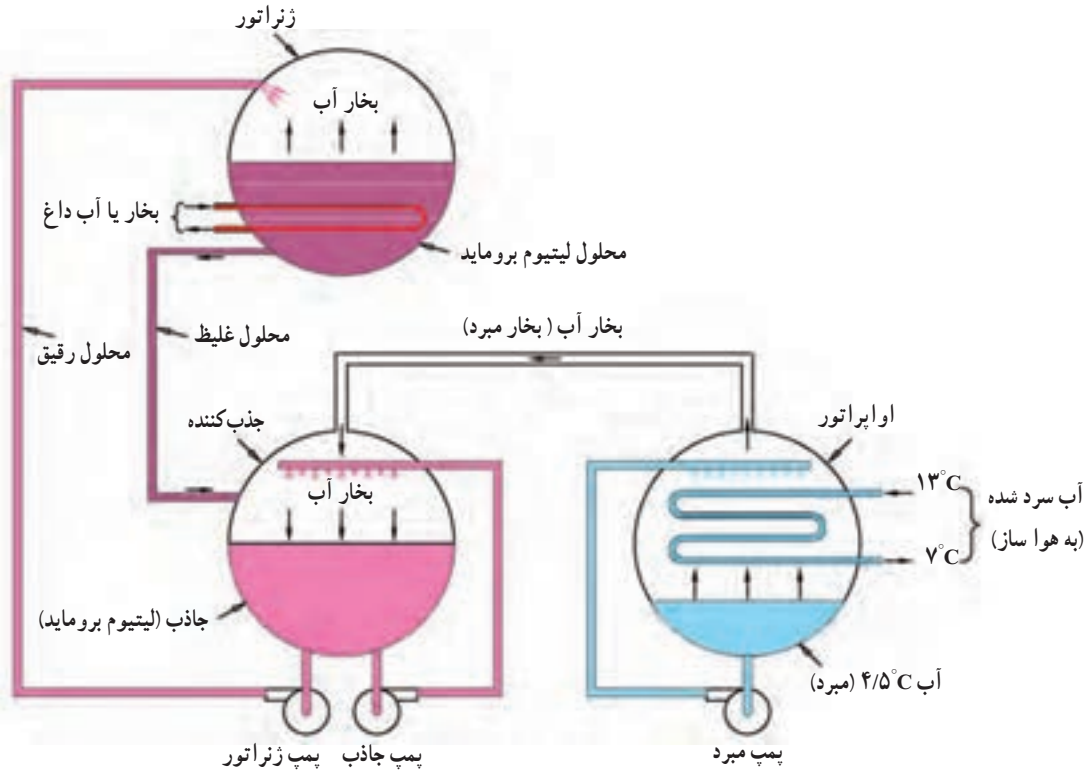
اول این‌که محلول لیتیوم بروماید مرتباً بخار آب را جذب کرده و رقیق می‌شود و نهایتاً پس از مدتی قدرت جذب آب را از دست خواهد داد.

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.



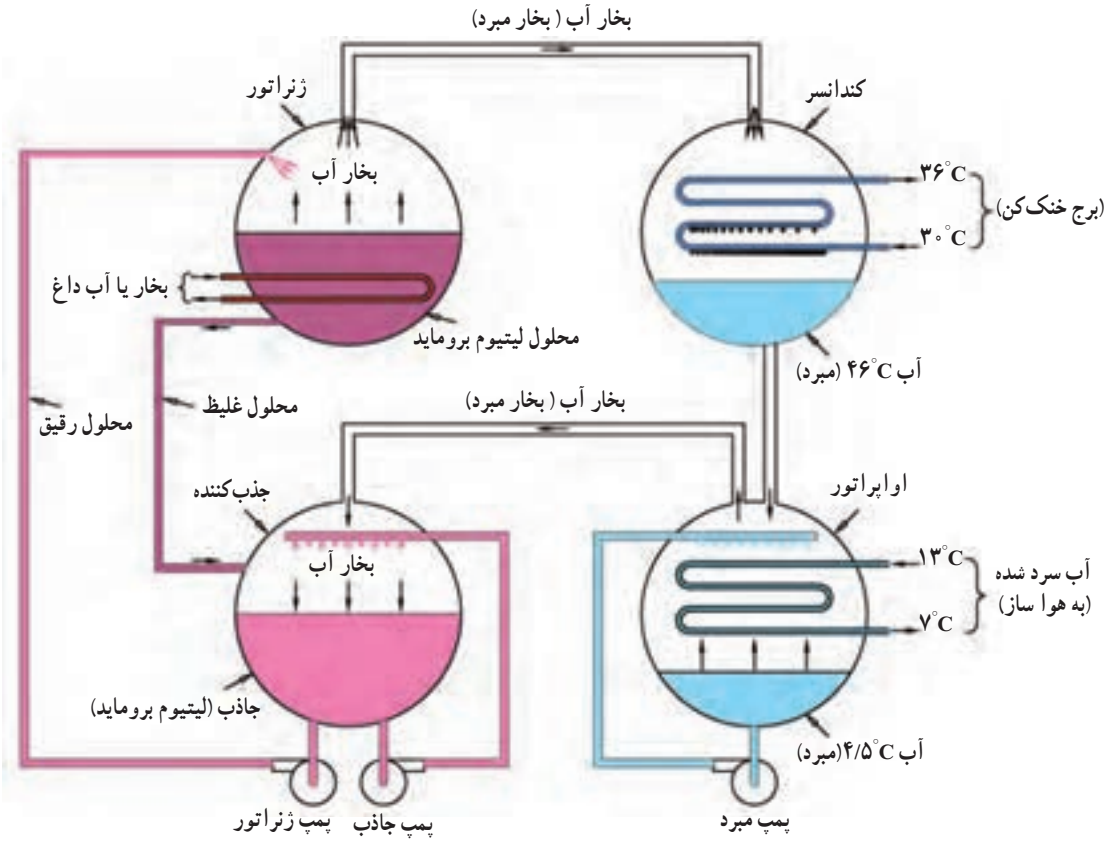
شکل ۲ــ۱۲ــ با نصب دو عدد پمپ برای اواپراتور و جذب‌کننده راندمان بیشتر می‌شود.



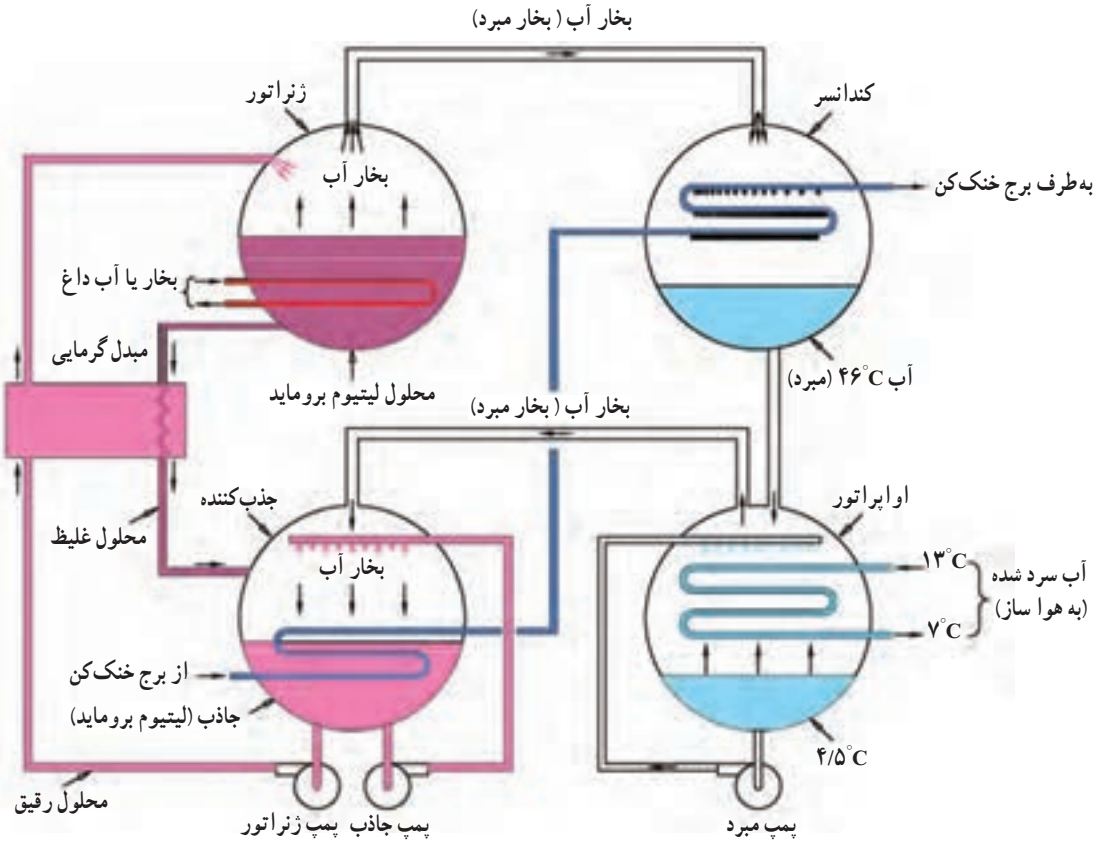
شکل ۳ــ۱۲ــ برای رفع مشکل اول به سیستم یک ژنراتور اضافه می‌کنیم.

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.



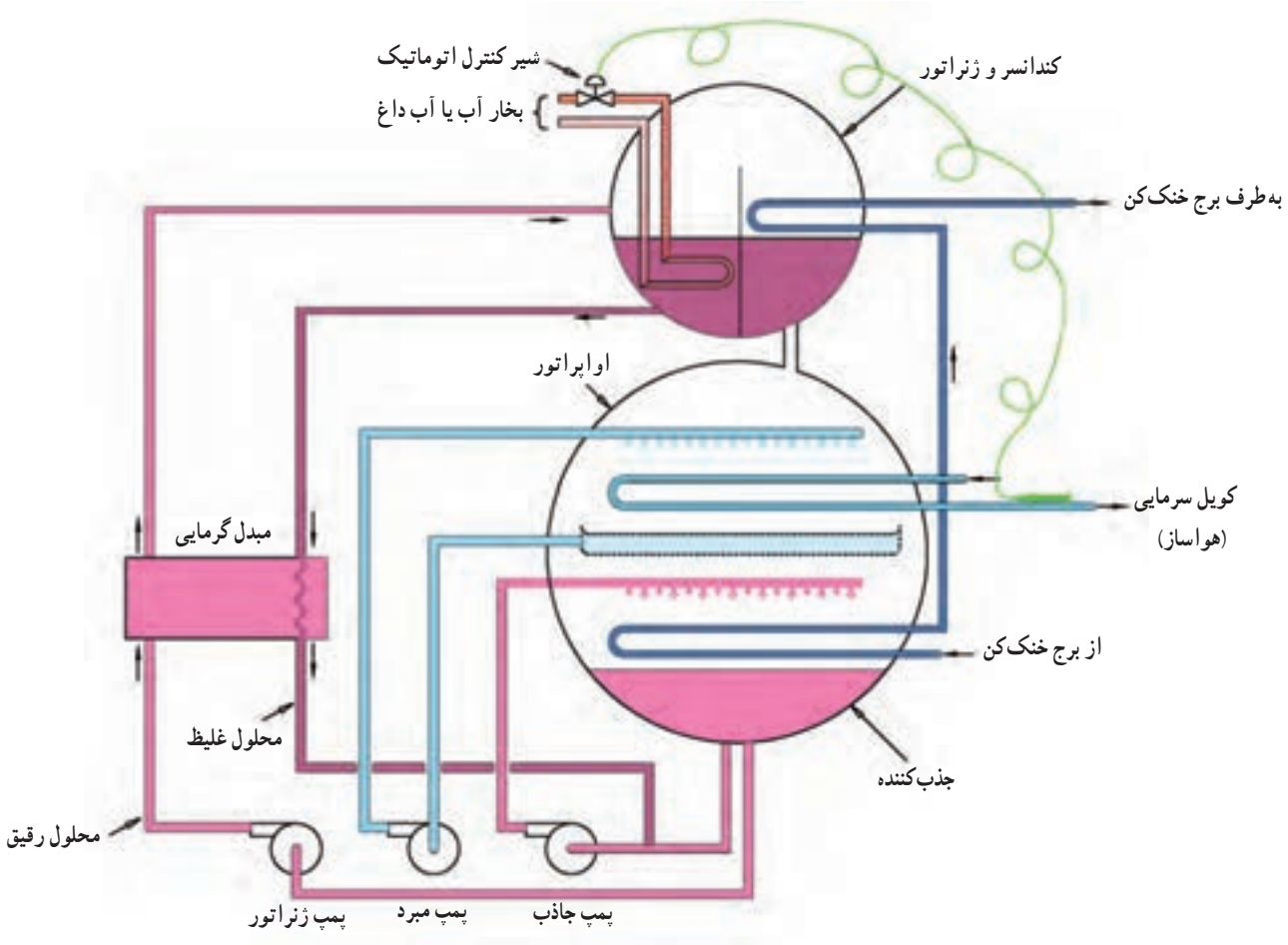
شکل ۵ــ۱۲ــ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی

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.



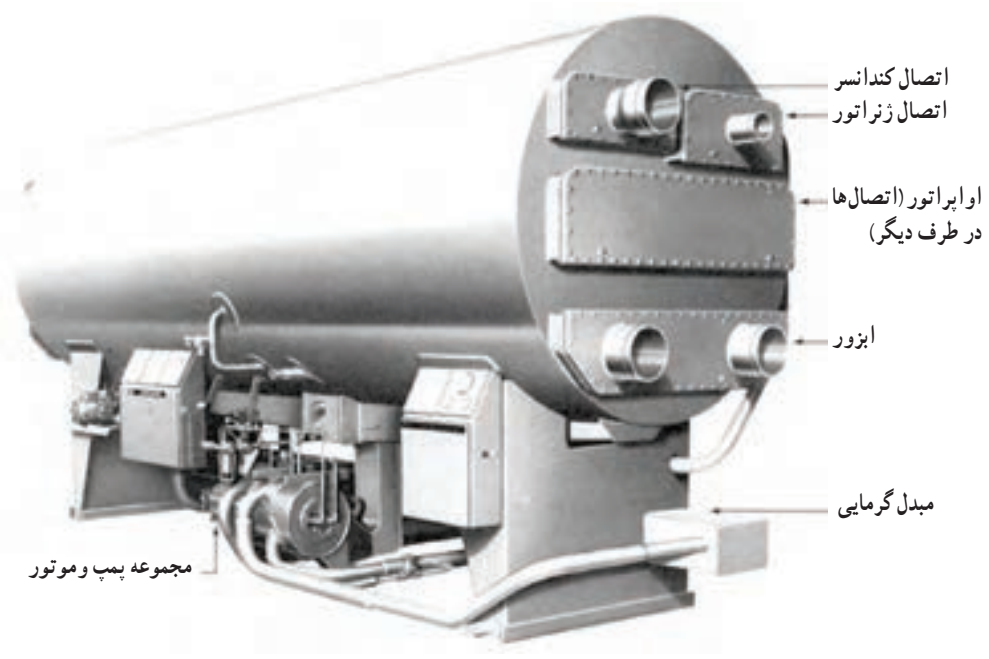
شکل ۶ــ۱۲ــ سیکل کامل تبرید جذبی با تجهیزات اضافی

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

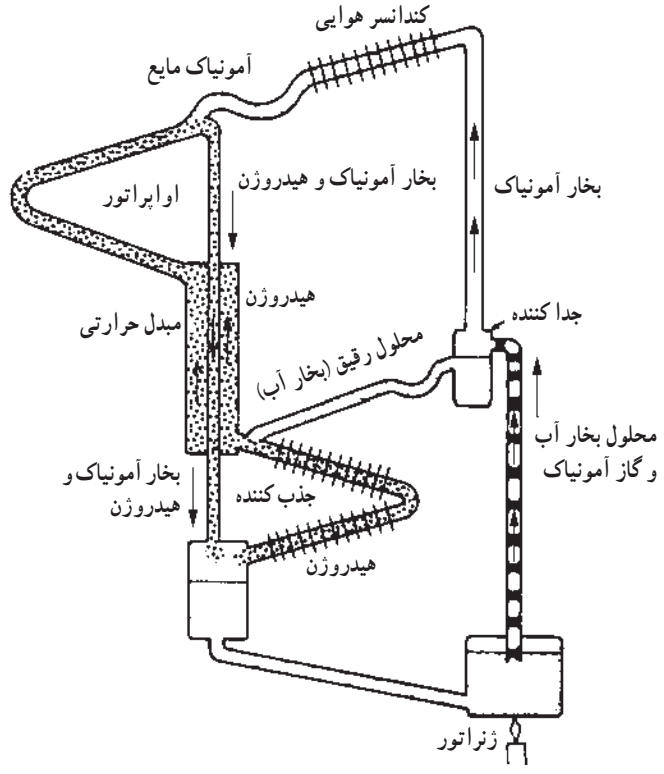
۲ــ۱۲ــ یخچال جذبی

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 :

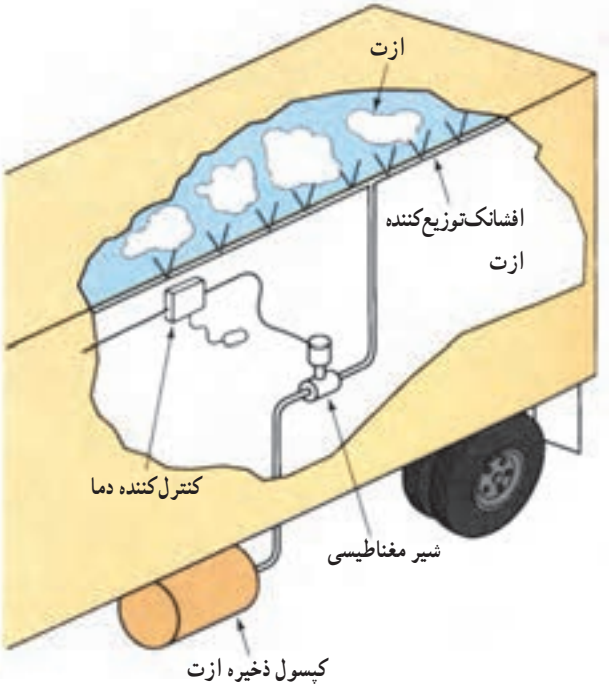
۱ــ گذراندن ازت مایع از داخل صفحه تبرید و تبخیر آن در هوا.

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.

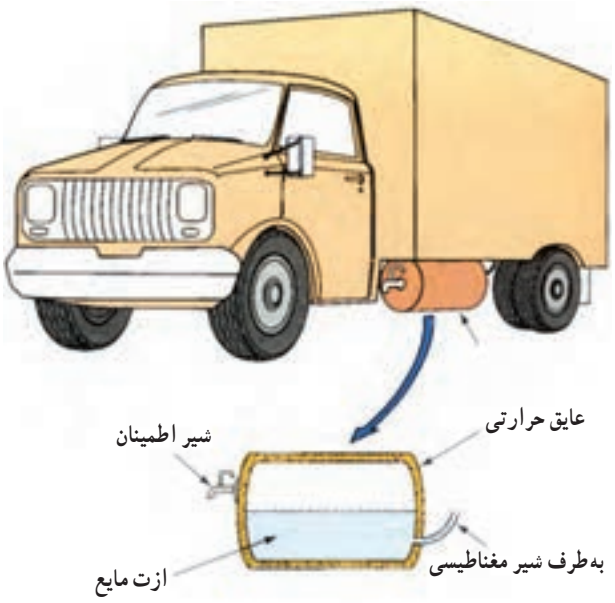


شکل ۹ــ۱۲ــ سیستم تبرید پاششی با ازت

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

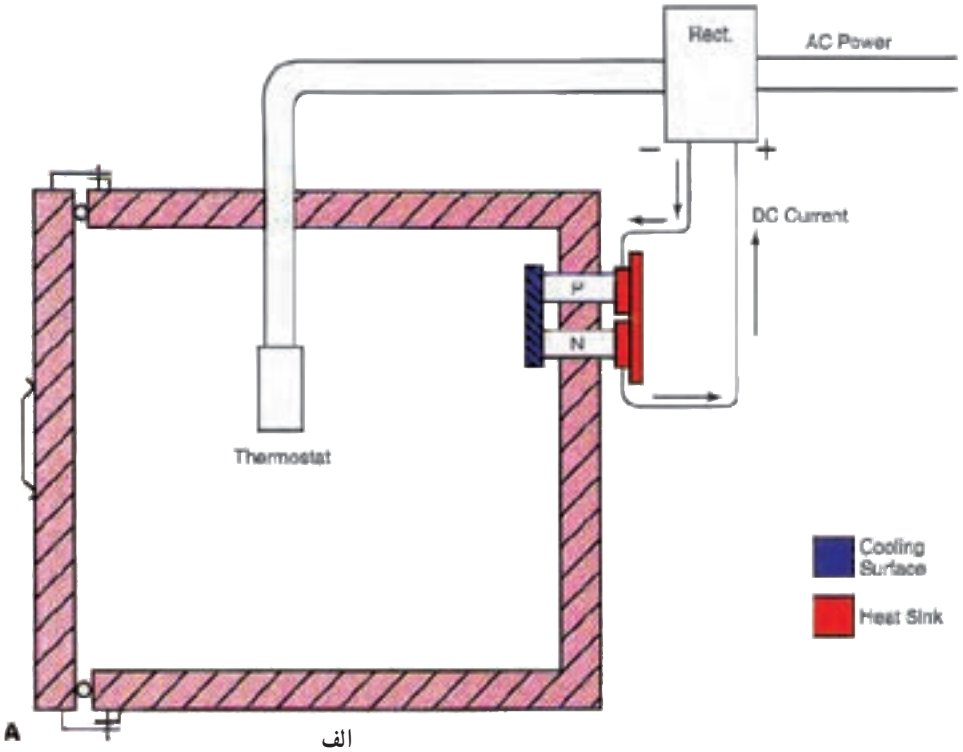
۲ــ Fins

۳ــ Semi conductors

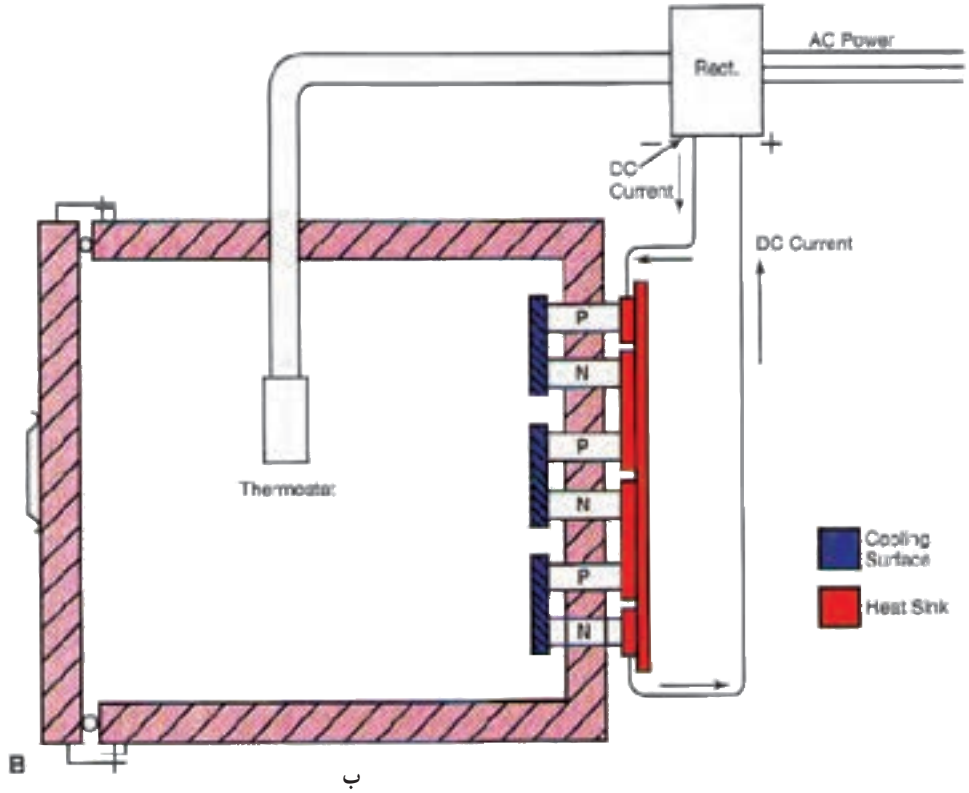
۴ــ N type Semi conductors

۵ــ P type semiconductors

۶ــ Modules



الف

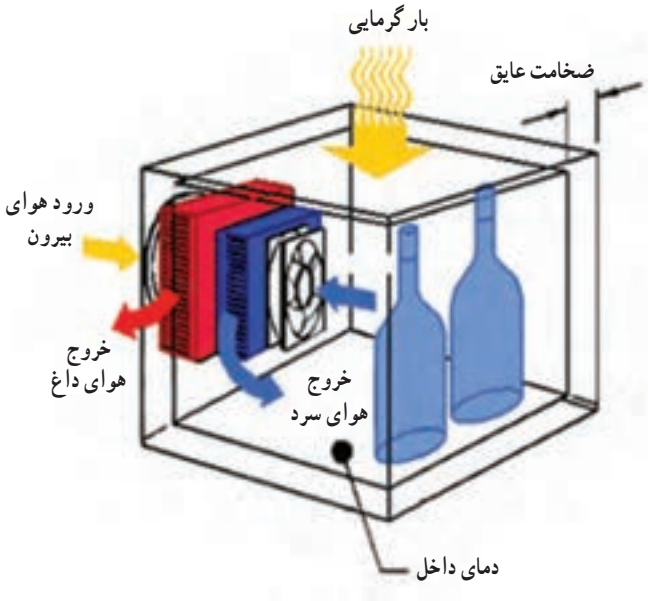


ب

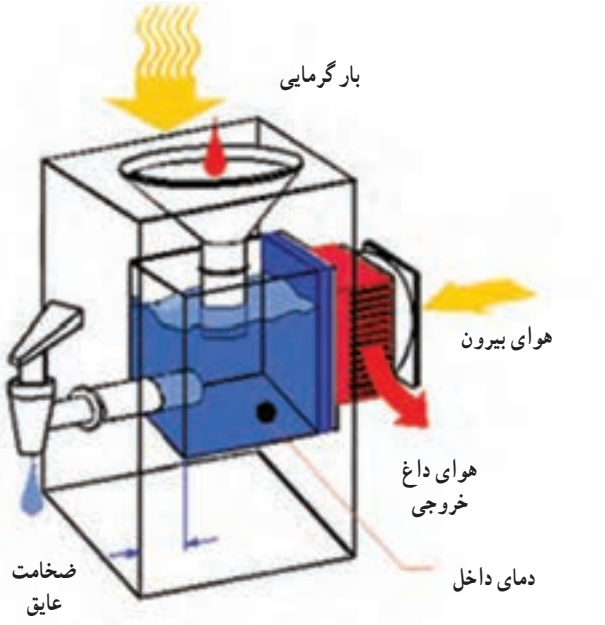
شکل ۱۱ــ۱۲ــ الف) نمودار زوج ترموالکتریک ساده، که برای سرد کردن فضای عایق شده به‌کار می‌رود. گرمای جذب شده توسط زوج ترموالکتریک توسط سطح گرمایی پره‌دار به هوایی بیرون داده می‌شود. ب) یک سردکننده ترموالکتریک ــ سه زوج به‌طور سری بهم بسته شده‌اند تا اثر جذب گرما افزایش یابد.

۲ــ۴ــ۱۲ــ کاربردهای تبرید ترموالکتریک : چند نمونه از کاربردهای تبرید ترموالکتریک در شکل‌های ۱۲ــ۱۲ تا ۱۷ــ۱۲ نشان داده شده است.

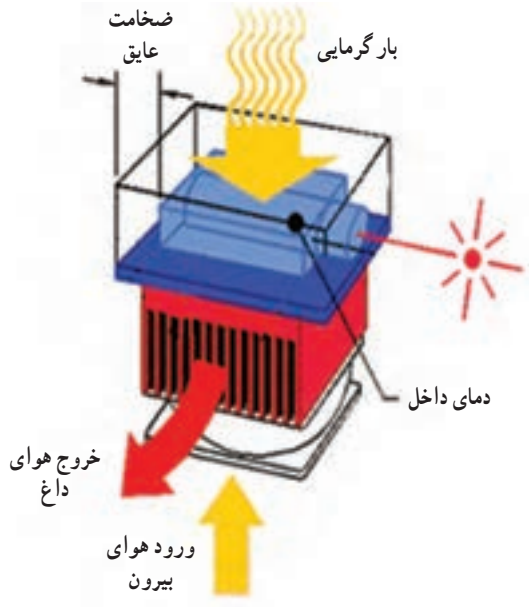
سردکن‌های مایع برای سرد کردن مایعات در حال گردش و همچنین مکان‌هایی که امکان نصب مجموعه تجهیزات برودتی وجود نداشته باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس کار این دستگاه بسیار ساده می‌باشد. سیالی که قرار است خنک شود از یک طرف لوله وارد و از طرف دیگر لوله خارج می‌گردد. در صورت نیاز از یک پمپ سیرکولاتور کوچک 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.



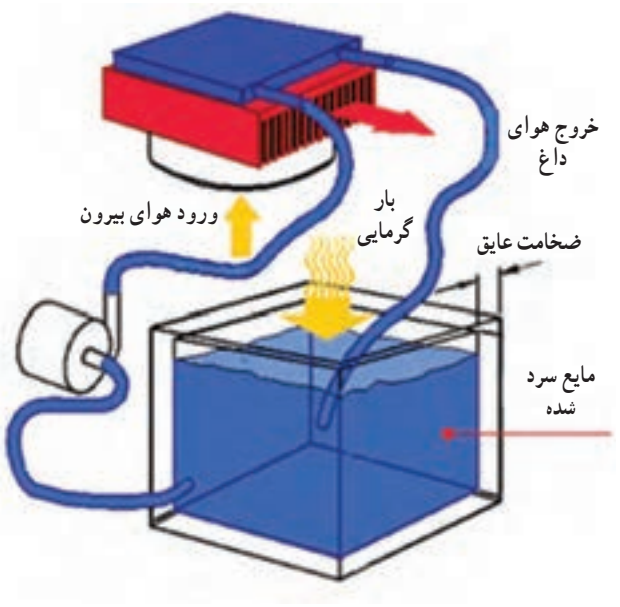
شکل ۱۲ــ۱۲ــ وجود مایع در مجاورت سطح سرد باعث سرد شدن آن می‌شود.



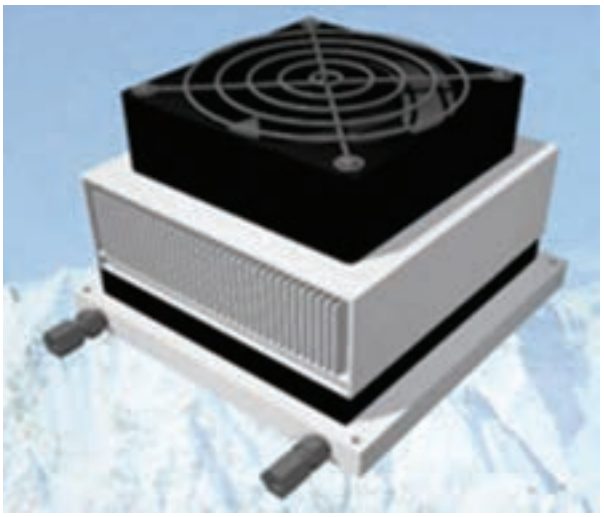
شکل ۱۳ــ۱۲ــ دمای هوای داخل کابین در اثر عبور از روی سطح سرد، پایین می‌آید.



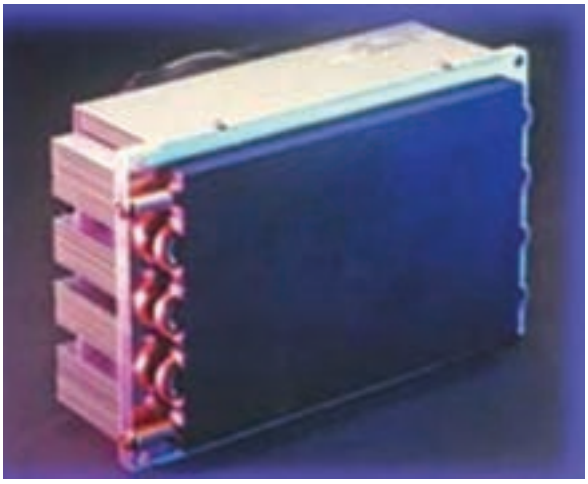
شکل ۱۴ــ۱۲ــ سرمایش از طریق قرار گرفتن جسم جامد روی سطح سرد



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

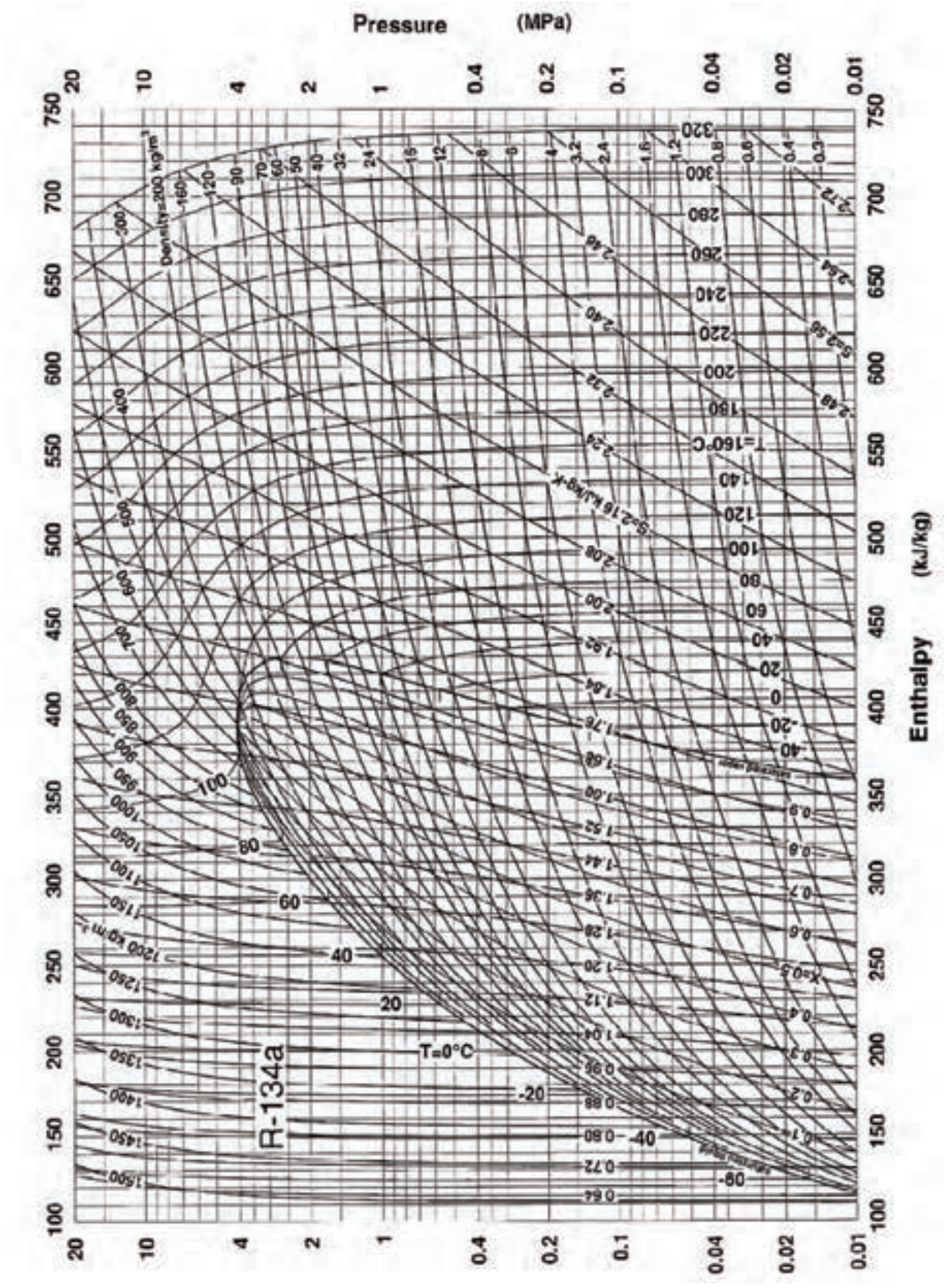
مبدل گرمایی	Heat exchanger
بار گرمایی	Heat load
افت گرما	Heat loss
گرمای ذوب (نهان)	Heat of Fusion
پمپ حرارتی	Heat pump
انتقال حرارت	Heat transfer
گرمایی	Heating
کویل گرمایی	Heating coil
بار گرمایی	Heating load
توان گرمایی خروجی (مفید)	Heating out put
سطح حرارتی	Heating surface
ارزش گرمایی	Heating value
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

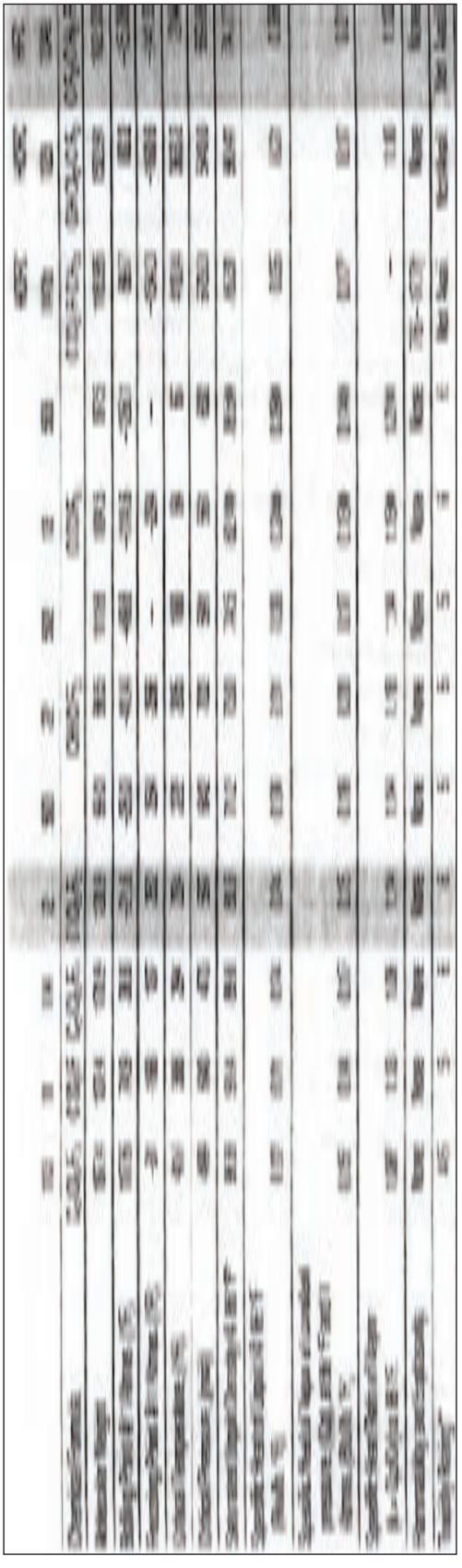
تخلیه پشت بامی (کف شوی پشت بام)	Roof Drain
ترموستات اتاقی	Room Thermostat
کمپرسور دورانی	Rotary Compressor
روتور (قسمت گردنه موتور)	Rotor
سیم‌پیچ کار، سیم‌پیچ اصلی	Run Winding
کنترل ایمنی	Safety Control
شیر اطمینان ــ شیر ایمنی	Safety Valve
هوای اشباع شده	Saturated Air
دمای اشباع	Saturation Temperature
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