

سیستم‌های دیگر تبرید

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- سیستم تبرید جذبی را تشریح نماید.
- ۲- یخچال جذبی و اصول کار آن را توضیح دهد.
- ۳- سیستم تبرید پاششی با مواد مبرد مصرف شدنی را توضیح دهد.
- ۴- سیستم تبرید ترموالکتریک را توضیح دهد.

۱۲- سیستم‌های دیگر تبرید

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 در حالی که در سیستم تبرید جذبی برای انتقال بخار کم دما و کم فشار 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. به کارگیری و استفاده از این سیستم‌ها در شرایط زیر توصیه می‌شود.

- ۱- وقتی که انرژی الکتریکی گران بوده و سوخت ارزان مانند گاز طبیعی در اختیار باشد.
- ۲- وقتی که در تابستان دیگ‌های بخار بلااستفاده باشند.

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 به خصوص دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری براساس سیستم تبرید تراکمی کار می‌کنند. سیستم‌هایی که اجزای اصلی تشکیل دهندهٔ 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.

- ۱-۱۲- سیستم تبرید جذبی کریر
سیستم تبرید جذبی از نظر تقطیر ماده سرمازا در فشار و

۱-۱-۱۲ اصول کار سیستم های جذبی : در چیلر

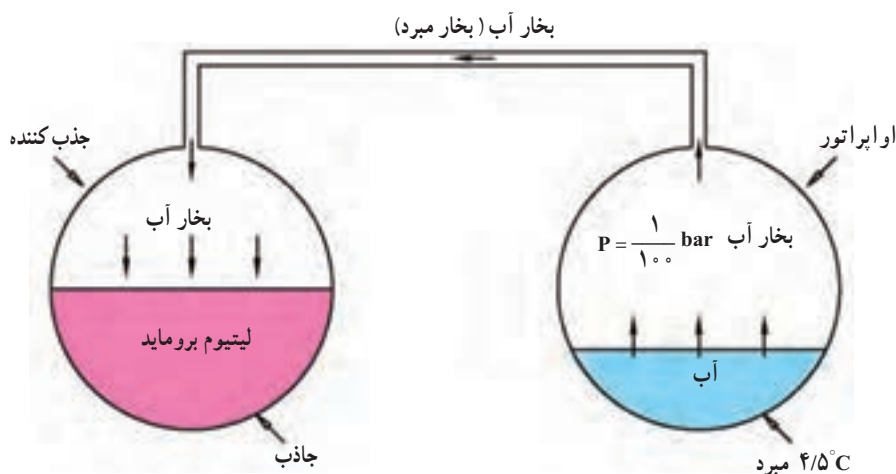
جذبی، مایع میرد آب می باشد. می دانید که آب در شرایط استاندارد (فشار یک اتمسفر) در 100°C به جوش می آید و در فشار یک دهم ($\frac{1}{10}$) اتمسفر آب در دمای 43°C تبخیر می شود و در فشار یک صدم ($\frac{1}{100}$) اتمسفر آب در دمای $4/5^{\circ}\text{C}$ تبخیر می شود.

در این سیستم ها از یک مایع دیگری به نام لیتیوم بروماید به عنوان جاذب استفاده می شود تا بخار آب را جذب نماید. انتخاب لیتیوم بروماید به عنوان جاذب به دلیل داشتن قدرت جذب عالی بخار آب، غیر سمی بودن، غیر قابل انفجار بودن و

نداشتن ترکیبات مضر می باشد.

برای درک بهتر، سیکل تبرید جذبی را مرحله به مرحله بررسی می کنیم.

در شکل ۱-۱۲ دو ظرف نشان داده شده است. یکی از ظرف ها (اوپراتور) محتوی آب و ظرف دیگر (جذب کننده) محتوی لیتیوم بروماید است. اگر بتوانیم هوای داخل دو ظرف را خالی کرده تا حدود $\frac{1}{100}$ اتمسفر (تقریباً خلاً کامل) برسائیم آب داخل اوپراتور در $4/5^{\circ}\text{C}$ تبخیر می شود (عمل تبخیر گرماگیر است) با تبخیر قسمتی از آب، بقیه آب داخل اوپراتور تا کمتر از $4/5^{\circ}\text{C}$ سرد می شود.



شکل ۱-۱۲- مجاورت بخار آب و لیتیوم بروماید در فشار کم باعث جذب بخار آب توسط لیتیوم می شود.

کرده و رقیق می شود و نهایتاً پس از مدتی قدرت جذب آب را از دست خواهد داد.

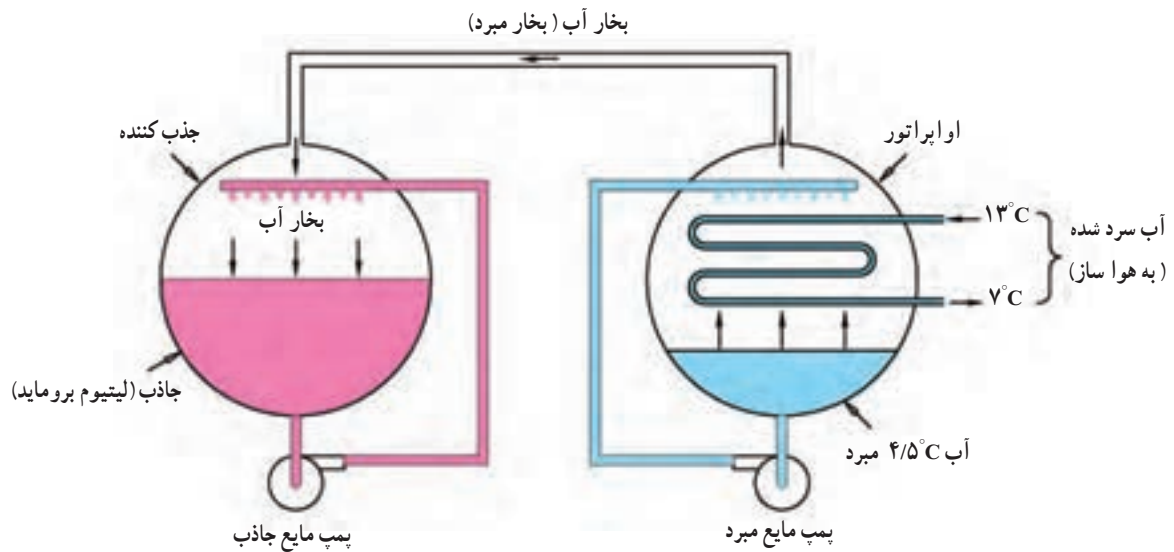
دوم این که مایع میرد (آب) موجود در اوپراتور مرتباً تبخیر شده و کم می شود و بالاخره تمام خواهد شد.

برای رفع مشکل اول به سیستم یک دستگاه ژنراتور اضافه می کنیم (شکل ۱۲-۳) تا محلول رقیق لیتیوم بروماید توسط یک پمپ به ژنراتور فرستاده شود و به وسیله بخار یا آب داغ به صورت غیر مستقیم گرما داده می شود. در اثر گرما محلول لیتیوم بروماید جوشیده و بخار آب از آن جدا می شود. بنابراین محلول باقی مانده در ژنراتور محلولی است غلیظ که به سمت جذب کننده هدایت می شود تا مجدداً بتواند بخار آب بیشتری را جذب نماید.

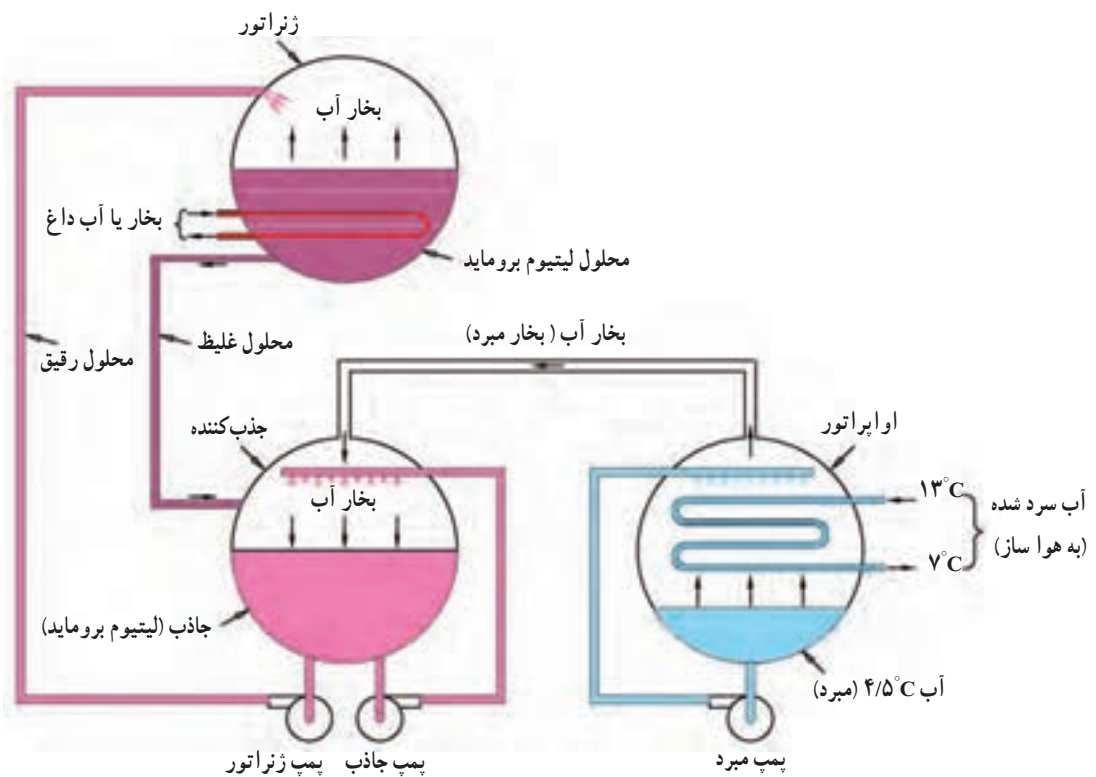
بخار تولید شده در اوپراتور به سمت جذب کننده رفته و به وسیله محلول لیتیوم بروماید جذب می شود. برای استفاده از سرمای تولید شده در اوپراتور می توان یک کویل در داخل آن نصب کرد (شکل ۱۲-۲).

برای بالا بردن راندمان، دو عدد پمپ به عنوان پمپ مایع سرمازا و پمپ مایع جاذب به سیستم اضافه می شود. پمپ مایع سرمازا آب سرد را روی کویل ریخته و شدت تبخیر را افزایش می دهد و پمپ جاذب، محلول لیتیوم بروماید را به صورت اسپری در ظرف لیتیوم بروماید می پاشد، در نتیجه قدرت جذب بخار آب را بیشتر می کند. سیستم فوق دارای دو اشکال عمده بوده که بایستی برطرف گردد.

اول این که محلول لیتیوم بروماید مرتباً بخار آب را جذب



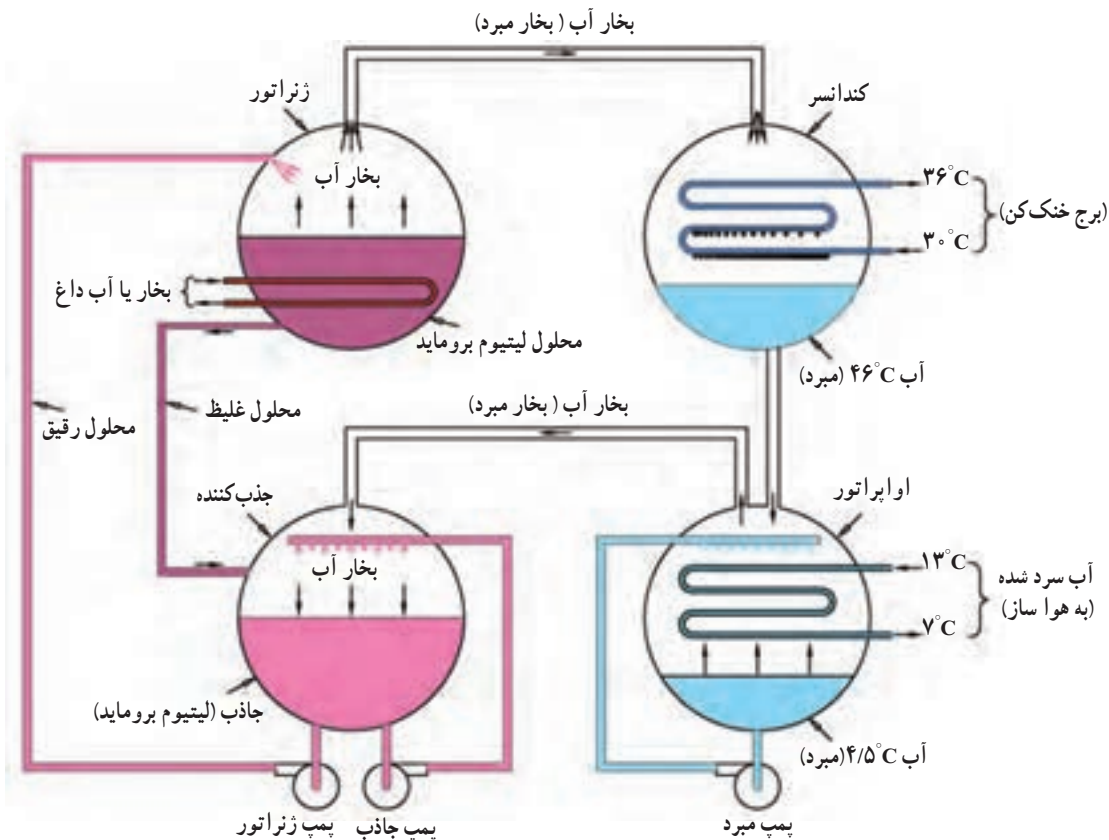
شکل ۲-۱۲- با نصب دو عدد پمپ برای اوپراتور و جذب کننده راندمان بیشتر می شود.



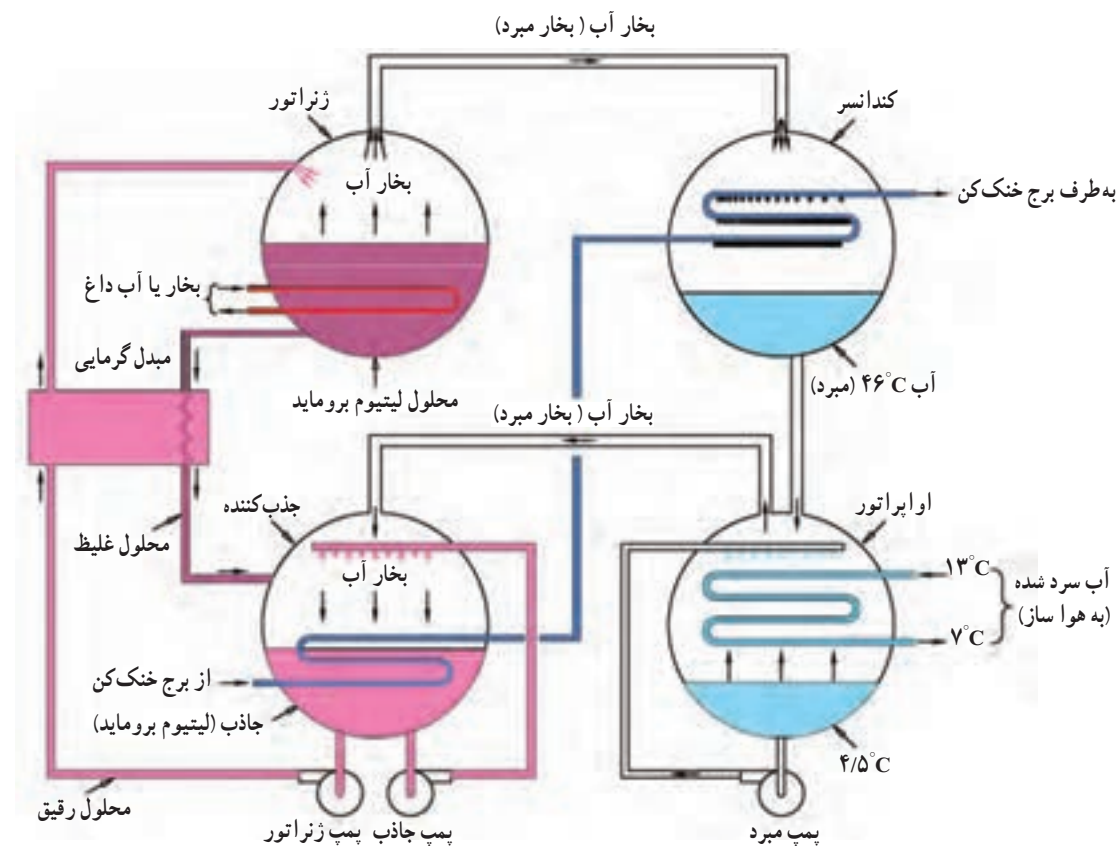
شکل ۳-۱۲- برای رفع مشکل اول به سیستم یک زراتور اضافه می کنیم.

به اوپراتور برگردد در نتیجه یک سیکل بسته تشکیل می شود.
شکل ۵-۱۲ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی را نشان می دهد.

برای رفع مشکل دوم به سیستم فوق یک دستگاه کندانسر (تقطیر کننده) اضافه می کنیم (شکل ۴-۱۲). تا این که بخار آب خارج شده در زراتور بتواند وارد کندانسر شده تقطیر شود و مجدداً



شکل ۴-۱۲- با اضافه کردن یک دستگاه کندانسر و تقطیر مجدد بخارات آب سیکل بسته تشکیل می شود.



شکل ۵-۱۲- سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی

می‌دهند. توجه داشته باشید که در فشار یک صدم اتمسفر آب در $4/5^{\circ}\text{C}$ می‌جوشد در نتیجه می‌تواند دمای آب سرد را (آب هواساز) تا $6/5^{\circ}\text{C}$ پایین بیاورد. در شکل ۶-۱۲ یک عدد شیر کنترل بخار در مسیر ورود بخار به ژنراتور نصب شده است.

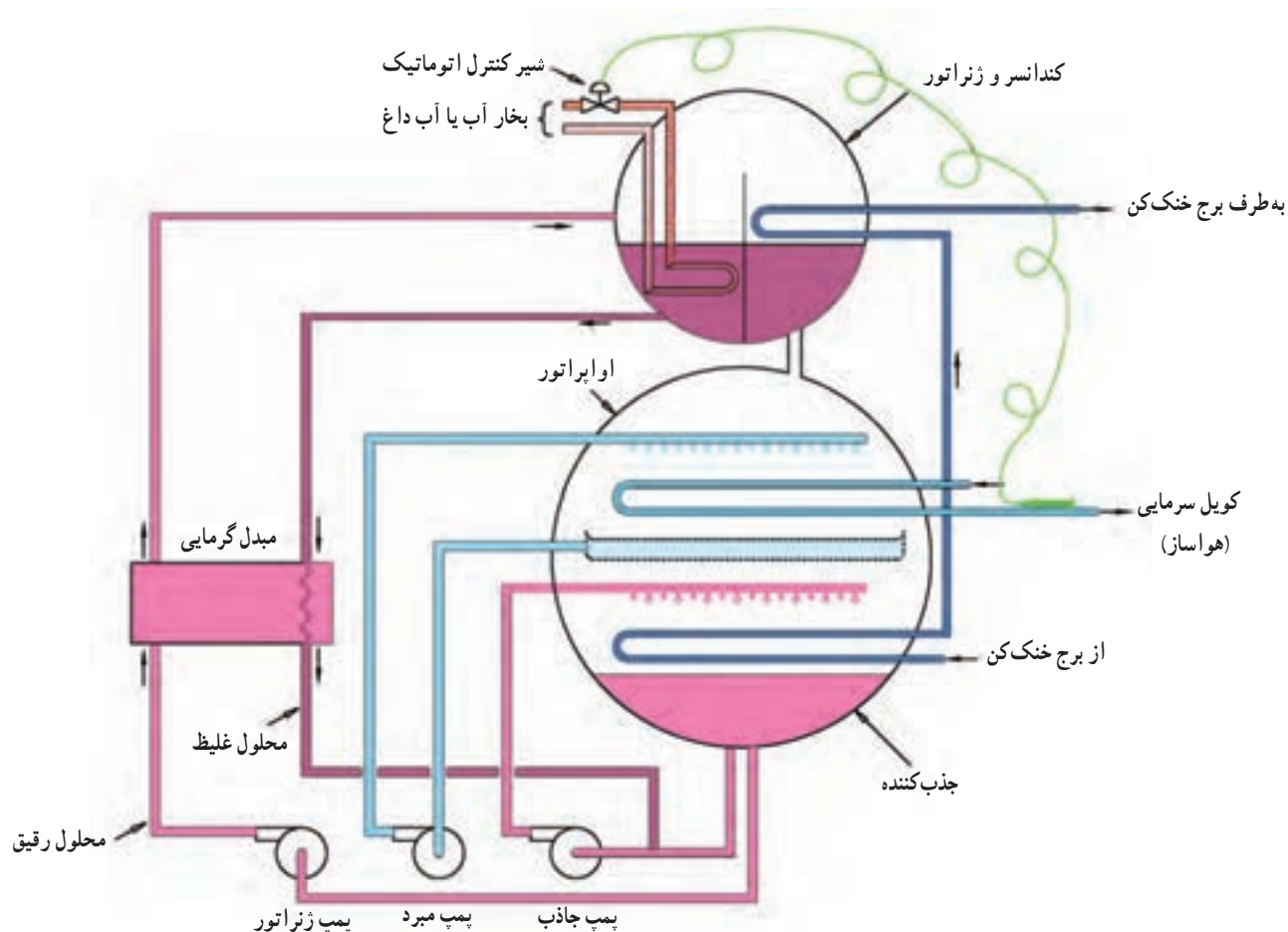
سنسور شیر از دمای آب کویل هواساز متأثر می‌شود. با کاهش دمای آب داخل کویل در قسمت خروجی اوپراتور، مقدار بخار ورودی به ژنراتور کسر می‌شود و برعکس.

با توجه به توضیحات بیان شده مسیر حرکت مبرد و جاذب در سیکل بسته به شرح زیر است. مسیر مبرد (آب) از کندانسر به اوپراتور، به جاذب کننده و به ژنراتور سپس مجدداً به کندانسر می‌باشد و مسیر ماده جاذب (لیتیوم پروماید) از جاذب کننده به ژنراتور و مجدداً به جاذب کننده می‌باشد.

برای بالا بردن راندمان اولاً یک مبدل گرمایی بین ژنراتور و ایزویر (جذب کننده) قرار می‌دهند تا از طرفی محلول رقیق را که از جاذب کننده به ژنراتور می‌رود را گرم کند و از طرف دیگر محلول غلیظ را که از ژنراتور به جاذب کننده می‌رود سرد کند.

ثانیاً یک کویل در جاذب کننده قرار می‌دهند و از داخل آن آب برج خنک کن را می‌گذرانند تا گرمای حاصل از حل شدن آب در لیتیوم پروماید را بگیرند (هر اندازه محلول لیتیوم پروماید سردتر و غلیظ تر شود قدرت جذب بخار آب بیشتری را پیدا می‌کند).

به لحاظ این که فشار مطلق کندانسر و ژنراتور تقریباً با هم برابر بوده (یک دهم اتمسفر) و فشار مطلق اوپراتور و جاذب کننده نیز با هم برابر بوده (یک صدم اتمسفر) لذا کندانسر و ژنراتور را در یک پوسته، اوپراتور و جاذب کننده را در یک پوسته دیگر قرار



شکل ۶-۱۲- سیکل کامل تبرید جذبی با تجهیزات اضافی

سیستم‌های جذبی دارای مشکلاتی به قرار زیر هستند.

۱- فشار خیلی پایین: نگهداری مطمئن اوپراتور در

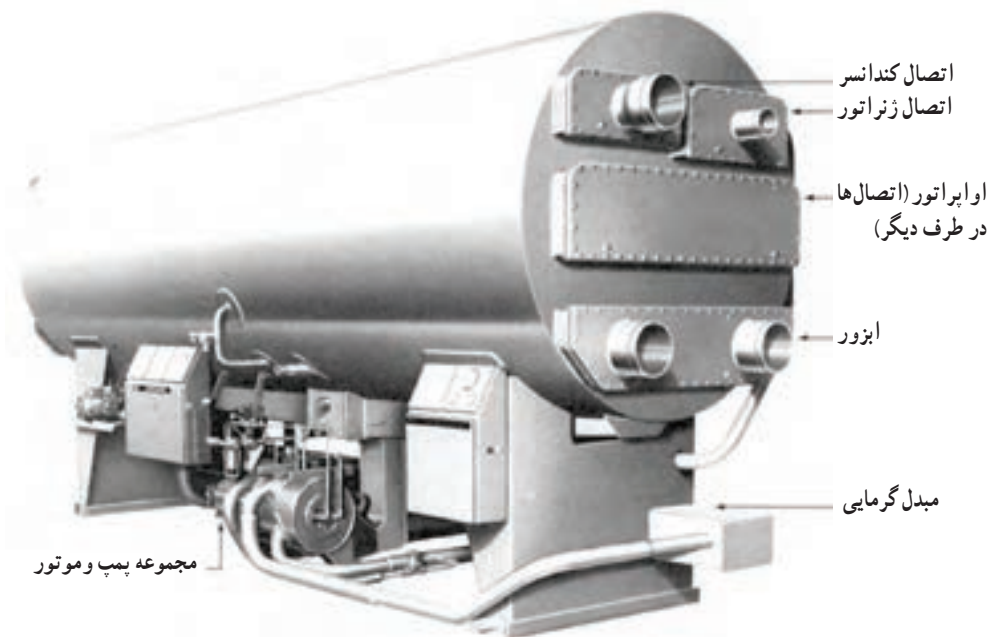
فشار خیلی پایین دشوار است به طوری که آب بتواند در دمای $4/5^{\circ}\text{C}$ بجوشد. کمترین و کوچک‌ترین نشتی باعث کاهش ظرفیت سیستم می‌شود.

۲- خوردگی: محلول لیتیوم بروماید یک نوع آب

نمک است اگر هوا به داخل سیستم نفوذ کند لیتیوم بروماید باعث خوردگی قسمت‌های فولادی می‌گردد به تعبیری سیستم

غیر قابل استفاده می‌شود.

۳- کریستالیزاسیون: عمل تغییر حالت محلول از مایع به جامد است که باعث گرفتگی مسیر جریان محلول می‌شود. برای برطرف کردن آن بایستی لوله گرفته شده را گرما داده تا مسیر باز شود. سیستم‌های جذبی در تأسیسات تهویه مطبوع مراکز مسکونی و تجاری به کار برده می‌شوند. شکل ۷-۱۲ یک دستگاه چیلر جذبی را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱۲- یک نمونه چیلر جذبی با ظرفیت $150-100$ تن سرمایی

وزن از طریق تله مایع U شکل به جذب کننده 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 اوپراتور می‌ریزد و در اوپراتور با جذب گرما از فضای داخل کابین تبخیر می‌شود. بخار آمونیاک همراه با مقداری گاز هیدروژن از اوپراتور به جذب کننده می‌رود. در جذب کننده بخار آمونیاک در آب حل می‌شود. درحالی که گاز هیدروژن که میل ترکیبی با آب (جاذب) ندارد از جذب کننده گذشته به اوپراتور برمی‌گردد. علت استفاده از گاز هیدروژن

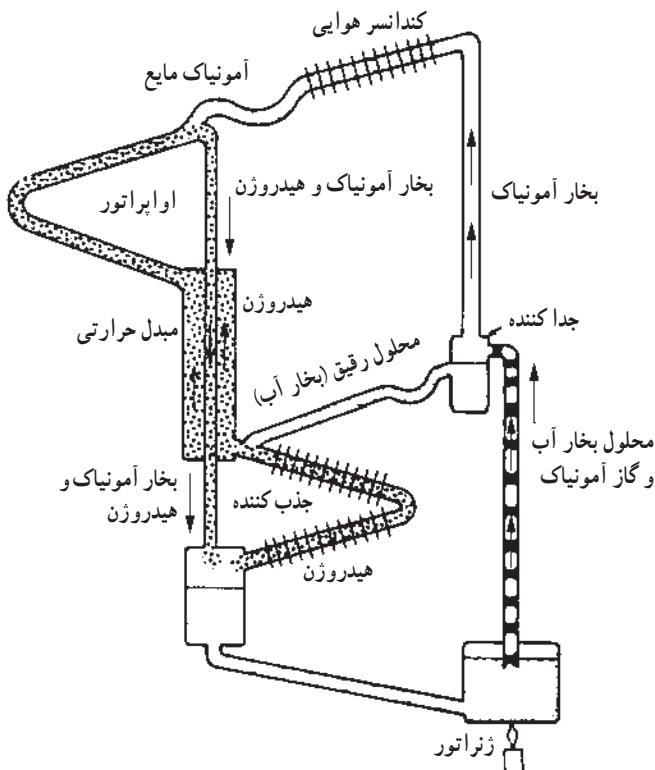
۱۲-۲- یخچال جذبی

در این سیستم از آب به عنوان جاذب و از آمونیاک به عنوان میرد استفاده شده است. زیرا که آب مقدار زیادی گاز آمونیاک را به خود جذب می‌کند، یخچال جذبی را در گذشته به نام یخچال نفتی می‌شناختند.

شکل ۸-۱۲ 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

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 به جای شعله چراغ نفتی می‌توان از شعله گاز یا گرمکن الکتریکی استفاده کرد.

کاهش فشار بخار آمونیاک در اوپراتور و فراهم کردن امکان تبخیر مایع آمونیاک است.^۱ هدف از نصب دو عدد تله مایع به شکل U این است که مانع از خارج شدن گاز هیدروژن از اوپراتور و جذب کننده



شکل ۸-۱۲- سیکل یخچال جذبی سرول

می‌باشند. البته به علت ارزان بودن قیمت این نوع گازها، می‌توان به عنوان واسطهٔ تبرید فقط یک‌بار از آن‌ها استفاده کرد. از این سیستم‌های سردکننده در واگن قطارهای باری حامل مواد غذایی، و برای سرد نگه داشتن آن‌ها نیز می‌توان استفاده کرد. طرز عمل این نوع دستگاه‌ها دو گونه است:

۱- گذراندن ازت مایع از داخل صفحه تبرید و تبخیر آن

در هوا.

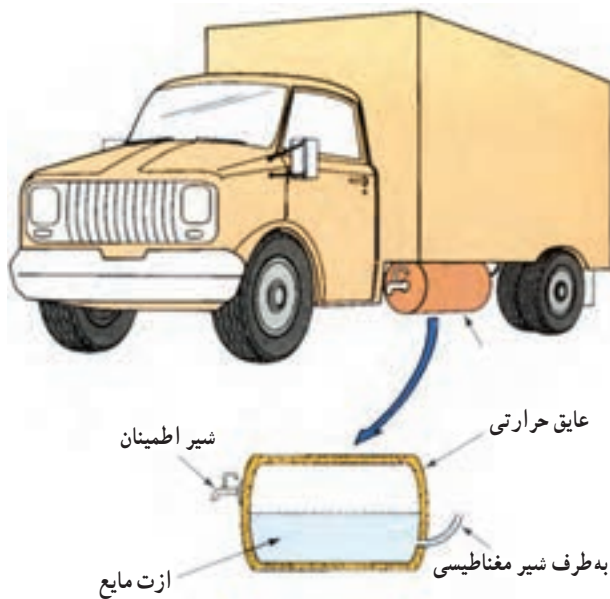
۳-۱۲- سیستم تبرید پاششی با مواد مبرد مصرف شدنی

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 به عنوان سیال واسطه سردکنندگی استفاده می‌کنند عیناً مثل سایر سیستم‌های تبرید است منتها این سیستم‌ها فاقد دستگاه تراکم مثل کمپرسور

۱- 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 جزئی که به طرف کم فشار سیستم (اوپراتور و جذب کننده) وارد می‌شود فشار جزئی 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 در نتیجه آمونیاک می‌تواند در دما و فشاری پایین در اوپراتور تبخیر شود و در عین حال در فشار و دمای بالا در کندانسر تقطیر یابد.

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 سیار بسیار مناسب و مفید می‌باشند. برای حفاظت سیستم معمولاً بر روی کپسول ذخیره ازت مایع شیر اطمینان نصب می‌شود. در شکل ۱۰-۱۲ کپسول ذخیره ازت مایع و محل نصب آن در کامیون نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۱۲- جزئیات مخزن ذخیره ازت مایع

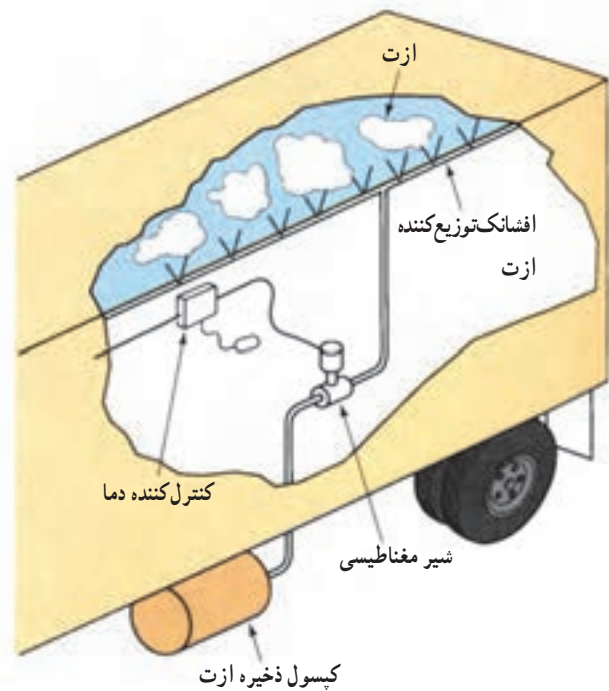
اتاق بار کامیون نیز دریچه اطمینان دارد به طوری که هرگاه فشار داخلی کامیون از فشار جو بیشتر شود، دریچه اطمینان به طور خودکار باز شده و اضافه فشار محیط بار را تخلیه می‌کند. ضمناً درهای ورودی کامیون نیز کلید اطمینانی دارند که با باز شدن در و قبل از وارد شدن شخص به داخل محیط سرد، جریان پاشش ازت را قطع می‌کند.

۱۲-۴- سیستم سردساز ترموالکتریک

یکی از روش‌های ایجاد سرما است به این معنی که به جای ماده میرد، از انرژی الکتریکی به عنوان حامل گرما استفاده می‌شود و گرما را از قسمتی جذب و به قسمت دیگر منتقل می‌نماید. با

۲- پاشش ازت مایع به وسیله 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 به وسیله پمپ به کپسول‌های ذخیره تلمبه می‌شود بعضی کامیون‌ها دارای ۲ یا ۳ کپسول ازت می‌باشند که این کپسول‌ها به طور متوالی پر می‌شوند یعنی اول کپسول اولی پر شده و بعد کپسول دومی از راه کپسول اول 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 به وسیله 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 به وسیله آن به داخل فضای بار کامیون پاشیده می‌شود. ازت مایع در موقع پاشش به صورت بخار درآمده و حرارت لازم برای تبخیر شدن را از محیط داخلی کامیون گرفته و آن‌جا را سرد می‌کند. به شکل ۹-۱۲ توجه کنید.



شکل ۹-۱۲- سیستم تبرید پاششی با ازت

این روش بدون این که از وسایل معمولی مثل کمپرسور و کنداسر و اوپراتور و غیره استفاده شود سرما تولید می‌گردد.

از ویژگی‌های دستگاه‌های سردکننده ترموالکتریک نداشتن قطعات متحرک، نداشتن صدا، یک پارچه 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 به سادگی می‌توان از یک منبع انرژی استفاده کرده و چندین دستگاه را یک جا به کار انداخت. این دستگاه‌ها در هر حالتی قادر به کار هستند حتی زمانی که در حال نقل و انتقال باشند. اگر از لحاظ حجمی، دستگاه‌های ترموالکتریک را با دستگاه‌های سردکننده تراکمی مقایسه کنیم با ظرفیت سرمایی مساوی، دستگاه‌های ترموالکتریک دارای حجم کوچکتری خواهند بود.

۱-۴-۱۲- 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^۱ 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 به کار می‌گیرد که سریع‌تر از مواد سرمازا هستند.

شکل ۱۱-۱۲ الف یک زوج ترموالکتریک ساده را نشان می‌دهد. زوج ترموالکتریک گرما را از درون یک فضای گرم‌بند شده به مبدل گرمایی حرکت می‌دهد. مبدل گرمایی در بیرون قرار گرفته است. الکترون‌ها گرما را سریع‌تر از مواد سرمازا حمل می‌کنند.

پره‌های^۲ روی اوپراتور (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^۳ 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»^۴ می‌باشند که بوسیله بارهای منفی (الکترون‌ها) الکتریسیته را هدایت می‌کنند. یا از نوعی هستند که «نیمه هادی‌های نوع P»^۵ نامیده می‌شود که الکتریسیته را به وسیله بارهای مثبت هدایت می‌کنند که اغلب «حفره‌ها» یا «حفره‌های الکترونی» نامیده می‌شوند.

شکل ۱۱-۱۲ 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 N - P که به‌طور سری با هم متصل شوند سرمای قابل توجهی را تولید می‌کنند. شکل ۱۱-۱۲ ب را ببینید. گروه‌هایی از قطعات کوچک (مدول‌ها)^۶ 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 گرم‌بند شده می‌توان استفاده کرد. از وسیله ترموالکتریک هم‌چنین در کنترل دمای تجهیزات الکترونیک (کامپیوتر، وسایل هوا فضا و غیره) استفاده می‌شود.

۱- Thermoelectric

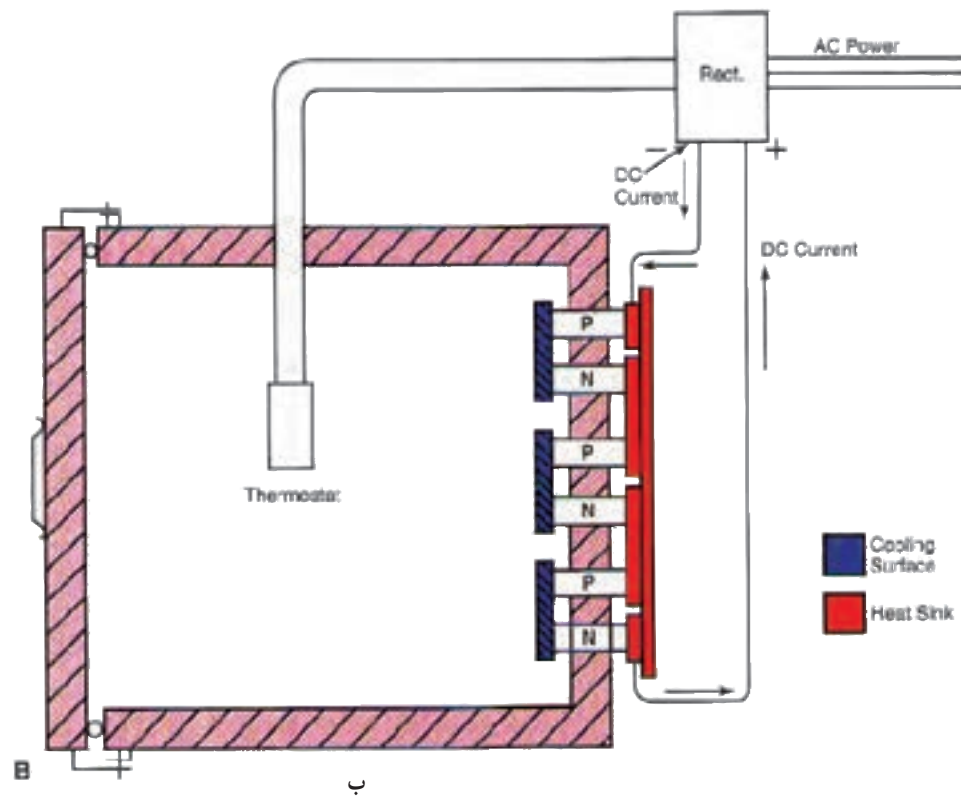
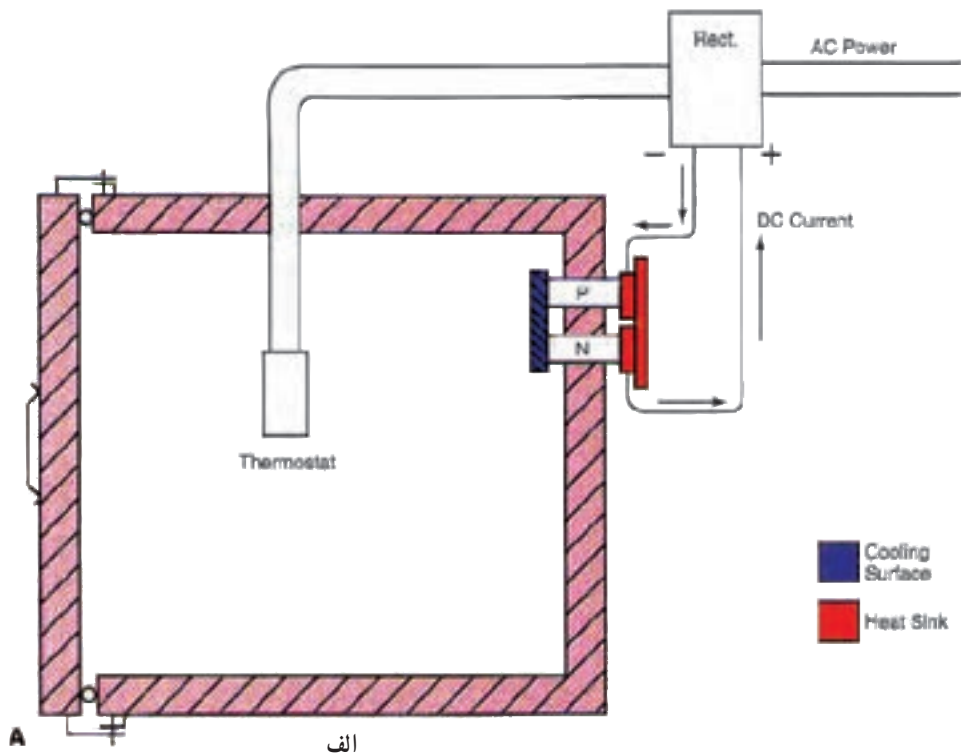
۲- Semi conductors

۵- P type semiconductors

۲- Fins

۴- N type Semi conductors

۶- Modules



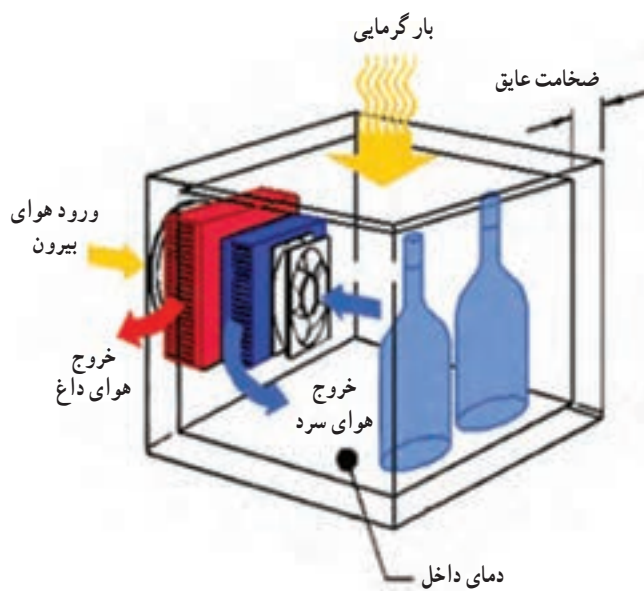
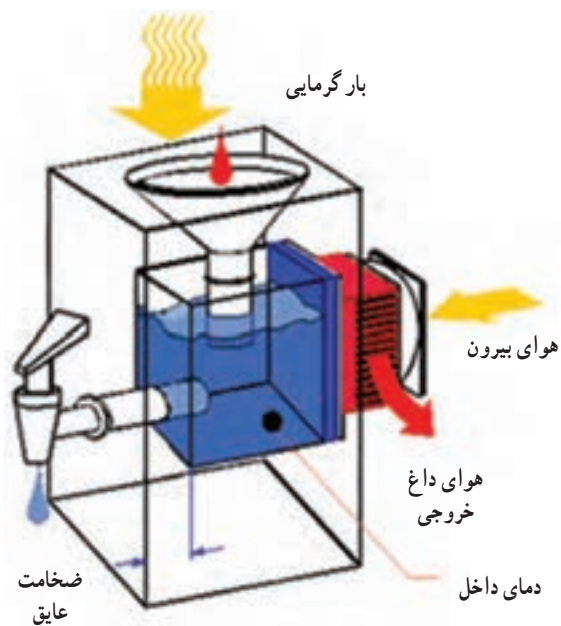
شکل ۱۱-۱۲- الف) نمودار زوج ترموالکتریک ساده، که برای سرد کردن فضای عایق شده به کار می‌رود. گرمای جذب شده توسط زوج ترموالکتریک توسط سطح گرمایی پرده‌دار به هوایی بیرون داده می‌شود. ب) یک سردکننده ترموالکتریک - سه زوج به طور سری بهم بسته شده‌اند تا اثر جذب گرما افزایش یابد.

۲-۴-۱۲- کاربردهای تبرید ترموالکتریک : چند

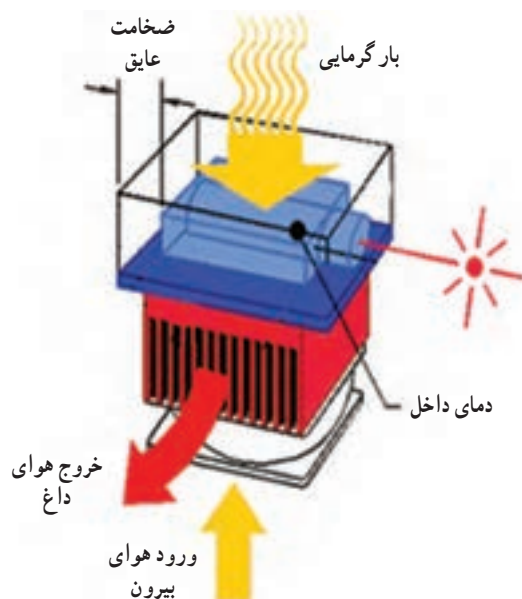
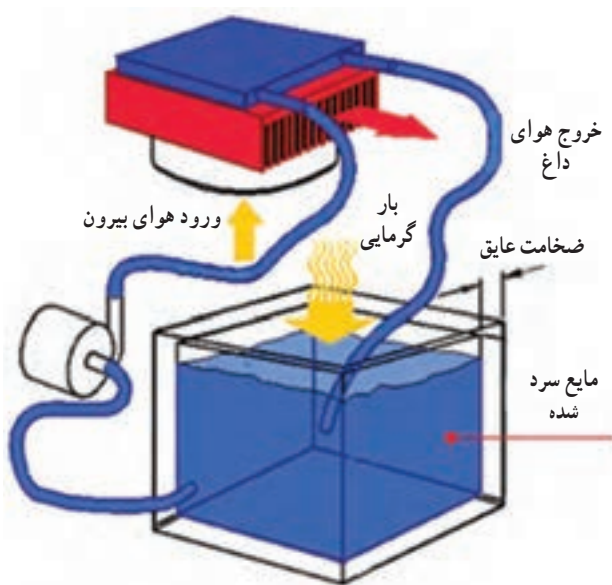
نمونه از کاربردهای تبرید ترموالکتریک در شکل های ۱۲-۱۲ تا ۱۲-۱۷ نشان داده شده است.

سردکن های مایع برای سرد کردن مایعات در حال گردش و همچنین مکان هایی که امکان نصب مجموعه تجهیزات پرودتی وجود نداشته باشد مورد استفاده قرار می گیرد. اساس کار این دستگاه بسیار ساده می باشد. سیالی که قرار است خنک شود

از یک طرف لوله وارد و از طرف دیگر لوله خارج می گردد. در صورت نیاز از یک پمپ سیرکولاتور کوچک که با برق ۱۲DC کار می کند استفاده می کنیم. اگر دمای سیال از دمای محیط کم تر باشد بایستی لوله های حامل مایع عایق کاری گردند. در صورتی که سیال مورد نظر آب باشد حداکثر دبی که در کارخانه سازنده برای پمپ تنظیم شده است معادل ۱/۶ لیتر در دقیقه می باشد.

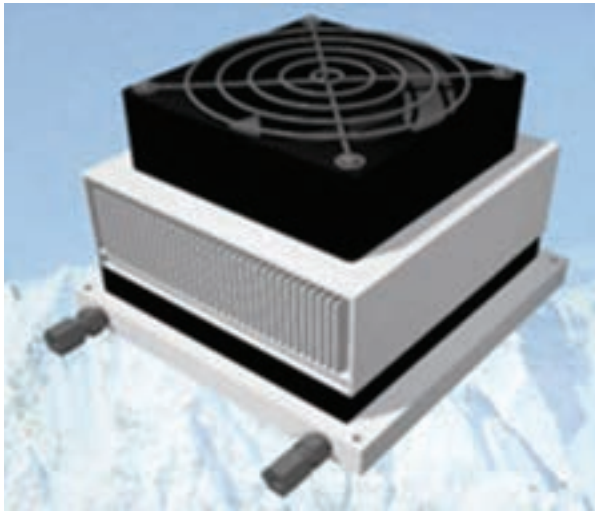


شکل ۱۲-۱۲- وجود مایع در مجاورت سطح سرد باعث سرد شدن آن می شود. شکل ۱۲-۱۳- دمای هوای داخل کابین در اثر عبور از روی سطح سرد، پایین می آید.

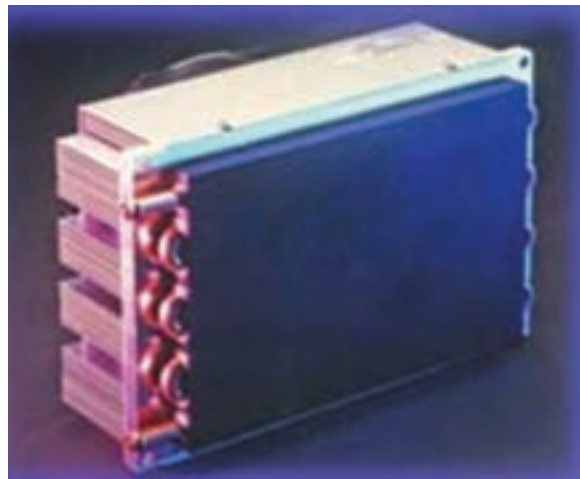


شکل ۱۲-۱۵- سیرکوله مایع از روی سطح سرد باعث سرمایش آن می شود.

شکل ۱۲-۱۴- سرمایش از طریق قرار گرفتن جسم جامد روی سطح سرد



شکل ۱۶-۱۲- سیستم تبرید ترموالکتریک برای خنک کردن هوا



شکل ۱۷-۱۲- سیستم تبرید ترموالکتریک برای خنک کردن مایعات



۵-۱۲- پرسش و تمرین

پرسش‌های چندگزینه‌ای

- ۱- کدام یک قدرت جذب عالی بخار آب را دارند؟ (امتحان نهایی - خرداد ۹۱)

الف) جیوه	ب) فریون
ج) لیتیوم بروماید	د) الکل
- ۲- در چیلر جذبی مایع مبرد کدام است؟

الف) آمونیاک	ب) آب
ج) ازت	د) اکسید کربن مایع
- ۳- شیر کنترل بخار در سیستم جذبی در کدام محل زیر نصب می‌شود؟ (امتحان نهایی - خرداد ۹۱)

الف) ورودی بخار به ژنراتور	ب) ورودی بخار به کندانسر
ج) خروجی بخار اواپراتور	د) خروجی بخار از ژنراتور
- ۴- کدام مورد از مشکلات سیستم جذبی کریر است؟ (امتحان نهایی - خرداد ۹۰)

الف) فشار بالا	ب) مصرف برق زیاد
ج) سروصدای زیاد	د) خوردگی
- ۵- 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

- ۶- تفاوت عمده بین سیستم تبرید تراکمی و سیستم تبرید جذبی و می‌باشد.
- ۷- سنسور شیر بخار نصب شده بر روی لوله بخار ورودی به ژنراتور از فرمان می‌گیرد.
- ۸- ماده جاذب یخچال‌های جذبی است. (امتحان نهایی - خرداد ۹۰)
- ۹- در سیستم برای ایجاد سرما به جای ماده مبرد از انرژی الکتریکی به‌عنوان حامل گرما استفاده می‌شود.
- ۱۰- در سیستم تبرید ترموالکتریک جابجا کردن گرما توسط انجام می‌گیرد.

پرسش‌های درست و نادرست

- ۱۱- مبدل گرمایی در سیستم‌های جذبی بین ژنراتور و اواپراتور قرار می‌گیرند. (امتحان نهایی - شهریور ۹۰)

□ درست	□ نادرست
--------	----------
- ۱۲- ماده جاذب در یخچال‌های نفتی لیتیوم بروماید است. (امتحان نهایی - شهریور ۹۰)

□ درست	□ نادرست
--------	----------

۱۳- استفاده از ازت و هیدروژن برای سرد کردن کامیون‌های مواد غذایی متداول است.

درست نادرست

۱۴- در ظرفیت‌های سرمای مساوی، دستگاه‌های ترموالکتریک از نظر حجمی بزرگتر از دستگاه‌های تراکمی

می‌باشند.

درست نادرست

۱۵- جریان برق دستگاه‌های ترموالکتریک توسط رکتیفایر تأمین می‌شود.

درست نادرست

واژه‌های مناسب را در جای خالی بنویسید.

«دمای - اوپراتور - فشار مطلق - اثر سرمای - ژنراتور - معکوس نمودن - فرایند شیمیایی»

۱۶- در سیستم تبرید جذبی برای انتقال مادهٔ سرمازا از استفاده می‌شود.

۱۷- در چیلر جذبی به دلیل اینکه کندانسور و ژنراتور با هم برابرند آنها را در یک پوسته قرار

می‌دهند.

۱۸- بخار آب جذب شده توسط لیتیوم بروماید در از آن جدا می‌شود.

۱۹- در وسایل ترموالکتریک با جهت جریان، سطوح سرد و داغ تعویض می‌شوند.

۲۰- مقدار بدست آمده در سیستم ترموالکتریک از سیستم تراکمی کمتر است.

پرسش‌های تشریحی

۲۱- به کارگیری و استفاده از سیستم جذبی کریر در چه شرایطی توصیه می‌شود؟ (امتحان نهایی - شهریور ۸۹)

۲۲- علت عبور آب برج خنک‌کن از جذب‌کننده را بیان کنید.

۲۳- قسمت‌های اصلی سیستم جذبی کریر را نام ببرید. (امتحان نهایی - شهریور ۹۰)

۲۴- سیستم جذبی دارای چه مشکلاتی هستند؟ نام ببرید. (امتحان نهایی - دی ماه ۸۹)

۲۵- طرز کار سیستم جذبی را مرحله به مرحله شرح دهید.

۲۶- کنترل ظرفیت سیستم جذبی کریر چگونه انجام می‌شود؟

۲۷- طرز کار یخچال نفتی را شرح دهید.

۲۸- سیستم تبرید پاششی با مواد مصرف‌شدنی را شرح دهید.

۲۹- در کدام سیستم تبرید ماده مبرد وجود ندارد؟ (امتحان نهایی - دی ماه ۸۹)

۳۰- مزایای سیستم سردسازی ترموالکتریک را بنویسید.

۳۱- اصول کار سردسازی ترموالکتریک را شرح دهید.

واژه نامه تأسیسات (انگلیسی – فارسی)

Centrifugal switch	کلید گریز از مرکز	واحد گرما در سیستم انگلیسی (بی تی یو)	
cfm (cubic feet per minute)	فوت مکعب در دقیقه	British Thermal Unit (Btu)	
Chapter	بخش – فصل	Burner	مشعل
Change of state	تغییر حالت	Bypass	بای پاس (مسیر کنار گذر)
Charging cylinder	سیلندر شارژ	Cad Cell or Cadmium Cell	فتوسل یا چشم الکتریکی
Chart	نمودار	Cable	کابل
Check valve	شیر یک سویه	Calorie	کالری (واحد گرما در سیستم متریک)
Chilled Water	آب سرد شده	Capacitor	خازن
Circuit	مدار	Capacitor – Start motor	خازن راه انداز موتور
Circuit breaker	قطع کننده مدار (کلید مینیاتوری)	Capacity	ظرفیت
Circulating pump	پمپ سیرکولاسیون	Capillary tube	لوله موئین
Cleanout	دریچه ای برای تخلیه سیستم	Carbon Dioxide (CO ₂)	دی اکسید کربن
Closed cycle	مدار بسته	Carbon monoxide	منواکسید کربن
Coil	کویل	Cathode	کاتد
Cold Junction	اتصال سرد	Cathodic Protection	محافظت کاتدی کنترل خوردگی
Cold water	آب سرد	Cavitation	کاویتاسیون (هوا گرفتن پمپ)
Common Neutral	اتصال مشترک زمین (نول)	Ceiling	سقف
Cooling Coil	کویل سرمایی	Celsius	سلسیوس (واحد دما در سیستم متریک)
Cooling Tower	برج خنک کن	Center	مرکز
Collector	جمع کننده	Centigrade Scale	مقیاس سانتی گراد
Combustion	احتراق	Centimeter	سانتی متر
Combustion Air	هوای احتراق	Central heating	گرمایش مرکزی
Combustion Chamber	محفظه احتراق	Central cooling	سرمایش مرکزی
Combustion Products	محصولات احتراق کامل	Centrifugal compressor	کمپرسور گریز از مرکز
Commercial Building	ساختمان تجاری	Centrifugal pump	پمپ گریز از مرکز

Design pressure	فشار طراحی	Compound Gauge	گیج مرکب
Design temperature	دمای طراحی	Compressor	کمپرسور
Dew Point	نقطه شبنم	Compressor Efficiency	راندمان کمپرسور
Diameter	قطر	Compressor Open Type	کمپرسور نوع باز
Diaphragm	دیافراگم (صفحه قابل انعطاف)	سیل کمپرسور وسیله گاز بند که در کمپرسورهای باز می باشد	
Dielectric	دی الکتریک	Compressor Seal	سیل کمپرسور وسیله گاز بند که در کمپرسورهای باز می باشد
	دیفرانسیل (اختلاف بین نقطه وصل و نقطه	Condensate	بخار تقطیر شده
Differential	قطع در کلیدهای اتوماتیک)	Condense	تقطیر
Diffuser	دریچه هوا	Condenser	کندانسر (تقطیر کننده)
Diode	دیود	Condensing Pressure	فشار تقطیر
Direct	مستقیم	Condensing Temperature	دمای تقطیر
Direct connected	اتصال مستقیم	Condensing Unit	واحد تقطیر یا کندانسینگ یونیت
Direct Expansion Evaporator	اوپراتور انبساط مستقیم	Contactors	کنتاکتور (کلید مغناطیسی)
Discharge	تخلیه (محل خروج گاز داغ از کمپرسور)	Control Valve	شیر اتوماتیک
Disconnect	جدا کردن	Control Voltage	ولتاژ کنترل
Drip pan	تشتک زیر اوپراتور		شاتون (قطعه ای که پیستون را به میل لنگ وصل می کند.)
Drier	رطوبت گیر - خشک کن	Connecting Rod	جایبایی، وزش یا کنوکسیون
Dry Bulb Temperature	دمای حباب خشک	Convection	برج خنک کن
Dry Ice	یخ خشک (کربن دی اکسید جامد)	Cooling Tower	میل لنگ
Duct	داکت (کانال)	Crankshaft	جریان الکتریکی
Eccentric	خارج از مرکز	Current	رله جریان
Efficiency	راندمان	Current Relay	نقطه وصل
Electric Defrost	دیفراست الکتریکی	Cut in	نقطه قطع
Electric Heater	گرمکن الکتریکی	Cut out	سیلندر
Electronics	الکترونیک (علم نیمه هادی ها)	Cylinder	سر سیلندر
	نشت یاب الکترونیکی (یک وسیله جهت نشت یابی	Cylinder head	دمپر (وسیله کنترل مقدار هوا)
Electronic Leak Detector	مبرد از سیستم تبرید)	Damper	جریان مستقیم
Energy	انرژی	dc (direct current)	درجه
Energy label	برچسب انرژی	Degree	رطوبت گیر
Engineer	مهندس	Dehumidifier	رطوبت گیری
Enthalpy	انتالپی (گرما)	Dehumidification	دانسیته - چگالی
Epoxy	رنگ ضد رطوبت	Density	

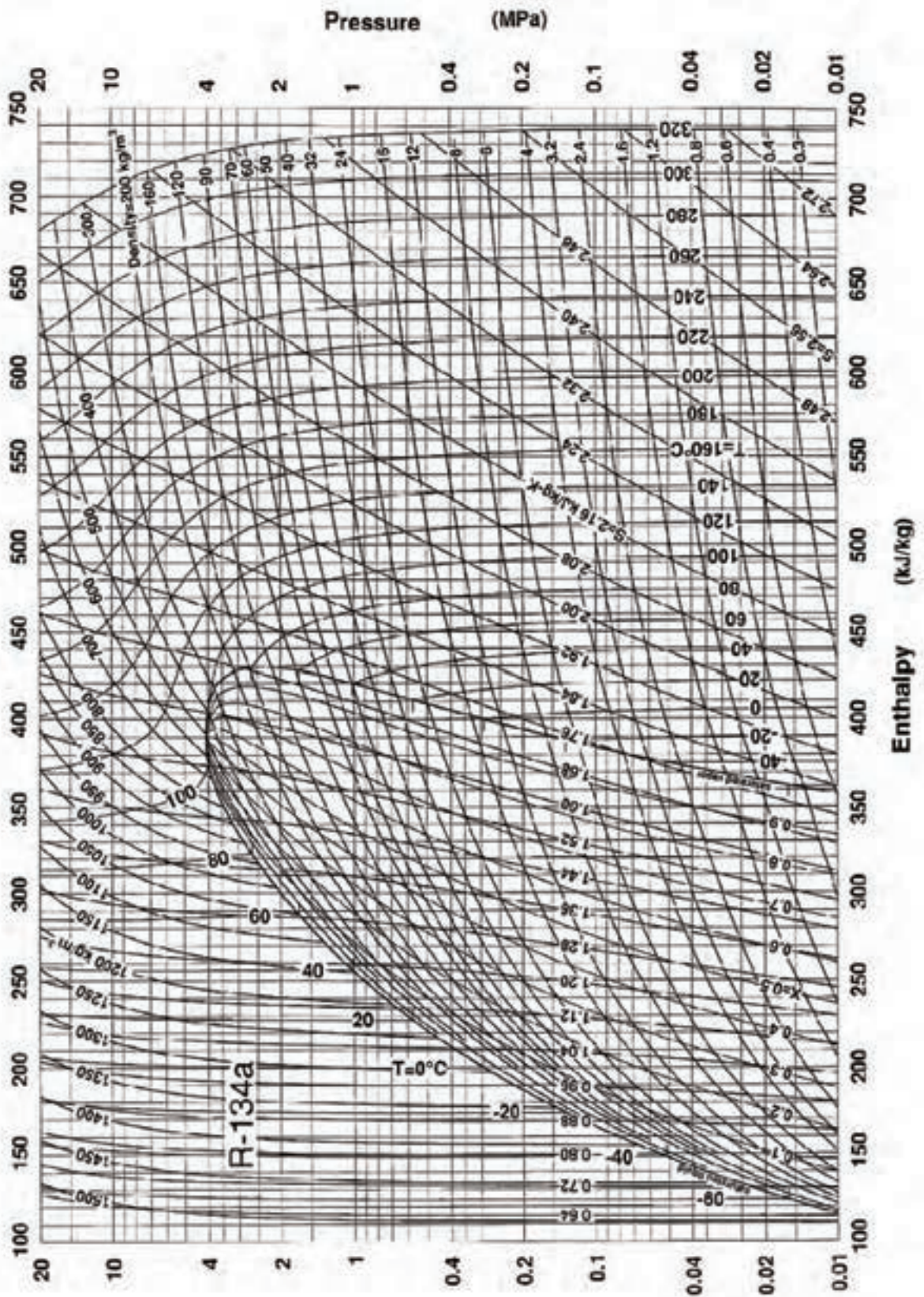
fpm (feet per minute)	اف پی ام (فوت در دقیقه)	Equalizer Tube	لوله متعادل کننده
Freezing	انجماد	Equipment	تجهیزات
Frequency	فرکانس		سیم اتصال به زمین
Freon	فریون (مواد مبرد هالو کربنی)	Equipment Grounding Conductor (E)	
Fresh air	هوای تازه	Evacuation	وکیوم یا تخلیه هوا
Friction	اصطکاک - مالش	Evaporation	تبخیر
Fundamental	اساسی - اصلی	Evaporative condenser	کندانسر تبخیری
Furnace	کوره هوای گرم	Evaporator	اوپراتور (تبخیر کننده)
Fuse	فیوز (وسیله حفاظتی الکتریکی)	Evaporator Coil	کوئل اوپراتور
Fusible plug	دربوش ذوب شونده	Evaporator Dry Type	اوپراتور نوع خشک
	گیج و کیوم (وسیله ای جهت اندازه گیری	Evaporator Fan	فن اوپراتور
Gage Vacuum	فشارهای کمتر از فشار اتمسفر)	Evaporative cooler	سردکن تبخیری نظیر کولرهای آبی
Gage port	گیج پورت (محل نصب گیج)	Exhaust Opening	بازشو تخلیه
Gage pressure	فشار گیج یا فشار نسبی	Expansion Joint	اتصال انبساطی
Galvanizing	گالوانیزه کردن	Expansion Loop	حلقه انبساطی
gpm (Gallons per minute)	جی پی ام (گالن در دقیقه)	Expansion Valve	شیر انبساط
Gas	گاز	Expansion Tank	مخزن انبساط
Gas - Noncondensable	گاز غیر قابل تقطیر	External Equalizer	متعادل کننده خارجی
Gas pressure switch	کلید فشار گاز	Fahrenheit	فارنهایت
Gat valve	شیر کشویی	Fan	فن (پروانه)
Glass wool	پشم شیشه	Fan Coil	فن کوئل
	گرین (یکی از واحدهای وزن است. هر	Farad	فاراد (واحد سنجش ظرفیت خازن)
Grain	۷۰۰۰ گرین معادل یک پوند می باشد.)	Fault	خرابی
Grille	دریچه بدون دمپر	Filter	فیلتر
Ground	اتصال زمین در مدارهای الکتریکی	Fin	فین (پره)
Ground wire	سیم اتصال زمین یا سیم ارت	Finned Tubes	لوله های پره دار
	مشعل ها لاید (وسیله تشخیص نشت در	Fire Damper	دمپر آتش
Halide torch	سیستم های تیرید با مبردهای هالو کربنی)	Flammability	قابلیت اشتعال
	هند هول (محفظه ای برای دسترسی دست	Flare	لاله سرلوله
Hand hole	به داخل مخازن و منابع می باشد.)	Float Valve	شیر شناور
Head pressure	فشار رانش (فشار خروجی کمپرسور)	Flooded Evaporator	اوپراتور پر
Heat	گرما	Flue Gas	محصولات احتراق که از دودکش خارج می شوند.

Kilowatt Hour (kwh)	کیلو وات ساعت واحد انرژی الکتریکی	Heat exchanger	مبدل گرمایی
Latent Heat	گرمای نهان	Heat load	بار گرمایی
Latent Heat of Condensation	گرمای نهان تقطیر	Heat loss	افت گرما
Latent Heat of Fusion	گرمای نهان ذوب	Heat of Fusion	گرمای ذوب (نهان)
Latent Heat of Melting	گرمای نهان ذوب	Heat pump	پمپ حرارتی
Latent Heat of Vaporization	گرمای نهان تبخیر	Heat transfer	انتقال حرارت
Limit Control	کنترل حد	Heating	گرمایی
Limit Switch	کلید حد	Heating coil	کویل گرمایی
Line	خط	Heating load	بار گرمایی
LineVoltage Thermostat	ترموستات خط ولتاژ	Heating out put	توان گرمایی خروجی (مفید)
Liquid line	خط مایع	Heating surface	سطح حرارتی
Liter	لیتر	Heating value	ارزش گرمایی
Load	بار	Height	ارتفاع
Low pressure Cutout	کنترل فشار کم	Hermetic compressor	کمپرسور بسته
Low side Pressure	سمت کم فشار	Hertz	هرتز (واحد فرکانس)
Manhole	منهول (دریچه آدم رو)	High pressure cut out	کلید قطع در فشار بالا
Manifold Gauges	مینیفولد گیج (گیج چندراهه)	High side	سمت بالا
	مانومتر یا فشار سنج مورد استفاده در	Horsepower	اسب بخار
Manometer	فشارهای کم	Hot Gas	گاز داغ
Mass	جرم	Hot Gas Bypass	بای پاس گاز داغ
Mechanical Room	موتورخانه	Hot Gas Defrost	برفک زدایی به طریق گاز داغ
Mechanical Engineer	مهندس مکانیک	Humidifier	رطوبت زن
Microfarad	میکروفاراد	Humidistat	کنترل کننده رطوبت
Micron	میکرون معادل یک هزارم میلی متر	Humidity	رطوبت
Micron Gauge	میکرون گیج (فشارسنجی که برای اندازه گیری فشارهای خیلی پایین (وکیوم) به کار برده می شود.)	Hydrocarbons	هیدروکربن ها
Minute	دقیقه		هیدرونیك (سیستمی که سیال واسطه در آن، آب می باشد.)
Miscibility	قابلیت مخلوط دو مایع با یکدیگر	Hydronic	ترانس جرقه
Mixed air	مخلوط هوا	Ignition Transformer	سازمان بین المللی استانداردسازی (ایزو)
Moisture Indicator	نشان دهنده رطوبت	International Organization for Standardization (ISO)	مقیاس کلون (دمای مطلق)
Molecule	مولکول	Kelvin Scale	کیلو وات
		Kilowatt (kw)	

Pound per square inch pressure (psi)	پوند بر اینچ مربع واحد اندازه گیری فشار	Motor	موتور
Power	قدرت (توان)	Motor Starter	راه انداز موتور
Power Factor	ضریب قدرت	Natural convection	کنو کسیون طبیعی
Pressure	فشار	Natural gas	گاز طبیعی
Pressure Drop	افت فشار	No _ Frost Freezer	فریزر بدون برفک
Pressure Regulator	رگلاتور فشار	Nominal	نامی - اسمی
Primary Air	هوای اولیه	Noncondensable	غیر قابل تقطیر
Psi	پی اس آی پوند بر اینچ مربع (واحد فشار)	Normally closed	معمولاً بسته
Psia	پوند بر اینچ مربع (مطلق)	Normally open	معمولاً باز
psig	پوند بر اینچ مربع (فشار نسبی)	Nozzle	نازل
Pump Down	پمپ دان	Ohm	اهم واحد سنجش مقاومت الکتریکی می باشد.
	خالی کردن بخارهای ناخواسته از داخل	Ohms Law	قانون اهم
Purging	سیستم یا فضای مورد نظر	Oil pump	پمپ روغن
Rankine	رانکین (درجه بندی مطلق دما در سیستم انگلیسی)	Oil Rings	رینگ روغن
Receiver	رسیور (مخزن مایع سرمازا)	Oil separator	جداکن روغن
Reciprocating	رفت و برگشتی		فشار کاری، فشار داخل سیستم در زمان کارکرد
Refrigerant	مبرد (ماده سرمازا)	Operating pressure	عادی دستگاه می باشد.
Relative Humidity	رطوبت نسبی	Orifice	اوریفیس سوراخ کوچک
Relief Valve	شیر اطمینان	Outside Air	هوای بیرون
Regulator	رگلاتور (کاهنده فشار)	Overload	اورلود
Repair	تعمیر	Overload Protector	محافظ اضافه بار
Reset	شروع به کار مجدد	Ozone	اُزن
Resistance	مقاومت	Packaged	پکیج بسته سرمایی یا گرمایی و یا هر دو
	هوای برگشتی هوایی که از اتاق وارد	Packing	وسيله گازبند
Return Air	هواساز می شود.	Parallel Circuit	مدار موازی
Reversed	معکوس شده	Pascal	پاسکال
Reversing valve	شیر معکوس کننده (شیر چهار راهه)	Piston	پیستون کمپرسور
	رایزر (لوله های بالا رونده که در داکت ها		گژین پین (پیستون را به شاتون وصل می کند.)
Riser	انجام می شود.)	Piston Pin	
Riser Diagram	رایزر دیاگرام	Piston Displacement	جابجایی پیستون
Roof	پشت بام	Pneumatic	پنوماتیک
		Potential Relay	رله پتانسیل - رله ولتاژ

Stator	استاتور - قسمت ساکن موتور	Roof Drain	تخلیه پشت بامی (کف شوی پشت بام)
Steam Trap	تله بخار	Room Thermostat	ترموستات اتاقی
Subcooled	ساب کولد - بیش سرد شده	Rotary Compressor	کمپرسور دورانی
Suction Line	خط مکش	Rotor	روتور (قسمت گردنه موتور)
Supply Air	هوای ورودی	Run Winding	سیم پیچ کار، سیم پیچ اصلی
Superheat	سوپر هیت - بیش گرم	Safety Control	کنترل ایمنی
Temperature Drop	افت دما	Safety Valve	شیر اطمینان - شیر ایمنی
Temperature Rise	افزایش دما	Saturated Air	هوای اشباع شده
Thermister	ترمیستور	Saturation Temperature	دمای اشباع
Thermocouple	ترموکوپل	Schrader Valve	شیر شریدر
Thermodynamics	ترمودینامیک	Second	دومی - ثانیه
Thermostat	ترموستات	Secondary Air	هوای ثانویه
	شیر انبساط ترموستاتیک	Secondary Voltage	ولتاژ خروجی در یک ترانسفورماتور
Thermostatic Expansion Valve		Semihhermetic Compressor	کمپرسور نیمه بسته
Three - Way Valve	شیر سه راهه	Sensible Heat	گرمای محسوس
Ton of Refrigeration	تن تبرید	Service Valve	شیر سرویس
Torque	گشتاور یا نیروی چرخاننده		یک کمپرسور بسته قابل تعمیر
Transformer	ترانسفورماتور (مبدل ولتاژ و جریان)	Serviceable Hermetic Compressor	
Vacuum	وکیوم	Sensor	حس کننده - حس گر
Valve	شیر	Shell	پوسته
Valve plate	صفحه سوپاپ	Shut Down	خاموش کردن
Vapor	بخار	Shaft Seal	سیل شفت - وسیله گاز بند دور محور
Vapor Line	خط بخار	Sight glass	سایت گلاس - شیشه دید
Vapor Pressure	فشار بخار	Silver brazing	لحیم کاری با سیم نقره
Velocity	سرعت	Solenoid valve	شیر برقی
Vent	ونت	Solid	جامد
	تهویه (فرآیند تأمین هوای تازه یا بیرون راندن هوا از فضای بسته)	Specific gravity	وزن مخصوص
Ventilation		Specific heat	گرمای ویژه
Ventilator	وتیلاتور یا دمنده	Specific volume	حجم مخصوص
Viscosity	ویسکوزیته	Split system	سیستم دو تکه
Volt	ولت (واحد پتانسیل الکتریکی)	Start Winding	سیم پیچ استارت یا راه انداز
Voltage	ولتاژ - فشار الکتریکی	Starting Relay	رله استارت

Welded	جوش داده شده	Voltage relay	رله ولتاژ
Wet bulb	دمای حباب مرطوب	Volume	حجم
Width	پهنا	Warm	گرم
Winter	زمستان	Water column	ستون آب
Wire	سیم	Water Cooler	آب سردکن
Work	کار	Water heater	آب گرم کن
Work shop	تعمیرگاه	Water meter	کنتور آب (شمارنده دبی عبوری)
Working pressure	فشار کاری	Water proof	ضد آب
Zero	صفر	Watt	وات (واحد توان الکتریکی می باشد.)
Zone	منطقه	Weight	وزن یا سنگینی



جدول تبدیل درجه حرارت سانتی گراد 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	+264.0
-39.4	-39	-38.2	-6.1	+21	+69.8	+27.2	+81	+177.8	+60.6	+141	+265.8
-38.9	-38	-36.4	-5.5	+22	+71.6	+27.8	+82	+179.6	+61.1	+142	+267.6
-38.3	-37	-34.6	-5.0	+23	+73.4	+28.3	+83	+181.4	+61.7	+143	+269.4
-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	+215.6	+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^{-8}	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

- حاج سقطی، اصغر، تأسیسات برودتی کد ۴۹۵/۸
- حاج سقطی، اصغر، اصول تبرید (ترجمه) دانشگاه علم و صنعت ایران
- زمانی پرویز، سلیمانی سپانوس، اصول نوین سردکننده‌ها (ترجمه) دانشگاه خواجه نصیر طوسی
- قدیری مقدم اصغر و دیگران، تأسیسات حرارتی کد ۴۹۴/۶
- کاظمی مازیار، برهانی صفا، اصول ترمودینامیک کلاسیک (ترجمه) انتشارات شهراب
- بروشورهای شرکت تراست
- ۱- Robert Chatenever, Air conditioning and Refrigeration for Professional
- ۲- Whitman. Johnson, tomczyk Refrigeration and Air Conditioning
- ۳- Norman C. Harris, Moder Air conditioning Practice McGraw. Hill
- ۴- ARI, Refrigeration and Air Conditioning
- ۵- Jan F. Kreider Ph. D, PC
Peter S. Curtiss, Ph. D
Ari Rabl, PhD
Heating and cooling of Bulding
- ۶- Wilbert F. Stoecker / Jerold W. Jones Refrigeration and Conditioning

