فصل ۱۱

دستگاه‌های تهویه مطبوع

۱۱ دستگاه‌های تهویه مطبوع

پیش آزمون

۱ــ تهویه مطبوع چیست؟

۲ــ تفاوت کولر آبی و کولر گازی در چیست؟

روش آموزش

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

۱ــ۱۱ــ تاریخچه

دانش افزایی

الف ــ تعریف تهویه مطبوع[1]: «تهویه مطبوع، فرایندی برای دگرگونی ویژگی‌های هوا به شرایط دلخواه است.»

تهویه مطبوع دربرگیرندهٔ سیستم‌های سردکن، گرم کردن، تهویه و گندزدایی هوا است.

ب ــ تاریخچه پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع: در جدول شکل ۱ــ۱۱ گام‌هایی که در راستای پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع انجام شده، آمده است.

شکل ۱ــ۱۱ ــ جدول تاریخچه پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع

سال (میلادی)	کارهای انجام شده
قدمت تاریخی	به کارگیری نی در پنجره‌ها و ریختن آب روی آن توسط مصریان باستان ــ گذر آب درون دیوارها توسط رومی‌های باستان، کاربرد بادگیرها توسط ایرانیان
قرن نوزدهم	پیشرفت تهویه مطبوع به دلیل پیشرفت دانش شیمی
قرن دوم	ساخت بادزنی با هفت پره به قطر ۳ متر(گردش با نیروی دست) توسط دینگ هوان از سلسله هان چین
قرن هشتم	ساخت بادزنی که با نیروی آب به گردش درمی آمد و آب نیز در هوا اسپری می‌شد در زمان امپراطور ژوان سونگ از سلسله تانگ چین
۱۷۵۸	آزمایش‌های بنجامین فرانکلین و جان هدلی برای کشف اصل تبخیر (به عنوان وسیله‌ای برای سرد کردن یک شی به تندی) ــ آنها به این نتیجه رسیدند که یک نفر را می‌توان تا سر حد مرگ در تابستان سرد کرد.

۱ــ Air conditioning

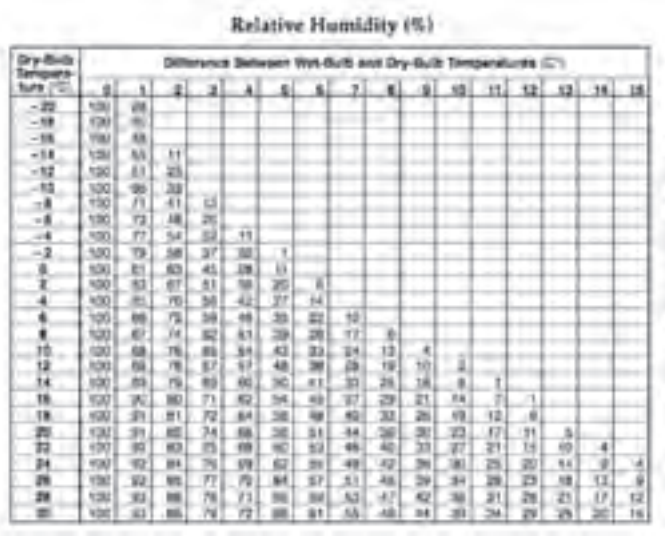
۱۸۲۰	کشف مایکل فارادی در مورد سردسازی با فشرده‌سازی و میعان آمونیاک و اجازه تبخیر به آن
۱۸۴۲	به کارگیری جان گوری از کمپرسور و ماشین یخ ساز برای سرد کردن اتاق بیماران مبتلا به تب زرد و پایین آوردن رطوبت هوای اتاق‌ها
۱۹۰۲	ساخت دستگاه تهویه مطبوع برقی توسط ویلیس کریر
۱۹۰۴	طراحی نمودار سایکرومتریک توسط ویلیس کریر
۱۹۰۶	بررسی راه‌هایی برای اضافه کردن رطوبت به هوا درکارخانه نساجی توسط استوارت کرامر و ابداع اصطلاح «تهویه مطبوع»، و در نتیجه ابداع سیستم خنک‌کننده تبخیری
۱۹۴۵	اختراع کولرگازی پنجره‌ای توسط رابرت شرمن که ضمن سرد و گرم کردن می‌توانست هوا را رطوبت گیری، رطوبت- زدایی و فیلتر کند.

۲ــ۱۱ــ ویژگی‌های هوا و سایکرومتری

الف ــ ویژگی‌های هوا

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند هفت ویژگی هوا شامل دمای حباب خشک، دمای حباب مرطوب، دمای نقطه شبنم، رطوبت ویژه، رطوبت نسبی، آنتالپی و حجم مخصوص را توضیح داده و با به کارگیری اختلاف دمای مرطوب و دمای خشک هوا رطوبت نسبی را به‌دست آورند. (جدول ۲ــ۱۱)



شکل ۲ ــ ۱۱ــ جدول رطوبت نسبی هوا

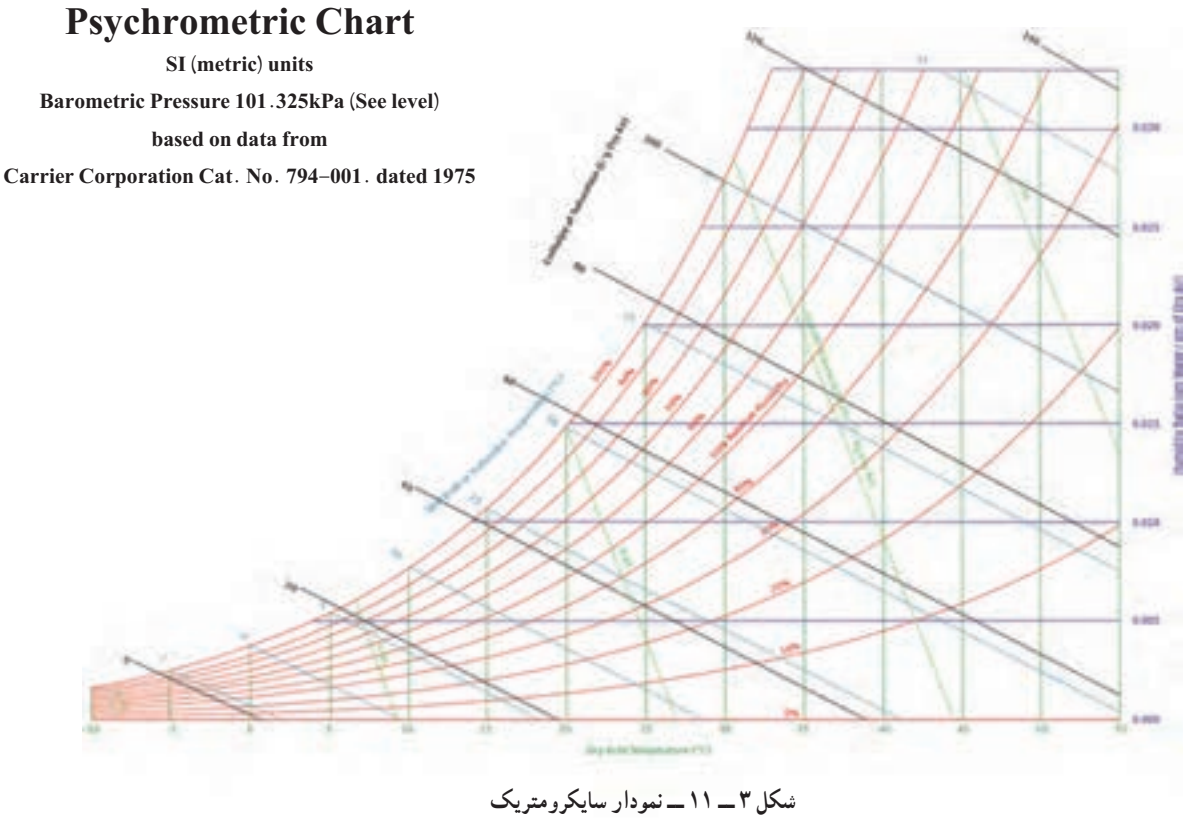
پرسش و پاسخ

دمای هوای خشک اتاقی ۲۰ درجه سلسیوس و اختلاف بین دمای خشک و دمای مرطوب هوا ۵ درجه سلسیوس است رطوبت نسبی چند درصد است؟ با استفاده از جدول رطوبت نسبی ۵۸ درصد است.

ب ــ نمودار سایکرومتریک[1]

روش آموزش

دراین بخش هنرآموزان محترم می‌توانند هفت ویژگی هوا راکه پیش از این بیان نموده‌اید بر روی نمودار سایکرومتریک[2](شکل ۳ــ۱۱) نشان دهند. هنرجویان به طور معمول رطوبت ویژه[3] (نسبت رطوبت یا رطوبت مطلق) را با رطوبت نسبی[4] اشتباه می‌گیرند که بهتر است در این مورد توضیح بیشتری داده شود.



شکل ۳ ــ ۱۱ ــ نمودار سایکرومتریک

پرسش و پاسخ

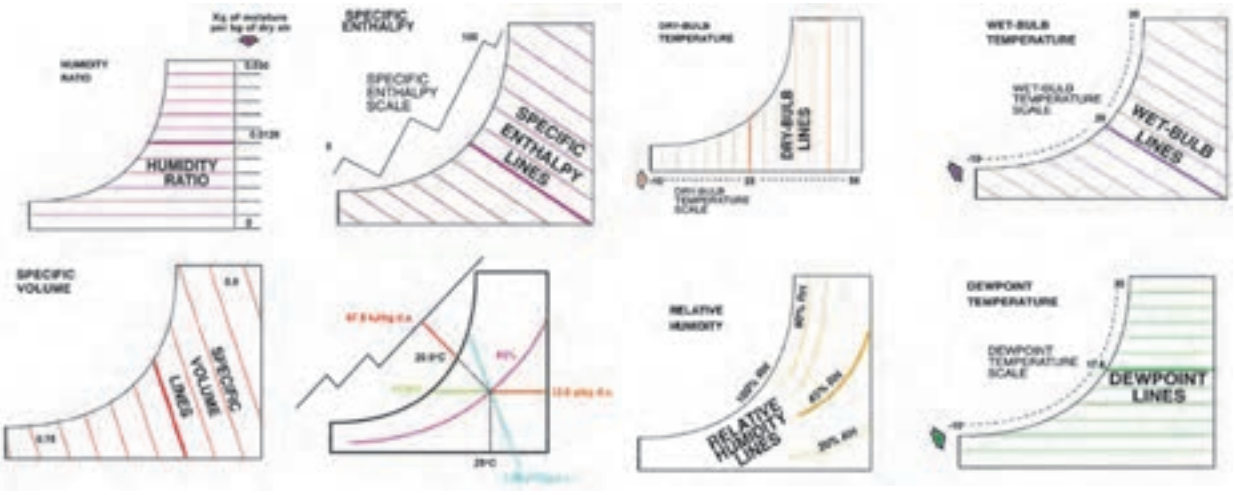
دمای خشک هوای یک اتاق ۲۵ درجه سلسیوس و دمای مرطوب آن ۲۰ درجه سلسیوس است، ویژگی‌های دیگر هوای این اتاق را پیدا کنید. الف) رطوبت نسبی ب) دمای نقطه شبنم پ) رطوبت ویژه ث) آنتالپی

۱ــ Psychrometric chart

۲ــ نمودار رطوبی هوا

۳ــ Humidity Ratio

۴ــ Relative Humidity



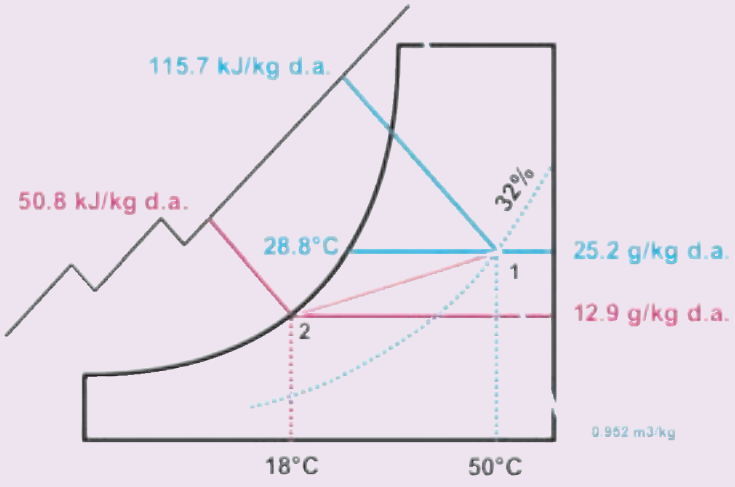
الف) چهار ویژگی هوا بر روی نمودار

ب) سه ویژگی دیگر هوا بر روی نمودار و پاسخ به پرسش و پاسخ مربوطه

شکل ۴ ــ ۱۱

پرسش و پاسخ

هوای با دمای ۵۰ درجه سلسیوس و دبی ۰/۱ متر مکعب بر ثانیه و رطوبت نسبی ۳۲ درصد را از روی کویل یک کولر گازی عبور داده تا در شرایط اشباع به دمای ۱۸ درجه سلسیوس برسد، ظرفیت سرمایی این کولر چند کیلووات است؟ (از گرمای گرفته شده آب روی کویل صرف نظر کنید.)

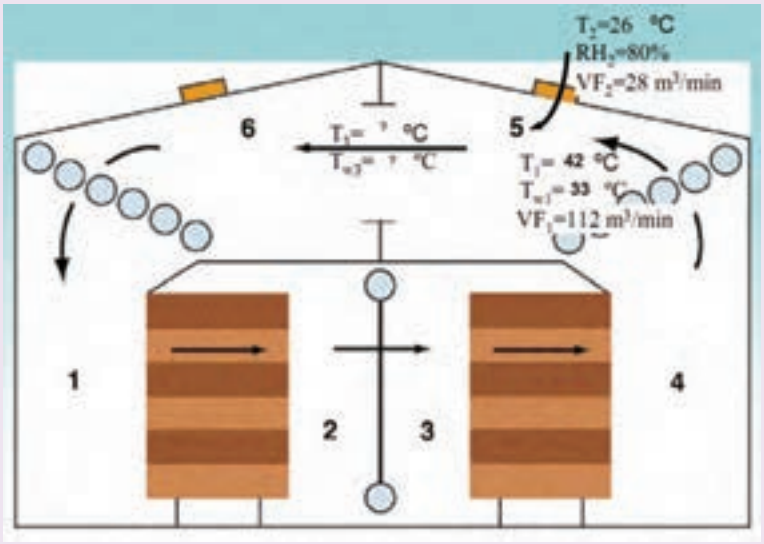


شکل ۵ ــ ۱۱

$$q = (۰/۱\frac{m^۳}{s} \div ۰/۹۵۲\frac{m^۳}{kg}) \times (۱۱۵/۷ - ۵۰/۸)\frac{kj}{kg} = ۶/۸kw$$

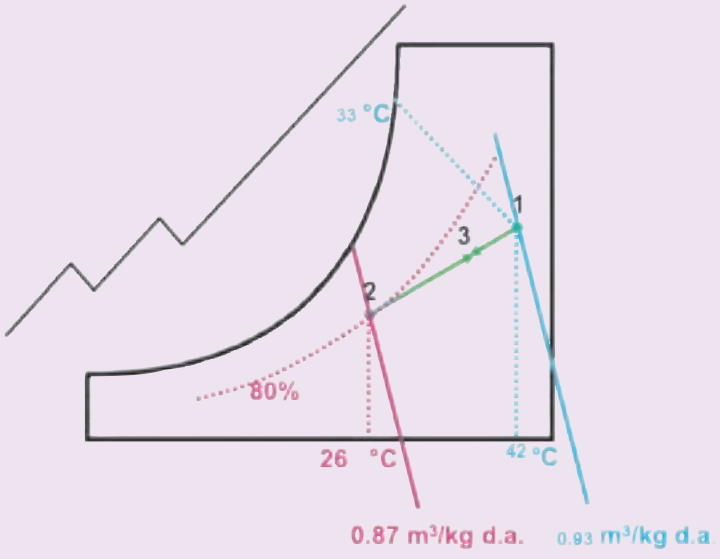
پرسش و پاسخ

هوای با ویژگی‌هایی که در شکل ۶ــ۱۱ نشان داده شده است درون یک اتاق در گردش است. چنانچه مقداری هوای تازه وارد اتاق شود، دمای خشک و مرطوب هوا بعد از درهم شدن چند درجه سلسیوس است؟



شکل ۶ــ ۱۱

ویژگی‌های داده شده را بر روی نمودار سایکرومتریک مشخص می‌کنیم، سپس از نقطه ۱ خطی را به سوی نقطه ۲ امتداد می‌دهیم. ویژگی‌های درهم شده در نقطه‌ای مانند ۳،بین نقاط ۱و ۲ واقع می‌شود. (شکل ۷ــ۱۱)



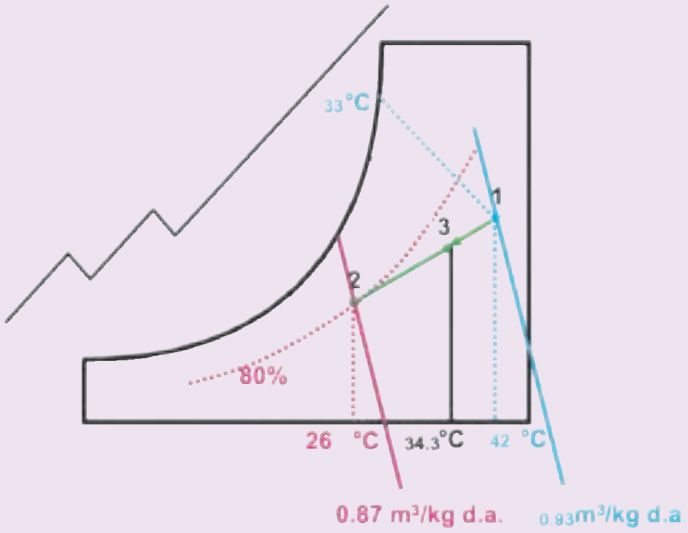
شکل ۷ــ ۱۱ــ الف ــ مشخص نمودن نقاط روی نمودار

برای اینکه محل نقطه ۳ را بدست آوریم به‌روش زیر عمل می‌کنیم :

$$T_C = \frac{۰/۹۳ \times ۴۲^\circ C + ۰/۸۷ \times ۲۶^\circ C}{۰/۹۳ + ۰/۸۷} = \frac{۳۹/۰۶ + ۲۲/۶۲}{۱/۸}$$

$$T_C = ۳۴/۳^\circ C$$

از نقطهٔ $T_C = ۳۴/۳^\circ C$ خطی عمود ترسیم می‌کنیم تا خط ۲ــ۱ را در نقطهٔ ۳ قطع کند.



شکل ۷ــ ۱۱ ــ ب ــ پاسخ پرسش روی نمودار

۳ــ۱۱ــ آسایش گرمایی[۱]

دانش‌افزایی

دمای داخلی بدن انسان در حالت عادی در حدود ۳۷ درجه سلسیوس است که این دما در سطح پوست به ۳۲ درجه کاهش می‌یابد. در صورتی‌که دمای هوا، بیشتر شود بدن احساس گرمی کرده و در صورتی‌که دمای هوا از آن کمتر شود بدن احساس سردی می‌کند. بنابراین همواره تبادل حرارتی بین بدن و محیط اطرافش در جریان است. حال اگر این تبادل حرارت به‌حالت تعادل درآید یعنی بدن در هر لحظه بتواند انرژی اضافی خود را به محیط منتقل کند یا انرژی مورد نیاز را از محیط جذب کند، آسایش گرمایی برقرار شده است. یعنی حالتی که فرد نه احساس سرما و نه احساس گرما می‌کند.

الف ــ عوامل مؤثر بر آسایش گرمایی

۱ــ دمای خشک ۲ــ دمای مرطوب ۳ــ رطوبت ۴ــ سرعت جریان هوا ۵ــ تابش

۶ــ پوشش : واحد اندازه‌گیری پوشش لباس cloth است. در نمودارهای آسایش گرمایی به‌صورت پیش فرض پوشش افراد برابر ۰/۵ (لباس رسمی) در نظر گرفته می‌شود.

۱ــ Thermal comfort

۷ــ عوامل فیزیکی (سن، جنس، نژاد)

افراد مسن برای احساس آسایش احتیاج به دمایی ۱ تا ۲ درجه بالاتر از افراد عادی دارند. زن‌ها نیز برای احساس آسایش احتیاج به دمایی ۱ تا ۲ درجه بیشتر از مردها دارند. عامل دیگر نژاد است. برای مثال افرادی که در مناطق گرمسیر زندگی می‌کنند راحت‌تر می‌توانند دماهای بالاتر از نقطه آسایش را تحمل کنند.

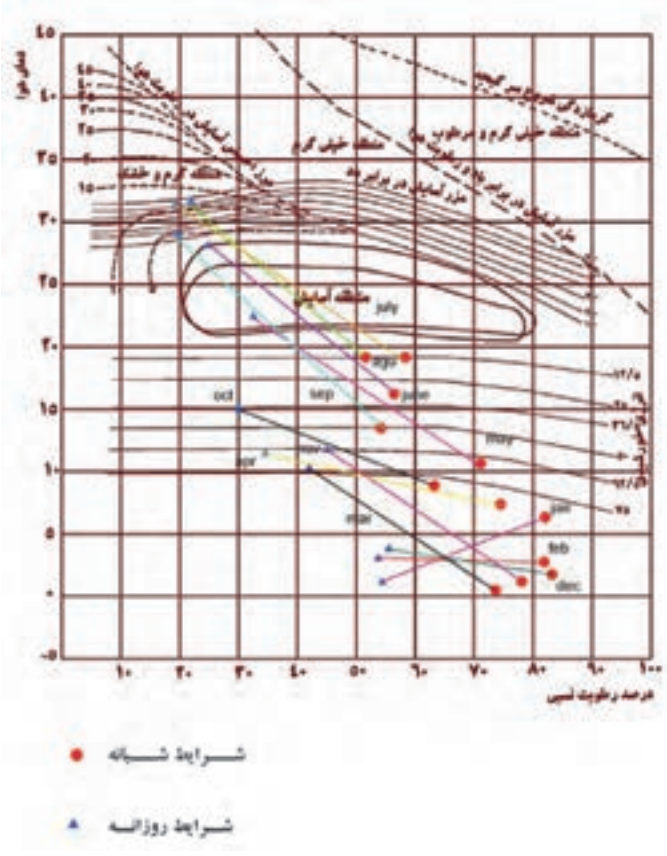
ب ــ نقطه آسایش

به‌شرایطی که در آن مجموع فاکتورهای دما، رطوبت، جریان هوا، تابش و پوشش برای آسایش فراهم باشد، نقطه آسایش می‌گوییم. با تغییر هر یک از فاکتورهای پیش‌گفته شرایط آسایش از بین رفته و برای جبران آن باید فاکتور دیگر را تغییر دهیم. مثلاً در صورت افزایش دما می‌توان پوشش را کم کرد یا با افزایش جریان هوا مجدداً به یک نقطه آسایش جدید برسیم. مجموعه تمام نقاط آسایش را محدوده آسایش می‌نامند.

محدوده آسایش را می‌توان در نمودارهایی که نمودارهای زیست اقلیمی یا بیوکلماتیک نامیده می‌شوند نشان داد. این نمودارها خود بر دو گونه دسته‌بندی می‌شوند :

۱ــ نمودار بیوکلماتیک انسانی

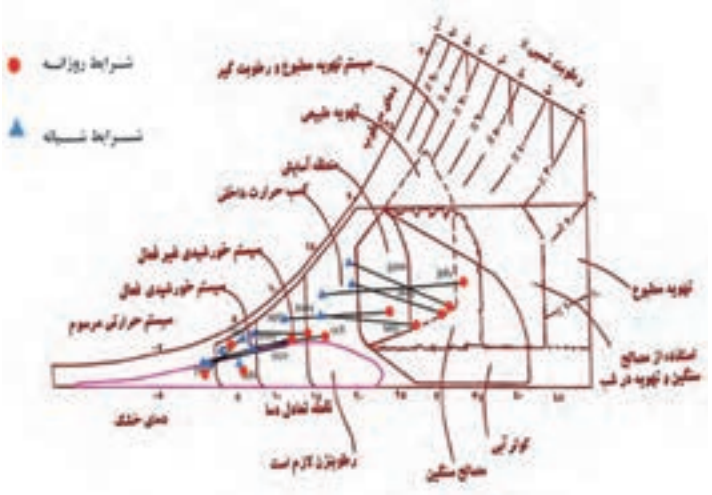
این نمودار شرایط آسایش فیزیکی انسان را با توجه به شرایط اقلیمی پیرامون او مشخص می‌سازد. محور افقی نشانگر رطوبت نسبی و محور عمودی نشانگر دمای محیط است. حد نهایی تحمل جریان هوا ۷۰۰ فوت در دقیقه (۳/۵ متر بر ثانیه) است. پوشش در این نمودار به صورت پیش فرض ۰/۵ فرض شده است.(شکل ۸ ــ ۱۱)



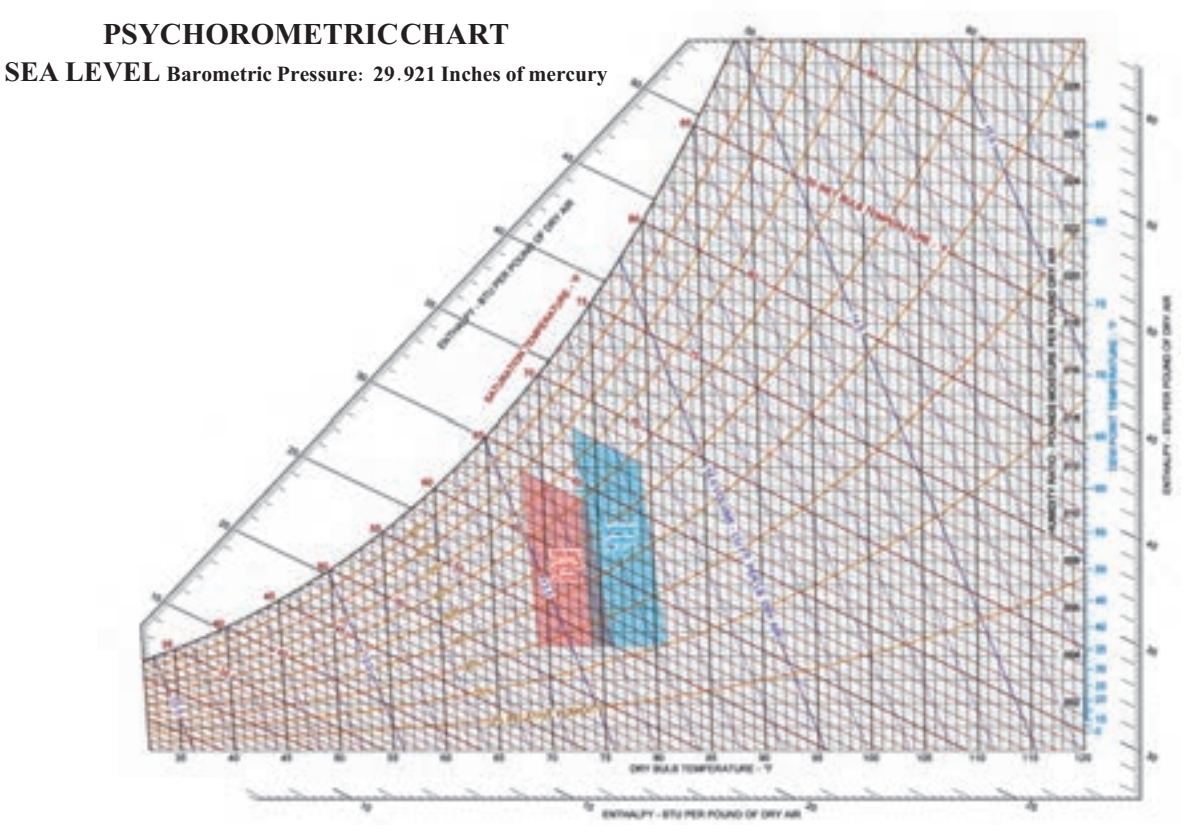
شکل ۸ ــ ۱۱ــ نمودار بیوکلماتیک انسانی

۲ــ نمودار بیوکلماتیک ساختمانی

این نمودار شرایط آسایش انسان را در محیط مسکونی نشان می‌دهد. و بر روی نمودار سایکرومتریک قابل مشاهده است. در این نمودار محدوده آسایش در تابستان و زمستان نشان داده می‌شود. (شکل ۹ــ ۱۱ــ الف و ب)

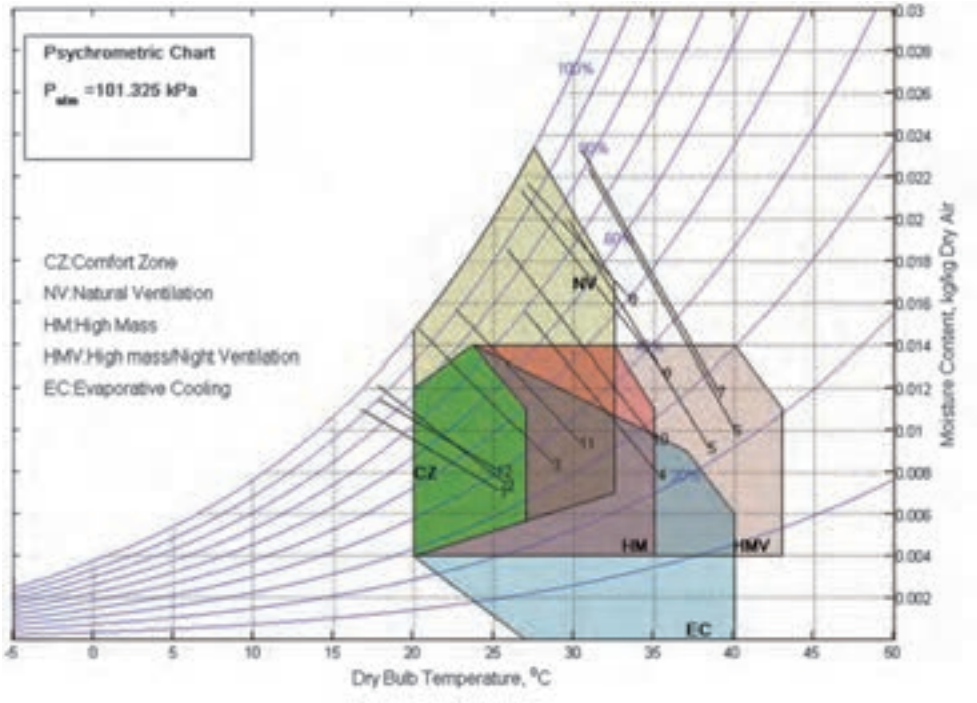


شکل ۹ ــ ۱۱ ــ الف ــ نمودار بیوکلماتیک



شکل ۹ ــ ۱۱ــ ب ــ نمودار بیوکلماتیک ساختمانی

در شکل ۱۰ــ ۱۱ یک نمودار بیوکلماتیک ساختمانی دیگر که در آن منطقه آسایش (CZ)، تهویه طبیعی(NV)، ساختمان با مصالح سنگین(HM)، ساختمان با مصالح سنگین و تهویه در شب(HMV) و سرمایش تبخیری(EC) نشان داده شده است.



شکل ۱۰ ــ ۱۱ ــ نمودار بیوکلماتیک ساختمانی در یکی از شهرهای کناره خلیج فارس

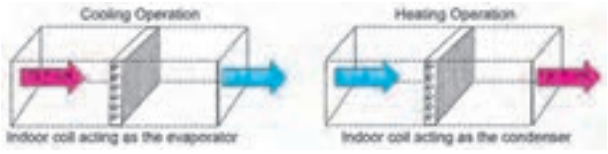
۴ ــ۱۱ــ پمپ گرمایی[۱]

پمپ گرمایی دستگاهی است که گرما را در خلاف جهت جریان طبیعی آن منتقل می‌کند. به عبارت دیگر پمپ گرمایی، گرما را از محیط سرد به محیط گرم منتقل می‌کند. این فرایند در تابستان از درون ساختمان به بیرون و در زمستان از بیرون به درون ساختمان انجام می‌شود. (شکل ۱۱ــ ۱۱)

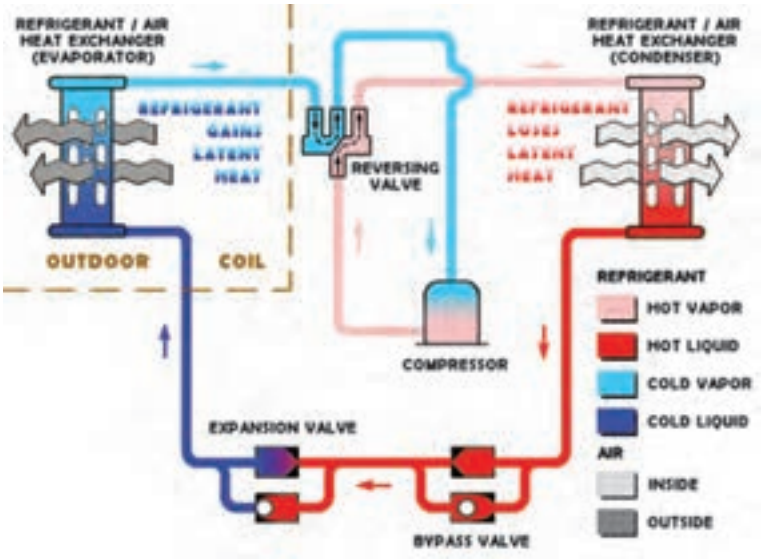
شکل ۱۱ ــ ۱۱ ــ پمپ گرمایی دو فصلی در یک ساختمان

۱ــ Heat Pump

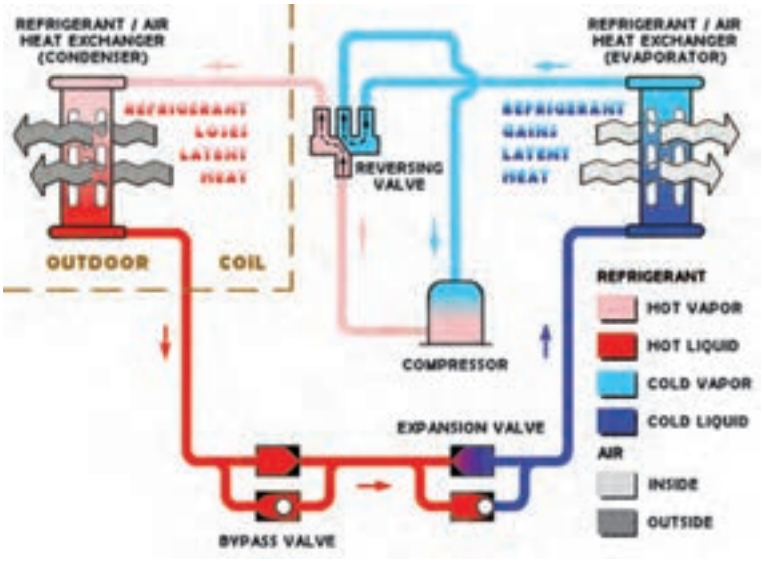
با جابه جا کردن کندانسر و اواپراتور به اقتضای فصل می‌توان از چرخه سردسازی به عنوان پمپ‌های گرمایی استفاده کرد. (شکل‌های ۱۲ــ ۱۱ و ۱۳ــ ۱۱)



شکل ۱۲ ــ ۱۱ ــ کارکرد یک کولر گازی در دو فصل

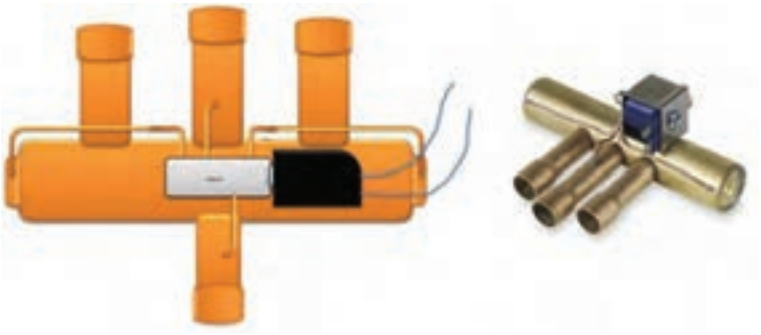


شکل ۱۳ ــ ۱۱ــ الف ــ جهت گردش ماده سرمازا در زمستان



شکل ۱۳ ــ ۱۱ــ ب ــ جهت گردش ماده سرمازا در تابستان

در شکل ۱۴ــ ۱۱ شیر معکوس کننده گردش ماده سرمازا در یک پمپ گرمایی و درون آن نشان داده شده است.



شکل ۱۴ ــ ۱۱ ــ شیر معکوس کننده گردش ماده سرمازا

۵ ــ ۱۱ ــ بار سرمایی ساختمان

بار سرمایی مقدار گرمایی است که ساختمان در روز طرح فصل تابستان در واحد زمان می‌گیرد. بر خلاف بار گرمایی ساختمان که عوامل به وجودآورنده آن محدود است، مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده بار برودتی متعدد و شامل عوامل مختلف در داخل و خارج ساختمان می‌باشد. قدم اول در طراحی سیستم‌های برودتی، بررسی اولیه شرایط ساختمان می‌باشد.

ــ تعیین شرایط آب و هوایی، طرح خارج
ــ تعیین شرایط طرح داخل برابر منحنی آسایش
ــ جنس دیوارها
ــ جهت ساختمان در مقابل باد یا خورشید
ــ موقعیت ساختمان نسبت به ساختمان‌های اطراف
ــ نحوه تابش آفتاب
ــ مشخصات پنجره‌ها (ابعاد، قاب، مواد تشکیل‌دهنده، تعداد جدار شیشه‌ها)
ــ تعداد افراد حاضر در ساعت طرح و نوع فعالیت و مدت زمان حضور
ــ سیستم روشنایی
ــ مشخصات وسائل برقی و گرمایی
ــ گونه بهره‌برداری از ساختمان

افزایش گرما در یک ساختمان به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود :

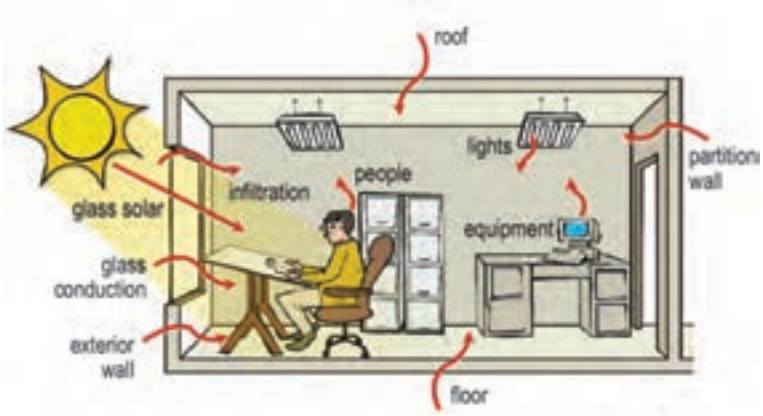
۱ــ بار سرمایی بخش خارجی

شامل هدایت از دیوارها، پنجره‌ها، سقف، کف، تابش، هوای نفوذی و همه گرمای محسوس منتقل شده از خارج

۲ــ بار سرمایی بخش داخلی

شامل گرمای محسوس و نهان تولید شده مانند ساکنین، روشنایی، دستگاه‌ها و . . .

در شکل ۱۵ــ ۱۱ عواملی که در یک ساختمان منبع تولید گرما می‌باشند نشان داده شده است.



شکل ۱۵ ــ ۱۱ ــ منبع تولید گرما در ساختمان

برای برآورد بار سرمایی سه روش اصلی به کار می‌رود :

۱ــ محاسبات دقیق

۲ــ محاسبات نیمه مهندسی

۳ــ محاسبات سرانگشتی

در این بخش به چند نمونه برآورد سرانگشتی اشاره می‌شود.

الف ــ برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس هوای گذریافته از روی کویل

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (A) \times (XT_o + YT_i + T_c)$$

ضریب هوا (AF)

$$AF = p \times C_p \times ۶۰$$

مثال :ضریب هوا را در سطح دریا بدست آورید.

P (چگالی هوا در سطح دریا) $= ۰/۰۷۵\ lb/ft^3$

C_p (گرمای ویژه هوا) $= ۰/۲۴\ Btu/lb.F$

۶۰ نیز ضریب تبدیل دقیقه به ساعت است.

$$AF = ۰/۰۷۵ \times ۰/۲۴ \times ۶۰ = ۱/۰۸\ Btu.min/ft^3.F.hr$$

از جدول شکل ۱۶ ــ ۱۱ مقدار ضریب هوا (AF) را در سایر ارتفاع‌ها از سطح دریا را برای شهر مورد نظر می‌توان مشخص کرد.

شکل ۱۶ــ۱۱ ــ جدول مقدار ضریب هوا (AF)

ارتفاع از سطح دریا (متر)	۰	۳۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۸۰۰	۲۱۰۰	۲۴۰۰	۲۷۰۰	۳۰۰۰
AF	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۰۱	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۷۴

ضریب بار سرمایی (CLF)، ضریب حجم هوای مورد نیاز به ازای واحد سطح را برای ساختمان‌های گوناگون نشان می‌دهد. در جدول ۱۷ ــ ۱۱ ضریب بار سرمایی (CLF) برای ساختمان‌های گوناگون آورده شده است.

شکل ۱۷ ــ ۱۱ ــ جدول ضریب بار سرمایی (CLF)

ساختمان نوع کاربری	CLF (CFM/ft2)
ساختمان مسکونی ــ آپارتمان	۱
ساختمان اداری یا تجاری	۱/۲
کلاس درس ــ مدارس	۱/۵
بیمارستان (اتاق بیماران)	۲
ساختمان‌های چند منظوره ــ مجتمع‌ها ــ فروشگاه‌های بزرگ	۲/۵

A ــ مساحت فضا

X ــ سهم هوای تازه بیرون

Y ــ سهم هوای بازگشتی به دستگاه

To ــ دمای خشک طرح خارج

Ti ــ دمای خشک طرح داخل

Tc ــ دمای نقطه شبنم کویل سرد

مثال : بار سرمایی یک ساختمان اداری در تهران به مساحت ۱۰۰۰ فوت مربع، چند تن تبریداست؟ (۲۰درصد هوای تازه) برای شرایط تهران داریم :

$CLF = ۱/۲$ $AF = ۰/۹۳$ $Tc = ۵۵\ ^{\circ}F$ $Ti = ۷۵\ ^{\circ}F$ $To = ۱۰۵^{\circ}F$

بنابراین :

$$Q = ۰/۹۳ \times ۱/۲ \times ۱۰۰۰ \times (۰/۲ \times ۱۰۵ + ۰/۸ \times ۷۵ - ۵۵) = ۲۹۰۱۶\ Btu/hr = ۲/۴\ T.C$$

همانطور که می‌دانیم درکولر گازی هوای برگشتی نداریم پس معادله به شکل زیر درمی‌آید :

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (A) \times (T_i - T_c)$$

و چنانچه بخواهیم مساحت و دما را درسیستم متریک قرار دهیم :

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (۱۱A) \times (۱/۸ \times (T_i - T_c)) \longrightarrow$$

شکل ۱۸ ــ ۱۱ ــ جدول برآورد سرانگشتی بار سرمایی

Sl.no	Application	Required cooling capacity (TR) for 1000 ft² of floor area
1.	Office buildings: External zones Internal zones	 25% glass: 3.5 TR 50% glass: 4.5 TR 75% glass: 5.0 TR 2.8 TR
2.	Computer rooms	6.0 – 12.0 TR
3.	Hotels Bedrooms Restaurants	 Single room: 0.6 TR per room Double room: 1.0 TR per room 5.0 - 9.0 TR
4.	Department stores Basement & ground floors Upper floors	 4.5 – 5.0 TR 3.5 – 4.5 TR
5.	Shops	5.0 TR
6.	Banks	4.5 – 5.5 TR
7.	Theatres & Auditoriums	0.07 TR per seat

$$Q = ۲۰(AF) \times (CLF) \times (A) \times (T_i - T_c)$$

مثال : بار سرمایی یک ساختمان اداری در تهران به مساحت ۹۰ متر مربع، چند تن تبرید است؟

برای شرایط تهران داریم :

$CLF = ۱/۲$ $AF = ۰/۹۳$ $Ti = ۲۴^{\circ}C$ $Tc = ۱۳^{\circ}C$

$$Q = ۲۰ \times (۰/۹۳) \times (۱/۲) \times (۹۰) \times (۲۴ - ۱۳) = ۲۲۰۹۷ \text{ Btu/hr} = ۱/۸ \text{ Tc}$$

ب ــ برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس نوع کاربری

در جدول شکل ۱۸ ــ ۱۱ برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس نوع کاربری آورده شده است.

مثال : بار سرمایی یک دفتر کار به مساحت ۱۱۰ متر مربع که از یک طرف پنجره خارجی دارد چند تن تبرید است؟

$$A = ۱۱۰ \times ۱۱ = ۱۱۰۰ \text{ft}^{۲} \rightarrow Q = \frac{۱۱۰۰}{۱۰۰۰} \times ۳/۵ = ۳/۸۵ \text{TR}$$

۶ ــ ۱۱ ــ سرد کننده تبخیری[۱]

دستگاه‌های سرد کننده تبخیری هوا را می‌توان به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم دسته‌بندی کرد. در سرمایش تبخیری از طریق کم کردن دمای حباب خشک هوا، شرایط محیطی مناسب‌تری تأمین می‌گردد.

۱ــ Evaporative Cooler

فرایند سرمایش تبخیری مستقیم، یک فرایند تبادل گرما آدیاباتیک است که در آن گرما از هوا به آب انتقال می‌یابد و آب تبخیر می‌گردد. به این ترتیب دمای حباب خشک هوا کاهش یافته و سرمایش محسوس انجام می‌شود. چندگونه از این دستگاه‌ها عبارتند از :

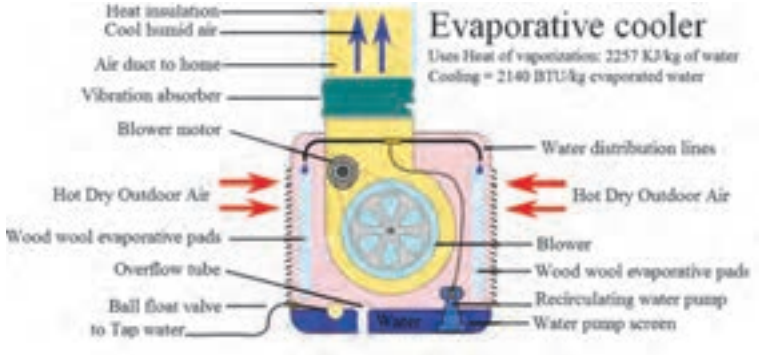
(۱) کولرهای تبخیری

(۲) هواشوی‌ها

(۳) واحدهایی که در آنها بر روی کویل آب پاشیده می‌شود.

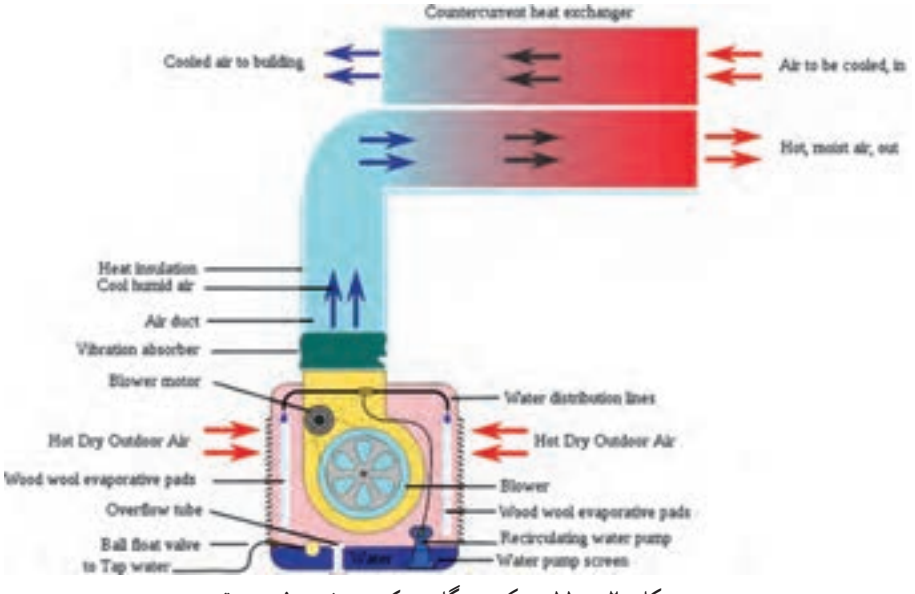
(۴) رطوبت زن‌ها

در شکل ۱۹ ــ ۱۱ یک دستگاه سردکننده تبخیری که با نام کولر آبی شناخته می‌شود نشان داده شده است.

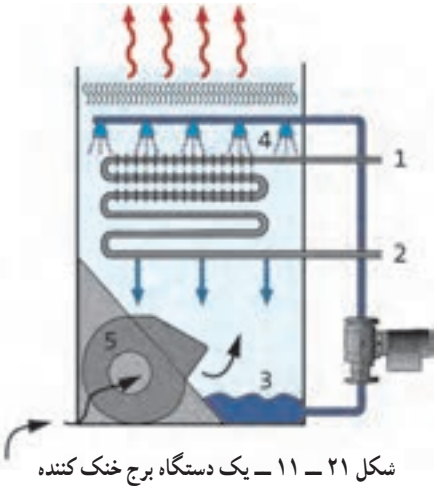


شکل ۱۹ ــ ۱۱ ــ یک دستگاه سردکننده تبخیری

در سیستم‌های تبخیری غیر مستقیم هوا در یک مبدل گرمایی که جریان هوای ثانویه از آن می‌گذرد، سرد می‌شود هوای ثانویه را نیز می‌توان مستقیماً به روش تبخیری و یا توسط آبی که به روش تبخیری خنک شده است سرد کرد. کولرهای تبخیری غیرمستقیم (شکل ۲۰ ــ ۱۱) و برج‌های خنک کننده (شکل ۲۱ ــ ۱۱) نمونه‌ای از این دستگاه‌ها می‌باشند.



شکل ۲۰ ــ ۱۱ ــ یک دستگاه سردکننده تبخیری غیر مستقیم



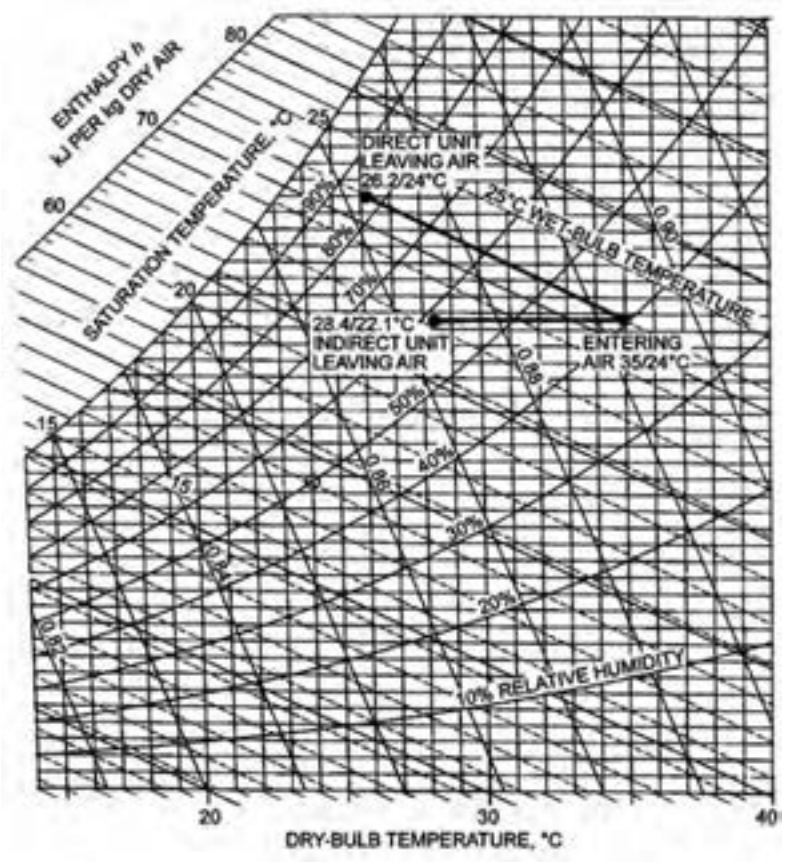
شکل ۲۱ ــ ۱۱ ــ یک دستگاه برج خنک کننده

پرسش و پاسخ

دمای حباب خشک و تر هوای ورودی به یک کولر تبخیری مستقیم ۳۵ و ۲۴ درجه سلسیوس است. چناچه کارایی این کولر ۸۰ درصد باشد دمای هوای خروجی از کولر را محاسبه کنید.

$$\Delta T_{dw} = ۳۵ - ۲۴ = ۱۱^{\circ}C \,,\, \Delta T_{d} = ۰/۸ \times ۱۱ = ۸/۸^{\circ}C \rightarrow T_{do} = ۳۵ - ۸/۸ = ۲۶/۲^{\circ}C$$

چون در کولر تبخیری مستقیم آب درگردش است و فرض بر این است که مقدار کمی از آن تبخیر شده، آدیاباتیک در نظر گرفته می‌شود. پس دمای هوای تر ورودی با دمای آب یکسان است. (شکل ۲۲ ــ ۱۱)



شکل ۲۲ ــ ۱۱ ــ نشان دادن مشخصات دو گونه کولر تبخیری

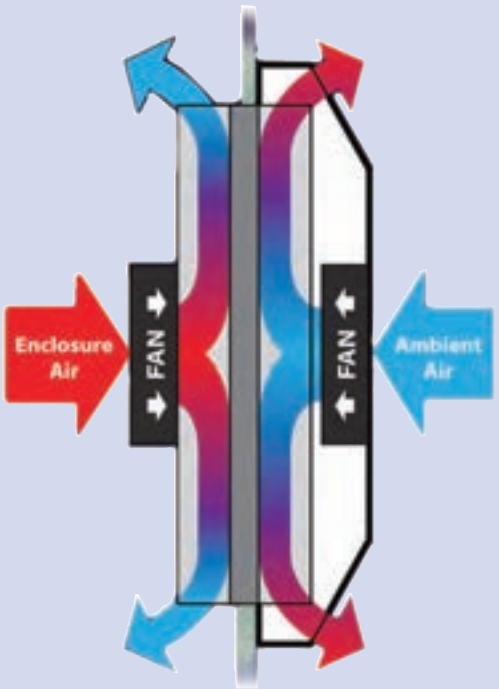
پرسش و پاسخ

دمای حباب خشک و تر هوای ورودی به یک کولر تبخیری غیر مستقیم ۳۵ و ۲۴ درجه سلسیوس است. چنانچه کارایی این کولر ۶۰ درصد باشد دمای هوای خروجی از کولر را محاسبه کنید.

$$\Delta T_{dw} = ۳۵ - ۲۴ = ۱۱^{\circ}C \,,\, \Delta T_{d} = ۰/۶ \times ۱۱ = ۶/۶^{\circ}C \rightarrow T_{do} = ۳۵ - ۶/۶ = ۲۸/۴^{\circ}C$$

فصل ۱۲

سیستم‌های دیگر تبرید



۱۲ سیستم‌های دیگر تبرید

۱ــ۱۲ــ سیستم جذبی کریر

پیش آزمون

۱ــ چگونه می‌شود بدون کمپرسور یک سیستم تبرید درست کرد که بتواند سرما ایجاد کند؟

۲ــ آیا می‌شود از آب به عنوان ماده سرمازا استفاده کرد؟

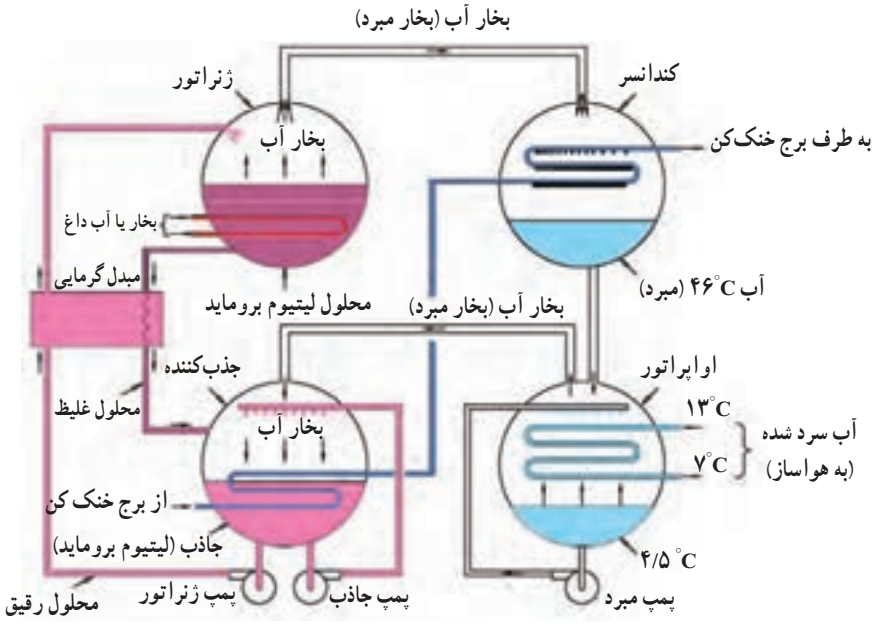
روش آموزش

بایستی دمای جوش آب را در فشارهای مختلف توضیح داد طوری‌که هنرجو بفهمد که مثلاً ممکن است آب در $10^{\circ}C$ بجوشد تا آن‌را به عنوان ماده مبرد بپذیرد. خصوصیت جاذب آب توسط نمک‌ها و در نهایت سیکل کریر را طی مراحل مختلف آن‌چنان که کتاب گفته توضیح داده شود و در نهایت سیکل کامل گردد. در مراحل مختلف بایستی اطمینان حاصل کرد که هنرجویان مرحله قبل را فهمیده‌اند.

دانش افزایی

شکل ۱ ــ ۱۲ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی را نشان می‌دهد.

شرح مدار : این سیکل از چهار قسمت اصلی کندانسر، اواپراتور، ژنراتور و جذب کننده تشکیل شده است. در قسمت اواپراتور فشار و دما پایین است ماده مبرد که آب است وقتی وارد اواپراتور می‌شود تبخیر شده و سرما تولید می‌کند این سرما کویل آبی را سرد می‌کند که آب فن کویل‌ها را تأمین کند.



شکل ۱ ــ ۱۲ ــ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی

آب سرد شده با پمپ مبرد از ته اواپراتور روی کویل آبی که به اواپراتور می‌رود ریخته شده تا بیشتر آن را سرد کند در داخل جذب کننده محلول لیتیوم بروماید قرار دارد که از طریق لوله رابط بین اواپراتور و ژنراتور بخارات آب اواپراتور را جذب کرده تا فضای کافی برای تبخیر بیشتر آب در اواپراتور و در نتیجه ایجاد سرمای بیشتر وجود داشته باشد. وقتی لیتیوم بروماید نیز مقدار زیادی بخار آب جذب کرد اشباع می‌شود و به وسیله پمپ ژنراتور آن را به ژنراتور فرستاده و داخل محفظهٔ ژنراتور که در کف آن کویل بخار داغ عبور می‌کند می‌ریزیم سپس گرمای کویل بخار باعث می‌شود که آب از لیتیوم بروماید جدا شود. آب جدا شده بخار شده به سمت کندانسر رفته تقطیر شده برای تبخیر مجدد و تولید سرما به اواپراتور می‌رود لیتیوم بروماید نیز به جذب کننده برگشته تا بخار بیشتری را از اواپراتور جذب کند و این سیکل تکرار می‌شود مبدل گرمایی نیز باعث می‌شود تا لیتیوم بروماید احیا شده غلیظ‌تر به ژنراتور برگردد و لیتیوم بروماید رقیق نیز گرم‌تر به ژنراتور برود و این عمل ظرفیت برودتی سیستم را بالا می‌برد آبی که بین کندانسر بر جذب‌کننده و برج خنک کننده به وسیله پمپ در جریان است باعث تقطیر آب در کندانسور، غلیظ کردن بیشتر لیتیوم بروماید با جذب گرما توسط آب و پس دادن گرمای دریافتی در کندانسر و جذب کننده در برج خنک کننده به هوای بیرون. این سیستم چون کمپرسور ندارد مصرف برق خیلی کمی دارد، سرو صدا ندارد در تناژ برودتی بالا تولید می‌شود.

کار در کلاس

با مداد روی کاغذ به‌صورت دست آزاد سیکل سیستم جذبی کریر آنقدر رسم کنید و اسامی قسمت‌های اصلی را روی آن بنویسید تا کاملاً بر ترسیم آن مسلط شوید.

پرسش و پاسخ

در سیستم جذبی کریر چند نوع آب وجود دارد؟

۱ــ آبی که در اواپراتور جاذب، ژنراتور و کندانسر جریان دارد و به عنوان ماده سرمازا عمل می‌کند.

۲ــ آبی که بین فن کویل و اواپراتور به‌وسیله پمپ سیرکولاتور درجریان است وکار آن خنک کردن کویل‌های فن کویل و در نتیجه هوای محیط فن کویل است.

۳ــ آبی که بین کندانسر و برج خنک کننده به‌وسیله پمپ سیرکولاتور درجریان است و کار آن خنک کردن بخار آب (مبرد) است که در ژنراتور از لیتیوم بروماید جدا شده است.

۴ــ آب دائمی که در ژنراتور کار جداکردن آب از لیتیوم بروماید را انجام می‌دهد.

وظیفه پمپ مبرد در اواپراتور چیست؟ ۱ــ این پمپ آب سرد شده را بر روی کویلی که حامل آب فن کویل‌ها می‌باشد پاشیده و باعث سرد شدن آن می‌شود.

۲ــ حدوداً آب در اواپراتور که به عنوان ماده مبرد عمل می‌کند چند درجه سلسیوس سرد می‌شود؟

۴/۵ °C ــ ۵°C درجه

۳ــ تفاوت پمپ جاذب و پمپ ژنراتور در سیستم جذبی کریر چیست؟ پمپ جاذب لیتیوم بروماید را از نازل‌هایی در داخل جذب کننده عبور داده و به شکل پودر درمی‌آورد تا بتواند مقدار بیشتری بخارات آب را در اواپراتور جذب کند اما پمپ ژنراتور کارش انتقال محلول لیتیوم بروماید و آب از جذب کننده به ژنراتور با هدف جداسازی آب از لیتیوم بروماید است.

۴ــ چند نوع سیستم تبرید جذبی وجود دارد؟ سیستم‌های جذبی را بر حسب نوع جداسازی آب از لیتیوم بروماید در ژنراتور طبقه‌بندی می‌کنند و این عوامل معمولاً عبارتند از : ۱ــ آب گرم ۲ــ آب داغ ۳ــ بخار داغ ۴ــ شعله مستقیم (Direct fire)

تحقیق

علّت تشکیل کریستال در چیلر جذبی چیست و راه کریستال زدایی چگونه است؟

۲ــ۱۲ــ یخچال جذبی

پیش آزمون

۱ــ چگونه می‌شود در جایی که برق وجود ندارد از یخچال استفاده کرد؟

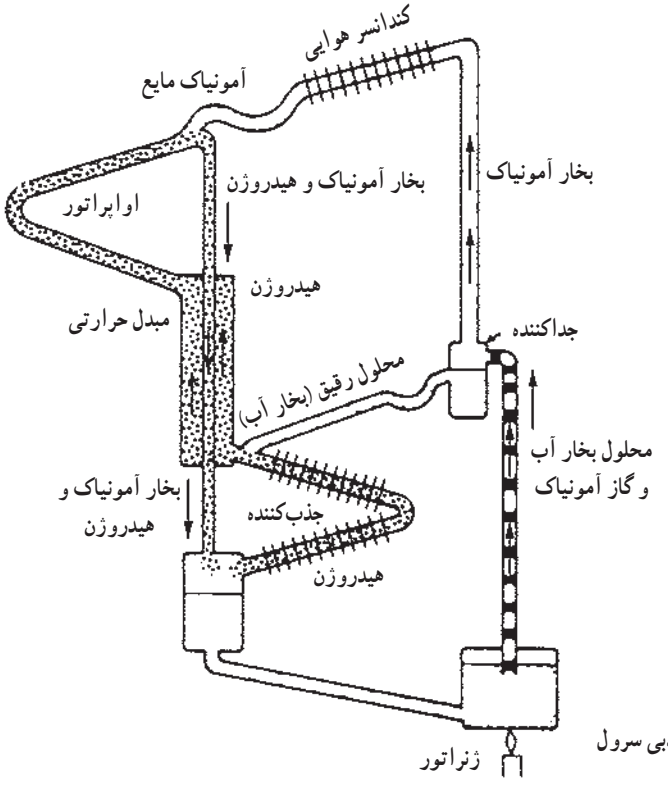
۲ــ آیا می‌شود از آمونیاک به عنوان ماده مبرد استفاده کرد؟

روش آموزش

بایستی در مورد ترکیب آب وآمونیاک و علاقه‌مندی محلولیت این دو برای هنرجویان توضیح داد همچنین در خصوص تأثیر هیدروژن در تبخیر آمونیاک سپس سیکل جذبی سرول را تشریح کرد.

دانش افزایی

شکل ۳ ــ ۱۲ سیکل ساده یخچال نفتی را نشان می‌دهد. بخار آمونیاک پس از عبور از کندانسر تقطیر شده به اواپراتور رفته در آنجا به کمک هیدروژن تبخیر شده و سرما تولید می‌کند سپس بخار آمونیاک به همراه هیدروژن به سمت جذب کننده رفته در آنجا بخار آمونیاک جذب آبی شده که از جداکننده به سمت جذب کننده می‌آید در جدا کننده مقداری از گرمای خود را از دست داده آب و آمونیاک به‌صورت محلولی غلیظ سمت ژنراتور حرکت می‌کنند و هیدروژن به سمت اواپراتور برمی‌گردد.



شکل ۲ ــ۱۲ ــ سیکل یخچال جذبی سرول

محلول آب و آمونیاک غلیظ در ژنراتور تحت تأثیر گرما قرار گرفته آمونیاک از آب جداشده به‌سمت کندانسر رفته پس از تقطیر سیکل را تکرار می‌کند آب نیز پس از جدایی از آمونیاک به‌سمت جذب‌کننده رفته با بخار آمونیاک ترکیب و برای ادامه سیکل به ژنراتور می‌رود.

کار در کلاس

یکی از هنرجویان شکل یخچال جذبی سرول را روی تخته رسم کرده و بقیه هنرجویان به نوبت هر کدام قسمتی از شکل را نام برده و توضیح دهند.

پرسش و پاسخ

۱ــ ماده سرمازا در یخچال نفتی سرول چیست؟

پاسخ : آمونیاک

۲ــ نقش هیدروژن در یخچال نفتی سرول چیست؟

پاسخ : علّت استفاده از گاز هیدروژن کاهش فشار بخار آمونیاک در اواپراتور و فراهم کردن امکان تبخیر مایع آمونیاک است.

۳ــ هدف از نصب دو عدد تله مایع U شکل در بالا و پایین یخچال نفتی سرول چیست؟ هدف از نصب دو عدد تله مایع U شکل این است که مانع از خارج شدن گاز هیدروژن از اواپراتور و جذب کننده شوند.

۳ــ۱۲ــ سردسازی ترموالکتریک

پیش آزمون

چگونه می‌شود با استفاده از برق اما بدون استفاده از کمپرسور سرما تولید کرد؟

روش آموزش

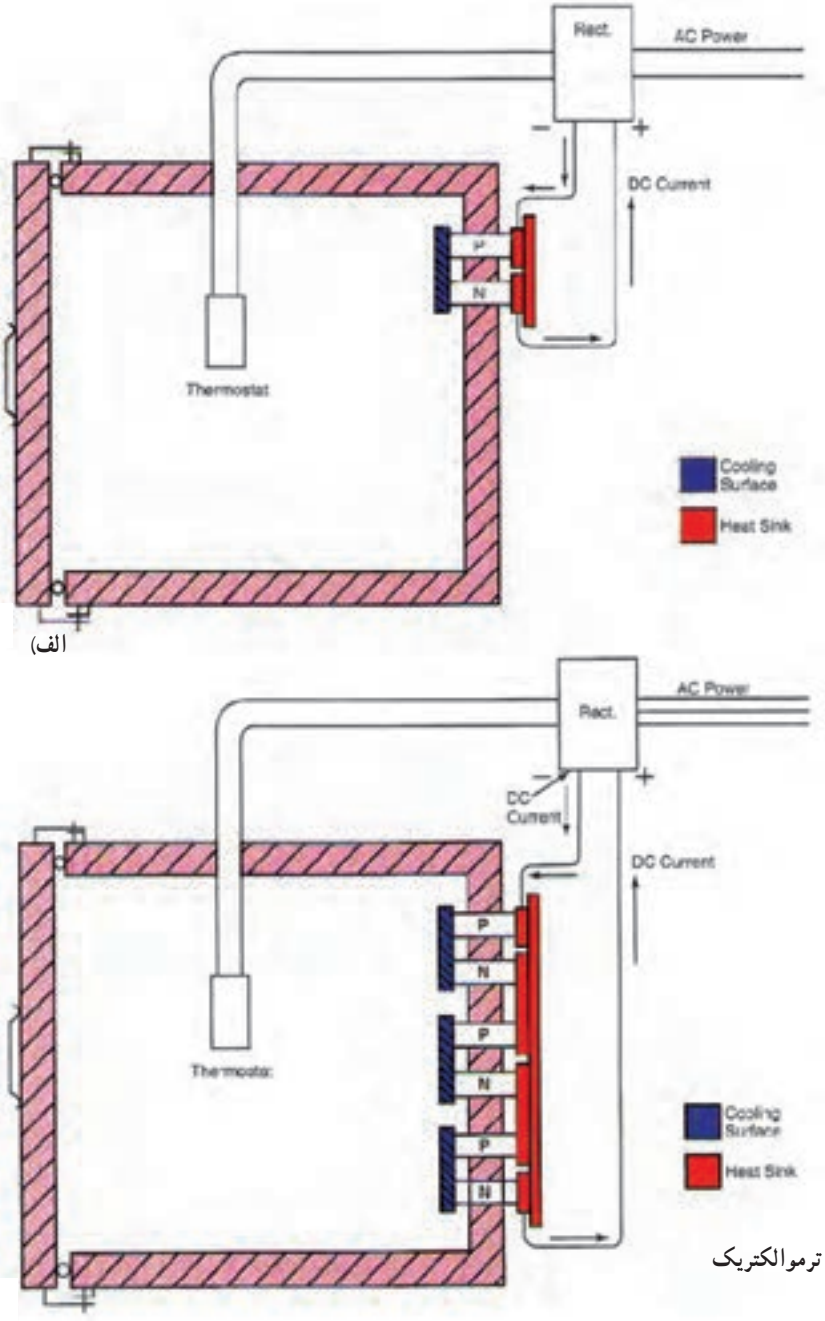
ابتدا حرکت الکترون‌ها و سرعت آنها را توضیح داده جریان‌های مستقیم و متناوب، عایق‌ها، هادی‌ها و نیمه هادی‌ها را توضیح داده اشاره‌ای به تولید جریان در ترموکوپل به‌وسیله گرما و کاربرد آن در آبگرمکن‌ها و بخاری‌ها کرده و سپس تبرید ترموالکتریک گفته شود.

در سیستم سردکننده ترموالکتریک انتقال حرارت از یک جسم با محیط دیگر توسط الکترون‌ها (بجای مایع سردکننده) انجام می‌شود. شکل ۳ــ۱۲ ــ الف ــ یک سیستم سردکننده ترموالکتریک ساده است که قادر می‌باشد حرارت اتاقک عایق بندی شده را به وسیله الکترون‌ها به قسمت رادیاتور در بیرون انتقال می‌دهد. پره‌های نازک زیادی برای پخش حرارت محیط به بیرون بر روی رادیاتور و درخارج آن گذاشته شده است کارآیی این کویل ترموالکتریک به اختلاف سطح انرژی موجود در دو قطب شبه هادی P و N بستگی دارد. باید توجه داشت که دو قطب P و N قطب‌های مثبت و منفی الکتریکی نیستند بلکه اجسام نیمه هادی از نوع ترانزیستور می‌باشند و به‌طور الکترونیکی

کار می‌کنند پیشرفت علم الکترونیک، نیمه هادی‌ها، آلیاژها، و اکسیدهایی را شناسانده که اختلاف سطح انرژی متفاوتی دارند خواص الکتریکی این‌گونه نیمه هادی‌ها چیزی در حد بین عایق‌ها و هادی‌هاست. کارآیی این وسیله به نوع موادی که به عنوان نیمه هادی‌های P و N به کار می‌رود بستگی دارد. نظر به اینکه مواد به‌کار رفته در ساختمان P و N هادی‌های خوبی نیستند سطح مقطع آنها نسبتاً بزرگ انتخاب می‌شود تا هم مقاومت الکتریکی آنها کم باشد و هم گرمای حاصل از عبور جریان برق از آنها کمتر شود.

شکل ۳ــ۱۲ ــ الف ــ یک کوپل ترموالکتریک را نشان می‌دهد حرارت زیادی را نمی‌توان با یک عدد ترموکوپل انتقال داد برای افزایش قدرت تولید سرما از چندین کوپل سری استفاده شده است.

شکل ۳ــ۱۲ ــ ب ــ نشان دهنده یک سرد کننده ترموالکتریک چندتایی است که در آن برای افزایش ظرفیت جذب حرارت سه عدد ترموکوپل به طور سری به هم متصل شده‌اند. تعدادی ترموکوپل سری شده با هم را مدول گویند. برای افزایش بیشتر قدرت سردکنندگی می‌توان چندین مدول را به صورت موازی به هم مربوط کرد. یک عنصر حساس حرارتی (ترموستات) که در داخل اطاق سردکننده وجود دارد جریان برق ترانسفورماتور یکسوکننده را کنترل می‌کند. یکسوکننده یک جریان مستقیم ثابت و حساب شده ای را برای مدول‌ها تأمین می‌کند و بدین‌وسیله حرارت داخل سردکننده را کنترل می‌کند. دراین سیستم هیچ نقطه متحرکی وجود ندارد به‌جز ساختمان مدول بقیه سیستم از نظر ساختمانی بسیار ساده است. بازدهی حرارتی این سیستم کم است بدین معنی که مقدار تأثیر سردکنندگی آن نسبت به برق مصرفی به مراتب کمتر از سردکننده‌هایی است که با کمپرسور کار می‌کنند. باید توجه داشت که اگر جهت جریان برق مدول عوض شود جهت انتقال حرارت معکوس می‌شود.



شکل ۳ ــ ۱۲ ــ اساس کار سردساز ترموالکتریک

یعنی مدول‌ها حرارت را از بیرون دریافت داشته و به داخل اتاق می‌فرستند و به عنوان یک سیستم گرمکن کار می‌کند. از این وسیله ممکن است هم برای سرد کردن و هم گرم کردن یک محیط استفاده کرد (با تعویض جهت جریان). از این سیستم در تهویه مطبوع زیر دریایی‌های اتمی به مقیاس وسیعی استفاده می‌شود. همچنین از این وسیله برای خنک نگه داشتن وسایل الکترونیکی مانند کامپیوتر و تجهیزات فضایی به مقیاس گسترده‌ای استفاده می‌شود.

پرسش و پاسخ

۱ــ نقش رکتی فایر در تبرید ترموالکتریک چیست؟ درتبرید ترموالکتریک از جریان مستقیم استفاده می‌شود. یکی از وظایف رکتی فایر تبدیل جریان AC به DC است وظیفه دیگر رکتی فایر کم و زیادکردن جریان DL خروجی به سمت P و N با تأثیرپذیری از ترموستات و در نتیجه تنظیم سرمای حاصل از تبرید به‌وسیله ترموالکتریک است.

۲ــ اگر جهت جریان در تبرید ترموالکتریک را عوض کنیم یعنی جای مثبت و منفی عوض شود چه تأثیری در سیستم تبرید ترموالکتریک بوجود می‌آید؟ محل صفحات سرد و گرم عوض می‌شود اصطلاحاً می‌گویند جای اواپراتور و کندانسر عوض می‌شود.

۳ــ چند نوع نیمه هادی را که درتبرید ترموالکتریک کاربرد دارند را نام ببرید.

سلیکون ــ ژرمانیم

۴ــ چند مورد از استفاده ترموالکتریک را نام ببرید : تجهیزات الکترونیک ــ کامپیوتر ــ وسایل هوافضا ــ سرد کردن مایعات ــ خنک کردن هوا

تحقیق

تحقیق کنید که چگونه ترموستات به رکتی فایر فرمان تنظیم سرما را در تبرید ترموالکتریک می‌دهد.

منابع و مآخذ

۱ــ قورچیان، نادرقلی ، جزئیات روش‌های تدریس، انتشارات فراشناختی اندیشه

۲ــ صفوی، امان الله ــ روش‌ها، فنون و الگوهای تدریس، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)

۳ــ حاج سقطی، اصغر و جعفری، سید احمد ــ مترجمان اصول تبرید طراحی و محاسبات سیستم های سردکننده ــ انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

ــمقاله مبردهای جدید، مخلوط مبردها و اثرات زیست محیطی، سید مجتبی نائینیان ــ مصطفی مافی

ــمقالات و مطالب علمی از وبگاه سراسری گروه صنعتی باکمن www.wikipg.com

ــ مقاله بررسی و تحقیق در مورد مناسب‌ترین مبرد، علی اکبر عظمتی از وبگاه

http: // www.nosazimadares.ir / fanni / tasisat / DocLib3

ــ فیزیک ۲، فنی و حرفه‌ای

ــ خلاصه تاریخچه ترمودینامیک، خسروی الحسینی و آلان غلام ویسی از وبگاه http: // www.kiau.ac.ir

ــکالیبره انواع دستگاه‌ها از مرجع کالیبراسیون رسام از وبگاه http: // rasamlab.ir

ــ پروتکل مونترال از وبگاه http: // iranhse.ir / ? p =۱۲۸۵

ــ سمیعی، یدالله، کتاب الکترونیکی اصول و اجزای سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و تهویه مطبوع از وبگاه www.asa.ir

ــ معرفی کوتاه انواع مبردها و مبرد 134 ــ R از وبگاه http: //www.prozhe.com

ــمقالات علمی از وبگاه www.ROSHD.IR

1 ــ ASHRAE HANDBOOK 2010

2 ــ WWW.Wikipedia.ORG

3ــ AG 31 ــ 007 Refrigerant Application Guide from http: //www.mcquay.com/McQuay/ DesignSolution/Green Waypage3

Load Calculation Spreadsheets Quick Answers Without Relying on Rules of Thumb from ASHRAE Journal, January 2012

4 ــ Dr. Sam C M Hui Load Calculations

5ــ N . Al ــ Azari , Y.Zurigat and.Al ــ Rawahi Development of Bioclimatic Chart for Passive Building Design in Muscat ــ Oman