

## دستگاه‌های تهویه مطبوع





## دستگاه‌های تهویه مطبوع

## پیش‌آزمون

- ۱- تهویه مطبوع چیست؟
- ۲- تفاوت کولر آبی و کولر گازی در چیست؟

## روش آموزش

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

## ۱-۱-۱- تاریخچه

## دانش‌افزایی

- الف - تعریف تهویه مطبوع<sup>۱</sup>:** «تهویه مطبوع، فرایندی برای دگرگونی ویژگی‌های هوا به شرایط دلخواه است.»
- تهویه مطبوع دربرگیرنده سیستم‌های سردکن، گرم کردن، تهویه و گندزدایی هوا است.
- ب - تاریخچه پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع:** در جدول شکل ۱-۱۱ گام‌هایی که در راستای پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع انجام شده، آمده است.

شکل ۱-۱۱ - 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 - گذر آب درون دیوارها توسط رومی‌های باستان، کاربرد بادگیرها توسط ایرانیان
قرن نوزدهم	بیشرفت 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 درمی‌آمد 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) - آنها به این نتیجه رسیدند که یک نفر را می‌توان تا سر حد مرگ در تابستان سرد کرد.

کشف مایکل فارادی در مورد سردسازی با فشرده‌سازی و میعان آمونیاک و اجازه تبخیر به آن	۱۸۲۰
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	۱۸۴۲
ساخت دستگاه تهویه مطبوع برقی توسط ویلیس کریبر	۱۹۰۲
طراحی نمودار سایکرومتریک توسط ویلیس کریبر	۱۹۰۴
بررسی راه‌هایی برای اضافه کردن رطوبت به هوا در کارخانه نساجی توسط استوارت کرامر و ابداع اصطلاح «تهویه مطبوع»، و در نتیجه ابداع سیستم خنک‌کننده تبخیری	۱۹۰۶
اختراع کولرگازی پنجره‌ای توسط رابرت شرمن که ضمن سرد و گرم کردن می‌توانست هوا را رطوبت‌گیری، رطوبت-زدایی و فیلتر کند.	۱۹۴۵

## ۱۱-۲- ویژگی‌های هوا و سایکرومتری

### الف- 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 به دست آورند. (جدول ۱۱-۲)

Relative Humidity (%)

Dry-Bulb Temperature (°C)	Difference Between Wet-Bulb and Dry-Bulb Temperatures (°C)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-22	100	99														
-20	100	98														
-18	100	96														
-16	100	94	11													
-14	100	91	23													
-12	100	86	33													
-10	100	79	41	13												
-8	100	72	46	20												
-6	100	67	54	23	11											
-4	100	63	58	27	16	1										
0	100	61	60	45	28	13										
2	100	61	61	51	50	20	6									
4	100	61	70	56	42	27	14									
6	100	66	75	58	46	33	22	10								
8	100	67	74	62	61	39	29	17	6							
10	100	68	76	69	64	43	33	24	13	4						
12	100	66	76	67	67	48	39	29	19	10	2					
14	100	65	75	69	60	50	41	31	26	16	6	1				
16	100	62	80	71	62	54	46	37	29	21	14	7	1			
18	100	61	81	72	64	58	49	40	33	26	19	12	6			
20	100	61	80	74	66	56	51	44	36	30	22	17	11	5		
22	100	60	80	75	69	60	53	46	40	33	27	21	15	10	4	
24	100	60	84	76	69	62	56	49	42	36	30	26	20	14	9	4
26	100	60	80	77	75	64	57	51	46	39	34	28	23	18	13	9
28	100	60	88	76	71	66	58	53	47	42	38	31	26	21	17	12
30	100	61	86	79	72	68	61	55	48	44	39	34	29	26	20	15

شکل ۱۱-۲- 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.

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند هفت ویژگی هوا را که پیش از این بیان نموده‌اید بر روی نمودار سایکرومتریک<sup>۲</sup> (شکل ۱۱-۳) نشان دهند. هنرجویان به طور معمول رطوبت ویژه<sup>۳</sup> (نسبت رطوبت یا رطوبت مطلق) را با رطوبت نسبی<sup>۴</sup> اشتباه می‌گیرند که بهتر است در این مورد توضیح بیشتری داده شود.

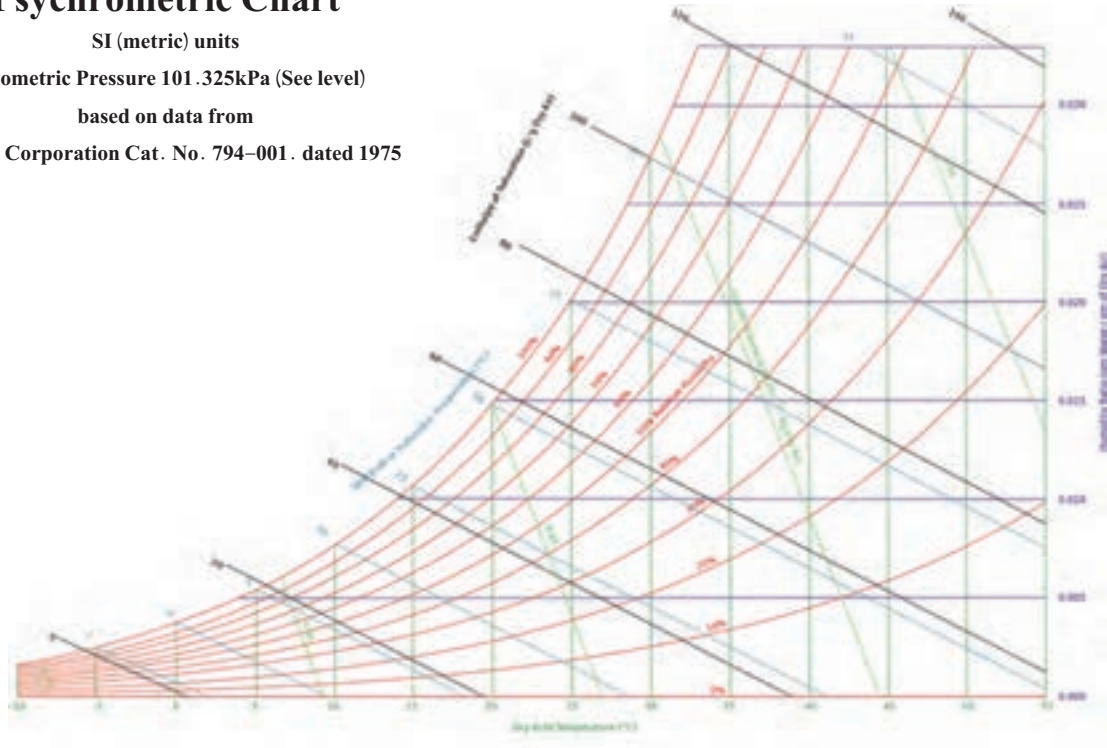
## Psychrometric Chart

SI (metric) units

Barometric Pressure 101.325kPa (See level)

based on data from

Carrier Corporation Cat. No. 794-001. dated 1975



شکل ۱۱-۳ - نمودار سایکرومتریک

## پرسش و پاسخ

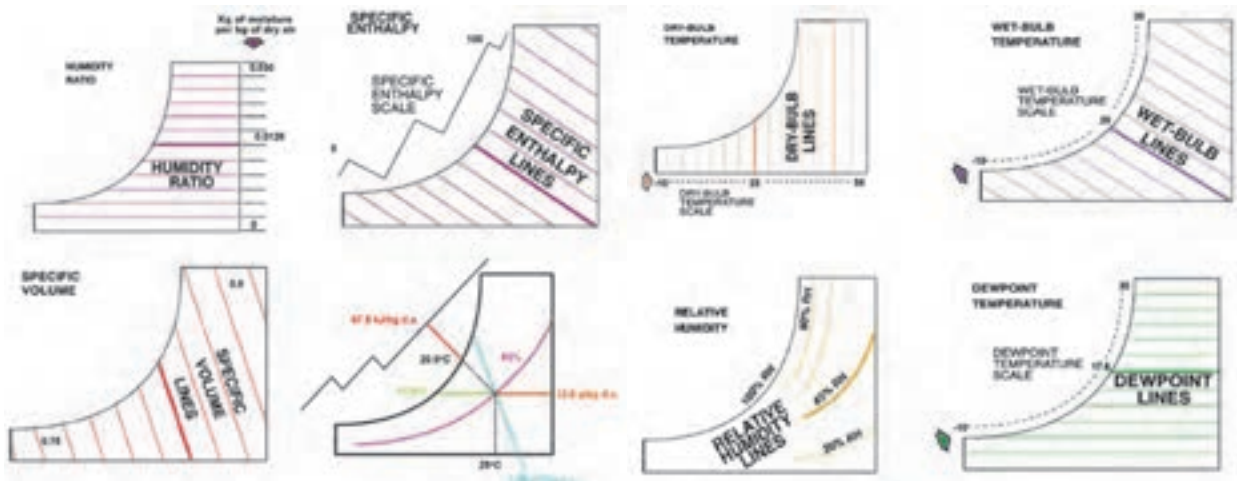
دمای خشک هوای یک اتاق ۲۵ درجه سلسیوس و دمای مرطوب آن ۲۰ درجه سلسیوس است، ویژگی‌های دیگر هوای این اتاق را پیدا کنید. الف) رطوبت نسبی ب) دمای نقطه شبنم پ) رطوبت ویژه ث) آنتالپی

۱- Psychrometric chart

۲- نمودار رطوبی هوا

۳- Humidity Ratio

۴- Relative Humidity



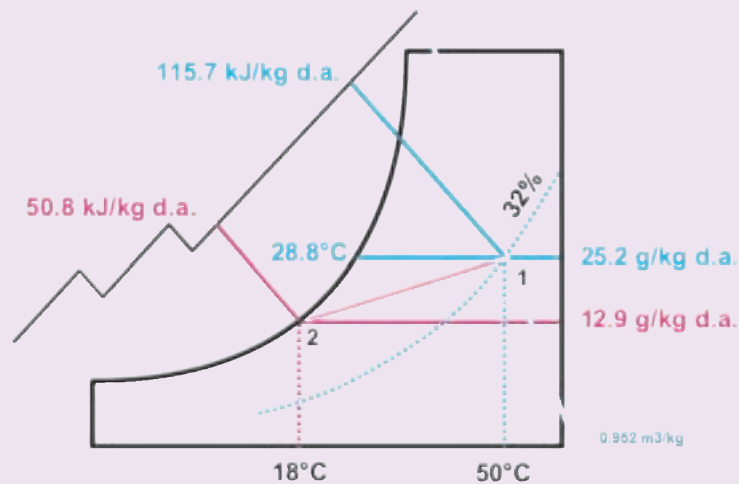
الف) چهار ویژگی هوا بر روی نمودار

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

شکل ۴ - ۱۱

### پرسش و پاسخ

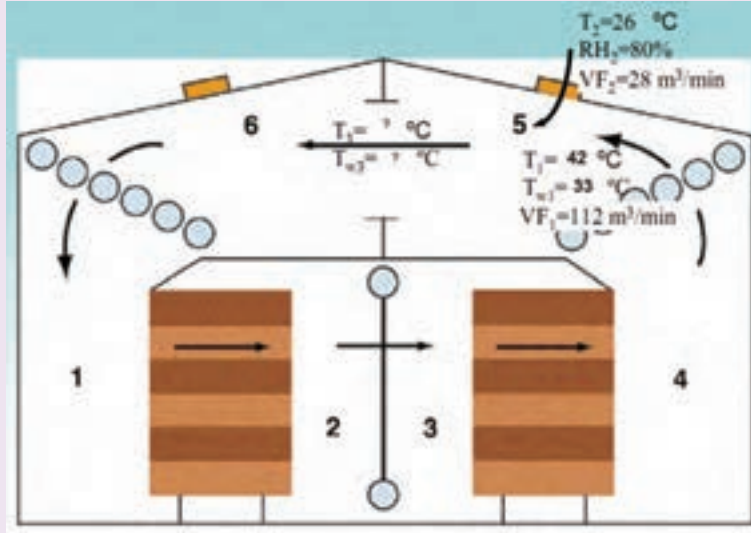
هوای با دمای  $50^{\circ}$  درجه سلسیوس و دبی  $0.1$  متر مکعب بر ثانیه و رطوبت نسبی  $32\%$  درصد را از روی کویل یک کولر گازی عبور داده تا در شرایط اشباع به دمای  $18^{\circ}$  درجه سلسیوس برسد، ظرفیت سرمایی این کولر چند کیلووات است؟ (از گرمای گرفته شده آب روی کویل صرف نظر کنید.)



شکل ۵ - ۱۱

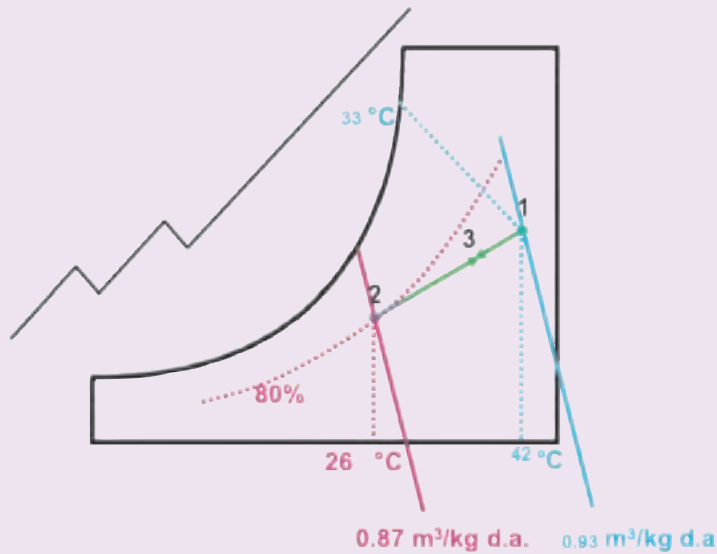
$$q = \left(0.1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \div 0.952 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}\right) \times (115.7 - 50.8) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 6.8 \text{ kW}$$

هوای با ویژگی‌هایی که در شکل ۶-۱۱ 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 ۶-۱۱

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 ۱ و ۲ واقع می‌شود. (شکل ۷-۱۱)



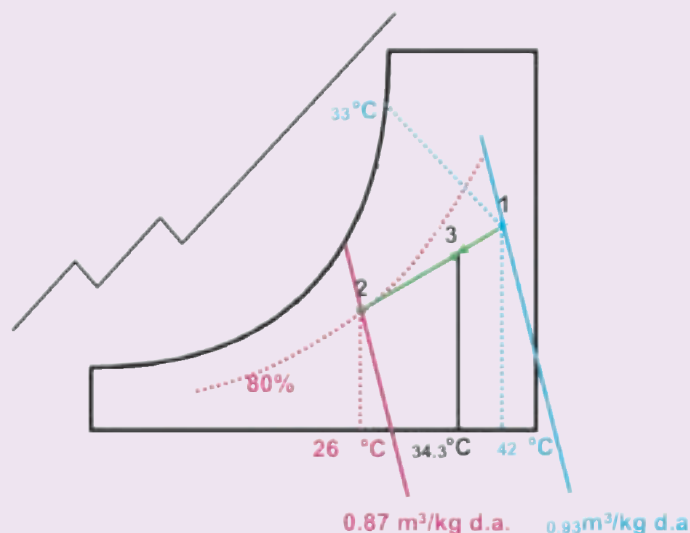
شکل ۷-۱۱ - الف - مشخص نمودن نقاط روی نمودار

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

$$T_C = \frac{0.93 \times 42^\circ\text{C} + 0.87 \times 26^\circ\text{C}}{0.93 + 0.87} = \frac{39.06 + 22.82}{1.8}$$

$$T_C = 34.3^\circ\text{C}$$

از نقطه  $T_C = 34.3^\circ\text{C}$  خطی عمود ترسیم می‌کنیم تا خط ۲-۱ را در نقطه ۳ قطع کند.



شکل ۷-۱۱ - ب - پاسخ پرسش روی نمودار

### ۳-۱۱- آسایش گرمایی

#### دانش افزایی

دمای داخلی بدن انسان در حالت عادی در حدود  $37^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس است که این دما در سطح پوست به  $32^\circ\text{C}$  درجه کاهش می‌یابد. در صورتی که دمای هوا، بیشتر شود بدن احساس گرمی کرده و در صورتی که 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 به حالت 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 - عوامل مؤثر بر آسایش گرمایی

- ۱- دمای خشک
- ۲- دمای مرطوب
- ۳- رطوبت
- ۴- سرعت جریان هوا
- ۵- تابش
- ۶- پوشش: واحد اندازه‌گیری پوشش لباس cloth است. در نمودارهای آسایش گرمایی به صورت پیش فرض پوشش افراد برابر  $0.5^\circ$  (لباس رسمی) در نظر گرفته می‌شود.

۷- 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.

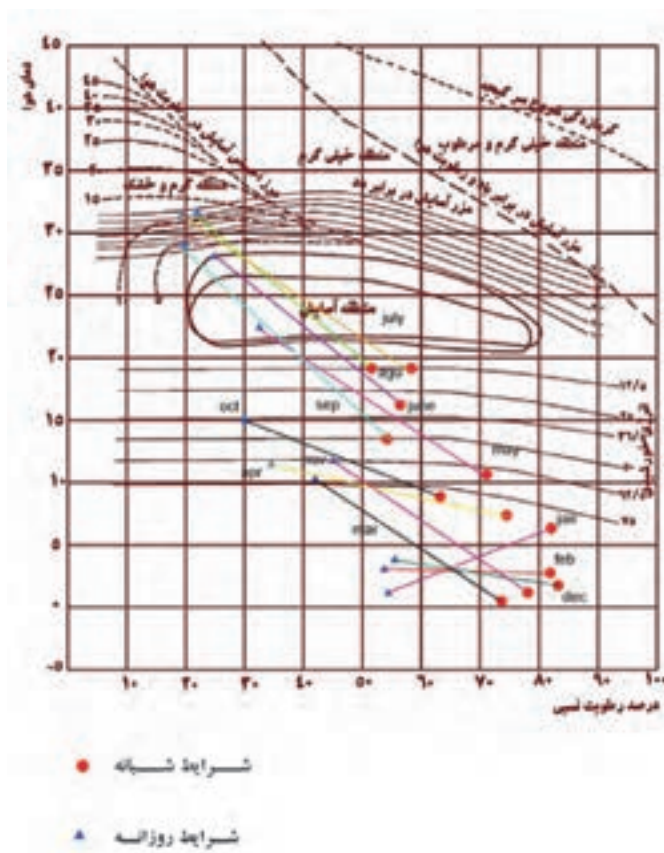
**ب- نقطه آسایش**

به شرایطی 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:

**۱- 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  $70^{\circ}$  فوت در دقیقه (۳/۵ متر بر ثانیه) است. پوشش در این نمودار به صورت پیش فرض ۵٪ فرض شده است. (شکل ۸- ۱۱)

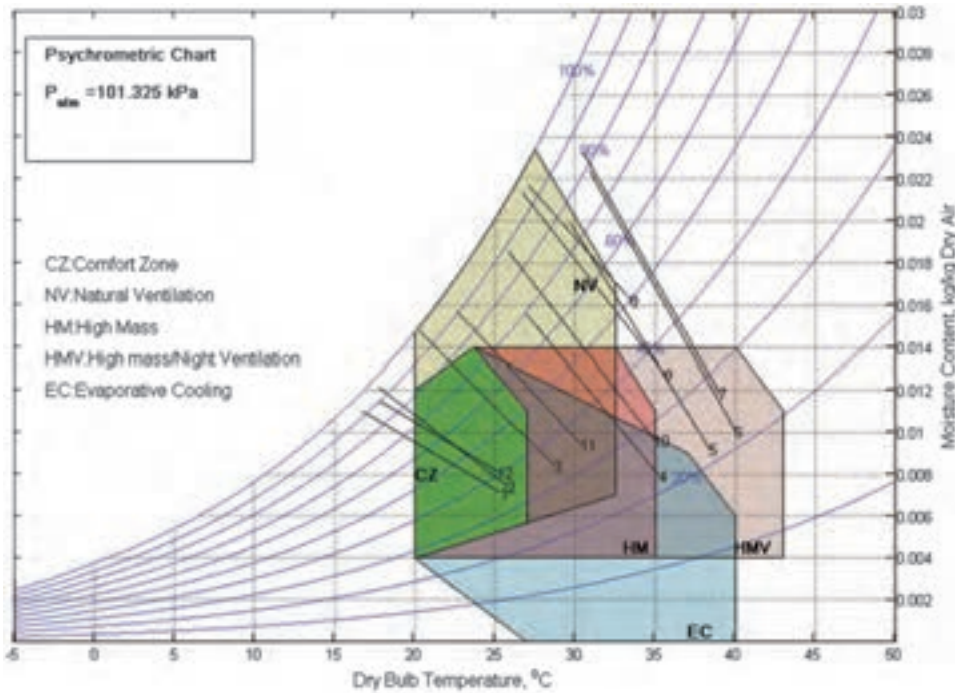


شکل ۸- ۱۱- نمودار بیوکلماتیک انسانی





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

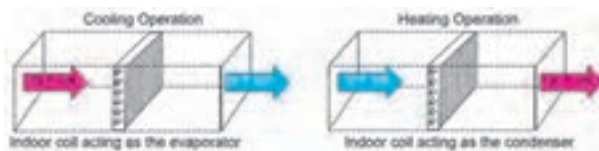
#### ۴-۱۱- پمپ گرمایی

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 ۱۱-۱۱)

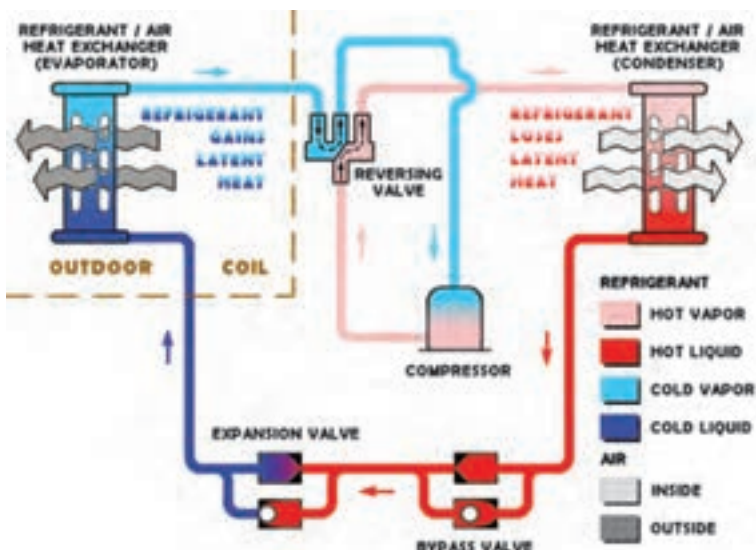


شکل ۱۱-۱۱ - پمپ گرمایی دو فصلی در یک ساختمان

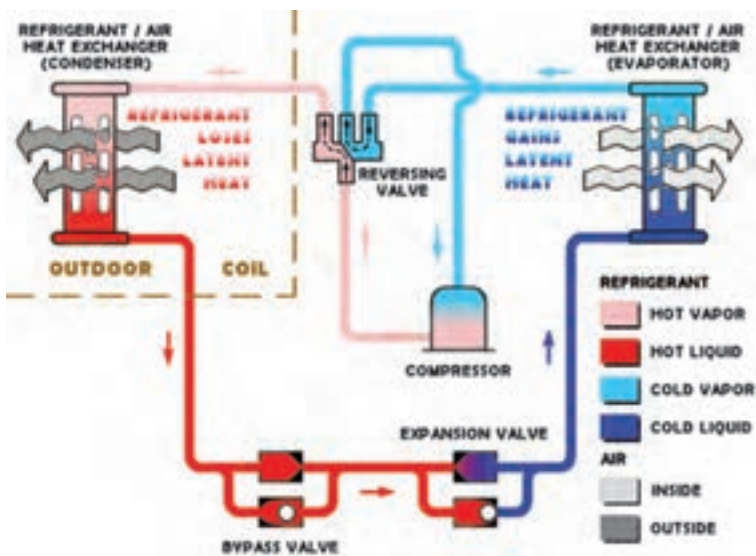
با جابه جا کردن کندانسر و اواپراتور به اقتضای فصل می توان از چرخه سردسازی به عنوان پمپ های گرمایی استفاده کرد. (شکل های ۱۱-۱۲ و ۱۱-۱۳)



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

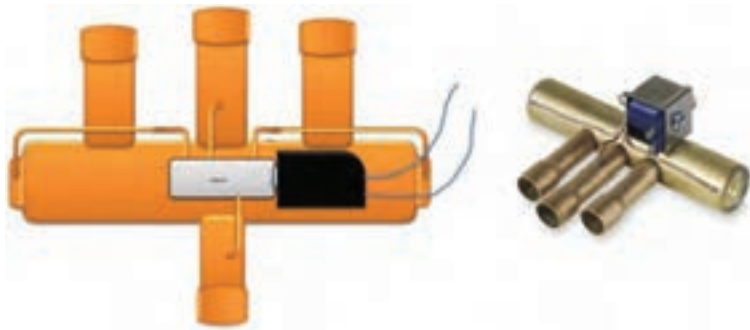


شکل ۱۳-۱۱- الف- جهت گردش ماده سرمازا در زمستان



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

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



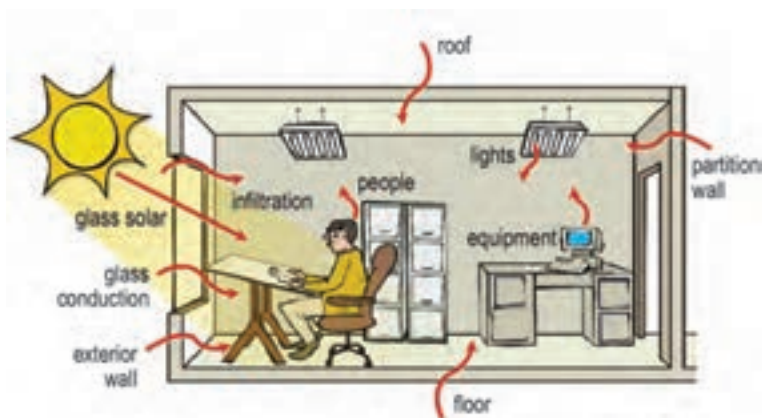
شکل ۱۴-۱۱ - شیر معکوس کننده گردش ماده سرمازا

## ۵-۱۱- 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 وجود آورنده آن محدود است، مؤلفه‌های تشکیل دهنده بار برودتی متعدد و شامل عوامل مختلف در داخل و خارج ساختمان می‌باشد. قدم اول در طراحی سیستم‌های برودتی، بررسی اولیه شرایط ساختمان می‌باشد.

- تعیین شرایط آب و هوایی، طرح خارج
  - تعیین شرایط طرح داخل برابر منحنی آسایش
  - جنس دیوارها
  - جهت ساختمان در مقابل باد یا خورشید
  - موقعیت ساختمان نسبت به ساختمان‌های اطراف
  - نحوه تابش آفتاب
  - مشخصات پنجره‌ها (ابعاد، قاب، مواد تشکیل دهنده، تعداد جدار شیشه‌ها)
  - تعداد افراد حاضر در ساعت طرح و نوع فعالیت و مدت زمان حضور
  - سیستم روشنایی
  - مشخصات وسائل برقی و گرمایی
  - گونه بهره‌برداری از ساختمان
- افزایش گرما در یک ساختمان به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود:
- ۱- بار سرمایی بخش خارجی شامل هدایت از دیوارها، پنجره‌ها، سقف، کف، تابش، هوای نفوذی و همه گرمای محسوس منتقل شده از خارج
  - ۲- بار سرمایی بخش داخلی شامل گرمای محسوس و نهان تولید شده مانند ساکین، روشنایی، دستگاه‌ها و ...

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



شکل ۱۵-۱۱ - منبع تولید گرما در ساختمان

برای برآورد بار سرمایی سه روش اصلی به کار می‌رود:

۱- محاسبات دقیق

۲- محاسبات نیمه مهندسی

۳- محاسبات سرانگشتی

در این بخش به چند نمونه برآورد سرانگشتی اشاره می‌شود.

الف- 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)

$$AF = p \times C_p \times 60$$

مثال: ضریب هوا را در سطح دریا بدست آورید.

$$P \text{ (چگالی هوا در سطح دریا)} = 0.075 \text{ lb/ft}^3$$

$$C_p \text{ (گرمای ویژه هوا)} = 0.24 \text{ Btu/lb.F}$$

۶۰ نیز ضریب تبدیل دقیقه به ساعت است.

$$AF = 0.075 \times 0.24 \times 60 = 1.08 \text{ Btu.min/ft}^3 \cdot \text{F.hr}$$

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

کرد.

شکل ۱۶-۱۱ - جدول مقدار ضریب هوا (AF)

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

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

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

CLF (CFM/ft <sup>2</sup> )	ساختمان نوع کاربری
۱	ساختمان مسکونی - آپارتمان
۱/۲	ساختمان اداری یا تجاری
۱/۵	کلاس درس - مدارس
۲	بیمارستان (اتاق بیماران)
۲/۵	ساختمان‌های چند منظوره - مجتمع‌ها - فروشگاه‌های بزرگ

A - مساحت فضا

X - سهم هوای تازه بیرون

Y - سهم هوای بازگشتی به دستگاه

To - دمای خشک طرح خارج

Ti - دمای خشک طرح داخل

Tc - دمای نقطه شبنم کویل سرد

**مثال:** بار سرمایی یک ساختمان اداری در تهران به مساحت ۱۰۰۰ فوت مربع، چند تن تبرید است؟ (۲۰ درصد هوای تازه)

برای شرایط تهران داریم:

$$CLF = 1/2 \quad AF = 0.93 \quad T_c = 55^\circ F \quad T_i = 75^\circ F \quad T_o = 105^\circ F$$

بنابراین:

$$Q = 0.93 \times 1/2 \times 1000 \times (0.2 \times 105 + 0.8 \times 75 - 55) = 29016 \text{ Btu/hr} = 2/4 \text{ T.C}$$

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

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

و چنانچه بخواهیم مساحت و دما را در سیستم متریک قرار دهیم:

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (1.1A) \times (1/8 \times (T_i - T_o)) \rightarrow$$

شکل ۱۸ - ۱۱ - جدول برآورد سرانگشتی بار سرمایی

Sl.no	Application	Required cooling capacity (TR) for 1000 ft <sup>2</sup> of floor area
1.	Office buildings: External zones	25% glass: 3.5 TR 50% glass: 4.5 TR 75% glass: 5.0 TR
	Internal zones	2.8 TR
2.	Computer rooms	6.0 - 12.0 TR
3.	Hotels Bedrooms	Single room: 0.6 TR per room Double room: 1.0 TR per room
	Restaurants	5.0 - 9.0 TR
4.	Department stores Basement & ground floors	4.5 - 5.0 TR
	Upper floors	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

$$Q = 2.0 (AF) \times (CLF) \times (A) \times (T_i - T_c)$$

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

$$CLF = 1/2 \quad AF = 0/93 \quad T_i = 24^\circ\text{C} \quad T_c = 13^\circ\text{C}$$

$$Q = 2.0 \times (0/93) \times (1/2) \times (90) \times (24 - 13) = 22097 \text{ Btu/hr} = 1/8 T_c$$

ب - برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس نوع کاربری

در جدول شکل ۱۸ - 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؟

$$A = 110 \times 11 = 110 \cdot \text{ft}^2 \rightarrow Q = \frac{110}{100} \times 3/5 = 3/85 \text{ TR}$$

## ۶-۱۱ - سرد کننده تبخیری<sup>۱</sup>

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.

<sup>۱</sup> - 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:

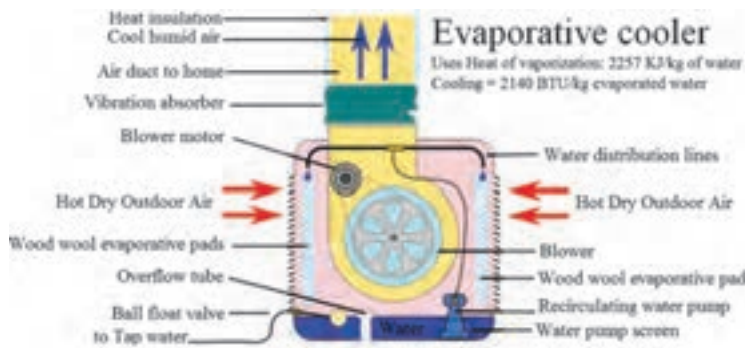
(۱) کولرهای تبخیری

(۲) هواشوی‌ها

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

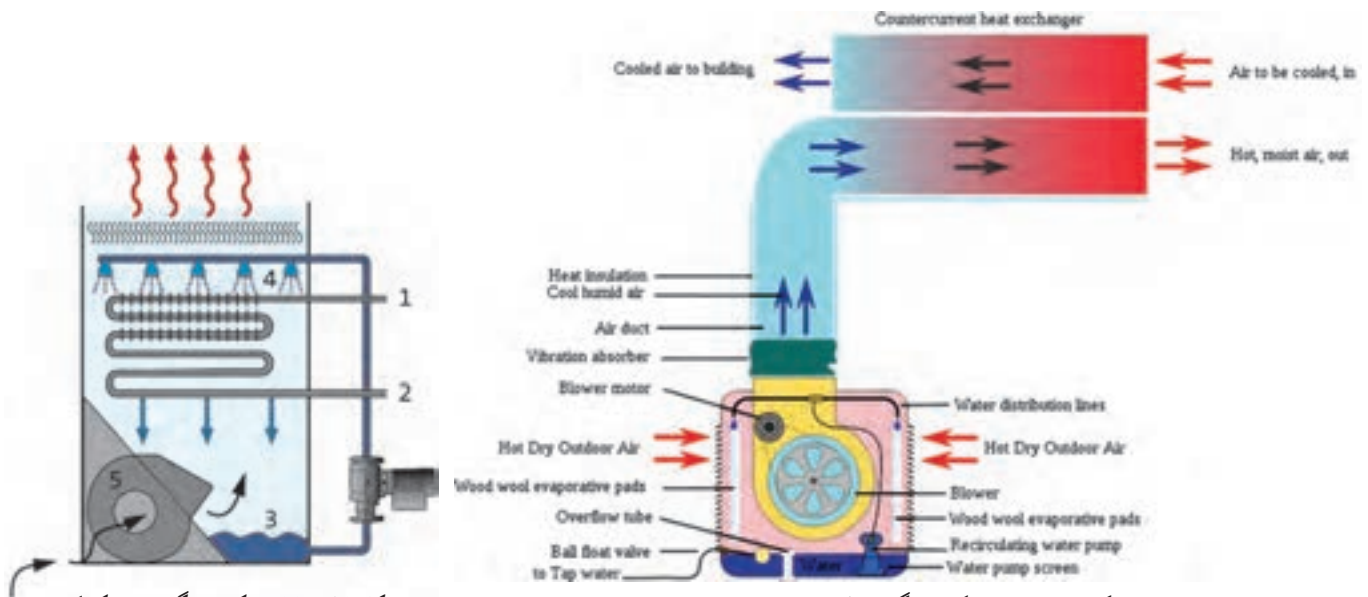
(۴) رطوبت زن‌ها

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



شکل ۱۹ - ۱۱ - 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 - ۱۱) و برج‌های خنک کننده (شکل ۲۱ - ۱۱) نمونه‌ای از این دستگاه‌ها می‌باشند.



شکل ۲۱ - ۱۱ - یک دستگاه برج خنک کننده

شکل ۲۰ - ۱۱ - یک دستگاه سردکننده تبخیری غیر مستقیم

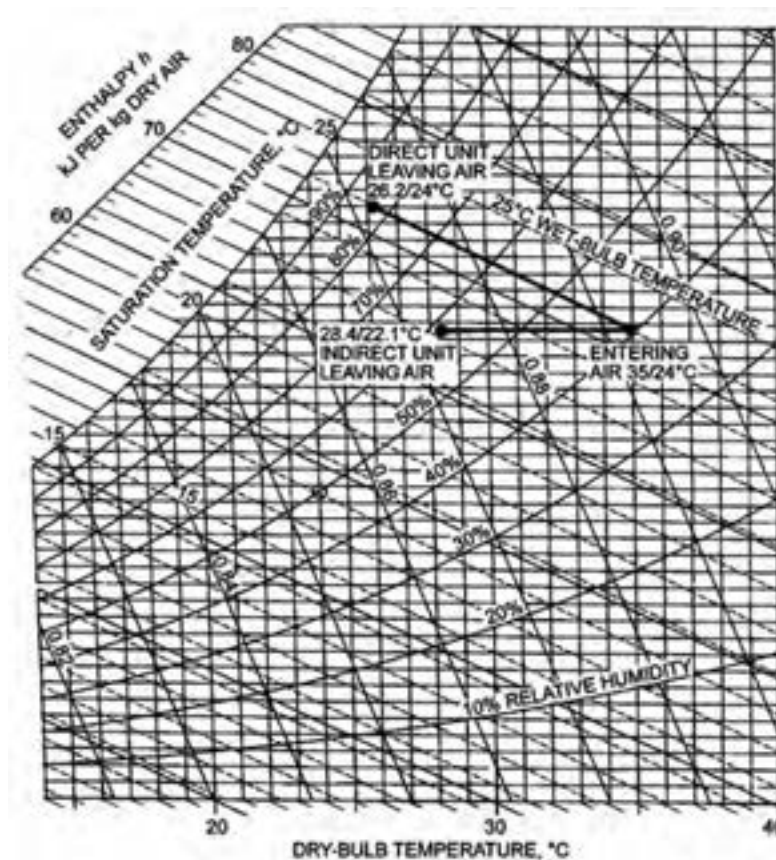


## پرسش و پاسخ

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

$$\Delta T_{dw} = 35 - 24 = 11^\circ\text{C}, \Delta T_d = 0.8 \times 11 = 8.8^\circ\text{C} \rightarrow T_{do} = 35 - 8.8 = 26.2^\circ\text{C}$$

چون در کولر تبخیری مستقیم آب در گردش 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 - ۱۱)



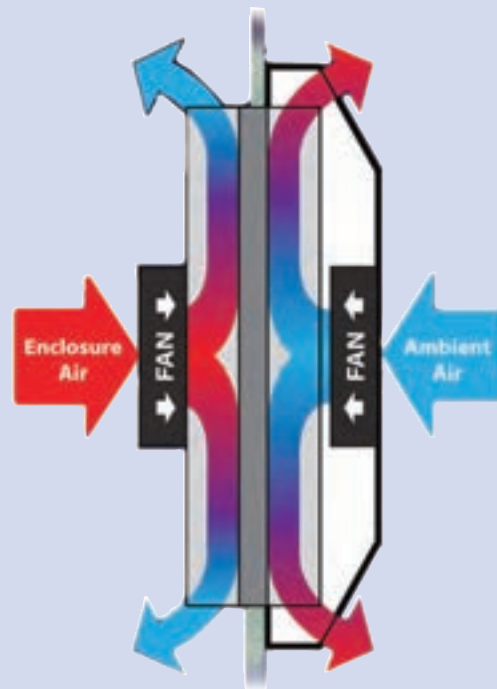
شکل ۲۲ - ۱۱ - نشان دادن مشخصات دو گونه کولر تبخیری

## 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.

$$\Delta T_{dw} = 35 - 24 = 11^\circ\text{C}, \Delta T_d = 0.6 \times 11 = 6.6^\circ\text{C} \rightarrow T_{do} = 35 - 6.6 = 28.4^\circ\text{C}$$

سیستم‌های دیگر تبرید



## ۱۲

## سیستم‌های دیگر تبرید

## ۱-۱۲- سیستم جذبی کریر

## پیش‌آزمون

- ۱- چگونه می‌شود بدون کمپرسور یک سیستم تبرید درست کرد که بتواند سرما ایجاد کند؟
- ۲- آیا می‌شود از آب به عنوان ماده سرمازا استفاده کرد؟

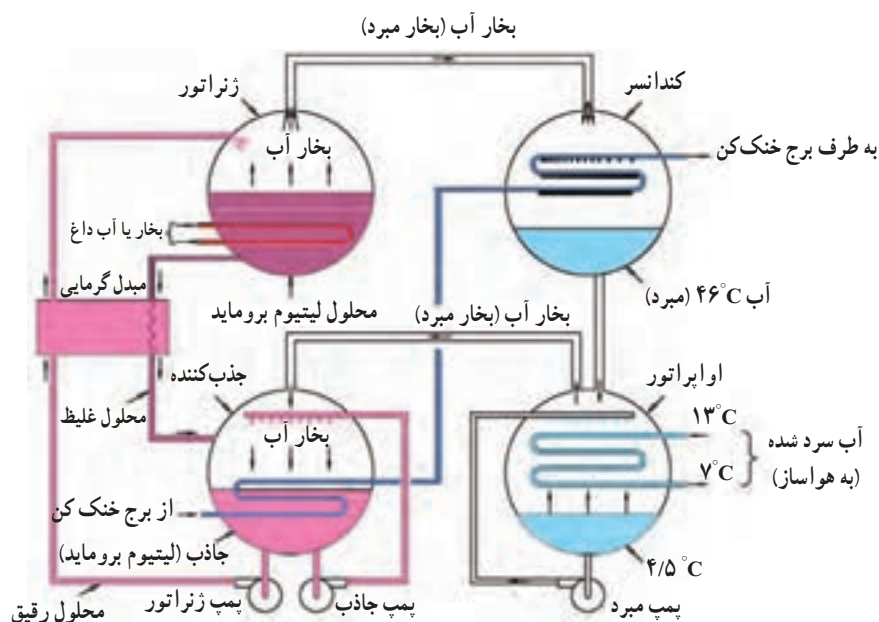
## روش آموزش

بایستی دمای جوش آب را در فشارهای مختلف توضیح داد طوری که هنرجو بفهمد که مثلاً ممکن است آب در  $10^{\circ}\text{C}$  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.

## دانش‌افزایی

شکل ۱-۱۲ 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 ۱-۱۲ - 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 محفظه ژنراتور که در کف آن کویل بخار داغ عبور می‌کند می‌ریزم سپس گرمای کویل بخار باعث می‌شود که آب از لیتیوم بروماید جدا شود. آب جدا شده بخار شده به سمت کندانسرفته 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 کندانسرفته بخار کننده 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 کندانسور 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 به صورت دست آزاد سیکل سیستم جذبی کریوآفندر رسم کنید و اسامی قسمت‌های اصلی را روی آن بنویسید تا کاملاً بر ترسیم آن مسلط شوید.

### پرسش و پاسخ

در سیستم جذبی کریو چند نوع آب وجود دارد؟

- ۱- آبی که در اواپراتور جاذب، ژنراتور و کندانسور جریان دارد و به عنوان ماده سرمازا عمل می‌کند.
  - ۲- آبی که بین فن کویل و اواپراتور به وسیله پمپ سیرکولاتور در جریان است و کار آن خنک کردن کویل‌های فن کویل و در نتیجه هوای محیط فن کویل است.
  - ۳- آبی که بین کندانسور و برج خنک کننده به وسیله پمپ سیرکولاتور در جریان است و کار آن خنک کردن بخار آب (مبرد) است که در ژنراتور از لیتیوم بروماید جدا شده است.
  - ۴- آب دائمی که در ژنراتور کار جدا کردن آب از لیتیوم بروماید را انجام می‌دهد.
- وظیفه پمپ مبرد در اواپراتور چیست؟ ۱- این پمپ آب سرد شده را بر روی کویلی که حامل آب فن کویل‌ها می‌باشد پاشیده و باعث سرد شدن آن می‌شود.

۲- حدوداً آب در اواپراتور که به عنوان ماده مبرد عمل می‌کند چند درجه سلسیوس سرد می‌شود؟  
 $5^{\circ}\text{C} - 4/5^{\circ}\text{C}$  درجه

- ۳- تفاوت پمپ جاذب و پمپ ژنراتور در سیستم جذبی کریو 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.
- ۴- 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: ۱- آب گرم ۲- آب داغ ۳- بخار داغ ۴- شعله مستقیم (Direct fire)

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

## ۲-۱۲- یخچال جذبی

### پیش‌آزمون

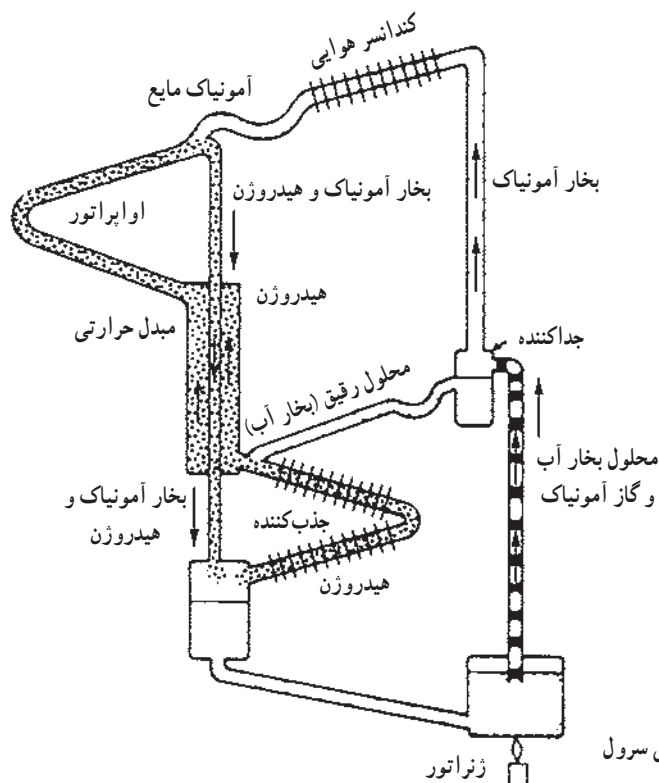
- ۱- چگونه می‌شود در جایی که برق وجود ندارد از یخچال استفاده کرد؟
- ۲- آیا می‌شود از آمونیاک به عنوان ماده مبرد استفاده کرد؟

### روش آموزش

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

### دانش‌افزایی

شکل ۳-۱۲ 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 به صورت محلول غلیظ سمت ژنراتور حرکت می‌کنند و هیدروژن به سمت اواپراتور برمی‌گردد.



شکل ۲-۱۲- سیکل یخچال جذبی سرول

محلول آب و آمونیاک غلیظ در ژنراتور تحت تأثیر گرما قرار گرفته آمونیاک از آب جدا شده به سمت کندانسر رفته پس از تقطیر سیکل را تکرار می‌کند آب نیز پس از جدایی از آمونیاک به سمت 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

۱- ماده سرمازا در یخچال نفتی سرول چیست؟

پاسخ: آمونیاک

۲- نقش هیدروژن در یخچال نفتی سرول چیست؟

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

۳- 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 اوپراتور و جذب‌کننده شوند.

## ۱۲-۳- سردسازی ترموالکتریک

### پیش‌آزمون

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

### روشن‌آموزش

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

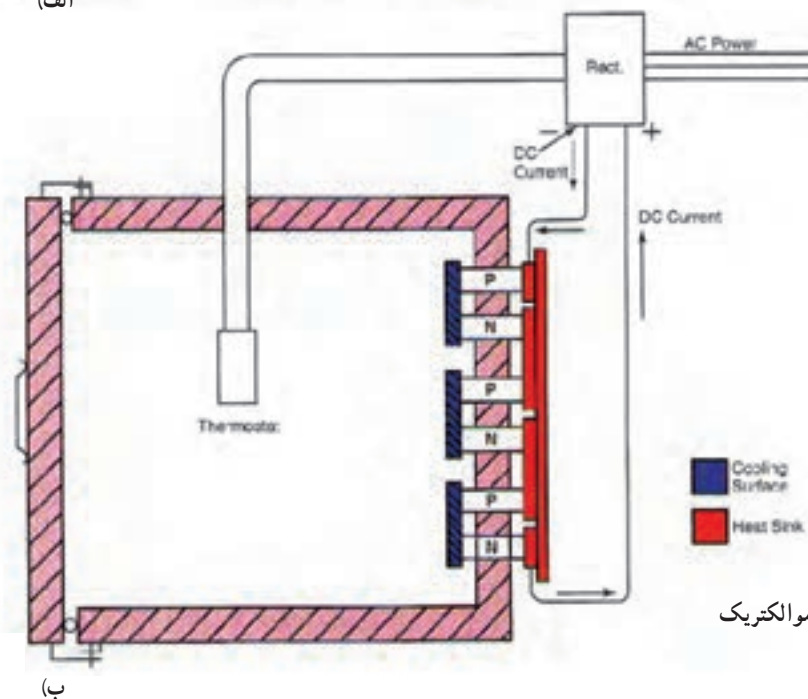
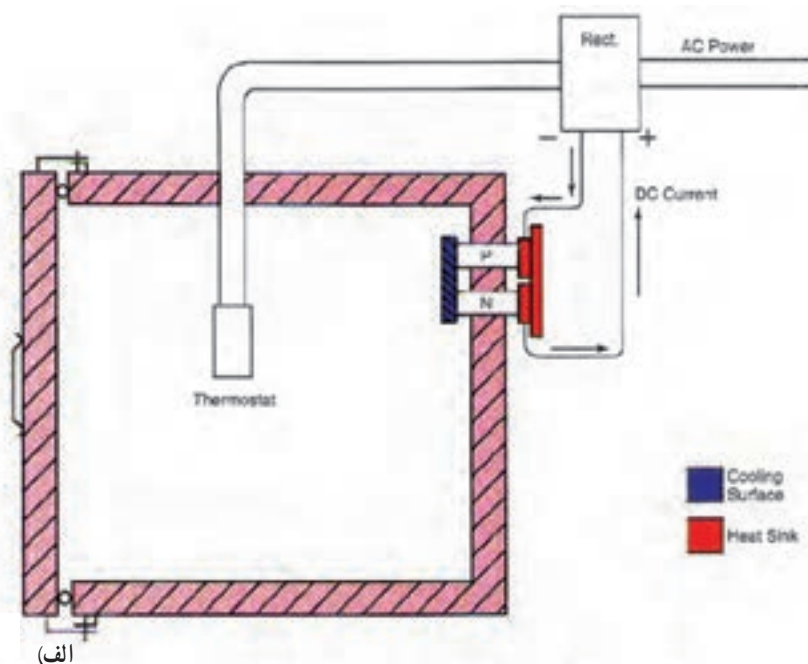
در سیستم سردکننده ترموالکتریک انتقال حرارت از یک جسم با محیط دیگر توسط الکترون‌ها (بجای مایع سردکننده) انجام می‌شود. شکل ۱۲-۳- الف - یک سیستم سردکننده ترموالکتریک ساده است که قادر می‌باشد حرارت اتاقک عایق بندی شده را به وسیله الکترون‌ها به قسمت رادیاتور در بیرون انتقال می‌دهد. پره‌های نازک زیادی برای پخش حرارت محیط به بیرون بر روی رادیاتور و در خارج آن گذاشته شده است کارایی این کوپل 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 این گونه 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 به کار 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 ۳-۱۲ - الف - یک کویل ترموالکتریک را نشان می‌دهد حرارت زیادی را نمی‌توان با یک عدد ترموکوپل انتقال داد برای افزایش قدرت تولید سرما از چندین کویل سری استفاده شده است.

شکل ۳-۱۲ - ب - 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 اتاق سردکننده وجود دارد جریان برق ترانسفورماتور یکسوکننده را کنترل می‌کند. یکسوکننده یک جریان مستقیم ثابت و حساب شده‌ای را برای مدول‌ها تأمین می‌کند و بدین وسیله حرارت داخل سردکننده را کنترل می‌کند. در این سیستم هیچ نقطه متحرکی وجود ندارد به جز 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 ۳-۱۲ - 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

- ۱- نقش رکتی فایر در تبرید ترموالکتریک چیست؟ در تبرید ترموالکتریک از جریان مستقیم استفاده می‌شود. یکی از وظایف رکتی فایر تبدیل جریان AC به DC است وظیفه دیگر رکتی فایر کم و زیاد کردن جریان DL خروجی به سمت P و N با تأثیرپذیری از ترموستات و در نتیجه تنظیم سرمای حاصل از تبرید به وسیله ترموالکتریک است.
- ۲- 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.
- ۳- چند نوع نیمه هادی را که در تبرید ترموالکتریک کاربرد دارند را نام ببرید.  
سلیکون - ژرمانیم
- ۴- چند مورد از استفاده ترموالکتریک را نام ببرید: تجهیزات الکترونیک - کامپیوتر - وسایل هوافضا - سرد کردن مایعات - خنک کردن هوا

### تحقیق

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



- ۱- قورچیان، نادرقلی، جزئیات روش‌های تدریس، انتشارات فراشناختی اندیشه
- ۲- صفوی، امان‌الله - روش‌ها، فنون و الگوهای تدریس، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)
- ۳- حاج سقظی، اصغر و جعفری، سید احمد - مترجمان اصول تبرید طراحی و محاسبات سیستم‌های سردکننده - انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
- مقاله مبردهای جدید، مخلوط مبردها و اثرات زیست محیطی، سید مجتبی نائینیان - مصطفی مافی
- مقالات و مطالب علمی از وبگاه سراسری گروه صنعتی باکمن [www.wikipg.com](http://www.wikipg.com)
- مقاله بررسی و تحقیق در مورد مناسب‌ترین مبرد، علی اکبر عظمتی از وبگاه <http://www.nosazimadares.ir/fanni/tasisat/DocLib3>
- فیزیک ۲، فنی و حرفه‌ای
- خلاصه تاریخچه ترمودینامیک، خسروی الحسینی و آلان غلام ویسی از وبگاه <http://www.kiau.ac.ir>
- کالیبره انواع دستگاه‌ها از مرجع کالیبراسیون رسام از وبگاه <http://rasamlab.ir>
- پروتکل مونترال از وبگاه <http://iranhse.ir/?p=1285>
- سمیعی، یدالله، کتاب الکترونیکی اصول و اجزای سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و تهویه مطبوع از وبگاه [www.asa.ir](http://www.asa.ir)
- معرفی کوتاه انواع مبردها و مبرد 134 - R از وبگاه <http://www.prozhe.com>
- مقالات علمی از وبگاه [www.ROSHD.IR](http://www.ROSHD.IR)

1 - ASHRAE HANDBOOK 2010

2 - WWW.Wikipedia.ORG

3- AG 31 - 007 Refrigerant Application Guide from <http://www.mcquay.com/McQuay/DesignSolution/GreenWaypage3>

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

4 - Dr. Sam C M Hui Load Calculations

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

