

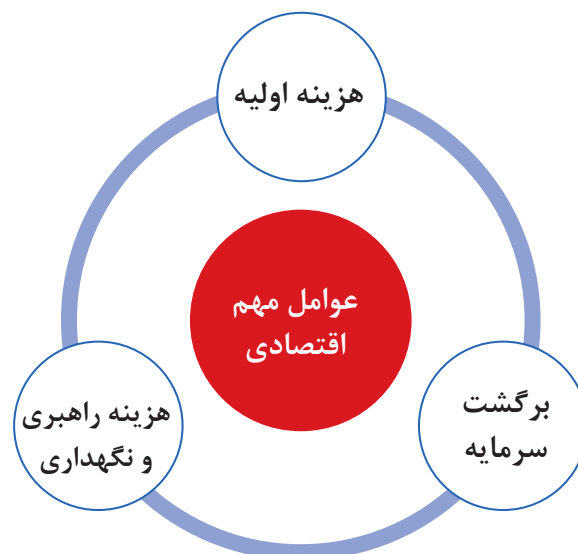
پودمان ۳

انتخاب سیستم‌ها

انتخاب سیستم تهویه مطبوع مناسب برای ساختمان از حساس‌ترین تصمیماتی است که مهندس طراح با آن مواجه است. در این گزینش باید به رضایت شخصی که سرمایه‌گذاری لازم را انجام می‌دهد، ساکنین ساختمان و تطابق لازم میان سیستم انتخاب شده و ساختمان موردنظر، توجه شود. تفاوت زیادی بین سرمایه‌ش معمولی یک اتاق یا ساختمان کوچک و تهویه مطبوع ساختمان‌های بزرگ با تکیه بر رعایت تمام اصول فنی و شرایط محیطی از جمله معماری، حذف ارتعاشات و صداهای مزاحم وجود دارد. تهویه مطبوع کامل، محیطی را به وجود می‌آورد که درجه حرارت، رطوبت، جابه‌جایی هوا، پاکیزگی و عدم آلودگی هوا، تجدید هوا و سطح صداهای ایجاد شده در حد مطلوب و قابل قبول خواهد بود. عوامل مهم اقتصادی که از نظر خریدار در انتخاب سیستم مطرح هستند عبارت است از:

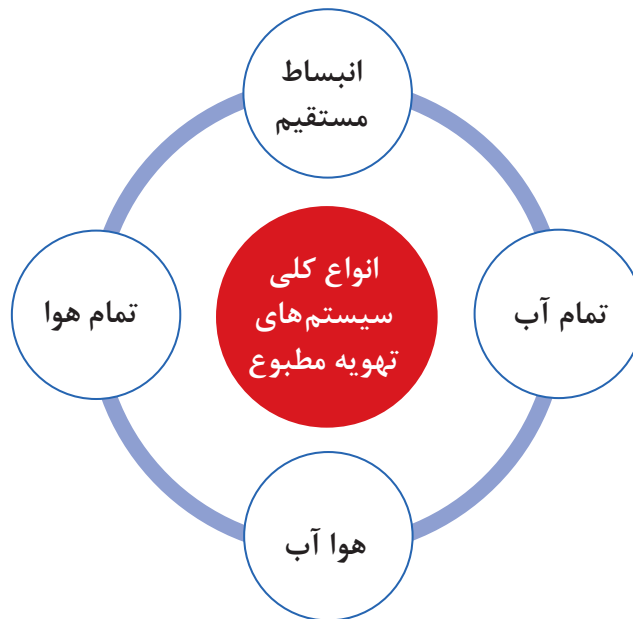
در رابطه با هر یک از فاکتورهای تأثیرگذار در ایجاد تهویه مطبوع مناسب با یکدیگر تبادل نظر کنید.

گفت‌وگوی  
کلاسی



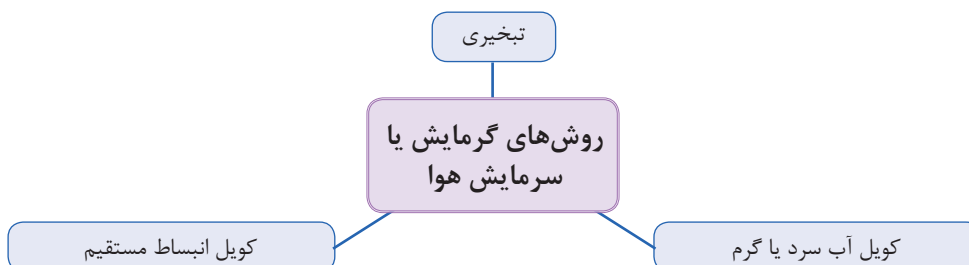
## جوانب اقتصادی

یک پروژه تأسیساتی ممکن است در زمره یکی از انواع سرمایه‌گذاری (کوتاه‌مدت، میان‌مدت یا بلندمدت) قرار گیرد و ممکن است سرمایه‌گذار مبنای بر هزینه اولیه حداقل، که با سرمایه‌گذاری اصلی خرید دستگاه‌ها و هزینه عملیاتی متوازن شده باشد و یا حداقل سرمایه‌گذاری جهت خرید دستگاه‌ها و هزینه عملیاتی، قرار دهد. وجه مشترک میان تمام سرمایه‌گذاری‌ها برگشت سودآور سرمایه می‌باشد. سیستم‌های تهویه مطبوع براساس سه عامل انتقال انرژی گرمایی یعنی آب، هوا و سیال مبرد به چهار صورت اجرا می‌شود.



### سیستم تمام هوا

در این سیستم، هوای مورد نیاز به سه روش سرد و یا گرم شده و از طریق سیستم کانال‌کشی به فضای مورد نظر هدایت می‌شود.



**الف) تبخیری:** از دستگاه‌هایی مانند کولر آبی، زنت و ابرواشر برای سرمایش یا گرمایش هوا استفاده می‌شود. در ابرواشر هوای آلوده توسط فن که در انتهای دستگاه قرار دارد به‌داخل دستگاه مکیده شده و پس از عبور از فیلترهای غبارگیر هوای نسبتاً تمیز وارد محفظه آب‌فشان می‌شود. هوا پس از برخورد با قطرات پودری آب که از نازل‌ها پاشیده می‌شود پس از تبادل گرما با آب و خنک شدن، از دستگاه خارج می‌شود.



در این روش فقط از کانال رفت استفاده می‌شود زیرا هوای خروجی از دستگاه رطوبت بالایی داشته و امکان استفاده مجدد از این هوا وجود ندارد.

عملکرد و ساختمان دستگاه زنت را با ابرواشر و کولر آبی مقایسه نمایید.

پژوهش کنید



### ب) کویل آب:

دستگاه هواساز از قسمت‌های مختلفی تشکیل می‌شود که عبارت‌اند از: فیلتر، فن دمنده، کویل‌های گرمایشی و سرمایشی و تجهیزات کنترلی و رطوبت زن. در هواسازها جهت تأمین گرمای موردنیاز برای کویل گرمایشی معمولاً از آب داغ، برق و یا بخار و جهت تأمین سرمای مورد نیاز برای کویل سرمایشی از آب سرد استفاده می‌شود.



شکل ۱- هواساز

هوای برگشتی از ساختمان پس از اختلاط با هوای تازه در محفظه دستگاه هواساز و پس از عبور از کویل‌های سرمایشی و گرمایشی و سیستم رطوبت‌زن (در فصول سرد) وارد ساختمان می‌شود. فرایند رطوبت‌زنی با استفاده از نازل‌های پاشنده آب و یا شبکه بخار می‌باشد و فرایند رطوبت‌گیری توسط کویل‌های سرمایشی صورت می‌پذیرد.

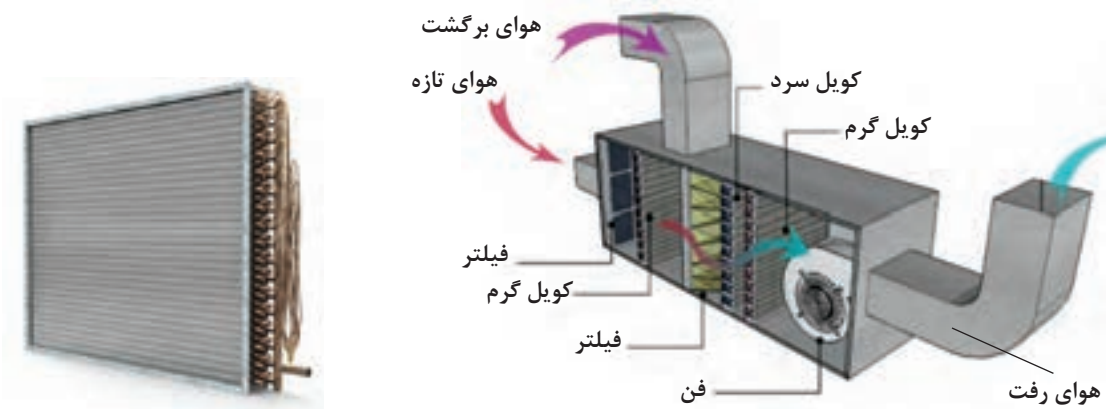
هواسازها از نظر نوع هوادهی به دو صورت افقی و عمودی ساخته می‌شوند.

### پ) کویل انبساط مستقیم:

در این نوع هواساز به جای استفاده از آب، مبرد موجود در کویل دمای هوای اطراف آن را کاهش یا افزایش می‌دهد. مبرد موجود در این سیستم از نوع فریون‌ها می‌تواند باشد.

در روش استفاده از کویل آب و یا کویل انبساط مستقیم مقداری از هوای رفت تخلیه شده و به جای آن هوای تازه وارد سیستم توزیع هوا می‌شود.

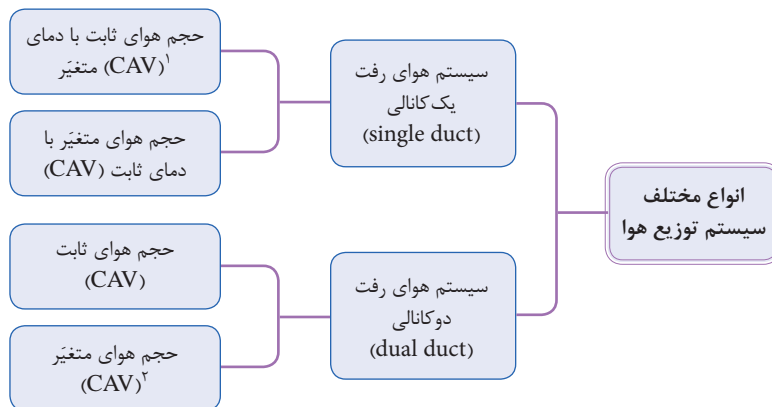
نکته



شکل ۳- کویل انبساط مستقیم (Dx)

شکل ۲- هواساز با کویل انبساط مستقیم (DX) (روف تاپ)

## انواع سیستم‌های توزیع هوا

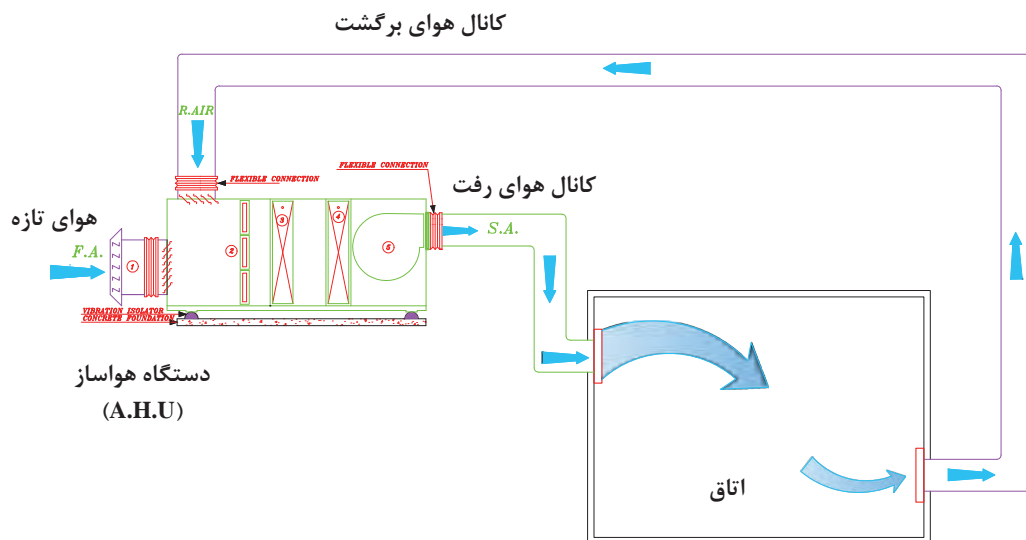


۱- CAV-Constant Air Valume

۲- VAV-Variable Air Valume

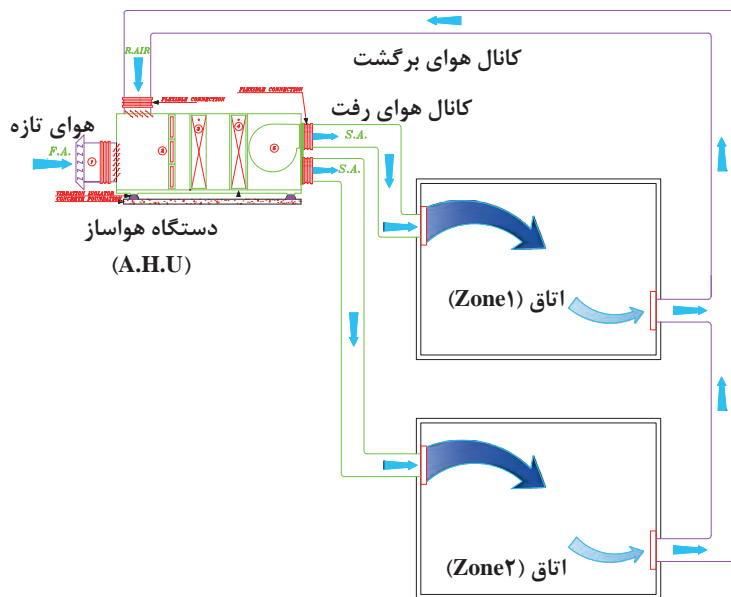
### سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای ثابت CAV

از روش‌های متداول تهویه مطبوع می‌باشد. در این سیستم با تغییر دمای هوا بار سرمایی و یا گرمایی ورودی به اتاق تنظیم شده و جریان هوای رفت در کانال ثابت می‌باشد.



شکل ۴- سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای ثابت یک منطقه‌ای

### سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای ثابت چند منطقه‌ای (Single duct (CAV) – Multi Zone System)



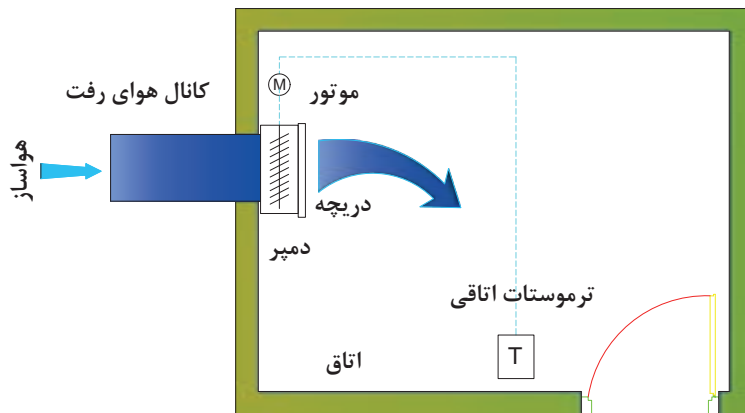
در صورتی که بخواهیم تهویه مطبوع چند اتاق با دماهای متفاوت را توسط یک دستگاه هواساز انجام دهیم از این روش استفاده می‌نماییم. خروجی دستگاه هواساز به چند قسمت تقسیم شده و از هر خروجی یک کانال تا اتاق امتداد می‌یابد. در انتهای کانال یک کوئل دوباره گرم‌کن برای تنظیم دمای هر اتاق نصب می‌شود.

شکل ۵- سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای ثابت چند منطقه‌ای

### سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای متغیر (Single duct - VAV)

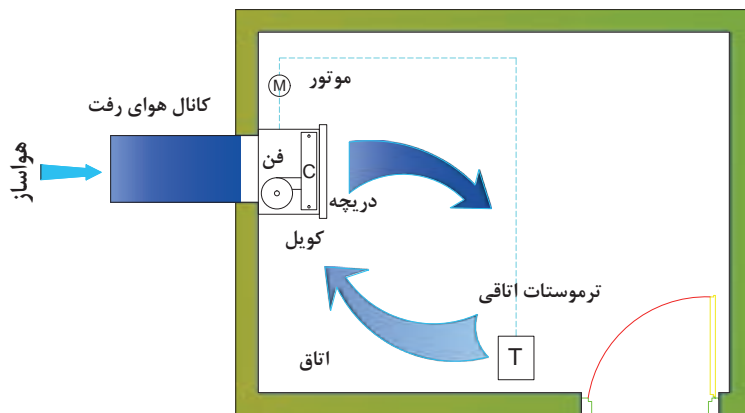
در این سیستم برای تغییر دمای اتاق مقدار حجم هوای ورودی را تغییر داده و دمای هوای خروجی از دستگاه تقریباً ثابت است.

برای تنظیم حجم هوای ورودی به هر فضا می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:  
الف) به کارگیری دمپر اتوماتیک در ورودی هوا



شکل ۶- سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای متغیر و با دمپر اتوماتیک

ب) استفاده از فن ثانویه برای تنظیم دبی هوا

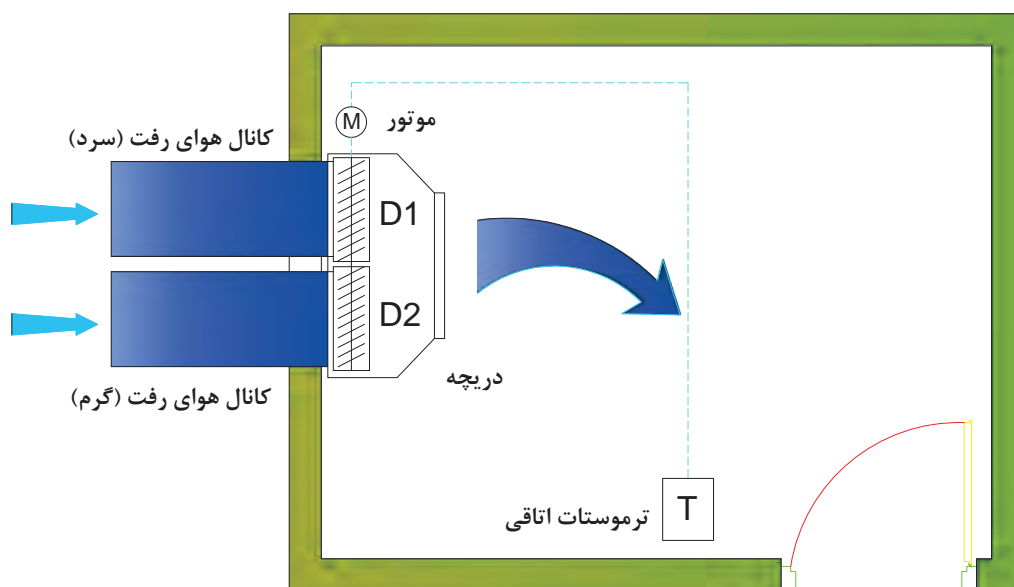


شکل ۷- سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای متغیر با فن ثانویه

سیستم‌های حجم متغیر به دلیل به کارگیری تجهیزاتی همچون دمپر اتوماتیک و فن ثانویه برای هر اتاق هزینه بیشتری را در برخواهد داشت.

### سیستم هوای رفت دوکانالی با حجم ثابت (Dual duct - CAV)

سیستم تمام هوای دوکانالی یکی از سیستم‌های مدرن است که می‌توان برای ساختمان‌های چندناحیه‌ای از قبیل مدارس، ادارات و ... و برای مناطقی که دمای هر اتاق به‌طور جداگانه کنترل شود به کار برد. در این روش دو کانال برای تأمین هوای گرم و هوای سرد اتاق از دستگاه به سمت اتاق‌ها کشیده می‌شود و در هر اتاق یک جعبه اختلاط (Mixing box) برای اختلاط دو هوا تعبیه می‌گردد. مقدار هوای سرد یا گرم مورد نیاز برای تنظیم دما با توجه به فرمان ترموستات از دمپر موتوری عبور کرده و در جعبه اختلاط یکی شده و وارد اتاق می‌شود.



Register = دریچه ورودی هوا

Damper = دمپر تنظیم جریان هوا

Motor = موتور فرمان اتوماتیک

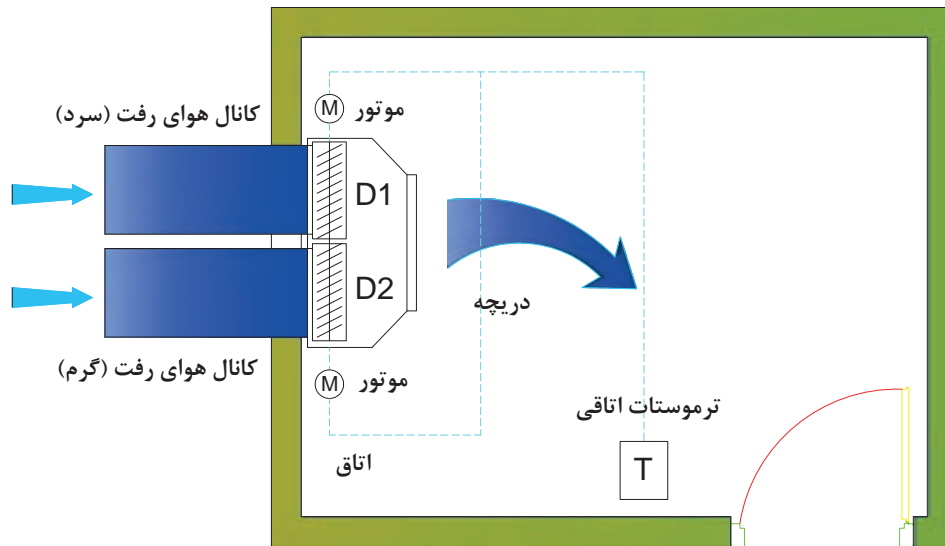
Thermostat = ترموستات تنظیم درجه حرارت

شکل ۸- ترمینال سیستم هوای رفت دوکانالی با حجم هوای ثابت و با دو دمپر سری شده



### سیستم هوای رفت دوکانالی با حجم متغیر (Dual duct – VAV)

در این روش هوای سرد و گرم رفت با دو کانال به جعبه اختلاط وارد شده و پس از اختلاط توسط دمپر اتوماتیک و یا فن ثانویه به صورت حجم متغیر وارد اتاق می‌شود.



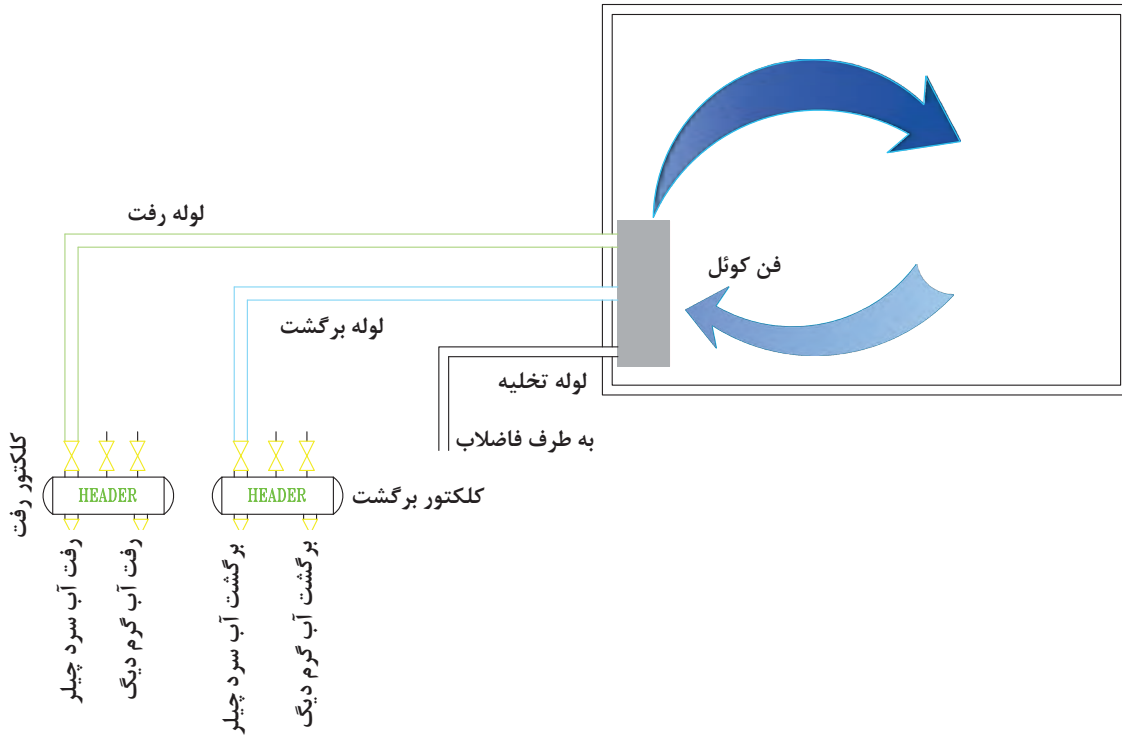
شکل ۹- سیستم هوای رفت دوکانالی با حجم هوای متغیر و با دو دمپر اتوماتیک (Multi Automatic Damper)

- ۱- در هریک از سیستم‌های توزیع هوا کنترل دما توسط چه وسیله‌ای صورت می‌گیرد؟
- ۲- در صورتی که دمای تمامی اتاق‌ها یکسان باشد کدام روش مناسب است؟



## سیستم تمام آب

در موتورخانه مرکزی آب سرد توسط چیلر و آب گرم توسط دیگ تأمین شده و با استفاده از سیستم لوله کشی به دستگاه‌های توزیع که در اتاق نصب شده‌اند منتقل می‌شوند.



شکل ۱۰- سیستم تمام آب شامل لوله رفت و برگشت فن کوئل

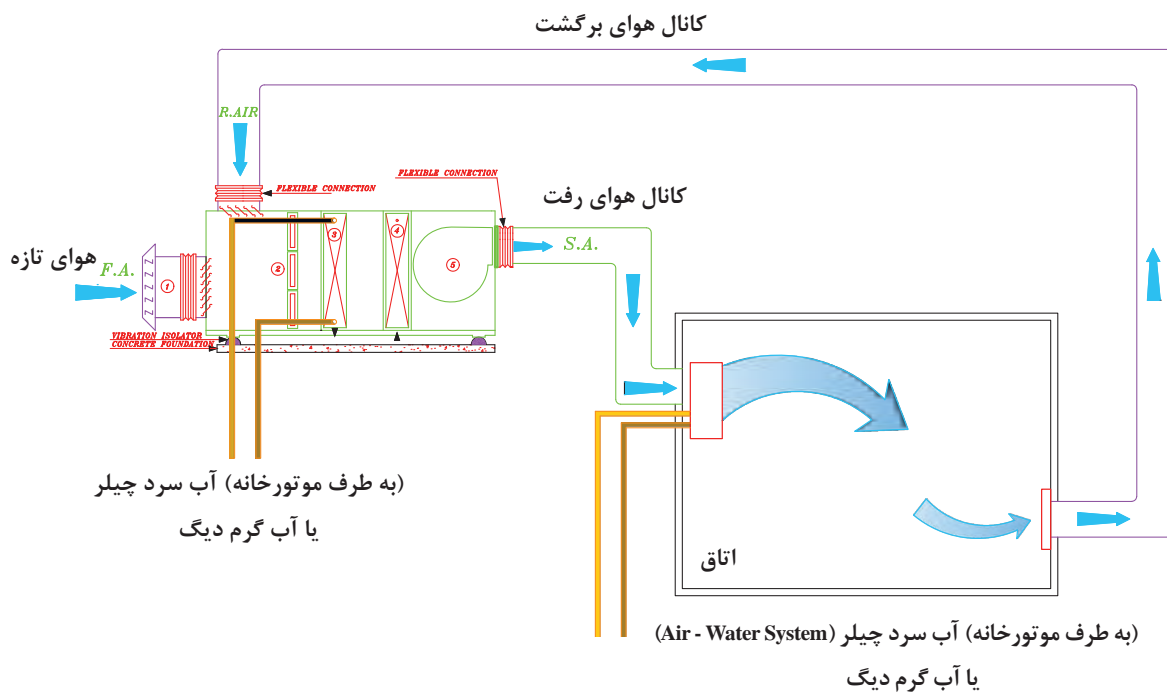
سیستم تمام آب را با سیستم تمام هوا مقایسه کنید.

گفت‌وگوی  
کلاسی



## سیستم هوا-آب

در این سیستم هوا در هواساز به دمای مورد نظر نزدیک شده و توسط شبکه کانال کشی به اتاق منتقل می‌شود. همچنین آب سرد و گرم توسط شبکه لوله کشی از موتورخانه به طرف دستگاه توزیع اتاقی انتقال می‌یابد. از مزایای این روش می‌توان به تأمین هوای تازه مورد نیاز توسط شبکه کانال کشی، کاهش ابعاد شبکه کانال کشی و قطر شبکه لوله کشی اشاره نمود.



شکل ۱۱- سیستم هوا-آب شامل کانال هوا و لوله آب (سرد یا گرم) (Air - Water System)

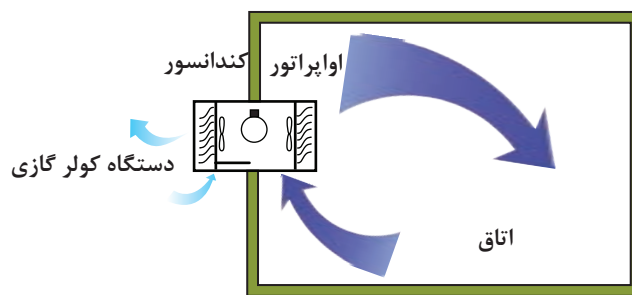
روش کنترل دمای اتاق چگونه صورت می‌گیرد؟

گفت‌وگوی کلاسی



## سیستم انبساط مستقیم

در این سیستم تمام تجهیزات تبرید نظیر کمپرسور، کندانسور، کویل سرمایش و فن هوادهی در یک دستگاه قرار دارد. کویل سرمایش این سیستم از نوع انبساط مستقیم (DX) است. این دستگاه به صورت یکپارچه (Package) و یا دو تکه (Split) و در ظرفیت‌های متنوع ساخته می‌شود. معمولاً از این سیستم در فضاهایی استفاده می‌شود که نیاز به کنترل درجه حرارت مجزا و یا سیستم تهویه مطبوع مستقل داشته باشد.



شکل ۱۲- سیستم کویل انبساط مستقیم  
(DX - Coil System)

سیستم انبساط مستقیم را با سیستم تمام هوا مقایسه نمایید.

گفت‌وگوی  
کلاسی



پژوهش



انواع دستگاه‌های تهویه مطبوع یا انبساط مستقیم DX را نام برده و با یکدیگر از نظر ساختمان و عملکرد مقایسه نمایید.

## محاسبات تلفات گرمایی ساختمان

یادآوری

اتلاف گرمایی (heat loss) یک ساختمان، مقدار گرمایی است که به‌روشنی‌های مختلف از محیط گرم ساختمان در زمستان به هوای سرد بیرون انتقال می‌یابد. بار گرمایی (heating load) مقدار گرمایی است که برای ثابت نگه‌داشتن دمای هوا در داخل ساختمان، به وسیله دستگاه‌های گرمایی تولید می‌شود.



اتلاف گرمایی شامل دو قسمت است:

### ۱- تلفات پوسته ساختمان

- تلفات جداره‌های خارجی
- تلفات سقف
- تلفات کف

■ تلفات از طریق درها و پنجره‌ها

$$H_1 = UA(T_i - T_o)$$

### ۲- تلفات هوای تازه

■ تلفات هوای تازه و تخلیه (خواسته)

■ تلفات گرمایشی ناشی از نفوذ هوا (ناخواسته)

$$H_2 = C_p V(T_i - T_o)$$

پس از تعیین دمای طرح داخل و خارج از ساختمان محاسبات تلفات گرمایی را به ترتیب انجام می‌دهیم. شرایط طرح هوای داخل:

■ با توجه به فرمول کلی  $H_1 = UA(T_i - T_o)$  یکی از عوامل تعیین‌کننده اتلاف گرمایی، دانستن دمای هوای داخل  $T_i$  است که دمای آسایش ساختمان نیز محسوب می‌شود. دمای هوای پیشنهادی مکان‌های مختلف، در جدول شرایط طرح داخل آمده است:

| دمای طرح (°C) | مکان                      | دمای طرح (°C) | مکان                  |
|---------------|---------------------------|---------------|-----------------------|
| ۳۰            | آزمایشگاه‌ها              | ۲۰            | گالری‌های هنری        |
| ۲۰            | اتاق‌های مشاوره           | ۱۸            | سالن‌های تجمع         |
| ۲۰            | کتابخانه‌ها               | ۱۸            | کافه‌ها               |
|               |                           | ۲۰            | کانتین‌ها             |
|               | دفاتر                     | ۱۸            | کلیساها               |
| ۲۰            | عمومی                     |               |                       |
| ۲۰            | خصوصی                     |               | کارخانجات             |
| ۱۸            | مراکز پلیس                | ۱۹            | کارهای نشستنی         |
| ۱۸            | رستوران‌ها                | ۱۶            | کارهای سبک            |
|               |                           | ۱۳            | کارهای سنگین          |
|               | هتل‌ها                    |               |                       |
| ۲۲            | اتاق‌های خواب (استاندارد) |               | آپارتمان‌ها و خانه‌ها |
| ۲۲            | اتاق‌های خواب (لوکس)      | ۲۱            | اتاق‌های نشیمن        |

| دمای طرح (°C) | مکان               | دمای طرح (°C) | مکان           |
|---------------|--------------------|---------------|----------------|
| ۲۱            | اتاق‌های عمومی     | ۱۸            | اتاق‌های خواب  |
|               |                    | ۲۲            | حمام‌ها        |
|               | مدارس و دانشکده‌ها | ۱۶            | هال ورودی      |
| ۱۸            | کلاس‌های درس       |               |                |
| ۱۸            | اتاق‌های سخنرانی   |               | بیمارستان‌ها   |
|               |                    | ۱۶            | راهروها        |
|               | فروشگاه‌ها         | ۲۰            | دفاتر          |
| ۱۸            | کوچک               | ۱۲-۱۸         | اتاق‌های عمل   |
| ۱۸            | بزرگ               | ۱۸            | نگهبانی        |
|               | استخرهای شنا       | ۲۱            | سالن‌های ورزشی |
| ۲۲            | اتاق‌های رخت‌کن    | ۱۶            | انبارها        |
| ۲۶            | سالن استخر         |               |                |

دمای هوای پیشنهادی مکان‌های مسکونی بین ۲۲°C تا ۱۸°C می‌باشد.

نکته



### شرایط طرح هوای خارج:

این دما متوسط دما در سردترین شرایط در سال‌های مختلف برای محل مربوط (مطابق آمار سازمان هواشناسی) است. در قسمت اقلیم‌بندی یا تیپ‌بندی محاسبات بار سرمایی، می‌توان از دمای متوسط زمستانه برای مناطق مختلف در هر گروه خاص استفاده نمود. در جدول میانگین کمینه دمای زمستانی هوای شهرهای مختلف ارائه شده است.

| میانگین کمینه دمای زمستانی (°C) | نام شهر | میانگین کمینه دمای زمستانی (°C) | نام شهر |
|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
| -۳                              | ساری    | +۳                              | آبادان  |
| -۸                              | سبزوار  | -۲                              | آمل     |
| -۱۹                             | سراب    | -۱۲                             | اراک    |
| -۵                              | سمنان   | -۲۳                             | اردبیل  |
| -۱۴                             | سنندج   | -۱۳                             | ارومیه  |
| -۷                              | سیرجان  | -۷                              | اصفهان  |
| -۱۴                             | شهرکرد  | +۳                              | اهواز   |
| -۴                              | شیراز   | -۴                              | ایلام   |
| -۹                              | کرج     | -۲                              | بابل    |

| نام شهر       | میانگین کمینه دمای زمستانی (°C) | نام شهر  | میانگین کمینه دمای زمستانی (°C) |
|---------------|---------------------------------|----------|---------------------------------|
| بجنورد        | -۱۳                             | کرمان    | -۹                              |
| بستان‌آباد    | -۲۴                             | کاشان    | -۴                              |
| بندرعباس      | +۸                              | کرمانشاه | -۱۰                             |
| بوشهر         | +۶                              | کیش      | +۱۱                             |
| بیرجند        | -۹                              | گرگان    | -۱                              |
| تبریز         | -۱۱                             | فیروزکوه | -۲۲                             |
| تهران         | -۴                              | قائم‌شهر | -۳                              |
| تهران (تجریش) | -۷                              | قزوین    | -۱۱                             |
| خرم‌آباد      | -۷                              | قشم      | +۱۲                             |
| خوی           | -۱۴                             | قم       | -۴                              |
| دزفول         | +۱                              | مشهد     | -۱۰                             |
| رشت           | -۳                              | نیشابور  | -۱۲                             |
| زاهدان        | -۸                              | همدان    | -۱۹                             |
| زنجان         | -۱۶                             | یزد      | -۶                              |

### اتلاف گرمایی از جداره‌های گرمایی $H_1$ :

برای محاسبه اتلاف گرمایی از جداره‌های ساختمان از قبیل دیوار، سقف، کف، در، پنجره و شیشه از فرمول زیر استفاده می‌کنیم.

$$H_1 = UA (T_i - T_o)$$

اتلاف گرمایی محسوس ناشی از هدایت بر حسب watt  $H_1$

مساحت دیوار خالص (پس از کسر مساحت در و پنجره) یا مساحت در و یا پنجره  $A = [m^2]$

$$U = \left[ \frac{w}{m^2 \cdot k} \right] = \text{ضریب کلی هدایت گرمایی دیوار، در و یا پنجره}$$

$T_i = k$  دمای طرح داخل

$T_o = k$  دمای طرح خارج



علت بیان دما برحسب کلوین به این دلیل است که در سیستم SI، دما باید برحسب کلوین (K) باشد ولی چون به طور معمول در مسائل از اختلاف دما استفاده می‌کنیم و اختلاف دمای کلوین و سیلسیوس یکسان است.

### جدول ۱- مقدار U برای دیوارهای متداول برحسب $W/m^2.K$

| شرح                                   | ضخامت<br>(سانتی‌متر) | بدون اندود       |              | فقط با اندود داخلی |              | با اندود داخلی و<br>نمای سنگی |              | با اندود داخلی و<br>نمای سیمانی |              | دیوار داخلی با اندود<br>از دو طرف |              |
|---------------------------------------|----------------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|
|                                       |                      | با عایق<br>۲/۵cm | بدون<br>عایق | با عایق<br>۲/۵cm   | بدون<br>عایق | با عایق<br>۲/۵cm              | بدون<br>عایق | با عایق<br>۲/۵cm                | بدون<br>عایق | با عایق<br>۲/۵cm                  | بدون<br>عایق |
| دیوار با آجر<br>فشاری                 | ۱۱                   | ۱/۰۷             | ۲/۲۵         | ۱/۰۲               | ۲/۸۰         | ۰/۹۷                          | ۲/۴۷         | ۰/۹۶                            | ۲/۴۱         | ۰/۹۷                              | ۲/۴۵         |
|                                       | ۲۲                   | ۰/۹۴             | ۲/۲۵         | ۰/۸۹               | ۲/۰۲         | ۰/۸۶                          | ۱/۸۴         | ۰/۸۵                            | ۱/۸۱         | ۰/۸۵                              | ۱/۸۳         |
|                                       | ۳۳                   | ۰/۸۳             | ۱/۷۲         | ۰/۸۰               | ۱/۵۸         | ۰/۷۷                          | ۱/۴۷         | ۰/۷۶                            | ۱/۴۵         | -                                 | -            |
|                                       | ۴۵                   | ۰/۷۴             | ۱/۳۷         | ۰/۷۱               | ۱/۲۷         | ۰/۶۹                          | ۱/۲۰         | ۰/۷۱                            | ۱/۲۸         | -                                 | -            |
| دیوار با آجر<br>مجوف سفالی            | ۱۱                   | ۱/۰۸             | ۳/۳۳         | ۱/۰۳               | ۲/۸۵         | ۰/۹۸                          | ۲/۵۲         | ۰/۹۶                            | ۲/۴۶         | ۰/۹۸                              | ۲/۵۰         |
|                                       | ۲۲                   | ۰/۹۳             | ۲/۲۲         | ۰/۸۹               | ۲/۰۰         | ۰/۸۵                          | ۱/۸۳         | ۰/۸۵                            | ۱/۸۰         | ۰/۸۵                              | ۱/۸۲         |
| دیوار با بلوک<br>سیمانی               | ۱۰                   | ۱/۰۸             | ۳/۳۸         | ۱/۰۳               | ۲/۸۵         | ۰/۹۸                          | ۲/۵۵         | ۰/۹۷                            | ۲/۴۹         | ۰/۹۸                              | ۲/۵۳         |
|                                       | ۲۰                   | ۱/۰۱             | ۲/۷۳         | ۰/۹۶               | ۲/۴۰         | ۰/۹۲                          | ۲/۱۶         | ۰/۹۱                            | ۲/۱۱         | ۰/۹۲                              | ۲/۱۵         |
| دیوار با بلوک<br>بتن اسفنجی           | ۱۰                   | -                | ۱/۱۳         | -                  | ۱/۰۷         | -                             | ۱/۰۲         | -                               | ۱/۰۱         | -                                 | ۱/۰۲         |
|                                       | ۲۰                   | -                | ۰/۶۳         | -                  | ۰/۶۱         | -                             | ۰/۵۹         | -                               | ۰/۵۹         | -                                 | ۰/۵۹         |
| دیوار بتنی                            | ۱۰                   | ۱/۱۷             | ۴/۴۱         | ۱/۱۰               | ۳/۶۱         | ۱/۰۵                          | ۳/۰۸         | ۱/۰۴                            | ۳/۰۰         | ۱/۰۵                              | ۳/۰۵         |
|                                       | ۲۰                   | ۰/۷              | ۱/۲۵         | ۰/۶۸               | ۱/۱۸         | ۰/۶۶                          | ۱/۱۱         | ۰/۶۵                            | ۱/۱۰         | ۰/۶۶                              | ۱/۱۱         |
| دیوار پلی<br>استایرن با بتن<br>پاشیده | ۱۱                   | -                | ۰/۴۴         | -                  | ۰/۴۳         | -                             | ۰/۴۳         | -                               | ۰/۴۲         | -                                 | ۰/۴۳         |

$$k = \frac{W.m}{m.K} \quad * \text{عایق از نوع استایرن با قابلیت هدایت گرمایی}$$



مرجع اصلی محاسبات مقدار U مرکز تحقیقات مسکن و شهرسازی است.



جدول ۲- مقدار U برای انواع در و پنجره

| $\frac{W}{m^2.K}$ | نوع در و پنجره                                       |
|-------------------|--|
| ۲/۳               | در چوبی (داخلی و خارجی)                              |
| ۳/۵               | پنجره‌های داخلی شیشه‌دار                             |
| ۵/۲               | پنجره چوبی با شیشه (خارجی)                           |
| ۵/۸               | در آهنی (داخلی یا خارجی)                             |
| ۵/۸               | پنجره آهنی با شیشه                                   |
| ۵/۸               | پنجره ویترونی  |
| ۳/۲               | پنجره مضاعف با کادر چوبی                             |
| ۳/۳               | پنجره مضاعف با کادر فلزی                             |
| ۳/۷               | پنجره فلزی با شیشه مضاعف                             |
| ۳/۵               | پنجره چوبی با شیشه مضاعف                             |
| ۵/۸               | پنجره UPVC با شیشه ساده                              |
| ۱/۷               | پنجره UPVC با شیشه دوجداره (۱۲ میلی‌متر فاصله هوایی) |
| ۲/۸               | پنجره UPVC با شیشه دوجداره (۶ میلی‌متر فاصله هوایی)  |
| ۵/۶               | شیشه یک جداره  |
| ۲/۹               | شیشه دوجداره با ۲۰ mm فضای خالی                      |
| ۳                 | شیشه دوجداره با ۱۲ mm فضای خالی                      |
| ۳/۴               | شیشه دوجداره با ۶ mm فضای خالی                       |
| ۴                 | شیشه دوجداره با ۳ mm فضای خالی                       |
| ۲                 | شیشه سه‌جداره با ۲۰ mm فضای خالی                     |
| ۲/۱               | شیشه سه‌جداره با ۱۲ mm فضای خالی                     |
| ۲/۵               | شیشه سه‌جداره با ۶ mm فضای خالی                      |
| ۳                 | شیشه سه‌جداره با ۳ mm فضای خالی                      |

جدول ۳- مقدار U برای سقف‌های مختلف  $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

| ضخامت سقف به cm |     |     |     |     | انواع سقف  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|--|
| ۳۰              | ۲۰  | ۱۵  | ۱۰  | ۷/۵ |  |
| ۲               | ۲/۵ | ۲/۹ | ۳/۴ | ۳/۶ | سقف بتونی با آسفالت و اندود در داخل                                |
| ۲/۲             | ۲/۸ | ۳/۳ | ۳/۸ | ۴/۲ | سقف بتونی با آسفالت بدون اندود                                     |
| ۰/۹             | ۱   | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۳ | سقف بتونی با آسفالت و (۵ سانتی‌متر) عایق                           |
| ۰/۶             | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | سقف بتونی با آسفالت و (۵ سانتی‌متر) عایق و اندود                   |
| ۱/۵             | ۱/۶ | ۱/۷ | ۱/۹ | ۱/۹ | سقف بتونی با آسفالت و (۱۲ سانتی‌متر) عایق بدون اندود               |
| ۱/۶             | ۱/۹ | ۱/۹ | ۲   | -   | سقف بتونی با آسفالت و سقف کاذب                                     |
|                 |     | ۲/۵ |     |     | سقف بتونی با آجر میان تهی به ضخامت (۱۵ سانتی‌متر) و آسفالت و اندود |
|                 | ۲/۳ |     |     |     | سقف معمولی آجری با آسفالت و اندود گچ                               |

#### اتلاف گرمایی از کف و دیوارهای متصل به زمین:

برای محاسبه مقدار انتقال گرما از دیوارها و کف متصل به زمین، می‌توان برحسب دمای زمین مقدار اتلاف گرمایی هر مترمربع کف و دیوار متصل به زمین را از جدول تلفات گرمایی از کف به دست آورد و در مساحت کف یا دیوار متصل به زمین ضرب کرد.

جدول ۴- تلفات گرمایی از کف و دیوارهای زیرزمین

| مناطق * | دمای زمین $^\circ C$ | اتلاف گرمایی از کف $\frac{W}{m^2}$ | اتلاف گرمایی از دیوارهای زیرزمین $\frac{W}{m^2}$ |
|---------|----------------------|------------------------------------|--|
| سردسیر  | ۵                    | ۱۰                                 | ۲۰   |
| معتدل   | ۱۰                   | ۶                                  | ۱۲   |
| گرمسیر  | ۱۵                   | ۳                                  | ۶  |

\* میانگین دمای کمینه زمستانی کمتر از  $5^\circ C$  - مناطق سردسیر  
 میانگین دمای کمینه زمستانی بین  $0^\circ C$  تا  $5^\circ C$  - مناطق معتدل  
 میانگین دمای کمینه زمستانی بیشتر از  $0^\circ C$  - مناطق گرمسیر

**تلفات گرمایی از راه نفوذ یا تعویض هوا (H<sub>r</sub>):** برای محاسبه تلفات گرمایی از راه نفوذ یا تعویض هوا، ابتدا باید مقدار هوای نفوذ را محاسبه کنیم. چگونگی ورود هوا به داخل ساختمان :

نفوذ هوا به داخل ساختمان همواره یکی از روش‌های مهم دفع گرما در زمستان است.

۱- سرعت باد: سرعت باد باعث ایجاد فشار در سمت مشرف به باد و همچنین خلأ ملایمی در سمت داخل ساختمان شده، سبب نفوذ هوای خارج از درز درها و پنجره‌ها به‌ویژه به داخل می‌شود. در زمستان نفوذ هوا از پایین ساختمان و رانش هوا از بالای ساختمان خواهد بود.

مقدار هوای نفوذی بستگی دارد به میزان بسته بودن درها و پنجره‌ها، ارتفاع ساختمان، کیفیت روکار ساختمان، جهت و سرعت وزش باد و یا مقدار هوایی که برای تهویه یا تعویض در نظر گرفته می‌شود. تهویه هوا به منظور تأمین اکسیژن مصرف شده توسط ساکنین و یا خروج دوده و گرما و غبار ناشی از بعضی وسایل در مکان‌هایی مثل کارخانجات امری ضروری است. این امر ممکن است به‌طور طبیعی با باز کردن درها و پنجره‌ها و یا به‌صورت اجباری توسط بادزن صورت گیرد. در محاسبات گرمایش مرکزی، حجم هوای ورودی به داخل ساختمان را می‌توان با یکی از روش‌های زیر محاسبه نمود:

(۱) روش درزی (۲) روش حجمی

### ۱- روش حجمی :

در این روش جهت محاسبه مقدار هوای نفوذی از این فرمول استفاده می‌شود:  $V = v \times n$

■ حجم هوای نفوذی بر حسب مترمکعب در ساعت  $v = [CFH]$

■ حجم اتاق یا محیط موردنظر بر حسب مترمکعب  $v$

■ دفعات تعویض هوای اتاق در ساعت از جدول  $n =$

همان‌طور که از فرمول فوق استنباط می‌گردد، در این روش مقدار هوای نفوذی از پایه تعداد دفعاتی که در مدت یک ساعت، هوای اتاق با هوای تازه تعویض می‌شود، برآورد می‌گردد.

| تعداد تعویض هوا در ساعت | وضعیت اتاق                                |
|-------------------------|---|
| ۰/۵                     | اتاق بدون در و پنجره خارجی                |
| ۱                       | اتاق با در و پنجره خارجی از یک طرف        |
| ۱/۵                     | اتاق با در و پنجره خارجی از دو طرف        |
| ۲                       | اتاق با در و پنجره خارجی از سه یا چند طرف |

**توجه:** برای اتاق‌های در و پنجره‌دار، با زهوار و درزبند خوب، ۵۰٪ ارقام جدول منظور شود.  
برای منازل مسکونی  $\frac{3}{4}$  ارقام جدول محاسبه می‌شود.

نکته

باید توجه نمود تعداد دفعات تعویض (n) که در جدول ارائه گردیده بر مبنای نفوذ و تهویه طبیعی هوا و بدون کمک وسایلی نظیر ونتیلاتور است.

با استفاده از روش حجمی مقدار V را برای اتاق‌ها محاسبه می‌کنیم.  
در فضاهایی از قبیل آشپزخانه، کارگاه و... که از هواکش استفاده می‌شود، میزان هوای تازه نفوذی برابر با دبی یا ظرفیت هواکش (ونتیلاتور) خواهد بود.

## ۲- محاسبه بار گرمایی هوای نفوذی :

پس از محاسبه حجم هوای نفوذی به داخل اتاق، از طریق فرمول زیر، مقدار بار گرمایی آن را محاسبه می‌کنیم.

$$H_v = C_p \rho V (T_r - T_{od})$$

اتلاف گرمایی محسوس ناشی از نفوذ بر حسب  $H_v = \text{watt}$

$$V = \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right] \text{ دبی هوای نفوذی بر حسب}$$

$$C_p = \left[ \frac{\text{W}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right] \text{ ضریب گرمایی ویژه هوا در فشار ثابت در شرایط استاندارد}$$

$\rho$  جرم مخصوص هوا در شرایط استاندارد =

$$H_v = \frac{1}{3} nV (T_i - T_o) \text{ پس از اعمال مقادیر استاندارد و ساده‌سازی خواهیم داشت:}$$

n = تعداد تعویض هوای اتاق در ساعت در اثر نفوذ هوا =

V = (m<sup>۳</sup>) حجم هوای اتاق بر حسب

$$nV = \left( \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right) \text{ دبی حجمی هوای نفوذی بر حسب}$$

## ضرایب تصحیح در محاسبات بار گرمایی

اتلاف گرمایی محاسبه شده برای بعضی از ساختمان‌ها که شرایط ویژه‌ای دارند، نمی‌تواند ملاک تعیین ظرفیت دستگاه‌های گرمایش باشد. بنابراین لازم است که درصدی بار اضافی به‌عنوان ضرایب تصحیح به مقدار بار محاسبه شده اضافه شود که در برگه‌های محاسباتی تحت‌عنوان ضرایب تصحیح به‌صورت زیر تعریف می‌شوند.

جدول ۵- ضریب جهت

۱- ضریب جهت

| جهت جدار   | ضریب |
|------------|------|
| شمال و شرق | ۱۰٪  |
| مغرب       | ۵٪   |

۲- ضریب موقعیت:

برای سطوحی که بادگیر هستند ۵٪ تا ۱۰٪  
 بادگیر بودن جدارها بستگی به جهت وزش باد دارد و در هر شهر متفاوت است و با تغییر وضعیت آب و هوا تغییر می‌کند (در ایران معمولاً از غرب به شرق است)

۳- ضریب تناوب:

جدول ۶- ضریب تناوب

|  |            |
|--|------------|
| ساختمان‌هایی که فقط روزها گرم می‌شوند        | ۱۰٪ تا ۱۵٪ |
| ساختمان‌هایی که روزها مورد استفاده نیستند    | ۲۵٪ تا ۳۰٪ |
| ساختمان‌هایی که برای مدت طولانی گرم نمی‌شوند | تا ۵۰٪     |

۴- ضریب ارتفاع:

برای اتاق‌هایی که بیش از ۱۵ فوت (۴/۵) متر ارتفاع دارند با استفاده از جدول زیر :

جدول ۷- ضریب ارتفاع

|                  |    |      |    |      |     |     |     |     |
|------------------|----|------|----|------|-----|-----|-----|-----|
| ارتفاع برحسب متر | ۱۱ | ۱۰   | ۹  | ۸/۲  | ۷/۳ | ۶/۴ | ۵/۵ | ۴/۵ |
| ارتفاع برحسب فوت | ۳۶ | ۳۳   | ۳۰ | ۲۷   | ۲۴  | ۲۱  | ۱۸  | ۱۵  |
| درصد اضافی       | ۲۰ | ۱۷/۵ | ۱۵ | ۱۲/۵ | ۱۰  | ۷/۵ | ۵   | ۲/۵ |

**مثال:** تلفات گرمایی از نمازخانه اداره‌ای در شهر قم و با دیوار شمالی و ارتفاع ۵/۵ متر برابر ۶۰۰۰ وات است. اتلاف گرمایی نمازخانه پس از در نظر گرفتن ضرایب تصحیح به صورت زیر محاسبه می‌شود:

**پاسخ:** به دلیل اینکه نمازخانه اداره فقط روزها گرم می‌شود ضریب تناوب طبق جدول ۱۵ درصد و چون ارتفاع نیز از ۴/۵ متر بیشتر است طبق جدول، ضریب ارتفاع ۵ درصد با توجه به اینکه دیوار در ضلع شمالی است باید ضریب جهت ۱۰ درصد در نظر گرفته شود. چون دیوار در ضلع شمالی است باد غالب در نظر نمی‌گیریم.

$$H = 6000W \quad , F = \%15 + \%5 + \%10 = \%30$$

$$H = H + (F \times H) = 6000 + (30\% \times 6000) = 6000 + 1800 = 7800W$$

\* F = Factor ضریب

## انتخاب دستگاه

پس از اینکه بار گرمایی ساختمان محاسبه شد، با توجه به اینکه طراح کدام سیستم را برمی‌گزیند باید دستگاه‌های سه بخش زیر را انتخاب نمود:

۱- انتخاب دستگاه‌های مولد گرما (دیگ و مشعل و دودکش و مخزن آب گرم مصرفی و مخزن انبساط و پکیج و...)

۲- انتخاب دستگاه‌های انتقال گرما (پمپ و لوله و کانال هوا و...)

۳- انتخاب دستگاه‌های توزیع گرما (رادیاتور، فن کویل، گرمایش کف، هواساز، دریچه هوا و...)

انتخاب این دستگاه‌ها در سه پایه تحویلی در موارد مختلف آمده است.

با راهنمایی هنرآموز خود محاسبات بار گرمایی یک ساختمان را انجام داده و کلیه دستگاه‌های آن را انتخاب نمایید، سعی کنید این کار را به صورت گروهی انجام دهید.

پروژه

## برگ محاسباتی نمونه

در این قسمت برگ محاسباتی نمونه ارائه شده است که برای محاسبات دستی می‌توان از آن استفاده نمود:

| برگه محاسباتی بار گرمایی |  |                   |                           |                    |                 |  |                |                                      |   |                              |                   |   |       |                   |
|--------------------------|--|-------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|--|----------------|--------------------------------------|---|------------------------------|-------------------|---|-------|-------------------|
| اتاق: سالن‌ها و پذیرایی  |  |                   | حجم: $445/50 \text{ m}^3$ |                    |                 | طول: $13/5 \text{ m}$                      |                |                                      | دمای طرح داخل: $t_i(^\circ\text{C}) 22$ |                              |                   | تاریخ: $1395/06/05$                         |       |                   |
| طبقه: همکف               |  |                   | عرض: $11 \text{ m}$       |                    |                 | دمای طرح خارج: $t_o(^\circ\text{C}) -4/44$ |                |                                      | ارتفاع: $3 \text{ m}$                   |                              |                   | اختلاف دما: $t_i.t_o(^\circ\text{C}) 26/44$ |       |                   |
| کاربری: مسکونی           |  |                   |                           |                    |                 |  |                |                                      |   |                              |                   |   |       |                   |
| اتلاف گرمایی از جدارها   |  |                   |                           |                    |                 |  |                |                                      |   |                              |                   |   |       |                   |
| اتلاف گرمایی کلی (W)     | جمع ضرایب (درصد)   | ضریب تناوب (درصد) | ضریب موقعیت (درصد)        | ضریب ارتفاع (درصد) | ضریب جهت (درصد) | اتلاف گرمایی (W)                           | اختلاف دما (C) | $\frac{U}{W} \text{ m}^2 - \text{C}$ | سطح خالص (m <sup>2</sup> )              | سطح کم شده (m <sup>2</sup> ) | ارتفاع یا عرض (m) | طول (m)                                     | تعداد | جدار و جهت        |
| 1255/27                  | 5  | 0                 | 5                         | 0                  | 0               | 1195/50                                    | 26/44          | 1/79                                 | 25/26                                   | 7/74                         | 3                 | 11  | 1     | دیوار خارجی جنوبی |
| 558/68                   | 5  | 0                 | 5                         | 0                  | 0               | 532/08                                     | 26/44          | 2/6                                  | 7/74                                    | 0/00                         | 1/8               | 4/3   | 1     | پنجره خارجی جنوبی |
| 0/00                     | 5  | 0                 | 5                         | 0                  | 0               | 0/00                                       | 26/44          | 5/8                                  | 0/00                                    | 0/00                         | 0/00              | 0/00  | 0/00  | در خارجی جنوبی    |
| 0/00                     | 10   | 0                 | 0                         | 0                  | 10              | 0/00                                       | 26/44          | 1/82                                 | 0/00                                    | 0/00                         | 3                 | 6   | 0/00  | دیوار خارجی شرقی  |
| 0/00                     | 10   | 0                 | 0                         | 0                  | 10              | 0/00                                       | 26/44          | 2/6                                  | 0/00                                    | 0/00                         | 1/8               | 0/75  | 0/00  | پنجره خارجی شرقی  |
| 0/00                     | 5  | 0                 | 0                         | 0                  | 5               | 0/00                                       | 26/44          | 1/82                                 | 0/00                                    | 0/00                         | 3                 | 6   | 0/00  | دیوار خارجی غربی  |
| 0/00                     | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 5               | 0/00                                       | 26/44          | 2/5                                  | 0/00                                    | 0/00                         | 0/00              | 0/00  | 0/00  | پنجره خارجی غربی  |
| 0/00                     | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 5               | 0/00                                       | 26/44          | 5/8                                  | 0/00                                    | 0/00                         | 0/00              | 0/00  | 0/00  | در خارجی غربی     |
| 1428/38                  | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 0               | 1428/38                                    | 15/1           | 0/637                                | 148/50                                  | 0/00                         | 11                | 13/5  | 1     | کف                |
| 0/00                     | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 0               | 0/00                                       | 0              | 1/5                                  | 0/00                                    | 0/00                         | 11                | 13/5  | 0/00  | سقف               |
| 2796/82                  | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 0               | 2796/82                                    | 15/1           | 2/52                                 | 73/50                                   | 0/00                         | 3                 | 24/5  | 1     | دیوار داخلی       |
| 0/00                     | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 0               | 0/00                                       | 0              | 0/00                                 | 0/00                                    | 0/00                         | 0/00              | 0/00  | 0/00  |                   |
| 0/00                     | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 0               | 0/00                                       | 0              | 0/00                                 | 0/00                                    | 0/00                         | 0/00              | 0/00  | 0/00  |                   |
| 0/00                     | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 0               | 0/00                                       | 0              | 0/00                                 | 0/00                                    | 0/00                         | 0/00              | 0/00  | 0/00  |                   |
| 0/00                     | 0  | 0                 | 0                         | 0                  | 0               | 0/00                                       | 0              | 0/00                                 | 0/00                                    | 0/00                         | 0/00              | 0/00  | 0/00  |                   |
| 5830/61                  | اختلاف دما (C) $26/44$ × ارتفاع (m) $3$ × عرض (m) $11$ × طول (m) $13/5$ × $1/3$ × (اتلاف گرمایی هوای تازه) |                   |                           |                    |                 |  |                |                                      |   |                              |                   |   |       |                   |
| 11869/77                 | جمع کل تلفات گرمایی  |                   |                           |                    |                 |  |                |                                      |   |                              |                   |   |       |                   |

## سیستم‌های سرمایشی در تهویه مطبوع

تعریف تبرید: اگر گرما را از یک محیط خارج کنیم به آن محیط سرد می‌گوییم؛ همان‌طور که اگر از ورود نور به یک محیط جلوگیری کنیم به آن محیط، تاریک می‌گوییم. گرفتن گرما از یک محیط با دمای پایین و انتقال آن به یک محیط با دمای بالاتر را تبرید گویند.

کارکردهای مختلفی از سیستم‌های سرمایشی در زمینه صنعت، بهداشت و ساختمان را به کلاس ارائه دهید.

پژوهش کنید

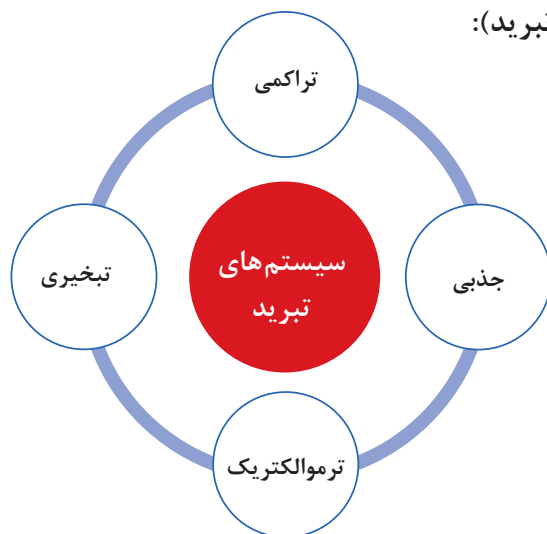


نکته



با توجه به بیان کلازیوس از اصل دوم ترمودینامیک انتقال گرما از یک محیط با دمای پایین به یک محیط با دمای بالا به خودی خود امکان‌پذیر نیست و نیاز به یک منبع دارد.

### سیستم‌های سرمایشی (تبرید):



در مورد سیستم‌های تبرید پیرامون خود بحث نمایید.

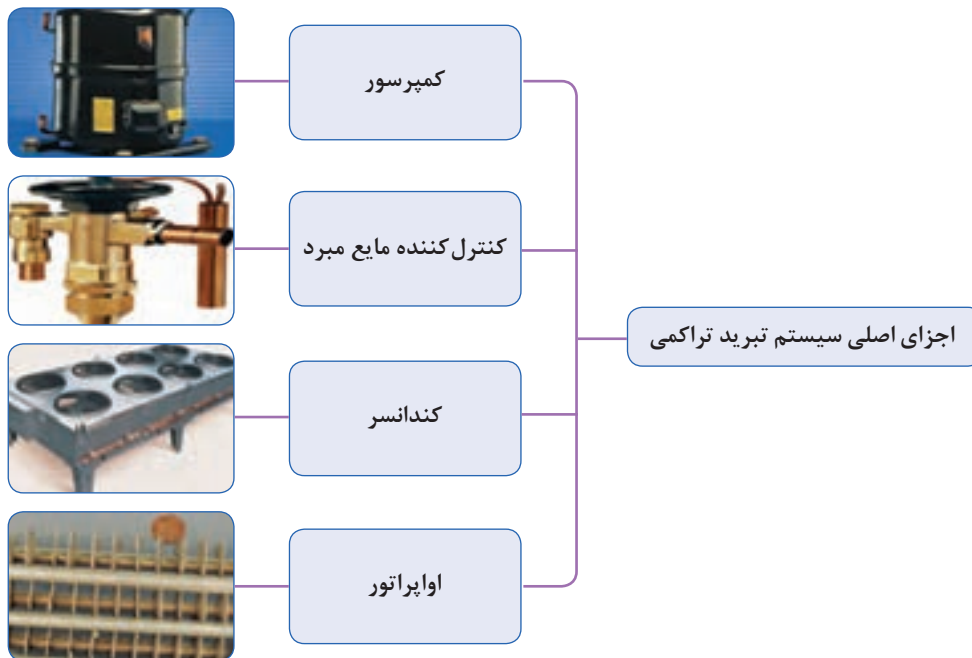
گفت‌وگوی کلاسی



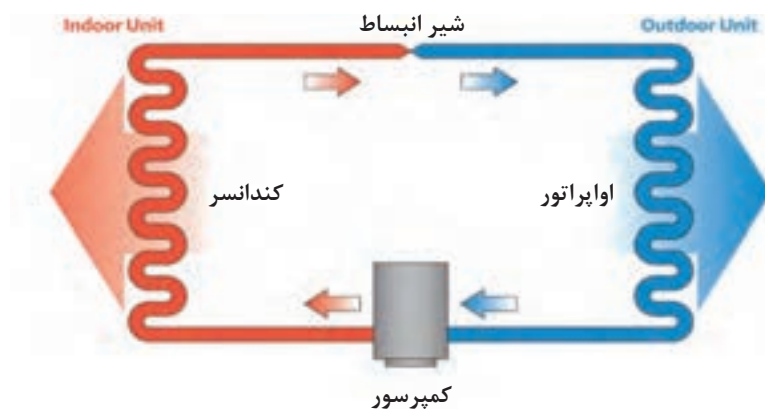
## سیستم تبرید تراکمی

در سردکردن با عملیات مکانیکی از یک کمپرسور برای متراکم کردن گاز استفاده می‌شود و به این ترتیب سیکل حاصله را سیکل تراکمی می‌نامند.





ماده سرمازا در اواپراتور، گرمای محیط اطراف خود را جذب کرده و در کندانسر آن را دفع می‌کند. به عبارت دیگر کمپرسور گاز سرمازا را در وضعیتی قرار می‌دهد که گرما را که قبلاً و از محیطی با فشار کم جذب کرده بود پس بدهد. چون کمپرسور گرما را از محیطی به محیط دیگر انتقال می‌دهد به آن پمپ گرمایی نیز می‌گویند. یک سیستم سردکننده از یک قسمت فشار قوی و یک قسمت فشار ضعیف تشکیل شده است که گرما از سمت فشار ضعیف گرفته می‌شود و در سمت فشار قوی دفع می‌شود.

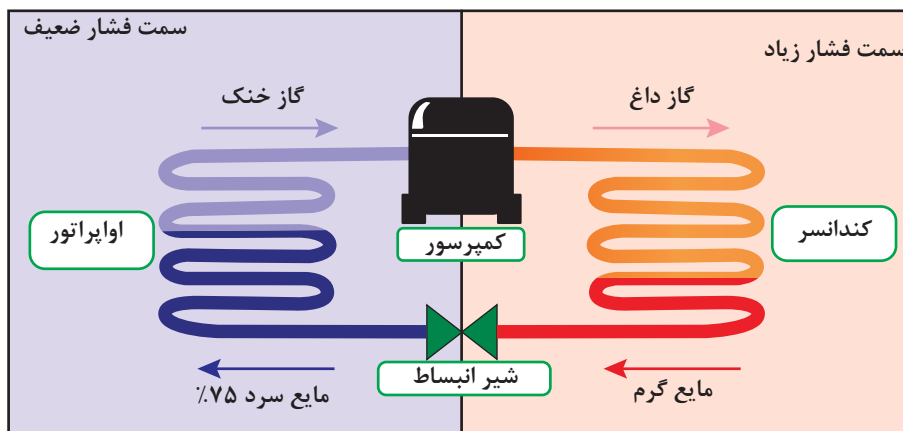


شکل ۱۳- سیکل تبرید

## اجزای اصلی یک سیستم تبرید تراکمی:

سمت فشار ضعیف: شیر انبساط - اواپراتور

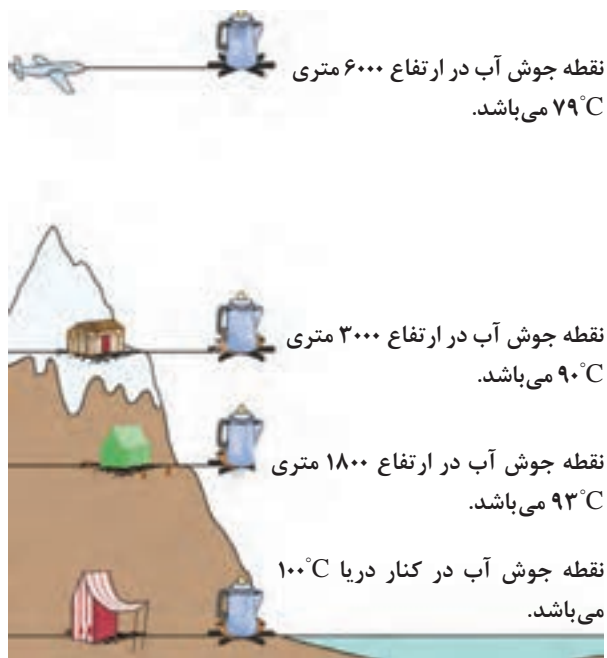
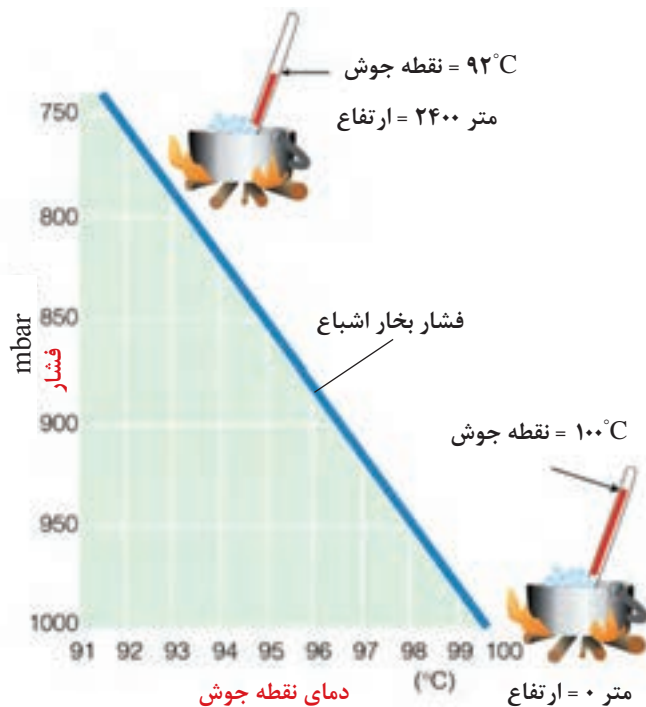
سمت فشار زیاد: کمپرسور - کندانسر



شکل ۱۴- چرخه تبرید

## رابطه دما و فشار

همان طور که می‌دانید آب خالص در کنار ساحل دریا و فشار یک اتمسفر در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به جوش می‌آید و هرچه از سطح دریا به سمت ارتفاعات پیش برویم بر اثر کاهش فشار نقطه جوش آب نیز پایین می‌آید.





به نظر شما زودپز چه تأثیری بر دمای نقطه جوش آب دارد؟

پرسش  
کلاسی



تقریباً به ازای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا  $1^{\circ}\text{C}$  از دمای جوش آب کاسته می‌شود.

نکته

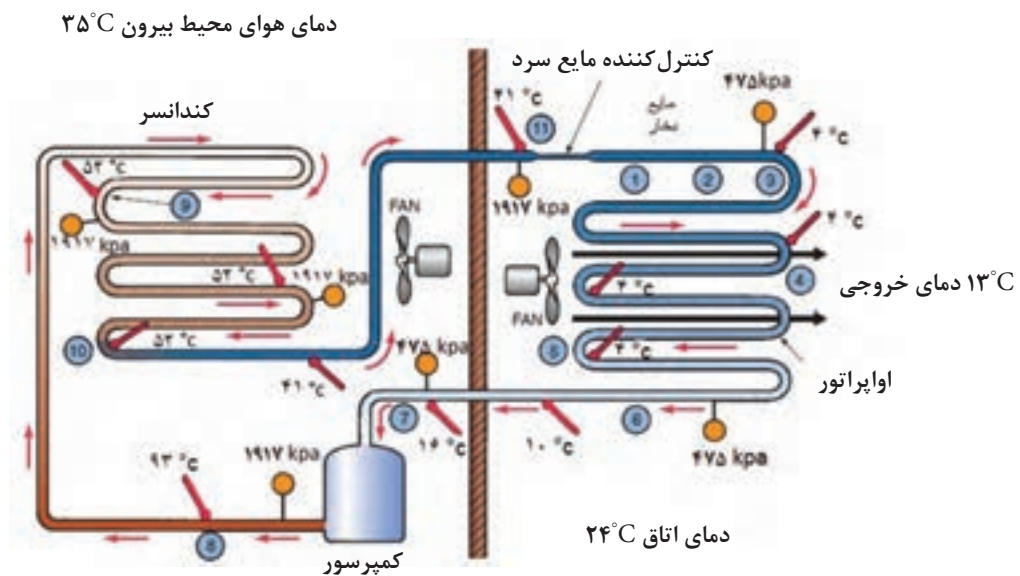


آب در ارتفاع ۱۵۰۰ متری حدوداً در چه دمایی به جوش می‌آید؟

پرسش  
کلاسی



### رابطه فشار و دما بر روی مبردها



مبرد R-۲۲

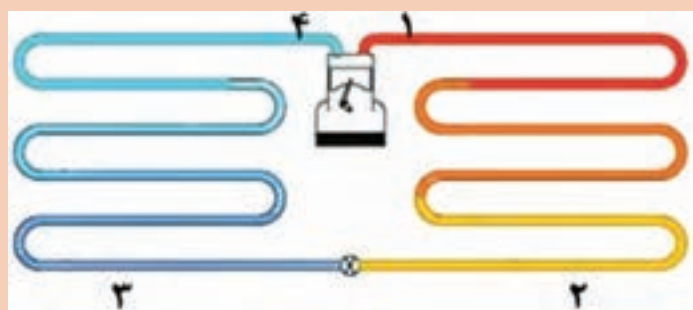


بیان کنید چرا دمای مبرد در ورود به کندانسور زیاد و در خروجی آن کم است؟



با توجه به شکل و داده‌های زیر جدول را تکمیل کنید.

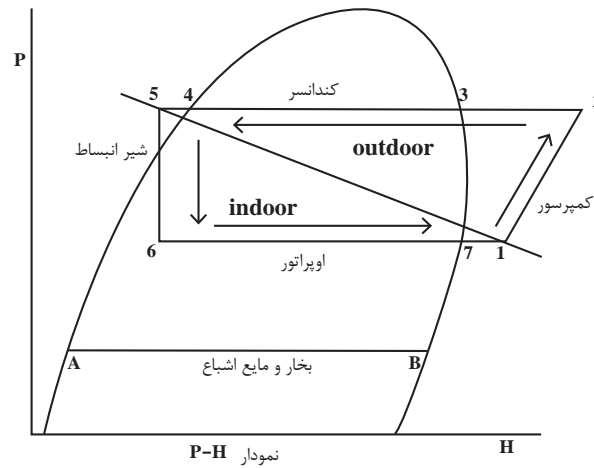
۹۳ °C - ۴۲°C - ۱۵°C - ۴۶۹kpa - ۱۹۳۰kpa - ۴۶۹kpa



| قسمت | دما °C | فشار kpa |
|------|--------|----------|
| ۱    |        | ۱۹۳۰     |
| ۲    |        |          |
| ۳    | ۵      |          |
| ۴    |        |          |

### سیکل تبرید تراکمی

در چرخه زیر مسیر جریان ماده مبرد در حالت‌های مختلف از مایع سابکول تا گاز سوپر هیت نشان داده شده است. چرخه‌ها در نمودارهای متفاوتی ترسیم می‌شوند که یکی از آنها نمودار P-H یا همان فشار - آنتالپی (گرمای کلی) می‌باشد منحنی نشان داده شده مربوط به نوع ساده مبرد است. که با توجه به شرایط آن ماده منحنی کمی تغییر می‌کند.



با توجه به شکل دما - فشار و نمودار P-H جدول زیر را تکمیل کنید.

| شرح فرایند                                | محل فرایند | فرایند |
|---|------------|--------|
| افزایش فشار گاز                           | کمپرسور    | ۱-۲    |
| دفع گرمای گاز تا دمای اشباع               |            | ۲-۳    |
|   |            | ۳-۴    |
|   | کننداسر    | ۴-۵    |
|   | شیر انبساط | ۵-۶    |
| جذب گرما - مخلوط گاز و مایع تا دمای اشباع |            | ۶-۷    |
|   | اواپراتور  | ۷-۱    |




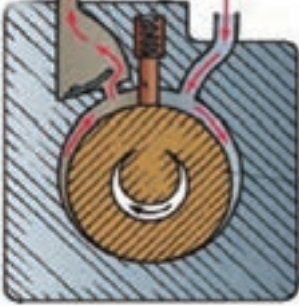





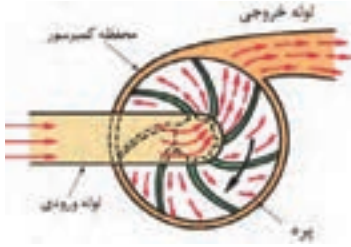
## اجزای اصلی سیکل تبرید

### کمپرسور

کمپرسور قلب یک سیستم تراکمی است. کمپرسور بخار سرد مبرد را از قسمت اواپراتور از طریق لوله مکش (برگشت- ساکشن) جذب کرده و پس از متراکم نمودن آن از طریق لوله رفت (دهش - دیس شاز) با فشار و دمای بالا به سمت کندانسر هدایت می‌کند.



| انواع کمپرسور |         |             |
|---------------|---------|-------------|
| شکل           | ساختمان | نام کمپرسور |
|               |         | پيستونی     |

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|    | <p>فتر و تیغه جداکننده<br/>رانش گاز</p> <p>مکش گاز</p> <p>روتور (گردنده)</p>                                  | <p>روتاری</p>     |
|   | <p>بیرون فشار بالا</p> <p>خط مکش</p> <p>داخل فشار پایین</p>    | <p>اسکرال</p>     |
|  | <p>شفت آب‌بندی شده<br/>دنده تایمینگ</p> <p>مایع خنک‌کن</p> <p>روتور نامتقارن</p> <p>یاتاقان استوانه‌ای</p>  | <p>اسکرو</p>      |
|  | <p>لایه خروجی</p> <p>محلگاه کمپرسور</p> <p>لایه ورودی</p> <p>پره</p>                                        | <p>سانتریفیوژ</p> |

کدام یک از کمپرسورهای ذکر شده ویژه مناطق گرمسیر می‌باشد؟ چرا؟

پژوهش کنید

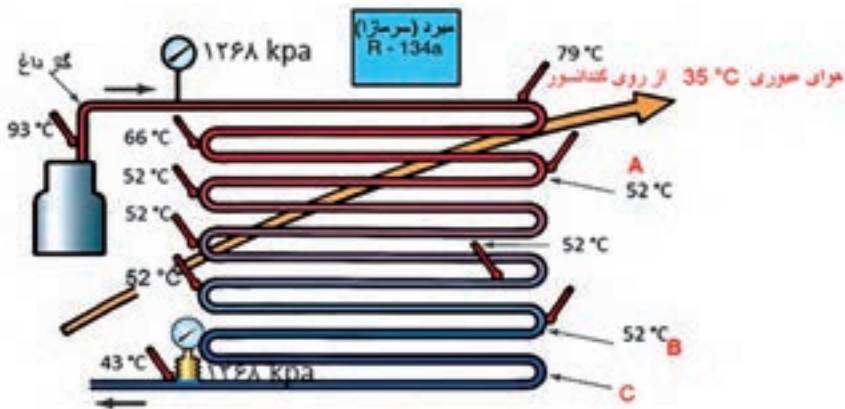




کدام یک از انواع کمپرسورها در کولرهای گازی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

### کندانسر یا تقطیرکننده

کندانسر یک مبدل گرمایی است که گاز داغ مبرد را پس از خروج از کمپرسور بر اثر تبادل گرمایی با سیالی دیگر مانند هوا یا آب خنک تقطیر کرده و به مایع مبرد تبدیل می‌کند. در تصویر زیر حالت‌های فشار و دما برای مبرد R-134a بیان شده است.



در کدام یک از نقاط A، B، یا C بخار مبرد شروع به مایع شدن می‌کند؟

گرمای دفع شده در کندانسر = گرمای جذب شده در اواپراتور + گرمای حاصل از تراکم در کمپرسور

$$Q_{\text{comp}} + Q_{\text{evap}} = Q_{\text{cond}}$$

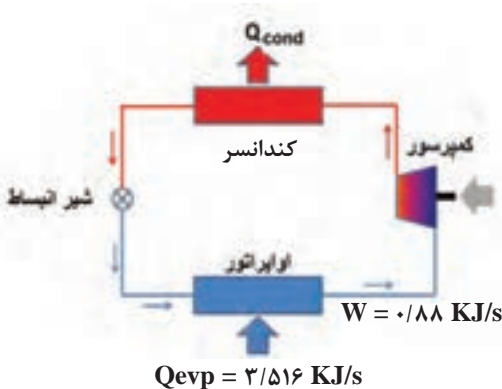


با توجه به شکل بالا در صورتی که گرمای جذب شده

در اواپراتور  $3/516 \frac{\text{KJ}}{\text{sec}}$  و گرمای حاصل از تراکم

در کمپرسور  $0/88 \frac{\text{KJ}}{\text{sec}}$  باشد مقدار گرمای دفع

شده در کندانسر را بر حسب  $\frac{\text{KJ}}{\text{sec}}$  محاسبه کنید.








## ضریب عملکرد

برای بیان بازده در سیستم‌های سردکننده از ضریب عملکرد استفاده می‌کنیم. ضریب عملکرد عبارت است از نسبت سرمای ایجاد شده در اواپراتور به انرژی الکتریکی مصرفی در کمپرسور در شکل بالا ضریب عملکرد  $\frac{3}{516} = 4$  که عددی بزرگتر از واحد است. یعنی به ازای هر کیلو وات انرژی مصرف شده، ۴ کیلو وات سرما حاصل شده است.

## انواع کندانسر

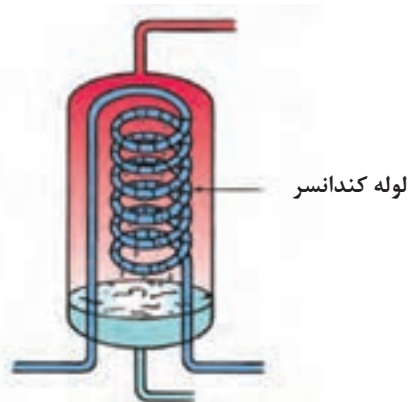
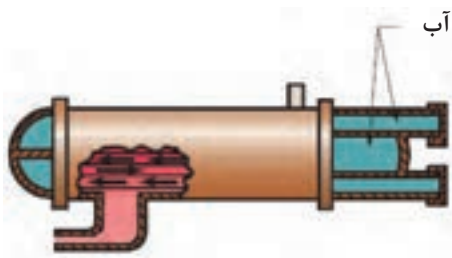
کندانسرها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

| انواع کندانسر   |                                      |  |
|---|--------------------------------------|--|
| شکل   | کاربرد                               | نوع  |
|   | بیشتر در مناطق حاره‌ای با رطوبت بالا | ۱- کندانسر هوایی: در این نوع کندانسر گاز مبرد به صورت مستقیم با هوا خنک می‌شود.  |
|  | در مناطق گرم و خشک                   | ۲- کندانسر آبی: در این نوع کندانسر گاز مبرد با آب برج خنک کننده خنک می‌شود.  |
|  | در مناطق با فشار و دمای بالا         | ۳- کندانسر تبخیری: در این نوع کندانسر گاز مبرد با لوله مسی وارد فضای برج خنک کننده شده و ضمن خنک شدن با آب، با هوا نیز به صورت هم‌زمان خنک می‌شود. |

با توجه به جدول بالا در مورد هر یک از کندانسرها بحث کنید.

گفت‌وگوی  
کلاسی





با توجه به شکل بالا مسیر سیال خنک کننده و مبرد را روی شکل مشخص کنید.

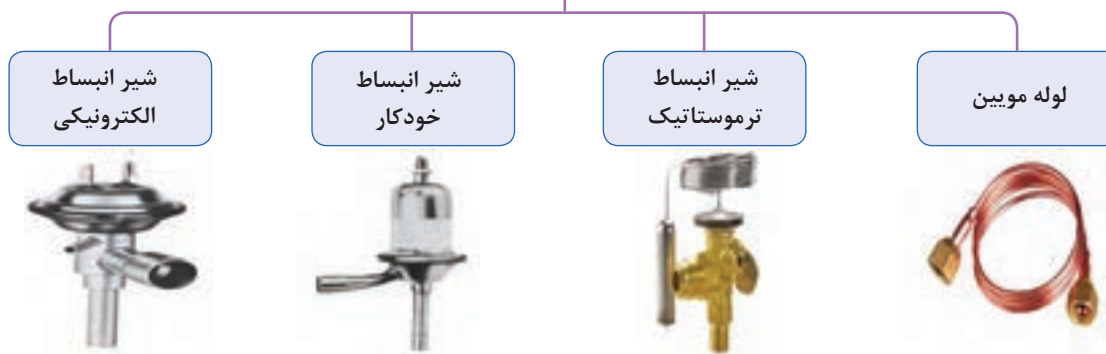
کار کلاسی



### وسیله انبساط مایع مبرد

وظیفه وسیله انبساط مایع مبرد ایجاد افت فشار در سیکل تبرید است.

#### انواع وسیله انبساط مایع مبرد



- ۱- با توجه به شکل سیکل تبرید، مایع مبرد در کدام بخش قرار دارد؟
- ۲- در سیستم‌های با ظرفیت پایین، از کدام نوع کنترل کننده مایع مبرد استفاده می‌شود؟

گفت وگویی کلاسی



نکته

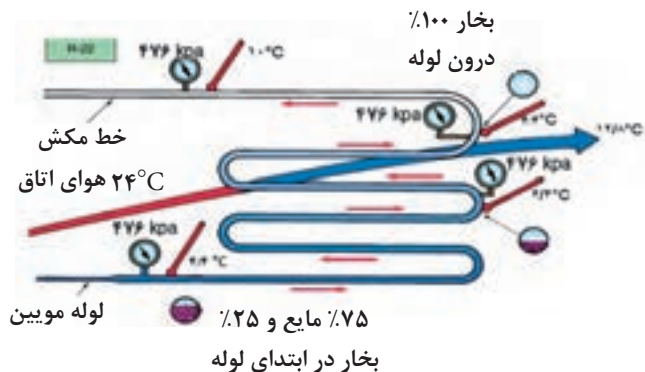


یکی از مزایای لوله مویین این است که به‌هنگام خاموشی کمپرسور، جریان مبرد از سمت فشار زیاد سیستم به سمت کم فشار ادامه می‌یابد تا تعادل فشار در سیستم برقرار شود، بنابراین کمپرسور بی‌بار راه‌اندازی می‌شود. انتخاب صحیح کنترل کننده مایع مبرد بستگی به ظرفیت سیستم سرمایی کمپرسور دارد.



چرا به هنگام خاموش کردن یخچال، بلافاصله نباید دستگاه را روشن نماییم؟

## اوپراتور یا تبخیرکننده



اوپراتور همانند کندانسر یک مبدل گرمایی است که گرما را از محیط اطراف خود جذب می‌کند و باعث خنک شدن محیط می‌شود. اوپراتور با جذب گرما از سیال دیگر مانند آب یا هوا مبرد را تبخیر کرده و به گاز مبرد تبدیل می‌کند. مبرد در ابتدای ورود به اوپراتور مایع است ولی در انتهای اوپراتور باید بخار کامل باشد.

- ۱- به چه دلیل مبرد در خروجی اوپراتور باید به صورت ۱۰۰٪ به بخار تبدیل شود؟
- ۲- آیا مایع ورودی به اوپراتور می‌تواند ۱۰۰٪ مایع اشباع باشد؟ چرا؟



## انواع اوپراتورها

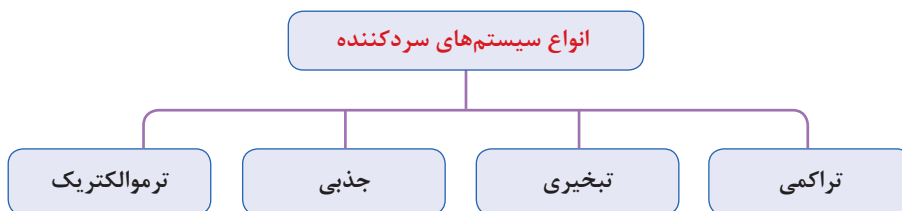
| شکل                              | کاربرد   | نوع   |
|----------------------------------|--|-------|
| <p>اوپراتور یخچال</p>            | در یخچال، صنایع تهویه مطبوع مانند کولر دوتکه و چیلرها استفاده می‌شوند. | هوایی |
| <p>گاز مبرد</p> <p>مایع مبرد</p> | در چیلرها، صنایع نفت و گاز و داروسازی و... کاربرد دارند.               | آبی   |



چرا در زیر اوپراتورهای یخچال و کولر، برای جمع‌آوری آب و تخلیه آن سینی قرار می‌دهند؟

## انواع سیستم‌های سردکننده

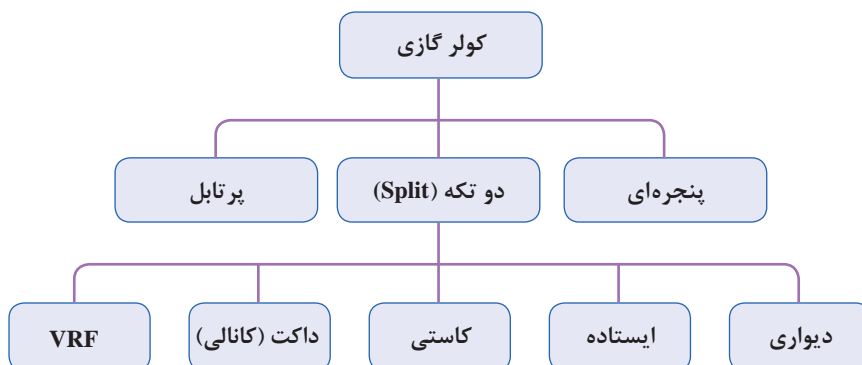
همان‌طور که قبلاً نیز بیان گردید سیستم‌های سردکننده به چهار دسته زیر تقسیم می‌شوند:



سیستم‌های سردکننده به‌طور معمول در بخش‌های تهویه مطبوع و تبرید و به منظور کاهش دمای محیط برای اهداف صنعتی، تجاری و مسکونی با توجه به کارایی آن سیستم در محیط و قیمت تمام شده و میزان توان مورد نیاز به کار گرفته می‌شوند.

### کولر گازی

به نوعی از دستگاه‌های سردکننده که کاربرد آن در سیستم‌های تهویه مطبوع می‌باشد گفته می‌شود که چرخه سرمایش آن بیشتر به صورت تراکمی است.



تفاوت کولر گازی با کولر آبی در چیست؟

گفت‌وگوی  
کلاسی



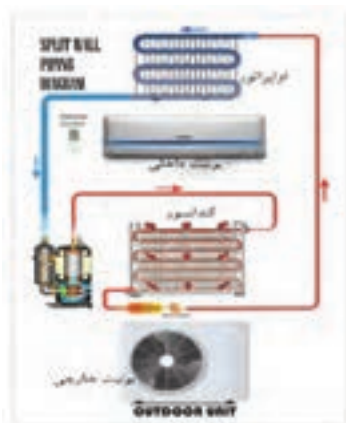
**دوتکه (split):** کلمه اسپلیت در لاتین به معنای دوتکه یا جدا از هم می‌باشد. دستگاه اسپلیت از دو بخش داخلی (Indoor) و خارجی (Outdoor) تشکیل شده است. ارتباط بین واحد داخلی و خارجی توسط دو لوله مسی به عنوان لوله مکش و دهش برقرار می‌شود.

دلایل قرار دادن کمپرسور در بخش خارجی چیست؟

کار کلاسی



## انواع کولر دوتکه (اسپلیت)



دیواری



ایستاده



سقفی (کاستی)



داکت (کانالی)



سیستم تهویه مطبوع مرکزی VRF



هرکدام از هنجاریان در مورد عملکرد یکی از انواع کولر گازی پژوهش نموده و به کلاس ارائه نمایید.



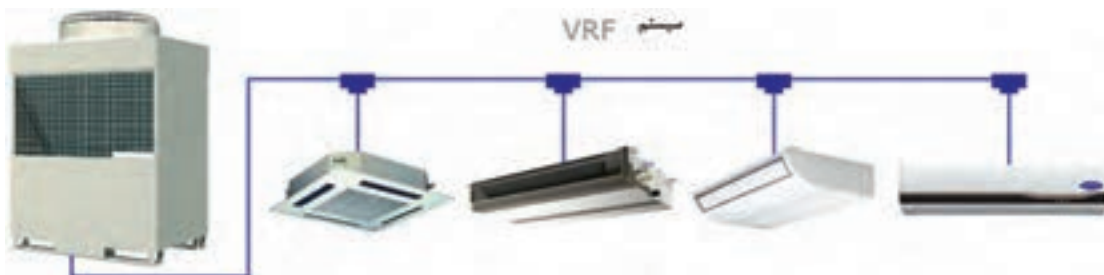
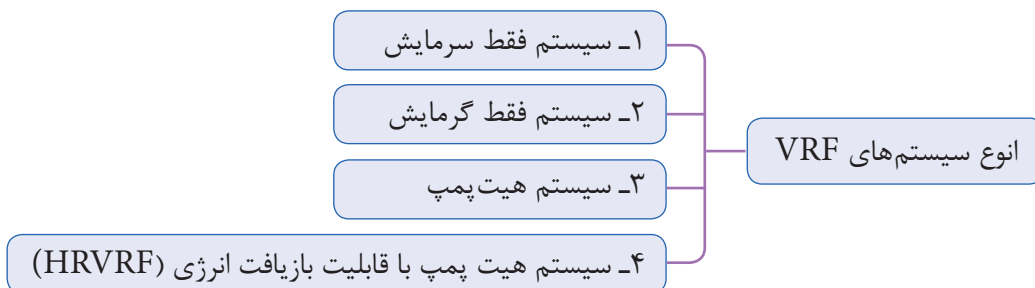
**کولر گازی پرتابل :** اغلب واحدهای تهویه مطبوع ثابت هستند و امکان جابه‌جایی آنها وجود ندارد یا اینکه به راحتی قابل جابه‌جایی نیستند. اما این محدودیت در کولر گازی پرتابل وجود ندارد و به راحتی با چرخ‌هایی که در زیر دستگاه تعبیه شده است و با ابعاد کوچک می‌توان آن را تغییر وضعیت داد تا در زاویه و محل موردنظر شما قرار گیرد. در قسمت پشت کولر گازی پرتابل لوله ای خرطومی شکل وجود دارد که از آن حرارت موتور خارج می‌شود، لذا یک سر این لوله باید به بیرون هدایت شود. ظرفیت کولرهای گازی پرتابل معمولاً از ۱۵ هزار BTU فراتر نیست و برای اتاق‌های کوچک مناسب هستند.



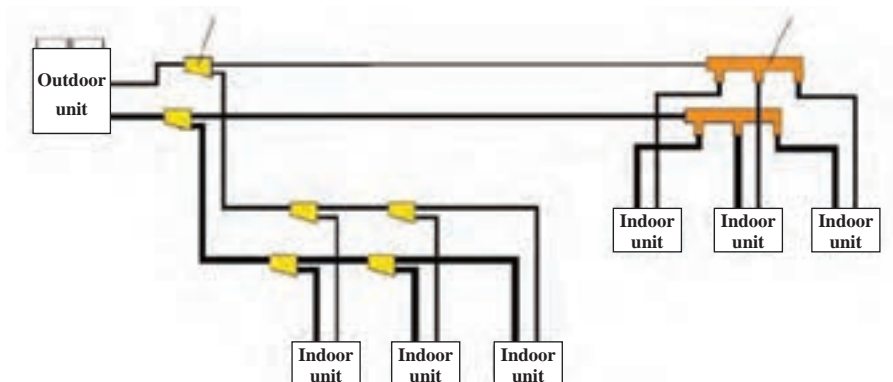
مزایا و معایب کولر گازی پرتابل را مورد بررسی قرار دهید.

### سیستم VRF (Variable Refrigerant Flow)

VRF به معنی جریان مبرد متغیر است و یک نوع سیستم تهویه مطبوع مرکزی می‌باشد. این سیستم خود دارای انواع زیر است:

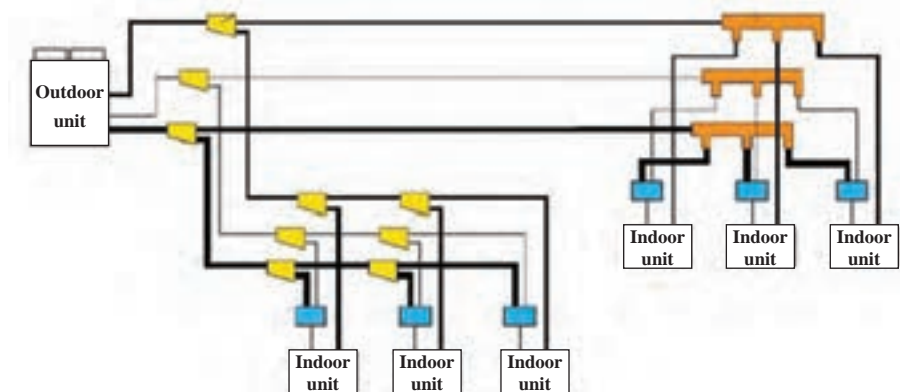


- ۱- سیستم فقط سرمایش: این سیستم شامل قطعات زیر است و قابلیت آن فقط ایجاد سرمایش در پنل‌های داخلی می‌باشد.
- ۲- سیستم فقط گرمایش
- ۳- سیستم هیت پمپ سرمایشی و گرمایشی



شکل ۱۵- نمای سیستم VRF در حالت‌های ۱ و ۲ و ۳

۴- سیستم هیت پمپ با قابلیت بازیافت انرژی (HR VRF) این قابلیت را به یونیت‌های داخلی می‌دهند که به‌طور همزمان چند یونیت در حالت سرمایش و چند یونیت در حالت گرمایش عمل کنند. بیشتر سازندگان VRF برای این سیستم از روش سه لوله‌ای با چیدمان خاص دریچه‌ها استفاده می‌کنند. خط مایع، خط گاز داغ و خط مکش هر یونیت داخلی با استفاده از دریچه‌های کنترل شونده از سه لوله انشعاب می‌گیرد. هر یونیتی که بخواهد در حالت گرمایش عمل کند دریچه‌های خط گاز داغ و مایع را باز کرده و به عنوان کندانسر عمل می‌کند. همچنین گرمای دفع شده از یونیتی که در حال سرمایش است با استفاده از مبدل‌های حرارتی جذب و به مبرد مدار یونیت در حال گرمایش داده می‌شود و بدین ترتیب گرما بازیافت شده و در مصرف انرژی (روشن بودن کمپرسورها) صرفه‌جویی می‌شود.





مثلاً اگر یک یونیت در حال سرمایش با COP یا ضریب عملکرد ۳/۵ و یونیت دیگری در حال گرمایش با COP معادل ۴/۵ باشد، میزان COP سیستم بازیافت برابر ۸ می‌باشد. البته باید توجه کرد که در همه ایام سال و یا در همه ساختمان‌ها ممکن است به گرمایش و سرمایش همزمان نیاز نباشد. در برخی ساختمان‌ها ممکن است گاهی و یا همیشه این نیاز وجود داشته باشد که تعدادی از واحدها نیاز به گرمایش و تعداد دیگری نیاز به سرمایش داشته باشند. به عنوان مثال در پروژه‌هایی که اتاق برق و اتاق سرور وجود دارد در چهار فصل سال نیاز به سرمایش وجود دارد. پس اگر در زمستان سیستم در حالت گرمایش همه اتاق‌های پروژه باشد اتاق‌های سرور و اتاق برق نیاز به سرمایش دارند.

چرا استفاده از گرمایش سیستم‌های اسپلیت و VRF به نفع اقتصاد کشور نمی‌باشد؟

گفت‌وگوی کلاسی



در مورد راندمان نیروگاه‌های کشور تحقیق کنید و نتایج را به کلاس ارائه دهید.

پژوهش‌کنید



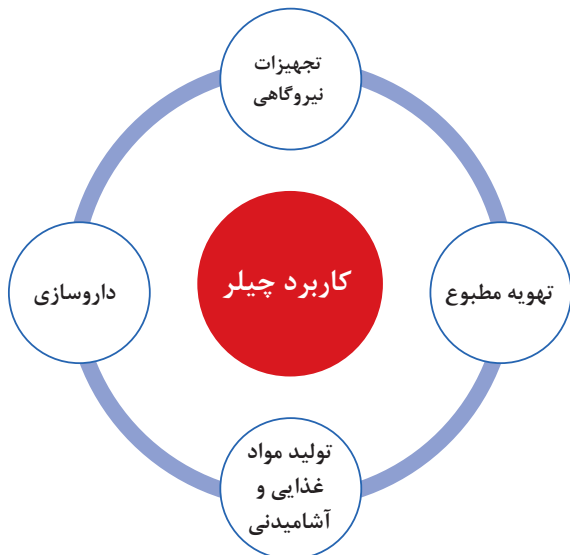
در مورد تفاوت چیلر با سیستم جریان مبرد متغیر VRF تحقیق کرده و در کلاس ارائه دهید.

پژوهش‌کنید



## چیلر

چیلر دستگاهی است که برای سرد کردن آب به عنوان سیال واسطه برای خنک کردن هوای محیط توسط دستگاهی مانند هواساز و فن کوئل مورد استفاده قرار می‌گیرد.





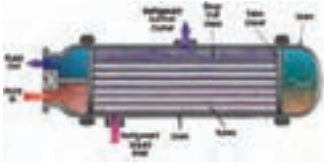

### انواع چیلر

جذبی

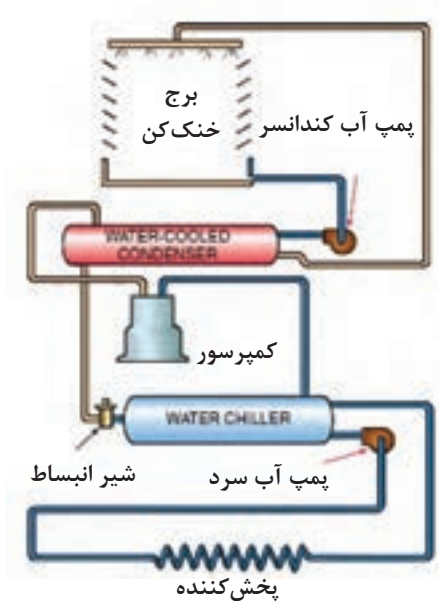
تراکمی



**چیلر تراکمی:** همان گونه که از نام آن مشخص است این دستگاه سردکننده براساس سیکل تبرید تراکمی کار می کند. چیلر تراکمی در ظرفیت های کوچک (مینی چیلر) و در ظرفیت های بزرگ تر تا حدود ۵۰۰ تن تبرید ساخته می شود.

| شیر انبساط  | اوپراتور  | کندانسر   | کمپرسور  | اجزای اصلی چیلر تراکمی با کندانسر آبی |
|---|---|---|--|---------------------------------------|
|  |  |  |  |                                       |

شکل زیر اجزای سیکل یک دستگاه چیلر تراکمی را نمایش می دهد:



مدار چیلر تراکمی با کندانسر آبی

- ۱- مدار چیلر تراکمی بالا را با هم گروهی های خود بررسی کنید.
- ۲- با توجه به شکل بالا عملکرد چیلر تراکمی را با کولر گازی مقایسه کنید.

دربارۀ انواع دیگر چیلر تراکمی پژوهش کرده و به کلاس ارائه دهید.

گفت و گوی  
کلاسی

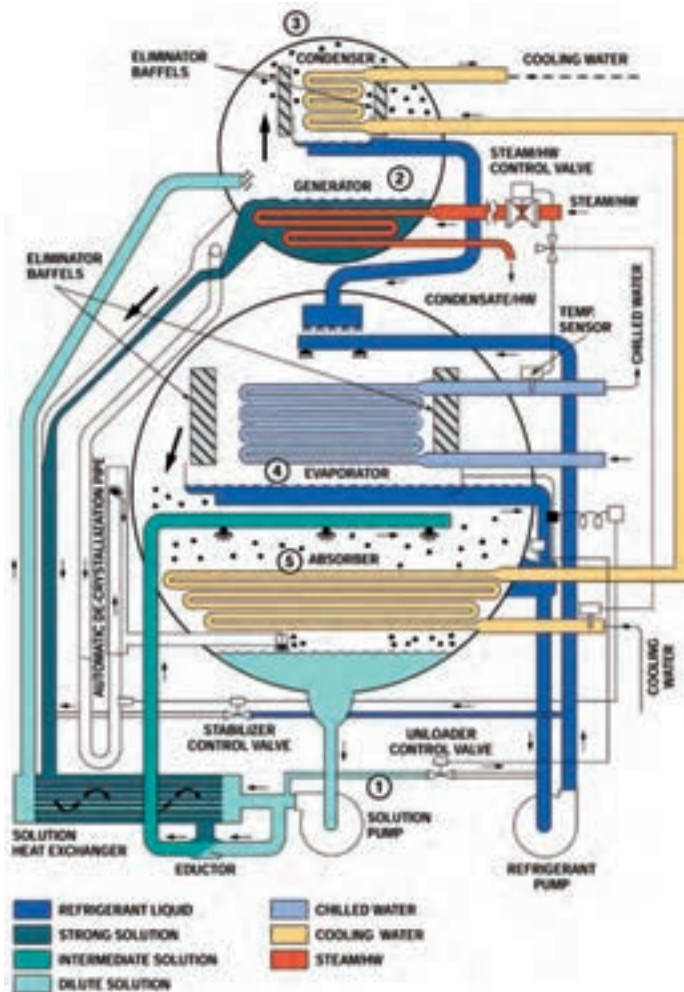


پژوهش کنید





- نحوه سرد شدن آب داخل اواپراتور را توضیح دهید.
- مسیر جریان آب خنک‌کننده کندانسور را توضیح دهید و علت استفاده از پمپ را بیان کنید.
- هدف استفاده از برج خنک‌کن چیست؟



**چیلر جذبی: تفاوت عمده بین سیستم تبرید جذبی و سیستم تبرید تراکمی در چگونگی انتقال ماده سرمازا از سمت فشار کم به سمت فشار زیاد سیستم است. در سیستم 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 فرایند 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 هالو کربن‌ها در انواع مختلف می‌باشد در حالی که ماده سرمازای مورد استفاده در سیستم جذبی آب است. ظرفیت چیلر جذبی از ۳ تن تا ۵۰۰۰ تن دیده شده است.**

محلول ۵۹% ۳۷°C

عملکرد چیلر جذبی را بررسی نموده و به کلاس ارائه نمایید.



### اجزای اصلی چیلر جذبی

|   |           |
|---|-----------|
| با گرما دادن باعث جدا شدن محلول لیتیوم بروماید (محلول جاذب) از آب (مبرد) می‌شود                             | ژنراتور   |
| موجب تقطیر بخار آب برگشتی از ژنراتور می‌شود   | کندانسر   |
| باعث کاهش دمای آب سرد تهویه درون لوله‌های اواپراتور می‌گردد   | اواپراتور |
| برای جذب بخار مبرد (آب) در سیستم استفاده می‌شود و از ماده لیتیوم بروماید به عنوان محلول جاذب استفاده می‌شود | جذب‌کننده |

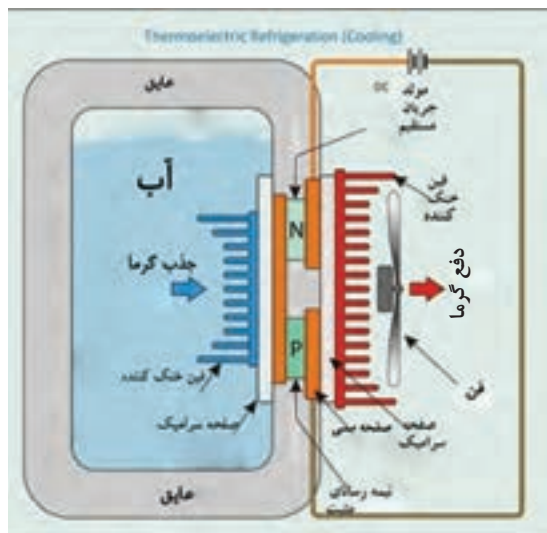
- چگونه می‌شود با استفاده از برق اما بدون استفاده از کمپرسور سرما تولید کرد؟  
- آیا می‌دانید یخچال خودروها چگونه کار می‌کند؟

پرسش  
کلاسی



**ترموالکترونیک:** یکی دیگر از روش‌های ایجاد سرما است؛ با این تفاوت که به جای ماده سرمازا از انرژی الکتریکی به عنوان انتقال‌دهنده گرما استفاده می‌شود و گرما را از محیط داخل جذب و به محیط بیرون منتقل می‌کند.

اعمال اختلاف ولتاژ، باعث حرکت الکترون‌ها در ماده می‌شود و حرکت الکترون‌ها از یک سمت به سمت دیگر باعث ایجاد اختلاف دما می‌شود. عنصر اصلی سیستم‌های ترموالکترونیک، نیمه‌هادی‌ها هستند. نیمه‌هادی‌ها گروهی از مواد هستند که از نظر توانایی هدایت الکتریکی بین هادی‌ها و عایق‌ها قرار دارند. این عناصر انرژی الکتریکی را به راحتی از خود عبور نمی‌دهند. انتقال انرژی الکتریکی در این مواد به عواملی مانند تحریک نوری، افزایش دما و میزان ناخالصی‌ها (منظور از ناخالصی عنصر یا عناصر دیگری است غیر از عنصر اصلی یا پایه. مثلاً اگر عنصر پایه سیلیسیوم باشد ناخالصی می‌تواند آلومینیوم یا فسفر باشد) بستگی دارد.





با توجه به فیلم ارائه شده و شکل زیر نحوه کار ترموالکتریک را توضیح دهید.



## انتخاب سیستم تهویه مطبوع

### انتخاب کولر گازی

برای انتخاب یک کولر گازی مناسب باید ابتدا بار سرمایی زیربنای موردنظر را به دست آوریم. در این کتاب دو روش برای محاسبه بار سرمایی آورده شده است.

۱- محاسبات دقیق

۲- محاسبات سرانگشتی

#### محاسبات دقیق

**کلیات:** محاسبات بار سرمایی با گرمایی متفاوت است، زیرا علاوه بر انواع جدارها، جهت قرارگیری جدارها با توجه به جابه‌جایی خورشید در ساعات مختلف و همچنین تغییرات میزان تابش آفتاب، ممکن است هر فضایی در یک زمان مشخص بیشترین بار را داشته باشد.

بنابراین با توجه به جدول زیر ابتدا جهت جدار را که می‌خواهیم محاسبه کنیم بدانیم و سپس بهترین زمان محاسبه بار سرمایی را برای آن در نظر بگیریم (در غیر این صورت می‌بایست بار سرمایی یک فضا را در تمام ساعت شبانه‌روز در کل روزهای گرم سال محاسبه کنیم و در نهایت بیشترین بار آن را استخراج کرده و طبق آن سیستم سرمایی مناسب را انتخاب کنیم).

#### تعیین زمان (ساعت) برای محاسبه بار سرمایی

| جهت جدار  | زمان پیشنهادی جهت محاسبه |
|---|--------------------------|
| شرق (East)                                      | ۹ الی ۱۰ صبح             |
| جنوب (South)                                    | ۱۲ ظهر تا ۲ بعدازظهر     |
| غرب (West)                                      | ۴ تا ۶ بعدازظهر          |
| شمال (North)                                    | ۶ تا ۸ بعدازظهر          |
| محاسبه بار کل ساختمان در تمام جهات (Block load) | ۴ تا ۶ بعدازظهر          |

در جدول زیر روش‌های افزایش بار سرمایشی و محاسبات آن به‌طور خلاصه بیان شده است:

| $Q_1 = S.H.G \times A \times F_c \times F_s$   |   |   |                 |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
|--|---|---|-----------------|--|-----|--|-----------------|-----------------|--------------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|--|--|
| <p>S.H.G: Solar Heat Gain      کسب گرمای خورشیدی</p>   |   |   |                 |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
| <p>ضرایبی که ممکن است در S.H.G ضرب گردد:</p> <p>۱- پنجره‌ها بدون قاب و یا قاب فلزی باشد. ۱/۱۷۵</p> <p>۲- منطقه مه‌آلود بوده و یا مقدار گرد و غبار زیاد باشد. ۰/۸۵</p> <p>۳- اگر ارتفاع آن منطقه در سطح دریا نباشد. (یا با توجه به جداول کتاب همراه هنرجو)</p> <p>H ارتفاع از سطح دریا برحسب متر می‌باشد</p> $\left[ \frac{h}{300} \times 0.07 + 1 \right]$ <p>۴- به ازای هر <math>5/5^{\circ}\text{C}</math> افزایش نقطه شبنم از <math>19/5^{\circ}\text{C}</math>: (یا با توجه به جداول کتاب همراه هنرجو)</p> $\left[ 1 - \frac{19/5 - \text{دمای نقطه شبنم محیط}}{5/5} \times 0.07 \right]$ <p>به ازای هر <math>5/5^{\circ}\text{C}</math> کاهش نقطه شبنم از <math>19/5^{\circ}\text{C}</math>:</p> $\left[ \frac{19/5 - \text{دمای نقطه شبنم محیط}}{5/5} \times 0.07 + 1 \right]$ | <p>بار ناشی از تابش<br/>به پنجره‌های<br/>خارجی ساختمان<br/>(<math>Q_1</math>)</p>             |   |                 |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
| <p>A: مساحت برحسب متر مربع</p>   |   | <p>۱- بار سرمایی ناشی از تابش و هدایت</p> |                 |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
| <p>Fc: ضریب تصحیح براساس نوع شیشه و رنگ پرده‌ها (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)</p>  |   |   |                 |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
| <p>Fs: ضریب ذخیره</p> <table border="1" data-bbox="181 1324 785 1641"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">ساعت</th> </tr> <tr> <th colspan="2">جهت</th> <th>۶-۱۲ قبل از ظهر</th> <th>۶-۱۲ بعد از ظهر</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">مقدار تقریبی</td> <td>شمال</td> <td>۰/۸</td> <td>۰/۹</td> </tr> <tr> <td>جنوب</td> <td>۰/۶</td> <td>۰/۷</td> </tr> <tr> <td>شرق</td> <td>۰/۵</td> <td>۰/۲</td> </tr> <tr> <td>غرب</td> <td>۰/۰۹</td> <td>۰/۰۵</td> </tr> </tbody> </table>   |   |   | ساعت            |  | جهت |  | ۶-۱۲ قبل از ظهر | ۶-۱۲ بعد از ظهر | مقدار تقریبی | شمال | ۰/۸ | ۰/۹ | جنوب | ۰/۶ | ۰/۷ | شرق | ۰/۵ | ۰/۲ | غرب | ۰/۰۹ | ۰/۰۵ |  |  |
|  |   | ساعت                                      |                 |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
| جهت  |   | ۶-۱۲ قبل از ظهر                           | ۶-۱۲ بعد از ظهر |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
| مقدار تقریبی   | شمال  | ۰/۸                                       | ۰/۹             |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
|  | جنوب  | ۰/۶                                       | ۰/۷             |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
|  | شرق   | ۰/۵                                       | ۰/۲             |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
|  | غرب   | ۰/۰۹                                      | ۰/۰۵            |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |
| <p><math>\Delta T_e</math>: اختلاف دمای معادل جدار برحسب درجه سلسیوس (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)</p> <p>U: ضریب انتقال گرما <math>\text{w/m}^2\text{K}</math></p> <p>A: مساحت <math>\text{m}^2</math></p> $Q_2 = U.A. \Delta T_e$  | <p>بار سرمایی ناشی از تابش و هدایت گرمایی سقف و دیوارهای خارجی ساختمان (<math>Q_2</math>)</p> |   |                 |  |     |  |                 |                 |              |      |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |  |  |

| <p><math>Q_p = U.A. \Delta T</math></p> <p>A: مساحت پنجره <math>m^2</math><br/> u: ضریب انتقال گرما <math>w/m^2K</math><br/> <math>\Delta T</math>: اختلاف دما خشک داخل و خارج بر حسب درجه سلسیوس (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)</p>   | <p>بار سرمایشی ناشی از هدایت گرمایی پنجره‌های خارجی ساختمان (<math>Q_p</math>)</p> |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
|---|--|---|-----|---------------------------------------|-----|--------------------------|-----|------------------------------|-----|--|-----|--------------------------------------|-----|---------------------|-----|---------------------------|---|--|
| <p><math>Q_f = U.A. \Delta T</math></p> <p>A: مساحت پارتیشن <math>m^2</math><br/> u: ضریب انتقال گرما <math>w/m^2K</math><br/> <math>\Delta T</math>: اختلاف دما خشک دو طرف جدار بر حسب درجه سلسیوس (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)</p> <p>نکته: محاسبه این بار تنها در صورتی انجام می‌گردد که <math>\Delta T \geq 2^\circ C</math> باشد. در مواقعی که پارتیشن به‌عنوان دیوار داخلی، دو فضای تهویه شده و تهویه نشده را از همدیگر جدا می‌کند برای محاسبه <math>\Delta T</math> باید دما فضای تهویه نشده را با استفاده از رابطه زیر تخمین می‌زنیم:</p> $t_u = (t_i - t_o) \times \alpha / \delta + t_i$ | <p>بار سرمایشی ناشی از هدایت گرمایی جداره‌های داخلی ساختمان (<math>Q_f</math>)</p> |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>گرمای کل (وات)</th> <th>درجه فعالیت</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱۰۰</td> <td>نشسته - راحت (تئاتر - سینما - مسکونی)</td> </tr> <tr> <td>۱۳۰</td> <td>نشسته با کار سبک (اداره)</td> </tr> <tr> <td>۱۶۰</td> <td>نشسته در حال خوردن (رستوران)</td> </tr> <tr> <td>۲۰۰</td> <td>ایستاده با کار خیلی سبک یا آهسته قدم زدن (فروشگاه)</td> </tr> <tr> <td>۳۰۰</td> <td>سری کاری و کار سبک با ماشین (کارگاه)</td> </tr> <tr> <td>۴۶۰</td> <td>کار سنگین (کارخانه)</td> </tr> <tr> <td>۵۳۰</td> <td>ورزش حرفه‌ای (سالن ورزشی)</td> </tr> </tbody> </table>          | گرمای کل (وات)   | درجه فعالیت                                 | ۱۰۰ | نشسته - راحت (تئاتر - سینما - مسکونی) | ۱۳۰ | نشسته با کار سبک (اداره) | ۱۶۰ | نشسته در حال خوردن (رستوران) | ۲۰۰ | ایستاده با کار خیلی سبک یا آهسته قدم زدن (فروشگاه) | ۳۰۰ | سری کاری و کار سبک با ماشین (کارگاه) | ۴۶۰ | کار سنگین (کارخانه) | ۵۳۰ | ورزش حرفه‌ای (سالن ورزشی) | <p>بار سرمایشی ناشی از افراد (<math>Q_h</math>)</p> | <p>۲- بار سرمایشی ناشی از منابع و اجزای داخلی ساختمان <math>Q_p</math></p> |
| گرمای کل (وات)  | درجه فعالیت  |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| ۱۰۰   | نشسته - راحت (تئاتر - سینما - مسکونی)  |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| ۱۳۰   | نشسته با کار سبک (اداره)   |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| ۱۶۰   | نشسته در حال خوردن (رستوران)   |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| ۲۰۰   | ایستاده با کار خیلی سبک یا آهسته قدم زدن (فروشگاه)                                 |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| ۳۰۰   | سری کاری و کار سبک با ماشین (کارگاه)   |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| ۴۶۰   | کار سنگین (کارخانه)  |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| ۵۳۰   | ورزش حرفه‌ای (سالن ورزشی)  |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| <p>برابر مجموع ولتاژ روشنایی‌ها در نظر گرفته شود. یعنی برای یک لامپ ۱۰۰ وات، می‌توانیم ۱۰۰ وات بار سرمایی در نظر بگیریم.</p>  | <p>بار سرمایی ناشی از روشنایی‌ها (<math>Q_l</math>)</p>                            |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| <p>با توجه به توان دستگاه و راندمان آن تعیین می‌گردد.</p>   | <p>بار ناشی از الکتروموتورها (<math>Q_e</math>)</p>                                |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| <p><math>Q_a = 20/4 \times \dot{V} \times (T_o - T_i)</math></p> <p><math>\dot{V}</math>: مقدار نفوذپذیری هوا<br/> <math>T_o</math>: دمای طرح خارج<br/> <math>T_i</math>: دمای طرح داخل</p>   | <p>بار محسوس (<math>Q_a</math>)</p>  | <p>۳- بار سرمایی ناشی از نفوذ هوای خارج</p> |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| <p>حجم فضا بر حسب <math>m^3</math></p> <p><math>\dot{V} = \frac{ACH \times \text{حجم فضا}}{60}</math></p> <p>ACH: تعداد دفعات تعویض هوا مراجعه شود به کتاب راهنمای هنرجو</p>  |  |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |
| <p>از بار نهان ناشی از نفوذ هوا در محاسبات صرف نظر شده است.</p>   | <p>بار نهان</p>  |   |     |                                       |     |                          |     |                              |     |  |     |                                      |     |                     |     |                           |   |  |

۴- سایر بارهای متفرقه تجهیزات و لوازمی که ممکن است باعث افزایش بار سرمایش شوند. (رایانه، فن دستگاه‌های تهویه مطبوع و...)

بنابراین مجموع بارهای یک ساختمان از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9$$

با توجه به جدول نشان داده شده، متغیرهای زیادی جهت محاسبه دقیق بار سرمایشی وجود دارد که بسیار طولانی و زمان‌بر می‌باشند. بنابراین در انتخاب یک کولر گازی با ظرفیت مناسب می‌توان از روش محاسبات سرانگشتی نیز استفاده کرد.

### محاسبات سرانگشتی

در محاسبات سرانگشتی می‌بایست چهار عامل اقلیم، مساحت، افراد و روشنایی در نظر گرفته شود. اقلیم در کشور ایران به سه منطقه آب و هوایی تقسیم می‌شود که برابر جدول زیر بار سرمایی به ازای هر متر مربع برای کاربری‌های متفاوت داده شده است.

| نوع کاربری / اقلیم | مسکونی w/m <sup>2</sup> | اداری w/m <sup>2</sup> | تجاری w/m <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| معتدل و مرطوب      | ۱۰۰-۱۵۰                 | ۱۵۰-۲۰۰                | ۲۰۰-۳۰۰                |
| گرم و خشک          | ۱۵۰-۱۷۵                 | ۱۷۵-۲۲۵                | ۲۲۵-۳۰۰                |
| گرم و مرطوب        | ۱۷۵-۲۲۵                 | ۲۲۵-۲۰۰                | ۳۰۰-۳۵۰                |

نکته



- ۱- در گروه‌های آب و هوایی جدول بالا عدد کوچک‌تر برای محیط‌هایی که غیرآفتاب‌گیر بوده یا از یک طرف به محیط ارتباط داشته و تعداد پنجره‌های آن کم است و عدد بزرگ‌تر برای محیط‌های با تعداد پنجره بیشتر یا آفتاب‌گیر است.
- ۲- بار سرمایی مورد نیاز برای افراد و روشنایی در جدول بالا دیده شده است.



### جدول ۸ - اقلیم آب و هوایی برخی شهرهای ایران

| تیپ (۳) معتدل و مرطوب |            | تیپ (۲) گرم و مرطوب |             | تیپ (۱) گرم و خشک |           |
|-----------------------|------------|---------------------|-------------|-------------------|-----------|
| گرگان                 | آستارا     | بندر عباس           | آبادان      | فسا               | آباده     |
| لاهیجان               | آستانه     | بندر بوشهر          | آغاچاری     | قم                | اردستان   |
| منجیل                 | آمل        | بندر جاسک           | اهواز       | قمشه              | اصفهان    |
| نور                   | ارومیه     | بندر خرمشهر         | اندیمشک     | کاشان             | اقلید     |
|                       | بابل       | بندر یلم            | بهبهان      | کاشمر             | بافق      |
|                       | بانه       | بندر ماهشهر         | حمیدیه      | کرج               | باشت      |
|                       | بابلسر     | بندر خرمشهر         | دزفول       | کرمان             | بیرجند    |
|                       | بندرانزلی  | بندر گناوه          | دشت آزادگان | کهریزک            | تبریز     |
|                       | بندر ترکمن | بندر امام           | رامهرمز     | گرمسار            | تهران     |
|                       | بهشهر      | جزیره قشم           | سوسنگرد     | نجف آباد          | چهرم      |
|                       | تنکابن     | جزیره کیش           | شوش         | نیریز             | جیرفت     |
|                       | چالوس      |                     | شوشتر       | یاسوج             | خمینی شهر |
|                       | رامسر      |                     | کهنوج       | یزد               | دامغان    |
|                       | روانسر     |                     | لار         |                   | رفسنجان   |
|                       | ساری       |                     | مسجد سلیمان |                   | زاهدان    |
|                       | صومعه سرا  |                     | میناب       |                   | سمنان     |
|                       | فومن       |                     | چابهار      |                   | سیرجان    |
|                       | قائمشهر    |                     | بندر عسلویه |                   | شیراز     |

TR= Ton of Refrigeration

$$1 \text{ TR} = 3500 \text{ W} \quad \text{و} \quad 1 \text{ W} = \frac{3}{4} \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

نکته



**مثال:** مقدار بار سرمایی حداقل و حداکثر تخمینی یک واحد مسکونی به مساحت ۱۵۰ متر مربع را بیابید (Q<sub>۱</sub>). این ساختمان در بندرعباس واقع شده است (هر تن تبرید ۳۵۰۰ وات است).

$$Q_{1\min} = 150 \times 175 = 26250 \text{ W} = \frac{26250}{3500} = 7.5 \text{ TR}$$

$$Q_{1\max} = 150 \times 225 = 33750 \text{ W} = 9.6 \text{ TR}$$

کار کلاسی

بار سرمایی را برای منزل خود به دست آورید.





## محاسبه دقیق

**مثال:** مقدار بار سرمایی یک دفتر اداری در شهر کرج را در ساعت ۴ بعدازظهر با توجه به داده‌های زیر محاسبه کنید. (محاسبات به هر دو روش انجام شود) (از محاسبات دیوار جنوبی و غربی صرف نظر شود).

۱- ارتفاع ساختمان ۳ متر

۲- تعداد افراد ۸ نفر

۳- تعداد رایانه ۵ دستگاه (هر دستگاه به‌طور متوسط  $175\text{ W}$  گرما تولید می‌کند)

۴- روشنایی هر کدام  $100\text{ W}$

۵- شیشه‌ها معمولی و بدون سایبان هستند و قاب پنجره فلزی می‌باشد.

۶- محیط با گرد و غبار و مه

۷- ضریب انتقال حرارت دیوارها و سقف  $u = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$

با توجه به داده‌های مسئله و جداول کتاب همراه هنرجو داریم:

$1/175$  = ضریب تصحیح قاب پنجره فلزی       $1/28$  = ضریب تصحیح ارتفاع از سطح دریا

$1/12$  = ضریب تصحیح نقطه شبنم       $0/85$  = ضریب محیط با گرد و غبار

$F_s = 0/2$  با توجه به جدول کتاب       $F_C = 1$  شیشه معمولی و بدون سایبان (جدول همراه)

$SHG = 67/2$  مقدار تشعشع آفتاب در ساعت ۴ بعدازظهر در جهت شرق (جدول همراه)

جدول همراه هنرجو  $u = 6/2$  پنجره معمولی و  $\Delta T_e = 21^\circ\text{C}$  جدول همراه ساعت ۴ بعدازظهر

$$Q_1 = \begin{cases} Q_1 = SHG \times A \times F_C \times F_S \\ Q = 67/2 \times (1/75 \times 1/0.28 \times 1/12 \times 0/85) \times (2 \times 1/5) \times 1 \times 0/2 = 46/36 \text{ W} \end{cases}$$

$$Q_2 = U.A.\Delta T_e \begin{cases} Q_{\text{شرقی}} = 2 \times ((5 \times 3) - (2 \times 1/5)) \times 21 = 504 \text{ W} \\ Q_{\text{شمالی}} = 2 \times (10 \times 3) \times 21 = 1260 \text{ W} \\ Q_{\text{سقف}} = 2 \times (10 \times 5) \times 43 = 4300 \text{ W} \end{cases}$$

$$Q_3 = U.A.\Delta T$$

$$Q_3 = \text{پنجره} = 6/2 \times (2 \times 1/5) \times 16/2 = 301/32 \text{ W}$$

به دلیل اینکه  $\Delta T < 2^\circ\text{C}$ ، بنابراین بار دیوارهای داخلی در سؤال صرف نظر شده است. = دیوار داخلی  $Q_4$

$$Q_5 = \text{افراد} = \text{تعداد نفرات} \times \text{بار سرمایی} = 8 \times 130 = 1040 \text{ W}$$

$$Q_6 = \text{روشنایی} = 4 \times 100 = 400 \text{ W}$$

$$Q_7 = 20/4 \times \dot{V} \times (T_o - T_i)$$

$$\dot{V} = \frac{\text{حجم فضا} \times \text{ACH}}{60} =$$

$\text{ACH} = 1$  با توجه به جدول همراه هنرجو

$$\dot{V} = \frac{(5 \times 10 \times 3) \times 1}{60} = 2/5 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_f = 20/4 \times 2/5 \times (40 - 23/8) = 826/2 \text{ W}$$

$$Q_{\Delta} = 175 \times \text{تعداد رایانه} = 1400 \text{ W}$$

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_f + Q_{\Delta} + Q_e + Q_A$$

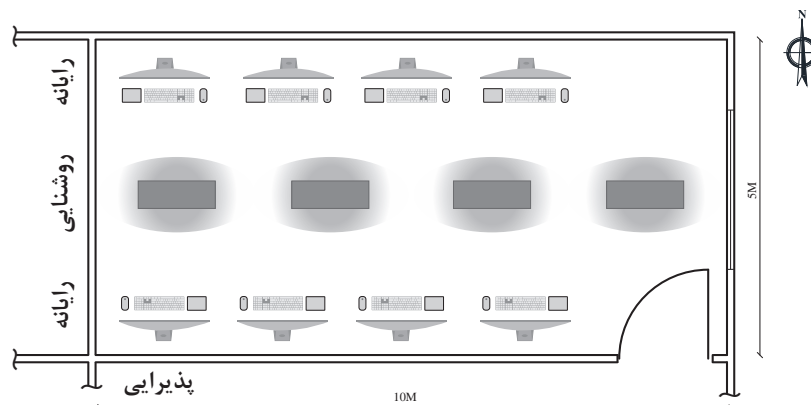
$$Q_{\text{tot}} = (46/36 + 504 + 1260 + 43000) + (301/32) + (1040 + 4000) + 826/2 + 1400$$

$$Q_{\text{tot}} = 10077/88 \text{ W}$$

### روش سرانگشتی

با توجه به مثال (بیشتر بدانید) و اینکه کرج در منطقه گرم و خشک واقع شده و اتاق مورد نظر از دو طرف با محیط خارج در ارتباط است بنابراین با توجه به جداول محاسبات سرانگشتی در کتاب همراه هنرجو مقدار بار سرمایی برابر خواهد شد:

$$Q = 225 \times (5 \times 10) = 11250 \text{ W}$$



همان‌طور که ملاحظه می‌شود محاسبه بار سرمایی سرانگشتی با تقریب خوبی نسبت به محاسبات دقیق به دست آمده است. برای انتخاب کولر گازی موارد زیر مورد توجه قرار می‌گیرد:

- ۱- انتخاب ظرفیت سرمایش کولر گازی
- ۲- انتخاب دستگاه از روی کاتالوگ
- ۳- مصرف برق و برچسب انرژی



پنجره روبه‌رو درب برد کنترل

بنابراین با توجه به بار سرمایی 11250 W از کاتالوگ نمونه کولر پنجره‌ای می‌توان دو دستگاه کولر مدل CW-CM18-BP3 و CW-CM24-GR3 برای این فضا در نظر گرفت.

با توجه به بار سرمایی فوق نوع کولر گازی اسپلیت مناسب برای این فضا را از کاتالوگ انتخاب نمایید.



در زیر یک نمونه کاتالوگ کولر پنجره‌ای جهت انتخاب دستگاه نشان داده شده است.

| مدل                                  |                      | واحد    | CW-CM18BR3                  | CW-CR18BR3                  | CW-CM18BP3                  | CW-CM24GR3                                      |
|--------------------------------------|----------------------|---------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| ظرفیت                                |                      | W       | 5275                        | 5276                        | 5277                        | 7032  |
| توان ورودی                           |                      | W       | 2100                        | 2189                        | 1875                        | 2500  |
| رطوبت زدایی                          |                      | L/h     | 1.8                         | 1.8                         | 1.8                         | 2.6   |
| گردش هوا<br>(کم، متوسط، زیاد)        |                      | m3/h    | 770/690/590                 | 770/690/590                 | 780/690/630                 | 920/820/740                                     |
| ضریب بازده انرژی (EER)               |                      | W/W     | 2.51                        | 2.41                        | 2.81                        | 2.81  |
| نوع مبرد                             |                      | Kg      | R22/0.61                    | R22/0.55                    | R22/0.66                    | R22/0.84  |
| صدای نویز داخلی<br>(کم، متوسط، زیاد) |                      | (dB)A   | 56/53/51                    | 56/53/50                    | 61/58/55                    | 62/59/56  |
| صدای نویز خارجی                      |                      | (dB)A   | 62/59/56                    | 62/59/56                    | 67/63/59                    | 67/64/61  |
| منبع تغذیه                           |                      | Ph.v.Hz | 220-240V,50Hz,1P            | 220-240V,50Hz,1P            | 220-240V,50Hz,1P            | 220-240V,50Hz,1P                                |
| حداکثر جریان                         |                      | A       | 14.2                        | 15                          | 17                          | 19  |
| جریان قفل موتور                      |                      | A       | 49                          | 53                          | 54.1                        | 54  |
| حداکثر توان مصرفی ورودی              |                      | W       | 2800                        | 3000                        | 3450                        | -   |
| کمپرسور                              | برند                 |         | GMCC                        | GMCC                        | KK                          | GMCC  |
|                                      | نوع                  |         | Rotary                      | Rotary                      | PISTON                      | Rotary  |
| کندانسور                             | تعداد ردیف           | عدد     | 2                           | 2                           | 2                           | 2   |
|                                      | فاصله فین            | mm      | 1.2                         | 1.2                         | 1.2                         | 1.3   |
|                                      | نوع و قطر لوله خارجی | mm      | innergroove,Φ $\Delta$ tube | innergroove,Φ $\Delta$ tube | innergroove,Φ $\Delta$ tube | innergroove,Φ $\Delta$ , $\Delta$ $\Delta$ tube |
|                                      | تعداد لوله           | عدد     | 3                           | 3                           | 4                           | -   |
| سایر                                 |                      |         |                             |                             |                             |   |
| طراحی فشار                           |                      | MPa     | 2.94/1.0                    | 2.94/1.0                    | 2.94/1.0                    | 2.94/1.0  |
| نوع کنترل                            |                      |         | مکانیکی (سلکتوری)           | ریموت کنترل                 | مکانیکی (سلکتوری)           | مکانیکی (سلکتوری)                               |
| دمای عملکرد                          | داخلی                | C*      | 17-32                       | 17-32                       | 17-32                       | 17-32   |
|                                      | خارجی                | C*      | 18-52                       | 18-52                       | 18-43                       | 18-43   |
| ابعاد                                |                      | mm      | 428*680*660                 | 428*680*660                 | 428*680*660                 | 515*815*660                                     |
| ابعاد بسته بندی                      |                      | mm      | 515*815*746                 | 515*815*746                 | 515*815*746                 | 515*815*746                                     |
| وزن خالص بسته بندی                   |                      | Kg      | 51.8/56.3                   | 53/57                       | 63/67.6                     | 58/63   |

## تأسیسات بهداشتی

تأسیسات بهداشتی بخشی از تأسیسات مکانیکی ساختمان است که شامل طراحی<sup>۱</sup>، ترسیم<sup>۲</sup>، انتخاب مصالح<sup>۳</sup>، چگونگی اجرا<sup>۴</sup>، آزمایش<sup>۵</sup>، راه‌اندازی<sup>۶</sup> و نگهداری<sup>۷</sup> می‌شود که حیطه‌های زیر را دربر می‌گیرد:

- ۱- لوله‌کشی آب سرد و گرم مصرفی در داخل ساختمان
- ۲- شبکه‌ت تهیه و ذخیره آب گرم مصرفی
- ۳- شبکه‌ت تأمین فشار آب سرد مصرفی و آب گرم مصرفی
- ۴- شبکه‌ت جمع‌آوری و هدایت فاضلاب داخل ساختمان تا نقطه دفع از ساختمان
- ۵- شبکه‌ت لوله‌کشی هواکش فاضلاب
- ۶- شبکه‌ت جمع‌آوری و هدایت آب باران به داخل
- ۷- نصب لوازم بهداشتی داخل ساختمان

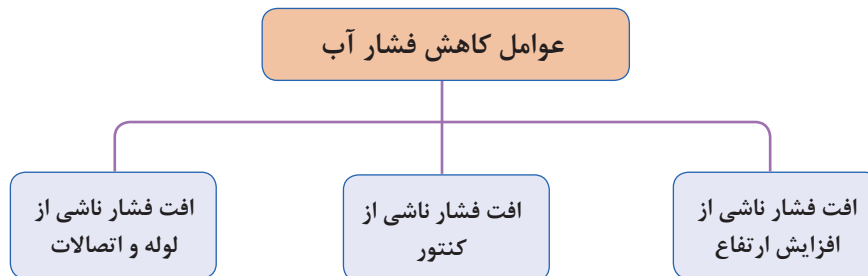
## محاسبه سیستم آبرسانی

با هدف برآورد مقدار مصرف واقعی آب<sup>۸</sup> (متوسط مصرف شبانه‌روزی یک فرد ایرانی ۱۵۰ لیتر) و تعیین قطر لازم<sup>۹</sup>، برای انتقال آب به شیرهای مصرف انجام می‌گردد.

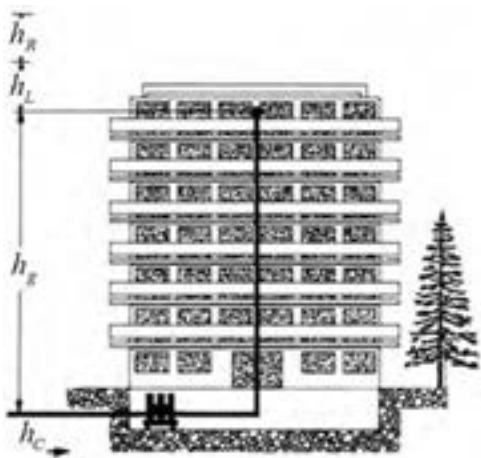
### – محاسبه فشار مورد نیاز یک ساختمان

برای اینکه در شیرهای برداشت فشار موردنیاز را تأمین کنیم باید بر عوامل مؤثر بر کاهش فشار غلبه کنیم پس برای محاسبه فشار به دو عامل نیاز داریم:

- حداقل فشار موردنیاز در شیر برداشت
- عوامل مؤثر بر افت فشار شبکه که خود بر سه نوع هستند.



- ۱- Designing
- ۲- Drawing
- ۳- Materials
- ۴- Performance
- ۵- Test
- ۶- Start up
- ۷- Repair & Maintenance
- ۸- Supply Fixture Unit (SFU)
- ۹- Pipe Sizing



$$H = h_g + h_L + h_C + h_R$$

فشار مورد نیاز شبکه H:

ارتفاع هندسی (اختلاف ارتفاع بین کنتور تا بالاترین

نقطه مصرف آب):  $h_g$

افت فشار در لوله‌ها، شیرآلات و سایر وسایل نصب شده

در شبکه:  $h_L$

افت فشار در کنتور:  $h_C$

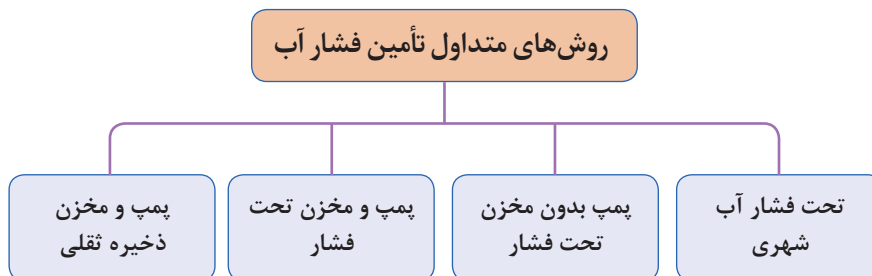
■ (افت فشار مجاز در کنتور آب حداکثر ۱ بار است)

حداقل فشار مطلوب در بالاترین و دورترین واحد پشت

مصرف کننده:  $h_R$

شکل ۱۶- افت فشارهای آب مصرفی ساختمان

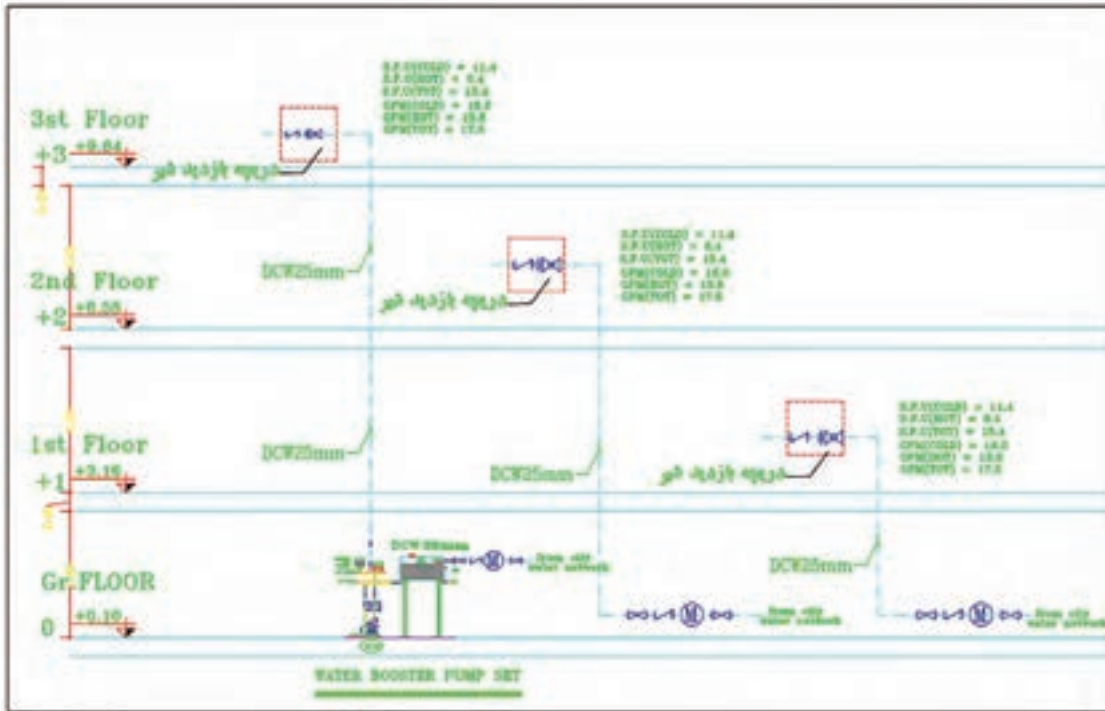
**تأمین آب ساختمان:** فشار آب ساختمان، در ساعات پرمصرف، باید بتواند آب بالاترین وسیله بهداشتی را به مقدار کافی تأمین نماید به طوری که سرعت خروج آب از شیر موردنظر مطابق استانداردهای مقررات ملی باشد. برای تأمین یا تنظیم این فشار در شبکه لوله‌کشی توزیع آب آشامیدنی باید یکی از سیستم‌های نمودار زیر یا ترکیبی از آنها نصب شود.



### شبکه تحت فشار آب شهری

به دلیل اختلاف فشار آب شهری در نقاط مختلف و عدم اطلاعات کافی، مهندس طراح باید با توجه به تجربیات قبلی و یا با بررسی فشار آب در اماکن مجاور محل احداث ساختمان در مورد کافی بودن فشار آب شهر تصمیم‌گیری نماید. برای نمونه در شهر سیرجان مناسب‌ترین ارتفاع آب‌دهی تا طبقه دوم حداکثر ۱۰ متر است.

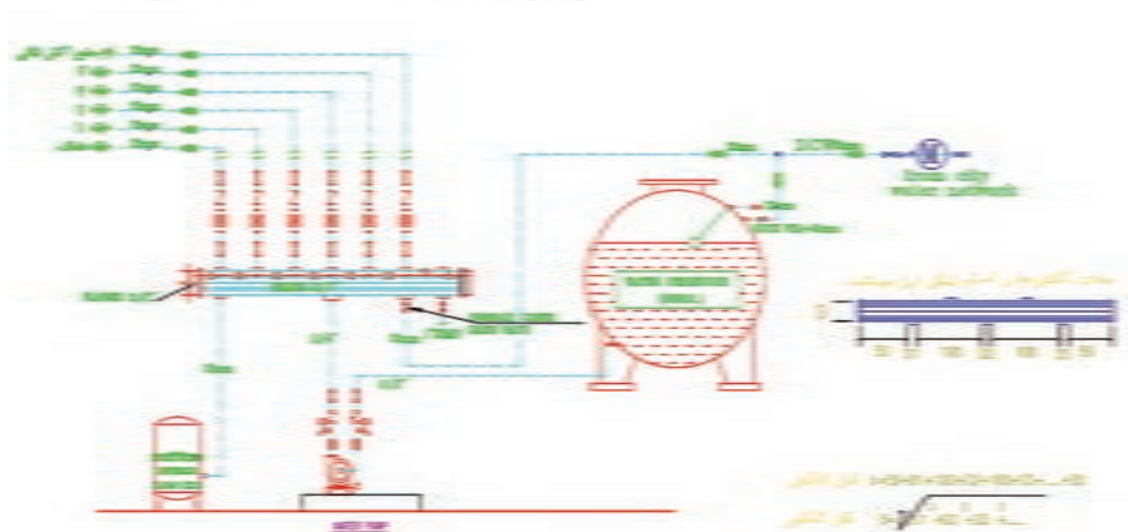
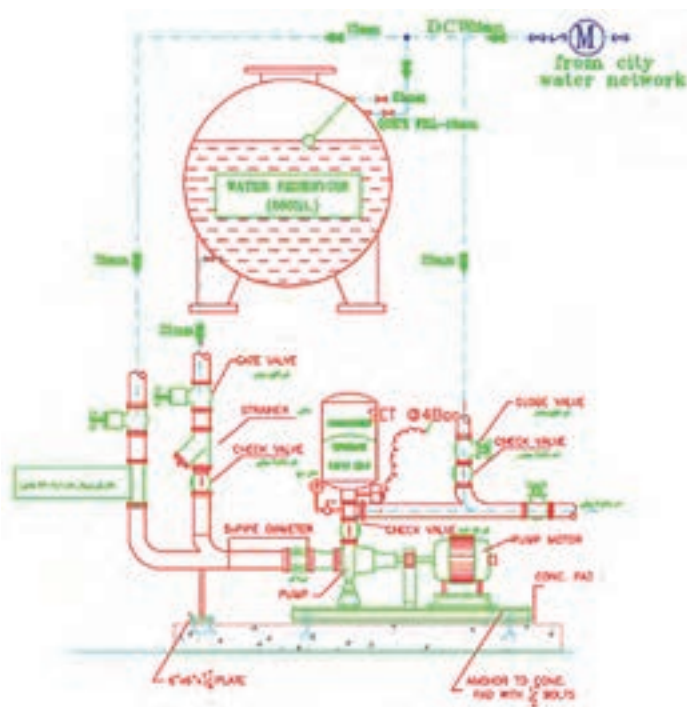
در مورد فشار آب شهر خود، تحقیق و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید.



فلودباگرام آبرسانی طبقات

## پمپ بدون مخزن تحت فشار و با مخزن تحت فشار

طبق شکل زیر در مخازن تحت فشار، فشار آب لازم با استفاده از بالشتک هوا ایجاد شده و لذا می توان آنها را در هر جای ساختمان حتی در موتورخانه نیز نصب نمود.

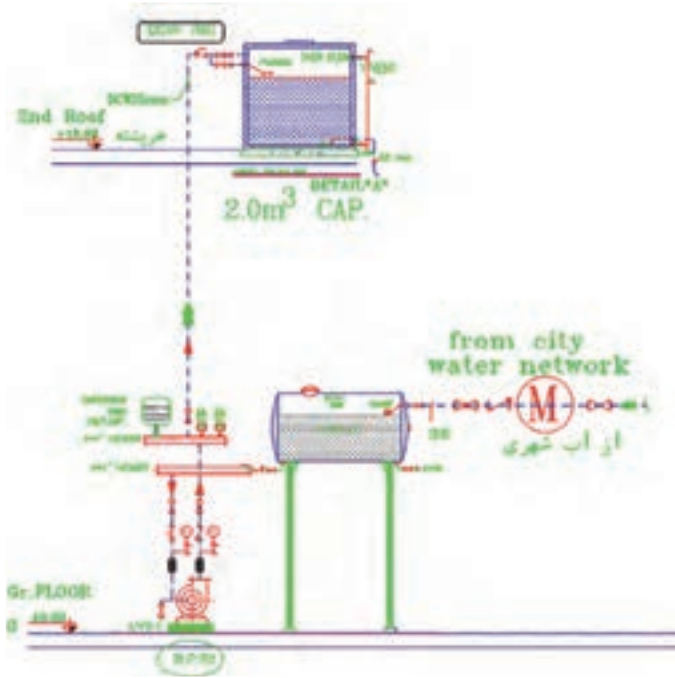


شکل ۱۷- جزئیات نصب پمپ زمینی خانگی به همراه مخزن ذخیره و تحت فشار

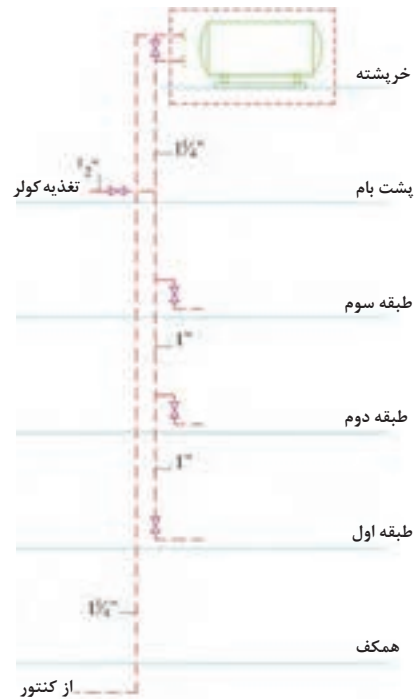
## پمپ و مخزن ذخیره ثقیلی

در این روش با نصب مخزن ذخیره آب در پایین ترین طبقه ساختمان آب شهر در آن ریخته می شود و سپس توسط یک پمپ آب از این مخزن ذخیره به مخزن ذخیره ثقیلی که معمولاً در پشت بام نصب می شود انتقال می یابد. برای ساختمان های مسکونی با بیش از ۴ طبقه یا بیش از ۱۰ واحد مسکونی پیش بینی مخزن ذخیره آب ضروری است. حجم مخزن ذخیره آب بایستی جوابگوی ۱۲ ساعت مصرف، براساس ۱۵۰ لیتر در شبانه روز باشد.





شکل ۱۹- پمپ تأمین فشار آب طبقات ساختمان مسکونی به همراه مخزن ذخیره در بام



شکل ۱۸- مخزن ذخیره در ارتفاع

حجم مخزن ثقلی مناسب برای یک ساختمان ۵ طبقه ۲ واحدی که در هر واحد به طور متوسط ۳ نفر ساکن باشند چند لیتر خواهد بود؟

مثال: با توجه به رایزر دیاگرام زیر، فشار لازم برای آبرسانی با پمپ تأمین فشار برای واحد طبقه چهارم یک ساختمان چند متر است؟  
با توجه به شکل برای تأمین فشار مناسب پمپ بایستی بر عوامل کاهش فشار غلبه نماید بنابراین داریم:

$$H = h_g + h_L + h_C + h_R$$

بر طبق تجربه کاری و برای ساده‌سازی افت فشارهای شبکه آبرسانی مجموعه افت فشارهای جزئی در لوله‌کشی معادل ۲۰ متر در نظر گرفته می‌شود، بنابراین داریم:

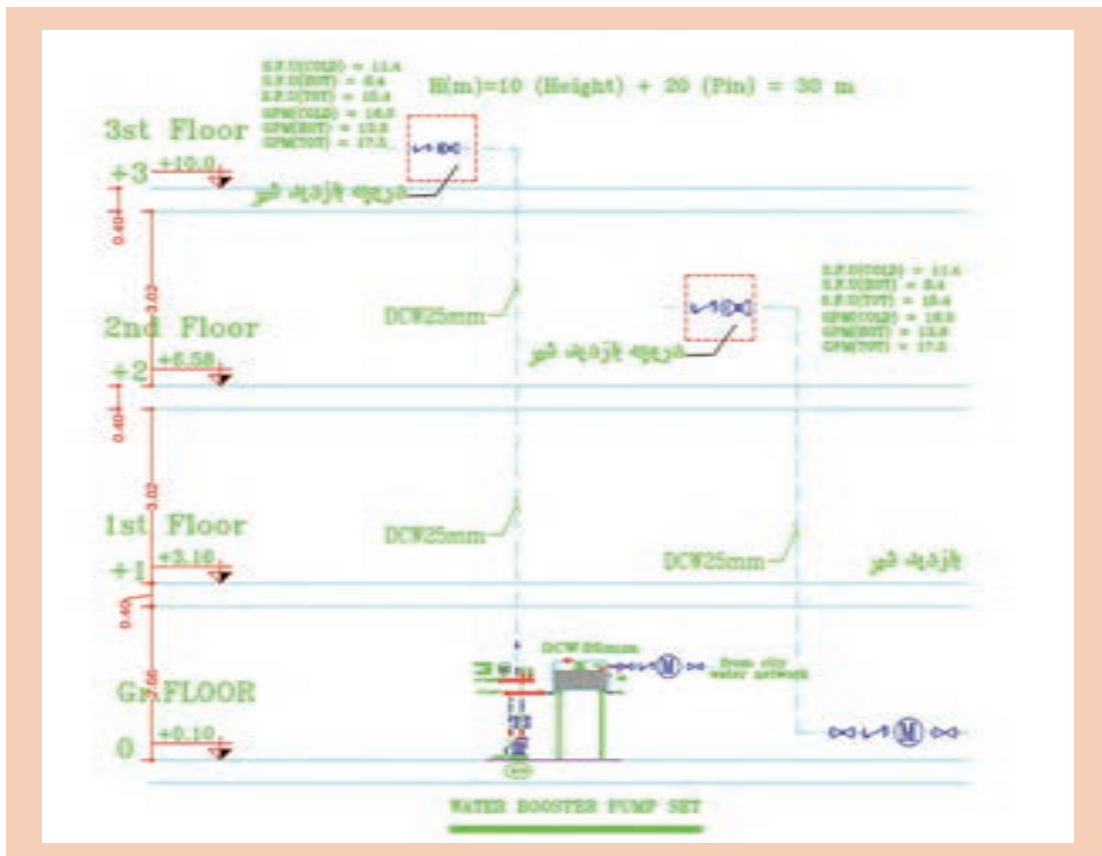
$$H = h_g + h_L + h_C + h_R = h_g + 20\text{ m}$$

با توجه به رابطه بالا پس از ساده‌سازی متوجه می‌شویم برای محاسبه هد پمپ باید ارتفاع هندسی (اختلاف ارتفاع بین کنتور تا بالاترین نقطه مصرف آب) را به دست بیاوریم و با عدد ۲۰ جمع کنیم تا هد پمپ به دست بیاید.

$$H = h_g + 20\text{ m} = 10 + 20 = 30\text{ m}$$

هد مورد نیاز پمپ ۳۰ متر یا حدود ۳ بار (bar) خواهد بود.





با توجه به رایزر دیاگرام ترسیمی برای یک ساختمان ۷ طبقه روی پیلوت و زیرزمین (۹ سقف) فشار مورد نیاز پمپ هر طبقه را محاسبه و بر روی رایزر دیاگرام بنویسید (با فرض اینکه حداقل فشار پشت واحد در هر طبقه ۲۰ متر ستون آب باشد).



### انتخاب پمپ

برای انتخاب پمپ به دو عامل نیاز داریم:

■ هد یا فشار پمپ  $H_p$  ■ دبی پمپ  $q_p$

پس از آنکه حداکثر دبی آب واحدها محاسبه شد از فرمول تجربی زیر می توان مقدار دبی پمپ را به دست آورد:

$$q_p = \frac{Q}{3}$$

دبی حداکثر بر حسب L/min

دبی پمپ بر حسب L/min

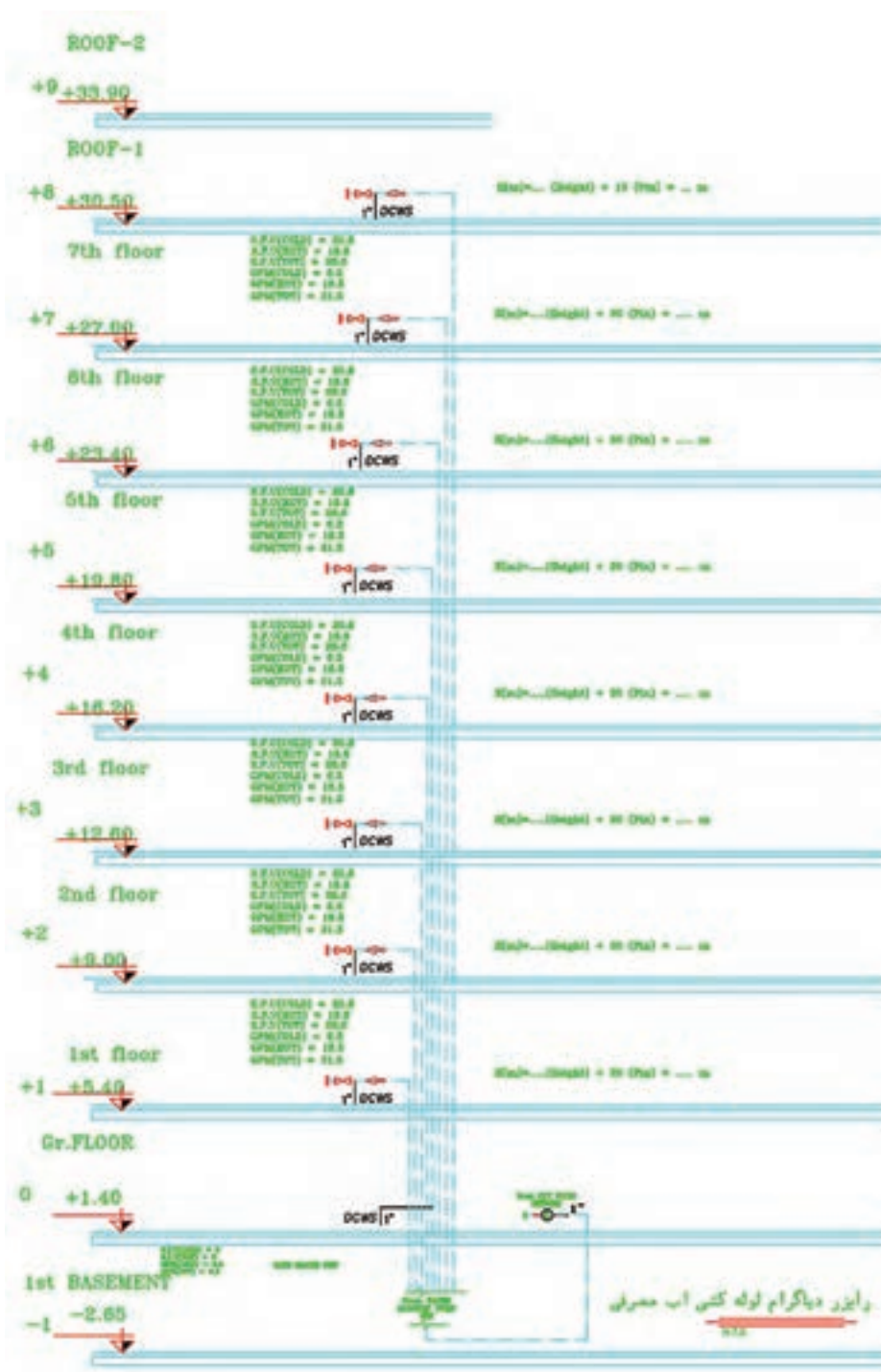
(با توجه به ضریب همزمانی مصرف برای محاسبه پمپ حدود ۳۰٪ حداکثر احتمال مصرف آب در نظر گرفته شود)

$$q_p = 22 \times \sqrt{\frac{A \times n}{100}}$$

n: تعداد واحد

$$\left(\frac{H_2}{H_1}\right) = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$$

A: مساحت واحد  $m^2$



مزایای مخزن ذخیره آب در ارتفاع را بیان نمایید.

کار کلاسی



- مهم‌ترین مشکل مخزن ثقلی لزوم تقویت سازه برای تحمل وزن آن و نیز محافظت از مخزن در برابر نورخورشید و یخ‌زدگی است.
- نکته: طبق مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان، در صورت استفاده از مخزن تحت فشار و مخزن ذخیره، نصب مستقیم پمپ روی لوله انشعاب آب شهری مجاز نیست و نیاز به مخزن روزانه قبل از پمپ است.

## محاسبه قطر لوله آب بهداشتی ساختمان

با توجه به هدف آبرسانی، کدام یک از موارد زیر در تعیین قطر لوله مؤثر خواهد بود؟

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| تعداد طبقات                          | بله |
| تعداد واحد                           |     |
| مقدار آب مصرفی ساختمان               |     |
| ارتفاع ساختمان                       |     |
| سرعت آب در لوله                      |     |
| تعیین الگوی مصرف هر نفر در شبانه‌روز |     |
| قطر لوله اصلی و قطر کنتور            |     |
| افت فشار شبکه لوله‌کشی               |     |



### برآورد قطر لوله آبرسانی (pipe sizing)

برای اینکه به یک شیر برداشت آب برسانیم باید قطر لوله تغذیه آن طوری طراحی شود که بتواند دو عامل زیر را پوشش دهد:

- میزان آب مورد نیاز
- فشار آب مورد نیاز

جدول زیر که برگرفته از مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان ایران است، حداکثر مقدار آب مورد نیاز و حداقل قطر نامی لوازم بهداشتی را نشان می‌دهد.

جدول ۹- حداکثر مقدار آب مورد نیاز در لوازم بهداشتی

| حداقل قطر نامی لوله | حداکثر مقدار جریان | شیر  |               |
|---------------------|--------------------|------|---------------|
|                     |                    | نام  | نماد          |
| (میلی‌متر)          | (لیتر بر دقیقه)    |      |               |
| ۱۰                  | ۶                  | LAV. | روشویی        |
| ۱۵                  | ۸                  | SH.  | دوش           |
| ۱۵                  | ۸                  | K.S. | سینک ظرفشویی  |
| ۱۵                  | ۶                  | MT   | شیرآفتابه     |
| ۱۵                  | ۶                  | FT   | فلاش تانک     |
| ۱۵                  | ۸                  | CW   | ماشین رختشویی |

برای محاسبه قطر لوله به صورت دقیق، روش‌های مهندسی متفاوتی وجود دارد که استانداردها و کدها آن را توصیه نموده‌اند و در این روش‌ها به طور معمول طراح علاوه بر دو عامل نامبرده باید به عواملی همچون میزان فشار آب ورودی، نوع کنتور، نوع لوله‌های به کاررفته، تعداد طبقات، طول لوله‌کشی، فشار مورد نیاز برای هر مصرف‌کننده، حداکثر سرعت جریان آب، مقدار دبی و افت فشارها توجه کند. به کارگیری روش‌های دستی برای این موضوع وقت‌گیر است و با کاربرد نرم‌افزاری آن در پودمان‌های دیگر این کتاب آشنا خواهید شد. ولی برای اینکه بتوانیم یک محاسبه سرانگشتی نیز داشته باشیم روش تجربی زیر را به کار می‌گیریم:

#### روش تجربی محاسبه قطر لوله:

در این روش فقط با داشتن دبی مورد نیاز عمل قطرزنی را انجام می‌دهیم. برای اینکه مقدار آب مورد نیاز هر مصرف‌کننده را داشته باشیم به مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان ایران مراجعه و از آنجا با توجه به جدول زیر دبی آب مورد نیاز هر شیر برداشت را پیدا کرده و در معادله زیر قرار می‌دهیم. در این معادله قطر داخلی لوله بر حسب میلی‌متر و دبی آب بر حسب لیتر بر دقیقه باید قرار داده شود:

$$Q = \text{دبی آب در لوله} \text{ L/min}$$

$$d = \text{قطر داخلی لوله} \text{ mm}$$

$$d = 3/5 \sqrt{Q}$$

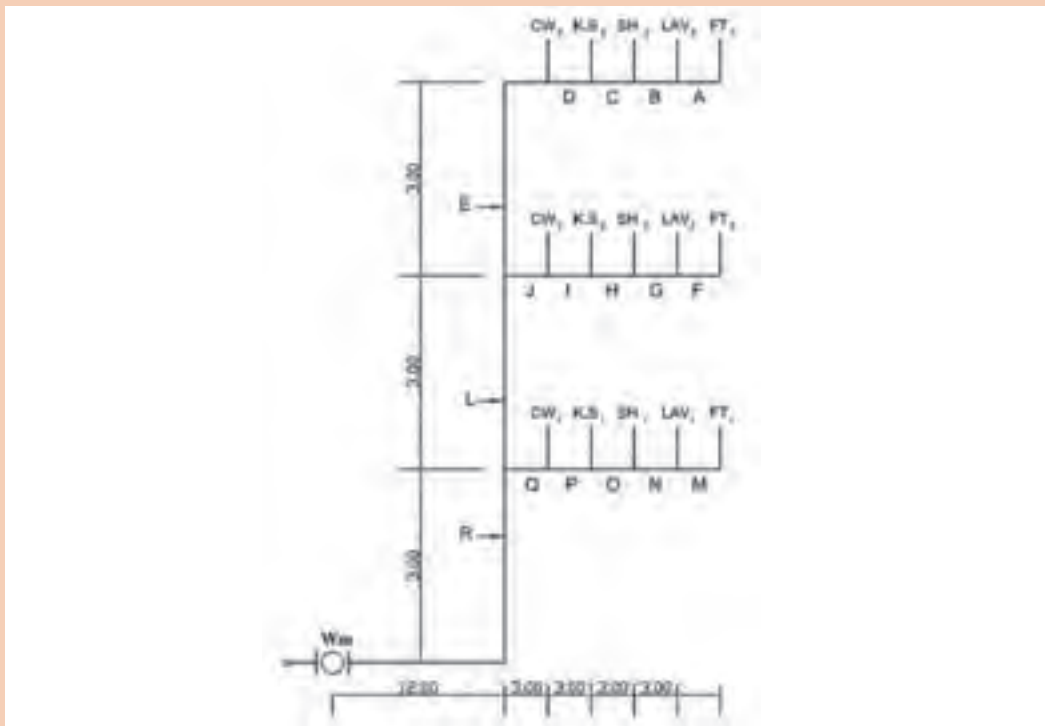
پس از به دست آوردن قطر داخلی چنانچه لوله مربوط به یک شیر است آن را با جدول حداقل قطر مقایسه می‌کنیم که از آن کمتر نباشد. ولی چنانچه لوله مربوط به تغذیه چند وسیله است با توجه به نوع لوله‌ای که انتخاب کرده‌ایم از جدول مربوط قطر مورد نیاز را به دست می‌آوریم.

**مثال:** قطر لوله آب ورودی به یک دوش چند میلی‌متر است؟  
 از جدول بالا مقدار آب برای دوش ۸ لیتر بر دقیقه تعیین می‌شود پس قطر داخلی لوله:  
 چون جدول حداقل قطر ۱۵ را پیشنهاد کرده پس باید آن را انتخاب کنیم.

$$d = 3/5 \sqrt{Q} = 3/5 \sqrt{8} = 10 \text{ mm}$$

قطر لوله‌های آب یک ساختمان سه طبقه نشان داده شده را به صورت تجربی به دست آورید و جدول زیر را کامل نمایید. فرض کنید لوله‌های به کار رفته پنج لایه پلیمری با مشخصات زیر است:

کار کلاسی



جدول ۱۰- مشخصات یک نوع لوله پنج لایه پلیمری

| نام خط | دبی خط<br>$Q(L/min)$ | قطر داخلی<br>$d(mm) = 3/5 \sqrt{Q}$ | قطر نامی<br>$D(mm)$ | سایز | قطر خارجی | قطر داخلی | ضخامت دیواره |
|--------|----------------------|-------------------------------------|---------------------|------|-----------|-----------|--------------|
| A,F,M  |                      |                                     |                     | ۱۶   | ۱۶        | ۱۱/۶      | ۲/۲          |
| B,G,N  |                      |                                     |                     | ۲۰   | ۲۰        | ۱۵/۵      | ۲/۵          |
| C,H,O  |                      |                                     |                     | ۲۵   | ۲۵        | ۲۰        | ۳            |
| D,I,P  |                      |                                     |                     | ۳۲   | ۳۲        | ۲۵/۵      | ۳/۸          |
| E,J,Q  |                      |                                     |                     | ۴۰   | ۴۰        | ۳۲        | ۴/۴          |
| L      |                      |                                     |                     | ۵۰   | ۵۰        | ۴۰        | ۴/۹          |
| R      |                      |                                     |                     | ۶۳   | ۶۳        | ۵۱        | ۶            |

## جمع آوری و دفع فاضلاب و آب باران

فقط بخش کوچکی از آب مصرفی به صورت تبخیر از دسترس خارج می‌شود و بقیه نهایتاً به منابع و جریان آب‌های سطحی یا زیرزمینی برخواهد گشت و در همین سیکل است که آلودگی احتمالی می‌تواند به آسانی وارد آب‌های زیرزمینی، شبکه‌های آبرسانی شهری، مزارع و معادن مختلف شود. یکی از انواع فاضلاب، فاضلاب بهداشتی ساختمان‌های مسکونی می‌باشد که در حقیقت می‌توان گفت که آب مصرفی جهت بهداشت فردی و شست‌وشوی لوازم، تبدیل به فاضلاب می‌گردد. در این سیستم موارد ذیل بررسی می‌شود:

- مقدار فاضلاب

- هواکش فاضلاب

- مشخصات لوله‌کشی شبکه فاضلاب

**مقدار فاضلاب:** مقدار فاضلاب بهداشتی برابر ۸۵ درصد آب مصرفی افراد می‌باشد که با استفاده از جداول استاندارد و نیز شیب لوله‌های عمودی و افقی انتقال فاضلاب، سایز انتخاب می‌گردد.

**هواکش فاضلاب:** جهت کارکرد بهتر شبکه فاضلاب داخلی ساختمان و خروج هوا و بویهای مزاحم از داخل سیستم فاضلاب شبکه هواکش (vent) طراحی می‌گردد. طبق استانداردها برای هر یک از وسایل بهداشتی بایستی یک عدد لوله هواکش منظور کرده و پس از به هم پیوستن آنها لوله مذکور را به خارج ساختمان انتقال داد.

مراحل محاسبه یک شبکه لوله‌کشی فاضلاب، هواکش و آب باران مناسب به شکل زیر است:



## محاسبه شبکه لوله‌کشی گاز ساختمان

مراحل محاسبه یک شبکه لوله‌کشی گاز مناسب به شکل زیر است که در پودمان نرم‌افزار به آن پرداخته می‌شود.



## برآورد مصرف گاز

مقدار مصرف گاز برای هر طرح بر مبنای متر مکعب بر ساعت با توجه به جدول زیر به دست می آید:

جدول ۱۱- مقدار تقریبی مصرف تعدادی از دستگاه‌های گازسوز

| دستگاه گازسوز                 | مقدار تقریبی مصرف (مترمکعب در ساعت) |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| آبگرمکن فوری                  | ۲/۵                                 |
| آبگرمکن مخزن‌دار              | ۱/۵                                 |
| اجاق گاز خانگی (۵ شعله فردار) | ۰/۷                                 |
| اجاق گاز تجاری                | ۲/۵-۴                               |
| بخاری خانگی                   | ۰/۶                                 |
| کباب‌پز و بلویز خانگی         | ۰/۳                                 |
| بلویز تجاری                   | ۲/۵-۴                               |
| روشنایی                       | ۰/۱                                 |
| شوینده                        | ۰/۳                                 |

## طول دورترین مسیر

فاصله نقطه خروجی رگولاتور تا دورترین مصرف کننده را می گویند. که از آن برای تعیین قطر لوله‌ها براساس مقدار گاز عبوری استفاده می شود.

## محاسبه قطر لوله

برای تعیین قطر لوله پس از تعیین مقدار مصرف و طول دورترین مسیر از جدول زیر قطر لوله مربوط به هر خط با توجه به مقدار مصرف آن تعیین می گردد.

جدول ۱۲- حداکثر ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب در ساعت برای گاز طبیعی با فشار ۱۷۶

میلی‌متر ستون آب و افت فشار ۱۲/۷ میلی‌متر ستون آب و چگالی ۰/۶۵

| طول لوله (متر) | قطر اسمی لوله (اینچ) |     |     |     |       |       |     |       |
|----------------|----------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|
|                | ۱/۴                  | ۱/۲ | ۳/۴ | ۱   | ۱ ۱/۴ | ۱ ۱/۲ | ۲   | ۲ ۱/۲ |
| ۲              | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۳              | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۴              | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۵              | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۶              | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۸              | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۱۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۱۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۱۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۱۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۱۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۲۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۲۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۲۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۲۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۲۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۳۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۳۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۳۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۳۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۳۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۴۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۴۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۴۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۴۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۴۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۵۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۵۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۵۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۵۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۵۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۶۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۶۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۶۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۶۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۶۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۷۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۷۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۷۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۷۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۷۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۸۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۸۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۸۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۸۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۸۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۹۰             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۹۲             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۹۴             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۹۶             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۹۸             | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |
| ۱۰۰            | ۱۰۰                  | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۱۰۰ | ۱۰۰   |

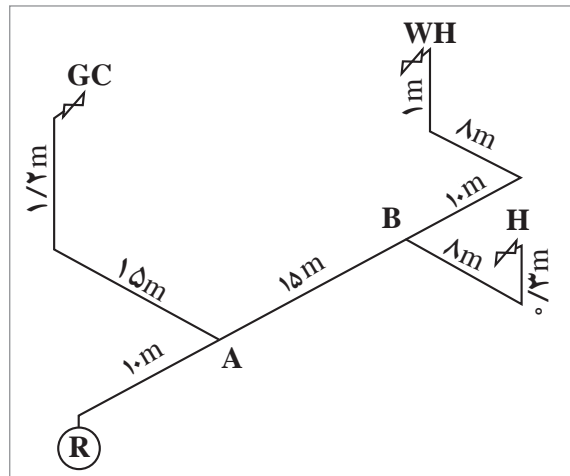


مثال: با توجه به شکل قطر لوله اصلی را به دست آورید.  
(قطر لوله اصلی از کنتور تا اولین انشعاب می‌باشد)

$$L = 10 + 15 + 13 + 8 + 1 = 47 \text{ m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 60 \text{ m} \\ \text{مقدار مصرف} = 1/5 + 0/7 + 0/6 = 2/8 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \\ \text{قطر } d = 1'' \end{array} \right.$$

| حروف اختصاری | نام وسیله |
|--------------|-----------|
| H            | بخاری     |
| W.H          | آبگرمکن   |
| G.C          | اجاق گاز  |
| R            | رگولاتور  |



هدف ما در این بخش آشنایی با شیوه محاسبات و تعیین قطر لوله گاز ساختمان بوده تا در پودمان بعد روش محاسبه از طریق نرم‌افزار بیان گردد.

توجه



## نمونه ارزشیابی

### بخش اول:

۱- با توجه به نوع سیستم تهویه مطبوع و پخش‌کننده‌های گرمایی ستون سمت راست را به ستون سمت چپ متصل کنید:

| پخش‌کننده                              | نوع سیستم                           |
|--|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> فن کویل          | <input type="radio"/> انبساط مستقیم |
| <input type="radio"/> کولر گازی        | <input type="radio"/> تمام آب       |
| <input type="radio"/> فن کویل + هواساز | <input type="radio"/> تمام هوا      |
| <input type="radio"/> هواساز           | <input type="radio"/> هوا آب        |

۲- کدام دستگاه در دسته‌بندی سردکننده‌های تبخیری قرار نمی‌گیرد؟

(الف) کولر آبی (ب) فن کویل (پ) زنت (ت) ایرواشر

۳- تفاوت عمده دو سیستم توزیع هوای VAV و CAV در چیست؟

چنانچه به دو سؤال از سه سؤال بالا پاسخ صحیح دهید می‌توانید سؤالات بخش دوم را پاسخ دهید.

### بخش دوم:

۱- محاسبات بار گرمایی یک ساختمان که نقشه و شرایط طرح آن توسط هنرآموز در اختیار شما قرار داده شده است را انجام دهید و در برگ محاسباتی درج نمایید.

۲- در یک سیکل تبرید تراکمی کولر گازی که فشار و دماهای مختلف در آن نشان داده شده است رابطه فشار و دما را تحلیل کنید.

۳- یک پلان ساختمان که در آن سیستم VRF اجرا شده است را تهیه و تحلیل کنید که سرمایه‌ی یا گرمایش یا هردو چگونه در آن انجام می‌شود.

چنانچه به دو سؤال از سه سؤال بخش دوم پاسخ دهید نمره قابل قبول را دریافت و می‌توانید سؤالات بخش سوم را پاسخ دهید.

### بخش سوم:

۱- بار تهویه مطبوع تابستانی را برای یک پلان ساختمانی محاسبه و کولر گازی‌های مورد نیاز آن را انتخاب کنید.

۲- با توجه به رایزر دیاگرام سیستم آبرسانی و فاضلاب قطر لوله‌ها و پمپ مورد نیاز برای تأمین آب را انتخاب نمایید.

ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمره مستمر (از ۵ نمره) و یک نمره شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استانداردهای عملکرد جدول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و براساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

جدول ۱۳- الگوی ارزشیابی پودمان انتخاب سیستم

| نمره | استاندارد<br>(شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)  | نتایج                                     | استاندارد عملکرد  | تکالیف<br>عملکردی<br>(شایستگی‌ها) |
|------|--|---|---|-----------------------------------|
| ۳    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- محاسبات سیستم گرمایشی برابر استانداردها</li> <li>- محاسبات سیستم سرمایشی برابر استانداردها</li> <li>- محاسبات سیستم آبرسانی</li> <li>- طراحی سیستم تهویه مطبوع یک ساختمان با توجه به معیارهای طراحی</li> <li>- انتخاب پمپ آبرسانی با توجه به نوع ساختمان</li> </ul> | بالاتر از حد انتظار                       | محاسبه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی ساختمان براساس نوع سیستم طراحی شده و برابر استانداردها | انتخاب سیستم                      |
| ۲    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- محاسبات سیستم گرمایشی برابر استانداردها</li> <li>- محاسبات سیستم سرمایشی برابر استانداردها</li> <li>- محاسبات سیستم آبرسانی با توجه به ساختمان</li> </ul>   | در حد انتظار (کسب شایستگی)                |   |                                   |
| ۱    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- محاسبات سیستم گرمایشی برابر استانداردها</li> </ul>  | پایین‌تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی) |   |                                   |
|      |  |   | نمره مستمر از ۵   |                                   |
|      |  |   | نمره شایستگی پودمان از ۳  |                                   |
|      |  |   | نمره پودمان از ۲۰   |                                   |