پودمان ۳

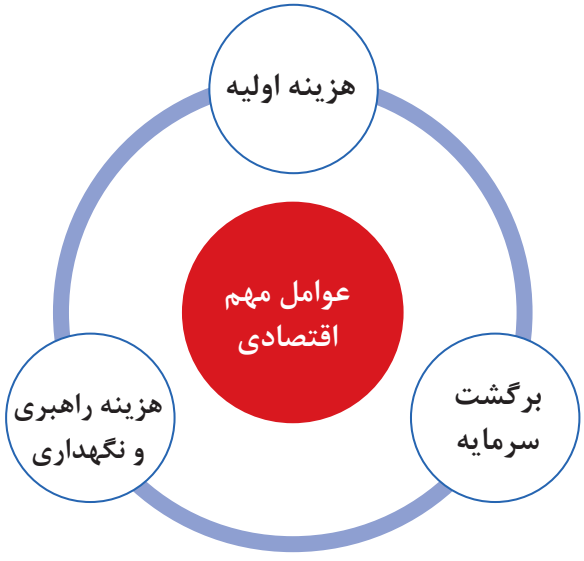
انتخاب سیستم‌ها

پیشگفتار

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 سرمایش معمولی یک اتاق یا ساختمان کوچک و تهویه مطبوع ساختمان‌های بزرگ با تکیه بررعایت تمام اصول فنی و شرایط محیطی از جمله معماری، حذف ارتعاشات و صداهای مزاحم وجود دارد. تهویه مطبوع کامل، محیطی را به‌وجود 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:

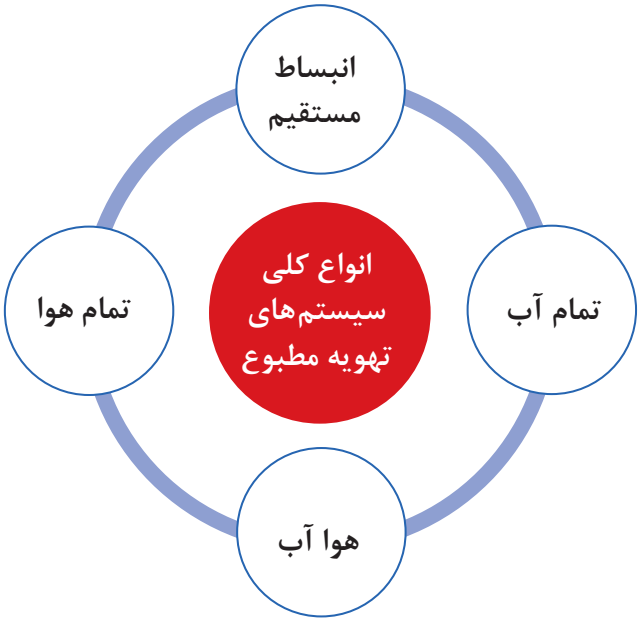
گفت‌وگوی کلاسی

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



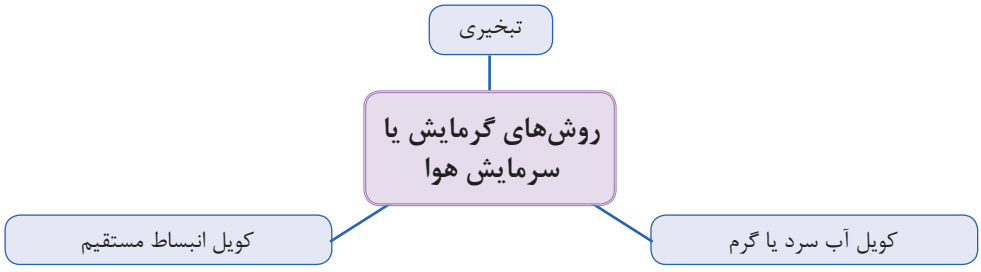
جوانب اقتصادی

یک پروژه تأسیساتی ممکن است در زمره یکی از انواع سرمایه‌گذاری (کوتاه‌مدت، میان‌مدت یا بلندمدت) قرار گیرد و ممکن است سرمایه‌گذار مبنا را 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 موردنظر هدایت می‌شود.



الف) تبخیری: از دستگاه‌هایی مانند کولر آبی، زنت و ایرواشر برای سرمایش یا گرمایش هوا استفاده می‌شود. در ایرواشر 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.

پژوهش کنید

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

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 ــ هواساز

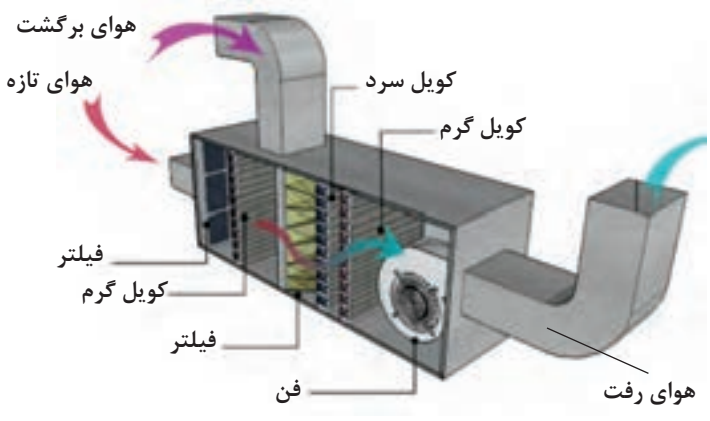
هوای برگشتی از ساختمان پس از اختلاط با هوای تازه در محفظه دستگاه هواساز و پس از عبور از کویل‌های سرمایشی و گرمایشی و سیستم رطوبت‌زن (در فصول سرد) وارد ساختمان می‌شود.
فرایند رطوبت‌زنی با استفاده از نازل‌های پاشنده آب و یا شبکه بخار می‌باشد و فرایند رطوبت‌گیری توسط کویل‌های سرمایشی صورت می‌پذیرد.
هواسازها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

پ) کویل انبساط مستقیم:

در این نوع هواساز به‌جای 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.

نکته

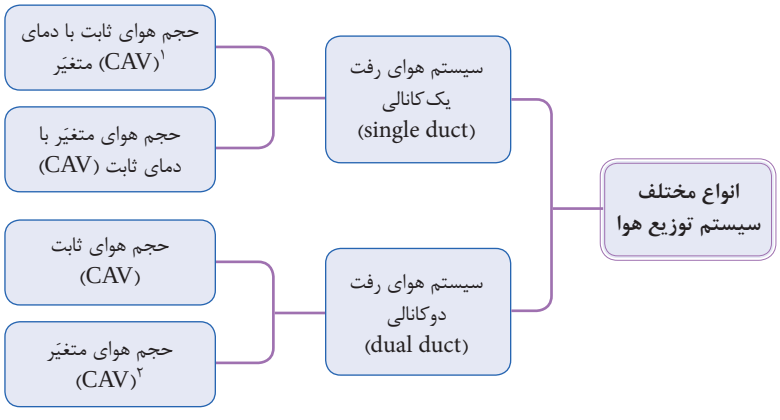
در روش استفاده از کویل آب و یا کویل انبساط مستقیم مقداری از هوای رفت تخلیه شده و به‌جای آن هوای تازه وارد سیستم توزیع هوا می‌شود.



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

شکل ۳ــ کویل انبساط مستقیم (Dx)

انواع سیستم های توزیع هوا

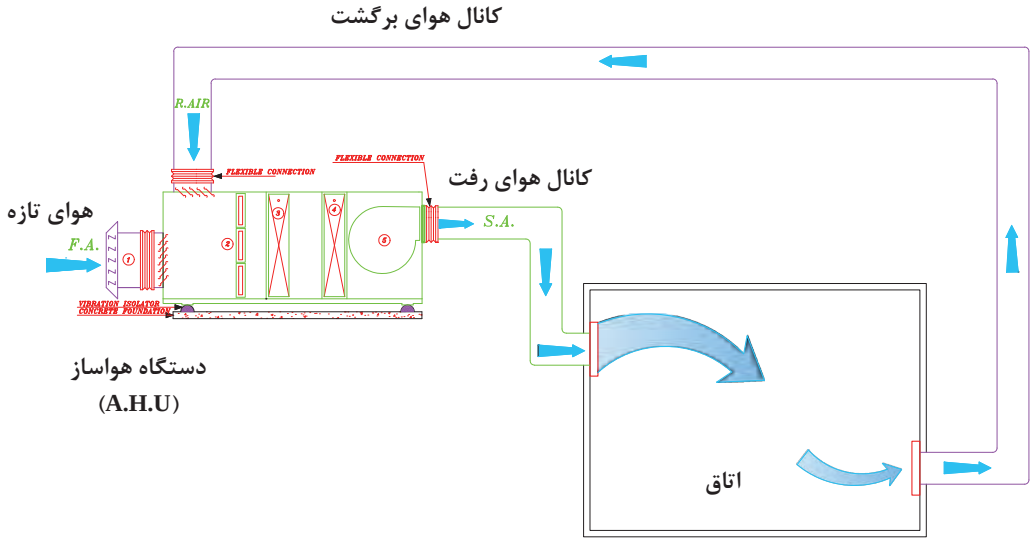


۱- CAV-Constant Air Valume

۲-VAV-Variable Air Valume

سیستم هوای رفت یک‌کانالی با حجم هوای ثابت CAV

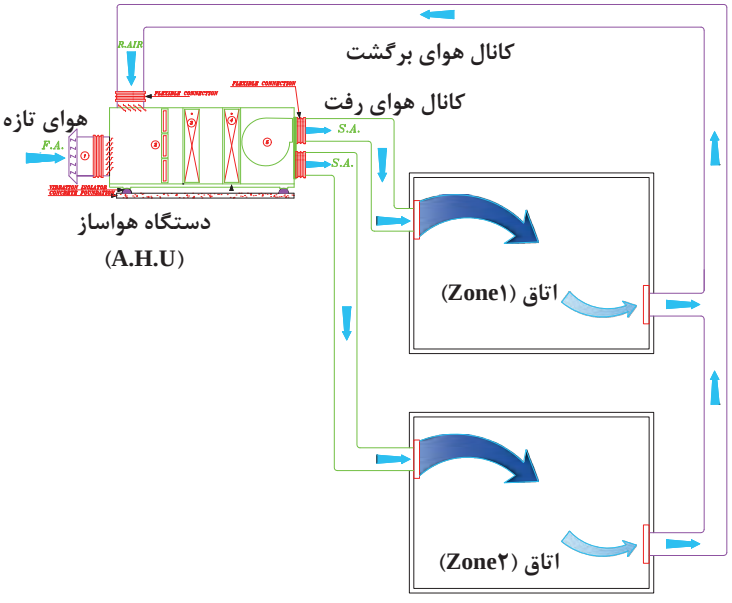
از روش‌های متداول تهویه مطبوع می‌باشد. در این سیستم با تغییر دمای هوا بار سرمایی و یا گرمایی ورودی به اتاق تنظیم شده و جریان هوای رفت در کانال ثابت می‌باشد.



شکل ۴ـ 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)

درصورتی 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 کویل دوباره گرم‌کن برای تنظیم دمای هر اتاق نصب می‌شود.



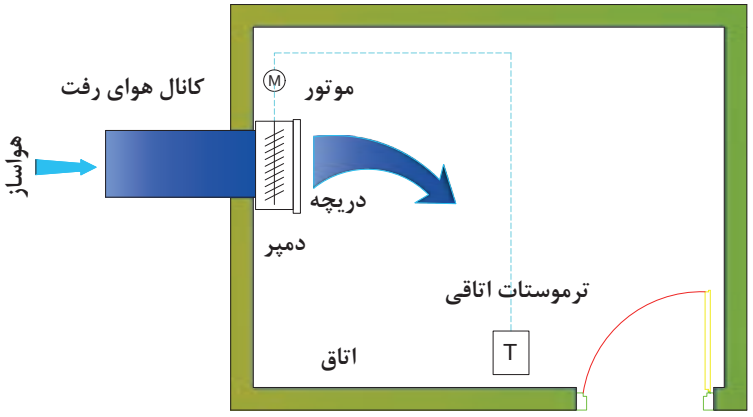
شکل ۵ـ سیستم هوای رفت یک کانالی با حجم هوای ثابت چند منطقه‌ای

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.

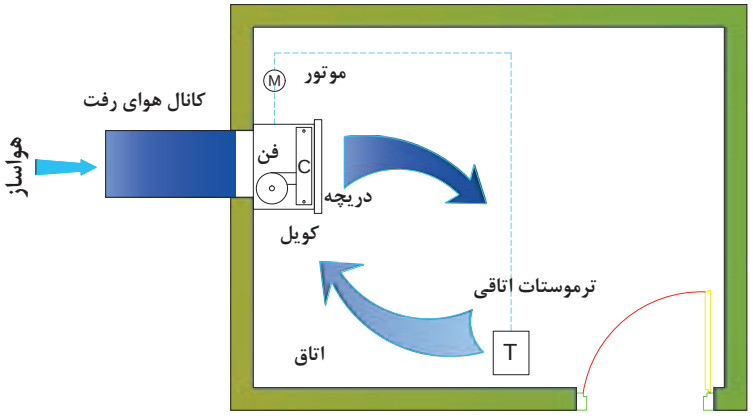
برای تنظیم حجم هوای ورودی به هر فضا می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

الف) به‌کارگیری دمپر اتوماتیک در ورودی هوا



شکل ۶ــ سیستم هوای رفت یک‌کانالی با حجم هوای متغیر و با دمپر اتوماتیک

ب) استفاده از فن ثانویه برای تنظیم دبی هوا



شکل ۷ــ سیستم هوای رفت یک‌کانالی با حجم هوای متغیر با فن ثانویه

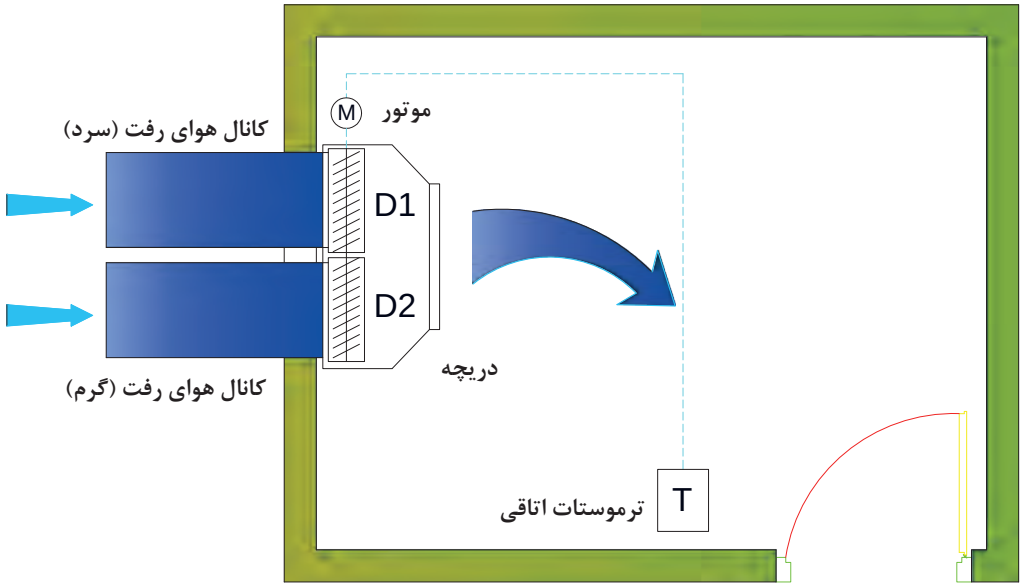
سیستم‌های حجم متغیر به دلیل به‌کارگیری تجهیزاتی همچون دمپر اتوماتیک و فن ثانویه برای هر اتاق هزینه بیشتری را در برخواهد داشت.

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 به‌کار 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.



دریچه ورودی هوا = Register

دمپر تنظیم جریان هوا= Damper

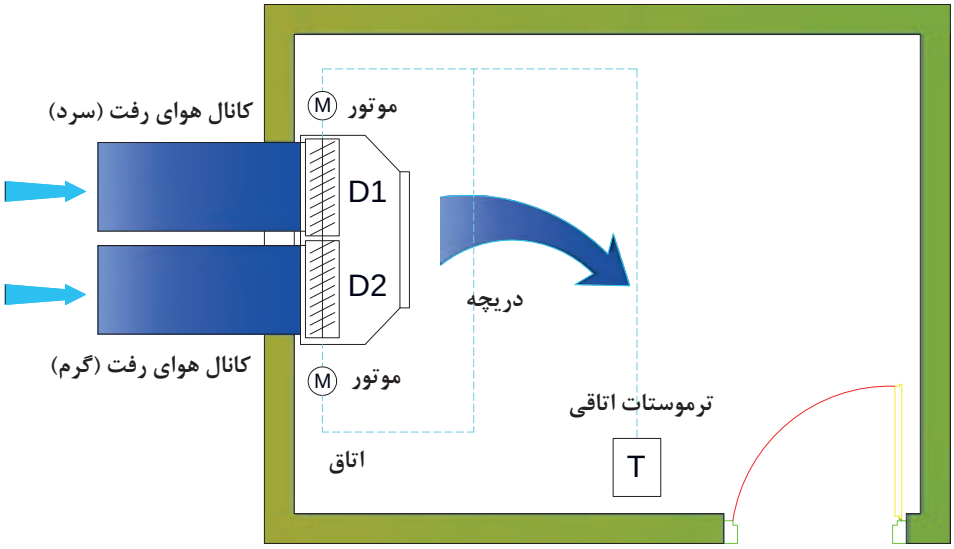
موتور فرمان اتوماتیک= Motor

ترموستات تنظیم درجه حرارت= Termostat

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

سیستم هوای رفت دوکانالی با حجم متغیر (Dual duct ـ 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 به‌صورت حجم متغیر وارد اتاق می‌شود.



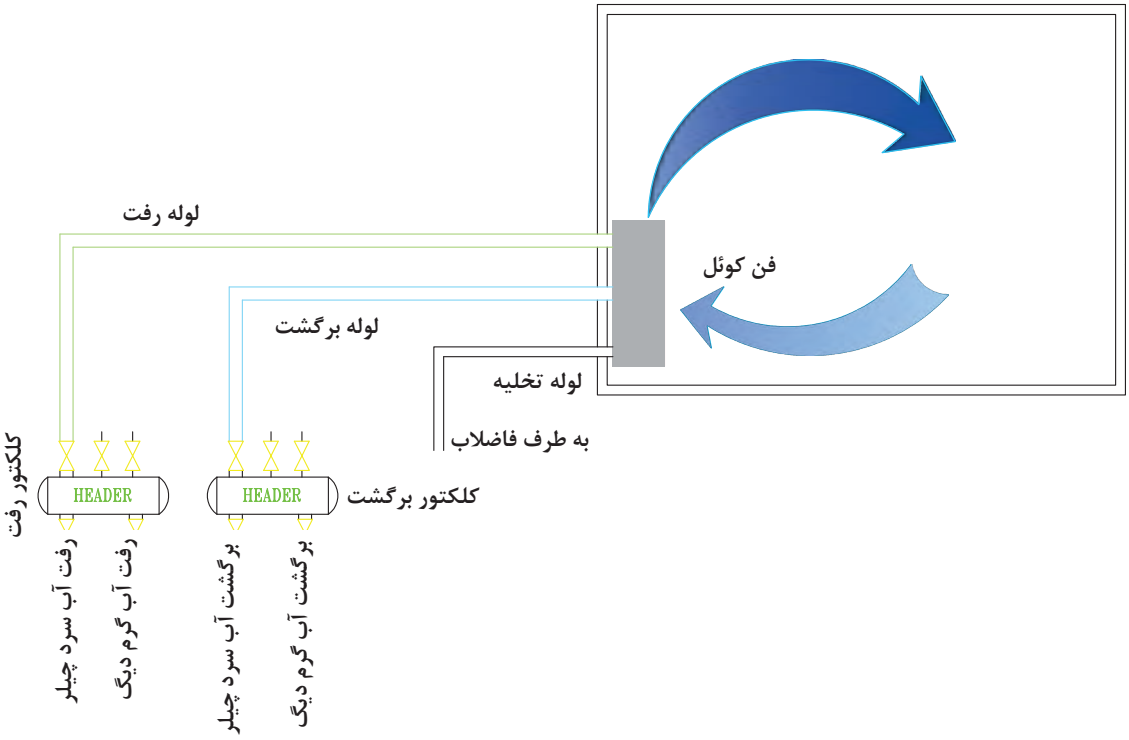
شکل ۹ـ سیستم هوای رفت دوکانالی با حجم هوای متغیر و با دو دمپر اتوماتیک
(Multi Automatic Damper)

گفت‌وگوی کلاسی

۱ـ در هریک از سیستم‌های توزیع هوا کنترل دما توسط چه وسیله‌ای صورت می‌گیرد؟
۲ـ 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 لوله‌کشی به دستگاه‌های توزیع که در اتاق نصب شده‌اند منتقل می‌شوند.



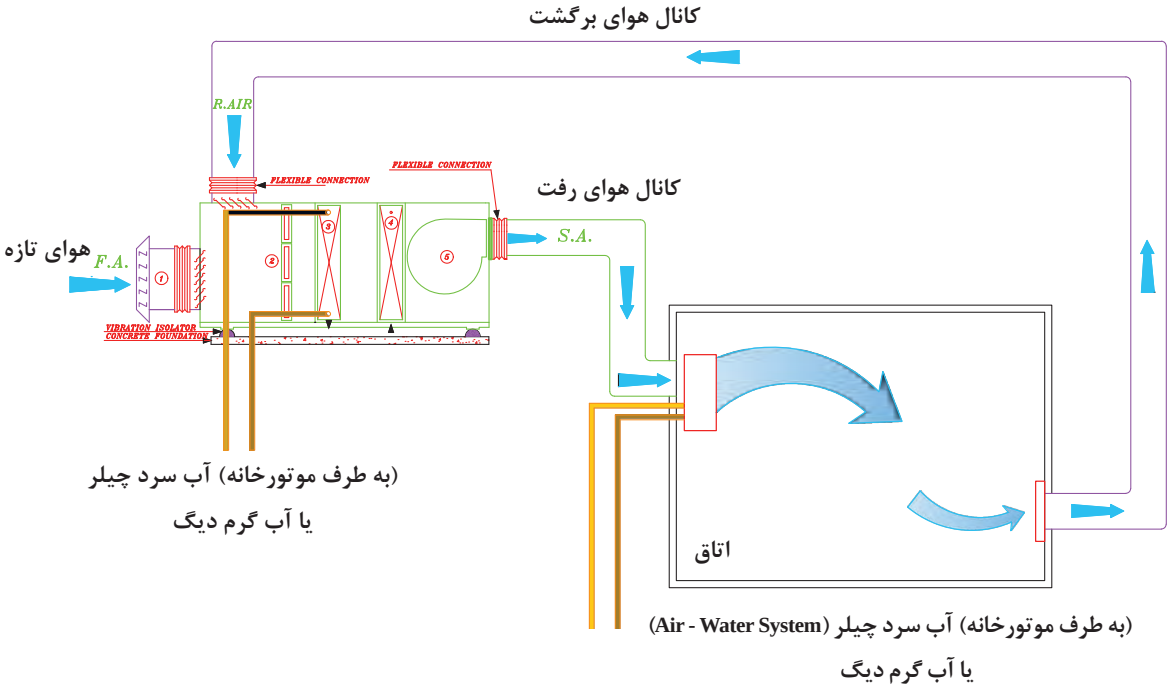
شکل ۱۰ـ سیستم تمام آب شامل لوله رفت و برگشت فن کوئل

گفت‌وگوی کلاسی

سیستم تمام آب را با سیستم تمام هوا مقایسه کنید.

سیستم هوا ـ آب

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



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

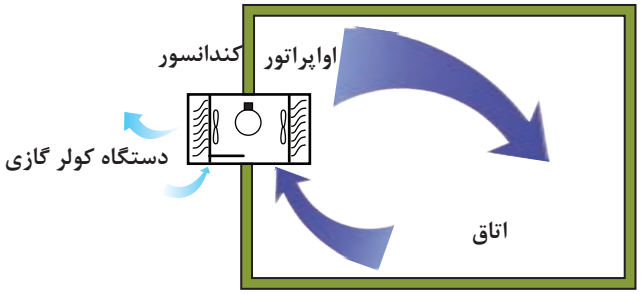
گفت‌وگوی کلاسی

روش کنترل دمای اتاق چگونه صورت می‌گیرد؟

سیستم انبساط مستقیم

در این سیستم تمام تجهیزات تبرید نظیر کمپرسور، کندانسر، کویل سرمایش و فن هوادهی در یک دستگاه قرار دارد. کویل سرمایش این سیستم از نوع انبساط مستقیم (DX) است. این دستگاه به‌صورت یکپارچه (Package) و یا دوتکه (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 ۱۲ـ سیستم کویل انبساط مستقیم
(DX - Coil System)

گفت‌وگوی کلاسی

سیستم انبساط مستقیم را با سیستم تمام هوا مقایسه نمایید.

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 به‌روش‌های 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 وسیلهٔ دستگاه‌های گرمایی تولید می‌شود.

اتلاف گرمایی شامل دو قسمت است:

۱ـ تلفات پوسته ساختمان

- تلفات جداره‌های خارجی
- تلفات سقف
- تلفات کف
- تلفات از طریق درها و پنجره‌ها
- $H_1 = UA(T_i - T_o)$

۲ـ 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 تعیین‌کنندهٔ 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:

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

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

نکته

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

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.

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

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 محاسبهٔ 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 H_1 = watt

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

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

دمای طرح داخل $T_i = k$

دمای طرح خارج $T_o = k$

نکته

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

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

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

* عایق از نوع استایرن با قابلیت هدایت گرمایی $k = ۰/۰۴ \frac{W.m}{m^2.K}$

نکته

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

جدول ۲ـ مقدار U برای انواع در و پنجره

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

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

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

اتلاف گرمایی از کف و دیوارهای متصل به زمین:

برای محاسبهٔ 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 ۴ــ تلفات گرمایی از کف و دیوارهای زیرزمین

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

* 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 ($H_۲$): برای محاسبهٔ 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.

۱ـ 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 درنظر گرفته می‌شود. تهویهٔ 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 به‌داخل ساختمان را می‌توان با یکی از روش‌های زیر محاسبه نمود:
۱) روش درزی ۲) روش حجمی

۱ـ روش حجمی :
در این روش جهت محاسبهٔ مقدار هوای نفوذی از این فرمول استفاده می‌شود: $V = v \times n$
- حجم هوای نفوذی برحسب 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 پایهٔ تعداد دفعاتی که در مدت یک ساعت، هوای اتاق با هوای تازه تعویض می‌شود، برآورد می‌گردد.

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

توجه: برای اتاق‌های در و پنجره‌دار، با زهوار و درزبند خوب، ۵۰ ٪ ارقام جدول منظور شود.
برای منازل مسکونی $\frac{۳}{۴}$ ارقام جدول محاسبه می‌شود.

نکته

باید توجه نمود تعداد دفعات تعویض (n) که در جدول ارائه گردیده بر مبنای نفوذ و تهویهٔ 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.

۲ـ محاسبهٔ بار گرمایی هوای نفوذی :
پس از محاسبهٔ حجم هوای نفوذی به داخل اتاق، از طریق فرمول زیر، مقدار بار گرمایی آن را محاسبه می‌کنیم.

$$H_۲ = C_P \rho V(T_r - T_{od})$$

اتلاف گرمایی محسوس ناشی از نفوذ برحسب watt = $H_۲$

دبی هوای نفوذی برحسب $V = \left[\frac{m^۳}{hr}\right]$

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

جرم مخصوص هوا در شرایط استاندارد = ρ

پس از اعمال مقادیر استاندارد و ساده‌سازی خواهیم داشت: $H_۲ = \frac{۱}{۳} nV(T_i - T_o)$

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

حجم هوای اتاق برحسب $V = (m^۳)$

دبی حجمی هوای نفوذی برحسب $nV = (\frac{m^۳}{hr})$

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.

۱ـ ضریب جهت

جدول ۵ـ ضریب جهت

جهت جدار	ضریب
شمال و شرق	٪۱۰
مغرب	٪۵

۲ـ 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)

۳ـ ضریب تناوب:

جدول ۶ـ 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

۴ـ ضریب ارتفاع:

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

جدول ۷ـ 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 درنظر گرفتن ضرایب تصحیح به‌صورت 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 درنظر گرفته شود.
چون دیوار در ضلع شمالی است باد غالب درنظر نمی‌گیریم.

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

$$H = H + (F \times H) = 6000 + (\%30 \times 6000) = 6000 + 1800 = 7800W \text{ با اعمال ضرایب}$$

* 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:
۱ـ انتخاب دستگاه‌های مولد گرما (دیگ و مشعل و دودکش و مخزن آب گرم مصرفی و مخزن انبساط و پکیج و...)
۲ـ انتخاب دستگاه‌های انتقال گرما (پمپ و لوله و کانال هوا و...)
۳ـ انتخاب دستگاه‌های توزیع گرما (رادیاتور، فن کویل، گرمایش کف، هواساز، دریچه هوا و...)
انتخاب این دستگاه‌ها در سه پایه تحصیلی در موارد مختلف آمده است.

پروژه

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

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: سالن‌هال و پذیرایی — حجم: ۴۴۵/۵۰m³ — طول: ۱۳/۵m — دمای طرح داخل: ti(°C)۲۲
طبقه: همکف — تاریخ:۱۳۹۵/۰۶/۰۵ — عرض: ۱۱m — دمای طرح خارج: to(°C) -۴/۴۴
کاربری: مسکونی — ارتفاع: ۳m — اختلاف دما: ti.to(°C)۲۶/۴۴

اتلاف گرمایی از جدارها

جدار و جهت	تعداد	طول (m)	ارتفاع یا عرض (m)	سطح کم شده (m²)	سطح خالص (m²)	U W/m²·°C	اختلاف دما (°C)	اتلاف گرمایی (W)	ضریب جهت (درصد)	ضریب ارتفاع (درصد)	ضریب موقعیت (درصد)	ضریب تناوب (درصد)	جمع ضرایب (درصد)	اتلاف گرمایی کلی (W)
دیوار خارجی جنوبی	۱	۱۱	۳	۷/۷۴	۲۵/۲۶	۱/۷۹	۲۶/۴۴	۱۱۹۵/۵۰	۰	۰	۵	۰	۵	۱۲۵۵/۲۷
پنجره خارجی جنوبی	۱	۴/۳	۱/۸	۰/۰۰	۷/۷۴	۲/۶	۲۶/۴۴	۵۳۲/۰۸	۰	۰	۵	۰	۵	۵۵۸/۶۸
در خارجی جنوبی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۸	۲۶/۴۴	۰/۰۰	۰	۰	۵	۰	۵	۰/۰۰
دیوار خارجی شرقی	۰/۰۰	۶	۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۸۲	۲۶/۴۴	۰/۰۰	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۰/۰۰
پنجره خارجی شرقی	۰/۰۰	۰/۷۵	۱/۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۶	۲۶/۴۴	۰/۰۰	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۰/۰۰
دیوار خارجی غربی	۰/۰۰	۶	۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۸۲	۲۶/۴۴	۰/۰۰	۵	۰	۰	۰	۵	۰/۰۰
پنجره خارجی غربی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۵	۲۶/۴۴	۰/۰۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰
در خارجی غربی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۸	۲۶/۴۴	۰/۰۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰
کف	۱	۱۳/۵	۱۱	۰/۰۰	۱۴۸/۵۰	۰/۶۳۷	۱۵/۱	۱۴۲۸/۳۸	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۲۸/۳۸
سقف	۰/۰۰	۱۳/۵	۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۵	۰	۰/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰
دیوار داخلی	۱	۲۴/۵	۳	۰/۰۰	۷۳/۵۰	۲/۵۲	۱۵/۱	۲۷۹۶/۸۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۹۶/۸۲
				۰/۰۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰
				۰/۰۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰
				۰/۰۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰
				۰/۰۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰
×(اتلاف گرمایی هوای تازه) $\frac{۱}{۳}$	×۱/۵ hr/l	×طول (m)۱۳/۵	×عرض (m)۱۱		×ارتفاع (m)۳			اختلاف دما (°C)۲۶/۴۴×						۵۸۳۰/۶۱
								جمع کل تلفات گرمایی						۱۱۸۶۹/۷۷

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.

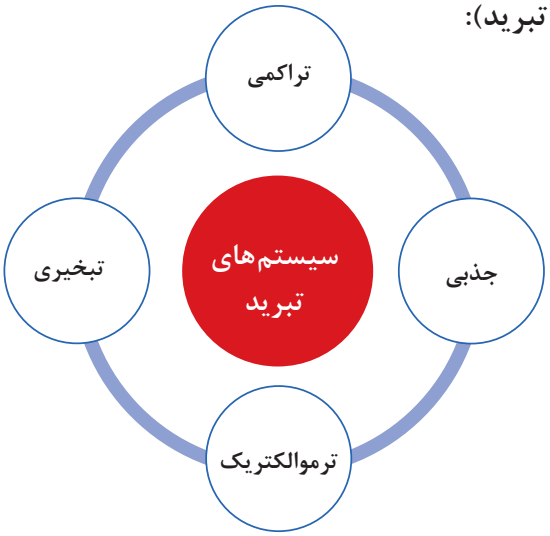
پژوهش کنید

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

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):

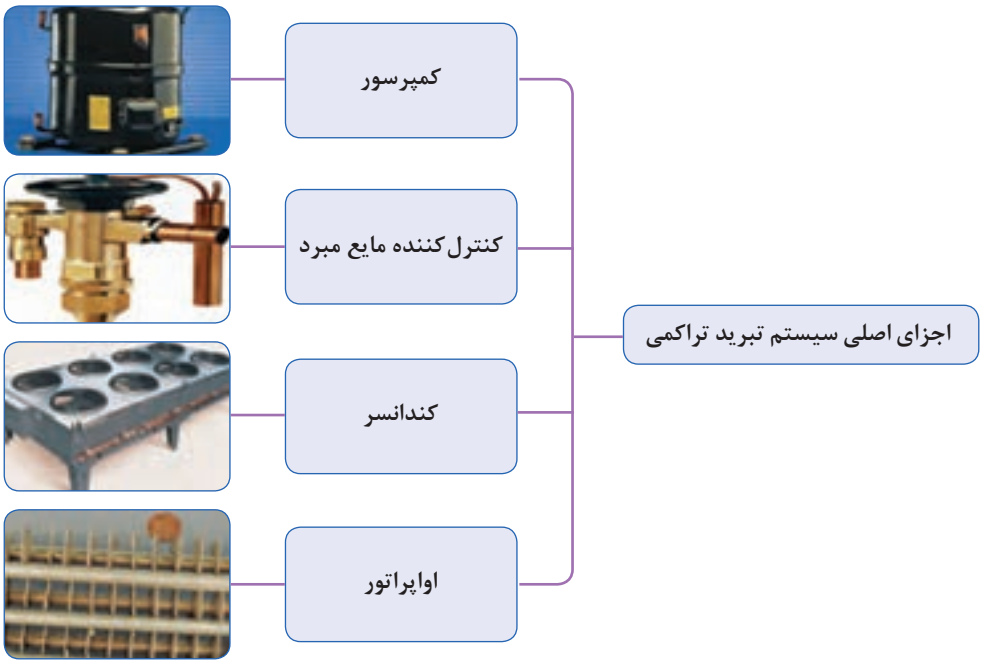


گفت‌وگوی کلاسی

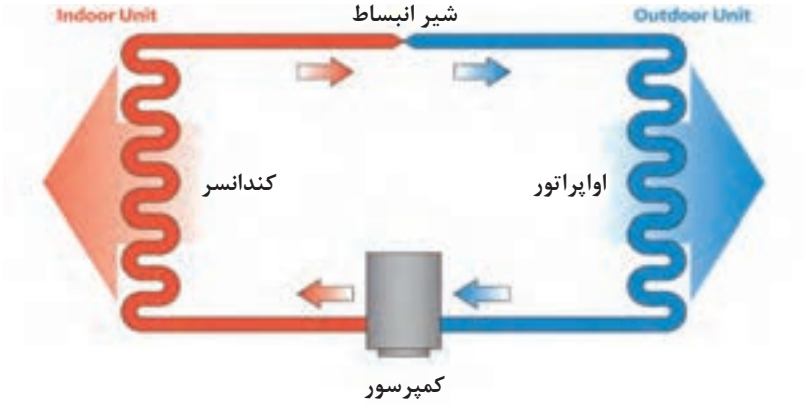
در مورد سیستم‌های تبرید پیرامون خود بحث نمایید.

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.



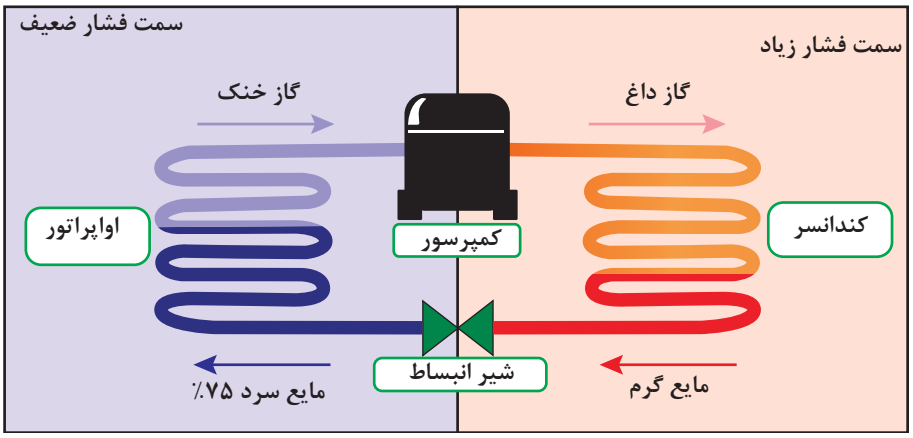
ماده سرمازا در اواپراتور، گرمای محیط اطراف خود را جذب کرده و در کندانسر آن را دفع می‌کند. به‌عبارت دیگر کمپرسور گاز سرمازا را در وضعیتی قرار می‌دهد که گرما را که قبلاً و از محیطی با فشار کم جذب کرده بود پس بدهد. چون کمپرسور گرما را از محیطی به محیط دیگر انتقال می‌دهد به آن پمپ گرمایی نیز می‌گویند. یک 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 ۱۳ـ سیکل تبرید

اجزای اصلی یک سیستم تبرید تراکمی:

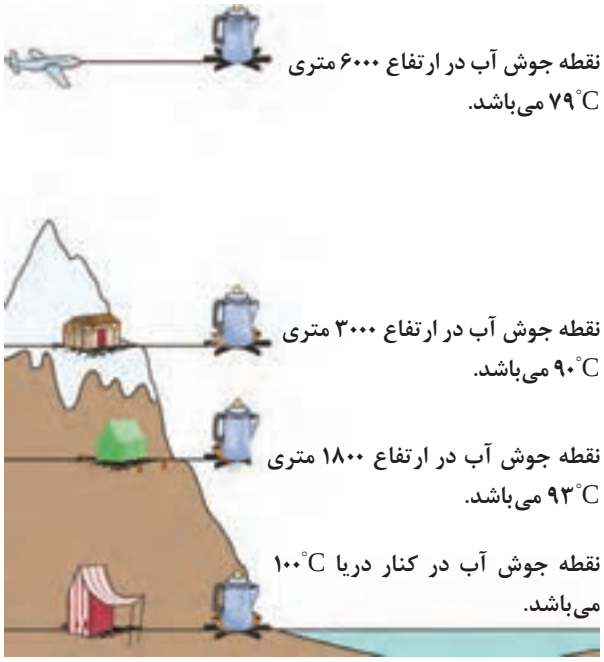
سمت فشار زیاد : کمپرسور – کندانسر　　سمت فشار ضعیف: شیر انبساط - اواپراتور

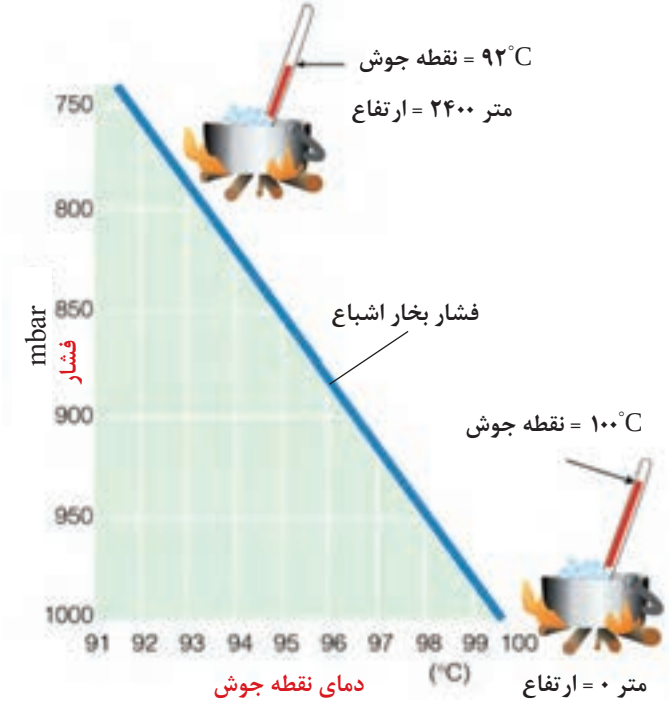


شکل ۱۴ـ چرخه تبرید

رابطه دما و فشار

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





پرسش کلاسی

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

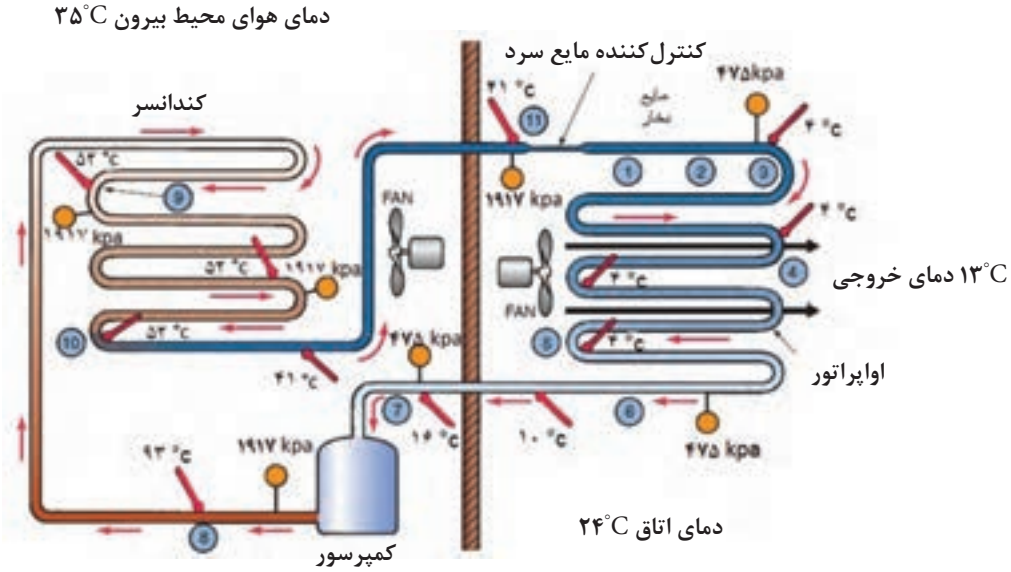
نکته

تقریباً به‌ازای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا ۱°C از دمای جوش آب کاسته می‌شود.

پرسش کلاسی

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

رابطه فشار و دما بر روی مبردها



مبرد R-۲۲

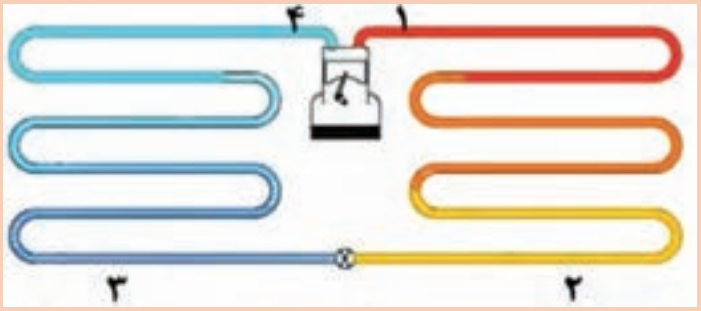
گفت‌وگوی کلاسی

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

پرسش کلاسی

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

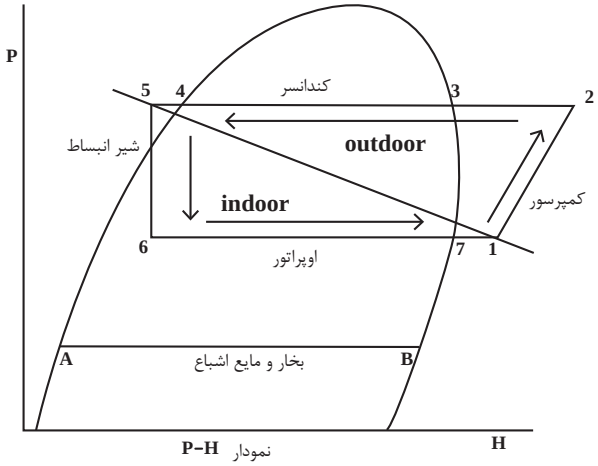
۹۳ °C -۴۲°C- ۱۵°C -۴۶۹kpa - ۱۹۳۰kpa - ۴۶۹kpa



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 سوپرهیت نشان داده شده است. چرخه‌ها در نمودارهای متفاوتی ترسیم می‌شوند که یکی از آنها نمودار P-H یا همان فشار ـ 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.



گفت‌وگوی کلاسی

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

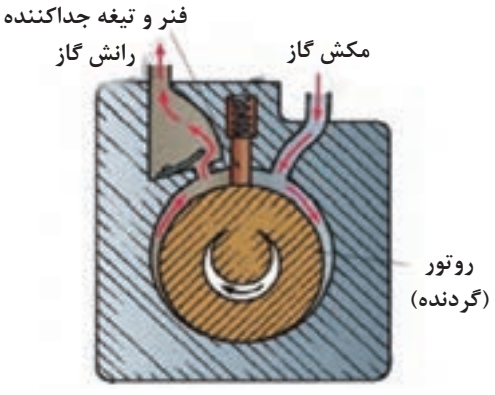
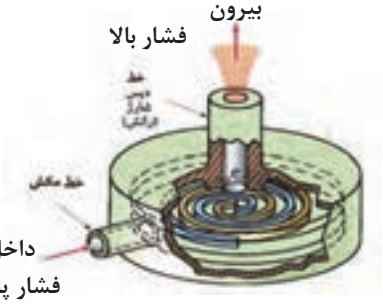
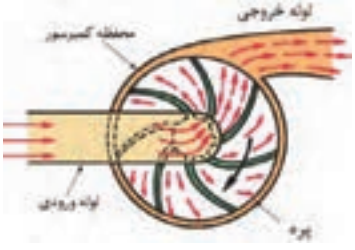
فرایند	محل فرایند	شرح فرایند
۱-۲	کمپرسور	افزایش فشار گاز
۲-۳		دفع گرمای گاز تا دمای اشباع
۳-۴		
۴-۵	کندانسر	
۵-۶	شیر انبساط	
۶-۷		جذب گرما – مخلوط گاز و مایع تا دمای اشباع
۷-۱	اواپراتور	

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 ـ دیس شارژ) با فشار و دمای بالا به سمت کندانسر هدایت می‌کند.

انواع کمپرسور		
نام کمپرسور	ساختمان	شکل
پیستونی		

روتاری		
اسکرال		
اسکرو		
سانتریفیوژ		

پژوهش کنید

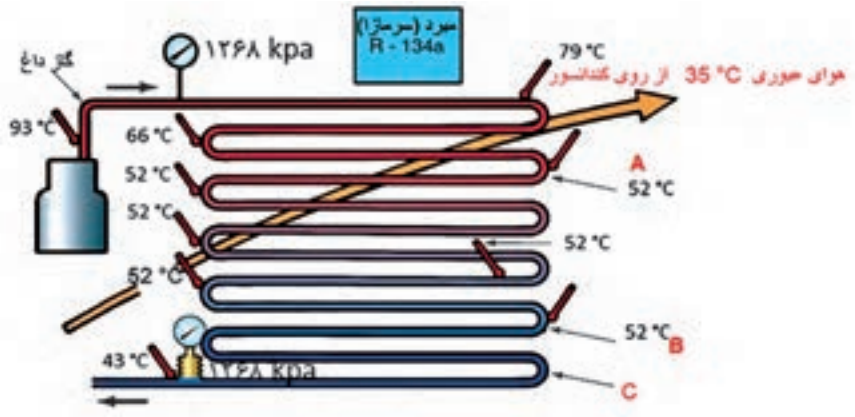
کدام‌یک از کمپرسورهای ذکر شده ویژه مناطق گرمسیر می‌باشد؟ چرا؟

کار کلاسی

کدام‌یک 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 -۱۳۴ بیان شده است.



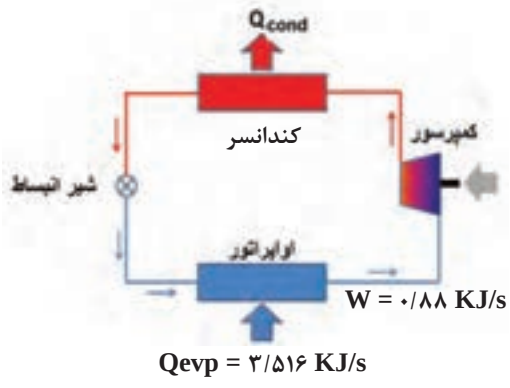
گفت‌وگوی کلاسی

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

کار کلاسی

با توجه به‌شکل بالا درصورتی که گرمای جذب شده در اواپراتور $۳/۵۱۶ \frac{KJ}{sec}$ و گرمای حاصل از تراکم در کمپرسور $۰/۸۸ \frac{KJ}{sec}$ باشد مقدار گرمای دفع شده در کندانسر را برحسب $\frac{KJ}{sec}$ 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 $\frac{۳/۵۱۶}{۰/۸۸}=۴$ که عددی بزرگتر از واحد است. یعنی به ازای هر کیلو وات انرژی مصرف شده، ۴ کیلو وات سرما حاصل شده است.

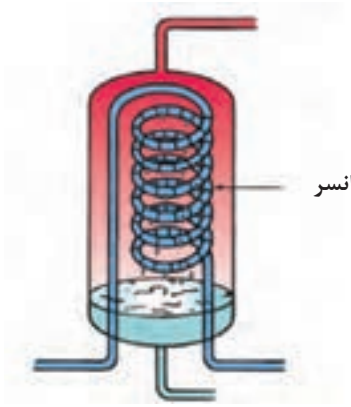
انواع کندانسر

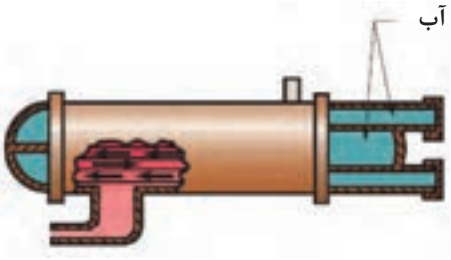
کندانسرها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

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

گفت‌وگوی کلاسی

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



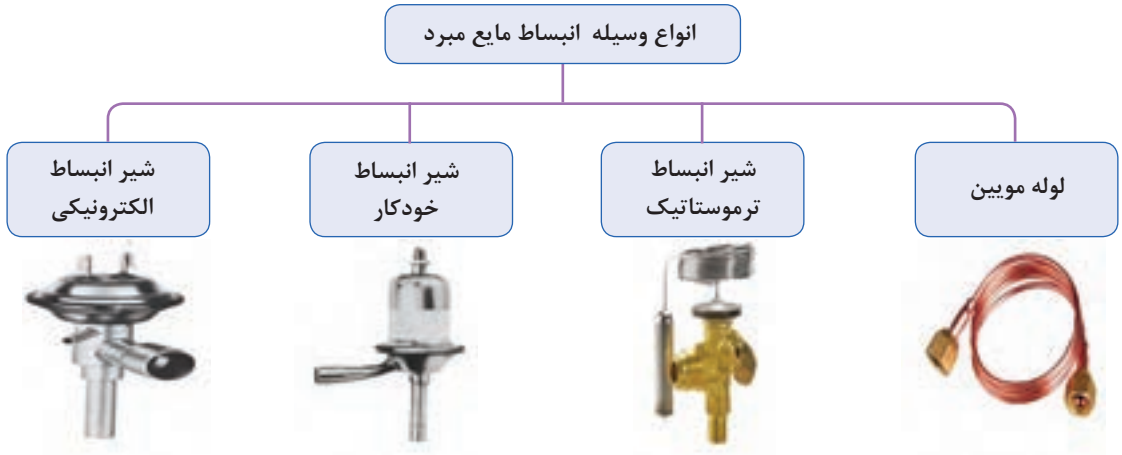


کار کلاسی

با توجه به‌شکل بالا مسیر سیال خنک‌کننده و مبرد را روی شکل مشخص کنید.

وسیله انبساط مایع مبرد

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



گفت‌وگوی کلاسی

۱ـ با توجه به‌شکل سیکل تبرید، مایع مبرد در کدام بخش قرار دارد؟
۲ـ در سیستم‌های با ظرفیت پایین، از کدام نوع کنترل‌کننده مایع مبرد استفاده می‌شود ؟

نکته

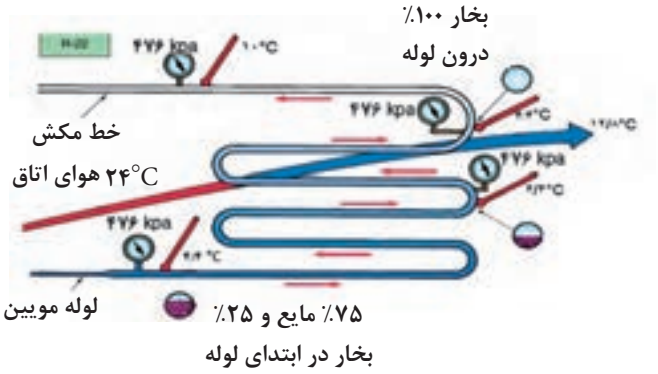
یکی از مزایای لوله مویین این است که به‌هنگام خاموشی کمپرسور، جریان مبرد از سمت فشار زیاد سیستم به‌سمت کم فشار ادامه می‌یابد تا تعادل فشار در سیستم برقرار شود، بنابراین کمپرسور بی‌بار راه‌اندازی می‌شود. انتخاب صحیح کنترل‌کننده مایع مبرد بستگی به‌ظرفیت سیستم سرمایی کمپرسور دارد.

پرسش کلاسی

چرا به‌هنگام خاموش‌کردن یخچال، بلافاصله نباید دستگاه را روشن نماییم؟

اواپراتور یا تبخیرکننده

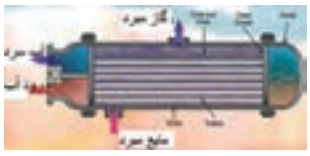
اواپراتور همانند کندانسر یک مبدل گرمایی است که گرما را از محیط اطراف خود جذب می‌کند و باعث خنک شدن محیط می‌شود. اواپراتور با جذب گرما از سیال دیگر مانند آب یا هوا مایع مبرد را تبخیر کرده و به گاز مبرد تبدیل می‌کند. مبرد در ابتدای ورود به اواپراتور مایع است ولی در انتهای اواپراتور باید بخار کامل باشد.



پرسش کلاسی

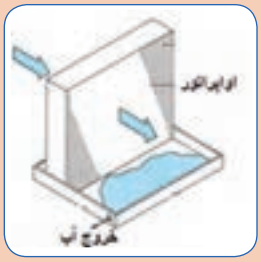
۱ـ به‌چه دلیل مبرد در خروجی اواپراتور باید به‌صورت ۱۰۰٪ به بخار تبدیل شود؟
۲ـ آیا مایع ورودی به اواپراتور می‌تواند ۱۰۰٪ مایع اشباع باشد؟ چرا؟

انواع اواپراتورها

نوع	کاربرد	شکل
هوایی	در یخچال، صنایع تهویه مطبوع مانند کولر دوتکه و چیلرها استفاده می‌شوند.	
آبی	در چیلرها، صنایع نفت و گاز و داروسازی و... کاربرد دارند.	

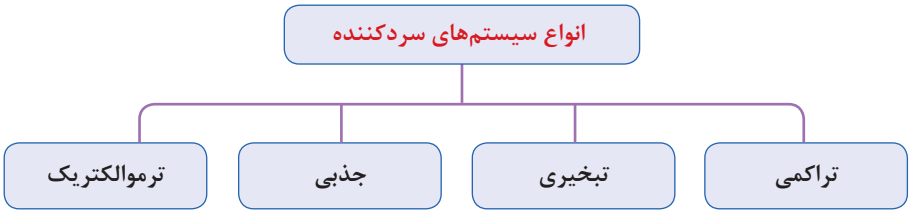
گفت‌وگوی کلاسی

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



انواع سیستم‌های سردکننده

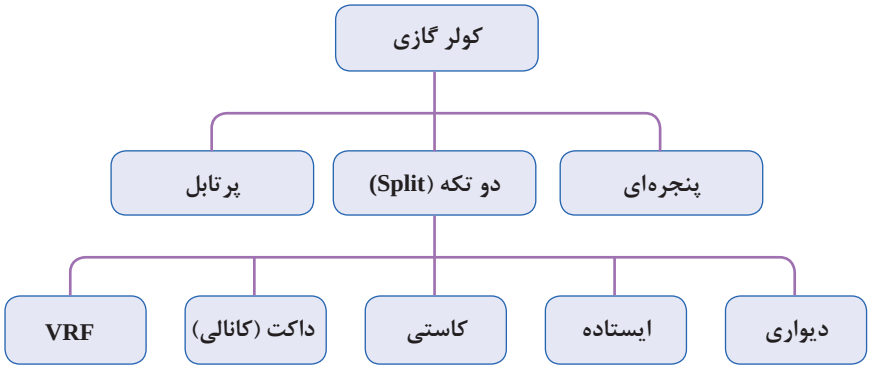
همان‌طور که قبلاً نیز بیان گردید سیستم‌های سردکننده به چهار دستهٔ زیر تقسیم می‌شوند:



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 به‌کار گرفته می‌شوند.

کولر گازی

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



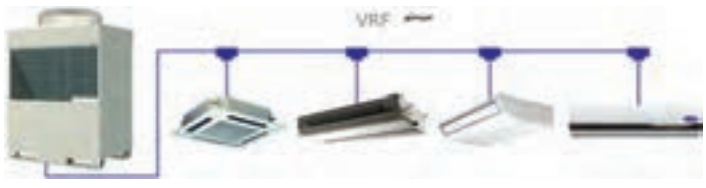
گفت‌وگوی کلاسی

تفاوت کولر گازی با کولر آبی در چیست؟

دوتکه (split): کلمه اسپلیت در لاتین به‌معنای 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 به‌عنوان لوله مکش و دهش برقرار می‌شود.

کار کلاسی

دلایل قرار دادن کمپرسور در بخش خارجی چیست؟

انواع کولر دوتکه (اسپلیت)	
دیواری	
ایستاده	
سقفی (کاستی)	
داکت (کانالی)	
سیستم تهویه مطبوع مرکزی VRF	

پژوهش کنید

هرکدام از هنرجویان 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 به‌راحتی قابل جابه‌جایی نیستند. اما این محدودیت در کولر گازی پرتابل وجود ندارد و به‌راحتی 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.

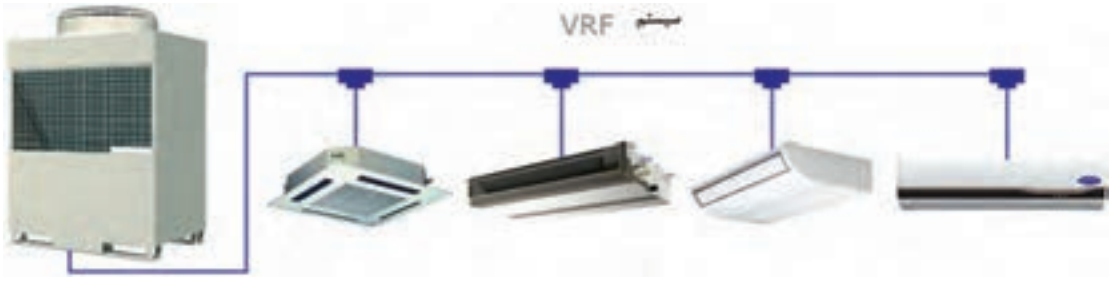
پژوهش کنید

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

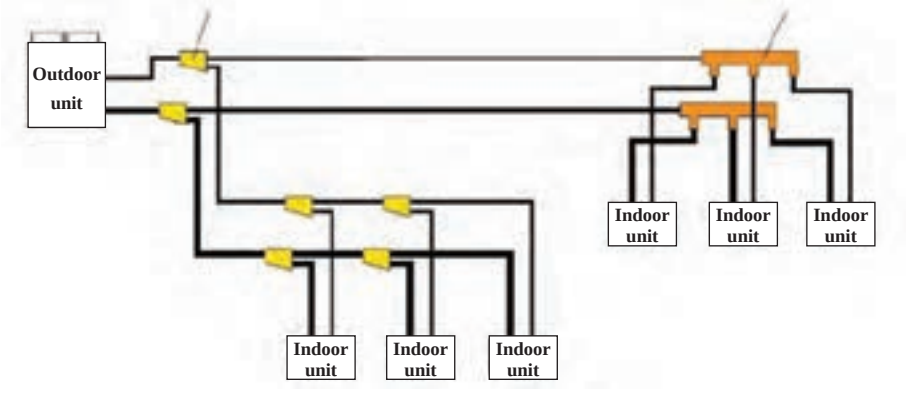
سیستم VRF (Variable Refrigerant Flow)

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

- انوع سیستم‌های VRF
  - ۱ـ سیستم فقط سرمایش
  - ۲ـ سیستم فقط گرمایش
  - ۳ـ سیستم هیت‌پمپ
  - ۴ـ سیستم هیت پمپ با قابلیت بازیافت انرژی (HRVRF)

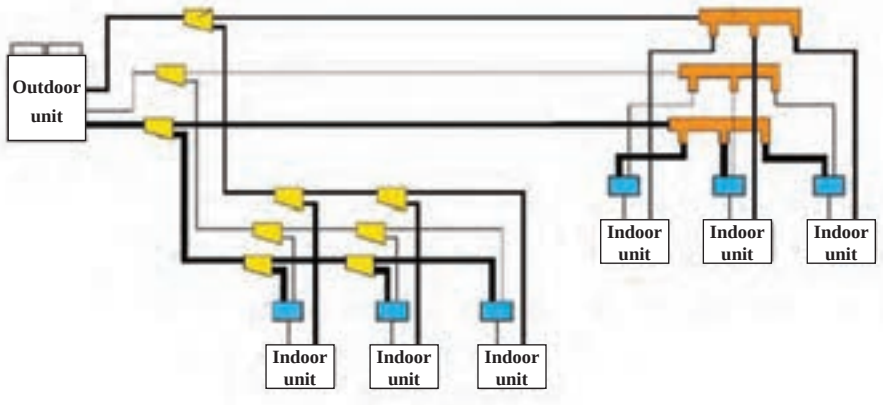


۱ـ سیستم فقط سرمایش: این سیستم شامل قطعات زیر است و قابلیت آن فقط ایجاد سرمایش در پنل‌های داخلی می‌باشد.
۲ـ سیستم فقط گرمایش
۳ـ سیستم هیت‌پمپ سرمایشی و گرمایشی



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

۴ـ 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 درحال سرمایش است با استفاده از مبدل‌های حرارتی جذب و به مبرد مدار یونیت درحال 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.

گفت‌وگوی کلاسی

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

پژوهش کنید

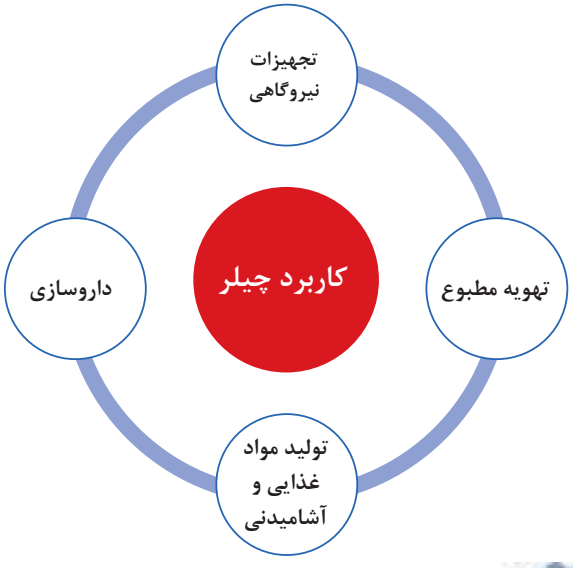
در مورد راندمان نیروگاه‌های کشور تحقیق کنید و نتایج را به کلاس ارائه دهید.

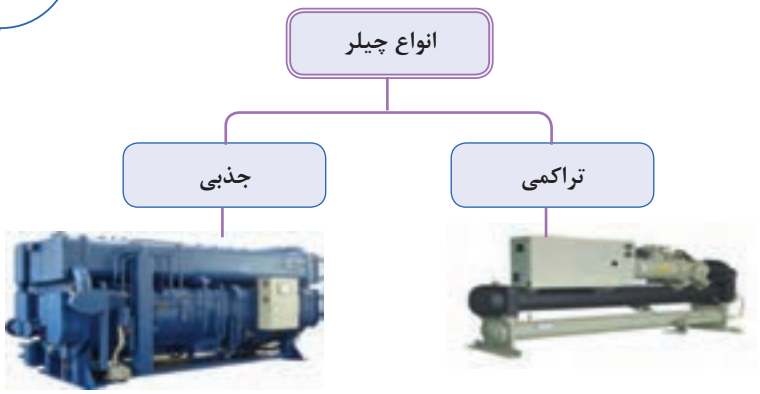
پژوهش کنید

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

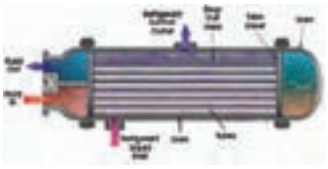
چیلر

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

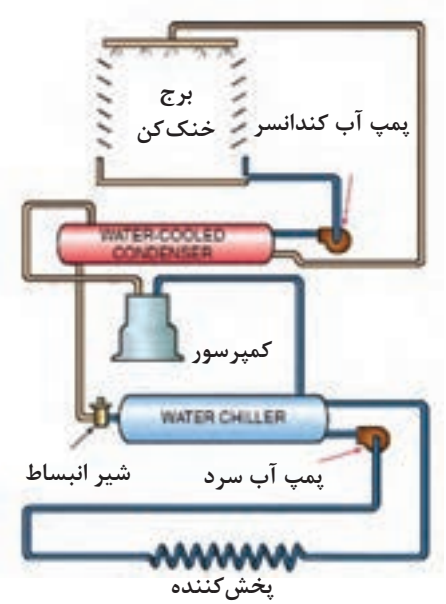




چیلر تراکمی: همان‌گونه که از نام آن مشخص است این دستگاه سردکننده براساس سیکل تبرید تراکمی کار می‌کند. چیلر تراکمی در ظرفیت‌های کوچک (مینی چیلر) و در ظرفیت‌های بزرگ‌تر تا حدود ۵۰۰ تن تبرید ساخته می‌شود.

اجزای اصلی چیلر تراکمی با کندانسر آبی	کمپرسور	کندانسر	اواپراتور	شیر انبساط
				

شکل زیر اجزای سیکل یک دستگاه چیلر تراکمی را نمایش می‌دهد:



مدار چیلر تراکمی با کندانسر آبی

گفت‌وگوی کلاسی

۱ـ مدار چیلر تراکمی بالا را با هم‌گروهی‌های خود بررسی کنید.
۲ـ با توجه به شکل بالا عملکرد چیلر تراکمی را با کولر گازی مقایسه کنید.

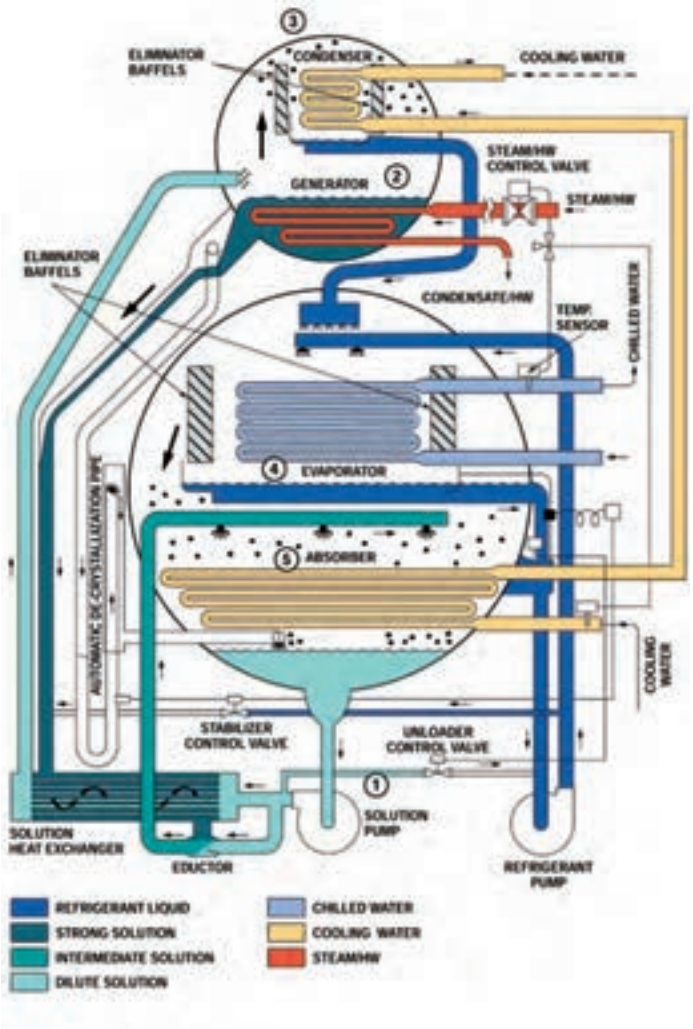
پژوهش کنید

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

کار کلاسی

ـ نحوه سرد شدن آب داخل اواپراتور را توضیح دهید.
ـ مسیر جریان آب خنک‌کننده کندانسور را توضیح دهید و علت استفاده از پمپ را بیان کنید.
ـ 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. درحالی 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

پژوهش کنید

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

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

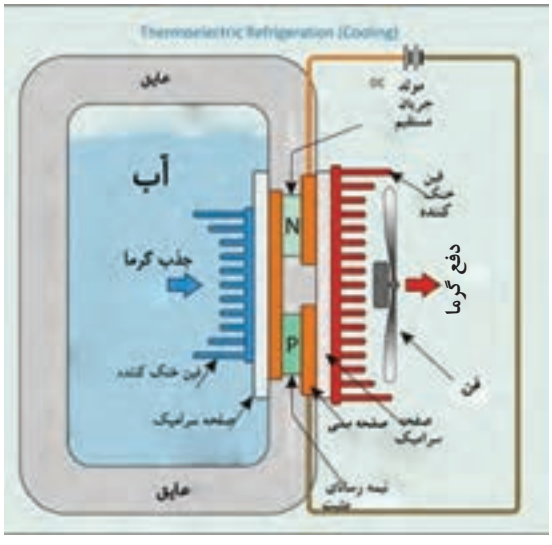
پرسش کلاسی

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

ترموالکتریک: 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.

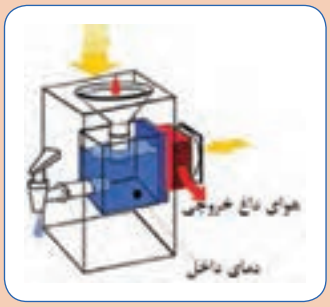
اِعمال اختلاف ولتاژ، باعث حرکت الکترون‌ها در ماده می‌شود و حرکت الکترون‌ها از یک سمت به سمت دیگر باعث ایجاد اختلاف دما می‌شود. عنصر اصلی سیستم‌های ترموالکتریک، نیمه‌هادی‌ها هستند.

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.



گفت‌وگوی کلاسی

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 به‌دست آوریم. در این کتاب دو روش برای محاسبه بار سرمایی آورده شده است.

۱ـ محاسبات دقیق

۲ـ محاسبات سرانگشتی

محاسبات دقیق

کلیات: محاسبات بار سرمایشی با گرمایشی 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 باید جهت جداری 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 سرمایشی 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:

۱ـ بار سرمایی ناشی از تابش و هدایت

بار ناشی از تابش به پنجره‌های خارجی ساختمان (Q_1)

$Q_1 = S.H.G \times A \times Fc \times Fs$

کسب گرمای خورشیدی S.H.G: Solar Heat Gain

ضرایبی که ممکن است در S.H.G ضرب گردد:

۱ـ پنجره‌ها بدون قاب و یا قاب فلزی باشد. ۱/۱۷۵

۲ـ منطقه مه‌آلود بوده و یا مقدار گرد و غبار زیاد باشد. ۰/۸۵

۳ـ اگر ارتفاع آن منطقه در سطح دریا نباشد. (یا با توجه به جداول کتاب همراه هنرجو)

H ارتفاع از سطح دریا برحسب متر می‌باشد

$$\left[\frac{h}{۳۰۰} \times ۰/۰۰۷ + ۱\right]$$

۴ـ به ازای هر ۵/۵°C افزایش نقطه شبنم از ۱۹/۵°C: (یا با توجه به جداول کتاب همراه هنرجو)

$$\left[۱ - \frac{۱۹/۵ - \text{دمای نقطه شبنم محیط}}{۵/۵} \times ۰/۰۷\right]$$

به ازای هر ۵/۵°C کاهش نقطه شبنم از ۱۹/۵°C:

$$\left[\frac{۱۹/۵ - \text{دمای نقطه شبنم محیط}}{۵/۵} \times ۰/۰۷ + ۱\right]$$

A: مساحت برحسب متر مربع

Fc: ضریب تصحیح براساس نوع شیشه و رنگ پرده‌ها (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)

Fs : ضریب ذخیره

		ساعت	
	جهت	۱۲ـ۶ قبل از ظهر	۶ـ۱۲ بعدازظهر
مقدار تقریبی	شمال	۰/۸	۰/۹
	جنوب	۰/۶	۰/۷
	شرق	۰/۵	۰/۲
	غرب	۰/۰۹	۰/۰۵

بار سرمایی ناشی از تابش و هدایت گرمایی سقف و دیوارهای خارجی ساختمان (Q_2)

ΔTe: اختلاف دمای معادل جدار برحسب درجه سلسیوس (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)

U: ضریب انتقال گرما w/m^2K

A: مساحت m^2

$Q_2 = U.A.\Delta Te$

<table>
<tr><td rowspan="9"></td><td>بار سرمایشی ناشی از هدایت گرمایی پنجره‌های خارجی ساختمان (Q_3)</td><td>A: مساحت پنجره m^2
u: ضریب انتقال گرما w/m^2K
ΔT: اختلاف دما خشک داخل و خارج برحسب درجه سلسیوس (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)
$Q_3 = U.A.\ \Delta T$</td></tr>
<tr><td>بار سرمایشی ناشی از هدایت گرمایی جداره‌های داخلی ساختمان (Q_4)</td><td>A: مساحت پارتیشن m^2
u : ضریب انتقال گرما w/m^2K
ΔT: اختلاف دما خشک دو طرف جدار برحسب درجه سلسیوس (مراجعه به جدول کتاب همراه هنرجو)
$Q_4 = U.A.\ \Delta T$
نکته: محاسبه این بار تنها در صورتی انجام می‌گردد که $\Delta T \geq 2^{\circ}C$ باشد. در مواقعی که پارتیشن به‌عنوان دیوار داخلی، دو فضای تهویه شده و تهویه نشده را از همدیگر جدا می‌کند برای محاسبه ΔT باید دما فضای تهویه نشده را با استفاده از رابطه زیر تخمین بزنیم:
$t_u = (t_i - t_o) \times ۰/۵ + t_i$</td></tr>
<tr><td rowspan="5">۲ـ بار سرمایشی ناشی از منابع و اجزای داخلی ساختمان Q_2</td><td rowspan="2">بار سرمایی ناشی از افراد (Q_5)</td><td rowspan="2"><table><tr><th>درجه فعالیت</th><th>گرمای کل (وات)</th></tr><tr><td>نشسته ـ راحت (تئاتر ـ سینما ـ مسکونی)</td><td>۱۰۰</td></tr><tr><td>نشسته با کار سبک (اداره)</td><td>۱۳۰</td></tr><tr><td>نشسته در حال خوردن (رستوران)</td><td>۱۶۰</td></tr><tr><td>ایستاده با کار خیلی سبک یا آهسته قدم زدن (فروشگاه)</td><td>۲۰۰</td></tr><tr><td>سری کاری و کار سبک با ماشین (کارگاه)</td><td>۳۰۰</td></tr><tr><td>کار سنگین (کارخانه)</td><td>۴۶۰</td></tr><tr><td>ورزش حرفه‌ای (سالن ورزشی)</td><td>۵۳۰</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>بار سرمایی ناشی از روشنایی‌ها (Q_6)</td><td>برابر مجموع ولتاژ روشنایی‌ها در نظر گرفته شود. یعنی برای یک لامپ ۱۰۰ وات، می‌توانیم ۱۰۰ وات بار سرمایی در نظر بگیریم.</td></tr>
<tr><td>بار ناشی از الکتروموتورها (Q_7)</td><td>با توجه به توان دستگاه و راندمان آن تعیین می‌گردد.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">۳ـ بار سرمایی ناشی از نفوذ هوای خارج</td><td rowspan="2">بار محسوس (Q_8)</td><td>$Q_8 = ۲۰/۴ \times \dot{V} \times (T_o - T_i)$
$\dot{V}$: مقدار نفوذپذیری هوا
T_o: دمای طرح خارج
T_i: دمای طرح داخل</td></tr>
<tr><td>حجم فضا بر حسب m^3
$\dot{V} = \frac{\text{حجم فضا} \times \text{ACH}}{۶۰}$
ACH: تعداد دفعات تعویض هوا مراجعه شود به کتاب راهنمای هنرجو</td></tr>
<tr><td>بار نهان</td><td>از بار نهان ناشی از نفوذ هوا در محاسبات صرف‌نظر شده است.</td></tr>
</table>

۴ـ سایر بارهای متفرقه ($Q_۹$)	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 به‌دست می‌آید:

$$Q_T = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ + Q_۴ + Q_۵ + Q_۶ + Q_۷ + Q_۸ + Q_۹$$

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 $w/m^۲$	اداری $w/m^۲$	تجاری $w/m^۲$
معتدل و مرطوب	۱۰۰ـ۱۵۰	۱۵۰ـ۲۰۰	۲۰۰ـ۳۰۰
گرم و خشک	۱۵۰ـ۱۷۵	۱۷۵ـ۲۲۵	۲۲۵ـ۳۰۰
گرم و مرطوب	۱۷۵ـ۲۲۵	۲۲۵ـ۲۰۰	۳۰۰ـ۳۵۰

نکته

۱ـ 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.

۲ـ بار سرمایی مورد نیاز برای افراد و روشنایی در جدول بالا دیده شده است.

جدول ۸ ـ اقلیم آب و هوایی برخی شهرهای ایران

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

نکته

TR= Ton of Refrigration

$1TR = 3500\ w$ و $1w = 3/4\ \frac{BTU}{hr}$

مثال : مقدار بار سرمایی حداقل و حداکثر تخمینی یک واحد مسکونی به مساحت ۱۵۰ متر مربع را بیابید (Q_1). این ساختمان در بندرعباس واقع شده است (هر تن تبرید ۳۵۰۰ وات است).

$$Q_{1min} = 150 \times 175 = 26250W = \frac{26250}{3500} \simeq 7/5\ TR$$

$$Q_{1max} = 150 \times 225 = 33750W = 9/6\ TR$$

کار کلاسی

بار سرمایی را برای منزل خود به‌دست آورید.

بیشتربدانید

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 صرف‌نظر شود.)

۱ـ ارتفاع ساختمان ۳ متر

۲ـ تعداد افراد ۸ نفر

۳ـ تعداد رایانه ۵ دستگاه (هر دستگاه به‌طور متوسط ۱۷۵W گرما تولید می‌کند)

۴ـ روشنایی هر کدام ۱۰۰ W

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

۶ـ محیط با گرد و غبار و مه

۷ـ ضریب انتقال حرارت دیوارها و سقف $u = ۲\frac{w}{m^۲K}$

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

۱/۱۷۵= ضریب تصحیح قاب پنجره فلزی ۱/۲۸= ضریب تصحیح ارتفاع از سطح دریا

۱/۱۲= ضریب تصحیح نقطه شبنم ۰/۸۵= ضریب محیط با گرد و غبار

F_s=۰/۲ با توجه به جدول کتاب F_C=۱ شیشه معمولی و بدون سایبان (جدول همراه)

SHG = ۶۷/۲ مقدار تشعشع آفتاب در ساعت ۴ بعدازظهر در جهت شرق (جدول همراه)

جدول همراه هنرجو u=۶/۲ پنجره معمولی و $\Delta Te = ۲۱^\circ C$ جدول همراه ساعت ۴ بعدازظهر

$$Q_۱ = \begin{cases} Q_۱ = SHG \times A \times F_C \times F_S \\ Q = ۶۷/۲ \times (۱/۷۵ \times ۱/۰۲۸ \times ۱/۱۲ \times ۰/۸۵) \times (۲ \times ۱/۵) \times ۱ \times ۰/۲ = ۴۶/۳۶\ w \end{cases}$$

$$Q_۲ = U.A.\Delta Te \begin{cases} Q_{\text{شرقی}} = ۲ \times ((۵ \times ۳) - (۲ \times ۱/۵)) \times ۲۱ = ۵۰۴\ w \\ Q_{\text{شمالی}} = ۲ \times (۱۰ \times ۳) \times ۲۱ = ۱۲۶۰\ w \\ Q_{\text{سقف}} = ۲ \times (۱۰ \times ۵) \times ۴۳ = ۴۳۰۰\ w \end{cases}$$

$Q_۳ = U.A.\Delta T$

$Q_{۳\ \text{پنجره}} = ۶/۲ \times (۲ \times ۱/۵) \times ۱۶/۲ = ۳۰۱/۳۲ w$

به دلیل اینکه $\Delta T < ۲^\circ C$، بنابراین بار دیوارهای داخلی در سؤال صرف‌نظر شده است. $= Q_۴$ دیوار داخلی

$Q_{۵\ \text{افراد}}$ = تعداد نفرات × بار سرمایی = ۸×۱۳۰ = ۱۰۴۰ w

$Q_{۶\ \text{روشنایی}} = ۴ \times ۱۰۰ = ۴۰۰\ w$

$$Q_۸ = ۲۰/۴ \times \dot{V} \times (T_o - T_i)$$

۱= ACH با توجه به جدول همراه هنرجو

$$\dot{V} = \frac{\text{حجم فضا} \times ACH}{۶۰} =$$

$$\dot{V} = \frac{(۵ \times ۱۰ \times ۳) \times ۱}{۶۰} = ۲/۵\ m^۳/min$$

$Q_{۴} = ۲۰/۴ \times ۲/۵ \times (۴۰ - ۲۳/۸) = ۸۲۶/۲ \ w$

$Q_{۵} =$ تعداد رایانه $\times ۱۷۵ = ۱۴۰۰ \ w$

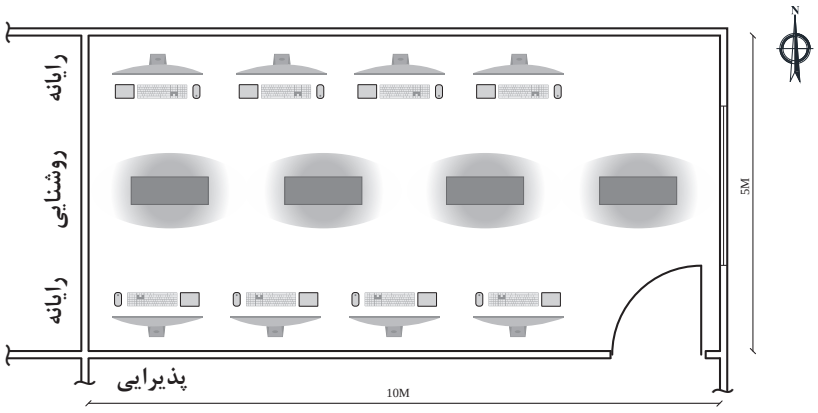
$Q_{tot} = Q_{۱} + Q_{۲} + Q_{۳} + Q_{۴} + Q_{۵} + Q_{۶} + Q_{۸}$

$Q_{tot} = (۴۶/۳۶ + ۵۰۴ + ۱۲۶۰ + ۴۳۰۰) + (۳۰۱/۳۲) + (۱۰۴۰ + ۴۰۰) + ۸۲۶/۲ + ۱۴۰۰$

Q_{tot} کل $= ۱۰۰۷۷/۸۸ \ w$

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: $Q = ۲۲۵ \times (۵ \times ۱۰) = ۱۱۲۵۰ \ w$



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

۱ـ انتخاب ظرفیت سرمایش کولر گازی

۲ـ انتخاب دستگاه از روی کاتالوگ

۳ـ مصرف برق و برچسب انرژی

بنابراین با توجه به بار سرمایی ۱۱۲۵۰w از کاتالوگ نمونه کولر پنجره‌ای می‌توان دو دستگاه کولر مدل CW-CM24-GR3 و CW-CM18-BP3 برای این فضا در نظر گرفت.

پژوهش‌کنید

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 (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 نویزداخلی (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
کندانسر	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,Φ۵ tube	innergroove,Φ۵ tube	innergroove,Φ۵ tube	innergroove,Φ۹,۵۲ 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[۱]، ترسیم[۲]، انتخاب مصالح[۳]، چگونگی اجرا[۴]، آزمایش[۵]، راه‌اندازی[۶] و نگهداری[۷] می‌شود که حیطه‌های زیر را دربر می‌گیرد:

۱ـ لوله‌کشی آب سرد و گرم مصرفی در داخل ساختمان

۲ـ شبکهٔ تهیه و ذخیره آب گرم مصرفی

۳ـ شبکهٔ تأمین فشار آب سرد مصرفی و آب گرم مصرفی

۴ـ شبکهٔ جمع‌آوری و هدایت فاضلاب داخل ساختمان تا نقطه دفع از ساختمان

۵ـ شبکهٔ لوله‌کشی هواکش فاضلاب

۶ـ شبکهٔ جمع‌آوری و هدایت آب باران به داخل

۷ـ نصب لوازم بهداشتی داخل ساختمان

محاسبهٔ سیستم آبرسانی

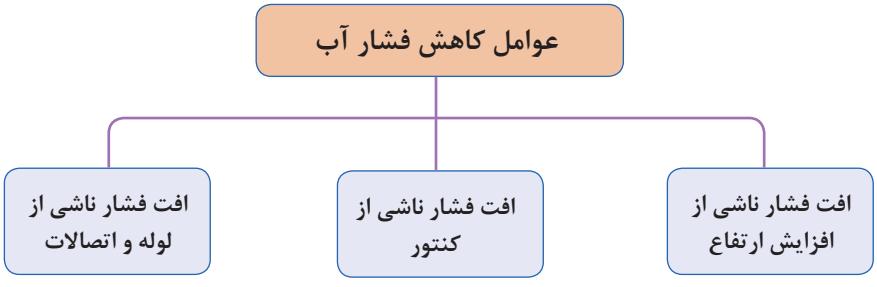
با هدف برآورد مقدار مصرف واقعی آب[۸] (متوسط مصرف شبانه‌روزی یک فرد ایرانی ۱۵۰ لیتر) و تعیین قطر لازم[۹]، برای انتقال آب به شیرهای مصرف انجام می‌گردد.

ـ محاسبه فشار مورد نیاز یک ساختمان

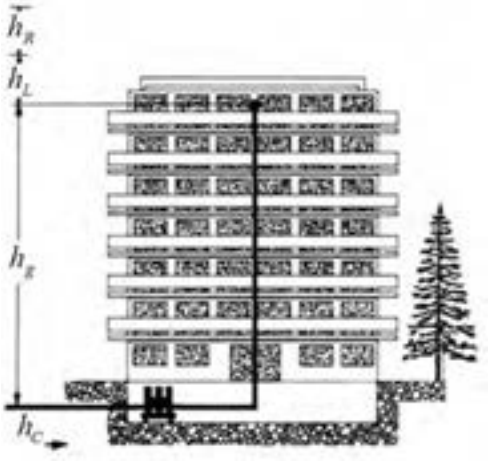
برای اینکه در شیرهای برداشت فشار موردنیاز را تأمین کنیم باید بر عوامل مؤثر بر کاهش فشار غلبه کنیم پس برای محاسبه فشار به دو عامل نیاز داریم:

ـ حداقل فشار موردنیاز در شیر برداشت

ـ عوامل مؤثر بر افت فشار شبکه که خود بر سه نوع هستند.



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



شکل ۱۶ــ افت فشارهای آب مصرفی ساختمان

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

فشار مورد نیاز شبکه :H

ارتفاع هندسی (اختلاف ارتفاع بین کنتور تا بالاترین نقطه مصرف آب) : h_g

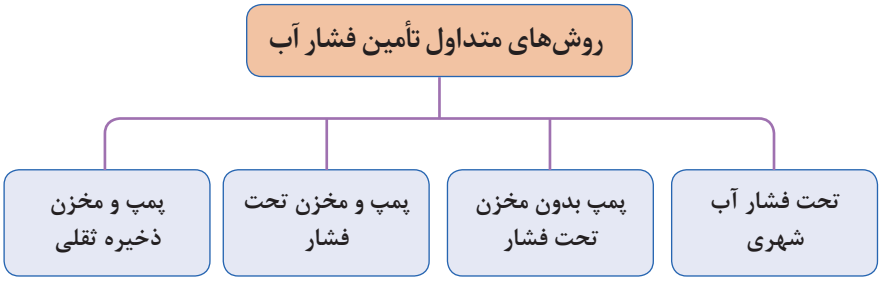
افت فشار در لوله‌ها، شیرآلات و سایر وسایل نصب شده در شبکه :h_L

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 مصرف‌کننده: h_R

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

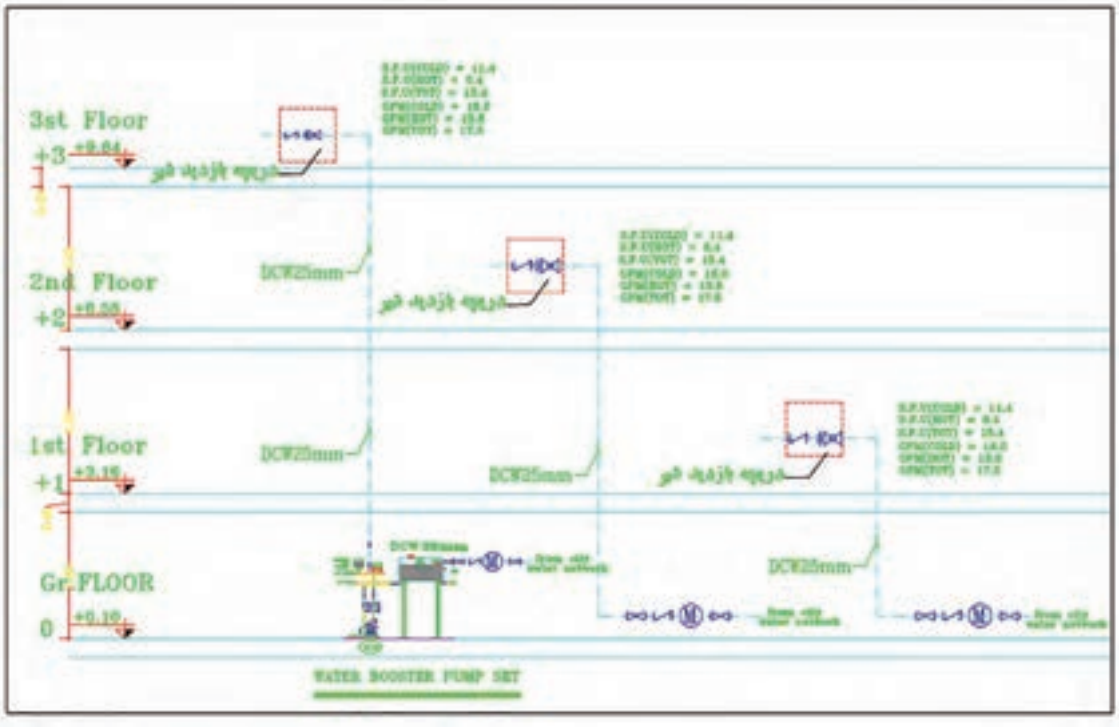


شبکهٔ تحت فشار آب شهری

به‌دلیل 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.

پژوهش

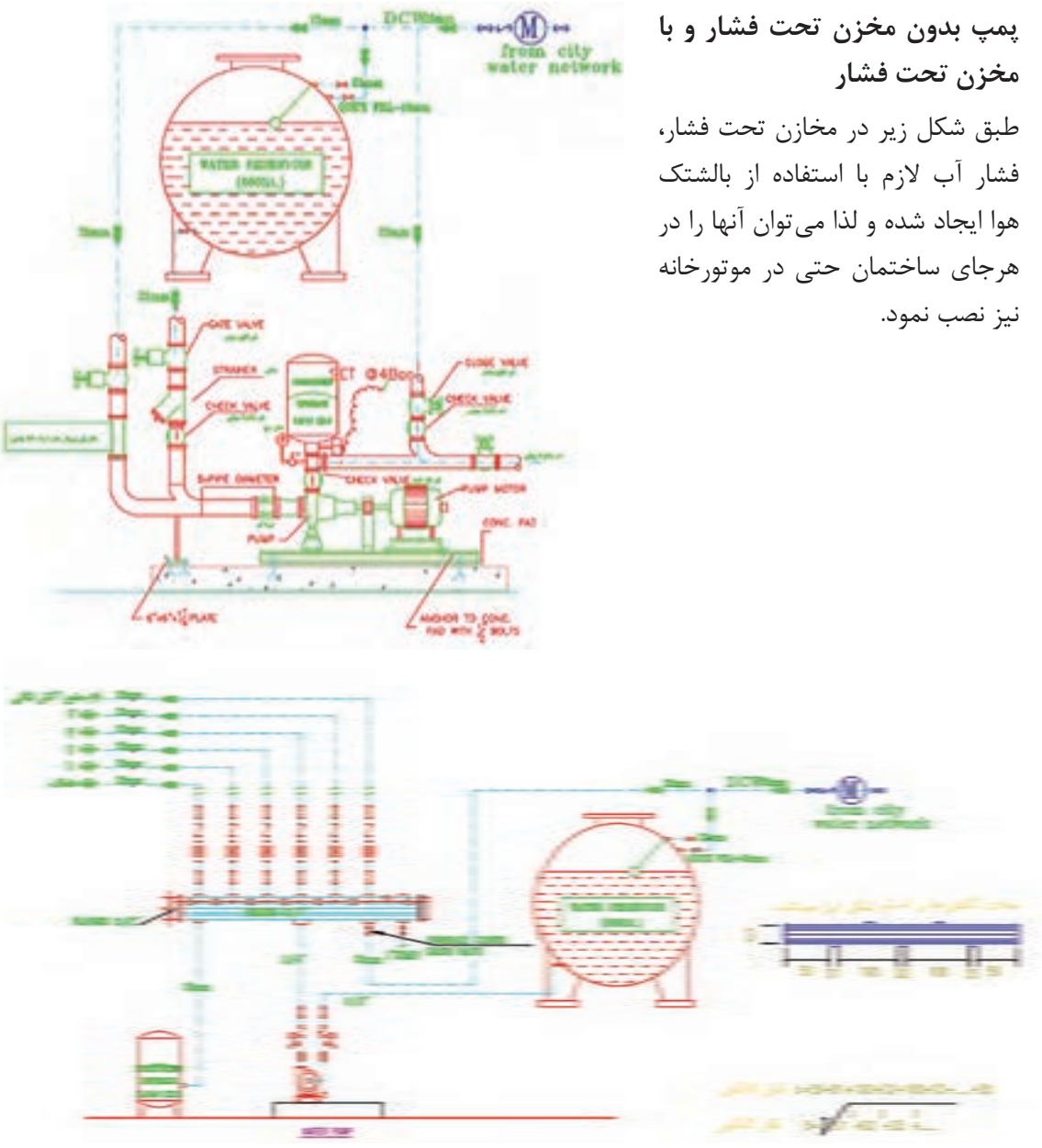
در مورد فشار آب شهر خود، تحقیق و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید.



فلودیاگرام 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 می‌توان آنها را در هرجای ساختمان حتی در موتورخانه نیز نصب نمود.

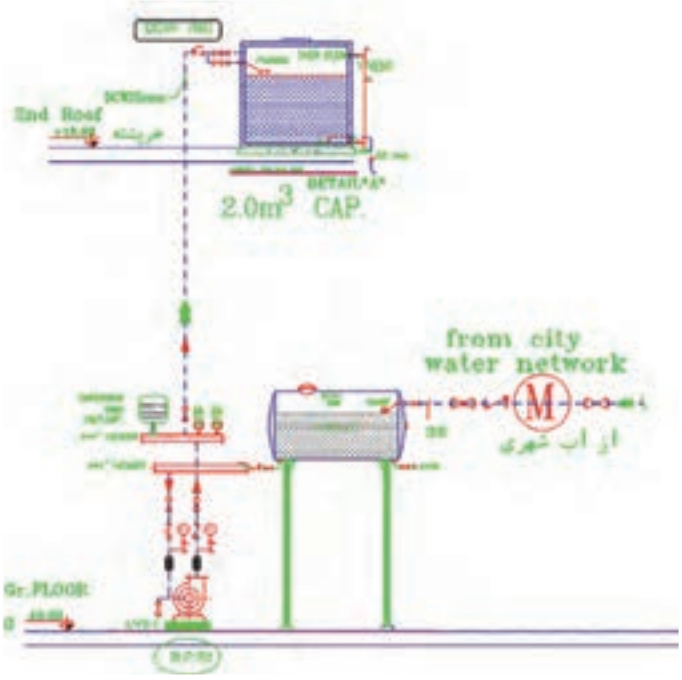


شکل ۱۷ـ جزئیات نصب پمپ زمینی خانگی به همراه مخزن ذخیره و تحت فشار

پمپ و مخزن ذخیره ثقلی

در این روش با نصب مخزن ذخیره آب در پایین‌ترین طبقه ساختمان آب شهر در آن ریخته می‌شود و سپس توسط یک پمپ آب از این مخزن ذخیره به مخزن ذخیره ثقلی که معمولاً در پشت بام نصب می‌شود انتقال می‌یابد. برای ساختمان‌های مسکونی با بیش از ۴ طبقه یا بیش از ۱۰ واحد مسکونی پیش‌بینی مخزن ذخیره آب ضروری است. حجم مخزن ذخیره آب بایستی جواب‌گوی ۱۲ ساعت مصرف، براساس ۱۵۰ لیتر در شبانه‌روز باشد.

شکل ۱۸ــ مخزن ذخیره در ارتفاع



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

پرسش کلاسی

حجم مخزن ثقلی مناسب برای یک ساختمان ۵طبقه ۲واحدی که در هر واحد به‌طور 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:

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

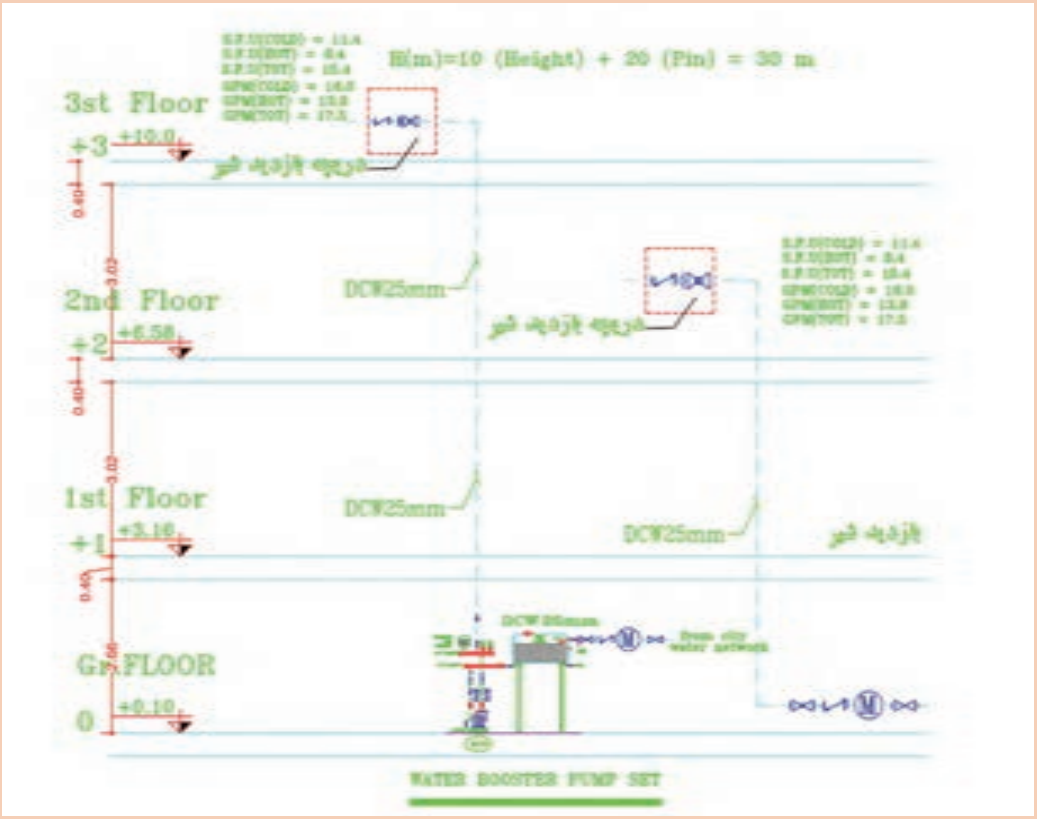
بر طبق تجربه کاری و برای ساده‌سازی افت فشارهای شبکه آبرسانی مجموعه افت فشارهای جزئی در لوله‌کشی معادل ۲۰ متر در نظر گرفته می‌شود، بنابراین داریم :

$$H = h_g + h_L + h_C + h_R = h_g + ۲۰m$$

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 به‌دست بیاوریم و با عدد ۲۰ جمع کنیم تا هد پمپ به‌دست بیاید.

$$H = h_g + ۲۰m = ۱۰ + ۲۰ = ۳۰m$$

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



پرسش کلاسی

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 می‌توان مقدار دبی پمپ را به‌دست آورد:

Q: دبی حداکثر برحسب L/min

q_p : دبی پمپ برحسب L/min

$$q_p = \frac{Q}{۳}$$

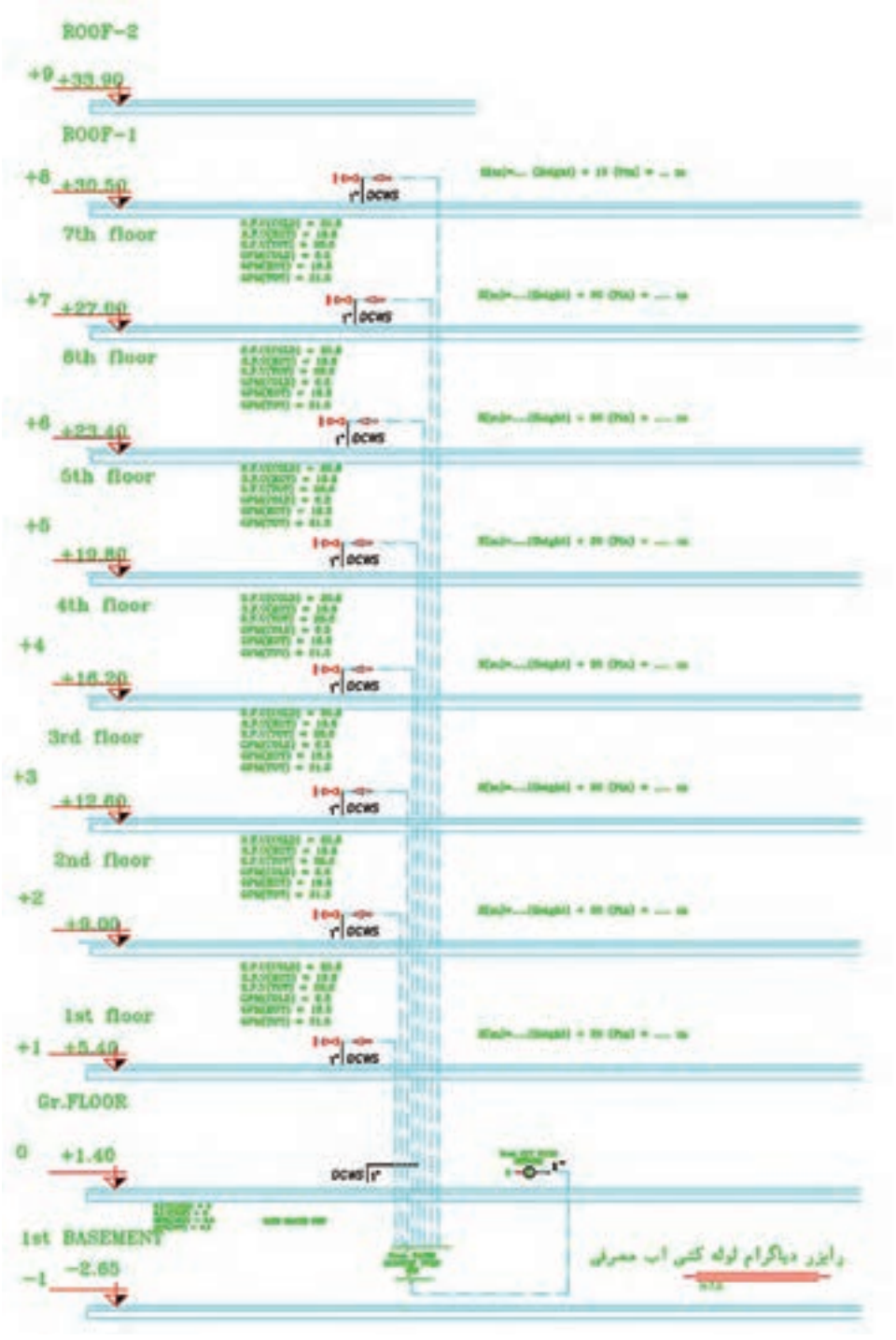
(با توجه به ضریب هم‌زمانی مصرف برای محاسبه پمپ حدود ۳۰٪ حداکثر احتمال مصرف آب در نظر گرفته شود)

n: تعداد واحد

A: مساحت واحد $m^۲$

$$q_p = ۲۲ \times \sqrt{\frac{A \times n}{۱۰۰}}$$

$$(\frac{H_۲}{H_۱}) = (\frac{Q_۲}{Q_۱})^۲$$



کار کلاسی

مزایای مخزن ذخیره آب در ارتفاع را بیان نمایید.

● 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

پرسش کلاسی

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

	بله
تعداد طبقات	
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:

ـ میزان آب مورد نیاز

ـ 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 ۹ـ حداکثر مقدار آب مورد نیاز در لوازم بهداشتی

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

برای محاسبه قطر لوله به‌صورت 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 به‌کاررفته، 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 به‌کار 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:

$$d = ۳/۵ \sqrt{Q}$$

Q= دبی آب در لوله L/min

d= قطر داخلی لوله mm

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 به‌دست می‌آوریم.

مثال: قطر لوله آب ورودی به یک دوش چند میلی‌متر است؟

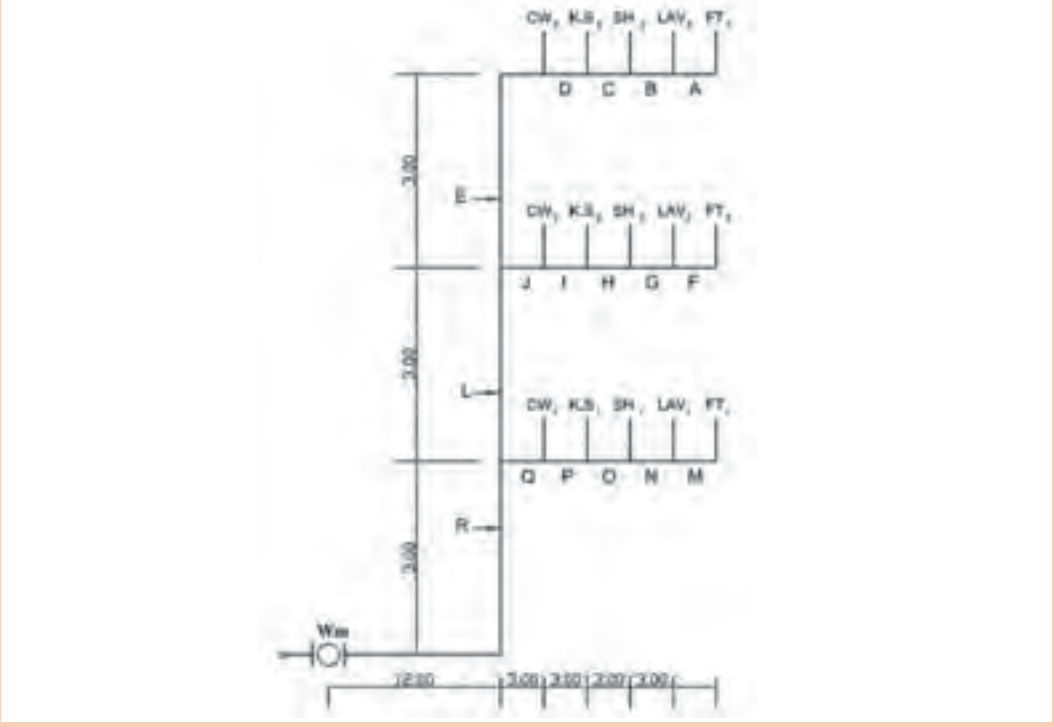
از جدول بالا مقدار آب برای دوش ۸ لیتر بر دقیقه تعیین می‌شود پس قطر داخلی لوله:

چون جدول حداقل قطر ۱۵ را پیشنهاد کرده پس باید آن را انتخاب کنیم.

$$d = ۳/۵\sqrt{Q} = ۳/۵\sqrt{۸} = ۱۰\,mm$$

کار کلاسی

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:



جدول ۱۰ـ مشخصات یک نوع لوله پنج لایه پلیمری

ضخامت دیواره	قطر داخلی	قطر خارجی	سایز
۲/۲	۱۱/۶	۱۶	۱۶
۲/۵	۱۵/۵	۲۰	۲۰
۳	۲۰	۲۵	۲۵
۳/۸	۲۵/۵	۳۲	۳۲
۴/۴	۳۲	۴۰	۴۰
۴/۹	۴۰	۵۰	۵۰
۶	۵۱	۶۳	۶۳

نام خط	دبی خط Q(L/min)	قطر داخلی $d(mm)=۳/۵\sqrt{Q}$	قطر نامی D(mm)
A,F,M			
B,G,N			
C,H,O			
D,I,P			
E,J,Q			
L			
R			

جمع‌آوری و دفع فاضلاب و آب باران

فقط بخش کوچکی از آب مصرفی به‌صورت 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 آب های 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:

ـ مقدار فاضلاب

ـ هواکش فاضلاب

ـ 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 بوهای مزاحم از داخل سیستم فاضلاب شبکه هواکش (vent) طراحی می‌گردد. طبق استانداردها برای هریک 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 برمبنای متر مکعب بر ساعت با توجه به جدول زیر به‌دست می‌آید:

جدول ۱۱ــ مقدار تقریبی مصرف تعدادی از دستگاه‌های گازسوز

دستگاه گازسوز	مقدار تقریبی مصرف (مترمکعب در ساعت)
آبگرمکن فوری	۳/۵
آبگرمکن مخزن‌دار	۱/۵
اجاق گاز خانگی (۵ شعلهٔ فردار)	۰/۷
اجاق گاز تجاری	۳/۵-۴
بخاری خانگی	۰/۶
کباب‌پز و پلوپز خانگی	۰/۳
پلوپز تجاری	۳/۵-۴
روشنایی	۰/۱
شومینه	۰/۳

طول دورترین مسیر

فاصله نقطهٔ خروجی رگولاتور تا دورترین مصرف‌کننده را می‌گویند. که از آن برای تعیین قطر لوله‌ها براساس مقدار گاز عبوری استفاده می‌شود.

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 می‌گردد.

جدول ۱۲ــ 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

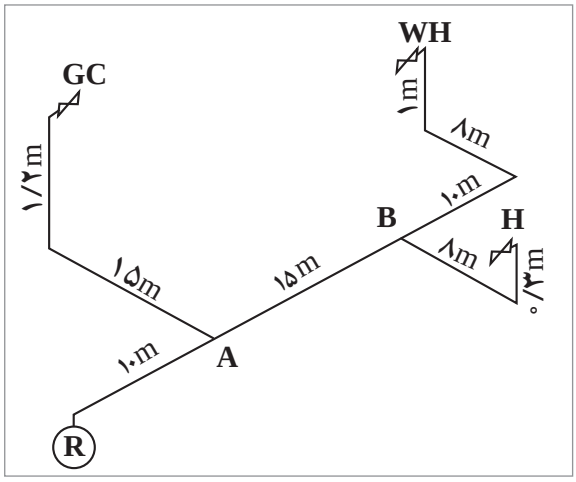
طول لوله (متر)	قطر اسمی لوله (اینچ)								
	۱/۲	۳/۴	۱	۱ ۱/۴	۱ ۱/۲	۲	۲ ۱/۲	۳	۴
۲	۵/۹	۱۲/۳	۲۲/۳۰	۴۷/۹	۷۲/۰	۱۲۸/۲	۲۲۰/۰	۳۹۰/۷	۸۰۱/۹
۴	۴/۰	۸/۵	۱۶/۰	۲۲/۹	۴۹/۲	۹۵/۱	۱۵۱/۲	۲۶۸/۵	۵۵۱/۱
۶	۳/۲	۶/۸	۱۲/۹	۲۶/۴	۳۹/۷	۷۶/۴	۱۲۱/۵	۲۱۵/۷	۴۴۲/۸
۸	۲/۸	۵/۸	۱۱/۰	۲۲/۶	۳۴/۰	۶۵/۲	۱۰۴/۰	۱۸۴/۷	۳۷۹/۱
۱۰	۲/۴	۵/۰	۹/۶	۱۹/۷	۲۹/۶	۵۶/۹	۹۰/۴	۱۶۰/۶	۳۲۹/۷
۱۲	۲/۲	۴/۷	۸/۸	۱۸/۱	۲۷/۲	۵۲/۵	۸۳/۴	۱۴۸/۲	۳۰۴/۲
۱۴	۲/۰	۴/۲	۸/۱	۱۶/۷	۲۵/۰	۴۸/۲	۷۶/۶	۱۳۶/۱	۲۷۹/۲
۱۶	۱/۹	۴/۰	۷/۵	۱۵/۵	۲۳/۲	۴۴/۸	۷۱/۳	۱۲۶/۷	۲۶۰/۰
۱۸	۱/۸	۳/۷	۷/۱	۱۴/۶	۲۱/۹	۴۲/۲	۶۷/۱	۱۱۹/۳	۲۴۴/۸
۲۰	۱/۷	۳/۵	۶/۷	۱۳/۸	۲۰/۷	۳۹/۸	۶۳/۴	۱۱۲/۵	۲۳۱/۰
۲۲	۱/۶	۳/۳	۶/۳	۱۳/۱	۱۹/۶	۳۷/۸	۶۰/۱	۱۰۶/۸	۲۱۹/۲
۲۴	۱/۵	۳/۲	۶/۱	۱۲/۵	۱۸/۷	۳۶/۱	۵۷/۴	۱۰۱/۹	۲۰۹/۲
۲۶	۱/۴	۳/۱	۵/۸	۱۲/۰	۱۸/۰	۳۴/۶	۵۵/۱	۹۷/۹	۲۰۰/۹
۲۸	۱/۴	۲/۹	۵/۵	۱۱/۴	۱۷/۲	۳۳/۱	۵۲/۶	۹۳/۶	۱۹۱/۰
۳۰	۱/۳	۲/۸	۵/۳	۱۱/۰	۱۶/۶	۳۱/۹	۵۰/۸	۹۰/۲	۱۸۵/۱
۳۵	۱/۳	۲/۶	۴/۹	۱۰/۲	۱۵/۴	۲۹/۴	۴۶/۸	۸۳/۱	۱۷۰/۶
۴۰	۱/۱	۲/۴	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۲	۷۶/۹	۱۵۷/۹
۴۵	۱/۱	۲/۲	۴/۳	۸/۸	۱۳/۲	۲۵/۵	۴۰/۶	۷۲/۲	۱۴۸/۱

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

طولانی‌ترین مسیر $L = ۱۰+۱۵+۱۳+۸+۱=۴۲\ m$

$$\begin{cases} L = ۶۰\ m \\ \text{مقدار مصرف} = ۱/۵+۰/۷+۰/۶ = ۲/۸\ \frac{m^۳}{hr} \\ \text{قطر}\ d = ۱'' \end{cases}$$

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



توجه

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.

نمونه ارزشیابی

بخش اول:

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

نوع سیستم	پخش‌کننده
انبساط مستقیم	فن‌کویل
تمام آب	کولر گازی
تمام هوا	فن‌کویل + هواساز
هوا آب	هواساز

۲ـ کدام دستگاه در دسته‌بندی سردکننده‌های تبخیری قرار نمی‌گیرد؟

الف) کولر آبی ب) فن‌کویل پ) زنت ت) ایرواشر

۳ـ 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:

۱ـ محاسبات بار گرمایشی 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.

۲ـ 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.

۳ـ یک پلان ساختمان که در آن سیستم VRF اجرا شده است را تهیه و تحلیل کنید که سرمایش 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:

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

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

ارزشیابی

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) باتوجه به استانداردهای عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و براساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

جدول ۱۳ـ الگوی ارزشیابی پودمان انتخاب سیستم

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
انتخاب سیستم	محاسبه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی ساختمان براساس نوع سیستم طراحی شده و برابر استانداردها	بالاتر از حد انتظار	ـ محاسبات سیستم گرمایشی برابر استانداردها ـ محاسبات سیستم سرمایشی برابر استانداردها ـ محاسبات سیستم آبرسانی ـ طراحی سیستم تهویه مطبوع یک ساختمان با توجه به معیارهای طراحی ـ انتخاب پمپ آبرسانی با توجه به نوع ساختمان	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	ـ محاسبات سیستم گرمایشی برابر استانداردها ـ محاسبات سیستم سرمایشی برابر استانداردها ـ محاسبات سیستم آبرسانی با توجه به ساختمان	۲
		پایین‌تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی)	ـ محاسبات سیستم گرمایشی برابر استانداردها	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				