



## تشریح کامل سؤالات آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی

### جلد دوم (مجموعه آزمون‌ها)

به همراه خلاصه دروس مورد نیاز آزمون‌ها  
نکات جامع کاربردی و اجرایی مرتبط با هر سؤال  
پاسخنامه کاملاً تشریحی از اولین دوره تاکنون  
براساس آخرین ویرایش و سرفصل‌های  
شورای تدوین مقررات ملی ساختمان  
به همراه آزمون اسفند ۱۳۹۵



#### مؤلفان:

مهندس پیمان ابراهیمی ناغانی  
مدرس رسمی سازمان نظام مهندسی  
مهندس سید مهدی حسینی  
مهندس علی فاضل  
مهندس علی احمدی قادر



تشریح کامل سوالات آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی (مجموعه آزمون‌ها) به همراه خلاصه دروس مورد نیاز آزمون‌ها...

تهران: نوآور

۳۰۸ ص؛ ۲۲ × ۲۹ س.م.

۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۱۸-۶

فیبای مختصر

این مدرک در آدرس <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است.

مولفان پیمان ابراهیمی، مهدی حسینی، علی فاضل، علی احمدی قادر.

راه و ساختمان -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

ابراهیمی، پیمان، ۱۳۵۴-

۳۶۰۷۸۵۸

عنوان و نام پدیدآور:

مشخصات نشر:

مشخصات ظاهری:

شابک:

وضعیت فهرست نویسی:

یادداشت:

یادداشت:

موضوع:

شناسه افزوده:

شماره کتابشناسی ملی:

## تشریح کامل سوالات آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی



نشر نوآور

مؤلفان: مهندس پیمان ابراهیمی، مهندس سیدمهدی حسینی،

مهندس علی فاضل، مهندس علی احمدی قادر

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا

نوبت چاپ: پنجم ۱۳۹۶

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۱۸-۶

قیمت: ۲۹۰۰۰ تومان

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخر رازی، خیابان شهدای

ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه

دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲ - ۶۶۴۸۴۱۹۱ [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هرگونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد اسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید. لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

[info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com)

# فهرست مطالب

۸	مقدمه .....
۹	مطالب کاربردی و جداول (خلاصه دروس) .....
۹	واحدهای اندازه‌گیری گرما .....
۹	ظرفیت حرارتی - گرمای ویژه .....
۹	انتقال حرارت .....
۹	ضریب انتقال حرارت کلی یک دیوار ساده .....
۱۰	اتلاف حرارتی ساختمان (بار حرارتی) .....
۱۰	اختلاف بار گرمایی و سرمایی .....
۱۰	بار حرارتی .....
۱۰	بار برودتی .....
۱۱	بارهای خارجی .....
۱۱	بارهای داخلی .....
۱۲	محاسبه بار برودتی .....
۱۲	فرایندهای پایه در تهویه مطبوع .....
۱۳	۱- گرم کردن محسوس هوا .....
۱۳	۲- سرد کردن محسوس هوا .....
۱۳	۳- تحول ایزوترم .....
۱۳	۴- تحول آدیاباتیکی و تحول آدیاباتیکی اشباع (رطوبت زدن به روش آدیاباتیکی) .....
۱۴	۵- سرد کردن و رطوبت‌گیری از هوا .....
۱۴	۶- فرایند اختلاط آدیاباتیکی .....
۱۵	۱- دمای خشک جریان نهایی .....
۱۵	۲- رطوبت مخصوص جریان نهایی .....
۱۵	۳- آنتالپی جریان نهایی .....
۱۵	انواع سیستم حرارت مرکزی .....
۱۶	انواع سیستم‌های حرارت مرکزی با آب گرم .....
۱۶	انتخاب دیگ .....
۱۶	انتخاب مشعل بر اساس مصرف سوخت .....
۱۶	انتخاب مشعل بر اساس ظرفیت حرارتی .....
۱۶	محاسبه ظرفیت مخزن سوخت روزانه .....
۱۷	محاسبه ظرفیت مخزن اصلی .....
۱۷	محاسبه و انتخاب دودکش .....
۱۸	محاسبه قطر لوله‌های رفت و برگشت منبع انبساط باز .....
۱۸	محاسبه منبع انبساط بسته .....
۱۸	کلکتور .....
۱۹	قوانین پمپ‌ها .....
۱۹	روابط تشابهی حاکم بر پمپ‌ها .....
۱۹	ارتفاع مکش مثبت .....
۲۰	پمپ‌های موازی .....
۲۰	پمپ‌های سری .....
۲۰	پمپ‌های سیرکولاتور .....
۲۰	محاسبه و انتخاب پمپ‌های سیرکولاتور .....
۲۱	محاسبه هد پمپ‌های سیرکولاتور .....

۲۱	محاسبه دبی پمپ‌های سیرکولاتور
۲۲	انواع بادزن‌ها
۲۳	قوانین بادزن‌ها
۲۳	فشار سرعتی هوا
۲۳	تعداد دفعات تعویض هوا در ساعت
۲۴	رابطه‌های مربوط به محرک (موتور و فن)
۲۴	رابطه‌های تبرید
۲۴	رابطه‌های جریان آب
۲۵	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» آذر سال ۱۳۷۷
۳۰	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی آذر ماه ۱۳۷۷
۳۳	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» تیر سال ۱۳۷۸
۳۹	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی تیر ماه ۱۳۷۸
۴۳	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» اردیبهشت سال ۱۳۷۹
۵۳	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی اردیبهشت ماه ۱۳۷۹
۵۸	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» آذر سال ۱۳۷۹
۶۶	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی تاریخ آذر ماه ۱۳۷۹
۶۹	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» تیر سال ۱۳۸۰
۷۷	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی تیر ماه ۱۳۸۰
۸۱	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» فروردین سال ۱۳۸۱
۸۹	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی فروردین ماه ۱۳۸۱
۹۳	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» خرداد سال ۱۳۸۲
۱۰۲	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی خرداد ماه ۱۳۸۲
۱۰۵	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» اسفند سال ۱۳۸۲
۱۱۳	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی اسفند ماه ۱۳۸۲
۱۱۷	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» بهمن ماه ۱۳۸۳
۱۲۴	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی بهمن ماه ۱۳۸۳
۱۲۸	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» آذر سال ۱۳۸۴
۱۳۵	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی آذر ماه ۱۳۸۴
۱۳۸	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» شهریور سال ۱۳۸۶
۱۴۵	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تاریخ شهریور ماه ۱۳۸۶
۱۴۸	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» اسفند سال ۱۳۸۷
۱۵۶	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی اسفند ماه ۱۳۸۷
۱۵۹	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» خرداد سال ۱۳۸۹
۱۶۵	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی خرداد ماه ۱۳۸۹
۱۶۸	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» اسفند سال ۱۳۸۹
۱۷۴	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی اسفند ماه ۱۳۸۹
۱۷۸	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» آذر سال ۱۳۹۰
۱۸۵	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی آذر ماه ۱۳۹۰
۱۸۸	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» شهریور سال ۱۳۹۱
۱۹۷	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی شهریور ماه ۱۳۹۱
۲۰۰	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» اسفند ماه ۱۳۹۱
۲۰۷	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی اسفند ماه ۱۳۹۱
۲۱۲	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» آذر سال ۱۳۹۲

۲۱۹.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی آذر ماه ۱۳۹۲.....
۲۲۴.....	آزمون ورود به حرفه مهندسان «تأسیسات مکانیکی» خرداد سال ۱۳۹۳.....
۲۳۰.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی خرداد ماه ۱۳۹۳.....
۲۳۴.....	آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی آبان ماه ۱۳۹۳.....
۲۴۱.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی آبان ماه ۱۳۹۳.....
۲۴۶.....	آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی مردادماه ۱۳۹۴.....
۲۵۲.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی مردادماه ۱۳۹۴.....
۲۵۷.....	آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی بهمن ماه ۱۳۹۴.....
۲۶۴.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی بهمن ماه ۱۳۹۴.....
۲۷۱.....	آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی شهریورماه ۱۳۹۵.....
۲۷۸.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی شهریورماه ۱۳۹۵.....
۲۸۴.....	آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی (نظارت) اسفندماه ۱۳۹۵.....
۲۹۰.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی (نظارت) اسفندماه ۱۳۹۵.....
۲۹۳.....	آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی (طراحی) اسفندماه ۱۳۹۵.....
۳۰۰.....	پاسخنامه آزمون ورود به حرفه مهندسان تأسیسات مکانیکی (طراحی) اسفندماه ۱۳۹۵.....

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سائیتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، افسست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤرّعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

**خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،**

**از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.**

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۲-۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس [info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com) و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com) به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضييع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

## مقدمه

مهندس پیمان ابراهیمی ناغانی فارغ‌التحصیل مقطع کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (گرایش تبدیل انرژی) در سال ۷۸ بوده و در حال حاضر در مقطع دکتری مهندسی مکانیک در حال تحصیل می‌باشد. ایشان با بیش از ۱۵ سال سابقه تدریس دانشگاهی هم‌اکنون عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران می‌باشد. و در دوره‌های مختلف به تدریس دروس متعدد آمادگی آزمون نظام مهندسی (رشته تاسیسات مکانیکی) کلاسهای ارتقاء پایه نظام مهندسی در رشته مهندسی مکانیک، مشاوره، طراحی و نظارت در رشته تاسیسات مکانیکی از قبیل طراحی موتورخانه، طراحی استخر، سونا و جکوزی، طراحی HVAC مقدماتی و پیشرفته، طراحی سیستم‌های آبرسانی و فاضلاب و چیلر و برج‌های خنک کن و ... فعالیت داشته‌اند.

همچنین سه عنوان کتاب با عناوین پمپ و پمپاژ کاربردی، مرجع کاربردی طراحی استخر، سونا و جکوزی، مرجع کاربردی بویلرهای آب گرم و بخار صنعتی چاپ و در اختیار علاقمندان قرار گرفته است و کتب در دست چاپ، واژه‌نامه رشته تاسیسات مکانیکی، اصول طراحی تاسیسات مکانیکی است، که به زودی در اختیار دانش پژوهان عزیز قرار خواهد گرفت.

ایشان در طی سال‌های اخیر به آموزش بیش از ده هزار دانش پژوه جامعه مهندسان سراسر کشور پرداخته است همچنین حضور فعال در کلاسهای آموزشی مستمر به عنوان مدرس دوره‌های تخصصی تاسیسات مکانیکی در شرکت‌های مهندسی مشاور از قبیل گروه مپنا، شرکت ایران خودرو، و سازمان نظام مهندسی استان‌های کشور، جهاد دانشگاهی، موسسه نوین پارسیان، مرکز تحقیقات مسکن و مدیریت دپارتمان تاسیسات و تهویه مطبوع آموزشگاه عالی نوین پارسیان..... از دیگر فعالیت‌های ایشان در عرصه صنعت تاسیسات کشورمان می‌باشد. ایشان همواره آماده برگزاری کلاسهای آموزشی جهت موسسات دولتی و خصوصی به صورت انفرادی و گروهی می‌باشند.

از آنجایی که کتب بسیاری در مورد حل مسایل و آزمون‌های دوره‌ای سال‌های اخیر در رشته تاسیسات مکانیکی ساختمان به چاپ رسیده ولی بطور کامل و گویا نسبت به حل تشریحی مسایل و توجیه علمی آنها پرداخته نشده است، تصمیم به تنظیم و انتشار کتابی بر اساس آخرین ویرایش‌های مباحث مقررات ملی ساختمان گرفته‌اند.

از آنجایی که هیچ اثری عاری از اشتباه و خطا نیست، از کلیه دوستان، همکاران گرامی، دانش پژوهان عزیز و فعالین حرفه تاسیسات تقاضا داریم تا چنانچه در مورد مندرجات کتاب، پیشنهاد یا نکته نظری دارند، به طور مستقیم و یا از طریق ناشر اعلام نموده تا در ویرایش‌های بعدی از تجربیات و نظرات سازنده شما استفاده نماییم.

Info@noavarpub.com

# نشر نوآور

## تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱



## مطالب کاربردی و جداول (خلاصه دروس)

### واحدهای اندازه گیری گرما

مقدار حرارت به روش های مختلفی اندازه گیری می شود و در سیستم SI مانند سایر انرژی های دیگر با واحد ژول بیان می شود. واحدهای دیگر آن که در صنعت تأسیسات زیاد مورد استفاده قرار می گیرند به صورت زیر تعریف می شوند:

کالری: به مقدار گرمای لازم برای افزایش درجه حرارت یک گرم آب از به درجه سانتی گراد یک کالری گفته می شود که معادل  $4/186$  ژول است.

بی تی یو: به مقدار گرمای لازم برای افزایش درجه حرارت یک پوند آب از  $39/2$  به  $40/2$  درجه فارنهایت یک بی تی یو گفته می شود. با در نظر گرفتن اینکه هر پوند  $453/59$  گرم و هر درجه فارنهایت  $5/9$  درجه سانتی گراد است به آسانی محاسبه می گردد که هر بی تی یو برابر  $252$  کالری است.

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ Cal} \quad 1 \text{ KCal} = 3,97 \text{ BTU} \cong 4 \text{ BTU}$$

### ظرفیت حرارتی - گرمای ویژه

به مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای مقدار معینی از یک ماده به اندازه یک درجه سلسیوس، ظرفیت حرارتی آن ماده گفته می شود و در مواد مختلف این مقدار متفاوت است. فرض کنیم  $Q$  مقدار حرارتی باشد که بتواند درجه حرارت یک ماده مشخص را به اندازه بالا ببرد بنابر تعریف بالا نسبت  $Q$  به  $C$  ظرفیت حرارتی جسم می نامند و واحد آن در سیستم SI است یعنی:

$$mc = \frac{Q}{\Delta T} = \text{ظرفیت حرارتی}$$

این پارامتر لختی اجسام نسبت به گرما را نشان می دهد مثلاً اگر ظرفیت حرارتی جسمی کمتر باشد لختی آن نسبت به گرما بیشتر است یعنی با گرفتن گرمای مشخص دما آن بیشتر تغییر می کند. گرمای ویژه یک ماده عبارت است از ظرفیت حرارتی واحد جرم آن ماده. یعنی مقدار حرارتی که واحد جرم ماده می گیرد تا یک درجه گرم شود. گرمای ویژه را با حرف  $C$  نشان می دهند.

$$C = \frac{Q}{m \Delta t}$$

واحد ظرفیت حرارتی در سیستم انگلیسی  $\text{BTU}/\text{Lb} \cdot ^\circ\text{F}$ ، در سیستم SI  $\text{J}/\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}$  و در سیستم متریک  $\text{KCal}/\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$  می باشد.

توجه: اگر سیستم متریک را در ضریب  $4/186$  ضرب کنیم گرمای ویژه در سیستم SI بر حسب  $\text{KJ}/\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}$  به دست می آید. هرگاه ماده ای به جرم  $m$  به گرمای ویژه  $C$  را گرم کنیم به طوری که از دمای  $T_1$  به  $T_2$  برسد گرمایی که دریافت می کند از رابطه (۱-۱) بدست می آید.

$$Q = mC (T_2 - T_1)$$

### انتقال حرارت

به جریان حرارت از ماده ای با درجه حرارت بیشتر به ماده ای با درجه حرارت کمتر انتقال حرارت می گویند. به طور کلی حرارت به سه روش مستقل زیر منتقل می شود:

۱- هدایت (رسانش)

۲- جابه جایی (وزش - همرفت)

۳- تشعشع (تابش)

### ضریب انتقال حرارت کلی یک دیوار ساده

منظور از دیوار ساده دیواری است که از یک جنس ساخته شده باشد. برای محاسبه ضریب انتقال حرارت کلی یک دیوار ساده باید مقدار تلفات حرارتی از آن دیوار را بررسی نماییم. شکل (۳-۱) یک جدار ساده را نشان می دهد که مشخصات آن عبارتند از:

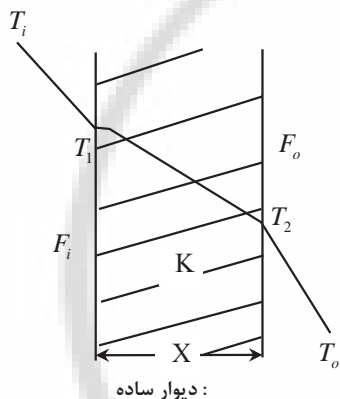
۱. دمای هوای محیط داخل ( $T_i$ ) که بیشتر از دمای دیوار است.
۲. دمای سطح تماس داخل ( $T_1$ ) و سطح تماس خارج ( $T_2$ ).
۳. ضریب انتقال سطحی مربوط به سطح داخل ( $F_i$ ) و سطح خارج ( $F_o$ ) که از جدول (۱-۱۵) بدست می‌آیند.
۴. ضخامت دیوار ( $X$ ).
۵. قابلیت هدایت حرارتی دیوار ( $K$ ) که بستگی به جنس و نوع مصالح دارد.
۶. درجه حرارت محیط خارج ( $T_o$ ).

مقاومت حرارتی :

$$R = \frac{1}{U} = \frac{1}{F_i} + \frac{1}{K} + \frac{1}{F_o}$$

ضریب انتقال حرارت کلی :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{F_i} + \frac{X}{K} + \frac{1}{F_o}}$$



#### اتلاف حرارتی ساختمان (بار حرارتی)

بار حرارتی مقدار گرمایی است که ساختمان در فصل زمستان در واحد زمان از دست می‌دهد. توجه شود که بار حرارتی ساختمان را در یک لحظه (زمانی که تلفات حرارتی ماکزیمم است) حساب می‌کنیم و در زمستان این زمان یک لحظه قبل از طلوع آفتاب است (حدود ساعت ۴-۵ بامداد که دمای بیرون ساختمان به کمترین مقدار ممکن می‌رسد) لذا برای محاسبه بار حرارتی اثرات خورشید (انرژی تشعشعی) را در نظر نمی‌گیریم. به طور کلی انرژی حرارتی ساختمان به دو روش اصلی تلف می‌شود که عبارتند از:

الف) تلفات حرارت به روش هدایت از پوسته ساختمان (سقف، درب و پنجره‌ها، جدارهای کناری و کف) که بیشترین سهم اتلاف حرارت را دارد.

ب) تلفات حرارتی جابجایی در اثر تهویه هوای محیط داخل ساختمان و نفوذ هوا از درزهای اطراف درب و پنجره‌ها که در ساختمان‌های معمولی حدود ۴۰ درصد بار حرارتی را تشکیل می‌دهد.

#### اختلاف بار گرمایی و سرمایی

##### بار حرارتی

الف) تلفات حرارت به روش هدایت از پوسته ساختمان (سقف، درب و پنجره‌ها، جدارهای کناری و کف) که بیشترین سهم اتلاف حرارت را دارد.

ب) تلفات حرارتی جابجایی در اثر تهویه هوای محیط داخل ساختمان و نفوذ هوا از درزهای اطراف درب و پنجره‌ها که در ساختمان‌های معمولی حدود ۴۰ درصد بار حرارتی را تشکیل می‌دهد.

##### بار برودتی

در شکل (۹-۱) حالت ساده‌ای از بارهای برودتی در داخل یک اتاق نشان داده شده است. بار برودتی یک فضا را بر اساس محل دریافت گرما می‌توان به دو دسته خارجی و داخلی دسته‌بندی کرد.



بار برودتی :

### بارهای خارجی

منظور از بارهای خارجی نرخ گرمایی است که از منبع‌های حرارتی بیرون ساختمان از طریق پوسته ساختمان به فضای مطبوع منتقل می‌شود. به دلیل این که شرایط بیرون در یک روز مشخص متغیر است لذا بار خارجی در طول روز زیاد تغییر می‌کند. بارهای خارجی ناشی از موارد زیر است:

- انتقال حرارت هدایت پوسته ساختمان: اختلاف دمای هوای خارج با هوای داخل ساختمان و همچنین تابش مستقیم نور خورشید بر جدار خارجی ساختمان موجب ایجاد گرادیان دما بین پوسته داخلی و خارجی ساختمان شده و در اثر این گرادیان دما حرارت به روش هدایت از خارج به داخل ساختمان منتقل می‌شود. مقاومت حرارتی جدارهای ساختمان تاثیر زیادی بر این روش انتقال حرارت دارد لذا عایق کردن جدارهای خارجی ساختمان می‌تواند نرخ انتقال حرارت هدایت از پوسته ساختمان را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.
- تابش نور خورشید بر پنجره‌ها، نورگیرها و... : تابش خورشید بر پنجره‌ها، نورگیرها، درب‌های شیشه‌ای و... اغلب قسمت عمده‌ای از بار برودتی ساختمان را تشکیل می‌دهد و مقدار آن نسبت به زمان و جهت بسیار متغیر است. برای محاسبه بار برودتی ناشی از تابش خورشید بر پنجره‌ها، نورگیرها، درب‌های شیشه‌ای و... باید دقت کافی بعمل بیاید و هنگام محاسبه مقدار آن باید سایه ایجاد شده در اثر ساختمان‌های مجاور، سایبان‌ها و همچنین انعکاس نور خورشید از زمین، آب و... در نظر گرفته شوند. در ساختمان‌هایی که بیشتر جدار خارجی آنها شیشه است و نور خورشید بطور مستقیم به ساکنین برخورد می‌کند باید آسایش ساکنین نسبت به شرایط تابش نیز بررسی شود. ورود هوای خنک به فضا باید بگونه‌ای باشد که پتانسیل گرم شدن سطح شیشه‌ها را جبران کند در غیر اینصورت دبی هوا باید به اندازه کافی باشد تا بتواند اثرات دمای متوسط تابش را جبران کند. برای جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید به ساکنین باید از وسایل سایه‌انداز در داخل یا خارج ساختمان استفاده شود. در ساختمان‌هایی که بیشتر نمای آنها شیشه‌ای است هماهنگی مهندس معمار با مهندس طراحی سیستم تهویه مطبوع امری ضروری است و تاثیر زیادی بر محاسبه صحیح بار برودتی ساختمان دارد.
- تهویه ساختمان: بار برودتی ناشی از تهویه، تاثیر مستقیم بر فضای سرمایش ندارد (مگر اینکه هوای خارج بصورت مستقیم توسط هواکش یا در اثر باز کردن پنجره وارد فضا شود) و بار آن (که شامل محسوس و نهان است) توسط دستگاه هواساز تامین می‌شود.
- نفوذ هوا: یکی از عوامل دیگری که بر بار برودتی ساختمان‌ها تاثیر می‌گذارد نفوذ هوای بیرون به داخل ساختمان از درزهای اطراف درب و پنجره‌ها در اثر اختلاف فشار ناشی از برخورد باد، اثر دودکشی و کارکرد سیستم‌های مکانیکی تهویه (هواکش، هواساز و...) است. امروزه با استفاده از درب و پنجره‌های با درزبندی خوب (مانند UPVC و...) مقدار نفوذ هوا تا حدود زیادی کم شده است. در ساختمان‌هایی که از دستگاه هواساز استفاده می‌شود برای جلوگیری از نفوذ هوا، مقدار کمی در اتاق‌ها فشار مثبت ایجاد می‌کنند در این حالت از نفوذ هوا جلوگیری می‌شود.

### بارهای داخلی

منظور از بارهای داخلی نرخ گرمایی است که در داخل ساختمان تولید می‌شوند. این بارها ناشی از موارد زیر می‌باشند:

- حضور افراد: افراد همواره در اثر سوخت و ساز بدن گرما تولید می‌کنند که از طریق پوست و ریه‌ها به روش جابجایی و تشعشع بصورت محسوس و از طریق تبخیر بصورت نهان به محیط منتقل می‌شود. که مقدار آن بستگی به نوع فعالیت آنها دارد برای مثال گرمایی که یک کشتی‌گیر در ورزشگاه آزاد می‌کند حدود ۸ برابر گرمایی است که حضار تولید می‌کنند.

۲. روشنایی: وسایل روشنایی صد در صد توان الکتریکی را تبدیل به روشنایی نمی‌کنند بلکه مقداری از آن را تبدیل به گرما کرده و بصورت تابش و جابجایی به محیط منتقل می‌کنند.
۳. تجهیزات: یکی از راه‌های دیگر تولید گرما در ساختمان‌ها استفاده از تجهیزات (کامپیوتر، دستگاه کپی، اتو، اجاق و...) است. تعیین بار برودتی ناشی از تجهیزات در ساختمان‌های مسکونی و ادارات کار ساده‌ای است ولی تخمین بار برودتی تجهیزات کارخانه‌ها، آزمایشگاه‌ها، سایت‌های مرکزی کامپیوتر، آشپزخانه‌ها و... پیچیده است و مقدار آن قابل توجه است. برای مثال در کارخانه‌ها و آزمایشگاه‌ها مشخص کردن زمان کارکرد و نرخ تولید گرمای محسوس و نهان تک تک تجهیزات و همچنین در یک زمان مشخص کدام تجهیزات بطور همزمان فعالیت می‌کنند امری ضروری است.
۴. الکتروموتور فن و پمپ‌ها: در هوارسان‌ها الکتروموتور فن‌های رفت و برگشت هوا، گرمای تولیدی خود را به جریان هوای در گردش می‌دهند که مقدار آن بستگی به فشار استاتیک و بازده آنها دارد. و در سیستم‌های سرمایشی تمام آب و هوا-آب نیز گرمای تولید شده بوسیله الکتروموتور پمپ‌های گردش آب باید در نظر گرفته شوند.
۵. بارهای فرعی: بسته به نوع طراحی، موقعیت فضای سرمایش، نوع کاربری ساختمان و... بعضی بارهای متفرقه تحمیل می‌شوند که هنگام محاسبه بار سرمایش باید در نظر گرفته شوند. برای مثال گذر لوله‌های آب گرم مصرفی ساختمان از فضای سرمایش باعث انتقال حرارت با هوای محیط می‌شود که مقدار آن باید در نظر گرفته شود. عبور کانال از فضاهای تهویه نشده نیز باعث تبادل حرارت با محیط می‌شود و همچنین در کانال‌های با فشار بالا باید بار ناشی از نشتی هوا محاسبه شود.

### محاسبه بار برودتی

برای محاسبه بار برودتی روش‌های مختلفی وجود دارد که در این قسمت به نحوه محاسبه بار برودتی به یک روش پرداخته می‌شود. بار برودتی کل برابر مجموع بارهای زیر است:

انتقال حرارت از بام و دیوارهای خارجی

منظور از بام سطح بالایی ساختمان است که در مجاورت با محیط است و تحت تاثیر مستقیم تابش خورشید قرار می‌گیرد و منظور از دیوارهای خارجی دیوارهایی است که یک طرف آن با محیط بیرون و در معرض تابش مستقیم نور خورشید می‌باشند. بطور کلی انتقال حرارت از دیوارها به سه روش زیر صورت می‌گیرد:

- هدایت: حرارت به روش هدایت در اثر اختلاف دمای سطح داخلی و خارجی دیوار یا بام منتقل می‌شود.
  - جابجایی طبیعی: در اثر گرم شدن هوای اطراف دیوار، چگالی آن کم شده لذا بطور طبیعی به سمت بالا حرکت می‌کند و باعث انتقال حرارت جابجایی می‌شود که در سطوح داخلی و خارجی دیوارها اتفاق می‌افتد.
  - تابشی: تابش مستقیم خورشید به دیوارهای خارجی و بام باعث انتقال حرارت تابشی می‌شود.
- با توجه به اینکه انتقال حرارت از دیوارهای خارجی و بام ساختمان بصورت همزمان به سه روش بالا صورت می‌گیرد و با توجه به اینکه شدت تابش خورشید در طول شبانه‌روز بسیار متغیر است لذا این فرایند ذاتا ناپایا است (انتقال حرارت وابسته به زمان است) و از طرف دیگر دیوارها و بام به دلیل اینرسی حرارتی که دارند حرارت را با تاخیر زمانی منتقل می‌کنند برای مثال حرارتی که به سطح خارجی دیواری که ضخامت آن ۳۰ سانتی‌متر است وارد می‌شود بعد از حدود ۷ ساعت به سطح داخلی آن می‌رسد. تاخیر زمانی انتقال حرارت یک جسم بستگی به ظرفیت حرارتی آن دارد و هر چقدر بالاتر باشد اینرسی حرارتی آن بالاتر بوده و حرارت را با سرعت کمتری منتقل می‌کند. یکی از دلایل اینکه زیرزمین‌ها در تابستان‌ها خنک و در زمستان‌ها گرم می‌باشند اینرسی حرارتی خاک است که مقدار آن با افزایش عمق زمین افزایش می‌یابد (اینرسی حرارتی خاک باعث می‌شود که گرمای سطح زمین در تابستان با تاخیر زمانی به ارتفاع دو متری زمین برسد و با افزایش ارتفاع از سطح زمین علاوه بر افزایش تاخیر زمانی، دامنه نوسانات دمایی نیز کمتر می‌شود یعنی با افزایش عمق زیر زمین نوسانات دمایی خاک در طول سال کاهش می‌یابد و کمتر تحت تاثیر دمای سطح زمین قرار می‌گیرد). با توجه به مطالب گفته شده انتقال حرارت از دیوارهای خارجی و بام تابع پارامترهای زیادی است از جمله مساحت سطح، ضریب انتقال حرارت مصالح، اختلاف دمای هوای داخل و بیرون ساختمان، زمان (انتقال حرارت ناپایا است)، شدت تابش خورشید (که خود تابع موقعیت جغرافیایی، ماه، ساعت، رنگ جدار و...)، تغییرات روزانه دمای هوای خارج و ظرفیت حرارتی دیوار یا بام (که خود وابسته به چگالی، گرمای ویژه و حجم مصالح است) است. تاثیر دادن تمام این پارامترها و استفاده از روابط پایه انتقال حرارت برای محاسبه نرخ انتقال حرارت بسیار پیچیده و زمان بر است برای حل این مشکل و ساده کردن محاسبات پارامتری به نام اختلاف دمای معادل یا اختلاف دمای بار سرمایش تعریف شده است.

### فرایندهای پایه در تهویه مطبوع

تحول‌های اساسی تهویه مطبوع در ارتباط با سیستم فن کوئل عبارتند از:

### ۱- گرم کردن محسوس هوا

این تحول موقعی انجام می‌گیرد که هوا از روی سطح گرم یا کویل گرمای خشکی عبور کند در این صورت نسبت رطوبت (W) و نقطه شبنم (DPT) ثابت مانده، رطوبت نسبی (RH) کاهش و دمای مرطوب (WBT) افزایش می‌یابد. در شکل (۸-۵) فرایند OB گرم کردن محسوس را نشان می‌دهد.

$$RH_2 < RH_1 \text{ و } T_{db2} > T_{db1} \text{ و } h_2 > h_1 \text{ و } W_2 = W_1 \text{ و } T_{dp2} = T_{dp1} \text{ و } T_{wb2} > T_{wb1}$$

### ۲- سرد کردن محسوس هوا

این تحول موقعی انجام می‌گیرد که هوا از روی سطح سرد شده یا کویل سرمایی خشکی عبور داده شود. در این صورت نسبت رطوبت (W) و نقطه شبنم (DPT) ثابت مانده، رطوبت نسبی (RH) افزایش و دمای مرطوب (WBT) کاهش می‌یابد. در شکل (۸-۵) فرایند OA گرم کردن محسوس را نشان می‌دهد.

$$RH_1 < RH_2 \text{ و } T_{db1} > T_{db2} \text{ و } h_1 > h_2 \text{ و } W_2 = W_1 \text{ و } T_{dp2} = T_{dp1} \text{ و } T_{wb1} > T_{wb2}$$

### ۳- تحول ایزوترم

در این تحول فقط به هوا رطوبت اضافه یا از آن گرفته می‌شود. بطوریکه دمای خشک، ثابت می‌ماند. در شکل (۸-۵) تحول OC رطوبت زنی ایزوترم و تحول OD رطوبت‌گیری ایزوترم را نشان می‌دهد. فقط رطوبت زنی:

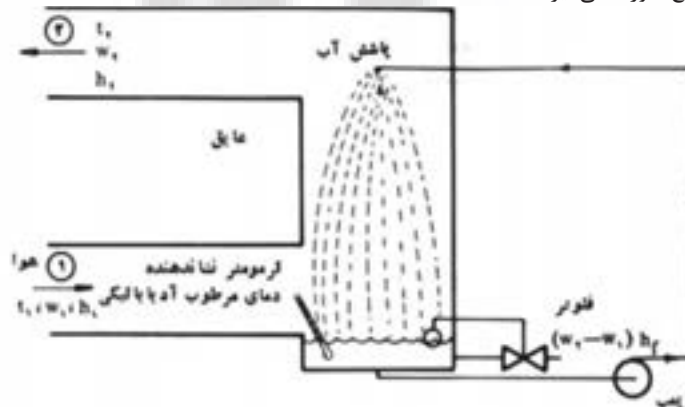
$$RH_1 < RH_2 \text{ و } T_{db1} = T_{db2} \text{ و } h_1 < h_2 \text{ و } W_1 < W_2 \text{ و } T_{dp1} < T_{dp2} \text{ و } T_{wb1} < T_{wb2}$$

فقط رطوبت‌گیری:

$$RH_1 > RH_2 \text{ و } T_{db1} = T_{db2} \text{ و } h_1 > h_2 \text{ و } W_1 > W_2 \text{ و } T_{dp1} > T_{dp2} \text{ و } T_{wb1} > T_{wb2}$$

### ۴- تحول آدیباتیک و تحول آدیباتیک اشباع (رطوبت زدن به روش آدیباتیک)

این تحول موقعی صورت می‌گیرد که هوا از روی دستگاه ابرواشر عبور کند و آب مجدداً به نازل‌ها برگشت داده شود بدون اینکه حرارتی از داخل به خارج یا بالعکس انتقال یابد، نمونه این تحول، در کولر آبی است. بطوریکه اگر راندمان کولر آبی صد درصد باشد در آن تحول آدیباتیک اشباع صورت می‌گیرد.



دستگاه رطوبت‌زن آدیباتیک :

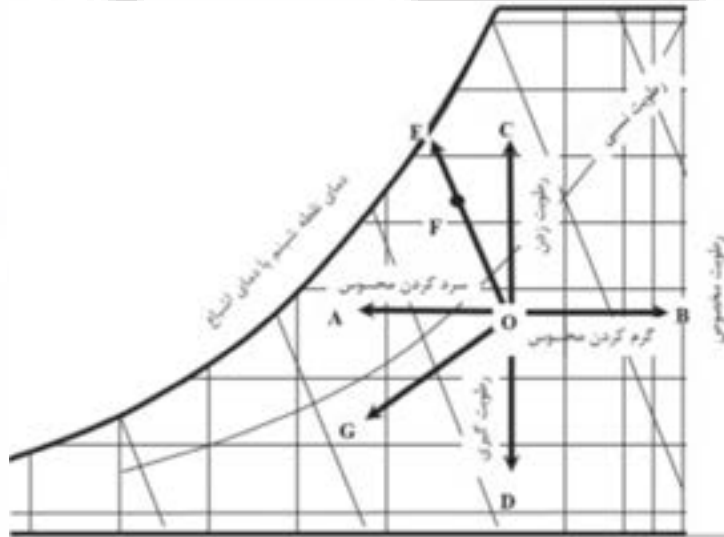
هوای غیراشباع در وضع یک وارد دستگاه رطوبت‌زن آدیباتیک می‌شود و با ذرات آبی که توسط دوش آب پاشیده می‌شود تماس حاصل می‌کند. در ضمن تماس، هوا گرمای خود را به آب می‌دهد (گرمای محسوس) و آب تبخیر می‌شود و وارد هوا می‌شود (گرمای نهان). بنابراین هوا سرد شده و به آن مقداری رطوبت اضافه می‌شود و در وضع دو خارج می‌گردد. ترمومتر درون مخزن آب، مانند دماسنج مرطوب عمل نموده و دمای آب پاشیده شده را نشان می‌دهد که همان دمای مرطوب هوای ورودی است و چون دیواره‌های دستگاه عایق هستند لذا دماسنج همیشه دمای مرطوب را نشان می‌دهد که در طول آزمایش مقدار ثابتی است. این دمای مرطوب را دمای مرطوب ترمودینامیکی می‌گویند. مسیر این تحول بر روی خط دمای مرطوب ثابت است و اگر از نظر زمانی، هوا بقدر کافی با آب تماس داشته باشد، هوای خروجی بحالت اشباع درمی‌آید در این صورت به این تحول، تحول آدیباتیک اشباع می‌گویند. در صورتیکه هوای

خروجی هنوز به حالت اشباع نرسیده باشد تحول آدیاباتیک است. تحول OF بیانگر تحول آدیاباتیک و OE بیانگر تحول آدیاباتیک اشباع است.

#### ۵- سرد کردن و رطوبت‌گیری از هوا

این تحول موقعی انجام می‌گیرد که هوا از روی کویل سرمایی که دمای آن پایین‌تر از دمای نقطه شبنم هوای ورودی باشد، عبور کند. در این صورت هوا هم سرد شده و هم در اثر تماس با کویل سرمایی قسمتی از بخار آب موجود در آن به حالت تقطیر درمی‌آید لذا رطوبت آن کاهش می‌یابد. در شکل (۵-۸) تحول OG بیانگر فرایند سرد کردن و رطوبت‌گیری از هوا است.

$$RH_1 < RH_2 \text{ و } T_{db1} > T_{db2} \text{ و } h_1 > h_2 \text{ و } W_1 > W_2 \text{ و } T_{dp1} > T_{dp2} \text{ و } T_{wb1} > T_{wb2}$$



دمای خشک  
: فرایندهای پایه بر روی نمودار سایکرومتریک

#### ۶- فرایند اختلاط آدیاباتیک

یکی دیگر از فرایندهایی که مهندسين تهويه مطبوع با آن سرو کار دارند فرایند اختلاط آدیاباتیک می‌باشد. برای مثال این فرایند در جعبه اختلاط دستگاه هواساز اتفاق می‌افتد (در جعبه اختلاط هوای برگشتی از فضاهای تهویه شده با هوای تازه مخلوط شده و پس از مخلوط شدن به سمت کویل‌ها جریان می‌یابد). با معلوم بودن شرایط دو جریان هوایی که با هم مخلوط می‌شوند به راحتی با استفاده از روابط حاکم می‌توان شرایط جریان هوای حاصله را تعیین نمود.

فرض شود دو جریان هوای مرطوب با شرایط ۱ و ۲ بطور آدیاباتیک (گرما به داخل جعبه اختلاط وارد و یا از آن خارج نمی‌شود) مخلوط شده و جریان هوای مرطوب با شرایط ۳ ایجاد می‌شود. هدف تعیین مشخصات هوای مخلوط بدست آمده در وضع ۳ می‌باشد. شماتیک اختلاط دو جریان در شکل (۶-۸) آمده است.

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱