



شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی جلد اول

ویژه آزمون‌های نظام مهندسی

حاوی مطالب اصلی منابع آزمون نظام مهندسی
تست‌های تألیفی استاندارد مشابه با سؤالات آزمون
ارائه نکات کلیدی و کاربردی متن درس
بر اساس آخرین ویرایش و سرفصل‌های
شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

مؤلفان: مهندس پیمان ابراهیمی

مدرس رسمی سازمان نظام مهندسی
دانش‌پژوه دکتری مهندسی مکانیک
مهندس سید مهدی حسینی
مهندس علی احمدی قادر



سرشناسه:
عنوان و نام پدیدآور:
مشخصات نشر:
مشخصات ظاهری:
شابک:
وضعیت فهرست نویسی:
یادداشت:
یادداشت:
شناسه افزوده:
شناسه افزوده:
شماره کتابشناسی ملی:

ابراهیمی ناغانی، پیمان، ۱۳۵۴ -
شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی: ویژه آزمون‌های نظام مهندسی...
تهران: نوآور، ۱۳۹۵.
۳۲۰ ص؛ ۲۹×۲۲ س.م.
۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۷۹-۷
فیپای مختصر
فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است
چاپ سوم.
حسینی، سیدمهدی، ۱۳۵۴ -
احمدی، علی، ۱۳۶۲ -
۴۵۵۸۲۷۶

شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی جلد اول



نشر نوآور

مؤلفان: مهندس پیمان ابراهیمی، مهندس سیدمهدی حسینی،

مهندس علی احمدی قادر

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۷۹-۷

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸،
طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، 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 هر گونه 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 راسخ 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 و ویرایش شده 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 پربرتر 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، به منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به عنوان 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 راه‌کارهای 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

info@noavarpub.com

فهرست مطالب

۱۱	فصل اول: سایکرومتریک
۱۱	(۱-۱) هوا
۱۱	(۲-۱) معادله گازهای کامل
۱۲	(۳-۱) مشخصات هوا
۱۴	(۴-۱) آنتالپی هوا
۱۷	(۵-۱) سایکرومتریک
۲۱	(۶-۱) فرایندهای پایه در تهویه مطبوع
۲۴	(۷-۱) مشخصات جریان:
۲۵	(۸-۱) محاسبه حرارت محسوس و نهان
۲۷	فصل دوم: انتقال حرارت و تهویه مطبوع
۲۷	(۱-۲) واحدهای اندازه‌گیری گرما
۲۷	(۲-۲) ظرفیت حرارتی - گرمای ویژه
۲۸	(۳-۲) انتقال حرارت
۲۸	(۴-۲) انتقال حرارت از طریق هدایت
۲۸	(۵-۲) انتقال حرارت جابجایی
۲۹	(۶-۲) انتقال حرارت تابشی (تشعشی)
۳۰	(۷-۲) انتقال حرارت ناشی از جابجایی سیال
۳۰	(۸-۲) ضریب انتقال حرارت کلی
۳۲	(۹-۲) اتلاف حرارتی ساختمان (بار حرارتی)
۳۲	(۱۰-۲) تلفات حرارت به روش هدایت
۳۲	(۱۱-۲) درجه حرارت هوای طرح داخل و خارج ساختمان
۳۳	(۱۲-۲) تلفات حرارتی در اثر تعویض هوا:
۳۴	(۱۳-۲) راه‌های نفوذ هوا:
۳۴	(۱۴-۲) ب-۱) روش درزی
۳۵	(۱۵-۲) ب-۲) روش حجمی
۳۶	(۱۶-۲) اختلاف بار گرمایی و سرمایی:
۳۶	(۱۷-۲) بار برودتی
۳۷	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۴۶	سوالات پیشنهادی
۵۲	فصل سوم: چیلر
۵۲	(۱-۳) تعریف تن برودت
۵۲	(۲-۳) انتخاب نوع سیستم (System selection)
۵۳	(۳-۳) انواع مختلف کمپرسورها
۵۳	(۴-۳) انواع کندانسور
۵۴	(۵-۳) سیکل تراکمی تبرید
۵۵	(۶-۳) انواع برجهای خنک کن
۵۶	(۷-۳) آب کمکی (make - up)
۵۷	(۸-۳) مبردهای جذبی (Absorption Chillers)
۵۷	(۹-۳) چیلر جذبی
۵۹	(۱۰-۳) انواع چیلر
۵۹	(۱۱-۳) نکات تبریدی
۶۱	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۶۳	سوالات پیشنهادی
۶۷	فصل چهارم: حرارت مرکزی

۶۷	.....	(۱-۴) مقدمه
۶۷	.....	(۲-۴) انواع سیستم حرارت مرکزی
۶۸	.....	(۳-۴) انواع سیستم‌های حرارت مرکزی با آب گرم
۶۸	.....	(۴-۴) اجزای سیستم حرارت مرکزی آب گرم
۶۸	.....	(۵-۴) تله بخار:
۶۹	.....	(۶-۴) دیگ
۶۹	.....	(۷-۴) دیگ‌های چدنی
۷۰	.....	(۸-۴) مزایای دیگ‌های چدنی
۷۱	.....	(۹-۴) معایب دیگ‌های چدنی
۷۱	.....	(۱۰-۴) دیگ‌های فولادی
۷۱	.....	(۱۱-۴) مزایای دیگ‌های فولادی
۷۲	.....	(۱۲-۴) معایب دیگ‌های فولادی
۷۲	.....	(۱۳-۴) انتخاب دیگ
۷۳	.....	(۱۴-۴) فاصله اطراف دستگاه
۷۳	.....	(۱۵-۴) لوازم اندازه‌گیری روی دیگ‌ها
۷۳	.....	(۱۶-۴) تقسیم‌بندی مشعل‌ها
۷۴	.....	(۱۷-۴) ارزش حرارتی سوخت
۷۴	.....	(۱۸-۴) انتخاب مشعل بر اساس مصرف سوخت
۷۵	.....	(۱۹-۴) محاسبه ظرفیت مخزن سوخت روزانه
۷۶	.....	(۲۰-۴) محاسبه ظرفیت مخزن اصلی
۷۶	.....	(۲۱-۴) نکات برتر مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمان (مخازن سوخت)
۷۸	.....	(۲۲-۴) محاسبه و انتخاب دودکش
۷۹	.....	(۲۳-۴) نکات برتر مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمان (دودکش)
۸۰	.....	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۸۴	.....	سوالات پیشنهادی دیگ
۸۶	.....	جواب سوالات پیشنهادی دیگ
۸۷	.....	سوالات پیشنهادی دودکش
۸۸	.....	جواب سوالات پیشنهادی دودکش
۸۹	.....	سوالات پیشنهادی مخازن
۹۱	.....	جواب سوالات پیشنهادی مخازن
۹۲	.....	فصل پنجم: منبع انبساط
۹۲	.....	(۱-۵) منبع انبساط
۹۲	.....	(۲-۵) لوله‌کشی منبع انبساط باز
۹۳	.....	(۳-۵) محاسبه حجم منبع انبساط بر اساس افزایش حجم آب
۹۴	.....	(۴-۵) محاسبه قطر لوله‌های رفت و برگشت منبع انبساط باز
۹۵	.....	(۵-۵) منبع انبساط بسته
۹۶	.....	(۶-۵) محاسبه منبع انبساط بسته
۹۷	.....	(۷-۵) مزایای منبع انبساط بسته
۹۷	.....	(۸-۵) کلکتور
۹۸	.....	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۱۰۳	.....	فصل ششم: پمپ
۱۰۳	.....	(۱-۶) پمپ
۱۰۳	.....	(۲-۶) هد
۱۰۳	.....	(۳-۶) منحنی عملکرد پمپ گریز از مرکز
۱۰۳	.....	(۴-۶) نقطه عملکرد پمپ
۱۰۴	.....	(۵-۶) محاسبه هد پمپ‌های سیرکولاتور
۱۰۴	.....	(۶-۶) محاسبه دبی پمپ‌های سیرکولاتور

- ۱۰۶ (۷-۶) موازی کردن پمپ‌ها.....
- ۱۰۶ (۸-۶) نقطه عملکرد پمپ‌های موازی.....
- ۱۰۷ (۹-۶) سری کردن پمپ‌ها.....
- ۱۰۸ (۱۰-۶) نقطه عملکرد پمپ‌های سری.....
- ۱۰۸ (۱۱-۶) کاویتاسیون.....
- ۱۰۸ (۱۲-۶) ارتفاع مکش مثبت خالص (NPSH).....
- ۱۱۰ (۱۳-۶) روابط تشابهی حاکم بر پمپ‌ها.....
- ۱۱۱ (۱۴-۶) محاسبه توان مفید، توان مصرفی، توان الکترو موتور.....
- ۱۱۱ (۱۵-۶) کنترل جریان آب.....
- ۱۱۱ (۱۶-۶) شیرهای تعادل کنترل جریان.....
- ۱۱۲ (۱۷-۶) شیرهای کنترل خودکار.....
- ۱۱۳ (۱۸-۶) رابطه دبی عبوری از شیرها با درصد بالا آمدن ساقه شیر(باز شدن شیر):.....
- ۱۱۳ (۱۹-۶) ضریب جریان شیر.....
- ۱۱۴ سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته.....**
- ۱۲۴ سوالات پیشنهادی.....
- ۱۲۸ فصل هفتم: لوله‌کشی.....**
- ۱۲۸ (۱-۷) مراحل طراحی شبکه لوله‌کشی حرارت مرکزی.....
- ۱۲۸ (۲-۷) انواع لوله‌ها مورد استفاده در سیستم‌های گرمایش و سرمایش:.....
- ۱۲۹ (۳-۷) انتخاب وصاله (فیتینگ).....
- ۱۲۹ (۴-۷) انتخاب شیر.....
- ۱۳۰ (۵-۷) شبکه لوله‌کشی یک لوله‌ای.....
- ۱۳۰ (۶-۷) شبکه لوله‌کشی سری.....
- ۱۳۱ (۷-۷) شبکه لوله‌کشی یک لوله‌ای انشعابی.....
- ۱۳۱ (۸-۷) شبکه لوله‌کشی دو لوله‌ای.....
- ۱۳۱ (۹-۷) لوله‌کشی با برگشت مستقیم.....
- ۱۳۲ (۱۰-۷) لوله‌کشی با برگشت معکوس.....
- ۱۳۳ (۱۱-۷) لوله‌کشی مختلط.....
- ۱۳۴ (۱۲-۷) تعیین قطر لوله‌های سیستم حرارت مرکزی.....
- ۱۳۶ (۱۳-۷) تکیه‌گاه (بست).....
- ۱۳۶ (۱۴-۷) شرایط آزمایش.....
- ۱۳۶ (۱۵-۷) لزوم عایق کاری.....
- ۱۳۸ سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته.....**
- ۱۴۲ سوالات پیشنهادی.....
- ۱۴۶ فصل هشتم: فن و هوارسان.....**
- ۱۴۶ (۱-۸) بادزن‌ها.....
- ۱۴۶ (۲-۸) انواع بادزن‌ها:.....
- ۱۴۷ (۳-۸) قوانین بادزن‌ها:.....
- ۱۴۸ (۴-۸) هوارسان.....
- ۱۴۹ (۵-۸) کانال‌ها.....
- ۱۵۰ (۶-۸) کانال‌های هوا از نظر فشار هوای عبوری.....
- ۱۵۱ (۷-۸) طرح و محاسبه سیستم کانال.....
- ۱۵۱ (۸-۸) قطر وشعاع هیدرولیکی کانال.....
- ۱۵۲ (۱۰-۸) محاسبه ابعاد کانال‌ها.....
- ۱۵۳ (۱۱-۸) طراحی شبکه کانال.....
- ۱۵۳ (۱۲-۸) انواع دریچه‌های هوا.....
- ۱۵۳ (۱۳-۸) عایق کاری کانال هوا.....
- ۱۵۴ (۱۴-۸) نکات مهم کانال کشی مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمان.....

۱۵۵	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۱۶۳	سوالات پیشنهادی
۱۶۷	فصل نهم: تاسیسات بهداشتی
۱۶۷	(۱-۹) آبرسانی
۱۸۱	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۱۸۶	سوالات پیشنهادی
۱۸۹	جواب سوالات پیشنهادی
۱۹۰	بخش دوم: فاضلاب
۱۹۰	(۲-۹) سیستم فاضلاب
۱۹۸	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۰۰	سوالات پیشنهادی
۲۰۳	جواب سوالات پیشنهادی
۲۰۴	بخش سوم: هواکش
۲۰۴	(۳-۹) هواکش
۲۱۱	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۱۲	سوالات پیشنهادی
۲۱۵	جواب سوالات پیشنهادی
۲۱۶	بخش چهارم: آب باران
۲۱۶	(۴-۹) آب باران
۲۱۹	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۲۰	سوالات پیشنهادی
۲۲۳	جواب سوالات پیشنهادی
۲۲۴	(۵-۹) سایر نکات طراحی و اجرا
۲۳۲	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۳۴	فصل دهم: لوله‌کشی گاز طبیعی
۲۳۴	(۱-۱۰) تعاریف و مقررات کلی
۲۳۵	(۲-۱۰) طراحی لوله‌کشی گاز و انتخاب مصالح
۲۴۰	(۳-۱۰) اجرای لوله‌کشی گاز طبیعی
۲۴۳	(۴-۱۰) آزمایش، بازرسی، در سیستم لوله‌کشی گاز
۲۴۳	(۵-۱۰) نصب وسایل گازسوز و دودکش
۲۴۴	(۶-۱۰) دودکش‌های دستگاه‌های گازسوز ساختمان‌ها
۲۴۶	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۵۰	سوالات پیشنهادی
۲۶۷	فصل یازدهم: تأمین هوای احتراق
۲۶۷	(۱-۱۱) تأمین هوای احتراق
۲۷۰	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۷۲	سوالات پیشنهادی
۲۷۴	جواب سوالات پیشنهادی
۲۷۴	(۲-۱۱) محل نصب دستگاه‌ها
۲۷۸	سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۸۰	فصل دوازدهم: بر گرفته از مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان
۲۸۰	(۱-۱۲) تعاریف
۲۸۰	(۲-۱۲) عوامل ویژه‌ی اصلی و گروه‌بندی ساختمان‌ها
۲۸۱	(۳-۱۲) گروه‌بندی ساختمان‌ها از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی
۲۸۲	(۴-۱۲) روش‌های طراحی پوسته‌ی خارجی ساختمان
۲۸۳	(۵-۱۲) تأسیسات مکانیکی

۲۸۳	..... (۶-۱۲) تأسیسات سرمایش و گرمایش
۲۸۴	..... (۷-۱۲) عایق کاری حرارتی لوله‌ها
۲۸۵	..... (۸-۱۲) سیستم‌های تهویه
۲۸۵	..... (۹-۱۲) تأسیسات آب گرم مصرفی
۲۸۶	..... (۱۰-۱۲) عایق کاری حرارتی لوله و مخزن
۲۸۶	..... (۱۱-۱۲) سیستم‌ها و تجهیزات روشنایی
۲۸۷	..... پیوست ۴: گونه‌بندی کاربری ساختمان‌ها
۲۸۷	..... پیوست ۵: تعیین گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی
۲۸۸	..... سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۲۹۱	..... سوالات پیشنهادی
۲۹۲	..... جواب سوالات پیشنهادی
۲۹۳	..... فصل سیزدهم: آسانسورها و پله‌های برقی
۲۹۳	..... (۱-۱۳) تعاریف
۲۹۵	..... (۲-۱۳) آسانسور
۲۹۸	..... (۳-۱۳) پلکان برقی و پیاده رو متحرک
۳۰۲	..... سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۳۰۶	..... فصل چهاردهم: برگرفته از مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان
۳۰۶	..... (۱-۱۴) پدافند غیرعامل
۳۰۶	..... (۲-۱۴) تهدیدات
۳۰۶	..... (۳-۱۴) گروه‌بندی ساختمانها
۳۰۸	..... (۴-۱۴) جانمایی ساختمان
۳۰۸	..... (۵-۱۴) فضاهای باز
۳۰۸	..... (۶-۱۴) ورودی‌ها
۳۰۸	..... (۷-۱۴) مسیرهای دسترسی
۳۰۸	..... (۸-۱۴) طراحی پله و شیب‌راه در محوطه
۳۰۹	..... (۹-۱۴) آسانسور و پلکان
۳۰۹	..... (۱۰-۱۴) ظرفیت فضای امن براساس کاربری ساختمان
۳۰۹	..... (۱۱-۱۴) پناهگاه
۳۰۹	..... (۱۲-۱۴) گروه‌بندی پناهگاه از نظر درجه اهمیت
۳۱۰	..... (۱۳-۱۴) ظرفیت پناهگاه
۳۱۰	..... (۱۴-۱۴) مشخصات پناهگاه
۳۱۱	..... (۱۵-۱۴) سیستم‌های رایج برای سازه پناهگاهی
۳۱۱	..... (۱۶-۱۴) تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع
۳۱۲	..... (۱۷-۱۴) آسانسور و پله برقی
۳۱۲	..... (۱۸-۱۴) تأسیسات پناهگاه
۳۱۳	..... (۱۹-۱۴) تأسیسات بهداشتی
۳۱۵	..... سوالات آزمون‌های نظام مهندسی دوره‌های گذشته
۳۱۷	..... جداول
۳۲۰	..... منابع و ماخذ

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 و مدیریت دپارتمان تاسیسات و تهویه مطبوع آموزشگاه عالی نوین پارسیان بوده 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 آب رسانی و فاضلاب و چیلر و برج‌های خنک کن و... فعالیت داشته‌اند. کتابی که پیش رو دارید مجموعه‌ای کامل از نکات مهم کاربردی و محاسباتی در صنعت تاسیسات ساختمان بوده که بصورت گام به گام نسبت به تشریح موارد مهم طراحی پرداخته است. لازم به ذکر است که امکان برگزاری کلاسهای آموزشی جهت شرکتهای خصوصی و دولتی بصورت انفرادی و گروهی توسط ایشان نیز وجود دارد.

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

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 سایتی 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، آفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذعین 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 ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع 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.

فصل اول

سایکرومتریک

(۱-۱) هوا

هوا مخلوطی از گازهای مختلف و بخار آب است. هوای بدون بخار آب را هوای خشک و با بخار آب را هوای مرطوب می‌گویند.

۱- **هوای خشک:** هوای خشک، مخلوطی است از گازهای مختلف مانند ازت، اکسیژن، آرگون، دی‌اکسیدکربن، هیدروژن و گازهای دیگر (مانند متان، دی‌اکسیدگوگرد، کریپتون و غیره). نسبت این گازها در نقاط مختلف مثلاً در شهرها و ارتفاعات مختلف متفاوت است. هوای خشک اصطلاحاً قسمت ثابت هوا محسوب می‌شود.

۲- **هوای مرطوب:** هوا علاوه بر گازهای ذکر شده در هوای خشک، دارای مقداری بخار آب است که تماماً بنام هوای مرطوب شناخته شده است. مقدار بخار آب موجود در هوا از صفر تا حد اشباع تغییر می‌کند. هر اندازه فشار در یک دمای ثابت کمتر و یا دما بالاتر باشد فاصله مولکول‌های هوا بیشتر و لذا میزان قابلیت جذب رطوبت آن بیشتر می‌گردد.

روابط حاکم بر هوای خشک و مرطوب

قانون‌ها و روابط کاربردی حاکم بر هوای خشک و مرطوب بصورت زیر می‌باشند.

(۲-۱) معادله گازهای کامل

$$P.V = n.R.T$$

که در این رابطه P فشار (پاسکال)، V حجم (متر مکعب)، n تعداد مول‌ها، R ثابت جهانی گازهای کامل و T دمای مطلق (کلوین) است. توجه شود که

معادله فوق را بصورت ذیل به فرم حجم مخصوص و جرم مخصوص نیز می‌توان نوشت:

$$P = \frac{m}{V} R.T \Rightarrow P = \rho R.T$$

فرم جرم مخصوص

$$P \times \frac{V}{m} = R.T \Rightarrow P v = RT$$

فرم حجم مخصوص

که در روابط بالا R ثابت گاز است و از نسبت ثابت جهانی گازهای کامل به جرم مولکولی گاز بدست می‌آید. مقدار ثابت گاز برای هوای خشک و بخار آب به صورت زیر است:

$$R_a = \frac{\bar{R}}{M_a} = \frac{8314}{29} = 287 \frac{J}{kg \cdot K}$$

ثابت گاز برای هوای خشک

$$R_v = \frac{\bar{R}}{M_{H_2O}} = \frac{8314}{18} = 461 \frac{J}{kg \cdot K}$$

ثابت گاز برای بخار آب

برای هوای مرطوب معادلات گازهای کامل را به شرطی می‌توان استفاده کرد که قانون گیس - دالتون رعایت شود. طبق این قانون، فشار هوای مرطوب (فشار بارومتریک یا فشار هوای محیط) برابر است با مجموع فشارهای جزئی هوای خشک و

$$P = P_a + P_v$$

فشار جزئی بخار آب موجود در هوا یعنی:

با داشتن مشخصات هوای خشک و بخار آب، مشخصات هوای مرطوب بصورت زیر بدست می‌آید:

جرم:

$$m = m_a + m_v$$

جرم مخصوص:

$$\rho = \rho_a + \rho_v$$

(۳-۱) مشخصات هوا

منظور از مشخصات هوا، خواص هوای مرطوب می‌باشد. برای پی بردن به وضعیت یک نمونه هوا و مشخص کردن آن، هفت مشخصه مهم آن باید تعیین شوند. از این هفت مشخصه، سه مشخصه دمای خشک، دمای مرطوب و دمای نقطه شبنم قابل اندازه‌گیری و بقیه (رطوبت مخصوص، درجه رطوبت، حجم مخصوص، آنتالپی و غیره...) غیرقابل اندازه‌گیری هستند و باید با استفاده از روابط حاکم محاسبه شوند. مهم‌ترین مشخصات هوا عبارتند از: ۱- دمای خشک، ۲- دمای مرطوب، ۳- نقطه شبنم، ۴- رطوبت، ۵- آنتالپی، ۶- انحراف آنتالپی و ۷- حجم مخصوص که در زیر به تشریح هر کدام از آنها پرداخته می‌شود.

(۱-۳-۱) درجه حرارت خشک هوا

دمای خشک همان دمای حقیقی هوا می‌باشد یعنی درجه حرارت هوای مخلوط با بخار آب که هیچگونه رطوبت و تشعشع حرارتی اضافه روی آن تأثیر نداشته باشد و با استفاده از دماسنج قابل اندازه‌گیری است.

(۲-۳-۱) درجه حرارت هوای مرطوب

هرگاه مخزن دماسنج معمولی با پنبه یا پارچه‌ای مرطوب پوشانده شود و مدتی در مقابل جریان هوا ننگه داشته شود و مرتباً توسط قطره‌چکان پارچه یا پنبه مرطوب شود طوری که خیس باقی بماند، ملاحظه می‌شود جیوه در ترمومتر پایین آمده و در یک ارتفاع و درجه معینی متوقف می‌گردد. دمای خوانده شده، درجه حرارت مرطوب هوا است که با مقایسه با دمای خشک همیشه از آن کوچکتر است. توجه شود که این فرایند آدیاباتیک است یعنی هیچگونه گرمایی از منبع خارجی به آنها داده نمی‌شود و اتلاف تشعشعی نیز ناچیز و قابل صرف نظر می‌باشد. اندازه‌گیری دمای مرطوب عملاً با چرخاندن دماسنج مرطوب در سرعت معینی در هوا یا دمیدن مصنوعی هوا بر دماسنج انجام می‌گیرد. بعلت برخورد هوا روی پنبه مرطوب، آب آن تبخیر شده (گرمای لازم برای تبخیر آب از دماسنج گرفته می‌شود لذا دمای آن پایین می‌آید) و دائماً درصد رطوبت هوای مجاور مخزن اضافه می‌گردد و این عمل تا جایی ادامه پیدا می‌کند که فیلم هوای اطراف مخزن به حد اشباع برسد. در این وضع دیگر تبخیر صورت نگرفته و دمای مخزن جیوه بیشتر از این حد پائین نمی‌رود. دمای هوای مرطوب را می‌توان بطور تقریب از رابطه زیر با داشتن دمای خشک و رطوبت نسبی محاسبه کرد.

$$WBT = DBT - (1 - RH) \left(\frac{4}{5} + 0.35 DBT \right)$$

که در این رابطه WBT دمای مرطوب (°C)، DBT دمای خشک هوا (°C) و RH رطوبت نسبی (درصدی) می‌باشد.

(۳-۳-۱) دمای نقطه شبنم هوا

اگر هوای مرطوب غیراشباعی را بدون افزایش و یا کاهش رطوبت آن در فشار ثابت سرد کنیم (دما را کاهش دهیم) در یک دمای معین، رطوبت موجود در هوا شروع به تشکیل قطرات ریز آب (عرق) می‌نماید. این دما را دمای نقطه شبنم می‌گویند، در این حالت رطوبتی از خارج به هوا زده نشده و گرفته نخواهد شد و فقط مسئله سرد کردن مطرح است. دمای شبنم هوا در تهویه مطبوع در سطوح سرد و کویل‌های سرمائی که دمای هوا کاهش پیدا می‌نماید حائز اهمیت است.

(۴-۳-۱) رطوبت

میزان رطوبت موجود در هوای یک فضا تأثیر زیادی بر راحتی ساکنین دارد. به همین دلیل در تهویه مطبوع مسئله میزان رطوبت و لذا اعمال رطوبت‌زنی و در نتیجه ساخت دستگاه‌های رطوبت‌زن و رطوبت‌گیر و غیره مطرح می‌گردد. مفاهیمی که در ارتباط با رطوبت مطرح می‌شوند عبارتند از رطوبت مطلق، رطوبت مخصوص، درجه اشباع و رطوبت نسبی که در زیر به تعریف هر یک از این مفاهیم پرداخته می‌شود.

۱- رطوبت مطلق

به جرم بخار آب موجود در واحد حجم هوا در همان وضعیت رطوبت مطلق می‌گویند که در حقیقت همان جرم مخصوص بخار آب موجود در هوا است و واحد آن معمولاً کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

۲- رطوبت مخصوص

رطوبت مخصوص یا نسبت رطوبت عبارتست از خارج قسمت جرم بخار آب موجود در حجم معینی از هوا به جرم هوای خشک در همان حجم هوا.

$$W = \frac{m_v}{m_a}$$

$$W = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

در نهایت با ساده کردن رابطه بالا رابطه بسیار مفید حاصل می‌شود.

که در این رابطه، w رطوبت مخصوص، (p_v) فشار جزئی بخار آب موجود در هوا، (p) فشار بارومتریک یا فشار هوای مخلوط و (p_a) فشار جزئی هوای خشک میباشد

کنترل رطوبت:

چند طرح کنترل برای اضافه یا کم کردن رطوبت هوا وجود دارد. رطوبت‌گیری زمانی امکان‌پذیر است که دمای سطح کویل آب سرد یا اواپراتور کمتر از دمای نقطه شبنم هوا باشد. برای کنترل می‌توان از کویل پاشش که آب سرد کننده را روی کویل می‌پاشد یا ابرواشر که آب سرد را مستقیماً به داخل هوا می‌پاشد، استفاده کرد. رطوبت زنی را می‌توان بوسیله رطوبت زنی بخاری، رطوبت زنی مخزنی و یا ابرواشر انجام داد.

توزیع هوا	تک منطقه‌ای - چند منطقه‌ای	سیستم دوباره گرم کن REHEAT SYSTEM
هوارسان مرکزی	فقط کویل سرمائی با دمپر روبرو-کنار گذر، کویل گرمائی و سرمائی	
کویل سرمائی	با آب سرد کننده - با مبرد	
کویل گرمائی	بخار-آب گرم کننده-برقی	
کویل دوباره گرم کن	بخار-آب گرم کننده-برقی	

۳- درجه اشباع

اگر مقداری هوای اشباع نشده در دمای معین موجود باشد که فشار بخار آب آن P_v باشد با اضافه کردن بخار آب به این هوا در آن دما، دائماً فشار بخار آب اضافه می‌گردد. از طرفی ماکزیمم مقدار بخار آبی که هوا می‌تواند بپذیرد محدود به مقدار بخار آب در حالت اشباع است. بنابراین در حالت اشباع، بخار آب، ماکزیمم فشار خود را دارد که همان فشار اشباع بخار است (P_s). در این حالت دمای هوا با دمای نقطه شبنم هر دو یکی می‌باشند. حال اگر دما تغییر یابد بطور مثال زیاد شود، ماکزیمم مقدار پذیرش بخار آب نیز زیاد شده و دیرتر به حد اشباع می‌رسد. به همین دلیل پارامتری به نام درجه اشباع یا نسبت اشباع تعریف می‌شود. درجه اشباع عبارتست از نسبت رطوبت مخصوص هوا به رطوبت مخصوص همان هوا در صورتیکه در دمای ثابت به حد اشباع برسد (رطوبت‌زنی در دمای ثابت).

$$\mu = \frac{W}{W_s} \times 100$$

تاکنون گفته شد هوا به دو صورت به حالت اشباع می‌رسد یکی با کاهش دما بدون تغییر میزان رطوبت که در این حالت به نقطه شبنم می‌رسد، در این حالت رطوبت موجود در هوا بصورت عرق (شبنم) در می‌آید. حالت دیگر با افزودن رطوبت در دمای ثابت که به حد اشباع می‌رسد. در این حالت قطرات درشت‌تر تشکیل شده و به هم چسبیده و ریزش بوجود می‌آید. البته بغیر از این دو حالت، حالت‌های بسیار زیاد دیگری وجود دارد که باز هم هوا ممکن است به حالت اشباع برسد.

۴- رطوبت نسبی

عبارتست از نسبت جرم بخار آب موجود در هوا به جرم بخار آب اشباع در همان هوا (در دمای معین و ثابت) و بصورت رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$RH = \frac{m_v}{m_s} \times 100 = \frac{P_v}{P_s} \times 100$$

بطور مثال وقتی گفته می‌شود رطوبت نسبی هوایی ۶۰٪ است یعنی از ۱۰۰ قسمت آبی که هوا در یک دمای معین می‌تواند بپذیرد ۶۰ قسمت آن را پذیرفته و هنوز ۴۰ قسمت مانده ظرفیت دارد که به اشباع برسد.

(۴-۱) آنتالپی هوا

آنتالپی هوا مقدار حرارتی است که باید به واحد جرم هوای خشک (یک کیلوگرم) داده شود تا درجه حرارت آن از صفر درجه سانتیگراد به درجه حرارت موردنظر برسد. واحد آنتالپی، کیلوژول به کیلوگرم هوای خشک است. آنتالپی هوای مرطوب با جمع کردن آنتالپی یک کیلوگرم هوای خشک با آنتالپی بخار آب همراه با آن به دست می‌آید. بنابراین آنتالپی هوا از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$h = h_a + wh_v$$

$$h_a = C_{pa} \times T = 1/0.5T$$

$$h_v = h_g + C_{pv} \times T = 2500 + 1/88T$$

در روابط بالا گرمای ویژه هوا در فشار ثابت (C_{pa})، گرمای ویژه بخار آب در فشار ثابت (C_{pv}) و حرارت نهان تبخیر آب است. بنابراین آنتالپی هوا بصورت رابطه زیر در می‌آید.

$$h = 1/0.5T + w(2500 + 1/88T)$$

انحراف آنتالپی

به اختلاف بین آنتالپی حالت اشباع و حالت غیر اشباع در دمای مرطوب یکسان انحراف آنتالپی گفته می‌شود.

حجم مخصوص هوا

به حجم هوای واحد جرم هوای خشک (یک کیلوگرم) حجم مخصوص هوا گفته می‌شود و واحد آن (m^3/Kg) است.

حرارت محسوس

حرارتی است که بدون تغییر رطوبت مخصوص هوا باعث تغییر درجه حرارت خشک آن می‌شود. چون تغییر دمای خشک هوا توسط انسان قابل حس است لذا به این گرما حرارت محسوس گفته می‌شود. مانند انتقال حرارت از طریق جداره‌ها، انتقال حرارت توسط خورشید، حرارت حاصل از چراغ‌ها و دستگاه‌ها. واحد آن کیلوژول به کیلوگرم هوای خشک ($kJ/kgda$) است و آن را با SH نمایش می‌دهند.

حرارت نهان

حرارتی است که باعث تغییر مقدار رطوبت هوا می‌شود و چون این گرما توسط انسان قابل حس نیست لذا به آن حرارت نهان گفته می‌شود. مانند حرارت دستگاه‌ها و لوازم تولید بخار یا رطوبت‌زا و... واحد آن کیلوژول به کیلوگرم هوای خشک است و آن را با LH نشان می‌دهند.

حرارت کلی

به مجموع حرارت محسوس و حرارت نهان حرارت کلی گفته می‌شود. در حقیقت حرارت کلی هم باعث تغییر درجه حرارت شده و هم نسبت رطوبت را تغییر می‌دهد مانند حرارت حاصل از افراد و لوازم تولید بخار. واحد آن مانند واحد گرمای محسوس یا نهان است و آن را با TH نشان می‌دهند.

ضریب حرارت محسوس

به نسبت حرارت محسوس به حرارت کلی ضریب حرارت محسوس گفته می‌شود.

$$SHF = \frac{SH}{SH+LH} = \frac{SH}{TH}$$

در جدول (۱-۱) برخی از خواص آب و بخار آب اشباع آمده است.

جدول ۱-۱ خواص آب و بخار آب اشباع

دما °C	فشار اشباع K-Pa	حجم مخصوص (m ³ /Kg)		آنتالپی (KJ/Kg)		آنتروپی (KJ/Kg.K)	
		مایع اشباع	بخار اشباع	مایع اشباع	بخار اشباع	مایع اشباع	بخار اشباع
T	P _{sat}	v _f	v _g	h _f	h _g	s _f	s _g
0.01	0.6113	0.001000	206.14	0.01	2501.4	0.000	9.1562
5	0.8721	0.001000	147.12	20.98	2510.6	0.076	9.0257
10	1.2276	0.001000	106.38	42.01	2519.8	0.1510	8.9008
15	1.7051	0.001001	77.93	62.99	2528.9	0.2245	8.7814
20	2.339	0.001002	57.79	83.96	2538.1	0.2966	8.6672
25	3.169	0.001003	43.36	104.89	2547.3	0.3674	8.558
30	4.246	0.001004	32.89	125.79	2556.3	0.4369	8.4533
35	5.628	0.001006	25.22	146.68	2565.3	0.5053	8.3531
40	7.384	0.001008	19.52	167.57	2574.3	0.5725	8.2570
45	9.593	0.001010	15.26	188.45	2583.2	0.6387	8.1648
50	12.349	0.001012	12.03	209.33	2592.1	0.7038	8.0763
55	15.758	0.001015	9.568	230.23	2600.9	0.7679	7.9913
60	19.940	0.001017	7.671	251.13	2609.6	0.8312	7.9096
65	25.03	0.001020	6.197	272.06	2618.3	0.8935	7.8310
70	31.19	0.001023	5.042	292.98	2626.8	0.9549	7.7553
75	38.58	0.001026	4.131	313.93	2635.3	1.0155	7.6824
80	47.39	0.001029	3.407	334.91	2643.7	1.0753	7.6122
85	57.83	0.001033	2.828	355.90	2651.9	1.1343	7.5445
90	70.14	0.001000	2.361	376.92	2660.1	1.1926	7.4791
95	84.55	0.001040	1.982	397.96	2668.1	1.2500	7.4159
100	0.10135	0.00104	1.6729	419.04	2676.1	1.3069	7.3549
105	0.12082	0.00105	1.4194	440.15	2683.8	1.363	7.2958
110	0.14327	0.00105	1.2102	461.30	2691.5	1.4185	7.2387
115	0.16906	0.00106	1.0366	482.48	2699.0	1.4734	7.1833
120	0.19853	0.001060	0.8919	503.71	2706.3	1.5276	7.1296
125	0.2321	0.001065	0.7706	524.99	2713.5	1.5813	7.0775
130	0.2701	0.001070	0.6685	546.31	2720.5	1.6344	7.0269
135	0.313	0.001075	0.5822	567.69	2727.3	1.6570	6.9777
140	0.3613	0.001080	0.5089	589.13	2733.9	1.7391	6.9299
145	0.4154	0.001085	0.4463	610.63	2740.3	1.7907	6.8833
150	0.4758	0.00109	0.3928	632.20	2746.5	1.8418	6.8379

DBT → P_v

۱- با داشتن دمای خشک، فشار بخار اشباع بدست می آید.

DPT → P_v

۲- با داشتن دمای نقطه شبنم، فشار جزئی بخار آب بدست می آید.