درسنامه و تشریح سؤالات برگزیده آزمون‌های

# کارشناسی رسمی

## رشته تأسیسات ساختمانی

## دادگستری و قوه‌قضائیه

مؤلفان:
پیمان ابراهیمی ناغـــانی
مهدی عرب‌صادق ــ ایمان سریری آجیلی
سیدرضا جعفری‌زاده ــ بهنـــام آسایش

سرشناسه: ابراهیمی، پیمان، ۱۳۵۴ -
عنوان و نام پدیدآور: درسنامه و تشریح سؤالات برگزیده آزمون‌های کارشناسی رسمی رشته تأسیسات ساختمانی (دادگستری و قوه‌قضائیه) / مولفان: پیمان ابراهیمی ناغانی، مهدی عرب صادق، ایمان سریری آجیلی، سید رضا جعفری‌زاده، بهنام آسایش
مشخصات نشر: تهران: نوآور، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری: ۳۹۶ ص.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۵۰۳-۳
وضعیت فهرست نویسی: فیپای مختصر
یادداشت: فهرستنویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
شناسه افزوده: عرب‌صادق، مهدی ۱۳۶۳-
شناسه افزوده: سریری آجیلی، ایمان ۱۳۵۹-
شناسه افزوده: جعفری زاده، سیدرضا ۱۳۶۲-
شناسه افزوده: آسایش، بهنام -۱۳۶۸
شماره کتابشناسی ملی: ۶۰۲۳۵۴۵

# درسنامه و تشریح سؤالات برگزیده آزمون‌های کارشناسی رسمی رشته تأسیسات ساختمانی

مؤلفان: مهندس پیمان ابراهیمی، مهدی عرب‌صادق، ایمان سریری آجیلی
سیدرضا جعفری‌زاده ـ بهنام آسایش
ناشر: نوآور
شمارگان: ۲۰۰ نسخه
مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۵۰۳-۳

نشرنوآور

**مرکز پخش:**
نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد۶
تلفن: ۹۲ ـ 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 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.

**لطفاً جهت دریافت الحاقات و اصلاحات احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.**

*www.noavarpub.com* *https://telegram.me/noavarpub* *https://www.instagram.com/noavarpub/*

# فـهرست مطالب


**پیشگفتار** .....

**بخش اول / تأسیسات مکانیکی ساختمان** ..... **۹**

**فصل اول: تبدیل واحدها در صنعت تهویه مطبوع** ..... **۱۰**

۱-۱-کمیت‌های اصلی ..... ۱۰

۱-۲- تعریف واحدهای انرژی ..... ۱۰

**فصل دوم / فرآیندهای سایکرومتریک** ..... **۱۳**

۲-۱- ترکیب هوا ..... ۱۳

۲-۲- خواص حرارتی هوا و آب ..... ۱۳

۲-۳- مفهوم هوای اشباع ..... ۱۳

۲-۴- اثر رطوبت بر آنتالپی ..... ۱۳

۲-۵- نمودار سایکرومتریک ..... ۱۴

۲-۵-۱-دمای حباب خشک Dry Bulb Temperature: ..... ۱۴

۲-۵-۲-دمای حباب ترWet Bulb Temperature: ..... ۱۴

۲-۵-۳- نسبت رطوبت یا رطوبت مطلق Humidity Ratio: ..... ۱۴

۲-۵-۴-رطوبت نسبی: ..... ۱۴

۲-۵-۵-دمای نقطه شبنمDew Point Temperature: ..... ۱۵

۲-۵-۶-حجم مخصوص specific volume: ..... ۱۵

۲-۵-۷- آنتالپیEnthalpy: ..... ۱۵

۲-۵-۸-شکل نمودار سایکرومتریک و خطوط فرآیند روی آن ..... ۱۵

۲-۶- فرآیندهای سایکرومتریک ..... ۱۷

۲-۶-۱- فرآیند گرمایش محسوس ..... ۱۷

۲-۶-۲-فرآیند سرمایش محسوس ..... ۱۷

۲-۶-۳-فرآیند سرد کردن و رطوبت‌گیری ..... ۱۸

۲-۶-۴-فرآیند اشباع ادیاباتیک ..... ۱۹

۲-۶-۵- فرآیند رطوبتزنی ..... ۱۹

۲-۶-۶- فرآیند رطوبتگیری ..... ۱۹

۲-۶-۷-فرآیند رطوبت‌زنی و گرمایش ..... ۲۰

۲-۶-۸- رطوبت‌گیری و گرمایش ..... ۲۰

۲-۷- سایر فرآیندهای سایکرومتریک ..... ۲۰

۲-۷-۱- اختلاط آدیاباتیک دوجریان هوای مرطوب ..... ۲۰

۲-۷-۲-اختلاط ادیاباتیک آب تزریق شده به هوای مرطوب ..... ۲۱

۲-۷-۳- جذب حرارت وافزایش رطوبت فضا ..... ۲۳

**فصل سوم: سیستم‌های تهویه مطبوع پایه هوایی** ..... **۲۹**

۳-۱- مبانی جریان هوا ..... ۲۹

۳-۲- اثرات اصطکاک ..... ۳۱

۳-۳-آثار چگالی هوا و ارتفاع ..... ۳۲

۳-۴- اجزاء سیستم هوارسان ..... ۳۳

۳-۴-۱- فن‌ها، موتورهای فن و درایوها ..... ۳۳

۳-۴-۲-کویل‌ها ..... ۳۴

۳-۴-۳- فیلترها ..... ۳۴

۳-۴-۴- داکت‌ها ..... ۳۵

۳-۴-۵-کنترل کننده‌ها ..... ۳۵

۳-۴-۶-تجهیزات توزیع هوا ..... ۳۵

۳-۴-۷- لوورهای ورود و تخلیه هوا ..... ۳۵

۳-۴-۸- جاذب‌های صوتی ..... ۳۵

۳-۵- شرایط انتخاب سامانه تهویه مطبوع هوایی ..... ۳۵

۳-۶- انواع سیستم‌های پایه هوایی ..... ۳۶

۳-۷- سیستم‌های تمام هوا ..... ۳۶

۳-۷-۱-گروه‌بندی سیستم‌های تمام هوا ..... ۳۶

۳-۸- اکونومایزر (صرفه‌گر) سمت هوا ..... ۳۶

۳-۹- سیستم‌های اگزاست و تهویه ..... ۳۸

۳-۱۰- هوای جبرانی ..... ۳۸

۳-۱۱- اثر دودکشی ..... ۳۸

۳-۱۲- اگزاست توالت، رختکن و حمام ..... ۳۹

۳-۱۳- کنترل دود ..... ۳۹

۳-۱۳-۱- سامانه‌های فشار مثبت‌سازی راه‌پله ..... ۳۹

۳-۱۴- بازیافت انرژی ..... ۴۱

۳-۱۴-۱-کویل‌های بازیافت انرژی ..... ۴۱

۳-۱۴-۲-لوله‌های حرارتی ..... ۴۱

۳-۱۴-۳- چرخ‌های دیسکنت (Desiccant Wheels) ..... ۴۲

**فصل چهارم: فن‌ها** ..... **۴۳**

۴- فن ..... ۴۳

۴-۱- انواع فن‌ها ..... ۴۳

۴-۲- قوانین فن‌ها ..... ۴۳

۴-۳- روابط فشار فن و سیستم و انتخاب فن ..... ۴۵

۴-۴- اثر چگالی دما و ارتفاع بر عملکرد فن ..... ۴۶

**فصل پنجم: سامانه‌های پایه آبی** ..... **۴۷**

۵-۱- تئوری طراحی سیستم آبی ..... ۴۷

۵-۲- رابطه‌ی بین فشار و هد ..... ۴۸

۵-۳- افت فشار ..... ۴۹

۵-۴- بالانس جریان ..... ۵۰

۵-۵- سایز زنی لوله‌کشی ..... ۵۱

۵-۶- مصالح لوله‌کشی و اتصالات ..... ۵۲

۵-۶-۱- لوله فولادی ..... ۵۲

۵-۶-۲- لوله مسی ..... ۵۲

۵-۷- روش‌های اتصال لوله‌های فلزی ..... ۵۴

۵-۸- لوله‌های پلاستیکی ..... ۵۴

۵-۸-۱- انتخاب مصالح پلاستیکی ..... ۵۴

۵-۹- ولوها و اتصالات ..... ۵۵

۵-۱۰- تجهیزات جلوگیری از برگشت جریان ..... ۵۵

۵-۱۱- خصوصیات متداول سیستم‌ها ..... ۵۶

۵ - ۱۲ انواع واحدهای پایانه‌ای ..... ۵۷

۵ -۱۳ راندمان و کنترل واحدهای پایانه‌ای ..... ۵۹

**فصل ششم: پمپ‌ها** ..... **۶۰**

۶-۱- مبانی مکانیک سیالات ..... ۶۰

۶-۱-۱- چگالی (density) ..... ۶۰

۶-۱-۲- لزجت یا ویسکوزیته (viscosity) ..... ۶۰

۶-۲- پمپ گریز از مرکز ..... ۶۱

۶-۳- هد ..... ۶۳

۶-۴- محاسبه افت فشار مسیر ..... ۶۳

۶-۵- پمپ‌های سیرکولاتور ..... ۶۴

۶-۵-۱- محاسبه هد پمپ‌های سیرکولاتور ..... ۶۴

۶-۵-۲- محاسبه دبی پمپ‌های سیرکولاتور ..... ۶۴

۶-۶- منحنی عملکرد پمپ گریز از مرکز ..... ۶۵

۶-۶-۱- نقطه عملکرد پمپ ..... ۶۶

۶-۷-۲- منحنی راندمان ..... ۶۶

۶-۷- پدیده کاویتاسیون و منحنیNPSH ..... ۶۷

۶-۷-۱- کاویتاسیون ..... ۶۷

۶-۷-۲- ارتفاع مکش مثبت خالص (NPSH) ..... ۶۸

۶-۸- آرایش‌های نصب پمپ‌ها ..... ۷۱

۶-۸-۱-موازی کردن پمپ‌ها ..... ۷۱

۶-۸-۲- نقطه عملکرد پمپ‌های موازی ..... ۷۱

۶-۸-۳- سری کردن پمپ‌ها ..... ۷۲

۶-۸-۴- نقطه عملکرد پمپ‌های سری ..... ۷۲

۶-۹- محل نصب پمپ در مدار ..... ۷۴
۶-۱۰- روابط تشابهی حاکم بر پمپ‌ها ..... ۷۴
۶-۱۱- محاسبه توان مفید، توان مصرفی، توان الکترو موتور ..... ۷۵
۶-۱۲- پمپ‌های سرعت متغییر ..... ۷۷

**فصل هفتم: شیرهای کنترل و سیستم‌های کنترل تأسیسات ..... ۷۹**
۷-۱- شیرها ..... ۷۹
۷-۱-۱- شیرهای کنترل دستی ..... ۷۹
۷-۱-۲- شیرهای کنترل بالانس و کنترل جریان ..... ۷۹
۷-۱-۳- شیرهای تعمیر و نگهداری ..... ۸۰
۷-۱-۴- شیرهای یک‌طرفه ..... ۸۰
۷-۲- شیرهای کنترل خودکار ..... ۸۰
۷-۲-۱- ساخت ..... ۸۰
۷-۲-۲- نحوه کنترل ..... ۸۱
۷-۳- انواع ولوهای کنترلی ..... ۸۱
۷-۴- مشخصات کنترل سیستم ..... ۸۲
۷-۵- انواع سیستم‌های کنترل ..... ۸۴
۷-۵-۱-کنترل دو وضعیتی ..... ۸۴
۷-۵-۲-کنترل تناسبی و تناسبی – انتگرالی ..... ۸۵
۷-۶- شیرهای مخلوط‌کننده و منحرف‌کننده ..... ۸۶
۷-۶-۱- شیرهای دو راهه ..... ۸۶
۷-۶-۲- شیرهای سه راهه ..... ۸۶
۷-۷- پدیده ضربه قوچ(Water Hammer) ..... ۸۷

**فصل هشتم: چیلرها و مدارهای آب سرد و کانال‌کشی یا تولید و توزیع بـرودت ..... ۸۹**
۸-۱- مبانی محاسبات بار سرمایش ..... ۸۹
۸-۱-۱- بار تابش آفتاب از شیشه‌ها: ..... ۸۹
۸-۱-۲- بار حرارتی افراد ..... ۹۰
۸-۱-۳- موتورهای الکتریکی ..... ۹۰
۸-۱-۴- بار حرارتی نفوذ هوا و نشر رطوبت ..... ۹۰
۸-۱-۵- بار نهان تعویض هوا ..... ۹۱
۸-۱-۶- بار حرارتی رسانشی دیوارها: ..... ۹۲
۸-۲- انواع سامانه‌های سرمایش از لحاظ توزیع ..... ۹۲
۸-۲-۲- سیستم مستقل، مانند استفاده از کولر گازی جداگانه برای هر فضا. ..... ۹۳
۸-۳- انواع سامانه‌های سرمایش از لحاظ نوع ایجاد سرمایش ..... ۹۳
۸-۳-۳- سرمایش جذبی ..... ۹۴
۸-۴- اجزاء اصلی سیستم سرمایش پایه آبی ..... ۹۴
۸-۵- چیلرها ..... ۹۶
۸-۵-۱- سیکل تبرید تراکمی ..... ۹۶
۸-۵-۲ـ مبردها ..... ۹۸
۸-۵-۳- انواع کمپرسورها ..... ۱۰۰
۸-۵-۳-۱-کمپرسور رفت و برگشتی ..... ۱۰۰
۸-۵-۳-۲-کمپرسور اسکرال ..... ۱۰۱
۸-۵-۳-۳-کمپرسور اسکروو ..... ۱۰۱
۸-۵-۴-کمپرسور سانتریفیوژ ..... ۱۰۲
۸-۶- کندانسور ..... ۱۰۳
۸-۶-۱-کندانسور آبی ..... ۱۰۳
۸-۶-۲- در کندانسور هوایی ..... ۱۰۳
۸-۷- شیر انبساط ..... ۱۰۴
۸-۷-۱- شیرهای انبساط حرارتی یا شیر انبساط ترموستاتیک ..... ۱۰۴
۸-۷-۲- شیرهای انبساط دستی ..... ۱۰۴
۸-۷-۳- شیر انبساط لوله موئین ..... ۱۰۵
۸-۷-۴- شیر انبساط اتوماتیک ..... ۱۰۵
۸-۷-۵- شیر انبساط الکترونیک ..... ۱۰۵
۸-۷-۶- شیرهای انبساط دارای شناور ..... ۱۰۵
۸-۹- تجهیزات جانبی سیستم سرمایش تراکمی ..... ۱۰۶
۸-۹-۲- شیر شارژ مبرد ..... ۱۰۷
۸-۹-۳- فیلتر و فیلتر دراير ..... ۱۰۷
۸-۹-۴- رسیور Receiver ..... ۱۰۷
۸-۹-۵- اکو مولاتور (Accumulator) ..... ۱۰۸
۸-۱۰- اجزاء کنترلی ..... ۱۰۸
۸-۱۰-۳- سوئیچ قطع فشار پایین ..... ۱۰۹
۸-۱۰-۹- جداکننده روغن (Oil Separator) ..... ۱۱۰
۸-۱۱- چیلرهای جذبی ..... ۱۱۰
۸-۱۱-۱ - شرح عملکرد چیلر جذبی ..... ۱۱۱
۸-۱۱-۲- مبدل گرمایی ..... ۱۱۲
۸-۱۱-۲ سیستم تخلیه ناخالصی ..... ۱۱۳
۸-۱۲- تقسیم‌بندی چیلرهای جذبی ..... ۱۱۴
۸-۱۲-۱- مزایای چیلرهای تراکمی نسبت به جذبی ..... ۱۱۵
۸-۱۲-۲- مزایای چیلر جذبی نسبت به تراکمی: ..... ۱۱۵
۸-۱۳- لوله‌کشی آب سرمایش ..... ۱۱۶
۸-۱۳-۱-عایق کاری لوله‌های آب سرد کننده ..... ۱۱۶
۸-۱۳-۲- منبع انبساط شبکه آب سردکننده ..... ۱۱۶
۸-۱۴- برج خنک کن ..... ۱۱۷
۸-۱۴-۱- طبقه بندی برج‌ها از نظر مسیر جریان هوا ..... ۱۱۹

**فصل نهم: بویلرها (دیگ‌ها) ..... ۱۲۱**
۹-۱- وظیفه دیگ‌ها ..... ۱۲۱
۹-۲- مهمترین مشخصه دیگ‌ها ..... ۱۲۱
۹-۳- دیگ فولادی آتش در لوله Fire Tube ..... ۱۲۲
۹-۵- دیگ چدنی ..... ۱۲۳
۹-۶- دسته‌بندی دیگ‌ها از نظر فشار کاری ..... ۱۲۴
۹-۷- محل نصب دیگ ..... ۱۲۵
۹-۸- نکات مهم سامانه‌های بخار ..... ۱۲۶
۹-۸-۲-مخزن کندانس: مخزنی که بخارات تقطیر شده به آن وارد می‌شوند. ..... ۱۲۶
اجزای تله بخار سطلی ..... ۱۲۹

**فصل دهم : فاضلاب و تاسیسات بهداشتی ساختمان‌ها ..... ۱۳۱**
تاسیسات بهداشتی ..... ۱۳۱
۱۰-۱ آبرسانی ..... ۱۳۱
۱۰-۱-۱ آبرسانی ..... ۱۳۱
۱۰-۱-۲ آبرسانی بهداشتی ساختمان ..... ۱۳۲
۱۰-۱-۳ حداکثر فشار و دمای کار مجاز ..... ۱۳۳
۱۰-۱-۴ ضربه قوچ ..... ۱۳۳
۱۰-۱-۵ کلکتور ..... ۱۳۵
۱۰-۱-۶ سایزینگ لوله‌های آبرسانی ..... ۱۳۵
۱۰-۱-۷ هد پمپ: ..... ۱۳۸
۱۰-۱-۸ آبرسانی ساختمان‌های بلند مرتبه: ..... ۱۳۸
۱۰-۱-۹ مخزن ذخیره آب: ..... ۱۳۹
۱۰-۱-۱۰ محاسبه حجم مخزن ذخیره آب شرب: ..... ۱۴۱
۱۰-۱-۱۱ لوله و اتصالات آبرسانی: ..... ۱۴۱
۱۰-۱-۱۲ لوله‌های مسی: ..... ۱۴۲
۱۰-۲ سیستم فاضلاب ..... ۱۴۵
۱۰-۲-۱ فاضلاب ..... ۱۴۵
۱۰-۲-۲ سیفون ..... ۱۴۵
۱۰-۱۶ سیفون و ملاحظات نصب آن ..... ۱۴۷
۱۰-۱۷ انواع سیفون‌هایی که کاربرد آن‌ها ممنوع است ..... ۱۴۷
۱۰-۱۸ سیفون در اتصال فاضلاب ساختمان به شبکه شهری نصب سیفون ..... ۱۴۷
۱۰-۲-۳ مکش سیفونی ..... ۱۴۷
۱۰-۲-۴ انواع فاضلاب: ..... ۱۴۸
۱۰-۲-۵ شیب لوله‌کشی فاضلاب ..... ۱۴۸
۱۰-۲-۶ دوخم ..... ۱۴۸
۱۰-۲-۷ لوله‌های فاضلاب ..... ۱۵۰

۱۰-۲-۸ سایزینگ لوله‌های فاضلابی ..... ۱۵۱
۱۰-۳ هواکش ..... ۱۵۳
۱۰-۳-۱ طرح‌های اجرای ونت ..... ۱۵۴
۱۰-۳-۲ انتهای لوله هواکش ..... ۱۵۵
۱۰-۳-۳ سایزینگ لوله ونت ..... ۱۵۶
۱۰-۳-۴ هواکش مشترک ..... ۱۵۶
۱۰-۳-۵ هواکش تر ..... ۱۵۷
۱۰-۳-۶ هواکش مداری ..... ۱۵۷
۱۰-۴ آب باران ..... ۱۵۹
۱۰-۴-۱ آب باران ..... ۱۵۹
۱۰-۴-۲ شاخص باران: ..... ۱۵۹
۱۰-۴-۳ کفشوی آب باران ..... ۱۶۰
۱۰-۴-۴ لوله‌های قائم و افقی ..... ۱۶۰
۱۰-۴-۵ معیارهای تعیین تعداد کفشوی آب باران: ..... ۱۶۰
۱۰-۴-۶ سایزینگ لوله آب باران ..... ۱۶۰
۱۰-۵ سایر نکات طراحی و اجرا ..... ۱۶۲
۱۰-۵-۱ تست نهایی سیستم‌های لوله‌کشی ..... ۱۶۲
۱۰-۵-۲ تست سیستم آبرسانی: ..... ۱۶۲
۱۰-۵-۳ تست سیستم سیرکوله: ..... ۱۶۲
۱۰-۵-۴ تست سیستم فاضلاب: ..... ۱۶۲
۱۰-۵-۵ تست سیستم آب باران: ..... ۱۶۲
۱۰-۵-۶ محل عبور لوله‌های تاسیساتی ..... ۱۶۲
۱۰-۵-۷ فلاش تانک، فلاش والو ..... ۱۶۴
۱۰-۵-۸ نکات طراحی و اجرایی لوله‌های هواکش (Exhaust) ..... ۱۶۴
۱۰-۵-۹ سایر نکات ..... ۱۶۴
تست‌های کارشناس دادگستری از مبحث آبرسانی و فاضلاب ..... ۱۷۲

**فصل یازدهم: سامانه‌های اطفاء حریق ..... ۱۷۶**
۱۱-۱-تعاریف ..... ۱۷۶
۱۱-۱-۱- رایزر ..... ۱۷۶
۱۱-۱-۲- سیستم لوله ایستاده (Standpipe) ..... ۱۷۶
۱۱-۱-۳- سیستم شبکه بارنده خودکار (Sprinkler System) ..... ۱۷۶
۱۱-۱-۴- سیستم اطفای غیر خودکار ..... ۱۷۶
۱۱-۱-۵- سیستم اطفای خودکار ..... ۱۷۶
۱۱-۱-۶- شیلنگ نواری(Lay Flat) ..... ۱۷۶
۱۱-۱-۷- شیلنگ لاستیکی نیمهسخت ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۸- ایستگاه شیلنگ ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۹- رک مخصوص شیلنگ نواری ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۰- سر لولههای چرخشی ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۱- اتصال آتشنشانی (Fire Department Connection) ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۲- انشعاب کمکی آتشنشانی ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۳- شبکه آب آتشنشانی ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۴- کلکتور ورودی پمپ ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۵- کلکتور خروجی پمپ ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۶- فشارسنج (Manometer) ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۷- پرشرسوئیچ (Presure Switch) ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۸- شیر تست (Test Valve) ..... ۱۷۷
۱۱-۱-۱۹- شیر دروازهای با رزوه بلند (OS & Y) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۰- شیر یکطرفه (Check valve) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۱- شیر کنترل (Control Valve) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۲- شیر توپکی ربع گرد (Ball valve) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۳- شیر دروازهای(Gate valve) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۴- شیر یکطرفه هشداردهنده سیستم اسپرینکلر (Wet Alarm Check Valve) ۱۷۸.
۱۱-۱-۲۵- استاندارد ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۶- فهرستشده (Listed) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۷- اسپرینکلر، بارنده (Sprinkler) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۸- اسپرینکلر پایینزن (Pendent Sprinkler) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۲۹- اسپرینکلر دیواری (Sidewall Sprinkler) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۳۰- اسپرینکلر بالا زن (Upright Sprinkler) ..... ۱۷۸
۱۱-۱-۳۱- اسپرینکلر پوشش گسترده ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۳۲- اسپرینکلر پاسخ سریع (QR) ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۳۳- اسپرینکلر مسکونی (Residential) ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۳۴- اسپرینکلر اسپریکننده ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۳۵- اسپرینکلر اسپریکننده استاندارد ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۳۶-واحد مسکونی (برای نصب و راهاندازی اسپرینکلر) ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۳۷- اتاق کوچک ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۳۸- ارتفاع سقف (Ceiling Height) ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۴۰- سقف مسطح ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۴۱- سقف افقی ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۴۲- سقف شیبدار ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۴۳- سقف صاف ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۴۴- سیستم لولهکشی اسپرینکلر ..... ۱۷۹
۱۱-۱-۴۵- سیستم طراحیشده بر اساس محاسبات هیدرولیکی (Hydraulically Designed System) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۴۶- سیستم لولهکشی با جداول پیش تعیینشده (Pipe Schedule System) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۴۷- سیستم اسپرینکلر لوله تر (Wet Pipe Sprinkler System) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۴۸- سیستم اسپرینکلر لوله خشک (Dry Pipe Sprinkler System) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۴۹- سیستم اسپرینکلر پیش عملگر (Preaction Sprinker System) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۰- شیر تنظیم فشار (Presure requlating valve) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۱- شاخهها (Branch Lines) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۲- لولههای اصلی (Cross Mains) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۳- لولههای اصلی تغذیهکننده (Feed Mains) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۴- سیستمهای نظارتی هشداردهنده (Supervisory Device) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۵- هشداردهنده جریان آب (Waterflow Alarm Device) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۶- ساختارهای مسدودکننده (Obstructed Construction) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۷- ساختارهای غیر مسدودکننده (Un-Obstructed Construction) ..... ۱۸۰
۱۱-۱-۵۸- گروهبندی تصرفها ..... ۱۸۱
۱۱-۲- خاموشکنندههای دستی ..... ۱۸۱
۱۱-۲-۱- نکات عمومی ..... ۱۸۱
۱۱-۲-۱-۲- طبقهبندی حریقها مطابق ذیل میباشد. (بر اساسNFPA) ..... ۱۸۲
۱۱-۲-۲- تعداد خاموشکنندهها ..... ۱۸۲
۱۱-۲-۳-۳ جانمایی خاموشکنندهها ..... ۱۸۲
۱۱-۲-۴- الزامات نصب و اجرا ..... ۱۸۳
۱۱-۳- اسپرینکلر ..... ۱۸۳
۱۱-۳-۱- نکات عمومی ..... ۱۸۳
۱۱-۳-۳- قوانین کلی نصب اسپرینکلرها ..... ۱۸۵
۱۱-۳-۴- نکات کلی طراحی ..... ۱۸۶
۱۱-۳-۶- اسپرینکلرهای اسپریکننده استاندارد-دیواری ..... ۱۹۲
۱۱-۴-۱-۲- کلاسبندی سیستم لوله ایستاده ..... ۱۹۶
۱۱-۴-۳- جانمایی و طراحی ..... ۱۹۷
۱۱-۴-۴- جعبههای آتشنشانی ..... ۱۹۸
۱۱-۵- پمپ تأمین آب آتشنشانی ..... ۱۹۸
۱۱-۵-۱- طراحی و محاسبات ..... ۱۹۸
۱۱-۵-۲- نصب و اجرا ..... ۲۰۰
۱۱-۶- مخازن ..... ۲۰۱
سوالات تاسیسات مکانیکی کارشناسی رسمی دادگستری سال ۱۳۹۵ ..... ۲۰۴
سوالات تاسیسات مکانیکی کارشناسی رسمی دادگستری سال ۱۳۹۶ ..... ۲۰۹
سوالات تاسیسات مکانیکی کارشناسی رسمی دادگستری سال ۱۳۹۸ ..... ۲۱۳

**بخش دوم / تأسیسات برقی ساختمان ..... ۲۲۱**
**فصل اول: کلید، روشنایی، پریز و فاصله از لولههای تاسیساتی ..... ۲۲۲**
کلیدها و روشنایی ..... ۲۲۲
تغذیه موتور فن از مدار روشنایی ..... ۲۲۲
قرار گرفتن کلید یک پل سر راه فاز برای کنترل مدار ..... ۲۲۴

الزام به رعایت حداقل فاصله بین شیرگاز و پریز برق ..... ۲۲۸

**فصل دوم: لوله برق، داکت برق و اتصالات آن ..... ۲۳۰**
لوله‌کشی برق، انواع لوله برق و ترانکینگ ..... ۲۳۰
۱-۱ لوله برق (conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۲ لوله ساده یا صاف (plain conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۳ لوله موجدار یا خرطومی (corrugated conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۴ لوله قابل رزوه‌شدن (threadable conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۵ لوله غیرقابل رزوه‌شدن (non-threadabe conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۶ لوله سخت یا صلب (rigid conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۷ لوله خم‌پذیر (pliable conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۸ لوله خم برگردان یا ارتجاعی (self-recovering conduit) ..... ۲۳۰
۱-۱-۹ لوله قابل انعطاف (flexible conduit) ..... ۲۳۱
۱-۱-۱۰ لوله فلزی ..... ۲۳۱
۱-۱-۱۱ لوله عایق ..... ۲۳۱
۱-۱-۱۲ لوله مرکب ..... ۲۳۱
۱-۱-۱۳ لوله مقاوم در برابر گسترش شعله ..... ۲۳۱
۱-۱-۱۴ لوله بدون گازهای هالوژن ..... ۲۳۱

**فصل سوم: سیم، کابل و رنگ آنها ..... ۲۳۷**
رنگ عایق هادی‌های مدارهای توزیع نیرو و مدارهای نهایی ..... ۲۳۷
قوانین کابل، کابل چندرشته‌ای، کابل‌کشی و دفن کابل‌ها ..... ۲۴۰
کابل، کابل‌کشی و شعاع خمش کابل ..... ۲۴۱
حداقل عمق حفاری کابل فشار ضعیف ..... ۲۴۴
سطح مقطع نول یا خنثی همسان با فاز یا بیشتر از آن ..... ۲۴۵
اثر هارمونیک روی سطح مقطع کابل ..... ۲۴۵

**فصل چهارم: درجه حفاظت (IP) و محیط نمناک و مرطوب مانند حمام و استخر ..... ۲۵۰**
درجه حفاظت بدنه لوازم و تجهیزات الکتریکی در برابر نفوذ رطوبت اشیاء خارجی .. ۲۵۰
محیط‌های با شرایط عادی (محیط‌های خشک) ..... ۲۵۲
محیط‌های نمناک (حداقل IPX4) ..... ۲۵۲
محیط‌های مرطوب(حداقل IPX5) ..... ۲۵۲
حمام‌ها و دوش‌ها در منازل، هتل‌ها و نظایر آن ..... ۲۵۳
تعاریف و موقعیت مناطق (زون‌ها) ..... ۲۵۴
الزامات ایمنی محیط نمناک و مرطوب ..... ۲۵۴
همبندی در حمام ..... ۲۵۵
استخر ..... ۲۵۷
همبندی در استخر ..... ۲۵۸

**فصل پنجم: ترانس و اتاق ترانس ..... ۲۶۲**
ترانس و اتاق ترانس ..... ۲۶۲
انتخاب محل و جهت اتاق ترانسفورماتور ..... ۲۶۶
ابعاد اتاق ترانسفورماتور ..... ۲۶۶
اجزای اتاق ترانسفورماتور(پله، درب، کانال، حائل آتش، مخزن روغن، نحوه نصب) ۲۶۸
اجزای اتاق‌های فشار متوسط و ضعیف و خصوصیات آن‌ها ..... ۲۶۹

**فصل ششم: تابلو برق، حفاظت، کلیدهای خودکار، بانک خازن و افت ولتاژ.. ۲۷۰**
قوانین اتاق تابلو برق(LV,MV) ..... ۲۷۰
تابلوهای الکتریکی ..... ۲۷۱
محل نصب تابلوها ..... ۲۷۳
تجهیزات، وسایل حفاظت و کنترل ..... ۲۷۳
کلیدهای خودکار مینیاتوری(MCB) ..... ۲۷۴
کلیدهای خودکار (اتوماتیک) ..... ۲۷۵
کلید خودکار (کلید اتوماتیک) محدودکننده جریان اتصال کوتاه ..... ۲۷۵
کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتورها) ..... ۲۷۵
کلیدهای مجزاکننده زیربار ..... ۲۷۸
کلید یا وسیله حفاظتی جریان باقیمانده RCD ..... ۲۸۰
عدم کارایی کلید یا وسیله حفاظتی جریان باقیمانده RCD ..... ۲۸۰
انواع کلیدهای جریان باقیمانده از نظر مدت زمان عملکرد: ..... ۲۸۱
مبانی عمومی بانک خازن ..... ۲۸۱
تابلوی بانک خازن ..... ۲۸۲
اندازه‌گیری ولتاژ برای تشخیص افت ولتاژ ..... ۲۸۶

**فصل هفتم: سیستم‌های جریان ضعیف (اعلام حریق، تلفن، صوت، آنتن، BMS و شبکه کامپیوتری ..... ۲۸۷**
سیستم‌های جریان ضعیف ..... ۲۸۷

**فصل هشتم: برق اضطراری، برق ایمنی، روشنایی ایمنی و UPS ..... ۳۰۹**
کلید و هادی حفاظتی دستگاه برق بدون وقفه(UPS) ..... ۳۱۳

**فصل نهم: الکترود زمین، ارت، همبندی، صاعقه، حریم ..... ۳۱۴**
الکترود زمین ..... ۳۱۴
الکترود زمین اساسی (برای هر دو نوع زمین، شامل حفاظت سیستم و ایمنی) ..... ۳۱۸
انواع دیگر الکترودهای اساسی ..... ۳۱۹
الکترود زمین ساده (فقط برای وصل به هادی خنثای فشار ضعیف) ..... ۳۱۹
مشخصه‌های اصلی سیستم TN ..... ۳۲۱
آسانسورها و پلکان برقی (مبحث پانزدهم مقررات ملی) ..... ۳۳۸
طبقه‌بندی ساختمان‌ها از نظر میزان تردد جمعیت ..... ۳۴۰
انواع مرسوم سیستم‌های فراخوانی ..... ۳۴۱
برق اضطراری ..... ۳۴۱
انتخاب آسانسور و ابعاد کابین آن ..... ۳۴۲
چاهک آسانسور ..... ۳۴۴
ریل آسانسور ..... ۳۴۸
سیم بکسل‌های آسانسور ..... ۳۴۹
نقشه‌ها و اطلاعات تکمیلی ..... ۳۵۶
فضای ماشین‌آلات (موتورخانه) ..... ۳۵۹
پیاده رو متحرک ..... ۳۶۰

**فصل دهم: ۱۰۰ نکته و درس مختصر در ماشین‌های الکتریکی و نیروگاه ..... ۳۶۱**
منابع و مآخذ ..... ۳۹۶

# فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

## خوانندهٔ فرهیخته و بزرگوار

نشر نوآور ضمن قدردانی و ارج‌نهادن به اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلّفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همّت خود را برای ارائهٔ کتابی درخور و شایستهٔ شما فرهیختهٔ گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حدّاقل های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیّت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائهٔ اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرّا از نقص و اِشکال دانست. ازسوی‌دیگر، این انتشارت بنابه تعهّدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلّم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، ازهرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشرهٔ خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی آن‌ها رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیختهٔ گرامی تقاضا داریم درصورتی که حین مطالعهٔ 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 ویرایش شدهٔ خود را با هزینهٔ انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگهٔ جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگهٔ مزبور را با ذکر نام و شمارهٔ تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش های بعدی کتاب اِعمال و اصلاح گردد و باعث ارتقا و هرچه پربارترشدن محتوایی کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهّدانه و مسئولانهٔ شما خوانندهٔ فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، درصورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و تشکّر و قدرشناسی، نسخهٔ دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شدهٔ آن و نیز از سایر کتب منتشرهٔ خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و درصورتی‌که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدّمهٔ چاپ بعدی کتاب نیزاز زحمات شما تقدیر می‌شود.

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

**نشر نوآور**
**تلفن: ۲-۰۲۱۶۶۴۸۴۱۹۱**
**www.noavarpub.com**
**info@noavarpub.com**

# پیشگفتار

کتاب حاضر مجموعه اطلاعات لازم برای شرکت‌کنندگان آزمون کارشناسی رسمی دادگستری رشته تاسیسات ساختمان را گردآوری نموده است. اگرچه نکات مهم مباحث مقررات ملی ساختمان در این کتاب توضیح داده شده است ولی به منظور جلوگیری از افزایش حجم و هزینه کتاب از بازنویسی مطالب این مباحث خودداری کرده‌ایم و بیشتر به مجموعه اطلاعات فنی تاسیسات ساختمان که برای شرکت در آزمون کارشناسی رسمی مورد نیاز است پرداخته‌ایم. به خوانندگان محترم توصیه می‌شود علاوه بر کتاب فوق متن کامل مباحث ۱۳،۱۴،۱۵،۱۶و ۱۷ مقررات ملی ساختمان را نیز مطالعه نمایند.

با توجه به اینکه آزمون کارشناسی رسمی کتاب بسته است، سوالات محاسباتی پیچیده مشابه سوالات آزمون طراحی نظام مهندسی در این کتاب مطرح نشده‌اند و در مقابل روی سوالات مفهومی و مبتنی بر دانش فنی تاکید بیشتری داشته‌ایم.

Noavar33@yahoo.com

# بخش اول

# تأسیسات مکانیکی ساختمان

فصل اول

# تبدیل واحدها در صنعت تهویه مطبوع

## ۱-۱-کمیت‌های اصلی

کمیت‌های اصلی در شاخه تاسیسات مکانیکی شامل موارد زیر هستند:

جرم- طول – زمان - دما

سایر کمیت‌های پرکاربرد تاسیساتی مانند انرژی، توان، مساحت، حجم، چگالی، سرعت، دبی حجمی و دبی جرمی از ضرب و/ یا تقسیم کمیت‌های فوق حاصل می‌شوند.

برای تبدیل واحدهای کمیت‌های تاسیساتی کافی است فقط تبدیل واحد بین یکاهای ۴ کمیت اصلی را حفظ باشیم. واحد سایر کمیت‌ها از واحد ۴ کمیت اصلی قابل استنتاج است که روش آن را توضیح خواهیم داد.

اگرچه کمیت انرژی جزو ۴ کمیت اصلی نیست ولی به دلیل کاربرد بسیار زیاد آن در تاسیسات بهتر است تبدیل واحدهای آن را نیز به صورت مستقیم حفظ باشیم. در عین حال، روش استنتاج تبدیل واحد کمیت‌های انرژی را نیز توضیح می‌دهیم.

**تبدیل واحد ۴ کمیت اصلی و انرژی**

| | |
|---|---|
| جرمM | $1kg = 1000g = 2/2lb(\ pound\ )\ \&\ 1lb = 0/45kg = 450g$ |
| طولL | $1m = 3/28ft(\ foot\ )\ \&\ 1ft = 0/3m$<br>$1in = 2/54Cm = 0/0254m\ \ \&\ \ 1m = 39/37in$ |
| زمانt | $1hr = 3600s$ |
| دماT | $K = {}^{\circ}C + 273/15\ \&\ {}^{\circ}F = 1/8({}^{\circ}C) + 32$<br>$\Delta T k = \Delta T\ {}^{\circ}C$<br>$\Delta T\ {}^{\circ}\mathbb{F} = \left(\frac{1}{1/8}\right) \times \Delta T\ {}^{\circ}\mathbb{C} = 0/55 \times \Delta T\ {}^{\circ}\mathbb{C}$ |
| انرژیE | $1J(\ Joule\ ) = 4/18Cal = 0/00095BTU$<br>$1BTU = 1055J = 252Cal$ |

## ۱-۲- تعریف واحدهای انرژی

1 BTU مقدار انرژی مورد نیاز است تا دمای 1lb آب را 1ºF بالا ببرد.

1cal مقدار انرژی مورد نیاز است تا دمای 1g آب را 1ºc بالا ببرد.

1J مقدار کاری است که توسط نیروی 1N انجام می‌شود، هرگاه نقطه اثر آن به اندازه 1m در راستای اثر نیرو، جابه‌جا شود.

**مثال۱- محاسبه نمائید 1BTU انرژی، معادل چند Cal است؟**

$$1BTU = 1lb \times 1^{\circ}F = 450g \times (0/55^{\circ}C) \cong 252Cal$$

**مثال۲- محاسبه نمائید توان 1J/s برابر چند kCal/hr است؟**

$$1\frac{J}{S} = 1 \times \frac{\frac{1}{4/18}Cal}{\frac{1}{3600}hr} = 860\frac{Cal}{hr} = 0/86\frac{kCal}{hr}$$

**مثال۳- محاسبه نمائید چگالی $1000kg/m^3$ برابر چند $lb/in^3$ است؟**

$$1000\frac{kg}{m^3} = 1000 \times \frac{2/2lb}{(39/37in)^3} = 1000 \times 3/6 \times 10^{-5}\frac{lb}{in^3} = 0/036\frac{lb}{in^3}$$

**مثال۴- توان 1BTU/hr برابر چند W است؟**

$$1\frac{BTU}{hr}=1\times\frac{1055J}{3600s}=0/293\frac{J}{s}=0/293W$$

**1TR، برابر چند kW است؟**

**نکته:** در سنجش توان تجهیزات سرمایشی، معمولا از واحد تن تبرید(TR) استفاده می‌شود. یک تن تبرید برابر 12000 BTU/hr است.

$$1TR=12000\frac{BTU}{hr}=12000\frac{1055J}{3600s}=3516/6W=3/52kW$$

**مثال۶- جریان حجمی 100L/s برابر چند CFM است؟**

$$100\frac{L}{s}=100\times\frac{0/001m^3}{s}=100\times\frac{0/001(3/28ft)^3}{\left(\frac{1}{60}M\right)}\cong211/88CFM$$

جدول زیر که توسط ASHRAE چاپ شده است تبدیل واحدهای مهم در صنعت تهویه مطبوع را بیان می‌نماید.

| Pressure psi | | in. of water (60°F) | | in. Hg (32°F) | | atmosphere | | mm Hg (32°F) | | bar | | kgf/cm² | | pascal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | = | 27.708 | = | 2.0360 | = | 0.068046 | = | 51.715 | = | 0.068948 | = | 0.07030696 | = | 6894.8 |
| 0.036091 | | 1 | | 0.073483 | | $2.4559 \times 10^{-3}$ | | 1.8665 | | $2.4884 \times 10^{-3}$ | | $2.537 \times 10^{-3}$ | | 248.84 |
| 0.491154 | | 13.609 | | 1 | | 0.033421 | | 25.400 | | 0.033864 | | 0.034532 | | 3386.4 |
| 14.6960 | | 407.19 | | 29.921 | | 1 | | 760.0 | | 1.01325* | | 1.03323 | | $1.01325 \times 10^{5}$* |
| 0.0193368 | | 0.53578 | | 0.03937 | | $1.31579 \times 10^{-3}$ | | 1 | | $1.3332 \times 10^{-3}$ | | $1.3595 \times 10^{-3}$ | | 133.32 |
| 14.5038 | | 401.86 | | 29.530 | | 0.98692 | | 750.062 | | 1 | | 1.01972* | | $10^{5}$* |
| 14.223 | | 394.1 | | 28.959 | | 0.96784 | | 735.559 | | 0.980665* | | 1 | | $9.80665 \times 10^{4}$* |
| $1.45038 \times 10^{-4}$ | | $4.0186 \times 10^{-3}$ | | $2.953 \times 10^{-4}$ | | $9.8692 \times 10^{-6}$ | | $7.50 \times 10^{-3}$ | | $10^{-5}$* | | $1.01972 \times 10^{-5}$* | | 1 |

| Mass | lb (avoir.) | | grain | | ounce (avoir.) | | kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | = | 7000* | = | 16* | = | 0.45359 |
| | $1.4286 \times 10^{-4}$ | | 1 | | $2.2857 \times 10^{-3}$ | | $6.4800 \times 10^{-5}$ |
| | 0.06250 | | 437.5* | | 1 | | 0.028350 |
| | 2.20462 | | $1.5432 \times 10^{4}$ | | 35.274 | | 1 |

| Volume | cubic inch | | cubic foot | | gallon | | litre | | cubic metre ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | = | $5.787 \times 10^{-4}$ | = | $4.329 \times 10^{-3}$ | = | 0.0163871 | = | $1.63871 \times 10^{-5}$ |
| | 1728* | | 1 | | 7.48052 | | 28.317 | | 0.028317 |
| | 231.0* | | 0.13368 | | 1 | | 3.7854 | | 0.0037854 |
| | 61.02374 | | 0.035315 | | 0.264173 | | 1 | | 0.001* |
| | $6.102374 \times 10^{4}$ | | 35.315 | | 264.173 | | 1000* | | 1 |

| Energy | Btu | | $ft \cdot lb_f$ | | calorie (cal) | | joule (J) = watt-second (W·s) | | watt-hour (W·h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | = | 778.17 | = | 251.9958 | = | 1055.056 | = | 0.293071 |
| | $1.2851 \times 10^{-3}$ | | 1 | | 0.32383 | | 1.355818 | | $3.76616 \times 10^{-4}$ |
| *Note*: MBtu, which is 1000 Btu, is confusing and should not be used. | $3.9683 \times 10^{-3}$ | | 3.08803 | | 1 | | 4.1868* | | $1.163 \times 10^{-3}$* |
| | $9.4782 \times 10^{-4}$ | | 0.73756 | | 0.23885 | | 1 | | $2.7778 \times 10^{-4}$ |
| | 3.41214 | | 2655.22 | | 859.85 | | 3600* | | 1 |

| Density | $lb/ft^3$ | | lb/gal | | $g/cm^3$ | | $kg/m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | = | 0.133680 | = | 0.016018 | = | 16.018463 |
| | 7.48055 | | 1 | | 0.119827 | | 119.827 |
| | 62.4280 | | 8.34538 | | 1 | | 1000* |
| | 0.0624280 | | 0.008345 | | 0.001* | | 1 |

| Specific Volume | $ft^3/lb$ | | gal/lb | | $cm^3/g$ | | $m^3/kg$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | = | 7.48055 | = | 62.4280 | = | 0.0624280 |
| | 0.133680 | | 1 | | 8.34538 | | 0.008345 |
| | 0.016018 | | 0.119827 | | 1 | | 0.001* |
| | 16.018463 | | 119.827 | | 1000* | | 1 |

**Viscosity (absolute)1 poise = 1 dyne-sec/$cm^2$ = 0.1 Pa·s = 1 g/(cm·s)**

| poise | | $lb_f \cdot s/ft^2$ | | $lb_f \cdot h/ft^2$ | | kg/(m·s) = N·s/$m^2$ | | $lb_m/ft \cdot s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | = | $2.0885 \times 10^{-3}$ | = | $5.8014 \times 10^{-7}$ | = | 0.1* | = | 0.0671955 |
| 478.8026 | | 1 | | $2.7778 \times 10^{-4}$ | | 47.88026 | | 32.17405 |
| $1.72369 \times 10^{6}$ | | 3600* | | 1 | | $1.72369 \times 10^{5}$ | | $1.15827 \times 10^{5}$ |
| 10* | | 0.020885 | | $5.8014 \times 10^{-6}$ | | 1 | | 0.0671955 |
| 14.8819 | | 0.031081 | | $8.6336 \times 10^{-6}$ | | 1.4882 | | 1 |

| Temperature Scale | Temperature K | °C | °R | °F | Temperature Interval | K | °C | °R | °F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kelvin | $x$ K = $x$ | $x - 273.15$ | $1.8x$ | $1.8x - 459.67$ | 1 K = | 1 | 1 | 9/5 = 1.8 | 9/5 = 1.8 |
| Celsius | $x$°C = $x + 273.15$ | $x$ | $1.8x + 491.67$ | $1.8x + 32$ | 1°C = | 1 | 1 | 9/5 = 1.8 | 9/5 = 1.8 |
| Rankine | $x$°R = $x/1.8$ | $(x - 491.67)/1.8$ | $x$ | $x - 459.67$ | 1°R = | 5/9 | 5/9 | 1 | 1 |
| Fahrenheit | $x$°F = $(x + 459.67)/1.8$ | $(x - 32)/1.8$ | $x + 459.67$ | $x$ | 1°F = | 5/9 | 5/9 | 1 | 1 |

*Notes*: Conversions with * are exact.
The Btu and calorie are based on the International Table.
All temperature conversions and factors are exact.
The term centigrade is obsolete and should not be used.

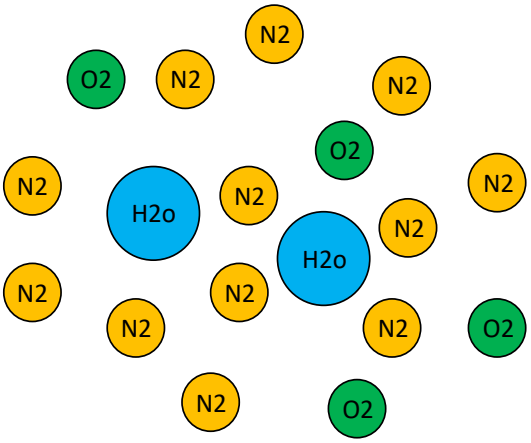
†When making conversions, remember that a converted value is no more precise than the original value. For many applications, rounding off the converted value to the same number of significant figures as those in the original value provides acceptable accuracy.

فصل دوم

# فرآیندهای سایکرومتریک

## ۲-۱-ترکیب هوا

هوای خشک از ترکیب ۷۸٪ نیتروژن، ۲۱٪ اکسیژن و گازهایی نظیر آرگون، هیدروژن، دی اکسید کربن و غیره، تشگیل شده است. هوای مرطوب علاوه بر گازهای فوق، دارای مولکول‌های بخار آب نیز می‌باشد. حضور این مولکول‌های آب، تاثیر بسیار زیادی بـر رفتـار حرارتی هوا دارد.




## ۲-۲- خواص حرارتی هوا و آب

ظرفیت گرمایی ویژه هوا $Cpair = ۱kJ / kg°k$ و ظرفیت گرمایی ویژه آب $Cpwater = ۴/۱۸kJ / kg°k$ و بـرای بخـار آب $Cpair = ۱/۹۹۶kJ / kg°k$ است. چگالی هوا در دمای $۳۰۰^{\circ}k$ برابر $Cpair = ۱/۲kg / m^{۳}$ است.

## ۲-۳- مفهوم هوای اشباع

یک کیلوگرم هوای خشک در دمای 25ºC و فشار حداکثر 100kpa می‌تواند 20g بخار آب را در خود جای دهد تا به نقطه اشباع برسد. بیش از این مقدار بخار آب در هوا محلول نخواهد بود و به صورت قطرات شبنم روی سطوح مشاهده می‌گردد. هرگاه هوا بیشترین بخار آب محلول را در خود جای داده باشد، گفته می‌شود هوا در حالت اشباع است. هوا با دمای بالاتر، بخار آب بیشتری را در خود جای می‌دهد تا به اشباع برسد. هرچه فشار هوا کمتر شود، هوا بخار آب کمتری را در خود جای می‌دهد و زودتر اشباع می‌شود. اثر ارتفاع روی فشار از رابطه ۲-۱ به دست می‌آید.

$$p = ۱۰۱/۳۲۵(۱-۲/۲۵۵۷۷\times۱۰^{-۵}z)^{۵/۲۵۵۹}$$

که در رابه بالا z ارتفاع از سطح دریا و P فشار هوا می‌باشد.

## ۲-۴- اثر رطوبت بر آنتالپی

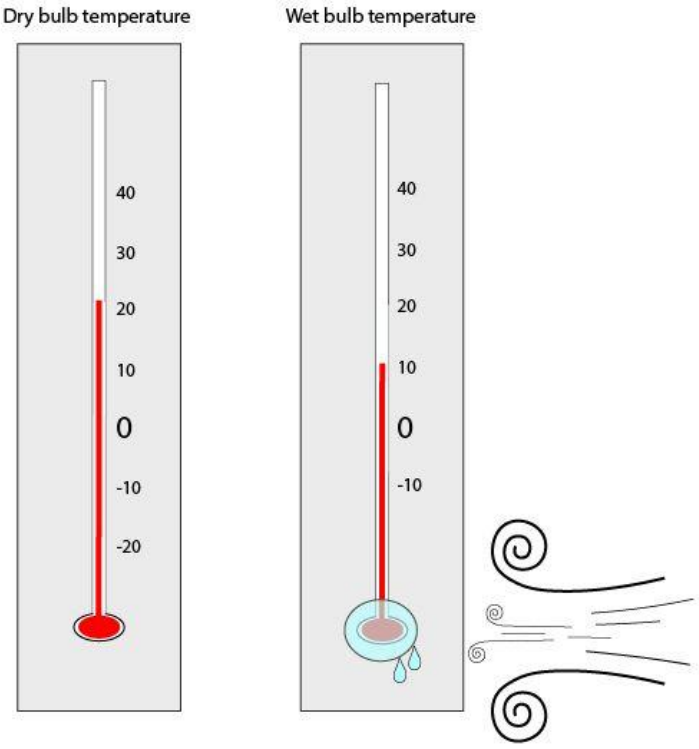
درصد رطوبت هوا، مقدار آنتالپی آن را به شدت متاثر می‌سازد. آنتالپی هـوای خشـک $25^{\circ}C$ برابـر $h_{da} = ۲۵kJ / kg_{da}$ و آنتـالپی هوای اشباع 25ºC بیش از سه برابر آن و حدود $h_{sat} = ۷۵kJ / kg_{da}$ می‌باشد. این تفاوت زیاد در سـطح انـرژی هـوا بـه دلیـل وجـود رطوبت، در محاسبه توان تجهیزات سرمایشی بسیار حایز اهمیت است. همچنین درصد رطوبت مناسب بعد از دما، دومین عامل مهم در تامین آسایش حرارتی افراد می‌باشد. از این رو کنترل رطوبت نسـبی مناسـب در تهویـه مطبـوع اهمیـت دارد. رطوبـت مناسـب بـرای فضاهای محل حضور انسان 40 تا 60% می‌باشد. Willis Carrier طی پژوهش‌های گسترده‌ای که در این زمینه انجـام داد، بـرای اولـین بار در سال 1904، نمودار سایکرومتریک را ترسیم نمود.

## ۲-۵- نمودار سایکرومتریک

نمودار سایکرومتریک ۷ خاصیت هوای مرطوب را به هم مرتبط می‌نماید.این ۷ خاصیت را در ادامه توضیح می‌دهیم. هرگاه دو تا از خواص هفت‌گانه هوا معلوم باشد، 5 تای دیگر از نمودار سایکرومتریک قابل خواندن است.

**۲-۵-۱-دمای حباب خشک Dry Bulb Temperature:** دمایی است که یک ترمومتر معمولی در هوا نشان می‌دهد و با علامت اختصاری $T_{db}$ نمایش می‌دهیم.

**۲-۵-۲-دمای حباب تر Wet Bulb Temperature:** دمایی است که توسط یک ترمومتر پوشیده شده با پنبه خیس خوانده می‌شود و با علامت اختصاری $T_{wb}$ نمایش می‌دهیم.




**۲-۵-۳- نسبت رطوبت یا رطوبت مطلق Humidity Ratio:** نسبت جرم بخار اب به جرم هوای خشک می‌باشد و با علامت اختصاری W نمایش می‌دهیم. نسبت رطوبت بر حسب فشار جزیی بخار با روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$W = ۰/۶۲۲ \frac{p_w}{p - p_w}$$

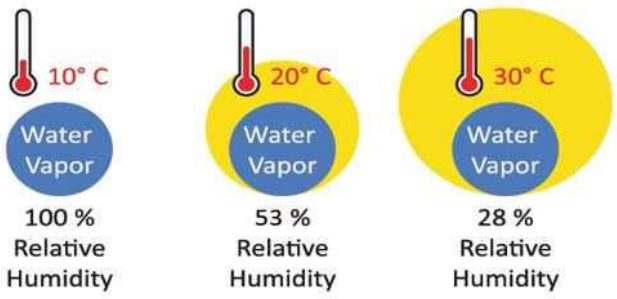
که p فشار هوا و $p_w$ فشار جزیی بخار در هوا، می‌باشد.

برای یافتن نسبت رطوبت اشباع، کافی است فشار جزیی بخار در هوای اشباع را در نظر بگیریم

$$W = ۰/۶۲۲ \frac{p_{ws}}{p - p_{ws}}$$

که $P_{ws}$ فشار جزئی بخار در هوای اشباع از رطوبت، است.

**۲-۵-۴-رطوبت نسبی:** نسبت جرم رطوبت موجود در هوای خشک به حداکثر جرم رطوبتی که در حالت اشباع می‌تواند در هوا محلول باشد. این شاخص جزو شاخص‌های مهم تامین آسایش حرارتی بوده و با علامت اختصاری φ نمایش داده می‌شود.



**۲-۵-۵-دمای نقطه شبنم Dew Point Temperature:** یک دمای حدی است که در پائینتر از آن دما، هوای مرطوب دیگر قادر نیست رطوبت را به صورت بخار آب در خود نگه دارد و بخار طی فرآیند چگالش(کندانس) به صورت قطرات شبنم، نمود پیدا می-کند. دمای نقطه شبنم همواره از دمای حباب‌تر کوچکتر است و فقط هرگاه رطوبت به حد اشباع برسد، برابر با دمای هوای مرطوب است. دمای نقطه شبنم با علامت اختصاری $T_{dp}$ نمایش داده می‌شود.

**۲-۵-۶-حجم مخصوص specific volume:** حجم واحد جرم هوای خشک است و علامت اختصاری آن $\upsilon$ می‌باشد.

**۲-۵-۷- آنتالپی Enthalpy:** شاخص کل محتوای حرارتی موجود در هوا است و با h نمایش داده می‌شود. تغییرات آنتالپی در یک فرآیند تهویه مطبوع، مقدار کاری را که سیستم باید روی هوا انجام دهد، تعیین می‌نماید.

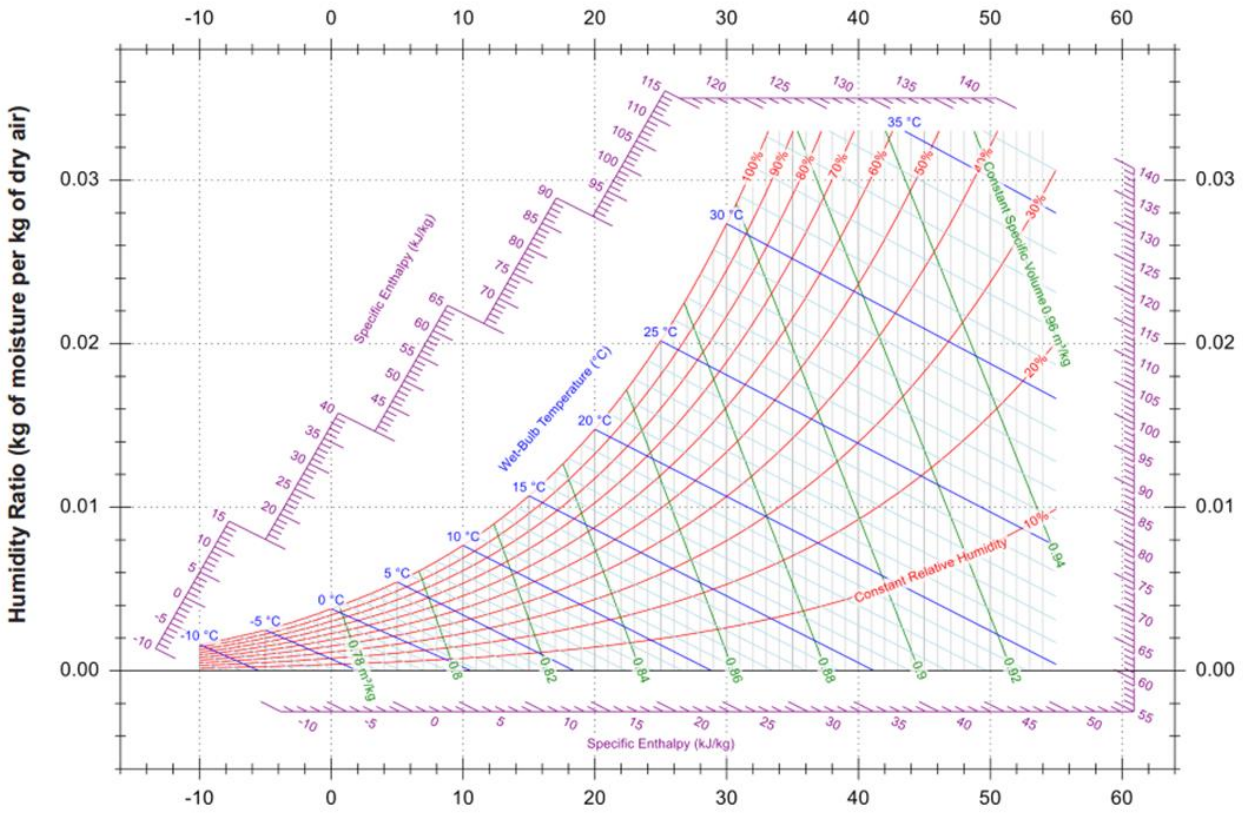
آنتالپی هوا را مانند سایر خواص ۷ گانه می‌توان از نمودار سایکرومتریک خواند یا اینکه مستقیماً از روابط زیر تخمین زد:

$$h = h_{da} + W.h_g$$
$$h_{da} = ۱/۰۰۶t$$
$$h_g = ۲۵۰۱ + ۱/۸۶t$$
$$h = ۱/۰۰۶t + W(۲۵۰۱ + ۱/۸۶t)$$

در روابط بالا t دمای حباب خشک هوا بر حسب °C و W نسبت رطوبت بر حسب $\frac{kg_w}{kg_{da}}$ می‌باشد. $h_{da}$ آنتالپی هوای خشک و $h_g$ آنتالپی بخار آب اشباع بر حسب $\frac{kJ}{kg_w}$ می‌باشد.

### ۲-۵-۸-شکل نمودار سایکرومتریک و خطوط فرآیند روی آن

شکل های۲-۵-۸-۱ و ۲-۵-۸-۲ نمودار سایکرومتریک و خطوط فرآیندهای سایکرومتریک را نشان می‌دهند.




شکل ۲-۵-۸-۱-نمودار سایکرومتریک