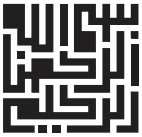

شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی
تأسیسات مکانیکی

کتاب اول

حـاوی مطالب اصلی منابع آزمون نظام مهندسی
تست‌های تألیفی استاندارد مشابه با سؤالات آزمون
ارائـه نکـات کلیـــدی و کاربـردی متـن درس
بر اساس آخـرین ویـرایش و سـرفصـل‌هـای
شـورای تـدویـن مقـررات ملـی ساختمان

ویژهٔ آزمون‌های نظام مهندسی

مؤلفان: دکتر پیمان ابراهیمی
مدرس رسمی سازمان نظام مهندسی
دکتری مهندسی مکانیک
مهندس هاشم جاویدان‌فر

سرشناسه: ابراهیمی‌ناغانی، پیمان، ۱۳۵۴ -
عنوان و نام پدیدآور: شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی جلد اول/مولفان پیمان ابراهیمی، هاشم جاویدان‌فر.
مشخصات نشر: تهران : نوآور.
مشخصات ظاهری: ۴۶۰ ص.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۷۹-۷
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
موضوع: تأسیسات -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع: Buildins -- Mechanical equipment -- Study and teaching (Higher)
موضوع: تأسیسات -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
موضوع: Buildings -- Mechanical equipment -- Examinations, questions, etc. (Higher)
موضوع: دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها
موضوع: Universities and colleges --Iran -- Examinations
شناسه افزوده: جاویدان‌فر، هاشم -
رده‌بندی کنگره: TH ۶۰۱۰/الف۲ت۵ ۱۳۹۷
رده‌بندی دیویی: ۰۷/۶۹۶
شماره کتابشناسی ملی: ۵۲۳۳۵۷۵

شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی کتاب اول

مؤلفان: دکتر پیمان ابراهیمی ناغانی، مهندس هاشم جاویدان‌فر

ناشر: نوآور

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۷۹-۷

نشرنوآور

مرکز پخش:

نوآور: تهران ـ خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه اول واحد ۳

تلفن: ۹۲-۰۲۱۶۶۴۸۴۱۹۱ 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، سی دی، دی وی دی، 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.

صفحه رسمی انتشارات نوآور در شبکه‌های اجتماعی

@Noavarpub

فـهرست مطالب

مقدمه ۹

فصل اول / تبدیل واحدها در صنعت تهویه مطبوع ۱۱
(۱-۱) کمیت‌های اصلی ۱۱

فصل دوم / سایکرومتریک ۱۶
(۲-۱) هوا ۱۶
(۲-۲) روابط حاکم بر هوای خشک و مرطوب ۱۶
(۲-۳) مشخصات هوا ۱۷
(۲- ۴) انواع حرارت ۲۰
(۲- ۵) دیاگرام سایکرومتریک ۲۳
(۲- ۶) فرایندهای پایه در تهویه مطبوع ۲۷
(۲- ۷) سایر فرآیندهای سایکرومتریک ۳۲

فصل سوم / بار حرارتی ساختمان ۴۳
(۳- ۱) خلاصه فصل ۴۳
(۳- ۲) مقدمه ۴۴
(۳- ۳) انتقال حرارت ۴۵
(۳- ۴) محاسبات تلفات حرارتی (هدایت + جابجایی) ۴۹
(۳- ۵) عایق‌های حرارتی ۵۶
(۳- ۶) تلفات حرارتی کل ساختمان ۵۹

فصل چهارم / آبرسانی ۶۰
(۴-۱) آبرسانی ۶۰
(۴- ۲) آبرسانی بهداشتی ساختمان ۶۱
(۴- ۳) پمپ ۶۳
(۴- ۴) سایزینگ لوله‌های آبرسانی ۶۴
(۴- ۵) محاسبه بار حرارتی آبگرم مصرفی ۶۸
(۴- ۶) مخزن ذخیره آب ۶۹
(۴- ۷) سیستم لوله‌کشی برگشت آب گرم بهداشتی مصرفی ۷۳
(۴- ۸) آبرسانی ساختمان‌های بلند مرتبه ۷۴

فصل پنجم / حرارت مرکزی و بویلر ۸۳
(۵- ۱) مقدمه ۸۳
(۵-۲) انواع سیستم حرارت مرکزی ۸۳
(۵- ۳) سیستم حرارت مرکزی با آب گرم ۸۳
(۵- ۴) دیگ (Boiler) ۸۵
(۵- ۵) دیگ‌های چدنی ۸۶
(۵- ۶) دیگ‌های فولادی ۸۸
(۵- ۷) دیگ‌های چگالشی ۹۲
(۵- ۸) انتخاب دیگ ۹۲
(۵- ۹) الزامات نصب، جزئیات اجرا ۹۳

فصل ششم / مشعل و سوخت‌رسانی ۹۵
(۶- ۱) تقسیم‌بندی مشعل‌ها ۹۵
(۶- ۲) انتخاب مشعل ۹۵
(۶- ۳) سوخت مایع ۹۶
(۶- ۴) ارزش حرارتی سوخت ۹۷
(۶- ۵) مخازن ذخیره سوخت مایع ۹۷
(۶- ۶) محاسبه ظرفیت مخزن سوخت روزانه ۱۰۱
(۶- ۷) محاسبه ظرفیت مخزن اصلی ۱۰۱
(۶- ۸) الزامات چاله و محل دفن مخازن سوخت مایع و نکات اجرایی ۱۰۲
(۶- ۹) انتقال سوخت مایع ۱۰۴

فصل هفتم / پمپ و پمپاژ در موتورخانه ۱۰۵
(۷- ۱) مبانی مکانیک سیالات ۱۰۵
(۷- ۲) مقدمه ۱۰۸
(۷- ۳)پمپ گریز از مرکز ۱۰۹
(۷- ۴) هد پمپ ۱۱۵
(۷- ۵) محاسبه افت فشار مسیر ۱۱۶
(۷- ۶) تفاوت پمپ‌های سیرکولاتور و پمپ‌های آبرسانی ۱۱۷
(۷-۷) منحنی عملکرد پمپ گریز از مرکز ۱۱۸
(۷- ۸) پدیده کاویتاسیون و منحنیNPSH ۱۲۲
(۷- ۹) آرایش‌های نصب پمپ‌ها ۱۲۸
(۷- ۱۰) محل نصب پمپ در مدار ۱۳۳
(۷- ۱۱) روابط تشابه‌ی حاکم بر پمپ‌ها ۱۳۳
(۷- ۱۲) محاسبه توان مفید، توان مصرفی، توان الکتروموتور ۱۳۴
(۷- ۱۳) جوکی پمپ ۱۳۶
(۷- ۱۴) پمپ سانتریفیوژ مکش از ته پروانه ۱۳۷
(۷- ۱۵) پمپ‌های سرعت متغیر ۱۳۹
(۷- ۱۶) برق در طراحی پمپ ۱۳۹

فصل هشتم / منبع انبساط ۱۴۴
(۸- ۱) مقدمه ۱۴۴
(۸- ۲) مشخصات ترموفیزیکی آب ۱۴۴
(۸- ۳) علل سرریز کردن آب (لزوم استفاده از منبع انبساط) ۱۴۵
(۸- ۴) بررسی موقعیت نصب ۱۴۵
(۸- ۵) منبع انبساط باز ۱۴۶
(۸- ۶) منبع انبساط بسته ۱۵۰

فصل نهم / تأمین هوای احتراق ۱۵۷
(۹- ۱) محاسبه هوای احتراق وسایل گاز سوز، منابع غیر مجاز تامین هوای احتراق ۱۵۷
(۹- ۲) فضای با درزبندی معمولی و هوابند، فضای با حجم کافی و ناکافی ۱۵۸
(۹- ۳) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، فقط از داخل ۱۵۸
(۹- ۴) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، فقط از بیرون، از طریق دهانه‌های روی جدار خارجی ۱۵۹
(۹- ۵) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، فقط از بیرون، از طریق کانال‌های عمودی و افقی ۱۶۰
(۹- ۶) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، از فضای مجاور ۱۶۲
(۹- ۷) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، به صورت همزمان ۱۶۳
(۹- ۸) تامین هوای احتراق به صورت مکانیکی ۱۶۴
(۹- ۹) مقررات و نکات اجرایی ۱۶۵
(۹- ۱۰) گاز مصرفی و هوای احتراق وسایل گازسوز ۱۶۵

فصل دهم / دودکش ۱۶۷
(۱۰– ۱) محدوده قوانین ۱۶۷
(۱۰– ۲) تعاریف ۱۶۷
(۱۰– ۳) لوله رابط دودکش ۱۷۰
(۱۰– ۴) انواع دودکش: ۱۷۲
(۱۰– ۵) دودکش با مکش یا رانش مکانیکی ۱۷۲
(۱۰– ۶) دودکش قائم فلزی ۱۷۲
(۱۰– ۷) دودکش داخل ساختمان ۱۷۵
(۱۰– ۸) دودکش با مصالح بنائی ۱۷۶
(۱۰– ۹) دهانه خروجی دودکش روی بام ۱۷۹
(۱۰– ۱۰) محاسبه و انتخاب دودکش ۱۸۰
(۱۰– ۱۱) دوره تناوب بازرسی ۱۸۲

فصل یازدهم / سختیگیری آب ۱۸۳
(۱۱– ۱) تعاریف ۱۸۳
(۱۱– ۲) سختی‌گیر ۱۸۴
(۱۱– ۳) **R.O** اسمز معکوس ۱۸۶

فصل دوازدهم / لوله‌کشی تاسیساتی ۱۸۹
(۱۲– ۱) مراحل طراحی شبکه لوله‌کشی حرارت مرکزی ۱۸۹
(۱۲– ۲) سیستم‌های لوله‌کشی ۱۸۹
(۱۲– ۳) انواع لوله‌ها مورد استفاده در سیستم‌های گرمایش و سرمایش ۱۹۰
(۱۲– ۴) انتخاب وصاله (فیتینگ) ۱۹۱
(۱۲– ۵) لوله‌کشی آب سیستم‌های گرمایش و سرمایش ۱۹۵
(۱۲– ۶) شبکه لوله‌کشی یک لوله‌ای ۱۹۵
(۱۲– ۷) شبکه لوله‌کشی دو لوله‌ای ۱۹۶
(۱۲– ۸) مدار لوله‌کشی اولیه– ثانویه (**Primary-Secondary Piping Circuits**) ۱۹۸
(۱۲– ۹) تعیین قطر لوله‌های سیستم حرارت مرکزی ۱۹۹
(۱۲– ۱۰) شرایط آزمایش ۲۰۰
(۱۲– ۱۱) لزوم عایق‌کاری ۲۰۰
(۱۲– ۱۲) نکات کاربردی و مهم لوله‌کشی (جمع بندی) ۲۰۱

فصل سیزدهم / شیرها ۲۰۷
(۱۳– ۱) وظیفه شیرها ۲۰۸
(۱۳– ۲) انواع شیرها (تاسیساتی) ۲۰۹
(۱۳– ۳) شیرهای کنترلی ۲۱۸
(۱۳– ۴) سایر ملزومات سیستم‌های هیدرونیک ۲۲۰
(۱۳– ۵) مشخصات کنترل سیستم ۲۲۰
(۱۳– ۶) ضریب جریان شیر ۲۲۳
(۱۳– ۷) انواع سیستم‌های کنترل ۲۲۳

فصل چهاردهم / موتورخانه بخار ۲۲۶
(۱۴– ۱) مقدمه ۲۲۶
(۱۴– ۲) انواع بخار ۲۲۶
(۱۴– ۳) موتورخانه بخار ۲۲۶

فصل پانزدهم / سامانه‌های تولید سرمایش ۲۳۹
(۱۵– ۱) محاسبه بار سرمایش ۲۳۹

(۱۵– ۲) مولفه‌های بار سرمایش ۲۳۹
(۱۵– ۳) انواع سامانه‌های سرمایش از لحاظ توزیع ۲۴۴
(۱۵– ۴) انواع سامانه‌های سرمایش از لحاظ نوع ایجاد سرمایش ۲۴۴
(۱۵– ۵) اساس کار یک سیستم سرمایش ۲۵۰
(۱۵– ۶) محاسبات انتخاب چیلرها ۲۵۱
(۱۵– ۷) اجزای تشکیل‌دهنده سیکل تبرید ۲۵۱
(۱۵– ۸) مبردها ۲۶۱
(۱۵– ۹) تجهیزات جانبی سیستم سرمایش تراکمی ۲۶۳
(۱۵– ۱۰) اجزاء کنترلی ۲۶۶
(۱۵– ۱۱) سیستم جریان مبرد متغییر VRF ۲۶۸
(۱۵– ۱۲) سرمایش جذبی ۲۷۰
(۱۵– ۱۳) لوله‌کشی آب مدار سرمایش ۲۸۳
(۱۵– ۱۴) نمایش عملکرد سیستم (COP-IPLV-NPLV-EER-SEER) ۲۸۴
(۱۵– ۱۵) برج خنک‌کن ۲۸۶
(۱۵– ۱۶) روش‌های کنترل ظرفیت پایانه‌های سرمایش ۲۹۴
(۱۵– ۱۷) تست‌های کلی فصل ۲۹۶

فصل شانزدهم / فنها ۲۹۹
(۱۶– ۱)روابط فشار فن و سیستم ۲۹۹
(۱۶– ۲) انتخاب فن ۳۰۱
(۱۶– ۳) اثر چگالی، دما و ارتفاع بر عملکرد فن ۳۰۱
(۱۶– ۴) نحوه کار بادزن‌ها ۳۰۲
(۱۶– ۵) کلاس‌بندی فن ۳۰۲
(۱۶– ۶) روابط تشابه و محاسبه توان فن‌ها ۳۰۷
(۱۶– ۷) نکات مهم در بررسی منحنی‌های عملکرد و سیستم بادزن ۳۱۲
(۱۶– ۸) بررسی فن‌های سری و موازی ۳۱۳

فصل هفدهم / فن و هوارسان ۳۱۶
(۱۷– ۱) مقدمه ۳۱۶
(۱۷– ۲) جریان‌های هوا در سامانه هوارسان ۳۱۸
(۱۷– ۳) انواع هوارسان ۳۱۹
(۱۷– ۴) اجزاء سیستم هوارسان ۳۲۱
(۱۷– ۵) نحوه عملکرد هوارسان ۳۴۱
(۱۷– ۶) شرایط انتخاب سامانه تهویه مطبوع هوایی ۳۴۴
(۱۷– ۷) محاسبات مربوط به تامین هوای تازه ۳۴۴
(۱۷–۸) ضرایب گرمای محسوس و ارتباط بارهای اتاق و دستگاه ۳۴۶
(۱۷– ۹) تجهیزات در سایکرومتریک ۳۵۱
کانال‌کشی ۳۶۹
(۱۷–۱۰) مقدمه ۳۶۹
(۱۷– ۱۱) طراحی و محاسبه سیستم کانال ۳۷۰
(۱۷– ۱۲) انتخاب فن در کانال ۳۷۸
(۱۷– ۱۳) نکات اجرای کانال ۳۸۰

فصل هجدهم / جمع‌آوری و دفع فاضلاب ۳۸۴
(۱۸– ۱) سیستم فاضلاب ۳۸۴
(۱۸– ۲) انواع فاضلاب ۳۸۴
(۱۸– ۳) اجزای سیستم فاضلابی ۳۸۴
(۱۸– ۴) انواع اتصال در لوله‌کشی فاضلاب ۳۸۹

(۱۸– ۵) سرعت حد ۳۸۹
(۱۸– ۶) پرش هیدرولیکی ۳۹۰
(۱۸– ۷) سایزینگ لوله‌های فاضلابی ۳۹۰
(۱۸– ۸) شیب لوله‌کشی فاضلاب ۳۹۲
(۱۸– ۹) لوله‌های فاضلاب ۳۹۲
(۱۸– ۱۰) هواکش ۳۹۴
(۱۸– ۱۱) آب باران ۴۰۶
(۱۸– ۱۲) سایر نکات طراحی و اجرا ۴۰۸
(۱۸– ۱۳) سایر نکات تکمیلی ۴۰۹

فصل نوزدهم / نکات مهم و حل مسائل مبحث چهاردهم ۴۱۸
تعویض هوا ۴۱۸
تخلیه هوا ۴۲۳

فصل بیستم / خلاصه نکات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان – صرفه‌جویی در مصرف انرژی ۴۳۰

فصل بیست و یکم / خلاصه نکات مبحث ۳ مقررات ملی ساختمان ـ حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق ۴۳۵

پیوست ۱ / بخش بخار ۴۴۷

پیوست ۲ / بخش تبرید ۴۵۴

منابع و مآخذ ۴۶۰

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

فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

خوانندهٔ فرهیخته و بزرگوار

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از 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 حدّاقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیّت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

بااین‌وجود، 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 رفع نماید.

لذا دراین راستا، از شما فرهیختهٔ گرامی تقاضا داریم درصورتی‌که 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 ویرایش‌شدهٔ 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 ویرایش‌های بعدی کتاب اِعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارترشدن 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، پس از بررسی کارشناسان نوآور، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشد، متناسب با میزان اصلاحات ارسال شده، به رسم ادب و قدرشناسی، کدتخفیفی جهت خرید کتاب‌های نشر نوآور به شما ارائه می‌شود. همچنین در صورتی‌که حجم اصلاحات ارسالی، منوط بر تشخیص کارشناسان ما، چشمگیر تلقی شود، چاپ اصلاح شده‌ی آن کتاب و یا یک کتاب دلخواه، از مجموعه کتب انتشارات نوآور، به عنوان هدیه برای شما ارسال 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.

نشرنوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

مقدمه مـــؤلف

دکتر پیمان ابراهیمی ناغانی فارغ‌التحصیل دکتری مهندسی مکانیک (گـرایش تبـدیل انـرژی) مـی‌باشـد. ایشان با بیش از ۲۰ سال سابقه تدریس دانشگاهی هم اکنون عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهـران و مدیر دپارتمان تاسیسات و تهویه مطبوع آموزشگاه عالی نوین پارسیان بوده و در دوره‌های مختلف به تـدریس 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 قبیـل طراحـی موتورخانـه، طراحی استخر، سونا و جکـوزی، طراحـی HVAC مقـدماتی و پیشـرفته، طراحـی سیسـتم‌هـای آب‌رسـانی 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 مـوارد مهم طراحی پرداخته است.

از آنجایی که هیچ اثری عاری از اشتباه و خطا نیست، از کلیه دوستان، همکـاران گرامـی، دانـش پژوهـان عزیز و فعالین حرفه تاسیسات تقاضا داریم تا چنانچه در مورد مندرجات کتاب، پیشنهاد یا نکته نظری دارنـد، به طور مستقیم و یا از طریق ناشر اعلام نموده تا در ویرایش‌های بعـدی از تجربیـات و نظـرات سـازنده شـما استفاده نماییم.

Noavar33@yahoo.com

@Noavarpub_com
صفحه رسمی **انتشارات نوآور** در اینستاگرام

هشـــدار

کلّیهٔ حقوق چاپ و نشر این کتاب مطـابق بـا قـانون حقـوق مؤلّفـان و مصـنّفان و هنرمنـدان مصوّب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامهٔ اجرایی آن مصوّب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصـراً متعلّـق بـه نشـر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصـاویر ایـن کتـاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتـاب بـه هـر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیّهٔ پـی دی اف از کتـاب، عکـس‌بـرداری، نشـر الکترونیکی، هر نوع انتشار به‌صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم، فایل صـوتی یـا تصـویری و غیـره بـدون اجازهٔ کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و **شرعاً نیز حرام** است، و متخلّفـین تحـت **پیگـرد قانونی و قضایی** قرار می‌گیرند.

با توجّه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به‌صورت فایل ورد یا پی دی اف و موارد این‌چنـین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا درصورتی‌کـه هـر سـایتی اقـدام بـه 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 مسئولیّت ادارهٔ سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و درصـورت مشـخص شدن هرگونه تخلّف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حـرام مـی‌باشـد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، **پلیس فتا** (پلیس رسیدگی به جـرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلّف کرده و طیّ انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد **پیگرد قانونی و قضایی** قرار داده و کلّیّهٔ خسـارات وارده به این انتشارات از متخلّف اخذ می‌گردد.

همچنین درصورتی‌که هر کتابفروشی، اقدام به تهیّهٔ کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، اُفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلّفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مُوَزّعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیهٔ ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیـز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلّف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیّه، استفاده و مطالعه از روی نسخهٔ غیراصلِ کتاب،
از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهدهٔ هر گونـه تخلّـف از قبیـل مـوارد فـوق، مراتب را یا از طـریق تلفـن‌هـای انتشـارات نـوآور بـه شـماره‌هـای۲- ۶۶۴۸۴۱۹۱ ۰۲۱ و ۰۹۱۰۲۹۹۱۰۸۹ (تلگرام انتشارات) و یا از طریق ایمیل انتشارات بـه آدرس *info@noavarpub.com* و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت *www.noavarpub.com* به این انتشارات ابلاغ نماینـد، تـا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به‌عمل آید، و نیـز بـه‌عنـوان تشـکّر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

فصل اول
تبدیل واحدها در صنعت تهویه مطبوع

(۱-۱) کمیت‌های اصلی

کمیت‌های اصلی در شاخه تاسیسات مکانیکی شامل موارد زیر هستند:

۱ـ جرم، طول، زمان، دما

سایرکمیت‌های 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 واحد کمیت‌های تاسیساتی کافی است فقط تبدیل واحد بین یکاهای چهار کمیت اصلی را بدانیم. سایر کمیت‌ها از چهارکمیت اصلی قابل استخراج می‌باشد که روش آن در ادامه توضیح داده شده است.

اگرچه کمیت انرژی جزو چهارکمیت اصلی نیست ولی به دلیل کاربرد بسیار زیاد آن در تاسیسات بهتر است تبدیل واحد آن را نیز به صورت مستقیم بدانیم. در عین حال، روش استخراج تبدیل واحد کمیت‌های انرژی را نیز توضیح خواهیم داد.

تبدیل واحد چهار کمیت اصلی و انرژی

جرم M	$۱\ kg = ۱۰۰۰g = ۲/۲\ \ lb(pound)\ \ \&۱\ \ lb = ۰/۴۵kg = ۴۵۰g$
طول L	$۱\ \ m = ۳/۰۴۸ft(foot)\ \&۱\ \ ft = ۰/۳m$ $۱\ \ in = ۲/۵۴cm = ۰/۰۲۵۴m\ \&۱\ \ m = ۳۹/۳۷in$
زمان t	$۱\ \ hr = ۳۶۰۰s$
دما T	$K = ^\circ C + ۲۷۳/۱۵\ \&^\circ F = ۱/۸(^\circ C) + ۳۲$ $\Delta T(k)\ \ = \Delta T^\circ C$ $\Delta T^\circ F = \left(\frac{۱}{۱/۸}\right) \times \Delta T℃ = ۰/۵۵ \times \Delta T\ ℃$
انرژی E	$۱\ \ Cal = ۴/۱۸J(Jule) = ۰/۰۰۳۹۶BTU$ $۱\ \ BTU = ۱۰۵۵J = ۲۵۲Cal$

۲ـ تعریف واحدهای انرژی

یک BTU مقدار انرژی مورد نیاز است تا دمای یک پوند آب را یک درجه فارنهایت بالا ببرد.

یک cal مقدار انرژی مورد نیاز است تا دمای یک گرم آب را یک درجه سانتی گراد بالا ببرد.1J مقدار کاری است که توسط نیروی یک نیوتن انجام می‌شود، هرگاه نقطه اثر آن به اندازه یک متر در راستای اثر نیرو، جابه‌جا شود.

مثال۱: محاسبه نمائید یک BTU انرژی، معادل چند کاری است؟

$$۱\ \ BTU = ۱\ \ lb \times ۱\ \ ℉ = ۴۵۰g \times (۰/۵۵℃) \cong ۲۴۸Cal$$

مثال۲: محاسبه نمائید توان یک J/s برابر چند کیلوکالری بر ساعت است؟

$$۱\frac{J}{S}=۱\times\frac{\frac{۱}{۴/۱۸}Cal}{\frac{۱}{۳۶۰۰}hr}=۸۶۰\frac{Cal}{hr}=۰/۸۶\frac{kCal}{hr}$$

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

$$۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}=۱۰۰۰\times\frac{۲/۲lb}{(۳۹/۳۷in)^۳}=۱۰۰۰\times۳/۶\times۱۰^{-۵}\frac{lb}{in^۳}=۰/۰۳۶\frac{lb}{in^۳}$$

مثال۴: توان یک BTU/hr برابر چند W است؟

$$۱\frac{BTU}{hr}=۱\times\frac{۱۰۵۵J}{۳۶۰۰s}=۰/۲۹۳\frac{J}{s}=۰/۲۹۳W$$

یک TR، برابر چند کیلو وات است؟

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

$$۱\ TR=۱۲۰۰۰\frac{BTU}{hr}=۱۲۰۰۰\frac{۱۰۵۵J}{۳۶۰۰s}=۳۵۱۶/۶۷W=۳/۵۲kW$$

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

$$۱۰۰\frac{L}{s}=۱۰۰\times\frac{۰/۰۰۱m^۳}{s}=۱۰۰\times\frac{۰/۰۰۱(۳/۲۸ft)^۳}{\left(\frac{۱}{۶۰}Min\right)}\cong۲۱۱/۷۲CFM$$

در انتهای کتاب جدول تبدیل واحد بطور کامل با جزئیات آمده است.

جداول تبدیل واحد ASHRAE

تبدیل واحد **مساحت**	متر مربع	اینچ مربع	فوت مربع	سانتیمتر مربع	میلیمتر مربع
متر مربع	۱	۱۵۵۰	۱۰/۷۶	۱۰۰۰۰	$۱۰^۶$
اینچ مربع	$۶/۴۵۲\times۱۰^{-۳}$	۱	$۶/۹۴\times۱۰^{-۳}$	۶/۴۵۲	۶۴۵/۲
فوت مربع	۰/۰۹۲۹	۱۴۴	۱	۹۲۹	۹۲/۹۰۳
سانتیمتر مربع	۰/۰۰۰۱	۰/۱۵۵	۰/۰۰۱	۱	۱۰۰
میلیمتر مربع	$۱۰^{-۶}$	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۱	۱

تبدیل واحد **طول**	متر	سانتیمتر	میلیمتر	میکرومتر یا میکرون	آنگستروم	اینچ	فوت
متر	۱	۱۰۰	۱۰۰۰	$۱۰^۶$	$۱۰^{۱۰}$	۳۹/۳۷	۳/۲۸
سانتیمتر	۰/۰۱	۱	۱۰	$۱۰^۴$	$۱۰^۸$	۰/۳۹۴	۰/۰۳۲۸
میلیمتر	۰/۰۰۱	۰/۱	۱	$۱۰^۳$	$۱۰^۷$	۰/۰۳۹۴	۰/۰۰۳۲۸
میکرون	$۱۰^{-۶}$	$۱۰^{-۴}$	$۱۰^{-۳}$	۱	$۱۰^۴$	$۳/۹۴\times۱۰^{-۵}$	$۳/۲۸\times۱۰^{-۸}$
آنگستروم	$۱۰^{-۱۰}$	$۱۰^{-۸}$	$۱۰^{-۷}$	$۱۰^{-۴}$	۱	$۳/۹۴\times۱۰^{-۹}$	$۳/۲۸\times۱۰^{-۱}$
اینچ	۰/۰۲۵۴	۲/۵۴۰	۲۵/۴۰	$۲/۵۴\times۱۰^۴$	$۲/۵۴\times۱۰^۸$	۱	۰/۰۸۳۳
فوت	۰/۳۰۵	۳۰/۴۸	۳۰۴/۸	۳۰۴۸۰۰	$۳/۰۴۸\times۱۰^۹$	۱۲	۱

تبدیل واحد **چگالی**	پوند بر فوت مکعب	پوند بر گالن	گرم بر سانتیمتر مکعب	کیلوگرم بر متر مکعب
پوند بر فوت مکعب	۱	۰/۱۳۳۶۸۰	۰/۰۱۶۰۱۸	۱۶/۰۱۸۴۳۶
پوند بر گالن	۷/۴۸۰۵۵	۱	۰/۱۱۹۸۲۷	۱۱۹/۸۲۷
گرم بر سانتیمتر مکعب	۶۲/۴۲۸۰	۸/۳۴۵۳۸	۱	۱۰۰۰
کیلوگرم بر متر مکعب	۰/۰۶۲۴۲۸۰	۰/۰۰۸۳۴۵	۰/۰۰۱	۱

۲/۲۸ میلیگرم بر مترمکعب=۱ گرین بر فوت مکعب

تبدیل واحد **حجم**	اینچ مکعب	فوت مکعب	گالن امریکایی	لیتر	متر مکعب
اینچ مکعب	۱	$۵/۷۸۷\times۱۰^{-۴}$	$۴/۳۲۹\times۱۰^{-۳}$	۰/۰۱۶۳۸۷۱	$۱/۶۳۸۷۱\times۱۰^{-۵}$
فوت مکعب	۱۷۲۸	۱	۷/۴۸۰۵۲	۲۸/۳۱۷	۰/۰۲۸۳۱۷
گالن امریکایی	۲۳۱/۰	۰/۱۳۳۶۸	۱	۳/۷۸۵۴	۰/۰۰۳۷۸۵۴
لیتر	۶۱/۰۲۳۷۴	۰/۰۳۵۳۱۵	۰/۲۶۴۱۷۳	۱	۰/۰۰۱
متر مکعب	$۶/۱۰۲۳۷۴\times۱۰^{۴}$	۳۵/۳۱۵	۲۶۴/۱۷۳	۱۰۰۰	۱

تبدیل واحد **نیرو**	دین	نیوتن	کیلوگرم نیرو	پوند نیرو
دین	۱	$۱۰^{-۵}$	$۱/۰۲\times۱۰^{۴}$	$۲/۲۴۸\times۱۰^{۴}$
نیوتن	$۱۰^{۵}$	۱	۰/۱۰۲۰	۰/۲۲۴۸
کیلوگرم نیرو	$۹/۸۰۷\times۱۰^{-۵}$	۹/۸۰۷	۱	۲/۲۰۵
پوند نیرو	$۴/۴۴۸\times۱۰^{-۵}$	۴/۴۴۸	۰/۴۵۳۶	۱

تبدیل واحد **دما**	کلوین	درجه سانتیگراد	درجه رانکین	درجه فارنهایت
$\chi\ K=$	χ	$\chi-۲۷۳/۱۵$	$۱/۸\chi$	$۱/۸\chi-۴۵۹/۶۷$
$\chi^{\circ}C=$	$\chi+۲۷۳/۱۵$	χ	$۱/۸\chi+۴۹۱/۶۷$	$۱/۸\chi+۳۲$
$\chi^{\circ}R=$	$\frac{\chi}{۱/۸}$	$\frac{(\chi-۴۹۱/۶۷)}{۱/۸}$	χ	$\chi-۴۵۹/۶۷$
$\chi^{\circ}F=$	$\frac{(\chi+۴۵۹/۶۷)}{۱/۸}$	$\frac{(\chi-۳۲)}{۱/۸}$	$\chi+۴۵۹/۶۷$	χ

تبدیل واحد **سرعت**	سانتیمتر در ثانیه	متر در ثانیه	کیلومتر در ساعت	فوت در ثانیه	فوت در دقیقه	مایل در ساعت
سانتیمتر در ثانیه	۱	۰/۰۱	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲۸	۱/۹۶۸	۰/۰۲۲۳۷
متر در ثانیه	۱۰۰	۱	۳/۶	۳/۲۸۱	۱۹۶/۸۵	۲/۲۳۷
کیلومتر در ساعت	۲۷/۷۸	۰/۲۷۷۸	۱	۰/۹۱۱۳	۵۴/۶۸	۰/۶۲۱۴
فوت در ثانیه	۳۰/۴۸	۰/۳۰۴۸	۱۸/۲۹	۱	۶۰	۰/۶۸۱۸
فوت در دقیقه	۰/۵۰۸۰	۰/۰۰۵۰۸	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۶۶	۱	۰/۰۱۱۳۶
مایل در ساعت	۴۴/۷۰	۰/۴۴۷۰	۱/۶۰۹	۱/۴۶۷	۸۸	۱

تبدیل واحد **فشار**	پوند بر اینچ مربع	اتمسفر	اینچ جیوه	میلیمتر جیوه	کیلوپاسکال	فوت ستون آب	اینچ ستون آب	پوند بر فوت مربع
پوند بر اینچ مربع	۱	۰/۰۶۸	۲/۰۳۶	۵۱/۷۱	۶/۸۹۵	۲/۳۰۹	۲۷/۷۱	۱۴۴
اتمسفر	۱۴/۶۹۶	۱	۲۹/۹۲	۷۶۰	۱۰۱/۳۲	۳۳/۹۳	۴۰۷/۲	۲۱۱۶
اینچ جیوه	۰/۴۹۱۲	۰/۰۳۳	۱	۲۵/۴۰	۳/۳۸۶	۱/۱۳۴	۱۳/۶۱	۷۰/۷۳
میلیمتر جیوه	۰/۰۱۹۳۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۳۹	۱	۰/۱۳۳۳	۰/۰۴۴۶۴	۰/۵۳۵۷	۲/۷۸۵
کیلوپاسکال	۰/۱۴۵۰	$۹/۸۷\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۹۵۳	۷/۵۰۲	۱	۰/۳۴۶۰	۴/۰۱۹	۲۰/۸۹
فوت ستون آب	۰/۴۳۳۲	۰/۰۲۹۴	۰/۸۸۱۹	۲۲/۴۰	۲/۹۸۹	۱	۱۲	۶۲/۳۷
اینچ ستون آب	۰/۰۳۶۰۹	۰/۰۰۲۴	۰/۰۷۳	۱/۸۶۷	۰/۲۴۸۸	۰/۰۸۳۳	۱	۵/۱۹۷
پوند بر فوت مربع	۰/۰۰۶۹	$۴/۷۲\times۱۰^{-۴}$	۰/۰۱۴	۰/۳۵۹	۰/۰۴۷۸۸	۰/۰۱۶	۰/۱۹۳	۱

فصل دوم
سایکرومتریک

(۲-۱) هوا

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

۱ـ 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 از جمله شهرها و ارتفاعات مختلف نیزمتفاوت است. هوای خشک اصطلاحاً قسمت ثابت هوا محسوب می‌شود.

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

(۲-۲) روابط حاکم بر هوای خشک و مرطوب

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

معادله گازهای کامل

$$P.V = n.\bar{R}.T$$

که در این رابطه P فشار(پاسکال)، V حجم (متر مکعب)، n تعداد مول‌ها، $\bar{R}$ ثابت جهانی گازهای کامل و T دمای مطلق (کلوین) است. توجه داشته باشید که معادله فوق را نیز می‌توان بصورت ذیل به فرم حجم مخصوص و جرم مخصوص نوشت:

فرم جرم مخصوص

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

فرم حجم مخصوص

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

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

ثابت گاز برای هوای خشک

$$R_a = \frac{\bar{R}}{M_a} = \frac{۸۳۱۴}{۲۹} = ۲۸۷ \frac{J}{kg^\circ K}$$

ثابت گاز برای بخار آب

$$R_v = \frac{\bar{R}}{M_{H_۲O}} = \frac{۸۳۱۴}{۱۸} = ۴۶۱ \frac{J}{kg^\circ K}$$

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

$$P = P_a + P_v$$

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

جرم: $m = m_a + m_v$ جرم مخصوص: $\rho = \rho_a + \rho_v$

هوای استاندارد: دمای محیط ←21 °C فشار محیط ←101325 pa چگالی هوا← $\rho = 1/2\ {}^{kg}/_{m^3}$

(۲-۳) 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. که البته با تعیین دو مشخصه از این موارد بقیه مشخصات قابل استخراج می‌باشند. 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.

میزان رطوبت موجود در هوای یک فضا تاثیر زیادی بر راحتی ساکنین دارد. به همین دلیل در تهویه مطبوع مسئله میزان رطوبت و لذا اعمال رطوبت زنی و در نتیجه ساخت دستگاه‌های رطوبت زن 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.

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 ادامه هر کدام از آن‌ها شرح داده شده است.

۲-۳-۱ درجه حرارت خشک هوا (T_{db})

دمای خشک همان دمای حقیقی هوا می‌باشد. به عبارت دیگر 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.

۲-۳-۲ درجه حرارت هوای مرطوب (T_{wb})

هرگاه مخزن دماسنج معمولی با پنبه یا پارچه‌ای مرطوب پوشانده شود و مدتی در مقابل جریان هوا نگه داشته شود و مرتباً توسط قطره‌چکان، پارچه یا پنبه مرطوب شود طوری که خیس باقی بماند، ملاحظه می‌شود سطح جیوه در دماسنج پایین آمده و در یک ارتفاع و درجه معینی متوقف می‌گردد. دمای خوانده شده، درجه حرارت مرطوب هوا است که در مقایسه با دمای خشک همیشه از آن کوچکتر می‌باشد.

توجه شود که این فرایند آدیاباتیک است یعنی هیچگونه گرمایی از منبع خارجی به آنها داده نمی‌شود و اتلاف تشعشعی نیز ناچیز و قابل صرف‌نظر 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 جائی 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 تقریبی از رابطه زیر با داشتن دمای خشک و رطوبت نسبی محاسبه کرد.

$$WBT = DBT - (۱ - RH)(۴/۵ + ۰/۳۵DBT)$$

که در این رابطه $WBT = T_{wb}$ دمای مرطوب ($^{\circ}C$)، ۷۳۶mmHg دمای خشک هوا ($^{\circ}C$) و RH درصد رطوبت نسبی می‌باشد.

لازم به ذکر است فرم نوشتاری فوق در برخی کتب موجود می‌باشد که برای آشنایی بیشتر آمده است. همچنین فرمول فوق به صورت زیر نیز نوشته می‌شود.

$$T_{wb} = T_{db} - (۱ - RH)(۴/۵ + ۰/۳۵T_{db})$$

به اختلاف بین دمای خشک و دمای مرطوب هوا، افت دمای مرطوب هوا[1] گفته می‌شود. بنابراین:

WBD = DBT-WBT

که در این رابطه WBD افت دمای مرطوب (^{0}C)، DBT و WBT به ترتیب دمای خشک و دمای مرطوب هوا (^{0}C) می‌باشد.

نکته هرچه میزان افت دمای مرطوب بیشتر باشد سیستم سرمایش تبخیری بهتر جواب می‌دهد.

۲-۳-۳- دمای نقطه شبنم هوا (T_{dp})

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

1. Wet Bulb Decrease (W.B.D)