بسمه تعالی

راهنمای حل مسائل

«سایکرومتری و تبرید»

جلد اول

سایکرومتری، ایرواشر و کولر آبی، کویل، اختلاط جریان، هواساز

مناسب برای داوطلبان آزمون نظام مهندسی رشته طراحی تأسیسات مکانیکی

تهیه و تنظیم:

سید مصطفی موسوی

Mostafa.wsw@gmail.com

http://t.me/mostafamoosaviiii

قابل توجه داوطلبین گرامی: جلد دوم این مجموعه به مسائل مربوط به چیلرهای تراکمی و جذبی، برج‌های خنک کن و سایر مباحث تهویه و تبرید می‌پردازد.

داوطلبین گرامی می‌توانند جهت بحث، تبادل نظر و رفع اشکال و همچنین دریافت مشاوره جهت آزمون نظام مهندسی از طریق یکی از راه‌های مطرح شد در گروه تلگرامی که به همین منظور توسط نویسنده ایجاد شده است بپیوندند.

لینک گروه:

http://t.me/joinchat/BRepjEOFATEI4Jn7lim-Pg

همچنین ارتباط مستقیم با نویسنده از طریق راه‌های ارتباطی اعلام شده میسر است.

با آرزوی موفقیت برای داوطلبین گرامی

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

فهرست

فصل اول: تعاریف ۴

۱)- تعاریف مربوط به منحنی سایکرومتریک ۴

منحنی سایکرومتریک

دمای خشک

دمای تر یا مرطوب

نقطه اشباع

رطوبت نسبی

منحنی اشباع (خط اشباع)

رطوبت مطلق (نسبت رطوبت)

دمای نقطه شبنم

آنتالپی

حجم مخصوص

۲- تعاریف مربوط به انواع حرارت ۱۱

ضریب کنار گذر (میان بُر)

حرارت محسوس

حرارت محسوس اتاق

ضریب تصحیح چگالی هوا

حرارت نهان

حرارت نهان اتاق

نقطه شبنم کویل

فصل دوم: فرآیندها ۱۵

۱- فرآیند گرم کردن محسوس ۱۵

۲- فرآیند سرد کردن محسوس ۱۶

۳- فرآیند سرد کردن و رطوبت گیری ۱۷

۴- فرآیند اشباع آدیاباتیک ۱۷

انحراف آنتالپی

۵- فرآیند رطوبت زنی ۱۹

۶- فرآیند رطوبت گیری ۱۹

۷- فرآیند رطوبت زنی و گرمایش ۲۰

۸- فرآیند رطوبت گیری و گرمایش

فصل سوم: ایرواشر و کولر آبی ۲۶

۱- معادلات حاکم بر خنک کننده تبخیری ۲۶

ایرواشر

بازده اشباع

کولر آبی

آب مصرفی ایرواشر (روش اول)

۲- حل مسائل ایرواشر ۲۷

آب مصرفی ایرواشر (روش دوم)

فصل چهارم: کویل و هواساز ۳۷

کویل سرمایشی و گرمایشی

کویل خیلی سرد

۱- معادلات حاکم بر کویل سرد ۳۷

بازده کویل

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

آب عبوری از کویل
۲- معادلات کویل با یک ورودی ۳۹
۳- اختلاط هوا در هواساز ۴۲

فصل چهارم تهویه مطبوع ۴۸

۱- مروری بر ضریب میان‌بر، دمای مؤثر سطح کویل و بازده کویل ۴۸
۲- دایره مبنا ۵۰
۳- انواع حرارت ۵۰
حرارت محسوس
حرارت نهان
حرارت کل
ضریب حرارت محسوس
حرارت محسوس اتاق
حرارت نهان اتاق
حرارت کل اتاق
ضریب حرارت محسوس اتاق
حرارت محسوس هوای تازه ورودی به اتاق
حرارت نهان هوای تازه ورودی به اتاق
حرارت کل هوای تازه ورودی به اتاق
حرارت محسوس مؤثر اتاق
حرارت نهان مؤثر اتاق
حرارت کل مؤثر اتاق
ضریب حرارت محسوس مؤثر
حرارت محسوس کل
حرارت نهان کل
حرارت کل مورد نیاز
ضریب حرارت محسوس کل
۴- خلاصه ضرایب حرارت ۵۵

پیوست ۵۸

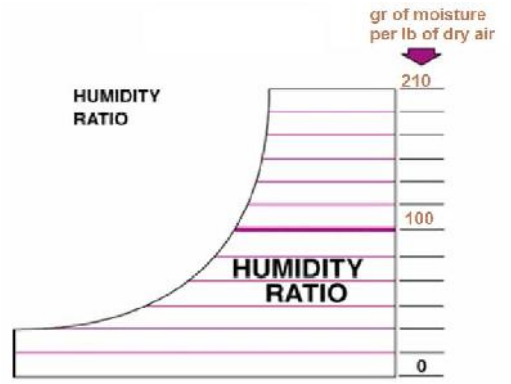
جدول میزان فشار در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا
جدول میزان ارتفاع و فشار در چند شهر بزرگ ایران
پاسخ تمرین ۱
نمودار سایکرومتریک مربوط به مثال ها
منحنی سایکرومتریک در SI
منحنی سایکرومتریک در IP
منحنی سایکرومتریک در SI و IP
منحنی سایکرومتریک با نمودار SHF در IP
منحنی سایکرومتریک با نمودار SHF در IP

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

در منحنی سایکرومتریک خطوط منحنی، نشان دهنده‌ی خطوط رطوبت نسبی ثابت هستند.

منحنی اشباع (خط اشباع[1]): به خط متناظر با رطوبت نسبی ۱۰۰٪ که همان منحنی کناری نمودار سایکرومتریک است.



رطوبت مطلق (w) : نسبت وزن بخار آب موجود در رواحد جرم هوای خشک[2] را رطوبت مطلق (یا نسبت رطوبت یا رطوبت مخصوص[3] می‌گویند. یعنی وزن بخاری که در هوا موجود است نسبت به وزن همان هوا بدون بخار آب. در منحنی سایکرومتریک، خطوط افقی، خطوط رطوبت مطلق ثابت هستند. توجه کنید رطوبت نسبی را با نسبت رطوبت اشتباه نگیرید!

$$\omega = \frac{m_v}{m_{d.a.}} \qquad (۳)$$

واحد رطوبت مطلق معمولاً یکی از دو حالت زیر خواهد بود. توجه کنید گرین[4] را با گرم اشتباه نگیرید!

گرین رطوبت بر پوند هوای خشک:

$$\omega\ [\frac{gr}{lb}] : \frac{grain\ of\ water}{pound\ of\ dry\ air}$$

گرم رطوبت بر کیلوگرم هوای خشک:

$$\omega\ [\frac{g}{kg}] : \frac{gram\ of\ water}{kilogram\ of\ dry\ air}$$

نکته ۱: اگر P_a فشار هوا، P_{da} فشار هوای خشک (بدون رطوبت)، P_v فشار جزئی بخار و P_s فشار اشباع هوا باشد و باشد و هوا را گاز کامل در نظر بگیریم می‌توان روابط زیر را نیز برای رطوبت نسبی و مطلق نوشت:

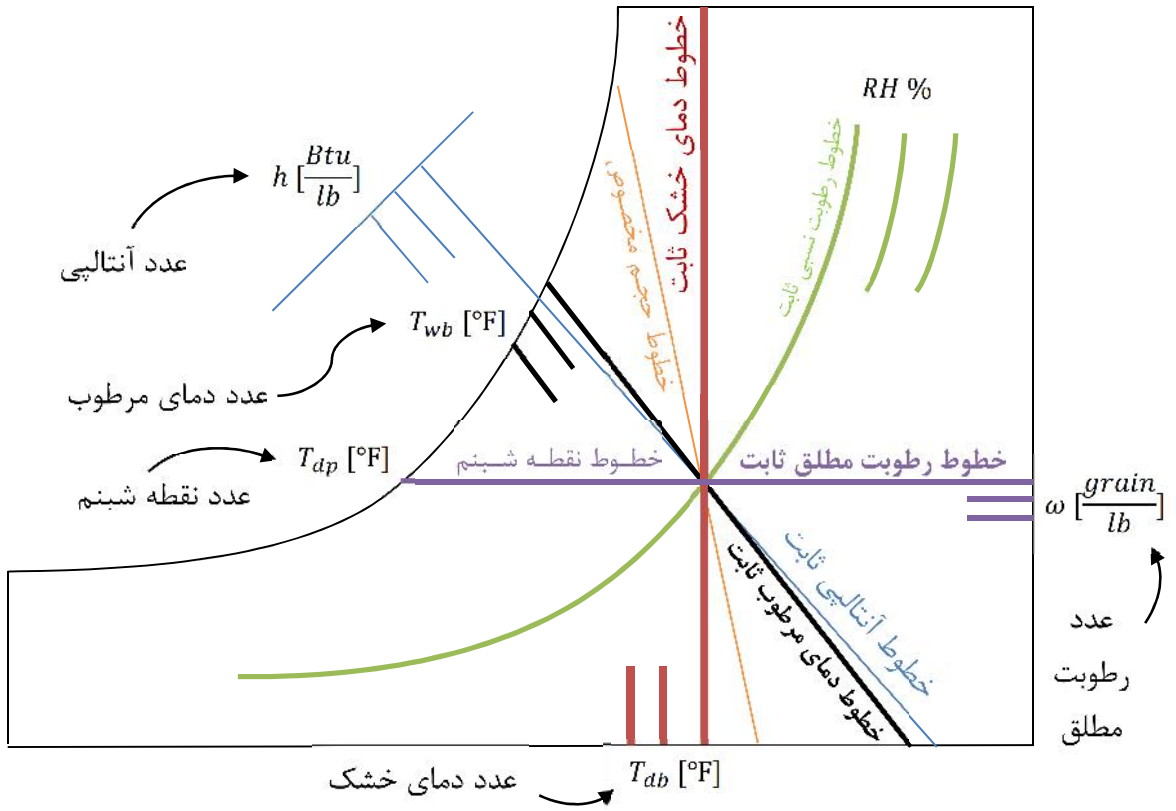
$$RH = \frac{P_v}{P_s} \qquad (٤)$$

$$\omega = 0.622\frac{P_v}{P_{d.a}} = 0.622\frac{P_v}{P_a - P_v} \qquad (٥)$$

[1] Saturation line
[2] Dry Air
[3] Specific Humidity
[4] Grain (1 gr = 0.0001429 lb)

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.



برخی زیروندهای پر کاربرد در این جزوه در جدول زیر آمده است.

زیروند	مخفف عبارت:	کاربرد
rm	room	شرایط اتاق
oa	Outdoor Air	شرایط هوای طرح خارج (هوای تازه) ورودی به دستگاه تهویه مطبوع
sa	Supply Air	شرایط هوای خروجی از دستگاه‌های تهویه و ورودی به اتاق
l	Leaving	
mix	mixture	هوای مخلوط شده از هوای تازه و هوای بازگشتی از اتاق
e	Entering	

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

$$\lambda = \frac{P_{\text{محیط}}}{P_{\text{سطح دریا}}} \qquad (۱۱)$$

توجه کنید که λ عددی بی بعد یا بدون واحد است. در نتیجه در معادله‌ی فوق کافی است واحد هر دو فشار یکی باشد. در پیوست، میزان فشار در چند ارتفاع مختلف در جدول ۱) و ارتفاع و فشار چند شهر بزرگ ایران در جدول ۲) آمده است.

حرارت نهان[1] (LH): مقدارگرمایی که (در دستگاه‌های سرمایش یا گرمایش) به صورت رطوبت به هوا داده می‌شود یا از آن گرفته می‌شود بدون آن که دمای آن (منظور دمای خشک است) تغییر کند را حرارت نهان می‌گوییم.

$$LH = 0.68 \times cfm \times \Delta\omega_{air} \times \lambda \qquad (۱۲)$$

حرارت نهان اتاق[2] (RLH): مجموع تلفات نهان (برودتی در تابستان یا حرارتی در زمستان) را حرارت نهان اتاق می‌گویند که به ترتیب برابر با مقادیر زیر است:

$$RLH = 0.68 \times cfm \times (\omega_{rm} - \omega_{sa}) \times \lambda \qquad (۱۳)$$

$$RLH = 0.68 \times cfm \times (\omega_{sa} - \omega_{rm}) \times \lambda \qquad (۱۴)$$

که در آن RSH حرارت محسوس اتاق بر حسب Btu/hr و ω_{db_rm} رطوبت مطلق هوای اتاق و ω_{db_sa} رطوبت مطلق هوای ورودی به اتاق (خروجی از دستگاه سرمایش یا گرمایش) بر حسب فارنهایت و λ ضریب تصحیح چگالی هوای محیط نسبت به حالت استاندارد است[3].

نکته ۲: همانطور که در معادلات فوق مشخص است، حرارت نهان تابعی از رطوبت مطلق است نه دمای مرطوب! این دو با هم اشتباه گرفته نشوند.

نکته ۳: حرارت کل (آنتالپی) هوا مجموع حرارت محسوس و نهان آن است.

[1] Latent Heat
[2] Room Latent Heat
[3] این معادله در واقع همان $Q = \dot{m}\Delta h$ است که در مختصات IP نوشته شده و آنتالپی بخارآب را در آن قرار و ضریب ۰.۶۸ به دست آمده است.

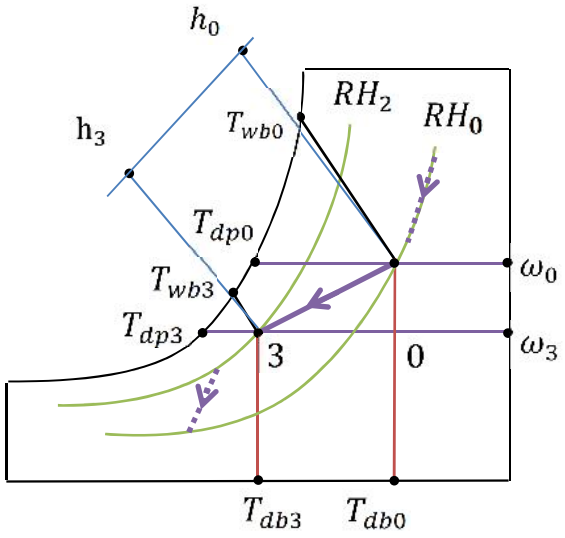
خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

۳- فرآیند سرد کردن و رطوبت گیری[1]:

طی این فرآیند همزمان با کاهش دمای هوا، بخشی از رطوبت آن نیز گرفته می‌شود. این فرآیند یکی از مهم‌ترین فرآیندهای تحول هوا است که در خلال آن کلیه ویژگی‌های ذکر شده کاهش می‌یابند به جز رطوبت نسبی که می‌تواند کاهش، یا افزایش یابد و حتی ثابت بماند! (به فرآیندهایی که با نقطه چین رسم شده‌اند دقت کنید) البته معمولاً افزایش خواهد داشت.

سرد کردن هوا از طریق عبور آن از روی کویل‌هایی که دمای مؤثر سطح کویل در آن‌ها کمتر از نقطه شبنم هوای عبوری است (و در نتیجه مقداری از رطوبت هوا روی سطح کویل دچار چگالش می‌شود و رطوبت مطلق هوا کاهش می‌یابد) باعث طی شدن این فرآیند می‌شود. کویل‌های خیلی سرد و اواپراتور کولرهای گازی مثال‌هایی از فرآیند سرد کردن و رطوبت‌گیری هستند.



نحوه تغییرات مشخصات هوا

$$T_{db0} > T_{db3}$$
$$T_{wb0} > T_{wb3}$$
$$h_0 > h_3$$
$$T_{dp0} > T_{dp3}$$
$$\omega_0 > \omega_3$$
$$RH_0 \; ? \; RH_2$$

۴- فرآیند اشباع آدیاباتیک[2]

این فرآیند نیز یکی از مهم‌ترین و رایج ترین فرآیندهای تحول هوا است که در ایرواشر ها و کولرهای آبی و برخی برج‌های خنک کن رخ می‌دهد. وجه اشتراک این دستگاه‌ها در این است که هوا از داخل یک محفظه رد می‌شود و در خلال گذر آن از روی آب (که ممکن است در کف یا پوشال قرار دارد یا در حال پاشش در محفظه است)، مقداری از آب را تبخیر می‌کند و خودش خنک می‌شود. با فرض این که در ایرواشر (یا دستگاه‌های مشابه دیگر) انتقال حرارتی با بیرون نداریم، پس گرما (آنتالپی) کل آن ثابت است. در نتیجه به هر میزان که حرارت محسوس کاهش می‌یابد (چون دمای خشک کاهش یافته)، حرارت نهان به همان میزان

[1] Cooling and Dehumidification
[2] Adiabatic Humidification

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

سطح کویل همان دمای آب باشد و هوا کاملا به آرامی روی کویل حرکت کند تا انتقال حرارت آن با کویل به طور کامل انجام شود، تازه دمای شبنم هوای خروجی به دمای ۴۵ درجه می‌رسد پس گزینه ۴ نیز غلط است. از آنجایی که شرایط ایده‌آل نیست گزینه ۳ نیز غلط است. در نتیجه فقط گزینه ۲ می‌تواند صحیح باشد.

دقت کنید دمای شبنم هوای خروجی عددی است بین دمای سطح کویل (کمتر از ۵۵ و بیشتر از ۴۵) و دمای شبنم اولیه (۶۳/۵). همچنین اگر مقدار هوای عبوری را داشتیم می‌توانستیم دمای سطح کویل را میانگین دمای ورودی و خروجی آن را در نظر بگیریم و مسئله را حل کنیم. در بخش‌های آتی مسائل کویل را به تفصیل حل خواهیم کرد.

مثال ۸) در صورتی که میزان بخار آب در هوا ثابت باشد، با افزایش دما، رطوبت نسبی چه تغییری می‌کند؟ (سوال ۵۷ آزمون طراحی ۹۵)

۱) کاهش می‌یابد **۲) بستگی به ارتفاع از سطح دریا دارد**

۳) افزایش می‌یابد **٤) تغییر نمی‌کند.**

پاسخ: افزایش دما بدون تغییر رطوبت بیانگر تحول شماره ۱ یعنی گرم کردن محسوس یا Sensible Heating است. در نتیجه از نقطه متناظر با شرایط اولیه به صورت افی به سمت راست حرکت می‌کنیم و در نتیجه نقطه‌ی مقصد روی منحنی مربوط به رطوبت نسبی پایین‌تری خواهد بود. (به نمودار و جدول آن در تحول مربوطه که در ابتدای فصل بیان شد دقت فرمایید.)

تحلیل دیگر این است که بگوییم میزان رطوبت ثابت مانده اما هوا به دلیل این که گرم شده و حالا ظرفیت حل کردن میزان رطوبت بیشتری دارد نتیجه عدد رطوبت نسبی آن کمتر است (به تعریف رجوع کنید).

مثال ۹) در شکل مقابل فرآیند عبور هوا از درون یک برج خنک کن بر روی نمودار سایکرومتریک در دو حالت مختلف نشان داده شده است. اگر A و C شرایط ورود هوا به برج در دو حالت مختلف و B شرایط هوای خروجی از برج برای هر دو حالت باشد، کدام گزینه صحیح است؟ (سوال ۵۰ آزمون طراحی مهر ۹٦)

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

که با نوشتن این معادله در دستگاه IP و انجام تبدیل واحدها و دخالت دادن چگالی هوا و آب[1]، می‌توان در دبی آب ورودی به ایرواشر یا کولر آبی بر حسب گالن بر دقیقه را به صورت زیر به دست آورد:

$$gpm_w = 1.28 \times 10^{-6} \times cfm \times (\omega_{sa} - \omega_{oa}) \times \lambda \qquad (۱۸)$$

محاسبه آب مصرفی ایرواشر روش دیگری نیز دارد که در مثال‌ها خواهیم گفت.

۲- حل مسائل ایرواشر

نکته ۵: در مسائل ایرواشر فرض بر این است که فرآیند اشاع آدیاباتیک است. در نتیجه دمای هوای مرطوب در خلال آن ثابت می‌ماند.

روند معمول حل مسائل خنک کننده تبخیری (ایرواشر یا کولر آبی) به طور کلی به صورت زیر است. در اینجا فرض شده دمای خشک، حرارت محسوس و حرات نهان اتاق جزو داده‌های مسئله باشد.

I. ابتدا دمای خشک خروجی از ایرواشر را به دست می‌آوریم. برای این کار باید از معادله (۱۶) یعنی معادله بازده اشباع استفاده کنیم. اگر دمای هوای خشک و مرطوب بیرون هردو را داشتیم در این معادله می‌گذاریم. اگر هرکدام را نداشتیم از سایر خصوصیات داده شده در مسئله برای هوای بیرون و با استفاده از نمودار سایکرومتریک، این دو مشخصه را پیدا می‌کنیم و در معادله می‌گذاریم.

II. با داشتن دمای خشک خروجی از دستگاه از مرحله I، و داشتن دمای خش هوای داخل و حرارت محسوس آن، می‌توانیم از معادله حرارت محسوس اتاق یعنی معادله (۹) استفاده کنیم و میزان دبی هوا را (چنانچه مجهول باشد) به دست بیاوریم.

III. با توجه به نکته ۵:، دمای تر هوای خروجی از دستگاه با دمای تر هوای ورودی به آن یکی است. دمای خشک خروجی را نیز از مرحله I داشتیم. با داشتن این دو مشخصه از هوای خروجی از دستگاه، مشخصه سوم که مد نظر ما است یعنی رطوبت مطلق آن نیز با مراجعه به نمودار سایکرومتریک استخراج می‌شود.

IV. با داشتن رطوبت مطلق هوای خروجی، دبی و حرارت نهان، با استفاده از معادله حرارت نهان یعنی معادله (۱۳) رطوبت مطلق هوای اتاق نیز به دست می‌آید.

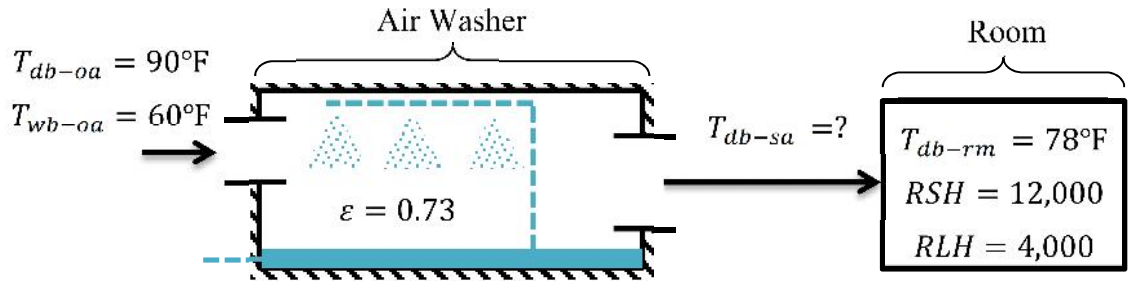
V. در صورتی که میزان هوای مصرفی ایرواشر خواسته شده باشد، با داشتن مقدار دبی و رطوبت هوای خروجی و ورودی از معادله (۱۸) استفاده می‌کنیم.

نکته ۶: روند معمول حل مسائل ایرواشر و ارتباط پارامترها در روندنمای زیر نشان داده شده است:

[1] هر گرین ۰/۰۰۰۱۴۲۹ پوند و چگالی هوا ۰/۰۷۵ و چگالی آب ۶۲/۴ پوند بر فوت مکعب و هر فوت مکعب برابر با ۷/۴۸ گالن است.

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.



برای به دست آوردن خواسته‌ی مسئله یعنی رطوبت نسبی هوای اتاق (RH_{rm}) باید دو مشخصه از هوای اتاق را داشته باشیم. صورت سوال دمای خشک آن (T_{db-rm}) را به ما داده. مشخصه‌ی دیگری که در مسائل ایرواشر در معادلات داریم رطوبت مطلق هوای اتاق (ω_r) است که در معادله‌ی حرارت نهان اتاق (RLH) آمده است. با نگاه کردن به معادله‌ی حرارت نهان، متوجه می‌شویم جز رطوبت مطلق هوا که خواسته‌ی ما است، معادله دو مجهول دیگر نیز دارد یکی رطوبت مطلق هوای خروجی از دستگاه (ورودی به اتاق) (ω_{sa}) و دیگری دبی هوای خروجی از دستگاه (ورودی به اتاق) (cfm) است. باید یکی یکی این مجهولات را به دست بیاوریم. معلومات با رنگ سبز و مجهولات با رنگ قرمز مشخص شده اند. (در سطح دریا λ برابر با ۱ است.

$$RLH = 0.68 \times cfm \times (\omega_{db_rm} - \omega_{db_sa}) \times \lambda$$

ابتدا به سراغ دبی می‌رویم. با مرور معادلات جدول می‌بینیم که ما یک جای دیگر نیز دبی داریم و آن در معادله‌ی حرارت محسوس اتاق (RSH) است. با دقت در معادله‌ی حرارت محسوس متوجه می‌شویم جز دبی (که فعلا خواسته ی ما است) یک مجهول دیگر نیز دارد و آن دمای خشک هوای خروجی از دستگاه (T_{db-sa}) است.

$$RSH = 1.08 \times cfm \times (T_{db_rm} - T_{db_sa}) \times \lambda$$

این پارامتر را ما در معادله‌ی بازده اشباع (ε) نیز داریم. در این معادله دمای خشک (که فعلا خواسته‌ی ما است) تنها مجهول است.

$$\varepsilon_{sat} = \frac{T_{db_oa} - T_{db_sa}}{T_{db_oa} - T_{wb_oa}}$$

پس از همین معادله مقدار آن به دست می‌آید و با داشتن دمای خشک، از معادله‌ی حرارت محسوس دبی نیز به دست می‌آید. پس اولین مجهول از دو مجهولی که در پاراگراف قبل داشتیم به دست آمد.

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

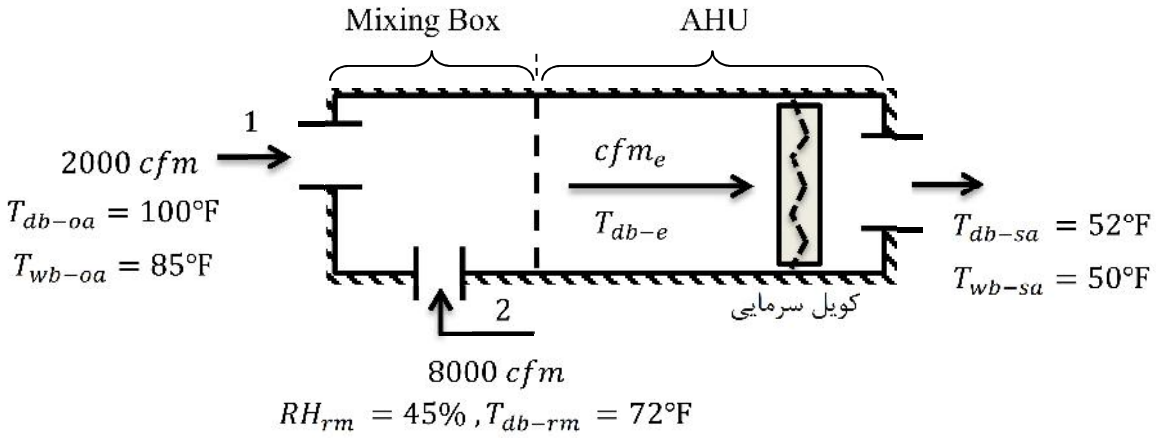
صورتی که دماهای حباب خشک و تر هوای خروجی از کویل سرمایی به ترتیب 52°F و 50°F باشند، بار کل سرمایی این کویل بر حسب Btu/hr چقدر است؟ (سوال ۲۶ آزمون طراحی مهر ۹۶)

۱) ۵۱۵/۰۴۰ ۲) ۶۰۱/۲۸۰ ۳) ۴۲۳/۱۰۰ ۴) ۶۹۳/۴۰۰

پاسخ: این سوال ترکیب دو سوال قبلی است. ابتدا باید مشخصات هوای ورودی کویل را پیدا کنیم که می‌شود هوای مخلوط شده، سپس بار حرارتی محسوس و نهان را محاسبه و با یکدیگر جمع کنیم. توجه کنید زیروند e که به معنی ورودی هوا به دستگاه هواساز (کویل) است مربوط به همان هوای mix شده است. همینطور درمورد هوای برگشت (return) چون از برگشت از اتاق است شرایط آن همان شرایط هوای اتاق (rm) است.

$$SH = 1.08 \times cfm \times (T_{db_e} - T_{db_sa}) \times \lambda$$

$$\text{LH} = 0.68 \times cfm \times (\omega_e - \omega_{sa}) \times \lambda$$



ابتدا دو مشخصه اصلی هوای مخلوط را محاسبه می‌کنیم.

$$cfm_{mix} = cfm_1 + cfm_2 = 2000 + 8000 = 10000\ cfm$$

$$T_{db-mix} = \frac{cfm_1 \times T_{db-1} + cfm_2 \times T_{db-2}}{cfm_1 + cfm_2} = \frac{2000 \times 100 + 8000 \times 76}{2000 + 8000} = 80.8°F$$

$$\omega_{mix} = \frac{cfm_1 \times \omega_1 + cfm_2 \times \omega_2}{cfm_1 + cfm_2}$$

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

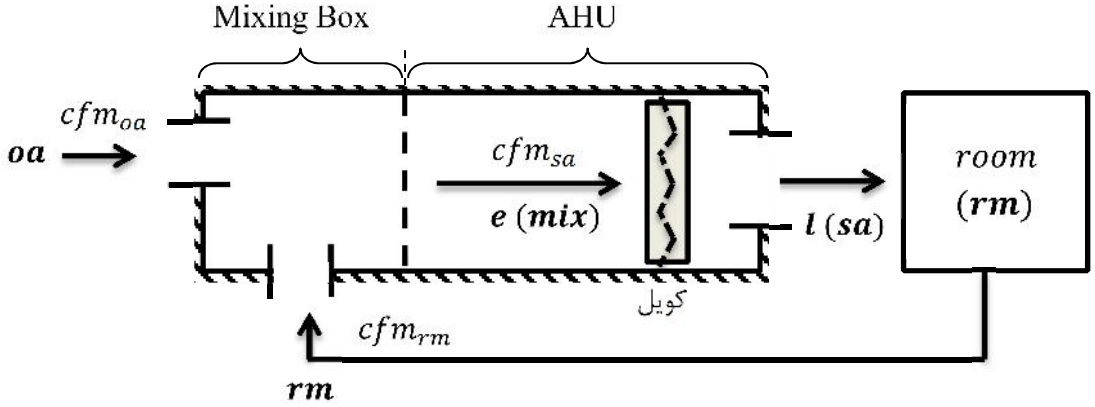
این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

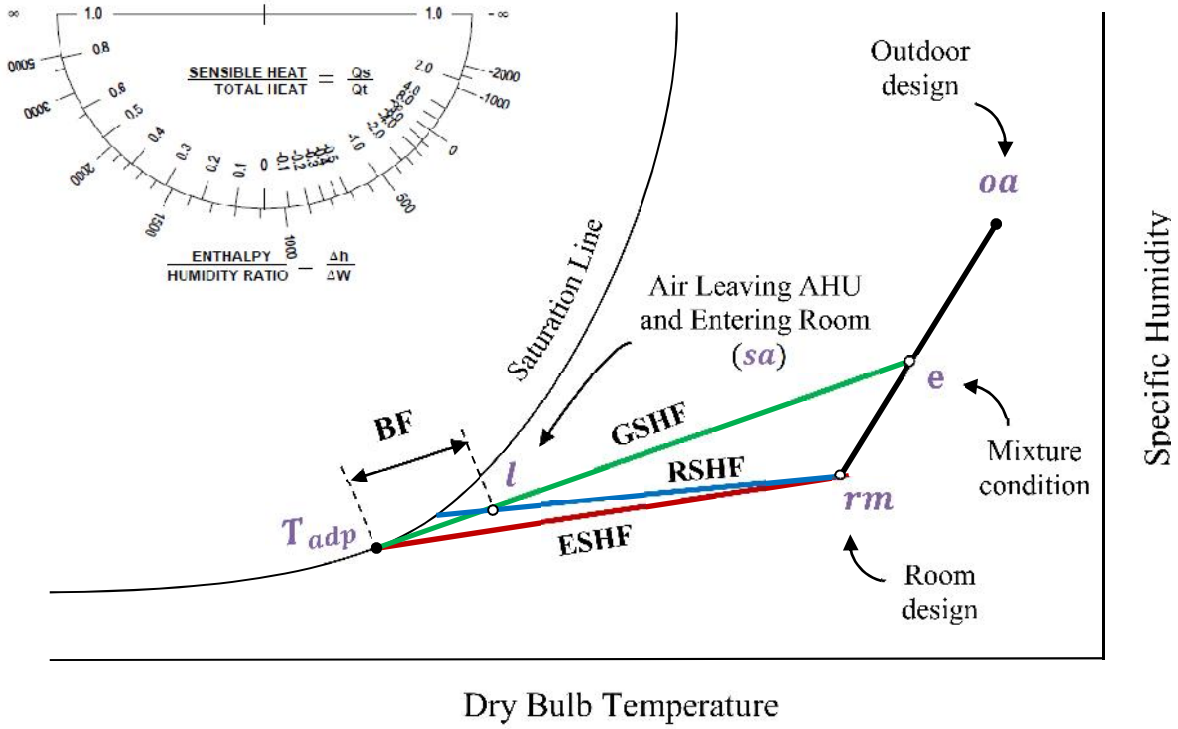
$$RSH = 1.08 \times cfm_{sa} \times (T_{db-rm} - T_{db-sa}) \times \lambda \qquad (۳۶)$$

$$RLH = 0.68 \times cfm_{sa} \times (\omega_{rm} - \omega_{sa}) \times \lambda \qquad (۳۷)$$

$$RTH = RSH + RLH = 4.45 \times cfm_{sa} \times (h_{rm} - h_{sa}) \times \lambda \qquad (۳۸)$$

تذکر: نقاط مختلف طراحی در شکل‌های زیر نشان داده شده است. منظور از دستگاه، دستگاه تهویه مطبوع (AHU) و منظور از ورودی به دستگاه، بعد از محفظه اختلاط است. به زیروند cfm هر بخش دقت کنید.





خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

پاسخ: بار سرمایی کویل در واقع حرارت کل آن (TH) است که با داشتن نسبت گرمای محسوس کویل (SHF) و به دست آوردن حرارت محسوس آن (SH) به دست می‌آید. برای محاسبه حرارت محسوس طبق معادله (۳۲) داریم:

$$SH = 1.08 \times cfm \times \Delta T_{db-air} \times \lambda$$

بندر بوشهر در سطح دریا قرار دارد و در نتیجه $\lambda = 1$ است. مقدار دبی نیز به صورت زیر به دست می‌آید

یادآوری: cfm یعنی فوت مکعب بر دقیقه واحد دبی و fpm یعنی فوت بر دقیقه واحد سرعت است. همچنین عدد ۱۲ در مخرج جهت تبدیل واحد اینچ به فوت آمده است.

$$cfm = fpm \times A(ft^2)$$

$$cfm = 450 \times \left(\frac{72}{12} \times \frac{48}{12}\right) = 10800\ cfm$$

$$SH = 1.08 \times 10800 \times (100 - 60) \times 1 = 466560\ Btu/hr$$

برای محاسبه TH از معادله (۳۵) داریم:

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

$$TH = \frac{SH}{SHF} = \frac{466560}{0.87} = 536276\ {}^{Btu}/_{hr} = 44.7\ T.R$$

یادآوری: تبدیل واحدهای انرژی به صورت زیر است:

$$1\ T.R = 3.517\ kw = 12000\ {}^{Btu}/_{hr} = 3000\ {}^{kcal}/_{hr} = 4.71\ HP$$

مسئله‌ی فوق با همین اعداد در سوال ۳ آزمون شهریور ۹۵ و سوال ۹ آزمون اسفند ۹۵ نیز تکرار شده است!

مثال ۲٤) در یک ساختمان در شهری در کنار دریا برای ثابت نگه داشتن دما و رطوبت هوای داخل در ۷٦ درجه فارنهایت و ٤٥٪ و همچنین تأمین هوای تازه، از یک دستگاه هوارسان مجهز به کویل سرمایی با ضریب میان‌بر (Bypass Factor) 0.1 استفاده شده است. بارهای محسوس و نهان اتاق به ترتیب 260,000 Btu/hr و 100,000 Btu/hr و بارهای محسوس و نهان هوای تازه به ترتیب 13,500 Btu/hr و 19,000 Btu/hr است. مقدار هوای مورد نیاز برای پاسخگویی به بارهای محسوس و نهان اتاق تقریبا چند cfm است؟

خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

جدول ۱) میزان فشار در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا

میزان ارتفاع (متر)	مقدار فشار جو (میلی‌متر جیوه)	میزان ارتفاع (متر)	مقدار فشار جو (میلی‌متر جیوه)
صفر (سطح دریا)	۷۶۰	۶۰۰۰	۳۵۲
۱۰۰۰	۶۷۴	۷۰۰۰	۳۰۶
۲۰۰۰	۵۹۶	۸۰۰۰	۲۶۶
۳۰۰۰	۵۲۵	۹۰۰۰	۲۳۰
۴۰۰۰	۲۶۱	۱۰۰۰۰	۱۹۷
۵۰۰۰	۴۰۲		

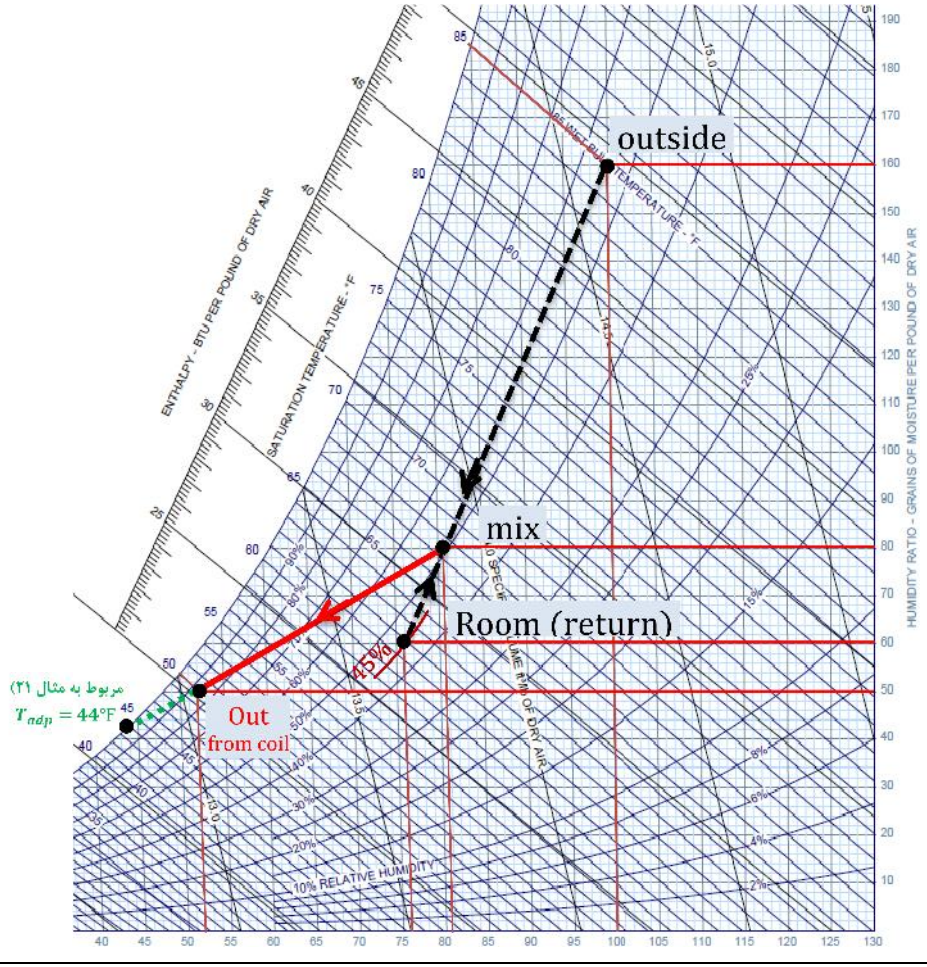
جدول ۲) میزان ارتفاع و فشار در چند شهر بزرگ ایران

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	فشار جو (میلی‌متر جیوه)	نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	فشار جو (میلی‌متر جیوه)
صفر (سطح دریا یا شرایط استاندارد)		۷۶۶	کرمانشاه	۱۳۰۰	۶۵۰
رشت	۳	۷۶۲	تبریز	۱۴۰۰	۶۴۳
اهواز	۳۰	۷۵۷	شیراز	۱۵۳۰	۶۳۴
قم	۹۴۰	۶۸۱	اصفهان	۱۵۸۰	۶۳۰
مشهد	۹۸۵	۶۷۸	زنجان	۱۶۳۰	۶۲۵
تهران	۱۲۰۰	۶۶۴	کرمان	۱۷۵۱	۶۱۸
یزد	۱۲۳۳	۶۵۴	شهرکرد	۲۰۷۰	۵۹۲

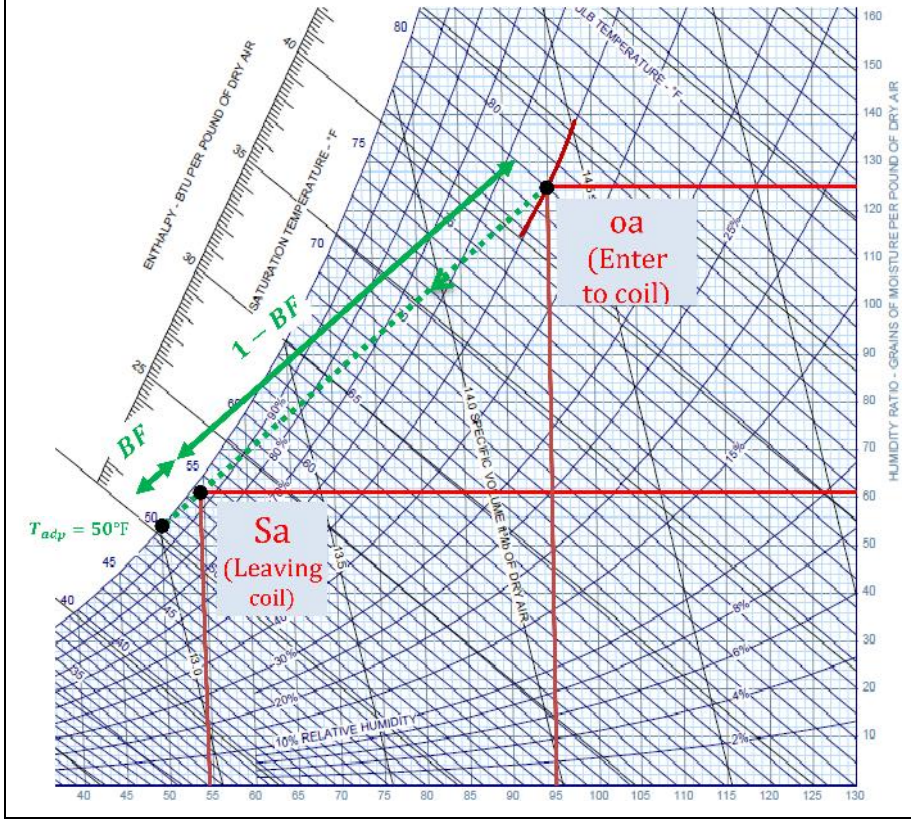
خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

این نسخه صرفا جهت نمونه ارائه شده است.

نمودار سایکرومتریک مربوط به مثال ۱۹) و مثال ۲۱)



نمودار سایکرومتریک مربوط به مثال ۲۲)



خرید این جزوه فقط از طریق سایت www.kelidvajeh.ir مجاز می‌باشد و هرگونه کپی برداری از جزوه، شرعاً حرام و قانوناً ممنوع می‌باشد.

PSYCHROMETRIC CHART - US and SI Units

SEA LEVEL

Barometric Pressure: 29.921 Inches of Mercury (101.04 kPa)

Coolerado

گروه تخصصی نظام مهندسی مکانیک

مهندس موسوی