فصل اول

« مفاهیم اساسی، تعاریف و فرآیندها »

۱ـ۱ مقدمه

هوا ترکیبی از گازهای اکسیژن، نیتروژن، آرگون، دی اکسید کربن، نئون، هلیوم و مقادیر بسیار کمی از گازهای متان، هیدروژن، دی‌اکسید گوگرد و بخار آب می‌باشد. مقدار بخار آب موجود در هوا که رطوبت نامیده می‌شود، متغیر است و مانند دما و سرعت حرکت هوا در محیط در آسایش و احساس راحتی انسان نقش به سزایی دارد. در این فصل به معرفی نمودار مشخصات هوا که نمودار سایکرومتریک نیز نامیده می‌شود، می‌پردازیم و تعاریف و روابط لازمه را بیان می‌کنیم.

۱ـ۲ تعاریف

جهت استفاده از نمودار مشخصات هوا (سایکرومتریک) در ابتدا لازم است که به معرفی تعدادی از متغیرها بپردازیم.

۱ـ۲ـ۱ دمای خشک (Dry Bulb Temperature)

دمایی است که توسط دماسنج اندازه‌گیری می‌شود و با T_d نشان داده می‌شود و معمولاً بر حسب درجه سانتی‌گراد ($^\circ C$) و درجه فارنهایت ($^\circ F$) بیان می‌شود.

۱ـ۲ـ۲ دمای مرطوب (Wet Bulb Temperature)

اگر انتهای یک دماسنج را با یک پارچه مرطوب بپوشانیم و در معرض هوا قرار دهیم، رطوبت موجود در پارچه در اثر تماس با هوا تبخیر می‌گردد و دماسنج دمایی را نشان می‌دهد که دمای مرطوب نامیده می شود و معمولاً برحسب درجه سانتی‌گراد ($^\circ C$) و درجه فار نهایت ($^\circ F$) بیان می‌شود. دمای مرطوب را با T_w نشان می‌دهند.

۱ـ۲ـ۳ دمای نقطه شبنم (Dew Point Temperature)

دمایی که در آن بخار موجود در هوا تقطیر می‌شود و به قطرات آب تبدیل می‌شود، دمای نقطه شبنم نام دارد و با T_{dp} نشان داده می‌شود.

۱ـ۲ـ۴ حالت اشباع (Saturation)

اگر رطوبت هوا را افزایش دهیم، زمانی فرا می‌رسد که هوا دیگر قابلیت جذب رطوبت را ندارد و قطرات آب در هوا معلق می‌مانند. این حالت را حالت اشباع می‌گویند.

۱ـ۲ـ۵ هوای خشک (Dry Air)

هوایی که مقدار رطوبت آن صفر باشد، به عبارتی فاقد رطوبت باشد، هوای خشک نامیده می‌شود.

۱ـ۲ـ۶ نسبت رطوبت (Humidity Ratio)

نسبت وزن (یا جرم) بخار آب موجود در هوا به وزن (یا جرم) هوای خشک را رطوبت مخصوص یا نسبت رطوبت می‌نامند و با w نشان می‌دهند. واحد آن کیلوگرم بر کیلوگرم هوای خشک ($\frac{kg}{kg.da}$) یا پوند بر پوند هوای خشک ($\frac{lb}{lb.da}$) می‌باشد و طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$w = \frac{m_v}{m_a} = ۰/۶۲۲ \frac{P_v}{P - P_v} \qquad (۱ـ۱)$$

(که P_v فشار جزئی بخار آب موجود در هوا و P فشار هوای موجود می‌باشد.)

مثال ۱: رطوبت هوایی سه درصدی می‌باشد. در صورتیکه جرم بخار موجود در هوا ۴ گرم باشد، جرم هوای خشک چند kg.da می باشد؟

۱) ۱/۳۳ ۲) ۰/۱۳۳ ۳) ۱۳/۳ ۴) ۱۳۳/۳

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$w=\frac{m_v}{m_a} \Rightarrow ۰/۰۳=\frac{۰/۰۰۴}{m_a} \Rightarrow m_a=۰/۱۳۳\,kg.da$$

مثال۲: اگر به ازاء هوای خشک معین، جرم بخار موجود در هوا ۲ برابر شود، رطوبت مخصوص چه تغییری می‌کند؟

۱) ثابت می‌ماند ۲) نصف می‌شود. ۳) ۲ برابر می‌شود. ۴) به فشار جزئی بستگی دارد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» طبق رابطه (۱-۱) رطوبت مخصوص با مقدار جرم بخار موجود در هوا نسبت مستقیم دارد. لذا با ثابت بودن جرم هوای خشک (m_a) می‌توان نوشت:

$$\frac{w_۲}{w_۱}=\frac{m_{v_۲}}{m_{v_۱}}=\frac{۲m_{v_۱}}{m_{v_۱}}=۲$$

مثال۳: با افزایش دمای هوای خشک رطوبت آن چه تغییری می‌کند؟

۱) کاهش می‌یابد. ۲) افزایش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند ۴) هر سه مورد می‌تواند رخ دهد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» با توجه به تعریف هوای خشک، رطوبت هوای خشک صفر است. لذا با افزایش دمای هوای خشک مقدار رطوبت صفر خواهد ماند.

۱ـ۲ـ۷ رطوبت نسبی (Relative Humidity)

رطوبت نسبی را با RH نشان می‌دهند و می‌توان به دو صورت زیر تعریف نمود:

الف) نسبت جرم بخار آب موجود در هوا به جرم بخار آب موجود در هوای اشباع با دمای خشک یکسان.

$$RH=\frac{m_v}{m_s} \qquad (۲ـ۱)$$

ب) نسبت فشار جزئی بخار آب موجود در هوا به فشار اشباع بخار آب موجود در هوا با دمای خشک یکسان.

$$RH=\frac{P_v}{P_s} \qquad (۳ـ۱)$$

همانطور که مشاهده می‌شود صورت و مخرج کسر دارای واحد یکسان هستند و لذا رطوبت نسبی فاقد واحد می‌باشد.

رطوبت نسبی معمولاً بر حسب درصد نیز بیان می‌شود.

مثال ۴: اگر فشار جزئی بخار آب موجود در هوای $۴۰^\circ C$، ۱۵۰۰ پاسکال و فشار اشباع هوای $۴۰^\circ C$، ۵۰۰۰ پاسکال باشد، رطوبت نسبی چند درصد است؟

۱) ۲۵ ۲) ۳۰ ۳) ۴۰ ۴) ۴۳

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$RH=\frac{P_v}{P_s}=\frac{۱۵۰۰}{۵۰۰۰}\times ۱۰۰=۳۰\%$$

مثال ۵: جرم بخار هوای اشباعی با درجه حرارت $۸۰^\circ c$، ۰/۲ کیلوگرم می‌باشد. جرم بخار موجود در هوایی با درجه حرارت $۸۰^\circ c$ و رطوبت نسبی ۰/۳ چند کیلوگرم است؟

۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۰۶ ۴) ۰/۶

☑ **پاسخ:** گزینه «۳»

$$RH=\frac{m_v}{m_s} \qquad ۰/۳=\frac{m_v}{۰/۲} \rightarrow m_v=۰/۰۶\,kg$$

مثال ۶: واحد رطوبت نسبی کدام است؟

۱) $\frac{kg}{kg.da}$ ۲) $\frac{grain}{lb.da}$ ۳) grain ۴) هیچکدام

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» طبق تعریف رطوبت نسبی عبارت است از: $RH=\frac{m_v}{m_s}=\frac{p_v}{p_s}$ که می‌توان دریافت فاقد واحد است.

۱ـ۲ـ۸ حجم مخصوص هوا

حجم واحد هوای خشک را حجم مخصوص هوا می‌نامند و با v نشان می‌دهند. واحد آن متر مکعب بر کیلوگرم هوای خشک $(\frac{m^۳}{kg.da})$ یا فوت مکعب بر پوند هوای خشک $(\frac{ft^۳}{lb.da})$ می‌باشد.

۱ـ۲ـ۹ آنتالپی

متغیری که برای سنجش مقدار حرارت موجود در هوا نسبت به یک مبداء دلخواه استفاده می‌شود، آنتالپی نام دارد و با h نشان می‌دهند. آنتالپی معمولاً بر حسب کیلوژول بر کیلوگرم $(\frac{kj}{kg})$ یا بی تی یو بر پوند $(\frac{Btu}{lb})$ بیان می‌شود. آنتالپی هوا را می‌توان از روابط زیر محاسبه نمود:

$$h = ۱/۰۰۵T_d + w(۲۵۰۰ + ۱/۸۸T_d) \quad (۴ـ۱)$$

$$h = ۰/۲۴T_d + w(۱۰۶۲ + ۰/۴۴T_d) \quad (۵ـ۱)$$

در رابطه (۱ـ۴) که برای سیستم متریک استفاده می شود، T_d دمای خشک هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد $(^\circ C)$، w نسبت رطوبت بر حسب کیلوگرم بر کیلوگرم هوای خشک $(\frac{kg}{kg.da})$ و h بر حسب کیلوژول بر کیلوگرم $(\frac{kj}{kg})$ می‌باشد. در رابطه (۱ـ۵) که برای سیستم انگلیسی بکار می‌رود، T_d دمای خشک هوا بر حسب درجه فار نهایت $(^\circ F)$، w نسبت رطوبت بر حسب پوند بر پوند هوای خشک $(\frac{lb}{lb.da})$ و h بر حسب بی تی یو بر پوند $(\frac{Btu}{lb})$ می‌باشد.

مثال ۷: آنتالپی هوایی با رطوبت مخصوص $۰/۰۱\frac{kg}{kg.da}$ و دمای $۲۵^\circ C$، چند $\frac{kj}{kg}$ است؟

۱) ۲۵/۱ ۲) ۲۵/۵ ۳) ۵۰/۶ ۴) ۶۷

☑ **پاسخ:** گزینه «۳»

$$h = ۱/۰۰۶T_d + w(۲۵۰۰ + ۱/۸T_d)$$

$$h = ۱/۰۰۶ \times ۲۵ + ۰/۰۱(۲۵۰۰ + ۱/۸ \times ۲۵) \qquad h = ۵۰/۶\frac{kj}{kg}$$

مثال۸: با افزایش مقدار رطوبت مخصوص هوا، آنتالپی هوا .....

۱) افزایش می‌یابد. ۲) کاهش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) هیچکدام

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» با توجه به رابطه (۱ـ۵) می‌توان دریافت که با افزایش رطوبت مخصوص (w)، آنتالپی نیز افزایش می‌یابد.

۱ـ۲ـ۱۰ حرارت محسوس (Sensible Heat)

حرارتی که با تبادل آن بین جسم و محیط، دمای جسم تغییر می‌یابد، حرارت محسوس نامیده می‌شود و با Q_S نشان داده می‌شود.

۱ـ۲ـ۱۱ حرارت نهان (Latent Heat)

حرارتی که صرف تغییر فاز جسم در دمای ثابت می‌شود، حرارت نهان نامیده می‌شود و با Q_L نشان داده می‌شود. حرارتی که جهت تبخیر آب یا تقطیر آب صرف می‌شود، نمونه‌هایی از حرارت نهان می‌باشند.

۱ـ۲ـ۱۲ ضریب حرارت محسوس (Sensible Heat Factor)

نسبت حرارت محسوس به حرارت کلی هوا، ضریب حرارت محسوس نامیده می‌شود و با SHF نشان داده می‌شود.

$$SHF = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} \quad (۶ـ۱)$$

مثال ۹: هوایی با ضریب حرارت محسوس ۰/۲ و حرارت نهان ۴۰۰kj، دارای چند کیلوژول حرارت محسوس می‌باشد؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۱»

$$SHF = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L}$$

$$۰/۲ = \frac{Q_S}{Q_S + ۴۰۰} \rightarrow Q_S = ۰/۲Q_S + ۸۰ \rightarrow Q_S = ۱۰۰kj$$

مثال ۱۰ : در یک فرآیند، گرمای (حرارت) محسوس با گرمای (حرارت) نهان برابر می‌باشد. ضریب حرارت محسوس کدام گزینه می‌تواند باشد؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۸ ۴) ۱

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$SHF = \frac{Q_S}{Q_L + Q_S} = \frac{Q}{Q + Q} = \frac{Q}{۲Q} = ۰/۵$$

مثال ۱۱: اگر ضریب حرارت محسوس هوایی، ۰/۵ و حرارت محسوس هوا ۸۰۰kj باشد، حرارت نهان هوا چند کیلوژول است؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۱»

$$SHF = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L}$$

$$0/5 = \frac{800}{800 + Q_L} \rightarrow 400 + 0/5Q_L = 800 \rightarrow Q_L = 800kj$$

مثال۱۲: بر اثر افزایش حرارت نهان یک فرآیند در حالیکه حرارت محسوس ثابت بماند، ضریب حرارت محسوس ..... .

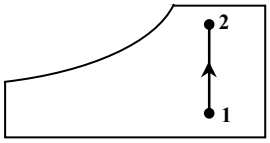
۱) کاهش می یابد. ۲) افزایش می‌یابد ۳) ثابت می‌ماند. ۴) ۲ برابر می‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» با توجه به رابطه (۱ـ۶) می‌توان دریافت که Q_L در مخرج کسر می‌باشد و لذا با افزایش Q_L ضریب حرارت محسوس کاهش می‌یابد.

با دقت نظر در مثال‌های فوق مشاهده می‌شود که با افزایش حرارت نهان، ضریب حرارت محسوس کاهش می‌یابد و با افزایش حرارت محسوس، ضریب حرارت محسوس افزایش می‌یابد.

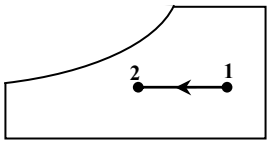
۱ـ۳ نمودار مشخصات هوا (چارت سایکرومتریک)

با استفاده از نمودار مشخصات هوا و با معلوم بودن دو خاصیت از خواص هوا، سایر خواص هوا را می‌توان بدست آورد. در شکل (۱ـ۱) راهنمای استفاده نمودار مشخصات هوا نشان داده شده است. با توجه به شکل مذکور می توان دریافت که روش استفاده از چارت سایکرومتریک براساس خطوطی می‌باشد که در شکل نشان داده شده است و می‌توان بصورت زیر آنها را تشریح کرد:



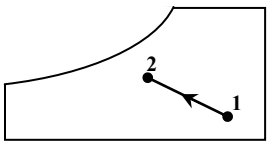
شکل ۱ـ۱ : فرآیند دمای خشک ثابت

الف ـ خط دمای خشک ثابت که بصورت یک خط عمودی است. خط دمای خشک ثابت، خط حرارت محسوس ثابت نیز می‌باشد. به عبارت دیگر برای ترسیم یک فرآیند دمای خشک ثابت یا حرارت محسوس ثابت کافی است یک خط عمودی ترسیم نماییم.



شکل ۱ـ۲ : فرآیند دمای نقطه شبنم ثابت

ب ـ خط دمای نقطه شبنم ثابت که بصورت یک خط افقی است. خط دمای نقطه شبنم ثابت، خط حرارت نهان ثابت نیز می‌باشد. به عبارت دیگر برای ترسیم یک فرآیند دمای نقطه شبنم ثابت یا حرارت نهان ثابت کافی است یک خط افقی ترسیم نماییم.



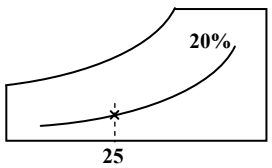
شکل ۱ـ۳ : فرآیند دمای مرطوب ثابت

ج ـ خط دمای مرطوب ثابت که بصورت یک خط مورب است. خط دمای مرطوب ثابت، خط حرارت کل ثابت نیز می‌باشد. به عبارت دیگر برای ترسیم یک فرآیند دمای مرطوب ثابت یا حرارت کل ثابت کافی است یک خط مورب به موازات خطوط رسم شده در نمودار ترسیم نماییم.

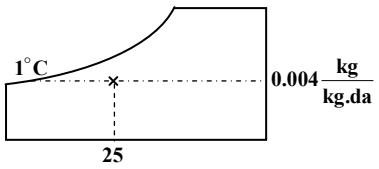
همچنین با توجه به داشتن دو مشخصه از خواص هوا می‌توان پس از مشخص کردن نقطه موردنظر بر روی نمودار با توجه به توضیحات ارائه شده سایر مشخصات را بدست آوریم.

مثال۱۳: هوایی با دمای $25^\circ C$ و ۲۰ درصد رطوبت دارای چه دمای مرطوب، دمای نقطه شبنم و رطوبت مخصوصی می‌باشد؟

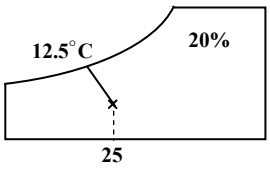
☑ **پاسخ:** ابتدا با مشخص بودن دمای خشک و رطوبت نسبی با مراجعه به شکل ۱ـ۵. نقطه موردنظر را مشخص می‌کنیم. برای این کار از نقطه $25^\circ C$ روی محور افقی نمودار یک خط عمودی رسم می‌کنیم تا منحنی رطوبت نسبی ۲۰ درصد را قطع نماید.



نقطه به دست آمده نقطه موردنظر می‌باشد. حال اگر از نقطه بدست آمده یک خط افقی رسم کنیم تا از سمت راست محور عمودی را و از سمت چپ قسمت

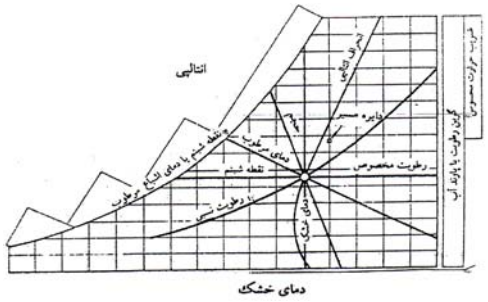


منحنی را قطع نماید نقاط به دست آمده به ترتیب رطوبت مخصوص و دمای نقطه شبنم را نشان می‌دهند که در این مثال رطوبت مخصوص $۰/۰۰۴\frac{kg}{kg.da}$ و دمای نقطه شبنم $1^{\circ}C$ به دست می‌آید. برای به دست آوردن دمای مرطوب نیز کافی است یک خط مورب به موازات خطوط مورب رسم شده در نمودار رسم نماییم تا قسمت منحنی را قع نماید. دمای مرطوب $۱۲/۵^{\circ}C$ خواهد شد.

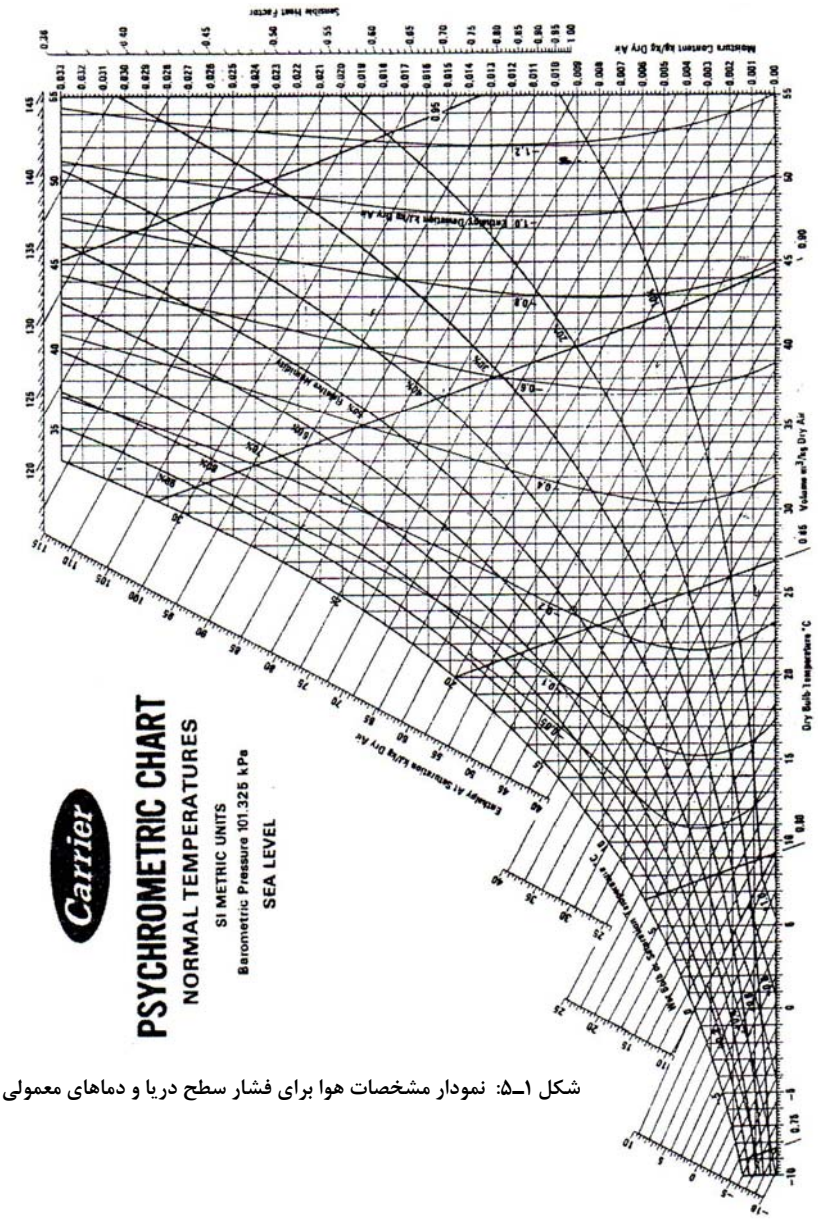


تذکر: لازم به ذکر است که به صورت مثال ارائه شده در آزمونها سؤال داده نمی‌شود، ولی دانشجویان عزیز باید روند افزایش یا کاهش مشخصات هوا را به ذهن بسپارید.

شکل (۱ـ۵) نمودار مشخصات هوا برای سطح دریا و دمای معمولی را در سیستم متریک نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۴: راهنمای نمودار مشخصات هوا

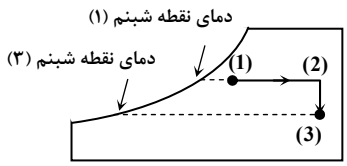


شکل ۱ـ۵: نمودار مشخصات هوا برای فشار سطح دریا و دماهای معمولی (سیستم SI)

مثال ۱۴: اگر در یک فرآیند ابتدا دمای خشک هوا افزایش یابد و سپس مقدار رطوبت کاهش یابد، دمای نقطه شبنم هوا چه تغییری پیدا می‌کند؟

۱) کاهش می یابد. ۲) افزایش می‌یابد.

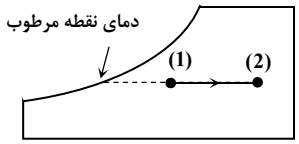
۳) ثابت می‌ماند. ۴) به دمای خشک و رطوبت بستگی ندارد.



☑ **پاسخ:** گزینه «۱» باافزایش دمای خشک یک فرآیند،هوا از نقطه (۱) به نقطه (۲) می‌رسد و سپس با کاهش رطوبت به نقطه (۳) خواهد رسید. برای بدست آوردن نقطه شبنم هر نقطه کافی است که یک خط افقی رسم کنیم تا قسمت مورب منحنی را قطع نماید. لذا مشاهده می‌شود که دمای نقطه شبنم (۳) کمتر از نقطه شبنم (۱) است.

مثال ۱۵: با افزایش دمای خشک هوا در حالیکه رطوبت مخصوص ثابت بماند، دمای مرطوب چه تغییری پیدا می‌کند؟

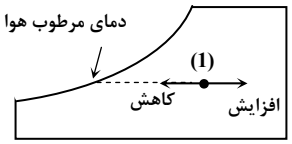
۱) کاهش می یابد. ۲) افزایش می یابد. ۳) ثابت می‌ماند ۴) نمی‌توان اظهار نظر کرد.



☑ **پاسخ:** گزینه «۳» مطابق نمودار سایکرومتریک می‌توان دریافت که هوا از نقطه (۱) به نقطه (۲) می‌رسد. برای مشخص شدن دمای مرطوب هر نقطه کافی است یک خط افقی از نقطه مذکور رسم شود تا قسمت منحنی نمودار را قطع نماید. لذا می‌توان دریافت با توجه به اینکه نقطه (۱) و (۲) در یک راستا هستند دمای مرطوب تغییری نکرده است.

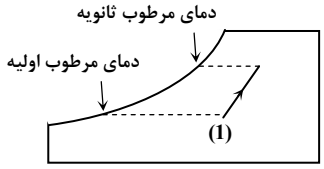
مثال ۱۶: در کدام فرآیندهای ذیل دمای مرطوب هوا افزایش می‌یابد؟

۱) افزایش دمای خشک هوا ۲) کاهش دمای خشک هوا ۳) افزایش آنتالپی هوا و رطوبت ۴) کاهش آنتالپی هوا



تغییرات دمای خشک هوا

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» با توجه به نمودار سایکرومتریک می توان دریافت که افزایش یا کاهش دمای خشک هوا تأثیر بر دمای مرطوب هوا ندارد. زیرا با رسم یک خط افقی به نحوی که قسمت منحنی را قطع نماید در هر دو حالت عدد یکسانی بدست خواهد آمد.
با افزایش آنتالپی و رطوبت مسیر حرکت نقطه (۱) به سمت بالای منحنی خواهد بود و لذا دمای مرطوب نیز افزایش می‌یابد. لذا این مسأله را می‌توان با توجه به فرمول (۱-۴) نیز دریافت.



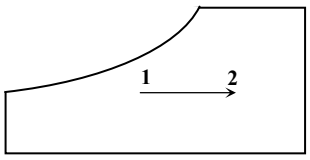
افزایش آنتالپی و رطوبت

۱ـ۴ فرآیندهای حرارتی هوا

برای رسیدن به شرایط دلخواه در حرارت مرکزی فرآیندهای مختلفی بر روی هوا به شرح زیر انجام می‌پذیرد:

۱ـ۴ـ۱ فرآیند گرمایش هوا

در این فرآیند هوا از روی یک سطح خشک، مانند رادیاتور یا کویل گرمایشی که دمای متوسط آن بیشتر از دمای خشک هوا می‌باشد، عبور داده می‌شود. فرآیند گرمایش هوا، یک فرآیند نسبت رطوبت ثابت است. طی این فرآیند، دمای خشک هوا افزایش، رطوبت نسبی کاهش و آنتالپی افزایش می‌یابد.



شکل ۱ـ۶ : فرآیند گرمایش هوا

با مراجعه به شکل ۱ـ۵ می‌توان دریافت که نقطه شبنم نیز در این فرآیند ثابت است و دمای مرطوب نیز افزایش می‌یابد.
شکل (۱ـ۶) فرآیند گرمایش هوا را نشان می‌دهد.
فرآیندهای پیش گرمایش(Preheat) و گرمایش مجدد(Reheat) نمونه‌هایی از فرآیند گرمایش هوا می‌باشند.

۱ـ۴ـ۲ فرآیند رطوبت‌زنی

زمانی که رطوبت هوا کمتر از مقدار تعیین شده جهت آسایش انسان و یا کاربرد فضای مذکور باشد، فرآیند رطوبت‌زنی با توزیع بخار یا آب با دمای بیشتر از دمای نقطه شبنم هوا به داخل هوا صورت می‌گیرد. در این فرآیند آنتالپی هوا و رطوبت نسبی می‌تواند افزایش یا کاهش داشته باشد و یا ثابت بماند.

مثال ۱۷: در فرآیند رطوبت‌زنی آنتالپی هوا ..... .

۱) افزایش می‌یابد. ۲) کاهش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) هرسه گزینه می‌تواند صحیح باشد.

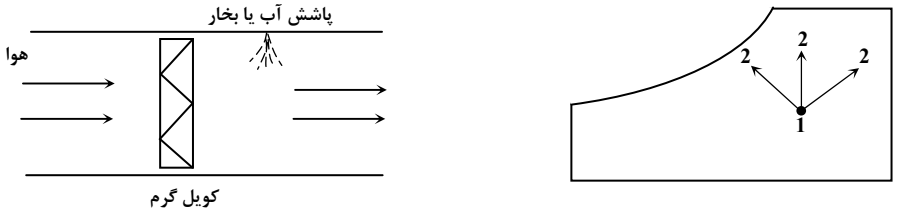
☑ **پاسخ:** گزینه «۴»

۱ـ۴ـ۳ فرآیند رطوبت‌گیری

زمانی که رطوبت موجود در هوا بیش از مقدار تعیین شده جهت آسایش انسان و یا کاربرد فضای مذکور باشد، فرآیند رطوبت‌گیری با عبور هوا از داخل خشک‌کن‌های شیمیایی مانند سیلیکاژل، اتیلن گلیکول و یا توزیع آب با دمای کمتر از دمای نقطه شبنم هوا و یا تماس هوا با سطح کویلی که دمای آن کمتر از دمای نقطه شبنم هوا می‌باشد، صورت می‌پذیرد. این فرآیند معکوس فرآیند رطوبت‌زنی است و طی این فرآیند آنتالپی و رطوبت نسبی هوا می‌تواند کاهش یا افزایش یابد و یا ثابت باقی بماند.

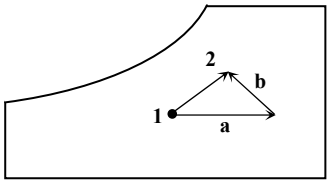
۱ـ۴ـ۴ فرآیند گرمایش هوا و رطوبت‌زنی

در فصل زمستان زمانی که رطوبت هوای ورودی به سیستم کمتر از مقدار تعیین شده باشد، فرآیند گرمایش و رطوبت‌زنی بر روی هوا انجام می‌پذیرد. طی این فرآیند، ابتدا هوا را با عبور از روی سطح یک کویل، گرم می‌کنند و سپس با توزیع بخار یا آب به داخل هوا، رطوبت آن را افزایش می‌دهند. پس از فرآیند گرمایش و رطوبت‌زنی آنتالپی هوا افزایش می‌یابد و رطوبت نسبی و دمای خشک هوا، افزایش یا کاهش می‌یابد و یا ثابت باقی می‌ماند. (شکل ۱ـ۷) فرآیند گرمایش و رطوبت‌زنی را نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۷: فرآیند گرمایش هوا و رطوبت زنی

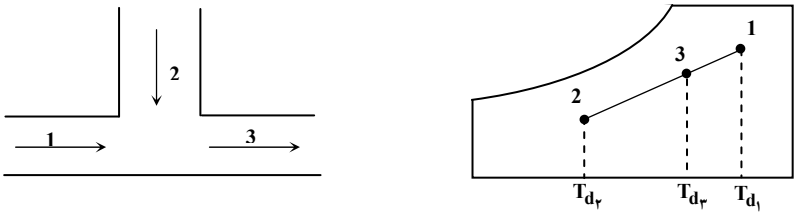
در حقیقت نتیجه فرآیند گرمایش و رطوبت‌زنی برآیند دو فرآیند گرمایش (فرآیند a) و فرآیند رطوبت‌زنی (فرآیندb) می‌باشد. مطابق شکل زیر با توجه به مقدار گرمایش و مقدار رطوبت‌زنی می‌تواند هر یک از سه حالات نشان داده شده در شکل (۱ـ۷) رخ دهد. در حقیقت افزایش یا کاهش آنتالپی بستگی به مقدار افزایش درجه حرارت خشک و مقدار رطوبت مخصوص دارد.



شکل ۱ـ۸: فرآیند گرمایش و رطوبت‌زنی

۱ـ۴ـ۵ فرآیند مخلوط کردن دو هوا

عمدتاً در سیستم‌های گرمایشی برای صرفه‌جویی در انرژی مقداری از هوای فضا را به عنوان هوای برگشتی با هوای تازه مخلوط کرده و سپس از کویل گرمایشی عبور می‌دهند، که با این عمل ظرفیت کویل گرمایشی کاهش می‌یابد. در این فرآیند هوای با جرم m_1، دمای خشک T_{d_1}، رطوبت w_1 و آنتالپی h_1 با هوایی به جرم m_2، دمای خشک T_{d_2}، رطوبت w_2 و آنتالپی h_3 مطابق شکل (۱ـ۶) مخلوط می‌شود. مشخصات هوای خروجی بصورت ذیل می‌باشد:



شکل ۱ـ۹ فرآیند مخلوط کردن دو هوا

$$m_۳ = m_۱ + m_۲ \quad (۷_۱)$$

$$T_{d_۳} = \frac{m_۱T_{d_۱} + m_۲T_{d_۲}}{m_۱ + m_۲} \quad (۸_۱)$$

$$w_۳ = \frac{m_۱w_۱ + m_۲w_۲}{m_۱ + m_۲} \quad (۹_۱)$$

$$h_۳ = \frac{m_۱h_۱ + m_۲h_۲}{m_۱ + m_۲} \quad (۱۰_۱)$$

مثال ۱۸: هوایی به جرم ۵kg و دمای خشک $۶۰^\circ c$ در یک محفظه با هوایی به جرم ۳kg و دمای خشک $۸۰^\circ c$ مخلوط می‌شود، دمای هوای مخلوط شده چقدر است؟

۱) ۶۰ ۲) ۶۷/۵ ۳) ۷۲/۵ ۴) ۸۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$T_{d_۳} = \frac{m_۱T_{d_۱} + m_۲T_{d_۲}}{m_۱ + m_۲}$$

$$T_{d_۳} = \frac{۵\times۶۰ + ۳\times۸۰}{۵+۳} = ۶۷/۵^\circ c$$

مثال ۱۹: ۳کیلوگرم هوا با آنتالپی $۱۵۰۰\frac{kj}{kg}$ با هوایی با آنتالپی $۲۵۰۰\frac{kj}{kg}$ مخلوط می‌شود. اگر آنتالپی هوای مخلوط شده $۲۰۰۰\frac{kj}{kg}$ باشد، جرم هوای کل چند کیلوگرم است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۶

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» برای حل تست ابتدا باید جرم هوای دوم $(m_۲)$ را بدست آوریم.

$$h_۳ = \frac{m_۱h_۱ + m_۲h_۲}{m_۱ + m_۲}$$

$$۲۰۰۰ = \frac{۳\times۱۵۰۰ + m_۲\times۲۵۰۰}{۳+m_۲}$$

$$۶۰۰۰ + ۲۰۰۰m_۲ = ۴۵۰۰ + ۲۵۰۰m_۲ \rightarrow m_۲ = ۳kg$$

$$m_۳ = m_۱ + m_۲ = ۳+۳ = ۶kg$$

مثال ۲۰: اگر به هوای اتاقی به جرم ۱۰kg و نسبت رطوبت $۵\frac{kg}{kg.da}$، هوایی با جرم ۵kg و نسبت رطوبت $۲\frac{kg}{kg.da}$ بیافزاییم، رطوبت هوا چند $\frac{kg}{kg.da}$ کاهش خواهد یافت؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۱»

$$\begin{cases} w_۳ = \dfrac{m_۱w_۱ + m_۲w_۲}{m_۱ + m_۲} \\ w_۳ = \dfrac{۱۰\times۵ + ۵\times۲}{۱۰+۵} = ۴ \quad \dfrac{kg}{kg.da} \\ \Delta w = w_۱ - w_۲ = ۵ - ۴ = ۱ \ \dfrac{kg}{kg.da} \end{cases}$$

با دقت‌نظر و مثال‌های فوق می‌توان دریافت که مشخصات هوای خروجی به مشخصات هوایی که بیشترین درصد از اختلاط را دارد، نزدیک می‌باشد.

نکته۱: با پیش گرم کردن هوا در فصل زمستان، قابلیت جذب رطوبت هوا افزایش می‌یابد.

نکته۲: در فصل زمستان با گرم کردن هوا، رطوبت نسبی هوا کاهش می‌یابد، لذا فرآیند رطوبت‌زنی بر روی هوا انجام می‌گیرد.

۱ـ۵ دایره مسیر

نام دیگر آن نقطه مبنا می‌باشد و در نقطه، دمای خشک $۸۰^\circ F$ و رطوبت نسبی ۵۰% در نمودار سایکرومتریک واقع شده است و برای بدست آوردن ضریب حرارت محسوس (SHF) به روش ترسیمی بکار می‌رود.

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ حالت اشباع هوا کدام است؟ (سراسری ۸۰)

۱) جرم بخار موجود در هوا بیشتر از جرم هواست.
۲) دمای هوا آنقدر افزایش یابد که قطرات آب ظاهر گردد.
۳) رطوبت هوا آنقدر افزایش یابد که دیگر قابلیت جذب رطوبت نداشته باشد.
۴) فشار بخار آب موجود در هوا به حد ماکزیمم می‌رسد.

۲ـ ۴۰۰ $\frac{lb}{min}$ هوای برگشتی با دمای $80^\circ F$ با ۱۰۰ $\frac{lb}{min}$ هوای تازه با دمای $100^\circ F$ مخلوط می‌شوند، دمای هوای مخلوط چند درجه فارنهایت است؟ (سراسری ۸۰)

۱) ۹۰ ۲) ۸۵ ۳) ۸۴ ۴) ۸۰

۳ـ تعریف رطوبت نسبی کدام است؟ (سراسری ۸۱)

۱) نسبت وزن هوای مرطوب به هوای خشک
۲) نسبت وزن بخار آب موجود در هوا به وزن هوای خشک
۳) نسبت جرم بخار آب موجود در هوا به جرم بخار آب موجود در هوای اشباع
۴) نسبت جرم بخار آب موجود در هوای اشباع به وزن هوای خشک

۴ـ در یک تحول ایزوترم، رطوبت نسبی را افزایش می‌دهیم. تغییرات درجه حرارت..... . (سراسری ۸۱)

۱) افزایش می‌یابد. ۲) افزایش یا کاهش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) کاهش می‌یابد.

۵ـ مقدار ۲ کیلوگرم بر ثانیه هوای با آنتالپی ۱۰۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم با هوایی با دبی ۱/۲۵ کیلوگرم بر ثانیه و آنتالپی ۱۰۶۰ کیلوژول بر کیلوگرم مخلوط می‌شود. آنتالپی هوای مخلوط چند کیلوژول بر کیلوگرم است؟ (سراسری ۸۱)

۱) ۱۰۲۳ ۲) ۱۰۳۰ ۳) ۲۰۶۰ ۴) ۱۳۴۸

۶ـ در هوای حالت اشباع کدام مشخصات هوا با هم مساوی است؟ (سراسری ۸۲)

۱) درجه حرارت مرطوب، رطوبت نسبی، نقطه شبنم
۲) نقطه شبنم، درجه حرارت خشک، درجه حرارت مرطوب
۳) نقطه شبنم، رطوبت نسبی، مقدار رطوبت
۴) مقدار رطوبت، درجه حرارت مرطوب، آنتالپی

۷ـ هوای مرطوبی با مشخصات $m^\circ = 36 \frac{kg}{min}$ و مقدار رطوبت $w = 0/008 \frac{kg}{kg.da}$ با هوای دیگری به مشخصات $m^\circ = 14 \frac{kg}{min}$ و مقدار رطوبت $w = 0/001 \frac{kg}{kg.da}$ مخلوط می‌شود. مقدار رطوبت هوای مخلوط چند $\frac{kg}{kg.da}$ است؟ (سراسری ۸۲)

۱) ۰/۰۰۳ ۲) ۰/۰۰۴ ۳) ۰/۰۰۴۵ ۴) ۰/۰۰۶

۸ـ کدام‌یک از موارد زیر جزء عوامل راحتی انسان‌ها محسوب نمی‌شود؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)

۱) دمای محیط ۲) رطوبت محیط ۳) نقطه شبنم محیط ۴) حرکت و سرعت هوای محیط

۹ـ ..... عبارتست از نسبت جرم بخار آب موجود در حجم معینی از هوا به جرم هوای خشک در همان حجم هوا و واحد آن..... . (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)

۱) رطوبت مخصوص ـ $[\frac{kg}{kg.da}]$ ۲) رطوبت مخصوص ـ [%] ۳) رطوبت نسبی ـ [%] ۴) رطوبت نسبی ـ $[\frac{kg}{kg.da}]$

۱۰ـ هوایی دارای رطوبت نسبی ۶۰% و دمای خشک $30^\circ c$ می‌باشد. درصورتی‌که فشار جزئی بخار آب موجود در آن $P_v = 2/545 kpa$ و فشار اتمسفریک محل ۱۰۱/۳kpa باشد، مقدار رطوبت موجود در هوا چقدر است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)

۱) $0/085 \frac{kg}{kg.da}$ ۲) $0/008 \frac{kg}{kg.da}$ ۳) $0/125 \frac{kg}{kg.da}$ ۴) $0/016 \frac{kg}{kg.da}$

۱۱ـ آنتالپی هوای خشک در سیستم SI از کدام رابطه محاسبه می‌گردد؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)

۱) $h_a = C_{Pa} t - 1005t$
۲) $h_a = 1/005t + w(2500)$
۳) $h_a = 1/005t + w(2500 + 1/8t)$
۴) $h_a = 1/005t - w(2500 + 1/8t)$

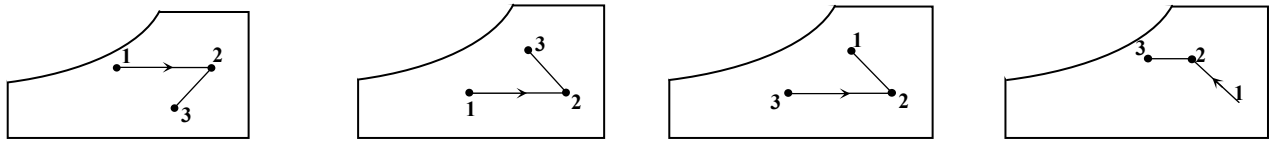
۱۲ـ پیش‌گرمایش به منظور ..... بکار گرفته می‌شود. (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)

۱) اضافه کردن رطوبت به هوا
۲) جلوگیری از انجماد آب در کویل حرارتی
۳) کنترل درجه هوای ورودی به دستگاه هواساز
۴) هر سه مورد صحیح است.

۱۳ـ در رطوبت‌گیری به روش شیمیایی (مواد جاذب‌الرطوبه) تحول بصورت: (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)

۱) ایزوترم و کاهش رطوبت مخصوص هوا انجام می‌گیرد.
۲) آدیاباتیک و کاهش درجه حرارت خشک هوا انجام می‌گیرد.
۳) آدیاباتیک و افزایش درجه حرارت هوا انجام می‌گیرد.
۴) کاهش درجه حرارت خشک و کاهش رطوبت نسبی انجام می‌گیرد.

۱۴ـ کدام شکل تحول گرم کردن و رطوبت‌زنی بر هوا توسط دستگاه زنت را در زمستان نمایش می‌دهد؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)



(۱) (۲) (۳) (۴)

۱۵ـ مقدار $8000\ cfm$ هوای مرطوب با حجم مخصوص $13/7\ \frac{ft^3}{lb.da}$ و دمای خشک $80^\circ f$ با $2000\ cfm$ هوای مرطوب دیگری با حجم مخصوص $14/31\ \frac{ft^3}{lb.da}$ و درجه حرارت خشک $95^\circ f$ مخلوط می‌گردد. درجه حرارت خشک هوای مخلوط چقدر است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۲)

۱) $87/5^\circ F$ ۲) $82/9^\circ F$ ۳) $80^\circ F$ ۴) $92/5^\circ F$

۱۶ـ فشار جزئی بخار آب موجود در هوایی با دمای $30^\circ c$، $1400\ pa$ و در همان درجه حرارت و شرایط اشباع فشار آن $4000\ pa$ است. رطوبت نسبی آن چند درصد است؟ (سراسری ۸۳)

۱) ۳۵ ۲) ۴۰ ۳) ۷۰ ۴) ۸۶

۱۷ـ آنتالپی هوای خشکی با درجه حرارت $20^\circ c$ چند $\frac{kj}{kg.da}$ است؟ (سراسری ۸۳)

۱) ۰/۵۰۲۵ ۲) ۲/۰۱ ۳) ۲۰/۱ ۴) ۵۰/۲۵

۱۸ـ ضریب حرارت محسوس «SHF» در نمودار مشخصات هوا بیان‌کننده کدام مورد است؟ (سراسری ۸۳)

۱) نسبت حرارت محسوس به حرارت کل
۲) نسبت حرارت نهان به حرارت کل
۳) نسبت حرارت محسوس به حرارت نهان
۴) نسبت حرارت نهان به حرارت محسوس

۱۹ـ هوا پس از عبور از یک سیستم رطوبت‌گیر شیمیایی چه تغییراتی دارد؟ (سراسری ۸۳)

۱) دمای خشک افزایش و آنتالپی ثابت می‌ماند.
۲) دمای خشک ثابت و آنتالپی کاهش می‌یابد.
۳) دمای مرطوب کاهش و آنتالپی نیز کاهش می‌یابد.
۴) رطوبت مخصوص کاهش و آنتالپی نیز کاهش می‌یابد.

۲۰ـ $6kg$ هوا با درجه حرارت خشک $25^\circ c$ و آنتالپی $20\ \frac{kj}{kg.da}$ با $12kg$ هوا با دمای خشک $35^\circ c$ و آنتالپی $50\ \frac{kj}{kg.da}$ مخلوط می‌شود. آنتالپی هوای مخلوط چند $\frac{kj}{kg.da}$ است؟ (سراسری ۸۳)

۱) ۳۰ ۲) ۳۵ ۳) ۴۰ ۴) ۴۵

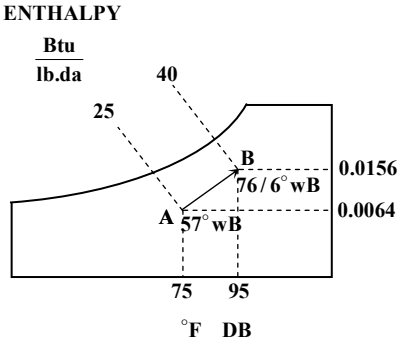
۲۱ـ کدام جمله درباره «نقطه شبنم» صحیح است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۳)

۱) هرچه رطوبت بیشتر باشد، نقطه شبنم بالاست.
۲) هرچه رطوبت کمتر باشد، نقطه شبنم بالاست.
۳) تا موقعی که تقطیر صورت نگرفته است، نقطه شبنم ثابت می‌ماند.
۴) موارد یک و سه

۲۲ـ کدام جمله درباره رطوبت نسبی صحیح است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۳)

۱) همان نسبت رطوبت است.
۲) با افزایش دما افزایش می‌یابد.
۳) با کاهش دما افزایش می‌یابد.
۴) با کاهش دما کاهش می‌یابد.

۲۳ـ در تحول AB بر روی سایکرومتریک: (علمی کاربردی، آزاد ۸۳)



۱) گرمای محسوس $5\frac{Btu}{lb}$ افزایش یافته است.

۲) گرمای محسوس $10\frac{Btu}{lb}$ کاهش یافته است.

۳) گرمای نهان $5\frac{Btu}{lb}$ کاهش یافته است.

۴) گرمای نهان $10\frac{Btu}{lb}$ افزایش یافته است.

۲۴ـ ۳۰۰۰cfm هوا با دمای $90^\circ F$ با ۷۰۰۰cfm هوای با دمای $80^\circ F$ مخلوط می‌شوند. دمای هوای مخلوط چند درجه فارنهایت است؟
(علمی کاربردی، آزاد ۸۳)

۱) ۹۲ ۲) ۸۷ ۳) ۸۵ ۴) ۸۳

۲۵ـ در یک هواساز هوای تازه به نسبت ۳۰ درصد با هوای برگشتی به نسبت ۷۰ درصد مخلوط می‌شوند. درصورتی‌که دمای هوای تازه بیرون $40^\circ c$ و دمای هوای سالن $20^\circ c$ باشد، دمای هوای مخلوط شده در ورود به کویل هواساز چند درجه سانتی‌گراد است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۳)

۱) ۳۰ ۲) ۳۳ ۳) ۲۲ ۴) ۲۶

۲۶ـ رطوبت نسبی از کدام رابطه به دست می‌آید؟ (m_v = جرم بخار آب موجود در هوا، m_s = جرم بخار آب در حالت اشباع) (سراسری ۸۴)

۱) $RH=\frac{m_v}{m_s}\times 100$ ۲) $RH=0/622\frac{m_v}{m_s}\times 100$ ۳) $RH=0/622\frac{m_s}{m_v}\times 100$ ۴) $RH=\frac{m_s\times m_v}{0/622}\times 100$

۲۷ـ در یک سیستم تهویه مطبوع تابستانی مقدار حرارت محسوس $150000\frac{Btu}{hr}$ و حرارت نهان $50000\frac{Btu}{hr}$ به دست آمده است. ضریب حرارت محسوس چقدر است؟ (سراسری ۸۴)

۱) ۰/۳۳ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۶۶ ۴) ۰/۷۵

۲۸ـ فشار مطلق بخار آب هوایی در حالت اشباع 0/698psi و رطوبت نسبی هوا ۶۲ درصد می‌باشد. فشار مطلق بخار آب در همان دما کدام است؟
(علمی کاربردی، آزاد ۸۴)

۱) ۰/۴۳۳ ۲) ۰/۶۹۸ ۳) ۱۴/۷ ۴) ۱۰/۳

۲۹ـ با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقدار آنتالپی هوا چه تغییری می‌کند؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۴)

۱) افزایش می‌یابد.
۲) تغییری نمی‌کند.
۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.
۴) کاهش می‌یابد.

۳۰ـ با افزایش ارتفاع از سطح دریا، رطوبت مخصوص و آنتالپی هوا چه تغییری می‌کند؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۴)

۱) هر دو کم می‌شود.
۲) هر دو زیاد می‌شود.
۳) تغییری نمی‌کند.
۴) آنتالپی کاهش ولی رطوبت مخصوص افزایش می‌یابد.

۳۱ـ مقدار ۳۰۰۰cfm هوای تازه با دمای خشک $95^\circ F$ با ۶۰۰۰cfm هوای برگشتی از اطاق با دمای خشک $80^\circ F$ مخلوط می‌شود. دمای هوای مخلوط کدام است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۴)

۱) $90^\circ F$ ۲) $87/5^\circ F$ ۳) $78^\circ F$ ۴) $85^\circ F$

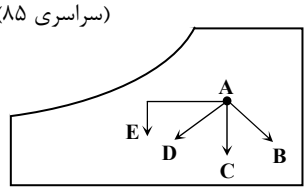
۳۲ـ نقطه مبنا در نمودار مشخصات هوا (سایکرومتریک چارت) به چه منظوری تعیین گردیده است؟ (عملی کاربردی، آزاد ۸۴)

۱) تعیین نقطه شبنم هوا به روش ترسیمی
۲) تعیین درصد هوای برگشتی متناسب با هوای تازه
۳) تعیین درصد هوای تازه متناسب با هوای برگشتی
۴) بدست آوردن ضریب حرارت محسوس یک فضا به روش ترسیمی

۳۳ـ فشار جزئی بخارآب در هوایی با دمای $20^\circ c$، 2500pa و فشار اشباع در این دما 12500pa است. میزان RH چند درصد می‌باشد.
(سراسری ۸۵)

۱) ۲ ۲) ۵ ۳) ۲۰ ۴) ۵۰

۳۴ـ کدام یک از تحولات زیر رطوبت‌گیری با مواد جامد را نمایش می‌دهد؟ (سراسری ۸۵)



۱) $A-B$
۲) $A-C$
۳) $A-D$
۴) $A-E$

۳۵ـ $10\frac{kg}{s}$ هوا با دمای $-4^{\circ}c$ با $20\frac{kg}{s}$ هوایی با دمای $20^{\circ}c$ در اتاقک اختلاط هواساز مخلوط می‌شود. دمای هوای مخلوط چند درجه سانتی‌گراد خواهد بود؟ (سراسری ۸۵)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۲ ۴) ۱۶

۳۶ـ کدام تعریف برای رطوبت نسبی (Relative Humidity) صحیح است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۵)

۱) مقدار رطوبت در هوا به واحد حجم هوا
۲) جرم بخارآب در هوا به جرم بخار آب در هوای اشباع در همان دمای خشک
۳) جرم بخار آب در هوا به جرم هوای خشک
۴) جرم بخار آب به جرم هوای مخلوط

۳۷ـ عمل رطوبت‌زنی در هواساز به کدام منظور است؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۵)

۱) مرطوب کردن هوا در تابستان ۲) پایین آوردن دمای نهان ۳) مرطوب کردن هوا در زمستان ۴) پایین آوردن دمای محسوس

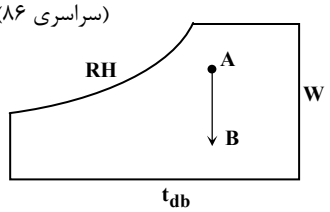
۳۸ـ هوایی با رطوبت مخصوص $w=0/005\frac{kg}{kg.da}$ و $T=20^{\circ}c$ مفروض است. میزان آنتالپی تقریبی آن چند $\frac{kj}{kg}$ است؟ (سراسری ۸۶)

۱) ۳۳ ۲) ۲۰ ۳) ۱۳ ۴) ۷

۳۹ـ گزینه صحیح کدام است؟ (سراسری ۸۶)

۱) رطوبت‌گیری ممکن است با افزایش آنتالپی همراه باشد.
۲) رطوبت‌گیری همیشه با افزایش آنتالپی همراه است.
۳) رطوبت‌زنی ممکن است با افزایش آنتالپی همراه باشد.
۴) رطوبت‌زنی همیشه با افزایش آنتالپی همراه است.

۴۰ـ با توجه به شکل روبرو تحول $A \rightarrow B$ در کدام دستگاه اتفاق می‌افتد؟ (سراسری ۸۶)



۱) دیفیوزر
۲) رطوبت‌گیر برودتی
۳) رطوبت‌گیر شیمیایی
۴) امکان‌پذیر نیست.

۴۱ـ بیست کیلوگرم بر ثانیه هوا با دمای $20^{\circ}c$ با پنج کیلوگرم بر ثانیه هوا با کدام دما ($^{\circ}c$) مخلوط شده است؟ (درجه حرارت هوای مخلوط $14^{\circ}c$ است.) (سراسری ۸۶)

۱) صفر ۲) ۵- ۳) ۱۰- ۴) ۵

۴۲ـ دمای نقطه شبنم در کدام حالت اندازه‌گیری می‌شود؟ (علمی کاربردی، آزاد ۸۶)

۱) تقطیر رطوبت هنگام سرد کردن هوا
۲) اشباع آدیاباتیک هوا
۳) پوشش دماسنج با پارچه نمدار
۴) عدم قابلیت جذب رطوبت توسط هوا

۴۳ـ آنتالپی هوای خشکی $100/5\frac{kj}{kg.da}$ می‌باشد. دمای هوا چند درجه سانتی‌گراد است؟ (مؤلف)

۱) ۶۵ ۲) ۸۰ ۳) ۹۰ ۴) ۱۰۰

۴۴ـ فشار جزئی بخار آب با دمای $45^{\circ}c$، $3000Pa$ و رطوبت نسبی آن ۲۵ درصد می‌باشد. فشار اشباع ه وا چند پاسکال است؟ (مؤلف)

۱) ۷۵۰ ۲) ۱۲۰۰۰ ۳) ۶۶۰۰ ۴) ۸۰۰۰

۴۵ـ در یک سیستم تهویه مطبوع مقدار حرارت نهان $40000\frac{Btu}{hr}$ و ضریب حرارت محسوس ۰/۶ می‌باشد. حرارت محسوس سیستم چند $\frac{Btu}{hr}$ است؟ (مؤلف)

۱) ۲۴۰۰۰ ۲) ۲۶۶۶۰ ۳) ۴۰۰۰۰ ۴) ۶۰۰۰۰

۴۶ـ ضریب حرارت محسوس اتاق کدام گزینه است؟ (مؤلف)

۱) نسبت گرمای نهان به گرمای کلی
۲) نسبت گرمای محسوس به گرمای نهان اتاق
۳) نسبت گرمای محسوس موثر به گرمای کلی موثر اتاق
۴) هیچکدام

۴۷ـ جرم هوای خشک هوایی ۱۰۰ برابر جرم بخار آب موجود در آن می‌باشد، رطوبت مخصوص چند $\frac{kg}{kg.da}$ می‌باشد؟ (مؤلف)

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۰۱ ۳) ۰/۹۹ ۴) ۰/۹

۴۸ـ رطوبت‌گیری هوا به چه صورت انجام می‌گیرد؟ (مؤلف)

۱) عبور هوا از روی کویلی با دمای سطح پایین تراز دمای نقطه شبنم هوا
۲) استفاده از سیلیکات‌ها
۳) عبور هوا از روی کویل گرم
۴) موارد ۲ و ۱

۴۹ـ دمای سطح یک کویل از دمای نقطه شبنم هوای عبورکننده از آن کمتر می‌باشد. در این حالت گرمای محسوس ..... و گرمای نهان ..... می‌یابد. (مؤلف)

۱) افزایش ـ کاهش ۲) افزایش ـ افزایش ۳) کاهش ـ کاهش ۴) کاهش ـ افزایش

۵۰ـ حرارت نهان هوا ۴۰ درصد حرارت محسوس آن می‌باشد. ضریب حرارت محسوس چه مقدار دارد؟ (مؤلف)

۱) ۰/۴۳ ۲) ۰/۲۸ ۳) ۰/۷۱ ۴) ۱

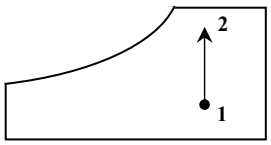
۵۱ـ آنتالپی هوای خشک با چه دمایی $۶۵/۳\frac{kj}{kg}$ می‌باشد؟ (مؤلف)

۱) $۶۵^{\circ}C$ ۲) $۴۸^{\circ}C$ ۳) $۱۵/۶^{\circ}C$ ۴) $۲۷۲^{\circ}C$

۵۲ـ با دو برابر شدن فشار جزئی بخار آب موجود در هوا رطوبت نسبی چه تغییری می‌کند؟ (مؤلف)

۱) نصف می‌شود. ۲) دو برابر می‌شود. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) چهار برابر می‌شود.

۵۳ـ شکل روبرو چه فرآیندی را نشان می‌دهد؟ (مؤلف)



۱) گرمایش
۲) گرمایش و رطوبت‌زنی
۳) گرمایش و رطوبت‌گیری
۴) سرمایش و رطوبت‌گیری

۵۴ـ در کدام فرآیند آنتالپی افزایش می‌یابد؟ (مؤلف)

۱) گرمایش
۲) رطوبت‌زنی
۳) رطوبت‌گیری
۴) هر سه فرآیند می‌تواند افزایش آنتالپی داشته باشد.

۵۵ـ در چه صورتی گرمای محسوس و گرمای نهان هوا پس از عبور از کویل برودتی کاسته می‌شود؟ (مؤلف)

۱) دمای سطح کویل بیشتر از دمای نقطه شبنم هوا باشد.
۲) دمای سطح کویل برابر دمای نقطه شبنم هوا باشد.
۳) دمای سطح کویل کمتر از دمای نقطه شبنم هوا باشد.
۴) دمای سطح کویل برابر یا کمتر از دمای نقطه شبنم هوا باشد.

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ گزینه «۳» زمانی هوا اشباع می‌باشد که رطوبت آن به بیشترین حد خود برسد.

۲ـ گزینه «۳» با توجه به روابط اختلاط هوا خواهیم داشت:

$$T_{d_3}=\frac{m_1T_{d_1}+m_2T_{d_2}}{m_1+m_2}\Rightarrow T_{d_3}=\frac{400\times0/8+100\times100}{400+100}\Rightarrow T_{d_3}=84^\circ F$$

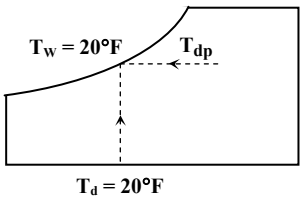
۳ـ گزینه «۳» رطوبت نسبی عبارتست از نسبت جرم یا وزن بخارآب موجود در هوا به جرم یا وزن بخارآب موجود در هوای اشباع.

۴ـ گزینه «۳» چون تحول ایزوترم است، دما ثابت می‌ماند.

۵ـ گزینه «۱» با استفاده از روابط اختلاط هوا می‌توان نوشت:

$$h_3=\frac{m_1^\circ h_1+m_2^\circ h_2}{m_1^\circ+m_2^\circ}\Rightarrow h_3=\frac{2\times1000+1/25\times1060}{2+1/25}\Rightarrow h_3=1023\frac{kj}{kg}$$

۶ـ گزینه «۲» با توجه به نمودار سایکرومتریک می‌توان دریافت در حالت اشباع، دمای نقطه شبنم، درجه حرارت خشک و درجه حرارت مرطوب با هم برابر است. برای حالت اشباع از قسمت منحنی نمودار استفاده می‌شود.



۷ـ گزینه «۴» طبق روابط اختلاط هوا می‌توان نوشت:

$$w_3=\frac{m_1w_1+m_2w_2}{m_1+m_2}\Rightarrow w_3=\frac{36\times0/008+14\times0/001}{36+14}\Rightarrow w_3=0/006\frac{kg}{kg.da}$$

۸ـ گزینه «۳» نقطه شبنم محیط برای طراحی کویل‌های دستگاه تهویه مطبوع بکار می‌رود.

۹ـ گزینه «۱» رطوبت مخصوص بر حسب $\frac{kg}{kg.da}$ و رطوبت نسبی بر حسب درصد بیان می‌شود.

۱۰ـ گزینه «۴» با استفاده از رابطه رطوبت مخصوص می‌توان نوشت:

$$W=0/622\frac{p_v}{p_s}\Rightarrow w=0/622\times\frac{2/545}{101/3-2/545}=0/016\frac{kg}{kg.da}$$

۱۱ـ گزینه «۳» با توجه به رابطه $h=1/006T_d+w(2500+1/8T_d)$ می‌توان دریافت که جواب موردنظر تست گزینه «۳» می‌باشد.

۱۲ـ گزینه «۱» با پیش گرمایش هوا، قابلیت جذب رطوبت هوا افزایش می‌یابد.

۱۳ـ گزینه «۳» فرآیند رطوبت‌گیری با مواد جامد طی یک فرآیند آدیاباتیک صورت می‌گیرد و دمای خشک افزایش می‌یابد.

۱۴ـ گزینه «۳» شکل اول، فرآیند رطوبت زنی و سرمایش است. شکل دوم، رطوبت‌گیری و سرمایش می‌باشد و شکل چهارم، گرمایش و رطوبت‌گیری است.

۱۵ـ گزینه «۲» با استفاده از روابط اختلاط هوا می‌توان نوشت:

$$T_{d_3}=\frac{m_1^\circ T_{d_1}+m_2^\circ T_{d_2}}{m_1^\circ+m_2^\circ}\Rightarrow T_{d_3}=\frac{8000\times80+2000\times95}{2000+8000}\Rightarrow T_{d_3}=83^\circ F$$

۱۶ـ گزینه «۱» با استفاده از رابطه رطوبت مخصوص می‌توان نوشت:

$$RH = \frac{P_v}{P_s} \times ۱۰۰ \Rightarrow RH = \frac{۱۴۰۰}{۴۰۰۰} \times ۱۰۰ = ۳۵\%$$

۱۷ـ گزینه «۳» چون هوا، خشک است، رطوبت مخصوص صفر است یعنی $w = ۰$ و با استفاده از رابطه آنتالپی هوا می‌توان نوشت:

$$h = ۱/۰۰۵T_d \Rightarrow h = ۱/۰۰۵ \times ۲۰ = ۲۰/۱ \frac{kj}{kg.da}$$

۱۸ـ گزینه «۱» ضریب حرارت محسوس عبارت است از نسبت حرارت محسوس به حرارت کل

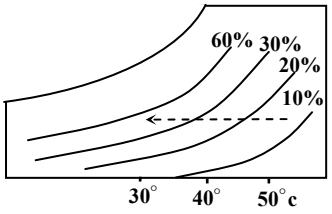
۱۹ـ گزینه «۱» دمای هوا پس از عبور از رطوبت‌گیر شیمیایی افزایش می‌یابد.

۲۰ـ گزینه «۳» با توجه به روابط اختلاط هوا می‌توان نوشت:

$$h_۳ = \frac{m_۱h_۱ + m_۲h_۲}{m_۱ + m_۲} \Rightarrow h_۳ = \frac{۶ \times ۲۰ + ۱۲ \times ۵۰}{۶ + ۱۲} \Rightarrow h_۳ = ۴۰ \frac{kj}{kg.da}$$

۲۱ـ گزینه «۱» با توجه به نمودار سایکرومتریک می‌توان دریافت با افزایش رطوبت، نقطه شبنم افزایش می‌یابد.

۲۲ـ گزینه «۳» با توجه به نمودار سایکرومتریک می‌توان دریافت که رطوبت نسبی با کاهش دما، افزایش می‌یابد.



۲۳ـ گزینه «۱» با توجه به رابطه آنتالپی هوا و نمودار سایکرومتریک می‌توان نوشت:

$$Q_s = ۰/۲۴\Delta T_d \qquad Q_s = ۰/۲۴ \times (۹۵ - ۷۵) \approx ۵ \frac{Btu}{lb}$$

۲۴ـ گزینه «۴» با توجه به روابط اختلاط هوا می‌توان نوشت:

$$T_{d_۳} = \frac{m_۱^\circ T_{d_۱} + m_۲^\circ T_{d_۲}}{m_۱^\circ + m_۲^\circ} \Rightarrow T_{d_۳} = \frac{۳۰۰۰ \times ۹۰ + ۷۰۰۰ \times ۸۰}{۳۰۰۰ + ۷۰۰۰} \Rightarrow T_{d_۳} = ۸۳^\circ F$$

۲۵ـ گزینه «۴» با استفاده از روابط اختلاط هوا خواهیم داشت:

$$T_{d_۳} = \frac{m_۱^\circ T_{d_۱} + m_۲^\circ T_{d_۲}}{m_۱^\circ + m_۲^\circ} \Rightarrow T_{d_۳} = \frac{۰/۳ \times ۴۰ + ۰/۷ \times ۲۰}{۰/۳ + ۰/۷} \rightarrow T_{d_۳} = ۲۶^\circ c$$

۲۶ـ گزینه «۱» رابطه صحیح، همان رابطه رطوبت نسبی است.

۲۷ـ گزینه «۴» با استفاده از رابطه ضریب حرارت محسوس می‌توان نوشت:

$$SHF = \frac{Q_s}{Q_s + Q_L} \qquad SHF = \frac{۱۵۰۰۰}{۱۵۰۰۰ + ۵۰۰۰} = ۰/۷۵$$

۲۸ـ گزینه «۱» با استفاده از رابطه رطوبت مخصوص می‌توان نوشت:

$$RH = \frac{P_v}{P_s} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۶۲ = \frac{P_v}{۰/۶۹۸} \times ۱۰۰ \rightarrow P_v = ۰/۴۳۳ psi$$

۲۹ـ گزینه «۱» با افزایش ارتفاع، آنتالپی نیز افزایش می‌یابد.

۳۰ـ گزینه «۲» با افزایش ارتفاع آنتالپی و رطوبت مخصوص هوا افزایش می‌یابد.

۳۱ـ گزینه «۴» با استفاده از روابط اختلاط هوا می‌توان نوشت:

$$T_{d_۳}=\frac{m_۱^\circ T_{d_۱}+m_۲^\circ T_{d_۲}}{m_۱^\circ+m_۲^\circ}\Rightarrow T_{d_۳}=\frac{۳۰۰۰\times۹۵+۶۰۰۰\times۸۰}{۳۰۰۰+۶۰۰۰}\Rightarrow T_{d_۳}=۸۵^\circ c$$

۳۲ـ گزینه «۴» نقطه مبنا جهت بدست آوردن ضریب حرارت محسوس به روش ترسیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳۳ـ گزینه «۳» با استفاده از رابطه رطوبت نسبی داریم:

$$RH=\frac{P_v}{P_s}\times۱۰۰$$

$$RH=\frac{۲۵۰۰}{۱۲۵۰۰}\times۱۰۰=۲۰\%$$

۳۴ـ گزینه «۱» در فرآیند رطوبت‌گیری با مواد جامد، دمای خشک افزایش می‌یابد.

۳۵ـ گزینه «۳» طبق روابط اختلاط هوا می‌توان گفت:

$$T_{d_۳}=\frac{m_۱^\circ T_{d_۱}+m_۲^\circ T_{d_۲}}{m_۱^\circ+m_۲^\circ}\Rightarrow T_{d_۳}=\frac{۱۰\times(-۴)+۲۰\times۲۰}{۱۰+۲۰}\Rightarrow T_{d_۳}=۱۲^\circ c$$

۳۶ـ گزینه «۲» به توضیحات بخش ۲ـ۷ مراجعه شود.

۳۷ـ گزینه «۳» به علت کاهش رطوبت هوا در فصل زمستان توسط فرآیند گرمایش، فرآیند رطوبت زنی انجام می‌شود.

۳۸ـ گزینه «۱» با استفاده از رابطه آنتالپی هوا می‌توان نوشت:

$$h=۱/۰۰۵T_d+w(۲۵۰۰+۱/۸T_d)\Rightarrow h=۱/۰۰۵\times۲۰+۰/۰۰۵(۲۵۰۰+۱/۸\times۲۰)\rightarrow h=۳۲/۷۸\approx۳۳\ \frac{kj}{kg}$$

۳۹ـ گزینه «۳» در فرآیند رطوبت‌زنی ممکن است آنتالپی افزایش یا کاهش یابد و یا ثابت بماند.

۴۰ـ گزینه «۴» پس از عبور هوا از رطوبت‌گیر شیمیایی، دما افزایش از عبور از رطوبت‌گیر برودتی کاهش می‌یابد.

۴۱ـ گزینه «۳»

$$T_{d_۳}=\frac{m_۱^\circ T_{d_۱}+m_۲^\circ T_{d_۲}}{m_۱^\circ+m_۲^\circ}\Rightarrow T_{d_۳}=\frac{۲۰\times۲۰+۵\times T_{d_۲}}{۲۰+۵}\Rightarrow T_{d_۳}=-۱۰^\circ c$$

۴۲ـ گزینه «۱» پوشش دماسنج با پارچه نمدار مربوط به اندازه‌گیری درجه حرارت مرطوب و عدم قابلیت جذب رطوبت هوا مربوط به حالت اشباع است.

۴۳ـ گزینه «۴» چون هوا خشک است، رطوبت مخصوص صفر است. لذا طبق رابطه (۱ـ۴) خواهیم داشت:

$$h=۱/۰۰۵T_d\rightarrow۱۰۰/۵=۱/۰۰۵\times T_d\rightarrow T_d=۱۰۰^\circ c$$

۴۴ـ گزینه «۲» طبقه رابطه رطوبت نسبی می‌توان نوشت:

$$RH=\frac{P_v}{P_s}\Rightarrow ۰/۲۵=\frac{۳۰۰۰}{P_s}\Rightarrow P_s=۱۲۰۰۰\,Pa$$

۴۵ـ گزینه «۴» طبقه رابطه ضریب حرارت محسوس خواهیم داشت:

$$SHF=\frac{Q_s}{Q_s+Q_L}\Rightarrow ۰/۶=\frac{Q_s}{Q_s+۴۰۰۰۰}\Rightarrow Q_s=۶۰۰۰۰\frac{Btu}{hr}$$

۴۶ـ گزینه «۳»

$$RSHF=\frac{ERSH}{ERTH}=\frac{\text{گرمای محسوس موثر اتاق}}{\text{گرمای کلی موثر اتاق}}$$

۴۷ـ گزینه «۲» با توجه به رابطه رطوبت مخصوص می‌توان نوشت:

$$P=\frac{m_v}{m_a}=\frac{m_v}{۱۰۰m_v}=۰/۰۱\frac{kg}{kg.da}$$

۴۸ـ گزینه «۴» با استفاده از رطوبت‌گیر و یا عبور هوایی با دمای پایین‌تر از دمای نقطه شبنم هوا، رطوبت‌گیری انجام می‌شود.

۴۹ـ گزینه «۳» گرمای محسوس و نهان زمانی کاهش می‌یابد که دمای سطح کویل از دمای نقطه شبنم هوا کمتر باشد.

۵۰ـ گزینه «۳»

$$SHF = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{Q_S}{Q_S + ۰/۴Q_L} = \frac{Q_S}{۱/۴Q_S} = ۰/۷۱$$

۵۱ـ گزینه «۱» برای هوای خشک داریم:

$$h = ۱/۰۰۵T \Rightarrow ۶۵/۳ = ۱/۰۰۵T \Rightarrow T = ۶۵^\circ C$$

۵۲ـ گزینه «۲»

$$RH = \frac{P_V}{P_S} \Rightarrow \frac{PH_۲}{RH_۱} = \frac{P_{V_۲}}{P_{V_۱}} = ۲ \Rightarrow RH_۲ = ۲RH_۱$$

۵۳ـ گزینه «۲» با توجه به توضیحات ارائه شده در فصل اول می‌توان دریافت که فرآیند رطوبت‌زنی و گرمایش است.

۵۴ـ گزینه «۴» در هر سه فرآیند گرمایش، رطوبت‌زنی و رطوبت‌گیری می‌توان شاهد افزایش آنتالپی بود.

۵۵ـ گزینه «۳» هنگامی گرمای محسوس و نهان هوا کاسته می‌شود که دمای سطح کویل کمتر از نقطه شبنم هوا باشد.

آزمون فصل اول

۱ـ کدام گزینه صحیح است؟

۱) بخش اعظم هوا، اکسیژن، نیتروژن، دی‌اکسیدکربن و بخارآب است.

۲) دمای مرطوب هوا همواره از دمای خشک هوا بیشتر است.

۳) در دمای نقطه شبنم، بخار آب موجود در هوا به قطرات آب تبدیل می‌شود.

۴) هیچ‌کدام

۲ـ هوایی خشک با درجه حرارت $100^{\circ}c$ و آنتالپی $1200\frac{kj}{kg}$ موجود است. مقدار رطوبت هوای مذکور چقدر است؟

۱) صفر ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۵ ۴) ۱

۳ـ جرم بخار موجود در هوای اشباعی با درجه حرارت خشک $50^{\circ}c$، چهار برابر جرم بخار موجود در هوایی با درجه حرارت خشک $50^{\circ}c$ می‌باشد، رطوبت نسبی هوای مذکور چند درصد است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۵۰ ۴) ۷۵

۴ـ اگر حرارت محسوس هوایی چهار برابر حرارت نهان آن باشد، ضریب حرارت محسوس چه مقداری دارد؟

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۸

۵ـ اگر آنتالپی هوایی با درجه حرارت خشک $25^{\circ}c$، $200\frac{kj}{kg}$ باشد، نسبت رطوبت (رطوبت مخصوص) هوا چند $\frac{kg}{kg.da}$ می‌باشد؟

۱) ۰/۰۵ ۲) ۰/۰۶۸ ۳) ۰/۰۷۶ ۴) ۰/۰۹۲

۶ـ درجه حرارت خشک هوای اتاقی با آنتالپی $80.8\frac{Btu}{lb}$ ۶۵ درجه فارنهایت می‌باشد، نسبت رطوبت هوا چند $\frac{lb}{lb.da}$ می‌باشد؟

۱) ۰/۰۵۹ ۲) ۰/۰۶۲ ۳) ۰/۰۷۳ ۴) ۰/۰۸۴

۷ـ در فرآیند گرمایش هوا، رطوبت نسبی ..... و آنتالپی ..... می‌یابد.

۱) افزایش ـ افزایش ۲) کاهش ـ کاهش ۳) افزایش ـ کاهش ۴) کاهش ـ افزایش

۸ـ هوایی به جرم ۶ کیلوگرم و آنتالپی ۱۰۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم با هوای دیگری به جرم ۴ کیلوگرم و آنتالپی ۱۵۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم مخلوط می‌شود، آنتالپی هوای مخلوط شده چند کیلوژول بر کیلوگرم است؟

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱۲۰۰ ۳) ۱۴۰۰ ۴) ۱۵۰۰

۹ـ ۵۰ کیلوگرم بر ثانیه هوای تازه با دمای $20^{\circ}c$ با ۱۰۰ کیلوگرم بر ثانیه هوای برگشتی مخلوط می‌شود و دمای نهایی هوا ۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌گردد. دمای هوای برگشتی چند درجه سانتی‌گراد است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۴ ۳) ۲۶ ۴) ۲۸

۱۰ـ کدام گزینه در مورد نقطه مبنا صحیح است؟

۱) $T_d = 80^{\circ}\,c, RH = 50\%$ ۲) $T_d = 80^{\circ}\,F, RH = 50\%$

۳) $T_d = 50^{\circ}\,F, RH = 80\%$ ۴) $T_d = 50^{\circ}\,c, RH = 80\%$

لطفاً جهت مشاهده پاسخنامه آزمون‌ها به سایت www.modaresanesharif.ac.ir مراجعه نمائید.