

أساسيات تقنية تكييف الهواء

خصائص الهواء الرطب

خصائص الهواء الرطب

الوءءة الأولى : خصائص الهواء الرطب

Properties of Humid Air

مقدمة

لءراسة خصائص الهواء الرطب يجب إيراد التعاريف الءلاثة الءالفة:

أ - الهواء الجاف Dry Air

يعءبر الهواء جافاً عند إزالة كل الملوءاء والرطوبة منه. وهو عبارة عن 78% (حجمياً) نيتروجين ، 21% أوكسجين ، 1% غازاء أخرى .

ب - الهواء الرطب Moist Air

الهواء الرطب هو خليط من الهواء الجاف وبخار الماء العالق بالهواء.

ج - الهواء الجوي Atmospheric Air

يتكون الهواء الجوي وهو الهواء الذي نءنفسه عادة من الأوكسجين ، النيتروجين ، ثاني أكسيد الكربون ، الرطوبة وغازاء أخرى. كما إنه قد يحتوى على بعض الملوءاء كالغبار والأءخنة.

الءءارة: معرفة خصائص الهواء الرطب

الأهءاف:

عءءما ءكمل هءه الوحءة ءكون قاءرا على:

- معرفة مكونات الهواء الرطب.
- معرفة خصائص الهواء الرطب وطرق ءءفء الخواص المءءلفة له.

مستوى الأداء المطلوب:

أن فصل المءءرب إلى الإءقان الكامل لهءه الءءارة وبنسبة ١٠٠٪.

الوقت المءوقع للءءرب:

٤ ساعات ءءرففة.

خصائص الهواء الرطب Properties of Humid Air

باعتبار الهواء غازاً مثالياً يتبع قوانين الغاز المثالي، سوف نقوم بإعطاء بعض القوانين البسيطة للمساعدة في فهم خواص الهواء والعلاقة التي تربطها ببعضها:

$$pV = mRT$$

حيث:

p	الضغط
V	الحجم
m	الكتلة
R	ثابت الغازات
T	درجة الحرارة بالكلفن

وباستعمال قانون دالتون للغازات Dalton's Law

$$p = p_a + p_v$$

حيث:

$p =$	الضغط الحقيقي للهواء
$p_a =$	الضغط الجزئي للهواء الجاف
$p_v =$	الضغط الجزئي لبخار الماء

١- درجة الحرارة الجافة (Dry Bulb Temperature (db)

هي درجة الحرارة المقاسة بواسطة الترمومتر العادي.

٢- درجة الحرارة الرطبة (Wet Bulb Temperature (wb)

درجة الحرارة الرطبة عبارة عن أقل درجة حرارة يقيسها الترمومتر الرطب. الترمومتر الرطب عبارة عن ترمومتر زئبقي عادي بصيلته مغطاة بقطعة قماش مبللة. أحياناً تعرف درجة الحرارة الرطبة بدرجة حرارة التشبع الأدياباتية (adiabatic saturation temperature) وذلك لأن الحرارة اللازمة لتبخير الماء من قطعة القماش تؤخذ كلها من الهواء الجوي الذي يمر خلالها عندما تصل قراءة الترمومتر الرطب إلى أقل قيمة لها. وهى تعبر عن التأثير التبريدي لتبخير المياه.

درجة الحرارة الجافة (db) ودرجة الحرارة الرطبة (wb) تقاس في كثير من الأحيان بجهاز واحد يعرف بالمقلع (sling psychrometer) كما في الشكل التالي:



شكل (١ - ٣): المقلاع

٣- درجة حرارة الندى: (Dew Point Temperature)

درجة الندى هي درجة الحرارة التي عنءها يتكثف بخار الماء الموجود في الهواء.

٤- الرطوبة النوعية (Specific Humidity ω)

الرطوبة النوعية (أو الرطوبة المطلقة) هي مقدار كتلة بخار الماء في الهواء لكل 1 kg من كتلة

الهواء الجاف.

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

حيث:

m_v = كتلة بخار الماء في الهواء بوحءة kg

m_a = كتلة الهواء الجاف بوحءة kg

وباستعمال قانون الغازات العام:

$$m_v = \frac{p_v V_v}{R_v T_v} \quad \text{كتلة بخار الماء}$$

$$m_a = \frac{p_a V_a}{R_a T_a} \quad \text{كتلة الهواء}$$

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{p_v V_v}{R_v T_v} \times \frac{R_a T_a}{p_a V_a} \quad \text{الرطوبة النوعية}$$

لكن من قانون دالتون

$$V_{mixture} = V_a = V_v$$

$$T_{mixture} = T_a = T_v$$

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{p_v}{R_v} \times \frac{R_a}{p_a} \quad \text{إذن عليه تكون الرطوبة النوعية}$$

وبافتراض أن الضغط الجوي هو (p) يمكن كتابة الضغوط حسب قانون دالتون كالآتي:

$$p = p_a + p_v$$

$$p_a = p - p_v$$

$$\frac{R_a}{R_v} = \frac{\bar{R}}{28.9} \times \frac{18}{R} = 0.622$$

وبما أن:

ومن ثم يمكن كتابة الرطوبة النوعية كالآتي:

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = 0.622 \frac{p_v}{p - p_v}$$

ومن هنا يتضح أن الرطوبة النوعية تتناسب مع ضغط البخار (p_v).

٥- نسبة التشبع (Percentage Saturation (PS)

يتحمل الهواء قدرأ معينأ من بخار الماء، وأقصى حد يتحمله الهواء عندما تصل p_v إلى درجة التشبع عندئذ يكون الهواء مشبعأ، وزيادة أي رطوبة في الهواء تؤدي إلى تكثيف بخار الماء الموجود في الهواء.

تعرف نسبة التشبع أو درجة التشبع (Degree Of Saturation (DOS بأنها مقياس لنسبة كمية بخار الماء

الموجود في الهواء إلى الكمية القصوى من بخار الماء (الرطوبة النوعية عند التشبع) التي يمكن أن

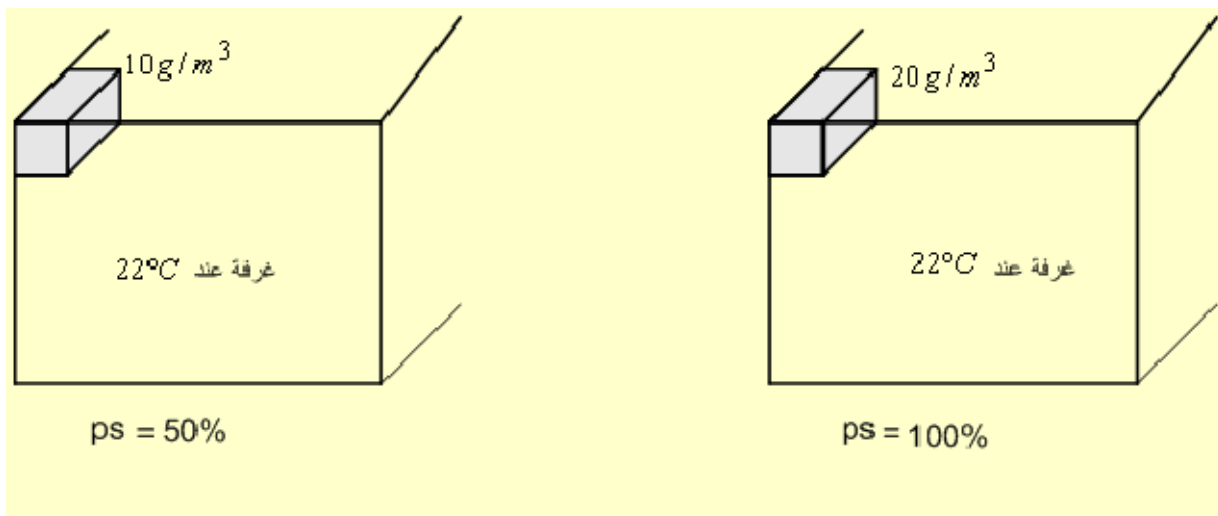
يحملها الهواء عند نفس درجة الحرارة الجافة ففي الشكل (١ - ١).

إذا كانت كمية الرطوبة الموجودة في غرفة تساوي 10 g/m^3 عند درجة حرارة 22°C . ثم أضيفت رطوبة

إلى هواء الغرفة حتى وصل إلى درجة التشبع بحيث لا يقبل أي زيادة في كمية الرطوبة. ووجد أن كمية

الرطوبة بعد التشبع وعند نفس درجة الحرارة هي 20 g/m^3 عليه تكون نسبة التشبع للهواء هي:

$$PS = \frac{10}{20} = 0.50 = 50\%$$

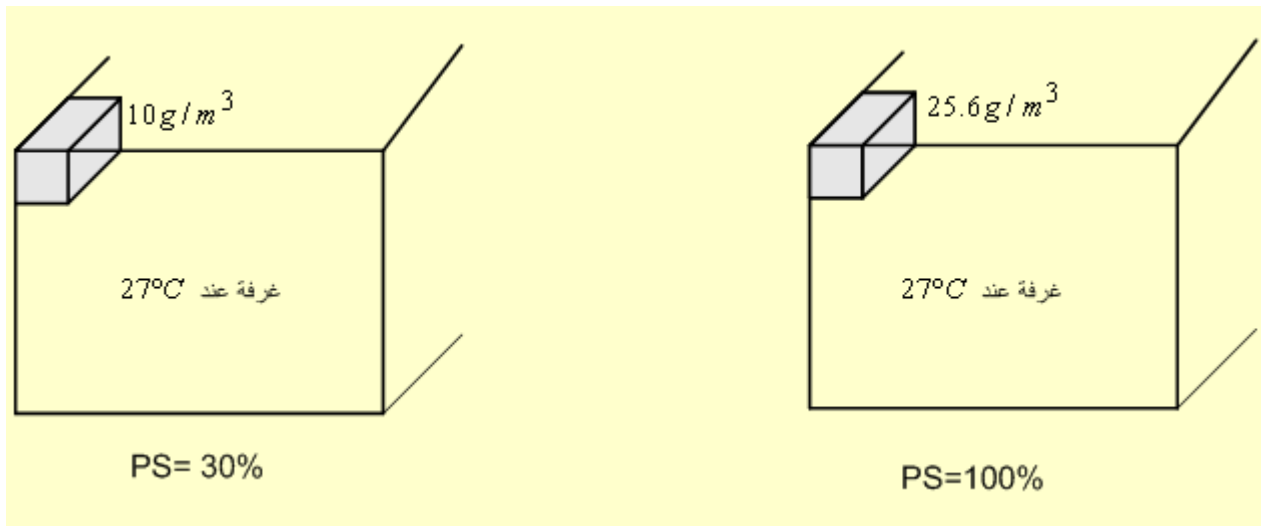


شكل (١ - ١): نسبة التشبع

تعتبر نسبة التشبع ذات فائدة لأنها تعطي مؤشراً سريعاً عن مدى الجفاف النسبي للهواء. وبالتالي عندما تكون نسبة التشبع عالية يكون الهواء رطباً وهذا يعني أنه عند إضافة كمية قليلة من الرطوبة سوف يصبح الهواء مشبعاً والعكس عندما تكون نسبة التشبع منخفضة فإن الهواء يحتاج إلى كمية كبيرة من الرطوبة ليصبح مشبعاً.

كما أن كمية الرطوبة التي يمكن أن يحملها الهواء تزيد مع زيادة درجة الحرارة الجافة. فمثلاً كما في الشكل (١ - ٢) نجد أن أقصى كمية رطوبة يمكن أن يتحملها الهواء عند 27°C تصل إلى 25.6 g/m^3 بدلاً من 20 g/m^3 عند 22°C ، عليه إذا كانت كمية الرطوبة الموجودة في الحيز تساوي 10 g/m^3 فإن نسبة التشبع حينئذ تكون:

$$PS = \frac{10}{25.6} = 0.39 = 39\%$$



شكل (١ - ٢): تأثير درجة الحرارة الجافة على نسبة التشبع

ومن تعريف نسبة التشبع يمكن كتابتها كما يلي:

$$PS = \frac{m_v}{m_g}$$

حيث:

m_v = كمية الرطوبة عند درجة الحرارة الجافة

m_g = كمية الرطوبة عند التشبع لدى نفس درجة الحرارة الجافة

٦- الرطوبة النسبية (Relative Humidity(RH)

هي عبارة عن النسبة المئوية للضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في الهواء إلى الضغط الجزئي لبخار الماء عند التشبع عند نفس درجة الحرارة الجافة. ويمكن كتابة الرطوبة النسبية كالتالي:

$$0 \leq RH \leq 1$$

$$RH(\phi) = \frac{P_v}{P_g}$$

حيث :

P_v = الضغط الجزئي لبخار الماء عند درجة الحرارة الجافة

P_g = الضغط الجزئي لبخار الماء عند التشبع لءى نفس درجة الحرارة الجافة

$h = h_a + \omega h_{fg} = c_p T + \omega h_{fg}$ أما الإنثالبي للهواء فهي

ملءوظة :

يجب التنبيه للفرق بين نسبة التشبع والرطوبة النسبية خصوصاً عند استخدام خرائط السيكروميترى لاحقاً حيث إن بعض الخرائط تستخدم نسبة التشبع والبعض الآخر يستخدم الرطوبة النسبية.

- الهواء الجوي يتكون من 78% نيتروجين و 21% أوكسجين
- لحد كبير يعتبر الهواء مثاليا ويتبع القانون العام للغازات.
- درجة الحرارة الجافة للهواء هي درجة الحرارة التي يسجلها التيرمو متر العادي..
- درجة الحرارة الرطبة هي أقل درجة حرارة يسجلها تيرمو متر مبتل بقطعة قماش .
- المقلاع هو الجهاز الذي يسجل درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة . درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة نسبة لتبخر الماء من القماش المبتل .
- الرطوبة النسبية هي مقياس لنسبة كمية رطوبة الهواء إلى الكمية القصوى التي يمكن إن يحملها الهواء عند نفس درجة الحرارة
- الرطوبة النوعية (أو الرطوبة المطلقة) هي مقدار كمية الرطوبة في الهواء لكل 1 kg من الهواء الرطب.