الرطوبة الجوية
Atmospheric Humidity

مصطلحات:

١- الرطوبة الجوية:

تعبر الرطوبة الجوية عن كمية بخار الماء الموجود في الجو.

٢- ضغط بخار الماء:

هو الضغط الذي يمارسه بخار الماء الموجود بالجو (أي الضغط الذي تمارسه الرطوبة الجوية) وهناك نوعين من ضغط بخار الماء، وهما:

- ضغط بخار الماء الفعلي (e) .
- ضغط بخار الماء المشبع (e_w).

٣- ضغط بخار الماء الفعلي (e):

هو الضغط الناتج عن وجود بخار الماء في الهواء الجوي عند درجة حرارة معينة ويقاس بالملليبار (m.b).

٤- ضغط بخار الماء المشبع (ew):

هو الضغط الناتج عن احتواء الهواء لأقصى كمية ممكنة من بخار الماء عند نفس درجة الحرارة التي يقدر عندها (e). وهو يقاس بالملليبار (m.b) أيضاً.

بشكل عام يقل ضغط بخار الماء مع الارتفاع (بالابتعاد عن مصدر هذا البخار)، كذلك يتغير الضغط حسب درجة الحرارة لأن قدرة الهواء على حمل بخار الماء تتزايد مع زيادة درجة حرارته (أي كلما ارتفعت حرارة الهواء كلما احتجنا لكمية اكبر من بخار الماء للوصول للإشباع أي إلى:

$$e = e_w$$

ويبين الجدول (٧-١) تغير قيمة ضغط بخار الماء المشبع e_w(m.b) مع تغير متوسط درجة الحرارة t (C^o) . (الجدول للاطلاع)

٥- الإشباع و التكاثف:

- الإشباع :

هو تحول بخار الماء الفعلي (e) إلى مشبع (e_w). أي يصبح :

$$e = e_w$$

- التكاثف:

إن القاعدة العامة هي $e = e_w$ وكل زيادة ببخار الماء عن ذلك سوف تتكاثف على شكل قطيرات ماء إذا ما توفرت نويات التكاثف (كالغبار، الدخان ، ملح الطعام، .... الخ).

الجدول (٧-١): العلاقة بين ضغط بخار الماء المشبع e_w(m.b) ودرجة الحرارة t (C^o) (للاطلاع)

درجة الحرارة Tc°	ضغط بخار الماء المشبع ew	درجة الحرارة Tc°	ضغط بخار الماء المشبع ew
١	٦.٦	١٣	١٥.٠
٢	٧.١	١٤	١٦.١
٣	٧.٦	١٥	١٧.٠
٤	٨.١	١٦	١٨.٢
٥	٨.٧	١٧	١٩.٤
٦	٩.٤	١٨	٢٠.٦
٧	١٠	١٩	٢٢.٠
٨	١٠.٧	٢٠	٢٣.٤
٩	١١.٥	٢١	٢٤.٩
١٠	١٢.٢	٢٢	٢٦.٤
١١	١٣.١	٢٣	٢٨.١
١٢	١٤.٠	٢٤	٢٩.٨

٦- نسبة الخلط:

ولها نوعين خلط فعلي أو حقيقي (r) ، وخلط مشبع (r_w).

A- نسبة الخلط الفعلي أو الحقيقي (r):

وهي مقياس يسمح بمعرفة كمية بخار الماء الموجود في الهواء وتحسب بالعلاقة:

$$r = \frac{mv}{ma} .....(g/kg)$$

mv : كتلة بخار الماء (g).

ma : كتلة الهواء الجاف (kg) .

كما يمكن أن تحسب نسبة الخلط الفعلي بالعلاقة التالية:

$$r = 622 \times \frac{e}{P - e}$$

P: الضغط الجوي ويقدر بالمليبار (m.b).

B- نسبة الخلط المشبع (rw):

هي نسبة كتلة بخار الماء الأعظمية إلى كتلة الهواء الجاف. أي:

$$r_w = \frac{mv}{ma} .....(g/kg)$$

mv : كتلة بخار الماء الأعظمية (g).

ma : كتلة الهواء الجاف (kg) .

ويمكن أن تحسب نسبة الخلط المشبع بالعلاقة التالية:

$$r = 622 \times \frac{e_w}{P - e_w}$$

٧- درجة حرارة نقطة الندى (td):

هي درجة الحرارة التي يتحول عندها الهواء المحتوي على ضغط بخار ماء غير مشبع إلى مشبع وذلك بفعل **التبريد** وبقاء الضغط الجوي ثابت. وقد سميت بنقطة الندى لأن الندى سوف يتكاثف على أي سطح يلامس بخار الماء إذا ما برد هذا البخار إلى درجة أقل من نقطة الندى.

٨- الرطوبة النسبية Humidity relative (Hr) :

هي النسبة المئوية لضغط بخار الماء الفعلي على بخار الماء المشبع. أو هي النسبة المئوية لنسبة الخلط الفعلي على المشبع. أي:

$$Hr = \frac{e}{e_w} \times 100$$

أو:

$$Hr = \frac{r}{r_w} \times 100$$

٩- الرطوبة المطلقة Humidity absolute (Ha) :

هي كتلة بخار الماء الموجودة فعلياً في واحدة الحجم من الهواء (g/m^3)، وهي تعبر عن كمية الماء الموجود فعلياً بالجو، وهي تحسب بالعلاقة:

$$Ha = 217 \times \frac{e}{T}$$

T : متوسط درجة الحرارة مقدرةً بالكلفن أو المطلق (K^o).

e : ضغط بخار الماء الفعلي (m.b).

Ha : الرطوبة المطلقة (g/m^3).

١٠- الرطوبة النوعية Humidity specific (Hs)

هي وزن بخار الماء في واحدة الوزن من الهواء. وتحسب بالعلاقة:

$$Hs = 622 \times \frac{e}{P}$$

Hs : الرطوبة النوعية (g/kg).

P : الضغط الجوي (m.b).

e : ضغط بخار الماء الفعلي (m.b).

٧-٢- أجهزة قياس الرطوبة :

عند استعمال كلمة الرطوبة في هذا المجال فان الرطوبة النسبية غالبا هي المقصودة .وهي تقاس بأجهزة تسمى أجهزة الرطوبة (الهيجرومترات)التي يوجد منها أنواع كثيرة. ولكن سنتكلم عن الأنواع الأكثر شيوعاً:

٧-٢-١- البسيكروميتر Psychrometre:

يتألف من ميزاني حرارة متشابهين احدهما عادي يسمى الميزان الجاف والآخر يحاط مستودعه بقماش مبلل (يسمى الميزان الرطب). فعندما يتبخر الماء من هذه القطعة القماشية فإنه يستمد جزء من الحرارة اللازمة لتبخير الماء من مستودع الميزان الرطب فتنخفض درجة حرارته إلى درجة أخفض من الدرجة العادية التي يشير إليها الميزان الآخر الجاف. إن كمية الماء المتبخر

تتوقف على رطوبة الجو، فكلما نقصت الرطوبة النسبية كلما زادت كمية المياه المتبخرة وبالتالي زاد الفرق بين حرارة الميزانين .

$$H=f\ (T\ _\ T_w)$$

حيث أن:

H: رطوبة الهواء.

F: تابع متغير.

T: درجة حرارة الميزان الجاف.

T_w: درجة حرارة الميزان الرطب.

وهناك عدة أنواع من البسيكرومترات منها:

١- البسيكروميتر اللفاف:

يتألف من الميزانين (الرطب والجاف) مثبتين على إطار معدني مرتبط بدوارة يدوية. يتم مسك الجهاز من هذه الدوارة ورفعه فوق الرأس وتدويره لاكتساب التهوية. ثم تؤخذ قراءتين متتاليتين لميزاني الحرارة مباشرة وبأقصى سرعة، ثم تستخرج قيمة الرطوبة النسبية من جدول البسيكروميتر.

٢- بسيكرومتر أسمان:

نفس البسيكرومتر السابق تماماً من حيث مبدأ العمل و الأجزاء المكونة والجداول. لكن التهوية لا تتم يدوياً بل بواسطة مروحة صغيرة تدور بواسطة محرك كهربائي أو زمبرك تولد حركة للهواء حول الميزان الرطب تصل سرعتها إلى (2 m/Sec).

الشكل (٧-٢): بسيكرومتر أسمان

٣- البسيكرومتر القياسي:

هو أكثر البسيكرومترات استعمالاً . وهو يضم إضافةً للميزانين الجاف و الرطب ميزانين عظمى وصغرى وجهاز شافط يعمل على إمرار تيار هوائي بسرعة ثابتة حول قطعة القماش. يستعمل هذا الجهاز تحت ظروف الهواء الساكن أو الشديد.

٧-٢-٢- الهيجرومترات Hygrometer :

يعتمد في قياسه للرطوبة النسبية على ظاهرة تغير طول شعر الإنسان بتغير الرطوبة النسبية للهواء. ومن هذه الأجهزة:

١- مقياس الرطوبة ذو الشعرة:

هو جهاز جزؤه الحساس حزمة من شعر الإنسان (الخالية من الدهون) أو شعر الحصان. يثبت بنهاية هذه الحزمة مؤشر يتحرك أمام مسطرة مدرجة من ٠ و لغاية ١٠٠ . فعندما تتغير نسبة

الرطوبة يتحرك المؤشر تبعاً لتمدد حزمة الشعر مع زيادة الرطوبة أو تقلصها مع انخفاض الرطوبة. ويدل الرقم الذي يقف أمام سن الريشة على قيمة الرطوبة النسبية.

الشكل (٧-٣): مقياس الرطوبة النسبية ذو الشعرة

٢- مسجل الرطوبة النسبية Hygrographe :

خصلة شعر إنسان خالية من الدهون تتمدد بازديا د الرطوبة و تتقلص بانخفاضها. ويتم تكبير حركتي التمدد والتقلص بواسطة مجموعة روافع تنقلها إلى ريشة رسم ترسمها على مخطط خاص ملفوف على اسطوانة تدور بمعدل ثابت بواسطة دوارة زمنية. فيتم تسجيل تغيرات الرطوبة النسبية خلال فترة زمنية محددة حسب نوع المخطط المستخدم.

٣- مسجل الرطوبة النسبية والحرارة Hygrothermographe :

هو جهاز لقياس وتسجيل تغيرات الحرارة والرطوبة النسبية بصورة آلية ومستمرة. وهو يتألف من عنصرين حساسين:

- عنصر حساس للحرارة (حلقة معدنية) في الأعلى.
- عنصر حساس للرطوبة (خصلة شعر) في الأسفل.

نهاية الجلسة