الرطوبة : Humidity

تطلق كلمة الرطوبة بصفة عامة على بخار الماء العالق في الجو ولكننا يجب ان نفرق بين التعبيرات التالية عند دراسة الرطوبة وهي :-

الرطوبة المطلقة :- Absolute humidity

وهي عبارة عن وزن بخار الماء الموجود في حجم معين من الهواء (غم/م3).

الرطوبة النوعية :- Specific humidity

وهي عبارة عن نسبة وزن بخار الماء في حيز معين في الهواء الى وزن الهواء الذي يوجد في هذا الحيز تحت درجات الحرارة المختلف والضغوط المختلفة ويعبر عنها بالغرامات / الكيلو غرام .

الرطوبة النسبية :- Relative humidity

وهي التي تهمنا بصفة خاصة في دراسة المناخ .

وهي عبارة عن نسبة بخار الماء الموجود فعلاً في حجم معين من الهواء في درجة حرارة معينة وتحت ضغط جوي معين إلى كمية بخار الماء الموجود في نفس الحجم من الهواء وهي في حالة الإشباع وفي نفس الظروف .

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{كمية بخار الماء الفعلي في الهواء}}{\text{كمية بخار الماء اللازم للإشباع}} \times 100$$

ويلاحظ أن مقدرة الهواء على حمل بخار الماء تتناسب تناسب طردي مع درجة الحرارة بمعنى كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت مقدرة الهواء على حمل مقادير جديدة من بخار الماء ولكي توضح الفرق بين الرطوبة النسبية والرطوبة المطلقة نذكر المثال التالي : -

إذا فرض إن بخار الماء الموجود فعلاً في م3 في الهواء في درجة حرارة معينة (رطوبة مطلقة) هو 60 غم ونفس هذا الهواء يستطيع وهو في نفس درجة الحرارة ان يحمل 120 غم فإن الرطوبة النسبية لهذا الهواء تكون

$$\%50 = \frac{100 \times 60}{120}$$

ولكن لو فرضنا ان درجة الحرارة لم تبقى ثابتة بل ارتفعت فإن هذا الارتفاع سيؤدي الى زيادة مقدار الرطوبة التي يستطيع هذا الهواء حملها من 120 وهو الرقم المفترض سابقاً الى 140 فتصبح الرطوبة عندئذ $\frac{100 \times 60}{140}$ %42.86 . أما إذا فرضنا ان درجة الحرارة لم ترتفع بل انخفضت فإن مقدار بخار الماء (الرطوبة) الذي يستطيع الهواء حمله سينخفض من 120 الى 90 مثلاً وفي هذه الحالة تكون الرطوبة النسبية

$$\%66.7 = \frac{100 \times 60}{90} .$$

فلو ان الحرارة استمرت بالانخفاض بعد ذلك حتى أصبح مقدار بخار الماء الذي يحمله الهواء فعلاً 60 غم هو نفس المقدار الذي لا يمكن لهذا الهواء أن يحمل أكثر منه فإن الرطوبة النسبية ستصبح في هذه الحالة $\frac{100 \times 60}{60} = 100\%$ وعندئذ يقال ان الهواء وصل الى حالة التشبع وهي تتفق مع الدرجة التي يطلق عليها

نقطة الندى dew point :-

وهي الدرجة التي اذا انخفضت درجة الحرارة الى اقل منها فإنه يصبح غير قادر على حمل كل ما به من بخار الماء فيتكاثف الجزء الزائد منه ويتحول من الحالة الغازية الى واحدة من الحالات التالية :- السحب ، الامطار ، الضباب ، الندى .

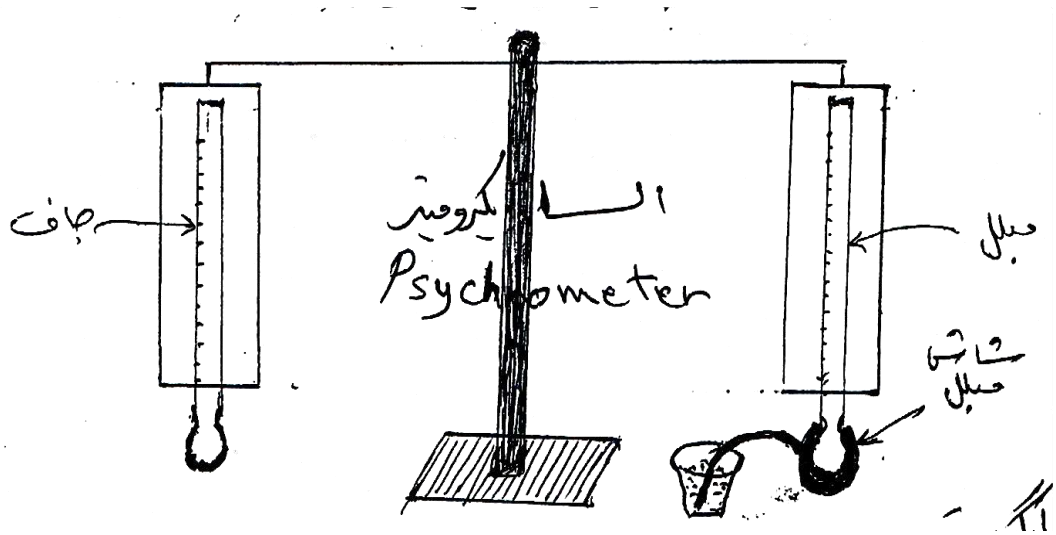
ويجب ان تلاحظ ان نقطة الندى والرطوبة النسبية للهواء يتناسبان تناسب طردي فكلما كانت الرطوبة النسبية مرتفعة كانت نقطة الندى مرتفعة كذلك والعكس صحيح ومعنى هذا بعبارة أخرى ان الهواء الذي يحتوي على نسبة صغيرة من الرطوبة يجب ان تنخفض درجة حرارته كثيراً لكي تبدأ رطوبته في التكاثف بخلاف الحال في الهواء الذي يحتوي على نسبة عالية من الرطوبة .

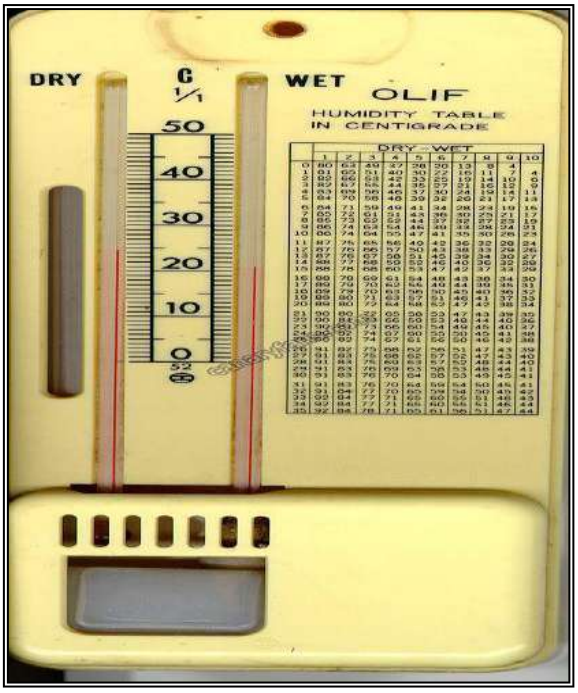
أجهزة قياس الرطوبة : Humidity System determination

هناك العديد من الاجهزة التي تعمل على قياس الرطوبة وبطرق شتى يمكن ان نجملها كما يلي :-

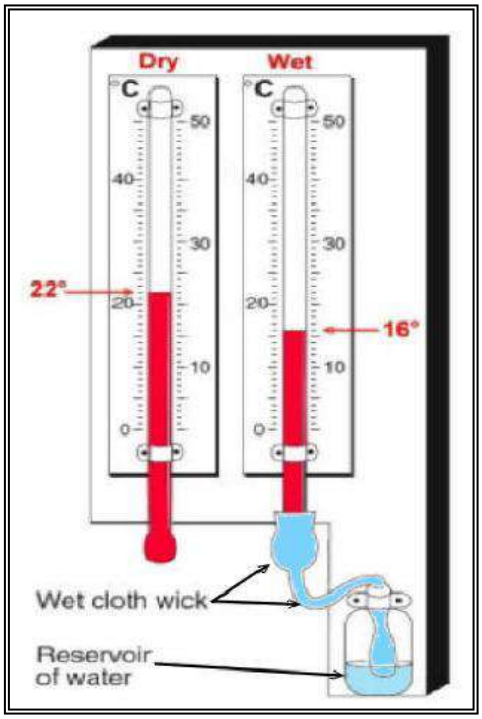
1- السايكروميتر :- Psychrometer

ويتركب من محرارين أحدهما معرض للجو مباشرة ويطلق عليه الثروميتر الجاف أما الآخر ملتف بصلته بواسطة شاش يبلل بالماء باستمرار ولذلك فهو يسمى بالثرموميتر المبلل فالذي يحدث في هذه الحالة هو ان الماء يتبخر من الشاش فينتج عن ذلك انخفاظ في درجة الحرارة التي يبينها هذا الثرموميتر لأن التبخر كما معروف يستنفذ بعض الحرارة ولما كان من الثابت ان التبخر في الجو الجاف يشتد عنه في الجو الاكثر رطوبة فإن انخفاض درجة الحرارة التي يبينها الثرموميتر المبلل عن درجة الحرارة التي يبينها الثرموميتر الجاف يمكن ان تتخذ مقياس لنسبة الرطوبة في الهواء وتستخدم لذلك جداول خاصة تسجل فيها قراءات الثرموميترين (المبلل والجاف) وما يقابلها من رطوبة نسبية ، وتستخرج كما يلي :-





مثال : استخدم جهاز قياس الرطوبة Psychrometer لقياس رطوبة الهواء وسجل المحرار الجاف (Dry) درجة حرارة مقدارها 22 C° بينما سجل المحرار الرطب(Wet) درجة حراره مقدارها 16 C° فكم ستكون الرطوبة النسبية ؟ مستعيناً بالجدول المرفق مع المحرار .



الحل :

1. نحدد قيمة قراءة المحرار الجاف = 22 $^{\circ}$C .

نحدد قيمة قراءة المحرار الرطب = 16 $^{\circ}$C .

2. نوجد الفرق بين القراءتين = 16 – 22 = 6 $^{\circ}$C .

3. نحدد قيمة قراءة المحرار الجاف على جدول الرطوبة في العمود الايسر ، ثم نحدد قيمة الاختلاف بين قراءة المحرار الجاف والرطب من الصف الموجود في الأعلى (القمة) من جدول الرطوبة .

4. القيمة التي يتقاطع عندها العمود الايسر مع الصف الاعلى ستكون هي قيمة الرطوبة النسبية والتي تبلغ 53 % .

5. اذن Relative Humidity % = 53 % .

6. لإيجاد نقطة الندى من جدول نقطة الندى للمثال السابق نقاطع قيمة العمود الأيسر مع الصف الأعلى وقيمة تلاقي القيمتين ستكون هي قيمة نقطة الندى .

7. Dewpoint = 12 $^{\circ}$C .

Air Temp. ↓

Relative Humidity (%)

Dry-Bulb Temperature (°C)	Difference Between Wet-Bulb and Dry-Bulb Temperatures (C°)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
−20	100	28														
−18	100	40														
−16	100	48														
−14	100	55	11													
−12	100	61	23													
−10	100	66	33													
−8	100	71	41	13												
−6	100	73	48	20												
−4	100	77	54	32	11											
−2	100	79	58	37	20	1										
0	100	81	63	45	28	11										
2	100	83	67	51	36	20	6									
4	100	85	70	56	42	27	14									
6	100	86	72	59	46	35	22	10								
8	100	87	74	62	51	39	28	17	6							
10	100	88	76	65	54	43	33	24	13	4						
12	100	88	78	67	57	48	38	28	19	10	2					
14	100	89	79	69	60	50	41	33	25	16	8	1				
16	100	90	80	71	62	54	45	37	29	21	14	7	1			
18	100	91	81	72	64	56	48	40	33	26	19	12	6			
20	100	91	82	74	66	58	51	44	36	30	23	17	11	5		
22	100	92	83	75	68	60	53	46	40	33	27	21	15	10	4	
24	100	92	84	76	69	62	55	49	42	36	30	25	20	14	9	4
26	100	92	85	77	70	64	57	51	45	39	34	28	23	18	13	9
28	100	93	86	78	71	65	59	53	47	42	36	31	26	21	17	12
30	100	93	86	79	72	66	61	55	49	44	39	34	29	25	20	16

Air Temp. ↓

Dewpoint (°C)

Dry-Bulb Temperature (°C)	Difference Between Wet-Bulb and Dry-Bulb Temperatures (C°)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
−20	−20	−33														
−18	−18	−28														
−16	−16	−24														
−14	−14	−21	−36													
−12	−12	−18	−28													
−10	−10	−14	−22													
−8	−8	−12	−18	−29												
−6	−6	−10	−14	−22												
−4	−4	−7	−12	−17	−29											
−2	−2	−5	−8	−13	−20											
0	0	−3	−6	−9	−15	−24										
2	2	−1	−3	−6	−11	−17										
4	4	1	−1	−4	−7	−11	−19									
6	6	4	1	−1	−4	−7	−13	−21								
8	8	6	3	1	−2	−5	−9	−14								
10	10	8	6	4	1	−2	−5	−9	−14	−28						
12	12	10	8	6	4	1	−2	−5	−9	−16						
14	14	12	11	9	6	4	1	−2	−5	−10	−17					
16	16	14	13	11	9	7	4	1	−1	−6	−10	−17				
18	18	16	15	13	11	9	7	4	2	−2	−5	−10	−19			
20	20	19	17	15	14	12	10	7	4	2	−2	−5	−10	−19		
22	22	21	19	17	16	14	12	10	8	5	3	−1	−5	−10	−19	
24	24	23	21	20	18	16	14	12	10	8	6	2	−1	−5	−10	−18
26	26	25	23	22	20	18	17	15	13	11	9	6	3	0	−4	−9
28	28	27	25	24	22	21	19	17	16	14	11	9	7	4	1	−3
30	30	29	27	26	24	23	21	19	18	16	14	12	10	8	5	1

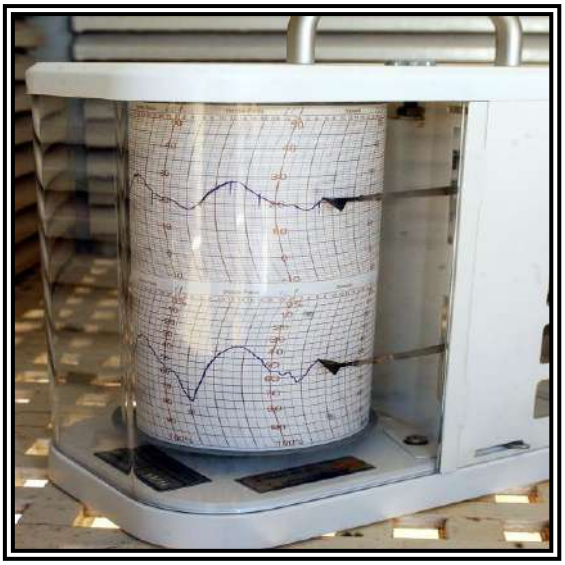
2 - الهايكروميتر :- Hygrometer

وهو جهاز يشبه الساعة وله قوسان أحدهما كبير في الجهة العليا والآخر صغير في الجهة السفلى ، تدرج القوس الكبير من (صفر – 100) ويقرأ كنسبة مئوية أما الصغير فتدرج لقراءة درجة الحرارة (-7 -50 مْ) .

3- الثرموهايكروكراف :- Thrmohygrograph

وهو جهاز يفي بالغرض لكلا القرائتين الحرارة ، والرطوبة . ويعتبر من الاجهزة الدقيقة مقارنة بالاجهزة سالفة الذكر . ويكون المؤشر الخاص بدرجة الحرارة مرتبط بنوابض مرتبطة هذه بقطعة معدنية تتحسس بدرجة الحرارة ثم تتمدد فتتضاعف هذه الحركة بواسطة النابض المرتبط ثم تنتقل للمؤشر لكي يسجل مقدار التغير الحاصل على (كراف مدرج) ومقسم حسب الأيام والساعات وباللون الأخضر.

أما المؤشر الخاص بالرطوبة فيتحرك نتيجة تمدد وتقلص خصلة طويلة من شعر الانسان تثبت من طرفيها وتشد من وسطها بواسطة رافعة ذات ثقل معين ويؤدي تمدد هذه الخصلة عند زيادة الرطوبة وانكماشها عند تناقصها الى تحريك ذراع في نهايتها يثبت المؤشر الذي يرسم خط سير الرطوبة على ورقة ملفوفة حول اسطوانة تدار بواسطة ساعة توقيت ان الكراف المدرج الخاص بالرطوبة يكون باللون الأزرق لكي يمكن التمييز بين الاثنين .



وتحفظ هذه الكيرفات بشكل إرشيف يمكن العودة اليه متى شائت الحاجة .

4- طريقة استخدام أوراق الكوبلت :- Cobalt paper

وهـي أوراق مصـنوعة بطريقـة خاصـة ليسـت كصـناعة الاوراق الاعتياديـة فعنـد الحاجـة تغمـر هـذه الاوراق في محلول يتكون من مادة (سيانيد الكوبلت) ثم تعرض الورقة الى المحيط الخـارجي فيتغير لـون الورقـة مع تغير كمية الرطوبة ونسبتها في الجو .

ففي حالـة كون الرطوبـة عاليـة فـإن الاوراق سـتتلون بـاللون الاحمـر أمـا فـي حالـة الرطوبـة القليلـة فـإن الاوراق سيتغير لونها الى اللون الازرق وهذه الطريقة تعطي تقدير تقريبي عن ارتفاع الرطوبة او انخفاضـها امـا المقدار فيكون متروك للأجهزة المختبرية الدقيقة .