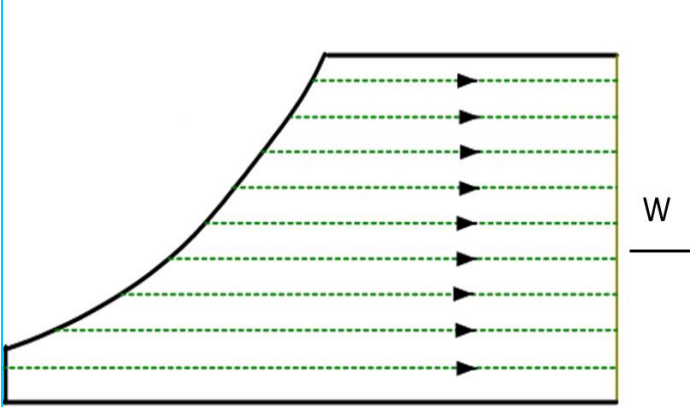


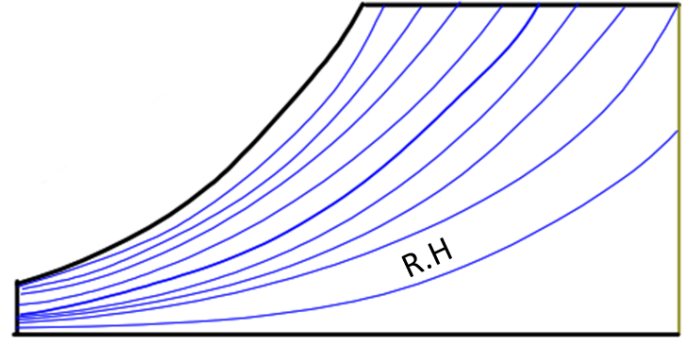
الباب الخامس "العمليات السيكمومترية"

❖ الخريطة السيكمومترية

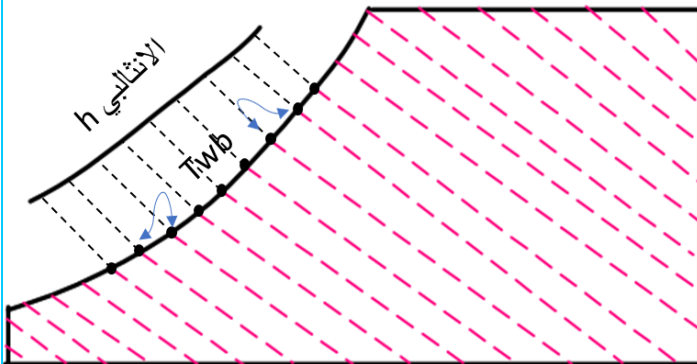
هي عبارة عن مجموعة من المنحنيات والخطوط التي توضح خواص الهواء الجوي .



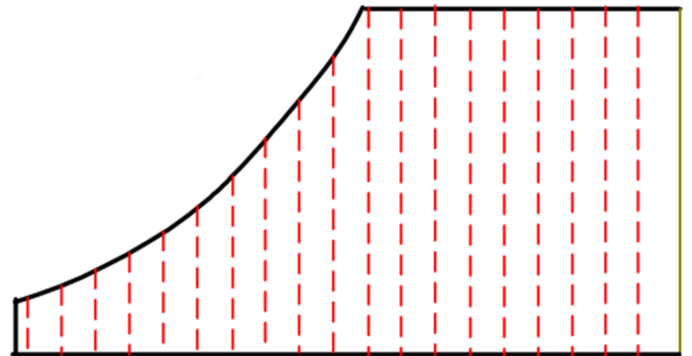
• خطوط الرطوبة النوعية W



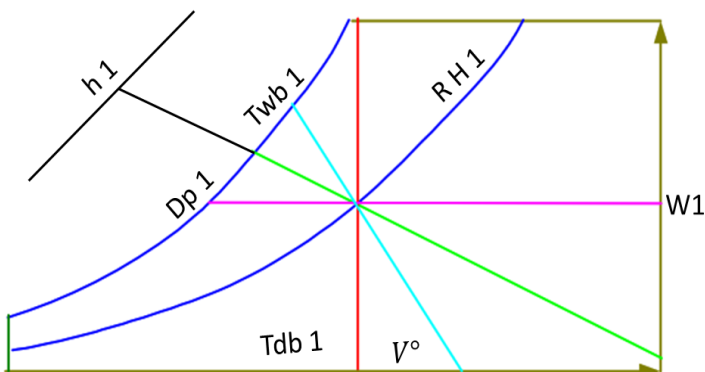
• خطوط الرطوبة النسبية R H



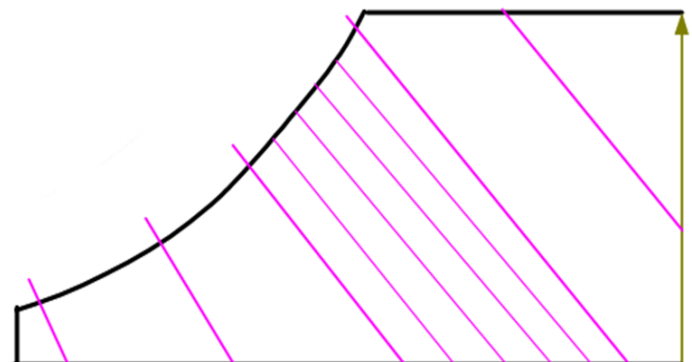
• خطوط درجة الحرارة الرطبة Twb



• خطوط درجة الحرارة الجافة Tdb



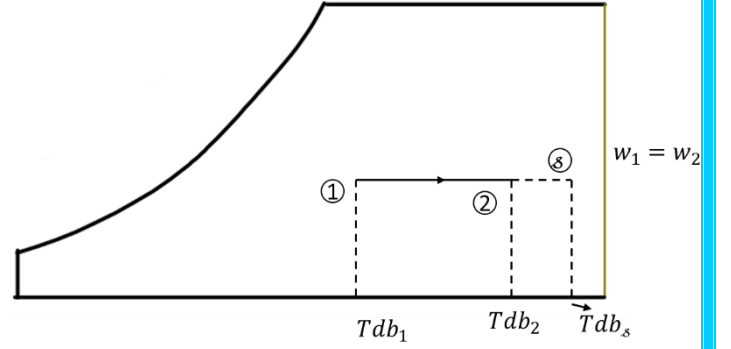
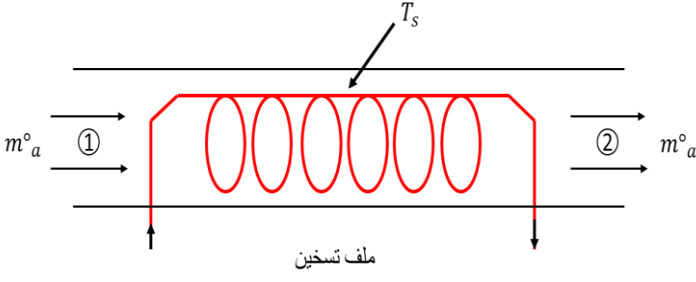
• مثال علي نقطة ١



• خطوط الحجم النوعية V°

❖ العمليات السيكمترية

1- عملية التسخين المحسوس :-



$$Q_{hc} = m_a (h_2 - h_1)$$

$$\eta_{hc} = \frac{h_2 - h_1}{h_s - h_1}$$

Q_{hc} سعة ملف التسخين وتقاس kw

m_a معدل سريان الهواء ويقاس kg/sec

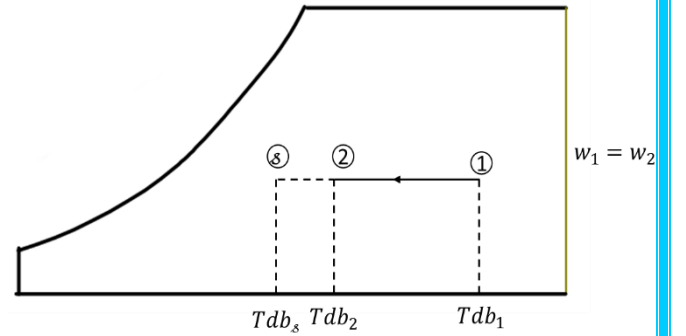
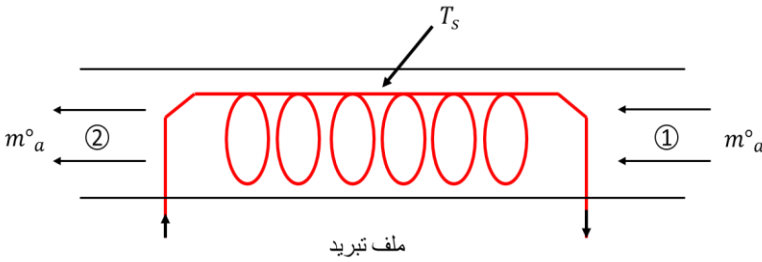
h_2 الانثالي عند الخروج ويقاس Kj/kg

h_1 الانثالي عند الدخول ويقاس Kj/kg

h_s انثالي سطح ملف التسخين ويقاس Kj/kg

η_{hc} كفاءة ملف التسخين .

2- عملية التبريد المحسوس :-



$$Q_{cc} = m_a (h_1 - h_2)$$

$$\eta_{cc} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_s}$$

Q_{cc} سعة ملف التبريد وتقاس kw

m_a معدل سريان الهواء ويقاس kg/sec

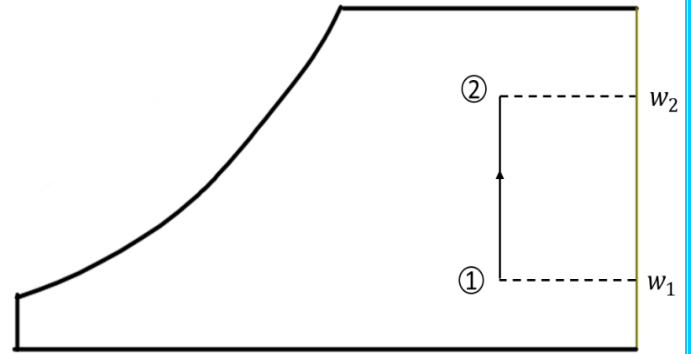
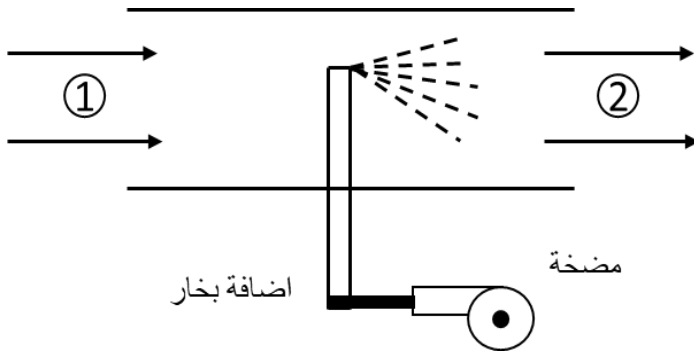
h_2 الانثالي عند الخروج ويقاس Kj/kg

h_1 الانثالي عند الدخول ويقاس Kj/kg

h_s انثالي سطح ملف التبريد ويقاس Kj/kg

η_{cc} كفاءة ملف التبريد .

3- عملية الترطيب :-



$$m_{wv}^{\circ} = m_a^{\circ} (w_2 - w_1)$$

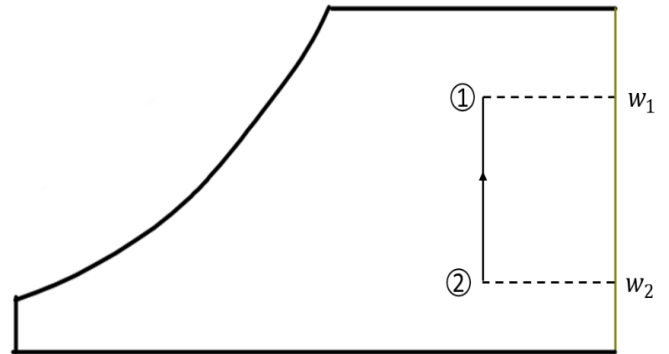
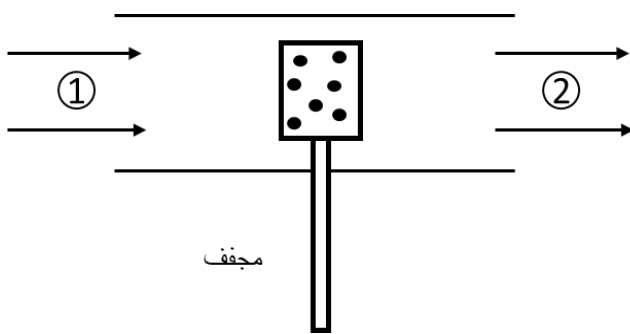
m_{wv}° كمية بخار الماء المضافة وتقاس g/sec

m_a° معدل سريان الهواء ويقاس kg/sec

w_2 الرطوبة النوعية عند الخروج وتقاس gw/kgair

w_1 الرطوبة النوعية عند الدخول وتقاس gw/kgair

4- عملية ازالة الرطوبة " التجفيف " :-



$$m_w^{\circ} = m_a^{\circ} (w_1 - w_2)$$

m_w° كمية بخار الماء المزال وتقاس g/sec

m_a° معدل سريان الهواء ويقاس kg/sec

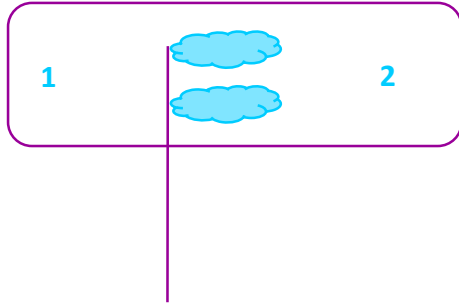
w_2 الرطوبة النوعية عند الخروج وتقاس gw/kgair

w_1 الرطوبة النوعية عند الدخول وتقاس gw/kgair

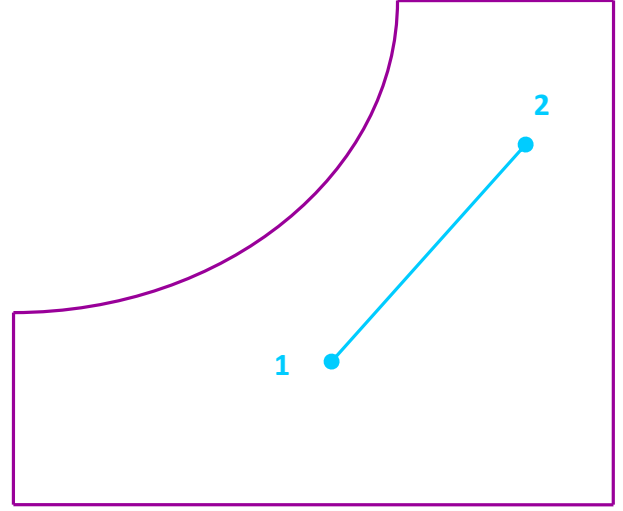
5 - عملية التسخين والترطيب (التسخين وأضافة الرطوبة):-

- تستخدم هذه العملية أربعة طرق مختلفة :-

أ- ترطيب وتسخين الهواء بأستخدام وحدة رش مياه ساخنة :-



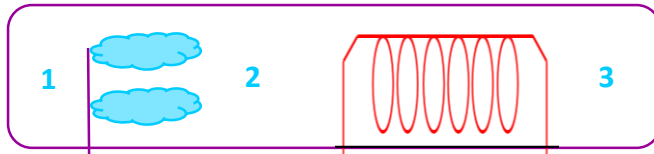
وحدة رش مياه ساخنة



$$Q^{\circ}_h = m^{\circ}_a (h_2 - h_1)$$

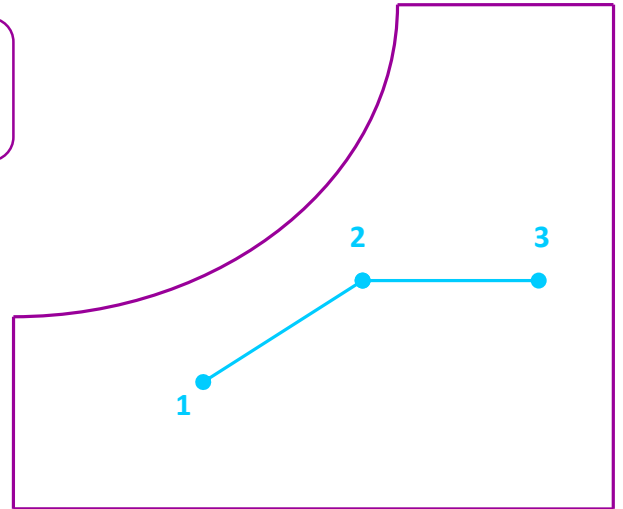
$$m^{\circ}_w = m^{\circ}_a (w_2 - w_1)$$

ب- ترطيب وتسخين الهواء بأستخدام وحدة ترطيب بخار ثم سخان كهربائي :-



سخان كهربائي

وحدة رش مياه ساخنة



$$Q^{\circ}_{hv} = m^{\circ}_a (h_2 - h_1)$$

$$Q^{\circ}_{hc} = m^{\circ}_a (h_3 - h_2)$$

$$m^{\circ}_{wv} = m^{\circ}_a (w_2 - w_1)$$

$$Q^{\circ}_T = Q^{\circ}_{hv} + Q^{\circ}_{hc}$$

$$Q^{\circ}_T = m^{\circ}_a (h_3 - h_1)$$

Q°_{hv} سعة وحدة البخار وتقاس kw

Q°_{hc} سعة ملف التسخين ويقاس kw

m°_{wv} كمية بخار الماء المضافة وتقاس g/sec

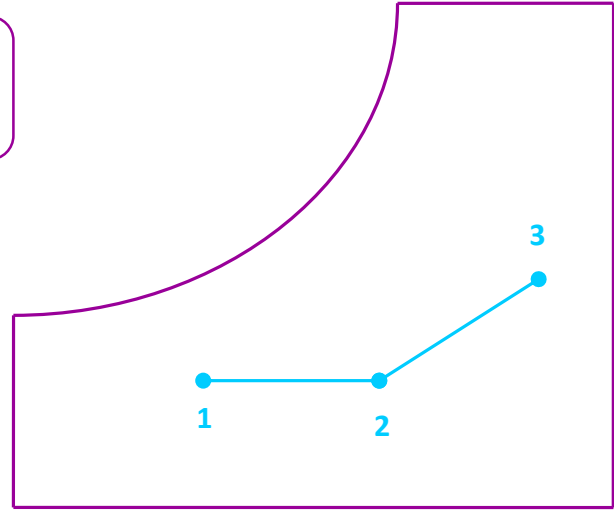
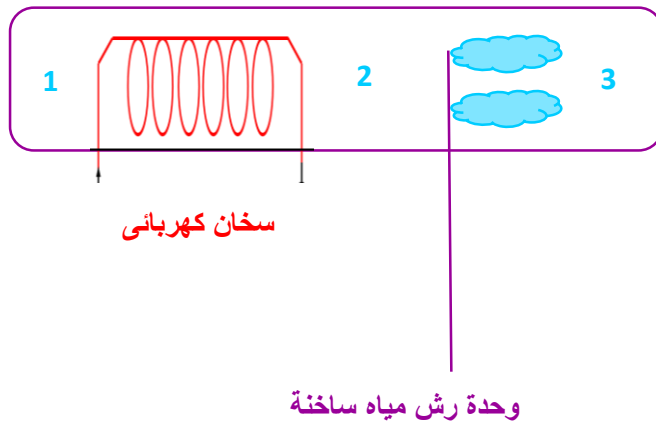
m°_a معدل سريان الهواء ويقاس kg/sec

h الانتالبي عند الدخول والخروج ويقاس Kj/kg

w الرطوبة النوعية عند الدخول وتقاس gw/kgair

Q°_T كمية الحرارة الكلية للعملية وتقاس kw

ج - ترطيب وتسخين الهواء باستخدام سخان كهربائي ثم وحدة ترطيب بخار:-



$$Q^{\circ}_{hv} = m^{\circ}_a (h_3 - h_2)$$

$$Q^{\circ}_{hc} = m^{\circ}_a (h_2 - h_1)$$

$$m^{\circ}_{wv} = m^{\circ}_a (w_3 - w_2)$$

$$Q^{\circ}_T = Q^{\circ}_{hv} + Q^{\circ}_{hc}$$

$$Q^{\circ}_T = m^{\circ}_a (h_3 - h_1)$$

Q°_{hv} سعة وحدة البخار وتقاس kw

Q°_{hc} سعة ملف التسخين ويقاس kw

m°_{wv} كمية بخار الماء المضافة وتقاس g/sec

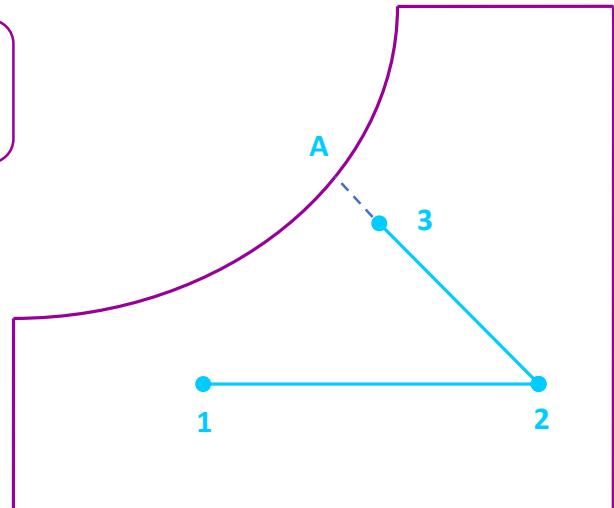
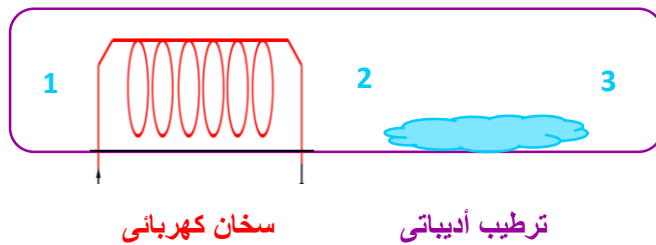
m°_a معدل سريان الهواء ويقاس kg/sec

h الانتالبي عند الدخول والخروج ويقاس Kj/kg

w الرطوبة النوعية عند الدخول وتقاس gw/kgair

Q°_T كمية الحرارة الكلية للعملية وتقاس kw

د - ترطيب وتسخين الهواء باستخدام سخان كهربائي ثم وحدة ترطيب أديباتي :-



$$Q^{\circ}_{hc} = m^{\circ}_a (h_2 - h_1)$$

$$m^{\circ}_w = m^{\circ}_a (w_3 - w_2)$$

$$\square hc = \frac{h_2 - h_1}{h_s - h_1}$$

$$\square w = \frac{w_3 - w_2}{w_A - w_2}$$

Q°_{hc} سعة ملف التسخين ويقاس kw

m°_w كمية بخار الماء المضافة وتقاس g/sec

m°_a معدل سريان الهواء ويقاس kg/sec

h الانتالبي عند الدخول والخروج ويقاس Kj/kg

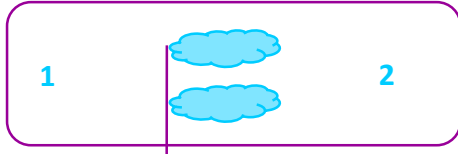
w الرطوبة النوعية عند الدخول وتقاس gw/kgair

η_{hc} كفاءة وحدة التسخين η_w كفاءة وحدة الترطيب

6 - عملية التبريد والترطيب (التبريد وأضافة الرطوبة) :-

- تستخدم هذه العملية طريقتان وهما :-

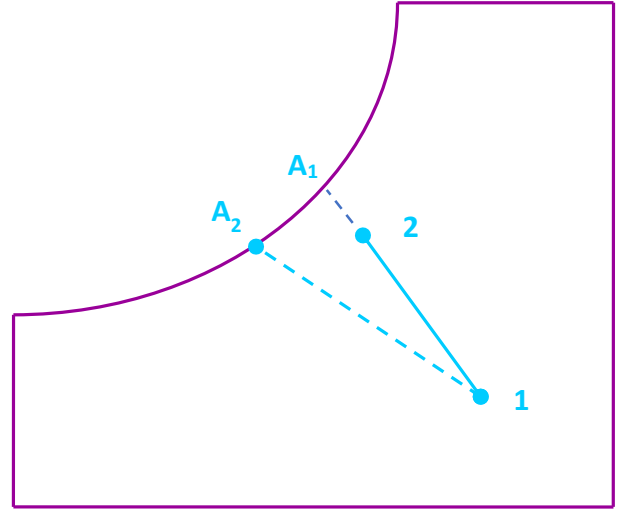
أ- عملية التبريد والترطيب باستخدام وحدة رش المياه الباردة :-



وحدة رش مياه باردة

$$m_w^o = m_a (w_2 - w_1)$$

$$\square W = \frac{w_2 - w_1}{w_A - w_1}$$



m_w^o كمية الماء المضافة وتقاس g/sec

η_w كفاءة وحدة الترطيب

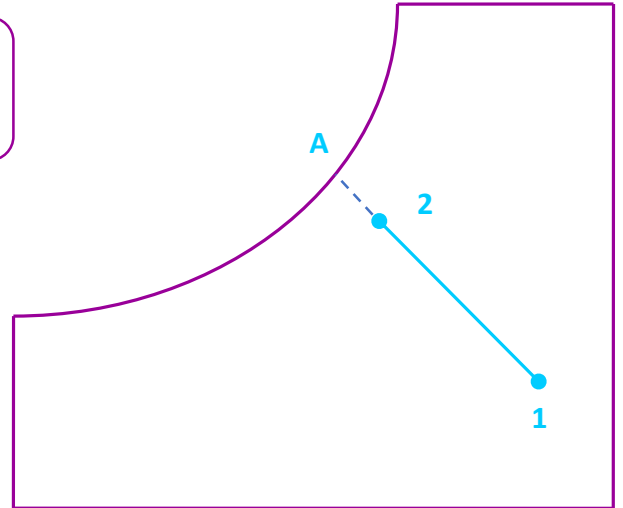
ب - عملية التبريد والترطيب الأديباتي :-



ترطيب أديباتي

$$m_w^o = m_a (w_2 - w_1)$$

$$\square W = \frac{w_2 - w_1}{w_A - w_1}$$



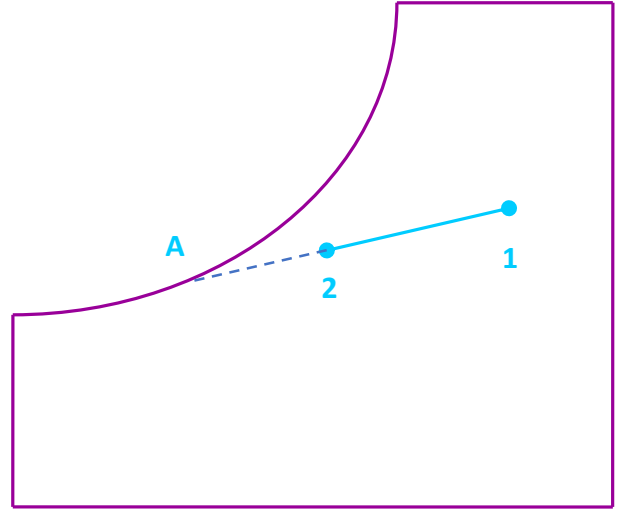
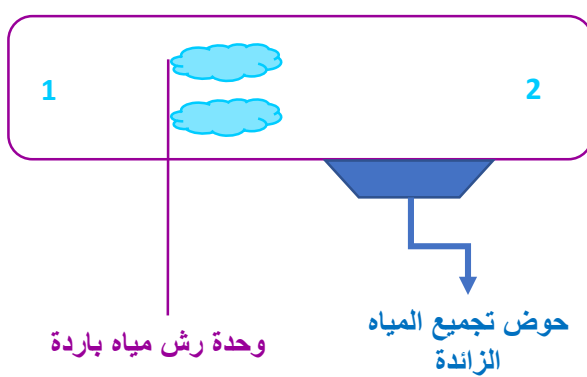
m_w^o كمية الماء المضافة وتقاس g/sec

η_w كفاءة وحدة الترطيب

7 - عملية التبريد وإزالة الرطوبة (التبريد والتجفيف) :-

- تستخدم هذه العملية طريقتان وهما :-

أ- عملية التبريد والتجفيف باستخدام وحدة رش مياه باردة (درجة حرارة الماء أقل من درجة الندى) :-



$$Q_c^\circ = m_a^\circ (h_1 - h_2)$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_1 - w_2)$$

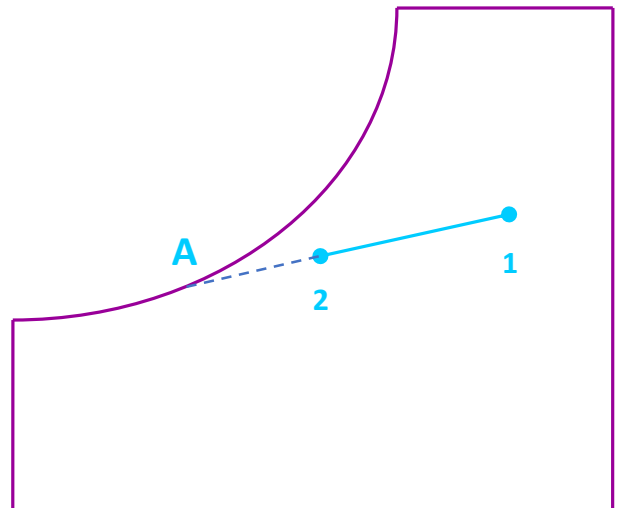
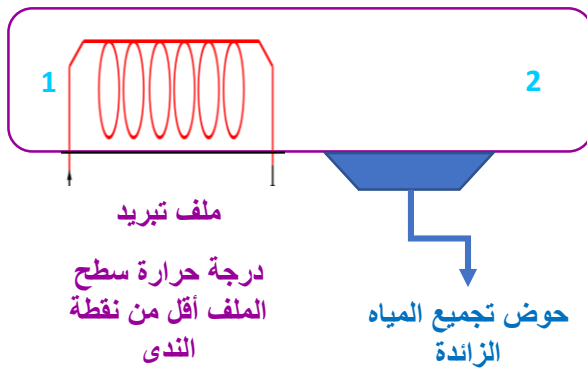
$$\square w = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_A}$$

Q_c° سعة حمل التبريد ويقاس kw

m_w° كمية الماء المزالة وتقاس g/sec

$\square w$ كفاءة وحدة رش المياه (التبريد والتجفيف)

ب - عملية التبريد والتجفيف باستخدام ملف تبريد (درجة حرارة ملف التبريد أقل من درجة الندى) :-



$$Q_c^\circ = m_a^\circ (h_1 - h_2)$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_1 - w_2)$$

$$\square c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_A}$$

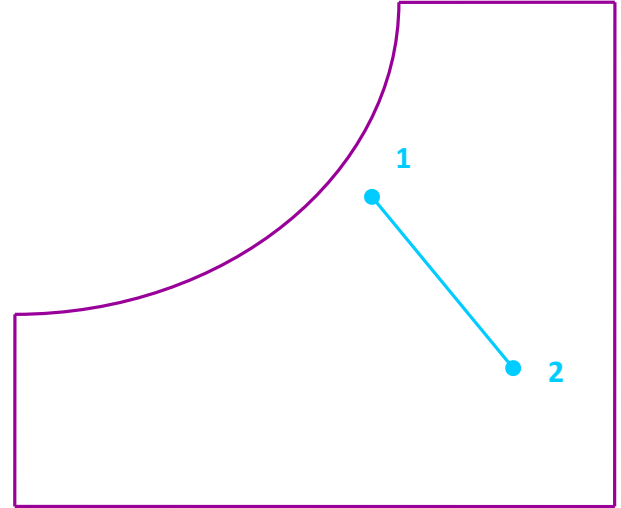
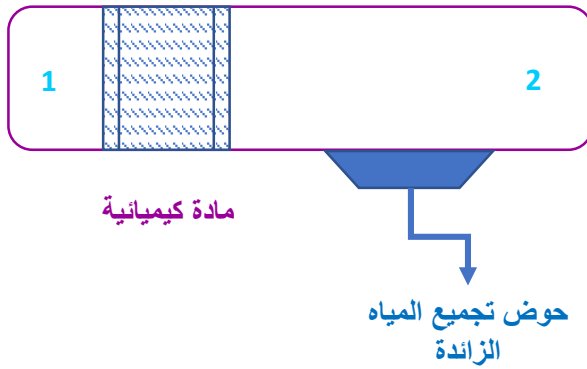
Q_c° سعة ملف التبريد ويقاس kw

m_w° كمية الماء المزالة وتقاس g/sec

$\square c$ كفاءة ملف التبريد

8 - عملية التسخين وإزالة الرطوبة (التسخين والتجفيف) :-

- يمكن أن تتم عملية التسخين وإزالة الرطوبة كيميائياً من خلال مرور الهواء على مواد صلبة مثل حبيبات السيلكا جيل أو أكسيد الألومنيوم النشط أو الفحم النباتي أو مرور الهواء على مواد سائلة مثل بروميد الليثيوم أو كلوريد الليثيوم فينتج عن ذلك انخفاض الرطوبة في الهواء مع زيادة درجة حرارته .



$$h_1 = h_2$$

m_w° كمية الماء المزالة وتقاس g/sec

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_1 - w_2)$$

9 - حساب معامل الحرارة المحسوسة :-

$$Q_s^\circ = m_a^\circ (h_x - h_1)$$

$$Q_l^\circ = m_a^\circ (h_2 - h_x)$$

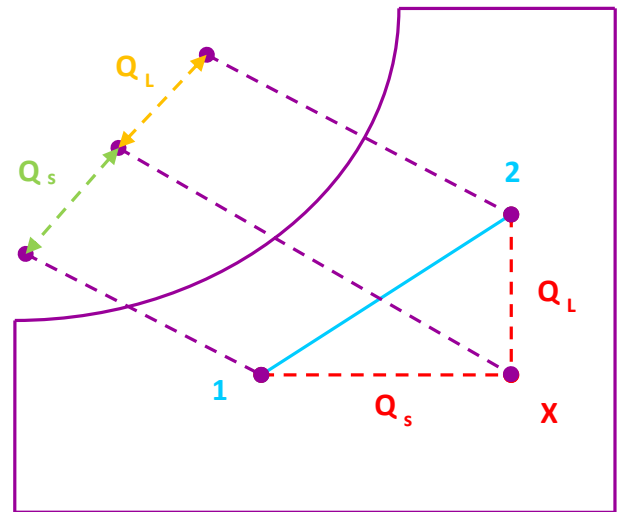
$$Q_T^\circ = Q_s^\circ + Q_l^\circ$$

$$Q_T^\circ = m_a^\circ (h_2 - h_1)$$

$$S.H.F = \frac{Q_s^\circ}{Q_T^\circ}$$

$$S.H.F = \frac{m_a^\circ (h_x - h_1)}{m_a^\circ (h_2 - h_1)}$$

$$S.H.F = \frac{(h_x - h_1)}{(h_2 - h_1)}$$



Q_s° كمية الحرارة المحسوسة وتقاس kw

Q_l° كمية الحرارة الكامنة وتقاس kw

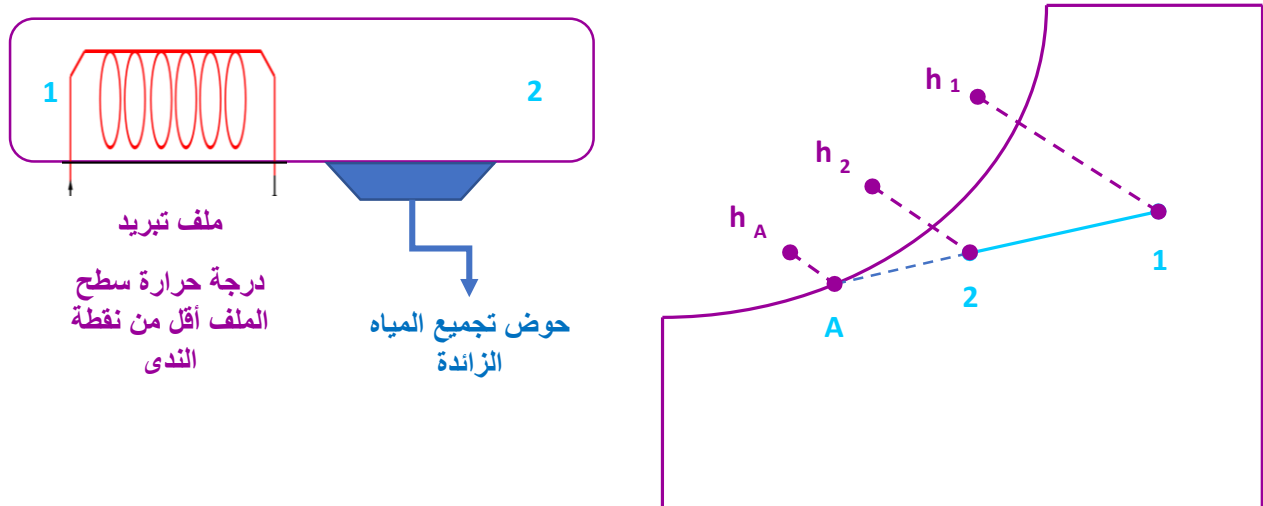
Q_T° كمية الحرارة الكلية وتقاس kw

$S.H.F$ معامل الحرارة المحسوسة وليس له وحدة قياس

ويكون الناتج أقل من الواحد الصحيح .

مثال رقم 1 :-

هواء عند درجة حرارة جافة (30C) ودرجة حرارة رطوبة (20C) يتم امراره علي ملف تبريد درجة الحرارة لسطحه (8C). فاذا كانت درجة حرارة الهواء الخارج من الملف عند (20 C) مع العلم ان كتلة الهواء المار (1Kg/sec). فأحسب سعة ملف التبريد وكذلك كمية الماء المزال من الهواء وكفاءة ملف التبريد.



- من الخريطة :-

$$h_1 = 57.5 \frac{KJ}{Kg}, \quad h_2 = 42.5 \frac{KJ}{Kg}, \quad h_A = 24.5 \frac{KJ}{Kg}$$

$$W_1 = 10.6 \text{ g/kg air}, \quad W_2 = 8.8 \text{ g/kg air}$$

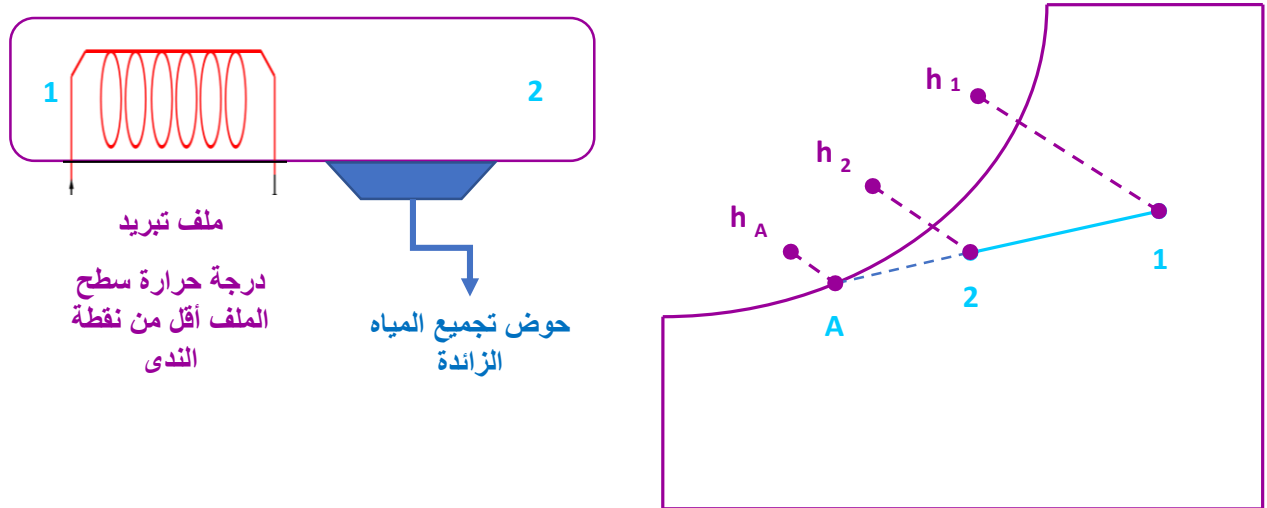
$$Q_c = m_a (h_1 - h_2) \\ = 1 \times (57.5 - 42.5) = 15 \text{ kw}$$

$$m_w = m_a (w_1 - w_2) \\ = 1 \times (10.6 - 8.8) = 1.8 \text{ g/sec}$$

$$\eta_c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_A} \\ = \frac{57.5 - 42.5}{57.5 - 24.5} = 0.45 = 45 \%$$

مثال رقم 2 :-

عند تبريد هواء حالته (30C) جافة و (25) رطبة ، بواسطة مبادل حراري غير معلوم درجة حرارته كان الهواء الخارجي عند (19C) ورطوبة نسبية (RH=90%) والمطلوب تحديد درجة حرارة سطح المبادل الحراري ، ومعدل تكثف الماء ، وقدرة ملف التبريد بالطن تبريد ، وكفاءة ملف التبريد مع العلم ان معدل السريان (3600Kg/hr).



- من الخريطة :-

$$h_1 = 76.5 \frac{KJ}{Kg}, \quad h_2 = 50.5 \frac{KJ}{Kg}, \quad h_A = 36.5 \frac{KJ}{Kg}$$

$$W_1 = 18 \text{ g/kg air}, \quad W_2 = 12.5 \text{ g/kg air}$$

$$T_A = 13 \text{ C}$$

$$Q_c^\circ = m_a^\circ (h_1 - h_2)$$

$$= 1 \times (76.5 - 50.5) = 26 = \frac{26}{3.5} = 7.43 \text{ T.R}$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_1 - w_2)$$

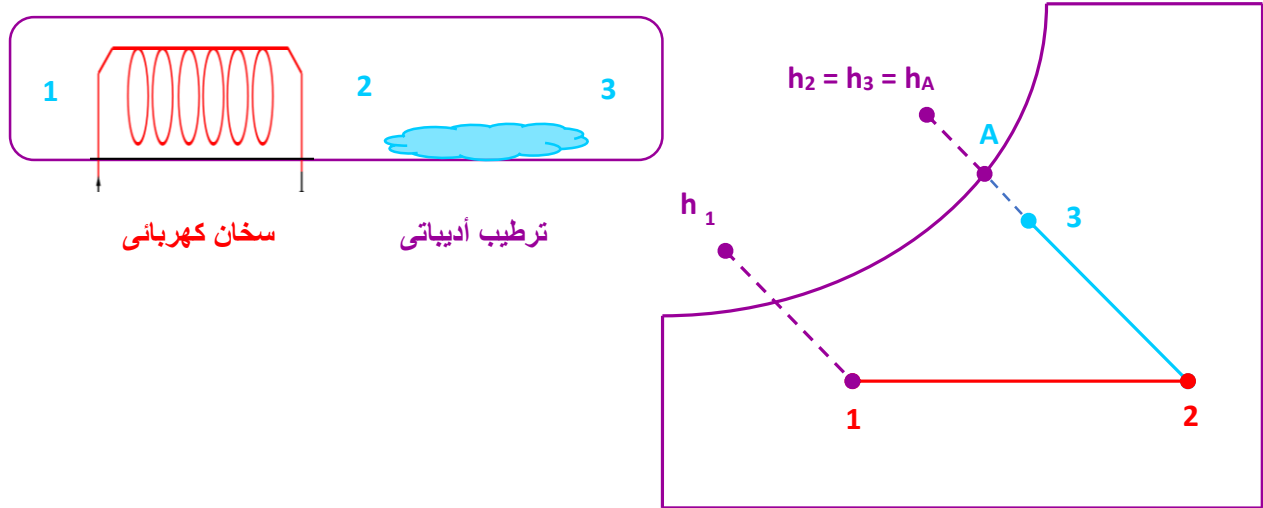
$$= 1 \times (18 - 12.5) = 5.6 \text{ g/sec}$$

$$\eta_c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_A}$$

$$= \frac{76.5 - 50.5}{76.5 - 36.5} = 0.65 = 65 \%$$

مثال رقم 3 :-

هواء درجة حرارته الجافة (10C) ودرجة الحرارة الرطبة (7C) يراد الوصول به الى درجة حرارة جافة (28C) ورطوبة نسبية (RH=50%) وذلك بامراره علي ملف تسخين محسوس ثم وحدة تبريد اديباتيكية فأحسب قدرة السخان المطلوب وكذلك كفاءة وحدة الترطيب وكمية الماء اللازم للتعويض مع العلم ان كتلة الهواء (3600 kg/hr).



- من الخريطة :-

$$h_1 = 22.5 \frac{KJ}{Kg} , h_2 = 58.5 \frac{KJ}{Kg} = h_3 = h_A , W_1 = 5 \text{ g/kg air}$$

$$W_2 = 4.7 \text{ g/kg air} , W_3 = 11.8 \text{ g/kg air} , W_A = 14.9 \text{ g/kg air}$$

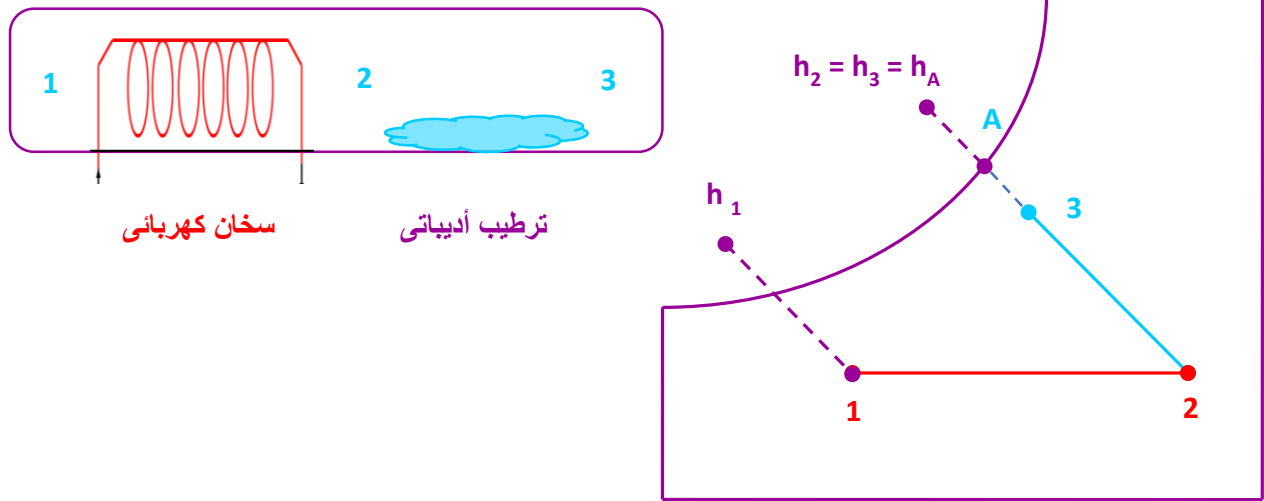
$$Q_{hc}^{\circ} = m_a^{\circ} (h_2 - h_1) \\ = 1 \times (58.5 - 22.5) = 36 \text{ kw}$$

$$\eta_w = \frac{W_3 - W_2}{W_A - W_2} \\ = \frac{11.8 - 4.7}{14.9 - 4.7} = 0.70 = 70 \%$$

$$m_w^{\circ} = m_a^{\circ} (W_3 - W_2) \\ = 1 \times (11.8 - 4.7) = 7 \text{ g/sec}$$

مثال رقم 4 :-

هواء درجة حرارته الجافة (15C) ورطوبته النسبية (RH=40%) وكتلته (2Kg/sec) يتم امراره علي سخان كهربائي قدرته (32Kw) ووحدة ترطيب اديباتيكية حتي رطوبة نسبية (RH=70%) فأحسب خواص الهواء عند خروجه من السخان وكذلك كفاءة وحدة الترطيب المستخدمة وكمية الماء اللازم لوحدة الترطيب.



- من الخريطة :-

$$h_1 = 26 \frac{KJ}{Kg}, \quad h_2 = h_3 = h_A, \quad W_1 = 4.2 \text{ g/kg air}$$

$$W_2 = 4.2 \text{ g/kg air}, \quad W_3 = 9.2 \text{ g/kg air}, \quad W_A = 10.7 \text{ g/kg air}$$

$$Q_{hc}^{\circ} = m_a^{\circ} (h_2 - h_1)$$

$$32 = 2 \times (h_2 - 26), \quad h_2 = \frac{32}{2} + 26 = 42 \frac{KJ}{Kg}$$

- خواص الهواء عند خروجه من السخان :-

$$T.D.b_2 = 30.6 \text{ c}, \quad T.W.b_2 = 15 \text{ c}, \quad D.P_2 = 1.5 \text{ c}$$

$$W_2 = 4.2 \text{ g/kg air}, \quad R.H_2 = 17 \%, \quad v_2 = 0.86, \quad \rho = 1.16 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta_w = \frac{W_3 - W_2}{W_A - W_2}$$

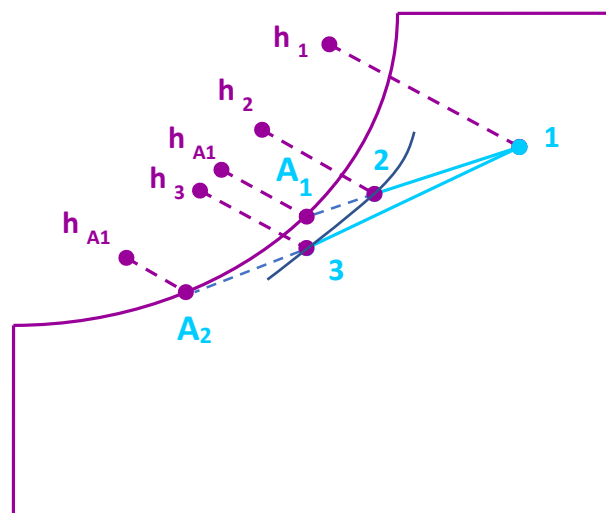
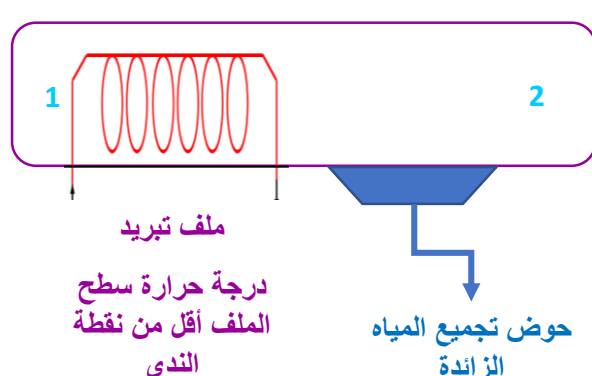
$$= \frac{9.2 - 4.2}{10.7 - 4.2} = 0.77 = 77 \%$$

$$m_w^{\circ} = m_a^{\circ} (W_3 - W_2)$$

$$= 2 \times (9.2 - 4.2) = 10 \text{ g/sec}$$

مثال رقم 5 :-

ملف تبريد درجة حرارته في بداية التبريد (15C) وبعد فترة أصبحت (5C) فإذا كان الهواء المار علي الملف (35C) جافة ورطوبة (25C) ومعدل السريران له (30Kg/min) والمطلوب تحديد خواص الهواء في الحالتين وكذلك كمية الماء المتكاثفة ، وأيضا قدرة ملف التبريد بالطن تبريد مع العلم ان الهواء يترك الملف في الحالتين عند رطوبة نسبية (RH=70%).



- خواص الهواء في الحالة الأولى :-

$$\text{T.D.}b_2 = 24 \text{ c} \quad , \quad \text{T.W.}b_2 = 20 \text{ c} \quad , \quad \text{D.P}_2 = 18 \text{ c} \quad , \quad h_2 = 57.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$W_2 = 13 \text{ g/kg air} \quad , \quad \text{R.H}_2 = 70 \% \quad , \quad v_2 = 0.86 \quad , \quad \rho = 1.16 \text{ kg/m}^3$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_2 - w_1)$$

$$= 0.5 \times (15.9 - 13) = 1.45 \text{ g/sec}$$

$$Q_c^\circ = m_a^\circ (h_1 - h_2)$$

$$= 0.5 \times (76.5 - 57.5) = 7.75 \text{ kw}$$

- خواص الهواء في الحالة الثانية :-

$$\text{T.D.b}_3 = 21.5 \text{ c} \quad , \quad \text{T.W.b}_3 = 17.8 \text{ c} \quad , \quad \text{D.P}_3 = 15.2 \text{ c} \quad , \quad \text{h}_3 = 50.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$W_3 = 11.2 \text{ g/kg air} \quad , \quad \text{R.H}_3 = 70 \% \quad , \quad v_3 = 0.85 \quad , \quad \rho = 1.18 \text{ kg/m}^3$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_1 - w_3)$$

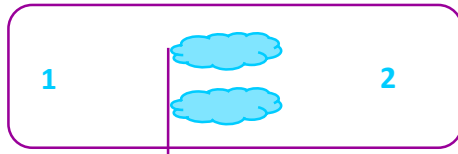
$$= 0.5 \times (15.9 - 11.2) = 2.35 \text{ g/sec}$$

$$Q_c^\circ = m_a^\circ (h_1 - h_3)$$

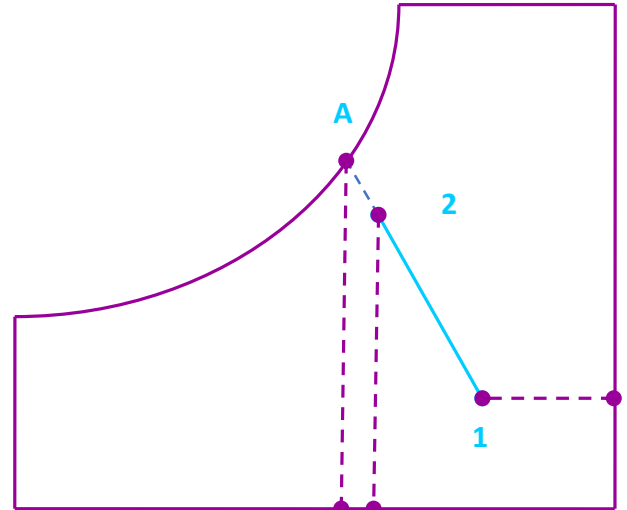
$$= 0.5 \times (76.5 - 50.5) = 13 \text{ kw} = \frac{13}{3.5} = 3.7 \text{ T.R}$$

مثال رقم 6 :-

عند تشغيل وحدة ترطيب بماء درجة حرارته (22C) وكان الهواء الخارج منها عند (30C) جافة و (21C) رطبة وإذا كانت كفاءة وحدة الترطيب (60%) فحدد خواص الهواء الداخل إلى الوحدة وكذلك كمية الماء اللازم لوحدة الترطيب مع العلم أن كتلة الهواء المار (1Kg/sec).



وحدة رش مياه باردة



- من الخريطة :-

$$h_2 = 61 \frac{KJ}{Kg} , \quad W_A = 16.5 \text{ g/kg air} , \quad W_2 = 12 \text{ g/kg air}$$

- خواص الهواء الداخل إلى الوحدة :-

$$T.D.b_1 = 41 \text{ c} , \quad T.W.b_1 = 19.5 \text{ c} , \quad D.P_1 = 4.5 \text{ c} , \quad h_1 = 56 \frac{KJ}{Kg}$$

$$R.H_1 = 17 \% , \quad v_1 = 0.9 , \quad \rho = 1.11 \frac{kg}{m^3}$$

$$\eta_w = \frac{w_2 - w_1}{w_A - w_1}$$

$$0.6 = \frac{12 - w_1}{16.5 - w_1}$$

$$12 - w_1 = 0.6 (16.5 - w_1)$$

$$12 - 9.9 = (w_1 - 0.6 w_1)$$

$$2.1 = w_1 (1 - 0.6)$$

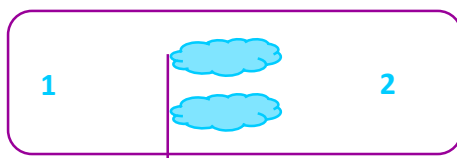
$$w_1 = \frac{2.1}{0.4} = 5.25 \text{ g/kg air}$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_2 - w_1)$$

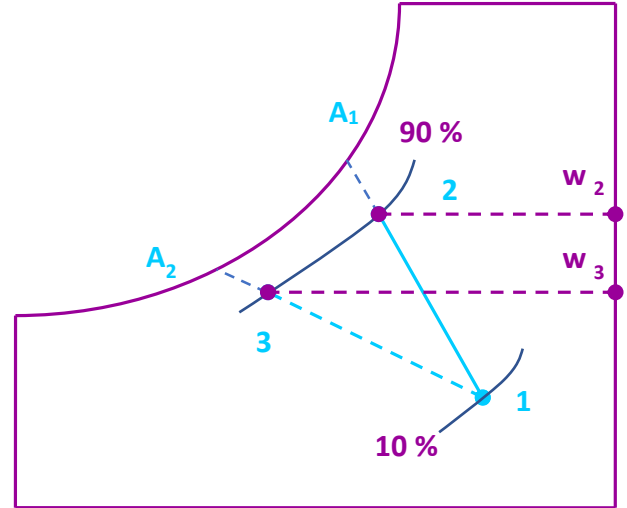
$$= 1 \times (12 - 5.25) = 6.75 \text{ g/sec}$$

مثال رقم 7 :-

وحدة تبريد تستخدم ماء بارد درجة حرارته (25C) وكان الهواء المار عليها درجة حرارته الجافة (40C) ورطوبته النسبية (RH=10%) يخرج الهواء عند رطوبة نسبية (RH=90%) فأحسب كفاءة وحدة الترطيب وكذلك كمية الماء المطلوب وإذا أمكننا استخدام ماء درجة حرارته (15C) قارن بين النتائج مع افتراض أن الهواء يخرج أيضا عند رطوبة نسبية (RH=90%) مع العلم أن كتلة الهواء المار على الوحدة يساوي (1 Kg/sec.).



وحدة رش مياه باردة



- من الخريطة :-

$$W1 = 4.5 \text{ g/kg air} , W2 = 19 \text{ g/kg air} , W3 = 10.4 \text{ g/kg air}$$

$$WA1 = 20 \text{ g/kg air} , WA2 = 10.8 \text{ g/kg air}$$

- الحالة الأولى :-

$$\eta_w = \frac{w_2 - w_1}{w_{A1} - w_1} = \frac{19 - 4.5}{20 - 4.5} = 0.936 = 93.6 \%$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_2 - w_1)$$

$$= 1 \times (19 - 4.5) = 14.5 \text{ g/sec}$$

- الحالة الثانية :-

$$\eta_w = \frac{w_3 - w_1}{w_{A2} - w_1} = \frac{10.4 - 4.5}{10.8 - 4.5} = 0.937 = 93.7 \%$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_3 - w_1)$$

$$= 1 \times (10.4 - 4.5) = 5.9 \text{ g/sec}$$

- الحالة الثانية أفضل كفاءة وأقل استخدام للمياه وبالتالي أقل استهلاك للطاقة .

مثال رقم 8 :-

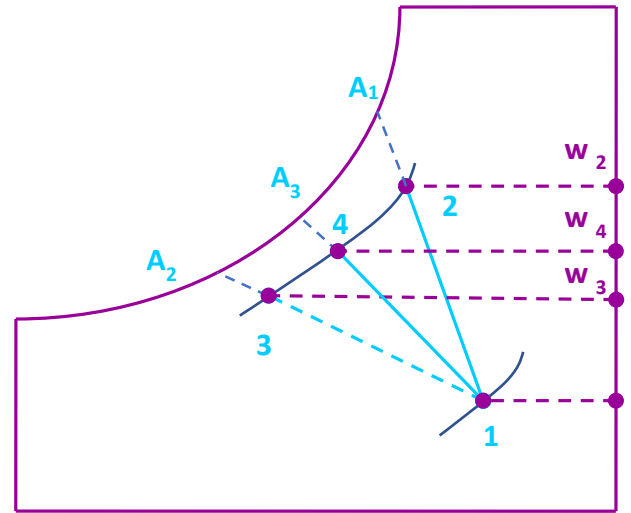
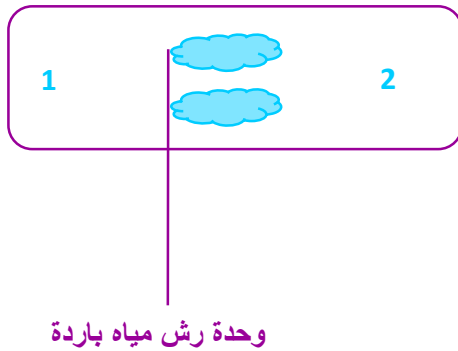
وحدة لترطيب الهواء كان الهواء يدخل الوحدة عند درجة حرارة جافة (40C) ورطوبة نسبية (RH=10%) وعملت الوحدة في الحالات الآتية :-

أ- درجة حرارة الماء عند (15 °C) حتي رطوبة نسبية (RH=60%)

ب- درجة حرارة الماء (20 °C) حتي درجة حرارة جافة (30 C)

ج- ترطيب اديباتيكي حتي رطوبة نسبية (RH=80%) .

والمطلوب حساب كفاءة وحدة الترطيب وحساب كمية الماء المتبخرة للثلاث حالات .



- الحالة الأولى :-

$$\eta_w = \frac{w_2 - w_1}{w_{A1} - w_1} = \frac{9.2 - 4.5}{10.5 - 4.5} = 0.78 = 78 \%$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_2 - w_1) = 1 \times (9.2 - 4.5) = 4.7 \text{ g/sec}$$

- الحالة الثانية :-

$$\eta_w = \frac{w_3 - w_1}{w_{A2} - w_1} = \frac{10.7 - 4.5}{15.8 - 4.5} = 0.54 = 54 \%$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_3 - w_1) = 1 \times (10.7 - 4.5) = 6.2 \text{ g/sec}$$

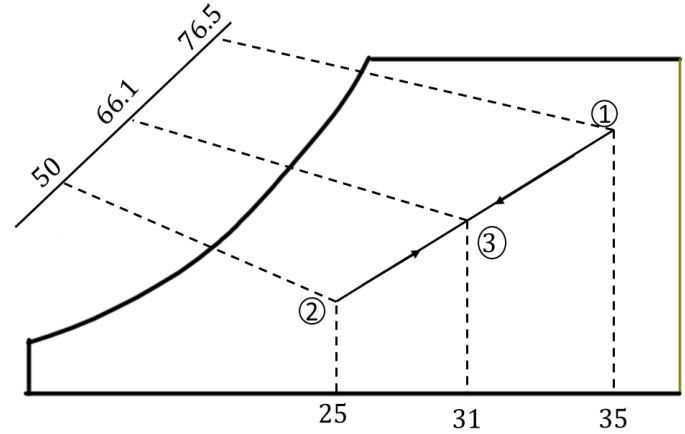
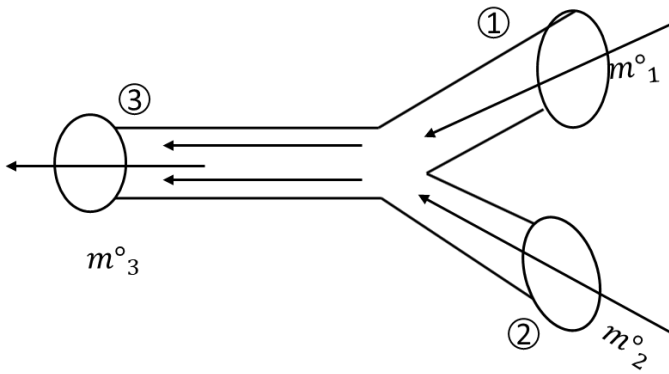
- الحالة الثالثة :-

$$\eta_w = \frac{w_4 - w_1}{w_{A3} - w_1} = \frac{12.5 - 4.5}{13.5 - 4.5} = 0.88 = 88 \%$$

$$m_w^\circ = m_a^\circ (w_4 - w_1) = 1 \times (12.5 - 4.5) = 8 \text{ g/sec}$$

مثال (9) :-

يتدفق تيار من الهواء الخارجي بمعدل 6000 liter/sec ، درجة حرارته الجافة 35 درجة مئوية والرطوبة 25 درجة مئوية ، يتم خلطه أدياباتيكيًا مع هواء راجع بمعدل 3700 liter/sec ، درجة حرارته الجافة 25 درجة مئوية ورطوبة نسبية 50 % ، أوجد خواص الهواء بعد عملية الخلط .



-من الخريطة :-

$$h_1 = 76.5 \text{ kJ} , \quad h_2 = 50 \text{ kJ} , \quad u_1^\circ = 0.895 \text{ m}^3/\text{kg} , \quad u_2^\circ = 0.858 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$m_1^\circ = \frac{V_1^\circ}{u_1^\circ} = \frac{6000}{1000 * 0.895} = 6.7 \text{ kg/sec}$$

$$m_2^\circ = \frac{V_2^\circ}{u_2^\circ} = \frac{3700}{1000 * 0.858} = 4.3 \text{ kg/sec}$$

$$m_1^\circ h_1 + m_2^\circ h_2 = m_3^\circ h_3$$

$$h_3 = \frac{m_1^\circ h_1 + m_2^\circ h_2}{m_3^\circ} = \frac{6.7 * 76.5 + 4.3 * 50}{6.7 + 4.3} = 66.1 \text{ kJ/kg}$$

خواص الهواء بعد عملية الخلط :-

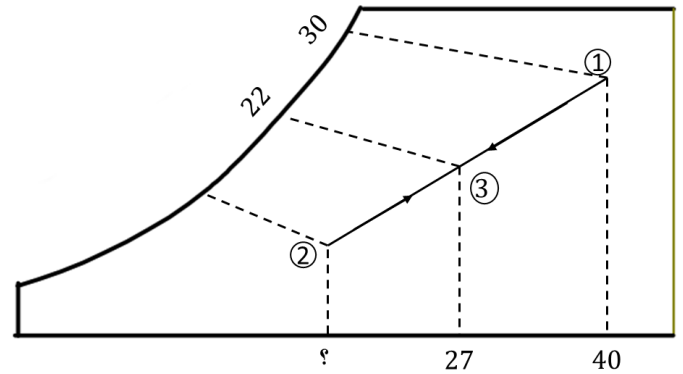
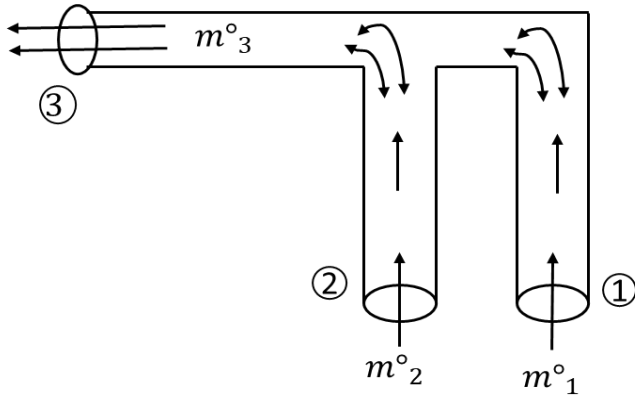
$$T_{db3} = 31^\circ\text{C} , \quad T_{wb3} = 22.4^\circ\text{C} , \quad D.P_3 = 18.5^\circ\text{C}$$

$$w_3 = 13.5 \text{ g/kg} , \quad v_3^\circ = 0.88 \text{ m}^3/\text{kg} , \quad \rho = 1.13 \text{ kg/m}^3$$

مثال (10) :-

عند خلط كمية معلومة من هواء كتلته (2.32 Kg/sec) درجة حرارته الجافة 40 درجة مئوية ودرجة حرارته الرطبة 30 درجة مئوية ، بكمية كتلتها (4.2 Kg/sec) ومجهولة الخواص ، فكان الهواء الناتج عند 27 درجة مئوية جافة ودرجة حرارة رطبة 22 مئوية ، فحدد خواص الهواء الذي كتلته (4.2 Kg/sec).

الحل :-



من الخريطة :-

$$h_1 = 100 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 64.5 \text{ kJ/kg}$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = m_3 h_3$$

$$m_2 h_2 = m_3 h_3 - m_1 h_1$$

$$\therefore h_2 = \frac{m_3 h_3 - m_1 h_1}{m_2} = \frac{(2.32 + 4.2) * 64.5 - 2.32 * 100}{4.2}$$

$$h_2 = 44.9 \cong 45 \text{ kJ/kg}$$

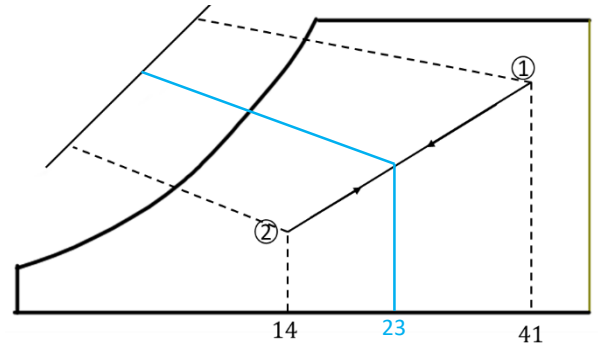
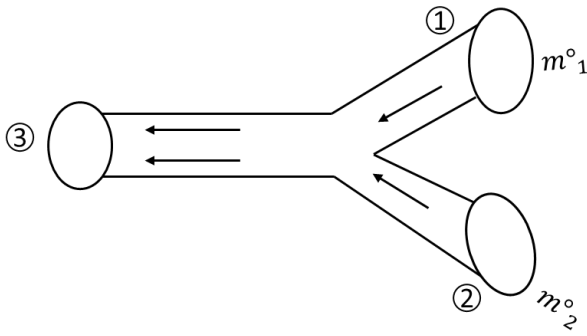
خواص الهواء عند النقطة 2 :-

$$T_{db2} = 20^\circ \text{C} , \quad T_{wb2} = 16^\circ \text{C} , \quad D.P_2 = 14^\circ \text{C}$$

$$w_2 = 9.8 \text{ g/kg} , \quad V_2 = 0.845 \text{ m}^3/\text{kg} , \quad \rho_2 = 1.18 \text{ kg/m}^3$$

مثال (11) :-

هواء خارجي درجة حرارته الجافة 41 درجة مئوية ، ودرجة حرارته الرطبة 21 درجة مئوية ، ومعدله $(4 \text{ m}^3/\text{sec})$ ، يتم خلطه بهواء راجع درجة حرارته الجافة 14 درجة مئوية ، ورطوبته النسبية $(RH=42\%)$ ، فكانت درجة حرارة الخليط 23 درجة مئوية جافة ، فأوجد معدل الهواء الراجع وكذلك معدل الهواء بعد الخلط.



من الخريطة :-

$$h_1 = 61 \text{ kJ/kg} , \quad h_2 = 24.5 \text{ kJ/kg} , \quad h_3 = 37 \text{ kJ/kg}$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = m_3 h_3$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = m_1 h_3 + m_2 h_3$$

$$m_1 h_1 - m_1 h_3 = m_2 h_3 - m_2 h_2$$

$$m_1 (h_1 - h_3) = m_2 (h_3 - h_2)$$

$$m_2 = \frac{m_1 (h_1 - h_3)}{(h_3 - h_2)} = \frac{4 (61 - 37)}{1.4 (37 - 24.5)}$$

$$m_2 = 5.36 \text{ kg/sec}$$

$$m_3 = m_1 + m_2 = 2.79 + 5.36 = 8.15 \text{ kg/sec}$$

أسئلة على العمليات السيكمومترية :-

- 1- سخان كهربائي يمر عليه هواء معدله (0.2Kg/sec) ودرجة حرارته الجافة (20C) ورطوبة نسبية (RH=60%) فخرج الهواء عند درجة حرارة جافة (45C) فأحسب قدرة السخان اللازم.
- 2- موتور كهربائي قدرته (2) حصان يبرد باستخدام هواء بارد درجة حرارته (25) جافة ورطوبة (17C) فاذا كان الهواء يخرج من الموتور عند (35C) وكفاءة الموتور (90%) فأحسب كمية الهواء اللازم لتبريد الموتور.
- 3- هواء عند درجة حرارة جافة (30C) ودرجة حرارة رطوبة (20C) يتم امراره علي ملف تبريد درجة الحرارة لسطحه (8C). فاذا كانت درجة حرارة الهواء الخارج من الملف عند (20C) مع العلم ان كتلة الهواء المار (1Kg/sec). فأحسب سعة ملف التبريد وكذلك كمية الماء المزال من الهواء وكفاءة ملف التبريد.
- 4- عند تبريد هواء حالته (30C) جافة و (25) رطوبة بواسطة مبادل حراري غير معلوم درجة حرارته كان الهواء الخارجي عند (19C) ورطوبة نسبية (RH=90%) والمطلوب تحديد درجة حرارة سطح المبادل الحراري ومعدل تكثف الماء وقدرة ملف التبريد بالطن تبريد مع العلم ان معدل السريان (3600Kg/hr).
- 5- هواء درجة حرارته الجافة (10C) ودرجة الحرارة الرطوبة (7C) يراد الوصول به الي درجة حرارة جافة (28C) ورطوبة نسبية (RH=50%) وذلك باممراره علي ملف تسخين محسوس ثم وحدة تبريد اديباتيكية فأحسب قدرة السخان المطلوب وكذلك كفاءة وحدة الترطيب وكمية الماء اللازم للتعويض مع العلم ان كتلة الهواء (3600 kg/hr).
- 6- هواء درجة حرارته (15C) جافة وانثالبيا (20Kj/Kg) يراد الوصول به الي درجة حرارة (25C) جافة و (17C) رطوبة وذلك باممراره علي سخان ثم وحدة ترطيب اديباتيكية فأحسب قدرة السخان وكذلك كفاءة وحدة الترطيب وكمية الماء اللازمة لوحدة الترطيب مع العلم ان كتلة الهواء المار (0.5Kg/sec).
- 7- هواء درجة حرارته الجافة (15C) ورطوبته النسبية (RH=40%) وكتلته (2Kg/sec) يتم امراره علي سخان كهربائي قدرته (32Kw) ووحدة ترطيب اديباتيكية حتي رطوبة نسبية (RH=70%) فأحسب خواص الهواء عند خروجه من السخان وكذلك كفاءة وحدة الترطيب المستخدمة وكمية الماء اللازم لوحدة الترطيب.
- 8- هواء درجة حرارته (35C) ورطوبته النسبية (RH=50%) وكتلته (0.5Kg/s) يمر علي ملف تبريد درجة حرارة سطحه (24C) فاذا كان التبادل الحراري مثالي حدد الخواص النهائية للهواء وكذلك السعة التبريدية لملف التبريد واذا برد سطح الملف واصبح (10C) فحدد خواص الهواء في الحالة الثانية وكذلك سعة ملف التبريد وايضا كمية الماء المتكاثف مع العلم ان الهواء يخرج في الحالتين برطوبة نسبية (70%).

9- ملف تبريد درجة حرارته في بداية التبريد (13C) وبعد فترة أصبحت (5C) فإذا كان الهواء المار علي الملف (35C) جافة ورطوبة (20C) ومعدل السريان له (30Kg/min) والمطلوب تحديد خواص الهواء في الحالتين وكذلك كمية الماء المتكاثفة وايضا قدرة ملف التبريد بالطن تبريد مع العلم ان الهواء يترك الملف في الحالتين عند رطوبة نسبية (RH=70%).

10- وحدة تبريد تستخدم ماء بارد درجة حرارته (25C) وكان الهواء المار عليها درجة حرارته الجافة (40C) ورطوبته النسبية (RH=10%) يخرج الهواء عند رطوبة نسبية (RH=90%) فأحسب كفاءة وحدة الترطيب وكذلك كمية الماء المطلوب واذا تم استخدام ماء درجة حرارته (15C) قارن بين النتائج مع أفترض ان الهواء يخرج ايضا عند رطوبة نسبية (RH=90%) مع العلم ان كتلة الهواء المار على الوحدة يساوي (0.8Kg/sec.).

11- عند تشغيل وحدة ترطيب بماء درجة حرارته (22C) وكان الهواء الخارج منها عند (30C) جافة و (21C) رطبة واذا كانت كفاءة وحدة الترطيب (60%) فحدد خواص الهواء الداخل الي الوحدة وكذلك كمية الماء اللازم لوحدة الترطيب مع العلم ان كتلة الهواء المار (1Kg/sec).

12- وحدة لترطيب الهواء كان الهواء يدخل الوحدة عند درجة حرارة جافة (40C) ورطوبة نسبية (RH=10%) وعملت الوحدة في الحالات الاتية:-

أ- درجة حرارة الماء عند (15 °C) حتي رطوبة نسبية (RH=60%)

ب- درجة حرارة الماء (20 °C) حتي درجة حرارة جافة (30C)

ج- ترطيب اديباتيكي حتي رطوبة نسبية (RH=80%).

والمطلوب حساب كفاءة وحدة الترطيب وحساب كمية الماء المتبخرة للثلاث حالات .

13- هواء خارجي درجة حرارته الجافة (35C) والرطوبة (22C) ومعدل (200lit/sec) يتم خلطه بهواء راجع درجة حرارته الجافة (20 C) ورطوبته النسبية (RH=40%) فكانت درجة حرارة الخليط (30C) جافة فأوجد معدل الهواء الراجع وكذلك معدل الهواء بعد الخلط.

14- عند خلط كمية معلومة من هواء كتلته (2Kg/sec) وعند درجة حرارة جافة (20C) و (12C) رطوبة بكمية كتلتها (5Kg/sec) ومجهولة الخواص فكان الهواء الناتج عند (28C) ورطوبة نسبية (RH=50%) فحدد خواص الهواء الذي كتلته (5Kg/sec).

15- كمية معينة من الهواء درجة حرارتها الجافة 18c ودرجة حرارتها الرطوبة 12c وقد اجريت على هذه الكمية عملية تسخين مع ترطيب حتى وصلت درجة حرارتها الجافة الى 30c والرطوبة 21c احسب :-

1- كمية الحرارة الكلية .

2- معامل الحرارة المحسوسة .