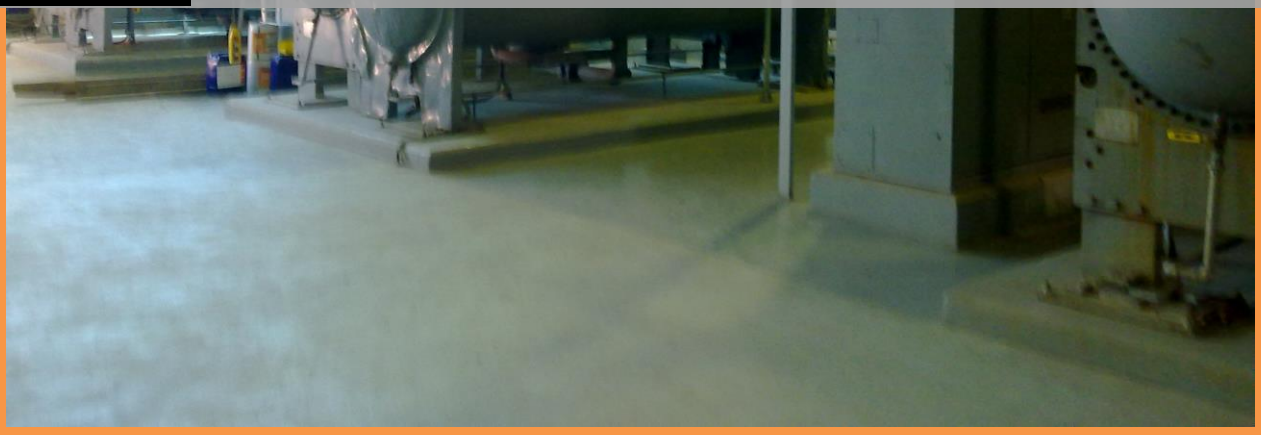
FUTURE WAY

# الباب الثاني الخريطة السيكرومترية

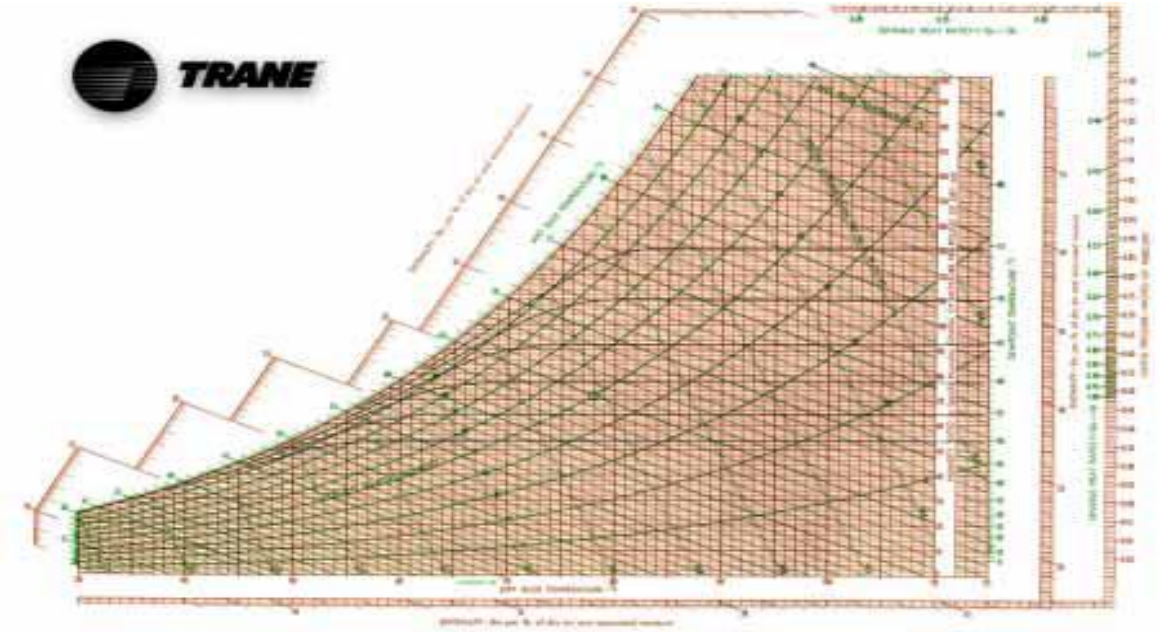


تكييف |اعداد م/ مصطفي فتحي
م/محمد نجم

## المحتويات

٢-١خواص الهواء Properties of air ..... ٢
٢-٢العمليات التى تتم على الخريطة ..... ٦
٢-٣خلط الهواء Air mixtures ..... ١٢
٢-٤ References ..... ١٨

# Psychometric Chart




**شكل-١.** يوضح الخريطة السيكرومترية

هى خريطة لتوضيح خصائص الهواء

## ٢-١ خواص الهواء Properties of air

1- dry-bulb temperature

درجة الحرارة الجافة للهواء و تقاس عن طريق الثرمومتر

2- wet-bulb temperature

درجة الحرارة الرطبة للهواء و تقاس عن طريق اضافة قطعة قماش بها ماء الى الثرمومتر

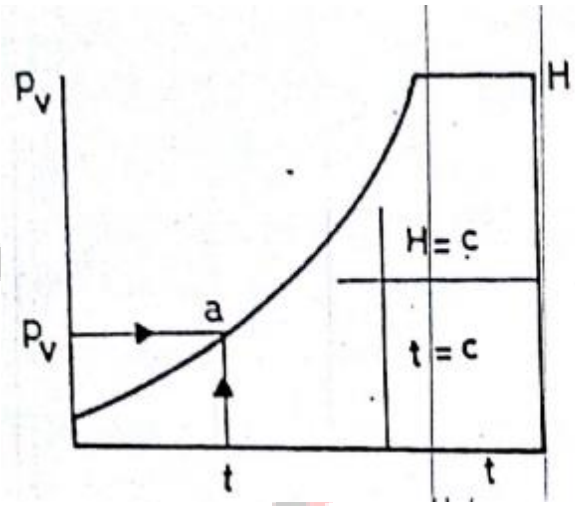
3- dew-point temperature

درجة حرارة الندى : هى درجة حرارة التى يحدث عندها تكثف لبخار الماء الموجود فى الهواء ويكون ضغطها هو ضغط التشبع لهذه الدرجة.

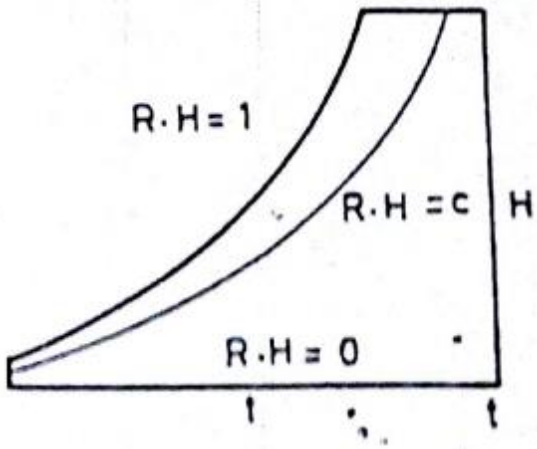
4- relative humidity

الرطوبة النسبية : هى النسبة بين ضغط التشبع لبخار الماء بالهواء (الندي) الي ضغط التشبع الاقصي لبخار الماء بالهواء وهو يحدث اذا ساوت درجة الحرارة الرطبة درجة الهواء الجافة وليس العكس ومعادلته.

$$R.H = P_{\nu}/P_{v,max} = f(d.P)/f(d.b)$$




**شكل-٢.** يوضح درجة الحرارة الجافة وضغط التشبع للماء عندها وذلك يمثل ضغط التشبع الاقصي لاي بخار ماء قد يتواجد بذلك الهواء وذلك الضغط هو مقام تعريف الرطوبة النسبية RH




**شكل-٣.** يوضح خطوط ثبات الرطوبة النسبية

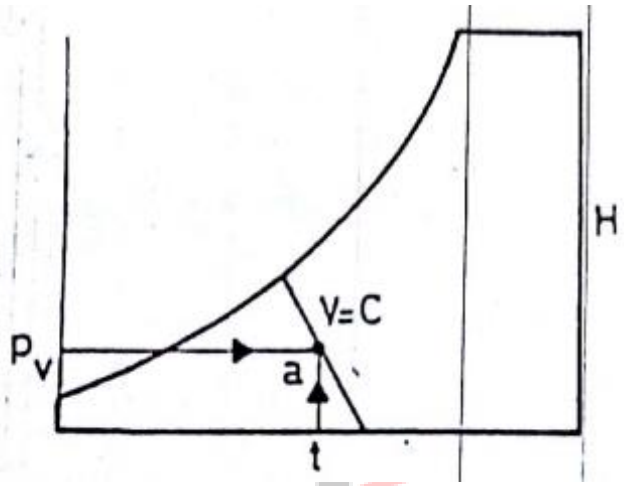
5- humidity ratio or specific humidity (w or Ψ)

الرطوبة النوعية او نسبة الرطوبة : وهي الوزن للمياه الموجودة فى الهواء الي وزن الهواء الجاف.

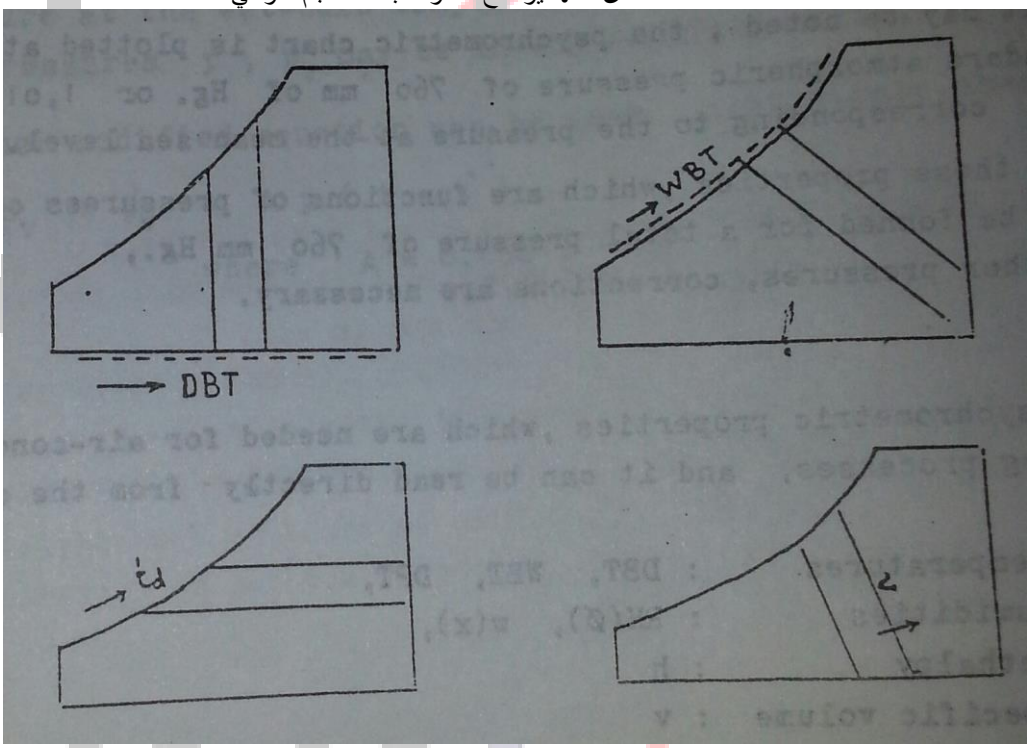
$$H = m_v/m_a \qquad (kg/kg\ dry\ air)$$

6- specific volume

الحجم النوعي : هى حجم واحد باوند من الهواء الجاف الى كتله (مقلوب الكثافة).




**شكل-٤.** يوضح خطوط ثبات الحجم النوعي




**شكل-٥.** يوضح خطوط ثبات درجة الحرارة الرطبة والجافة والندي والحجم النوعي

7- enthalpy

هو مجموع الطاقة الحرارية فى واحد باوند من الهواء

Enthalpy of moist air= sensible heat + latent heat

Enthalpy of moist air = enthalpy of air +enthalpy of vapor content in air

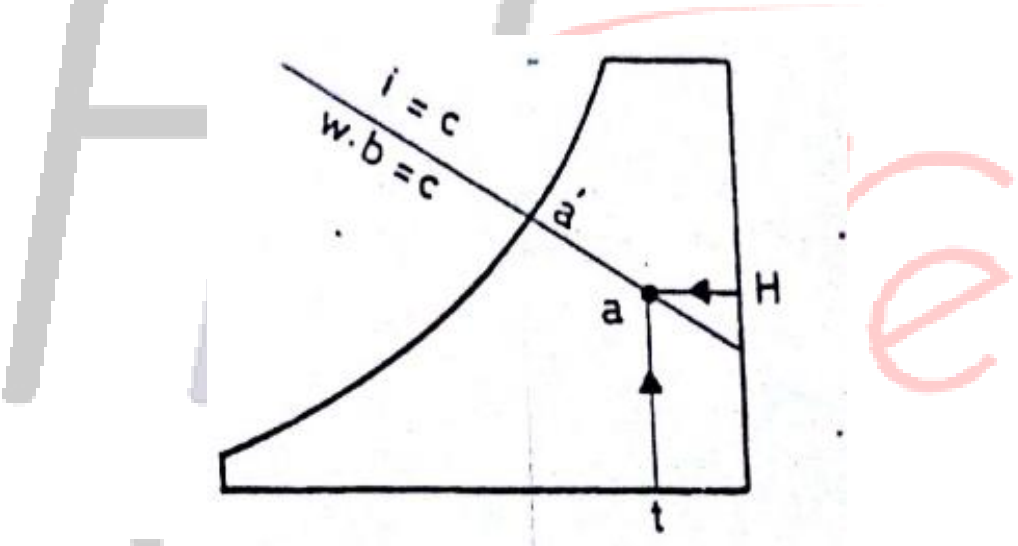
$h= h_a+w*h_v$

$h= c_{pa}*t+w*h_v$

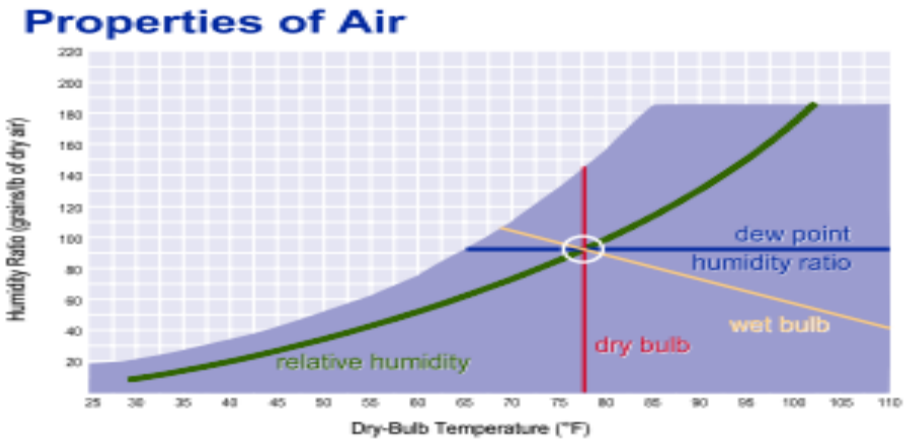
$h_v= c_w*t_{sat}+h_{fg,latent}+c_{pv}*(t-t_{sat.})$

$c_{pa}$----------specific heat of air at constant pressure = 1.005 kj/kg.k

h----------total enthalpy of moist air
$h_a$----------enthalpy of air
$h_v$----------enthalpy of superheated vapor content in air
t----------temperature of dry air
$t_{sat}$ ----------saturation temp of water or dew point
w----------Humidity ratio
$c_w$----------specific heat of liquid water = 4.1868 kj/kg.k
$c_{pv}$----------specific heat of vapor at constant pressure = 1.88 kj/kg.k

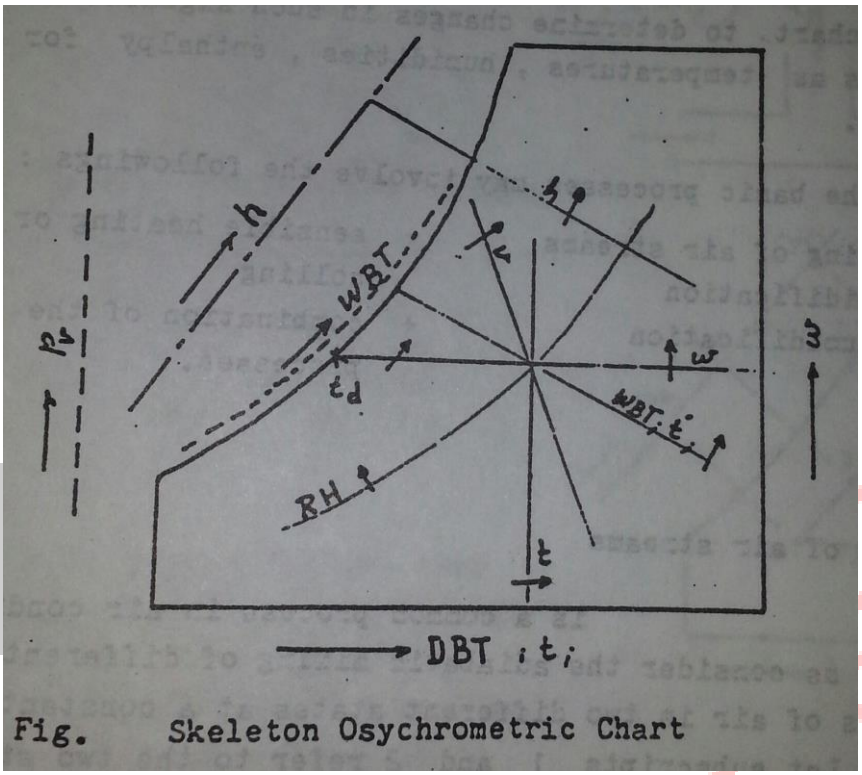



**شكل-٦.** يوضح خطوط ثبات ال enthalpy ودرجة الحرارة الرطبة ولكنهم لايكونوا متطابقين تماما عكس المتواجد بالشكل



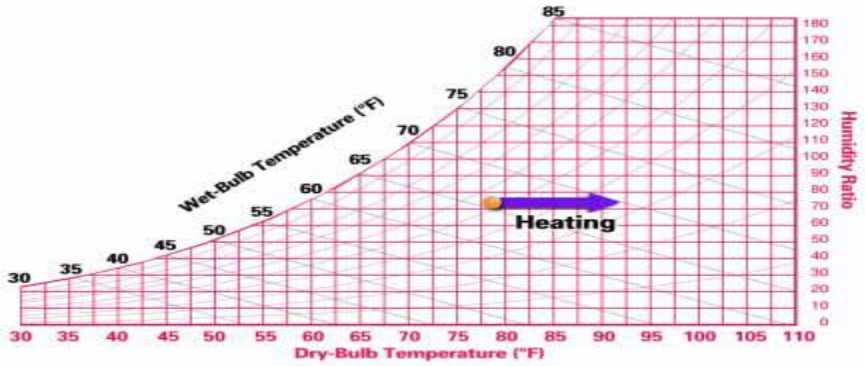

**شكل-٧.** يوضح الخواص مجتمعه علي الخريطة

## ٢-٢ العمليات التى تتم على الخريطة

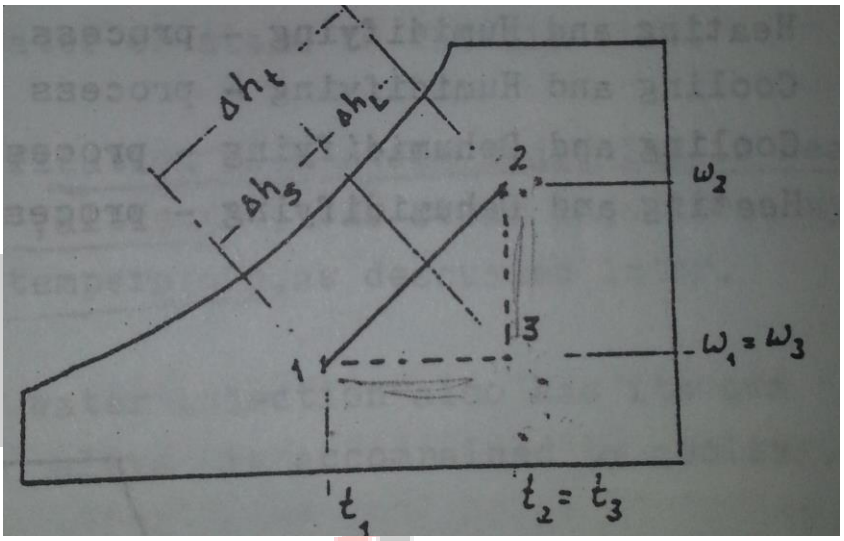



**شكل-٨.** يوضح اتجاه الزيادة والنقصان بكل الخواص علي الخريطة

1- effect of adding sensible heat




**شكل-٩.** يوضح عملية التسخين المحسوسة فقط




**شكل-١٠.** يوضح عملية التسخين المحسوسة والكامنة

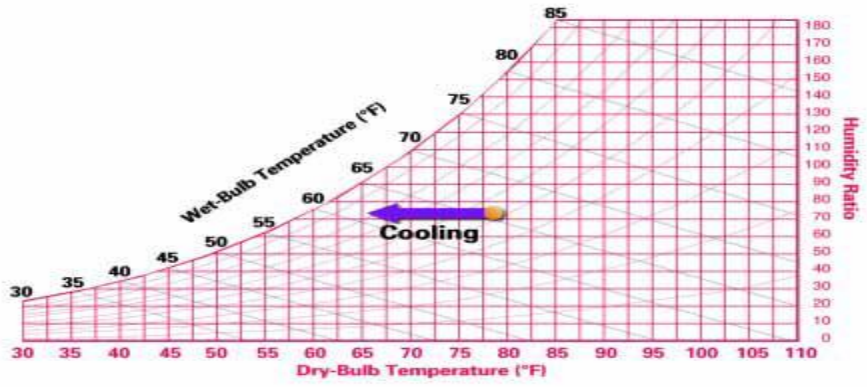
اضافة حرارة محسوسة دون اضافة رطوبة
وتحدد الحرارة المحسوسة من العلاقات التالية:

$H_s=m_a*(h_3-h_1)=m_a*c_p*(t_2-t_1)$

$$H_S = 1.08 \times CFM \times \Delta T$$

T--------temperature in Fahrenheit

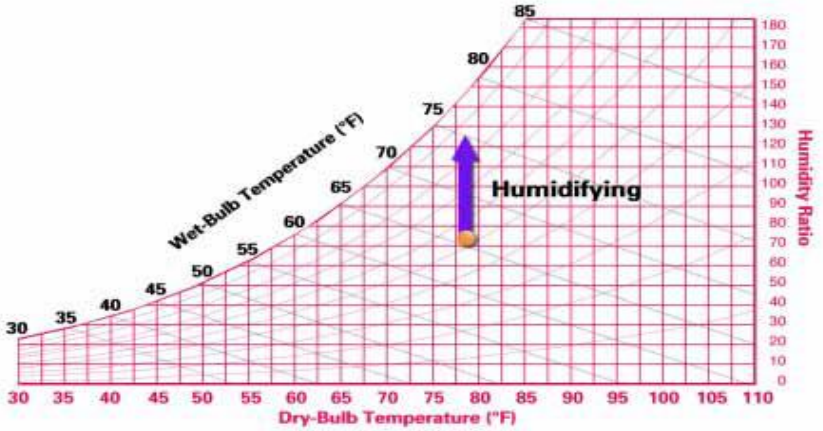
2- effect of removing sensible heat




**شكل-١١.** يوضح عملية التبريد المحسوسة فقط

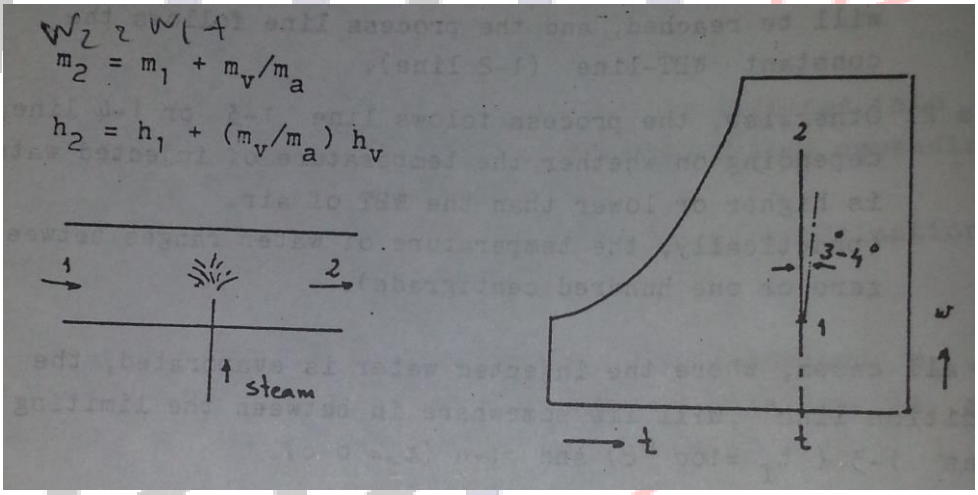
ازالة حرارة دون التغيير فى الرطوبة

3- effect of adding moisture

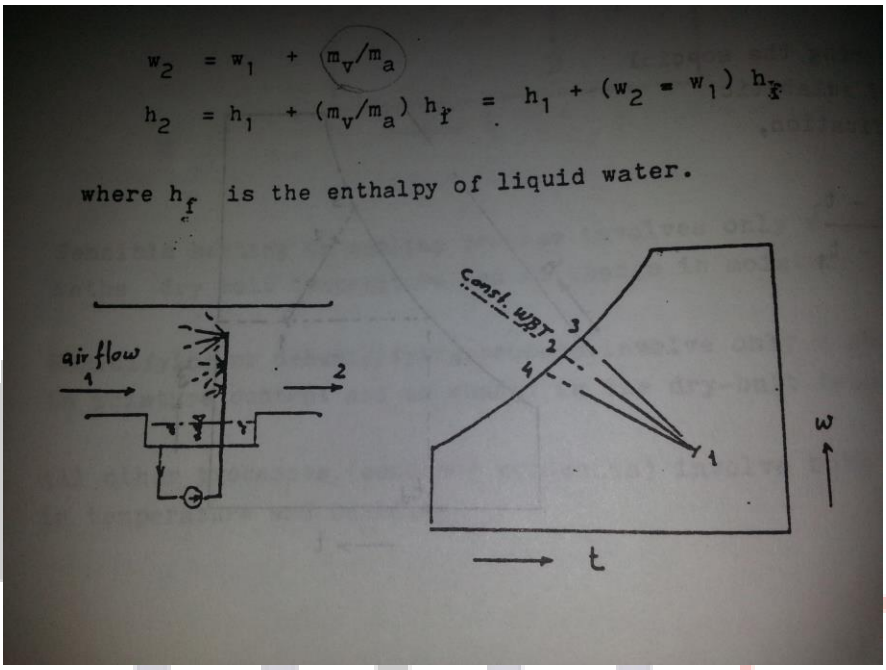



**شكل-١٢.** يوضح عملية الترطيب بوجه عام

اضافة رطوبة دون التغيير فى درجة الحرارة
ويحدث غالبا زيادة في درجات الحرارة او نقصان اذا كانت الاضافة عن طريق البخار او رشاشات المياه علي الترتيب كما بالشكل التالي:




**شكل-١٣.** يوضح عملية الترطيب عند استخدام البخار




**شكل-١٤.** يوضح عملية الترطيب عند استخدام رش المياه

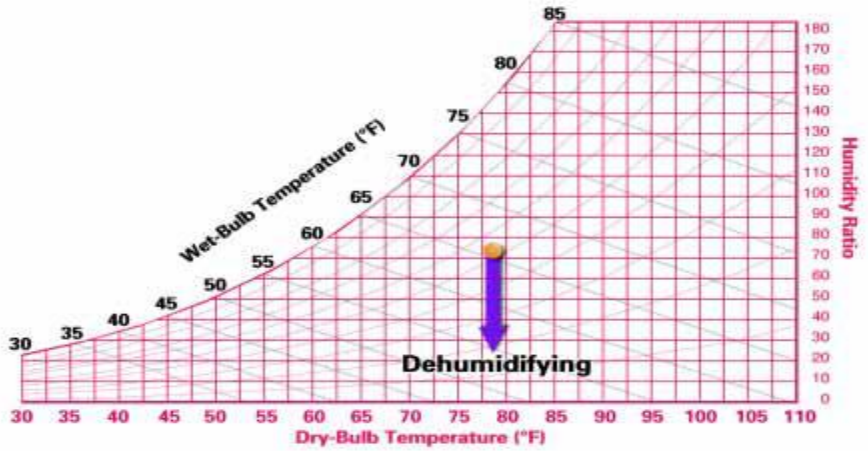
وعموما انتقال الحرارة الكامنة يحدد من الرجوع الي الشكل رقم ١٠ ثم من العلاقات التالية:

$H_L=m_a*(h_2-h_3)=m_a*h_L*(w_2-w_3)$

$H_L = 4840 \times CFM \times \Delta W_{LB.}$

W---------is the humidity ratio difference

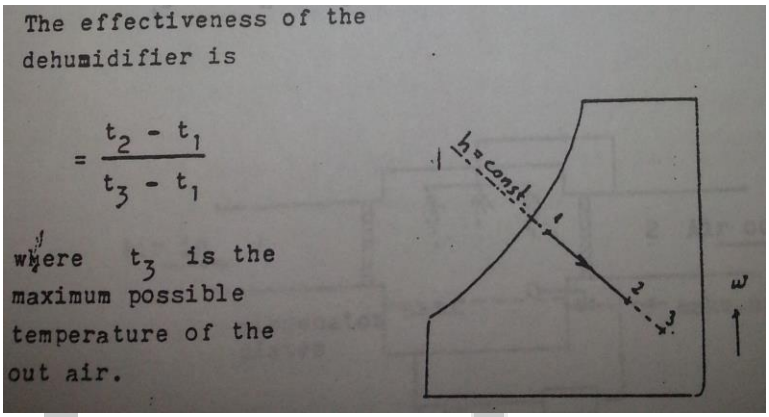
4- effect of removing moisture




**شكل-١٥.** يوضح عملية ازالة الرطوبة بوجه عام

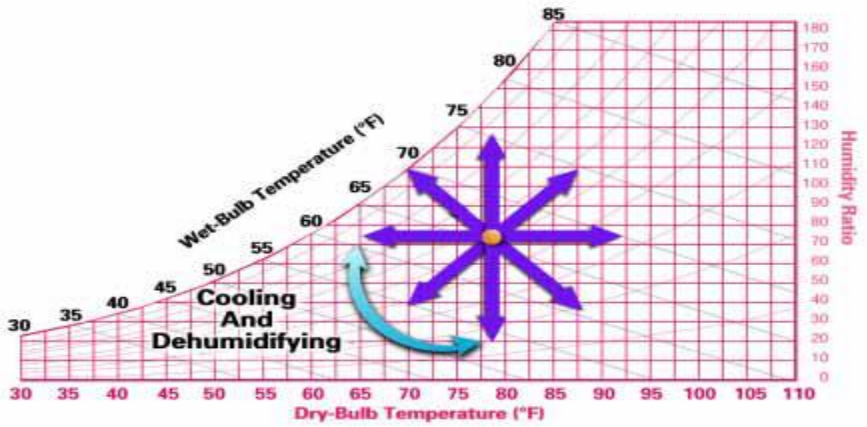
ازالة رطوبة دون التغيير فى درجة الحرارة

وتحدث هذه العملية غالبا عند constant enthalpy كما بالشكل القادم.




**شكل-١٦.** يوضح عملية ازالة الرطوبة عن طريق ما يسمي بال descant wheel وهي جهاز نتعرف علي فكرته فيما بعد ولكنه يزيل الرطوبة ويكسب الهواء بعض الحرارة

5- removing sensible heat and moisture




**شكل-١٧.** يوضح العمليات علي الخريطة السيكرومترية

ازالة رطوبة مع حرارة

- total heat or cooling load

$$H_T = 4.5 \times CFM \times \Delta h$$

CFM-------air mass flow rate in cubic feet per minute

- sensible heat ratio

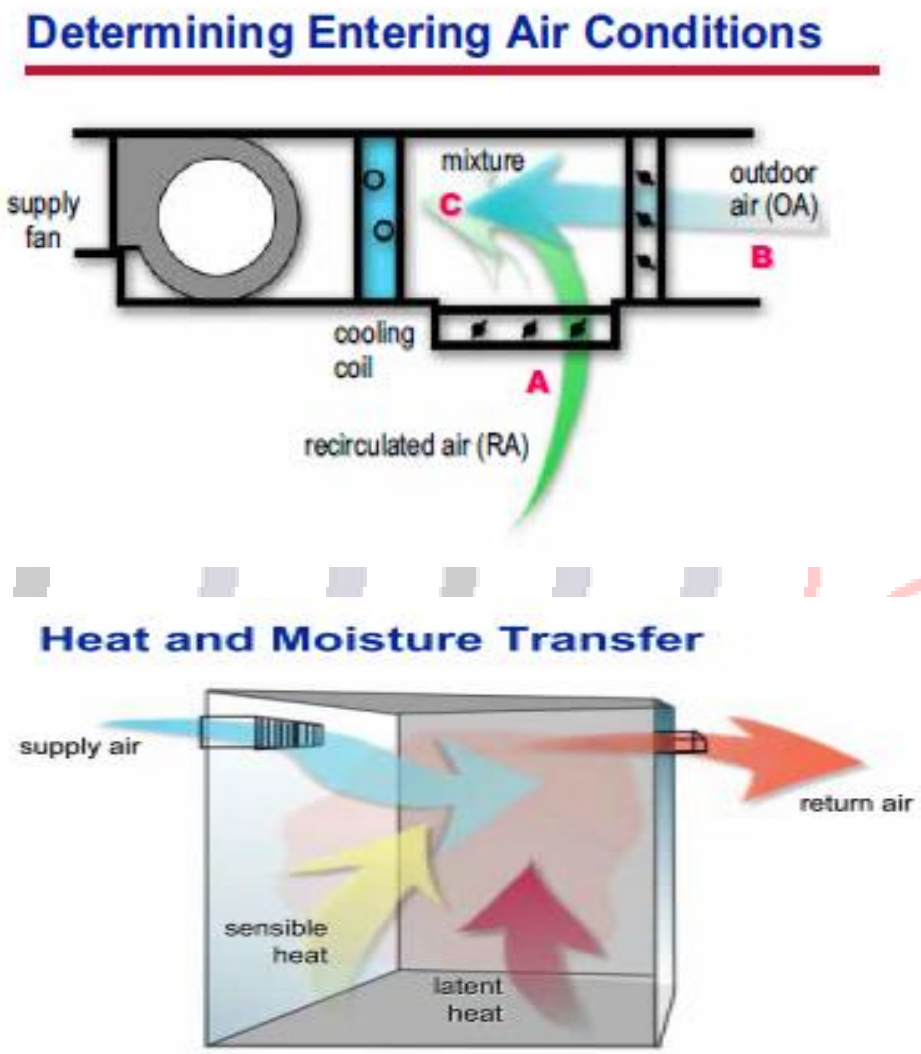
وهي خاصية تعبر عن منحني الاداء علي الخريطة السيكرومترية داخل الغرفة، بين نقطتي الغرفة والsupply.

**ملحوظة:** اذا تقاطع هذا المنحني مع منحني اداء ملف التبريد تكون نقطة التقاطع هي نقطة ال supply air.

$$SHR = \frac{\text{Sensible Heat Gain}}{\text{Sensible Heat Gain + Latent Heat Gain}}$$

$$SHR = \frac{H_S}{H_T} = \frac{H_S}{H_S + H_L}$$

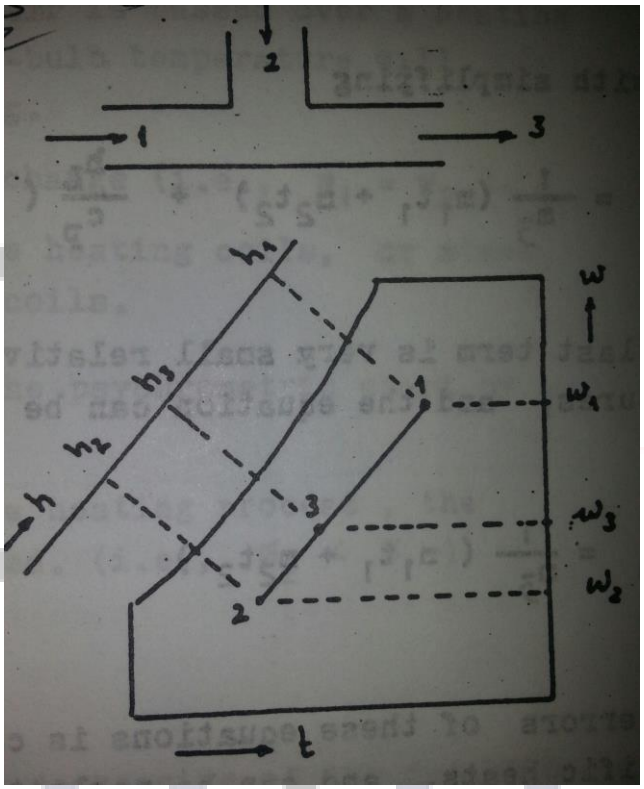
## ٢-٣ خلط الهواء Air mixtures




**شكل-١٨.** يوضح عملية خلط الهواء واكتساب الهواء الراجع للحرارة الكامنه والمحسوسة من الغرفة

خلط الهواء الخارجى مع الهواء الراجع من الغرفة يحدث تبادل لدرجات الحرارة و ينتج درجة حرارة للخليط هى التى تمر على ملف التبريد و يحدث لها خفض فى درجات الحرارة و الرطوبة و تصبح هى درجة حرارة المزودة للغرفة .

لحساب درجة حرارة الخليط




**شكل-١٩.** يوضح عملية الخلط علي الخريطة

1- mass balance

Dry air: $m_1+m_2=m_3$

Wet air: $w_1m_1+w_2m_2=w_3m_3$

**From all: $m_2/m_1=(w_1-w_3)/(w_3-w_2)$**

Where,

m------is dry air mass flow rat

2- energy balance

Same: $m_1h_1+m_2h_2=m_3h_3$

**From all: $m_2/m_1=(h_1-h_3)/(h_3-h_2)$**

$h_3=c_p*t_3+h_L*w_3$

$h_2=c_p*t_2+h_L*w_2$

$h_1=c_p*t_1+h_L*w_1$

Where,

$c_p$ ---------humid specific heat $=c_{pa}+w*c_{pv}=1.0216$ kj/kg.k

**From all: $t_3=(1/m_3)*(m_1*t_1+m_2*t_2)$**

**Example**

Determining entering air conditions

Room 80 °f DB & 50% RH

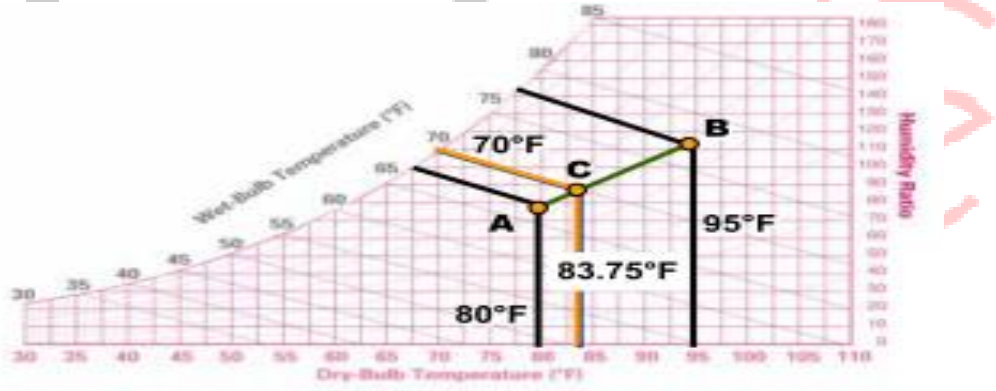
Outdoor air 95 °f DB & 78 °f WB

Ventilation 25% OA

$S_A$ = 4000 cfm

$S_L$ =80,000 BTU/HR

$L._L$= 20,000 BTU/HR




**شكل-٢٠.** يوضح توقيع نقاط المثال

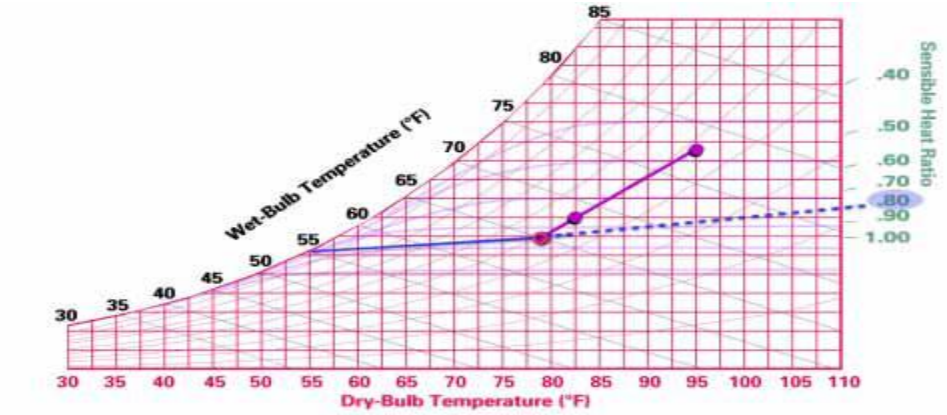
١- نسقط درجة حرارة الهواء الخارجى ( b) بمعرفة معلومتين
٢- نسقط درجة حرارة الهواء الراجع و هى درجة الحرارة التصميم

٣- نحسب درجة حرارة الخليط من القانون السابق

$T_c$ =95 x 0.25 + 80 x 0.75 =83.75 F

٤- نحسب sensible heat ratio

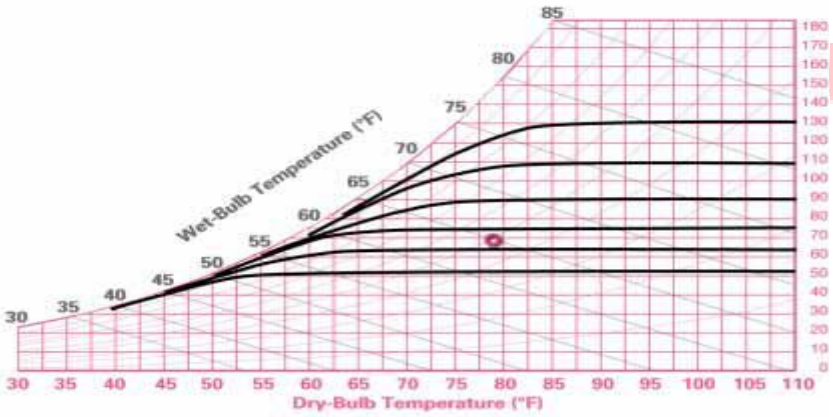
SHR =80,000/100,000 = 0.8



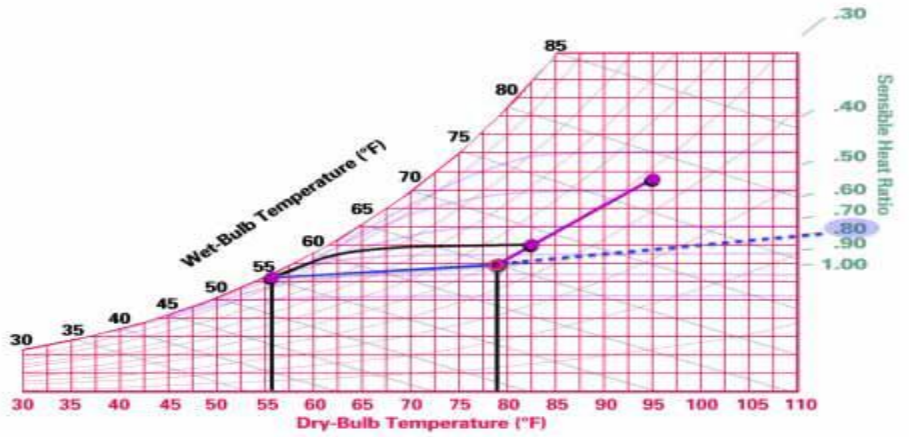

**شكل-٢١.** يوضح خط ال RSHF

٥- نرسم خط عمل الغرفة عن طريق رسم خط يمر بين قيمة shr و درجة حرارة قيمتها 78 f (DB) & 65 f (WB)تسمى index point

٦- عن طريق التقاطع بين خط الملف و ال SHR نوجد درجة حرارة supply




**شكل-٢٢.** يوضح خطوط عمل ملفات التبريد

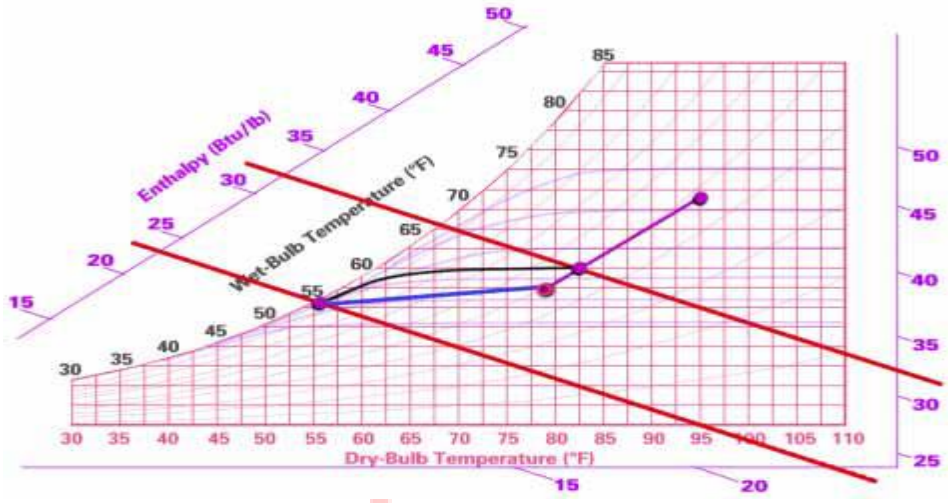



**شكل-٢٣.** تحديد نقطة الsupply من خلال تقاطع الRSHF مع خطوط عمل ملفات التبريد

لحساب كمية الحرارة

$$\text{Supply Airflow} = \frac{\text{Sensible Heat Gain}}{1.085 \times (\text{Room DB} - \text{Supply DB})}$$

لحساب الطن التبريدى




**شكل-٢٤.** يوضح اختيار فرق ال enthalpy الخاص بملف التبريد والمعبر عن قدرة الجهاز المطلوبة

$$\text{Refrigeration Load (Btu/hr)} = 4.5 \times \text{Supply Airflow} \times (h_1 - h_2)$$

## ٤-٢ References

١- Trane handbook

٢- كتاب التكييف لدكتور رمضان

٣- كتاب التكييف للدكتور البلتاجي

حقوق الملكية الفكرية