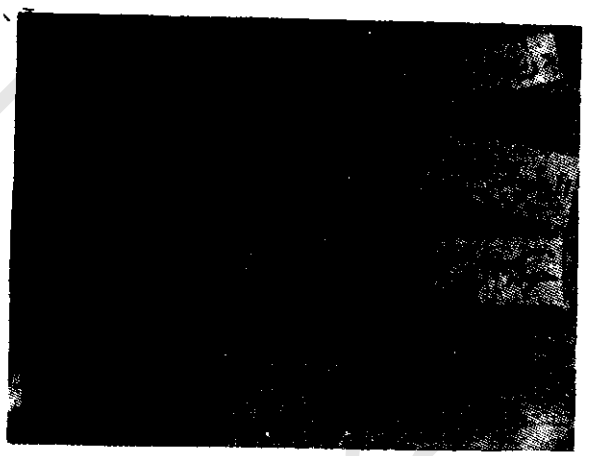
الفصل الأوّل



أساسيّات تكييف الهواء

obeikandl.com

الفصل الأوّل

أساسيّات تكييف الهواء

نبذة تاريخية:

لدراسة علم هندسة تكييف الهواء يجب أن نعرف بالضبط أوّلاً ما هو المقصود بتكييف الهواء. وماذا قام الإنسان بعمله فى الماضى لجعل جسمه يشعر براحة أكثر خلال فصول السنة الأربعة. فمثلاً كلّنا نعرف أن الإنسان قد استعمل النار منذ عصور ما قبل التاريخ لغرض التدفئة. وبمرور الوقت تعلّم كيف يستعملها فى الدفايات والمواقد والأفران ومراجل المياه الساخنة والبخار بعد أن كان يستعملها فقط فى الخلاء. وفيما مضى قام الرومان وكذلك الهنود الحمر الذين كانوا يقطنون الجزء الشرقى من الولايات المتحدة الأمريكية بإمرار الأدخنة الساخنة التى كانت تنبعث من أفرانهم تحت أرضية وبين جدران منازلهم للحصول على التدفئة اللازمة لأجسامهم خلال فصل الشتاء. وبعد ذلك عندما صنعت المراجل التجارية لتشغيل الآلات البخارية ابتدأ الإنسان يستغلّ هذا البخار فى عمليات التدفئة وذلك بإمراره داخل مواسير.

وفى خلال أيام الصيف الحارّة كان الهنود يقومون فى أنحاء مختلفة من بلاد الهند بتعليق ستائر مبللة بالماء البارد على فتحات نوافذ وأبواب حجرات منازلهم خصوصاً الموجودة منها فى اتجاه الريح وذلك لتبريد الهواء الذى يدخل هذه الحجرات.

وفى خلال عام ١٨٥٠ جُهِّز البرلمان الإنجليزى بوسائل التهوية الميكانيكية، وفى نفس الوقت قاموا كذلك بتركيب مواسير يمرّ بها البخار الساخن وبّخاخات يتساقط منها الماء المثلج وذلك لتدفئة وتبريد الهواء الذى تقوم بدفعه مراوح التهوية.

وفى عام ١٩٠٠ قامت شركة «إيستمان كوداك» الأمريكية باستعمال أجهزة التبريد فى تجفيف الهواء داخل مصانعها وذلك لتحسين صناعة الأفلام التى كانت تنتجها.

وفى عام ١٩١٠ قدّم ويليس كاريير لجمعية المهندسين الميكانيكيين الأمريكية بحثين عن أجهزة تكييف الهواء وعن المعادلات السيكرومترية. وفى الحقيقة فإن هذين البحثين يعتبران البداية الحقيقية لعلم تكييف الهواء الذى نعرفه فى وقتنا هذا.

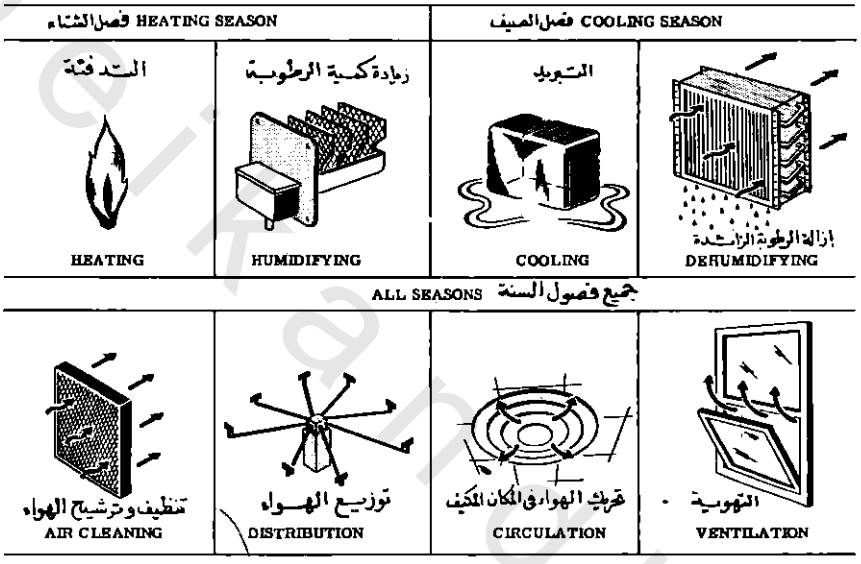
وفى عام ١٩٢٠ بدأ فى استخدام التبريد فى عمليات تكييف الهواء أوّلاً فى المسارح وبعد ذلك فى بعض المبانى العامة والمكاتب والمحلات التجارية. ومنذ ذلك الوقت ابتدأ تكييف الهواء يسترعى انتباه الناس وانتشر استعماله أوّلاً لراحة الإنسان وثانيًا فى النواحى الصناعية المختلفة.

تعريف تكييف الهواء:

لقد قامت جمعية مهندسى التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية (ASHRAE) بتعريف تكييف الهواء بأنه العملية التى يعالج بها الهواء لكى يتمّ فى نفس الوقت تنظيم كل من درجة حرارته، ونسبة رطوبته، وتنظيفه، وتوزيعه بطريقة معيّنة وذلك ليفى باحتياجات الحيّز المكيّف.

وتبعًا لذلك فإن جهاز تكييف الهواء المصمّم بطريقة عملية صحيحة يجب أن يقوم بتأدية العمليات الثمانية المبنية بالرسم رقم (١ - ١) خلال فصول السنة الأربعة. وكما يظهر من هذا الرسم فإن الجهاز يقوم بعملية التدفئة وزيادة كمية الرطوبة للهواء خلال فصل الشتاء. والتبريد وإزالة الرطوبة الزائدة الموجودة فى الهواء خلال فصل الصيف. بينما يقوم بالعمليات الأربع الآتية فى جميع فصول السنة وهى: تنظيف وترشيح الهواء، وتوزيعه، وتحريكه داخل المكان المكيَّف بطريقة منتظمة وأخيرًا القيام بإدخال الكمية الكافية من الهواء النقى اللازم لعملية التهوية للمكان المراد تكييف هوائه.

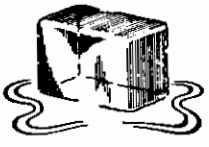
وفيما يلى سنقوم بشرح كل عملية من هذه العمليات المختلفة التى يقوم بأدائها جهاز تكييف الهواء خلال:



رسم رقم (١-١) العمليات التى يقوم بأدائها جهاز تكييف الهواء خلال فصول السنة الأربعة

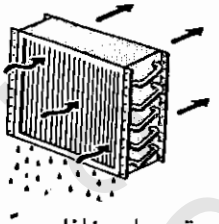
فصل الصيف:

التبريد:



يقوم جهاز تكييف الهواء خلال فصل الصيف بخفض درجة حرارة المكان المراد تكييف هوائه بدرجة مقبولة ومريحة وبدون أن يكون هناك فرق كبير فى درجة الحرارة بين أرضية المكان وسقفه. ولذلك يجب أن يقوم الجهاز بإزالة الحرارة التى تتسرب من خارج المكان إلى داخله، والحرارة التى تنتقل إلى داخل المكان بواسطة الإشعاع عن طريق النوافذ، والتى تنتقل بواسطة التوصيل عن طريق الجدران والأسقف. وعلاوة على ذلك يجب أن يقوم الجهاز كذلك بإزالة الحرارة التى تتولّد داخل المكان نفسه من الأشخاص الموجودين به، ومن الإضاءة الكهربائية والأجهزة الأخرى التى قد تكون موجودة به.

إزالة الرطوبة الزائدة:



خلال فصل الصيف يجب إزالة الرطوبة الزائدة من الهواء المكيف. والسبب فى ذلك يرجع إلى أنه كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء الخارجى فإن قابليته لحمل مقدار آخر من الرطوبة يزداد، فإذا تسرّب هذا الهواء إلى داخل المكان المراد تكييف هوائه فإن مقدار الرطوبة النسبية داخل هذا المكان ترتفع بالتالى. فإذا أضيفت هذه الرطوبة التى تتسرب من الخارج إلى الرطوبة التى تتكون داخل المكان بتأثير تنفس وتبخر عرق الأشخاص الموجودين بالمكان بالإضافة إلى عمليات الطهو والغسيل والاستحمام، فإن نسبة الرطوبة ترتفع بدرجة غير مريحة.

وعلى العموم فإن مقدار الرطوبة النسبية داخل الأماكن المكيفة يجب أن لا تزيد عن

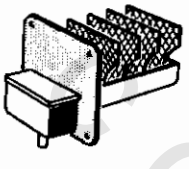
٦٠٪ وذلك عندما تكون درجة الحرارة الجافة ٢٤,٤°م (٧٦°ف)؛ ولذلك يقوم جهاز تكييف الهواء بحفظ الرطوبة النسبية داخل المكان المكيف عند الحدود المريحة المسموح بها.

فصل الشتاء:

التدفئة:

يقوم جهاز تكييف الهواء بتدفئة المكان المراد تكييف هوائه فى فصل الشتاء، وذلك برفع درجة حرارته إلى درجة مقبولة ومريحة وبدون أن يكون هناك فرق كبير فى درجة الحرارة بين أرضية المكان وسقفه. وبالإضافة إلى ذلك يجب أن يقوم جهاز التكييف بتدفئة أرضية وحوائط المكان كذلك وذلك للحدّ من عملية انتقال الحرارة من جسم الإنسان إلى الأسطح التى تكون درجة حرارتها أقل. وتعرف هذه العملية بالإشعاع البارد (cold Radiation). ولعلاج عملية الإشعاع البارد يجب رفع الدرجة التى يضبط عليها ترموستات المكان قليلاً كلما انخفضت درجة الحرارة الخارجية. وفى معظم الحالات تتم هذه العملية بطريقة أوتوماتيكية كلما انخفضت درجة الحرارة الخارجية.

زيادة كمية الرطوبة:



ويقوم جهاز تكييف الهواء خلال فصل الشتاء علاوة على قيامه بتدفئة المكان بزيادة كمية الرطوبة للهواء الموجود داخل هذا المكان بطريقة أوتوماتيكية. والسبب فى إجراء هذه العملية، هو أن الهواء الخارجى الذى يتسرب إلى المكان يكون فى العادة خلال فصل الشتاء أكثر جفافًا من الهواء الموجود داخل هذا المكان. وعندما يتم خلطهما ببعضهما فإن مقدار الرطوبة النسبية للهواء المخلوط تنخفض. ونظرًا لإحكام قفل نوافذ وأبواب الأماكن المكيّفة، فإن تسرب الهواء من الخارج إلى داخلها يصبح غير ممكن، وكذلك فإن الرطوبة التى تضاف للهواء الداخلى نتيجة لتواجد الأشخاص وعمليات الطهى والاستحمام وغسل الأوانى والملابس تجعل عملية زيادة كمية الرطوبة بواسطة جهاز التكييف لا تحتاج إليها معظم الأماكن

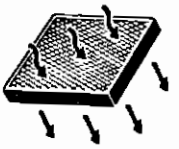
المكيفة فى الوقت الحاضر وعلى العموم إذا كان مقدار الرطوبة النسبية داخل الأماكن المكيفة ٥٠٪، فإن ذلك يعتبر مثاليًا إذ أن هذه النسبة المئوية للرطوبة تعمل على وقاية الجسم من الأمراض التى ينقلها الهواء، كما أن لها تأثيرًا ملطفًا على الأغشية المخاطية للأنف والزور وباقى المسالك الهوائية وتعمل كذلك على عدم تلف الأثاثات الخشبية.

ومع هذا يجب ملاحظة أنه عندما تنخفض درجة حرارة الجو الخارجى عن ٤,٤°م (٤٠°ف) وعندما تكون نسبة الرطوبة داخل المكان المكيف ٥٠٪ فإنه قد يحدث تكاثف بدرجة كبيرة للرطوبة على زجاج النوافذ وجدران المكان؛ ولذلك يجب ملاحظة أنه كلما انخفضت درجة حرارة الخارج عن ٤,٤°م (٤٠°ف) فأنه فى هذه الحالة يلزم تخفيض مقدار الرطوبة النسبية بمقدار يمنع حدوث هذا التكاثف.

obeikandl.com

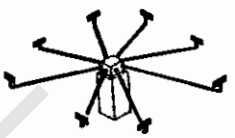
جميع فصول السنة:

تنظيف وترشيح الهواء:



يقوم جهاز تكييف الهواء خلال جميع فصول السنة بتنظيف وترشيح الهواء الذى يدخل المكان المكيف الهواء. وتتم هذه العملية بواسطة مرشحات هواء عادية أو بواسطة إحدى المرشحات الإلكترونية الحديثة. وبغض النظر عن نوع هذا المرشح المستعمل فإنه يجب أن يقوم بحماية صحة الإنسان من التلوّث وذلك بإزالته الأتربة والأوساخ التى يحملها الهواء عند دخوله المكان المكيف.

توزيع الهواء:



تقوم شبكة توزيع الهواء المكيف الموصلة بجهاز تكييف الهواء. بإعطاء كل الأماكن المكيفة بالمبنى نصيبها من الهواء المكيف الساخن أو البارد. وتتم هذه العملية عن طريق مجارى الهواء التى تحمل الهواء المكيف من جهاز التكييف إلى كل من هذه الأماكن حيث يتم توزيعها داخلها بواسطة موزّعات وموجّهات خاصة. وعن طريق مجارى هواء أخرى تعرف باسم مجارى الهواء الراجع يُسحب هذا الهواء الراجع من هذه الأماكن إلى جهاز التكييف حيث يعاد تبريده أو تسخينه. وفى أجهزة التكييف التى يستعمل فيها الماء المثلج أو الساخن لعملية التبريد والتدفئة فإنه ينقل هذا الماء بواسطة مواسير إلى وحدات التكييف المركبة بكل مكان.

هذا ويعتبر تصميم طريقة التوزيع صحيحًا إذا لم يزد الفرق فى درجات الحرارة فى أنحاء المكان المختلفة عن ١,٦٧°م (٢°ف).

تحريك الهواء داخل المكان المكيف بطريقة منتظمة:

يتم توزيع الهواء المكيف داخل المكان بواسطة موزّعات وموجّهات خاصة. ويجب العناية فى اختيار النوع المناسب منها لكل حالة. وكذلك يلزم العناية أيضًا بطريقة ومكان تركيبها وذلك لأن أقصى سرعة هواء مسموح بها داخل المكان المكيف حوالى ٥٠ قدمًا فى الدقيقة عند ارتفاع يتراوح ما بين ٤ إلى ٥ قدم من أرضية المكان وفى حالة أجهزة التكييف التى يستعمل فيها الماء المثلج أو الساخن لعملية التبريد والتدفئة، فإن وحدات التكييف المركبة بالمكان تشتمل على مروحة صغيره تعمل على تحريك الهواء داخل الغرفة وتمرره باستمرار على ملفات التبريد / التدفئة المركبة بها.

التهوية:

يقوم جهاز تكييف الهواء بإعطاء التهوية الكافية للمكان المكيّف فى جميع فصول السنة، وذلك لعلاج التغيرات الكيمائية والطبيعية التى تحدث فى هواء المكان المقفول والمشغول بالناس. وفيما يلى نوضح ما يحدث من تغيرات لهذا الهواء:

١ ـ تقل نسبة الأوكسيجين به.

٢ ـ تزداد قليلًا نسبة ثانى أوكسيد الكربون.

٣ ـ يختلط الهواء بالمواد العضوية التى تخرج من الأنف أو الفم أو الجلد بنسب مختلفة.

ويضاف إلى ذلك الروائح التى تنتج من عمليات طهى الأطعمة. وعلى هذا فإنه فى حالة عدم توفير جهاز التكييف التهوية اللازمة داخل المكان، فإن الهواء الموجود بداخله يصبح راكدًا وغير مريح. ومن حسن الحظ فإنه غالبا ما تحصل الأماكن مثل المساكن على التهوية الكافية لها عن طريق تسرب الهواء من حول النوافذ أو الأبواب الموجودة بها. وفى حالة عدم حصول المكان على التهوية الكافية بهذه الطريقة فإن جهاز تكييف الهواء يجب أن يكونَ مصمماً لإعطاء التهوية الكافية للمكان المراد تكييف هوائه.

تعاريف واصطلاحات خاصة بتكييف الهواء

الترمومترات:

يوجد نوعان من الترموترات نستعملها عادة، وهما الترموتر ذو التدريج المئوى والترمومتر ذو التدريج الفهرنهايت، وتدريج كل منهما يختلف عن الآخر. وفى جميع أنواع الترموترات فإن وحدة القياس تعرف بالدرجة ويرمز لها (٥). وتوجد نقطتان ثابتتان فى تدريج الترموترات وهما نقطتا التجمد والغليان للماء النقى عند مستوى سطح البحر.

الترمومتر الفهرنهايت:

اخترع هذا الترمومتر فى عام ١٧١٤ وهو يستعمل بكثرة فى الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا والبلاد الأخرى التى يتكلم أهلها اللغة الإنجليزية. والأتجاه فى الوقت الحاضر إلى استعمال الترمومتر المئوى بدلاً من هذا الترمومتر فى أعمال التبريد وتكييف الهواء فى هذه البلاد. ونقطة غليان الماء محدّدة على تدريج هذا الترموتر بالدرجة ٢١٢°ف ونقطة التجمد عند الدرجة ٣٢°ف وبين هاتين الدرجتين فإن تدريج الترموتر مقسم إلى ١٨٠ قسمًا متساويا. ويقسّم الترمومتر فوق وأسفل هاتين النقطتين بأقسام أخرى توضح درجات فهرنهايت.

الترمومتر المئوى (السنتيجراد):

هذا النوع من الترمومتر كان يستعمل عادّة فى جميع البلاد الأوروبية ولكنه يستعمل فى الوقت الحاضر فى جميع بلاد العالم فى أعمال التبريد وتكييف الهواء، ولقد اخترع فى عام ١٧٤٢.

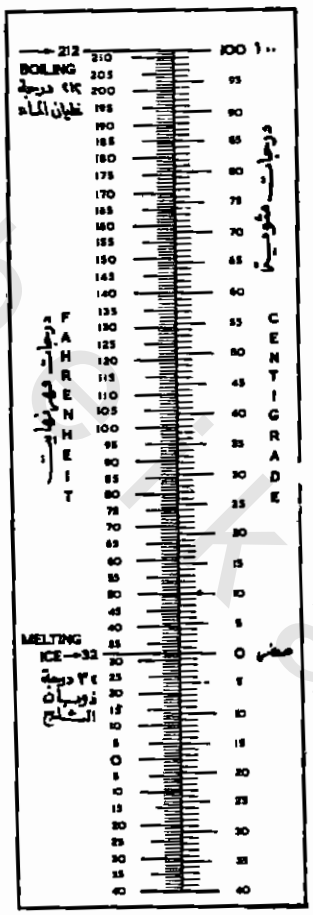
ونقطة غليان الماء محددة على تدريج هذا الترمومتر عند الدرجة ١٠٠°م ونقطة التجمد عند الدرجة صفر°. وبين هاتين النقطتين فإن الترمومتر مقسم ١٠٠ قسم متساو. ومقسّم فوق وأسفل هاتين النقطتين أقسام أخرى متساوية توضح درجات مئوية. الرسم رقم (١-٢) يبيّن كلاً من التدريج المئوى والتدريج الفهرنهايت المقابل له للترمومترات.

الدرجة المئوية (م°) = $\frac{٥}{٩}$ (درجات فهرنهايت - ٣٢)

الدرجة الفهرنيهات (ف°) = $\frac{٩}{٥}$ (درجات مئوية + ٣٢)

الوحدة الحرارية البريطانية (و.ح.ب – B.t.u):

ويرمز إليها بالرمز (و.ح.ب –B.t.u): وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع رطل واحد من الماء من درجة ٦٣°ف إلى ٦٤°ف أوفى الحالات العملية درجة واحدة فهرنهايت.



رسم رقم (١-٢) التدريج المئوى والتدريج الفهرنهايت المقابل له للترمومترات

الكالورى (Cal):

إن وحدة الحرارة فى الطريقة المترية هو الكالورى (Calorie) ويرمز إليه بالرمز (كال – Cal) وهو كمية الحرارة اللأزمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء من ١٥°م إلى ١٦°م. وفى أعمال التبريد عادة يستعمل الكيلو كالورى (Kcal) وهو يعادل ١٠٠٠ كالورى.

طن التبريد:

هو كمية الحرارة التى يمتصّها طنٌّ واحد من الثلج فى مدة ٢٤ ساعة أثناء ذوبانه. فلإذابة رطل واحد من الثلج فإنه يلزمنا ١٤٤ و.ح.ب وعلى هذا يلزمنا:

٢٠٠٠×١٤٤=٢٨٨٠٠٠ و.ح.ب فى اليوم.

أو ١٢٠٠٠ و.ح. ب. /الساعة.

درجة الحرارة الجافة – Dry Bulb (D.B)

درجة الحرارة الجافة للهواء هى درجة الحرارة التى تقاس بالترمومتر العادى والذى لا يتأثر بكمية بخار الماء الموجودة فى الهواء.

درجة الحرارة الرطبة – Wet Bulb (W.B):

تقاس درجة الحرارة الرطبة بواسطة ترمومتر انتفاخه الزئبقى محاط بماسورة (جراب) قطن مشبّعة بالماء النقى. ويحرَّك هذا الترمومتر فى الهواء بسرعة حتى يعطى قراءة ثابتة تعتبر هى درجة الحرارة الرطبة. وهى تقلّ عن قراءة الترمومتر الجاف بنسبة كمية بخار الماء الموجودة بالجو.

درجة التندى – Dew Point (D.P):

إذا برِّد تحت ضغط ثابت مخلوط من الهواء الجاف وبخار الماء بحيث لم يصل هذا المخلوط إلى درجة التشبع، فإن درجة الحرارة التى يبدأ عندها تكاثف بخار الماء الموجود فى المخلوط تسمى درجة التندى.

الرطوبة النسبية – Relative Hamidity (R.H):

هى النسبة بين كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء إلى كمية بخار الماء اللازمة لتشبّع هذا الهواء عند نفس درجة الحرارة.

الحرارة المحسوسة – Sensible Heat (S.H):

هى الحرارة التى نحسّ بها باليد والتى تقاس بواسطة ترمومتر عادى. وأى تغيير فى درجة الحرارة المحسوسة يغير قراءة الترمومتر.

الحرارة الكامنة – Latent Heat (L. H):

الحرارة الكامنة للمادة هى كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة الجزئيات التى تتركب منها هذه المادة بدون أن تتغير درجة الحرارة. فإذا كان التغير من حالة السيولة إلى حالة التجمد أو من حالة التجمد إلى حالة السيولة، فان الحرارة المسبّبة لذلك تعرف بالحرارة الكامنة للانصهار. فمثلاً نحتاج إلى ١٤٤ و.ح.ب لنحول تمامًا رطلاً واحدًا من الثلج عند درجة حرارة ٣٢°ف إلى ماء عند درجة ٣٢°ف. وعندما تتغير حالة المادة من السيولة إلى البخار فإن الحرارة اللازمة لحدوث هذا التغير تسمى بالحرارة الكامنة للتبخّر.

الحرارة الكلية – Total Heat (T.H):

هى مجموعة الحرارة الكامنة والمحسوسة الموجودة فى بخار الماء.

درجة الحرارة الفعالة Effective Temperature (E.T):

تعتبر هذه الدرجة هى المقياس الحقيقى لدرجة شعور الإنسان بالدفء أو البرودة وذلك تبعًا لدرجة حرارة الجو ونسبة رطوبته وسرعة تحرك الهواء جميعها معًا. ودرجة الحرارة الفعّالة لا تقاس بأى مقياس لأنها تتكوّن كما ذكرنا من خلاصة قراءات درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء. والرقم الخاص بقيمة الحرارة الفعّالة بالنسبة لحالة الهواء يحدد بواسطة الهواء المشبَّع عند سرعة هواء مقدارها من ١٥ إلى ٢٥ قدما فى الدقيقة بحيث يعطى شعورًا بالدفء أو البرودة كقيمة الرقم نفسه. وعلى هذا يطلق مثلاً على درجة الحرارة الفعّالة مقدار ٦٥° عندما تعطى هذه الدرجة شعورًا بالدفء كنفس الشعور الذى يمكن الحصول عليه عند درجة ٦٥°ف وعندما يكون الهواء راكدًا وغير متحرك ومشبعًا بالرطوبة.

كيف يشعر جسم الإنسان بالراحة

بما أن الراحة والصحّة التى يشعر بها الإنسان الموجود فى أى مكان ما تتوقّف على التنظيم المناسب لكل من درجة الحرارة، ونسبة الرطوبة، وحركة الهواء داخل هذا المكان كما يوضح ذلك الرسم التوضيحى رقم (١-٣).

رسم رقم (١-٣) تتوقف الراحة التى يشعر بها الإنسان على التنظيم المناسب لكل من درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وحركة الهواء.

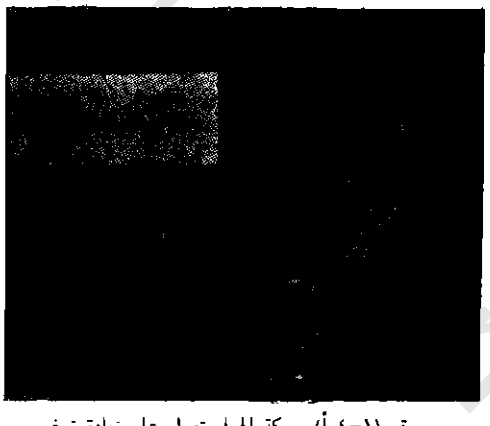
تأثير الحرارة والبرودة:

لقد عُملت وما زالت تعمل أبحاث علمية حتى وقتنا هذا لمعرفة تأثير الحرارة والبرودة على جسم الإنسان. ولو أننا جميعًا نعرف أن الجسم لديه القدرة على تنظيم درجة حرارته مهما تغيرت الأحوال الجوية التى تحيط به، ولكن يجب أن نعرف كذلك أن هذه الظاهرة حقيقية فقط فى الحالات العادية المحدودة. فمثلًا عندما ترتفع درجة الحرارة الفعالة عن ٩٠°ف فإن المركز الذى ينظم درجة حرارة الجسم يختلّ فى عمله وينتج عن ذلك ارتفاع فى درجة حرارة الجسم، وازدياد مقدار النبض وينتقل الدم أثناء ذلك من الأجزاء الداخلية للجسم إلى سطحه الخارجى ليساعد على تخفيض درجة حرارته. وإذا قام الإنسان بعمل جهد جسمانى عندما تكون درجة حرارة الجو مرتفعة فإن الجسم يفقد أثناء ذلك مقدارًا كبيرًا من الأملاح التى يحتويها عن طريق إفراز العرق. وفى حالة عدم تعويض هذه الأملاح التى يفقدها الجسم فإن ذلك يؤدّى إلى شعور الإنسان بالتعب وتقلّص عضلاته.

ويؤثّر البرد كذلك على جسم الإنسان بأن يُلقى حملًا زائدًا على الأعضاء التى تقوم بتوليد الطاقة الحرارية له فتتأثر بذلك عملية الهضم وحركة الدم والكلى. ويزداد كذلك ضغط دم الإنسان نتيجة لانقباض الأوعية الدموية التى تنقل الدم إلى القلب. كما تنقبض كذلك شعيرات الدم الموجوده فى الغشاء المخاطى لمجارى التنفس، فتسبب انخفاض درجة حرارتها، وعندما تتعرض هذه الأجزاء لجوٍّ دافىء فجأة فإنها تكون ضعيفة وتتعرض للإصابة بالأمراض المعدية بسرعة.

تأثير حركة الهواء:

تعتبر أيضًا حركة الهواء إحدى الحالات الثلاثة التى تؤثّر على كمية الحرارة التى يفقدها الجسم. فحركة الهواء تعمل على زيادة نسبة تبخّر العرق من على سطح جلد جسم الإنسان كما يوضح ذلك الرسومات التوضيحية رقم (١-٤أ) و (١-٤ب). ومقدار هذا التبخّر يتوقّف طبعًا على قابلية الهواء المحيط بالجسم على امتصاص الرطوبة. فعندما يتحرك الهواء على سطح الجسم فإنه يدفع بعيدًا عنه الهواء المشبع بالرطوبة المحيط به مما يتيح لمقدار أكبر من الرطوبة التبخر من على سطح الجلد.



رسم رقم (١-٤ أ) حركة الهواء تعمل على زيادة تبخر العرق من على سطح جلد جسم الإنسان.

رسم رقم(١-٤ب) عندما لا تكون هناك حركة هواء لايحدث تبخر للعرق من على سطح جلد الإنسان.

وحركة الهواء تعمل أيضًا على زيادة سرعة انتقال الحرارة من الجسم عن طريق الحمل بإزالة الهواء الساخن القريب من الجسم. كما أنها تزيل أيضًا الحرارة من الحوائط والأسقف والأسطح الأخرى التى تحيط بالجسم فتساعد بذلك على زيادة سرعة انتقال الحرارة بالإشعاع.

تأثير الرطوبة النسبية:

إن الرطوبة النسبية الموجودة فى الهواء تؤثّر على مقدار الحرارة التى يفقدها الجسم عن طريق تبخّر العرق، فكلما كانت الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالجسم منخفضة تكون للجسم قدرة ليفقد مقدارًا أكبر من الحرارة عن طريق التبخر عما إذا كانت الرطوبة النسبية مرتفعة، كما يوضح ذلك الرسم التوضيحى رقم (١-٥). ولقد ظهر من التجارب أنه عند درجة حرارة مقدارها ٨٠°ف (٢٦,٧°م) تكون هناك حالة راحة مناسبة عندما تكون الرطوبة النسبية قدرها ٥٠٪.

كيف ينظم الجسم درجة حرارته:

تكون درجة حرارة جسم الإنسان العادى باستمرار ٩٨,٦°ف (٣٧°م). ويحتفظ الجسم بهذه الدرجة بواسطة عملية التنظيم الأوتوماتيكى لتوليده وفقده الحرارة. وتتولّد الحرارة فى الجسم عن طريق عملية التمثيل الغذائى للأطعمة التى يتناولها الإنسان. هذا وينظم الجسم

رسم رقم (١-٥) تأثير الرطوبة النسبية الموجودة فى الهواء على مقدار الحرارة التى يفقدها الجسم عن طريق تبخر العرق.

درجة حرارته لتثبت عند الدرجة العادية وذلك بإزالته الحرارة الزائدة التى تتولد عن طريق الجلد والغدد العرقية. ويعيش الإنسان براحة أكثر وبصحة أحسن عندما تكون درجة حرارة الجو المحيطة به منخفضة بمقدار يتراوح من ٢٠ إلى ٣٠°ف عن درجة حرارة الجسم التى تبلغ ٩٨,٦°ف (٣٧°م) كما ذكرنا سابقا. ولكن الطبيعة كما نعلم جميعًا لا تعطينا الجو المريح الذى نطلبه دائمًا إلّا فى أوقات محدودة من السنة، لهذا كان من الضرورى أن نستعمل أجهزة تكييف الهواء فى حياتنا لنحصل على درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء المناسبة لتشعر أجسامنا بجوٍّ مريح فى جميع أيام وفصول السنة.

هذا وتنتقل الحرارة من جسم الإنسان إلى الجو المحيط به عن طريق:

١ - الإشعاع من جلد الإنسان غير المغطّى ومن الملابس التى يرتديها إلى الأشياء المحيطة بها التى تكون درجة حرارتها أقل. كما يوضح ذلك الرسم التوضحيى رقم (١-٦).

رسم رقم (١-٦)
تنتقل الحرارة من جسم الإنسان
عن طريق الإشعاع.

رسم رقم (١-٧)
تنتقل الحرارة من جسم الإنسان عن طريق التبخر

٢ - التبخر الذى ينشأ من العرق الموجود على سطح الجلد ومن الرئتين أثناء عملية الزفير ومن الملابس الرطبة التى يرتديها الإنسان كما يوضح ذلك الرسم التوضيحى رقم (١-٧).

٣ - الحمل وذلك من جلد جسم الإنسان غير المغطّى ومن الملابس التى يرتديها إلى الهواء المحيط إذا كانت درجة حرارته أقل من درجة حرارة جلد الجسم. كما يوضح ذلك الرسم التوضيحى رقم (١-٨).

رسم رقم (١-٨)
تنقل الحرارة من جسم الإنسان عن طريق الحمل

وانتقال الحرارة من جسم الإنسان عن طريق الإشعاع يتوقف على الفرق بين درجات الحرارة. وعن طريق الحمل يتوقف على الفرق بين درجات الحرارة وسرعة الهواء. وعن طريق التبخّر يتوقف على درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء.

وكمية الحرارة التى تنتقل من جسم الإنسان إلى الجوّ المحيط به عن طريق الحالات الثلاثة التى ذكرناها قد دُرست بعناية فى معامل جمعية مهندسى التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية (ASHRAE). ومن هذه الدراسة لوحظ أن الحرارة التى تنتقل من جسم الإنسان تتوقف أساسا على درجة نشاط وحركة الجسم ولا تتغير كثيرا عن درجات الحرارة التى يشعر عندها الإنسان بالراحة. فإذا بعدنا عن هذه الدرجات فإن الحرارة تنتقل من الجسم إلى الجو المحيط به وتتوقّف فى هذه الحالة مباشرةً على درجة الحرارة الفعالة. ومن دراسات أُجريت بعد ذلك لوحظ أن هناك تغيرًا كبيرًا فى مقدار الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة التى يفقدها الجسم عند وجوده فى منطقة الراحة. ولقد ظهر أن ذلك يتوقف على

درجة الحرارة الجافة. فمثلا عندما يكون الإنسان جالسا فى وضع مريح عند درجة حرارة جافة مقدارها ٧٥°ف (٢٣,٩°م) فإنه يفقد فى هذه الحالة ما يقرب من ٣٤٪ من مجموع الحرارة التى يفقدها الجسم عن طريق التبخّر (حرارة كامنة) وحوالى ٦٦٪ عن طريق الإشعاع والحمل. وعندما تكون درجة الحرارة الجافة ٨٥°ف (٢٩,٤°م) فإن حوالى ٥٨٪ من مقدار الحرارة الكلية التى يفقدها الجسم تكون عن طريق التبخر وحوالى ٤٢٪ عن طريق الإشعاع والحمل.

هذا والجدول التالى رقم (١) يبين كلًّا من الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة التى تنتقل من جسم الإنسان إلى الجوّ المحيط به عند درجات حرارة جافة مختلفة وعند قيام الإنسان بأوجه نشاط مختلف. ويستعمل هذا الجدول عادةً فى حساب حمل التبريد للأشخاص الموجودين فى أماكن مكيّفة الهواء.

جدول رقم (١) الحرارة المحسوسة والكامنة و. ح. ب/ الساعة التى تنتقل من جسم الإنسان إلى الجو المحيط به عند درجات حرارة جافة مختلفة وأوجه نشاط مختلف وعندما تكون سرعة الهواء من ١٥ إلى ٢٥ قدمًا فى الدقيقة

درجة الحرارة الجافة	شخص جالس فى وضع مريح[١] الحرارة الكلية ٤٠٠ و.ح.ب/ساعة		شخص واقف فى وضع مريح[٢] الحرارة الكلية ٤٦٠ و.ح.ب/ساعة		شخص يؤدى عملا خفيفا[٣] الحرارة الكلية ٥٢٠ و.ح.ب/ساعة		شخص يؤدى عملا متوسطا[٤] الحرارة الكلية ٦٨٠ و.ح.ب/ساعة	
	المحسوسة	الكامنة	المحسوسة	الكامنة	المحسوسة	الكامنة	المحسوسة	الكامنة
٧٠°ف	٣١٠	٩٠	٣٢٠	١٤٠	٣٣٠	١٩٠	٣٧٠	٣١٠
٧٥	٢٦٠	١٤٠	٢٧٠	١٩٠	٢٨٠	٢٤٠	٣٠٥	٣٧٥
٨٠	٢٢٠	١٨٠	٢٢٠	٢٤٠	٢٢٠	٣٠٠	٢٥٠	٤٣٠
٨٥	١٦٠	٢٤٠	١٦٠	٣٠٠	١٦٠	٣٦٠	١٦٠	٥٢٠

(١) كالأشخاص الجالسين أو اللذين يأكلون.

(٢) كالكتبة فى المصارف.

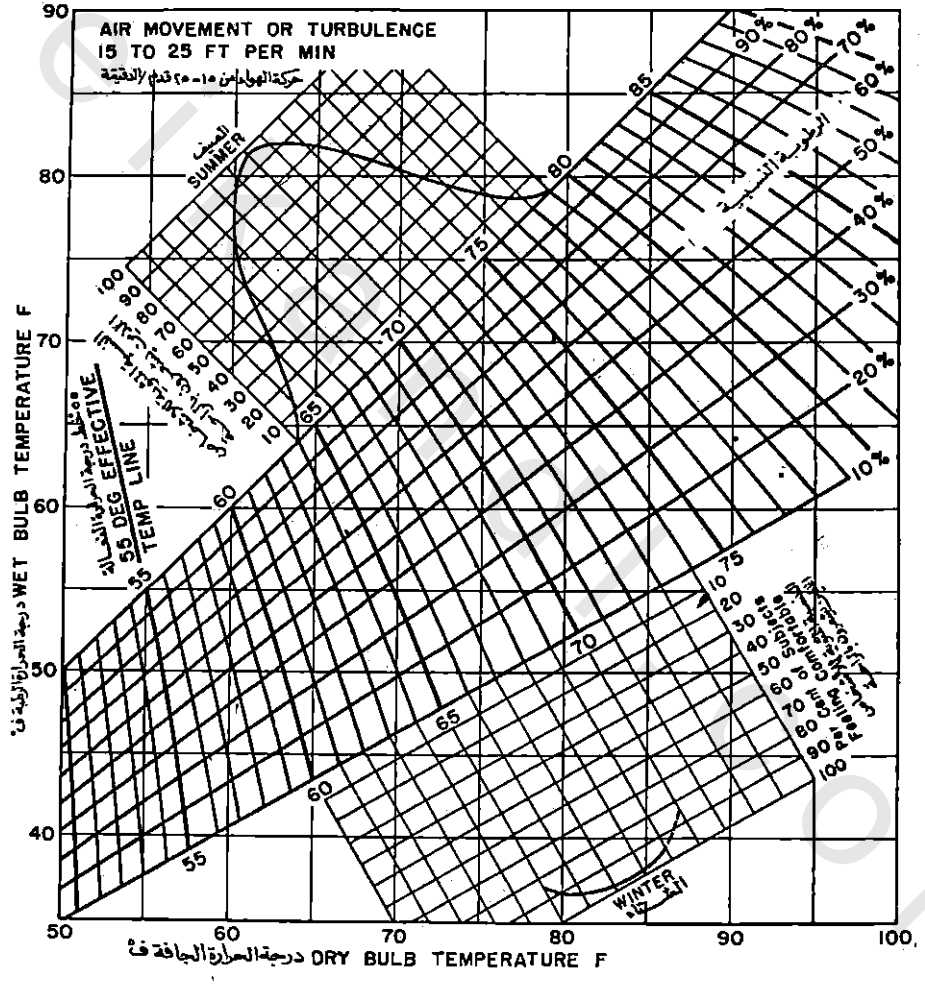
(٣) كالكتبة على الآلات الكاتبة أو الحاسبة.

(٤) كخدمة المطاعم والمقاهى.

خريطة مناطق الراحة (comfort Chart)

يمكن تعريف منطقة الراحة (Comfort Zone) بأنها المنطقة المحصورة بدرجات الحرارة الفعالة التى يشعر فيها أكثر من ٥٠٪ من الأشخاص المعرّضين لها بالراحة.

والخريطة المبينة فى الرسم رقم (١ - ٩) تبين مناطق الراحة وقد عملت بمعرفة جمعية مهندسى التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية (ASHRAE) وذلك بعد إجراء عدة



رسم رقم (١-٩) خريطة توضح مناطق الراحة التى عملت بمعرفة جمعية مهندسى التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية (ASHRAE) والموضوعة بالدرجات الفهرنهايت.

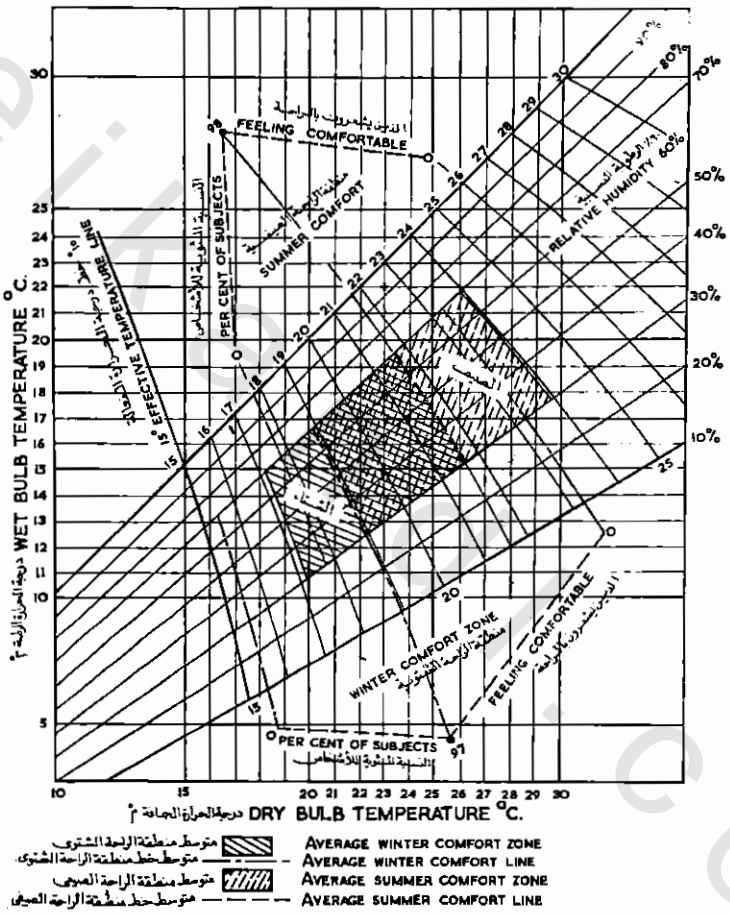
تجارب مختلفة على مجموعة من الأشخاص عرِّضوا لدرجات حرارة جافة ورطبة مختلفة فى مكان سرعة الهواء به تتراوح ما بين ١٥ و٢٥ قدمًا فى الدقيقة. ومنطقة الراحة التى حدّدت على الرسم عندما تكون الحالة الجوية خارج المكان الموجود به هؤلاء الأشخاص صيفية أطلق عليها «منطقة الراحة الصيفية» (Summer Comfort Zone)، بينما منطقة الراحة التى حدّدت على الرسم عندما تكون الحالة الجوية خارج المكان الموجود به هؤلاء الأشخاص شتوية أطلق عليها «منطقة الراحة الشتوية» (Winter Comfort Zone).

ومنطقة الراحة الشتوية تمتد من درجة حرارة فعالة مقدارها ٦٥°ف إلى ٧٣°ف «درجة فعالة»، بينما منطقة الراحة الصيفية تمتد من درجة حرارة فعالة مقدارها ٦٥°ف إلى ٧٨°ف «درجة فعالة». وهذه الدرجات الفعالة التى حدّدت منطقتى الراحة الشتوية والصيفية هى فى الحقيقة أقصى حدود هذه المناطق التى يشعر فيها شخص أو أكثر بالراحة. ولكن نظرا لأن عدد قليلا جدا من الأشخاص قد يشعر بالراحة عند تعرضه لدرجات الحرارة الفعالة الموجودة فى أقصى حدود مناطق الراحة، لذلك حُدّدت على الرسم كذلك الأجزاء من المناطق التى يشعر فيها أكثر من ٥٠٪ من الأشخاص المعرضين لها بالراحة ويطلق عليها متوسط مناطق الراحة. ومتوسط منطقة الراحة الشتوية «Average Winter Comfort Zone» يمتد من درجة حرارة فعالة مقدارها ٦٣° ف إلى درجة حرارة فعالة مقدارها ٧١°ف.

ويلاحظ من متوسط مناطق الراحة أن النسبة المئوية للأشخاص الذين يشعرون بالراحة تزداد بالتدريج كلما تقدمنا من خطوط درجات الحرارة الفعالة الموجودة فى أقصى حدود هذه المناطق إلى الخطوط التى تبين درجات الحرارة الفعالة الموجودة فى منتصف هذه المناطق والتى عندها يشعر حوالى ٩٧٪ إلى ٩٨٪ من الأشخاص المعرضين لها بالراحة. ويطلق على هذه الخطوط الموجودة فى منتصف هذه المناطق «خطوط الراحة» (Comfort Lines). فخط الراحة الصيفى هو المبين بدرجة الحرارة الفعالة ٧١°ف، بينما خط الراحة الشتوى هو المبين بدرجة الحرارة الفعالة ٦٦°ف.

هذا ولقد كان التغير فى نسبة الرطوبة المئوية للمكان الذى كانت تجرى التجارب به على مجموعة الأشخاص بواسطة جمعية مهندسى التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية ما بين ٣٠٪ و ٧٠٪. وهذا التغير فى نسبة الرطوبة كان يكفى لتحديد أقصى مناطق الراحة. وأثناء إجراء هذه التجارب شعر بعض الأشخاص المعرضين لها ببعض الجفاف عندما وصلت

نسبة الرطوبة المئوية إلى ٣٠٪ صيفا، وببعض الرطوبة الزائدة عندما وصلت نسبة الرطوبة المئوية إلى ٧٠٪ شتاء. وعلى العموم فإن معظم الأشخاص كانوا يشعرون بالراحة ولم يشعروا بالرطوبة عندما كانت تتغير نسبتها ما بين ٣٠٪ و ٦٠٪ عندما كانت تحفظ لهم درجة الحرارة المناسبة لكل حالة. هذا وخريطة مناطق الراحة الظاهرة فى الرسم رقم (١ - ١٠) وضعت بالدرجات المئوية.



رسم رقم (١-١٠) خريطة توضح مناطق الراحة وقد تم وضعها بالدرجات المئوية.

درجات الحرارة والرطوبة الواجب حفظها داخل المكان عند تصميم عمليات تكييف الهواء صيفا:

دوجات الحرارة داخل المكان تحدد بواسطة درجة الحرارة الفعالة المطلوبة. وهذه تتوقف أيضا على درجة الحرارة الجافة الخارجية التى تختار عند التصميم، وكذلك على المدة التى يقضيها الشخص داخل المكان المكيف ورسومات خرائط مناطق الراحة السابق شرحها والتى تظهر فيها منطقة الراحة الصيفية عندما يتواجد الأشخاص داخل المكان المكيف لمدة ٣ ساعات أو أكثر. ولقد أثبتت التجارب كذلك أنه عندما يتواجد الأشخاص فى المكان المكيف مدة تقل عن ٣ ساعات فإن الصدمات التى تنشأ عن الفرق بين درجة حرارة الخارج ودرجة حرارة المكان المكيف تصبح ذات أهمية يلزم مراعاتها عند اختيار درجات الحرارة داخل المكان المكيف عند إجراء حسابات التصميم. والجدول رقم (٢) يجب أن يستعمل عندما تكون مدة تواجد الأشخاص فى المكان المكيف تزيد عن ٤٠ دقيقة.

هذا وفى حالة المحلات التجارية والمطاعم وما شابهها فإن مدة تواجد الأشخاص بداخلها تقل فى العادة عن ٤٠ دقيقة ولهذا يلزم رفع درجات الحرارة الفعالة داخل هذه الأماكن عند إجراء التصميم درجة واحدة فقط عن الدرجات المبنية فى الجدول رقم (٢) ولذلك يجب أن يستعمل فى هذه الحالة الجدول رقم (٣).

obeikandl.com

جدول رقم (٢) – درجات الحرارة الجافة والرطبة ونسبة الرطوبة المئوية والحرارة الفعالة الواجب حفظها داخل المكان المكيف بالنسبة لدرجة حرارة الخارج وعندما تكون مدة تواجد الأشخاص داخل المكان المكيف تزيد عن ٤٠ دقيقة

درجة حرارة الخارج ف°	درجات الحرارة ونسبة الرطوبة المئوية الواجب حفظها في داخل المكان المكيف				
	درجة الحرارة الجافة ف°	درجة الحرارة الرطبة ف°	درجة التندى ف°	نسبة الرطوبة ٪	درجة الحرارة الفعالة
٨٠	٧٥	٦٦	٦١	٦١	٧١
	٧٦	٦٤	٥٧	٥٢	٧١
	٧٧	٦٣	٥٤	٤٥	٧١
	٧٨	٦١	٤٩	٣٦	٧١
٨٥	٧٧	٦٦	٦٠	٥٦	٧٢
	٧٨	٦٤	٥٥	٤٦	٧٢
	٧٩	٦٣	٥٢	٤٠	٧٢
	٨٠	٦١	٤٧	٣٢	٧٢
٩٠	٧٨	٦٧	٦١	٥٦	٧٣
	٧٩	٦٦	٥٨	٥٠	٧٣
	٨٠	٦٤	٥٤	٤٠	٧٣
	٨١	٦٣	٥١	٣٦	٧٣
٩٥	٧٨	٧٠	٦٦	٦٨	٧٤
	٧٩	٦٨	٦٢	٥٨	٧٤
	٨٠	٦٧	٦٠	٥١	٧٤
	٨٢	٦٥	٥٤	٣٩	٧٤
١٠٠	٨٠	٦٩	٦٦	٥٨	٧٥
	٨١	٦٨	٦١	٥٢	٧٥
	٨٢	٦٧	٥٩	٤٥	٧٥
	٨٧	٦٦	٥٦	٤٠	٧٥
١٠٥	٨١	٧٠	٦٥	٥٨	٧٥,٥
	٨٢	٦٩	٦٢	٥١	٧٥,٥
	٨٣	٦٧	٥٨	٤٤	٧٥,٥
	٨٤	٦٦	٥٥	٣٨	٧٥,٥

جدول رقم (٣) درجات الحرارة الجافة والرطبة النسبية والحرارة الفعالة الواجب حفظها داخل المكان المكيف بالنسبة لدرجة حرارة الخارج وعندما تكون مدة تواجد الأشخاص داخل المكان المكيف تقل عن ٤٠ دقيقة

درجة حرارة الخارج ف°	درجات الحرارة ونسبة الرطوبة المئوية الواجب حفظها فى داخل المكان المكيف				
	درجة الحرارة الجافة ف°	درجة الحرارة الرطبة ف°	درجة التندى ف°	نسبة الرطوبة ٪	درجة الحرارة الفعالة
٨٠	٧٧	٦٥	٦٠	٥٦	٧٢
	٧٨	٦٤	٥٥	٤٦	٧٢
	٧٩	٦٢	٥٢	٤٠	٧٢
	٨٠	٦١	٤٧	٣٢	٧٢
٨٥	٧٨	٦٧	٦١	٥٦	٧٣
	٧٩	٦٥	٥٨	٥٠	٧٣
	٨٠	٦٤	٥٤	٤٢	٧٣
	٨١	٦٣	٥١	٣٦	٧٣
٩٠	٧٩	٦٨	٦٢	٥٨	٧٤
	٨٠	٦٧	٦٠	٥١	٧٤
	٨١	٦٦	٥٧	٤٥	٧٤
	٨٢	٦٥	٥٤	٣٩	٧٤
٩٥	٨٠	٦٩	٦٦	٥٨	٧٥
	٨١	٦٨	٦١	٥٢	٧٥
	٨٢	٦٧	٥٩	٤٥	٧٥
	٨٣	٦٦	٥٦	٤٠	٧٥
١٠٠	٨٢	٧٠	٦٤	٥٥	٧٦
	٨٣	٦٩	٦٢	٥٠	٧٦
	٨٤	٦٨	٥٩	٤٣	٧٦
	٨٥	٦٦	٥٤	٣٦	٧٦
١٠٥	٨٣	٧٠	٦٤	٥٣	٧٦,٥
	٨٤	٦٩	٦١	٤٧	٧٦,٥
	٨٥	٦٨	٥٩	٤٠	٧٦,٥
	٨٦	٦٧	٥٦	٣٦	٧٦,٥

obeikandl.com

درجات الحرارة والرطوبة الواجب حفظها داخل المكان عند تصميم عمليات تكييف الهواء شتاء:

درجات الحرارة الجافة التى يوصى باستعمالها عند تصميم عمليات تكييف الهواء شتاء لأنواع مختلفة من الأماكن مبنية فى الجدول رقم (٤). ففى الحالات التى يتواجد فيها الأشخاص فى مكان مكيف مدة طويلة، فإن درجة حرارة المكان يجب أن تكون من ٦٨°ف (٢٠°م) إلى ٧٢°ف (٢٢,٢°م) درجة حرارة جافة، وبمتوسط قدره ٧٠°ف (٢١,١°م). وفى العادة يجب أن تحفظ نسبة الرطوبة المئوية بحيث لا تقل عن ٣٠٪ وفى حالات قليلة عندما يكون الجو الخارجى باردا جدا يجب أن لا تقل عن ٤٠٪.

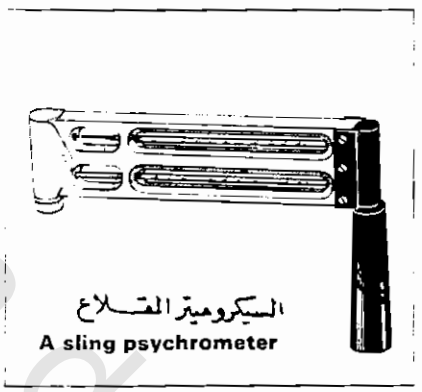
جدول رقم (٤) درجات الحرارة الجافة التى يوصى بحفظها داخل الأماكن المكيفة شتاء

نوع المكان	درجة الحرارة الجافة التى يوصى بحفظها ف° (م°)
منازل	٧٠ - ٧٢ (٢١,١ - ٢٢,٢)
محلات تجارية	٦٥ - ٦٨ (١٨,٣ - ٢٠)
مكاتب	٦٨ - ٧٢ (٢٠ - ٢٢,٢)
مسارح أو دور عرض	٦٨ - ٧٢ (٢٠ - ٢٢,٢)
مدارس	٧٠ - ٧٢ (٢١,١ - ٢٢,٢)
قاعات ألعاب رياضية	٦٠ (١٥,٦)
قاعات اجتماعية	٦٥ (١٨,٣)
مستشفيات	٧٢ - ٧٥ (٢٢,٢ - ٢٣,٩)
غرف العمليات بالمستشفيات	٧٠ - ٩٥ (٢١,١ - ٣٥)
مصانع	٦٥ (١٨,٣)
ورش آلات	٦٠ - ٦٥ (١٥,٦ - ١٨,٣)

الخريطة السيكرومترية واستعمالها فى حساب عمليات تكييف الهواء

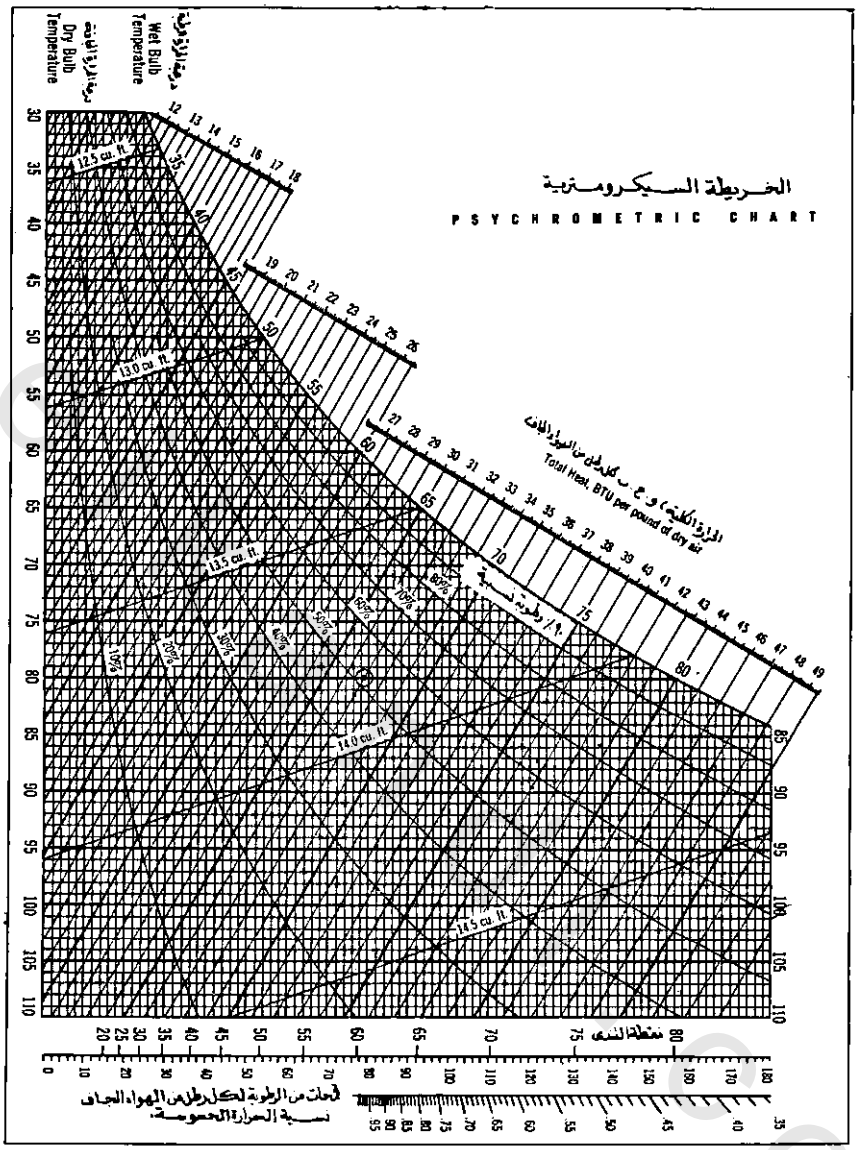
Psychrometric Chart

إن السيكرومترية هى دراسة خواص وحالات مخلوط الهواء وبخار الماء. ونظرًا لأن كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء وهى الرطوبة لها أهمية كبيرة بالنسبة لعمليات تكييف الهواء المختلفة، لهذا كان من الواجب إيجاد طريقة مناسبة سهلة لقياس هذه الكمية. ولقد أمكن ذلك باستعمال الجهاز المسمّى بالسيكروميتر المقلاع (Sling Psychrometer) الذى يظهر شكله فى الرسم رقم (١ - ١١)، حيث يمكن بواسطته قياس كلٍّ من درجة الحرارة الجافة



رسم رقم (١-١١) السيكروميتر المقلاع الذى يمكن بواسطة قياس كل من درجة الحرارة الجافة والرطبة لإيجاد الرطوبة النسبية الموجودة بالهواء

والرطبة للهواء فى نفس الوقت، نظراً لأنه يشتمل على ترمومتر لقياس درجة الحرارة الجافة، وترمومتر آخر لقياس درجة الحرارة الرطبة، والترمومترين مركبين على قاعدة واحدة متصل بها يد يمكن بواسطتها إدارة هذه القاعدة فى الهواء بحيث نجعل الهواء يمر فوق الترمومترين الجاف والرطب بسرعة مقدارها حوالى ٥٠٠ قدم فى الدقيقة لإمكان أخذ قراءات دقيقة من هذا الجهاز. وبمعرفة كل من درجة الحرارة الجافة والرطبة للهواء فإنه يمكن معرفة خواص الهواء الأخرى إمّا باستعمال الجداول السيكرومترية أو الخريطة السيكرومترية التى يظهر شكلها فى الرسم رقم (١ - ١٢). وهذه الخريطة عبارة عن رسم بيانى يبيّن العلاقة بين درجة الحرارة الجافة والرطبة ودرجة التندى والرطوبة النسبية، كما يبيّن لنا أيضًا الحرارة الكلية لكل درجة حرارة رطبة، وكذلك كمية بخار الماء بالقمحات (Grains) لكل رطل من الهواء الجاف عند درجات التندى المختلفة. ومن هذه الخريطة يمكن أيضاً معرفة الحجم النوعى



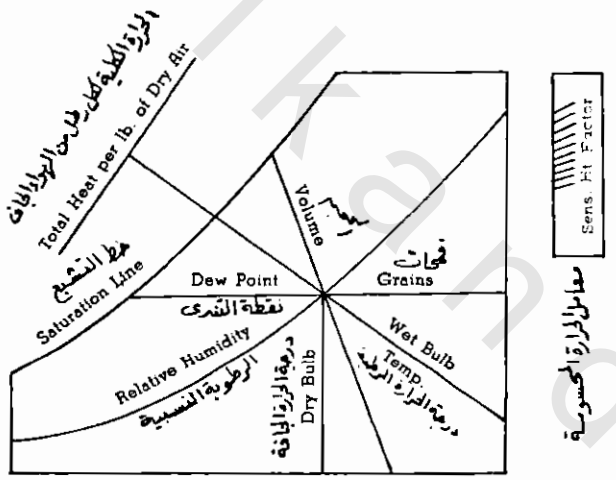
رسم رقم (١-١٢) الخريطة السيكرومترية.

لكلٍّ من الهواء الجاف والمشبع وكذلك معامل الحرارة المحسوسة. ولما لهذه الخريطة من أهمية كبرى بالنسبة لمهندسي ومصممي عمليات تكييف الهواء، لهذا يجب فهم تركيبها وطرق استخدامها جيدًا. هذا وتوجد أشكال متعدّدة لهذه الخريطة من ناحية تركيبها، ولكن النظرية والبيانات التي على أساسها قد رسمت هذه الخرائط جميعها واحدة. والخريطة السيكرومترية

التى سنقوم بإعطاء فكرة مبسطة عنها هنا تعتبر من أبسط أنواع هذه الخرائط، ويظهر تركيب خطوطها الرئيسية الرسم الهيكلى المبسط رقم (١ - ١٣). وبواسطة استعمال هذه الخريطة يمكن لمهندسى تكييف الهواء أن يوضّحوا ويجدوا حلولاً لعمليات تكييف الهواء المختلفة كما هو مبين فى الأمثلة الآتية:

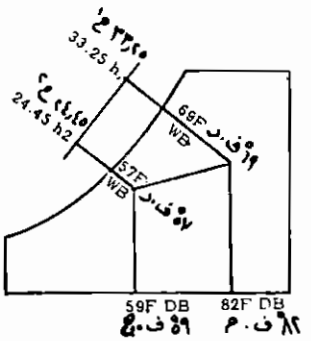
مثال (١)- الحرارة الكلية (Total Heat):

المطلوب إيجاد حمل الحرارة الكلية لتبريد ٦٠٠٠ قدم مكعب/الدقيقة من الهواء درجة حرارته عند دخوله ملف التبريد ٨٢°ف جافة و٦٩°ف رطبة. وعند خروجه من ملف التبريد تكون درجة حرارته ٥٩°ف و٥٧°ف رطبة.



رسم رقم (١-١٣) رسم هيكلى مبسط يوضح الخطوط الرئيسية التى تظهر على الخريطة السيكرومترية.

الخطوات: نقوم بتوقيع حالات دخول وخروج الهواء على الخريطة السيكرومترية كما هو مبين بالرسم رقم (١ -١٤)، ونقرأ الحرارة الكلية لهذه الحالات فنجد أنها ٣٣,٢٥ و.ح.ب/رطل للهواء الداخل و٢٤,٤٥ و.ح.ب/رطل للهواء الخارج.



رسم رقم (١-١٤) الحرارة الكلية.

الحرارة الكلية التى يجب أن تزال= قدم مكعب/الدقيقة×٤,٥×(ح ك١ – ح ك٢)

= ٦٠٠٠ × ٤,٥ × (٢٤,٤٥ – ٣٣,٢٥)

= ٢٣٧٦٠٠ و.ح.ب / ساعة.

ملاحظة:

٤,٥ تعادل ٦٠ دقيقة/١٣,٤ قدم مكعب للرطل.

(١٣,٤ قدم مكعب للرطل هو الحجم النوعى للهواء العادى).

درجة حرارة جافة.

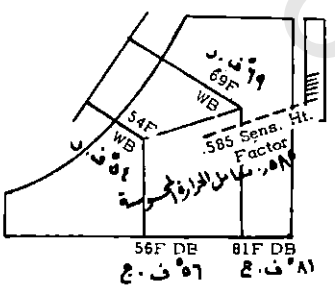
مثال (٢) – معامل الحرارة المحسوسة (Sensible Heat Factor):

باستعمال معامل الحرارة المحسوسة فإنه يمكن بسهولة إيجاد النسبة بين الحرارة المحسوسة وحرارة الحمل الكلية.

المطلوب إيجاد معامل الحرارة المحسوسة للهواء عندما يدخل ملف التبريد ودرجة حرارته ٨١°ف جافة و٦٩°ف رطبة، وتكون درجة حرارته عندما يترك ملف التبريد ٥٦°ف جافة و٥٤°ف رطبة. والحرارة الكلية للحمل هى ٦٤٠٠٠٠ و.ح.ب/الساعة.

الخطوات:

نقوم بتوقيع حالات دخول وخروج الهواء على الخريطة السيكرومترية كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ١٥)، ثم نمدّ خطًّا مستقيماً يصل بين هاتين النقطتين على الخريطة. نحدّد نسبة الحرارة المحسوسة الدالة عند ٨٠°ف جافة و٦٧°ف رطبة، ويمدّ خط يمر بهذه النقطة الدالة ويوازى الخط الواصل بين نقطتى حالات دخول وخروج الهواء، ثم يُمدُّ هذا الخط



رسم رقم (١-١٥) معامل الحرارة المحسوسة.

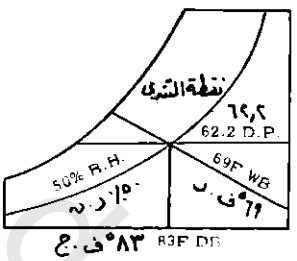
ناحية قراءات معامل الحرارة المحسوسة حيث نقرأ معامل قراءة محسوسة قدره ٠,٥٨٥ فيكون حمل الحرارة المحسوسة يعادل ٢٦٩٠٠٠ و.ح.ب/الساعة.

مثال (٣) – نقطة التندى والرطوبة النسبية (Dew Point and Relative Humidity):

المطلوب إيجاد نقطة التندى والرطوبة النسبية للهواء الداخل عند درجة حرارة قدرها ٨٣°ف جافة و٦٩°ف رطبة.

الخطوات:

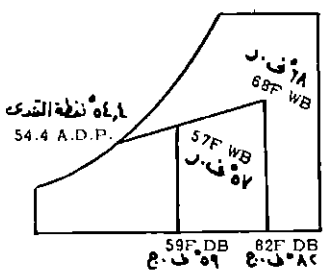
نقوم بتوقيع نقطة حالات الدخول على الخريطة السيكرومترية كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ١٦) عند ٨٣°ف جافة و٦٩°ف رطبة، ونقرأ ٥٠٪ رطوبة نسبية و٦٢,٢ نقطة التندى وذلك عندما تتحرك ناحية يمين الخريطة على الخط الأفقى.



رسم رقم (١–١٦) نقطة التندى والرطوبة النسبية.

مثال (٤) – نقطة تندى الجهاز (Apparatus Dew Point):

بدٌ الخط الذى يصل بين حالات دخول وخروج الهواء إلى منحنى التشبع الموجود على الخريطة السيكرومترية كما هو مبيّن بالرسم رقم (١ – ١٧)، فإنه يمكن إيجاد نقطة تندى الجهاز أو متوسط درجة حرارة سطح ملف التبريد.



رسم رقم (١–١٧) نقطة تندى الجهاز.

وتستعمل نقطة تندى الجهاز لتحديد كميات الهواء الإضافية اللازمة بالنسبة لجودة ملف التبريد.

المطلوب إيجاد نقطة تندى الجهاز للهواء عندما يدخل بدرجة قدرها ٨٢°ف جافة و٦٨°ف رطبة ويخرج بدرجة قدرها ٥٩°ف جافة و٥٧°ف رطبة.

الخطوات:

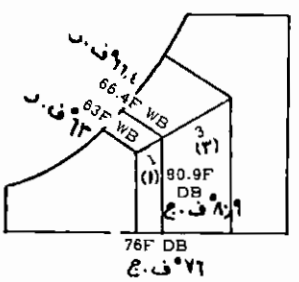
بتتبع الخطوات السابق شرحها تكون نقطة تندى الجهاز المبينة على الخريطة هى ٥٤,٥.

مثال (٥) – مخلوط من أحجام مختلفة من الهواء (Mixture of Air Volumes):

المطلوب إيجاد درجة الحرارة الجافة والرطبة لمخلوط من الهواء الداخلى قدره ٧٥٠٠ قدم مكعب/الدقيقة ودرجة حرارته ٧٦°ف جافة و٦٣°ف رطبة وذلك عندما يخلط مع ٢٥٠٠ قدم مكعب/الدقيقة من الهواء الخارجى عندما يدخل بدرجة قدرها ٩٥°ف جافة و٧٥°ف رطبة.

الخطوات:

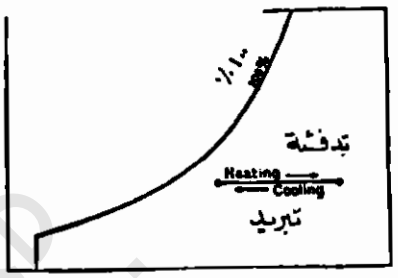
نقوم بتوقيع حالات الهواء الداخلى والخارجى على الخريطة السيكرومترية كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ١٨)، ثم نمدّ خطًّا يصل بين النقطتين. النسبة بين كمية الهواء الداخلى والخارجى هى ٣ إلى ١. نقوم بتقسيم هذا الخط إلى أربعة أقسام متساوية. وبأخذ قسم واحد من ناحية حالة الهواء الداخلى فإن هذه النقطة تدلّ على حالات الهواء المخلوط التى تكون ٨٠,٩°ف جافة و٦٦,٤°ف رطبة.



رسم رقم (١–١٨) مخلوط من أحجام مختلفة من الهواء.

رسم عمليات تكييف الهواء بواسطة الخريطة السيكرومترية

Airconditioning Process



رسم رقم (١-١٩)
عملية التبريد والتدفئة المحسوسة

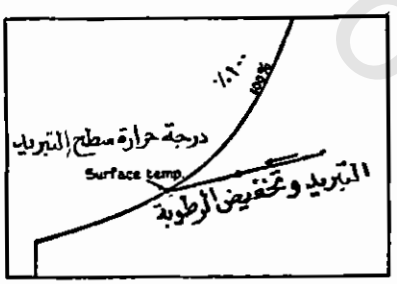
عملية التبريد والتدفئة المحسوسة - رسم رقم (١ - ١٩)

Sensible Heating and Cooling:

عملية التبريد والتدفئة المحسوسة تحدّد على الخريطة السيكرومترية بالخط المستقيم الأفقى الواصل بين نقطتى درجات الحرارة الجافة التى تحدد العملية. وهذه العملية تُميز بالتغيير فى درجة الحرارة الجافة، والرطوبة النسبية، ودرجة الحرارة الرطبة، والحرارة الكلية، والحجم النوعى. ولا يحدث تغيير فى كمية بخار الماء ولا درجة حرارة التندى ولا ضغط بخار الماء.

عملية التبريد وتخفيض الرطوبة الزائدة من الهواء - رسم رقم (١ - ٢٠):

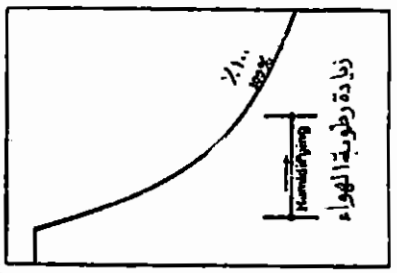
Cooling and Dehumidification:



رسم رقم (١-٢٠)
عملية التبريد وتخفيض الرطوبة الزائدة من الهواء

عملية التبريد وتخفيض الرطوبة الزائدة تُحدَّد على الخريطة السيكرومترية بالخط المستقيم الذى يرسم بين النقطة التى تُحدِّد حالة الهواء الابتدائية والنقطة الموجودة على الخط المنحنى الذى يبين الرطوبة النسبية ١٠٠٪ والتى تحدد حرارة سطح التبريد. وتستعمل هذه الطريقة عندما تكون درجة حرارة سطح التبريد أقل من درجة حرارة التندى الابتدائية. وتتوقف الحالة النهائية للهواء على الحرارة الكلية التى رفعت من الهواء. وهذه العملية تميز بتغيير جميع خواص الهواء

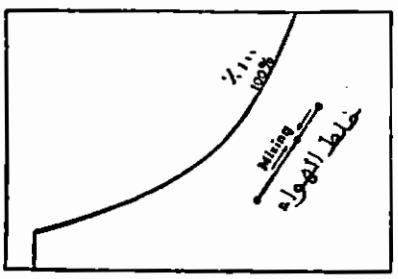
زيادة الرطوبة للهواء - رسم رقم (١ - ٢١). Humidifying:



رسم رقم (١-٢١) زيادة الرطوبة للهواء.

عملية زيادة الرطوبة للهواء بدون تغير فى درجة حرارته تُحدد بالخط المستقيم الرأسى لدرجة الحرارة الجافة الواصل بين النقطتين اللتين تحدّدان بالتغير فى كمية بخار الماء أثناء هذه العملية. وهذه العملية تُميز بزيادة الرطوبة النسبية، ودرجة الحرارة الرطبة، والحرارة الكلية، والحجم النوعى، وكمية بخار الماء، ودرجة حرارة التندى، وضغط بخار الماء للهواء.

خلط الهواء - رسم رقم (١ - ٢٢). Mixing:

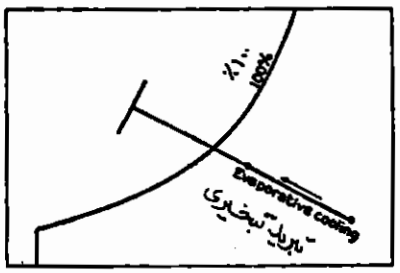


رسم رقم (١-٢٢) خلط الهواء.

عملية خلط كمية من الهواء بحالة ما مع كمية أخرى من الهواء بحالة أخرى تُحدد بالخط

المستقيم المرسوم بين النقطتين التى تدل على حالة كل كمية من الهواء. وحالة مخلوط الهواء تقع على هذا الخط عند نقطة تُحدد بالوزن النسبى للهواء المخلوط.

التبريد التبخيرى - رسم رقم (١ - ٢٣). Evaporative Cooling:

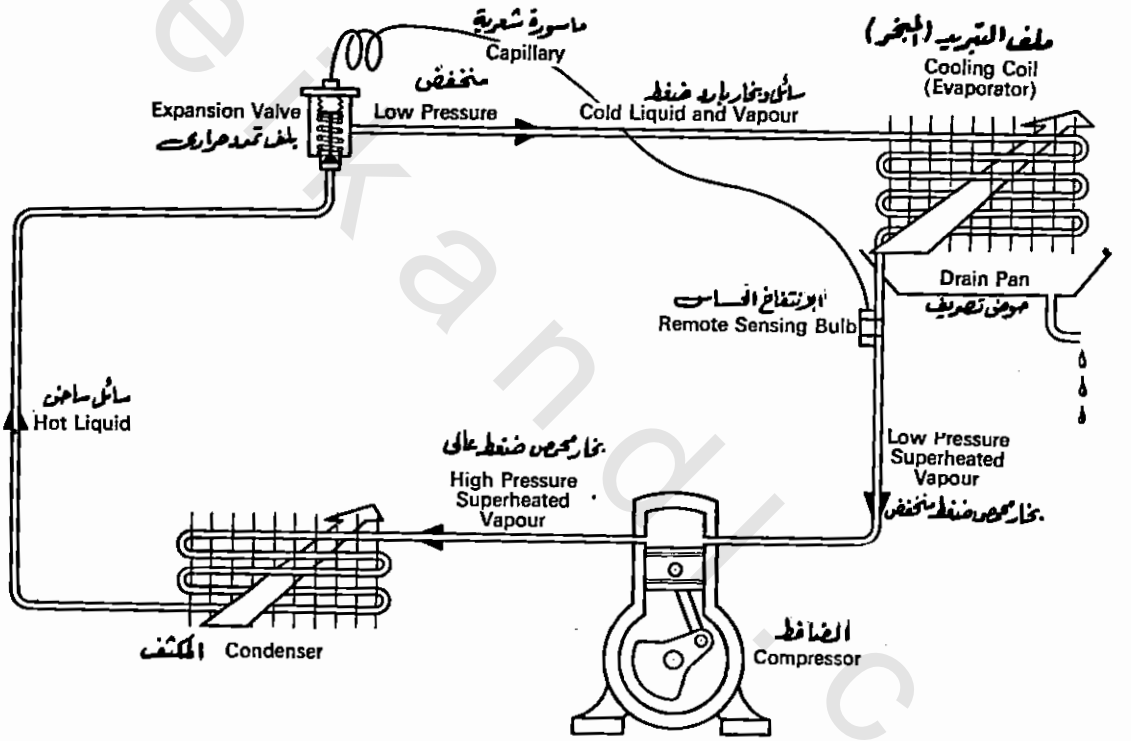


رسم رقم (١-٢٣) التبريد التبخيرى.

عملية التبريد التبخيرى للهواء التى تنتج من إمراره على رذاذ الماء التى تكون درجة حرارته مساوية لدرجة الحرارة الرطبة للهواء تُحدد بالخط المستقيم المرسوم على خط درجة الحرارة الرطبة الواصل بين النقطتين اللتين تحددّان هذه العملية. وفى هذه العملية لا يحدث تغيير فى الحرارة الكلية للهواء نظرًا لأن الحرارة المحسوسة التى رفعت من الهواء تعاد إليه على شكل حرارة كامنة بزيادة كمية بخار الماء، ودرجة حرارة التندى، وضغط بخار الماء. وبدون تغيير فى درجة الحرارة الرطبة.

obeikandl.com

الفصل الثاني



دورة التبريد

obeikandl.com