

الفصل الأول



أساسيات تكييف الهواء

أساسيات تكييف الهواء

نبذة تاريخية:

لدراسة علم هندسة تكييف الهواء يجب أن نعرف بالضبط أولاً ما هو المقصود بتكييف الهواء. وماذا قام الإنسان بعمله في الماضي لجعل جسمه يشعر براحة أكثر خلال فصول السنة الأربعة. فمثلاً كلنا نعرف أن الإنسان قد استعمل النار منذ عصور ما قبل التاريخ لغرض التدفئة. وبمرور الوقت تعلّم كيف يستعملها في الدفايات والمواقد والأفران ومراجل المياه الساخنة والبخار بعد أن كان يستعملها فقط في الحلاء. وفيها مضى قام الرومان وكذلك الهنود الحمر الذين كانوا يقطنون الجزء الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية بإمرار الأدخنة الساخنة التي 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 ابتداءً الإنسان يستغلّ هذا البخار في عمليات التدفئة وذلك بإمراره داخل مواسير.

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

وفي خلال عام ١٨٥٠ جُهِزَّ البرلمان الإنجليزي بوسائل التهوية الميكانيكية، وفي نفس الوقت قاموا كذلك بتركيب مواسير يمرّ بها البخار الساخن وبخاخات يتساقط منها الماء الثلج وذلك لتدفئة وتبريد الهواء الذي تقوم بدفعه مراوح التهوية.

وفي عام ١٩٠٠ قامت شركة «إيستمان كوداك» الأمريكية باستعمال أجهزة التبريد في تجفيف الهواء داخل مصانعها وذلك لتحسين صناعة الأفلام التي كانت تنتجها.

وفي عام ١٩١٠ قَدّم ويليس كارير لجمعية المهندسين الميكانيكيين الأمريكية بحثين عن أجهزة تكييف الهواء وعن المعادلات السيكرومترية. وفي الحقيقة فإن هذين البحثين يعتبران البداية الحقيقية لعلم تكييف الهواء الذي نعرفه في وقتنا هذا.

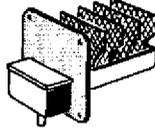
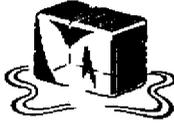
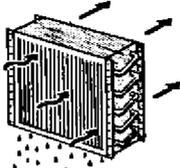
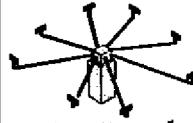
وفي عام ١٩٢٠ بدأ في استخدام التبريد في عمليات تكييف الهواء أولاً في المسارح وبعد ذلك في بعض المباني العامة والمكاتب والمحلات التجارية. ومنذ ذلك الوقت ابتدأ تكييف الهواء يسترعى انتباه الناس وانتشر استعماله أولاً لراحة الإنسان وثانياً في النواحي الصناعية المختلفة.

تعريف تكييف الهواء:

لقد قامت جمعية مهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية (ASHRAE) بتعريف تكييف الهواء بأنه العملية التي يعالج بها الهواء لكي يتم في نفس الوقت تنظيم كل من درجة حرارته، ونسبة رطوبته، وتنظيفه، وتوزيعه بطريقة معينة وذلك ليفي باحتياجات الحيز المكيف.

وتبعاً لذلك فإن جهاز تكييف الهواء المصمّم بطريقة عملية صحيحة يجب أن يقوم بتأدية العمليات الثمانية المبينة 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 في الهواء خلال فصل الصيف. بينما يقوم بالعمليات الأربع الآتية في جميع فصول السنة وهي: تنظيف وترشيح الهواء، وتوزيعه، وتحريكه داخل المكان المكيف بطريقة منتظمة وأخيراً القيام بإدخال الكمية الكافية من الهواء النقي اللازم لعملية التهوية للمكان المراد تكييفه هوائه.

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

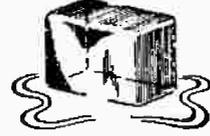
فصل الشتاء HEATING SEASON		فصل الصيف COOLING SEASON	
<p>التدفئة</p>  <p>HEATING</p>	<p>زيادة كمية الرطوبة</p>  <p>HUMIDIFYING</p>	<p>التبريد</p>  <p>COOLING</p>	 <p>إزالة الرطوبة الزائدة</p> <p>DEHUMIDIFYING</p>
جميع فصول السنة ALL SEASONS			
 <p>تنظيف وترشيح الهواء</p> <p>AIR CLEANING</p>	 <p>توزيع الهواء</p> <p>DISTRIBUTION</p>	 <p>تحريك الهوائى المكان المكثف</p> <p>CIRCULATION</p>	 <p>التهوية</p> <p>VENTILATION</p>

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

فصل الصيف:

التبريد:

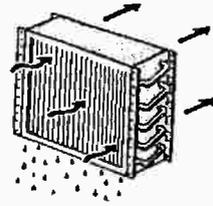
يقوم جهاز تكييف الهواء خلال فصل الصيف بخفض درجة حرارة المكان المراد تكييف هوائه بدرجة مقبولة ومريحة وبدون أن يكون هناك فرق كبير في درجة الحرارة بين أرضية المكان وسقفه. ولذلك يجب أن يقوم الجهاز



بإزالة الحرارة التي تسرب من خارج المكان إلى داخله، والحرارة التي تنتقل إلى داخل المكان بواسطة الإشعاع عن طريق النوافذ، والتي تنتقل بواسطة التوصيل عن طريق الجدران والأسقف. وعلاوة على ذلك يجب أن يقوم الجهاز كذلك بإزالة الحرارة التي تتولد داخل المكان نفسه من الأشخاص الموجودين به، ومن الإضاءة الكهربائية والأجهزة الأخرى التي قد تكون موجودة به.

إزالة الرطوبة الزائدة:

خلال فصل الصيف يجب إزالة الرطوبة الزائدة من الهواء المكيف. والسبب في 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 التي تسرب من الخارج إلى الرطوبة التي تتكون داخل المكان بتأثير تنفس وتبخّر 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 تكييفه هوائه في فصل الشتاء، وذلك برفع درجة حرارته إلى درجة مقبولة ومريحة وبدون أن يكون هناك فرق كبير في درجة الحرارة بين أرضية المكان وسقفه. وبالإضافة إلى ذلك يجب أن يقوم جهاز التكييف بتدفئة أرضية وحوائط



المكان كذلك وذلك للحد من عملية انتقال الحرارة من جسم الإنسان إلى الأسطح التي تكون درجة حرارتها أقل. وتعرف هذه العملية بالإشعاع البارد (cold Radiation). ولعلاج عملية الإشعاع البارد يجب رفع الدرجة التي يضبط عليها ترموستات المكان قليلاً كلما انخفضت درجة الحرارة الخارجية. وفي 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 في إجراء هذه العملية، هو أن الهواء الخارجى الذى يتسرب إلى المكان يكون في العادة خلال فصل الشتاء أكثر جفافاً من



الهواء الموجود داخل هذا المكان. وعندما يتم خلطها ببعضها فإن مقدار الرطوبة النسبية للهواء المخلوط تنخفض. ونظراً لإحكام قفل نوافذ وأبواب الأماكن المكيفة، فإن تسرب الهواء من الخارج إلى داخلها يصبح غير ممكن، وكذلك فإن الرطوبة التي تضاف للهواء الداخلى نتيجة لتواجد الأشخاص. وعمليات الطهى والاستحمام وغسل الأواني والملابس تجعل عملية زيادة كمية الرطوبة بواسطة جهاز التكييف لا تحتاج إليها معظم الأماكن

المكيفة في الوقت الحاضر وعلى العموم إذا كان مقدار الرطوبة النسبية داخل الأماكن المكيفة ٥٠٪، فإن ذلك يعتبر مثاليًا إذ أن هذه النسبة المثوية للرطوبة تعمل على وقاية الجسم من الأمراض التي ينقلها الهواء، كما أن لها تأثيرًا ملطفًا على الأغشية المخاطية للأنف والزور وباقي المسالك الهوائية وتعمل كذلك على عدم تلف الأثاث 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) فإنه في هذه الحالة يلزم تخفيض مقدار الرطوبة النسبية بمقدار يمنع حدوث هذا التكاثف.

جميع فصول السنة:

تنظيف وترشيح الهواء:

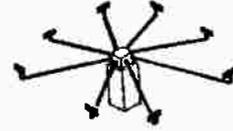
يقوم جهاز تكييف الهواء خلال جميع فصول السنة بتنظيف وترشيح الهواء الذي يدخل المكان المكيف الهواء. وتتم هذه العملية بواسطة مرشحات هواء عادية أو بواسطة إحدى المرشحات الإلكترونية الحديثة. وبغض



النظر عن نوع هذا المرشح المستعمل فإنه يجب أن يقوم بحماية صحة الإنسان من التلوث وذلك بإزالته الأتربة والأوساخ التي 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 التي تحمل الهواء المكيف من جهاز



التكييف إلى كل من هذه الأماكن حيث يتم توزيعها داخلها بواسطة موزعات وموجهات 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. وفي أجهزة التكييف التي 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 في درجات الحرارة في أنحاء المكان المختلفة عن $1,67^{\circ}\text{م} (3^{\circ}\text{ف})$.

تحريك الهواء داخل المكان المكيف بطريقة منتظمة:

يتم توزيع الهواء المكيف داخل المكان بواسطة موزعات وموجّهات خاصة. ويجب العناية في اختيار النوع المناسب منها لكل حالة. وكذلك يلزم العناية أيضاً بطريقة ومكان تركيبها وذلك لأن أقصى سرعة هواء مسموح بها داخل



المكان المكيف حوالي ٥٠ قدماً في الدقيقة عند ارتفاع يتراوح ما بين ٤ إلى ٥ قدم من أرضية المكان وفي حالة أجهزة التكييف التي يستعمل فيها الماء المتلجج أو الساخن لعملية التبريد والتدفئة، فإن وحدات التكييف المركبة بالمكان تشتمل على مروحة صغيرة تعمل على تحريك الهواء داخل الغرفة وتقرره باستمرار على ملفات التبريد / التدفئة المركبة بها.

التهوية:

يقوم جهاز تكييف الهواء بإعطاء التهوية الكافية للمكان المكيف في جميع فصول السنة، وذلك لعلاج التغيرات الكيميائية والطبيعية التي تحدث في هواء المكان المغفول والمشغول بالناس. وفيما يلي نوضح ما يحدث من تغيرات لهذا الهواء:



١ - تقل نسبة الأوكسجين به.

٢ - تزداد قليلاً نسبة ثاني أوكسيد الكربون.

٣ - يختلط الهواء بالمواد العضوية التي تخرج من الأنف أو الفم أو الجلد بنسب مختلفة. ويضاف إلى ذلك الروائح التي تنتج من عمليات طهي الأطعمة. وعلى هذا فإنه في حالة عدم توفير جهاز التكييف التهوية اللازمة داخل المكان، فإن الهواء الموجود بداخله يصبح راکداً وغير مريح. ومن حسن الحظ فإنه غالباً ما تحصل الأماكن مثل المساكن على التهوية الكافية لها عن طريق تسرب الهواء من حول النوافذ أو الأبواب الموجودة بها. وفي حالة عدم حصول المكان على التهوية الكافية بهذه الطريقة فإن جهاز تكييف الهواء يجب أن يكون مصمماً لإعطاء التهوية الكافية للمكان المراد تكييفه.

تعريف واصطلاحات خاصة بتكييف الهواء

الترموترات:

يوجد نوعان من الترموترات نستعملها عادة، وهما الترموتر ذو التدرج المئوي والترمومتر ذو التدرج الفهرنهايت، وتدرج كل منها يختلف عن الآخر. وفي جميع أنواع الترموترات فإن وحدة القياس تعرف بالدرجة ويرمز لها (°). وتوجد نقطتان ثابتتان في تدرج الترموترات وهما نقطة التجمد والغليان للماء النقي عند مستوى سطح البحر.

الترمومتر الفهرنهايت:

اخترع هذا الترمومتر في عام ١٧١٤ وهو يستعمل بكثرة في الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا والبلاد الأخرى التي يتكلم أهلها اللغة الإنجليزية. والاتجاه في الوقت الحاضر إلى استعمال الترمومتر المئوي بدلاً من هذا الترمومتر في أعمال التبريد وتكييف الهواء في هذه البلاد. ونقطة غليان الماء محددة على تدرج هذا الترموتر بالدرجة ٢١٢° ف ونقطة التجمد عند الدرجة ٣٢° ف وبين هاتين الدرجتين فإن تدرج الترموتر مقسم إلى ١٨٠ قسمًا متساويًا. ويقسم الترمومتر فوق وأسفل هاتين النقطتين بأقسام أخرى توضح درجات فهرنهايت.

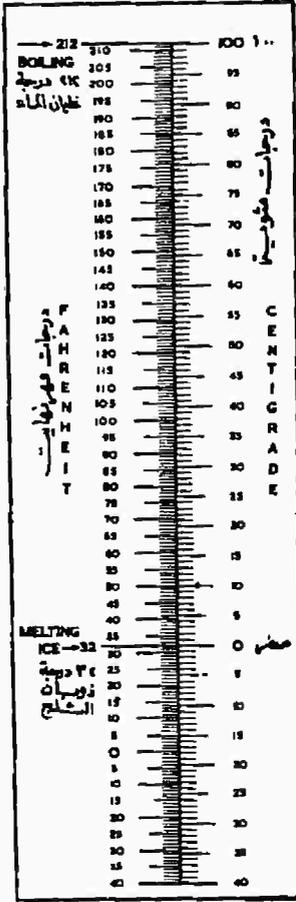
الترمومتر المئوي (الستيجراد):

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

ونقطة غليان الماء محددة على تدرج هذا الترمومتر عند الدرجة ١٠٠° م ونقطة التجمد عند الدرجة صفر°. وبين هاتين النقطتين فإن الترمومتر مقسم ١٠٠ قسم متساو. ومقسم فوق وأسفل هاتين النقطتين أقسام أخرى متساوية توضح درجات مئوية. الرسم رقم (١-٢) يبين كلاً من التدرج المئوي والتدرج الفهرنهايت المقابل له للترموترات.

$$\text{الدرجة المئوية (°م)} = \frac{5}{9} (\text{درجات فهرنهايت} - 32)$$

$$\text{الدرجة الفهرنهايت (°ف)} = \frac{9}{5} (\text{درجات مئوية} + 32)$$



الوحدة الحرارية البريطانية (و.ج.ب - B.t.u):

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

الكالورى (Cal):

إن وحدة الحرارة فى الطريقة المترية هو الكالورى (Calorie) ويرمز إليه بالرمز (كال - Cal) وهو كمية الحرارة اللازمة 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.

رسم رقم (١-٢) التدرج المتوى والتدرج الفهرنهايت المقابل له للترموترات

طن التبريد:

هو كمية الحرارة التى يمتصها طن واحد من الثلج فى مدة ٢٤ ساعة أثناء ذوبانه. فلاذابة رطل واحد من الثلج فإنه يلزمنا ١٤٤ و.ج.ب وعلى هذا يلزمنا:
 $144 \times 2000 = 288000$ و.ج.ب فى اليوم.
 أو ١٢٠٠٠ و.ج.ب / الساعة.

درجة الحرارة الجافة - Dry Bulb (D.B)

درجة الحرارة الجافة للهواء هى درجة الحرارة التى تقاس بالترموتر 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 مشبعة بالماء النقي. ويحرك هذا الترمومتر في الهواء بسرعة حتى يعطى قراءة ثابتة تعتبر هي درجة الحرارة الرطبة. وهي تقل عن قراءة الترمومتر الجاف بنسبة كمية بخار الماء الموجودة بالجو.

درجة التندى - Dew Point (D.P) :

إذا برد تحت ضغط ثابت مخلوط من الهواء الجاف وبخار الماء بحيث لم يصل هذا المخلوط إلى درجة التثبيغ، فإن درجة الحرارة التي يبدأ عندها تكاثف بخار الماء الموجود في المخلوط تسمى درجة التندى.

الرطوبة النسبية - Relative Humidity (R.H) :

هي النسبة بين كمية بخار الماء الموجودة في الهواء إلى كمية بخار الماء اللازمة لتثبيغ هذا الهواء عند نفس درجة الحرارة.

الحرارة المحسوسة - Sensible Heat (S.H) :

هي الحرارة التي نحس بها باليد والتي تقاس بواسطة ترمومتر عادى. وأى تغيير في درجة الحرارة المحسوسة يغير قراءة الترمومتر.

الحرارة الكامنة - Latent Heat (L. H) :

الحرارة الكامنة للمادة هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة الجزيئات التي تتربك منها هذه المادة بدون أن تتغير درجة الحرارة. فإذا كان التغيير من حالة السيوولة إلى حالة التجمد أو من حالة التجمد إلى حالة السيوولة، فإن الحرارة المسببة لذلك تعرف بالحرارة الكامنة للانصهار. فمثلاً نحتاج إلى ١٤٤ و.ح.ب لتحويل تماماً رطلاً واحداً من الثلج عند درجة حرارة ٣٢° ف إلى ماء عند درجة ٣٢° ف. وعندما تتغير حالة المادة من السيوولة إلى البخار فإن الحرارة اللازمة لحدوث هذا التغيير تسمى بالحرارة الكامنة للتبخّر.

الحرارة الكلية - Total Heat (T.H):

هي مجموعة الحرارة الكامنة والمحسوسة الموجودة في بخار الماء.

درجة الحرارة الفعالة (E.T) Effective Temperature:

تعتبر هذه الدرجة هي المقياس الحقيقي لدرجة شعور الإنسان بالدفء أو البرودة وذلك تبعاً لدرجة حرارة الجو ونسبة رطوبته وسرعة تحرك الهواء جميعها معاً. ودرجة الحرارة الفعالة لا تقاس بأي مقياس لأنها تتكوّن كما ذكرنا من خلاصة قراءات درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء. والرقم الخاص بقيمة الحرارة الفعالة بالنسبة لحالة الهواء يحدد بواسطة الهواء المشبّع عند سرعة هواء مقدارها من ١٥ إلى ٢٥ قدماً في الدقيقة بحيث يعطى شعوراً بالدفء أو البرودة كقيمة الرقم نفسه. وعلى هذا يطلق مثلاً على درجة الحرارة الفعالة مقدار ٦٥° عندما تعطى هذه الدرجة شعوراً بالدفء كنفس الشعور الذي يمكن الحصول عليه عند درجة ٦٥° ف وعندما يكون الهواء راكداً وغير متحرك ومشبعاً بالرطوبة.

كيف يشعر جسم الإنسان بالراحة

بما أن الراحة والصحة التي يشعر بها الإنسان الموجود في أي مكان ما تتوقف على التنظيم المناسب لكل من درجة الحرارة، ونسبة الرطوبة، وحركة الهواء داخل هذا المكان كما يوضح ذلك الرسم التوضيحي رقم (١-٣).



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

تأثير الحرارة والبرودة:

لقد عملت وما زالت تعمل أبحاث علمية حتى وقتنا هذا لمعرفة تأثير الحرارة والبرودة على جسم الإنسان. ولو أننا جميعاً نعرف أن الجسم لديه القدرة على تنظيم درجة حرارته مهما تغيرت الأحوال الجوية التي تحيط به، ولكن يجب أن نعرف كذلك أن هذه الظاهرة حقيقية فقط في الحالات العادية المحدودة. فمثلاً عندما ترتفع درجة الحرارة الفعالة عن ٩٠° فإِنَّ المركز الذي ينظم درجة حرارة الجسم يختل في عمله وينتج عن ذلك ارتفاع في درجة حرارة الجسم، وازدياد مقدار النض و ينتقل الدم أثناء ذلك من الأجزاء الداخلية للجسم إلى سطحه الخارجي ليساعد على تخفيض درجة حرارته. وإذا قام الإنسان بعمل جهد جسماني عندما تكون درجة حرارة الجو مرتفعة فإن الجسم يفقد أثناء ذلك مقداراً كبيراً من الأملاح التي يحتويها عن طريق إفراز العرق. وفي حالة عدم تعويض هذه الأملاح التي يفقدها الجسم فإن ذلك يؤدي إلى شعور الإنسان بالتعب وتقلص عضلاته.

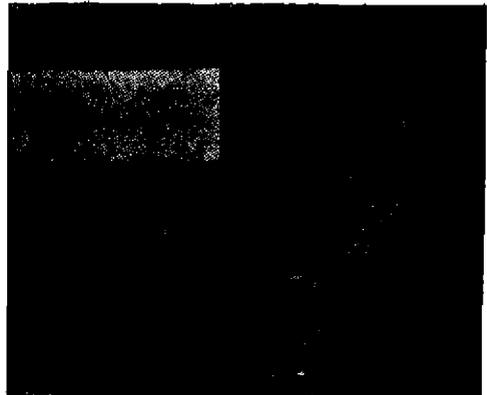
ويؤثر البرد كذلك على جسم الإنسان بأن يُلقى حملاً زائداً على الأعضاء التي تقوم بتوليد الطاقة الحرارية له فتتأثر بذلك عملية الهضم وحركة الدم والكلية. ويزداد كذلك ضغط دم الإنسان نتيجة لانقباض الأوعية الدموية التي تنقل الدم إلى القلب. كما تنقبض كذلك شعيرات الدم الموجوده في الغشاء المخاطي لمجرى التنفس، فتسبب انخفاض درجة حرارتها، وعندما تتعرض هذه الأجزاء لجوٍ دافئ فجأة فإنها تكون ضعيفة وتتعرض للإصابة بالأمراض المعدية بسرعة.

تأثير حركة الهواء:

تعتبر أيضاً حركة الهواء إحدى الحالات الثلاثة التي تؤثر على كمية الحرارة التي يفقدها الجسم. فحركة الهواء تعمل على زيادة نسبة تبخر العرق من على سطح جلد جسم الإنسان كما يوضح ذلك الرسومات التوضيحية رقم (١-أ) و (١-ب). ومقدار هذا التبخر يتوقف طبيعاً على قابلية الهواء المحيط بالجسم على امتصاص الرطوبة. فعندما يتحرك الهواء على سطح الجسم فإنه يدفع بعيداً عنه الهواء المشبع بالرطوبة المحيط به مما يتيح لمقدار أكبر من الرطوبة التبخر من على سطح الجلد.



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



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

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

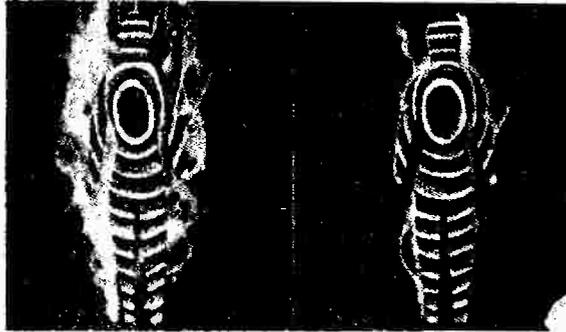
تأثير الرطوبة النسبية:

إن الرطوبة النسبية الموجودة في الهواء تؤثر على مقدار الحرارة التي يفقدها الجسم عن طريق تبخر العرق، فكلما كانت الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالجسم منخفضة تكون للجسم قدرة ليفقد مقداراً أكبر من الحرارة عن طريق التبخر عما إذا كانت الرطوبة النسبية مرتفعة، كما يوضح ذلك الرسم التوضيحي رقم (١-٥). ولقد ظهر من التجارب أنه عند درجة حرارة مقدارها 80°F ($26,7^{\circ}\text{C}$) تكون هناك حالة راحة مناسبة عندما تكون الرطوبة النسبية قدرها ٥٠٪.

كيف ينظم الجسم درجة حرارته:

تكون درجة حرارة جسم الإنسان العادي باستمرار $98,6^{\circ}\text{F}$ (37°C). ويحتفظ الجسم بهذه الدرجة بواسطة عملية التنظيم الأوتوماتيكي لتوليد وفقد الحرارة. وتتولد الحرارة في الجسم عن طريق عملية التمثيل الغذائي للأطعمة التي يتناولها الإنسان. هذا وينظم الجسم

رطوبة نسبية مرتفعة رطوبة نسبية منخفضة



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

درجة حرارته لتثبت عند الدرجة العادية وذلك بإزالته الحرارة الزائدة التي 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 التي تبلغ ٩٨,٦°ف (٣٧°م) كما ذكرنا سابقاً. ولكن الطبيعة كما نعلم جميعاً لا تعطينا الجو المريح الذي نطلبه دائماً إلا في أوقات محدودة من السنة، لهذا كان من الضروري أن نستعمل أجهزة تكييف الهواء في حياتنا لنحصل على درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء المناسبة لتشعر أجسامنا بجو مريح في جميع أيام وفصول السنة.

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

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



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



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

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

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



رسم رقم (٨-١)
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 التبخر يتوقف على درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء.

وكمية الحرارة التي تنتقل من جسم الإنسان إلى الجو المحيط به عن طريق الحالات الثلاثة التي ذكرناها قد درست بعناية في معامل جمعية مهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية (ASHRAE). ومن هذه الدراسة لوحظ أن الحرارة التي تنتقل من جسم الإنسان تتوقف أساساً على درجة نشاط وحركة الجسم ولا تتغير كثيراً عن درجات الحرارة التي يشعر عندما الإنسان بالراحة. فإذا بعدنا عن هذه الدرجات فإن الحرارة تنتقل من الجسم إلى الجو المحيط به وتتوقف في هذه الحالة مباشرة على درجة الحرارة الفعالة. ومن دراسات أجريت بعد ذلك لوحظ أن هناك تغيراً كبيراً في مقدار الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة التي يفقدها الجسم عند وجوده في منطقة الراحة. ولقد ظهر أن ذلك يتوقف على

درجة الحرارة الجافة. فمثلاً عندما يكون الإنسان جالساً في وضع مريح عند درجة حرارة جافة مقدارها ٧٥°ف (٢٣,٩م) فإنه يفقد في هذه الحالة ما يقرب من ٣٤% من مجموع الحرارة التي يفقدها الجسم عن طريق التبخر (حرارة كامنة) وحوالي ٦٦% عن طريق الإشعاع والحمل. وعندما تكون درجة الحرارة الجافة ٨٥°ف (٢٩,٤م) فإن حوالي ٥٨% من مقدار الحرارة الكلية التي يفقدها الجسم تكون عن طريق التبخر وحوالي ٤٢% عن طريق الإشعاع والحمل.

هذا والجدول التالي رقم (١) يبين كلاً من الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة التي تنتقل من جسم الإنسان إلى الجو المحيط به عند درجات حرارة جافة مختلفة وعند قيام الإنسان بأوجه نشاط مختلف. ويستعمل هذا الجدول عادةً في حساب حمل التبريد للأشخاص الموجودين في أماكن مكيفة الهواء.

جدول رقم (١) الحرارة المحسوسة والكامنة و. ح. ب/ الساعة
التي 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 في الدقيقة

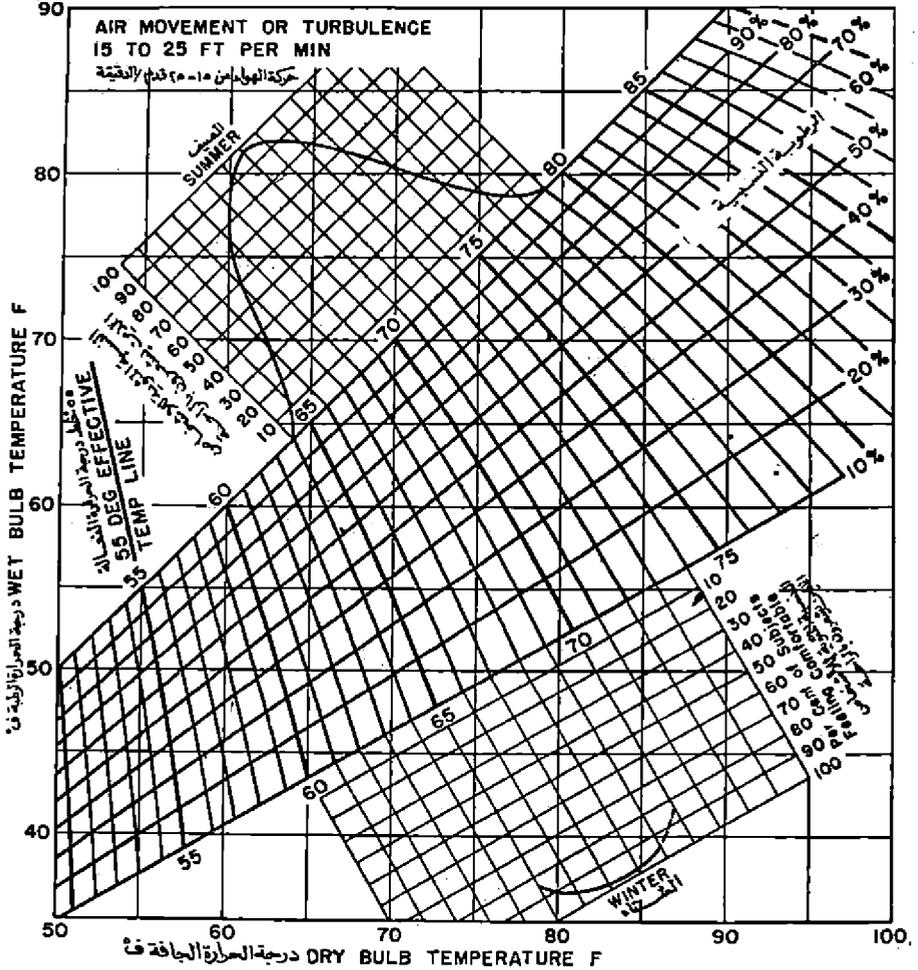
درجة الحرارة الجافة	شخص جالس في وضع مريح ^(١) الحرارة الكلية ٤٠٠ و.ح.ب/ ساعة		شخص واقف في وضع مريح ^(٢) الحرارة الكلية ٤٦٠ و.ح.ب/ ساعة		شخص يؤدي عملاً خفيفاً ^(٣) الحرارة الكلية ٥٢٠ و.ح.ب/ ساعة		شخص يؤدي عملاً متوسطاً ^(٤) الحرارة الكلية ٦٨٠ و.ح.ب/ ساعة	
	الكامنة	المحسوسة	الكامنة	المحسوسة	الكامنة	المحسوسة	الكامنة	المحسوسة
٧٠°ف	٩٠	٣١٠	١٤٠	٣٢٠	١٩٠	٣٣٠	٢٧٠	٣١٠
٧٥	١٤٠	٢٦٠	١٩٠	٢٧٠	٢٤٠	٢٨٠	٣٠٥	٣٧٥
٨٠	١٨٠	٢٢٠	٢٤٠	٢٢٠	٣٠٠	٢٢٠	٢٥٠	٤٣٠
٨٥	٢٤٠	١٦٠	٣٠٠	١٦٠	٣٦٠	١٦٠	١٦٠	٥٢٠

- (١) كالأشخاص الجالسين أو اللذين يأكلون.
(٢) كالكتابة في المصارف.
(٣) كالكتابة على الآلات الكاتبة أو الحاسبة.
(٤) كخدمة المطاعم والمقاهي.

خريطة مناطق الراحة (comfort Chart)

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

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



رسم رقم (١-٩) خريطة توضع مناطق الراحة التي عملت بمعرفة جمعية مهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الأمريكية (ASHRAE) والموضوعة بالدرجات الفهرنهايت.

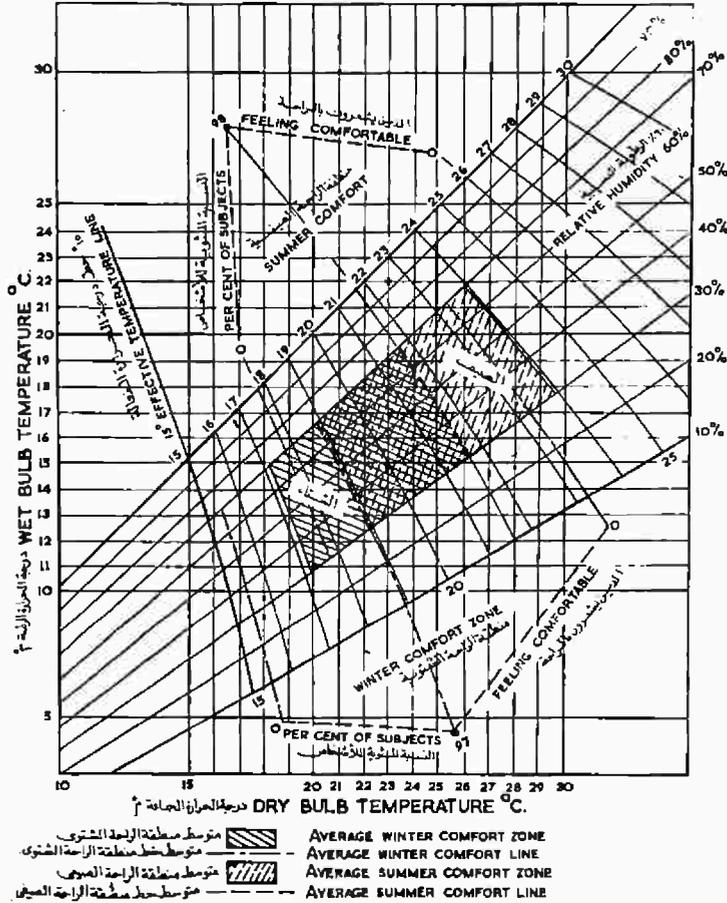
تجارب مختلفة على مجموعة من الأشخاص عرّضوا لدرجات حرارة جافة ورطبة مختلفة في مكان سرعة الهواء به تتراوح ما بين ١٥ و ٢٥ قدمًا في الدقيقة. ومنطقة الراحة التي حدّدت على الرسم عندما تكون الحالة الجوية خارج المكان الموجود به هؤلاء الأشخاص صيفية أطلق عليها «منطقة الراحة الصيفية» (Summer Comfort Zone)، بينما منطقة الراحة التي 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 التي حدّدت منطقتي الراحة الشتوية والصيفية هي في الحقيقة أقصى حدود هذه المناطق التي يشعر فيها شخص أو أكثر بالراحة. ولكن نظرًا لأن عدد قليلًا جدًا من الأشخاص قد يشعر بالراحة عند تعرضه لدرجات الحرارة الفعالة الموجودة في أقصى حدود مناطق الراحة، لذلك حدّدت على الرسم كذلك الأجزاء من المناطق التي 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 بالتدرج كلما تقدمنا من خطوط درجات الحرارة الفعالة الموجودة في أقصى حدود هذه المناطق إلى الخطوط التي تبين درجات الحرارة الفعالة الموجودة في منتصف هذه المناطق والتي عندها يشعر حوالي ٩٧٪ إلى ٩٨٪ من الأشخاص المعرضين لها بالراحة. ويطلق على هذه الخطوط الموجودة في منتصف هذه المناطق «خطوط الراحة» (Comfort Lines). فخط الراحة الصيفي هو المبين بدرجة الحرارة الفعالة ٧١°ف، بينما خط الراحة الشتوي هو المبين بدرجة الحرارة الفعالة ٦٦°ف.

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

نسبة الرطوبة المثوية إلى ٣٠٪ صيفا، وبعوض الرطوبة الزائدة عندما وصلت نسبة الرطوبة المثوية 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 في الرسم رقم (١ - ١٠) وضعت بالدرجات المثوية.



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

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

درجات الحرارة داخل المكان تحدد بواسطة درجة الحرارة الفعالة المطلوبة. وهذه تتوقف أيضاً على درجة الحرارة الجافة الخارجية التي تختار عند التصميم، وكذلك على المدة التي يقضيها الشخص داخل المكان المكيف ورسومات خرائط مناطق الراحة السابق شرحها والتي تظهر فيها منطقة الراحة الصيفية عندما يتواجد الأشخاص داخل المكان المكيف لمدة ٣ ساعات أو أكثر. ولقد أثبتت التجارب كذلك أنه عندما يتواجد الأشخاص في المكان المكيف مدة تقل عن ٣ ساعات فإن الصدمات التي 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 في المكان المكيف تزيد عن ٤٠ دقيقة.

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

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

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

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

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

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

درجات الحرارة الجافة التي يوصى باستعمالها عند تصميم عمليات تكييف الهواء شتاء لأنواع مختلفة من الأماكن مبنية في الجدول رقم (٤). ففي الحالات التي يتواجد فيها الأشخاص في 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). وفي العادة يجب أن تحفظ نسبة الرطوبة المثوية بحيث لا تقل عن ٣٠٪ وفي حالات قليلة عندما يكون الجو الخارجى باردا جدا يجب أن لا تقل عن ٤٠٪.

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

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

الخريطة السيكرومترية واستعمالها في حساب عمليات تكييف الهواء

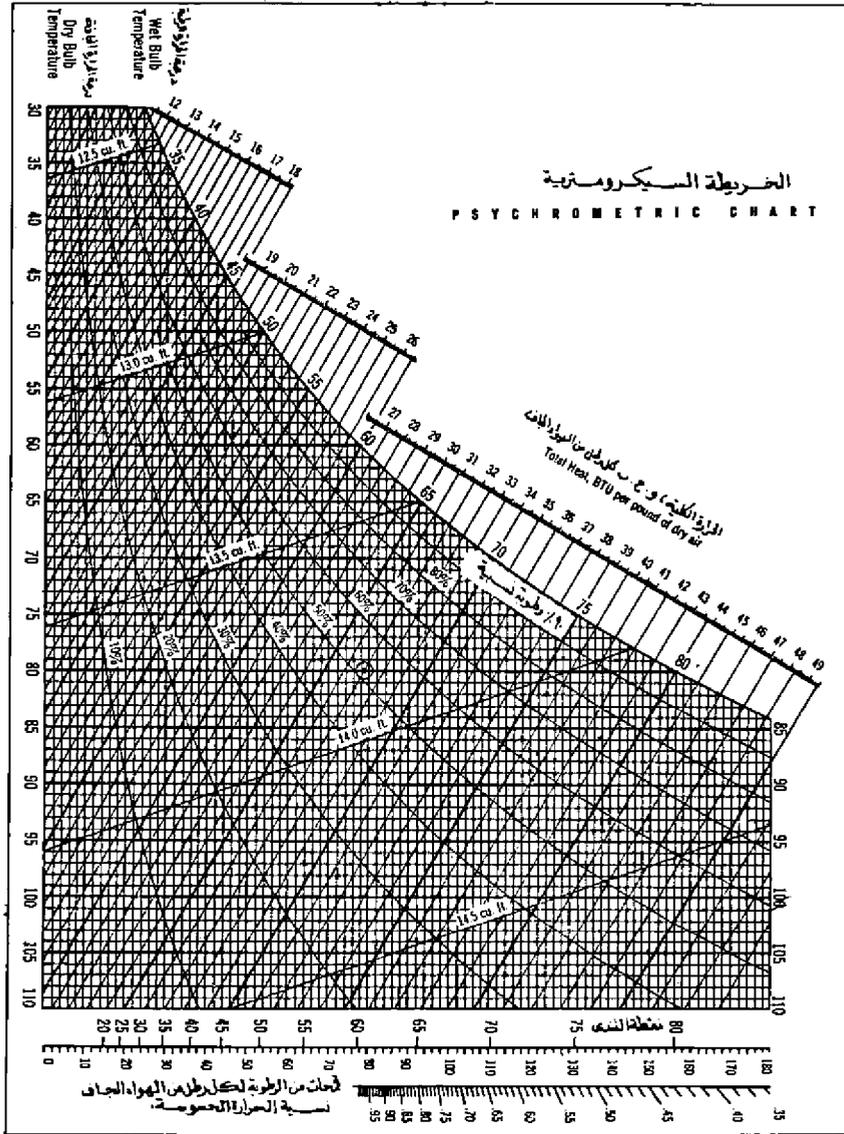
Psychrometric Chart

إن السيكرومترية هي دراسة خواص وحالات مخلوط الهواء وبخار الماء. ونظراً لأن كمية بخار الماء الموجودة في الهواء وهي 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 المسمى بالسيكرومتر المقلع (Sling Psychrometer) الذي يظهر شكله في الرسم رقم (١ - ١١)، حيث يمكن بواسطته قياس كل من درجة الحرارة الجافة

رسم رقم (١-١١) السيكرومتر المقلع الذي يمكن بواسطة قياس كل من درجة الحرارة الجافة والرطوبة لإيجاد الرطوبة النسبية الموجودة بالهواء



والرطوبة للهواء في 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 في الهواء بحيث نحصل الهواء يمر فوق الترمومترين الجاف والرطب بسرعة مقدارها حوالي ٥٠٠ قدم في الدقيقة لإمكان أخذ قراءات دقيقة من هذا الجهاز. وبمعرفة كل من درجة الحرارة الجافة والرطوبة للهواء فإنه يمكن معرفة خواص الهواء الأخرى إما باستعمال الجداول السيكرومترية أو الخريطة السيكرومترية التي يظهر شكلها في الرسم رقم (١ - ١٢). وهذه الخريطة عبارة عن رسم بياني يبين العلاقة بين درجة الحرارة الجافة والرطوبة ودرجة التندى والرطوبة النسبية، كما يبين لنا أيضاً 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 النوعي



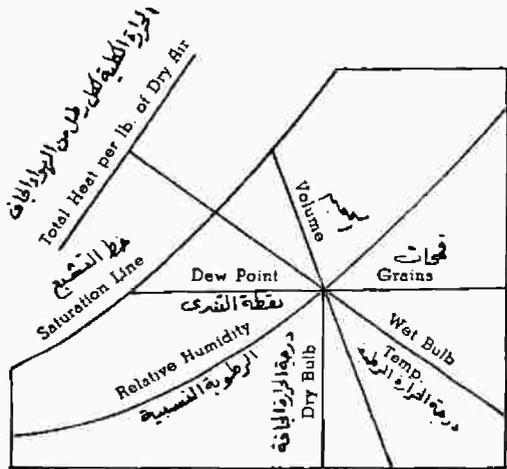
رسم رقم (١٢-١) الخريطة السيكرومترية.

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

التي 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 يوضحوا 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.

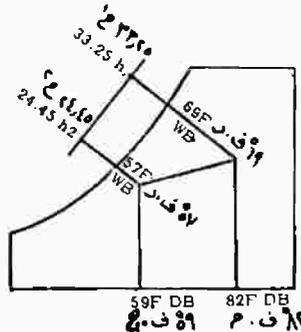


معايير الحرارة المحسوسة

رسم رقم (١٣-١) رسم هيكل مبسط يوضح الخطوط الرئيسية التي 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 و ٢٤,٤٥ و.ح.ب/رطل للهواء الخارج.

رسم رقم (١٤-١) الحرارة الكلية.



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

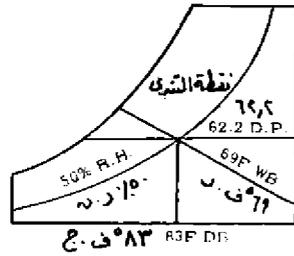
مثال (٣) - نقطة التندى والرطوبة النسبية (Dew Point and Relative Humidity):

المطلوب إيجاد نقطة التندى والرطوبة النسبية للهواء الداخل عند درجة حرارة قدرها ٨٣° ف جافة و ٦٩° ف رطبة.

الخطوات:

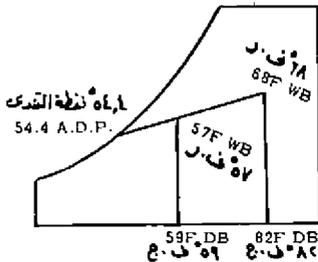
نقوم بتوقيع نقطة حالات الدخول على الخريطة السيكرومترية كما هو مبين بالرسم رقم (١ - ١٦) عند ٨٣° ف جافة و ٦٩° ف رطبة، ونقرأ ٥٠% رطوبة نسبية و ٦٢,٢ نقطة التندى وذلك عندما تتحرك ناحية يمين الخريطة على الخط الأفقى.

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



مثال (٤) - نقطة تندی الجهاز (Apparatus Dew Point):

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



رسم رقم (١٧-١) نقطة تندی 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:

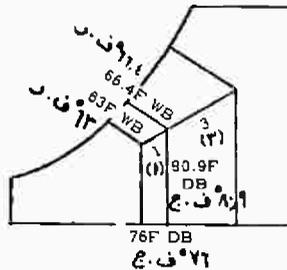
بتتبع الخطوات السابق شرحها تكون نقطة تندى الجهاز المبينة على الخريطة هي ٥٤,٥.

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

المطلوب إيجاد درجة الحرارة الجافة والرطوبة 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:

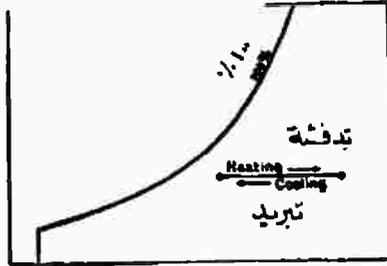
نقوم بتوقيع حالات الهواء الداخلى والخارجى على الخريطة السيكرومتريه كما هو مبين بالرسم رقم (١ - ١٨)، ثم نمد خطاً يصل بين النقطتين. النسبة بين كمية الهواء الداخلى والخارجى هي ٣ إلى ١. نقوم بتقسيم هذا الخط إلى أربعة أقسام متساوية. وبأخذ قسم واحد من ناحية حالة الهواء الداخلى فإن هذه النقطة تدلّ على حالات 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 (١٩-١)
عملية التبريد والتدفئة المحسوسة

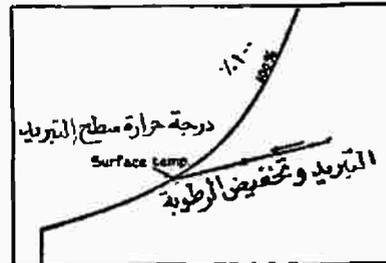
عملية التبريد والتدفئة المحسوسة - رسم رقم (١ - ١٩)

: Sensible Heating and Cooling

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

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

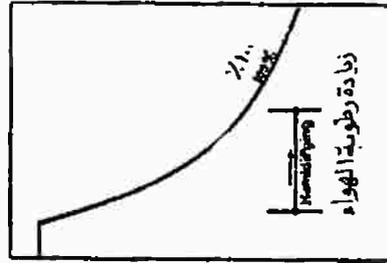
: Cooling and Dehumidification.



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

عملية التبريد وتخفيض الرطوبة الزائدة تُحدّد على الخريطة السيكمرومترية بالخط المستقيم الذي يرسم بين النقطة التي تُحدّد حالة الهواء الابتدائية والنقطة الموجودة على الخط المنحني الذي يبين الرطوبة النسبية ١٠٠٪ والتي تحدّد 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 التي رفعت من الهواء. وهذه العملية تميز بتغيير جميع خواص الهواء

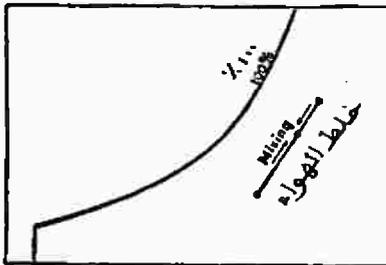
زيادة الرطوبة للهواء - رسم رقم (١ - ٢١). Humidifying:



رسم رقم (١-٢١) زيادة الرطوبة للهواء.

عملية زيادة الرطوبة للهواء بدون تغير في درجة حرارته تُحدّد بالخط المستقيم الرأسي لدرجة الحرارة الجافة الواصل بين النقطتين اللتين تُحدّدان بالتغير في كمية بخار الماء أثناء هذه العملية. وهذه العملية تُميز بزيادة الرطوبة النسبية، ودرجة الحرارة الرطبة، والحرارة الكلية، والحجم النوعي، وكمية بخار الماء، ودرجة حرارة التندى، وضغط بخار الماء للهواء.

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

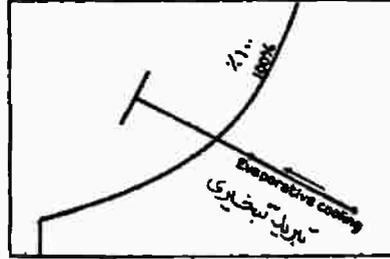


رسم رقم (١-٢٢) خلط الهواء.

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

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

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



رسم رقم (١-٢٣) التبريد التبخيري.

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

