مبـــــادئ وتعريفـــــــات Concepts & Definitions

١-١ تكييف الهواء Air conditioning

تكييف الهواء عبارة عن التحكم في درجة حرارة الهواء، رطوبته ، نقاوته وسريانه خلال مكان معين ليوفر وسطاً مريحاً، في جميع فصول السنة، لشاغلي المكان .

١-٢ التهويـــة Ventilation

التهوية عبارة عن تجديد الهواء في الأماكن المأهولة بالناس عن طريق تغذية المكان بكمية معينة من الهواء في وحدة الزمن ، وسحب كمية مماثلة لها ، للحصول على جو صحي خالي من الغبار، الأتربة ، الغازات الفاسدة والروائح الكريهة .

١-٣ راحـــــة الإنســان Human comfort

يحتاج جسم الإنسان إلى وسط صحي مريح ، ويتحقق ذلك بمعالجة الخواص الخمس التالية :

١. درجة حرارة الهواء الجافة
٢. نسبة الرطوبة
٣. سرعة الهواء
٤. تنقية الهواء
٥. التهوية

١-٤ الظروف المثالية Optimum Conditions

يشعر الإنسان بالراحة طوال العام عندما تكون الرطوبة النسبية للهواء في الحدود من (٥٠% - ٦٠%) ودرجة حرارة جافة تتراوح بين(٢٣° -٢٥°) م.

١-٥ وحدات قياس التبريد

١- وحدة حرارية بريطانية British thermal unit (Btu)

وتعرف بأنها كمية الطاقة اللازمة لتسخين ١ باوند (١ رطل) من الماء درجة واحدة فاهرنهايت. وهي تستخدم بكثرة في صناعة تكييف الهواء.

٢- الكيلوواط kW

ويمثل مقدار الطاقة المصروفة لوحدة الزمن حيث تقاس الطاقة بالجول (J) والزمن بالثانية (s) حيث يمثل الواط الوحدة العالمية لقياسات التبريد .

kW=kJ/s

kW=3.5 BTU/hr

٣- الطن التبريدي Refrigeration Tonnage (TR)

هي الأكثر شيوعا في حسابات التبريد وهي تعادل ١٢٠٠٠ بي تي يو / ساعة.

1 TR=12000 BTU/hr

٤- القدرة بالحصان Horse power (HP)

وهي وحدة قياس لقدرة الموتور الميكانيكي كمثل موتور الضاغط ولا يصح استخدامها لقياس السعة التبريدية للوحدة لعرضها للبيع .

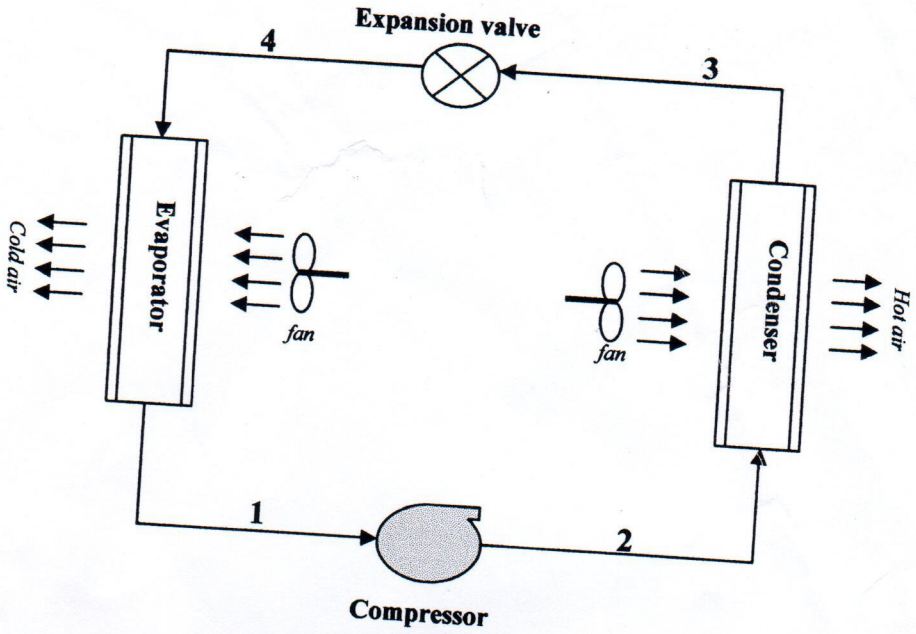
١-٦ كيف نختار وحدة التكييف الأفضل ؟

الحل الأفضل بالتوجه إلى الشركات التي تمتلك وحدات التكييف التي تستهلك أقل طاقة كهربائية لإنتاج طن تبريدي واحد ، وأيضا تكون مناسبة للحيز والموقع المراد تركيب الوحدة به مع ملاحظة التكلفة المترتبة من ذلك على المالك .

٢- المبادئ الأساسية لدورة التثليج الانضغاطة (الثلاجة نموذجا)

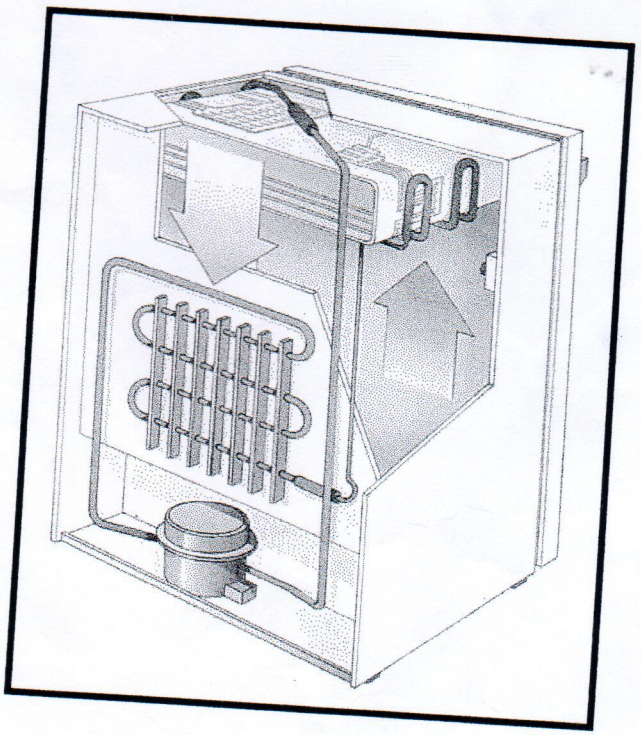
تتكون أيّ دائرة تثليج (مائع تثليج) بالإضافة الى أربعة أجزاء رئيسية هي:

- الضاغط Compressor
- المكثف Condensor
- صمام التحكم (التمدد) Control(Expansion) Valve
- المبخر Evaporator



شكل رقم (١) دورة التثليج الانضغاطة

تسمى دورة التثليج الانضغاطة بهذا الاسم نظرًا لأن الضاغط يقوم بضغط مائع التثليج(وسيط التبريد) من الضغط المنخفض إلى ضغط عالٍ، وهذا الانضغاط يحدث انتقالا للطاقة الحرارية من داخل الحيز المبرد إلى الخارج، حيث يقوم الضاغط بنقل الحرارة من مكان إلى آخر.



شكل رقم ٢ الثلاجة المنزلية

١. الضاغط Compressor

وظيفة الضاغط في دورة الانضغاط هي رفع ضغط مائع التبريد (وسيط التبريد) من الضغط المنخفض إلى الضغط العالي ورفع درجة حرارته ونقلة للمكثف، ويعتبر الضاغط أحد الأجزاء الرئيسية في أيّ دورة تبريد ميكانيكية، فبدون الضاغط لا يمكن حدوث دورة التبريد وإعادة سائل التبريد إلى حالته الأصلية من حيث المحتوى الحراريّ .

٢. المكثف Condenser

المكثف هو أحد العناصر الرئيسية في دورة التبريد، ووظيفة المكثف في دورة التثليج هي استقبال مائع التبريد (وسيط التبريد) الساخن العالي الضغط والقادم من الضاغط، وتخليصه من الحرارة التي امتصها في المبخر عن طريق تسليط مروحة تدفع الهواء باتجاهه.

٣. صمام التمدد Expansion Valve

الغرض من صمام التمدد هو التحكم في سريان مائع التبريد (وسيط التبريد) من جانب المكثف ذو الضغط العالي في الدورة إلى المبخر ذي الضاغط المنخفض. ففي هذا الصمام يتم خفض ضغط سائل التبريد القادم من المكثف وتبعًا لذلك يقوم بخفض درجة الحرارة .

٤. المبخر Evaporator:

الغرض من المبخر في دورة التبريد هو استقبال مائع التبريد(وسيط التبريد) ذي الضغط المنخفض ودرجة الحرارة المنخفضة، والقادم من صمام التمدد، وجعله في وضع يسمح بعملية التبادل الحراري.

المبادى الاساسية للثرموداينمك وانتقال الحرارة

القانون الأول للديناميكا الحرارية First law of Thermodynamic

"حفظ الطاقة للأنظمة الحرارية"

اثبت جميس جول ان الطاقة الميكانيكية تتحول الى حرارة واستنتج ان الحرارة نوع اخر من الطاقة، وان هناك شغلا منجز بالطاقة المنتقلة.

$$Q = W + \Delta U$$

حيث:

Q: الطاقة الحرارية المنتقلة (جول)

W: الشغل المنجز (جول)

ΔU: التغير في الطاقة الداخلية (جول)

القانون الثاني للديناميكا الحرارية Second law of Thermodynamic

عند تلامس جسمان لهما درجتا حرارة مختلفتان ففي الحالة العامة تنتقل الحرارة من الجسم الأعلى فى درجة الحرارة الى الجسم الأقل فى درجة الحرارة وعندها لا يبذل اى شغل خارجي و ينص القانون الثاني كما عرفه العالم كلوزيوس

"من المستحيل على أي آلة حرارية مكتفية بذاتها -غير مستعينة بأي عامل خارجي- ان تنقل الحرارة من جسم بارد الى جسم ساخن".

او بصيغه أخرى من المستحيل لدورة حرارية ان تحول الحرارة الى شغل بدون نقل كميه من الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد في نفس الوقت .

كما وضع بلاك صيغة اخرى للقانون فقال" **من المستحيل بناء آلة حرارية تعمل بحيث تمتص طاقة حرارية من مستودع حراري واحد وتحولها كليا إلي شغل ميكانيكي** "

الحرارة Heat

هي إحدى أشكال الطاقة والتي يترافق معها حركة الذرات أو الجزيئات أو أي جسيم يدخل في تركيب المادة. وبالإمكان الحصول على الحرارة عن طريق التفاعلات الكيماوية كالاحتراق، أو التفاعلات النووية كالانصهار النووي الذي يحدث في الشمس وغيرها الكثير.

درجة الحرارة Temperature

هي مقياس لمدى سخونة جسم ما أو برودته.

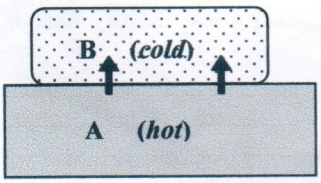
يمكن للحرارة أن تنتقل بين الأجسام عن طريق ثلاثة طرق هي **التوصيل والحمل والاشعاع** و لا يمكن للحرارة أن تنتقل بين جسمين أو بين نقطتين في جسم واحد إلا إن كانت درجات الحرارة بينهما مختلفة.

حيثما يوجد اختلاف في درجة الحرارة ، تنتقل الطاقة الحرارية بالتوصيل أو الحمل أو الإشعاع من المكان الاسخن إلى الابرد. يزيد ذلك الطاقة الداخلية للذرات الأبرد فترتفع درجة حرارتها و تنخفض طاقة الذرات الاسخن فتتدنى درجة حرارتها. و يستمر ذلك حتى تتساوى درجة الحرارة في المنطقة.

طرق انتقال الحرارة

١- التوصيل conduction:

الطريقة التي تنتقل بها الحرارة في الأجسام الصلبة (و كذلك في السوائل، والغازات، على نطاق أضيق). تنتقل الطاقة في الموصلات الجيدة بسرعة، ويحدث ذلك أساساً بحركة الالكترونات الحرة. فضلاً عن اهتزاز الذرات. **وبذلك يمكن اعتبار التوصيل هو انتقال الحرارة بين جسمين بلا وسط بينهما وبلا فاصل بين الجسمين.**



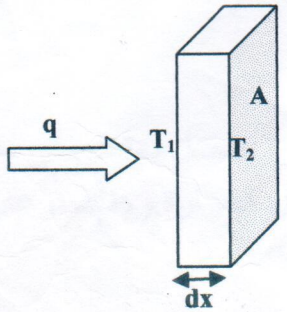
الحرارة تنتقل من الجسم الساخن A الى الجسم البارد B بلا واسط نتيجة للتماس بين الجسمين.

يحسب مقدار الطاقة الحرارية المنتقلة (الفيض الحراري) من خلال قانون فوريرلانتقال الحرارة بالتوصيل حيث يتناسب الفيض الحراري (q) مع مساحة مقطع انتقال الحرارة (A) مع التدرج الحراري النتائج من تغير درجات الحرارة (dT) مع طول المقطع (dx)

$q \alpha -A (dT/dx)$

$T_1 > T_2$

$dT = T_1 - T_2$



$$q=-kA\,(dT/dx)$$

حيث ان ثابت التناسب k يعرف بموصلية المادة للحرارة(أو معامل انتقال الحرارة بالتوصيل للمادة) وهو مقياس لقدرة المادة على التوصيل الحرارى.

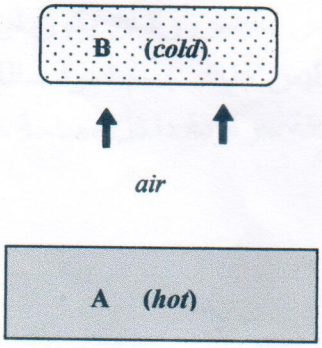
وتصنف المواد الى مواد جيدة التوصيل الحرارى وهى ذات قيمة عالية لمعامل انتقال حرارة بالتوصيل للمادة وأخرى ذات قيمة منخفضة لمعامل انتقال حرارة بالتوصيل للمادة وهى المواد العازلة.

ومن قانون فورير ينبغي لكي نقلل كمية الحرارة المنتقلة (الفيض الحراري) وهو هدف مهندسي التكييف ينبغي ملاحظة أمرين هامين:

- **زيادة سمك الجدار (dx)** فزيادة سمك الجدار تؤدي الى تقليل كمية الحرارة المنتقلة او بعبارة اخرى احتفاظ الحيز بحرارته ، وبالتالي يلاحظ في معظم الابنية القديمة ان سمك الجدار فيها كبير.
- **تقليل مقدار موصلية الجدار (k)** وذلك باستخدام مواد قليلة التوصيل او جعل الجدار من عدة طبقات قليلة التوصيل فمثلا موصلية الخرسانة concrete تعادل (1.72 **W/m. °C**) بينما موصلية بعض المواد الحديثة كالبولسترين Polystyrene تعادل (0.04 **W/m. °C**)

٢- الحمل convection :

الطريقة التي تنتقل بها الحرارة في السوائل والغازات. إذا سخن غاز أو سائل فإنه يتمدد فتقل كثافته ويرتفع، وينخفض الغاز أو السائل الأبرد ليحتل مكانه. وهكذا ينشأ تيار الحمل. **وبذلك يمكن اعتبار الحمل هو انتقال الحرارة بين جسمين منفصلين بينهما وسط كالهواء مثلا.**



الحرارة تنتقل من الجسم الساخن A الى الجسم البارد B بواسطة الهواء

وانتقال الحرارة بالحمل يعتمد على سرعة الوسط فكلما زادت سرعة الوسط(المائع) كلما زاد معدل انتقال الحرارة.وهناك نوعان من الحمل.

- **الحمل الحر (الطبيعى):-** يحدث عندما يتحرك المائع نتيجة لفرق الكثافة نتيجة لفرق درجات الحرارة فالمائع ذو الكثافة الاقل يصعد لاعلى و المائع ذو الكثافة الاقل يهبط لاسفل.

- **الحمل القسري(الجبرى):-** ويتم فيه استخدام وسيلة لتحريك المائع على السطح مثل مروحة ويتم الحصول على سرعات اعلى بمراحل من الحمل الحر وبالتالى يزداد معدل انتقال الحرارة.

تعتمد حسابات الحمل على قانون نيوتن للتبريد

$$q = h \times A\,(T_w - T_\infty)$$

حيث ان h هو معامل انتقال الحرارة بالحمل و A هى مساحة السطح الذى يتم انتقال الحرارة من خلالها.وT_w درجة حرارة الجدار الساخن اما T_∞ فهي درجة حرارة الوسط المحيط بالجسم الساخن كالهواء مثلا.

٣- الإشعاع radiation :

وهو طريقة انتقال الحرارة في الفراغ دون أن يكون للوسط أي دور.على عكس التوصيل والحمل.فأى جسم درجة حرارته اعلى من الصفر المطلق فانه يشع طاقة حرارية.ويأخذ الإشعاع شكل موجات كهرومغناطيسية electromagnetic waves، وخصوصاً الإشعاع تحت الأحمر infrared radiation.

الجسم الاسود:

هو الجسم الذى يمتص كل الضوء الواقع عليه وليس بالضرورة ان يكون لونه اسود فمثلا الجليد ابيض اللون ولكنه اسود بالنسبة للاشعاع وليس هناك جسم أسود مائة بالمائة ولكن هناك من يقترب من ذلك مثل جسم صغير يشع طاقة حرارية داخل مساحة محددة او فتحة فى فجوة معينة.

٢- ١ خواص الهواء الجوي Properties of atmospheric air

١. درجة الحرارة الجافة (Dry bulb temperature)

درجة الحرارة الجافة هي عبارة عن درجة الحرارة التي يعينها الترمومتر الجاف أي الترمومتر الزئبقي العادي .

٢. درجة الحرارة الرطبة (Wet bulb temperature)

درجة الحرارة الرطبة عبارة عن أقل درجة حرارة يعينها الثرمومتر الرطب حيث الترمومتر الرطب عبارة عن ثرمومتر زئبقي عادي ، بصيلته الزجاجية مغطاة بقطعة من الشاش المبلل (Wetted wick) بالماء.

٣. - درجة الندى (Dew point temperature)

درجة الندى عبارة عن درجة الحرارة التي يتكثف عندها بخار الماء المتواجد في الهواء الجوي .

٤. - نسبة الرطوبة (Humidity ratio)

نسبة الرطوبة هي عبارة عن كتلة بخار الماء المتواجد في الهواء الجوي والمناظر لوحدة الكتلة للهواء الجاف.

٥. الرطوبة النسبية (Relative humidity)

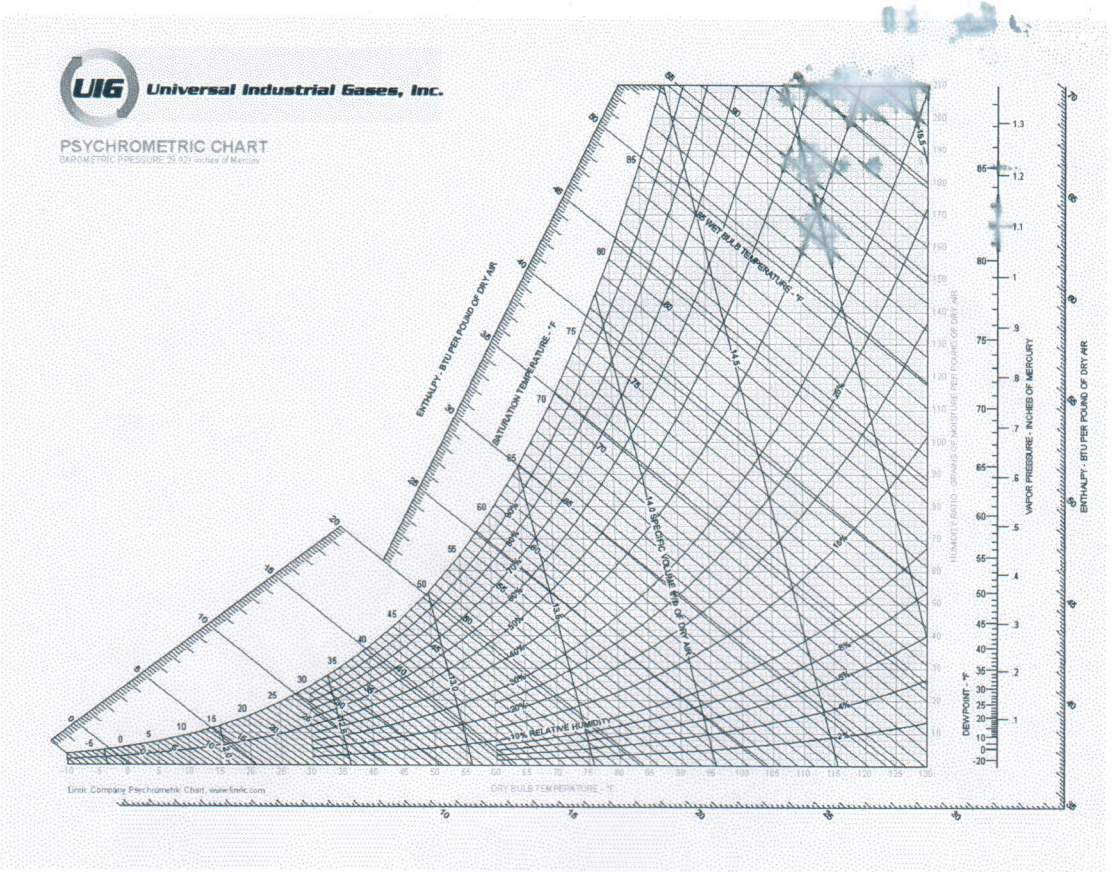
الرطوبة النسبية هي عبارة عن نسبة الضغط الجزئي لبخار الماء المتواجد في الهواء الجوي والمناظر لدرجة الندى إلى أعلى ضغط جزئي لبخار الماء المناظر لدرجة الحرارة الجافة للهواء الجوي .

٦. الانثالبي النوعي (Specific enthalpy)

الانثالبية هي المحتوى الحراري في الحيز والانثالبي النوعي عبارة عن المجموع الجبري للأنثالبية النوعية للهواء الجاف ولبخار الماء المتواجد معه محسوباً من درجة الصفر المئوي .

٢-٢ خريطـــة السيكرومتـري(المخطط المصردي) (Psychometric chart)

عبارة عن وسيلة على هيئة تمثيل بياني تسهل تعيين خواص وحالات الهواء عند قيمة معينة للضغط الجوي (ق) .



٢-٣ أهمية السيـــكرومتـــري (Importance of psychometric)

باستخدام خريطة السيكرومتري يمكن معرفة وتحديد ما يجب إجراءه للهواء الخارجي قبل تغذيته للمكان المراد تكييفه لتحقيق وحفظ توليفة الرطوبة ودرجة الحرارة الجافة الأكثر راحة، وتستخدم خاصية الرطوبة النسبية لتعين حالة الراحة للإنسان.

يفضل شتاءاً أن تكون الرطوبة النسبية في الحدود من(٣٠ - ٣٥%) ودرجة الحرارة الجافة في الحدود(٢٢-٢٤°) م بينما صيفاً يفضل أن تكون الرطوبة النسبية في الحدود (٥٠- ٥٥%) ودرجة الحرارة الجافة في الحدود من (٢٤-٢٦°) م .

يمكن منع تكثيف بخار الماء على الشبابيك باستخدام لوح زجاجي حراري(Thermo-pane) تركيب لوحين من الزجاج (Double glass pane) أو بدفع هواء دافئ على الأسطح الباردة .

٢-٤ تصنيف أجهزة تكييف الهواء

❖ يمكن تصنيف أجهزة تكييف الهواء تبعاً لنوعية الجهاز إلى:

أ - جهاز شباك (Window) يخدم غرفة واحدة.

ب - جهاز سبليت (Split) يخدم غرفة واحدة.

جـ - جهاز دو باكج (Package) يخدم غرفة أو غرفتين.

د - جهاز مركزي (Central) يخدم العديد من الغرف والأدوار.

❖ يمكن تصنيف أجهزة تكييف الهواء تبعاً لأداء جهاز التكييف إلى:

أ - جهاز تكييف صيفي (Summer) يعمل على تبريد الهواء وخفض نسبة رطوبته.

ب - جهاز تكييف شتوي (Winter) يعمل على تسخين الهواء وزيادة نسبة رطوبته.

جـ - جهاز تكييف على مدار العام (Round year) يعمل على التحكم في درجة حرارة الهواء ورطوبته حسب الظروف الجوية الخارجية.

كل أجهزة تكييف الهواء تؤدي دورة تشتمل على العمليات التالية:

أ - عملية خلط الهواء الخارجي بالهواء الراجع.

ب - عملية معالجة الهواء خلال جهاز التكييف.

ج - عملية امتصاص الحرارة وزيادة الرطوبة خلال المكان المراد تكييفه.

٢-٥ حسابات حمل التبريد Cooling Load Calculations

العوامل المؤثرة على اكتساب الحرارة

أهم العوامل المؤثرة على اكتساب المبنى للحرارة هي:

١. **المنابع الحرارية (Sources of heat)** يمكن تصنيف المنابع الحرارية إلى:

أ- منابع خارجية (External) ومصادرها:

- - انتقال الحرارة خلال الحوائط الخارجية، الداخلية، الأسقف والأرضيات.
- - تأثير أشعة الشمس على الحوائط الخارجية، النوافذ والأسقف.
- - الحرارة المحمولة مع هواء التهوية والهواء المتسرب إلى غرف المبنى.

ب- مصادر داخلية (Internal) ومصادرها:

- - الحرارة التي يولدها شاغلي غرف المبنى.
- - الحرارة الناتجة عن الإضاءة.
- - الحرارة الناتجة عن المعدات الحرارية والكهربية المتواجدة داخل المبنى.

٢. شروط التصميم الخارجية (Outside design conditions)

شروط التصميم الخارجية عبارة عن درجة حرارة الهواء الجافة ودرجة حرارته الرطبة والتي تتكرر خلال أشهر الصيف، حزيران، تموز، آب وأيلول وتعطى جداول خاصة لكل مدينة من مدن العالم فمدينة البصرة تعطى ظروف تصميم خارجية ٤٥ درجة مئوية.

٣. شروط التصميم الداخلية (Inside design conditions)

يجب أن يتراوح فرق درجات الحرارة بين درجة حرارة الهواء داخل الغرف وخارجها بين ٨°م و١١°م لكي لا يتعرض شاغلي الأماكن المكيفة لنزلات شعبية عند خروجهم من الغرف. تتراوح شروط الراحة لأغلب الناس بين ٢٤°م و٢٧°م جافة و ٤٥% و ٥٠% رطوبة نسبية.

٤. الهيئة الإنشائية للمبنى (Building construction)

يمكن أن يكون المبنى خفيف، متوسط أو ثقيل ونظراً لأن درجة حرارة الهواء الخارجية تختلف عن درجة حرارة الداخلية فالحرارة تنتقل خلال الحيطان، الأسقف، الأرضيات، النوافذ والأبواب. جزء من الحرارة المنتقلة يخزن في مكونات المبنى والباقي ينتقل إلى الهواء داخل الأماكن المكيفة. يتوقف معدل انتقال الحرارة على المقاومة الحرارية لمكونات المقاطع المختلفة.

$$R = \sum K/\delta$$

حيث δ و K عبارة عن السمك ومعامل التوصيل الحراري لأي مكون من مكونات مقاطع الحائط، السقف أو الأرضية على التوالي.

يعطي جدول (٢-١) معامل التوصيل الحراري للمواد المستخدمة في إنشاء المباني.

جدول (٢-١) معامل التوصيل الحراري (W/m. °C)

المـــــــــادة		K
طابوق عادي	(Common brick)	٠.٧٢
طابوق واجه	(Face brick)	١.٣٠
خرسانة	(concrete)	١.٧٢
بلاط	(Tiles)	١.١٠
حجارة	(Stone)	١.٨٠
مونة اسمنتية	(Cement plaster)	٠.٧٢
مونة جبسية	(Gypsum plaster)	٠.٨٠
خشب ناشف	(Hard wood)	٠.١٦
خشب طري	(Soft wood)	٠.١٢
رمل	(Sand)	١.٧٢
فلين	(Cork)	٠.٠٣٦
صوف زجاجي	(Glass wool)	٠.٠٣٦

02864134

بولسترين	(Polystyrene)	٠.٠٤٠
بولي اريسان	(Polyurethane)	٠.٠٢٣
زجاج	(Glass)	٠.٧٩

٥. أبعاد المبنى واتجاه حوائطه (Building dimensions & orientation)

يؤثر اتجاه حوائط المبنى على كمية الحرارة المكتسبة من أشعة الشمس فهي تكون كبيرة حوالي الساعة الثامنة صباحاً للحوائط الشرقية وحوالي الساعة الثانية عشر ظهراً للأسقف وحوالي الساعة السادسة مساءاً للحوائط الغربية. وهناك جداول خاصة تعطى حسب خطوط العرض لتأثير شدة أشعة الشمس المباشرة (Direct) والمنتشرة (Diffuse).

الحرارة المكتسبة (Heat Gain)

يمكن تصنيف الحرارة التي يكتسبها المبنى إلى:

١. حرارة محسوسة (Sensible heat)

٢. حرارة كامنة (Latent heat)

١. حرارة محسوسة (Sensible heat)

وهي عبارة عن الحرارة التي تعمل على تغيير درجة حرارة هواء الغرف ومشتملاتها فقط ، ومن مصادرها

أ- الحرارة المنتقلة خلال الحيطان، أسقف، أرضيات، نوافذ وأبواب المبنى نتيجة فرق درجات الحرارة بين الهواء داخل الغرف وخارجها.

ب- الحرارة المنتقلة خلال حوائط المبنى الخارجية، الأسقف والنوافذ والأبواب المعرضة لأشعة الشمس.

ت- الحرارة الناتجة عن المصادر الداخلية وهي: إضاءة الغرف، الموتورات والمعدات الحرارية داخل الغرف وشاغلي الغرف.

ث- الحرارة الناتجة عن تسرب الهواء خلال شقوق النوافذ والأبواب.

ج- الحرارة الناتجة عن معالجة هواء التهوية.

٢. حرارة كامنة (Latent heat)

وهي عبارة عن الحرارة التي تعمل على زيادة رطوبة الهواء داخل الغرف. مصادر الطاقة الكامنة هي:

أ- بخار الماء الذي يعطيه شاغلي الغرف نتيجة التنفس وتبخير العرق.

ب- الرطوبة المصاحبة لهواء التسرب والتهوية.

ت- الرطوبة الناتجة عن العمليات داخل المبنى.

الحرارة المنتقلة خلال المبنى (Heat transmission through building)

الحرارة المنتقلة خلال الحوائط، الأسقف، الأرضيات، النوافذ والأبواب نتيجة فرق درجات الحرارة بين الهواء داخل الغرف والهواء خارجها تعين بالمعادلة:

$$Q_T = \Sigma\, UA\,(T_o - T_i) \qquad (W)$$

حيث:

T_o	عبارة عن درجة حرارة هواء التصميم الجافة الخارجية وهي تتوقف على جغرافية مكان المبنى.
T_i	عبارة عن درجة حرارة هواء التصميم الجافة الداخلية وهي تتوقف على ظروف الراحة لشاغلي الأماكن المكيفة أو على طبيعة العمليات الصناعية والظروف الملائمة لها.
A	عبارة عن مساحة السطح المتعامدة على اتجاه انتقال الحرارة.
U	عبارة عن معامل انتقال الحرارة الكلي لمقطع الحائط، السقف أو الأرضية ويعين بالمعادلة

$$(1/U) = (1/h_o) + (1/h_i) + \Sigma\,(1/C) + \Sigma\,(\delta/k)$$

حيث:

δ	عبارة عن سمك أي مكون من مكونات المقطع.
K	عبارة عن معامل التوصيل الحراري لأي مكون من مكونات المقطع ويعين من جدول (٢-١).
C	عبارة عن معامل الموصلية لبعض مكونات المقطع

يعطي جدول (٢-٢) قيم معامل الموصولية (Conductance) لبعض المواد المستخدمة في إنشاء المباني.

جدول (٢-٢) معامل الموصلية W/m 2. °C

العنصر	C
تسقيفة اسفلتية (Asphalt roofing)	٣٧
تسقيفة خشبية اسفلتية	١٣
تسقيفة مباني	١٧
بلوكات خرسانية مفرغة (١٠٠مم)	٨
بلوكات خرسانية مفرغة (٢٠٠ مم)	٥

h_o و h_I عبارة عن معامل انتقال الحرارة للأسطح الخارجية والداخلية على التوالي ويعين بالمعادلة:

$$h = 6 + 4V \qquad (W/m2.\ °C)$$

حيث: V عبارة عن سرعة الهواء عند الأسطح الداخلية أو الخارجية بالوحدات (m/s)

يعطي جدول (٢-٣) قيم معامل انتقال الحرارة الكلي لبعض المقاطع للمباني.

جدول (٢-٣) معامل انتقال الحرارة الكلي ((W/m2 .K)

العنصر	U
حائط من طابوق عادي	١.٣٥
حائط من الحجارة	١.٨٨
حائط خرساني	٢.٢٦
حائط خرساني مفرغ	١.٨٣
حوائط مع فراغات هوائية	١.٢
سقف وأرضية	١.٧٥
سقف معزول	١.٣
باب خشب	٢.٤٤

الحرارة المكتسبة من الشمس (Sun geat gain)

تدخل أشعة الشمس المبنى خلال النوافذ مباشرة بالإشعاع وخلال الحوائط الخارجية والأسقف بالتوصيل. تسرب الحرارة خلال الزجاج يتأثر به الهواء الداخلي وتحس به مباشرة على صورة ارتفاع في درجة حرارة الهواء. تأثير انتقال الحرارة خلال الحوائط والأسقف نحس به عادة بعد حوالي ٨ ساعات أي بعد غروب الشمس بفترة.

❖ **انتقال اشعة الشمس عبر الزجاج**

☒ يلاحظ أن الزجاج يسمح بإمرار أربعة أضعاف الحرارة المنتقلة خلال الحوائط.

☒ يمكن خفض معدلات تسرب الحرارة خلال الزجاج باستخدام:

أ - لوحين من الزجاج بدلاً من لوح واحد.

معدل خفض الحرارة يتراوح بين ١٠٠% و ٢٠%

ب - زجاج ماص للحرارة

معدل خفض الحرارة حوالي ٢٥%

ج - سقيفة (Awning) خارجية.

معدل خفض الحرارة حوالي ٧٥%

د - ستارة داخلية (Venetian blinds)

معدل خفض الحرارة حوالي ٣٥%

❖ **انتقال اشعة الشمس عبر الحيطان**

يمكن خفض معدل تسرب الحرارة خلال الحوائط باستخدام:

أ - عازل حراري بسمك يتراوح بين ٥ و ١٠سم.

ب - ألوان فاتحة للحوائط.

ج - تظليل الحوائط الخارجية.

❖ **انتقال اشعة الشمس عبر الحيطان**

يمكن خفض معدلات تسرب الحرارة خلال الأسقف باستخدام:

أ ـ عازل حراري بسمك يتراوح بين ١٠ و ١٥ سم.

ب ـ رش الأسقف بالمياه.

ج ـ سقفين يسري بينهما هواء.

حرارة الإضاءة (Light heat)

$$Q_{sum} = \sum A\,Q \qquad (w)$$

يعطي جدول (٢-٤) شدة الإضاءة المفضلة للمباني.

جدول (٢-٤) شدة الإضاءة (W/m2)

نوعية المبنى	شدة الإضاءة
مكاتب	٦٠
مصانع	٤٥
مدارس ـ جامعات	٤٠
شقة ـ مدرج ـ مسرح ـ فنادق	٢٠
مطاعم	١٧
مستشفيات ـ مكتبات ـ متاحف	١٥

حرارة المعدات والموتورات (Heat of equipment and motors)

تعين الحرارة المكتسبة من الموتورات والمعدات بالمعادلة:

$$Q_E = \sum (1-\eta)\,E \qquad (W)$$

حيث E عبارة عن قدرة الموتور بالوات.

η عبارة عن كفاءة الموتور والتي تتوقف على قدرته كما هو موضح في جدول (٢-٥).

جدول (٢-٥) كفاءة الموتورات

قدرة الموتور	الكفاءة
أقل من ٢٠٠ وات	٠.٦٠
من ٣٧٥ إلى ٧٥٠ وات	٠.٧٠
من ١ إلى ٤ كيلو وات	٠.٨٠
من $5\frac{1}{2}$ إلى ١٥ كيلو وات	٠.٨٥
أكب رمن ١٥ كيلو وات	٠.٨٨

الحرارة المكتسبة من الأشخاص (Heat of occupants)

يعطي شاغلي الأماكن المكيفة حرارة محسوسة نتيجة الفرق بين درجة حرارة جسم الإنسان (٣٧م) ودرجة حرارة الهواء داخل الغرف (٢٤م).

تعين الحرارة المحسوسة التي يعطيها شاغلي الأماكن بالمعادلة:

$$Q_{p,s} = n.Q_S/Person \quad (W)$$

حيث n عبارة عن عدد الأشخاص.

Q_s/person عبارة عن معدل الحرارة المحسوسة التي يعطيها الشخص الواحد وهي تتوقف على درجة نشاطه كما هو موضح في جدول (٢-٦) التالي:

جدول (٢-٦) حرارة الإنسان (W)

حالة الإنسان	الاستخدام	حرارة محسوسة	حرارة كامنة	المجموع
جالس ومستريح	مسرح	٦٦	٣١	٩٧
جالس ويعمل عمل خفيف	مكتب - شقة - فندق	٧٢	٤٥	١١٧
يزاول عمل متوسط	مكتب - شقة - فندق	٧٣	٥٩	١٣٢
واقف ويزاول عمل خفيف	محلات تجارية	٧٣	٥٩	١٣٢
يمشي ببطء	بنك	٧٣	٧٣	١٤٦
جالس	مطعم	٨١	٨١	١٦٢
يزاول شغل بسيط	مصنع	٨١	١٣٩	٢٢٩
عامل متحرك	مصنع	١١٠	١٨٣	٢٩٣
عامل يزاول شغل متوسط	مصنع	٨٨	٢٠٤	٢٩٢
عامل يزاول شغل ثقيل	مصنع	١٧٠	٢٥٥	٤٢٥
شخص يزاول رياضة	ملعب	١٧٠	٢٥٥	٤٢٥

يعطي شاغلي الأماكن المكيفة أيضاً حرارة كامنة نتيجة تبخير بخار الماء داخل الرئة وتبخير العرق من على سطح جسم الإنسان المعرض للهواء.

تعين الحرارة الكامنة التي يعطيها الإنسان بالمعادلة:

$$Q_{p,L} = n.Q_L/person \quad (W)$$

حيث QL/person عبارة عن معدل الحرارة الكامنة التي يعطيها الشخص الواحد وهي تتوقف على درجة نشاط الإنسان كما هو موضح في جدول (٥-١٥).

حجم الوحدة المركزية (Central plant size)

الاحمال الحرارية المحسوسة والكامنة يمثلا معاً حمل التبريد للمبنى المراد تكييفه وما يهم المهندس المعماري هو التنسيق مع مهندسي التكييف من اجل:

أ - السماح بسعة تبريد إضافية لكل وحدة من وحدات الغرف المختلفة للاغراض المستقبلية.

د - تقسيم المبنى إلى مناطق (Zones) منفصلة لخفض تكلفة التشغيل.

٤-١ الحسابات الأولية لحمل التبريد (Check of cooling load)

قبل عمل التصميمات الفنية النهائية يجب عمل الحسابات التقريبية الأولية لتحديد الأحمال لوحدات التكييف المركزية. يعطي جدول (٤-١) مساحة الأرضية التي يمكن تكييفها بطن التبريد الواحد.

جدول (٤-١) معدلات التبريد

نوعية المبنى	(متر مربع /طن تبريد)		
	عالي	متوسط	منخفض
شقق سكنية	٣٥	٤٠	٤٥
مدرجات - مسارح	٩	٢٥	٤٠
مدارس - جامعات	١٥	١٨.٥	٢٤
مصانع:			
أماكن تجمع	٩	١٥	٢٤
صناعة خفيفة	١٠	١٥	٢٠
صناعة ثقيلة	٦	٨	١٠
مستشفيات:			
عناية مركزية	١٦.٥	٢٢	٢٧.٥
أماكن عامة	١١	١٤	١٧.٥
فنادق - موتلات	٢٢	٣٠	٣٥
مكتبات - متاحف	٢٠	٢٨	٣٤
مكاتب عامة	١٩	٢٨	٣٦
أماكن سكنية:			
كبيرة	٣٨	٥٠	٦٠
صغيرة	٤٠	٥٥	٧٧
مطاعم:			
كبيرة	٨	١٠	١٣.٥
صغيرة	١٠	١٢	١٥
محلات تجارية كبيرة:			
بدروم	٢٢.٥	٢٨.٥	٣٤
دور أرضي	١٥	٢٤.٥	٣٥
أدوار علوية	٢٨	٣٤	٤٠
صالونات تجميل	١٨.٥	٢٨	٣٤.٥
صيدليات	١١	١٣.٥	١٨
محلات أحذية	١٥	٢٢	٣٠
مجمعات سكنية	٣٧.٥	٥٠	٦٢.٥
مجمعات تجارية	٢٠	٢٦.٥	٣٣
بنوك	٩	١٥	٢٤

٤-٢ تصميم المسالك الهوائية AIR DUCT DESIGN

الغرض من تصميم المسالك هو تغذية كمية معينة من الهواء إلى كل مخرج في الأماكن المكيفة. تصنع جميع المسالك في عمليات تكييف الهواء من الصاج المجلفن لرخصه وسهولة تشكيلة. يختلف سمك الصاج تبعاً لأبعاد مقطع المسلك. للمسالك الصغيرة والتي لا يتجاوز طول أكبر ضلع فيها ٧٥سم تصنع من صاج سمكه $\frac{3}{4}$ مم وللمسالك التي يزيد طول أحد أضلاع مقطعها عن ٧٥ سم تصنع من صاج سمكه ١مم. يمكن تصنيع المسالك من الألمونيوم، الصوف الزجاجي، الأسمنت والبلاستيك.

حالياً تستخدم المسالك المصنعة من الصوف الزجاجي (Fibrous glass) وذلك لإمكانياتها على امتصاص الضوضاء والعزل الحراري والمائي. يمكن التحكم في مستوى الضوضاء بتحديد سرعة سريان الهواء، باستخدام مواد ماصة للصوت وتجنب وجود عوائق مثل خنق هوائي شبه مقفل. عادة تغطى مسالك الهواء من الداخل بألواح من الصوف الزجاجي سمكها بوصة وذلك لمسافة محدودة من مخرج المروحة بينما باقي المسلك يغطى بالعازل الحراري والعازل المائي.

يجب أن لا تسمح المسالك الهوائية بتسرب الهواء إلا في حدود ١% من معدل السريان وذلك لأنظمة السرعات العالية.

٤-٣ طرق تخطيط المسالك الهوائية (Air duct layout methods)

يمكن تصنيف أنظمة مسالك الهواء إلى:

أ - أنظمة محيطية (Perimeter systems)

وفيها مسالك الهواء تحيط بالمبنى وتتصل بجهاز التكييف بواسطة ممرات التغذية، تكون تغذية الهواء قرب أو عند مستوى الأرضية. هذا النظام ينفع إذا وجد فراغ تحت الأرضية وهو المفضل إذا كانت التدفئة الشتوية هي الغالبة على مدار العام.

ب - أنظمة علوية (Overhead systems)

ينقل الهواء المكيف من جهاز التكييف إلى الأماكن المختلفة خلال مسالك هوائية علوية تمتد خلال السقف الثانوي إلى مخارج سقفية أو حائطية علوية. هاذ النظام مفضل إذا كان تبريد الهواء هو الغالب على مدار السنة.

٤-٣ أجهزة تكييف الهواء Air Conditioning Equipment

يتوقف اختيار المعدات المختلفة على عوامل اقتصادية يحددها كل من:

أ - السعة المطلوبة وطبيعة الاستخدام.

ب - نوعية وتكلفة الطاقة المتاحة للإدارة.

ج - مكان غرفة المعدات.

د - نوعية نظام توزيع الهواء.

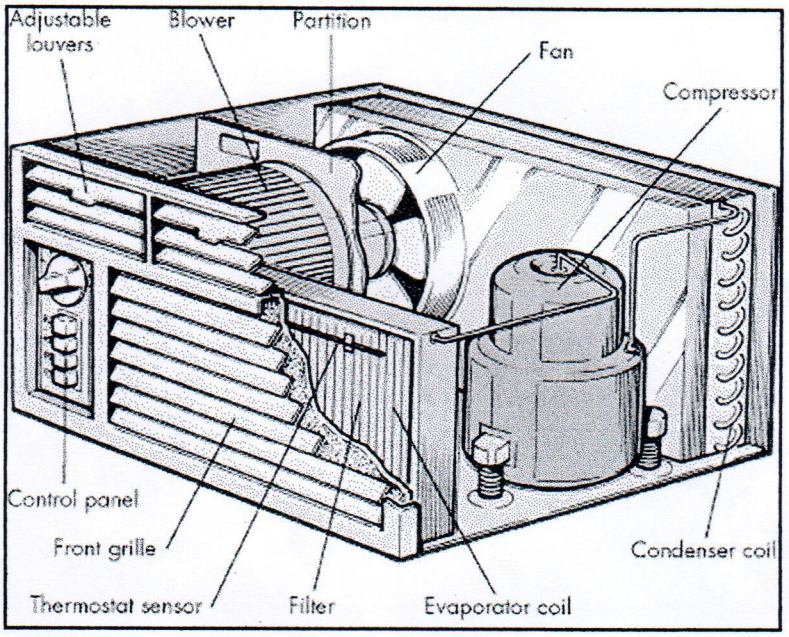
هـ - تكلفة تشغيل المعدات.

٤-٤ نماذج مختارة من منظومات التكييف

٤-٤-١ وحدات شباك (Window units)

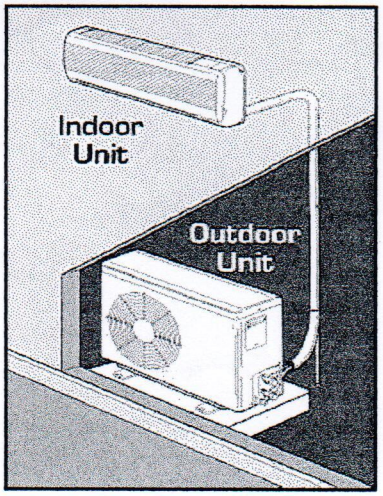
وحداة شباك عبارة عن وحدات مصممة للتركيب في الشباك أو الحائط لتوفير ظروف الراحة داخل المكان المراد تكييفه بدون استخدام مسالك هوائية.

تشتمل وحدة شباك على ملف تبريد وإزالة رطوبة، فلتر، مروحة سريان وقد تشتمل على سخان كهربائي ووسيلة تهوية. تتراوح السعة التبريدية لوحدات الشباك بين ١ طن و٤ طن تبريد. يمكن استخدام وحدات الشباك بحد أقصى ثلاثة وحدات للحيز الواحد. من عيوب وحدات الشباك ارتفاع مستوى الضوضاء وصغر مدى دفع الهواء (Air throw) خلال الغرفة.



٤-٤-٢ جهاز التكييف المجزأ (Split unit)

يتكون جهاز التكييف المجزأ من وحدتين: وحدة تبريد (Cooling unit)، مشتملة على ملف تبريد ومروحة وقد تشتمل على سخان كهربائي، ووحدة تكثيف (Condensing unit) مشتملة على مكثف هوائي، ضاغط ومروحة.



طريقة تركيب الوحدة المجزأة. تركب الوحدة الداخلية على الأرض الحائط أو السقف بينما تركب الوحدة الخارجية على السطح، الحائط الخارجي أو أرضية الشارع. تتراوح سعات الوحدات المجزأة بين ١طن تبريد و ٤ طن تبريد.

٤-٤-٣ أنظمة التكييف المركزية (central air conditioning systems)

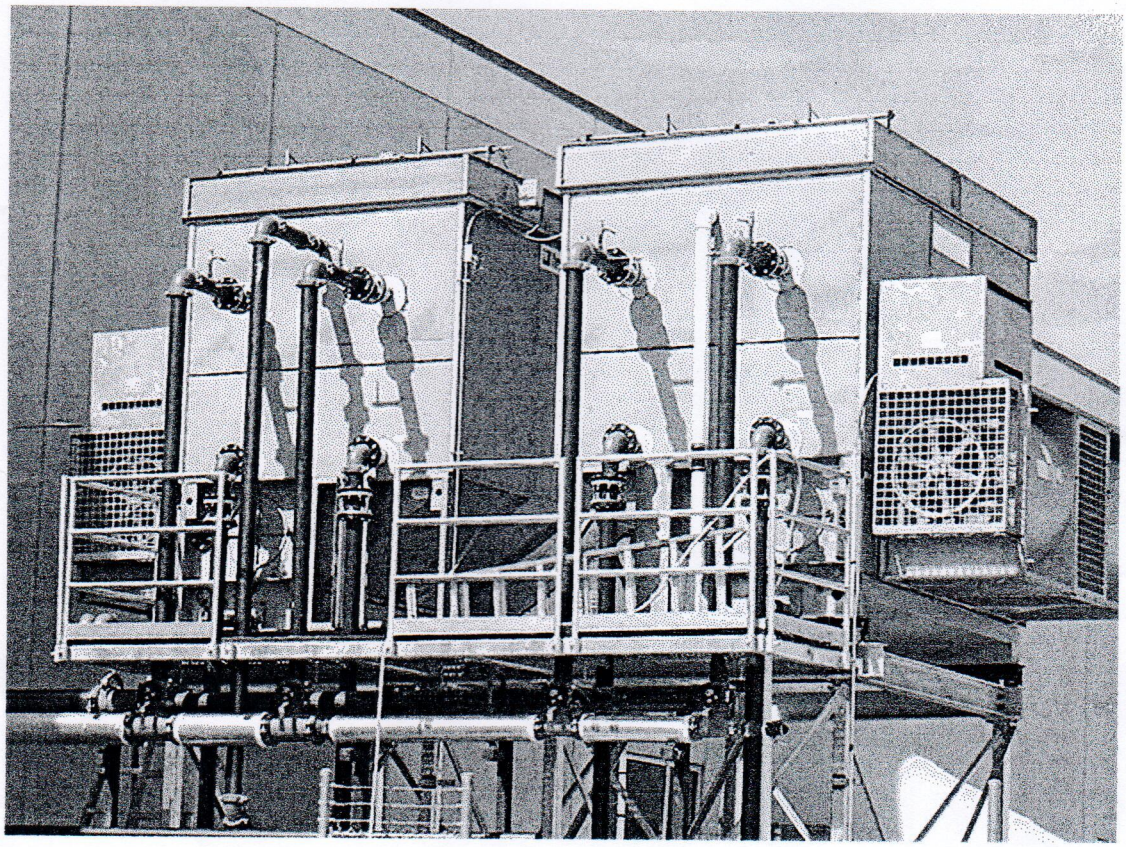
يرمز جهاز التكييف المركزي إلى وحدة تكييف هواء متواجدة في مكان مركزي بالنسبة للمبنى بهدف خدمة عدد من الأماكن، الطوابق والغرف المنفصلة.

تصنف أجهزة التكييف المركزية إلى ثلاثة أنواع:

أ ـ نظام هوائي كلي (All air system)

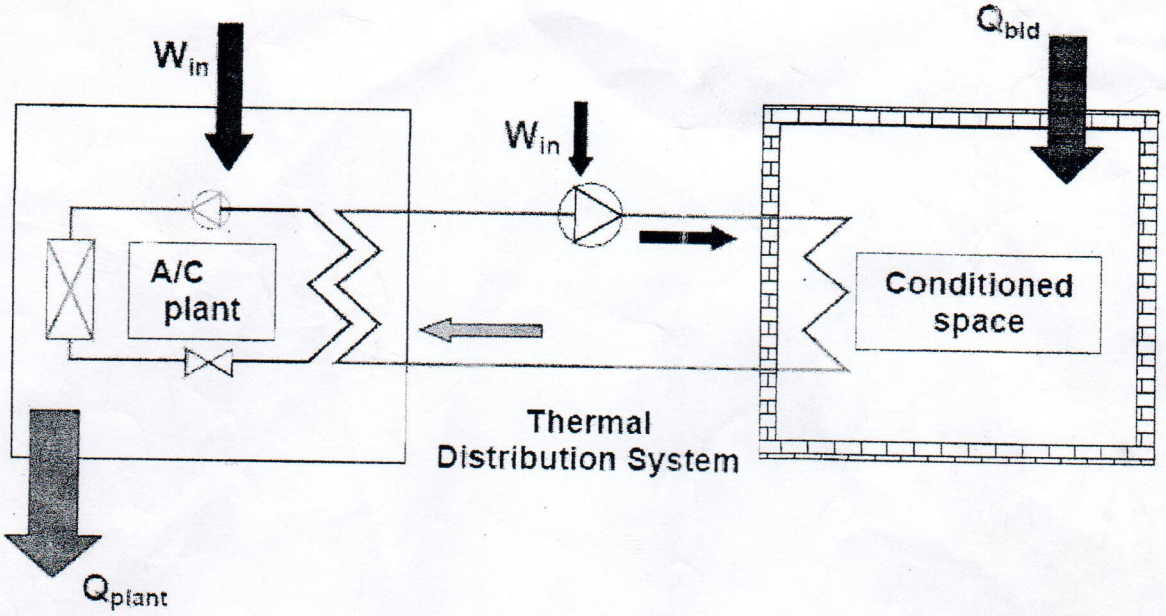
ب ـ نظام مائي كلي (All water system)

ج ـ نظام هوائي ـ مائي (Air – water system)



Selection Of Air Conditioning Systems

In order to maintain required conditions inside the conditioned space, energy has to be either supplied or extracted from the conditioned space. The energy in the form of sensible as well as latent heat has to be supplied to the space in winter and extracted from the conditioned space in case of summer. An air conditioning system consists of an air conditioning plant and a thermal distribution system as shown in Fig. As shown in the figure, the air conditioning (A/C) plant acts either as a heat source (in case of winter systems) or as a heat sink (in case of summer systems). Air, water or refrigerant are used as media for transferring energy from the air conditioning plant to the conditioned space. A thermal distribution system is required to circulate the media between the conditioned space and the A/C plant. Another important function of the thermal distribution system is to introduce the required amount of fresh air into the conditioned space so that the required Indoor Air Quality (IAQ) can be maintained.



_Selection criteria for air conditioning systems:

1. Capacity, performance and spatial requirements
2. Initial and running costs
3. Required system reliability and flexibility
4. Maintainability
5. Architectural constraints

The relative importance of the above factors varies from building owner to owner and may vary from project to project. The typical space requirement for large air conditioning systems may vary from about 4 percent to about 9 percent of the gross building area, depending upon the type of the system. Normally based on the selection criteria, the choice is narrowed down to 2 to 3 systems, out of which one will be selected finally.

_Classification of air conditioning systems:

Based on the fluid media used in the thermal distribution system, air conditioning systems can be classified as:

1. All air systems
2. All water systems
3. Air- water systems
4. Unitary refrigerant based systems

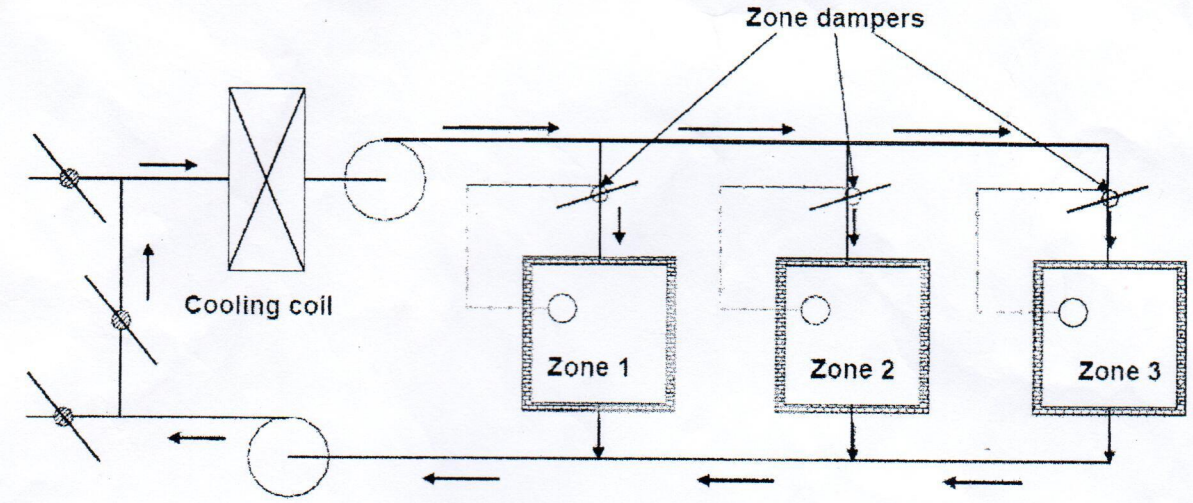
1.All air systems:

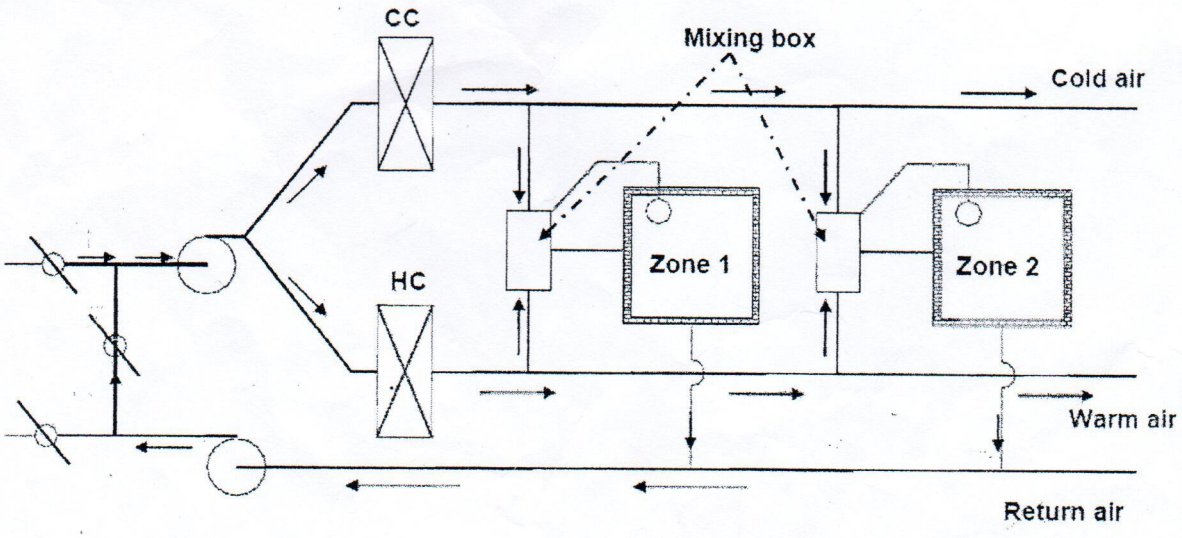
As the name implies, in an all air system air is used as the media that transports energy from the conditioned space to the A/C plant. In these systems air is processed in the A/C plant and this processed air is then conveyed to the conditioned space through insulated ducts using blowers and fans. This air extracts (or supplies in case of winter) the required amount of sensible and latent heat from the conditioned space. The return air from the conditioned space is conveyed back to the plant, where it again undergoes the required processing thus completing the cycle. No additional processing of air is required in the conditioned space. All air systems can be further classified into:

1. Single duct systems, or
2. Dual duct systems

The single duct systems can provide either cooling or heating using the same duct, but not both heating and cooling simultaneously.

The dual duct systems can provide both cooling and heating simultaneously.





_Advantages of all air systems:

1. All air systems offer the greatest potential for energy conservation by utilizing the outdoor air effectively.
2. By using high-quality controls it is possible to maintain the temperature and relative humidity of the conditioned space within **± 0.15 °C** (DBT) and **± 0.5%**, respectively.
3. Using dual duct systems, it is possible to provide simultaneous cooling and heating. Changeover from summer to winter and vice versa is relatively simple in all air systems.

4. It is possible to provide good room air distribution and ventilation under all conditions of load.
5. Building pressurization can be achieved easily.
6. The complete air conditioning plant including the supply and return air fans can be located away from the conditioned space. Due to this it is possible to use a wide variety of air filters and avoid noise in the conditioned space.

_Disadvantages of all air systems:

1. They occupy more space and thus reduce the available floor space in the buildings. It could be difficult to provide air conditioning in high-rise buildings with the plant on the ground floor or basement due to space constraints.
2. Retrofitting may not always be possible due to the space requirement.
3. Balancing of air in large and particularly with variable air volume systems could be difficult.

Applications of all air systems:

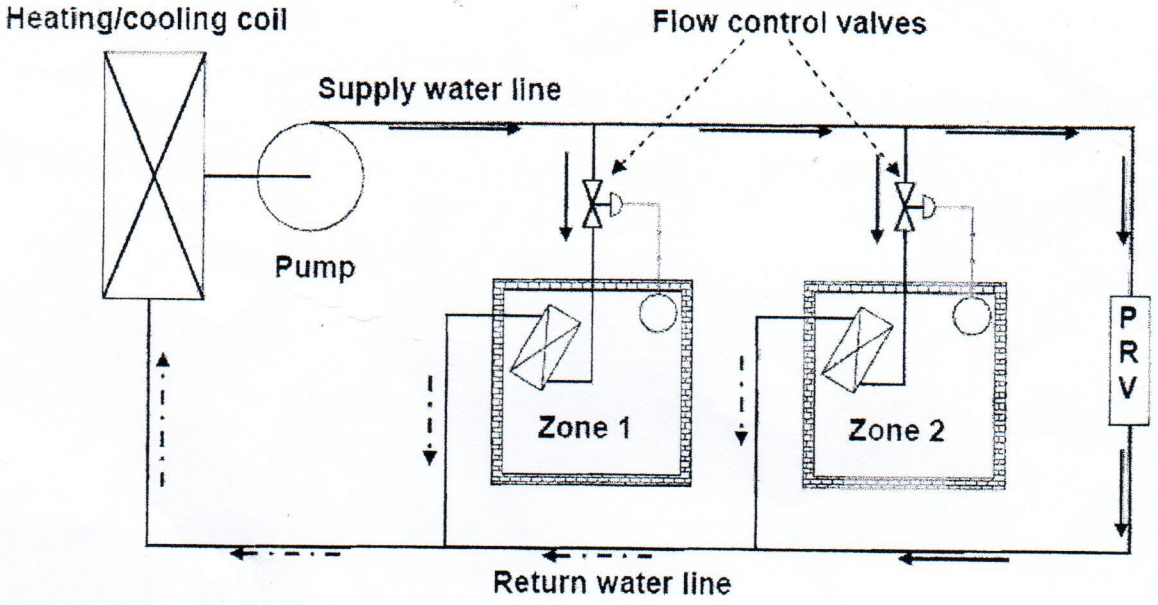
All air systems can be used in both **comfort as well as industrial air conditioning** applications. They are especially suited to buildings that require individual control of multiple zones, such as **office buildings, classrooms, laboratories, hospitals, hotels, ships** etc. They are also used extensively in applications that require very close control of the conditions in the conditioned space such as **clean rooms, computer rooms, operation theatres, research facilities** etc.

2.All water systems:

In all water systems the fluid used in the thermal distribution system is water, i.e., water transports energy between the conditioned space and the air conditioning plant. When cooling is required in the conditioned space then cold water is circulated between the conditioned space and the plant, while hot water is circulated through the distribution system when heating is required. Since only water is transported to the conditioned space, provision must be there for supplying required amount of treated, outdoor air to the conditioned space for ventilation purposes. Depending upon the number of pipes used, the all water systems can be classified into a 2-pipe system or a 4-pipe system.
A 2-pipe system is used for either cooling only or heating only application, but cannot be used for simultaneous cooling and heating. Figure shows the schematic of a 2-pipe, all water system. As shown in the figure and as the name implies, a 2-pipe system consists of two pipes – one for supply of cold/hot water to the conditioned space and the other for the return water. A cooling or heating coil provides the required cold or hot water. As the supply water flows through the conditioned space, required heat transfer between the water and conditioned space takes place, and the return water flows back to the cooling or heating coil. A flow control valve controls the flow rate of hot or cold water to the conditioned space and thereby meets the required building heating or cooling load. The flow control valve is controlled by the zone thermostat. As already mentioned, a separate arrangement must be made for providing the

required amount of ventilation air to the conditioned space. A pressure relief valve (PRV) is installed in the water line for maintaining balanced flow rate.

A 4-pipe system consists of two supply pipelines – one for cold water and one for hot water; and two return water pipelines. The cold and hot water are mixed in a required proportion depending upon the zone load, and the mixed water is supplied to the conditioned space. The return water is split into two streams, one stream flows to the heating coil while the other flows to the cooling coil.



_Advantages of all water systems:

1. The thermal distribution system requires very less space compared to all air systems. Thus there is no penalty in terms of conditioned floor space. Also the plant size will be small due to the absence of large supply air fans.
2. Individual room control is possible, and at the same time the system offers all the benefits of a large central system.
3. Since the temperature of hot water required for space heating is small, it is possible to use solar or waste heat for winter heating.
4. It can be used for new as well existing buildings (retrofitting).
5. Simultaneous cooling and heating is possible with 4-pipe systems.

_Disadvantages of all water systems:

1. Requires higher maintenance compared to all air systems, particularly in the conditioned space.
2. Draining of condensate water can be messy and may also create health problems if water stagnates in the drain tray. This problem can be eliminated, if dehumidification is provided by a central ventilation system, and the cooling coil is used only for sensible cooling of room air.
3. If ventilation is provided by opening windows or wall apertures, then, it is difficult to ensure positive ventilation under all circumstances, as this depends on wind and stack effects.
4. Control of humidity, particularly during summer is difficult using chilled water control valves.

_Applications of all water systems:

All water systems using fan coil units are most suitable in **buildings requiring individual room control**, such as hotels, apartment buildings and office buildings.

3.Air-water systems:

In air-water systems both air and water are used for providing required conditions in the conditioned space. The air and water are cooled or heated in a central plant.

4.Unitary refrigerant based systems:

Unitary refrigerant based systems consist of several separate air conditioning units with individual refrigeration systems. These systems are factory assembled and tested as per standard specifications, and are available in the form of package units of varying capacity and type. Each package consists of refrigeration and/or heating units with fans, filters, controls etc. Depending upon the requirement these are available in the form of **window air conditioners, split air conditioners, heat pumps, ductable systems with air cooled or water cooled condensing units etc**. The capacities may range from **fraction of TR to about 100 TR for cooling**. Depending upon the capacity, unitary refrigerant based systems are available as single units which cater to a single conditioned space, or multiple units for several conditioned spaces.

__Advantages of unitary refrigerant based systems:

1. Individual room control is simple and inexpensive.
2. Each conditioned space has individual air distribution with simple adjustment by the occupants.
3. Performance of the system is guaranteed by the manufacturer.
4. System installation is simple and takes very less time.
5. Operation of the system is simple and there is no need for a trained operator.
6. Initial cost is normally low compared to central systems.
7. Retrofitting is easy as the required floor space is small.

_Disadvantages of unitary refrigerant based systems:

1. As the components are selected and matched by the manufacturer, the system is less flexible in terms of air flow rate, condenser and evaporator sizes.
2. Power consumption per TR could be higher compared to central systems.
3. Close control of space humidity is generally difficult.
4. Noise level in the conditioned space could be higher.
5. Limited ventilation capabilities.
6. Systems are generally designed to meet the appliance standards, rather than the building standards.
7. May not be appealing aesthetically.
8. The space temperature may experience a swing if on-off control is used as in room air conditioners.
9. Limited options for controlling room air distribution.
10. Equipment life is relatively short.

_Applications of unitary refrigerant based systems:

Unitary refrigerant based systems are used where stringent control of conditioned space temperature and humidity is not required and where the initial cost should be low with a small lead time. These systems can be used for air conditioning **individual rooms to large office buildings, classrooms, hotels, shopping centers, nursing homes** etc. These systems are especially suited for existing building with a limitation on available floor space for air conditioning systems.