

## أهم التعاريف والمفاهيم أساسية

### الانظمة المستخدمة في المباني:

1-الهندسة الصحية في المباني – التغذية بالماء البارد والساخن والصرف الصحي.

BUILDING PLUMBING AND SANITATION SYSTEMS

2- أنظمة التدفئة والتكييف والتهوية. HVAC SYSTEMS

HEATING VENTILATION AND AIR CONDITIONING(HVAC)

3- نظام اطفاء الحريق. FIRE FITTING SYSTEM

4- نظام الحماية من الدخان. SMOKE PROTECTION SYSTEM

5- نظام ادارة وقيادة التجهيزات في المباني.

BUILDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS)

### مقدمة:

المقصود بتكييف الهواء هو تأمين مواصفات الهواء داخل المكان المكيف والمحافظة عليها عند شروط محددة من أجل راحة الناس وذلك في الأبنية العامة والأماكن الصناعية. مثل:

درجة حرارة الهواء - رطوبة الهواء - سرعة هواء - نقوارة الهواء - توزيع الهواء

إن مجموعة الوسائل التقنية التي تؤمن معالجة الهواء المطلوب (تنظيف الهواء - تسخينه - تبريده - ترطيبه وتجفيفه) ونقل وتوزيع الهواء في الأماكن المراد تكييفها وأجهزة تخميد الضجيج الناتج عن المعدات ومصادر تزويد الحرارة والبرودة (مراجل - مبردات) وأجهزة التحكم والقيادة بالإضافة إلى المعدات المساعدة، إن جميع هذه التجهيزات تؤلف ما يسمى بنظام تكييف الهواء المركزي.

### بعض التعاريف الاساسية

- الهواء الرطب : MOIST AIR

- درجة حرارة الهواء الجافة : DRY - BULB TEMPERATURE

- درجة حرارة الهواء الرطبة : WET - BULB TEMPERATURE

- درجة حرارة نقطة الندى : **DEW - POINT TEMPERATURE**

- الرطوبة النسبية : **RELATIVE HUMIDITY**

- الرطوبة النوعية: **HUMIDITY RATIO**

- انتالبي الهواء الرطب : **ENTHALPY OF MOIST AIR**

- مخطط الهواء الرطب (المخطط البسايكرومترى): **PSYCHROMETRIC CHARTS**

### **الهواء الرطب: MOIST AIR**

يعتبر الهواء الرطب خليطاً من الهواء الجاف وبخار الماء ويستخدم الهواء الرطب في أنظمة التكييف عند ضغط قريب من الضغط الجوي ولذلك يمكن اعتباره غازاً مثالياً.



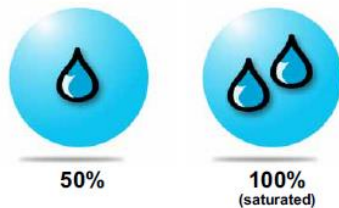
### **درجة حرارة نقطة الندى : DEW - POINT TEMPERATURE**

هي درجة الحرارة التي يبدأ بخار الماء الموجود بالهواء بالتكثف على شكل قطرات الماء وتقلس درجة الحرارة بالدرجة المنوية  $^{\circ}C$  بالواحدات الدولية IS.

### **الرطوبة النسبية : RELATIVE HUMIDITY**

تساوي الى نسبة وزن بخار الماء الموجود في مقدار معين من الهواء الى وزن بخار الماء اللازم لإشباع الهواء عند درجة الحرارة نفسها. وقيمتها تتراوح بين 0-100%

#### Relative Humidity



## HUMIDITY RATIO الرطوبة النوعية:

تعبر نسبة الرطوبة عن محتوى الهواء من بخار الماء وتسوي الى وزن بخار الماء الممزوج في واحد كيلو غرام هواء جاف

بلوحدات الدولية IS تقدر KG بخار / KG هواء.

### Humidity Ratio



## ENTHALPY OF MOIST AIR انتالبي الهواء الرطب

يعبر انتالبي الهواء عن المحتوى الحراري أو اكمية الحرارة مع الهواء وتقدر قيمته بالوحدات الدولية كيلوجول لكل كيلو غرام هواء KJ/KG AIR

## HUMAN COMFORT شروط الراحة البشرية

تعتمد انظمة تسخين وتبريد الهواء على مبدأ انتقال الحرارة للمحافظة على شروط داخلية مريحة للأشخاص.

يستخدم مصطلح " الراحة COMFORT " عادة لتحديد مجموعة واسعة من الشروط وليس فقط درجة الحرارة والرطوبة. حركة الهواء، الهواء النقي المتجدد الكاف، نظافة الهواء، مستوى الضجيج في المكان، الأثاث المناسب و سطوح العمل هي بضع متغيرات أخرى تساهم في جعل المكان نو شروط ملائمة لسكانه. ولكن في هذا الكتيب سنركز فقط على الشروط الحرارية للراحة.

تعتمد الراحة الحرارية على خلق درجة حرارة جافة للوسط المحيط وحركة للهواء مناسبة لمستوى نشاط الأشخاص في المكان. تسمح هذه البيئة المحيطة بهذه الظروف لمعدل توليد الحرارة في الجسم البشري بالتوازن مع معدل الضياع الحراري من الجسم.

## Factors Affecting Human Comfort

- ▲ Dry-bulb temperature
- ▲ Humidity
- ▲ Air movement
- ▲ Fresh air
- ▲ Clean air
- ▲ Noise level
- ▲ Adequate lighting
- ▲ Proper furniture and work surfaces



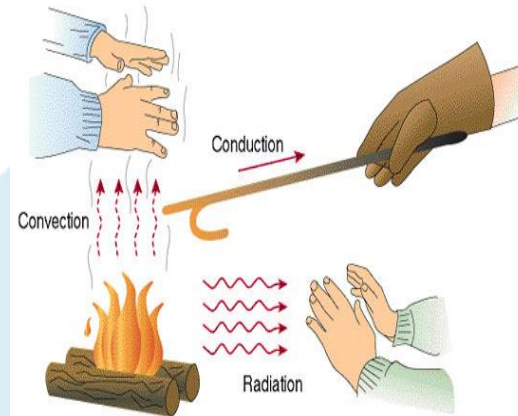
### بعض المفاهيم الاساسية

**الحرارة HEAT** : هي شكل من أشكال الطاقة التي يمكن نقلها من نظام إلى آخر نتيجة للفرق في درجة الحرارة (تنتقل من الوسط مرتفع الحرارة الى الوسط المنخفض الحرارة) وتقدر قيمته بالوحدات الدولية الواط w.

### انتقال الحرارة (التبادل الحراري) HEAT TRANSFER:

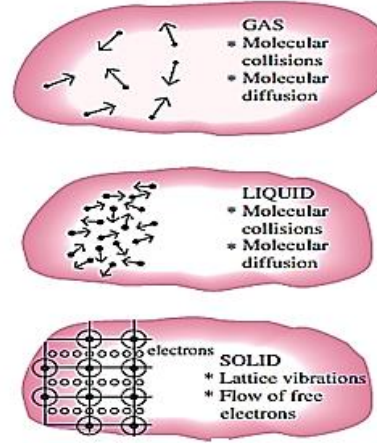
هو العلم الذي يدرس اساليب وقوانين انتشار الحرارة في الاجسام الصلبة والسائلة والغازية خلال واحدة الزمن. لتسهيل دراسة انتقال الحرارة وفهمها تم تقسيم انتقال الحرارة الى ثلاث عمليات- انواع:

- انتقال الحرارة بالتوصيل الحراري **CONDUCTION**
- انتقال الحرارة بالحمل الحراري **CONVECTION**
- انتقال الحرارة بالإشعاع الحراري **RADIATION**



## 1- انتقال الحرارة بالتوصيل الحراري CONDUCTION

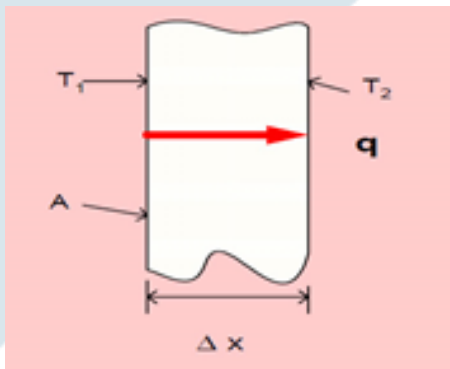
يشير انتقال الحرارة بالتوصيل إلى نقل الطاقة في وسط بسبب التدرج في درجة الحرارة وهي عملية انتشار الحرارة نتيجة التماس المباشر بين جزيئات والذرات في الجسم الصلب أو المائع الساكن عندما تكون درجات الحرارة مختلفة.



The mechanisms of heat conduction in different phases of a substance.

### قانون حساب كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل

تختلف المواد كثيراً في قابليتها لنقل الحرارة بالتوصيل فالمعادن أفضل الموصلات الحرارية وهناك مواد سيئة التوصيل مثل الخشب والفلين لذلك تستخدم كعوازل. كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل:



$$Q_c = \frac{A \times \lambda \times (t_1 - t_2)}{L}$$

حيث:

$\lambda$  : الإيصالية الحرارية للمادة (w/m.C)

A : مساحة السطح (m<sup>2</sup>)

L : السماكة (m)

t<sub>1</sub> : درجة حرارة الطرف الساخن .

t<sub>2</sub> : درجة حرارة الطرف البارد .

## 2- انتقال الحرارة بالحمل CONVECTION

انتقال الحرارة بالحمل الحراري هو طريقة نقل الطاقة الحرارية بين سطح صلب ملاصق لوسط سائل أو غازي في حالة الحركة، وهو يتضمن على التأثير المشترك لانتقال الحرارة بالتوصيل وحركة السوائل. وكلما كانت حركة السائل كبيرة (سرعته) كلما ازداد كمية الحرارة المنتقلة بالحمل. عندما تكون حركة السوائل معدومة، فإن عملية انتقال الحرارة بين سطح صلب والسائل المجاور تكون عن طريق التوصيل فقط.

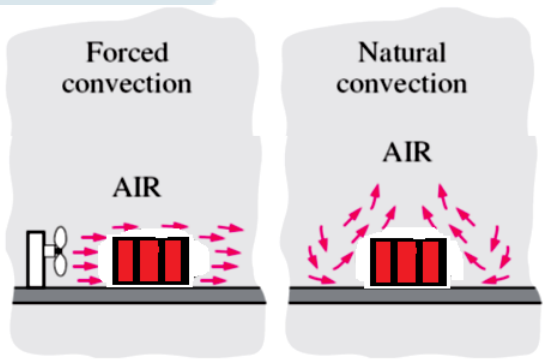


Convection انتقال الحرارة بالحمل
   
 الهواء الساخن أو الماء الساخن يصعد الى الأعلى والبارد يتحرك للأسفل

## انتقال الحرارة بالحمل الحراري CONVECTION

انتقال الحرارة بالحمل يوجد منه نوعان:

### الحمل الحر-الطبيعي والحمل القسري FORCED AND FREE CONVECTION



على سبيل المثال، في غياب مروحة، فإن نقل الحرارة من سطح الجسم الساخن يكون عن طريق الحمل الحراري الطبيعي لأن أي حركة في الهواء في هذه الحالة سوف تكون نتيجة لارتفاع الهواء الدافئ (وبالتالي أخف أقل كثافة) بالقرب من السطح وهبوط الهواء البارد (ذو الكثافة الأكبر) ليحل محل الهواء الساخن الصاعد.

قانون حساب كمية الحرارة المنتقلة بالحمل:

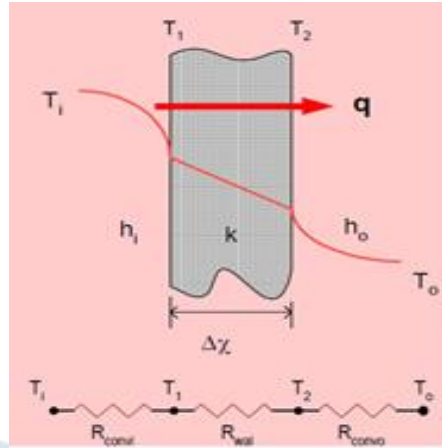
$$Q_a = \alpha A(t_1 - t_0)$$

حيث:  $\alpha$  - معامل انتقال الحرارة بالحمل ( $w/m^2 \cdot ^\circ C$ )

A : مساحة السطح ( $m^2$ )

$t_1$  : درجة حرارة الطرف الساخن .

$t_0$  : درجة حرارة الطرف البارد .

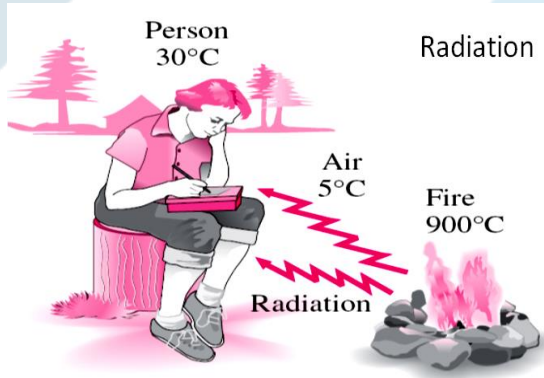


### 3- انتقال الحرارة بالإشعاع RADIATION

على عكس انتقال الحرارة بالتوصيل والحمل، يمكن أن يحدث نقل الحرارة عن طريق الإشعاع بين جثتين، حتى عندما يتم فصلها عن طريق وسط أبرد من كل منهما.

الإشعاع هو الطاقة المنبعثة من المادة على شكل موجات كهرومغناطيسية نتيجة للتغيرات في التكوينات الإلكترونية للذرات أو الجزيئات. ونحن مهتمون في الإشعاع الحراري، وهو شكل

الإشعاع المنبعث من الاجسام بسبب درجة حرارتها.

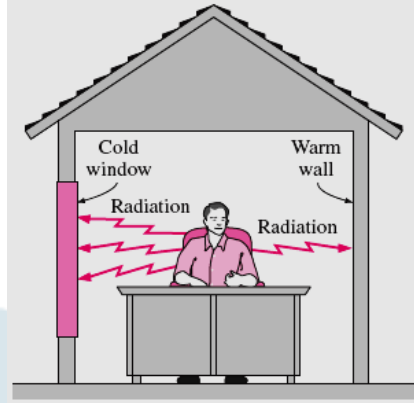


على عكس انتقال الحرارة بالتوصيل وبالحمل، نقل الطاقة عن طريق الإشعاع لا يتطلب وجود وسيلة ناقل ويمكن ان ينتقل الاشعاع بالفراغ. في

الواقع، نقل الطاقة عن طريق الإشعاع هو أسرع (ويتم بسرعة الضوء) في فراغ. هذا هو بالضبط ما يحدث، تصل طاقة الشمس إلى الأرض بسرعة الضوء.

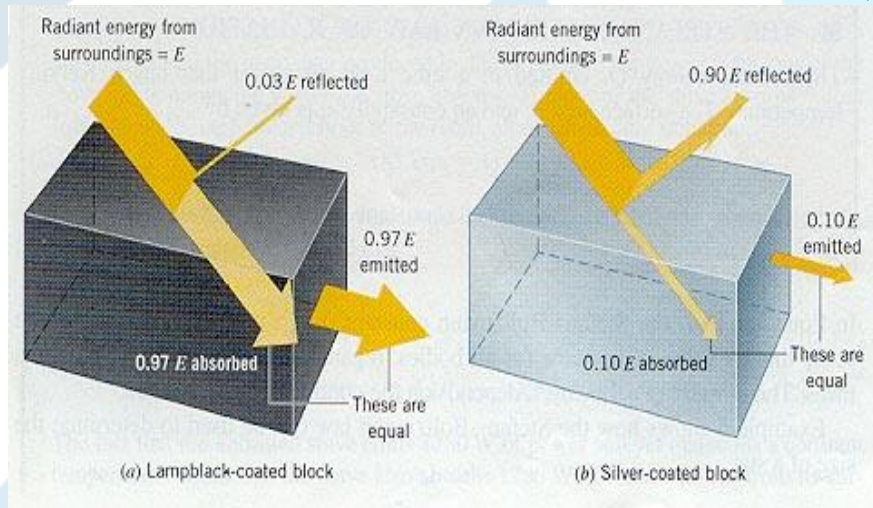
### EMISSIVITY الإصدارية او الإنبعائية

الإشعاع المنبعث أو الصادر من جميع الأسطح الحقيقية هو أقل من الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود عند نفس درجات الحرارة ويعبر عنه.  
ان جسم الانسان يصدر-يبعث الحرارة الى الوسط المحيط عندما تكون درجة حرارة الهواء والاجسام المحيط به أقل من درجة حرارة الجسم ويكتسب الحرارة عندما يكون العكس درجة حرارة الهواء والاجسام المحيطة به اعلى من درجة حرارة الجسم الانسان.



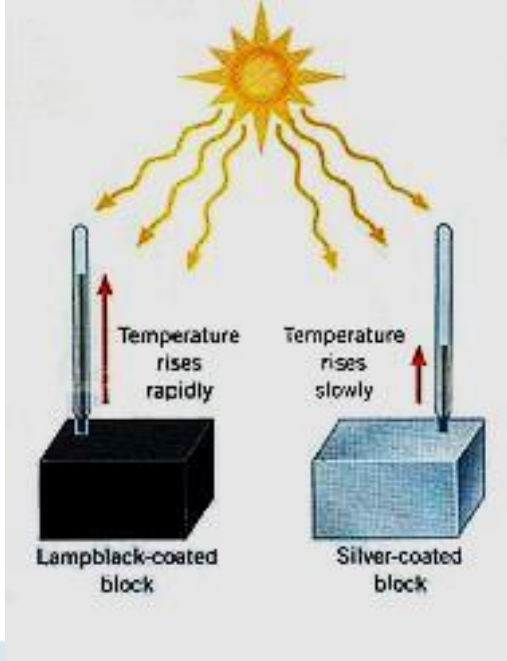
### ABSORPTIVITY الامتصاصية

الامتصاصية هي من الخصائص الإشعاعية الهامة الأخرى للسطح، وهي جزء من الطاقة الإشعاعية، تحدث على سطح الجسم، يمتص الجسم الأسود كامل الإشعاع الوارد عليه. ويكون للجسم الأسود امتصاص مثالية



## BLACK BODIES الجسم الأسود

الجسم الاسود يمتص الاشعاع الحراري بشكل كبير بينما الجسم الابيض يعكس الاشعاع الحراري بشكل كبير.

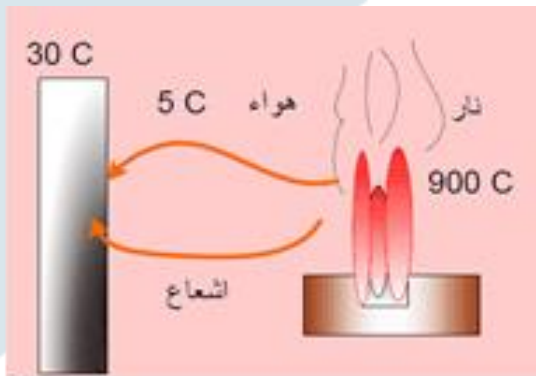


الملابس الصيفية: يستخدم اللون الأبيض عموما في الاماكن الحارة فهو يعكس الطاقة الإشعاعية بشكل أفضل من الأسود. ونرتدي الملابس السوداء-الغامقة شتاء لأنها تمتص الطاقة الاشعاع.

إذا تم لف مكعبات الثلج في القماش الأسود وآخر في رقائق الألومنيوم ووضع في كل من أشعة الشمس. ماذا سيحدث؟  
-يزوب المكعب المغلف بالقماش الاسود بسرعة أما المكعب الملفوف بورق الالومنيوم-السوليفان فيزوب ببطيء.

المعادلة المستخدمة في حساب كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع:

$$Q = c \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F_1$$



حيث : c - عامل الاصدارية الوسطية لمجموعة

f : مساحة سطح الاشعاع

t1 : درجة حرارة الجسم الساخن .

t2 : درجة حرارة الجسم البارد .

## مصادر الضياعات الحرارية في المباني

يحدث أكبر وأهم ضياع حراري عن طريق التوصيل عبر السطوح الخارجية:

- 1- الجدران الخارجية.
  - 2- النوافذ الخارجية.
  - 3- السقف الاخير(السطح المعرض للهواء الخارجي).
  - 4- الارضية التي تقع على الارض الطبيعية .
  - 5- الارضية التي تقع فوق قبو غير مدفئ.
  - 6- تغير الهواء الداخلي نتيجة للتسرب من شقوق الابواب والنوافذ وغيره.
- وتتعلق كمية الحرارة المتسربة-الضائعة من خلال هذه السطوح على سماكتها من جهة وعلى قيمة عامل التوصيل الحراري لكل من الطبقات المؤلفة منها من جهة أخرى ، وكذلك على أبعادها وعلى مقدار فرق درجات الحرارة بين طرفي كل سطح.
- كما يضيع قسم من الحرارة عن طريق التوصيل إلى الأرض عبر السطوح الملامسة للتربة ، كما هي الحالة في جدران الأقبية و أرضيته.

### معامل انتقال الحرارة عبر الجدران

تتألف الجدران عادة من عدة طبقات (بلوك – توريقة داخلية – حجر - مونة اسمنتية...الخ). يتم حساب معامل انتقال الحرارة الاجمالي U بحسب تركيبة الجدران المعادلة التالية:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{f_o}}$$

حيث : I - الايصالية الحرارية لمواد تركيبة الجدار

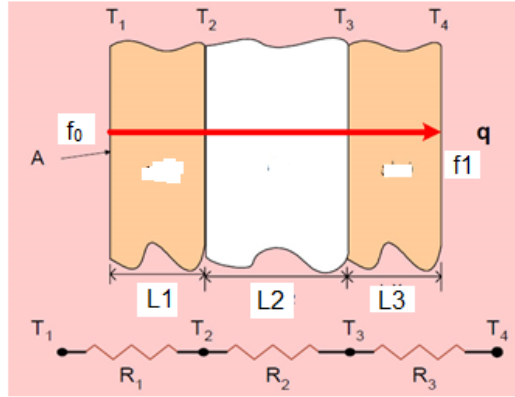
$f_1$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجهة الداخلية للجدار

$f_0$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجهة الخارجية للجدار

$L_1$ : سماكة طبقة الجدار الاولى.

$L_2$ : سماكة طبق الجدار الثانية.

ملاحظة: قيمة معامل التوصيل الحراري تؤخذ من الجداول المرفقة



جدول معامل الايصالية الحرارية لبعض مواد البناء

عامل التوصيل الحراري $\lambda = \frac{w}{m \cdot c^{\circ}}$	الكتلة النوعية $kg / m^3$	المادة
<b>مواد البناء</b>		
1.57	2400	بيتون مسلح
1.57	2200	بيتون عادي
0.60	1400	بلوك من البيتون مفرغ
1.10	2000	طينة اسمنتية مع رمل
1.6	2400	حجر كلسي أو رملي
1.00	2000	توريقة اسمنتية
0.026	30	ألواح البوليوريثان-مادة عازلة

### - عامل التوصيل الحراري للسطوح الداخلية والخارجية ( $f_i, f_0$ ).

يتعلق معامل التوصيل الحراري للسطوح الداخلية والخارجية بالعوامل التالية:

- 1- وضعية السطح (جدار-سقف) افقي ام شاقولي
- 2- اتجاه انتقال الحرارة -الى الاعلى أو الى الاسفل.
- 3- خشونة السطح
- 4- سرعة الهواء الملامس للسطح.

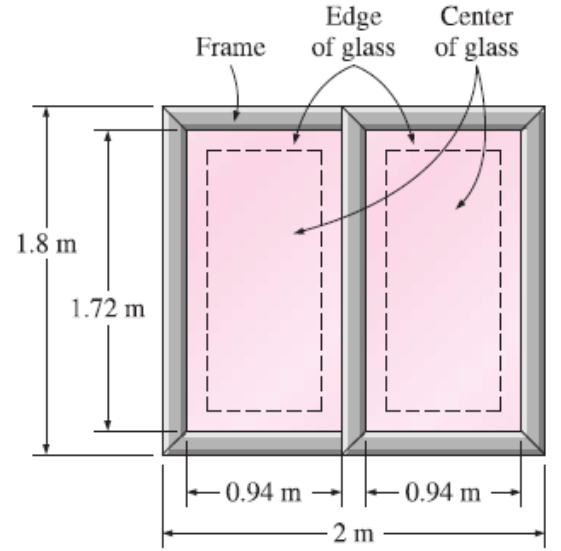
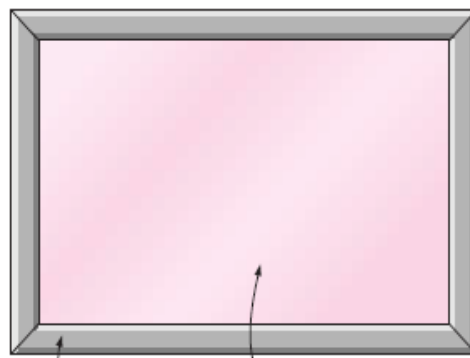
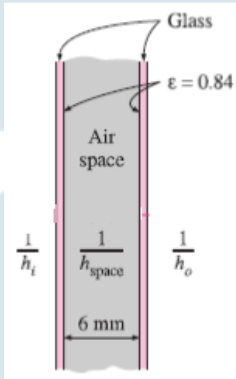
جدول عامل التوصيل الحراري للسطح الداخلي ( $f_i$ ):

نوع عنصر البناء	وضعية السطح	اتجاه انتقال الحرارة	$f_i$ $w/m^2 \cdot c^o$	$R_{in}=1/f_i$
جدار	شاقولي	أفقي	8.13	0.123
سقف أو أرض	أفقي	نحو الأعلى	9.43	0.106
سقف أو أرض	أفقي	نحو الأسفل	6.66	0.150

جدول عامل التوصيل الحراري للسطح الخارجي ( $f_o$ ):

سرعة الرياح	وضعية السطح	اتجاه انتقال الحرارة	$f_o$ $w/m^2 \cdot c^o$	$R_{out}=1/f_o$
للشتاء $25 \frac{km}{h}$	أي وضعية	أي اتجاه	33.72	0.03
للصيف $15 \frac{km}{h}$	أي وضعية	أي اتجاه	16.7	0.06

### معامل انتقال الحرارة عبر الحواجز النوافذ والجدران



### توصيل الحراري عبر فراغ هوائي

يتم تحديد معامل التوصيل الحراري في حالة بناء جدار مؤلف من بلوك بينهما فراغ هوائي

**الجدول التوصيل الحراري للفراغ الهوائي**

1/Ca	Ca	سماكة الفراغ Cm	اتجاه انتقال الحرارة	وضعية الفراغ
0.15	6.74	2 - 10	نحو الأعلى	أفقي
0.18	5.60	2	نحو الأسفل	
0.21	4.65	10	نحو الأسفل	
0.17	5.81	2 - 10	أفقي	شاقولي

**كمية الحرارة المنتقلة عبر حاجز**

يتم حساب كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدران والسقف (الضياعات) باستخدام العلاقة التالية:

$$Q_{WALL} = A \cdot U \cdot (t_1 - t_2)$$

تقدر قيمتها بالوحدات الدولية الواط w.

حيث: A: المساحة الصافية للجدار بدون النوافذ والابواب

U: معامل انتقال الحرارة الاجمالي للجدران ويحسب على اساس تركيبية الجدار

ونوعية الماد المستخدمة.

t1: درجة حرارة الهواء الملاصق للجدار الداخل.

t2: درجة حرارة الهواء الملاصق للجدار من الخارج.

**معامل التوصيل الحراري الاجمالي للنوافذ والابواب**

يعطى معامل التوصيل الحراري للنوافذ من الجدول التالي:

عامل التوصيل الحراري الإجمالي للنوافذ

$$U(w/m^2.c^{\circ})$$

النوافذ الداخلية			النوافذ الخارجية				
نافذة ألمنيوم	نافذة فولاذية	نافذة خشبية	نافذة ألمنيوم	نافذة فولاذية	نافذة خشبية		
4.6	4.3	3.5	7.1	6.4	5.8	-	زجاج عادي
3.7	3.4	2.7	4.5	4.2	3.2	1.5	زجاج مزدوج
3.4	3.1	2.4	4.1	3.7	3.0	1.0	مع فراغ هوائي
3.2	3.0	2.4	3.9	3.6	2.9	2.0	سماكته (Cm)
			3.7	3.4	2.6	-	نوافذ مزدوجة

معامل التوصيل الحراري الاجمالي والابواب

يعطى معامل التوصيل الحراري للنوافذ من الجدول التالي:

عامل التوصيل الحراري الإجمالي للأبواب

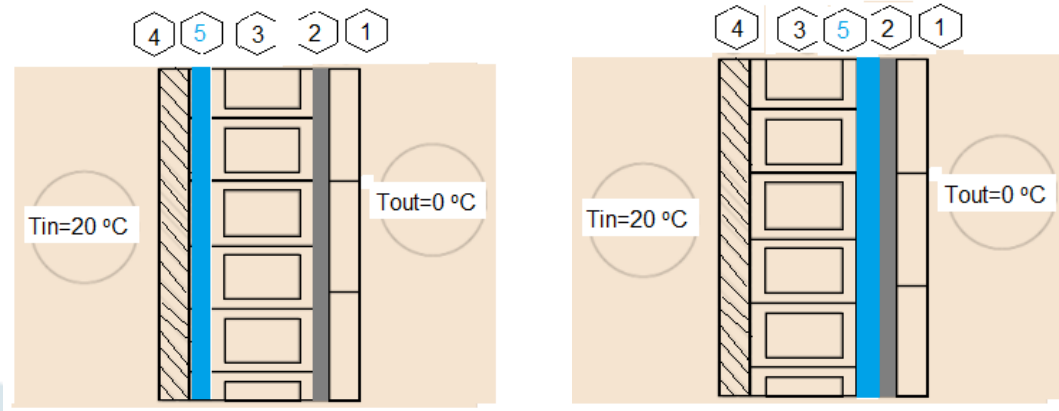
$$U(w/m^2.c^{\circ})$$

U	نوع الباب
6.4	باب خارجي معدني
2.4	خشبى (سماكة 5 mm)
4.6	مع زجاج بسيط
2.8	مع زجاج مزدوج
2.2	باب داخلي مع خشب عادي (سماكة 4 mm)
1.7	مع خشب معاكس مزدوج

أهمية العزل الحراري والتخزين الحراري

بشكل عام تسمى المواد عازلة للحرارة اذا كانت الايصالية الحرارية لها منخفضة أقل من 0.5 W/m.°C وكلما كانت الايصالية الحرارية أقل كلما كانت العازلية الحرارية للمادة أكبر - أفضل. يمكن تركيب العزل الحراري ضمن طبقات الجدار أقرب الى الداخل أو أقرب الى الخارج وذلك يتعلق بنوع استخدام المبنى مثلا منزل سكني - فندق - مدرسة - مبنى اداري .... الخ.

- 1- فعند تركيب العزل أقرب الى الخارج فان الطبقات الداخلية للجدران تخزن الحرارة وتقدمها للهواء الداخلي بعد توقف التدفئة وهذا يساعد في بقاء المبنى دافئ لمدة طويلة.
- 2- فعند تركيب العزل أقرب الى الداخل ضمن الجدار يساعد في تسخين الهواء الداخلي بالمقابل لا يمكن تخزين الحرارة في طبقات الجدار بعد طبقة العزل وهذا يؤدي الى انخفاض درجة حرارة الهواء بسرعة بعد اطفاء التدفئة داخل المبنى وهذا يمكن استخدامه في الابنية الادارية والمدارس والمكاتب وغيره. حيث تكون مدة الاقامة في المبنى لساعات محددة ضمن اليوم.



### طريقة حساب معامل انتقال الحرارة في حالة السقف غير متجانس

السقف مؤلف من بلاطة بيتون مسلح ومع بلوك هوردين  
 يحسب معامل الانتقال الحراري الكلي للسقف الهوردين والمبين في الشكل وفق العلاقة:  
 حيث أن:

$$U = \frac{U_A A_A + U_B A_B}{A}$$

- UA عامل انتقال الحرارة الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه (A-A)
- AA مساحة الجزء الذي مقطعه (A-A)
- UB عامل انتقال الحرارة الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه (B-B)
- AB مساحة الجزء الذي مقطعه (B-B).

