جامعة المنارة
كلية الهندسة
قسم هندسة العمارة

السنة الثالثة الفصل الاول

مقرر تجهيزات المباني - ٣

BUILDING INSTALLATION -3 (CEAC701)

قسم أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف

مدرس المقرر الدكتور محمد علي

تجهيزات المباني-٣

الانظمة المستخدمة في المباني:

١-الهندسة الصحية – توزيع الماء البارد والساخن والصرف الصحي.

٢- أنظمة التدفئة والتكييف والتهوية. HVAC SYSTEMS

HEATING VENTILATION AND AIR CONDITIONING(HVAC)

٣- نظام اطفاء الحريق. FIRE FITTING SYSTEM

٤-نظام الحماية من الدخان. SMOKE PROTECTION SYSTEM

٥-نظام ادارة وقيادة التجهيزات في المباني.

BUILDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS)

المفاهيم الاساسية لعمليات التدفئة والتهوية والتكييف

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 .

درجة حرارة الهواء ـ رطوبة الهواء ـ سرعة هواء ـ نظافة الهواء

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

PSYCHROMETRIC CHARTS

الهواء الرطب MOIST AIR

الهواء الرطب : MOIST AIR

يعتبر الهواء الرطب خليطا من الهواء الجاف وبخار الماء ويستخدم الهواء الرطب في أنظمة التكييف عند ضغط قريب من الضغط الجوي ولذلك يمكن اعتباره غازا مثاليا.

درجة الحرارة TEMPERATURE

هي مقياس للطاقات الحركية للجزيئات في السائل أو الغاز، تنشأ الطاقة الحركية للجزيئات نتيجة الحركة العشوائية للجزيئات بالإضافة الى الحركات الاهتزازات(تذبذبات) والدورانية. عندما تتصادم جزيئتان تمتلكان طاقات حركية مختلفة، يتم نقل جزء من الطاقة الحركية للجزيء الأكثر نشاطا (له درجة حرارة أعلى) إلى الجسيمات الأقل نشاطا (له درجة الحرارة المنخفضة). وتقاس درجة الحرارة بالدرجة المئوية ^{o}C بالواحدات الدولية **IS**.

درجة حرارة الهواء الجافة : **DRY - BULB TEMPERATURE**

درجة حرارة الهواء الرطبة : **WET - BULB TEMPERATURE**

Wet-Bulb Thermometer

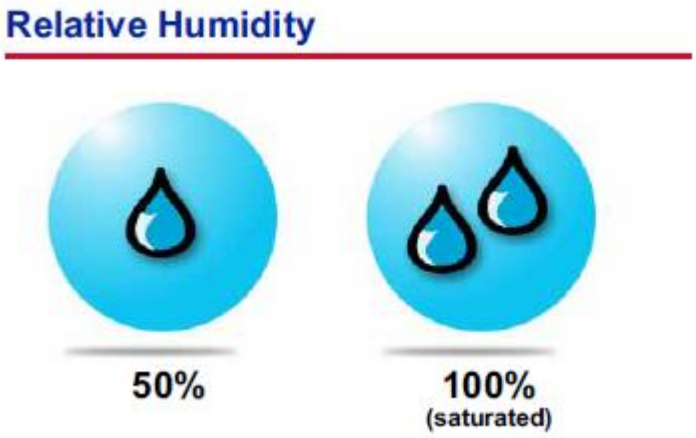
Dry-Bulb Thermometer

درجة حرارة نقطة الندى : DEW - POINT TEMPERATURE

هي درجة الحرارة التي يبدأ بخار الماء الموجود بالهواء بالتكاثف على شكل قطرات الماء وتقاس درجة الحرارة بالدرجة المئوية **°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%**



HUMIDITY RATIO الرطوبة النوعية

الرطوبة النوعية: HUMIDITY RATIO

تعبر نسبة الرطوبة عن محتوى الهواء من بخار الماء وتساوي الى وزن بخار الماء الممزوج في واحد كيلوغرام هواء جاف

بالواحدات الدولية **IS** تقدر **KG**بخار/ **KG**هواء.

ENTHALPY OF MOIST AIR انتالبي الهواء الرطب

يعبر انتالبي الهواء عن المحتوى الحراري أو اكمية الحرارة مع الهواء وتقدر قيمته بالوحدات الدولية كيلوجول لكل كيلوغرام هواء **KJ/KGAIR**

HUMAN COMFORT شروط الراحة البشرية

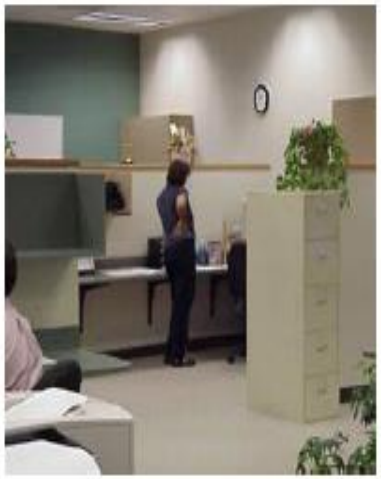
تعتمد انظمة تسخين وتبريد الهواء على مبدأ انتقال الحرارة للمحافظة على شروط داخلية مريحة للأشخاص .

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 وسطوح العمل هي بضعة متغيرات أخرى تساهم في جعل المكان ذو شروط ملائمة لسكانه . ولكن في هذا الكتيب سنركز فقط على الشروط الحرارية للراحة .

تعتمد الراحة الحرارية على خلق درجة حرارة جافة للوسط المحيط و حركة 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



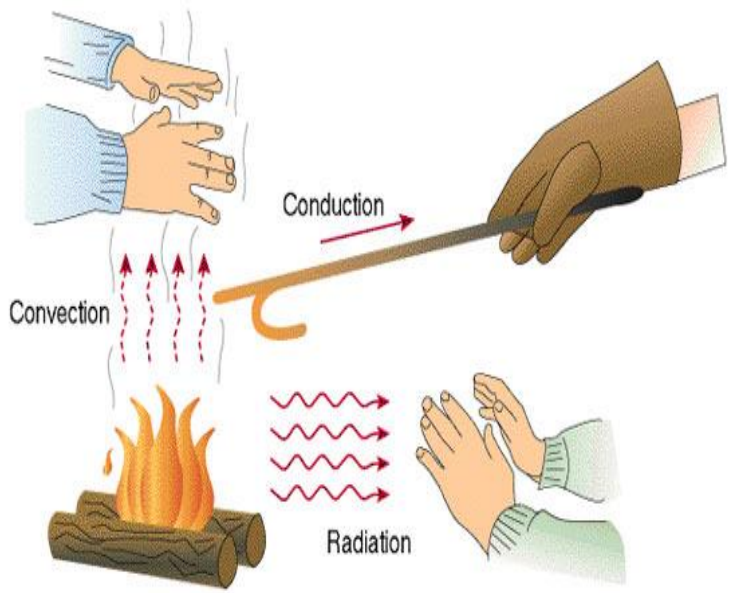
الحرارة HEAT

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة التي يمكن نقلها من نظام إلى آخر نتيجة للفرق في درجة الحرارة (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 ثلاثة عمليات-انواع:

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



انتقال الحرارة بالتوصيل الحراري CONDUCTION

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

Copyright © 2004 Pearson Education, publishing as Addison Wesley.

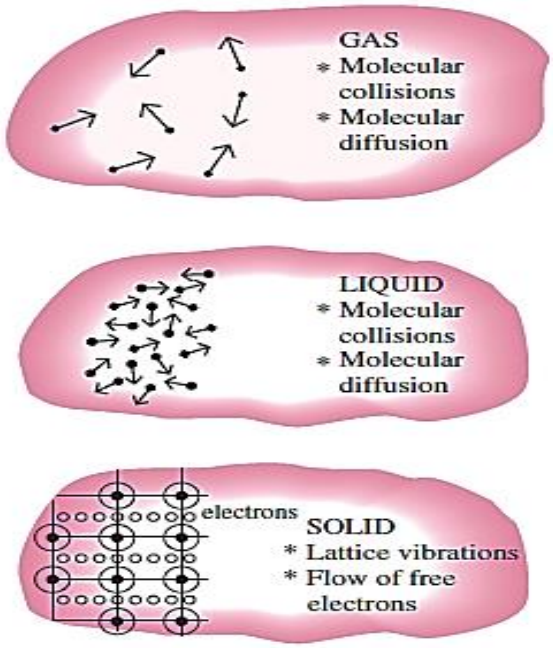


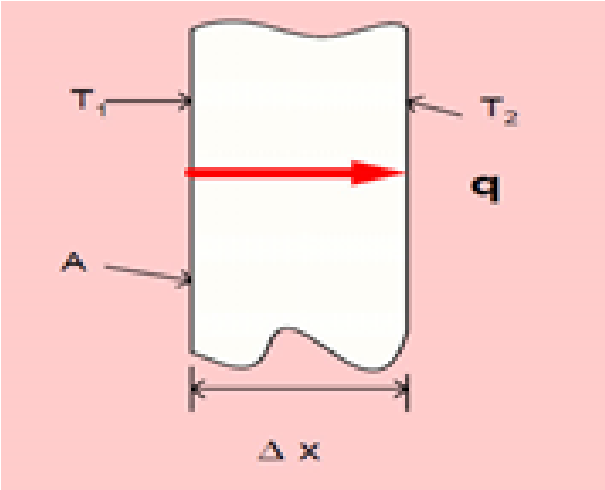
FIGURE 1–27
The mechanisms of heat conduction in different phases of a substance.

قانون حساب كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل

تختلف المواد كثيراً في قابليتها لنقل الحرارة بالتوصيل فالمعادن أفضل الموصلات الحرارية و هناك 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 λ : الايصالية الحرارية للمادة (**W/M.C**)

A : مساحة السطح (**M²**)

L: السماكة (**M**)

T1 : درجة حرارة الطرف الساخن .

T2 : درجة حرارة الطرف البارد .

انتقال الحرارة بالحمل CONVECTION

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

CONVECTION انتقال الحرارة بالحمل

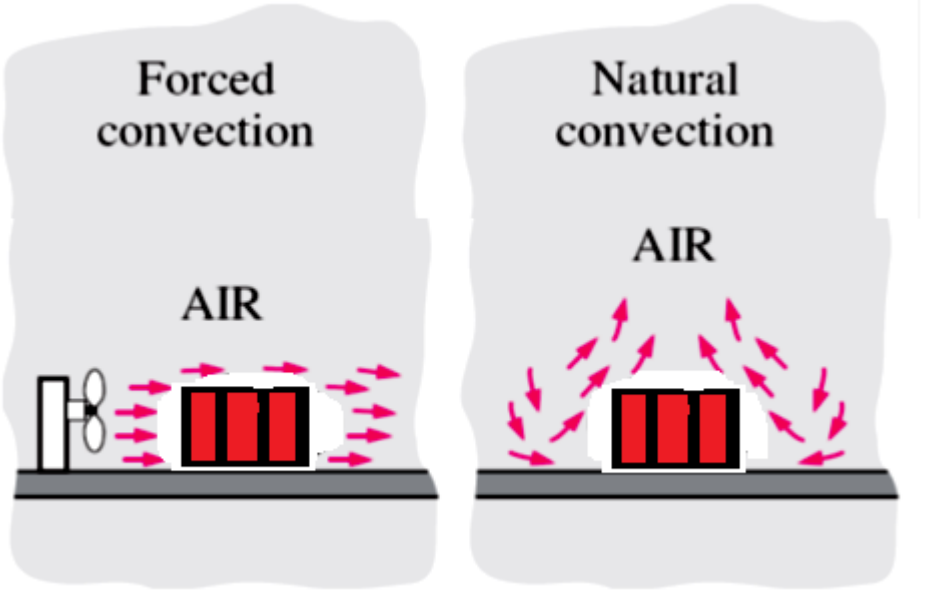
الهواء الساخن أو الماء الساخن يصعد الى الأعلى والبارد يتحرك لل أسفل

a

CONVECTION انتقال الحرارة بالحمل الحراري

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 الاكبر) ليحل محل الهواء الساخن الصاعد.

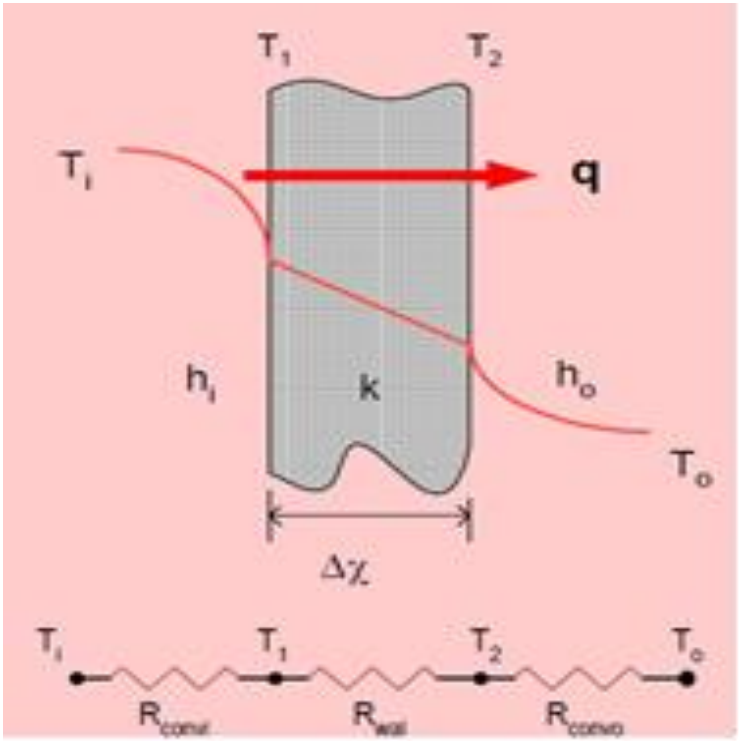


قانون حساب كمية الحرارة المنتقلة بالحمل

$$Q_{\alpha} = \alpha A(t_1 - t_0)$$

حيث : α -معامل انتقال الحرارة بالحمل (**W/M².ºC**)

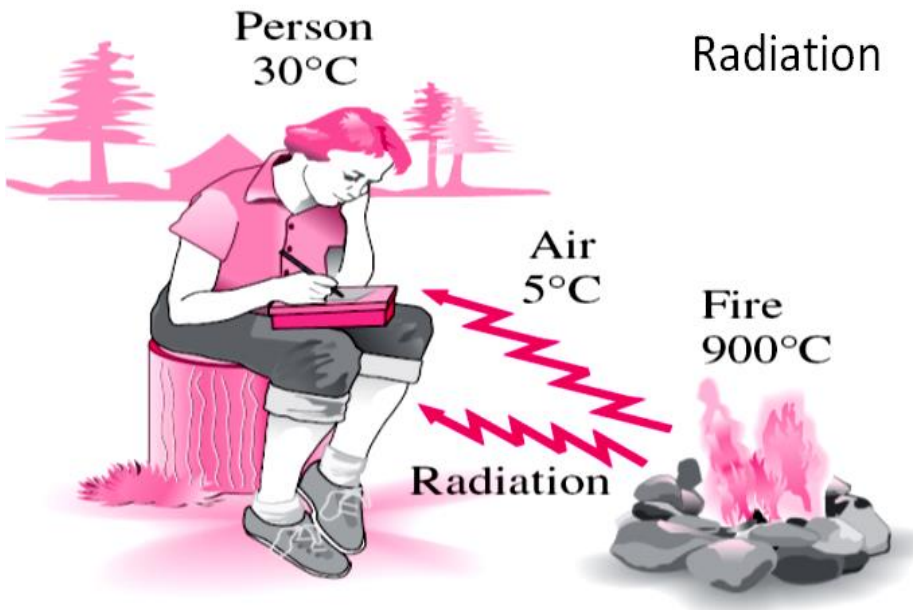
A : مساحة السطح (**M²**)
T1 : درجة حرارة الطرف الساخن .
T0 : درجة حرارة الطرف البارد .



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** ابرد 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.

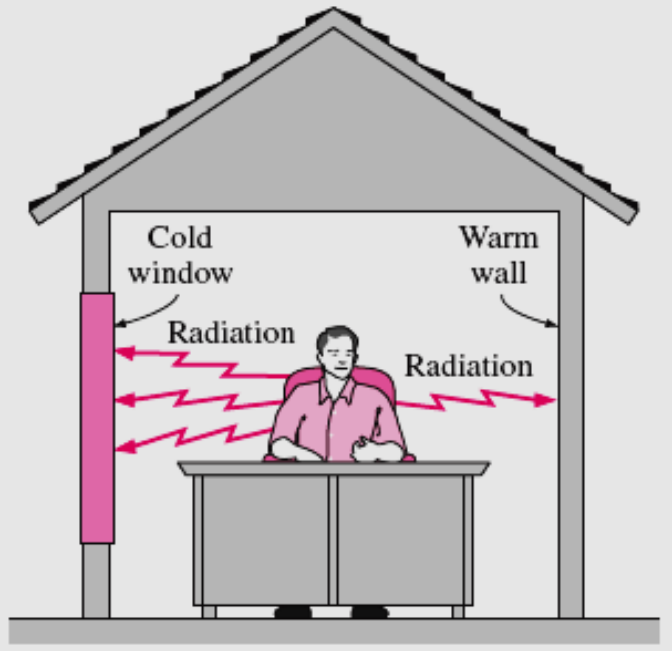


على عكس انتقال الحرارة بالتوصيل وبالحمل، نقل الطاقة عن طريق الإشعاع لا يتطلب وجود وسيلة ناقل ويمكن ان ينتقل الاشعاع بالفراغ. في الواقع، نقل الطاقة عن طريق الإشعاع هو أسرع (ويتم بسرعة الضوء) في فراغ. هذا هو بالضبط ما يحدث، تصل طاقة الشمس إلى الأرض بسرعة الضوء.

الاصدارية او الإنبعاثية EMISSIVITY

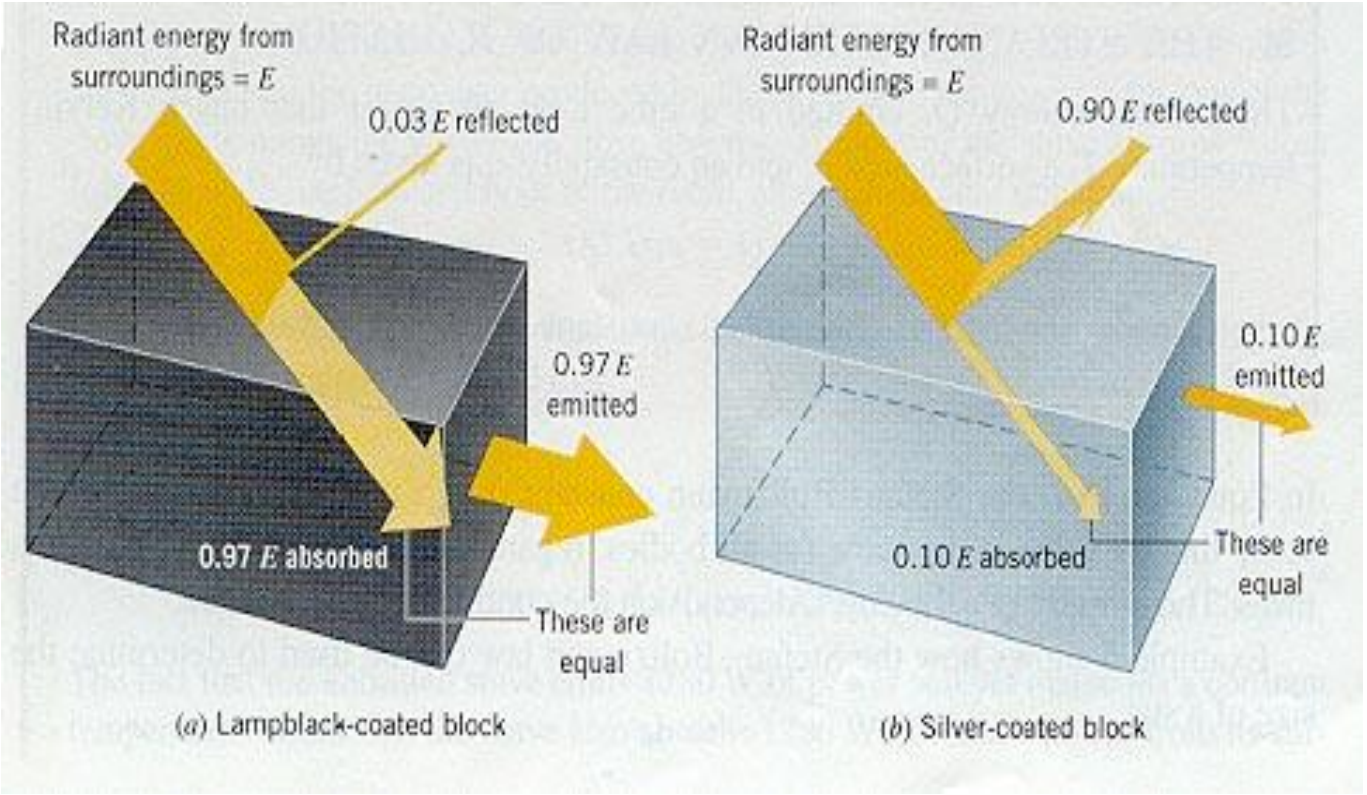
الإشعاع المنبعث أو الصادر من جميع الأسطح الحقيقية هو أقل من الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود عند نفس درجات الحرارة ويعبر عنه.

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.

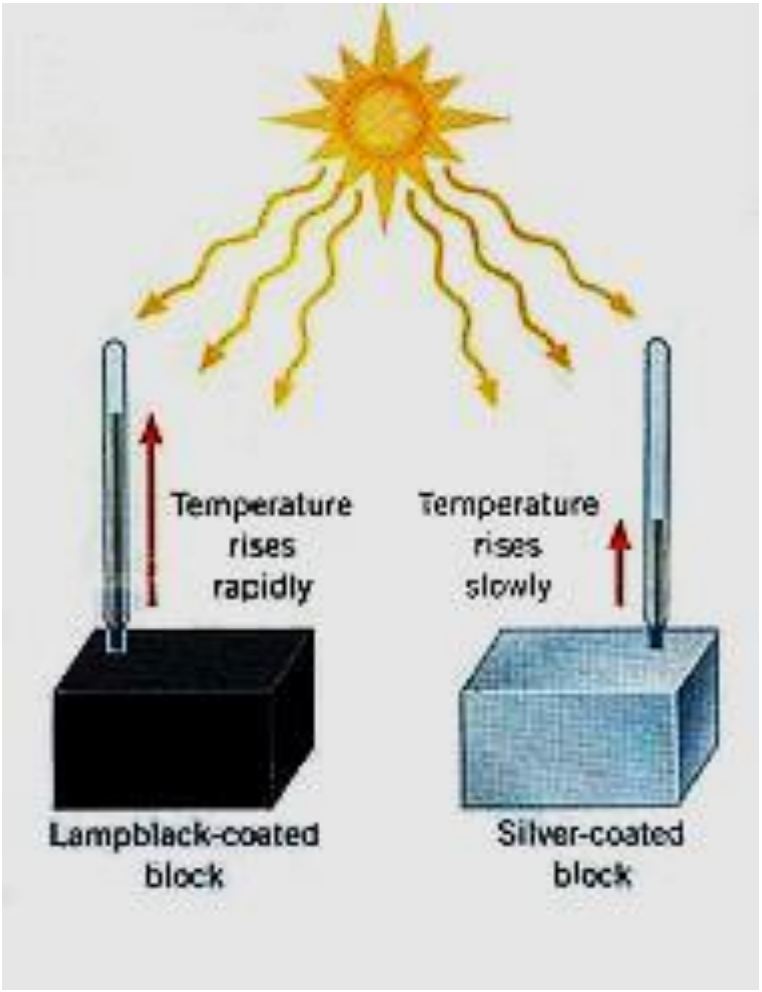


ABSORPTIVITY الامتصاصية

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 الاسود



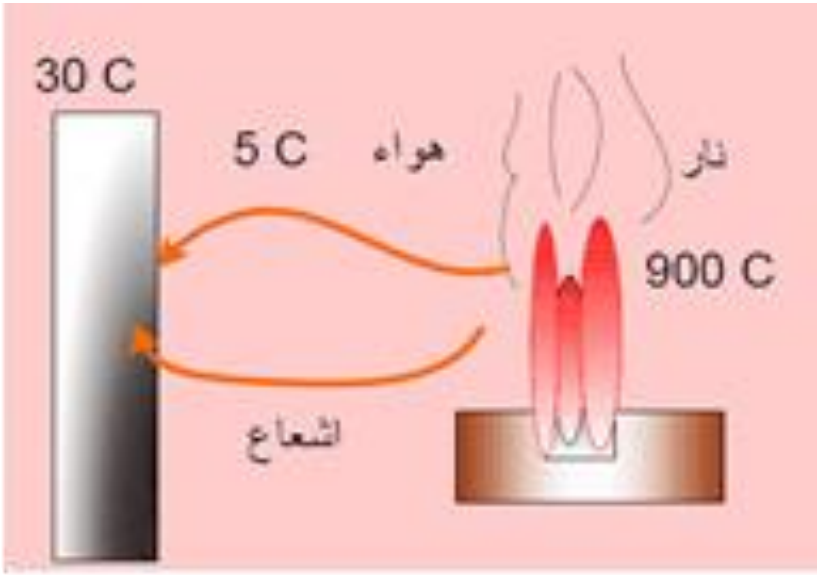
الجسم الاسود يمتص الاشعاع الحراري بشكل كبير
بينما الجسم الابيض يعكس الاشعاع الحراري بشكل كبير.

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

اذا 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 ببطىء.

القوانين المستخدمة في حساب كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع

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



حيث : **C** ـ 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:

١-الجدران الخارجية.
٢-النوافذ الخارجية.
٣-السقف الاخير(السطح المعرض للهواء الخارجي).
٤-الارضية التي تقع على الارض الطبيعية .
٥-الارضية التي تقع فوق قبو غير مدفئ.
٦-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 للتراب ، 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:

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

حيث : λ - الايصالية الحرارية لمواد تركيبة الجدار

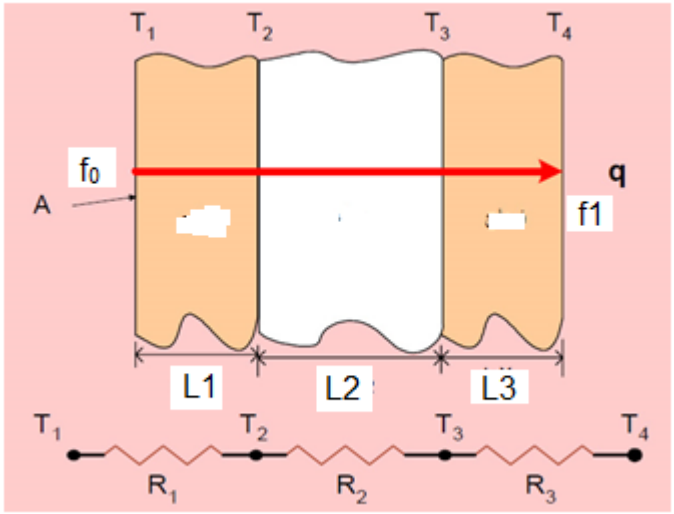
f1: معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجهة الداخلية للجدار

f0: معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجهة الخارجية للجدار

L1 :سماكة طبقة الجدار الاولى.

L2 : سماكة طبق الجدار الثانية.

ملاحظة: قيمة معامل التوصيل الحراري تؤخذ من الجداول المرفقة



معامل الايصالية الحرارية لبعض مواد البناء

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

ـ عامل التوصيل الحراري للسطوح الداخلية والخارجية (f_i, f_0).

يتعلق معامل التوصيل الحراري للسطوح الداخلية والخارجية بالعوامل التالية:

١ـ وضعية السطح (جدار-سقف) افقي ام شاقولي

٢ـ اتجاه انتقال الحرارة ــالى الاعلى أو الى الاسفل.

٣ـ خشونة السطح

٤ـسرعة الهواء الملامس للسطح.

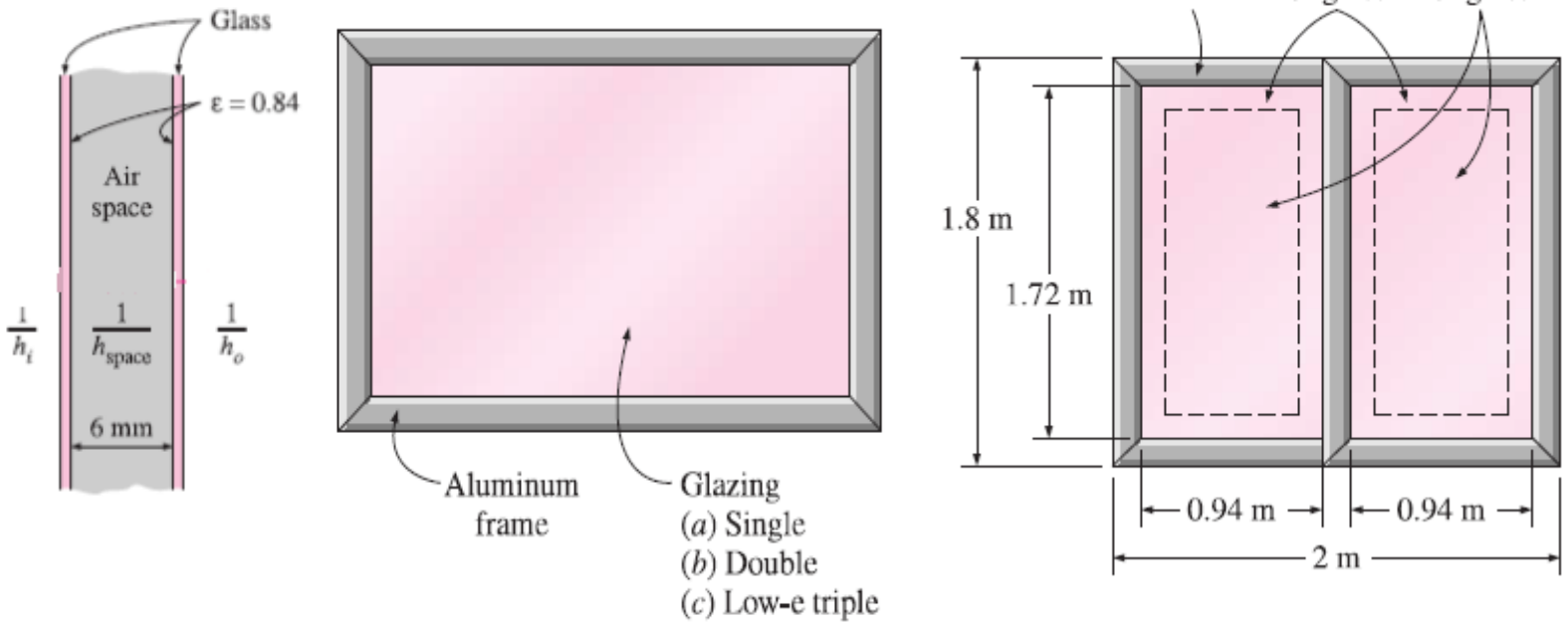
جدول عامل ا لتوصيل الحراري للسطح الداخلي (f_i) :

نوع عنصر البناء	وضعية السطح	اتجاه انتقال الحرارة	f_i $w/m^2.c^o$	$R_{in}=1/f_i$
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_0) :

سرعة الرياح	وضعية السطح	اتجاه انتقال الحرارة	f_0 $w/m^2.c^o$	$R_{out}=1/f_o$
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 هواء

الجدول التوصيل الحراري للفراغ الهوائي

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

كمية الحرارة المنتقلة عبر حاجز

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

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

تقدر قيمتها بالوحدات الدولية الواط **W**.

حيث: **A**: المساحة الصافية للجدار بدون النوافذ والابواب

U: معامل انتقال الحرارة الاجمالي للجدران ويحسب على اساس تركيبة الجدار ونوعية المادة المستخدمة.

T1 : درجة حرارة الهواء الملامس للجدار الداخل.

T2 : درجة حرارة الهواء الملامس للجدار من الخارج.

معامل التوصيل الحراري الاجمالي للنوافذ والابواب

يعطى معامل التوصيل الحراري للنوافذ من الجدول التالي:

عامل التوصيل الحراري الإجمالي للنوافذ

$U(w/m^2.c^o)$

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

معامل التوصيل الحراري الاجمالي والابواب

يعطى معامل التوصيل الحراري للنوافذ من الجدول التالي:

عامل التوصيل الحراري الإجمالي للأبواب

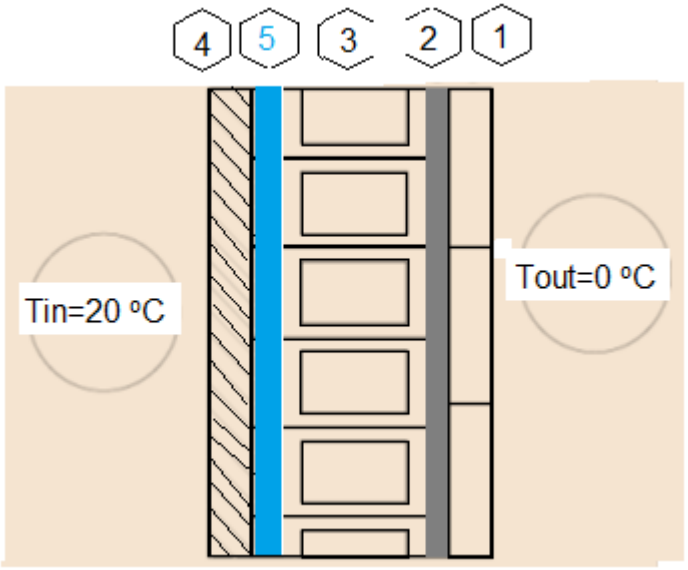
$U(w/m^2.c^o)$

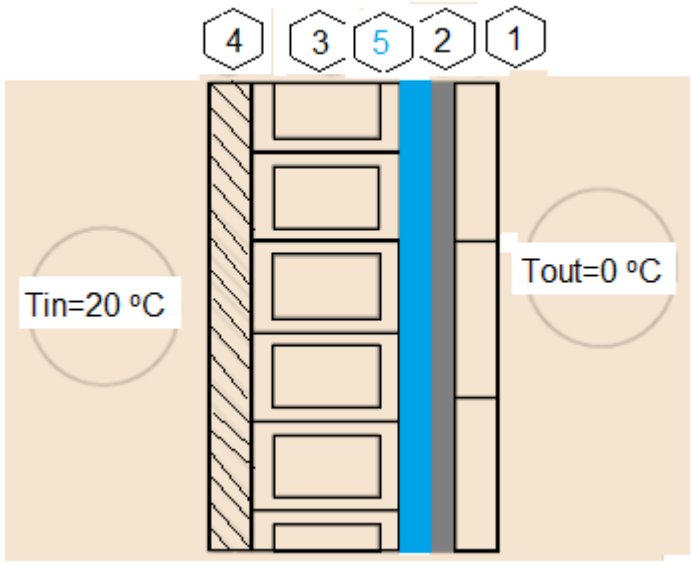
نوع الباب		U
باب خارجي	معدني	6.4
	خشبي (سماكة 5 mm)	2.4
	مع زجاج بسيط	4.6
	مع زجاج مزدوج	2.8
باب داخلي	مع خشب عادي (سماكة 4 mm)	2.2
	مع خشب معاكس مزدوج	1.7

أهمية العزل الحراري والتخزين الحراري

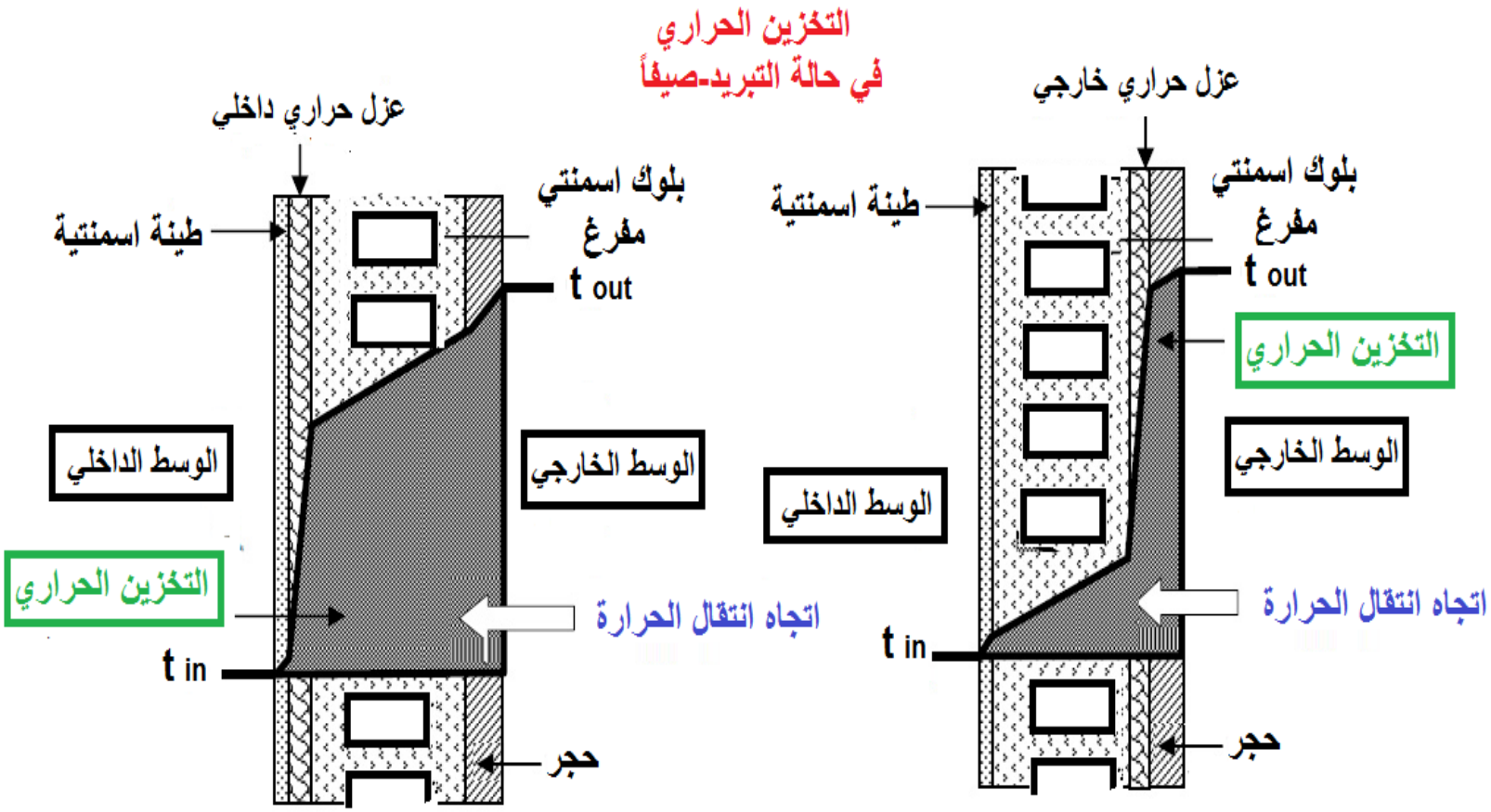
بشكل عام تسمى المواد عازلة للحرارة اذا كانت الايصالية الحرارة لها منخفضة أقل من **0.5** W/m.^{O}C وكلما كانت الايصالية الحرارية أقل كلما كانت العازلية الحرارية للمادة أكبر- أفضل.
يمكن تركيب العزل الحراري ضمن طبقات الجدار أقرب الى الداخل أو أقرب الى الخارج وذلك يتعلق بنوع استخدام المبنى مثلا منزل سكني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

١- 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.
٢- فعند تركيب العزل أقرب الى الداخل ضمن الجدار يساعد في تسخين الهواء الداخلي بالمقابل لا يمكن تخزن 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.

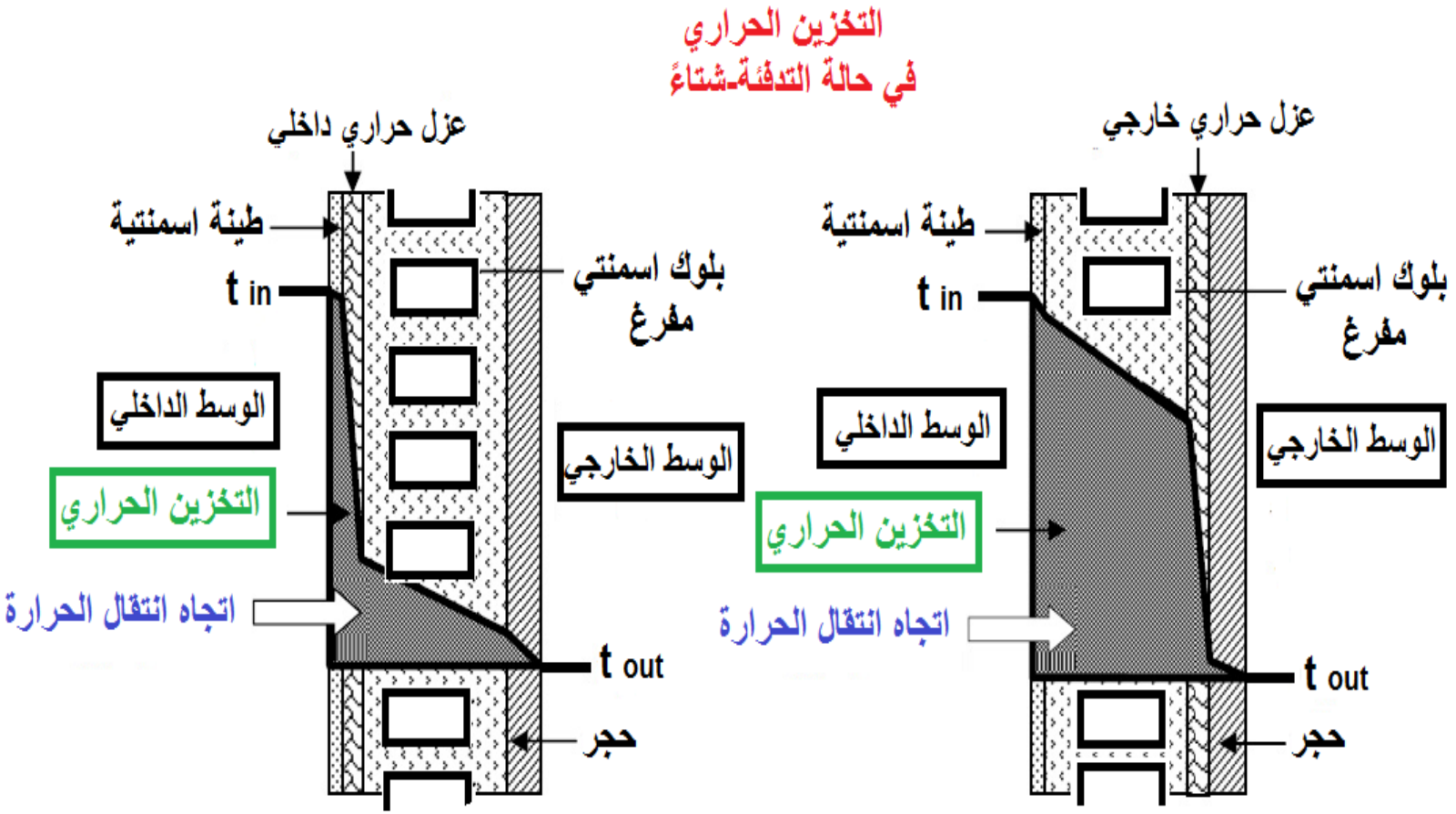




تأثير مكان توضع طبقة العزل الحراري ضمن الجدران على التخزين الحراري في طبقات الجدار - صيفاً



تأثير مكان توضع طبقة العزل الحراري ضمن الجدران على التخزين الحراري في طبقات الجدار - شتاءً



أمثلة محلولة

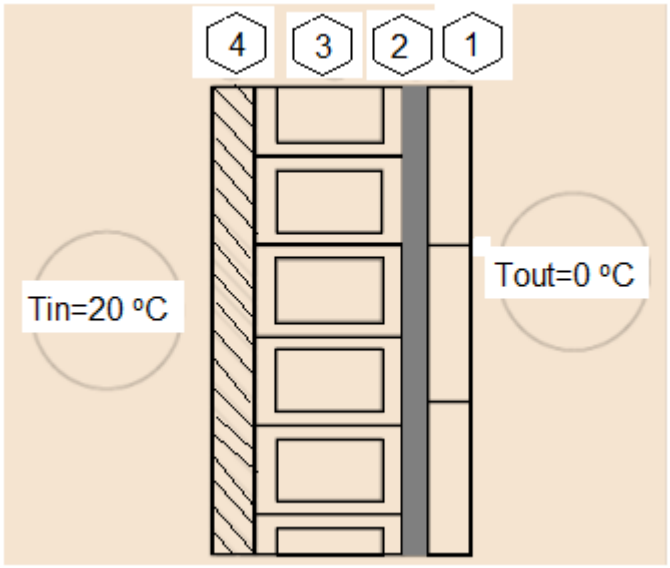
مسألة: مساحة الجدران الخارجية لمبنى ١٢٠٠م٢ ، يتألف الجدار من الطبقات المبينة في الشكل، ومساحة النوافذ تشكل ٢٠%من مساحة الجدار معامل انتقال الحرارة للنوافذ من اجل زجاج مفرد ومن اجل زجاج مزدوج تؤخذ من الجدول، يتم إضافة طبقة عزل بسماكة ٤سم .المطلوب: ١- احسب مقدار التوفير الحراري النسبي (كمية الحرارة) للمبنى عند استخدام العزل الحراري في تركيبة الجدران، ومع نوافذ ذات الزجاج المزدوج، ٢ – ما هي استطاعة المرجل المطلوب في كلتا الحالتين؟

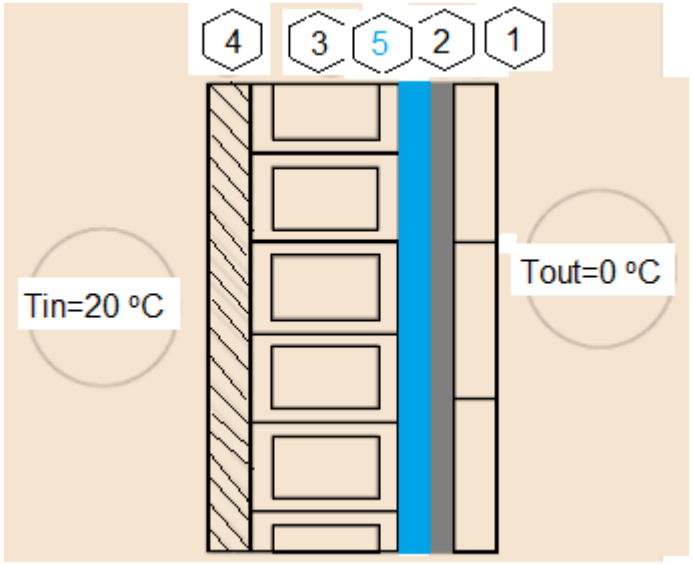
معامل الايصالية الحرارية لطبقات الجدار هي:

١- سماكة الحجر ٤سم ، ٢- مونة اسمنتية ٣سم ، ٣- بلوك مفرغ اسمنتي ٢٠سم ، ٤- توريقة اسمنتية ٢سم، ٥ – طبقة العزل.

$$\lambda_1 = 1.6\frac{w}{m.c^o}\ ،\ \lambda_2 = 1.1\frac{w}{m.c^o}\ ،\ \lambda_3 = 0.6\frac{w}{m.c^o}\ ،\ \lambda_4 = 1\frac{w}{m.c^o}\ ،\ \lambda_5 = 0.036\frac{w}{m.c^o}$$

$$\alpha_{in} = 8.13\frac{w}{m^2.c^o}\ ،\ \alpha_o = 33.72\frac{w}{m^2.c^o}$$





حل المسألة

كمية الحرارة المتسربة من داخل المبنى عبر الجداران تحسب من العلاقة التالية (في حالة عدم وجود طبقة عزل):

$$Q = A.U.(T_I - T_O)$$

حيث مساحة الصافية للجدران تساوي المساحة الكلية للجدران مطرحا منها مساحة النوافذ(**20%** مساحة النوافذ)

$$A = 1200 - 240 = 960\ M2$$

$$Q = 960X1.791X(20-0) = 34387W$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{\ell_1}{\lambda_1} + + \frac{\ell_2}{\lambda_2} + \frac{\ell_3}{\lambda_3} + \frac{\ell_4}{\lambda_4} + \frac{1}{f_0}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8.13} + \frac{0.04}{1.6} + \frac{0.03}{1.1} + \frac{0.2}{0.6} + \frac{0.02}{1} + \frac{1}{33.72}} = 1.791 \frac{W}{m^2.^oC}$$

الحل:

كمية الحرارة المتسربة من داخل المبنى عبر النوافذ تحسب من العلاقة التالية (في حالة نوافذ اللومنيوم –زجاج عادي):

$$Q = A.U.(T_I - T_O)$$

جيث معامل انتقال الحرارة الاجمالي للنوافذ يؤخذ من الجدول ويساوي $7.1 W/M^2.C$

$$Q=240X7.1(20-0)=34080W$$

المجموع الكلي لكمية الحرارة الضائعة من المبنى في حالة عدم وجود عزل حراري تساوي:

$$Q=34387+34080=68467W$$

الحل:

كمية الحرارة المتسربة من داخل المبنى عبر الجداران تحسب من العلاقة التالية (في حالة وجود طبقة عزل):

$$Q = A.U.(T_I - T_O)$$

$$Q = 960X0.599X(20-0) = 11500W$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{\ell_1}{\lambda_1} + + \frac{\ell_2}{\lambda_2} + \frac{\ell_3}{\lambda_3} + \frac{\ell_4}{\lambda_4} + \frac{\ell_5}{\lambda_5} + \frac{1}{f_0}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8.13} + \frac{0.04}{1.6} + \frac{0.03}{1.1} + \frac{0.2}{0.6} + \frac{0,02}{1} + \frac{0,04}{0.036} + \frac{1}{33.72}} = 0.599 \frac{W}{m^2.^O C}$$

/

الحل:

كمية الحرارة المتسربة من داخل المبنى عبر النوافذ تحسب من العلاقة التالية (في حالة نوافذ اللومنيوم –زجاج مزدوج):

$$Q = A.U.(T_I - T_O)$$

جيث معامل انتقال الحرارة الاجمالي للنوافذ يؤخذ من الجدول ويساوي $3.7W/M^2.C$

$$Q=240X3.7(20-0)=17760W$$

المجموع الكلي لكمية الحرارة الضائعة من المبنى في حالة عدم وجود عزل حراري ونوافذ ذات زجاج مزدوج تساوي:

$$Q=11500+17760=29260W$$

مقدار التوفير يساوي: $68467-29260=39207W$

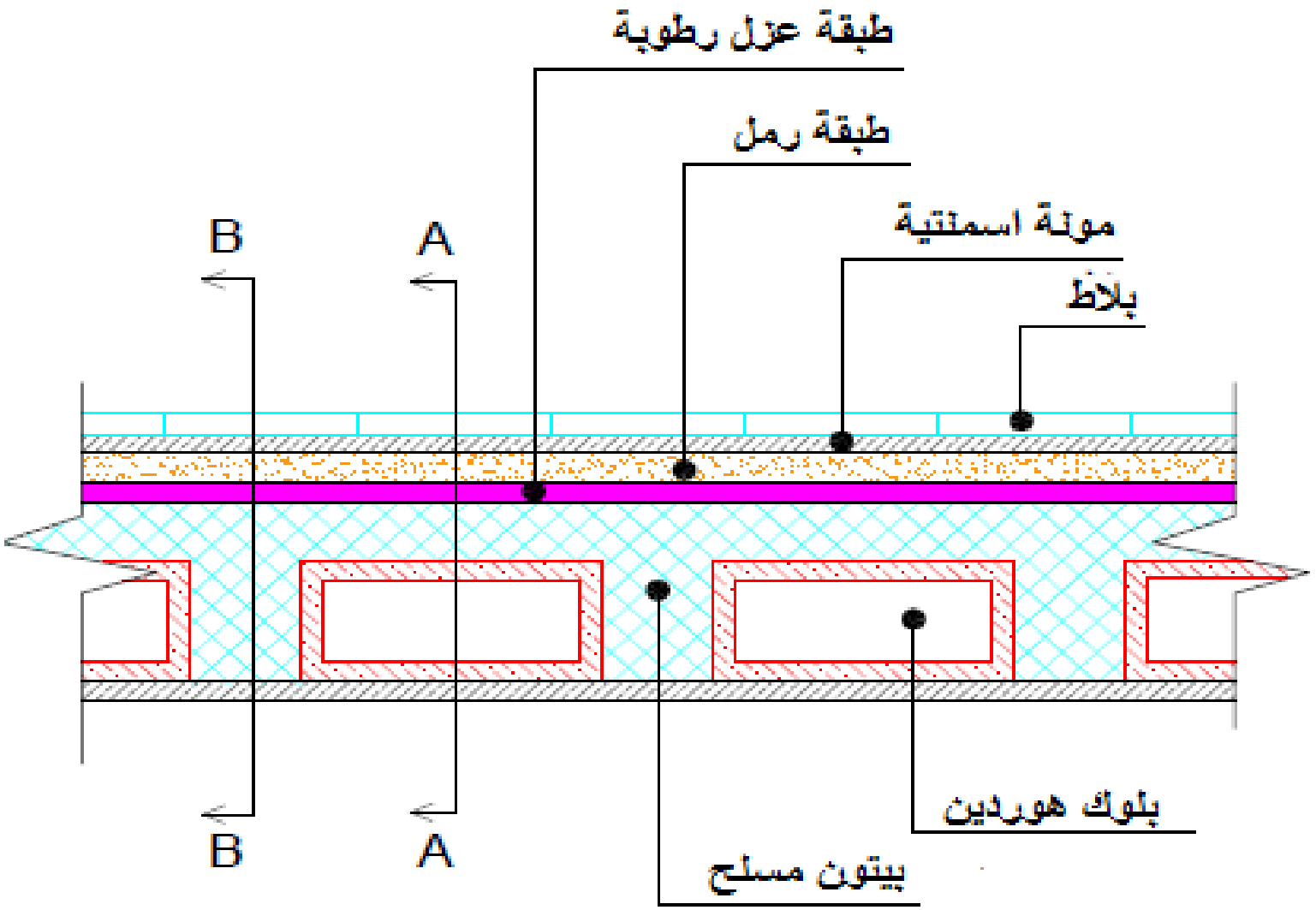
نسبة التوفير حوالى 57%

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 :

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

- **U_A** معامل انتقال الحرارة الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه **(A-A)**
- **A_A** مساحة الجزء الذي مقطعه **(A-A)**
- **U_B** معامل انتقال الحرارة الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه **(B-B)**
- **A_B** مساحة الجزء الذي مقطعه **(B-B)**


طبقة عزل رطوبة
طبقة رمل
مونة اسمنتية
بلاط
B
A
B
A
بلوك هوردين
بيتون مسلح