

السنة الثالثة الفصل الاول

مقرر تجهيزات المبني - ٣

BUILDING INSTALLATION -3 (CEAC701)

قسم أنظمة التدفئة والتقوية والتكييف

مدرس المقرر الدكتور محمد علي

تجهيزات المباني-٣

الأنظمة 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 الأساسية لعمليات التدفئة والتهدوية 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 - رطوبة الهواء - سرعة هواء - نظافة الهواء

إن مجموعة الوسائل التقنية التي تؤمن معالجة الهواء المطلوب (تنظيف الهواء - تسخينه - تبريد - 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 نظام تكييف الهواء المركزي .

بعض التعريفات 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

<https://manara.edu.sy/>

الهواء الرطب **MOIST AIR**

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 الحرارة TEMPERATURE

هي مقياس للطاقات الحرارية للجزيئات في السائل أو الغاز، تنشأ الطاقة الحرارية للجزيئات نتيجة الحركة العشوائية للجزيئات بالإضافة إلى الحركات الاهتزازات (تبذيبات) والدورانية. عندما تتصادم جزيئتان تمتلكان طاقات حرارية مختلفة، يتم نقل جزء من الطاقة الحرارية للجزيء الأكثر نشاطا (له درجة حرارة أعلى) إلى الجسيمات الأقل نشاطا (له درجة الحرارة المنخفضة). وتقاس درجة الحرارة بالدرجة المئوية **IS 0C** بالوحدات الدولية.

DRY - BULB TEMPERATURE : درجة حرارة الهواء الجافة

WET - BULB TEMPERATURE : درجة حرارة الهواء الرطبة

Wet-Bulb Thermometer



Dry-Bulb Thermometer



DEW - POINT TEMPERATURE : درجة حرارة نقطة الندى هي درجة الحرارة التي يبدأ بخار الماء الموجود بالهواء بالتكايف على شكل قطرات الماء وتنقص درجة الحرارة بالدرجة المئوية **°C** بالوحدات الدولية **IS**.

RELATIVE HUMIDITY : الرطوبة النسبية تساوي إلى نسبة وزن بخار الماء الموجود في مقدار معين من الهواء إلى وزن بخار الماء اللازم لإشباع الهواء عند درجة الحرارة نفسها. وقيمها تتراوح بين **0-100%**

Relative Humidity



50%



100%
(saturated)



الرطوبة النوعية

الرطوبة النوعية: HUMIDITY RATIO

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

بالوحدات 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 وتقى قيمته بالوحدات الدولية كيلوجول لكل كيلوغرام هواء **KJ/KG AIR**

HUMAN COMFORT شروط الراحة البشرية

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

Factors Affecting Human Comfort

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



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 ، الآثار المناسبة وسطوح العمل هي بضعة متغيرات أخرى تساهم في جعل المكان ذو شروط ملائمة لسكنه . ولكن في هذا الكتاب 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 .

الحرارة HEAT

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة التي يمكن نقلها من نظام إلى آخر نتيجة للفرق في درجة الحرارة (من الوسط مرتفع الحرارة إلى الوسط المنخفض الحرارة) **وتقى قيمته بالوحدات الدولية الواط W**.

انتقال الحرارة (التبادل الحراري)

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-أنواع:

CONDUCTION CONVECTION RADIATION

- انتقال الحرارة بالتوسيل الحراري
- انتقال الحرارة بالحمل الحراري
- انتقال الحرارة بالإشعاع الحراري



CONDUCTION انتقال الحرارة بالتوصيل الحراري

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.

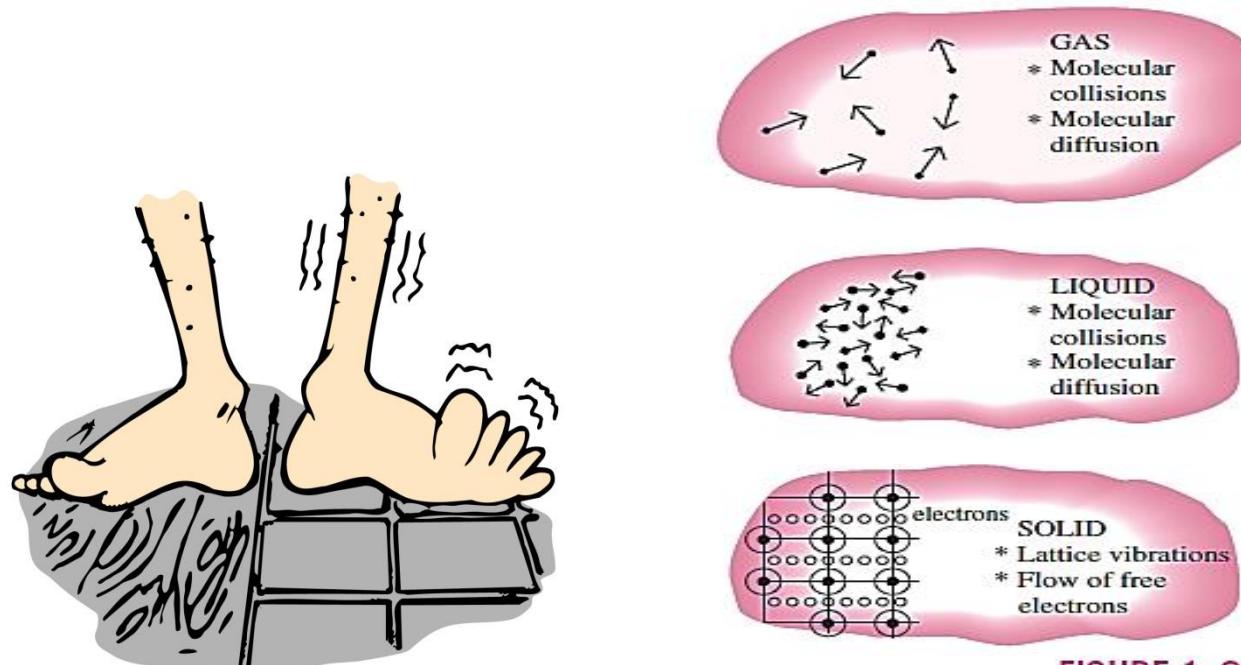


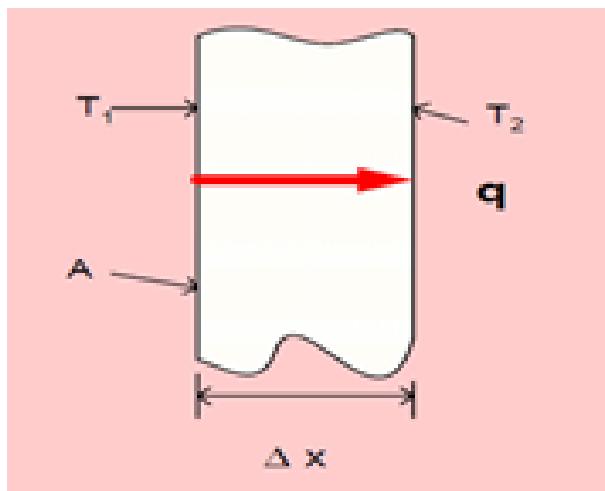
FIGURE 1–27
The mechanisms of heat conduction in different phases of a substance.

قانون حساب كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل

تحتاج المواد كثيرةً في قابليتها لنقل الحرارة بالتوصيل فالمعادن أفضل الموصلات الحرارية و هناك مواد سيئة التوصيل مثل الخشب والفالين لذلك تستخدم كعوازل .

كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل:

$$Q_c = \frac{A \times \lambda \times (T_1 - T_2)}{L}$$



حيث λ : الایصالية الحرارية للمادة (W/M.C)

A : مساحة السطح (M²)

L : السماكة (M)

T_1 : درجة حرارة الطرف الساخن .

T_2 : درجة حرارة الطرف البارد .

انتقال الحرارة بالحمل CONVECTION

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

انتقال الحرارة بالحمل **CONVECTION**
الهواء الساخن أو الماء الساخن يصعد إلى الأعلى والبارد يتحرك
للأسفل

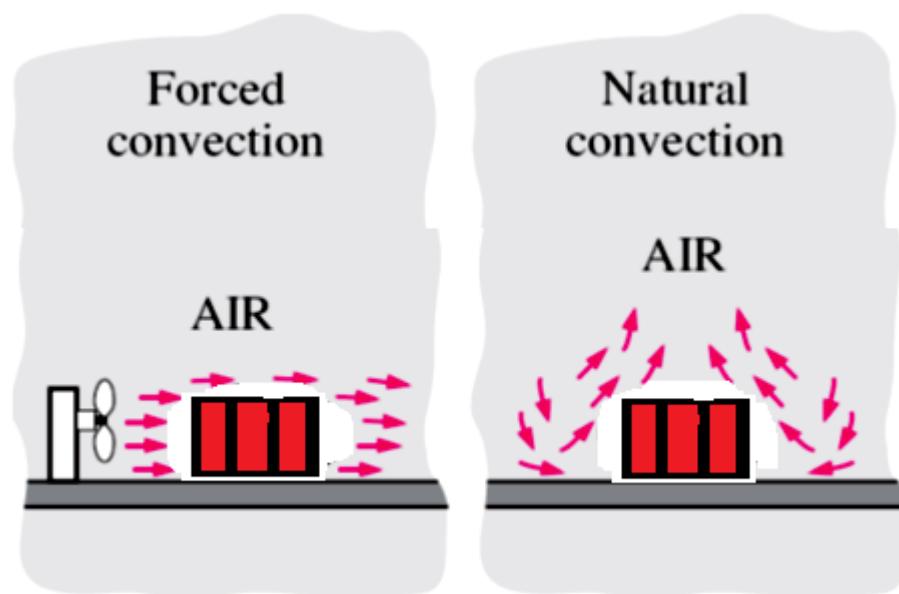


انتقال الحرارة بالحمل الحراري CONVECTION

انتقال الحرارة بالحمل يوجد منه نوعان:

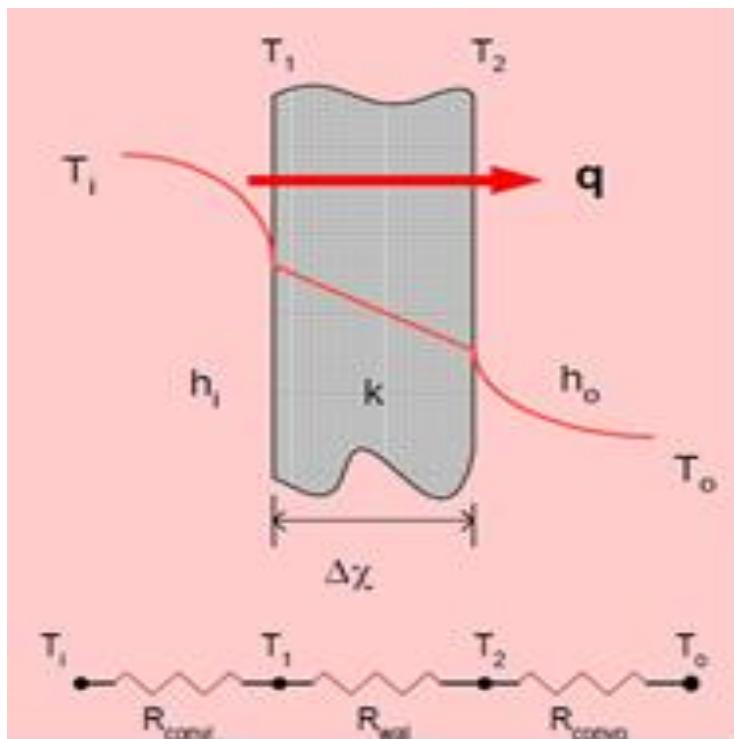
الحمل الحر- الطبيعي والحمل القسري
Forced and Free Convection

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

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



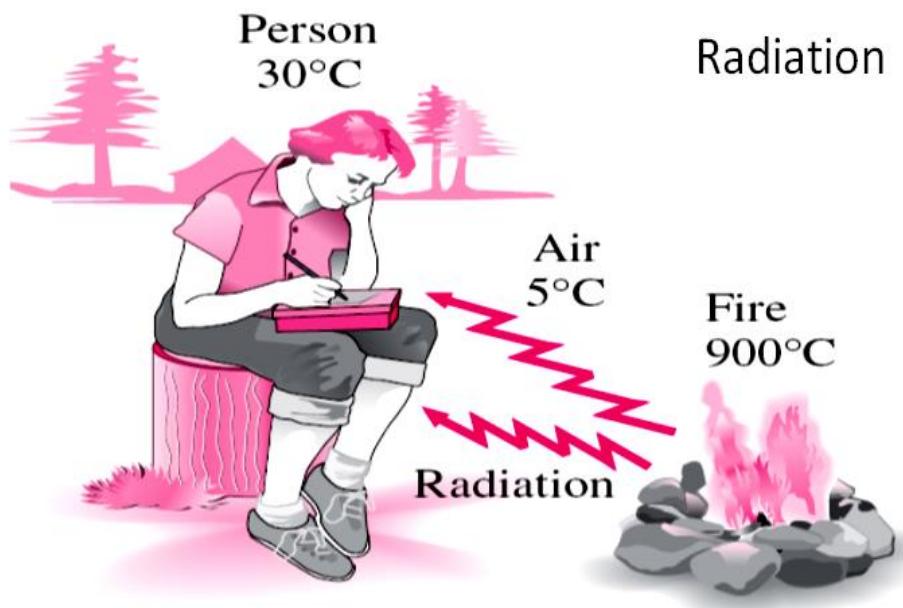
حيث : α معامل انتقال الحرارة بالحمل (**W/M².°C**)

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

RADIATION انتقال الحرارة بالإشعاع

على عكس انتقال الحرارة بالتوسيل 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 الأجسام بسبب درجة حرارتها.

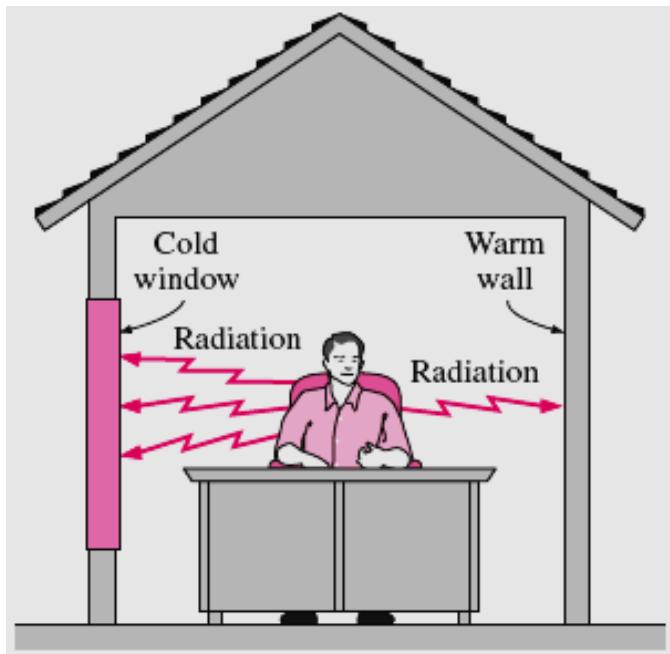


على عكس انتقال الحرارة بالتوسيل وبالحمل، نقل الطاقة عن طريق الإشعاع لا يتطلب وجود وسيلة ناقل ويمكن ان ينتقل الإشعاع بالفراغ. في الواقع، نقل الطاقة عن طريق الإشعاع هو أسرع (ويمكن ان يتجاوز سرعة الضوء) في فراغ. هذا هو بالضبط ما يحدث، تصل طاقة الشمس إلى الأرض بسرعة الضوء.

الاصدارية او الانبعاثية EMISSIVITY

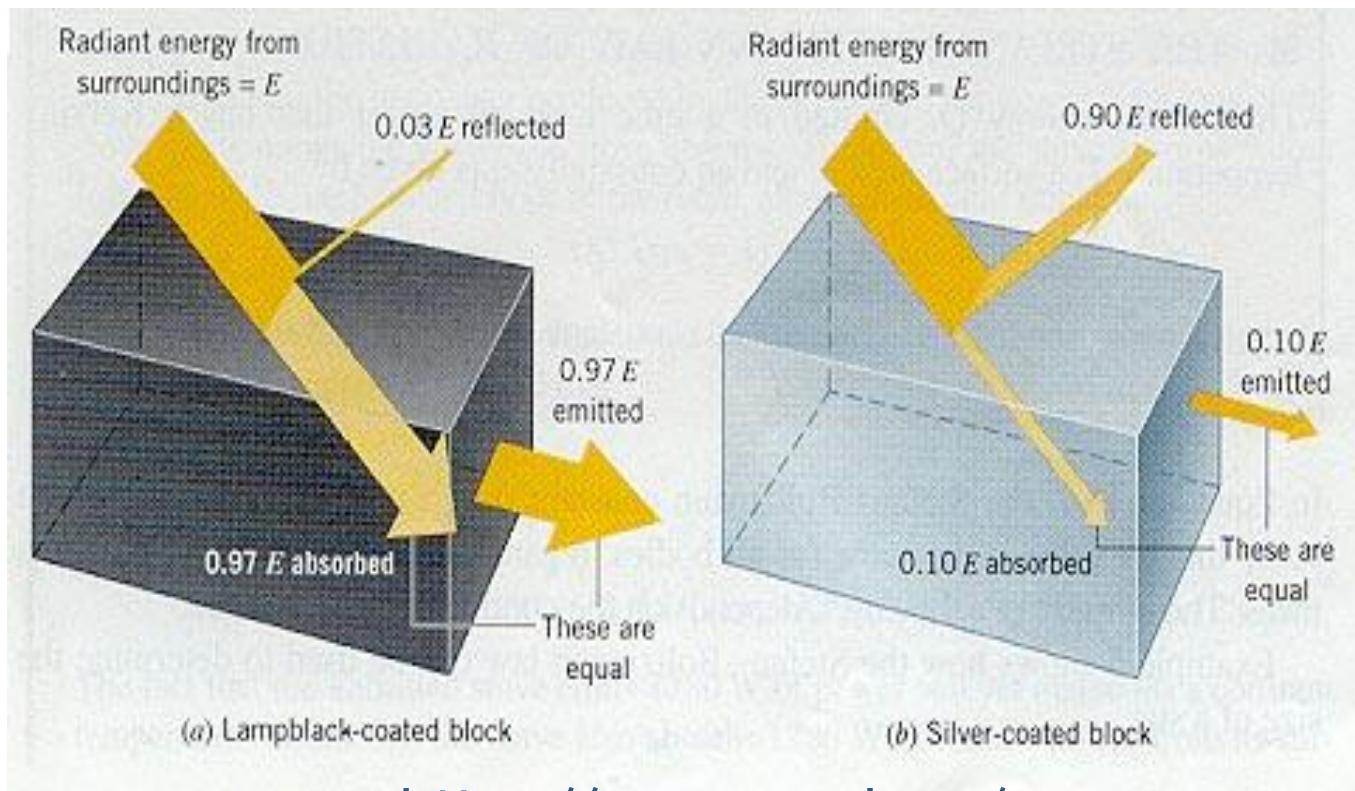
الإشعاع المنبعث أو الصادر من جميع الأسطح الحقيقة هو أقل من الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود عند نفس درجات الحرارة ويعبر عنه.

ان جسم الانسان يصدر بيعث الحرارة الى الوسط المحيط عندما تكون درجة حرارة الهواء والاجسام المحيطة به أقل من درجة حرارة الجسم ويكتسب الحرارة عندما يكون العكس درجة حرارة الهواء والاجسام المحيطة به اعلى من درجة حرارة الجسم الانسان.



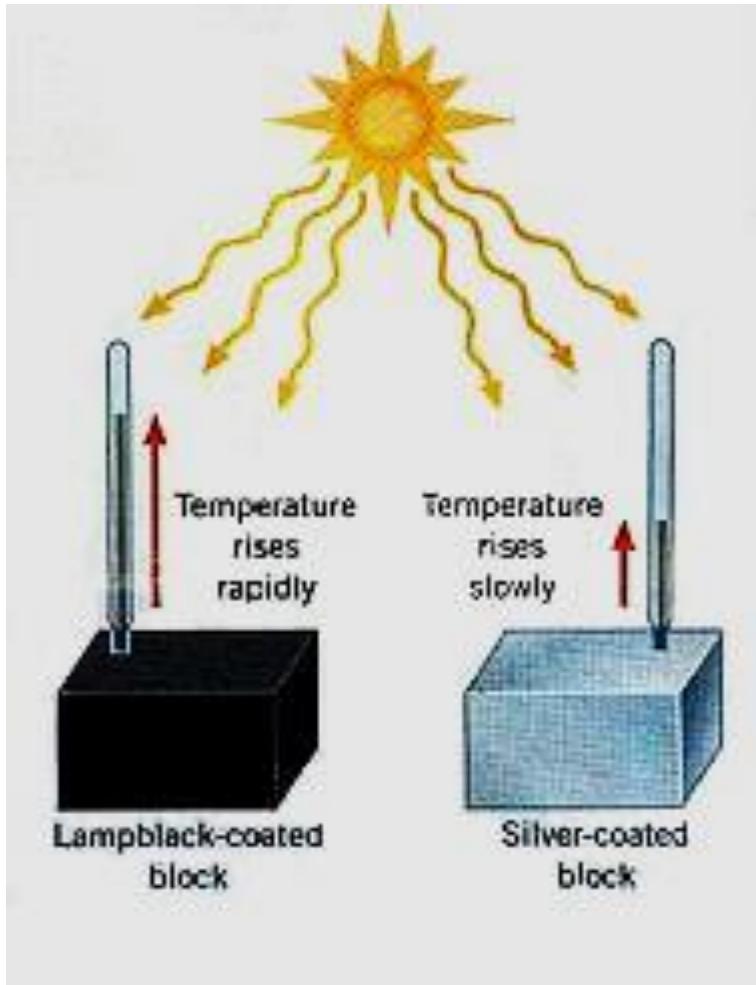
الامتصاصية ABSORPTIVITY

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



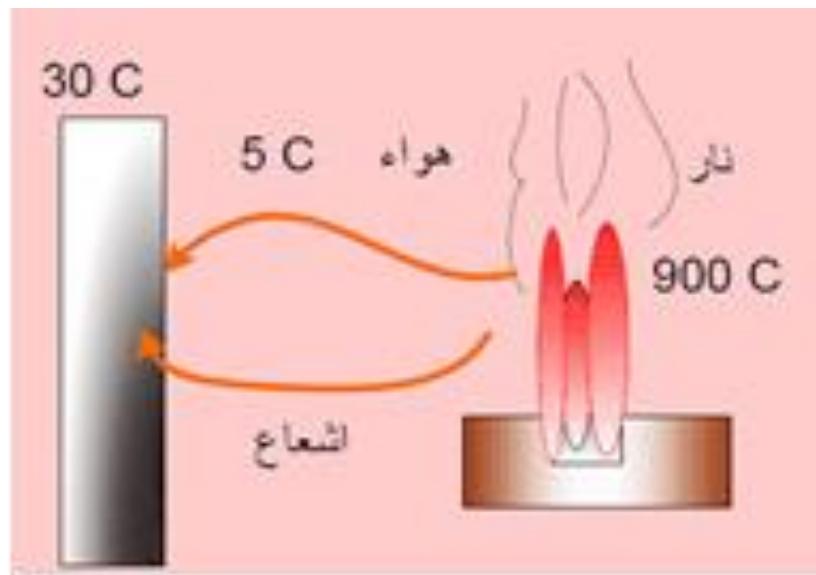
الجسم الاسود يمتص الاشعاع الحراري بشكل كبير بينما الجسم الابيض يعكس الاشعاع الحراري بشكل كبير.

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

اذا تم لف مكعبات الثلج في القماش الاسود وآخر في رقائق الالومنيوم ووضع في كل من أشعة الشمس. ماذا سيحدث؟ يذوب المكعب المغلف بالقماش الاسود بسرعة أما المكعب المغلف بورق الالومنيوم-السوليفان فيذوب ببطىء.

القوانين 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 الإشعاع
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-الجران 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 مدفأ.
- ٦-تغير الهواء الداخلي نتيجة للتسرب من شقوق الابواب والنوافذ وغيره.

وتعمل 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 الحال في جران الأقبية وأرضيتها.

معامل انتقال الحرارة عبر الجدران

تتألف الجدران عادة من عدة طبقات (بلاك - توريقه 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 : λ - الايصالية الحرارية لمواد تركيبة الجدار

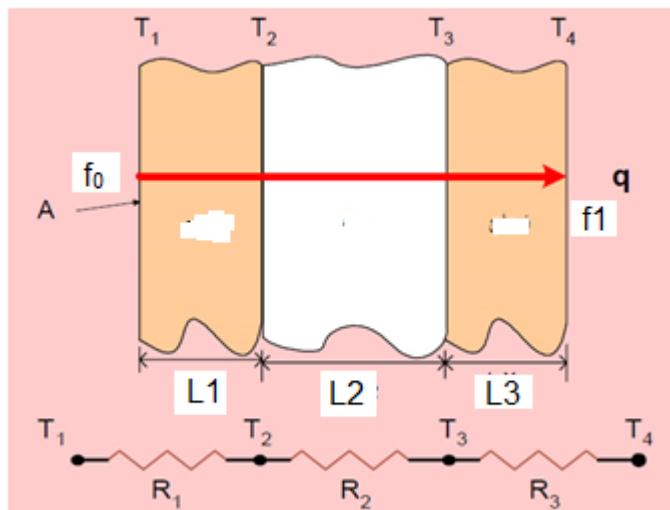
f_1 : معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجهة الداخلية للجدار

f_0 : معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجهة الخارجية للجدار

L_1 : سمك طبقة الجدار الاولى.

L_2 : سمك طبق الجدار الثانية.

ملاحظة: قيمة معامل التوصيل الحراري تؤخذ من الجداول المرفقة



معامل الایصالية الحرارية لبعض مواد البناء

عامل التوصيل الحراري $\lambda = \frac{w}{m \cdot c^o}$	الكتلة النوعية kg / m^3	المادة
مواد البناء		
1.57	2400	بيتون مسلح
1.57	2200	بيتون عادي
0.60	1400	بلاوك 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 البوليوريتان-مادة عازلة

- عامل التوصيل الحراري للسطح الداخلية والخارجية (f_i, f_0).

يتعلق معامل التوصيل الحراري للسطح الداخلية والخارجية بالعوامل التالية:

- ١- وضعية السطح (جدار-سقف) افقي ام شاقولي
- ٢- اتجاه انتقال الحرارة -الى الاعلى أو الى الاسفل.
- ٣- خشونة السطح
- ٤- سرعة الهواء الملمس للسطح.

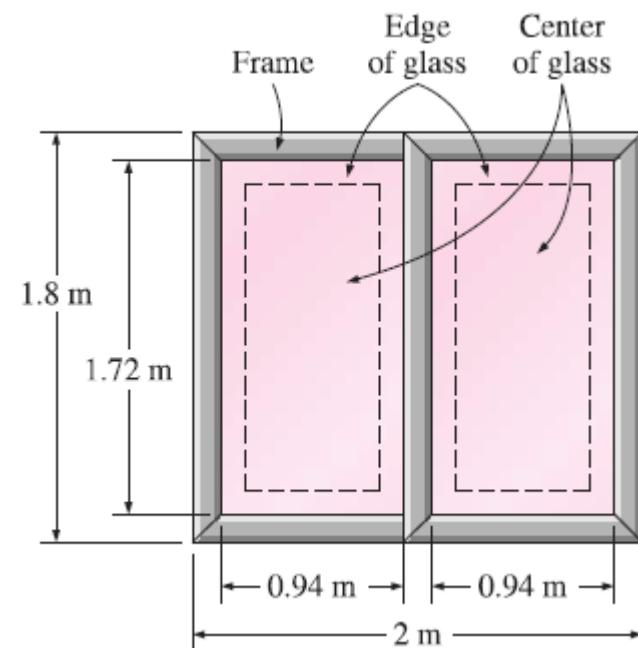
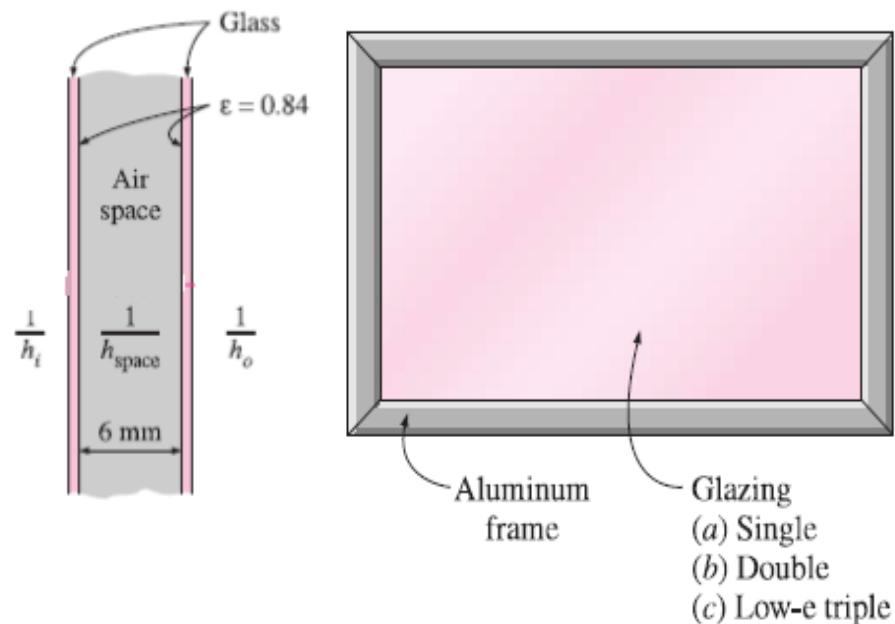
جدول عامل التوصيل الحراري للسطح الداخلي (f_i) :

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

جدول عامل التوصيل الحراري للسطح الخارجي (f_0) :

$R_{out}=1/f_0$	f_0 $w/m^2 \cdot c^\circ$	اتجاه انتقال الحرارة	وضعية السطح	سرعة الرياح
0.03	33.72	أي اتجاه	أي وضعية	$25 \frac{km}{h}$ للشتاء
0.06	16.7	أي اتجاه	أي وضعية	$15 \frac{km}{h}$ للصيف

معامل انتقال الحرارة عبر الحواجز الزجاجية والجدران



توصيل الحراري عبر فراغ هوائي

يتم تحديد معامل التوصيل الحراري في حالة بناء جدار مولف من بلوك بينهما فراغ هواء

الجدول التوصيل الحراري للفراغ الهوائي

1/Ca	Ca	سماكه 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 والسلف (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 والأبواب

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

T1 : درجة حرارة الهواء الملمس للجدار الداخلي.

T2 : درجة حرارة الهواء الملمس 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 المنيوم	نافذة فولاذية	نافذة خشبية	نافذة المنيوم	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 الإجمالي 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	معدني	باب خارجي
2.4	خشبی (سماكه 5 mm)	
4.6	مع زجاج بسيط	
2.8	مع زجاج مزدوج	
2.2	مع خشب عادي (سماكه 4 mm)	باب داخلي
1.7	مع خشب معاكس مزدوج	

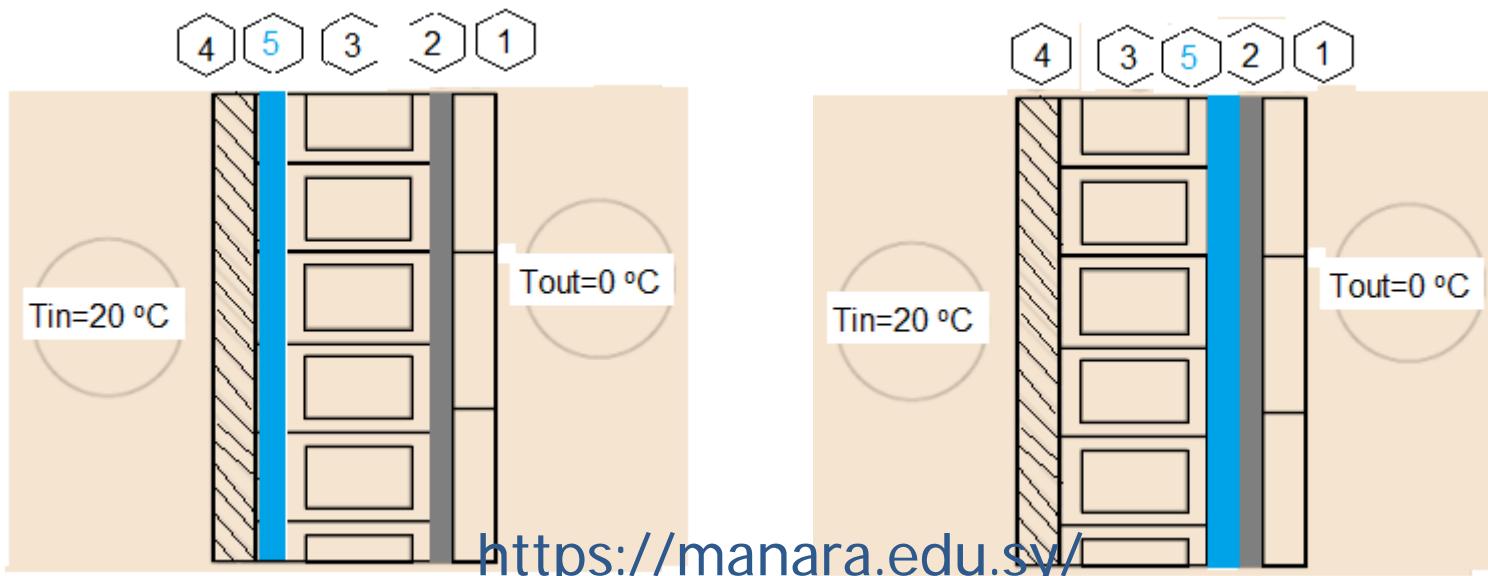
أهمية العزل الحراري والتخزين الحراري

بشكل عام تسمى المواد عازلة للحرارة اذا كانت الایصالية الحرارة لها منخفضة اقل من $0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ وكلما كانت الایصالية الحرارية اقل كلما كانت العازلية الحرارية للمادة اكبر - افضل.

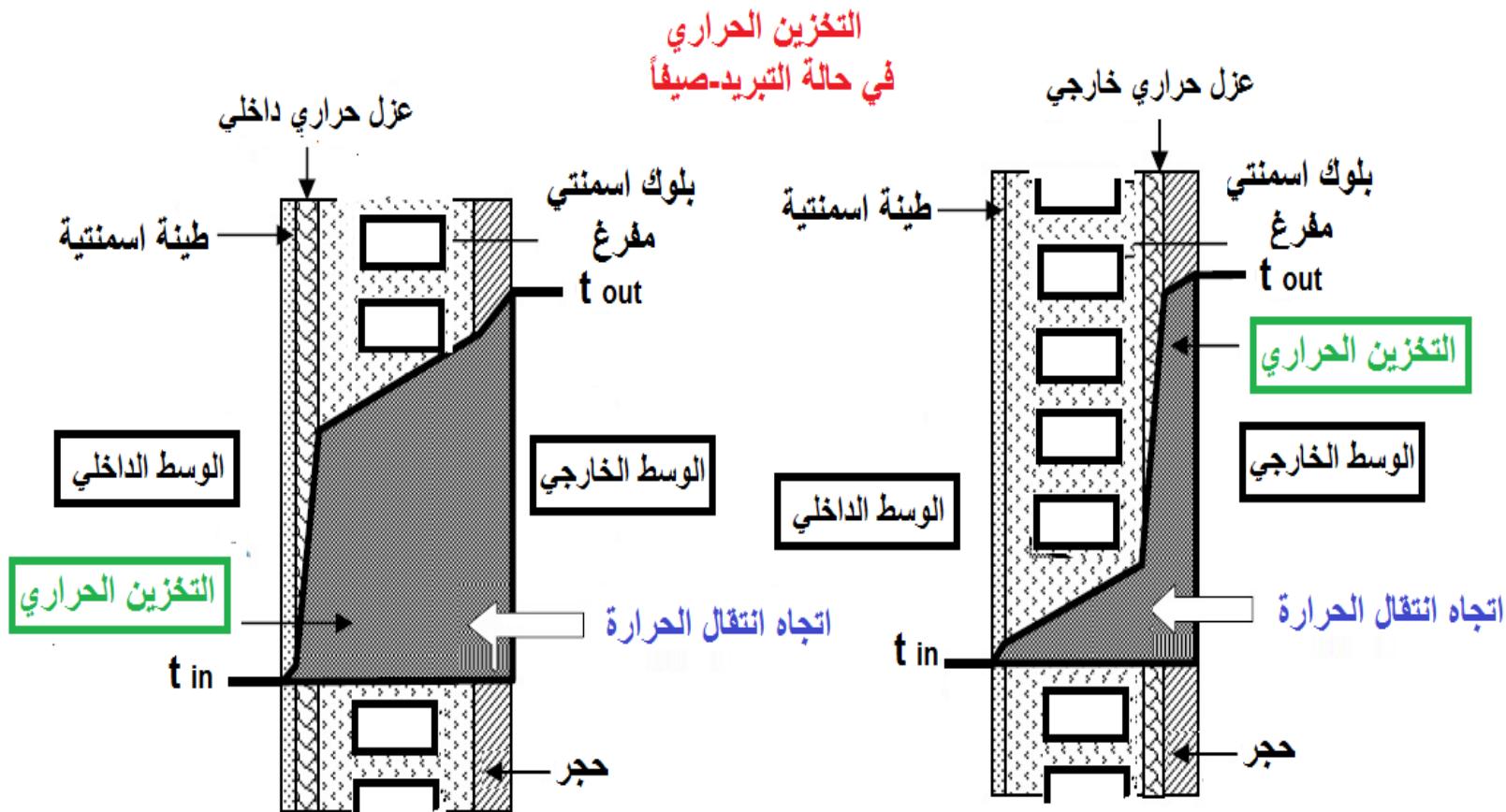
يمكن تركيب العزل الحراري ضمن طبقات الجدار اقرب الى الداخل او اقرب الى الخارج وذلك يتعلق بنوع استخدام المبني مثلاً منزل سكني - فندق - مدرسة - مبني اداري الخ.

١- فعند تركيب العزل اقرب الى الخارج فان الطبقات الداخلية للجدران تخزن الحرارة وتقدمها للهواء الداخلي بعد توقف التدفئة وهذا يساعد في بقاء المبني دافئ لمدة طويلة.

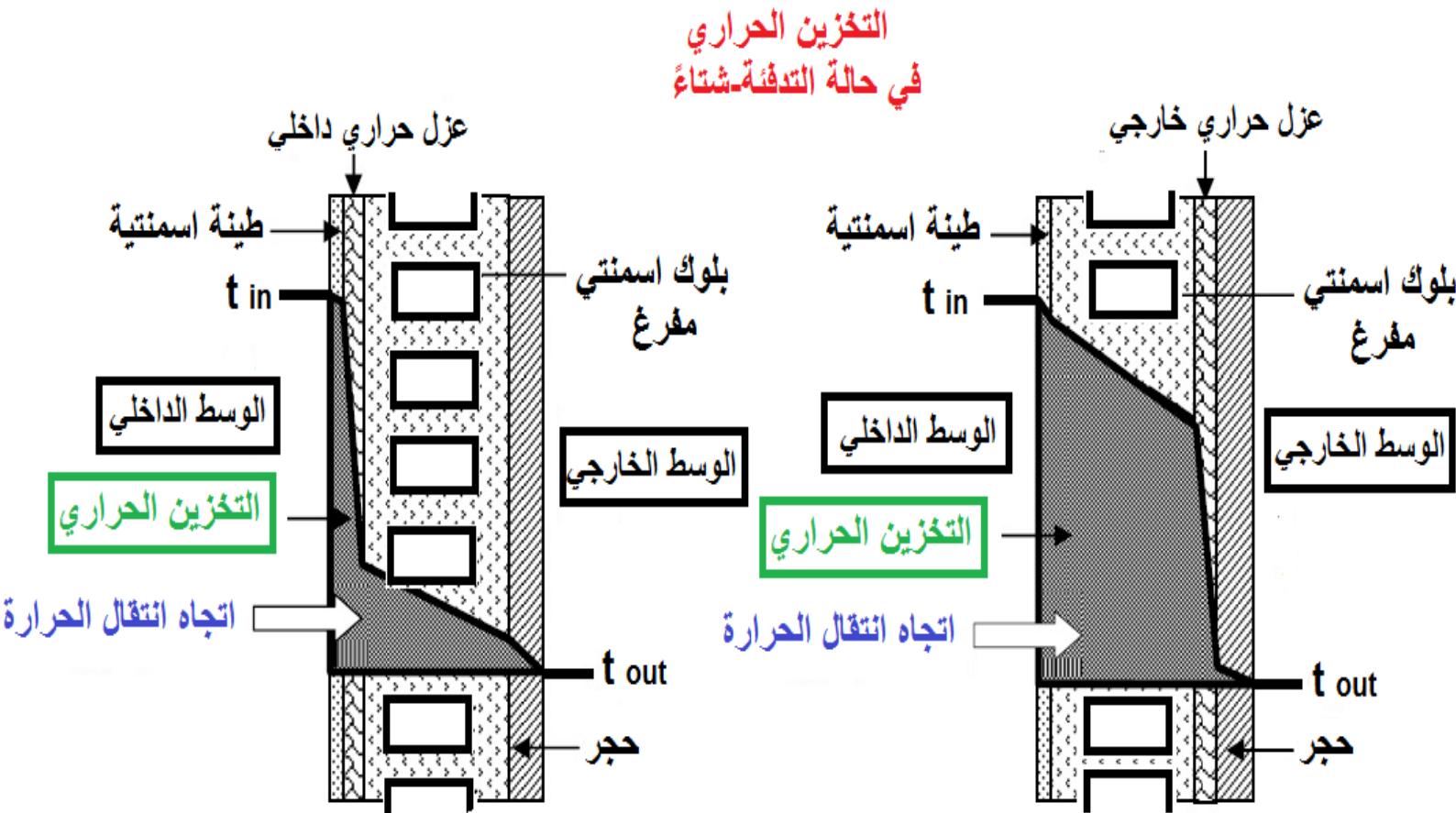
٢- فعند تركيب العزل اقرب الى الداخل ضمن الجدار يساعد في تسخين الهواء الداخلي بالمقابل لا يمكن تخزن الحرارة في طبقات الجدار بعد طبقة العزل وهذا يؤدي الى انخفاض درجة حرارة الهواء بسرعة بعد اطفاء التدفئة داخل المبني وهذا يمكن استخدامه في الابنية الادارية والمدارس والمكاتب وغيرها. حيث تكون مدة الاقامة في المبني لساعات محددة ضمن اليوم.



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



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



أمثلة محلولة

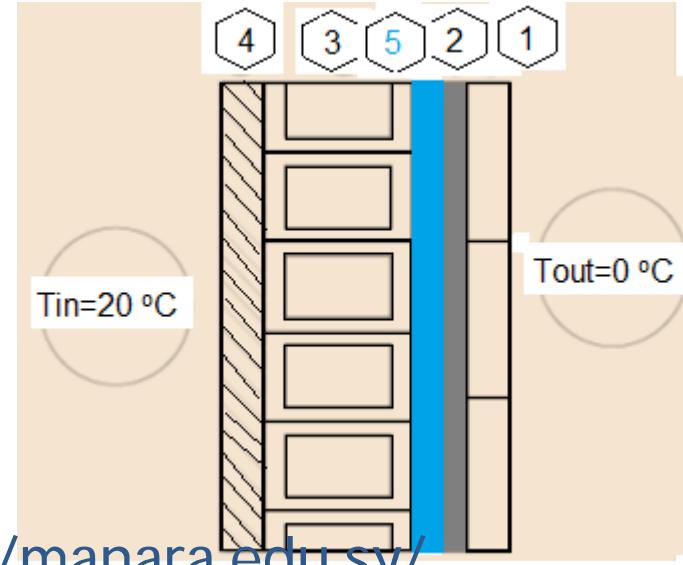
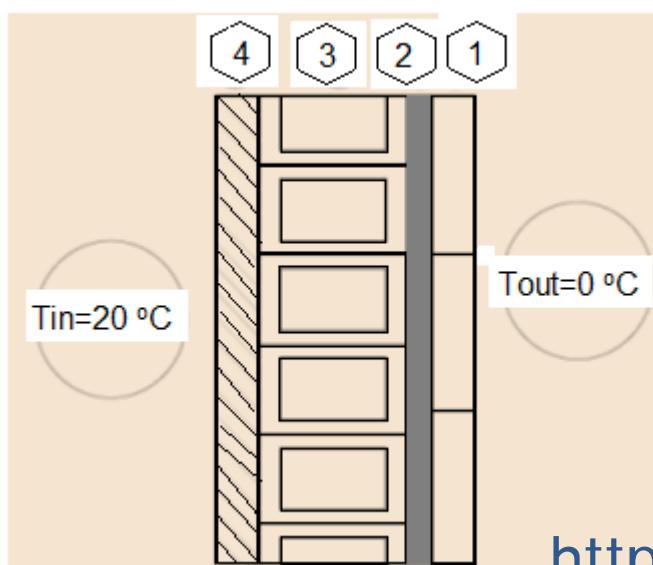
مُسَأَّلَة: مساحة الجرمان الخارجية لمبني ٢٠٠م٢ ، يتَّفَلُّجُ الجدار من الطبقات المبيَّنة في الشكل، ومساحة النوافذ تشكِّل ٢٠٪ من مساحة الجدار معامل انتقال الحرارة للنوافذ من أجل زجاج مفرد ومن أجل زجاج مزدوج تؤخذ من الجدول، يتم إضافة طبقة عزل بسماكَة ٤ سم .المطلوب: ١- احسب مقدار التوفير الحراري النسبي (كمية الحرارة) للمبني عند استخدام العزل الحراري في تركيبة الجرمان، ومع نوافذ ذات الزجاج المزدوج، ٢- ما هي استطاعة المرجل المطلوب في كلتا الحالتين؟

معامل الایصالية الحرارية لطبقات الجدار هي:

- ١- سماكة الحجر ٤ سم ، ٢- مونة اسمنتية ٣ سم ، ٣- بلوك مفرغ اسمنتني ٢٠ سم ، ٤- توريقه اسمنتية ٢ سم، ٥ - طبقة العزل.

$$\lambda_5 = 0.036 \frac{W}{m \cdot C^\circ}, \lambda_4 = 1 \frac{W}{m \cdot C^\circ}, \lambda_3 = 0.6 \frac{W}{m \cdot C^\circ}, \lambda_2 = 1.1 \frac{W}{m \cdot C^\circ}, \lambda_1 = 1.6 \frac{W}{m \cdot C^\circ}$$

$$\alpha_o = 33.72 \frac{W}{m^2 \cdot C^\circ}, \alpha_{in} = 8.13 \frac{W}{m^2 \cdot C^\circ}$$



حل المسألة

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

$$Q = A \cdot U \cdot (T_i - T_o)$$

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

$$A = 1200 - 240 = 960 \text{ M}^2$$

$$Q = 960 \times 1.791 \times (20 - 0) = 34387 \text{ W}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{\ell_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\ell_4}{\lambda_4} + \frac{1}{f_0}}$$

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

/

الحل:

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

$$Q = A \cdot U \cdot (T_i - T_o)$$

حيث معامل انتقال الحرارة الاجمالي للنوافذ يؤخذ من الجدول ويساوي **7.1W/M².C**

$$Q = 240 \times 7.1 (20 - 0) = 34080 W$$

المجموع الكلي لكمية الحرارة الصائعة من المبني في حالة عدم وجود عزل حراري تساوي:

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

الحل:

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

$$Q = A \cdot U \cdot (T_i - T_o)$$

$$Q = 960 \times 0.599 \times (20 - 0) = 11500 \text{W}$$

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

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8.13} + \frac{0.04}{1.6} + \frac{0.03}{1.1} + \frac{0.2}{0.6} + \frac{0.02}{1} + \frac{0.04}{0.036} + \frac{1}{33.72}} = 0.599 \frac{W}{m^2 \cdot {}^\circ C}$$

/

الحل:

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

$$Q = A \cdot U \cdot (T_i - T_o)$$

حيث معامل انتقال الحرارة الاجمالي للنوافذ يؤخذ من الجدول ويساوي **3.7W/M².C**

$$Q = 240 \times 3.7 (20 - 0) = 17760W$$

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

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

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

نسبة التوفير حوالي %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)**

