مدخل في فيزياء المباني

كيفية تصميم بناء مستدام

أسس فيزياء المباني

مناخ الأبنية: building climate

[هو التأثير المتبادل بين هيكل البناء والمناخ ، وكلا من المناخ الداخلي (الهواء في داخل المبنى) والمناخ في الهواء الطلق (في الفضاء الخارجي ما يسمى الهواء خارج المبنى).] يصف مجمل الظواهرالمناخية المؤثرة داخل وعلى مقربة من المباني المعنية ، والتي تؤثر على إنشاء المبنى. و تشرح خاصة تأثير المبادئ والطرق المناسبة للمعالجات المناخية وعلى استخدام المبنى وفراغاتها المحيطة وسلامة وظيفتها وحمايتها ضد اساءة استخدام هذه الاجواء (الحماية الذاتية) .

أسس فيزياء المباني

-البناء المنسجم مناخياً :

- هو الإنسجام الكامل للبناء وإنشائيته مع المناخ الخارجي المحلي مع التفادي الكامل للمضار الممكن أن تنشأ عن بيئته المحيطة.
- وهذا المجال يمتد في مجال الهندسة المعمارية ولمساحة لا بأس بها وفي مجال الهندسة المدنية، فهو يدخل في مجال تصميم المباني والإنشاء وتشكيل العناصر المعمارية.
- أن وظيفة البناء يجب أن تعتمد على parameter متطلبات البناء من المناخ المحيطي الخارجي والداخلي المناسبة التي يحددها مكان البناء .
- أن شكل وتصميم المبنى يعتمد إلى حد كبير على مناخ المنطقة الخاصة.

أسس فيزياء المباني

الطاقة في العمارة:

- **ليس استخدام الطاقة للتعامل مع المناخ هي الطريقة الصحيحة،**
- **بل إيجاد حلول للأسئلة الخاصة بالبناء المناخي** من خلال المختصين في فيزياء المباني. كما يجب على **المهندسين المعماريين أخذ المسؤولية الكاملة** في تصميم الأبنية وتشكيلها بتكامل مع المتطلبات المناخية
- ومعرفة المعماري الكاملة لهذا الجانب يتطلب:

١. **تقدير استطاعة المنشأ لتحمل المؤثرات المناخية.**

٢. **وقدرة المنشأ على التعامل معها وتقييم نطاق المؤثرات الخارجية،** من خلال الحوارية الواعية مع المشاركين المعنيين في عملية التصميم وإمكانيات التعامل معها.

أسس فيزياء المباني

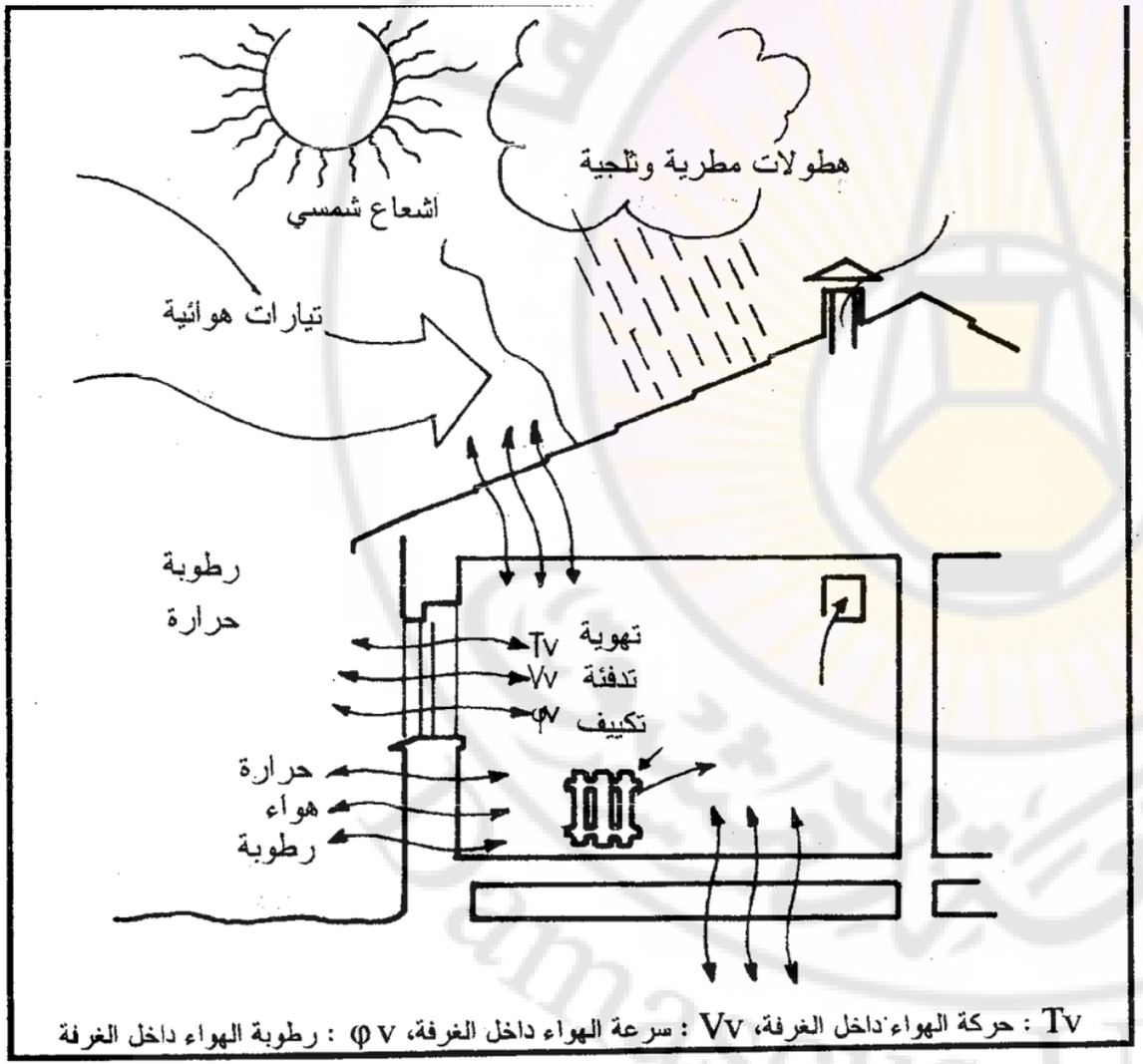
- المقدمة
- الهدف من المباني
- الأداء الحراري للمباني
- الأداء المرئي للمباني

- الراحة الحراري
- الرسم البياني بسيكروميتريك
- تحسين استخدام الطاقة من أجل الراحة الحرارية
- المناخ
- الأحمال الداخلية
- الانتقال الحراري
- انتقال الكتلة
- استراتيجيات سلبية
- استراتيجيات نشطة

- أساسيات الضوء
- الراحة البصرية
- تحسين استخدام الطاقة للراحة البصرية
- المناخ
- استراتيجيات سلبية
- استراتيجيات نشطة

Damascus University

المقدمة



هناك تأثير متبادل بين هيكل البناء والمناخ، وكلاً من المناخ الداخلي (الهواء في داخل المبنى) والمناخ في الهواء الطلق (في الفضاء الخارجي ما يسمى الهواء خارج المبنى).

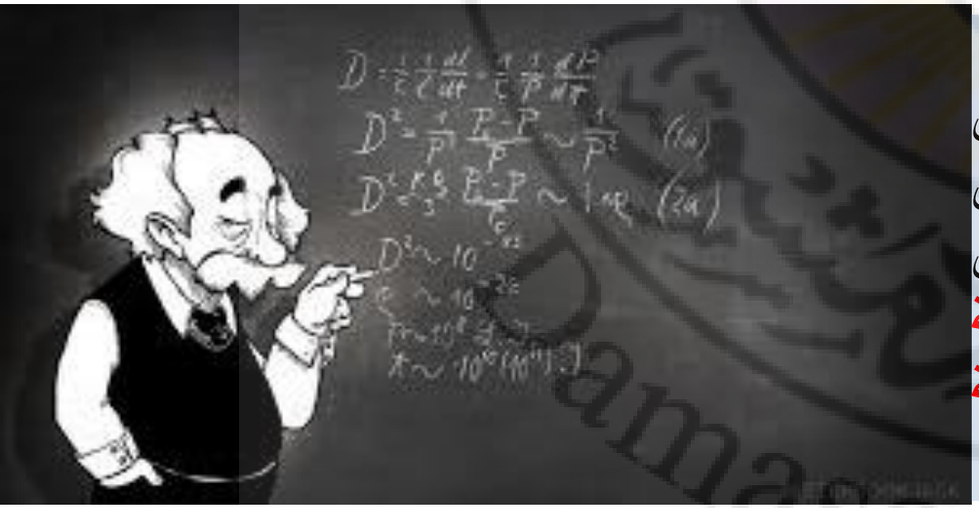
كان لا بد من علم يقريب المعلومات الأساسية الفيزيائية المناخية من استخدامات المهندسين في التطبيقات الهندسية وإلى معرفة الطرق المعمول بها في عملية التصميم.

فيزياء المباني (Building Physics)

المقدمة

فيزياء المباني

- تحليل حالة مغلف المبنى وتشغيله
- الخصائص الحرارية والسمعية وصلتها بمكونات المبنى (الأسقف – الواجهات – النوافذ وجدران التقطيع .....) والغرف والمباني وتجمعات الأبنية .
- أساسيات تصميم وبناء وتشغيل المباني عالية الأداء .



الفيزياء في البناء عملية لها علاقة بداخل البناء وخارجه والقاطنين فيه, فمغلف البناء يتكون من عناصر بناء الأسقف والجدران والأساسات ..الخ, تلك التي تتعرض لمؤثرات مناخية خارجية من حرارة وأمطار ورطوبة ورياح وأعاصير ...**والعمليات الفيزيائية تتعامل مع مغلف المبنى لتحدد فراغات داخلية فيه تناسب راحة القاطنين وحالات الاستخدام لهذا المبنى** .

الهدف من المباني

راحة المستخدم

Occupant Comfort	الراحة الحرارية
Thermal comfort	الراحة البصرية
Visual comfort	الراحة الصوتية
Acoustic comfort	جودة الهواء
Air quality	

مغلف المبنى

- **Walls** — الجدران
- **Roofs** — الأسقف
- **Fenestration** — الفتحات
- **Foundations** — الأساسات

العمليات الفيزيائية

- **Heat Transfer** — انتقال الحرارة
- **Moisture Transfer** — انتقال الرطوبة
- **Air (mass) Transfer** — انتقال (الكتلة) الهواء
- **Light Transfer** — انتقال الضوء

Damascus University

الأداء الحراري للمباني
Thermal Performance of Buildings

Damascus University

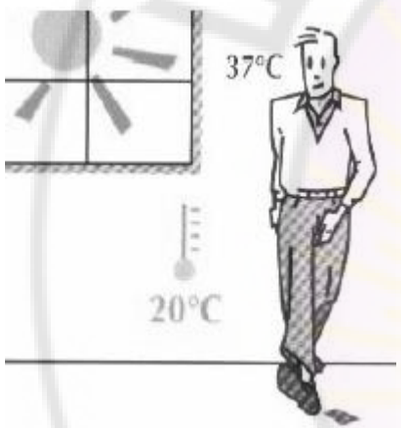
الراحة الحرارية

يعتقد بأنها الشرط الذي يمثل الارتياح ضمن البيئة الحرارية وهي تخضع للتقييم الذاتي .

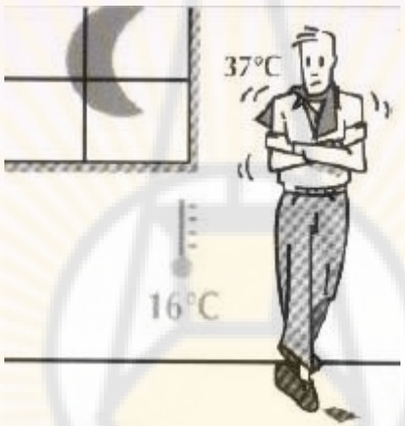
الراحة الحرارية هي مفهوم شخصي أساسا. معايير الراحة الحرارية هي غير متطابقة للجميع:
فهي تعتمد على العمر والجنس والفرد
الخصائص، العمل المخرج.
وتعتمد بشكل خاص على الفرد
ويتأثر النشاط البدني الفيزيائي
(إنتاج الحرارة) والملابس ومستويات وتقلبات خصائص البيئة الحرارية:
(درجات حرارة الهواء الخاصTa، الإشعاعTr ، اتصال الرطوبة HR ,وسرعة الهواءVa

الراحة الحرارية

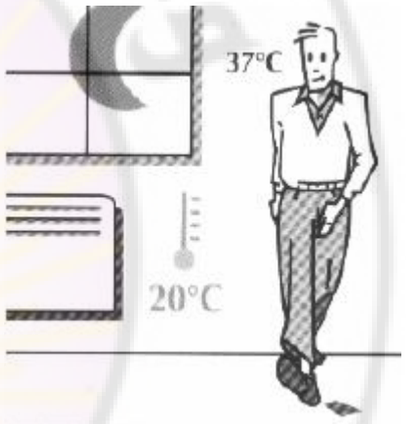
الراحة الحرارية: التوازن بين الانسان والبيئة.



Thermal Balance
التوازن الحراري



Thermal imbalance
عدم التوازن الحراري

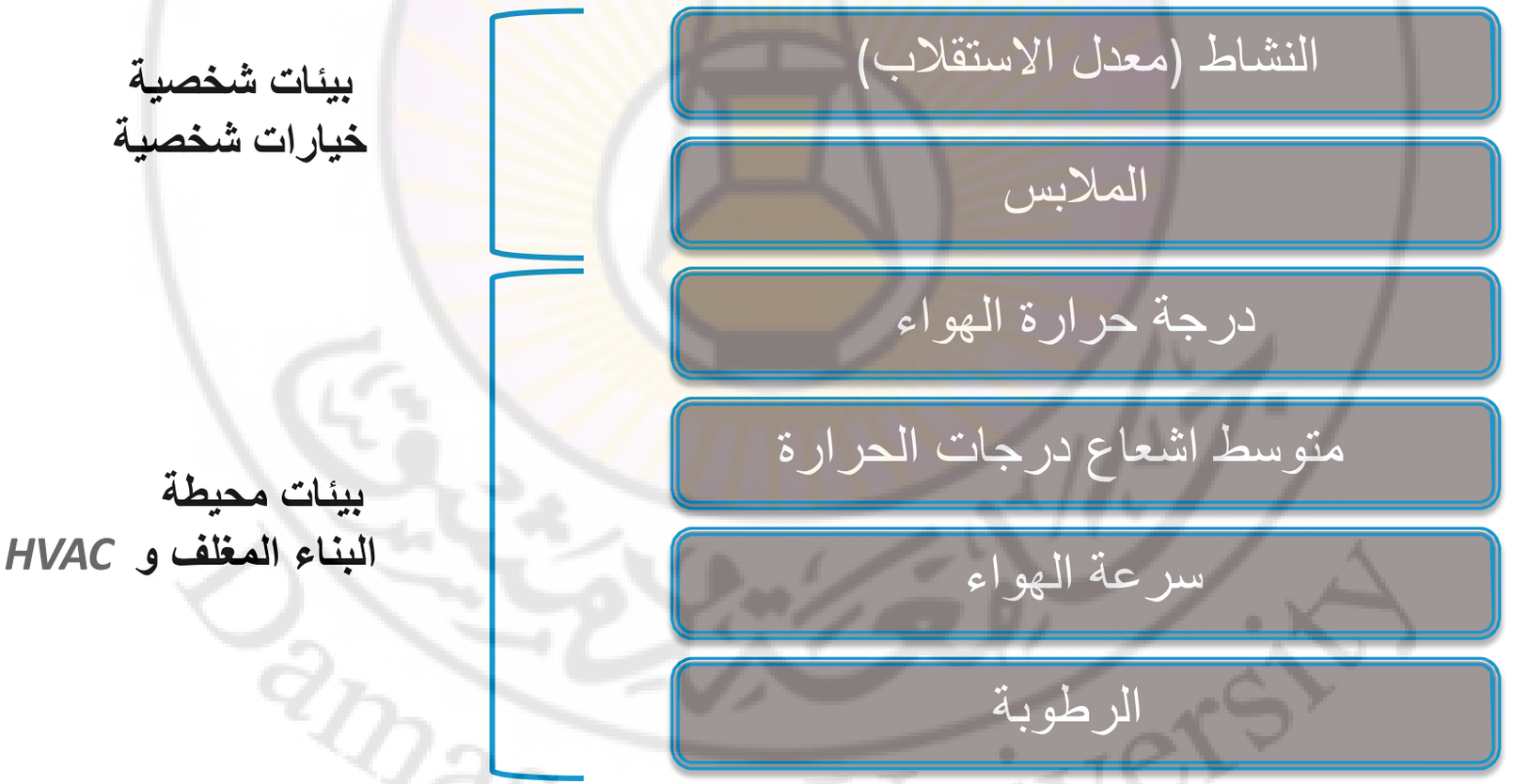


Heating Balance
التوازن الحراري

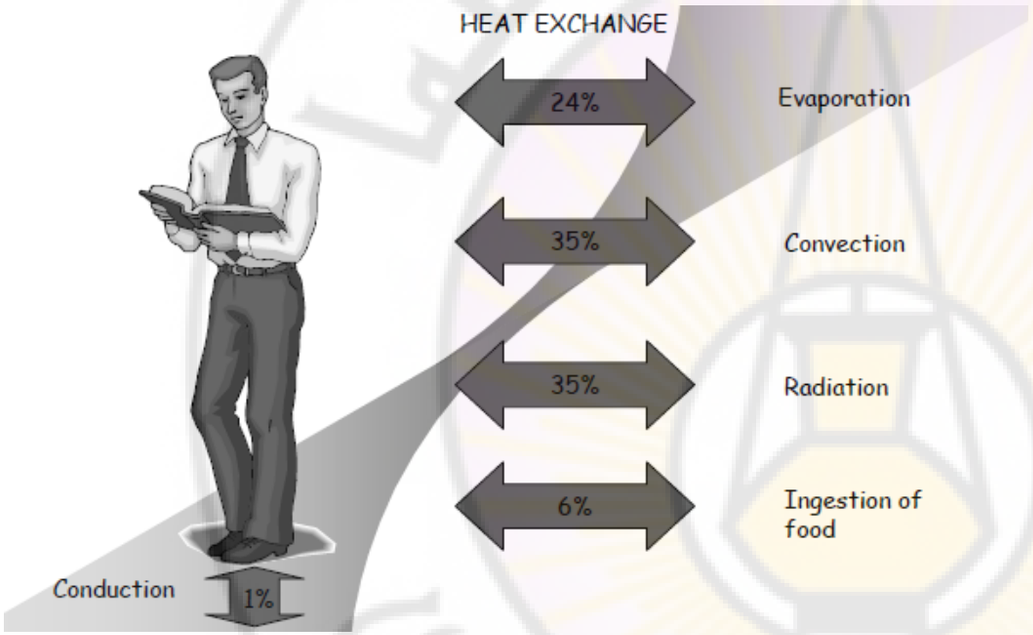
- الجسم ليس بكل معنى الكلمة (سلبي) هو ثابت الحرارة، لديه بعض آليات التعديل الحرارية، المستوى الأول هو الآليات الحركية، تقلص الأوعية الدموية (في البيئة الباردة) و التي تقلل من تدفق الدم في الجلد و تقلل حرارة الجلد،تقلل تبدد الحرارة، أما توسع الأوعية الدموية (في الحالة الدافئة) و التي ترفع من تدفق الدم في الجلد ،و بذلك نقل الحرارة يرفع درجة حرارة الجلد و يزيد تبدد الحرارة،رغم التكيف الحركي المناسب تبقى حالة من عدم التوازن.
- في بيئة دافئة سيبدأ إنتاج العرق، و هو عمل عضلي غير طوعي، على العكس في البيئة الباردة سيبدأ الارتعاش، أي عمل العضلات اللإرادي يزيد إنتاج الحرارة .
- هناك أيضا تكيفات على المدى الطويل، بعد عدة أيام من التعرض لمناخ منطقة، تصل لحوالي ٦ أشهر ربما يتضمن تكيفات القلب و الأوعية الدموية. في المناخ الحار ربما يتضمن تزايد في حجم الدماء و الذي يحسن فعالية توسع الأوعية الدموية ، و تحسن آلية التعرق. في ظروف باردة مستمرة يتم تقلص الأوعية الدموية ويمكن أن يصبح الشخص دائما مع ضغط دم منخفض، بينما العمليات الاستقلابية للجسم يمكن أن تزداد،
- مع ذلك هذه التكيفات ليست فقط جسدية فهناك أبعاد نفسية لذلك أيضا (الاعتياد على المناخ).

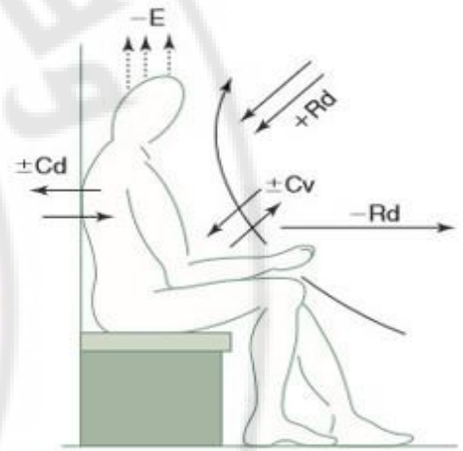
الراحة الحرارية

الراحة الحرارية: التوازن بين الانسان والبيئة.



بيئات الراحة - المحيطة





1.17.

التبادل الحراري اللجسم البشري

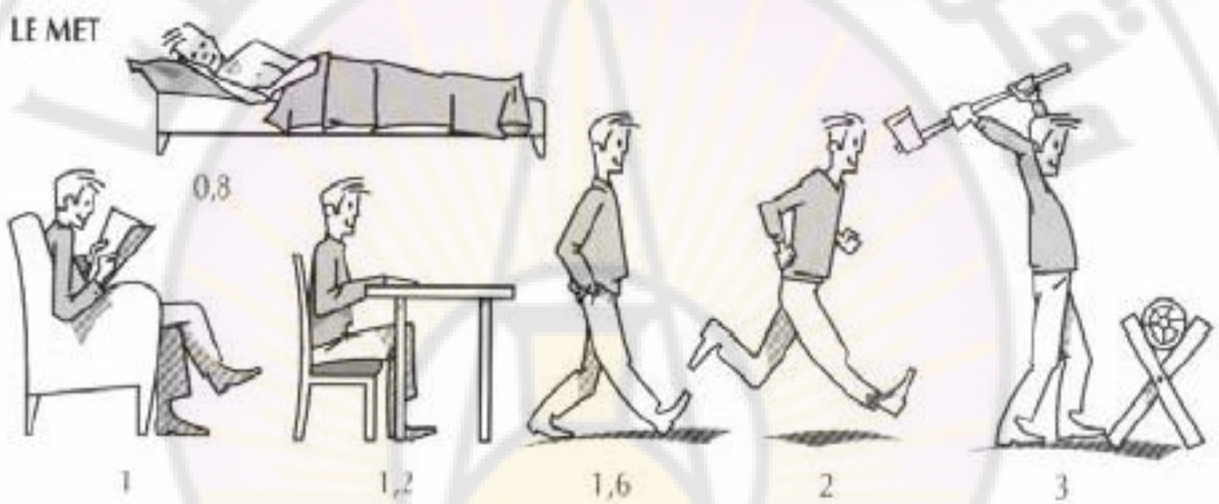
تبلغ الحرارة داخل الجسم حوالي ٣٧ درجة مئوية بينما تتراوح حرارة الجلد من ٣١ درجة إلى ٣٤ درجة ،و يعبر عن التوازن الحراري للجسم كالتالي

$M+-Rd+-Cv+-Cd-Ev=\triangle S$

M= إنتاج حراري استقلابي ،Rd= صرف ، Cv= النقل الحراري (تتضمن التنفس) ، Cd= توصيل الحرارة ، Ev= التبخر (تتضمن التنفس) ، $\triangle S$ تغير في الحرارة المخزنة.

حالة التوازن هي مجموع ($\triangle S$) هي الصفر لدرجة أن التوازن هو شرط مسبق للارتياح الحراري. على الرغم من أن الارتياح يعرف على أنه حالة العقل التي تعبر عن الرضا بالبيئة الحرارية، إنها تتطلب تقييم ذاتي (ASHRAE)إنه يتبنى بوضوح عوامل ما وراء الجسدية والنفسية (علم وظائف الأعضاء).

بينات الراحة – الشخصية



النشاط	معدل الاستقلاب [M]	
	Met Units	W/m²
النوم	0.7	40
الوقوف, الراحة	1.2	70
قيادة السيارة	2.0-1.2	115-60
المشي ب 0.9m/s	2.0	115
الطبخ	2.0-1.6	115-95
لعب كرة السلة	7.6-5.0	440-290

١ -النشاط (معدل الاستقلاب)

معدل الاستقلاب : هو معدل تحول الطاقة الكيميائية إلى حرارة وعمل ميكانيكي من خلال الأنشطة الاستقلابية داخل الكائن الحي ويعبر عنها عادة بمساحة وحدة من إجمالي سطح الجسم أو من إجمالي وحدات الاستقلاب .

بيئات الراحة – الشخصية

النشاط (معدل الاستقلاب)

.

وحدة استقلابية= $58.2\ W/m^2$ وهو ما يعادل الطاقة المنتجة لكل

وحدة مساحة سطحية لشخص عادي في وضع الراحة .

مساحة سطح الجسم(A_{DU})

	Weight [kg[				
Height [cm[	40	50	60	70	80
190	1.56	1.70	1.84	1.96	2.08
180	1.49	1.64	1.77	1.89	2.00
170	1.43	1.57	1.69	1.81	1.91
160	1.37	1.50	1.62	1.73	1.83
150	1.30	1.42	1.54	1.65	1.75

بيئات الراحة – الشخصية

٢- عزل الملابس

clo: وحدة تعبر عن العزل الحراري الذي تقدمه الملابس .

$1clo = 0.155\ m^2 \cdot K/W$

وصف المجموعة	I_{cl} (Clo(
بنطلون +قميص بأكمام قصيرة	0.57
فانيلة +أكمام طويلة	0.72
قميص +بنطال	0.74
بنطلون + قميص بأكمام طويلة + سترة	0.96
معاطف معزولة + ملابس داخلية حرارية طويلة الأكمام+قبعات	1.37

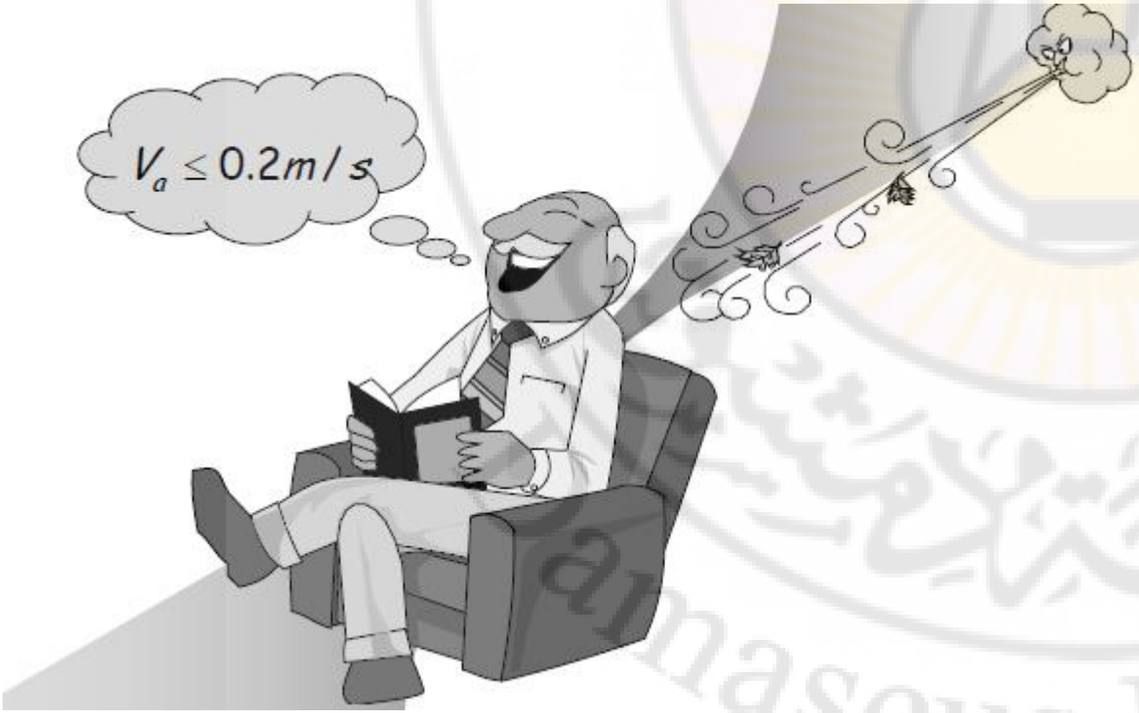
Comfort Parameters - Environmental

بيئات الراحة - المحيطة

٥- سرعة الهواء

متوسط سرعة الهواء التي يتعرض لها الجسم

هناك حاجة إلى حد أدنى معين من سرعة الرياح المرغوبة لتحقيق الراحة الحرارية في درجات حرارة مختلفة وقيم رطوبة نسبية .



Dry Bulb Temperature	Relative Humidity (Percentage(الرطوبة النسبية						
Cº	30	40	50	60	70	80	90
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
28	*	*	*	*	*	*	*
29	*	*	*	*	*	0.06	0.19
30	*	*	*	0.06	0.24	0.53	0.85
31	*	0.06	0.24	0.53	1.04	3.04	2.10
32	0.20	0.46	0.94	1.59	2.26	**	**
33	0.77	1.36	2.12	3.00	**	**	**
34	1.85	2.72	**	**	**	**	**
35	3.20	**	**	**	**	**	**

*None

**Higher then those acceptable in practice.

سرعة الرياح المرغوبة (م / ث) للراحة الحرارية

Comfort Parameters - Environmental

بيئات الراحة - المحيطة

٦- الرطوبة

محتوى الرطوبة في الهواء

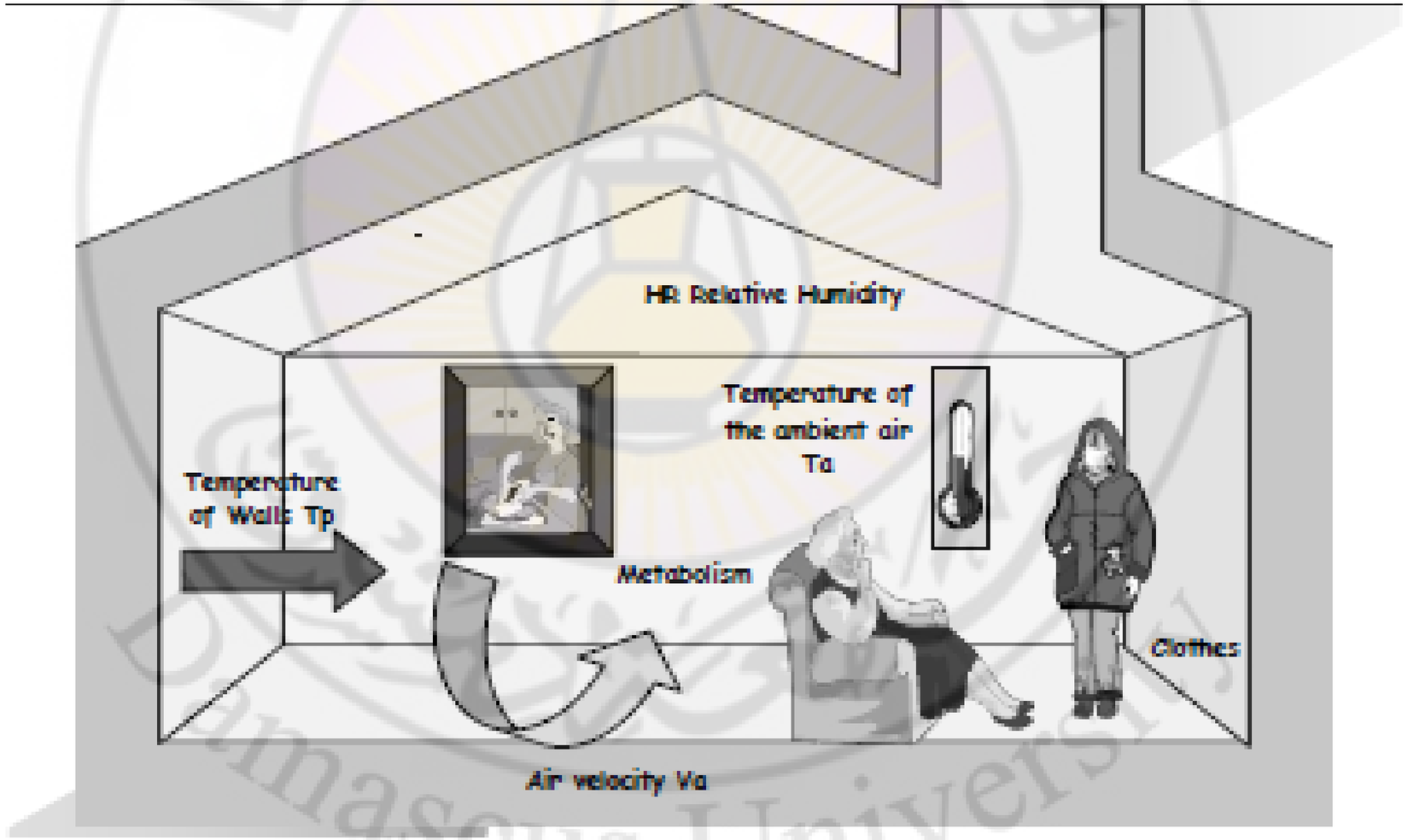
يعبر عنها من حيث العديد من المتغيرات الحرارية، بما في ذلك ضغط البخار، الندى درجة الحرارة والرطوبة النسبية ونسبة الرطوبة

تؤثر على أحمال التبريد الكامن

Damascus University

بيئات الراحة - المحيطة

المعاملات المؤثرة على الراحة الحرارية:

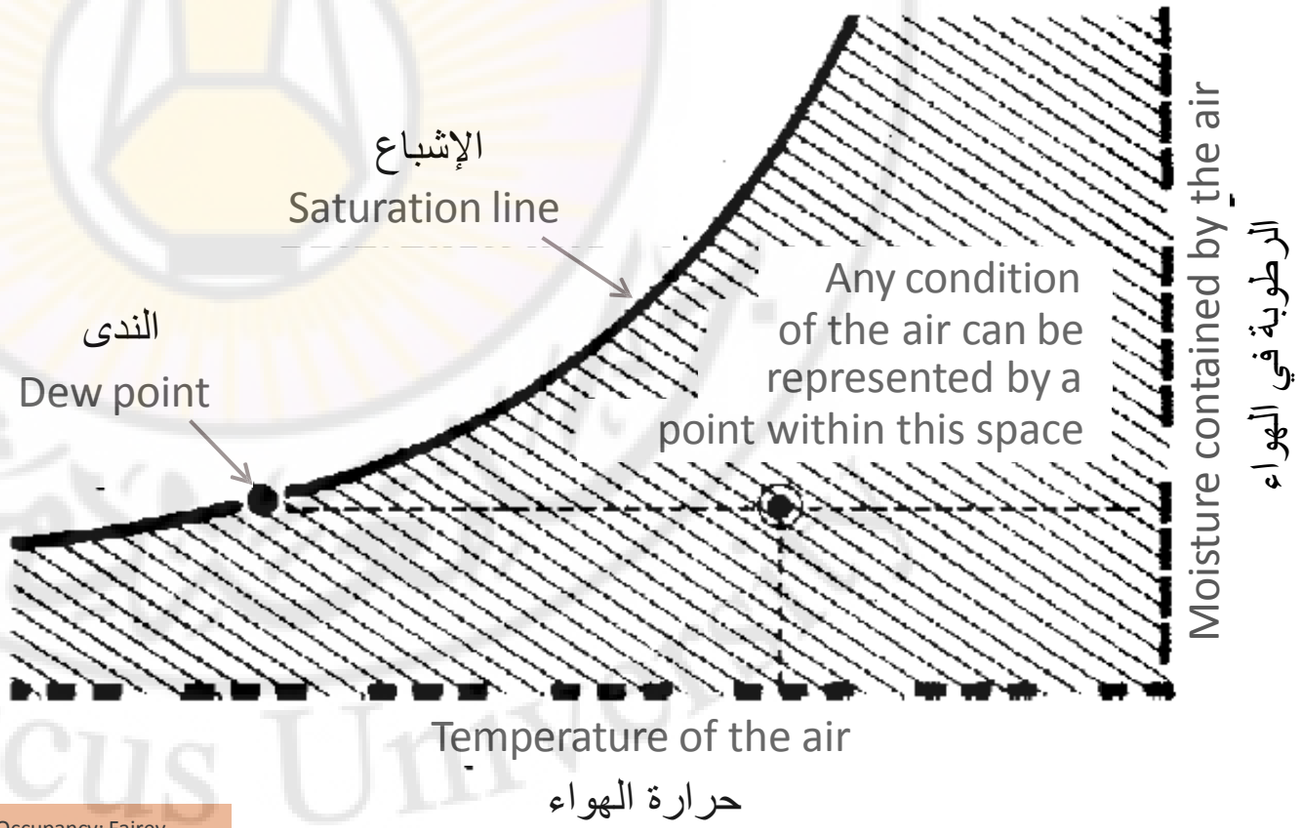


Psychrometric Chart

الرسم البياني للرطوبة

قياس الرطوبة

دراسة قياس محتوى الرطوبة في الهواء الجوي.
ويعتمد هذا المصطلح عادة على دراسة رطوبة الغلاف الجوي وتأثيره على المباني وأنظمة البناء.



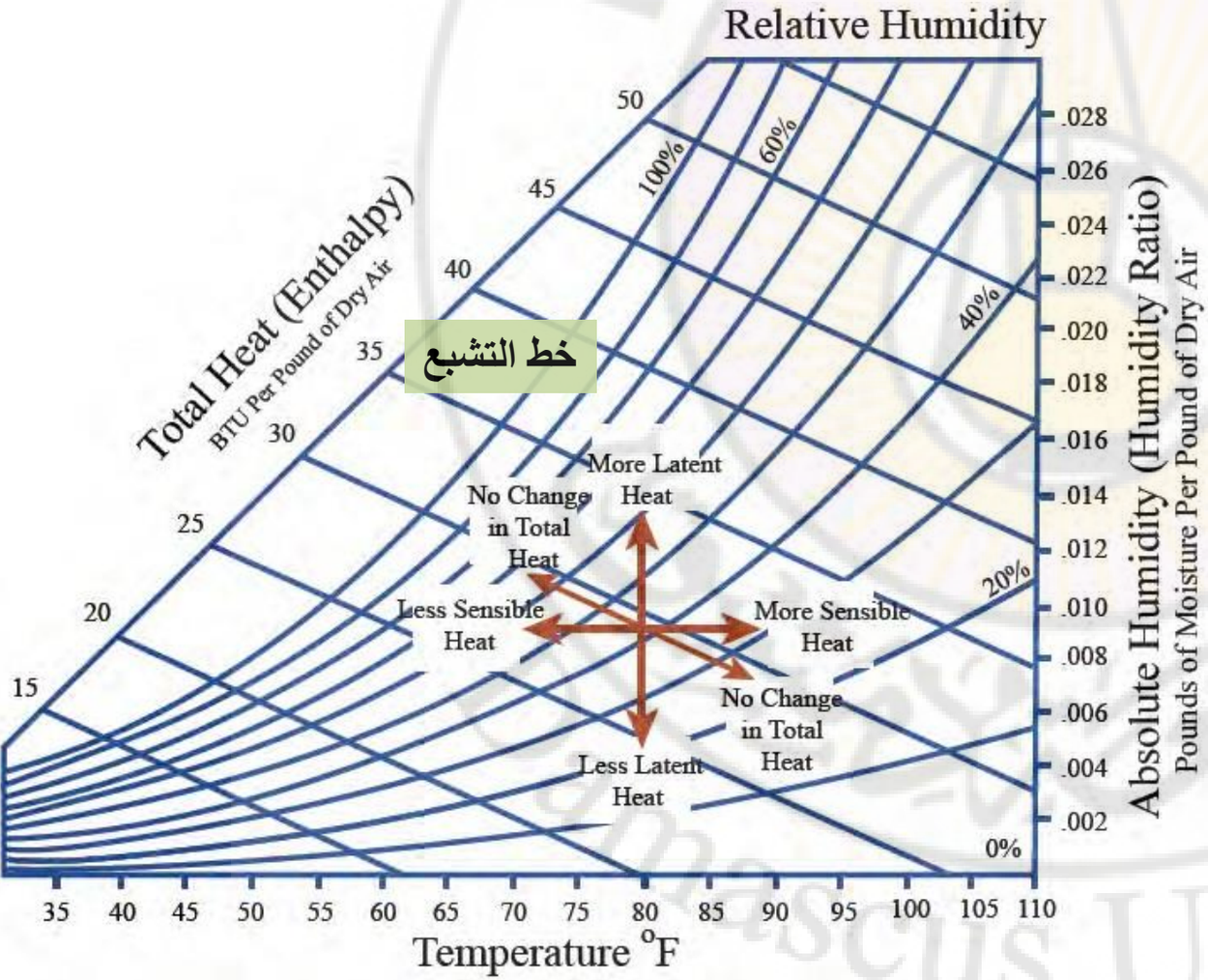
The basic relationship expressed by the Psychrometric chart

SOURCE: ANSI/ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy; Fairey, P.W. (1994), Passive Cooling and Human Comfort, Florida Solar Energy Center, FSEC Publication DN-5

Psychrometric Chart

الرسم البياني للرطوبة

عملية الترطيب



الهواء هو خليط من الأكسجين والنيتروجين، ولكن الجو من حولنا هو هواء رطب، فإنه يحتوي على كميات متفاوتة من بخار الماء. **في أي درجة حرارة معينة يمكن للهواء أن يحتوي فقط كمية محددة من بخار الماء، وعندها نقول بانه مشبع.** ويبين الشكل الهيكل الأساسي للالسيكرومترية.

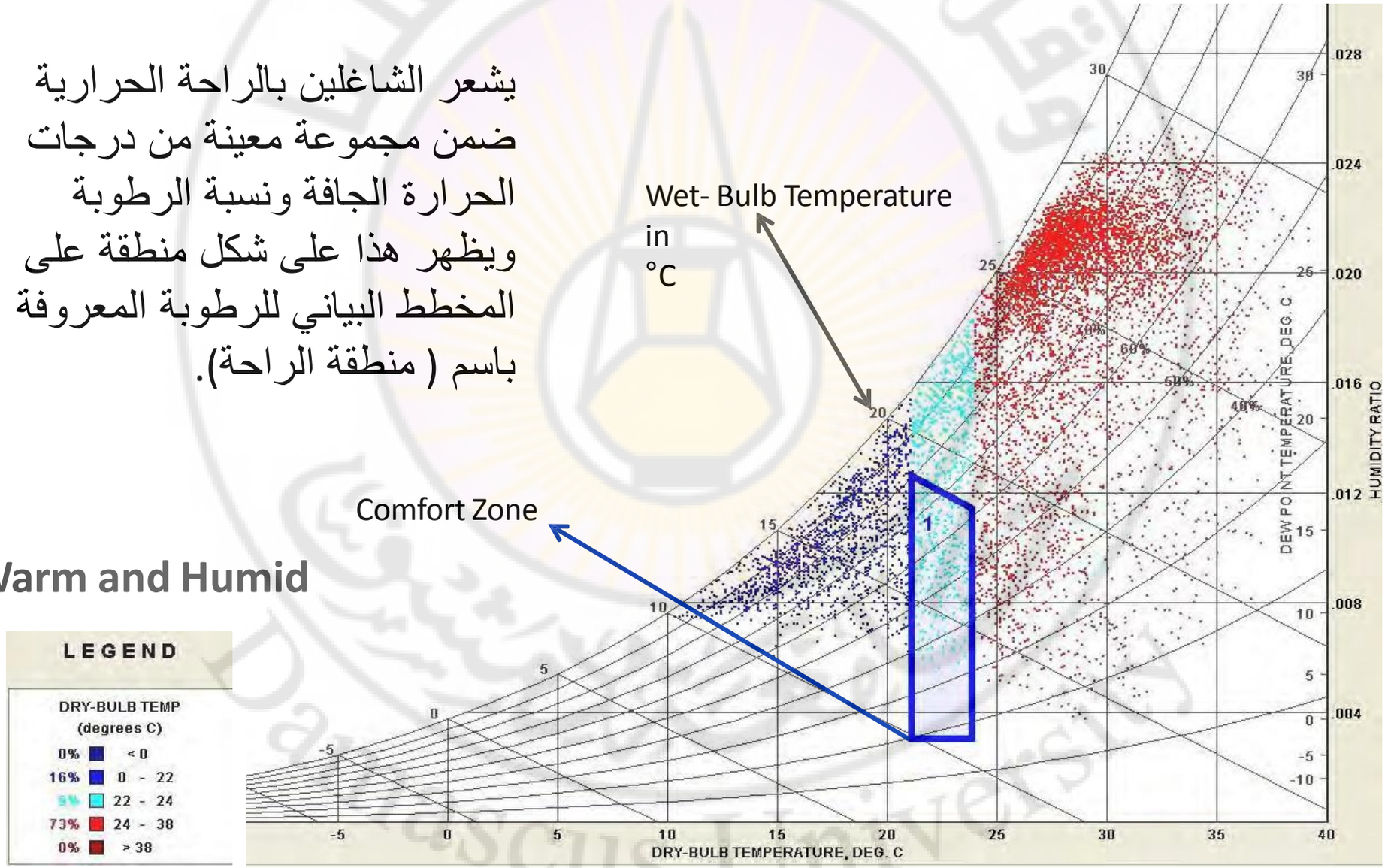
الرسم البياني: درجة الحرارة على المحور الأفقي ومحتوى الرطوبة (أو الرطوبة المطلقة، AH) على المحور الرأسي (بوحدات غ / كغ، غرام الرطوبة لكل كيلوغرام من الهواء الجاف).

المنحنى العلوي هو **خط التشبع، مشيرا إلى أقصى حد للرطوبة يمكن أن يحتويه الهواء في أي درجة حرارة،** والذي هو تشبع الرطوبة .(SH) كل تنسيق رأسي يمكن تقسيمه: (الشكل ١.٥ يظهر التقسيم إلى خمسة أجزاء متساوية) والمنحنيات التي تربط هذه النقاط تظهر الرطوبة النسبية (RH) في المائة، أي كنسبة مئوية من.SH

Psychrometric Chart

الرسم البياني للرطوبة

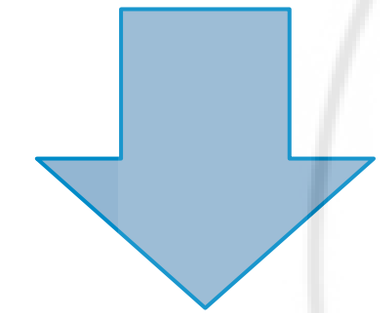
يشعر الشاغلين بالراحة الحرارية ضمن مجموعة معينة من درجات الحرارة الجافة ونسبة الرطوبة ويظهر هذا على شكل منطقة على المخطط البياني للرطوبة المعروفة باسم (منطقة الراحة).



SOURCE: Climate Consultant Software

تحسين استخدام الطاقة للراحة الحرارية

العوامل الخارجية (المناخ)
درجة الحرارة
الرطوبة النسبية الإشعاع الشمسي
سرعة الرياح واتجاهها
عوامل متنوعة

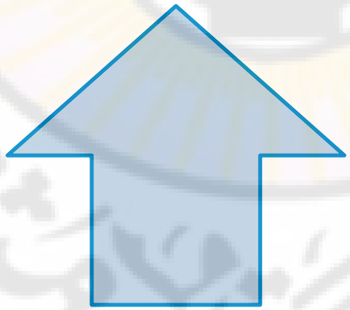


استراتيجيات سلبية

- اتجاه مناسب
- أجهزة التظليل
- تصميم ضوء النهار
- الكتلة الحرارية (الفارق الزمني)

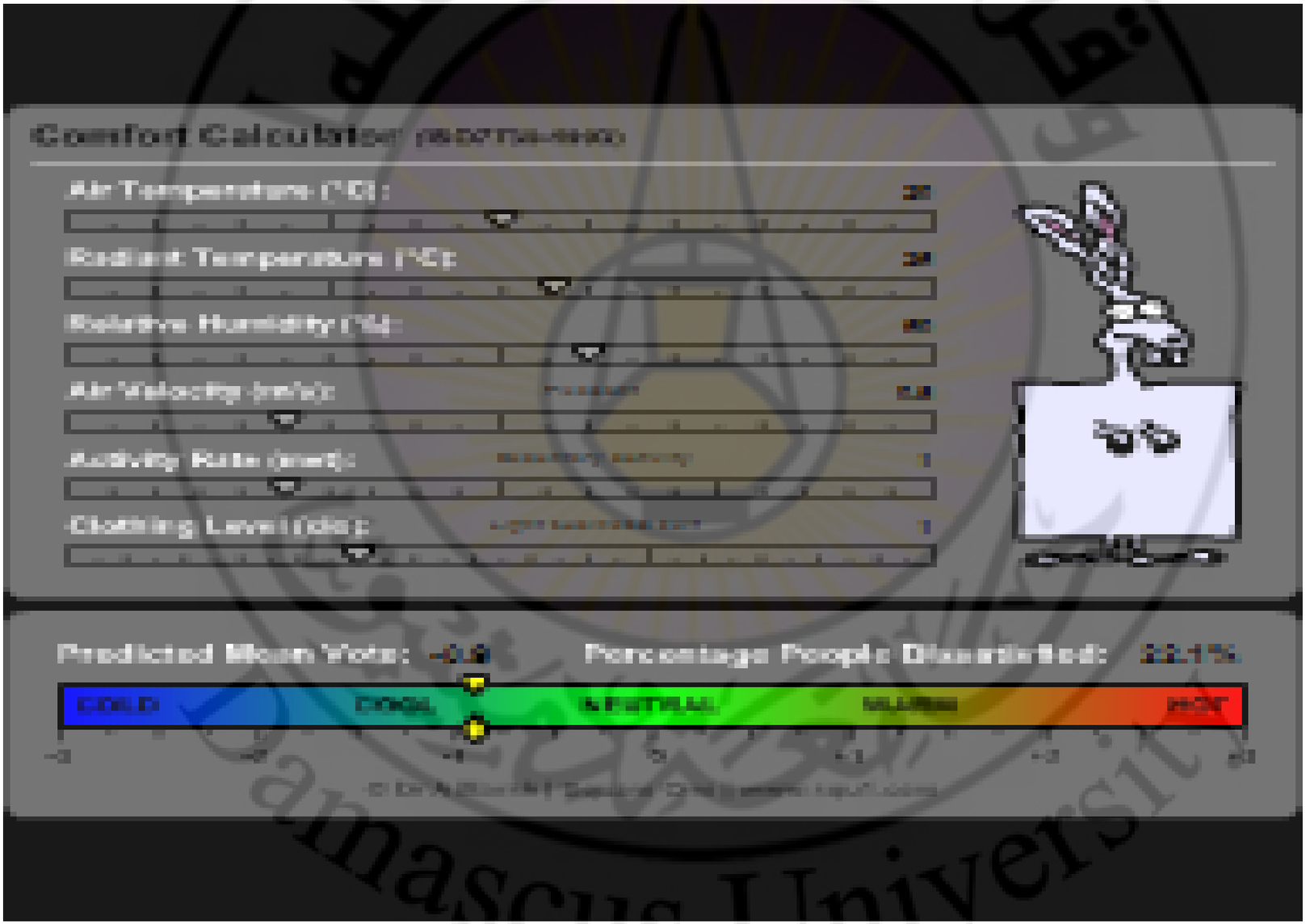
استراتيجيات نشطة

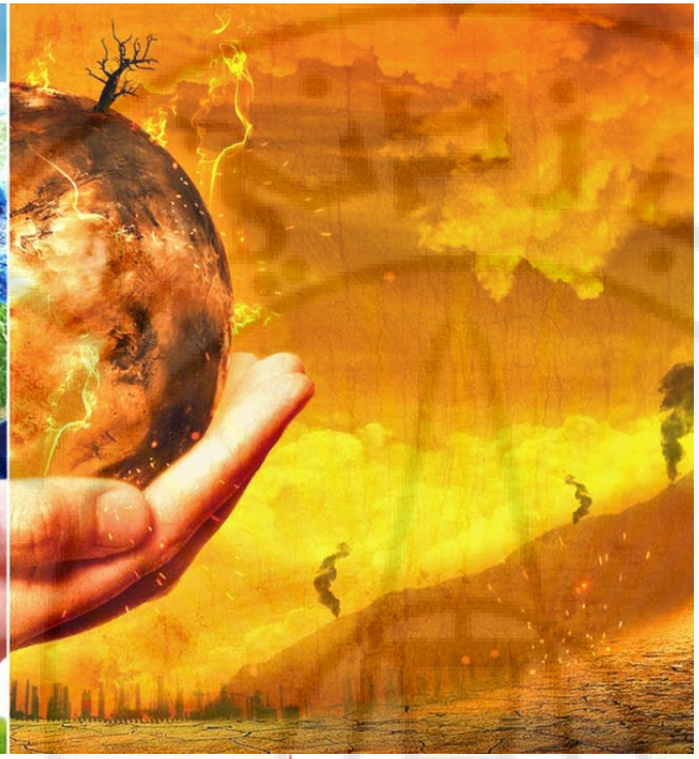
- المراوح
- التبخر
- مبردات
- مكيفات



العوامل الداخلية (الأحمال)
اشخاص
معدات
أضواء

تحسين استخدام الطاقة للراحة الحرارية





المناخ

climate

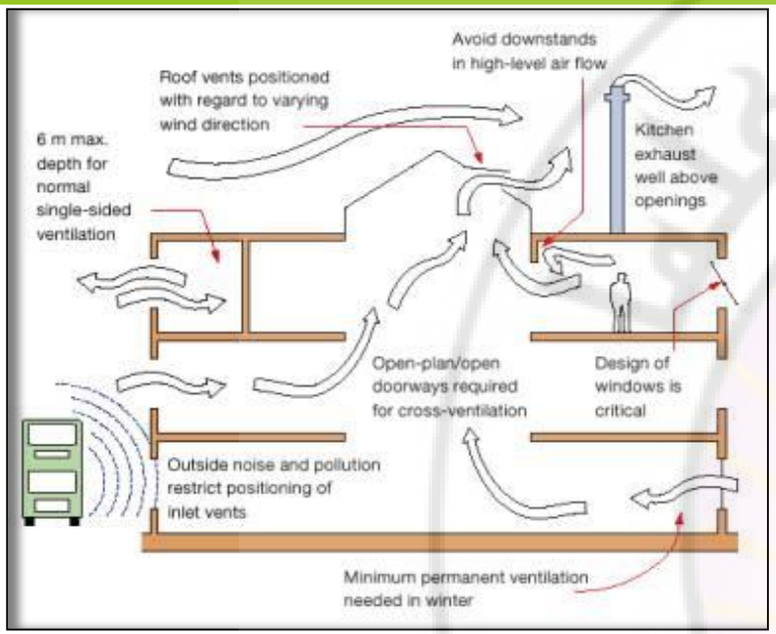
climate

المناخ

المناخ: هو العمليات والظواهر الطبيعية للطقس على مدار السنة التي تلاحظ في مكان معين على مدى سنوات عديدة ، والمعتمدة على السطح التحتي (طبقة الأرض العليا ، الماء ،النباتات وغيرها)

الطقس: هو نظام الحالة الجوية السائدة في زمان ومكان محدد يمكن أن يعرف المناخ بأنه حالة اندماج لحالات الطقس في وقت محدد متمثل بمكان جغرافي محدد

العلاقة بين المناخ والعمارة



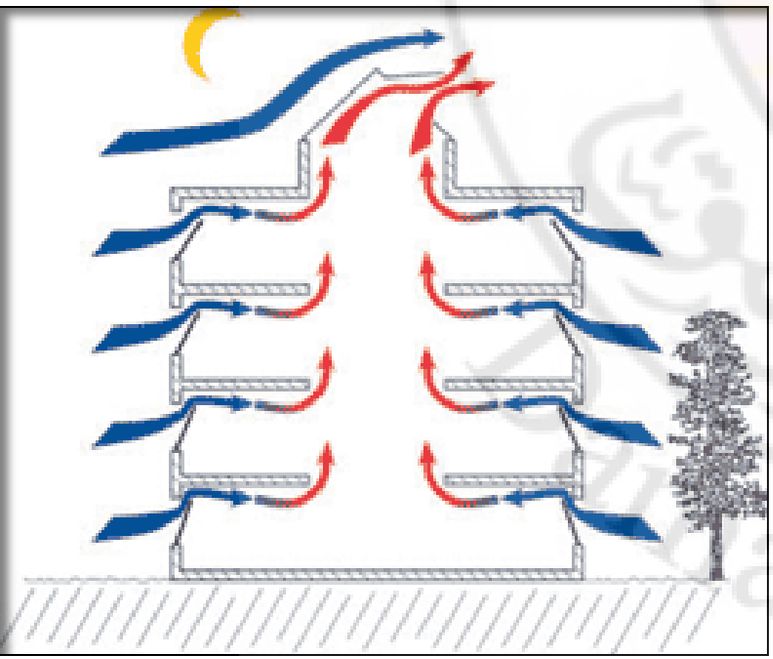
- بحكم أولوية أهمية قضية التأثير بين المناخ ووظائف الكتل المعمارية ، فإنه من الضروري :

١. **حماية** الإنسان والحيوان ، والتخزين والانتاج من "سوء الأحوال الجوية"

٢. تأمين فراغات **مريحة** ذات مناخ ملائم كافية لاحتياجات المستخدم.

٣. **توضع الأبنية** أصلاً **بشكل لا تتحمل ضغوط مناخية صعبة** أي بتوضع مناخي أمثل ، وذلك بشكل ألا تعاني من مشاكل أو أضرار ذات صلة بالمناخ لا يمكن تجنبها .

- **ينتهي دور فيزياء المباني باستبدالها بتلبية الإنهاء التقني** اللازم لهذا المجال.



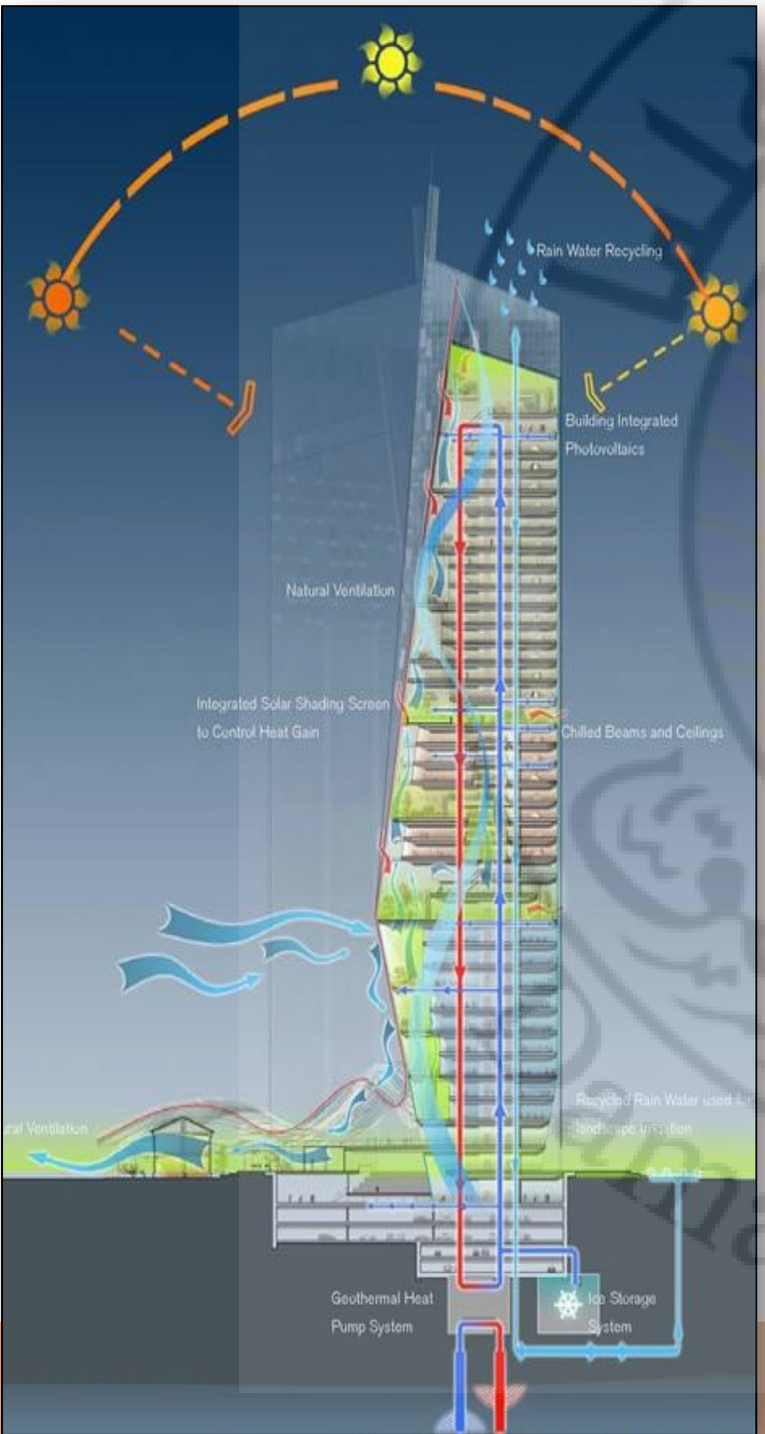
- حيث أن تلك الانهاءات يجب أن تخضع **لشروط وظيفية البناء والظروف المشكلة حوله** ومنه :

١. لابد أن ينجز بأفضل نتائج ممكنة وبجهد أمثل، ولكن **بالتنسيق الوثيق المطلوب بين كل المجالات** ، وعلى درجة عالية من التكامل بين المصممين مع الشروط المحيطة بحيث ينجز العمل ويفعل استخدام البناء.

٢. وهذا لا يمكن أن يقتصر على حل مساقط هندسية مناسبة، ولكنها يجب أن **تأخذ في الاعتبار الصحية و التفاعلات الحرارية والرطوبة بين المبنى والتجهيزات التقنية** وتأثير الضجيج والمعالجات الصوتية، الخ. لحل هذه المهام يجب التحكم بوعي بكل عناصر المناخ، كل على حدا.

٣. وعلى **غلاف البناء التعامل المناسب مع عناصر المناخ**، مثل موافقة عبور ضوء النهار، ومعارضة السماح بالعبور لعناصر المناخ "المثيرة للقلق" من الملوثات البشرية والتكنوجيني مثل الصوت وغيرها.

العلاقة بين المناخ والعمارة



- لذلك **لابد من وضع فكرة فيزيائية للبناء**
- **بالتوازي مع الفكرة التصميمية** (التشكيل الفيزيائي الذي يأخذ فيزياء المباني بعين الاعتبار تلك التي تقوم بتصميم النظم المناخية والمادية التي يتطلبها البناء ويمكن ذلك بدأً من اختيار نظام ومواد البناء وعناصر التشييد .
- يجب أن تبنى **الفكرة الفيزيائية** بناءً على:

١. **النظم والمعلومات المناخية والفيزيائية النظرية .**
٢. **النهج التصميمي التشكيلي.**
٣. معرفة **إمكانيات التأثير المناخي على الكتل والأشكال** وعلى عناصرها .

- إن **العلاقة بين المناخ والعمارة** علاقة معقدة خاصة بين ثلاث عناصر:

١. متطلبات المناخ الداخلي .
٢. قرارات التشكيل المعماري.
٣. سلوك المستخدم .

وهذا ما يجعل **من الضروري إدخال الأساس النظري المناخي في التصاميم المعمارية** بالرغم من عمق وطول الدراسات الخاصة بذلك.

climate المناخ

هنالك موضوعين لابد من معرفة الفرق بينهما في مجال :

البناء المنسجم مناخياً (Building (consistent climatically	تقانة الأبنية مناخياً (Technology (buildings climatically

مناخ الأبنية (Building Climate):

- هو **تجنب** الأبنية **لمضار المناخ**.
- **ويفهم أيضاً الانسجام الكامل للبناء وإنشائيته مع المناخ الخارجي المحلي مع التفادي الكامل للمضار التي من الممكن أن تنشأ عنه.**
- وهذا المجال يمتد في مجال الهندسة المعمارية ولمساحة لا بأس بها وفي مجال الهندسة المدنية، فهو يدخل في مجال **تصميم المباني والإنشاء وتشكيل العناصر المعمارية.**

وتشارك أكثر أو أقل من أجزاء من المباني في تشكيل نتاج مناخ الفراغ الخارجي، وتكون أسباب تلوث المناخ الخارجي بشكل كامل أو جزئي.

- **وهو عملية تشكيلية تعبيرية وإبداعية:** تعتمد على فكرة فيزيائية وعلى معرفة معيار parameter العناصر والشروط المناخية المحيطية. وهذا يعني:

١. أن وظيفة البناء يجب أن تعتمد على متطلبات البناء المناسبة من المناخ المحيطي الخارجي والداخلي والتي يحددها مكان البناء .
٢. أن شكل وتصميم المبنى يعتمد إلى حد كبير على مناخ المنطقة الخاصة.

climate المناخ

هنالك موضوعين لابد من معرفة الفرق بينهما في مجال :

البناء المنسجم مناخياً (Building
(consistent climatically

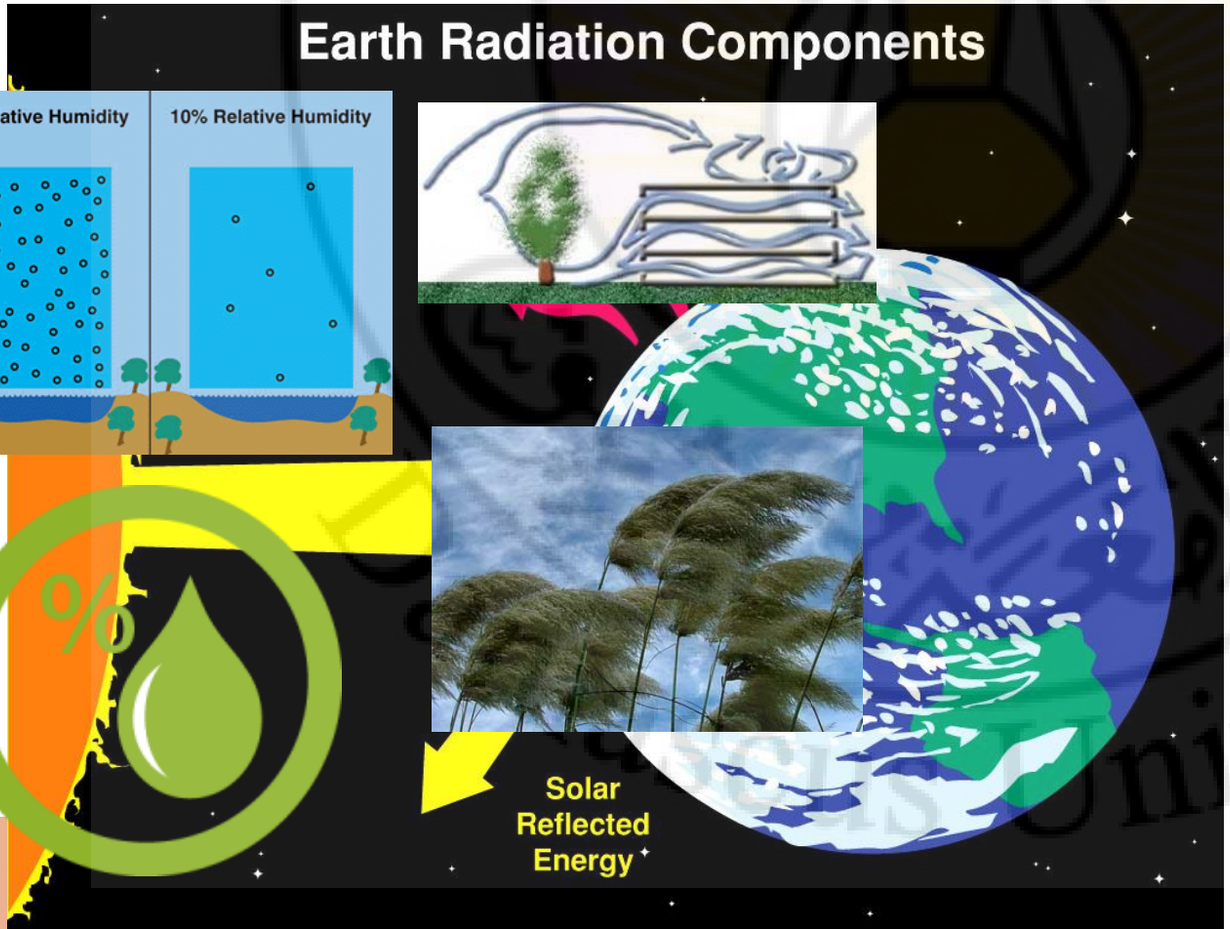
تقانة الأبنية مناخياً (Technology
(buildings climatically

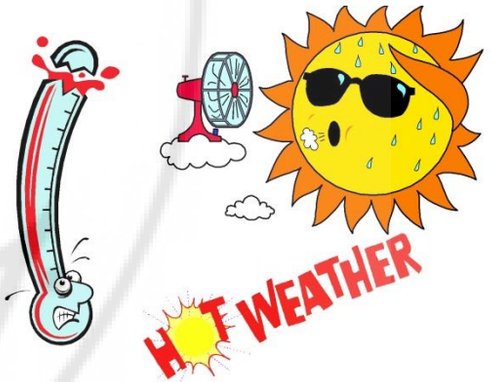
مناخ الأبنية (Building Climate):

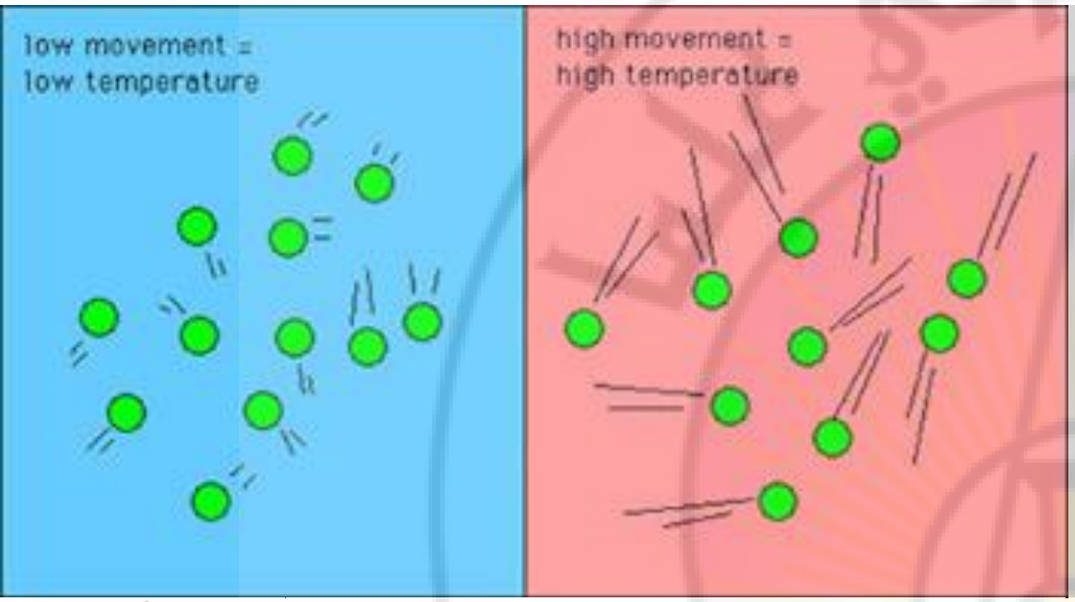
- هو مجرد مصطلح KLIMATISIERUNG يتحدث إلى الجانب المناخي عن استخدام **التطور التكنولوجيا التقني.**
- وهو ضمان القيم المناخية اللازمة للفراغات المعمارية - وغالباً ما يقصد به حتى اليوم - استخدام أجهزة التدفئة والتكييف والتهوية.
- ولكن الأولوية في **التفكير الاقتصادي** على مقياس **الفرد والدولة** في الأبنية هي في **تحقيق المتطلبات المناخية** قبل تحقيق شكل الكتلة المعمارية.
- **فالكتل المعمارية غير المناسبة** من منظار فيزياء المباني ممكن أن تكون أكثر جمالاً ولكن تحتاج **لتدعيم عالي من حيث التدفئة والتكييف** بشكل يقلل من قيمتها الاقتصادية على مقياس الفرد والدولة .

العوامل المناخية التي تؤثر على الإنسان

درجة حرارة الهواء Air temperature	الإشعاع Radiation	حركة الرياح Air movement	الرطوبة Humidity

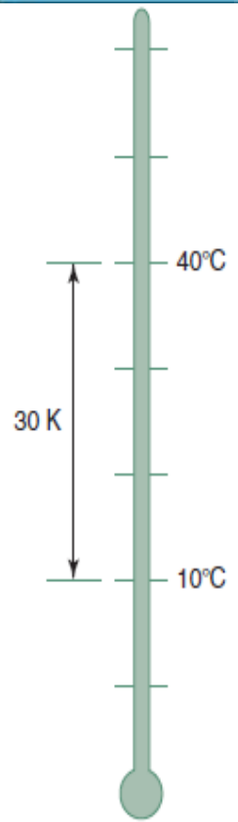


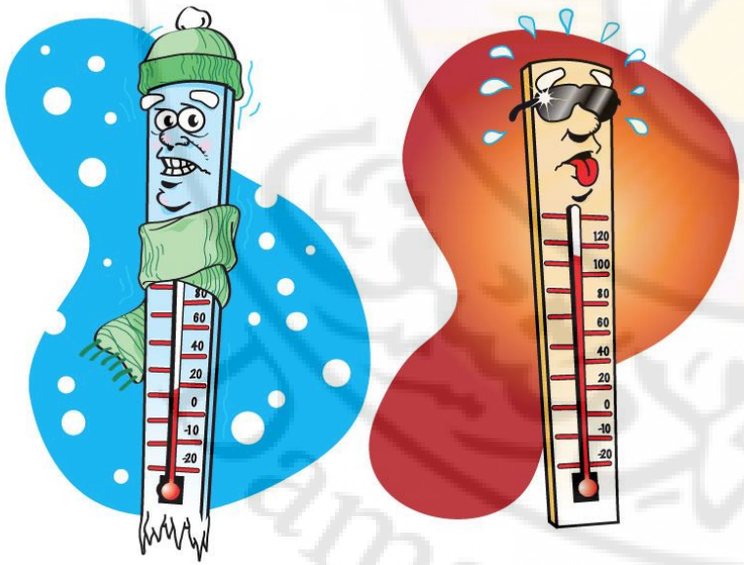




الحرارة :

- هي شكل من اشكال الطاقة تتواجد في المواد مع حركة الجزيئات والذرات ضمنها.
- كلما زادت حركة الجزيئات كلما ازدادت حرارة المادة.





درجة الحرارة :

- هي مؤشر من مؤشرات وجود الحرارة في مادة ما.
- مقياس الدرجة المئوية يعتمد على الماء، حيث نقطة تجمده اعتمدت (٠) درجة مئوية، ونقطة غليانه (عند الضغط الجوي الطبيعي) (١٠٠) درجة مئوية.
- مقياس الكلفن يبدا من (الصفر المطلق) مع الغياب التام لدرجة الحرارة. وبالتالي (٠) سلسيوس = (٢٧٣,١٥) كلفن.

الفاصل الزمني في درجة الحرارة هو نفسه في كلا المقياسين. بالمنطق نقطة على مقياس سيليزيوس ترمز ب (درجة مئوية) ولكن التدوين **لاختلاف درجة الحرارة هو الكلفن.**

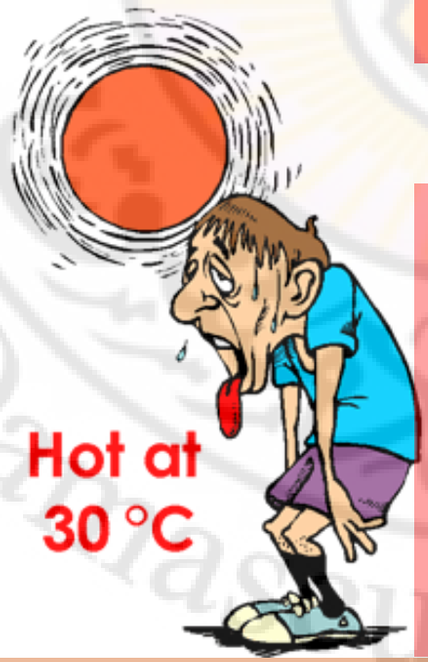
climate

المناخ

الحرارة

- درجة الحرارة الجافة: درجة حرارة الهواء المحيط .
- درجة الحرارة الرطبة: درجة الحرارة التي يتبخر فيها الماء ضمن حرارة(t) ورطوبة(w) والتي تؤدي إلى تشبع الهواء ضمن ضغط ثابت(p) .
- درجة حرارة الهواء الطلق متغير مناخي رئيسي **يؤثر في الطلب على الطاقة.**

- **وعادة ما تناقش المؤشرات المستخدمة لتعكس الطلب على الطاقة من حيث (درجة الأيام):**



- أيام الحرارة (HDD) وأيام البرودة (CDD).
- نقل الحرارة بين مغلف المبنى والبيئة الخارجية يحدد التدفئة / التبريد احتياجات المبنى .
- **الطلب على الطاقة يتناسب طرديا** مع عدد من(HDD/CDD).

SOURCE: ASHRAE Handbook Fundamentals 2005

climate

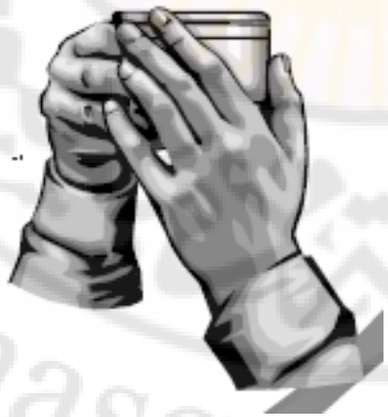
المناخ

الحرارة الكامنة في المادة: هي كمية الحرارة (الطاقة) التي تمتصها وحدة الكتلة من المادة عند تغير الحالة (من الصلبة الى السائلة او من السائلة الى الغازية) دون تغير في درجة الحرارة، وهذا يقاس ب جول/كغ. على سبيل المثال: للماء:

الحرارة الكامنة للانصهار (الجليد للماء) في (٠ سْ = ٣٣٥ ك جول /كغ.)

حرارة الكامنة للتبخر في (١٠٠ سْ =٢٢٦١ ك جول/كغ)

وعلى (١٨ سْ= ٢٤٠٠ ك جول/ كغ.) وعند تغير الحالة العكسية يتم تحرير نفس كمية الحرارة



SOURCE: ASHRAE Handbook Fundamentals 2005

climate المناخ

الديناميكا الحرارية: هو علم تدفق الحرارة وعلاقتها بالأعمال الميكانيكية.

قوانين الديناميكا الحرارية

- **القانون الأول:** هو مبدأ الحفاظ على الطاقة، الطاقة لا يمكن خلقها او تدميرها (الا في العمليات دون الذرية). ولكن يمكن ان تتحول من شكل الى اخر.
- الحرارة والعمل مترابطان. فالطاقة الناتجة في أي نظام يجب ان تساوي الطاقة الداخلة. مالم يكن هنالك مكونات اختزان.

- **القانون الثاني:** ينص على انّ نقل الحرارة (او الطاقة) يمكن ان يحدث بشكل عفوي باتجاه واحد فقط: من الاسخن الى الابرد جسما، او بشكل عام من الحالة الأعلى الى الأخفض درجة (بنفس طريقة تدفق المياه حيث ينتقل الى المستوى الأخفض دائما-انحدار-).
- **تدفق الحرارة** من المنطقة الأعلى درجات حرارة الى الأخفض يمكنها ان تتم من **خلال ثلاثة أشكال:**

- التوصيل الحراري
- الحمل الحراري
- الاشعاع الحراري

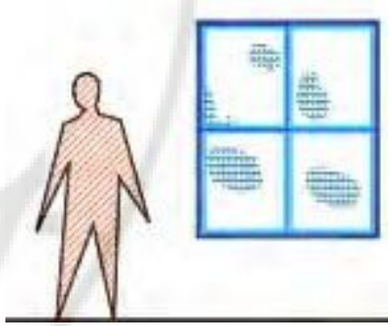
SOURCE: ASHRAE Handbook Fundamentals 2005

climate

المناخ

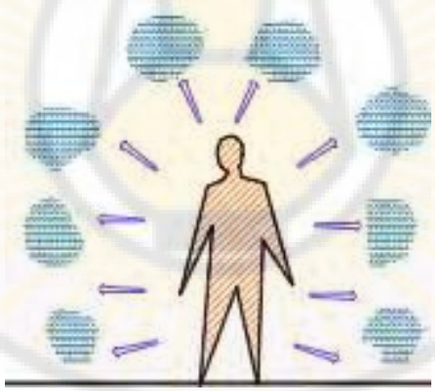
الرطوبة النسبية

- والتي تمثل الرطوبة الموجودة في الهواء وعادة ما يعبر عنها بنسبة مئوية .
- في المناطق ذات مستويات الرطوبة العالية :
  - يقل انتقال الاشعاع الشمسي .
  - يقل التبخر.
  - يرافقها ارتفاع درجات الحرارة المحيطة وهذا ما يسبب عدم الراحة .



تأثير انخفاض درجة الحرارة والرطوبة العالية

التكاثف الذي يحدث على الجانب المبرد من السطح قد يؤدي إلى تدهور مواد البناء .



تأثير ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة

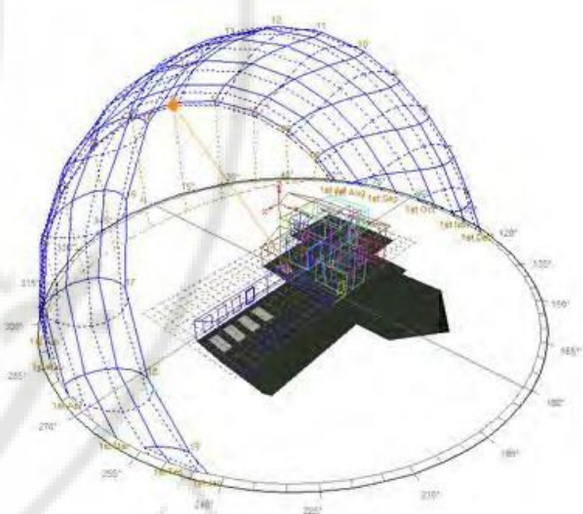
يسرع الهواء الجاف معدل التبخر وخاصة إذا ما كان مصحوبا بارتفاع درجة الحرارة وهذا ما يسبب الجفاف والسكتة الدماغية وهنا يمكن للتبريد التبخيري أن يوفر الراحة .

تأثير ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة العالية

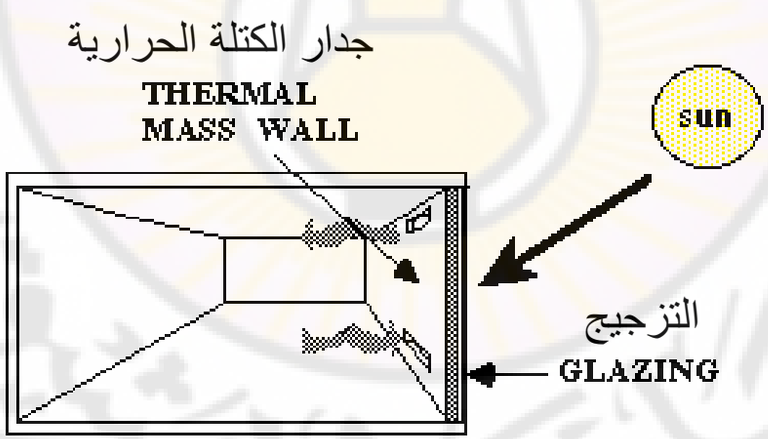
أسباب عدم الراحة هو عدم تبديد العرق حيث أن حركة الهواء عن طريق التهوية يمكن أن تقلل الانزعاج .

الاشعاع الشمسي

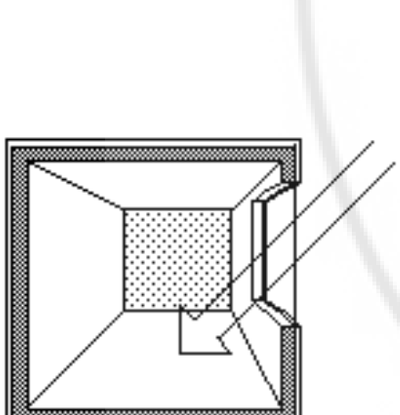
- مكونات الاشعاع الشمسي العالمي (مباشر – منتشر).
- بناء المكاسب الشمسية (المباشرة – غير المباشرة).



مسار الشمس



كسب غير مباشر



كسب مباشر

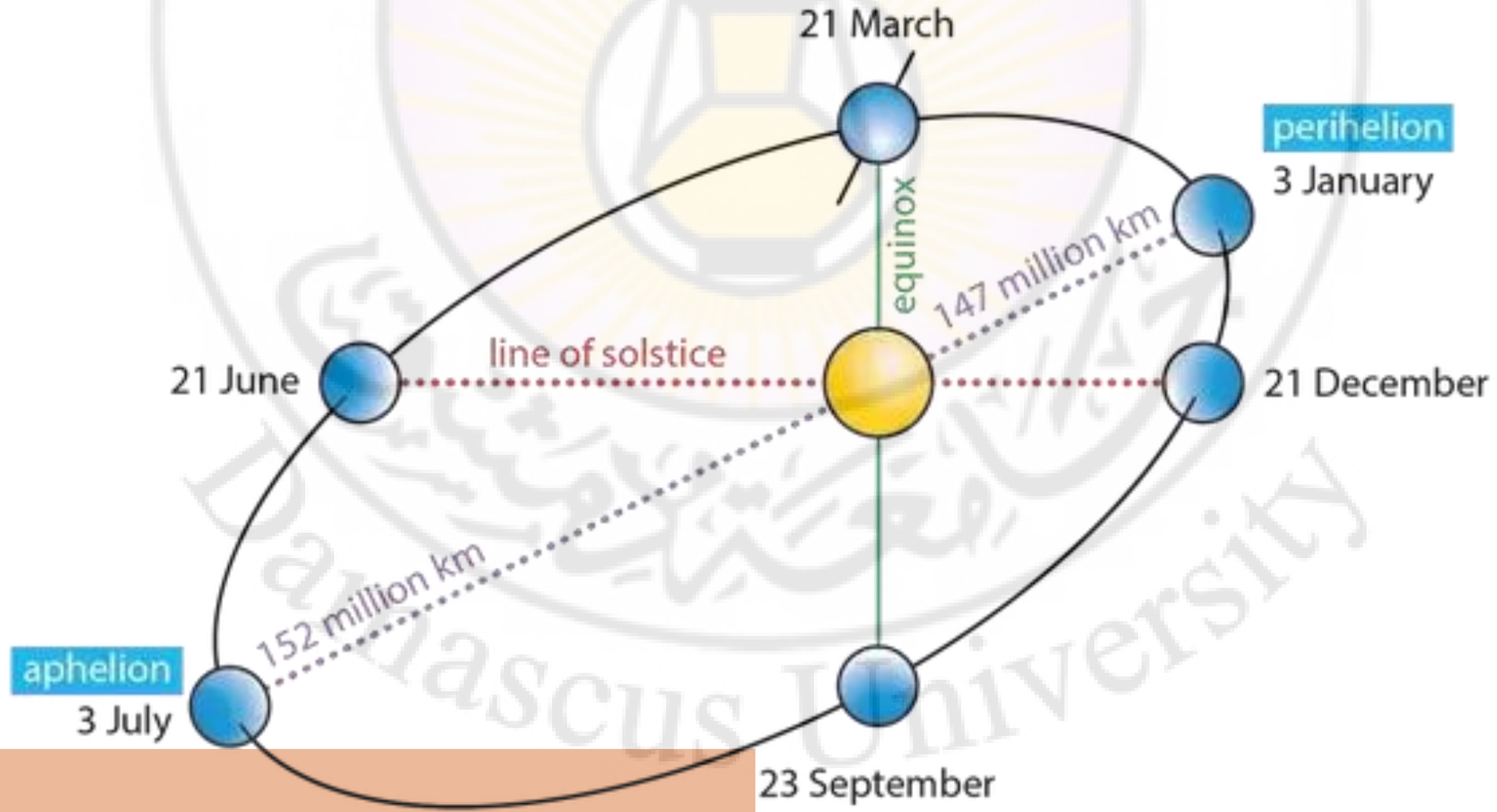
Damascus University

climate

المناخ

الشمس:

- مناخ الأرض مقيد بطاقة مخزنة من الشمس.
- بالنسبة للمصممين يوجد مفاهيم أساسية لفهم حركة الشمس الظاهرية والنظام الشمسي لعلم الهندسة والطاقة المنبثقة من الشمس وكيفية الاستفادة منها .
- تدور الارض حول الشمس **بمسار اهليلجي** جزئي فالمسافة الكبرى بين الشمس و الارض تقدر ب ١٥٢ مليون كم والمسافة الأدنى محددة ب ١٤٧ مليون كم .



الإشعاع

أمواج قصيرة

الإشعاع الشمسي

- الأشعة فوق البنفسجية
- الأشعة الضوئية
- الأشعة الحرارية (تحت الحمراء)

أمواج طويلة

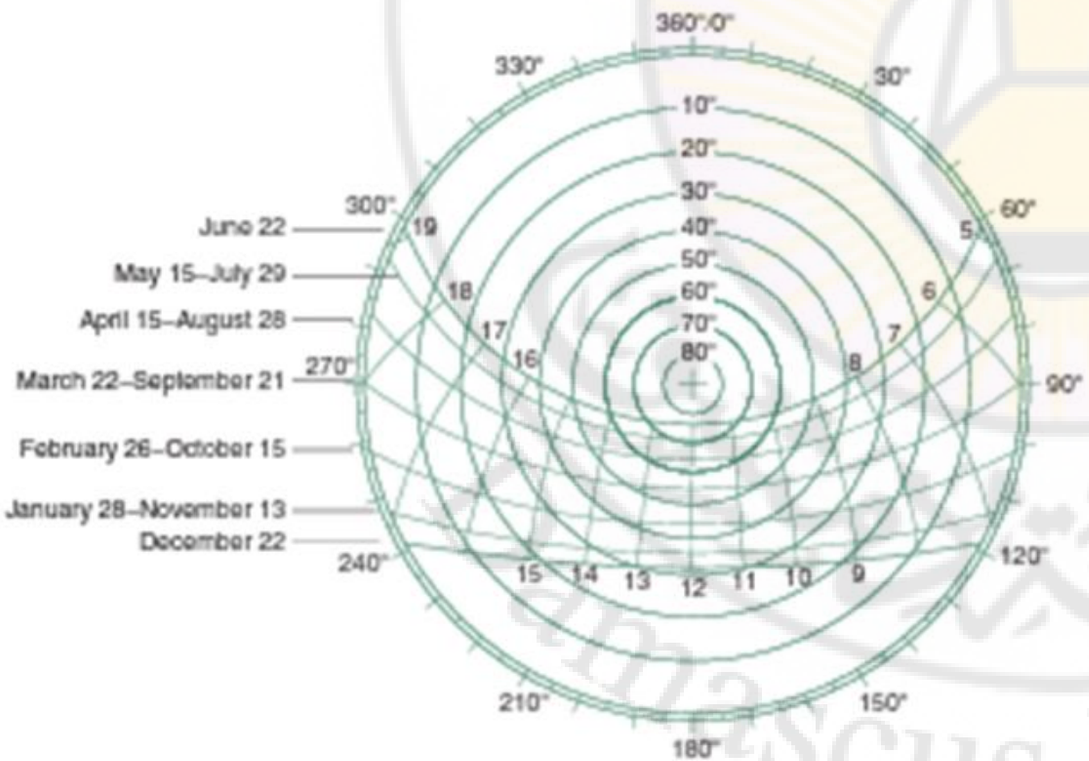
الإشعاع الأرضي

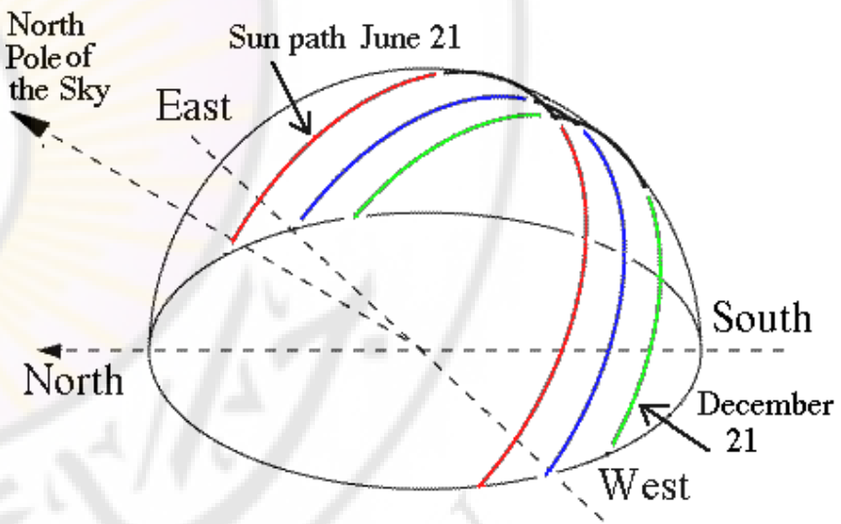
الإشعاع الذاتي

- عندما ترتفع حرارة جسم ما بسبب تعرضه للأشعة الشمسية أو لأي مصدر حراري آخر، يشع هذا الجسم الحرارة الكامنة بداخله، ونسمي ذلك **بالإشعاع الذاتي.**
- يبدأ الإشعاع الذاتي للمادة فور ارتفاع درجة حرارتها عن معدلها ويزداد الإشعاع مع ارتفاع درجة حرارة هذه المادة.
- الإشعاع الذاتي يكون عادة على شكل أشعة تحت حمراء (أشعة حرارية) ذات أطوال موجات طويلة حوالي ١٠ ميكرون، في درجات الحرارة العادية (٢٠- ٣٠) درجة. **أما في حال ارتفاع درجة حرارة المادة:**
- تقصر أطوال موجات الإشعاع الذاتي، وعندما تبلغ درجة التوهج تبدأ بالإشعاع ضمن أطوال موجات الأشعة الضوئية بالإضافة للأشعة تحت الحمراء.

الإشعاع الشمسي يتألف من ثلاث مجموعات رئيسية من الموجات:

١- **الأشعة فوق البنفسجية:** أطوال موجاتها <٠,٤ ميكرون **وتكوّن ٧%** من الأشعاع الشمسي.
٢- **الأشعة الضوئية:** أطوال موجاتها >=٠,٤ و=<٠,٧٤ميكرون وتكوّن **٤٢%** من الأشعة الشمسية وتتضمن الأشعة (البنفسجية- الزرقاء- الخضراء- الصفراء والحمراء).
٣- **الأشعة الحرارية:** وهي الأشعة تحت الحمراء أطوال موجاتها >= ٠,٧٥ و<=٤ميكرون وتشكل **٥١%** من الإشعاع الشمسي.

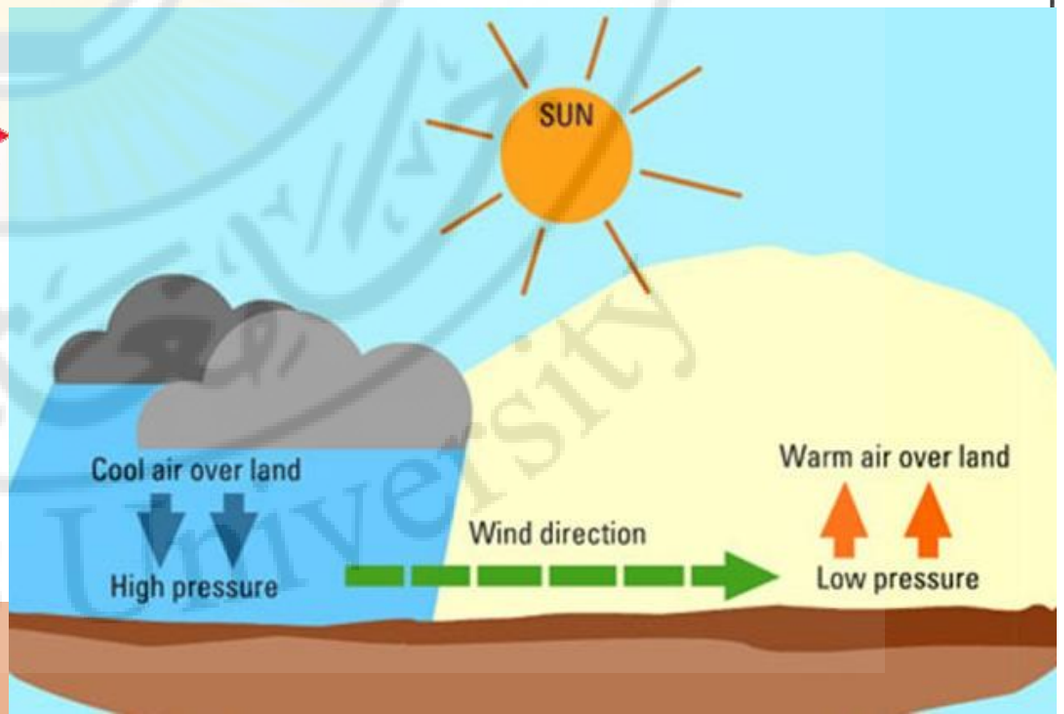




سرعة الرياح واتجاهها

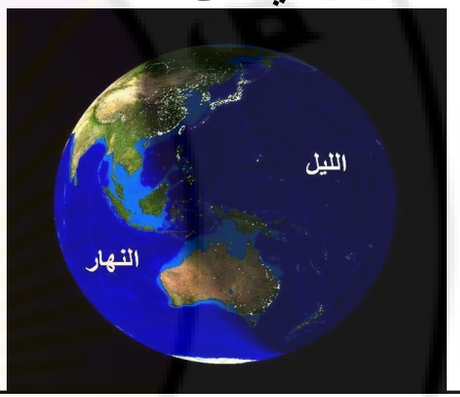
- الرياح هي حركة الهواء بسبب **الاختلاف في الضغط الجوي** الناجم عن التسخين التفاضلي للأرض وكتلة الماء على سطح الأرض عن طريق الإشعاع الشمسي ودوران الأرض.
- يتم التعبير عن سرعة الرياح في م / ث ويقاس بمقياس شدة الرياح.
- يؤثر على ظروف الراحة في الأماكن المغلقة من خلال التأثير على التبادل للحمل الحراري لمغلف المبنى.
- يؤثر على معدلات التهوية والتسرب

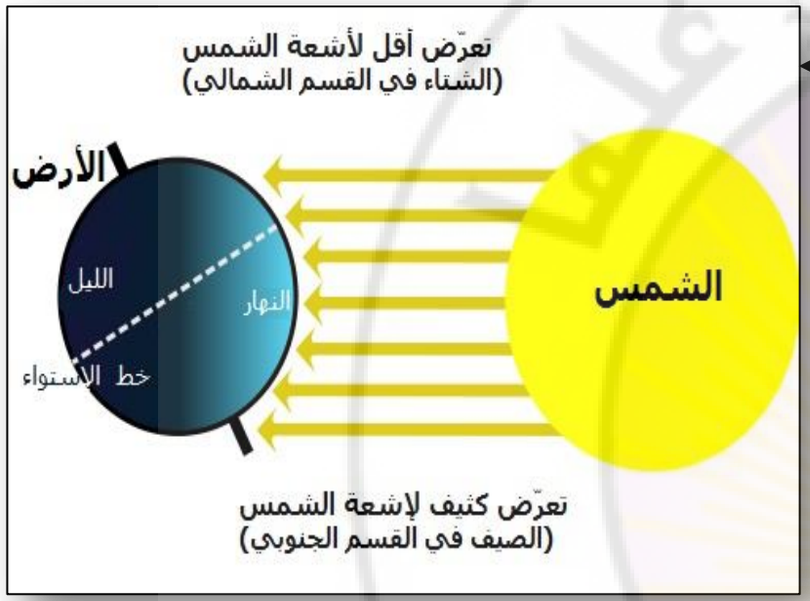
تؤثر التضاريس والمباني على سرعة الرياح



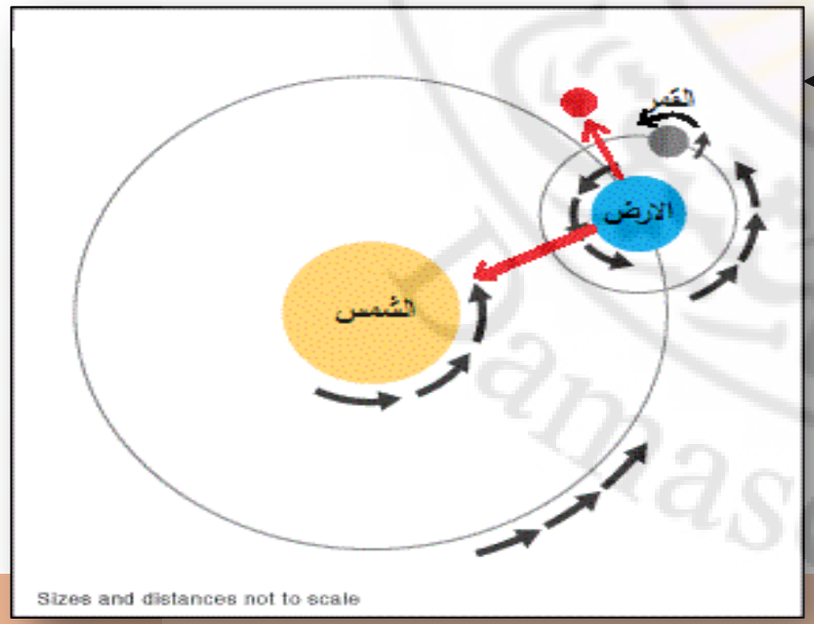
المناطق المناخية:

- **تدور** الكرة الأرضية **حول محورها** دورة واحدة خلال ٢٤ ساعة بسرعة تساوي ٢٧ كم/ دقيقة ، وتؤدي إلى تعاقب الليل والنهار.



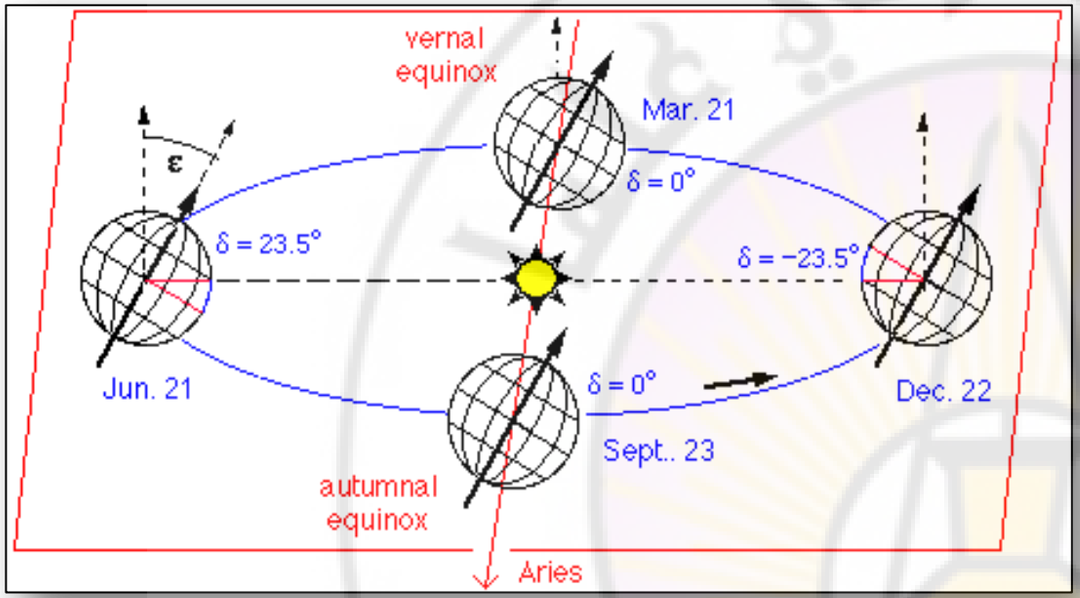


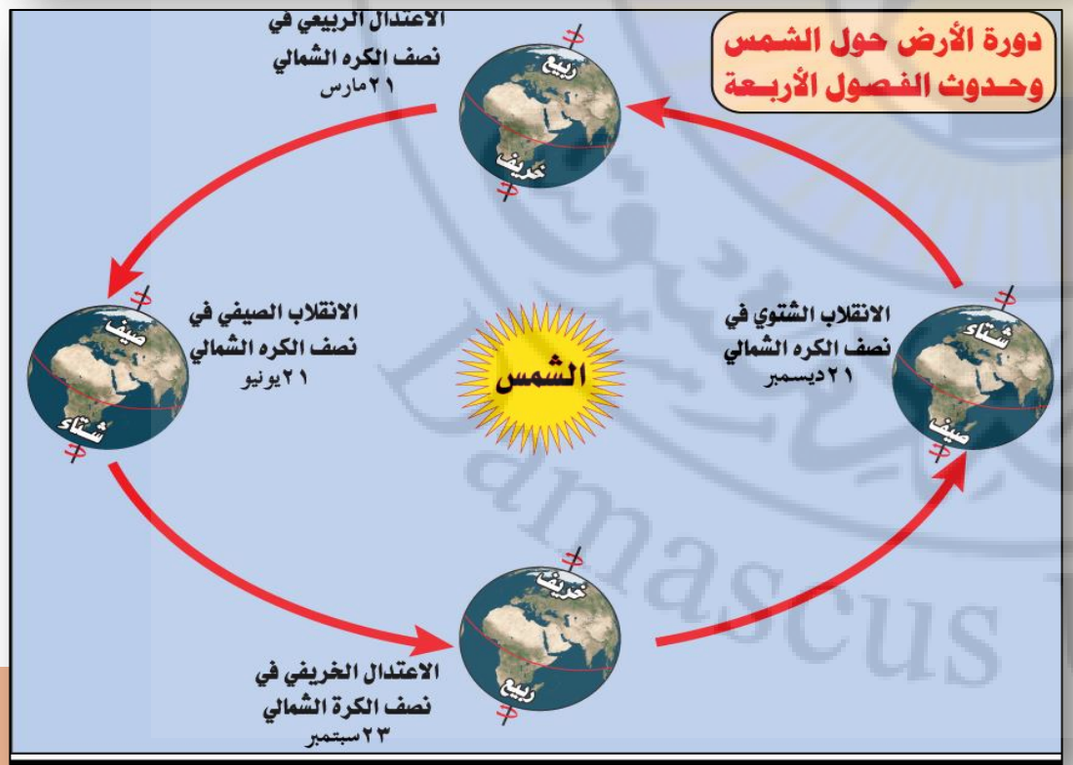
- وفي نفس الوقت فانها تدور **حول الشمس** بسرعة ٢٩,٧ كم/ثانية على مدار اهليلجي خلال ٣٦٥ يوم ان دوران الارض حول الشمس مع ميلان محورها ، يؤدي الى عدم انتظام توزيع الحرارة والضوء في مختلف مناطق الكرة الأرضية .



المناطق المناخية:

- ونتيجة لسقوط أشعة الشمس على سطح الأرض الكروي تبعاً لخط العرض الجغرافي يكون توزيع الإشعاع على سطح الأرض غير منتظم للغاية.
- إذا كانت قوة الإشعاع عند خط الاستواء تساوي ١ فانها عند خط العرض ٦٠ تساوي ٠,٥ وعند القطب تساوي الصفر .





climate المناخ

لماذا تختلف أنماط المناخ:

١- التفاوت في خط العرض	٢- التفاوت في الرطوبة الجوية
٣- التفاوت بين درجة حرارة اليابسة والماء	٤- التفاوت في شكل سطح الأرض

- يؤثر هذا التفاوت في المناخ بطرق شتى، أهمها أن الأماكن البعيدة **عن خط الإستواء تستقبل كمياتٍ متفاوتة من الطاقة الشمسية**، لأن زاوية أشعة الشمس تختلف بحسب بُعدها عن خط الإستواء.
- تصل **أشعة الشمس في المناطق المدارية** القريبة من خط الاستواء شبه عمودية إلى سطح الأرض طوال العام. وهذه الأشعة **مصدر قوي لتوليد الطاقة** وارتفاع درجة الحرارة.
- أما في **المناطق القطبية** شمالي وجنوبي خط الاستواء فإن الشمس لا ترتفع على خط الأفق إلا قليلاً، يحدث مَيْل في الأشعة **وتصير أقل تركزًا** من الأشعة المباشرة وأقل حرارة على سطح الأرض.
- وفي **مناطق العروض الوسطى**، تكون كمية **الأشعة أكبر في فصل الصيف عنها في فصل الشتاء.** ويلاحظ طول النهار وقصر الليل في الصيف، والعكس يحدث في الشتاء. وهذا مايزيد من **المُفارقات الفصلية في درجات الحرارة**..
- **وتتأثر المناطق البعيدة عن خط الاستواء بشتى أنواع الرياح، لأن الرياح تنشأ عن الاختلاف في درجة حرارة الجو حول الأرض**، فترتفع الرياح الدافئة وتنتشر، ثم تهب رياح لتحل محلها، وتنشأ حركة في كل الجهات، حيث تنطلق الرياح من الشرق إلى الغرب في النطاق المداري، ويحدث خلاف ذلك في العروض الوسطى.

Damascus University

climate المناخ

لماذا تختلف أنماط المناخ:

١- التفاوت في خط العرض	٢- التفاوت في الرطوبة الجوية
٣- التفاوت بين درجة حرارة اليابسة والماء	٤- التفاوت في شكل سطح الأرض

- يؤثر التفاوت في الرطوبة كذلك في المناخ.
- ففي **المناطق الحارة** قرب خط الإستواء، **يمتص الهواء الرطوبة** من مياه المحيطات الدافئة، **وتحملها الرياح** إلى اليابسة، حيث **تُسقط أمطاراً**.
- وهكذا فإن المناطق الممطرة هي القريبة من **خط الإستواء**، وكذلك المناطق التي تهُب فيها الرياح من جهة البحر.
- ويقل التساقط في المناطق القطبية حيث مياه البحر باردة، وكذلك في المناطق الداخلية البعيدة عن البحر.

التفاوت بين درجة حرارة اليابسة والماء. قد يختلف المناخ في بقعتين على نفس خط العرض، إذا كانت **إحداهما داخلية والأخرى ساحلية**. ذلك لأن **المناطق الداخلية أكثر حرارة من المناطق الساحلية**، والماء في البحر يبرد أو يدفأ ببطء قياسًا مع اليابسة. ففي الصيف ترتفع الحرارة في المناطق الداخلية أكثر منها على السواحل التي يتحكم فيها هواء البحر. وفي فصل الشتاء يهب من البحر هواء دافئ فوق المناطق الساحلية، فلا تنخفض الحرارة هنا بقدر ما يحدث في المناطق الداخلية. تعمل البحيرات عمل المحيط في تأثيرها على المناخ.

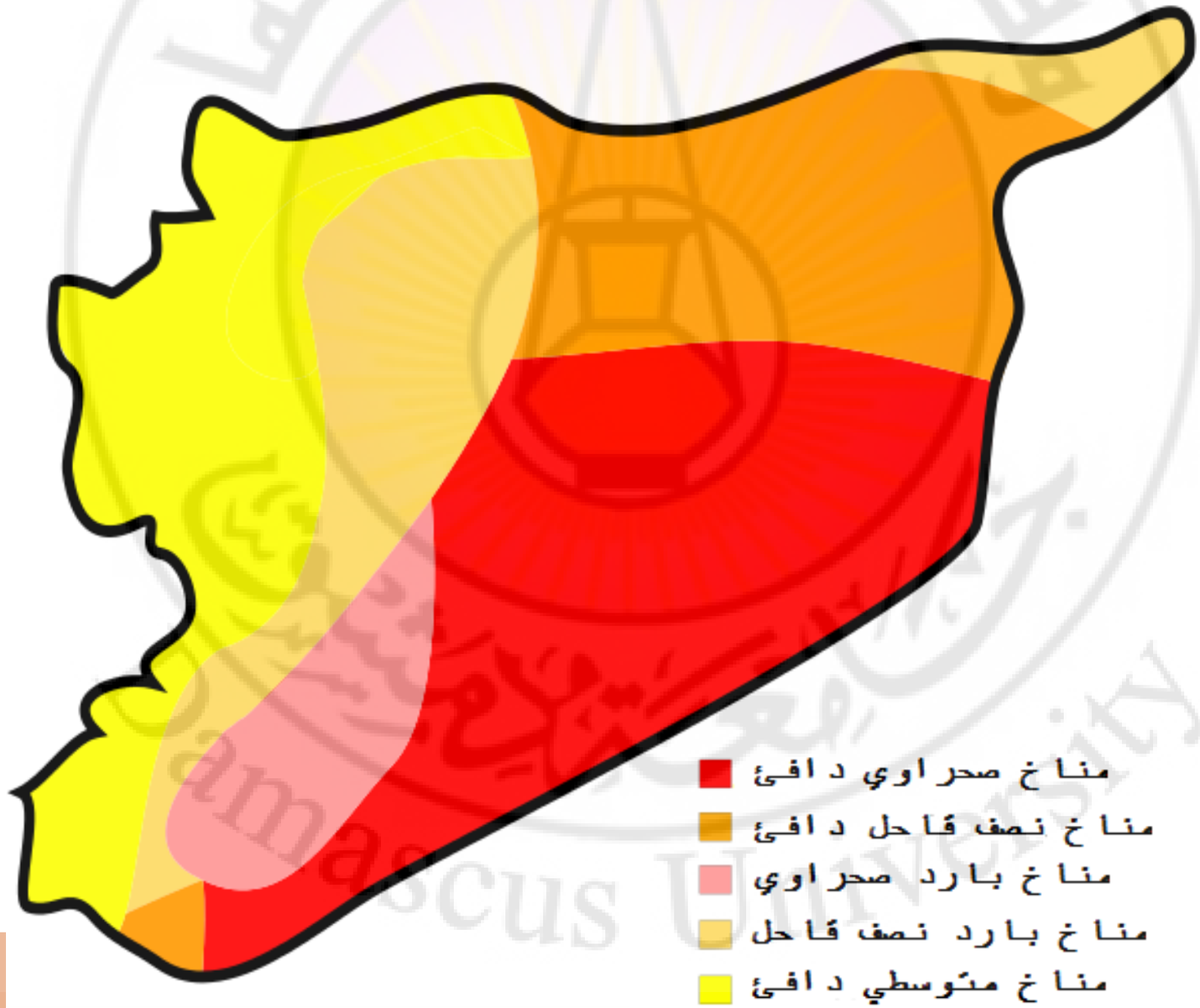
التفاوت في شكل سطح الأرض

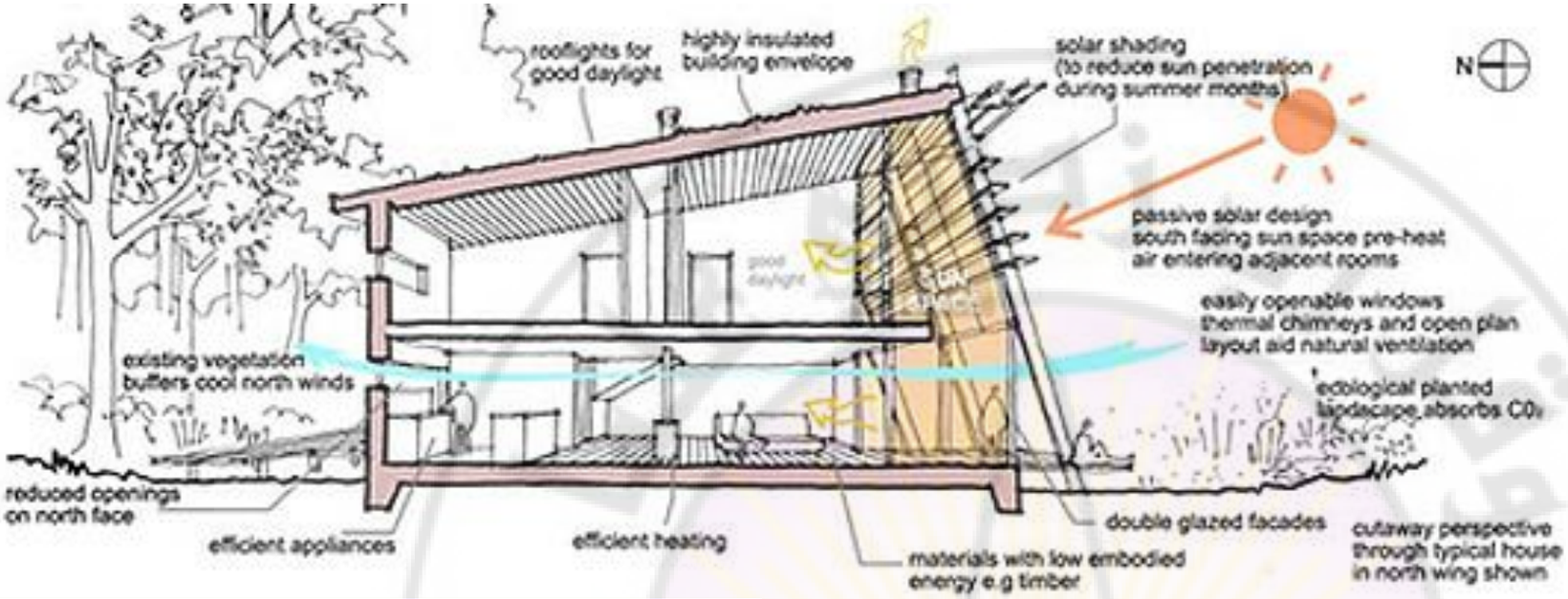
يؤدي اختلاف طبيعة سطح الأرض، إلى اختلافات في الخصائص المناخية. فكلما ارتفع الهواء وتمدد انخفضت درجة حرارته، كما أن الهواء البارد يحتفظ بكميات من الرطوبة أقل مما يحتفظ به الهواء الدافئ. وهكذا فإذا هبت الرياح فوق منطقة جبلية، فإنها تبرد وتفقد جزءًا من رطوبتها. ولهذا، فإننا نجد المناطق الجبلية أشد برودة وأكثر رطوبة من المناطق المنخفضة. وإذا كان سفح الجبل في اتجاه الرياح الرطبة، كانت المنطقة معرضة للأمطار بنسبة أكبر.

climate

المناخ

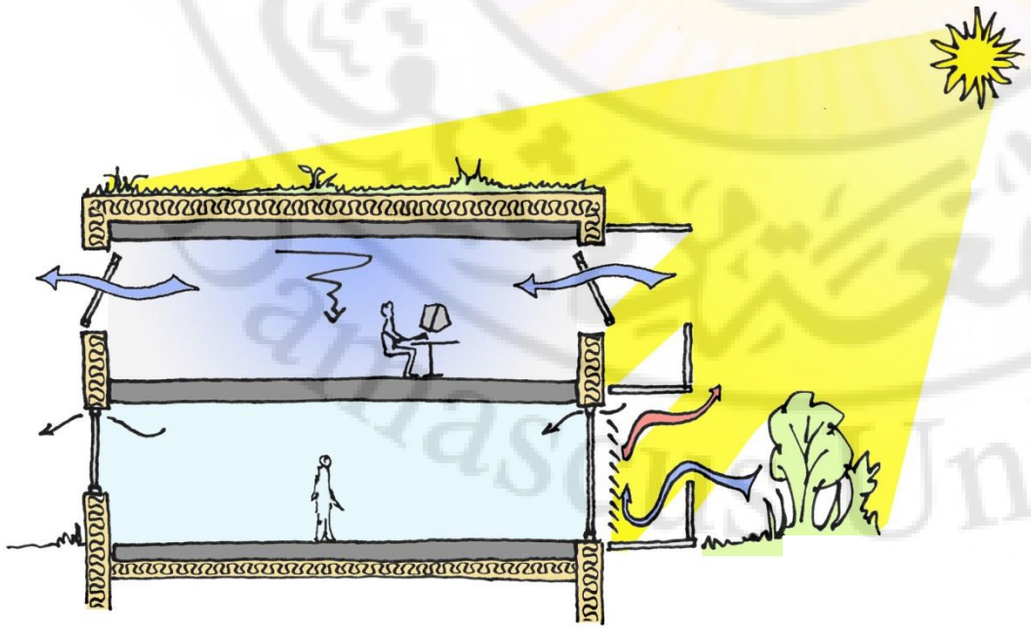
- إن الأماكن ذات العوامل المناخية المتماثلة تنتمي إلى نفس **المنطقة المناخية** .
- واستنادا إلى هذه العوامل يمكن تقسيم البلد إلى **خمسة** مناطق مناخية .





الأحمال الداخلية

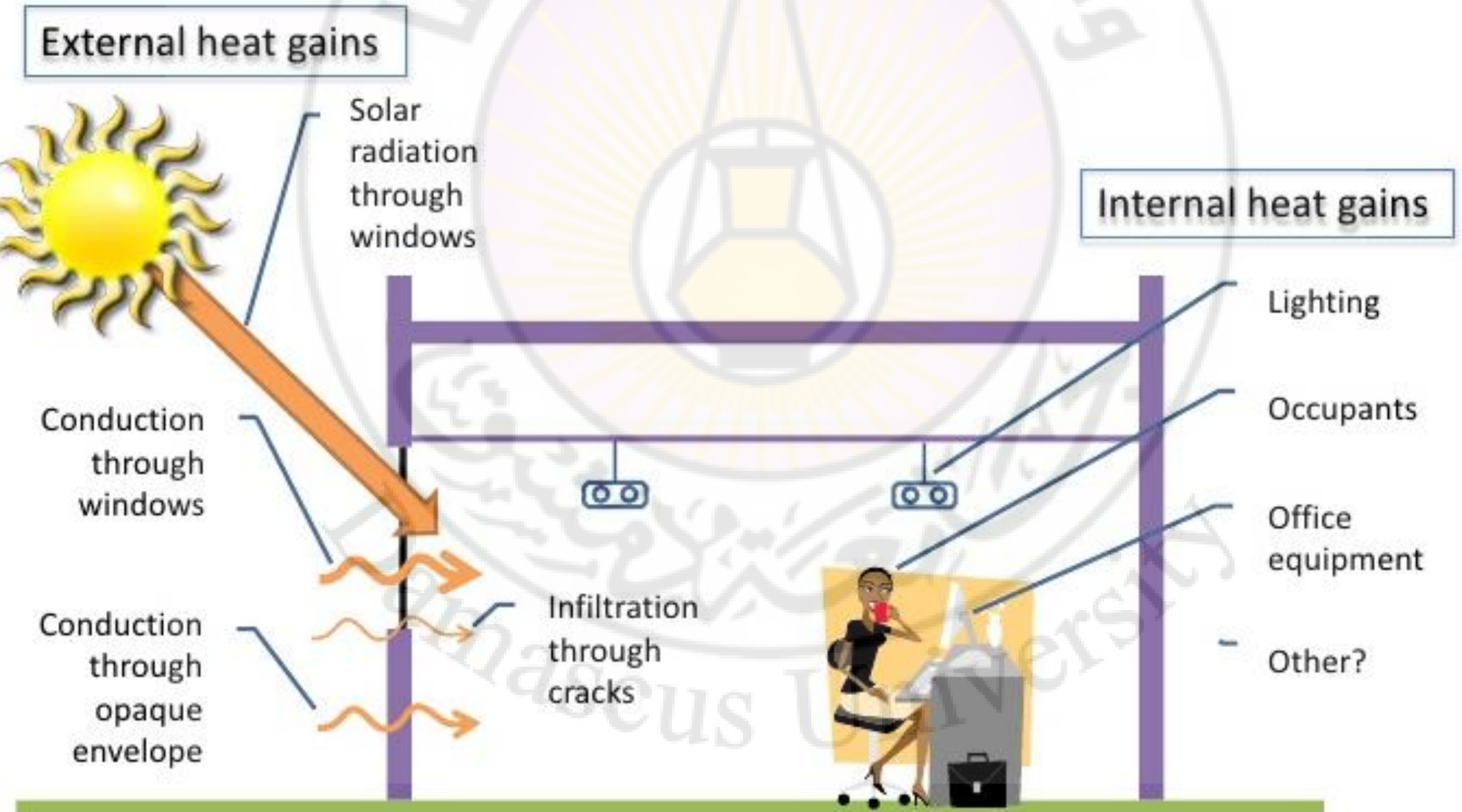
Internal loads



Internal loads

الأحمال الداخلية في المباني

- الأحمال الداخلة في المباني يمكن حسابها بشكل صحيح اذا تم أخذ جميع مصادر المكاسب الحرارية بالحسبان.
- المصدر الأساسي للحمولات الداخلية هو **الناس الشاغلين** (Occupants)، **وسائل الإنارة، والأدوات الكهربائية**.
- تحديد حمولات التبريد اللازمة لمبنى يعتمد على المكاسب الحرارية لنموذج الطاقة لمبنى (Building energy model).



Internal loads

الأحمال الداخلية في المباني

الناس الشاغلين Occupants

- معدل الاستقلاب الداخلي في جسم الانسان، هو مصدر الأساسي للحرارة المكتسبة الكامنة (Latent heat gains) في المبنى .
- هي تعتمد على مقدار النشاط المشغول من قبل الانسان، حيث أن الرجل البالغ ينشر ٨٠ W عندما يكون نائما، و٥٧٠W عندما يمارس نشاط ثقيل.
- معدل الاستقلاب أيضا يتعلق بجنس ، وعمر الانسان.

Degree of Activity		Total Heat, W: Adult Male	Total Heat, W: Adjusted, M/F[a]	Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant[b]: Low *V*	% Sensible Heat that is Radiant[b]: High *V*
Seated at theater	Theater, matinee	115	95	65	30		
Seated at theater, night	Theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	160	145	75	70		
Sedentary work	Restaurant[c]	145	160	80	80		

المعدلات التمثيلية للحرارة والرطوبة التي يتم إعطاءها من قبل البشر في حالات مختلفة من النشاط

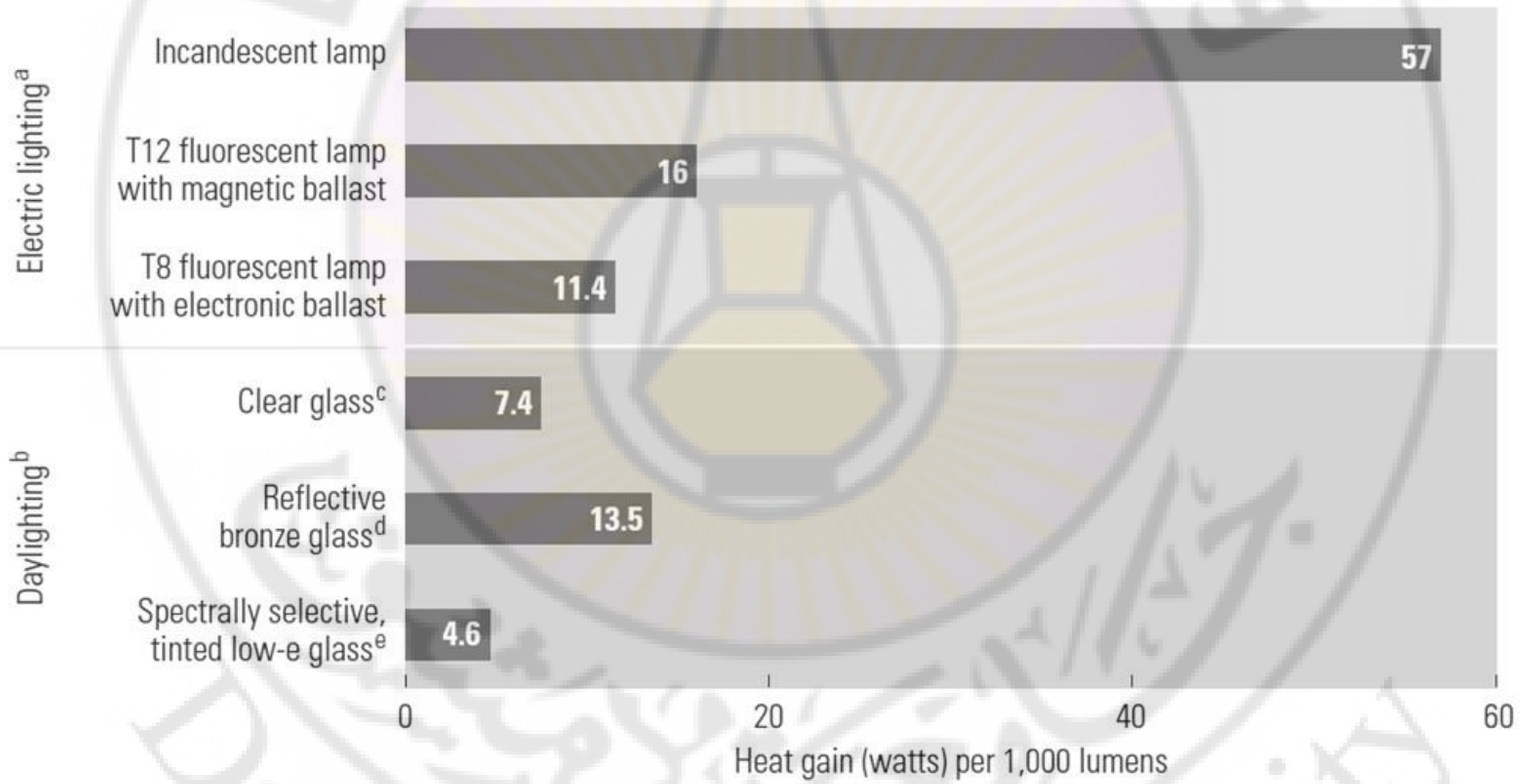
Internal loads

الأحمال الداخلية

في المباني

وسائل الانارة

- وسائل الانارة: هي مصادر لمكاسب حرارية بالحمل الحراري (Conviction) والإشعاع (Radiant) في المبنى.
- هناك طرق لتقليل حمولات التبريد في المبنى بتغيير نوع الانارة.
- إنارة ال(LED) لها الإمكانية لتوفير الطاقة.



المكاسب الحرارية من مصادر الضوء المختلفة

مع اختيار الزجاج المناسب للمبنى فإن الأثر الحراري لضوء النهار سيكون أقل من أثر المصابيح الكهربائية

SOURCE: E Source Technology Atlas Series, Volume I Lighting ((2005

Internal loads

الأحمال الداخلية في المباني

الأدوات الكهربائية

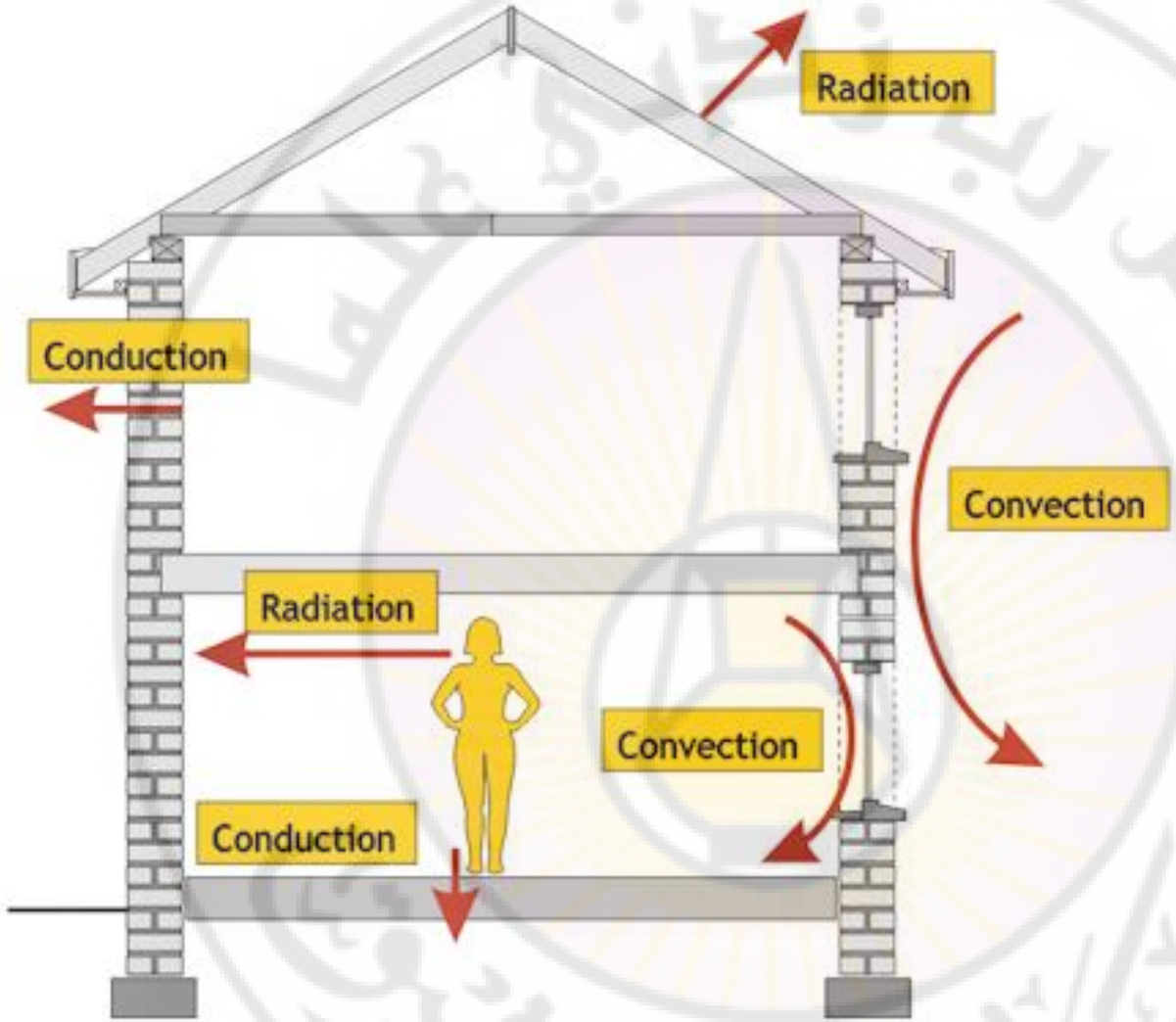
	Continuous, W	Energy Saver Mode, W
Computers[a]		
Average value	55	20
Conservative value	65	25
Highly conservative value	75	30
Monitors[b]		
Small (13 to 15 in.)	55	0
Medium (16 to 18 in.)	70	0
Large (19 to 20 in.)	80	0

مكاسب الحرارة من أجهزة الكمبيوتر النموذجية

Appliance	Size	Energy Rate, W		Recommended Rate of Heat Gain,[a] W			
				Without Hood			With Hood
		Rated	Standby	Sensible	Latent	Total	Sensible
Hot plate (single burner, high speed)		2800	—	1310	910	2220	1040
Microwave oven (residential type)	30 L	600 to 1400	—	600 to 1400	—	600 to 1400	0
Refrigerator (small) per cubic metre of interior space	0.17 to 0.71 m^3	1730	—	690	—	690	0
Steam kettle (small), per litre of capacity	23 to 45 L	260	—	21	14	35	10
Toaster (small pop-up)	4 slice	2470	—	1310	1160	2470	790
Oven (small convection), per cubic metre of oven space	0.04 to 0.15 m^3	107000	—	—	—	—	1520

معدلات المكاسب الحرارية من أجهزة الطبخ التجارية النموذجية

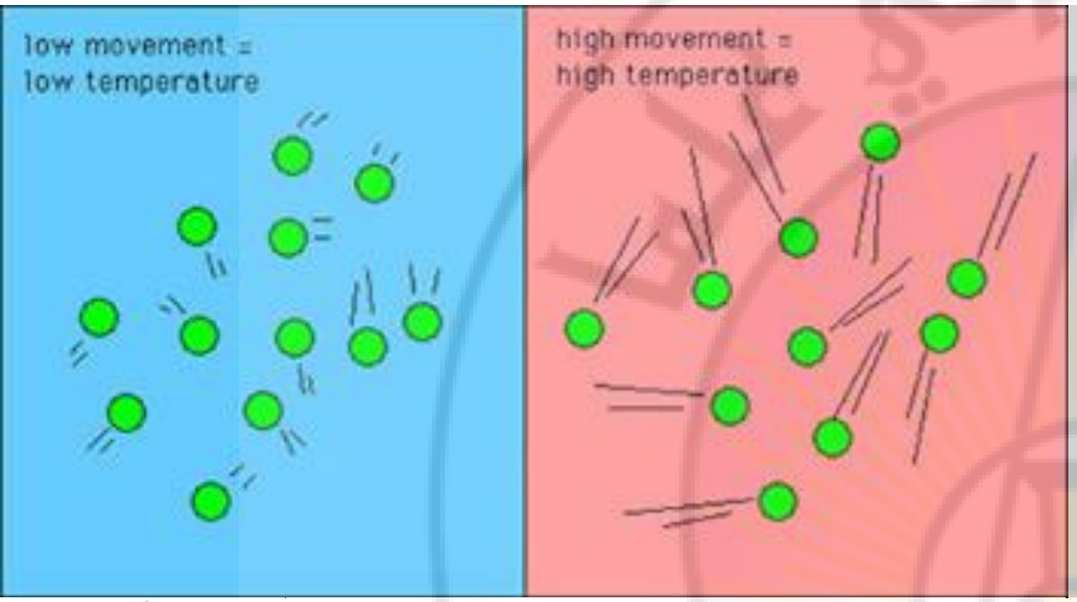
SOURCE: ASHRAE Handbook Fundamentals 2005



نقل حرارة البناء

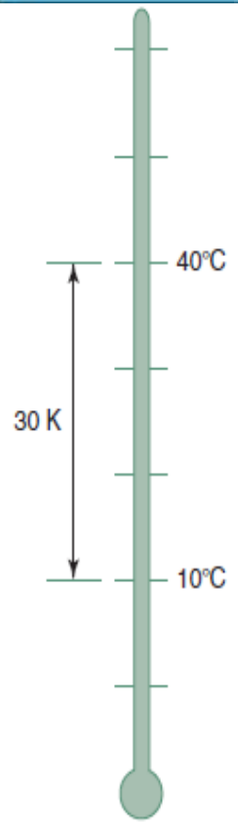
Building Heat Transfer

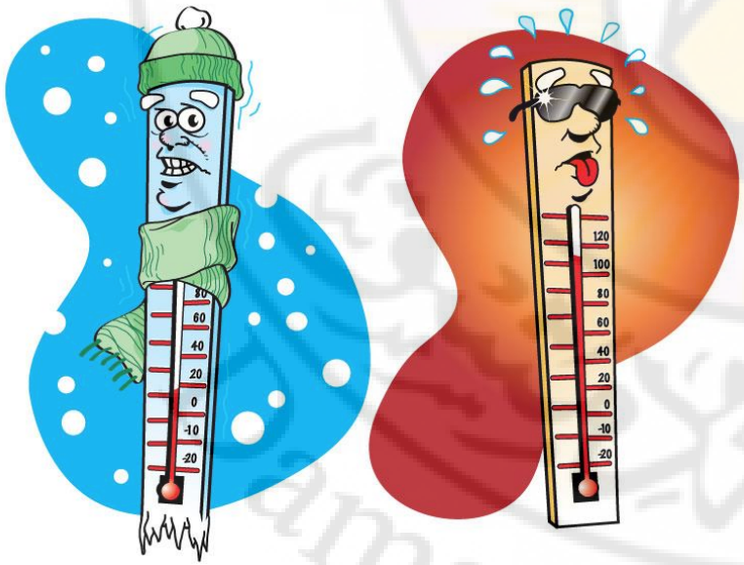
نقل حرارة البناء



الحرارة :

- هي شكل من اشكال الطاقة تتواجد في المواد مع حركة الجزيئات والذرات ضمنها.
- كلما زادت حركة الجزيئات كلما ازدادت حرارة المادة.





درجة الحرارة :

- هي مؤشر من مؤشرات وجود الحرارة في مادة ما.
- مقياس الدرجة المئوية يعتمد على الماء، حيث نقطة تجمده اعتمدت (٠) درجة مئوية، ونقطة غليانه (عند الضغط الجوي الطبيعي) (١٠٠) درجة مئوية.
- مقياس الكلفن يبدا من (الصفر المطلق) مع الغياب التام لدرجة الحرارة. وبالتالي (٠) سلسيوس = (٢٧٣,١٥) كلفن.

الفاصل الزمني في درجة الحرارة هو نفسه في كلا المقياسين. بالمنطق نقطة على مقياس سيليزيوس ترمز ب (درجة مئوية) ولكن التدوين **لاختلاف درجة الحرارة هو الكلفن.**

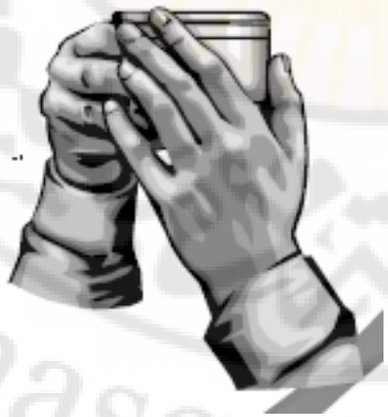
Building Heat Transfer

الحرارة الكامنة في المادة: هي كمية الحرارة (الطاقة) التي تمتصها وحدة الكتلة من المادة عند تغير الحالة (من الصلبة الى السائلة او من السائلة الى الغازية) دون تغير في درجة الحرارة، وهذا يقاس ب جول/كغ. على سبيل المثال: للماء:

الحرارة الكامنة للانصهار (الجليد للماء) في (٠ سْ = ٣٣٥ ك جول /كغ.)

حرارة الكامنة للتبخر في (١٠٠ سْ =٢٢٦١ ك جول/كغ)

وعلى (١٨ سْ= ٢٤٠٠ ك جول/ كغ.) وعند تغير الحالة العكسية يتم تحرير نفس كمية الحرارة



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

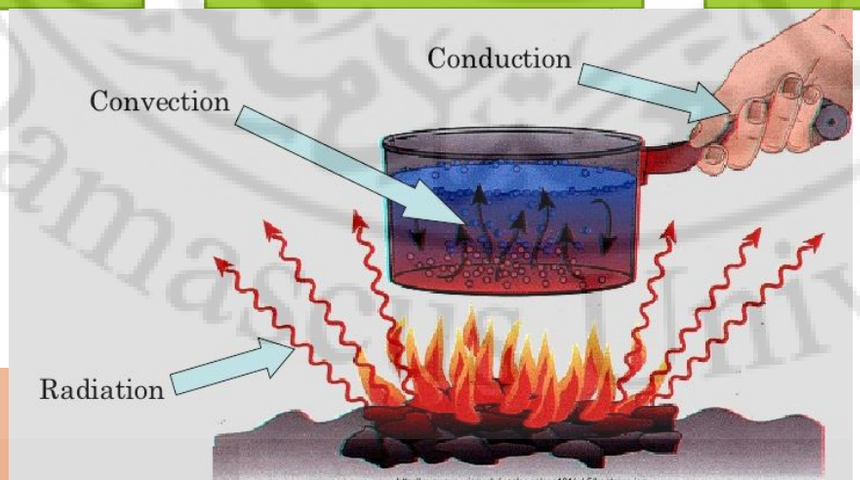
الديناميكا الحرارية: هو علم تدفق الحرارة وعلاقتها بالأعمال الميكانيكية.

قوانين الديناميكا الحرارية

- **القانون الأول:** هو مبدأ الحفاظ على الطاقة، الطاقة لا يمكن خلقها او تدميرها (الا في العمليات دون الذرية). ولكن يمكن ان تتحول من شكل الى اخر.
- الحرارة والعمل مترابطان. فالطاقة الناتجة في أي نظام يجب ان تساوي الطاقة الداخلة. مالم يكن هنالك مكونات اختزان.

- **القانون الثاني:** ينص على انّ نقل الحرارة (او الطاقة) يمكن ان يحدث بشكل عفوي باتجاه واحد فقط: من الاسخن الى الابرد جسما، او بشكل عام من الحالة الأعلى الى الأخفض درجة (بنفس طريقة تدفق المياه حيث ينتقل الى المستوى الأخفض دائما-انحدار-).
- **تدفق الحرارة** من المنطقة الأعلى درجات حرارة الى الأخفض يمكنها ان تتم من **خلال ثلاثة أشكال:**

التوصيل الحراري | **الحمل الحراري** | **الاشعاع الحراري**



SOURCE: ASHRAE Handbook Fundamentals 2005

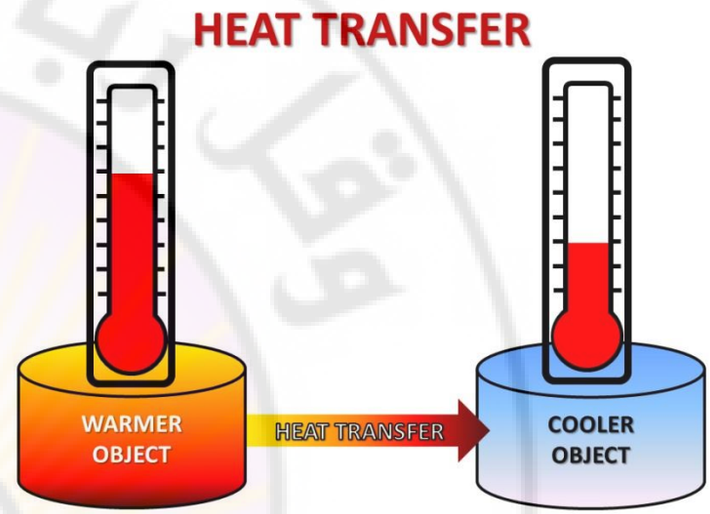
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

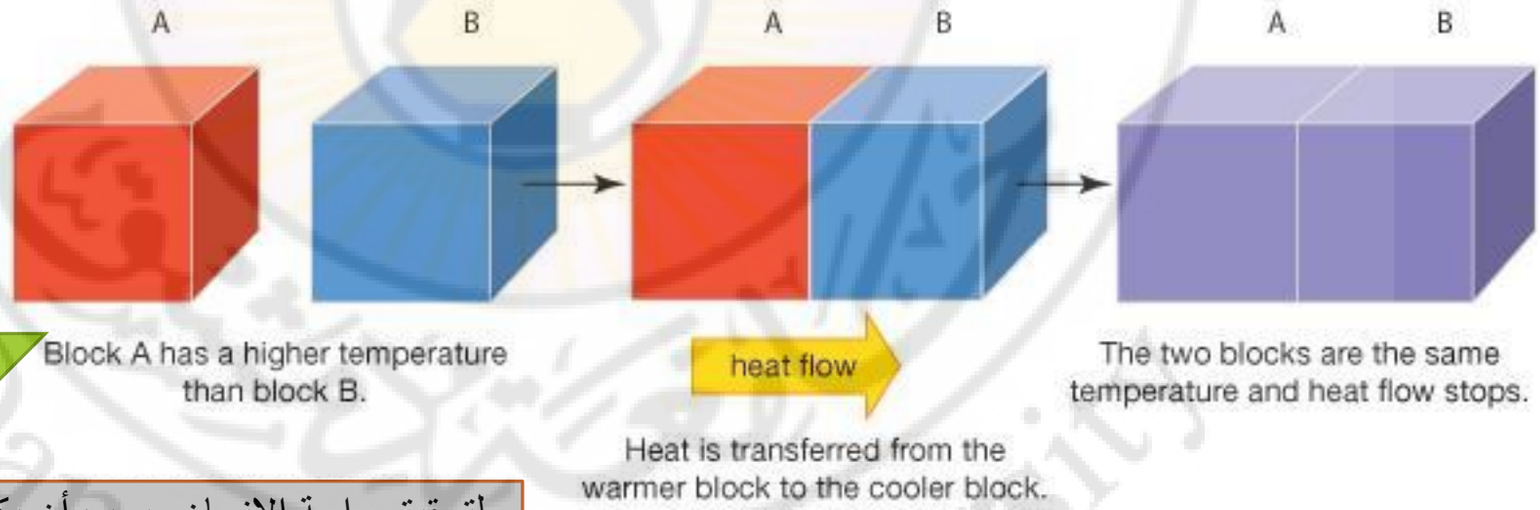
تنتقل الحرارة تلقائيا من جسم درجة حرارته مرتفعة إلى جسم درجة حرارته أقل من الأول.

يزيد ذلك **الطاقة الداخلية internal energy** للذرات الأبرد فترتفع درجة حرارتها و تنخفض طاقة الذرات الأسخن فتدنى درجة حرارتها.

و يستمر ذلك حتى تتساوى درجة الحرارة في المنطقة (تسمى هذه الحالة **الاتزان الحراري** thermal equilibrium .



ضبط درجة حرارة المحيط



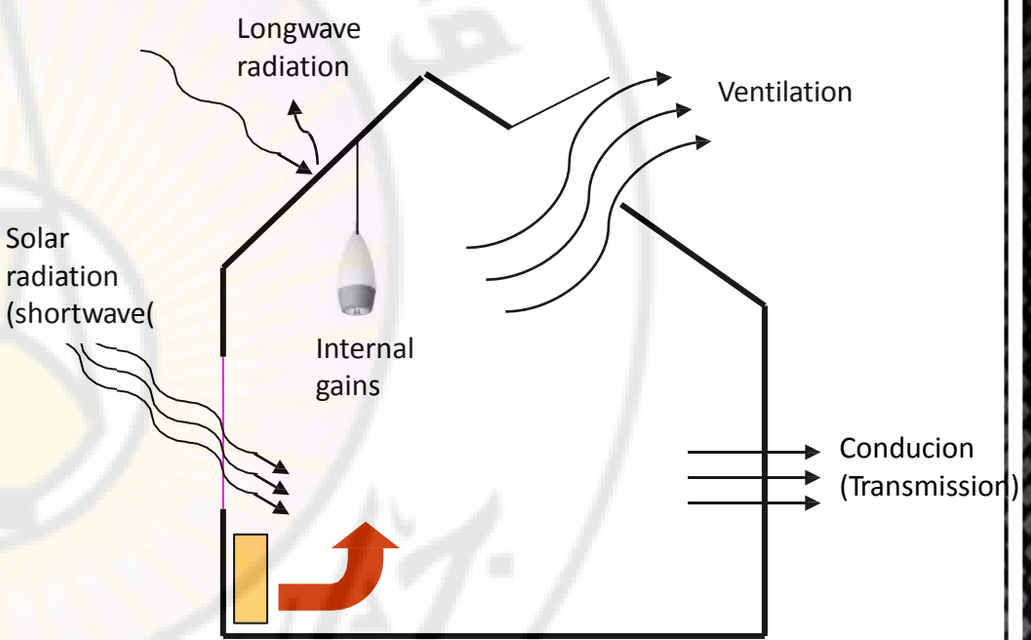
لتحقيق راحة الإنسان، يجب أن يكون هناك نوع من **التبادل الحراري**، كالتسخين حين يكون الجو باردا في فصل الشتاء أو التبريد حين يكون الجو حارا في فصل الصيف.

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

نظرة عامة

- التوصيل من خلال المغلف
- نقل الحمل الحراري عن طريق التهوية
- إرسال موجات الإشعاع الشمسي القصيرة من خلال العناصر الشفافة لمغلفات المباني .
- امتصاص الموجات القصيرة للإشعاع الشمسي من خلال مكونات البناء
- انبعاث الموجات الطويلة للإشعاع من خلال عناصر البناء
- النقل الحراري بين الصلب والسائل من خلال الإشعاع والحمل الحراري
- نقل الحرارة بسبب الناس والإضاءة والمعدات وأنظمة التكييف



انتقال الحرارة في كامل المغلف

=Conduction + Convection + Radiation

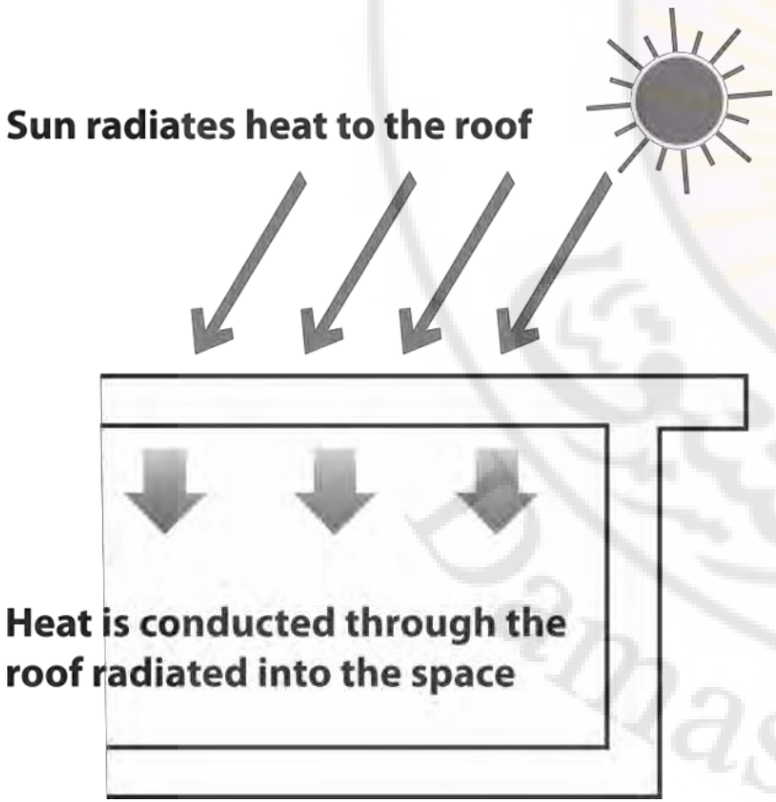
= التوصيل + الحمل الحراري + الإشعاع

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

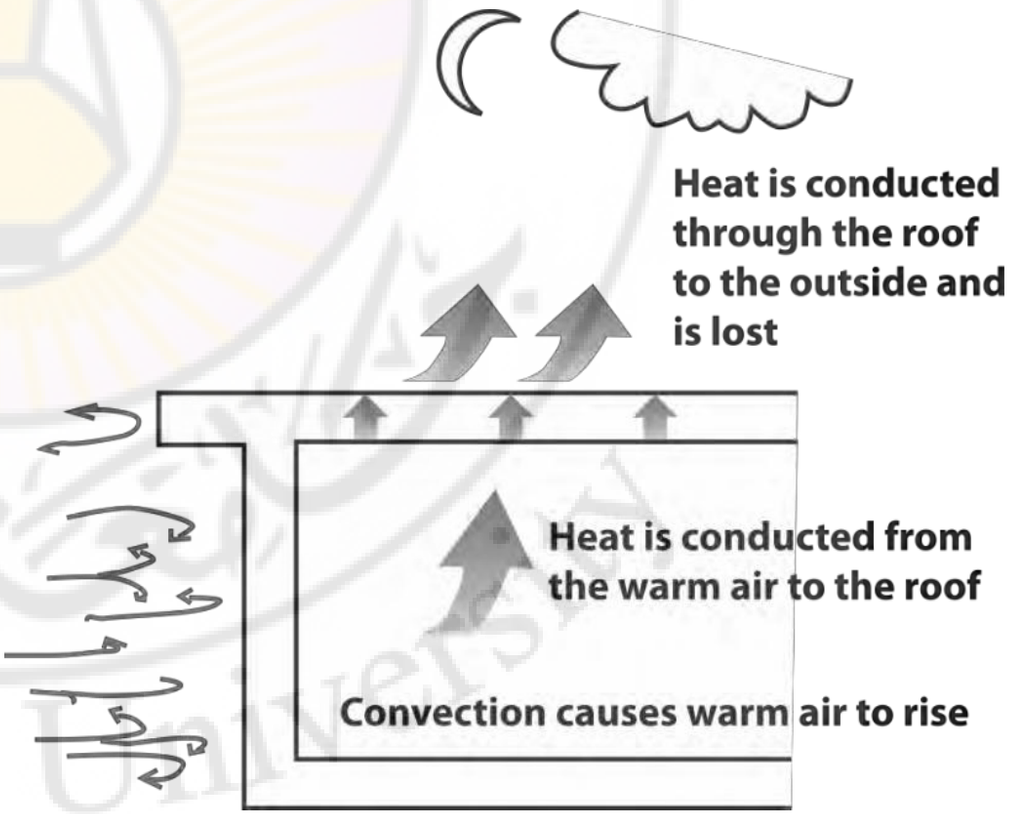
نقل الحرارة في النهار
يتم نقل الحرارة من الخارج إلى الداخل من المبنى

$T_{out} > T_{in}$



نقل الحرارة في الليل
يتم نقل الحرارة من داخل إلى الخارج من المبنى

$T_{out} < T_{in}$



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

الحرارة النوعية - السعة الحرارية

- **الحرارة النوعية:** هي الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من مادة ما درجة واحدة، وهي تعتمد على حالة المادة وتركيبها الكيماوي.

- **السعة الحرارية:** هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم ما درجة مئوية واحدة.السعة الحرارية لكل مادة محددة ومعروفة.

Material المواد	$c\ [J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
Brick الآجر	800
Concrete الاسمنت	840
Limestone الحجر الكلسي	910
Plaster الجص	1000
Light-weight concrete الخرسانة خفيفة الوزن	1000
Mineral wool الصوف المعدني	1000
Wood الخشب	1200
Water الماء	4187
Air الهواء	1006

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

طرق انتقال الحرارة:

١- الإشعاع
Radiation

٢- التوصيل
Conduction

٣- الحمل
Convection

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

- **الإشعاع الحراري:** تحمل الحرارة بشكل إشعاعات (أمواج كهرمغنطيسية) تنطلق من الجسم الحار ويستقبلها الجسم البارد وتنتقل عبر الغازات. أي سطح درجة حرارته أعلى من الصفر المطلق يعتبر مصدر للأشعة الكهرومغنطيسية.

- **التوصيل (الناقلية الحرارية):** من خلال الالتصاق بالجسم مباشرة فلكل جسم ناقليه حرارية خاصة به وهي ناتجة عن الخواص وسماكة المادة. تنقل الطاقة بالأجسام الصلبة والسائلة والغازية.

- **الحمل (التيارات الحرارية):** إن السوائل والغازات تتحرك بحرية عندما تسخن لأن جزيئاتها غير محكمة الواحدة مع الأخرى.
- الهواء الساخن يرتفع والهواء البارد ينزل.
- عند تلامس الغازات مع أسطح السوائل فإما يتم نقل أو أخذ الطاقة

انتقال الحرارة بالإشعاع:

- يختلف تنقل الحرارة بفعل الإشعاع عن سابقيه بأنه **لا يحتاج أن يكون تماس** بين الجسمين الذين يتبادلان الطاقة الحرارية، **حتى ولو كان بينهم فراغ تام.**
- **فالطاقة الحرارية** يمكنها إن **تتنقل في شكل موجات كهرومغنطيسية** وبسرعة الضوء حتى تصل إلى الجسم الذي يمتص الحرارة أو يعكسها كلها أو جزء منها.
- **وهذه الموجات لا تسخن المحيط الذي تمر به إلا إذا امتص هذا الأخير جزء منها**. ولهذا عندما نكون أمام كانون من النار نحس بأشعة منبعثة منه تلفح الوجه

الاشعاع الحرارى للجسم 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 بالمئة ولكن هناك من يقترب من ذلك مثل جسم صغير يشع طاقة حرارية داخل مساحة محددة او فتحة فى فجوة معينة

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

انتقال الحرارة بالإشعاع:

أي جسم درجة حرارته أعلى من الصفر المطلق فانه يشع طاقة حرارية وتحمل عن طريق موجات كهرومغناطيسية. حيث يتم بانتقال الحرارة بالإشعاع الذي لا يتطلب وسيط أو حركة هواء وهى الطريقة التي تنتقل بها حرارة الشمس إلى الأرض الأسطح العاكسة كمثل الرقائق المعدنية تعكس الإشعاعات الحرارية وتقلل من امتصاص الحرارة للأسطح المشيدة عليها .

وتعتمد كمية انتقال الحرارة على العوامل الآتية:

-فرق درجات الحرارة بين سطحي الحائط.

-سمك الحائط.

-مساحة الأسطح المعرضة للحرارة.

-الفترة الزمنية للمسار الحراري.

-معدل التوصيل الحراري للمادة

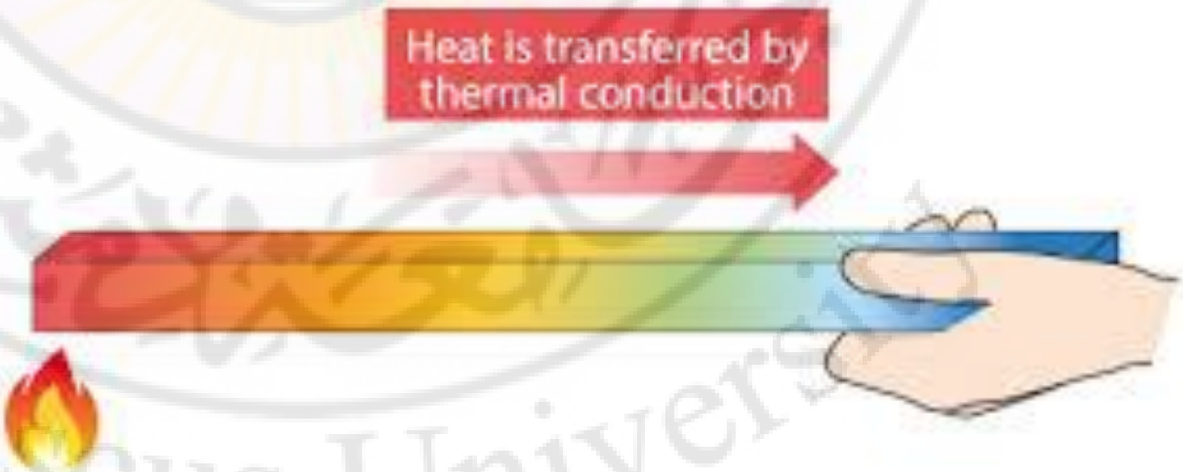
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

انتقال الحرارة بالتوصيل

يحدث التوصيل عندما نصل جسمين مختلفين بدرجات الحرارة فتتصادم الجزيئات السريعة من الجسم الدافئ مع تلك البطيئة من الجسم البارد فتفقد بعض من طاقتها خلال هذه العملية مما يؤدي إلى حدوث تقارب بينهما في درجات الحرارة .

هناك مواد ذات موصلية جيدة كالمعادن وأخرى ذات موصلية سيئة كالخشب .
كما يعد الفراغ المحصور بين طبقتين من الزجاج المزدوج بمثابة عازل بسبب موصليته الرديئة
للحرارة .



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

انتقال الحرارة بالتوصيل

الموصلية الحرارية لمواد مختلفة

Material	[W·m⁻¹·K⁻¹]
Brick الآجر	0.6
Concrete البيتون	1.7
Granite الجرانيت	3.5
Gypsum الجص	0.22
Iron الحديد	84
Light-weight concrete البيتون خفيف الوزن	0.14
Mineral wool الصوف المعدني	0.04
Wood الخشب	0.14

التوصيل يعتمد أيضا على خاصية من المواد المعروفة باسم الموصلية (الناقلية) (٨)

يقاس مثل كثافة تدفق الحرارة (واط / م ٢)

λ: thermal conductivity in W·m⁻¹·K⁻¹ التوصيل الحراري

انتقال الحرارة بالتوصيل

Fourier law قانون فوريه

(تدفق التوصيل الحراري في مادة متجانسة متماثلة الخواص)

$$q = -\lambda \nabla T = -\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}, \lambda \frac{\partial T}{\partial y}, \lambda \frac{\partial T}{\partial z}\right)$$

في حالة التدفق الحراري أحادي البعد

$$q = q_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$$

λ :thermal conductivity in $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ التوصيل الحراري

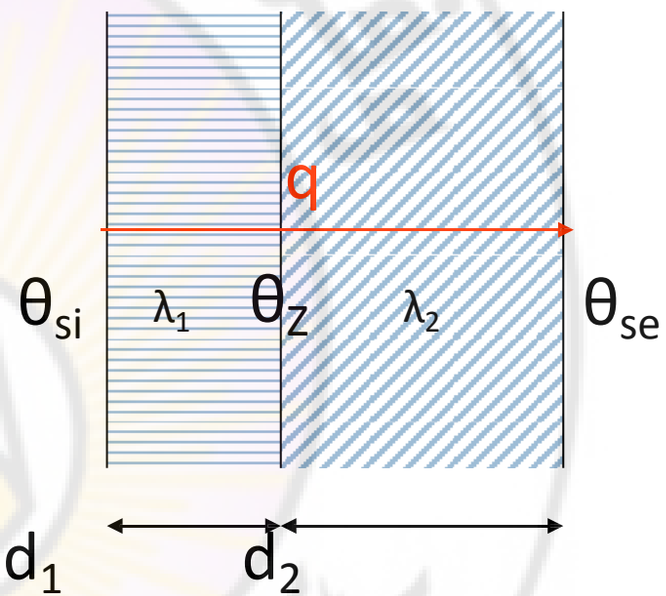
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

انتقال الحرارة بالتوصيل

المقاومات الحرارية للعناصر متعددة الطبقات

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R_T}$$



R_T إجمالي المقاومة الحرارية
لعنصر من المبنى متعددة الطبقات

$$R_T = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{d_n}{\lambda_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i}$$

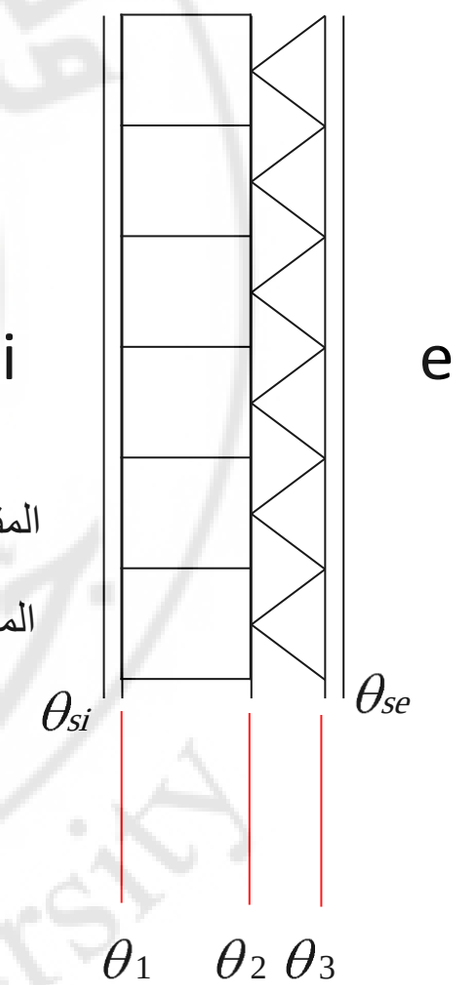
$\lambda_{1,2}$ ... *Thermal conductivity*	التوصيل الحراري
$d_{1,2}$ ... *Thickness*	السماكة
θ_{si} ... *Indoor surface temperature*	حرارة السطح الداخلي
θ_{se} ... *Outdoor surface temperature*	حرارة السطح الخارجي
θ_z ... *Interstitial temperature*	الحرارة البينية

Damascus University

انتقال الحرارة بالتوصيل

درجة حرارة الطبقات

$$\theta_i = \frac{R_{\rightarrow i} \cdot \theta_{si} + R_{\rightarrow e} \cdot \theta_{se}}{R_T}$$



θ_i: *Temperature at position i* درجة الحرارة في الموضع i

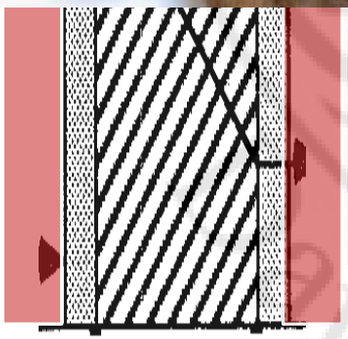
$R_{\rightarrow i}$: *Thermal resistance up to position i* المقاومة الحرارية حتى الموضع i

$R_{\rightarrow e}$: *Thermal resistance from position i* المقاومة الحرارية من الموضع i

انتقال الحرارة: عبر الهيكل الانشائي:

الطبقة الهوائية الملامسة للسطح :

طبقة **رقيقة ثابتة غير متحركة** لا تتأثر بتيارات الحمل
تقاوم انتقال الحرارة بين سطح المنشأ والهواء المحيط تعرف **بمقاومة السطح.**



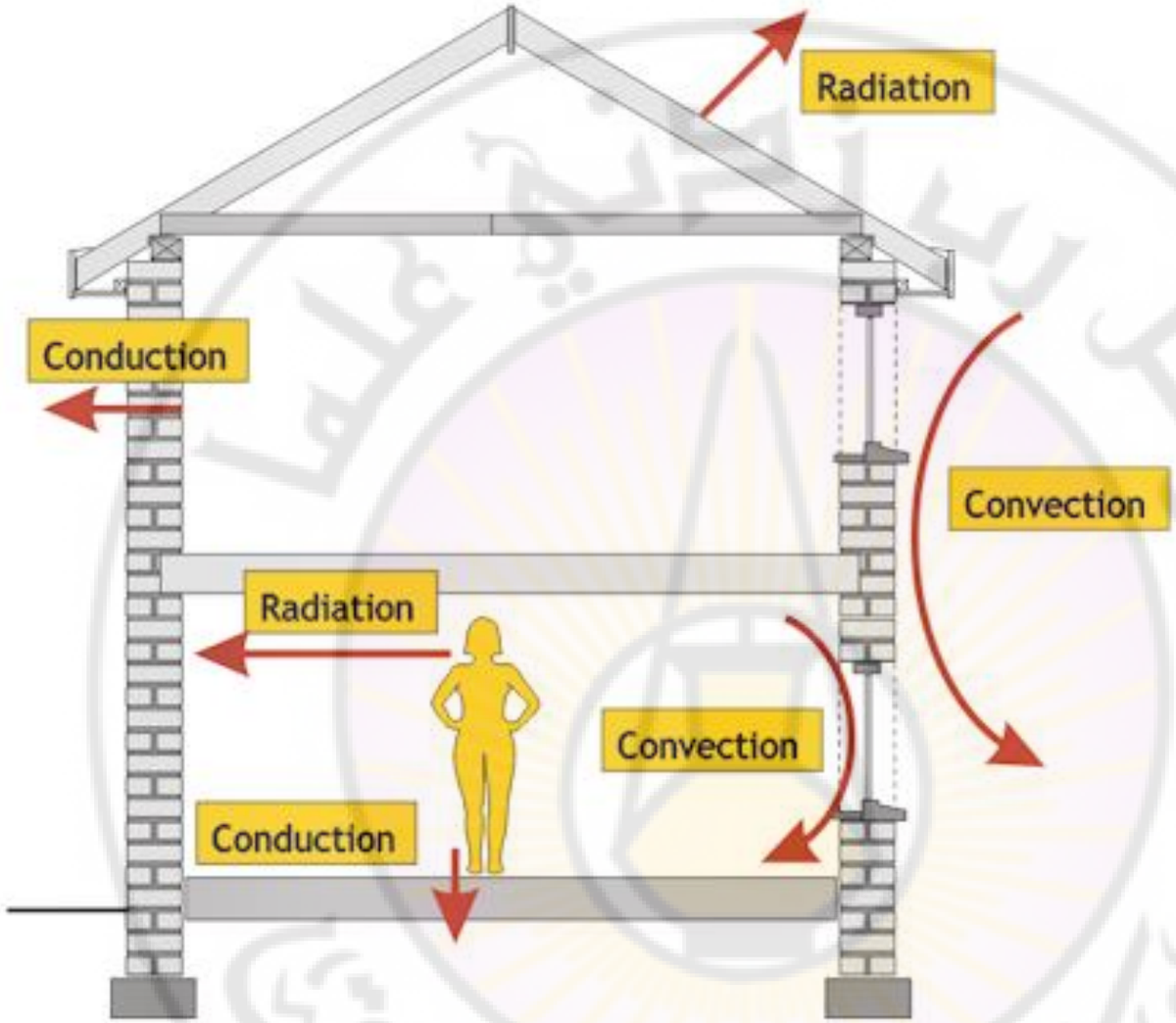
الفرق بين **النفاذية الحرارية والموصلية الحرارية** هو:
أن النفاذية تشتمل على مقاومة الطبقات المختلفة إضافة لمقاومة طبقة الهواء الثابته والملامسة للسطحين الداخلي والخارجي

Question of the Day

Label the heat movement as conduction, convection or radiation.

1.Lava Lamp 2.Fire 3.Spoon in soup

Damascus University



نقل حرارة البناء- الاستفادة من الحمل الحراري في التهوية

Building Heat Transfer- using convection for ventilation

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

الحمل الحراري

هو العملية التي تنتقل فيها الحزم الحرارية عن طريق السائل الساخن أو الغاز
على سبيل المثال : يتوسع الهواء الساخن ويرتفع نظرا لانخفاض الكثافة فتنتقل بذلك الطاقة الحرارية .

يتضمن انتقال الحرارة بين السائل والسطح الصلب ما يلي:

- الانتقال الطبيعي وسببه اختلافات في كثافة السائل .
- الانتقال الاجباري وسببه الرياح - HVAC إلخ .

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

معادلة التوازن للحرارة العامة (مبسطة)

$$Q = (Q_T + Q_V) - \eta \cdot (Q_i + Q_s)$$

Q: طلب التدفئة / التبريد

Q_T: نقل الحرارة بالإرسال

Q_V: نقل الحرارة بالتهوية

Q_i: المكاسب الداخلية

Q_s: الكسب الشمسي

η: كفاءة المكاسب (وظيفة الكتلة الحرارية)

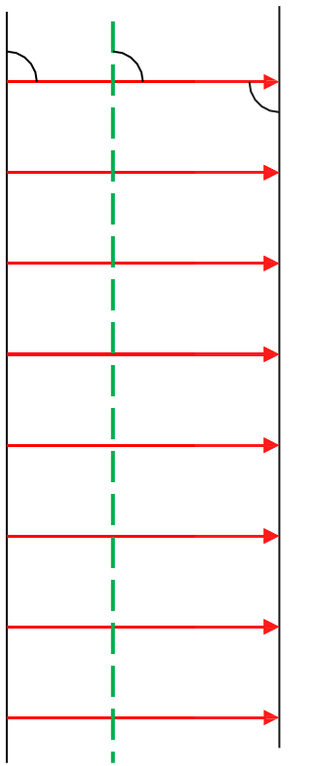
الافتراضات η الأساسية لحساب الفقدان الحراري

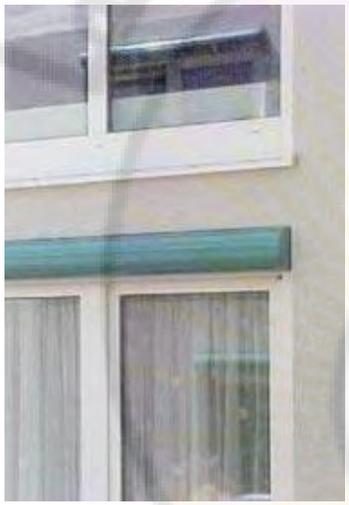
n	نوع البناء
1	كبير
0.97	وسط
0.9	خفيف

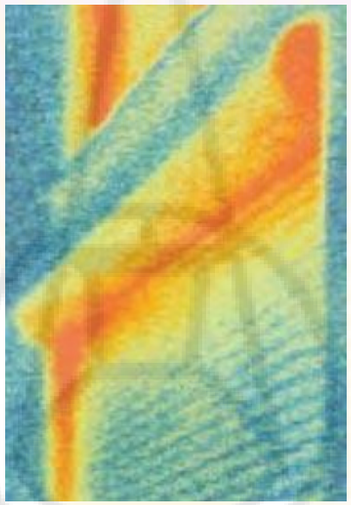
Damascus University

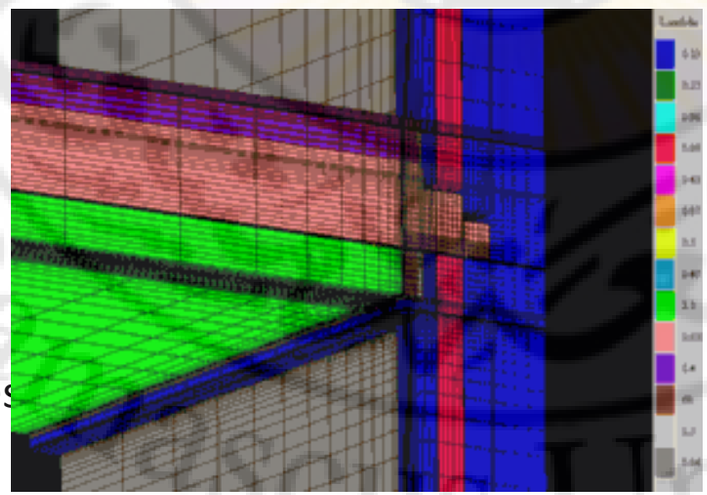
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء









الجسور الحرارية

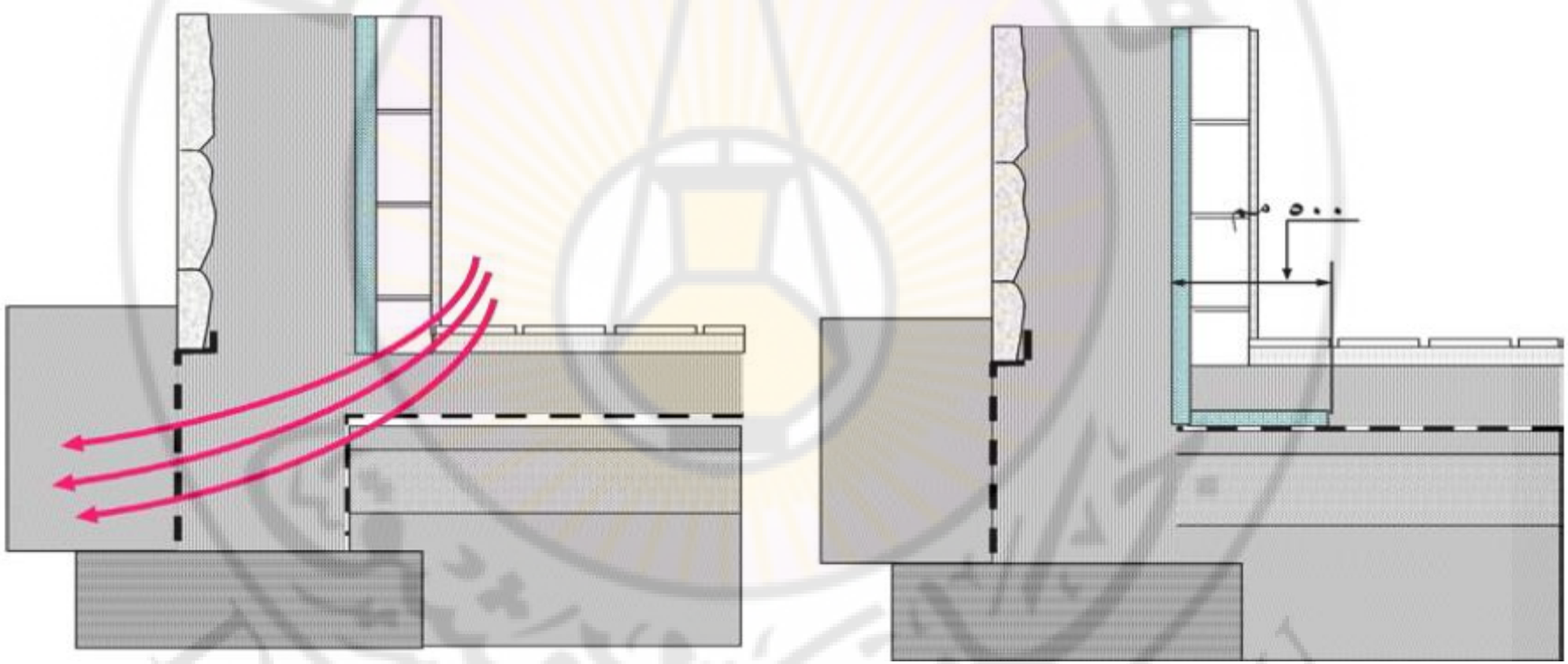
لقد ورد في كود العزل الحراري للأبنية أن الجسور الحرارية في العناصر الإنشائية الخارجية هي مواضع ضعف ذات تأثير سلبي يجب تلافي حدوثها من قبل المهندس المصمم، وتعرف الجسور الحرارية على أنها أجزاء في المنشأة ذات مقاومة حرارية منخفضة وتكون مجاورة لأجزاء أخرى ذات مقاومة حرارية أعلى .

وهذا يعني أنه عند دراسة وتنفيذ العزل الحراري للبناء يجب تغليف المبنى بالكامل بمادة العزل الحراري وعدم ترك نقاط ضعف تؤدي إلى تشكل الجسور الحرارية والتي تكون عرضة لخطر تكاثف بخار الماء.

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

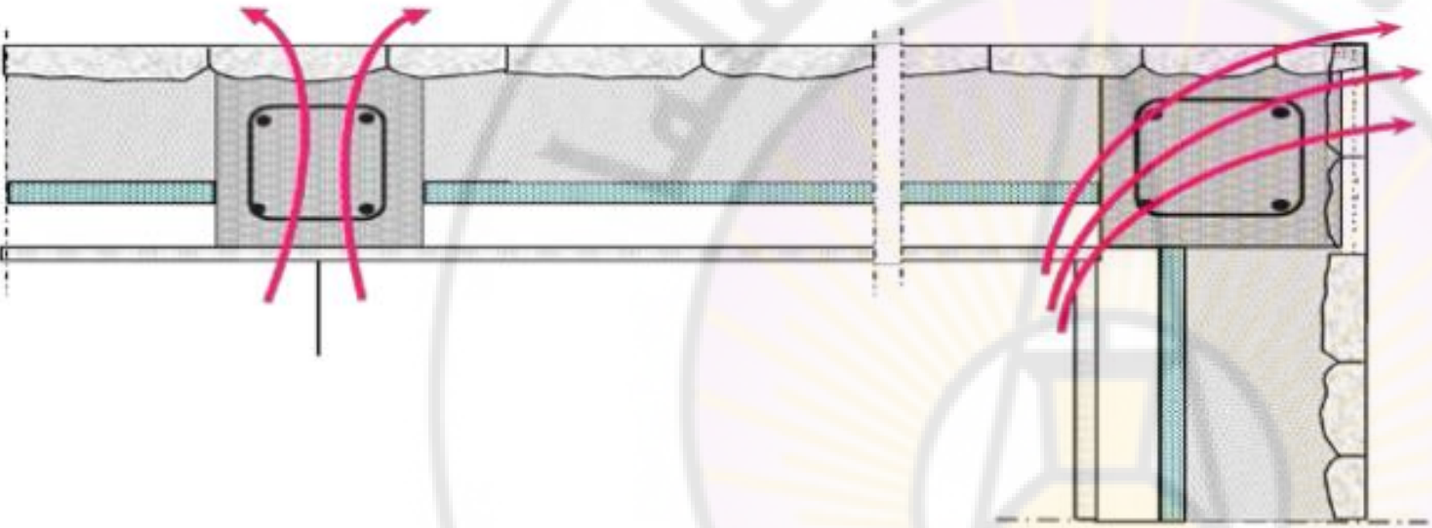
الجسور الحرارية



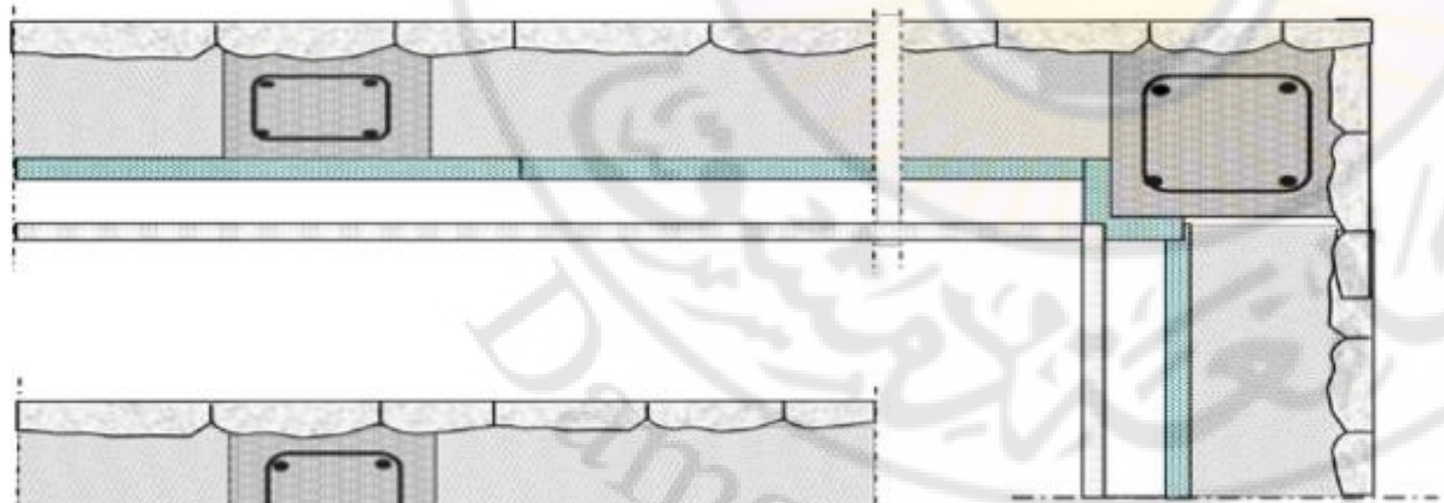
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

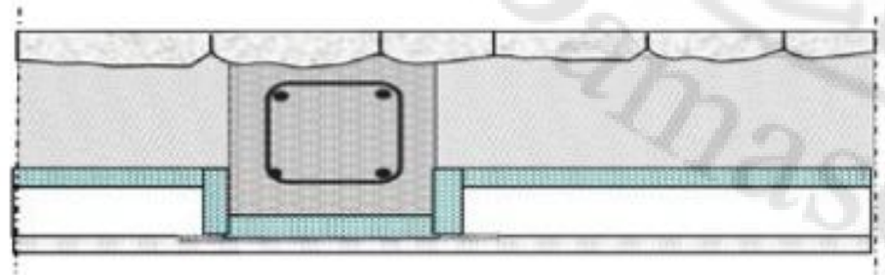
الجسور الحرارية



خطأ تصميمي يؤدي إلى تشكل الجسور الحرارية



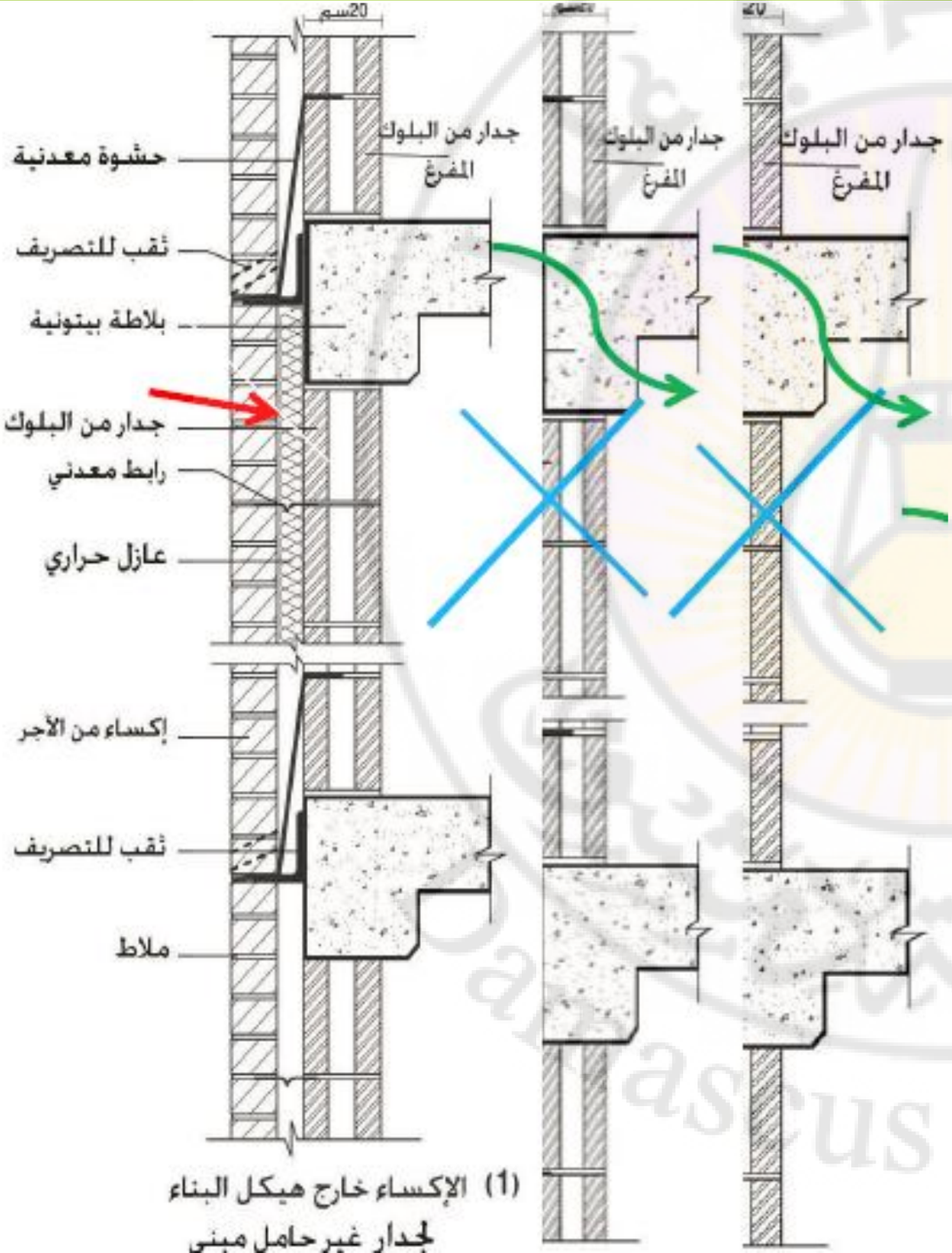
معالجة الجسور الحرارية



Building Heat Transfer

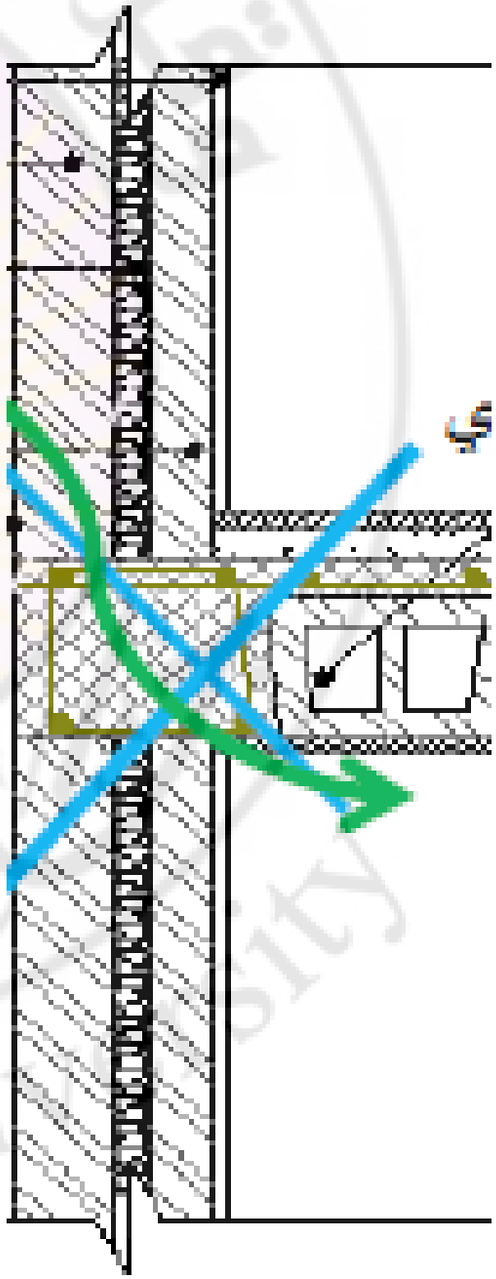
نقل حرارة البناء

الجسور الحرارية



(1) الإكساء خارج هيكل البناء

لجدار غير حامل مبني



الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر المتجانسة

نقصد بالعناصر المتجانسة في هذه الفقرة بأنها العناصر التي لها المقاومات الحرارية نفسها للطبقات المكونة لهذه العناصر في أي نقطة من سطح الانتقال الحراري.

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لهذه العناصر وفق العلاقة:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se})}$$

حيث:

- **U** : معامل الانتقال الحراري الكلي الكلي ويقدر بـ (واط/م^2.كلفن)
- $\mathbf{R_{Si}}$: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية وتقدر بـ (م^2.كلفن/ واط) و تؤخذ قيمها وفق الجدول التالي:

اتجاه انتقال الحرارة			المقاومة الحرارية للسطح الداخلي (م^2. كلفن/واط)
إلى الأعلى	إلى الأسفل	أفقي	
0.1	0.17	0.13	
المرجع: BS EN ISO 6946:1997			

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر المتجانسة

نقصد بالعناصر المتجانسة في هذه الفقرة بأنها العناصر التي لها المقاومات الحرارية نفسها للطبقات المكونة لهذه العناصر في أي نقطة من سطح الانتقال الحراري.

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لهذه العناصر وفق العلاقة:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se})}$$

حيث:

R_c : المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية وتقدر بـ (م^2.كلفن/ واط) و تؤخذ قيمها وفق الجدول التالي:

سماكة طبقة الهواء (مم)	اتجاه انتقال الحرارة		
	أفقي	أسفل	أعلى
0	0.00	0.00	0.00
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.17	0.17	0.16
25	0.18	0.19	0.16

المرجع: BS EN ISO 6946:1997

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر المتجانسة

نقصد بالعناصر المتجانسة في هذه الفقرة بأنها العناصر التي لها المقاومات الحرارية نفسها للطبقات المكونة لهذه العناصر في أي نقطة من سطح الانتقال الحراري.

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لهذه العناصر وفق العلاقة:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se})}$$

$\mathbf{R_{Se}}$: المقاومة الحرارية السطحية الخارجية وتقدر بـ (م^2.كلفن/ واط) و تؤخذ قيمها وفق الجدول التالي:

المقاومة الحرارية للسطح الخارجي (م^2. كلفن/واط)	سرعة الرياح (م/ثا)
0.08	1
0.06	2
0.05	3
0.04	4
0.04	5
0.03	7
0.02	10
المرجع: BS EN ISO 6946:1997	

$\mathbf{d_i}$: سماكة الطبقة i وتقدر بـ (م)

$\mathbf{\lambda_i}$: معامل التوصيل الحراري للطبقة i وتقدر بـ (واط/م.كلفن) و تؤخذ قيمها من الجدول رقم (10) الوارد في كود العزل الحراري للأبنية في سورية أو من شهادة اختبار صادرة من مخبر معتمد

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر غير المتجانسة

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي للعناصر غير المتجانسة التركيب وذلك بتقسيمها إلى عدة مساحات متجانسة حيث أن المقاومة الحرارية لمكونات هذه العناصر تختلف من مساحة إلى أخرى، كما هو الحال في السقف الهوردي، ومن ثم يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لكل مساحة على حدة، ثم تحسب معامل الانتقال الحراري الكلي للعنصر وفق العلاقة التالية:

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{A} \qquad (W/m^2.K)$$

حيث:

- A = المساحة الكلية للعنصر
- A_i = هي مساحة الجزء (i) من العنصر المعني
- U = معامل الانتقال الحراري الكلي للعنصر
- U_i = معامل الانتقال الحراري الكلي للجزء (i) من العنصر المعني

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر غير المتجانسة

وكمثال على ذلك يُحسب معامل الانتقال الحراري الكلي للسقف الهوردي كما يلي:

$$U = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A} \qquad (W/m^2.K)$$

حيث :

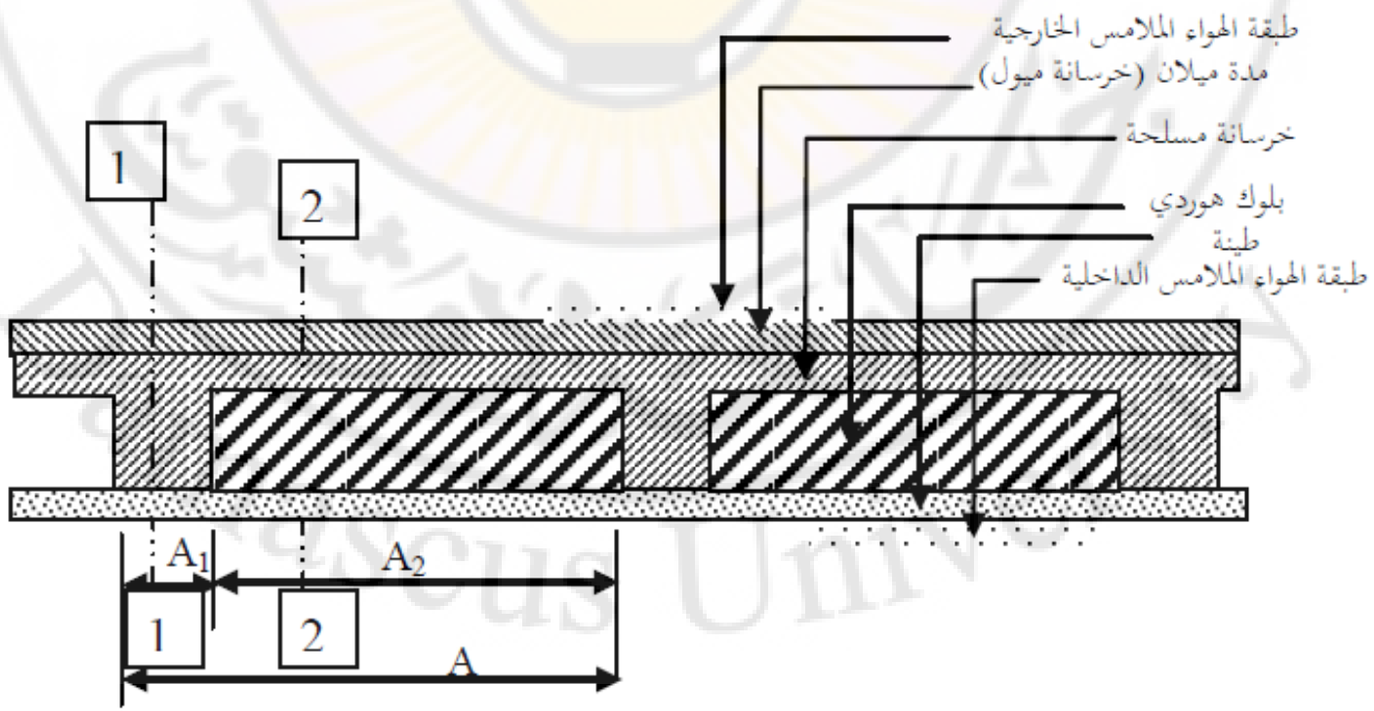
U_1 = معامل الانتقال الحراري الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه (1−1)

A_1 = مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (1−1)

U_2 = معامل الانتقال الحراري الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه (2−2)

A_2 = مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (2−2)

A = مجموع المساحات $(A_1 + A_2)$.



الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر غير المتجانسة

كما يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي للجدران التي تحوي عناصر غير متجانسة من نوافذ وأبواب وفق العلاقة:

$$U = \frac{\sum U_d A_d + \sum U_w A_w + \sum U_{win} A_{win}}{A} \quad (W/m^2.K)$$

- U = معامل الانتقال الحراري الكلي للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية.
- U_d = معامل الانتقال الحراري الكلي للأبواب الخارجية.
- U_w = معامل الانتقال الحراري الكلي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية
- U_{wi} = معامل الانتقال الحراري الكلي للنوافذ الخارجية.
- A = المساحة الكلية للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية.
- A_d = المساحة الصافية للأبواب الخارجية.
- A_w = المساحة الصافية للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية.
- A_{wi} = المساحة الصافية للنوافذ الخارجية.

Damascus University

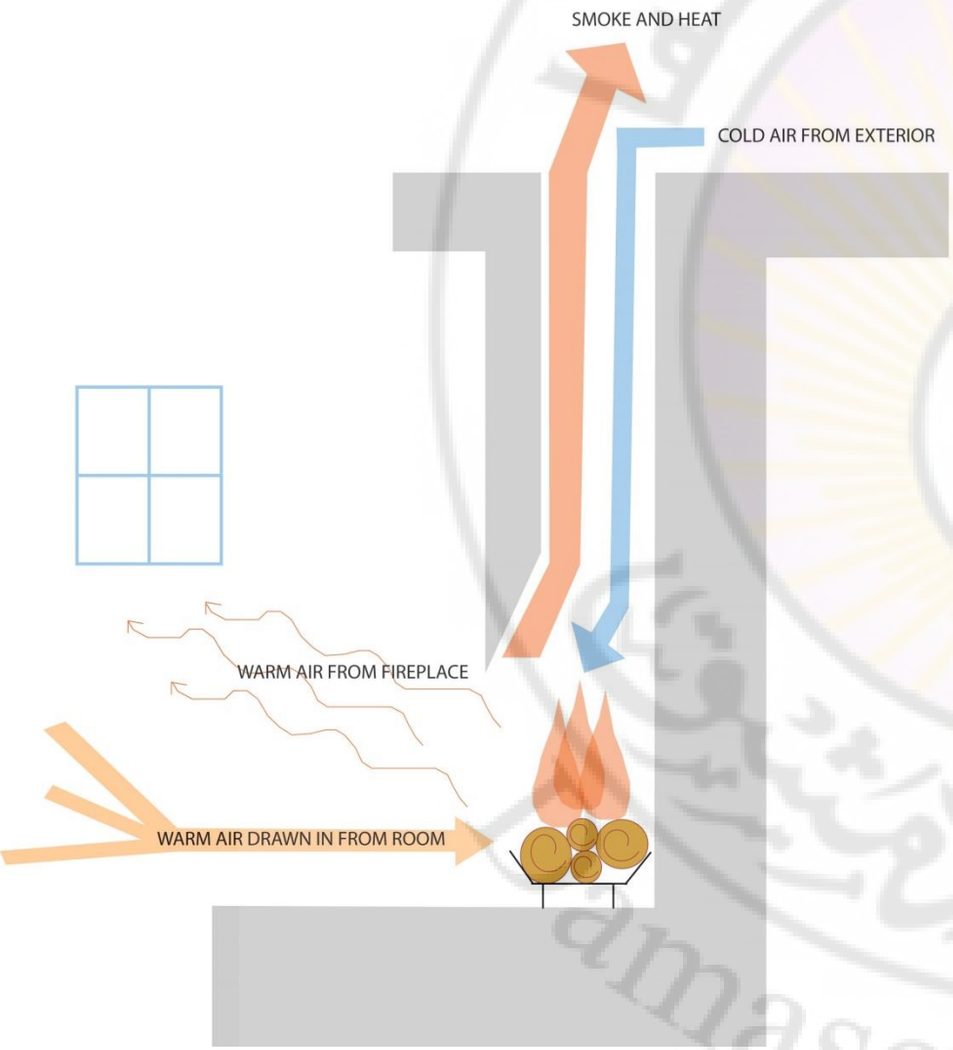
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

تدفق الهواء الطبيعي يكون بسبب فرق الضغط: يتدفق من منطقة ذات ضغط مرتفع إلى منطقة ذات ضغط منخفض.

فروق الضغط سببها :



- التأثير الحزمي يحدث عندما يكون الهواء داخل حزمة شاقولية أدفأ من الهواء في الخارج (بشرط وجود فتحات كمداخل ومخارج).
- الهواء الدافئ يرتفع ويستبدل في أسفل الحزمة بهواء خارجي أبرد. المثال الجيد على ذلك هو مدخنة الشومينيه: عندما تسخن، تسبب سحابة سوداء ضخمة. فتحات التهوية تستخدم غالبا للحمامات الداخلية أو المراحيض، التي تكون ناجحة جدا في المناخ البارد.
- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.

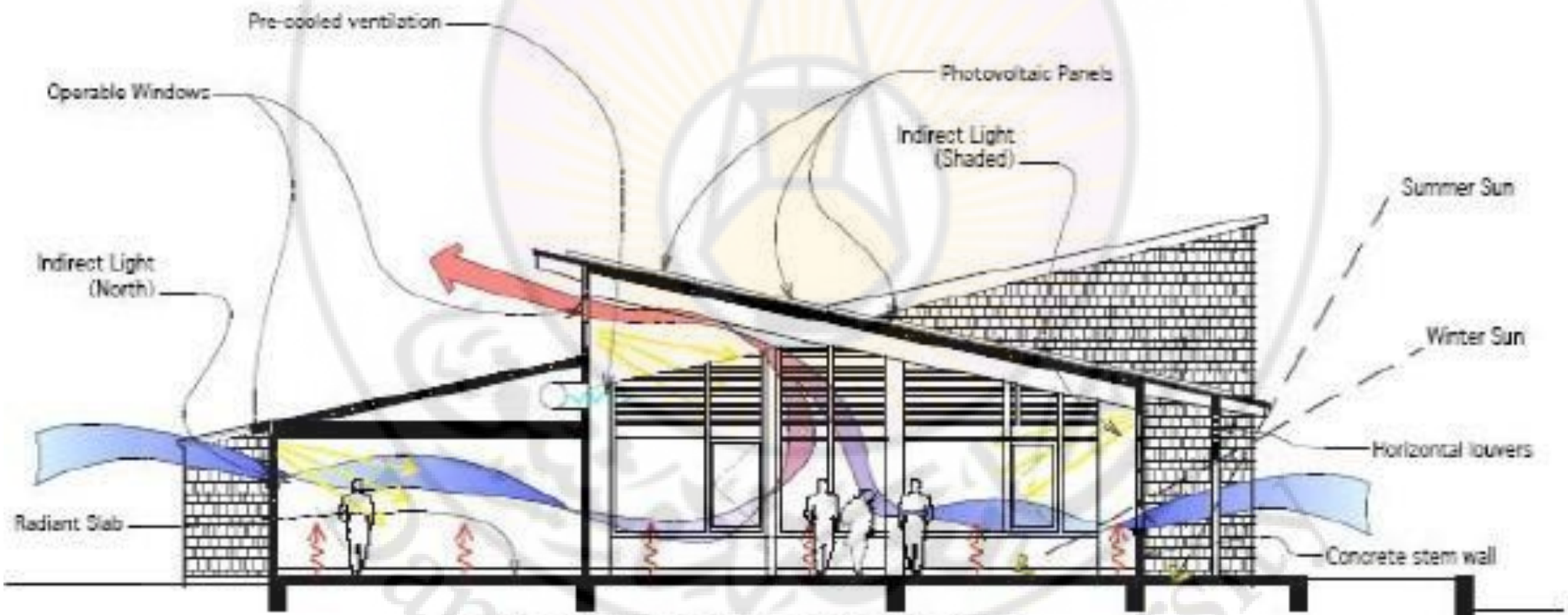
Damascus University

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.



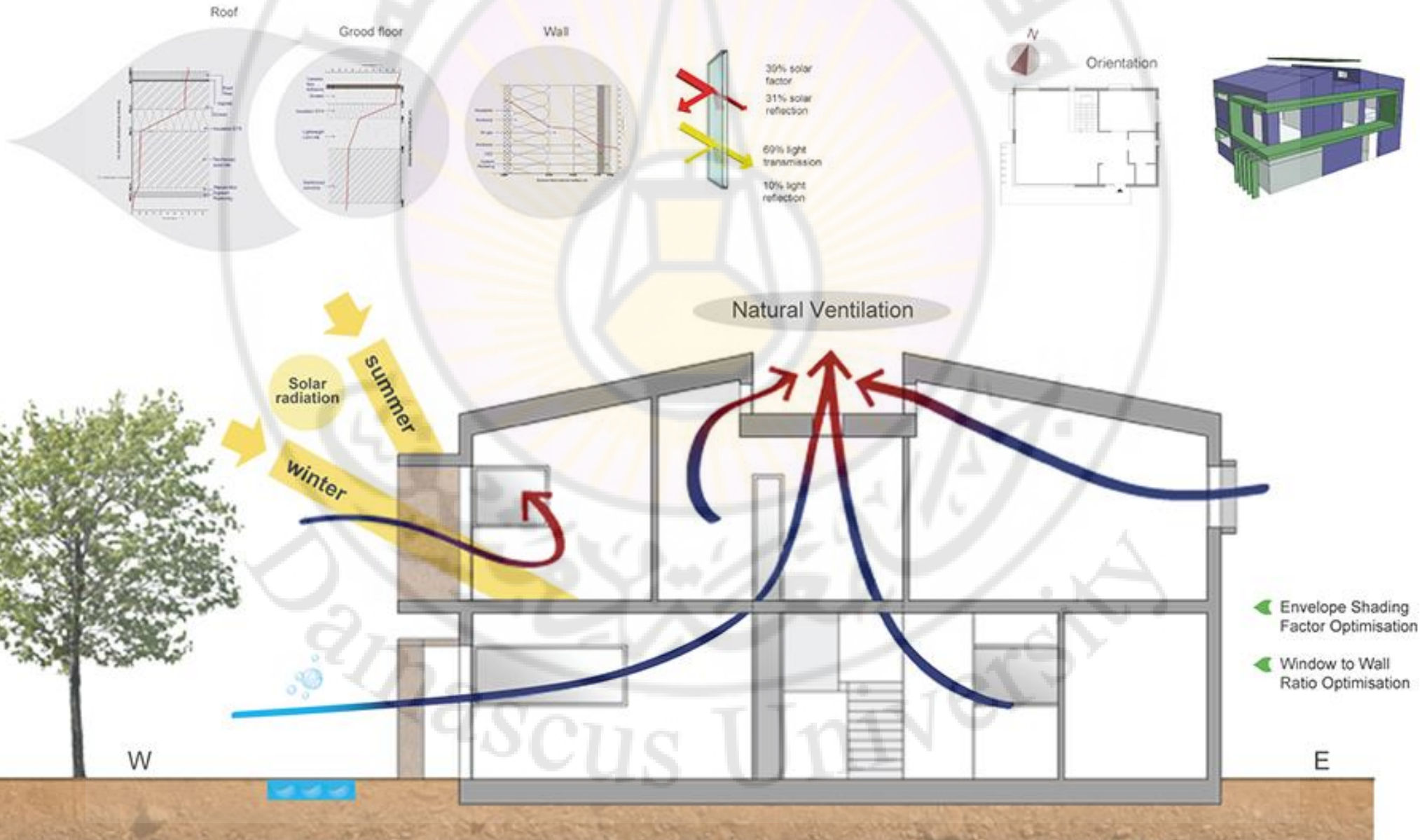
Section Through Library: Adult Area

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.

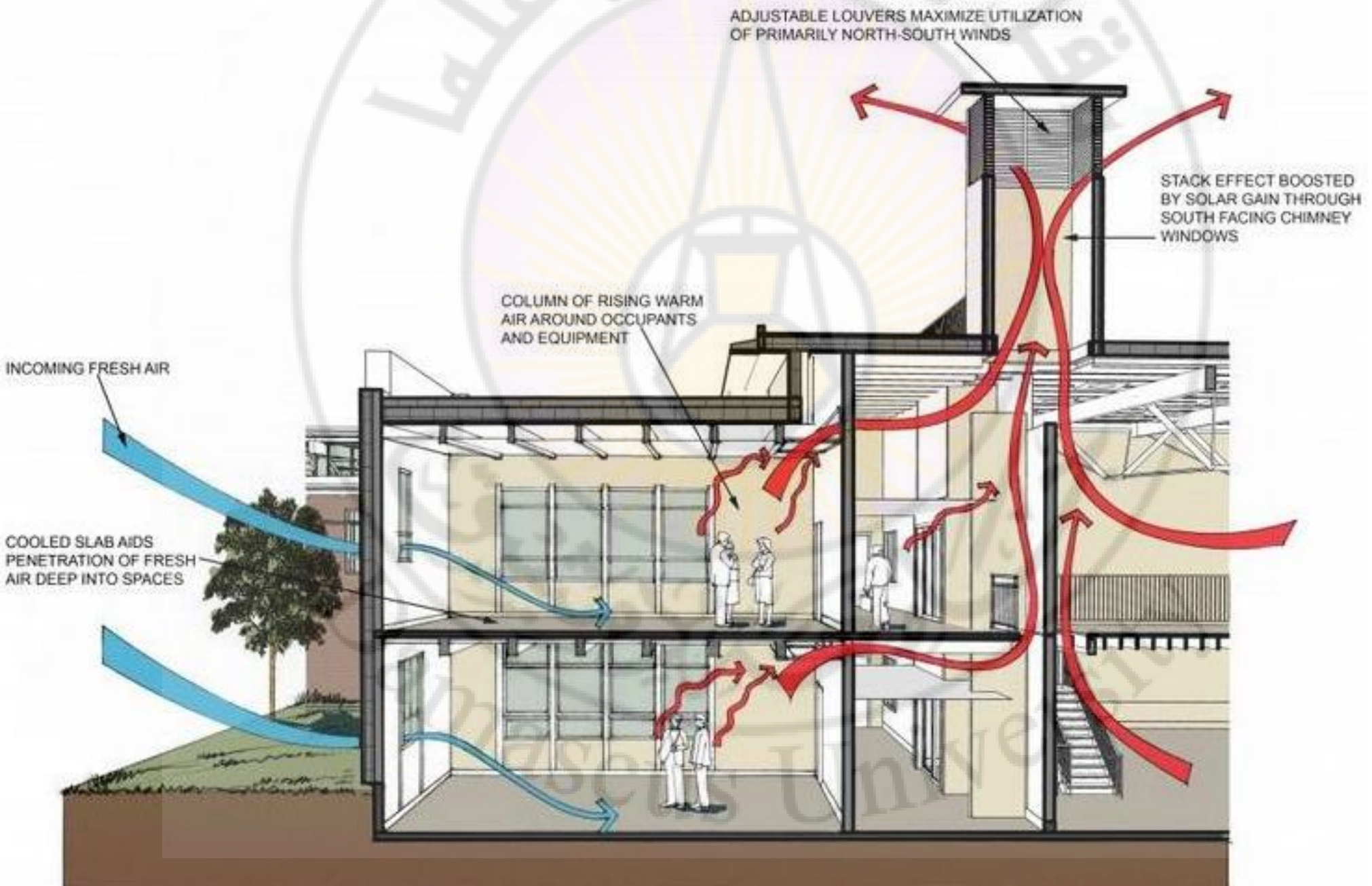


Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

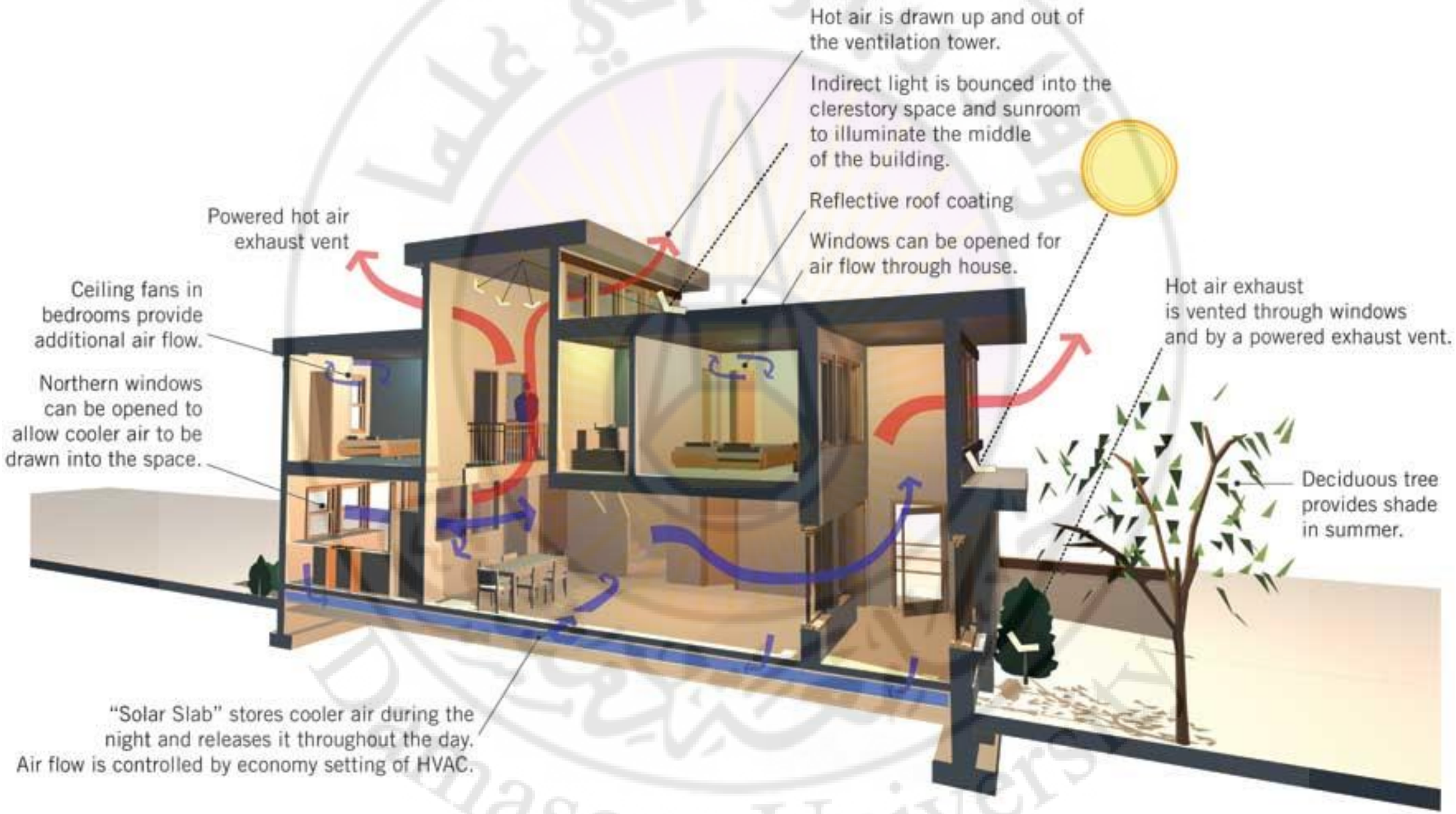
- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

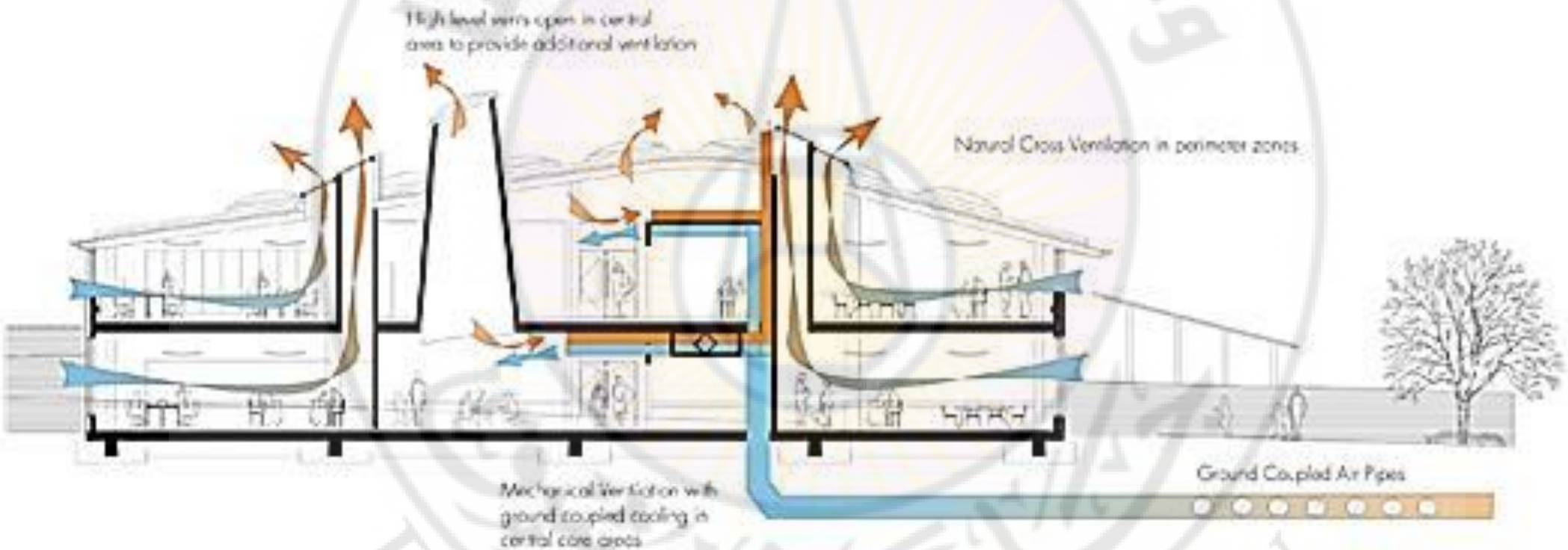
التهوية:



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

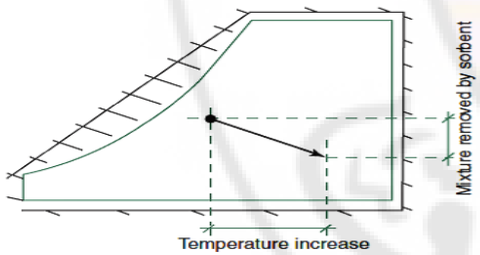


Building Heat Transfer

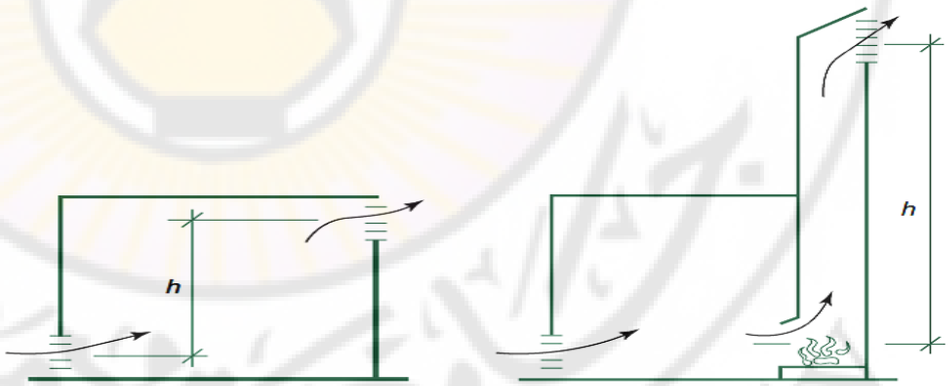
نقل حرارة البناء

التهوية:

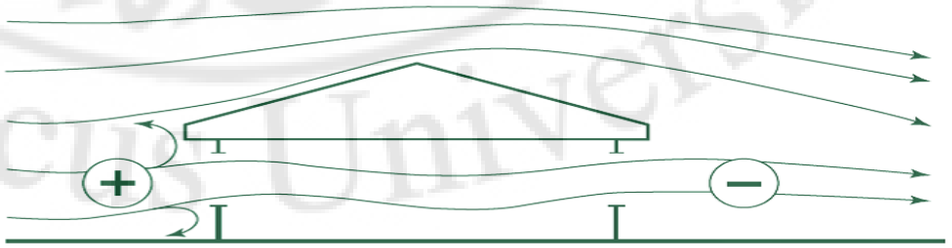
- سيكون تدفق الهواء متناسبا مع فرق الارتفاع بين فتختي المدخل والمخرج ومع فرق الحرارة بين الهواء داخل الحزمة (أو هواء الغرفة) والهواء في الخارج في الأبنية ذات الارتفاع المنخفض عندما يكون التأثير الحزمي صغير جدا، لكن مثلا في بيت الدرج لبناء متعدد الطوابق يمكن أن تتطور كمدخنة الهواء، لذلك لن يكون هناك تدفق هواء، أو إذا كانت مدخنة الهواء أكثر برودة، يمكن أن تنتج لأسفل.
- وهناك حالة خاصة التي يمكن اعتبارها بمثابة "تعزيز تأثير المدخنة" هو **المدخنة الشمسية**، حيث يتعرض جانب واحد على الأقل من المكدس لأشعة الشمس، ولها معامل امتصاص عالية. سيكون هذا ساخنا، فإنه مع ارتفاع درجات الحرارة في الهواء في الداخل، وبالتالي يتم زيادة الفرق في درجة الحرارة بين الداخل والخارج، وهذا بدوره سيزيد من تدفق الهواء.
- **آثار الرياح** عادة ما تكون أقوى بكثير. على الجانب المواجه للريح من مبنى وتطوير حقل الضغط الايجابي، حيث أن الضغط يتناسب مع مربع السرعة. وفي الوقت نفسه، (خفض) حقل الضغط السلبي قد وضع على الجانب المواجه للريح والفرق بين الضغطين يمكن أن يكون قوي جدا عبر التهوية



1.14.
Adiabatic dehumidification.



1.15.
Stack effect in a room and in a chimney.



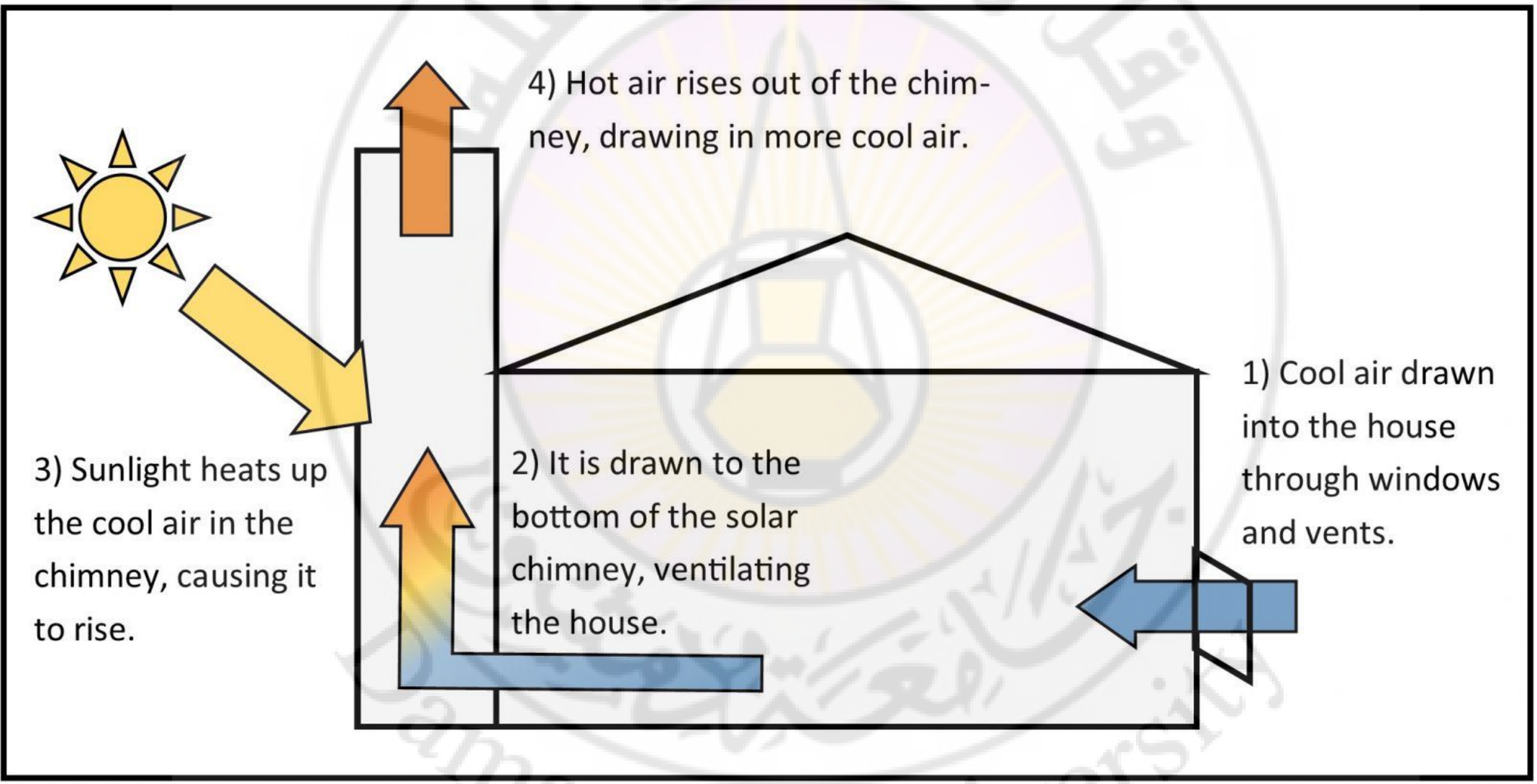
1.16.
Wind effect: cross-ventilation.

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)

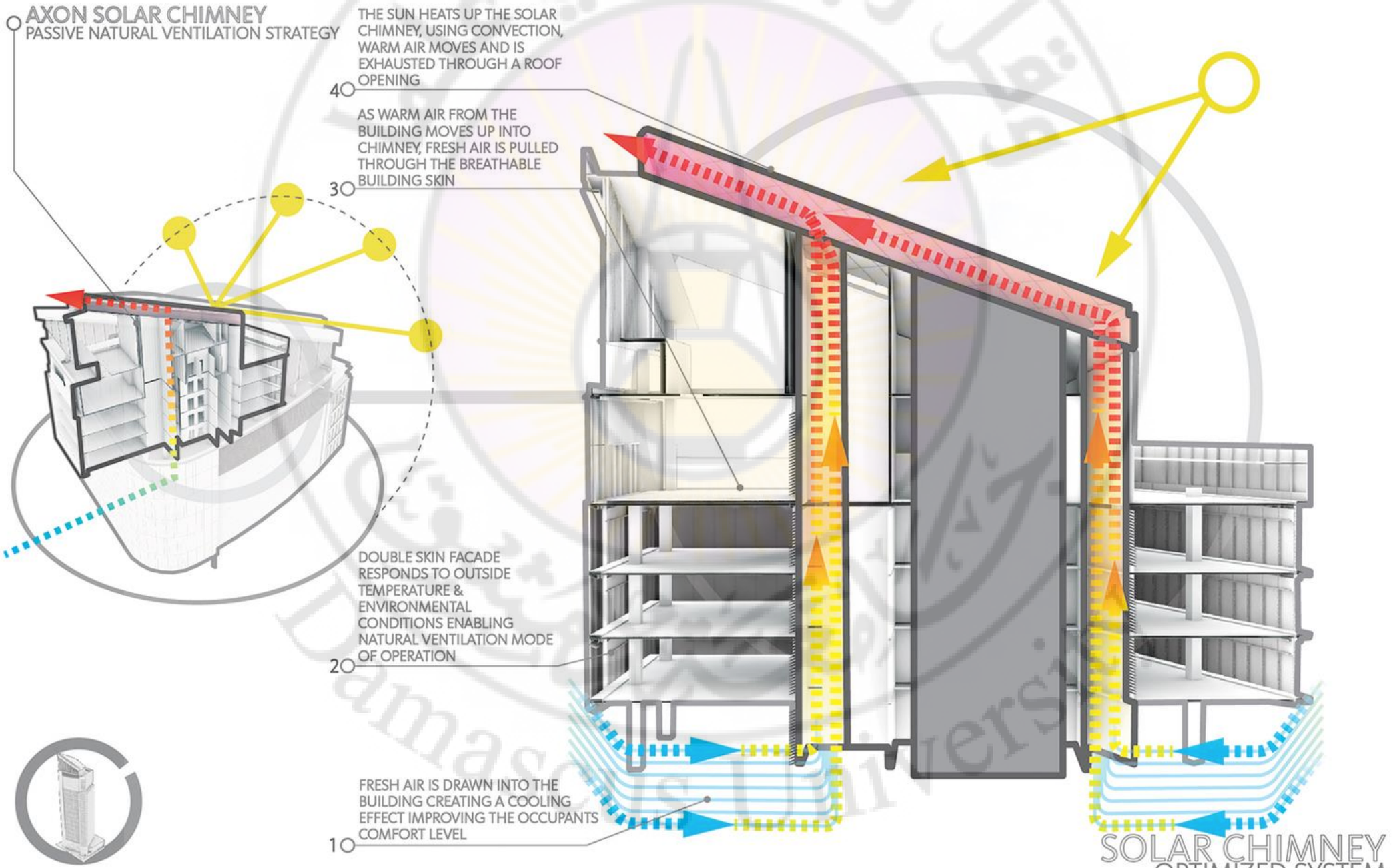


Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)

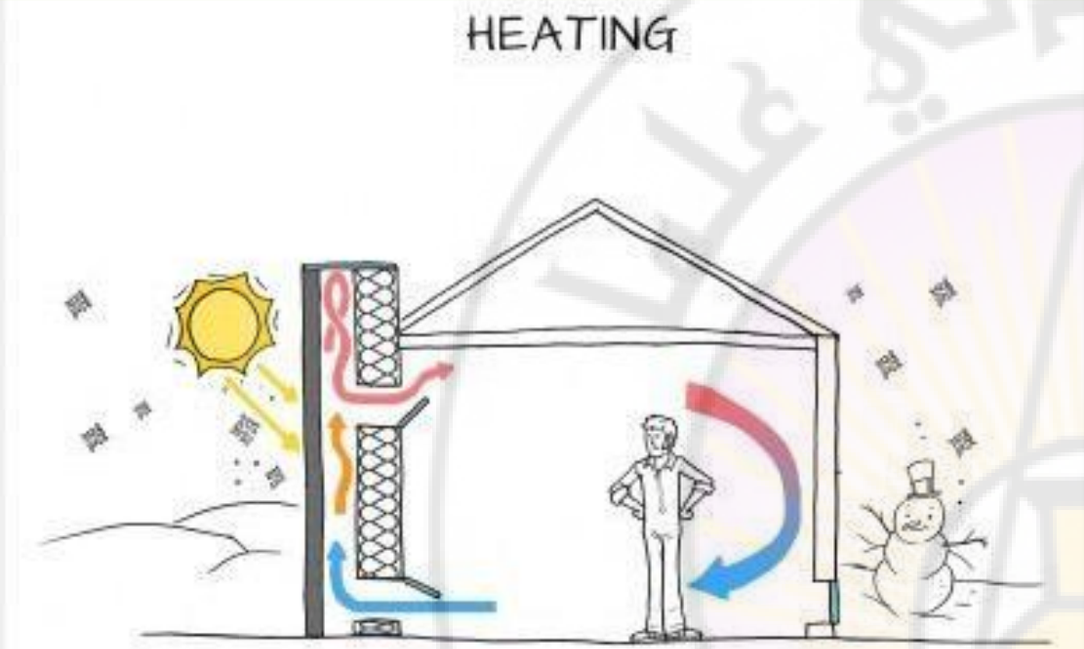


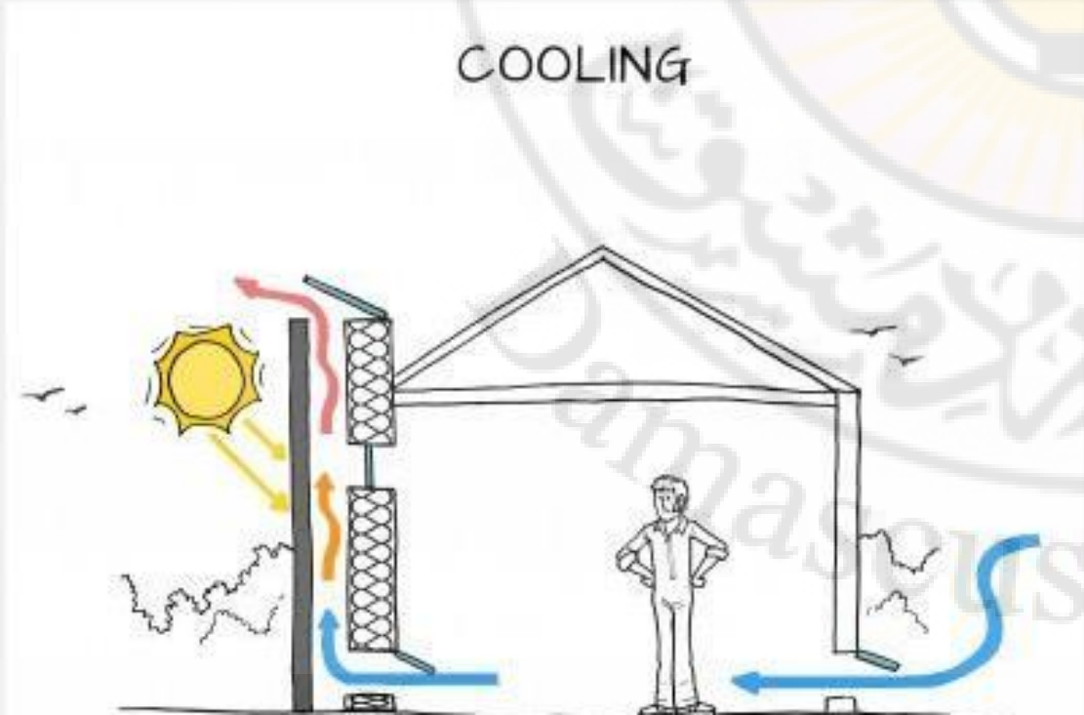
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)





How to use solar chimney as a passive method for heating and cooling a building

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

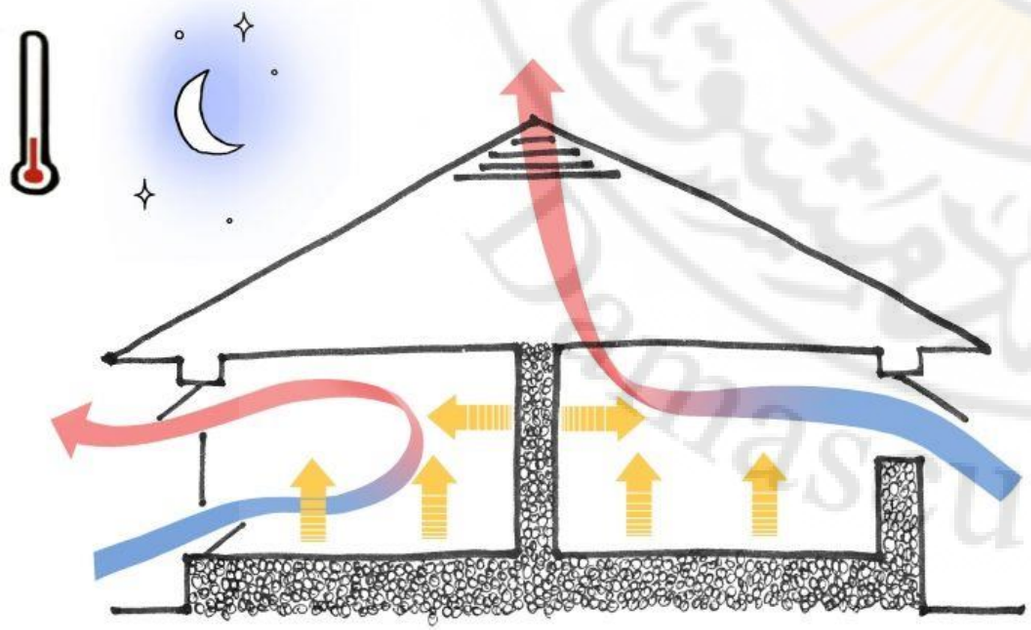
التهوية:

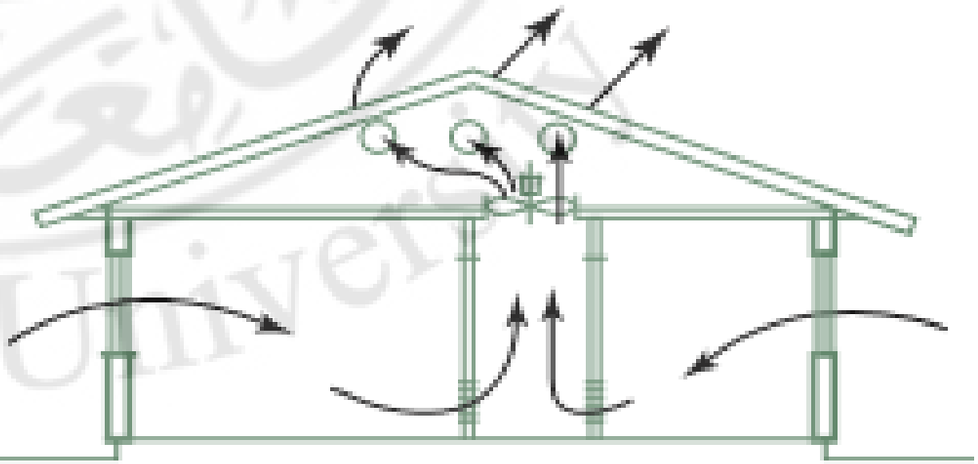
التهوية الليلية: تستخدم كأداة للتأثير الكتلي عندما يكون متوسط درجة حرارة اليوم اعلى من الحد الطبيعي، لتساعد على عملية تلاشي الحرارة.

هذا قد يعتمد على التهوية الطبيعية من خلال النوافذ والفتحات الاخرى.

ومن الممكن ان تساعد في هذا المروحية الكاملة للمنزل.

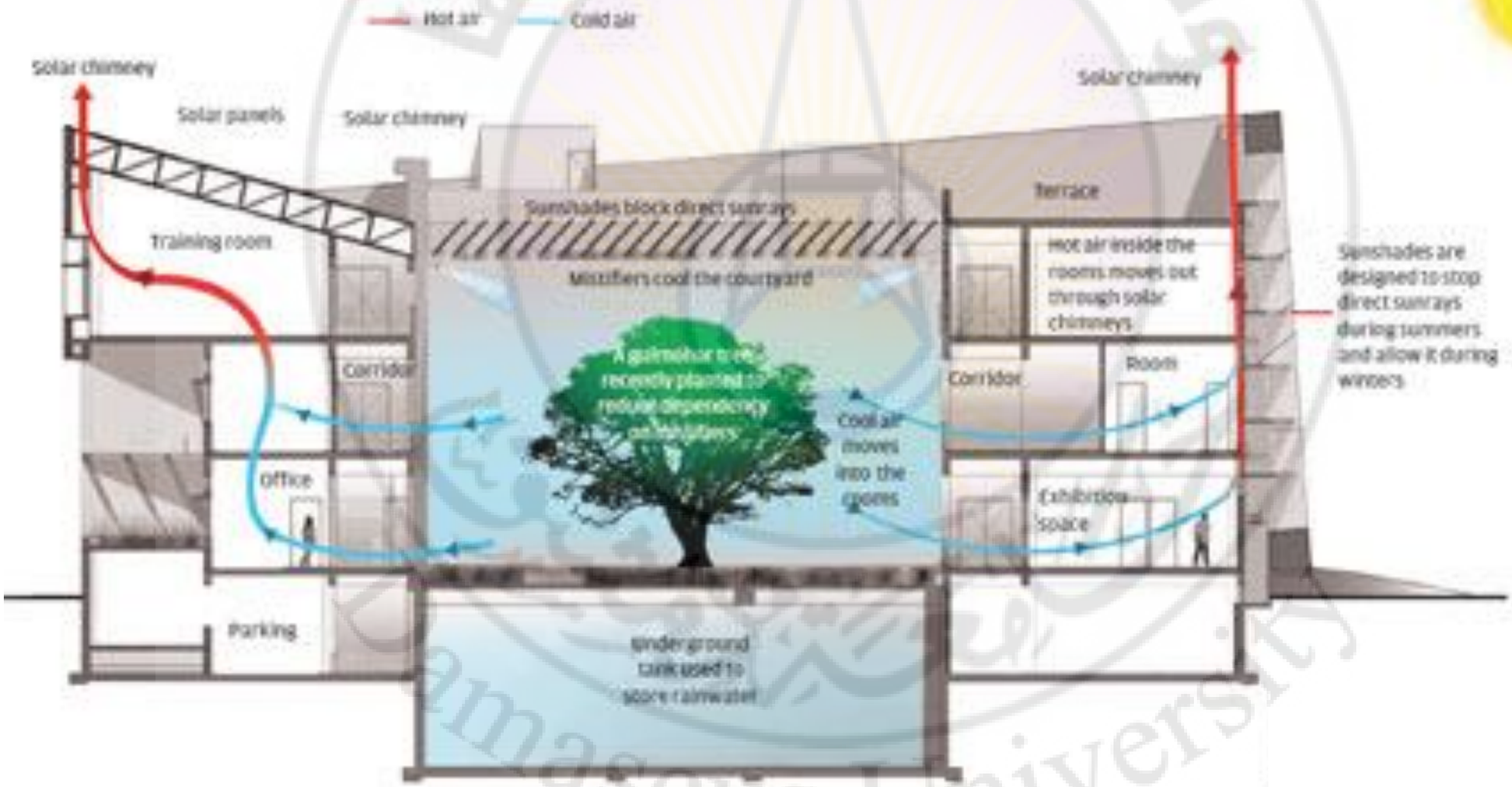
يجب ان يكون المنزل مرتبا وفق حركة الهواء مع مراعاة كامل الغرف (الهواء الطبيعي يدخل مخدما كامل الغرف) ويدفق الهواء خلال المروحة الخارجية لكي يخرج الهواء الحار خارج الغرفة وهذا لا يؤثر على زيادة حساسية حركة الهواء ولكن يمكن ان يساعد في تلاشي اي حرارة مخزنة داخل الياف المبنى .

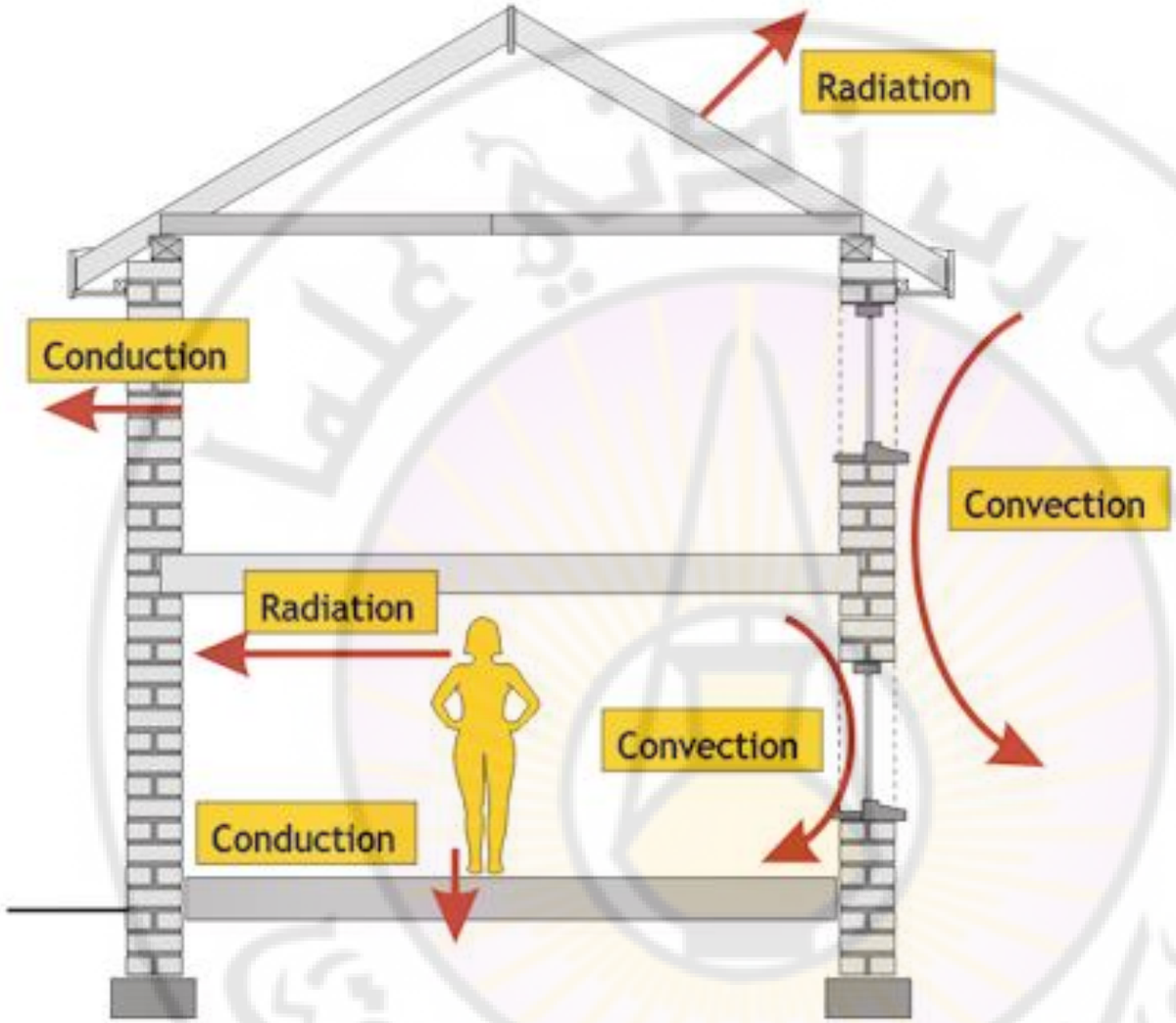




Question of the Day

Explain courtyards behavior in building physics language





نقل حرارة البناء- الاستفادة من الحمل الحراري في التهوية

Building Heat Transfer- using convection for ventilation

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

الحمل الحراري

هو العملية التي تنتقل فيها الحزم الحرارية عن طريق السائل الساخن أو الغاز
على سبيل المثال : يتوسع الهواء الساخن ويرتفع نظرا لانخفاض الكثافة فتنتقل بذلك الطاقة الحرارية .

يتضمن انتقال الحرارة بين السائل والسطح الصلب ما يلي:

- الانتقال الطبيعي وسببه اختلافات في كثافة السائل .
- الانتقال الاجباري وسببه الرياح - HVAC إلخ .

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

معادلة التوازن للحرارة العامة (مبسطة)

$$Q = (Q_T + Q_V) - \eta \cdot (Q_i + Q_s)$$

Q: طلب التدفئة / التبريد

Q_T: نقل الحرارة بالإرسال

Q_V: نقل الحرارة بالتهوية

Q_i: المكاسب الداخلية

Q_s: الكسب الشمسي

η: كفاءة المكاسب (وظيفة الكتلة الحرارية)

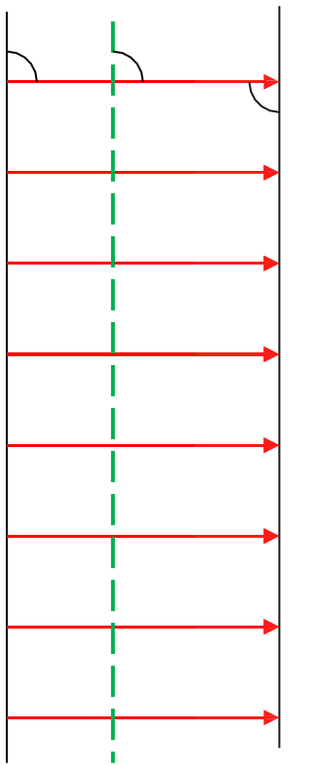
الافتراضات η الأساسية لحساب الفقدان الحراري

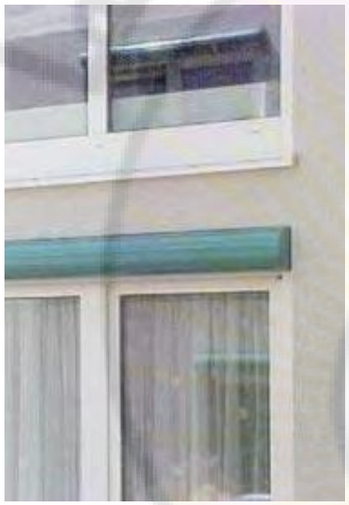
n	نوع البناء
1	كبير
0.97	وسط
0.9	خفيف

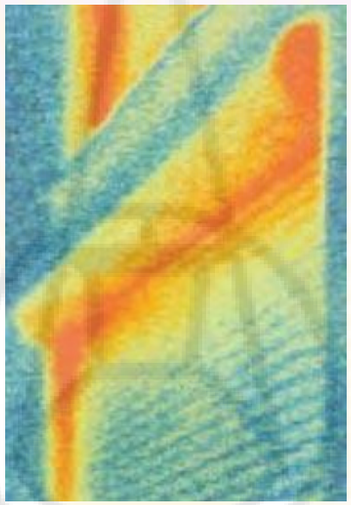
Damascus University

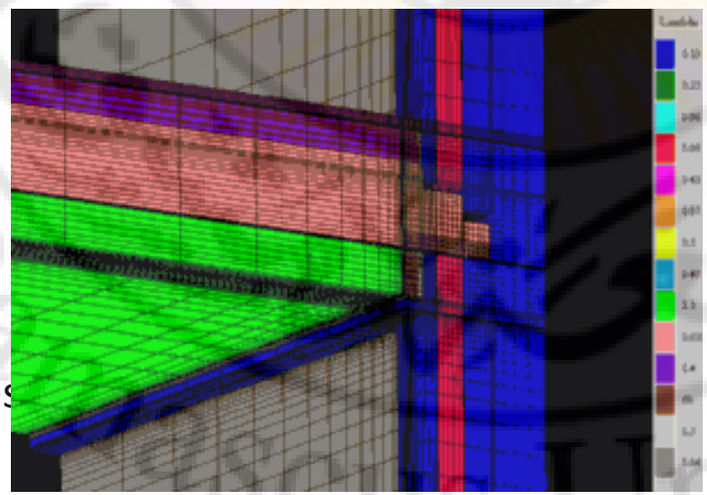
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء









الجسور الحرارية

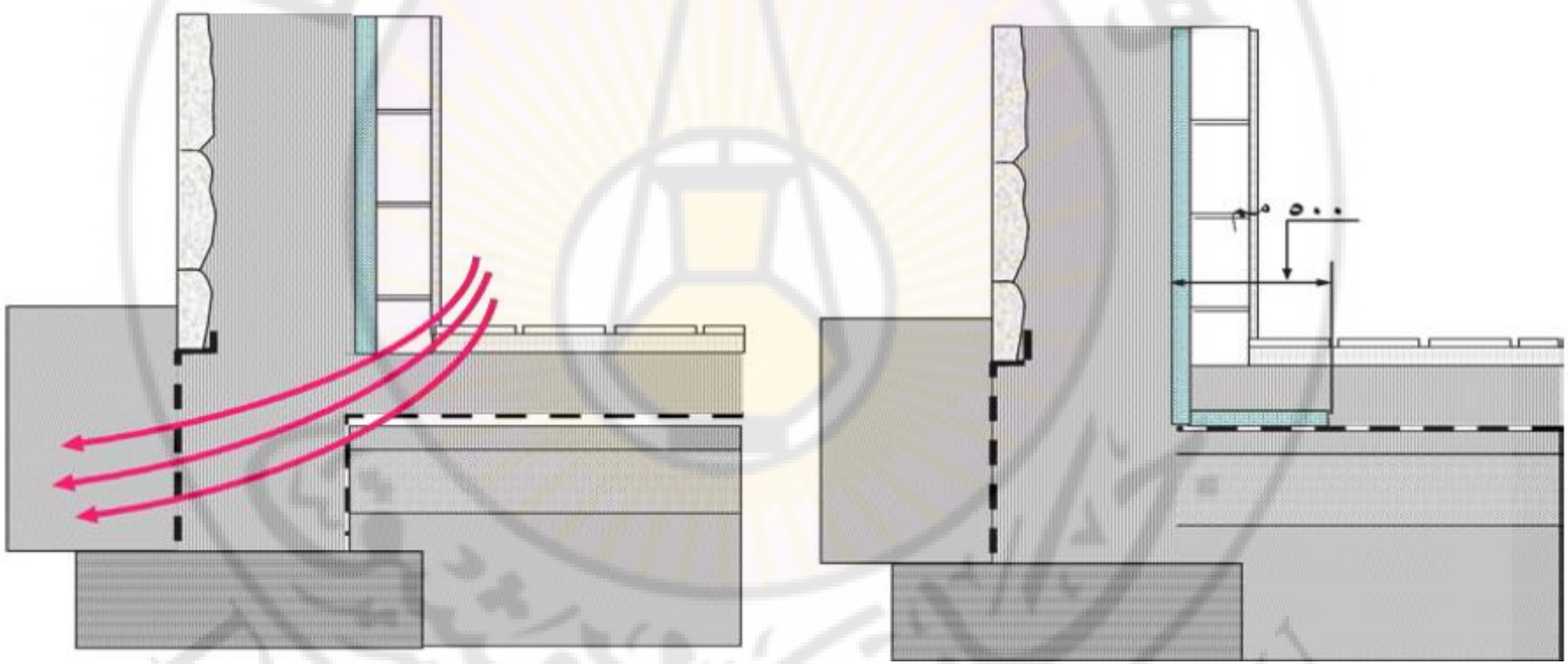
لقد ورد في كود العزل الحراري للأبنية أن الجسور الحرارية في العناصر الإنشائية الخارجية هي مواضع ضعف ذات تأثير سلبي يجب تلافي حدوثها من قبل المهندس المصمم، وتعرف الجسور الحرارية على أنها أجزاء في المنشأة ذات مقاومة حرارية منخفضة وتكون مجاورة لأجزاء أخرى ذات مقاومة حرارية أعلى .

وهذا يعني أنه عند دراسة وتنفيذ العزل الحراري للبناء يجب تغليف المبنى بالكامل بمادة العزل الحراري وعدم ترك نقاط ضعف تؤدي إلى تشكل الجسور الحرارية والتي تكون عرضة لخطر تكاثف بخار الماء.

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

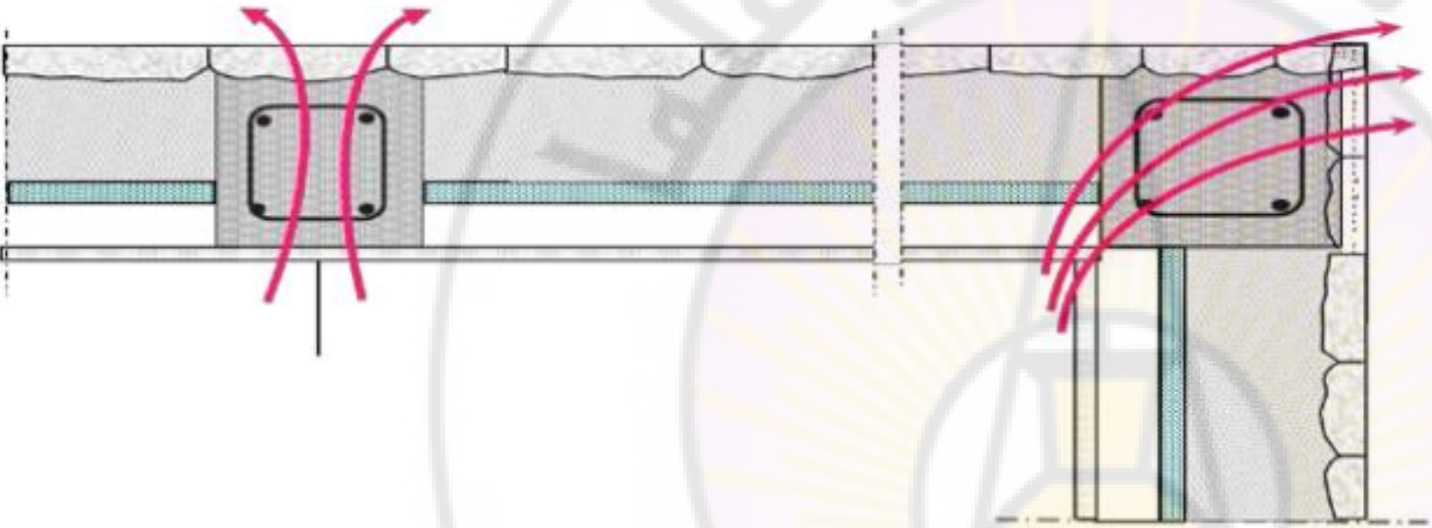
الجسور الحرارية



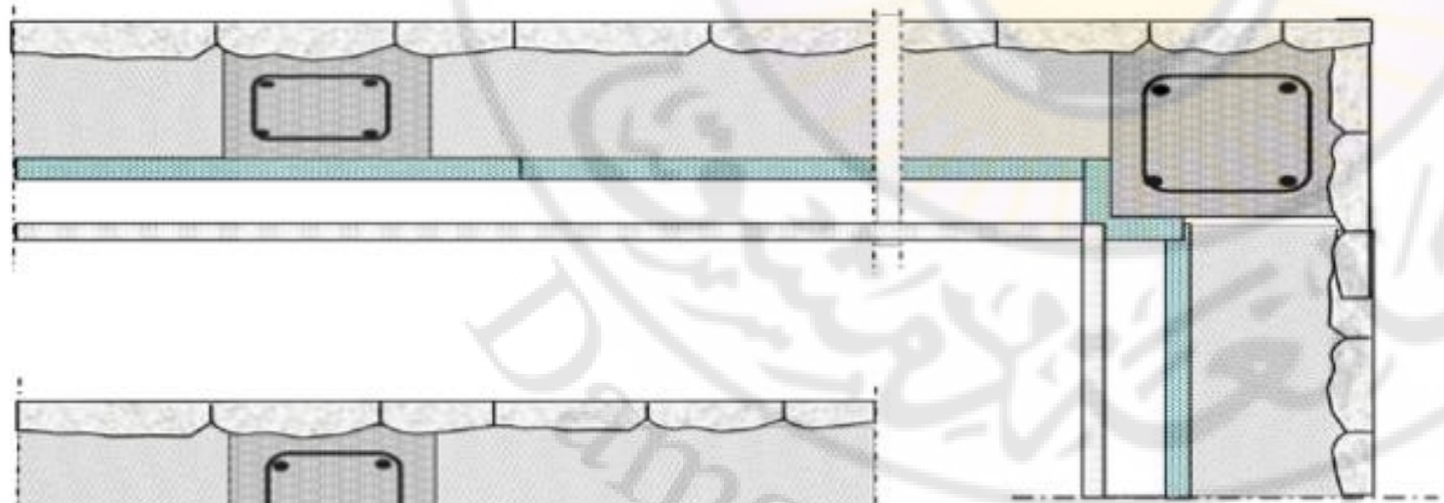
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

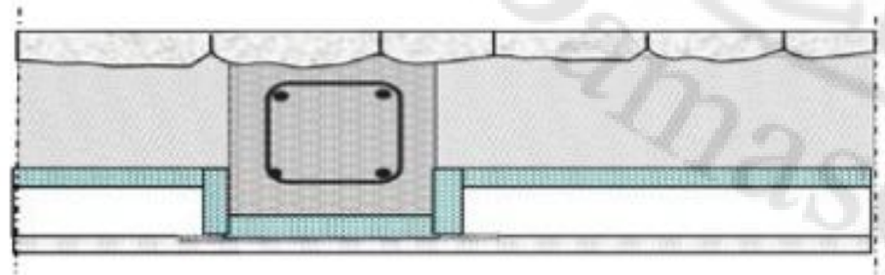
الجسور الحرارية



خطأ تصميمي يؤدي إلى تشكل الجسور الحرارية



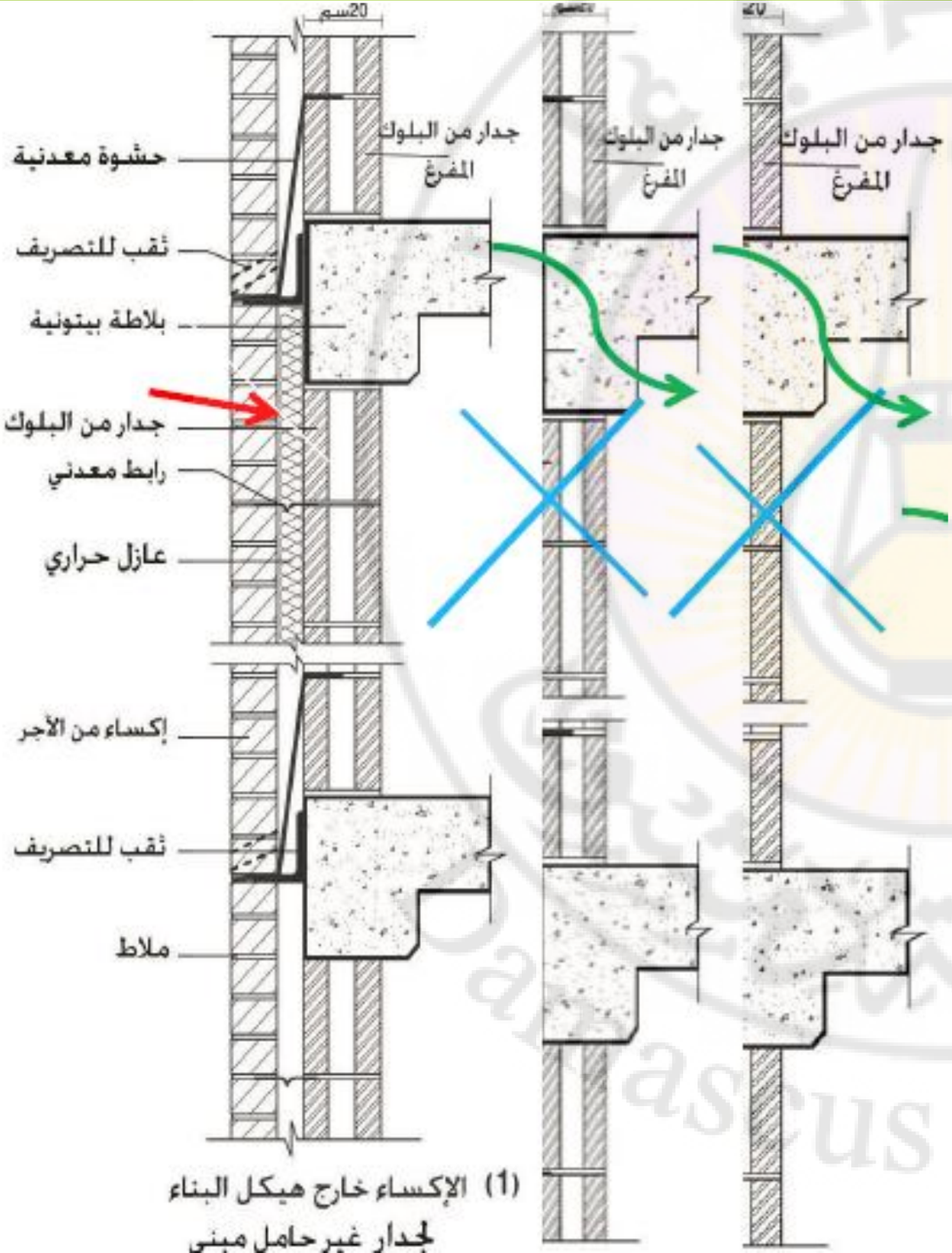
معالجة الجسور الحرارية



Building Heat Transfer

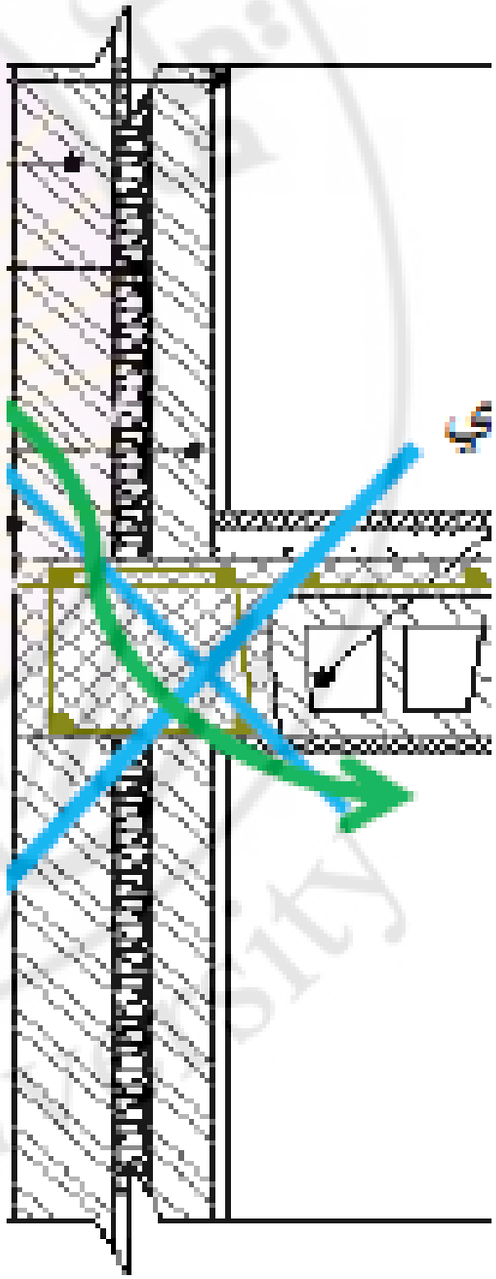
نقل حرارة البناء

الجسور الحرارية



(1) الإكساء خارج هيكل البناء

لجدار غير حامل مبني



الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر المتجانسة

نقصد بالعناصر المتجانسة في هذه الفقرة بأنها العناصر التي لها المقاومات الحرارية نفسها للطبقات المكونة لهذه العناصر في أي نقطة من سطح الانتقال الحراري.

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لهذه العناصر وفق العلاقة:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se})}$$

حيث:

- **U** : معامل الانتقال الحراري الكلي الكلي ويقدر بـ (واط/م^2.كلفن)
- $\mathbf{R_{Si}}$: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية وتقدر بـ (م^2.كلفن/ واط) و تؤخذ قيمها وفق الجدول التالي:

اتجاه انتقال الحرارة			المقاومة الحرارية للسطح الداخلي (م^2. كلفن/واط)
إلى الأعلى	إلى الأسفل	أفقي	
0.1	0.17	0.13	
المرجع: BS EN ISO 6946:1997			

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر المتجانسة

نقصد بالعناصر المتجانسة في هذه الفقرة بأنها العناصر التي لها المقاومات الحرارية نفسها للطبقات المكونة لهذه العناصر في أي نقطة من سطح الانتقال الحراري.

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لهذه العناصر وفق العلاقة:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se})}$$

حيث:

R_c : المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية وتقدر بـ (م^2.كلفن/ واط) و تؤخذ قيمها وفق الجدول التالي:

سماكة طبقة الهواء (مم)	اتجاه انتقال الحرارة		
	أفقي	أسفل	أعلى
0	0.00	0.00	0.00
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.17	0.17	0.16
25	0.18	0.19	0.16

المرجع: BS EN ISO 6946:1997

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر المتجانسة

نقصد بالعناصر المتجانسة في هذه الفقرة بأنها العناصر التي لها المقاومات الحرارية نفسها للطبقات المكونة لهذه العناصر في أي نقطة من سطح الانتقال الحراري.

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لهذه العناصر وفق العلاقة:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se})}$$

$\mathbf{R_{Se}}$: المقاومة الحرارية السطحية الخارجية وتقدر بـ (م^2.كلفن/ واط) و تؤخذ قيمها وفق الجدول التالي:

المقاومة الحرارية للسطح الخارجي (م^2. كلفن/واط)	سرعة الرياح (م/ثا)
0.08	1
0.06	2
0.05	3
0.04	4
0.04	5
0.03	7
0.02	10
المرجع: BS EN ISO 6946:1997	

$\mathbf{d_i}$: سماكة الطبقة i وتقدر بـ (م)

$\mathbf{\lambda_i}$: معامل التوصيل الحراري للطبقة i وتقدر بـ (واط/م.كلفن) و تؤخذ قيمها من الجدول رقم (10) الوارد في كود العزل الحراري للأبنية في سورية أو من شهادة اختبار صادرة من مخبر معتمد

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر غير المتجانسة

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي للعناصر غير المتجانسة التركيب وذلك بتقسيمها إلى عدة مساحات متجانسة حيث أن المقاومة الحرارية لمكونات هذه العناصر تختلف من مساحة إلى أخرى، كما هو الحال في السقف الهوردي، ومن ثم يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لكل مساحة على حدة، ثم تحسب معامل الانتقال الحراري الكلي للعنصر وفق العلاقة التالية:

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{A} \qquad (W/m^2.K)$$

حيث:

- A = المساحة الكلية للعنصر
- A_i = هي مساحة الجزء (i) من العنصر المعني
- U = معامل الانتقال الحراري الكلي للعنصر
- U_i = معامل الانتقال الحراري الكلي للجزء (i) من العنصر المعني

الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر غير المتجانسة

وكمثال على ذلك يُحسب معامل الانتقال الحراري الكلي للسقف الهوردي كما يلي:

$$U = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A} \qquad (W/m^2.K)$$

حيث :

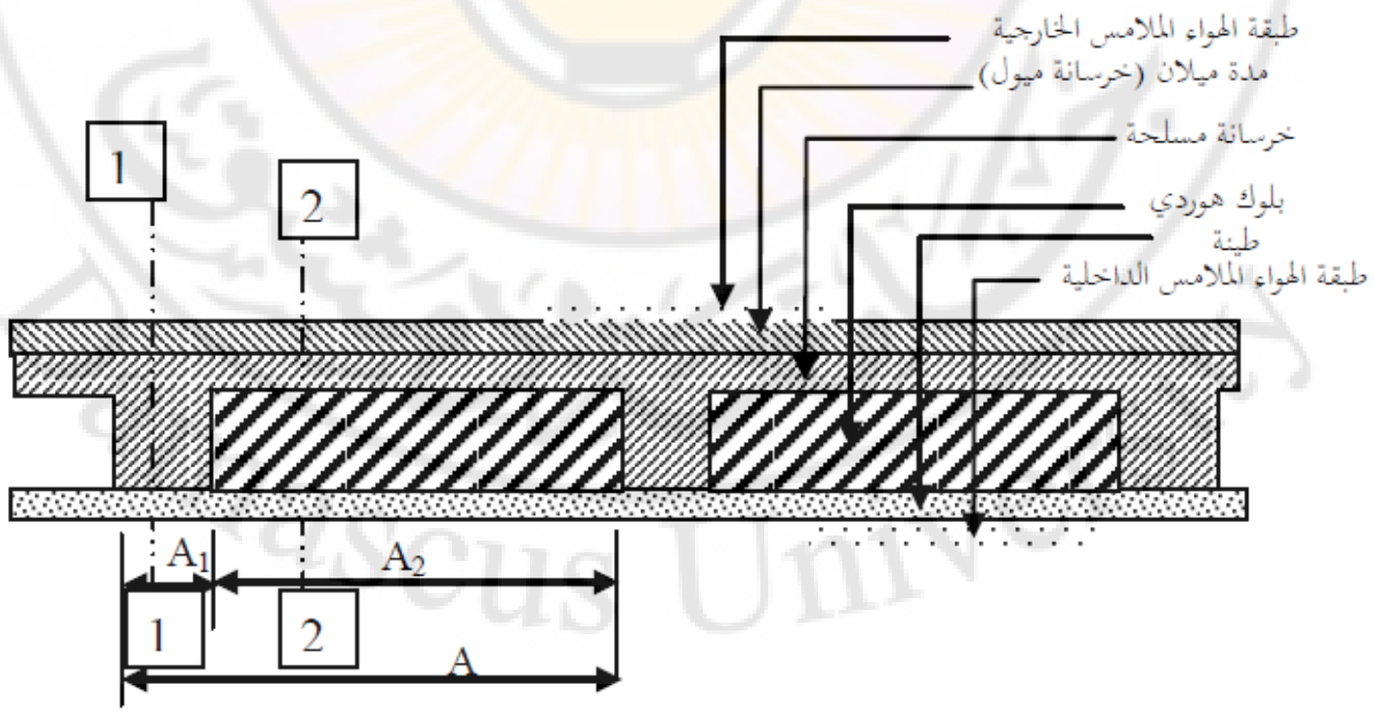
U_1 = معامل الانتقال الحراري الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه (1−1)

A_1 = مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (1−1)

U_2 = معامل الانتقال الحراري الكلي لجزء العنصر الذي مقطعه (2−2)

A_2 = مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (2−2)

A = مجموع المساحات $(A_1 + A_2)$.



الحسابات الحرارية:

حساب معامل الانتقال الحراري الكلي (U value) للعناصر غير المتجانسة

كما يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي للجدران التي تحوي عناصر غير متجانسة من نوافذ وأبواب وفق العلاقة:

$$U = \frac{\sum U_d A_d + \sum U_w A_w + \sum U_{win} A_{win}}{A} \quad (W/m^2.K)$$

- U = معامل الانتقال الحراري الكلي للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية.
- U_d = معامل الانتقال الحراري الكلي للأبواب الخارجية.
- U_w = معامل الانتقال الحراري الكلي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية
- U_{wi} = معامل الانتقال الحراري الكلي للنوافذ الخارجية.
- A = المساحة الكلية للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية.
- A_d = المساحة الصافية للأبواب الخارجية.
- A_w = المساحة الصافية للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية.
- A_{wi} = المساحة الصافية للنوافذ الخارجية.

Damascus University

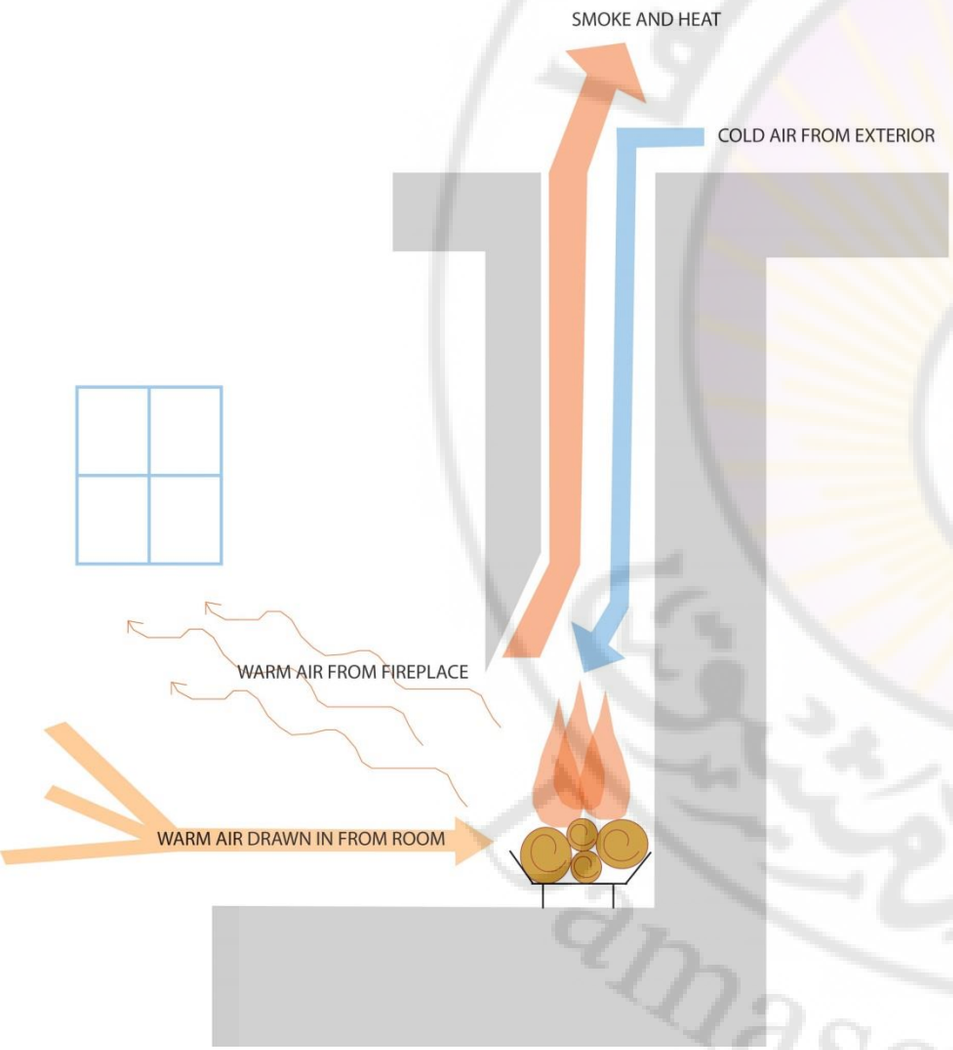
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

تدفق الهواء الطبيعي يكون بسبب فرق الضغط: يتدفق من منطقة ذات ضغط مرتفع إلى منطقة ذات ضغط منخفض.

فروق الضغط سببها :



- التأثير الحزمي يحدث عندما يكون الهواء داخل حزمة شاقولية أدفأ من الهواء في الخارج (بشرط وجود فتحات كمداخل ومخارج).
- الهواء الدافئ يرتفع ويستبدل في أسفل الحزمة بهواء خارجي أبرد. المثال الجيد على ذلك هو مدخنة الشومينيه: عندما تسخن، تسبب سحابة سوداء ضخمة. فتحات التهوية تستخدم غالبا للحمامات الداخلية أو المراحيض، التي تكون ناجحة جدا في المناخ البارد.
- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.

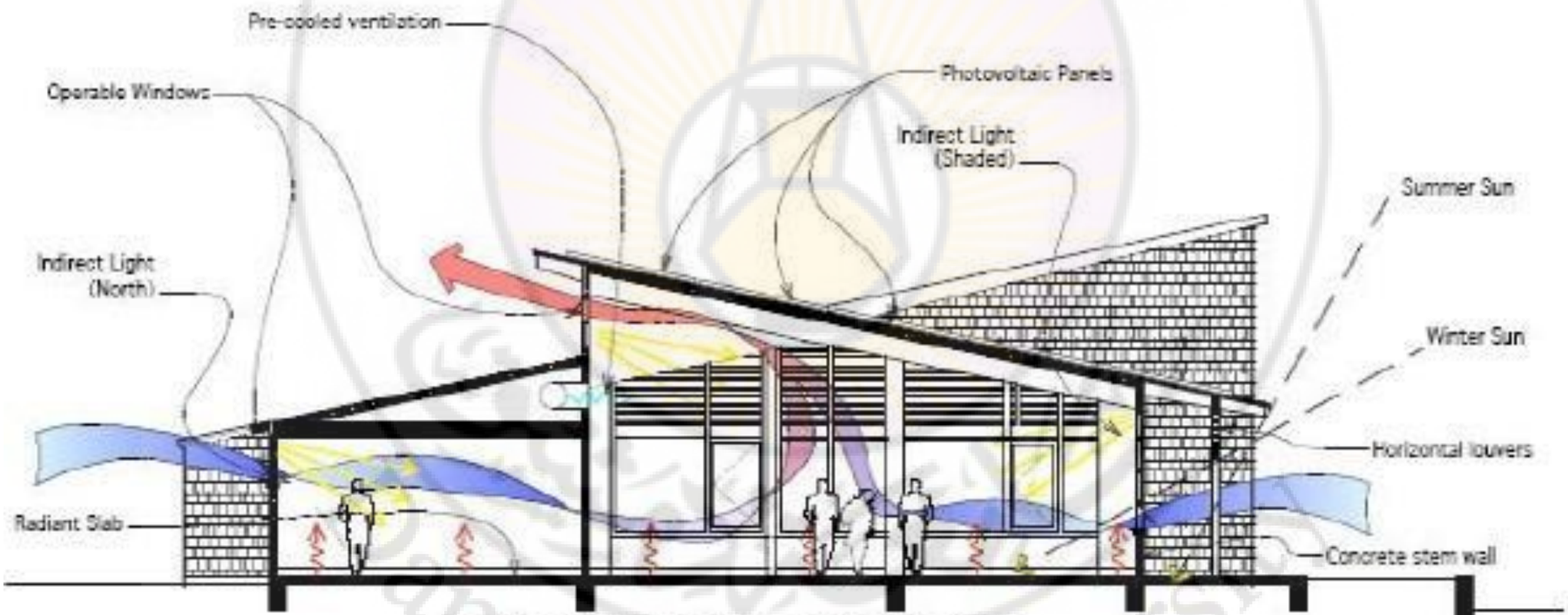
Damascus University

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.



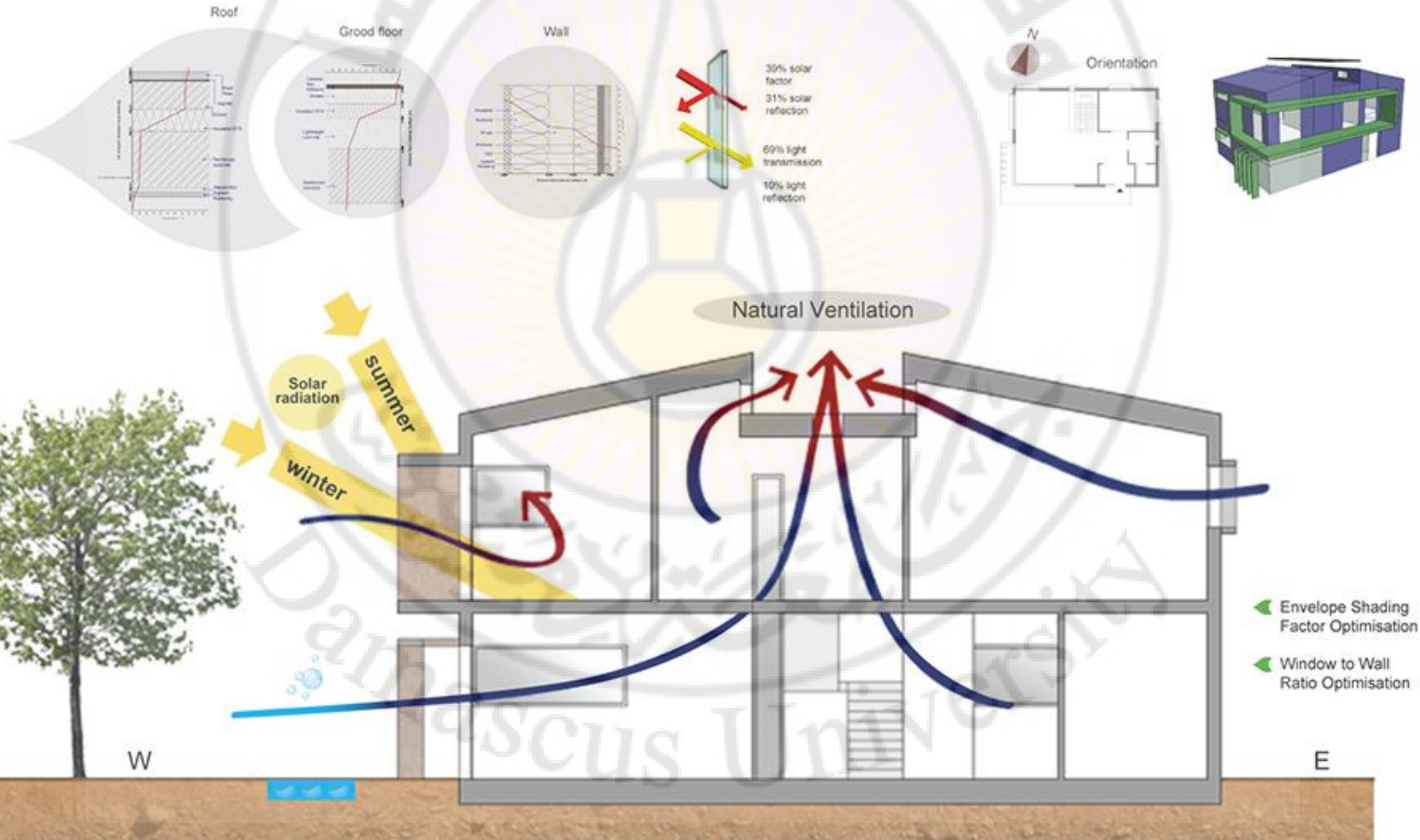
Section Through Library: Adult Area

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.

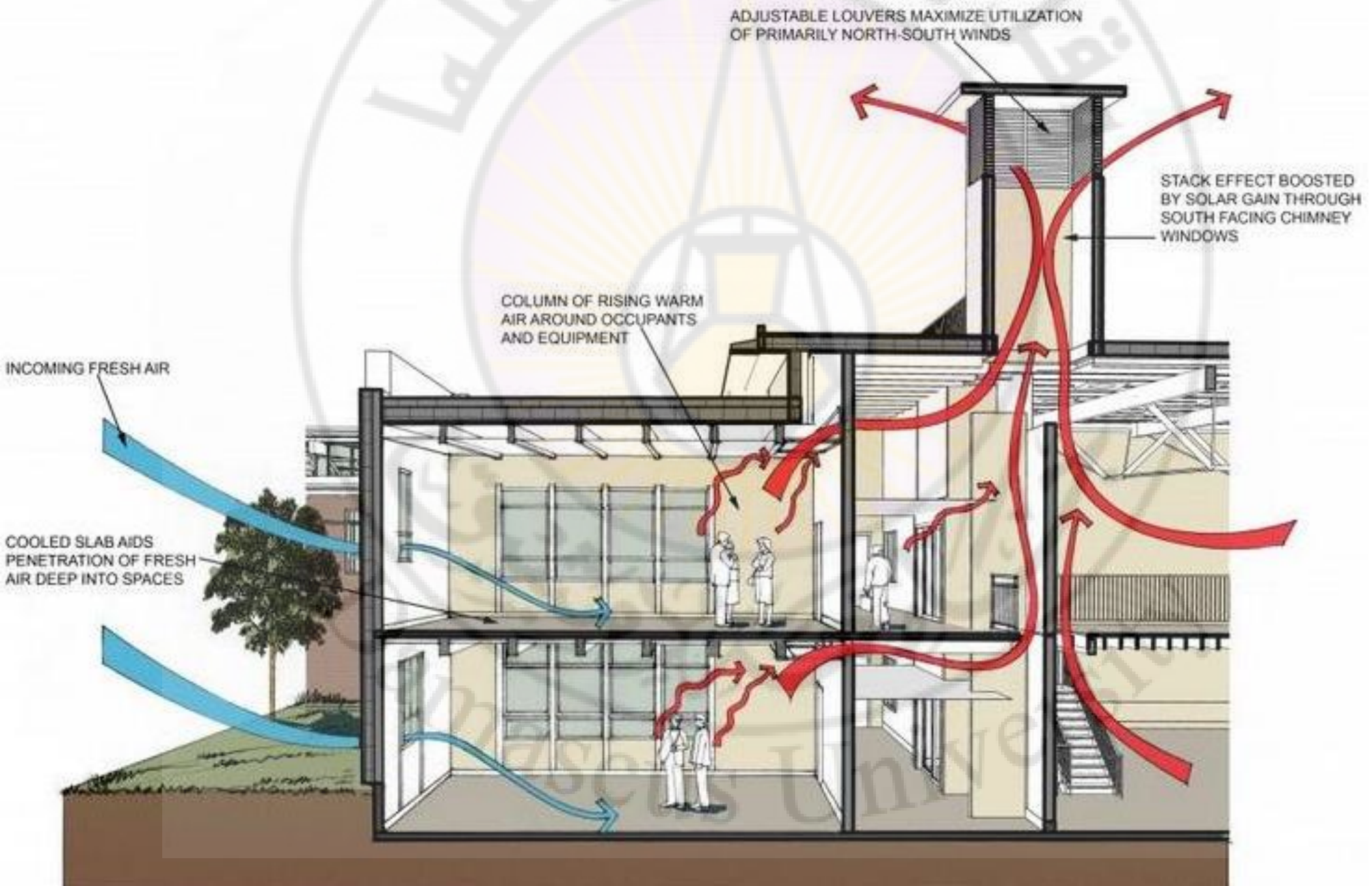


Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

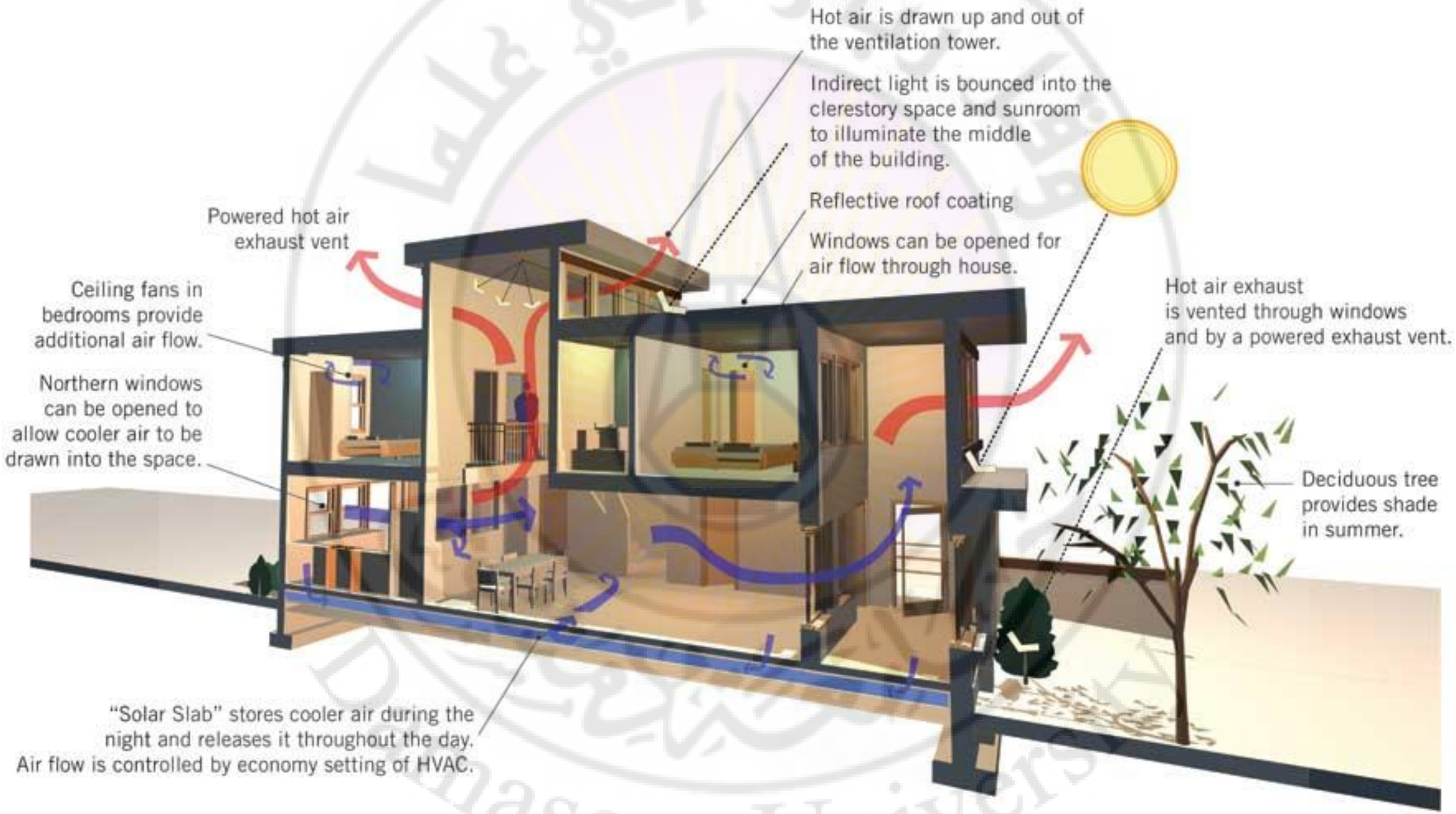
- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

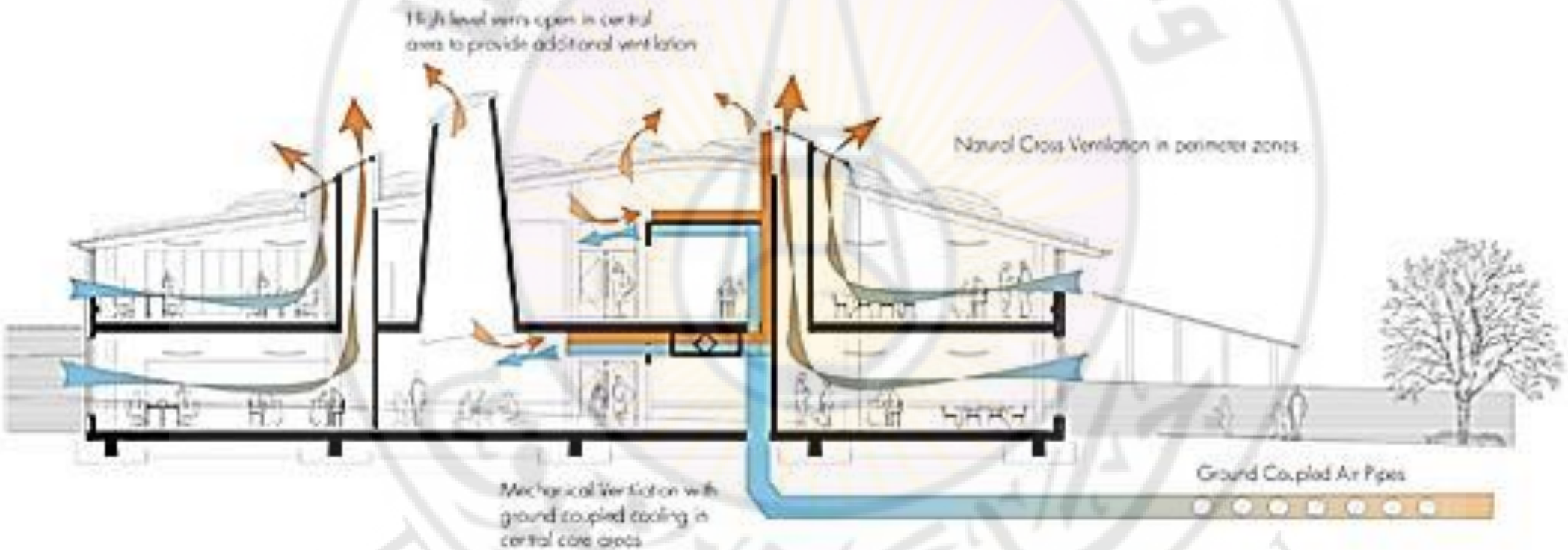
التهوية:



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

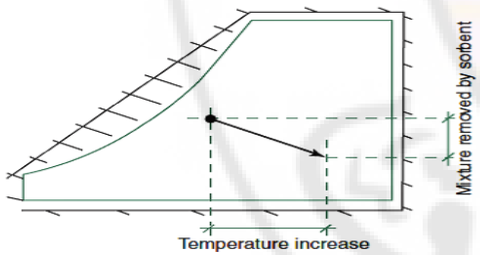


Building Heat Transfer

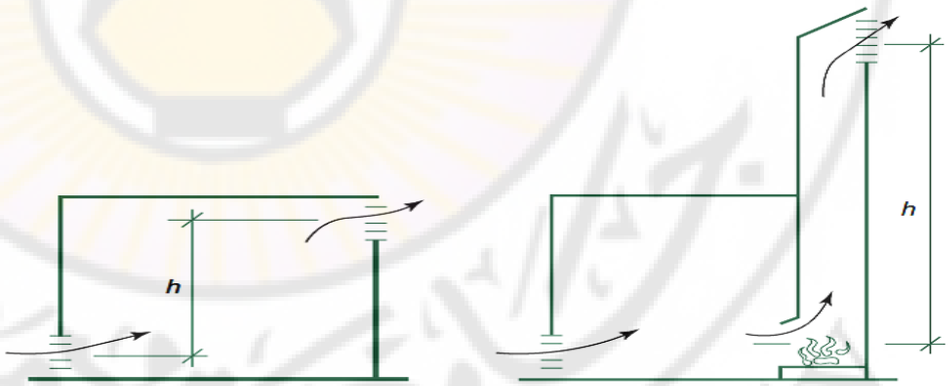
نقل حرارة البناء

التهوية:

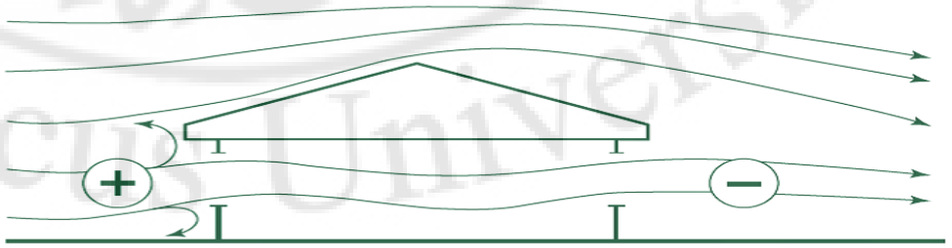
- سيكون تدفق الهواء متناسبا مع فرق الارتفاع بين فتختي المدخل والمخرج ومع فرق الحرارة بين الهواء داخل الحزمة (أو هواء الغرفة) والهواء في الخارج في الأبنية ذات الارتفاع المنخفض عندما يكون التأثير الحزمي صغير جدا، لكن مثلا في بيت الدرج لبناء متعدد الطوابق يمكن أن تتطور كمدخنة الهواء، لذلك لن يكون هناك تدفق هواء، أو إذا كانت مدخنة الهواء أكثر برودة، يمكن أن تنتج لأسفل.
- وهناك حالة خاصة التي يمكن اعتبارها بمثابة "تعزيز تأثير المدخنة" هو **المدخنة الشمسية**، حيث يتعرض جانب واحد على الأقل من المكدس لأشعة الشمس، ولها معامل امتصاص عالية. سيكون هذا ساخنا، فإنه مع ارتفاع درجات الحرارة في الهواء في الداخل، وبالتالي يتم زيادة الفرق في درجة الحرارة بين الداخل والخارج، وهذا بدوره سيزيد من تدفق الهواء.
- **آثار الرياح** عادة ما تكون أقوى بكثير. على الجانب المواجه للريح من مبنى وتطوير حقل الضغط الايجابي، حيث أن الضغط يتناسب مع مربع السرعة. وفي الوقت نفسه، (خفض) حقل الضغط السلبي قد وضع على الجانب المواجه للريح والفرق بين الضغطين يمكن أن يكون قوي جدا عبر التهوية



1.14.
Adiabatic dehumidification.



1.15.
Stack effect in a room and in a chimney.



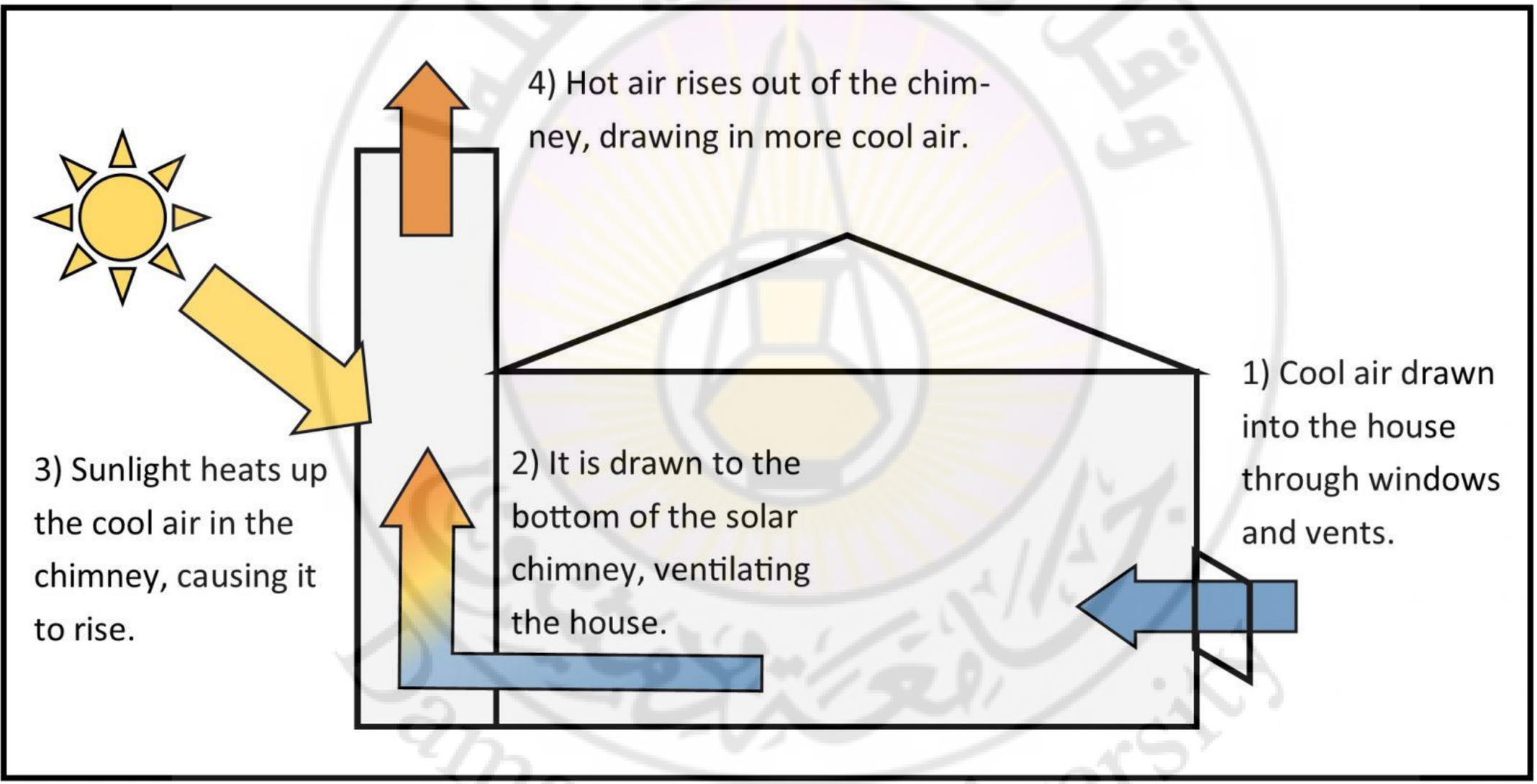
1.16.
Wind effect: cross-ventilation.

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)

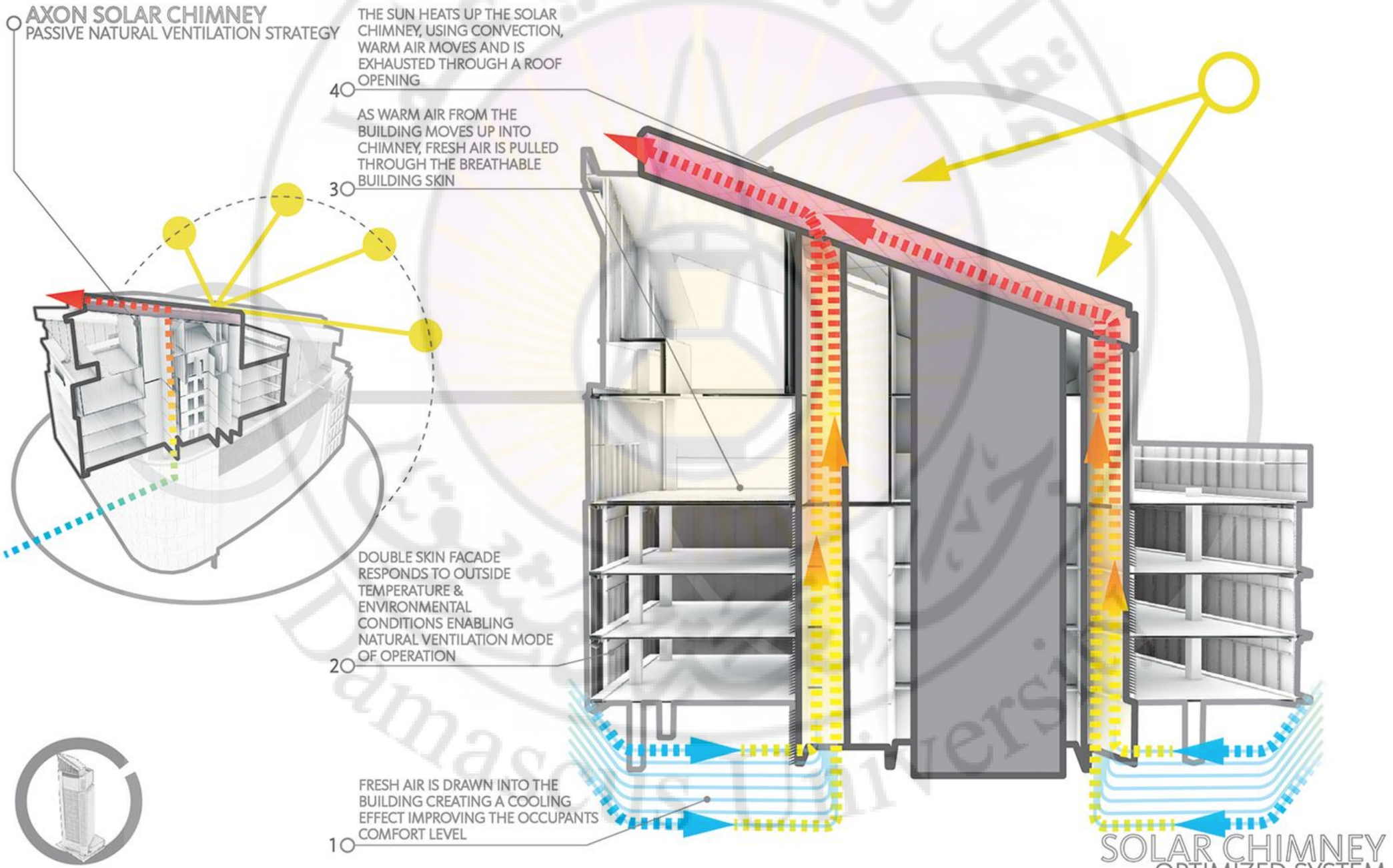


Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)

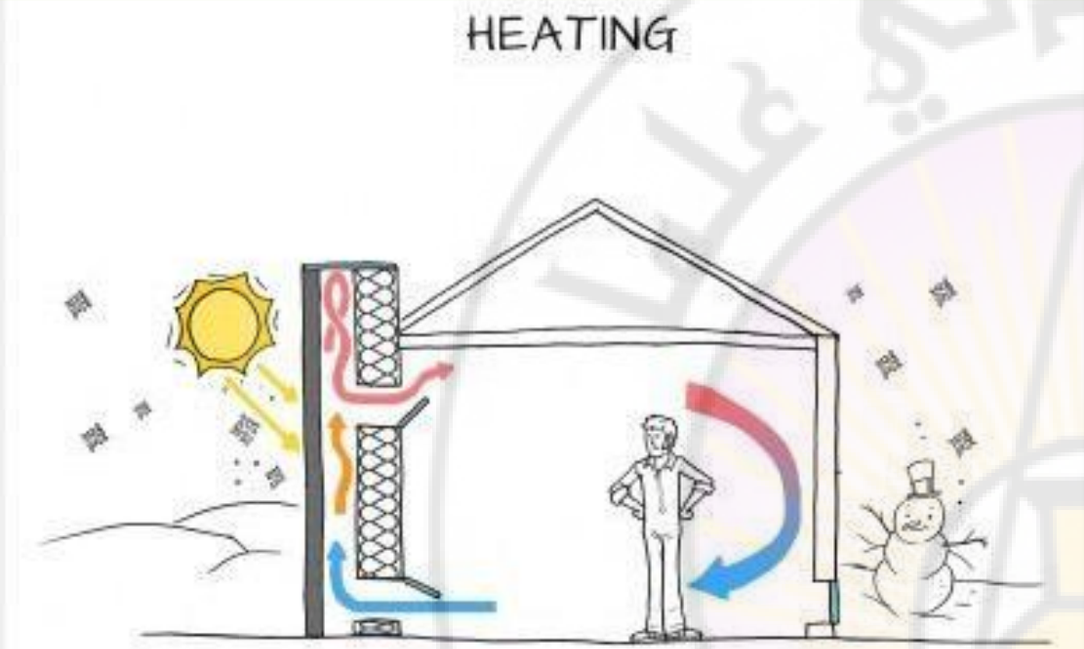


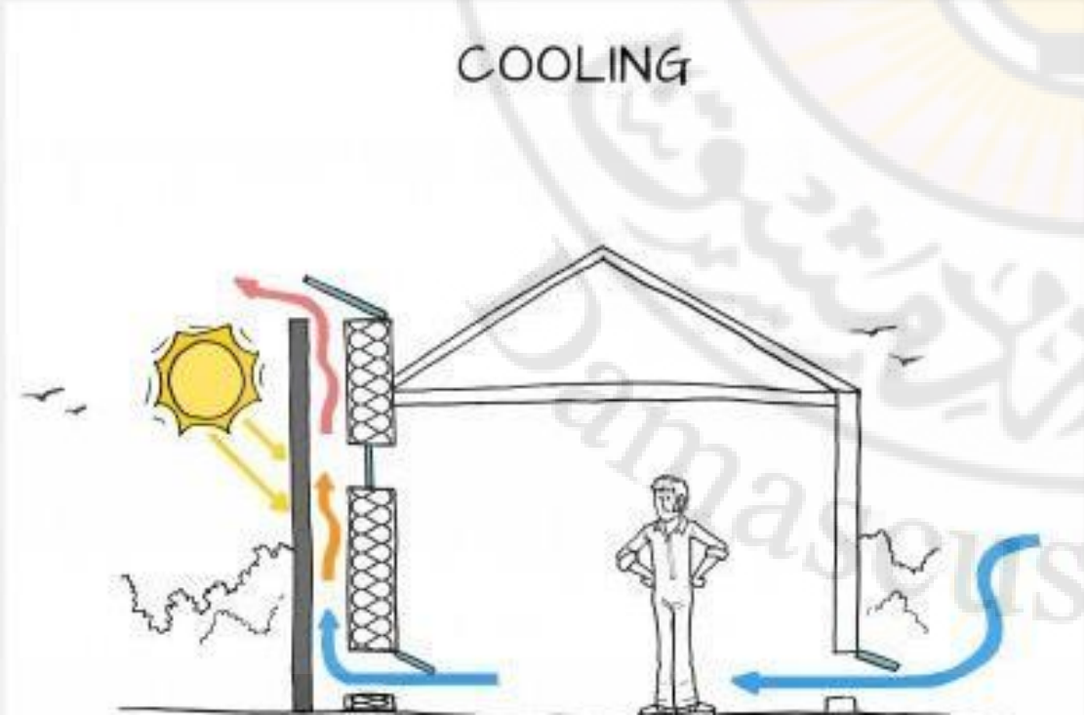
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)





How to use solar chimney as a passive method for heating and cooling a building

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

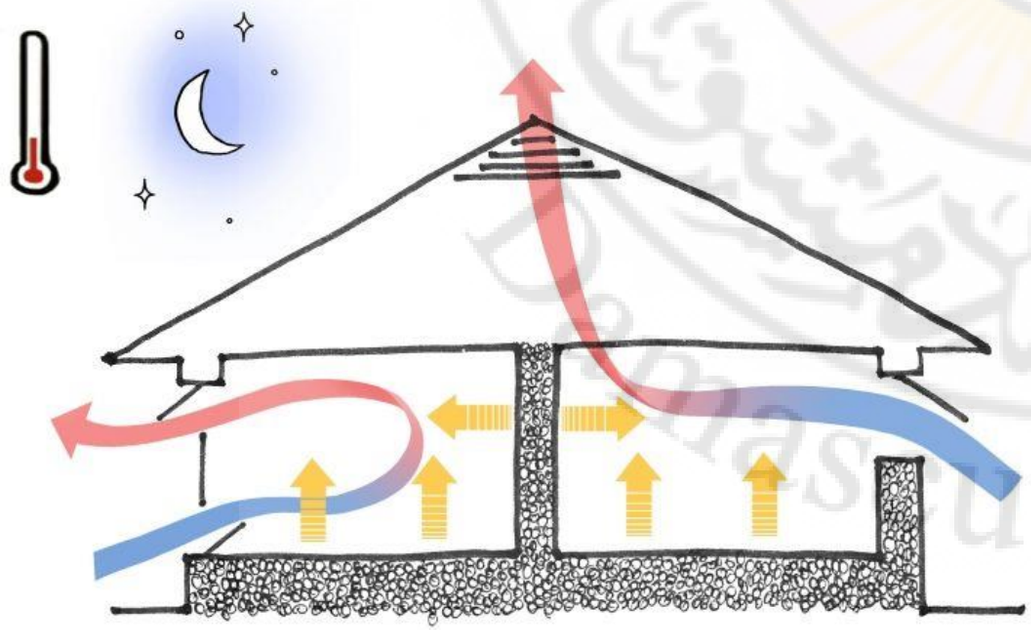
التهوية:

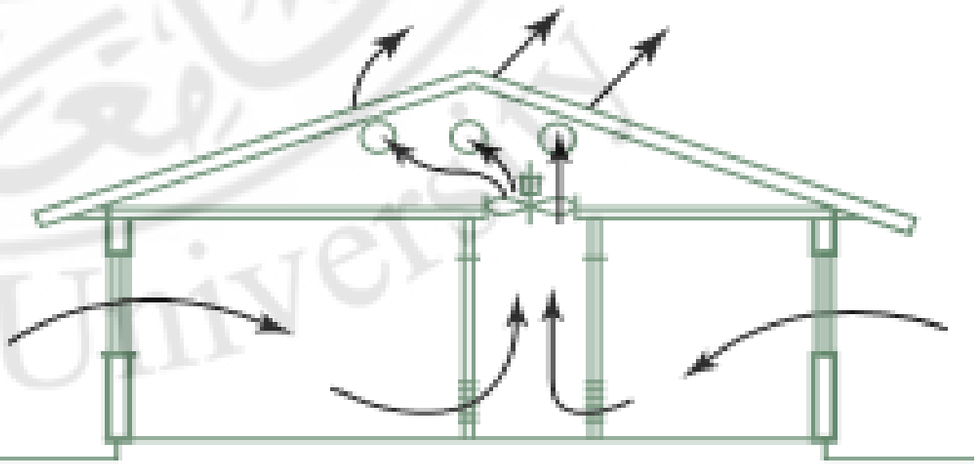
التهوية الليلية: تستخدم كأداة للتأثير الكتلي عندما يكون متوسط درجة حرارة اليوم اعلى من الحد الطبيعي، لتساعد على عملية تلاشي الحرارة.

هذا قد يعتمد على التهوية الطبيعية من خلال النوافذ والفتحات الاخرى.

ومن الممكن ان تساعد في هذا المروحية الكاملة للمنزل.

يجب ان يكون المنزل مرتبا وفق حركة الهواء مع مراعاة كامل الغرف (الهواء الطبيعي يدخل مخدما كامل الغرف) ويدفق الهواء خلال المروحة الخارجية لكي يخرج الهواء الحار خارج الغرفة وهذا لا يؤثر على زيادة حساسية حركة الهواء ولكن يمكن ان يساعد في تلاشي اي حرارة مخزنة داخل الياف المبنى .



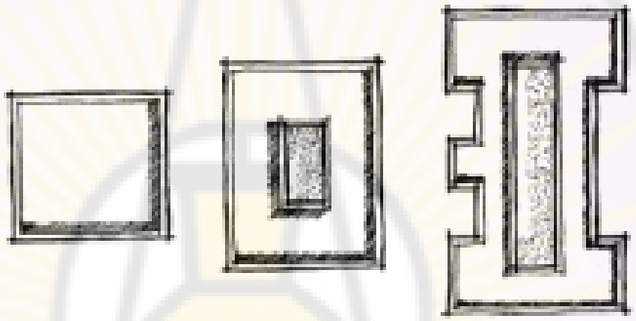


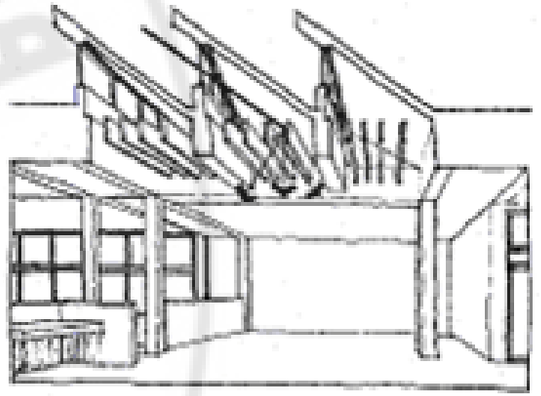
Passive Strategies

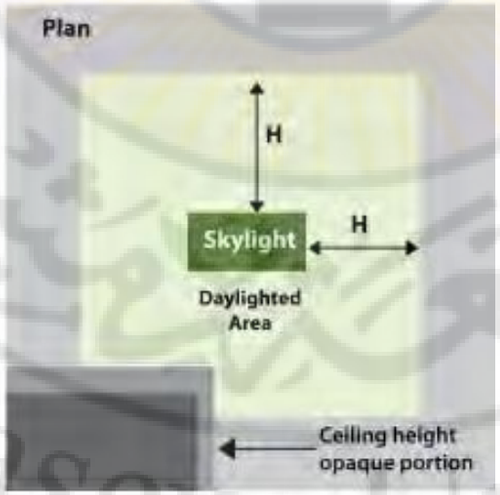
استراتيجيات سلبية

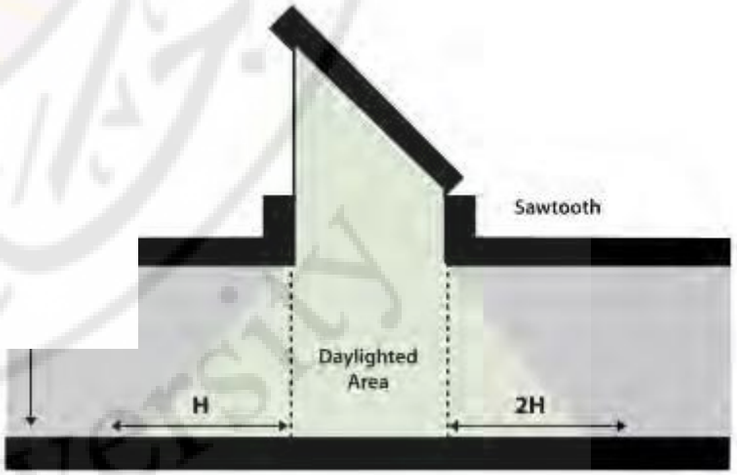
مغلف وشكل البناء

نموذج (زيادة المحيط)
اتجاه
مناور، أفنية









استخدام الكتلة الحرارية

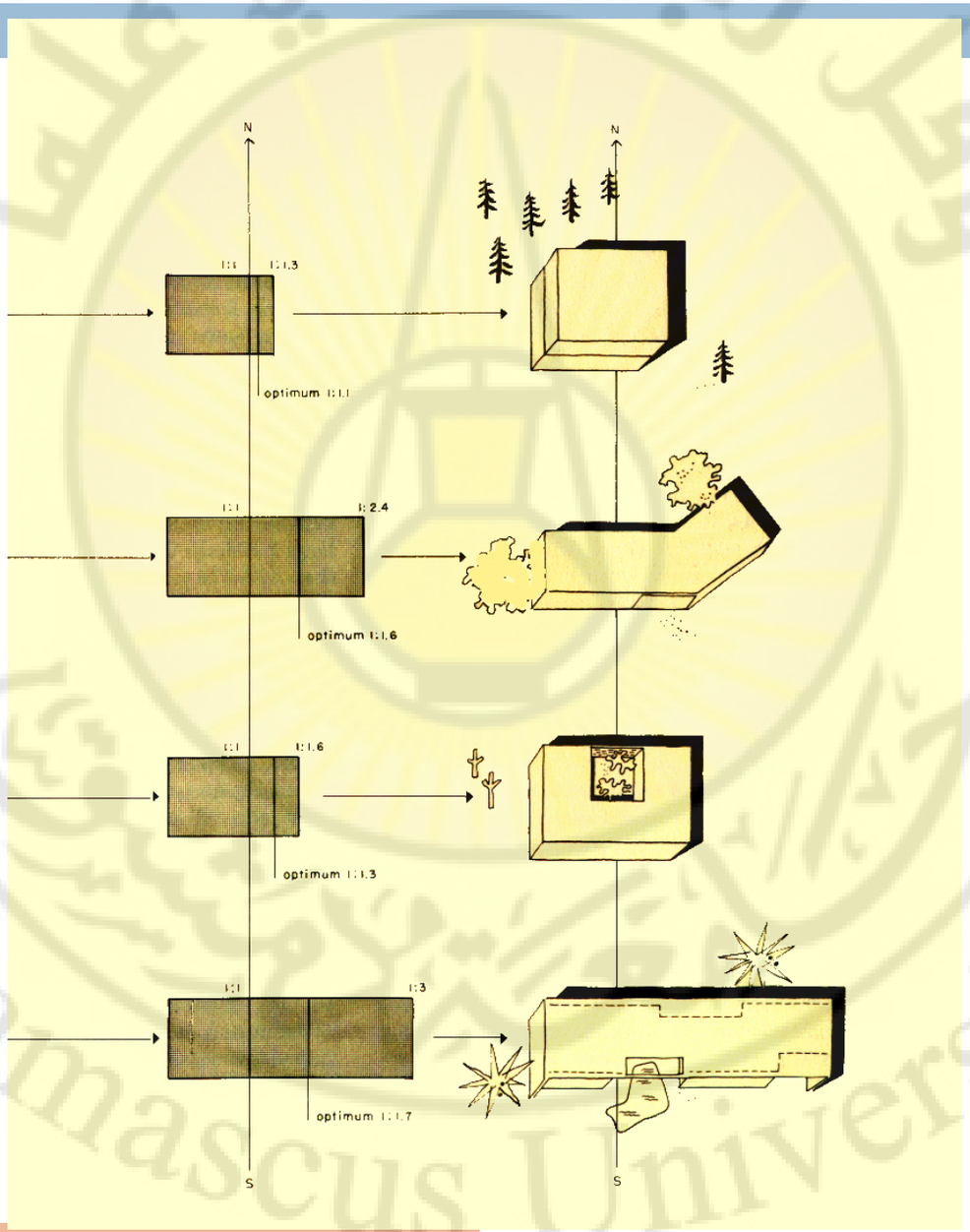
- للتدفئة

  - يجب أن تتلقى الإشعاع المباشر الشمس
  - يجب أن يكون داخل طبقة العزل
  - الألوان الداكنة هي الأفضل

- للتبريد

  - يجب ألا تتلقى إشعاع الشمس المباشر
  - يجب أن يكون داخل طبقة العزل
  - يمكن أن يكون موجودا على أي سطح داخلي حيث يتم تعميم الهواء التهوية

شكل الكتلة والتوجيه



Cool

الحد الأدنى من مساحة السطح

Temperate

امتداد المبنى من الشرق الى الغرب

Hot-Dry

امتداد المبنى من الشرق الى الغرب/ مركز ملل / مساحة مائية (فناء)

Hot-Humid

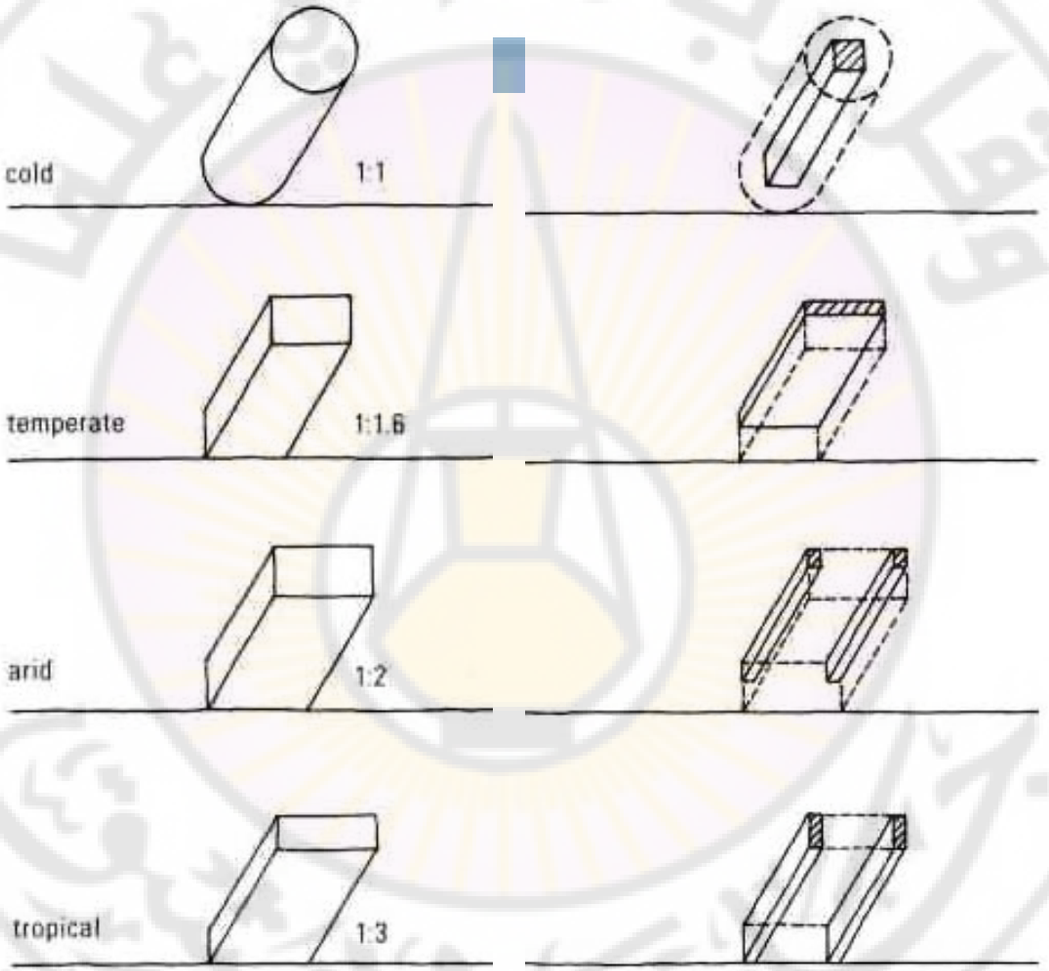
امتداد المبنى من الشرق الى الغرب/تقاطع صغير

Victor Olgyay. Design with Climate.
Princeton University Press, 1973. Pg. .89

شكل الكتلة والتوجيه

مناخ بارد

تخفيض مساحة السطح الخارجي



مركز محمي

زيادة مساحة الواجهات الشمالية والجنوبية

النواة المخدمة على الواجهات الشرقية والغربية

مناخ استوائي

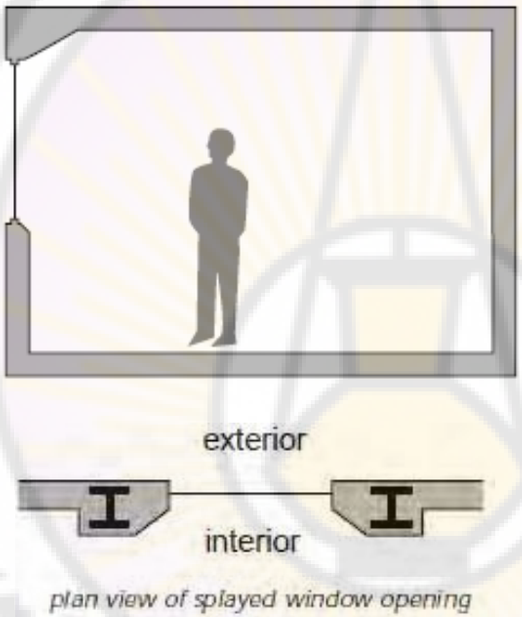
Klaus Daniels. The Technology of Ecological Buildings. Birkhauser Verlag, 1994.
Copied with permission. Copyright Clearance Center, .2000

Passive Strategies

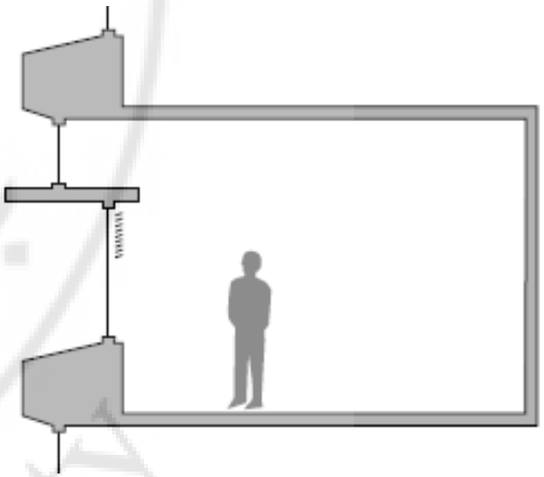
الاستراتيجيات السلبية

مغلف وشكل البناء

زيادة التعرض لضوء النهار
بناء الشكل بحيث يؤمن التظليل الذاتي
استخدام الواجهة العميقة
دمج الميزات التي تحسن ضوء النهار مع المغلف
ادخال ضوء نهار متوازن

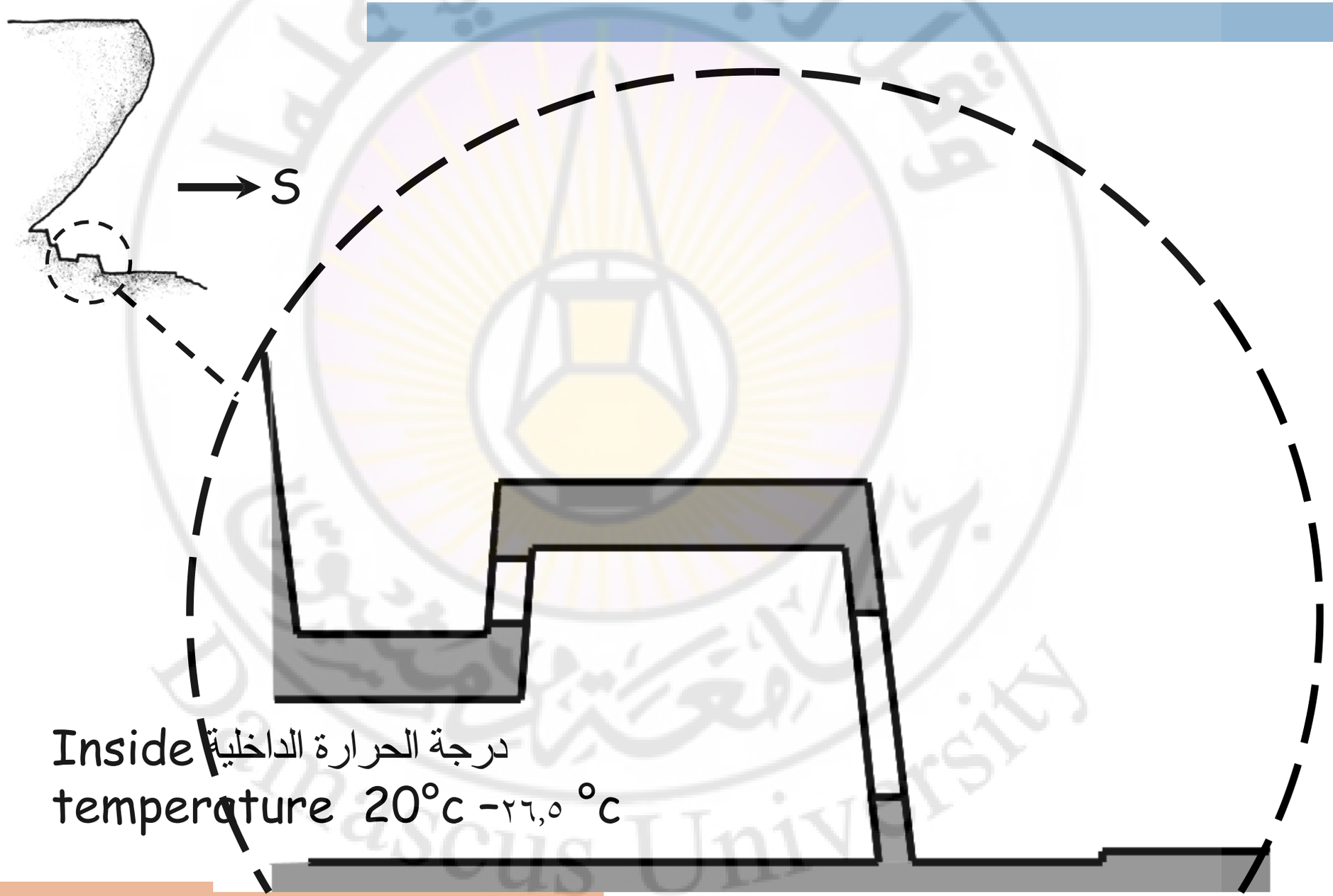


plan view of splayed window opening



الأسطح المنحدرة كما في هذه النافذة ، تساعد في تخفيف الوهج كما أن طلاء هذه الأسطح بلون خفيف يخفف السطوع بين الفتحة وسطوح الغرفة مما يوفر انتقال أسهل للعين .

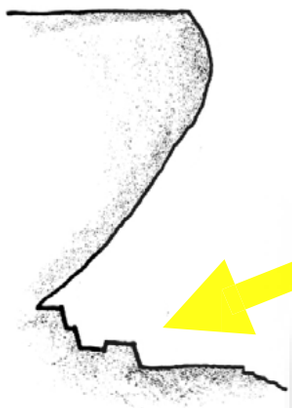
يوفر الجدار العميق التظليل الذاتي، ويسمح بوضع رفوف بسيطة، ويخلق الأسطح التي تخفف من الوهج، ويقلل من انتقال الضوضاء.
. وتساعد الأسطح المنحدرة أيضا في تخفيف الوهج


S
Inside temperature 20°c
درجة الحرارة الداخلية
-٢٦,٥ °c

N
الشتاء الطويل
الظلال إلى
شمال.
ظلال صيفية قصيرة
زاوية الشمس صيفا
استخدام الأشجار
والطوبوغرافيا وهياكل
لمنع
زاوية منخفضة للشمس،
للجانب الشرقي
والجانب الغربي.
جنوبي سطح المبنى
يحصل على
وفرة شمسية
زاوية الشمس شتاءا
المظلة الافقية الثابتة للزجاج الذي
يواجه الجنوب ذات حماية جيدة صيفا
كما تسمح شتاءا للاشعةالشمسية من
دخول الفراغ
.
الاشجار توفر ظلا
كما تسمح بمرور
طفيف.
الاشجار المثمرة ت
اوراقها شتاءا
الهيكل المؤقت يمكن ان
يوفر تظليل للسطوح خلال
الصيف
منطقة مظللة إلى الشمال يمكن أن
تكون باردة جدا لاستخدام الشتا
الهواء هنا هو جيد يعتبر مصدر
للتهوية الطبيعية الداخلة للفراغات
الكتلة الحرارية

Winter Mode – Day

يوم شتوي



Outside temperature 10°c

درجة الحرارة الخارجية

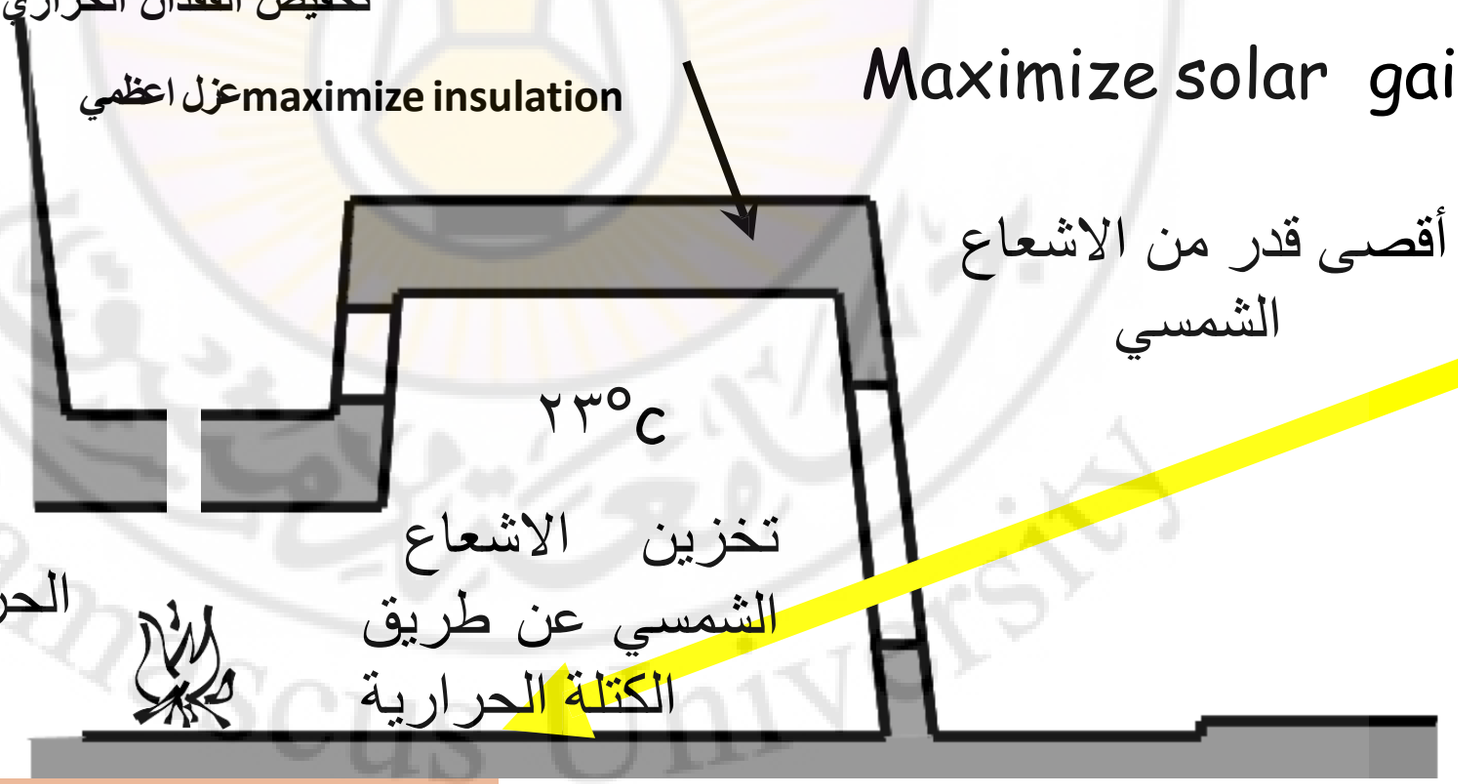
Minimize heat loss;

تخفيض الفقدان الحراري

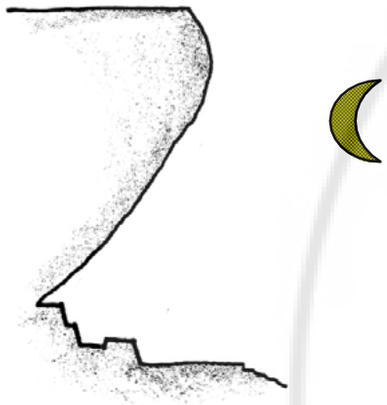
maximize insulationعزل اعظمي

Maximize solar gains

تحقيق أقصى قدر من الاشعاع الشمسي



Winter Mode – Night
ليل يوم شتوي

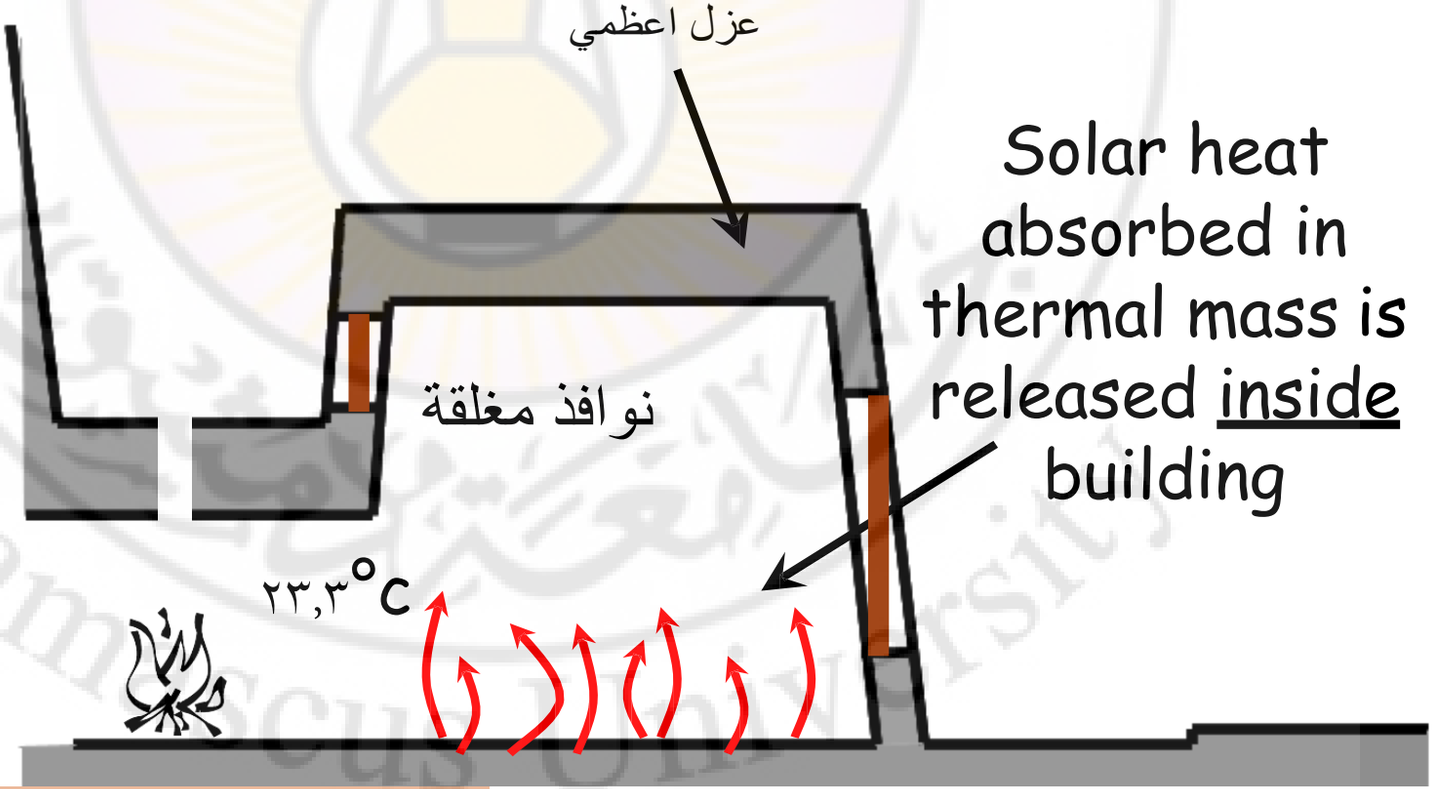


درجة الحرارة الخارجية
١٠°c

Minimize heat loss; maximize insulation

تخزين الاشعاع الشمسي عن طريق الكتلة الحرارية ضمن المبنى

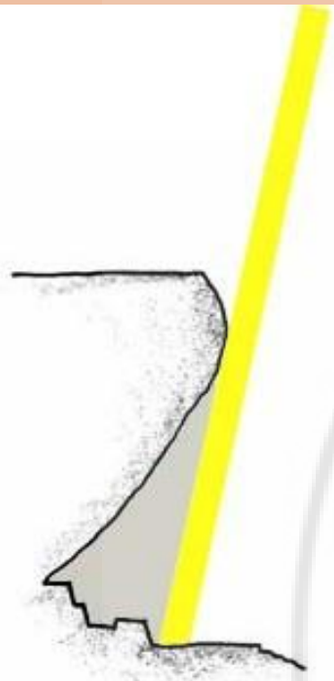
تخفيض الفقد الحراري
عزل اعظمي



الحرارة الداخلية العظمى
Maximize internal heat

Summer Mode – Day

يوم صيفي



Outside temperature ٣٧°c

درجة الحرارة الخارجية

Minimize solar gains

تخفيض الكسب الشمسي

Minimize heat gain ; تخفيض الكسب الحراري

maximize insulation زيادة العازل والكتلة

تخفيض التهوية

تخفيض الحرارة الداخلية

٢٣°c

Summer Mode – Night
ليل يوم صيفي

Outside temperature ١٥°c

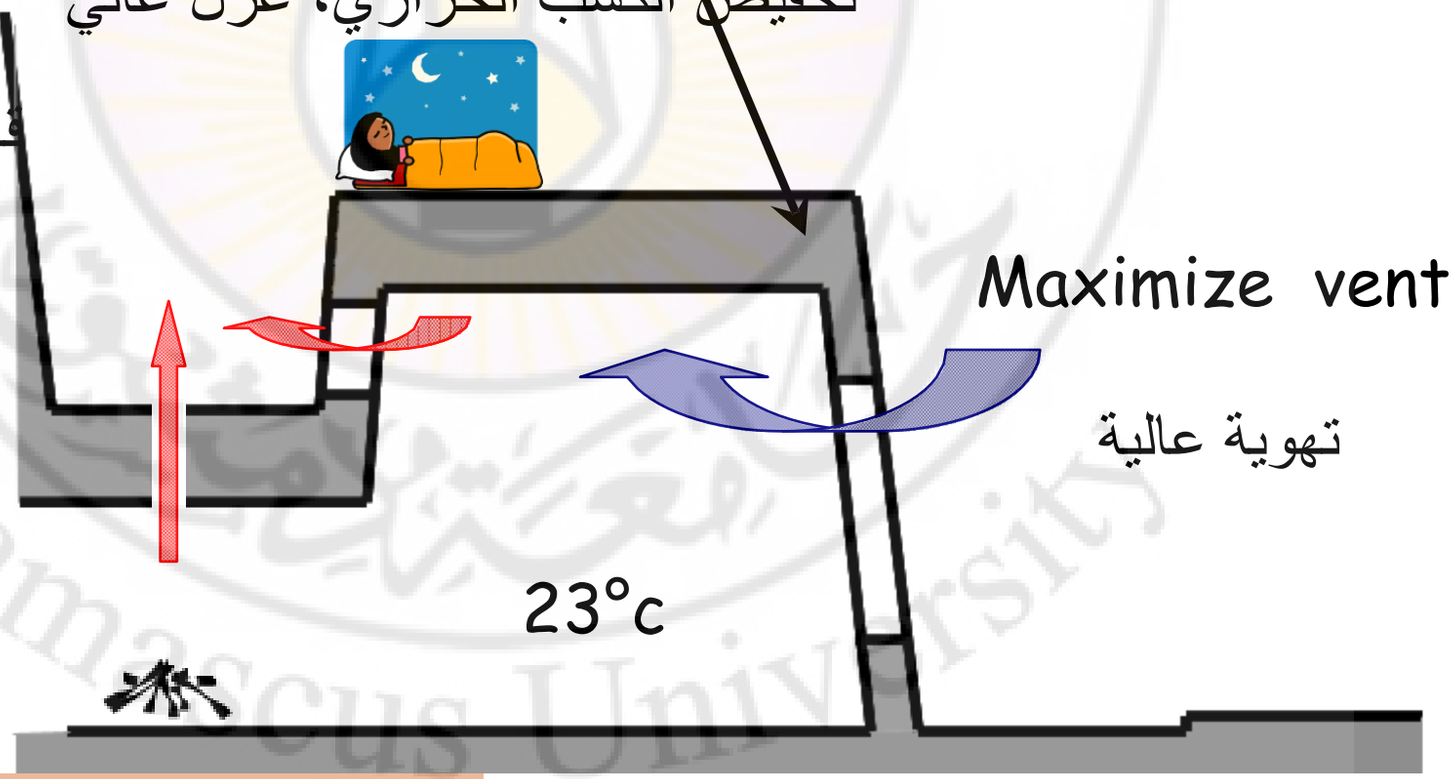
الحرارة الخارجية

Minimize heat gain; maximize insulation

تخفيض الكسب الحراري، عزل عالي

Outside occupancy

قاطنين بالخارج ، تهوية عالية



Maximize ventilatio

تهوية عالية

23°c

تخفيض الحرارة الداخلية

Passive Strategies

استراتيجيات سلبية

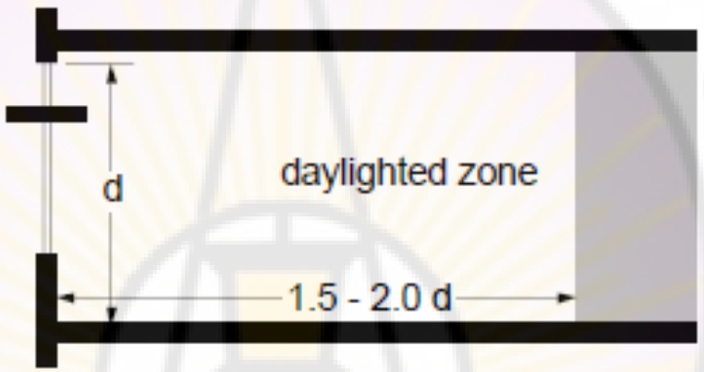
- Overhangs
- Light shelves
- Louvers
- Blinds

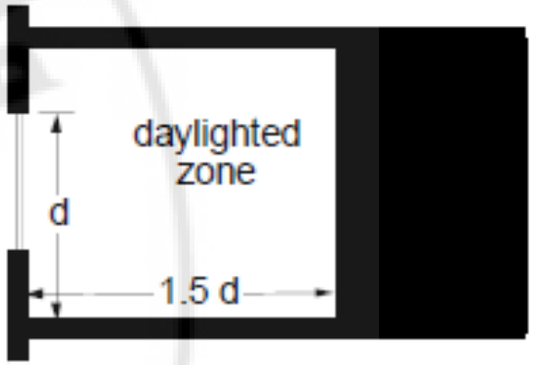
- مظلات
- رفوف
- كاسرات
- ستائر

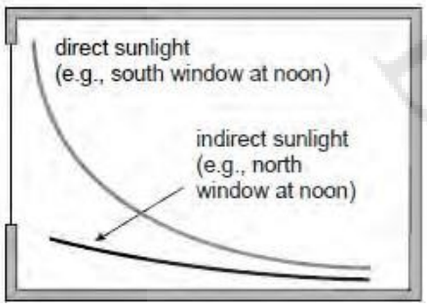
الغرف

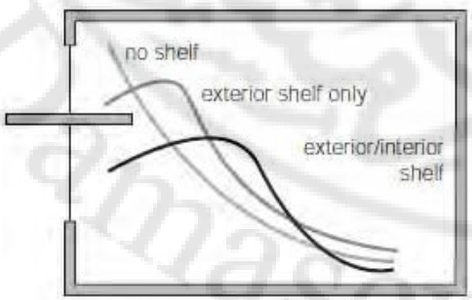
النوفذة

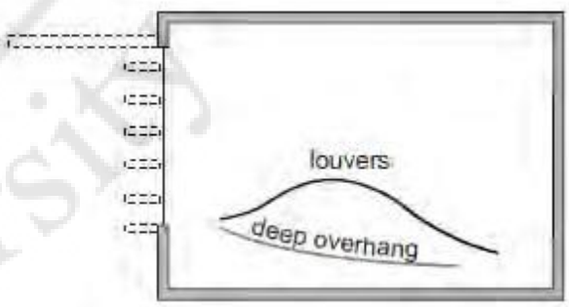
- الموقع
- الموضع
- التصميم











Passive Strategies

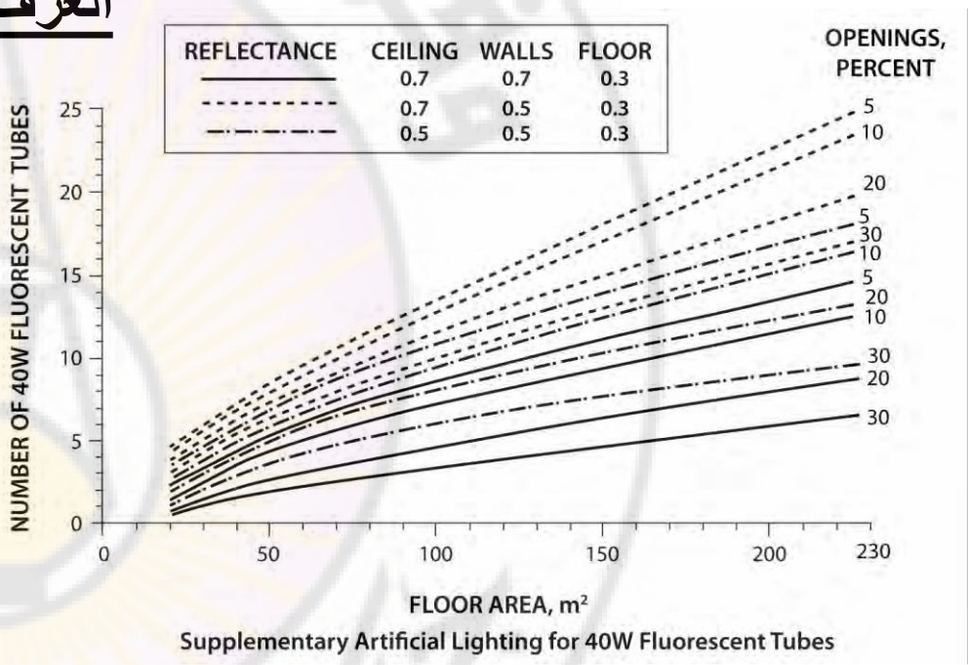
استراتيجيات سلبية

الغرف

السطوح

انعكاسية السطوح العالية من السقف والجدران والأرض يقلل من الحاجة إلى الإضاءة بالطاقة، وبالتالي يقلل من استهلاك الكهرباء

يظهر الشكل شروط خفض ٤٠ واط من مصابيح الفلورسنت



الإضاءة الاصطناعية التكميلية ل ٤٠واط من أنابيب الفلورسنت

$$Openings,\ Percent = \frac{Window\ area}{floor\ area} x\ 100$$

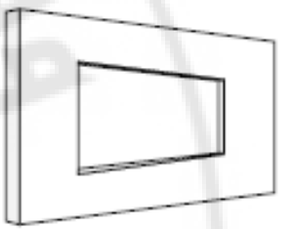
Passive Strategies

استراتيجيات سلبية

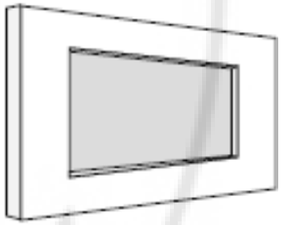
الأنظمة

- التزجيج
  - ملون
  - عاكس
  - منخفض –التلوين
  - ذو انتقائية طيفية
- المبادلة بين المكاسب الحرارية الشمسية وضوء النهار

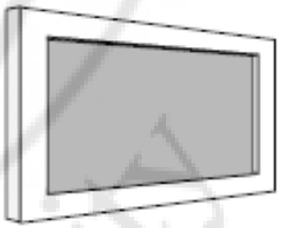
- Tinted
- Reflective
- Low-e
- Spectrally selective



Clear Glass
WWR = 0.30
high VT = 0.88

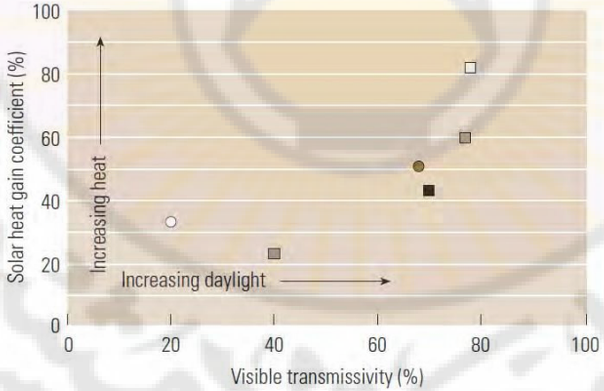


Tinted Glass
WWR = 0.50
medium VT = 0.53



Heavily Tinted
or Reflective
WWR = 0.70
low VT = 0.38

Glazing	Visible	SHGC
Clear	0.82	0.78
Low-e coating	0.77	0.60
Dark reflective bronze tint	0.20	0.33
Spectrally selective green tint	0.68	0.51
Spectrally selective low-e (clear)	0.70	0.43
Spectrally selective low-e with green tint	0.40	0.23



مجموع الطاقة الشمسية والضوء المرئي النافذ لوحدات الزجاج المختارة

تعد وحدات الزجاج ذات الانتقال العالي للضوء المرئي
وذات معامل منخفض للكسب الحراري الشمسي
(،جزء من الطاقة الشمسية المنتقلة من خلال النافذة)
هي الأفضل لضوء النهار في المباني التي تهيمن عليها أحمال التبريد . *SHGC*

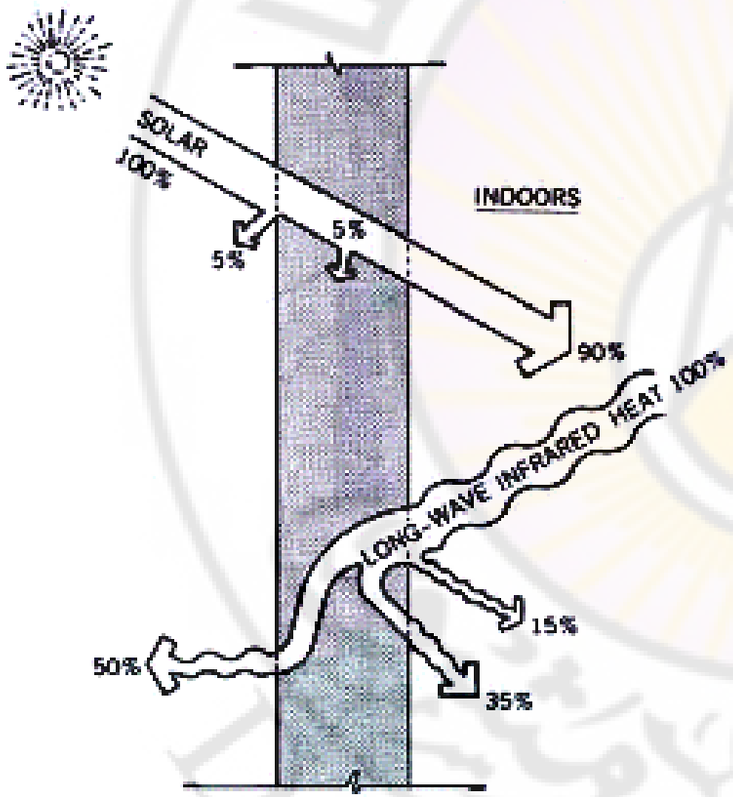
الفتحة الفعالة

الفتحة الفعالة*(EA)*=النفاذية المرئية*(VT)* X نسبة النافذة إلى الجدار *(WWR)*. هذه النوافذ الثلاثة لها نفس *EA* من *0.26*

أداء الزجاج Low-E Glass

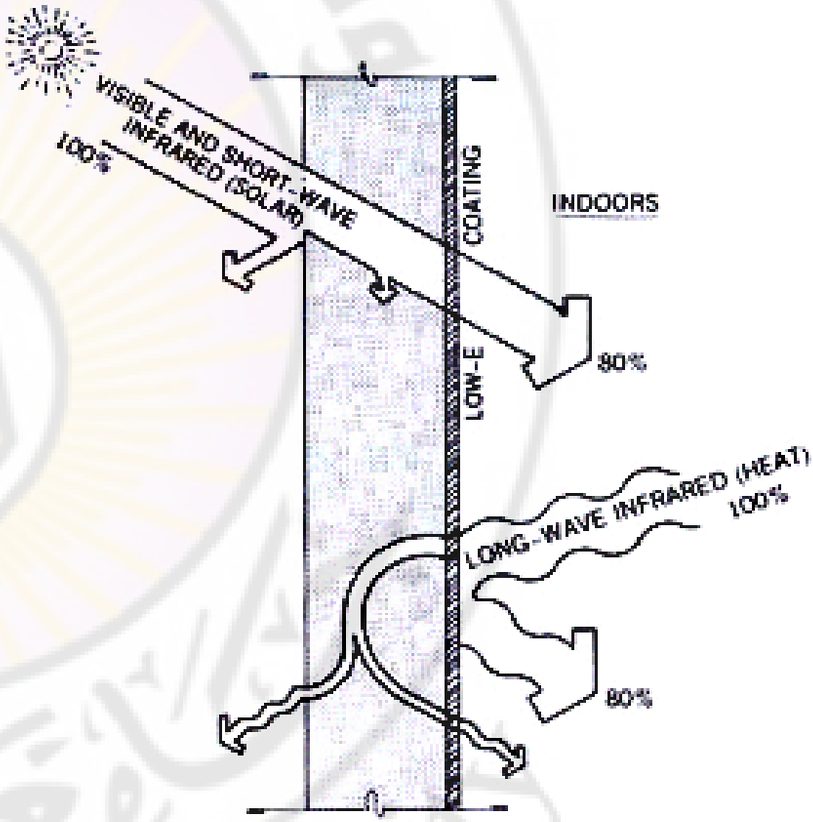
زجاج عادي

Clear glass



زجاج low E

Low-e glass

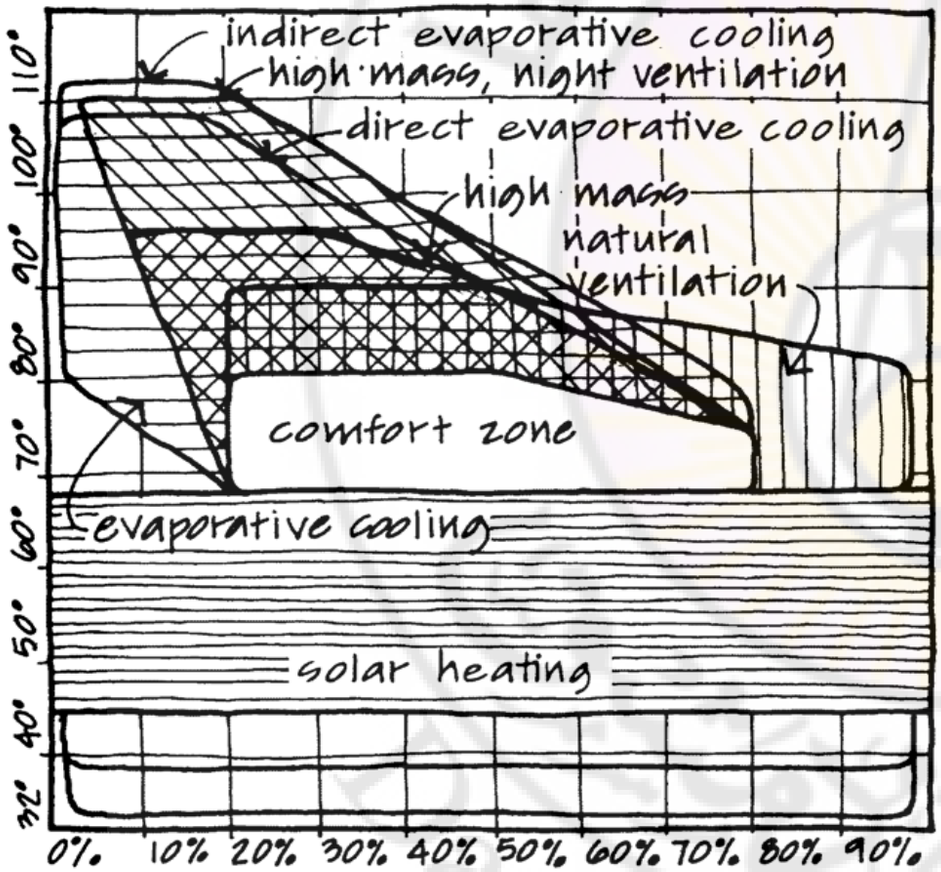


استراتيجيات التدفئة السلبية

- الزجاج المواجه للجنوب
- الكتلة الحرارية المعرضة للإشعاع الشمسي
- الكتلة الحرارية ذات لون داكن
- العزل الجيد للمبنى
- كتلة حرارية داخل طبقة العزل
- استخدام النوافذ ذات الزجاج المزدوج المنخفضة low-e
- النوافذ ذات العزل الليلي
- تظليل الكتلة الحرارية من شمس الصيف
- التقليل من التزجيج في الشرق والغرب
- الحد من التسرب الهوائي

استراتيجيات التبريد السلبي

- تهوية طبيعية
- التبريد التبخيري
- الكتلة الحرارية
- التبريد الإشعاعي



Bioclimatic Chart-Design Strategy Zones

Sun, Wind & Light, 2nd ed. ©2001 John Wiley & Sons

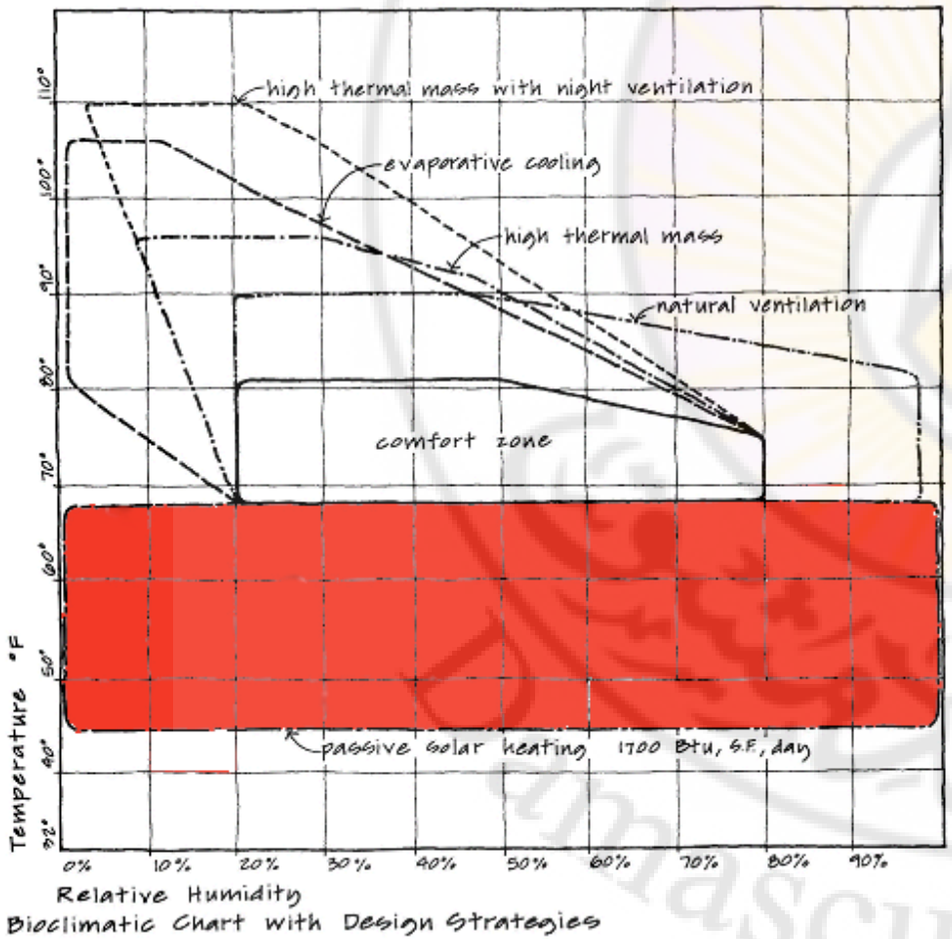
التدفئة الشمسية السلبية

التحديات

- لا فعالية في درجة حرارة تقل عن ٧ درجات
- يتطلب ظروف مشمسة (فصل الشتاء)
- تحتاج إلى مزيد من الاشعة الشمس عن برودة يحصل عليه.
- يجب تقليل التعرض لرياح الشتاء

الفوائد

- يمكن توفير التدفئة دون الوسائل الميكانيكية



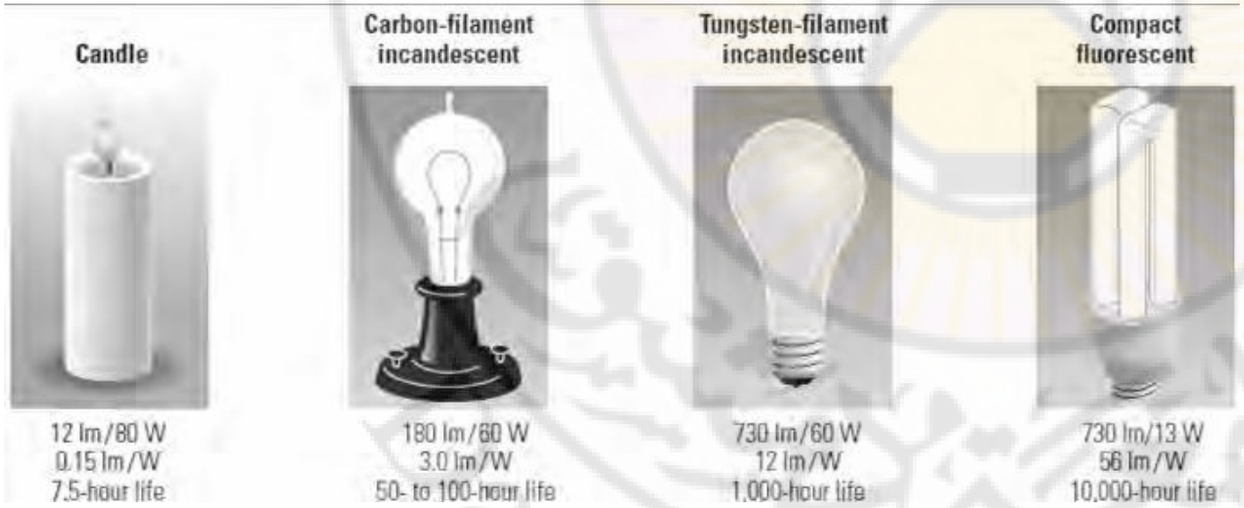
Bioclimatic Chart with Design Strategies

Active Strategies

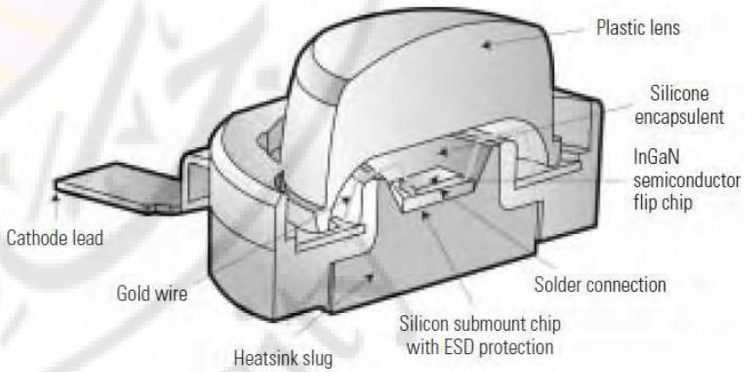
استراتيجيات نشطة

الإضاءة الكهربائية الموفرة للطاقة وفق :

- المهمة
- مستوى الجودة المطلوبة
- كمية الضوء المطلوبة



تاريخ موجز للإضاءة



آلية *LED*

لقد حسن مصباح الفلورسنت المدمج فعالية المنتج وعمره ٥٠ مرة بالمقارنة مع مصباح التنغستن ونصف مليون مرة بالمقارنة مع الشمعة .

Active Strategies

استراتيجيات نشطة

- Manual switches
- Elapsed-time switches
- Clock switches
- EMS (Energy Management Systems) controls
- Photocell controls
- Occupancy controls
- Switched power strips

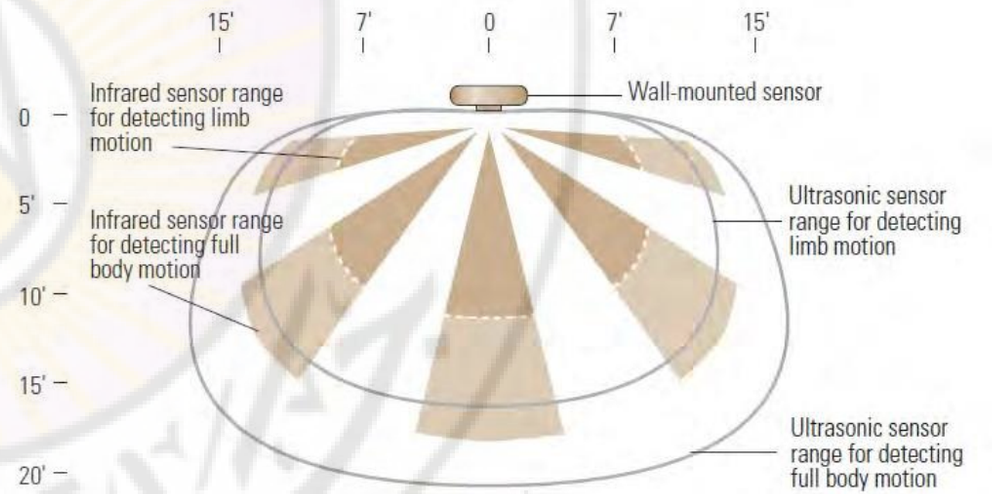
استخدام ضوابط الإضاءة

التحكم بالتشغيل – الإغلاق

مفاتيح يدوية
مفاتيح الوقت المقضي
مفاتيح الساعة
(أنظمة إدارة الطاقة)
الضوابط الضوئية
ضوابط الإشغال
الأشرطة الكهربائية المنقولة

ضوابط التعتيم

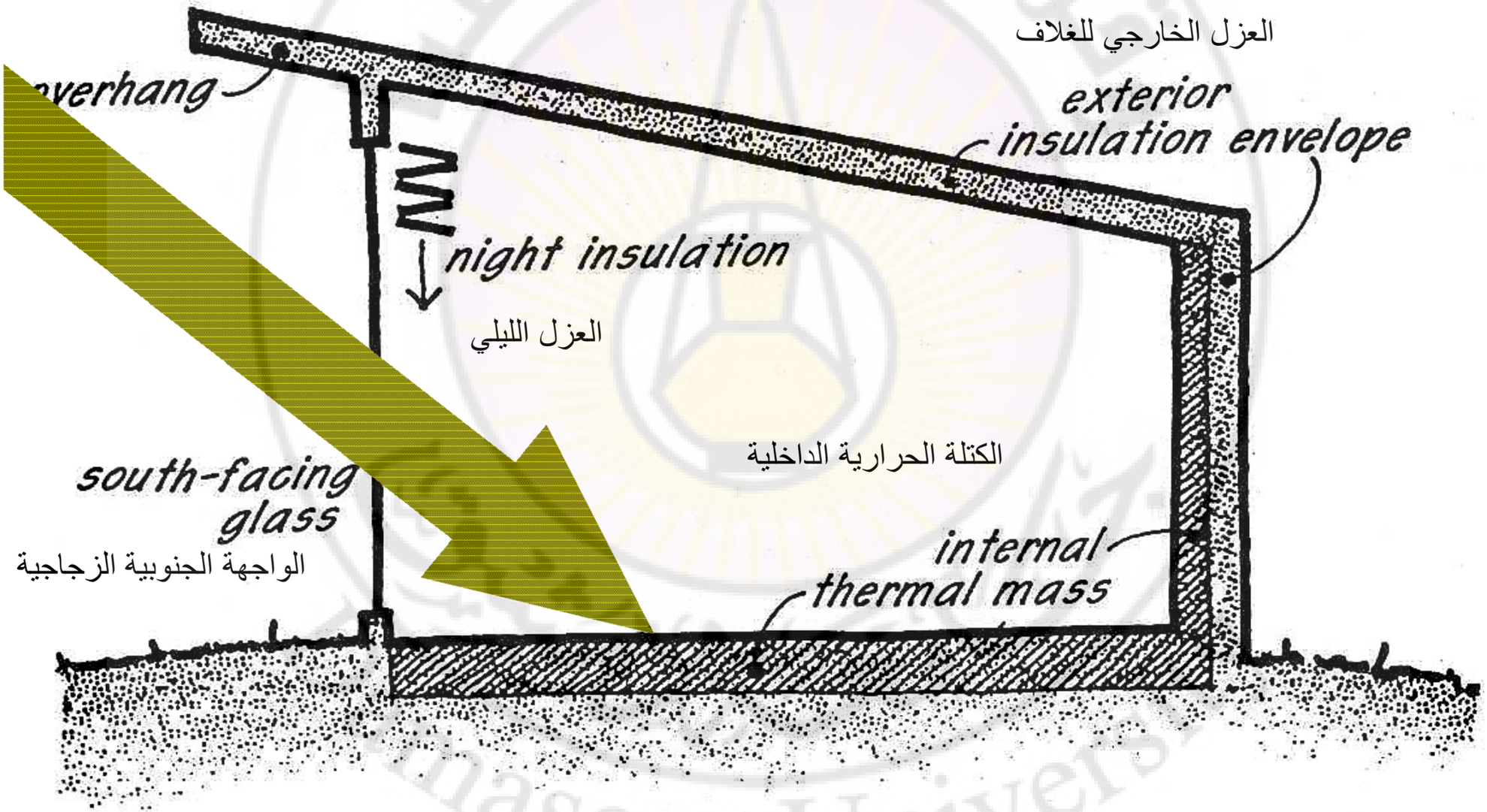
- مخفضات الطاقة
- ضوابط تعتيم مرحلي
- ضوابط تعتيم مستمر



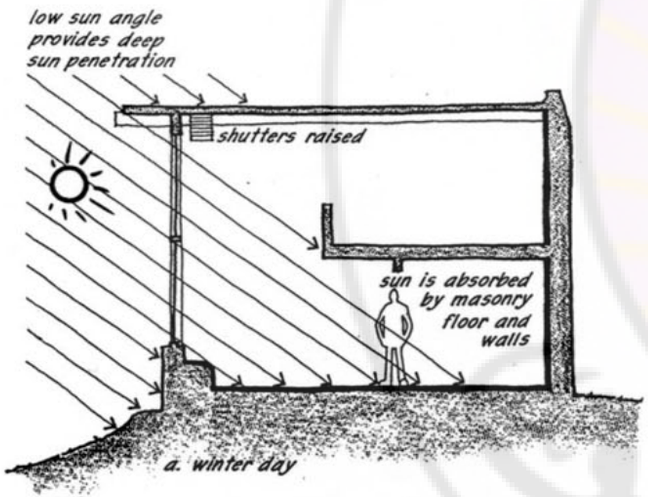
مخطط يمثل تغطية الحساسات

يمكن لحساسات الموجات فوق الصوتية أن تكتشف الحركة بأي نقطة ضمن خطوط المناسيب كما هو مبين بالرسم البياني حيث نرى الحساسات للموجات تحت الحمراء بشكل اسفين ولا ترى عموما بقدر وحدات الموجات فوق الصوتية حيث تكون بعض الحساسات ممتدة للأمام أكثر منها للجوانب وبعض منها قد تكون حساسة أكثر من الأخرى .

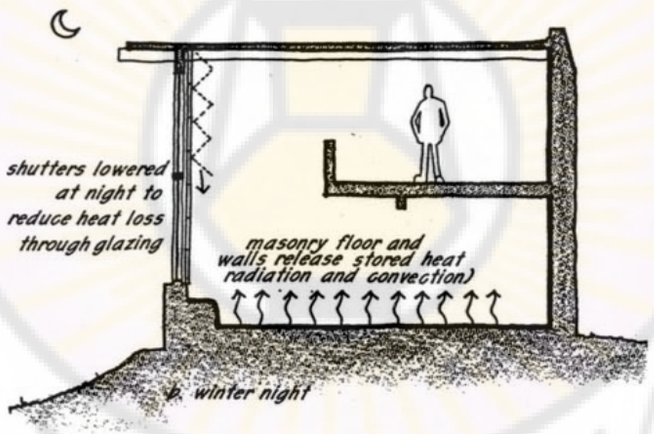
نظام الكسب المباشر



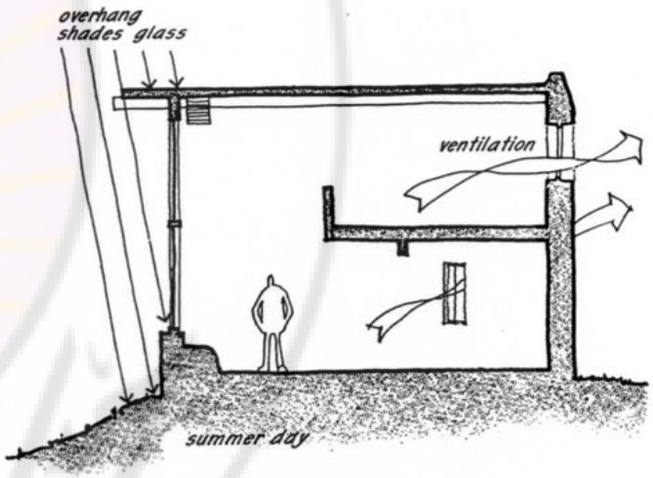
David Wright Residence



Winter day



Winter night

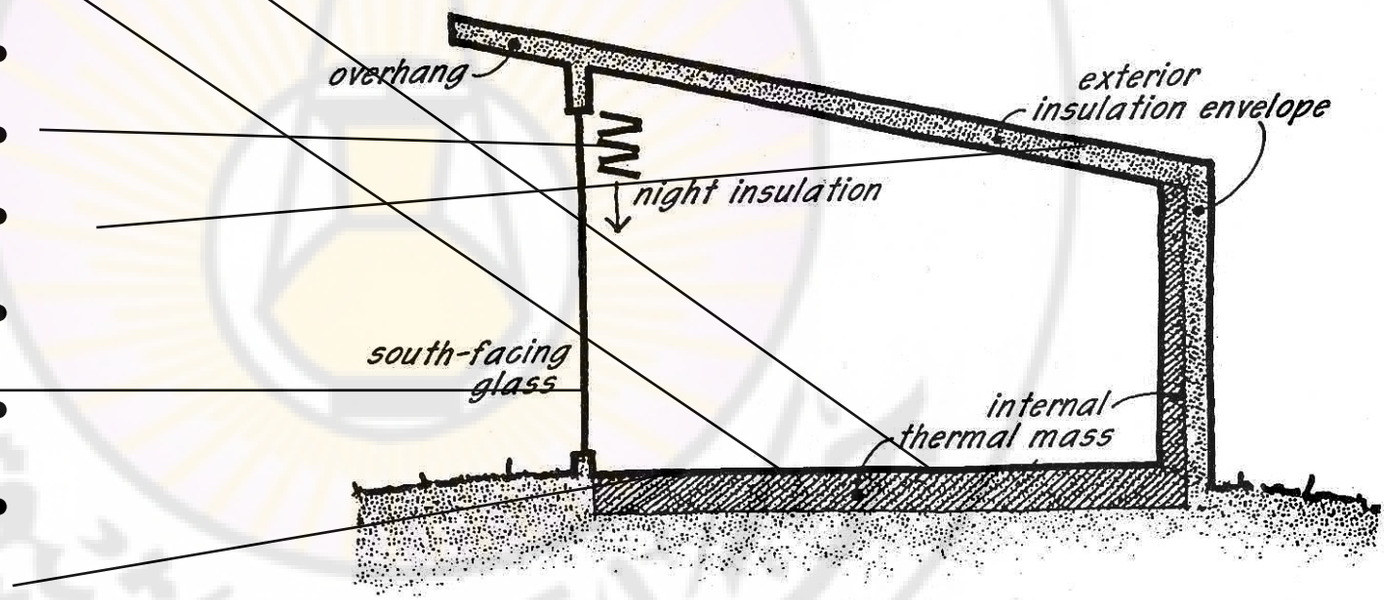


Summer day

Damascus University

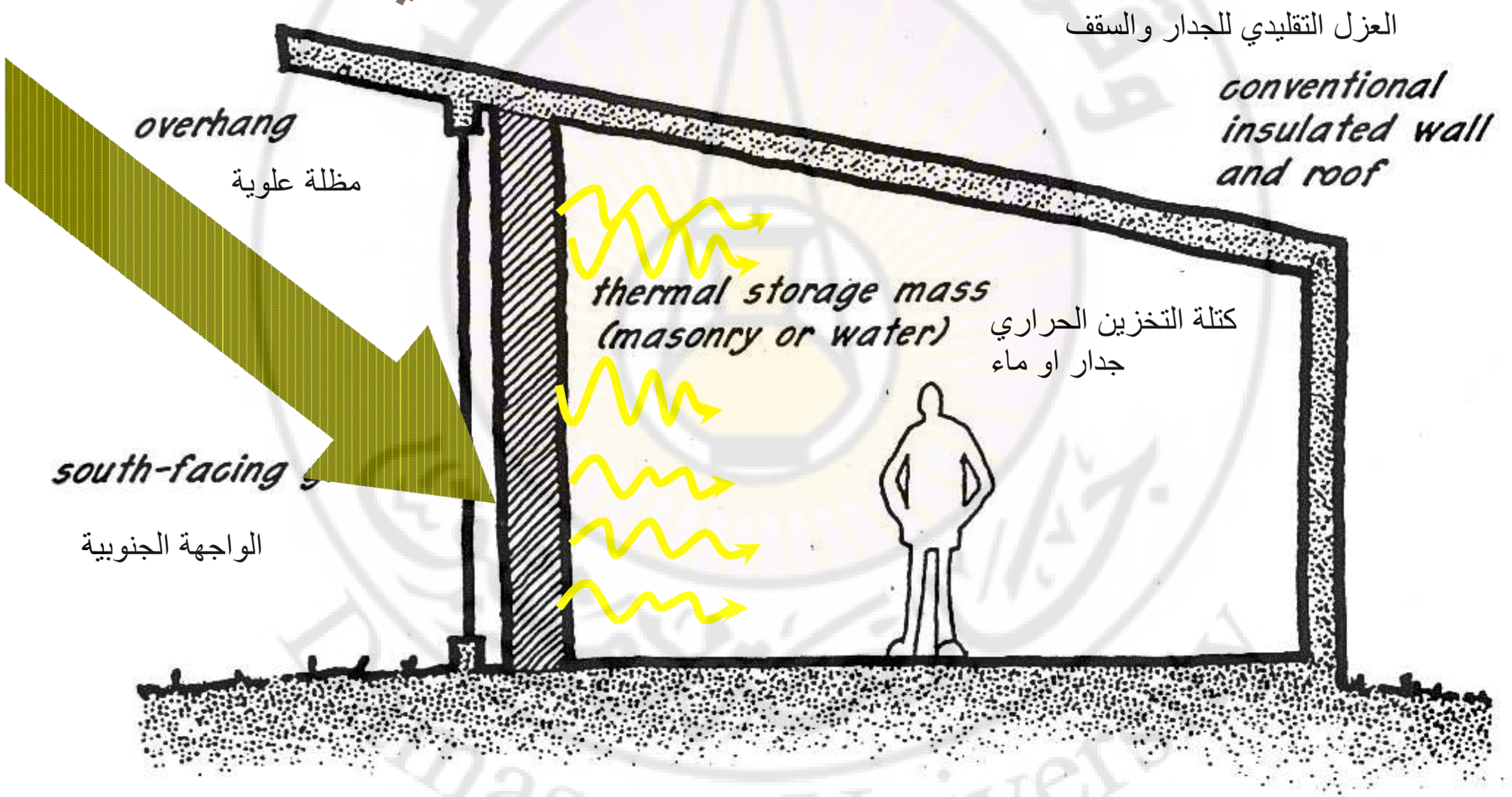
تصميم نظام الكسب المباشر

- توزيع الكتله
- سماكة الكتله
- اللون
- العزل الليلي
- العزل الحراري
- تغطية السطح
- مساحة الزجاج
- توجيه الارضية
- المواد



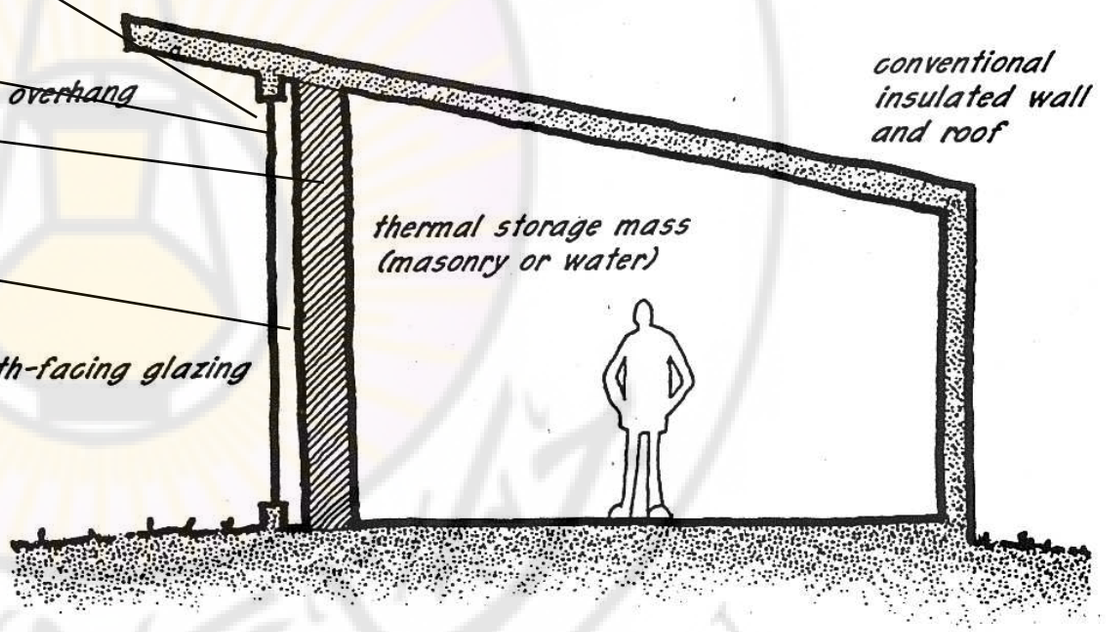
Thermal Storage Wall

جدار التخزين الحراري



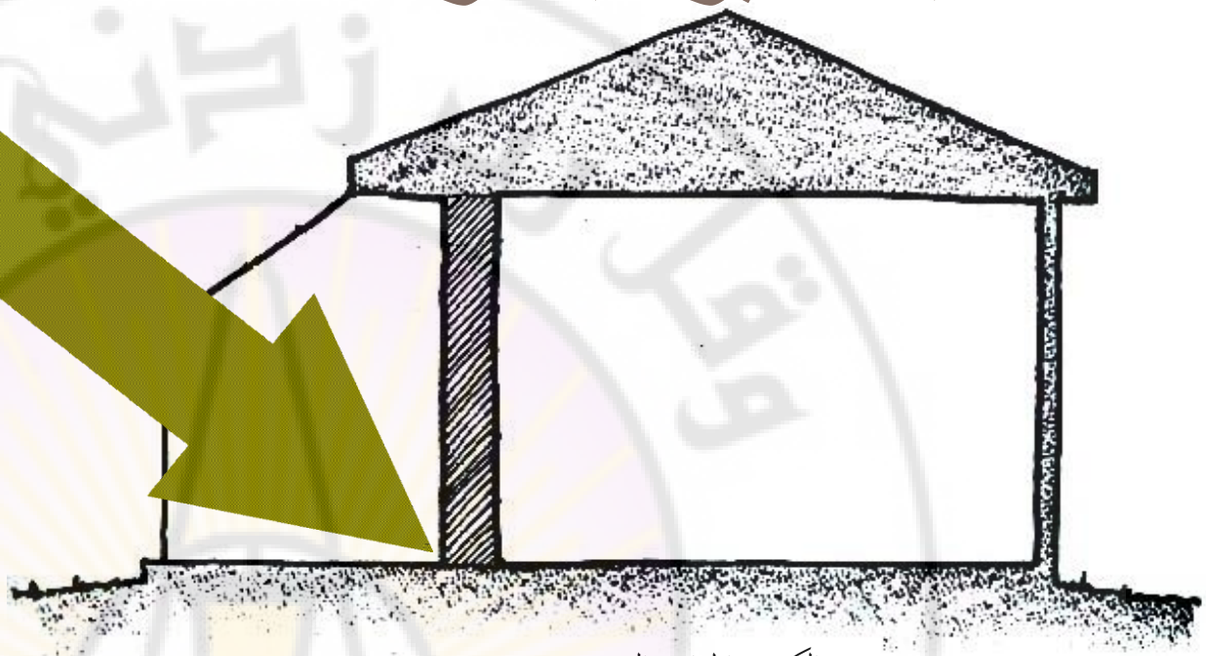
تصميم جدار التخزين الحراري

- التزجيج و التوجه
- فتحات
- مسافات الزجاج
- ترومب سمك الجدار
- امتصاص اللون

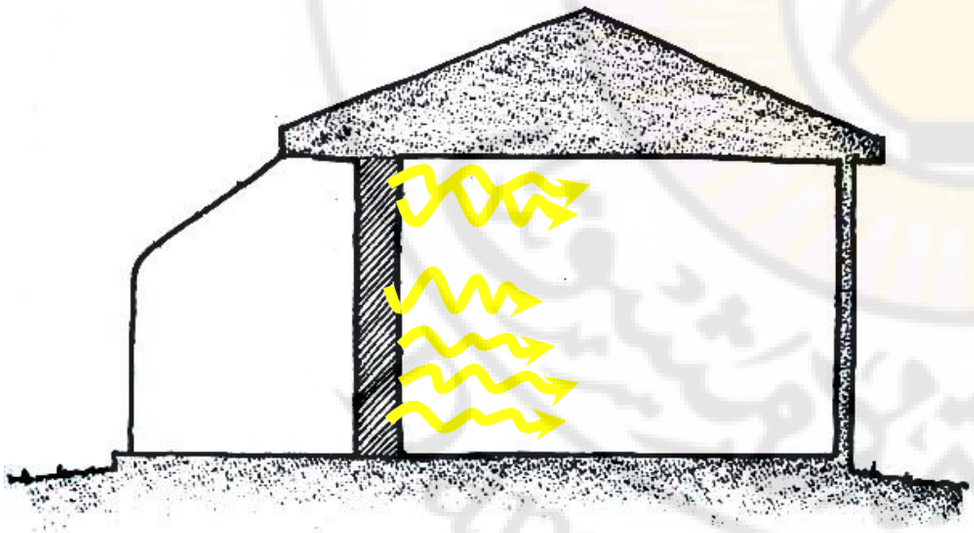


Damascus University

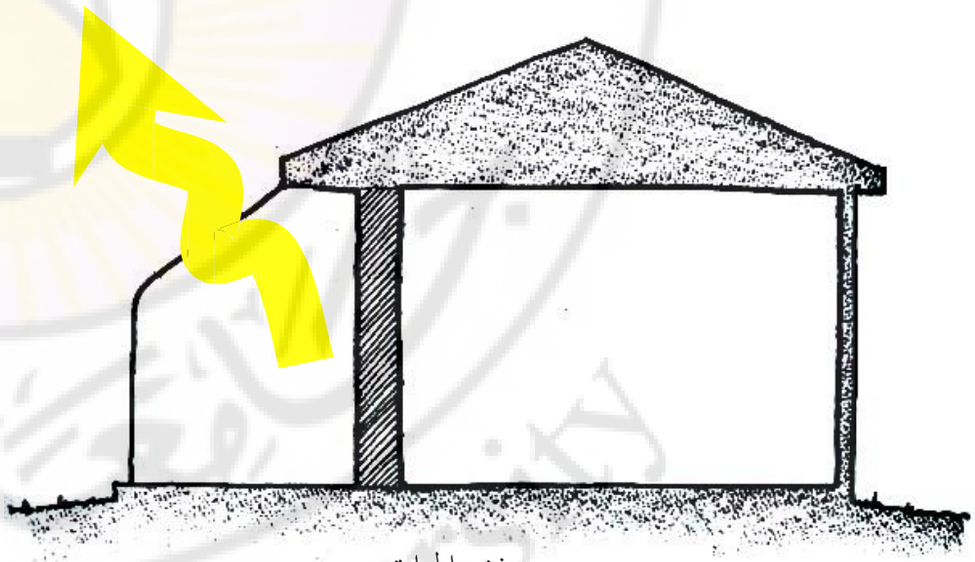
الكسب الغير مباشر



الكسب الحراري الشمسي

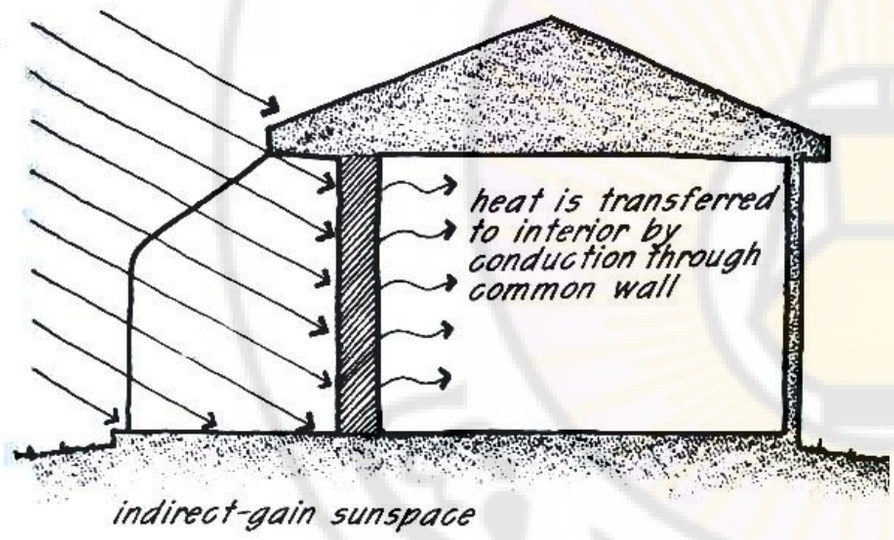


الحرارة المطلوبة

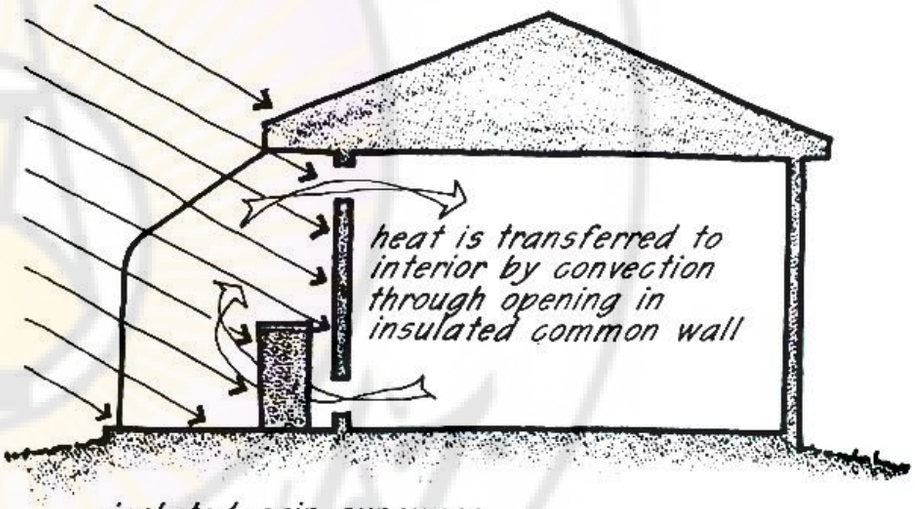


رفض الحرارة

الكسب غير المباشر –الكسب المعزول
الفراغ الشمسي



indirect-gain sunspace



isolated-gain sunspace

Scope

النطاق

أنظمة البناء المعمول بها

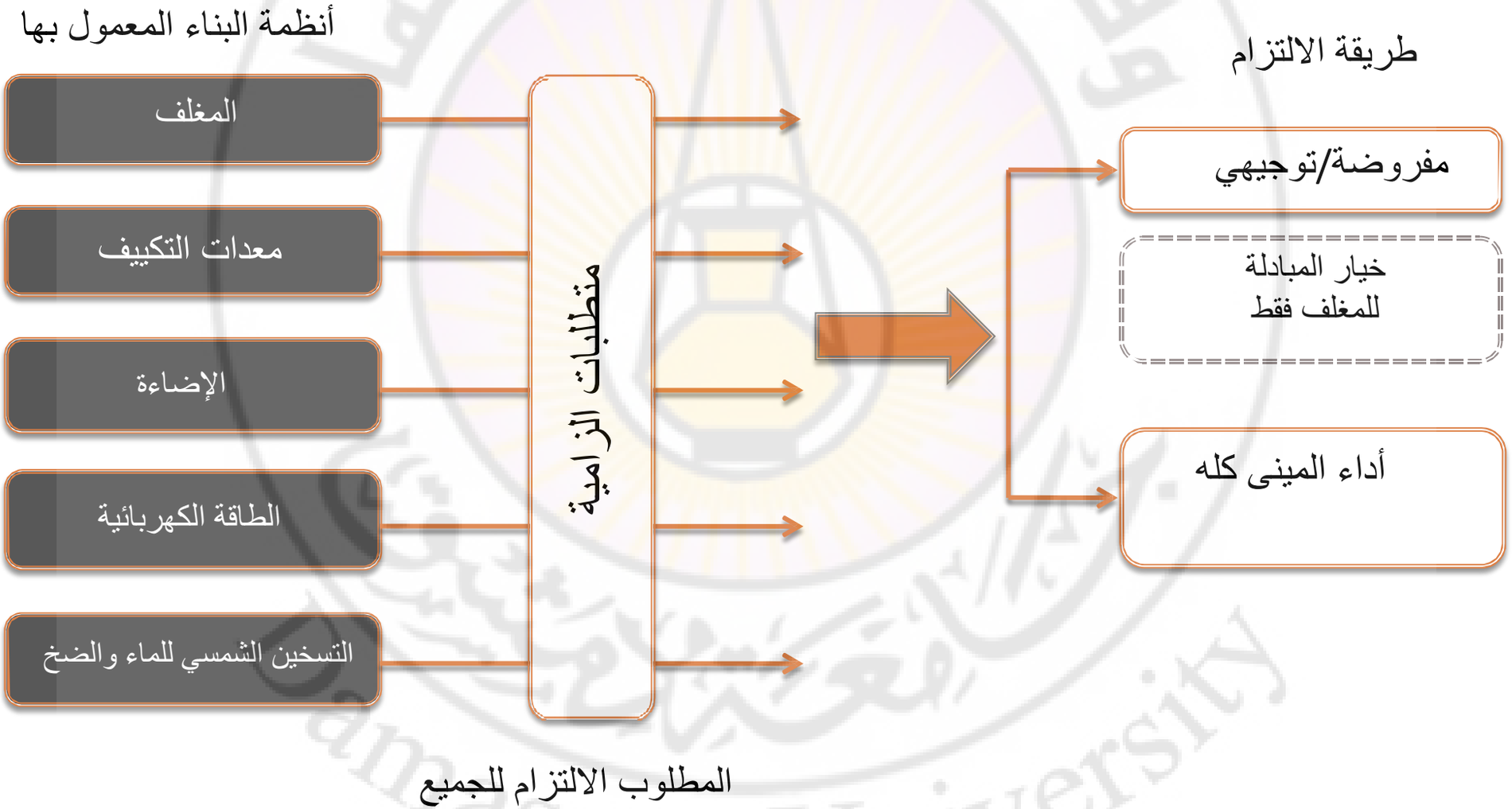
- بناء المغلف
- الأنظمة الميكانيكية والمعدات، بما في ذلك HVAC
- خدمة الماء الساخن والضخ
- الإضاءة الداخلية والخارجية
- الطاقة الكهربائية والمحركات

استثناءات

- المباني التي لا تستخدم الكهرباء أو الوقود الأحفوري
- المعدات وأجزاء من أنظمة البناء التي تستخدم الطاقة في المقام الأول لعمليات التصنيع
- ولقواعد السلامة والصحة والبيئة ذات الأولوية

Compliance Process

عملية التطبيق



Compliance Approaches

طريقة التطبيق

توجيه

- يجب أن يكون لكل مكون في المبنى / النظام قيمة أداء محددة
- يتطلب القليل من الخبرة في مجال الطاقة. يوفر الحد الأدنى من متطلبات الأداء؛ لا مرونة

التنازل عن ميزة للحصول على أخرى

- ينطبق على بناء المغلف فقط
- يمكن أن تكون قيمة أداء المكون فليل ولكن الأداء العام للمغلف يتوافق مع ECBC
- يسمح ببعض المرونة من خلال توازن بعض المكونات عالية الكفاءة مع مكونات أخرى أقل كفاءة .

أداء كامل البناء

- تسمح المرونة بتلبية أو تجاوز متطلبات كفاءة الطاقة عن طريق تحسين تفاعلات النظام
- مكونات ونظم النموذج : المغلف، الإضاءة، HVAC
- العمليات الفيزيائية: إضاءة النهار ، تدفق الحرارة، تدفق الهواء

Building Envelope: Outline

مخطط – بناء المغلف

- مغلف المبنى
- أجزاء البناء
  - نقل الحرارة
  - متطلبات
- سقف بارد
- النوفذة
  - نقل الحرارة
  - متطلبات
- تسرب الهواء
  - متطلبات الإلزامية

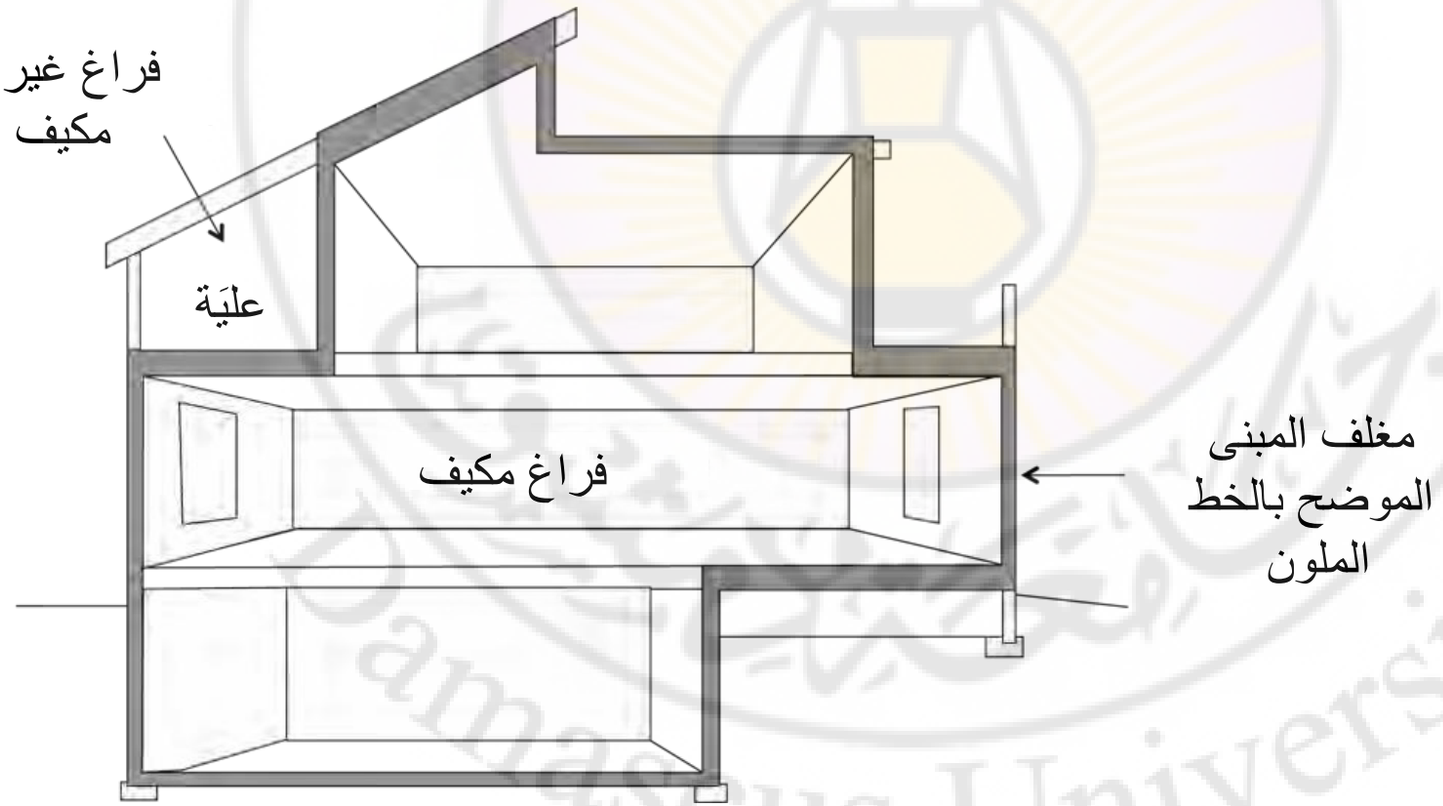
Damascus University

Building Envelope

مغلف البناء

السطح الذي يفصل البيئة الخارجية عن الداخلية (المستخدمة)

- ***Opaque Construction:*** Roof, Walls and Floors **أجزاء البناء**
- ***Fenestration:*** Windows, Doors and Skylights **النوفذة**



Building Envelope Design Considerations

اعتبارات تصميم مغلف البناء

- ***Climate & microclimate***

المناخ و المناخ المصغر

درجة الحرارة، الرطوبة، الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح / الاتجاه، التضاريس،
. الغطاء النباتي، المسطحات المائية، المساحات المفتوحة، الخ

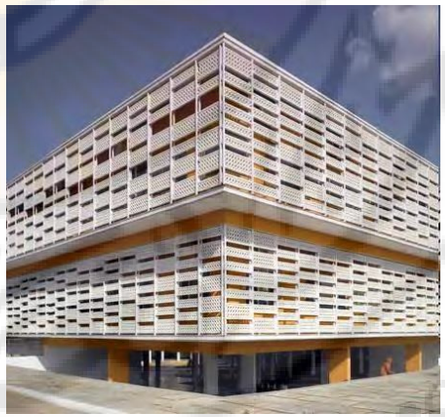
- ***Building Orientation & Form***

شكل وتوجيه البناء

اتجاه المبنى، نسبة السطح إلى الحجم ومساحة السطح المكشوفة

مناخ مركب

مناخ متوسطي



مناخ حار جاف

مناخ بارد

Building Envelope Design Considerations

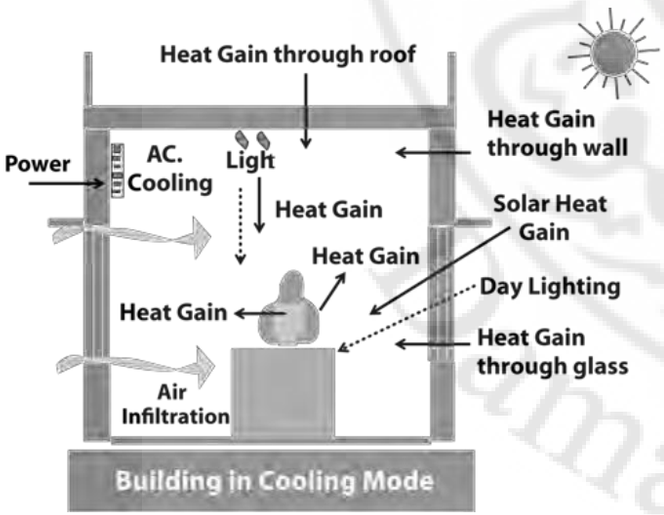
اعتبارات تصميم مغلف المبنى

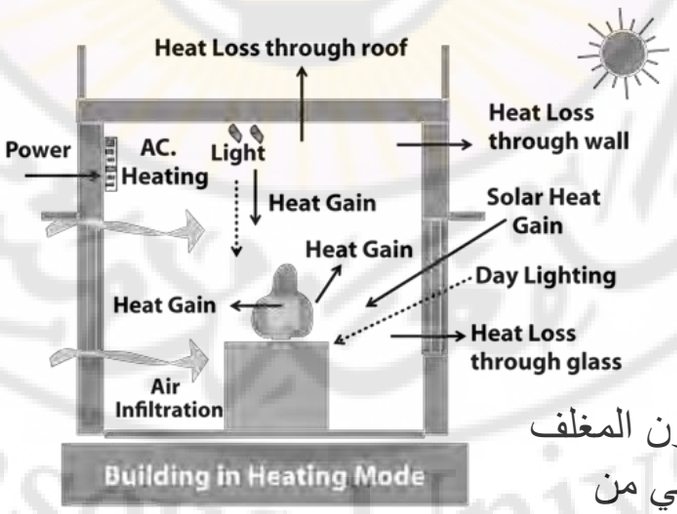
تصميم مكونات غلاف المبنى

- مساحة وتوجيه وإمالة مكونات مغلف المبنى
- تصميم شكل السقف، واختيار أجهزة التظليل، حجم الفتحات، وضع النوافذ، مواصفات البناء الخ .

مواصفات مواد البناء

- خصائص العزل (U-values, SHGC)، الانبعاث ، اللون والملمس.





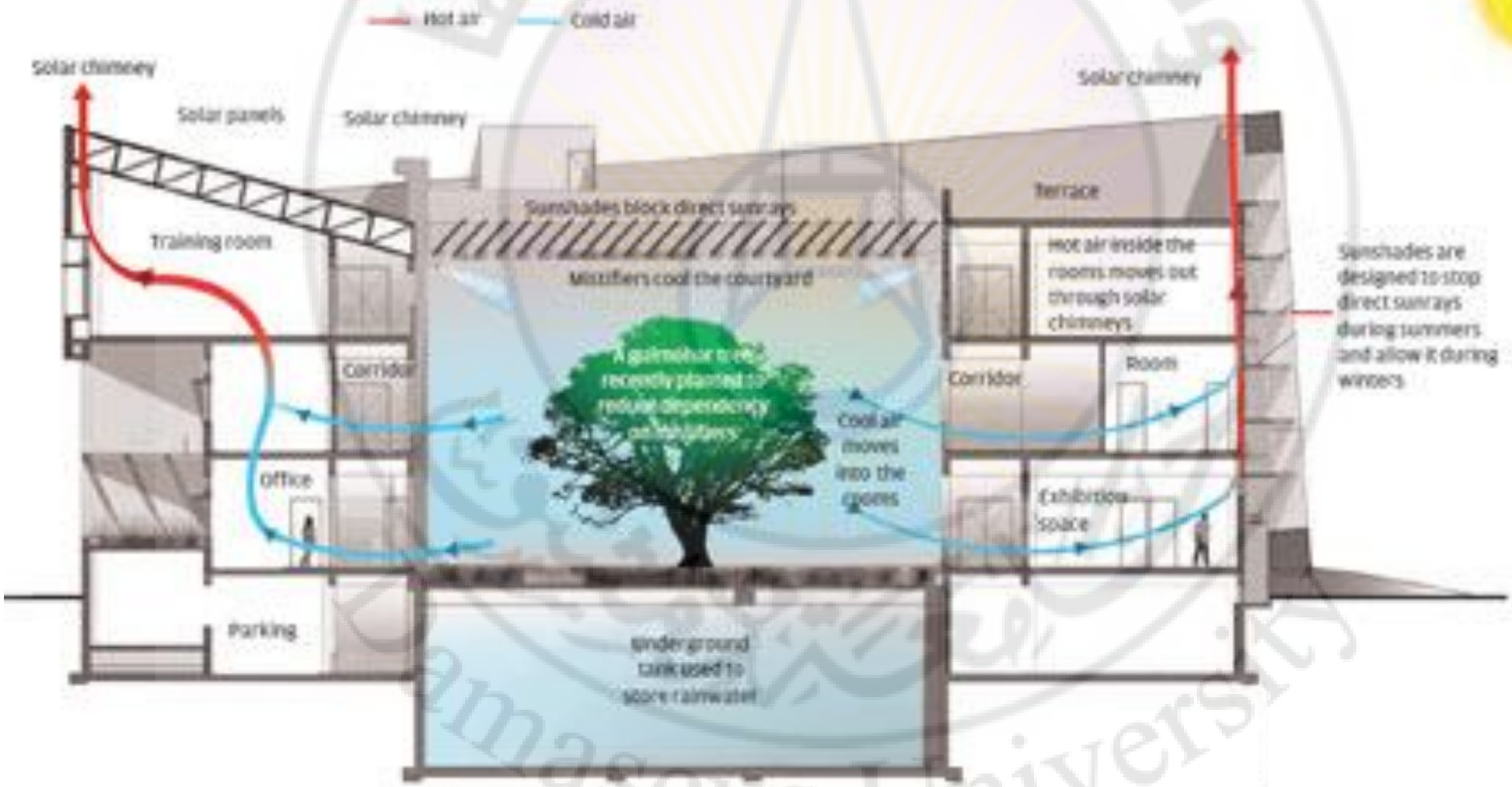
ملاحظة: تؤثر متطلبات *ECBC* على تصميم مكون المغلف واختيار المواد وتؤثر على نقل الحرارة في المباني من خلال تنظيم العزل ومساحة التشجير وتسرب الهواء خلال المباني

أجزاء المنشأ

متطلبات بناء المغلف

Question of the Day

Explain courtyards behavior in building physics language



Opaque Construction: Outline

نقل الحرارة

- R-value (العزل)
- U-value

متطلبات ECBC

- المتطلبات الإلزامية
- المتطلبات التقادمية

Damascus University

Heat Transfer

نقل الحرارة

دورECBC’s في تنظيم نقل الحرارة	تتأثر ب	طريقة نقل الحرارة
U-factors/ R-values للأسقف والجدران	الخصائص الحرارية للمواد وفعالية العزل	التوصيل
متطلبات انهاء مغلف البناء	حركة الهواء على السطح	الحمل الحراري
• R-values للأسقف والجدران • للأسقف الباردة	الاشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر	الاشعاع

Damascus University

Heat Transfer

نقل الحرارة

الخاصية الحرارية	الوحدات	أثر السماكة	العلاقة
التوصيل k[ ]	W/m·K	سماكة الوحدة m( )	
المقاومة r[ ]	m·K/W	سماكة الوحدة m( )	/1k
المقاومة R-value[ ]	m^2·K/W	سماكة المنشأ d( )	d/k
التوصيل (طبقة واحدة) U-value[ ]	W/m^2·K	سماكة المنشأ d( )	/1R-value
التوصيل (متعدد الطبقات) U-factor[ ]	W/m^2·K	سماكة المنشأ d( )	/1R-value(Total)

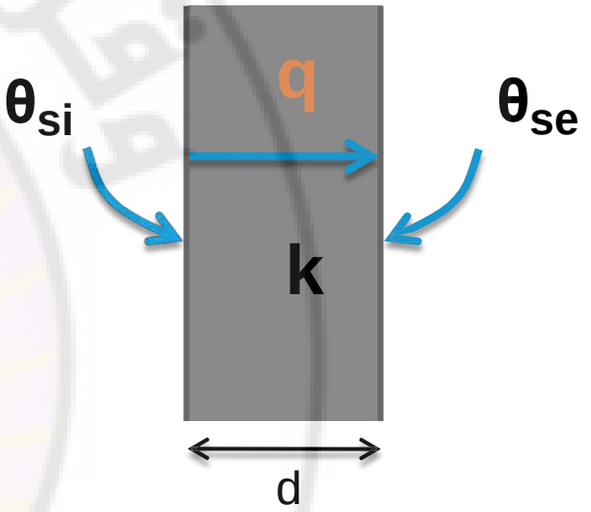
R-value

قيمة المقاومة

- المقاومة الحرارية R-value :

R= سماكة المادة (d)

التوصيل الحراري للمادة (k)



المقاومة الحرارية للمكونات متعددة الطبقات

$$R_T = \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \ldots + \frac{d_n}{k_n} = \sum_n \frac{d_n}{k_n}$$

k التوصيل :

d السماكة :m

θ_{si} حرارة السطح الداخلي :

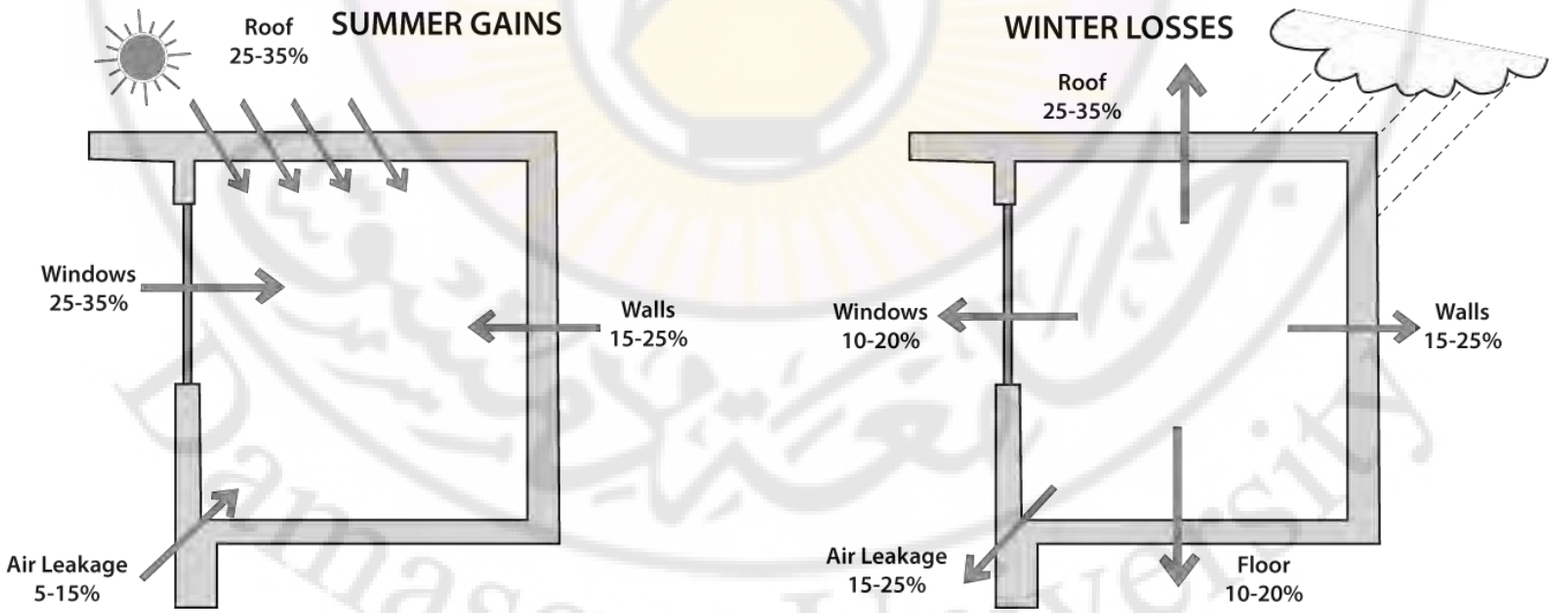
θ_{se} حرارة السطح الخارجي:

- فعالية العزل الحراري لتأخير التدفق الحراري
- تشير القيمة العالية لR-value إلى خصائص عزل أعلى .
- Units = $m^2 \cdot K/W$)

Building Insulation

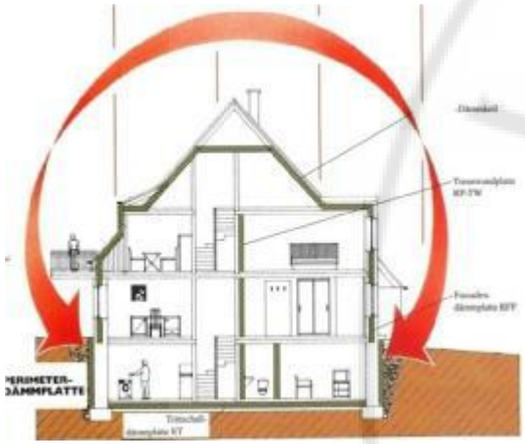
عزل المبنى

- واحدة من الطرق لتحسين كفاءة استخدام الطاقة، وخاصة في المباني مكيفة الهواء
- لديها قيمة مقاومة عالية **R-value**
- يزيد من الراحة الحرارية في وضع التبريد والتدفئة
- يساعد في تقليل تكاليف التدفئة والتبريد



Building Insulation

عزل المبنى



العازل الحراري هو المادة التي يجب أن تغلف المبنى كاملاً بالأماكن التي تتطلب منع الحرارة أو البرودة من اختراق هذا الغلاف
تماما كما يتطلب الجسم لباس المعطف في الشتاء . فالأجزاء الباردة من البناء كفراغات التخزين أو ورشات أو بيت الدرج وفي الأقبية الغير مستخدمة للسكنى مثلاً لا نحتاج للعزل الحراري .
ويتم تحديد مكان العزل من قبل المصمم المعمار الذي يقدم مخططات تنفيذية مع تفصيلات دقيقة لأماكن العزل الحراري بعد معرفة جيدة لمناخ المنطقة المدروسة ووظائف المبنى ونوع الوظيفة ونوع السكان. فالحظائر لا تحتاج عزل كالمساكن ..الخ.
ويتغير نوع مادة العزل وسماكتها ومكان توضعها حسب الوظيفة وشكل البناء.

Building Insulation

عزل المبنى

تعريف (العوازل الحرارية):

(هي مواد طبيعية أو صناعية ذات خاصية توصيل رديئة للحرارة بهدف الحد من انتقال

وتسرب الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً وانتقالها بالعكس شتاءً وهي مواد كبيرة الحجم ذات وزن قليل بسبب الفراغات الكثيفة بها ،حيث أن الهواء الساكن في فراغ مغلق

يعتبر ناقل سيء للحرارة،) . إن الناقلية الحرارية تعطي كمية الحرارة بالواط التي تخترق م ٢ من سطح مادة بحال انخفاضالحرارة بمقدار ١ كيلفين تعتبر أهم مقياس لتقييم العازل الحراري

Building Insulation

عزل المبنى

الخصائص الحرارية للمادة العازلة:

المقصود **قدرة المادة على العزل الحراري** وعادة ما **تقاس بمعامل التوصيل الحراري** كلما قل معامل التوصيل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة للانتقال الحراري. **فالمقاومة الحرارية تتناسب تناسبا عكسيا مع معامل التوصيل الحراري** أما **المواد العاكسة** فهي لقدرتها العالية على **رد الإشعاعات والموجات الحرارية** تعتبر مواد فعالة في العزل الحراري بشرط أن تقابل فراغا هوائيا وتزيد قدرة هذه المواد على العزل بزيادة لمعانها وصقالتها وغالبا ما تكون المادة العازلة متكاملة مع الجدران والأسقف .ولذا **فلمعرفة المقاومة الكلية للانتقال الحراري** لابد من جمع المقاومات المختلفة لطبقات الحائط أو السقف بما فيها مقاومة الطبقة الهوائية الملاصقة للأسطح الداخلية أو الخارجية .

وجمع هذه المقاومات يشابها تماما جمع المقاومات الكهربائية، فهي إما أن تكون على التوازي أو التسلسل ويعتمد هذا على تركيبة المواد في الحائط أو في السقف،

Building Insulation

عزل المبنى

الخصائص الميكانيكية :

المتانة وقدرة على التحميل فيمكن أحيانا استخدامها للمساهمة في دعم وتحميل. إضافة إلى هدفها العزل الحراري.

خاصية الامتصاص : وجود الماء بصورة رطبة أو سائلة أو صلبة في المادة العازلة يقلل من قيمة العزل الحراري للمادة أو يقلل المقاومة الحرارية.

الأمان والصحة: من بعضالمواد ما يعرضالإنسان للخطر –وقت التخزين ،النقل ،التركيب ،الاستعمال فلا بد من معرفة التركيب الكيميائي والصفات الفيزيائية

الصوت: قد تستخدم لتحقيق بعضالمتطلبات الصوتية كامتصاصالصوت وتشتيته وامتصاص الاهتزازات .

هناك خصائصأخرى لابد من معرفتها لكل مادة عازلة كالحرارة النوعية والسعة الحرارية

ومعامل التمدد والانتشار ووالكثافة والقدرة على مقاومة الانكماش وإمكانية الاستعمال والنظام والأبعاد ومقاومة التفاعلات الكيميائيةوالمقاسات والسماكات المتوفرة

U-value

الموصلية الحرارية

- U-value: (معامل انتقال الحرارة) الموصلية الحرارية

$$U = \frac{1}{R}$$

- يقيس انتقال الحرارة خلال المغلف بسبب الفرق في الدرجات بين الداخل و الخارج (Unit = $W/m^2 \cdot K$)
- U-factor لمركب سقف / جدار تجمع كما يلي $1/R_T$
- من الأفضل أن تشير الأرقام المتعلقة بتدفق الحرارة إلى قيم صغيرة

Damascus University

Requirements: Mandatory

المتطلبات الإلزامية

تحدد U-factors من الجداول الواردة من البيانات والإجراءات الواردة في ASHRAE 2005

Description	Density kg/m³	Conductivity[b] (K), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m²·K)	Resistance[c] (R) 1/k, K·m²/W	Resistance[c] (R) For Thickness Listed (1/C), K·m²/W	Specific Heat kJ/(kg·K)
BUILDING BOARD						
Asbestos cement board.....	1900	0.58	—	1.73	—	1.00
Asbestos-cement board....3.2 mm	1900	—	187.4	—	0.05	—
Asbestos-cement board....6.4 mm	1900	—	93.7	—	0.011	—
Gypsum or plaster board. 9.5 mm	800	—	17.6	—	0.056	1.09

Requirements: Prescriptive

المتطلبات الإلزامية

- **يجب أن تتوافق مكونات المبنى الغير نفوذة مع :**

الحد الأقصى من **U-factor** والحد الأدنى من **R-value** (الأسطح الخارجية ، الأسقف والجدران)

الانعكاس والنفاذية الشمسية (الأسقف الباردة)

- **وتختلف متطلبات الالتزام وفقا لما يلي:**

المنطقة المناخية لموقع المبنى

إشغال المبنى (استخدام ٢٤ ساعة أو استخدام النهار)

Damascus University

Requirements: Prescriptive (Opaque Walls(

المتطلبات الإلزامية (للجدران الغير نفوذة)

الحد الأقصى ل U-factor ينتج عن جميع قيم الجدار .

الحد الأدنى ل R-value ينتج عن العزل لوحده (دون أماكن التهوية)

Table 4.2: Opaque Wall Assembly U-factor and Insulation R-value Requirements

Climate Zone	Hospitals, Hotels, Call Centers (24-Hour)		Other Building Types (Daytime)	
	Maximum U-factor of the overall assembly (W/m^2-°C)	Minimum R-value of insulation alone (m^2-°C/W)	Maximum U-factor of the overall assembly (W/m^2-°C)	Minimum R-value of insulation alone (m^2-°C/W)
Composite	U-0.440	R-2.10	U-0.440	R-2.10
Hot and Dry	U-0.440	R-2.10	U-0.440	R-2.10
Warm and Humid	U-0.440	R-2.10	U-0.440	R-2.10
Moderate	U-0.440	R-2.10	U-0.440	R-2.10
Cold	U-0.369	R-2.20	U-0.352	R-2.35

Requirements: Prescriptive (Roofs(

المتطلبات الإلزامية (للأسقف)

الحد الأقصى ل U-factor ناتج عن جمع كامل قيم السقف .

الحد الأدنى ل R-value ينتج عن العزل لوحده دون أماكن التهوية .

Climate Zone	24-Hour use buildings Hospitals, Hotels, Call Centers etc.		Daytime use buildings Other Building Types	
	Maximum U-factor of the overall assembly (W/m^2-°C)	Minimum R-value of insulation alone (m^2-°C/W)	Maximum U-factor of the overall assembly (W/m^2-°C)	Minimum R-value of insulation alone (m^2-°C/W)
Composite	U-0.261	R-3.5	U-0.409	R-2.1
Hot and Dry	U-0.261	R-3.5	U-0.409	R-2.1
Warm and Humid	U-0.261	R-3.5	U-0.409	R-2.1
Moderate	U-0.409	R-2.1	U-0.409	R-2.1
Cold	U-0.261	R-3.5	U-0.409	R-2.1

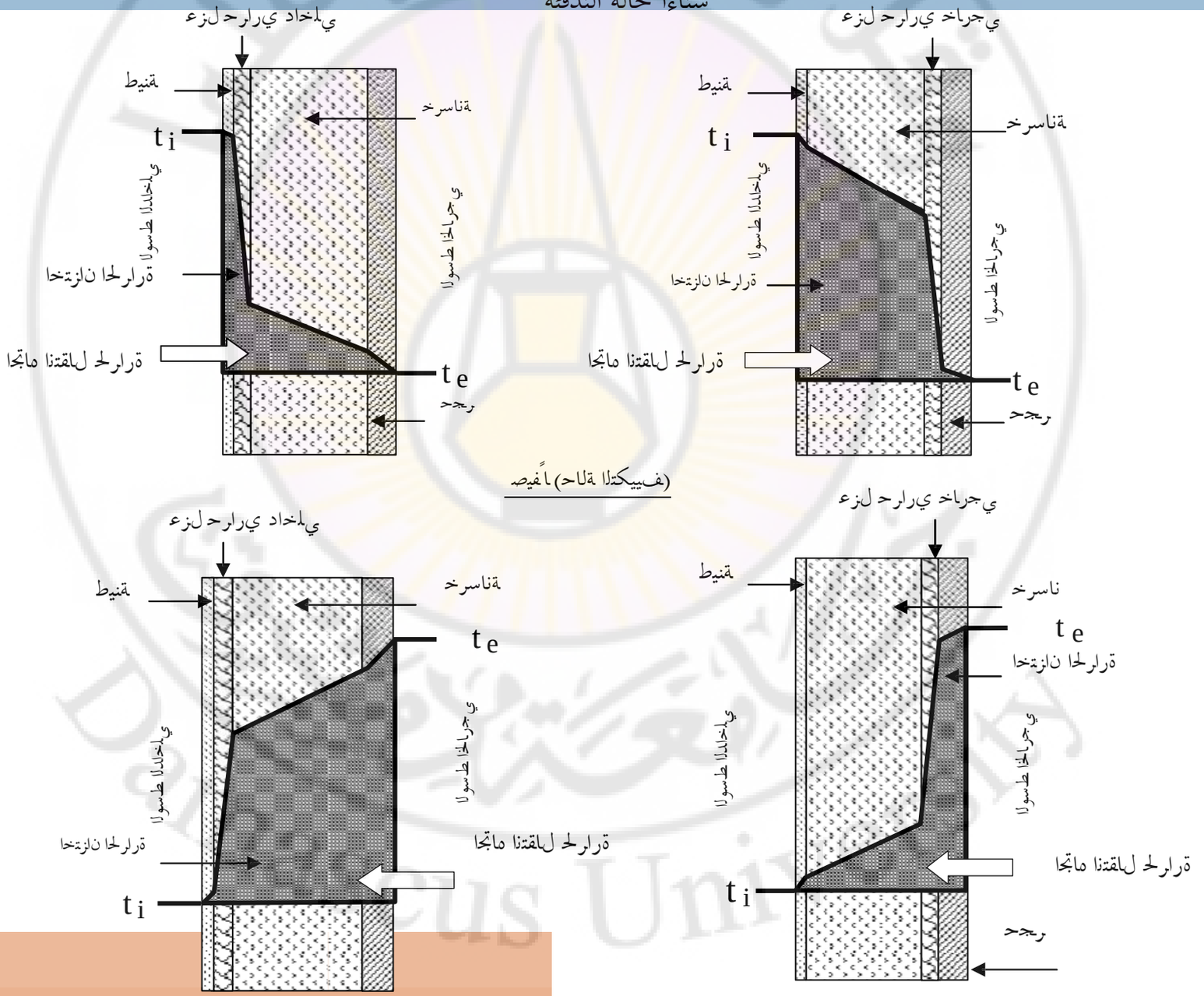
التوصيات اللازمة لصناعة وتركيب وحماية العزل بشكل مناسب .

آلية العزل الحراري

اختيار مادة العزل الحراري: يجب عند اختيار مادة العزل الحراري الظروف التشغيلية والبيئية المحيطة بها والقدرة على مقاومتها ومن ثم تحقيق المتطلبات التصميمية المطلوبة منها .ويتم الاختياروفس الأسس التالية: ١- **المناخ السائد:** - طبيعة المناخ العام - درجة التعرض للعوامل الجوية. - ٢**تصميم المباني وطبيعة إشغالها:** - توجيه المباني - تهوية المباني – العناصر الإنشائية المستخدمة - ٣- **خصائص مواد العزل الحراري:** - معامل التوصيل الحراري – السعة-الحرارية النوعية - امتصاص الماء ونفاذية بخار الماء - مقاومة العوامل الجوية –الكثافة – الانضغاط-الاحتراق والاشتعال - درجة الحرارة التشغيلية - الأخطار الصحية – المواد - المضافة. ٤- **جودة تصنيع العازل الحراري ٥- الجدوى الاقتصادية للعزل الحراري ٦**

طرق انتقال الحرارة داخل المبنى

شتاءا حالة التدفئة



الرطوبة وتكاثف بخار الماء: إن تشكل الرطوبة على سطوح العناصر الإنشائية وفي داخلها من أهم المشاكل التي تتعرض لها الأبنية، حيث تؤثر الرطوبة سلباً على الخواص الفيزيائية لعناصر البناء، وبشكل خاص على المقاومة الحرارية لمواد العزل الحراري، لذا فمن الضروري تحديد حالات تشكل الرطوبة على سطوح العناصر الإنشائية وفي داخلها ومراعاة ذلك خلال عملية التصميم. يعتبر تكاثف بخار الماء أحد مصادر الرطوبة في الأبنية إذ أن الهواء الرطب هو عبارة عن خليط من الهواء الجاف وبخار الماء .وتتناسب كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء تناسباً طردياً مع ازدياد درجة حرارة الهواء، إذ كلما زادت درجة حرارة الهواء زادت قدرته على احتواء كمية أكبر من بخار الماء . يحدث التكاثف عند ملامسة الهواء الرطب الدافئ لسطح بارد تقل درجة حرارته عن درجة حرارة الهواء الرطب الدافئ إلى حد تصبح فيه درجة حرارة الهواء الملامس للسطح البارد أقل أو تساوي درجة حرارة نقطة الندى.

حسب لكود العزل الحراري للأبنية في سورية

عند التقاء جدارين مع عمود بيتوني. إن التدفق الحراري الكبير من الداخل إلى الخارج والناتج عن فرق درجة الحرارة الداخلية والخارجية يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة السطوح الداخلية للعنصر الإنشائي إلى درجة قد تصل إلى دون درجة حرارة نقطة الندى مما قد يسبب تكاثف بخار الماء على هذه السطوح.

يمكن تجنب حدوث التكاثف على السطوح الداخلية لعناصر البناء بعزلها حرارياً، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة تلك السطوح بحيث تصبح أقرب ما يمكن إلى درجة حرارة هواء الغرفة الدافىء.

ومن الأخطاء الشائعة المرتكبة أثناء تنفيذ العزل الحراري هي عدم استمرارية العازل الحراري على كامل العنصر الإنشائي، فعلى سبيل المثال هناك الكثير من المشاريع المعزولة حرارياً بطريقة العزل الوسطي وذلك بوضع طبقة العازل بين جدارين من البلوك الإسمنتي وإهمال عزل الأعمدة والجسور البيتونية، وهذا موضح بالكود

ما يسبب خطورة أكبر من حالة عدم وجود العازل الحراري بسبب الانخفاضنخفاض الحاد في درجة حرارة السطوح الداخلية للأجزاء غير المعزولة مما يزيد من حالة التكاثف لبخار الماءالسطوح الداخلية للأجزاء غير المعزولة

تنفيذ العزل الحراري:مراعاة أثناء التنفيذ التالي:

١- تغليف المبنى بالكامل بمواد العزل الحراري و عدم تشكل الجسور الحرارية

٢- في حال تركيب مادة العزل الحراري من الداخل أو الخارج فيجب استخدام مثبتات ميكانيكية

لألواح العازل الحراري المستخدم مصنعة من مواد تتمتع بمقاومة حرارية جيدة بحيث لا تشكل

جسوراً حرارية . حسب الكود

-٣ مراعاة عدم تشكل حالات تكاثف بخار الماء: يعتبر تشكل الرطوبة من أهم المشاكل التي تتعرض لها الأبنية، حيث تؤثر سلبا على الخصائص الفيزيائية لعناصر البناء وخاصة المقاومة

الحرارية، لذلك من الضروري تحديد إمكانية تكاثف بخار الماء على سطوح العناصر الإنشائية

وفي جوفها ومراعاة ذلك خلال عملية التصميم و اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتجنب حدوثها.

٤. التأكد من إحكام تلاصق ألواح مادة العزل المستخدمة.

٥. وضع طبقة حماية لألواح العازل الحراري لضمان عدم تعرضها مباشرة للعوامل الجوية الخارجية.

٦. ضرورة إزالة النتوءات الناجمة عن البيتون أو أماكن توصيل البلوك قبل تركيب ألواح العزل الحراري .

المتطلبات التصميمية الواردة في كود العزل الحراري

توزيع الطبقات وعلاقته بالاختزان الحراري

(Heat Storage): ١اختزان الحرارة

(V)وحجمها ((Cpوسعتها الحرارية النوعية ((ρتتناسب قدرة المادة على اختزان الحرارة طردا مع كثافتها بالعلاقة (١) التالية:

((Qsوتصاغ كمية الحرارة المختزنة Δ t والفرق في درجات الحرارة المؤثرة

حيث : Qs = ρ . Cp. VΔ t

كمية الحرارة المختزنة في المادة وتقدر ب (جول) :Qs

(كثافة المادة وتقدر ب (كغ/م ٣ :ρ

(السعة الحرارية النوعية بثبوت الضغط للمادة وتقدر ب (جول/كغ.كلفن) :Cp

(حجم المادة ويقدر ب م ٣ :V

يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي وفق العلاقة

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se}} (}$$

حيث:

- U • : معامل الانتقال الحراري الكلي ويقدر ب (واط/م ٢.كلفن)
- RSi • (المقاومة الحرارية السطحية الداخلية وتقدر ب (م ٢.كلفن/ واط
- Rc • : (المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية وتقدر ب (م ٢.كلفن/ واط)
- RSe • : (المقاومة الحرارية السطحية الخارجية وتقدر ب (م ٢.كلفن/ واط)
- di • : سماكة الطبقة iوتقدر ب (م)

المتطلبات التصميمية الواردة في كود العزل الحراري

وتتحدد كمية الحرارة المنتقلة عبر العنصر الإنشائي متعدد الطبقات بالعلاقة التالية :

$$Q = U.A.(t_i - t_e)$$

حيث:

ti : درجة حرارة الوسط الداخلي وتقدر ب (كلفن)

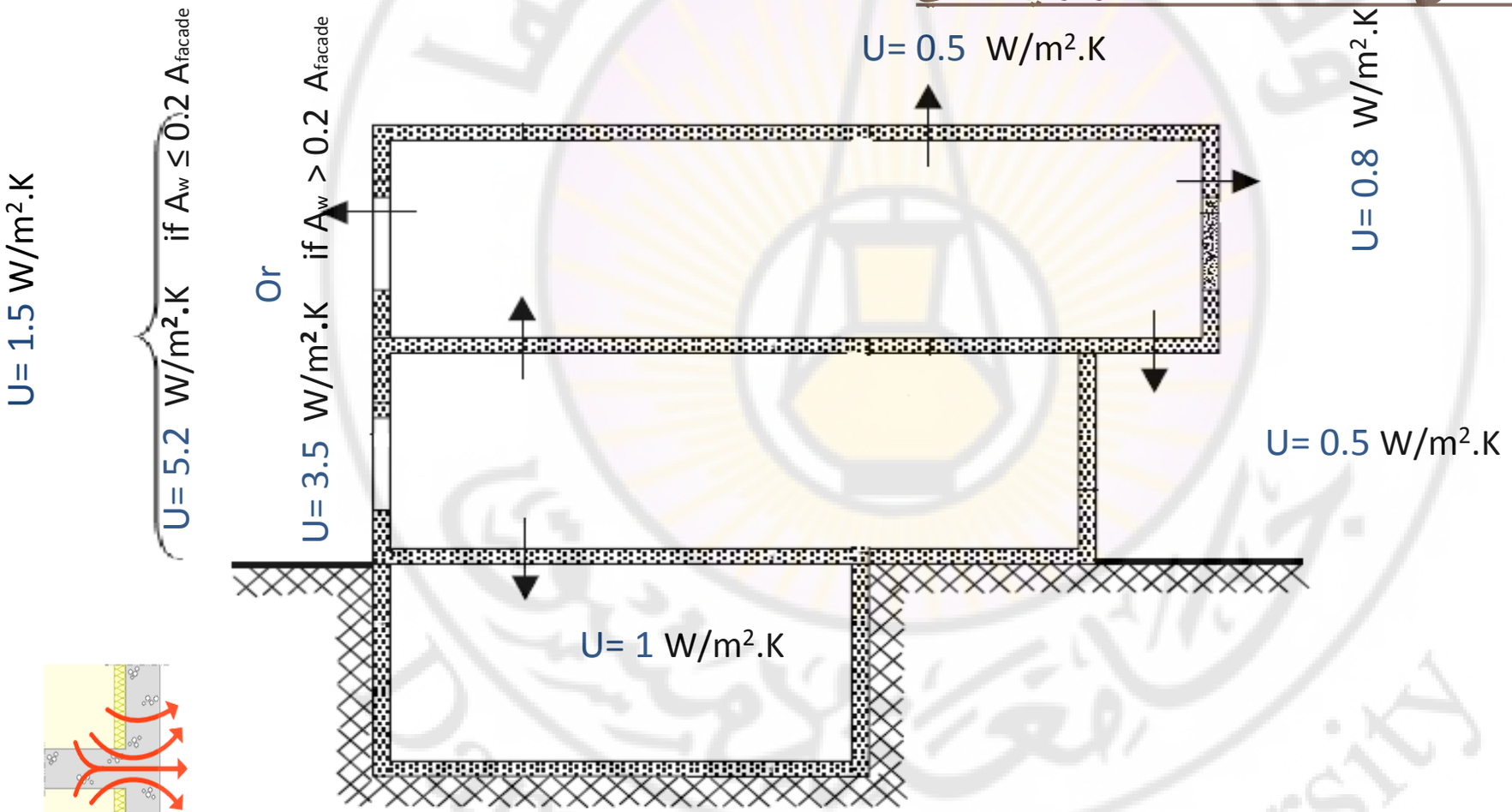
te: درجة حرارة الوسط الخارجي وتقدر ب (كلفن)

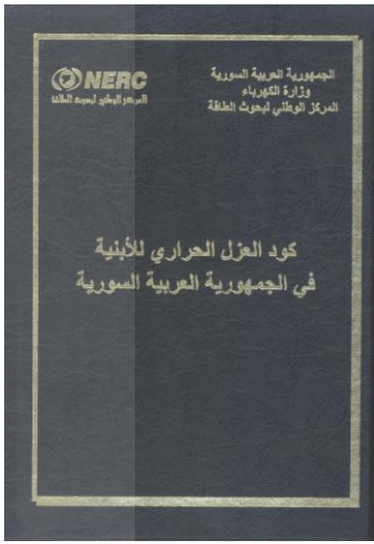
يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي للعناصر اللامتجانسة التركيب وذلك بتقسيمها إلى عدة مساحات متجانسة حيث أن المقاومة الحرارية لمكونات هذه العناصر تختلف من مساحة إلى أخرى، كما هو الحال في السقف الهوردي، ومن ثم يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لكل مساحة على حدة وفق العلاقة، ثم تحسب معامل الانتقال الحراري الكلي الكلي للعنصر وفق العلاقة التالية:

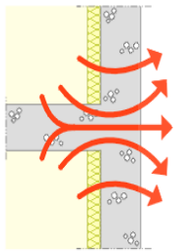
$$U = \frac{\sum U_i A_i}{A} \qquad (W/m^2.K)$$

المتطلبات التصميمية الواردة في كود العزل الحراري

أولاً - القيم العظمى لمعامل انتقال الحراري الكلي







ثالثاً تجنب تشكل الجسور الحرارية

ثانياً – كمية المياه المتكاثفة المسموحة ضمن العنصر الإنشائي

الأسقف الباردة

متطلبات غلاف المبنى

ECBC Requirements: Prescriptive

المتطلبات الإلزامية ل ECBC

للأسقف ذات الانحدار الأقل من ٢٠ درجة

قد ينخفض الانعكاس / الامتصاص الأولي بمرور الوقت، اعتمادا على المنتج، بسبب الشيخوخة والأوساخ والتراكم الميكروبي.

- الانعكاس الأولي للطاقة الشمسية لا يقل عن ٠,٧٠
- النفاذية الأولية لاتقل عن ٠,٧٥

U.S. DOE(عامل كفاءة لمنتجات الأسقف الباردة)

Efficiency Recommendation[a]				
Roof slope	Recommended Solar Reflectance		Best Available Solar Reflectance [b]	
	Initial	3Years after Installation	Initial	3Years after Installation
Low-slope (<(2:12	%65or greater	%50or greater	%87	%85
High-slope[c] (<(2:12	%25or greater	%15or greater	%77	%60

- من شأن هذه التوصية أن توفر أكبر فائدة حيث تجاوز تكاليف طاقة التبريد و التدفئة
- يجب اختبار منتجات السقف من جديد وبعد ثلاث سنوات من الاستعمال، وفقا ل
- وبالنسبة للمنتجات التي يمكن تركيبها على الأسقف المائلة المنخفضة و المرتفعة، ينبغي اتباع المبادئ التوجيهية للمنحدرات المنخفضة

الفتح /النوافذ

متطلبات مغلف المبنى

Fenestration: Outline

خلاصة – الفتح

نقل الحرارة

- معامل كسب الحرارة الشمسية (SHGC)
- معامل التظليل (SC) and SHGC
- نفاذية الضوء المرئي(VLT)

متطلبات

Damascus University

Heat Transfer

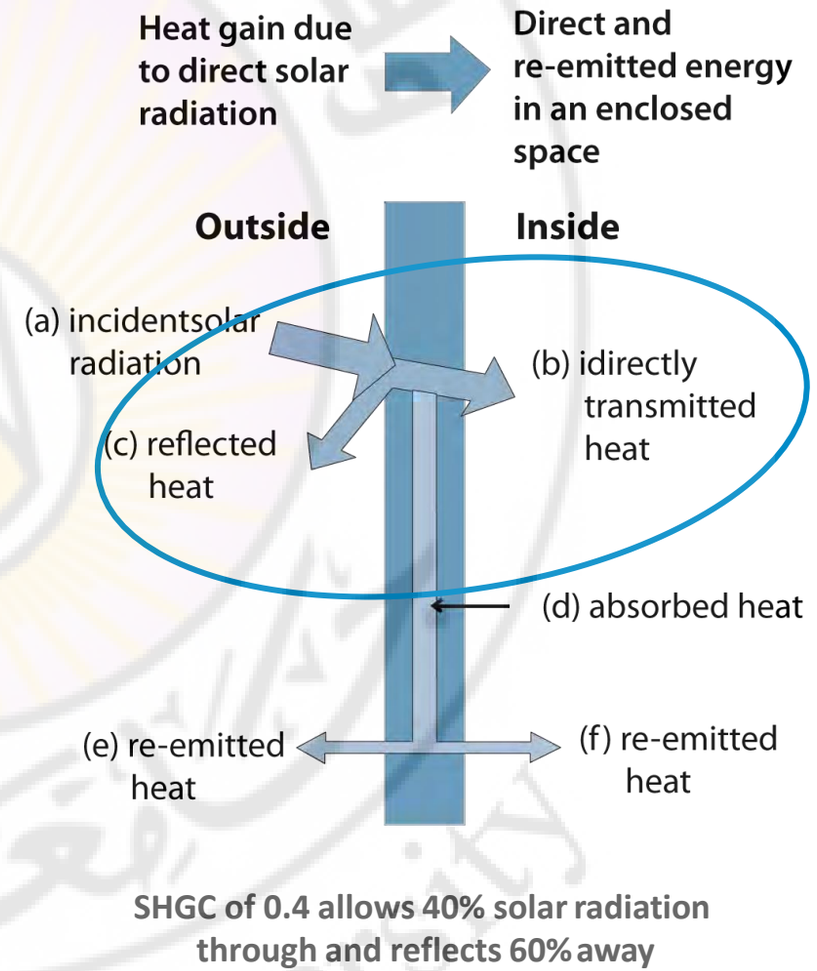
نقل الحرارة

طريقة نقل الحرارة	تتأثر ب	دور ECBC's في تنظيم نقل الحرارة
التوصيل	الخصائص الحرارية لمجموع الفتح	• معامل الكسب U-factors & SHGC(الحراري للزجاج) • نسبة فتح الجدار (WWR) • نسبة فتح السقف (SSR)
الحمل الحراري	حركة الهواء على السطح	• أقصى تسريب للهواء
الاشعاع	الاشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر	• معامل كسب الحرارة الشمسية للزجاج والمناور • نسبة فتح الجدار (WWR) • نسبة فتحة السقف (SSR)

Solar Heat Gain Coefficient (SHGC(

معامل كسب الحرارة الشمسية (SHGC)

- نسبة المكاسب الحرارية التي تمر عبر الفتحات إلى إجمالي الإشعاع الشمسي الذي يسقط على الفتحات .
- يشير إلى مدى عزل الفتحات للحرارة الناتجة عن أشعة الشمس المباشرة .
- انخفاض SHGC يعني انخفاض انتقال الحرارة في المبنى من خلال النوافذ.
- يعتمد على خصائص المواد الزجاجية وعمل النوافذ (التثبيت أو قابلة للتشغيل)
- في المناخات الحارة تعد SHGC أكثر أهمية من U-factor



SHGC of 0.4 allows 40% solar radiation through and reflects 60% away

SOURCE: ECBC User Guide, USAID ECO-III Project, New Delhi

Shading Coefficient (SC) & SHGC

عامل التظليل (SC) & SHGC

) حل.SHGC معامل كسب الحرارة الشمسية محل ((SC)معامل التظليل كمؤشر معياري لقدرة النافذة على التظليل .

العلاقة بين SC and SHGC

SHGC يعبر عنها بقيم بين 0 and 0.87

SCيعبر عنها بقيم بين 0 and 1

$$SHGC = SC \times 0.87$$

يمكن التعبير عن SHGC للزجاج الواجد أو لمجموع أجزاء النافذة.

عادة ما يشار إلى SC لوحده دون أخذ الإطار بعين الاعتبار .

Visual Light Transmittance (VLT(

نفاذية الضوء المرئي (VLT)

جزء من الضوء المرئي النافذ خلال الزجاج

- يؤثر على ضوء النهار والرؤية
- يتفاوت بين 1 & 0

تعد VLT هي المعنية بالجزء المرئي من الطيف الشمسي بدلا من SHGC والتي تأخذ بعين الاعتبار الاشعاع الشمسي بأكمله .

عادة انخفاض SHGC ،انخفاض VLT .

- العازلية العالية للزجاج ستقلل من ضوء النهار .

ارتفاع ال VLT ينقل المزيد من الضوء .

- هناك حاجة إلى التوازن بين متطلبات ضوء النهار وزيادة الحرارة من خلال النوافذ