

تنظیم شرایط محیطی

خورشید و ساختمان
جلسه 5

انتقال حرارت

• انتقال حرارت به ۴ روش ممکن است:

۱- رسانش یا هدایت conduction

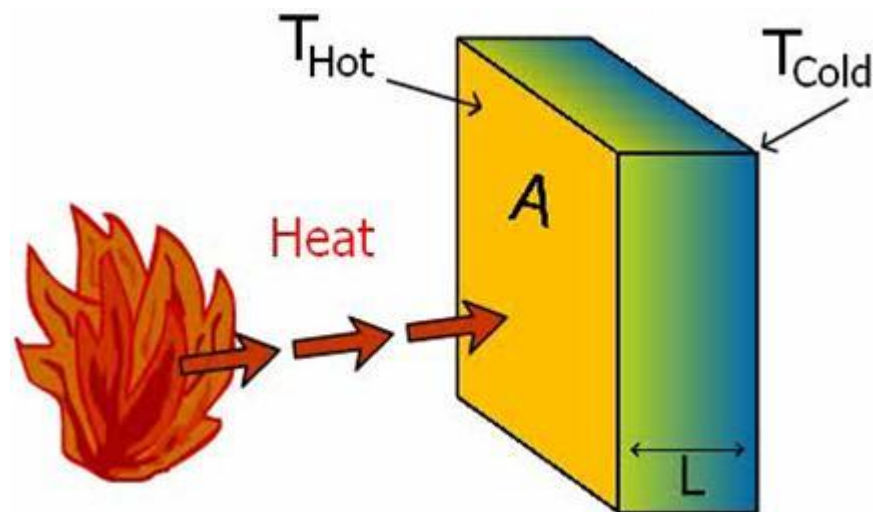
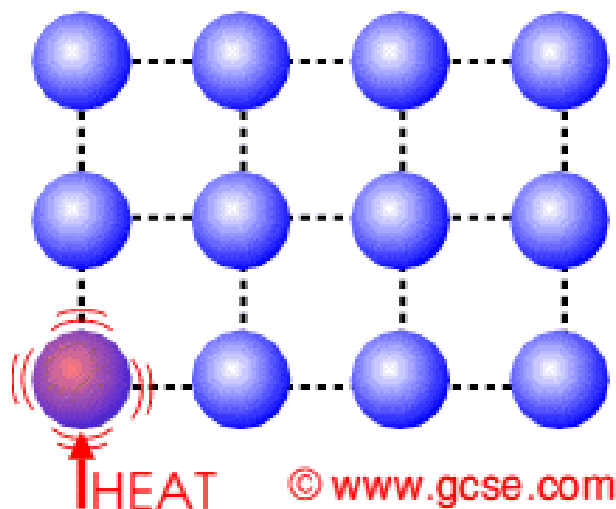
۲- همرفت، جابه جایی convection

۳- تابش radiation

۴- تبخیر evaporation

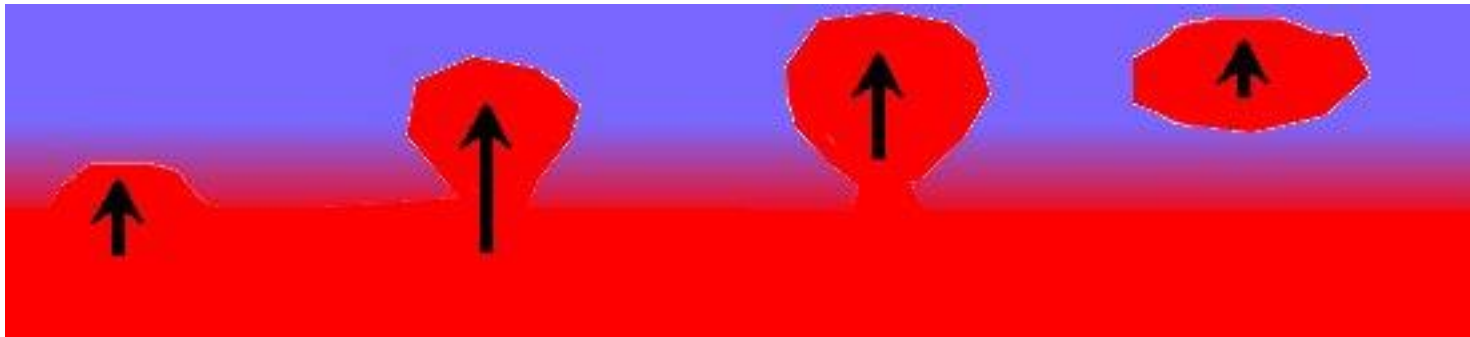
رسانش

- حرارت با گذشتن از یک مولکول به مولکول دیگر می تواند از اجسام یا از جسمی به جسم دیگر که با آن در تماس است عبور کند.
- از طریق رسانش حرارت موجود در یک اتاق بدون عایق حرارتی دفع می شود یا حرارت هوای خارج و حرارت تولید شده در اثر تابش آفتاب در سطح خارجی دیوارها به فضای داخلی راه می یابد.
- هر چه مصالح دیوار **متراکم تر** باشد حرارت سریع تر به صورت رسانش از آن عبور می کند.



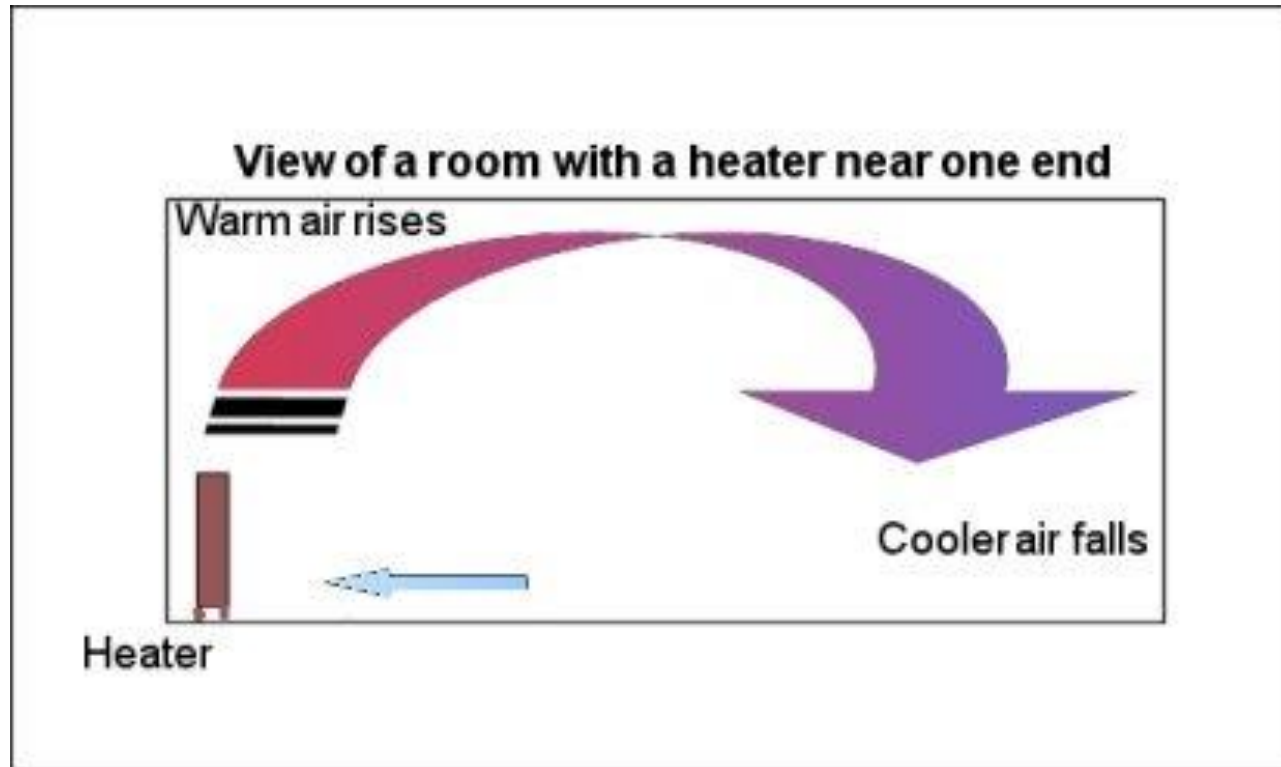
همرفت

- جریان هوا می تواند حرارت را از سطوح گرم به سطوح سرد منتقل کند. این نوع انتقال حرارت **همرفت** نام دارد.
- هوا در اثر حرارت منبسط و سبک می شود و به بالا می رود. این هوای گرم پس از مدتی حرارت خود را به سطوح اطراف منتقل کرده و سرد و سنگین می شود و پایین می آید. در یک فضای بسته مانند اتاق حرارت باعث به جریان افتادن هوای گرم از پایین به بالا و هوای سرد از بالا به پایین می شود. وقتی این جریان بین جداره های یک دیوار یا سقف دوجداره روی می دهد مقدار زیادی حرارت از سطوح خارج به داخل در صورت گرم تر بودن محیط بیرون و از داخل به خارج در صورت گرم تر بودن محیط داخلی می گردد.



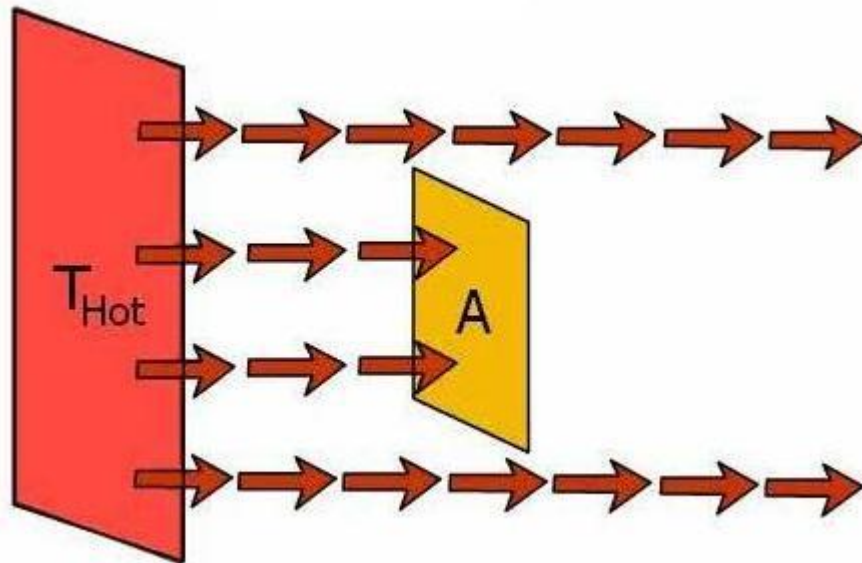
همرفت

- هوا زمانی باعث انتقال حرارت می شود که فضای کافی برای عمل همرفت وجود داشته باشد و در صورتی که در حفره های کوچک یا لایه های نازک محدود باشد قادر به انتقال حرارت نیست و به صورت عایق حرارتی مناسبی عمل می کند.



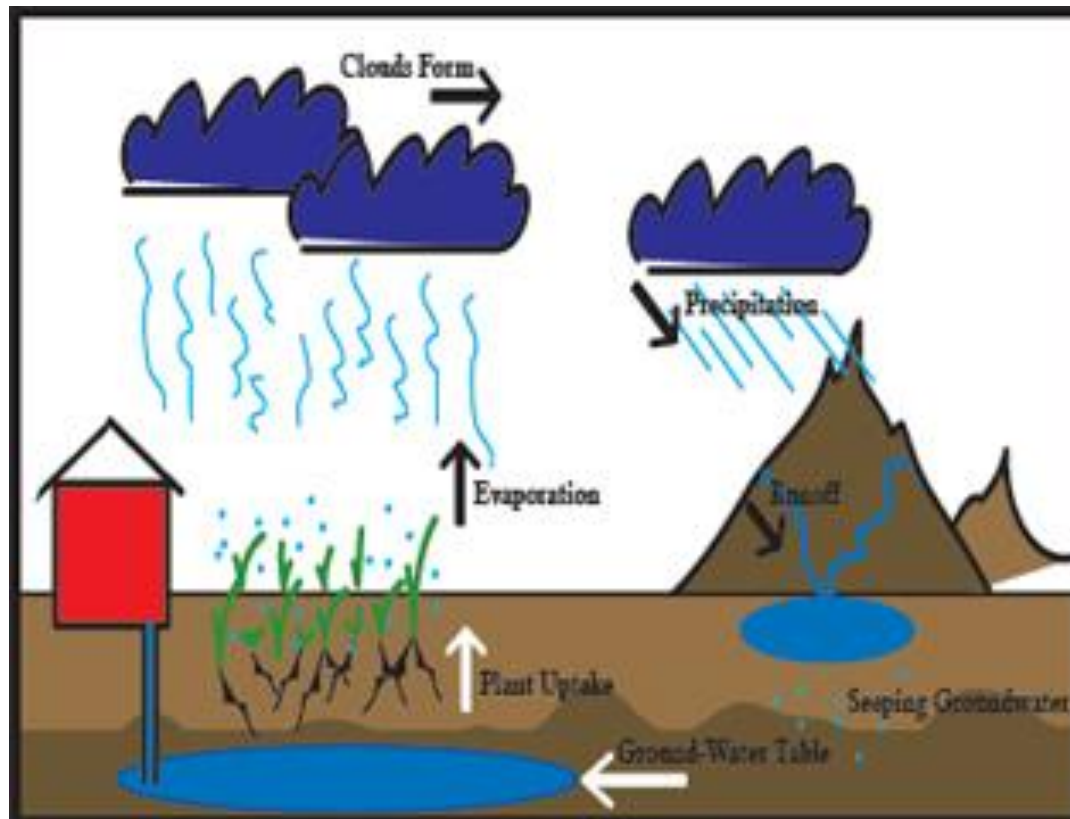
تابش

- حرارت مانند نور به شکل امواج الکترومغناطیسی منتقل می شود. این نوع انتقال حرارت را تابش گویند. از طریق تابش یا ساطع شدن امواج الکترومغناطیسی با طول موج بلند حرارت از یک جسم گرم به جسم سرد منتقل می شود بدون آنکه تاثیری بر دمای هوای بین دو سطح بگذارد.

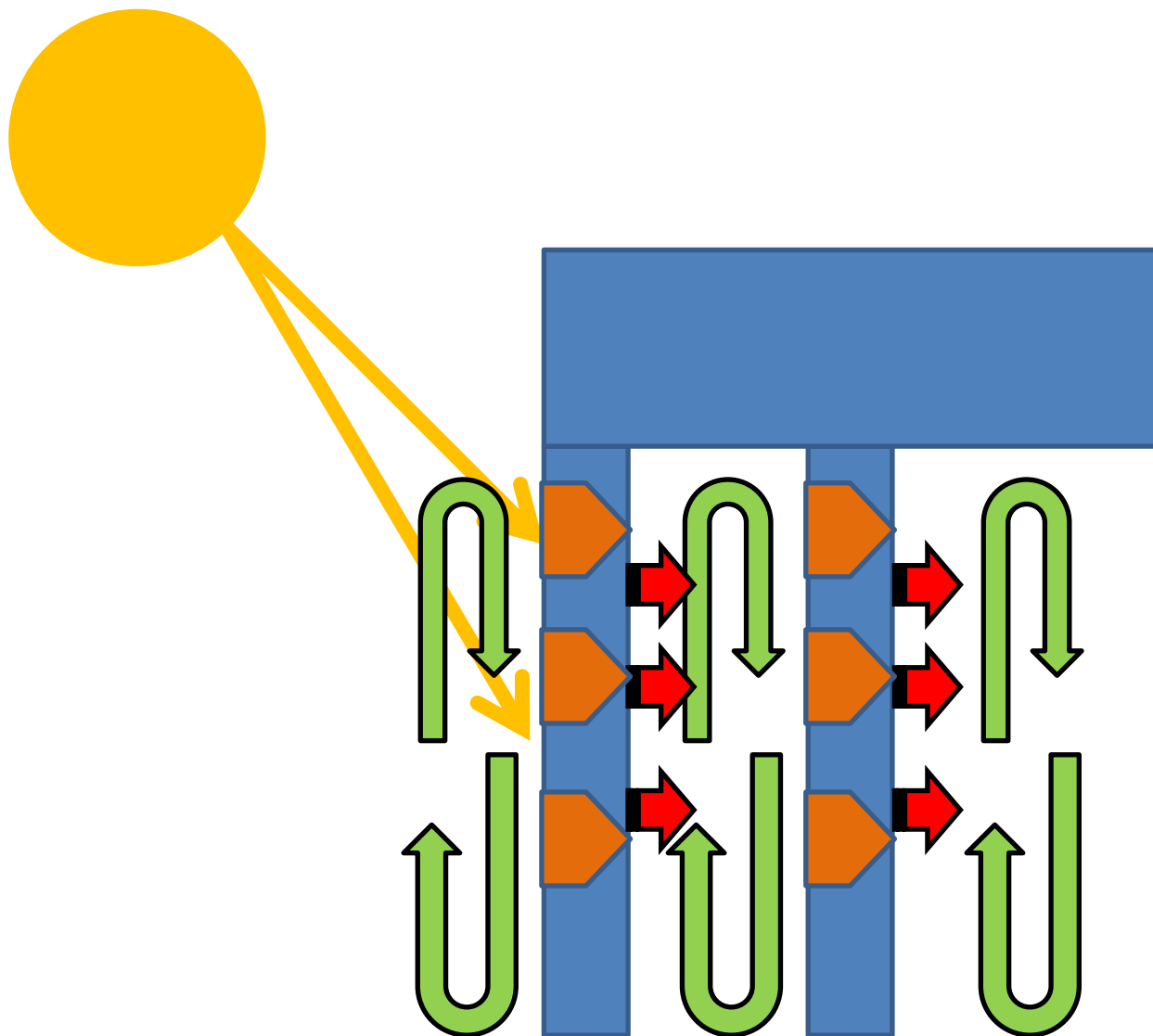


تبخیر

- تبخیر عبارت است از تغییر دما و انتقال حرارت در اثر تغییر مایع به بخار. این تغییر شکل باعث دفع حرارت می گردد.



تبادل حرارت در دیوار دو جداره در ساختمان



تابش بر انواع دیوارها

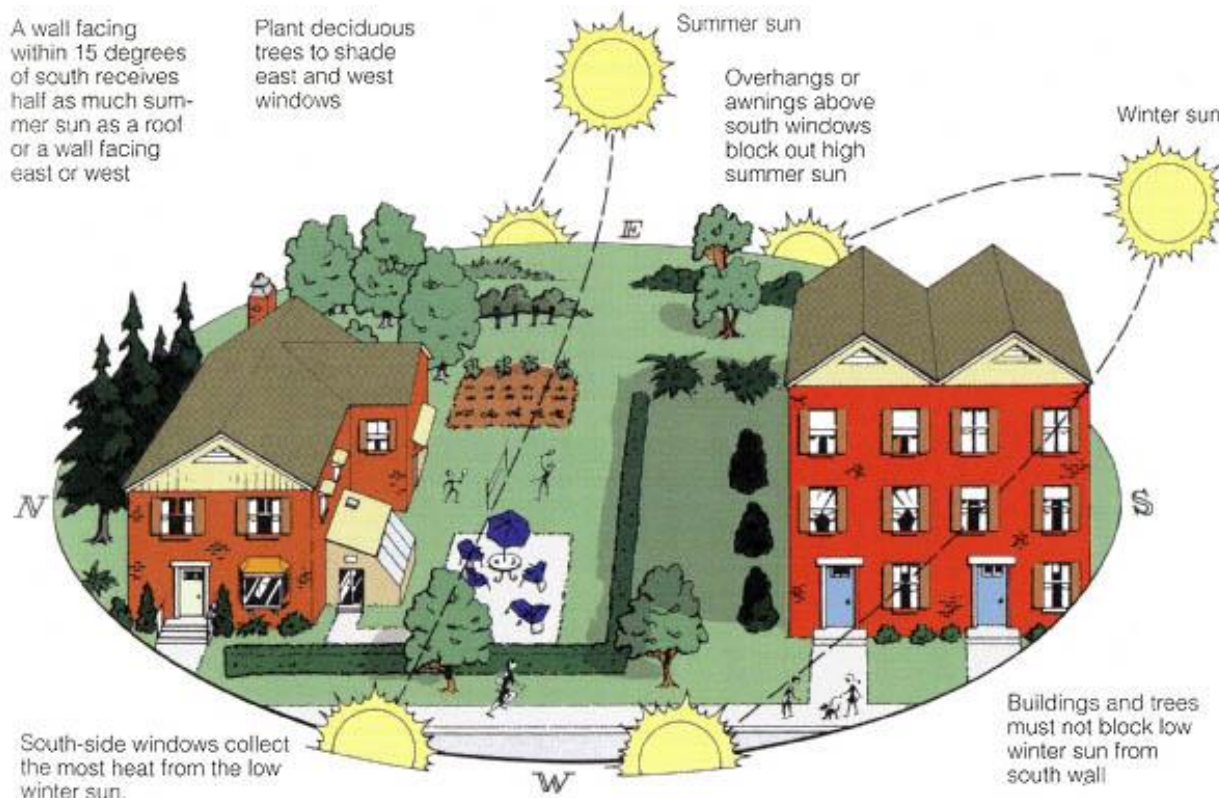


- تاثیر تابش آفتاب بر حرارت داخلی ساختمان به **ویژگی مصالح** به کار رفته در دیوارهای آن بستگی دارد.
- کیفیت مصالح ساختمانی تاثیر زیادی در میزان حرارت دفع شده یا جذب شده ساختمان دارد و در **آسایش ساکنان** و **بازدهی اقتصادی** وسایل مکانیکی موثر است.

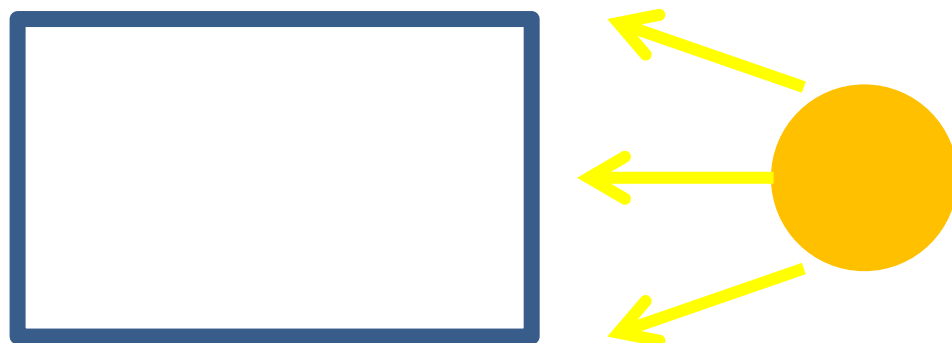
تابش بر انواع دیوارها

- قبل از طلوع آفتاب هوای آزاد و سطح خارجی ساختمان ها در سردترین موقعیت خود قرار دارند. ولی پس از طلوع خورشید هوا شروع به گرم شدن می کند و در ساعت ۲-۴ به حداکثر خود می رسد.
- میزان این افزایش دما تا حد زیادی به **ارتفاع از سطح دریا** وابسته است.
- در مناطق **ساحلی** میزان افزایش دمای هوا در روز کم است و بین **۴ تا ۷** درجه است.
- در مناطق **غیرساحلی** این نوسان به **۱۵ تا ۲۰** درجه سانتیگراد یا بیشتر می رسد.

- افزایش دمای هوای خارج باعث گرم شدن سطح خارجی دیوارهای جانبی می شود. این تاثیر در تمام جوانب ساختمان یکسان است و جهت دیوارها تاثیری در مقدار حرارت دریافت شده در این حالت ندارد.

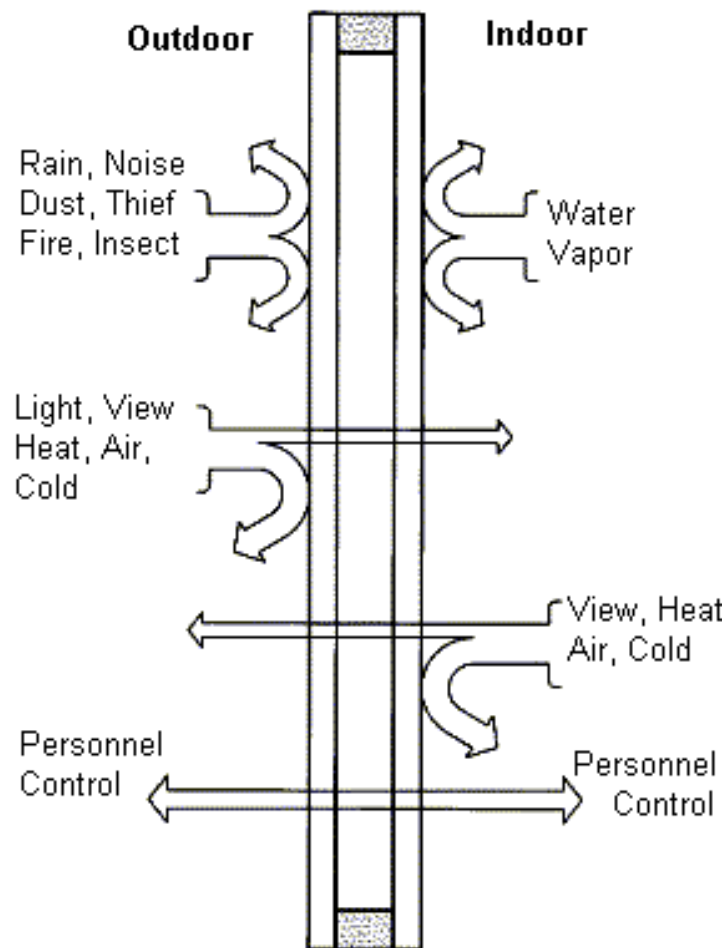
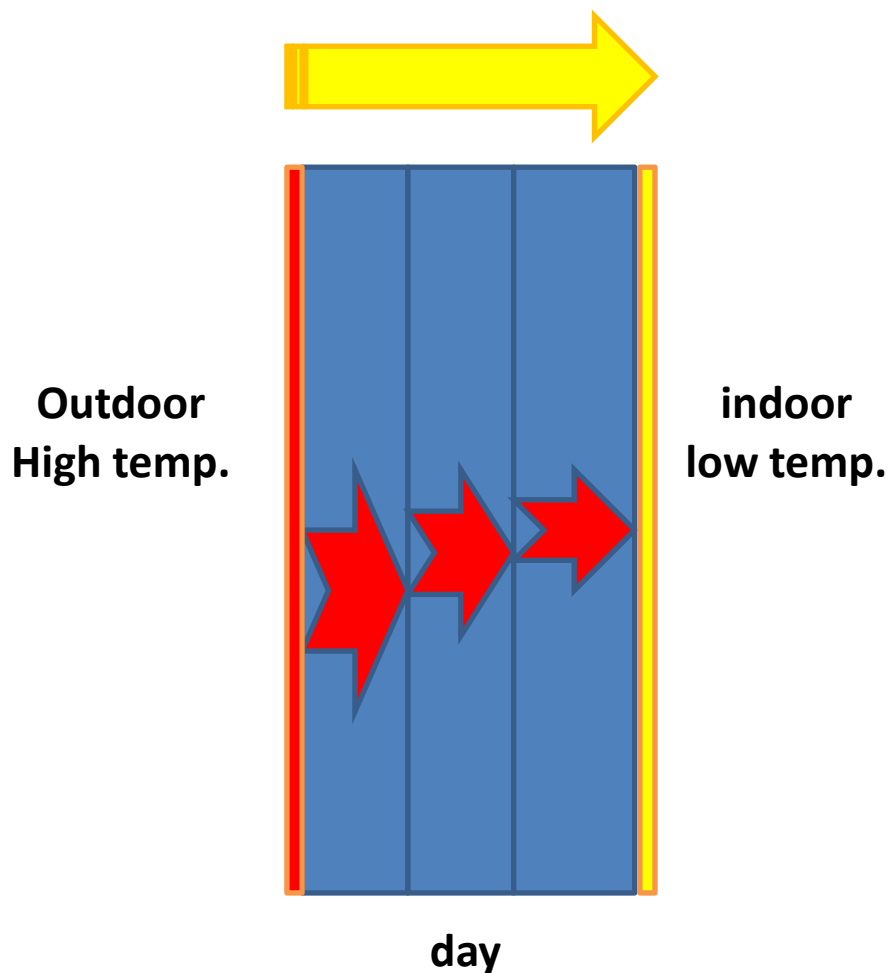


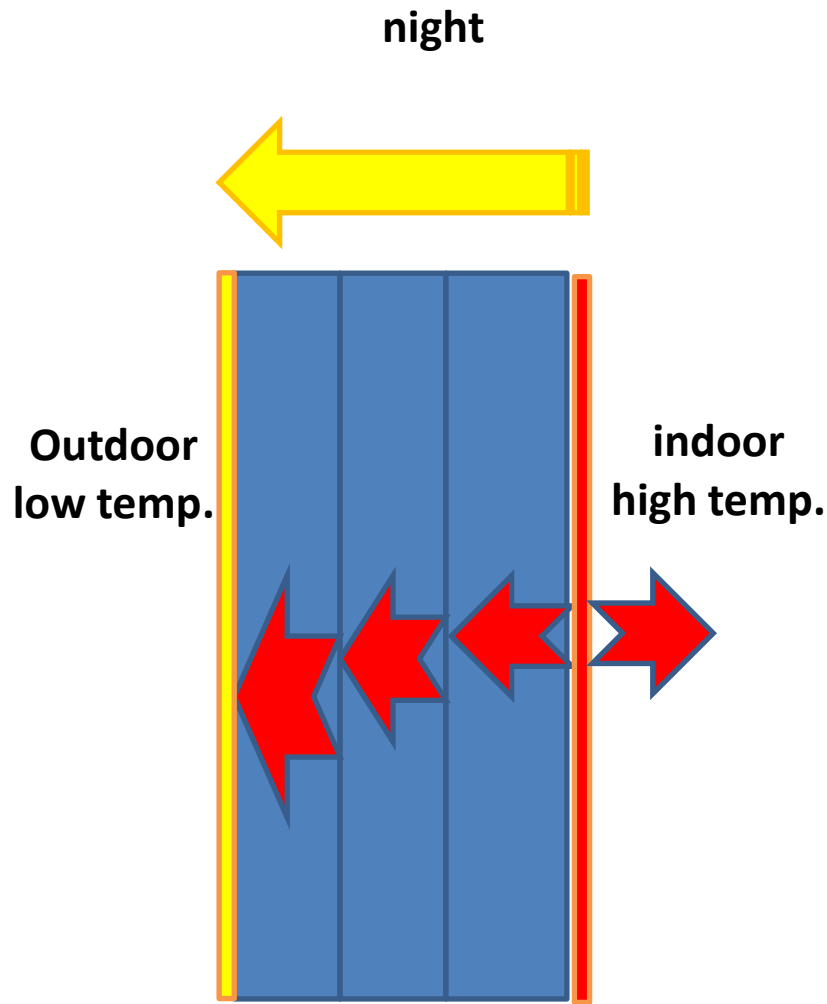
- با افزایش دمای دیوار آفتاب نیز به صورت مستقیم، پراکنده و منعکس شده از سطوح اطراف به ساختمان می تابد.
- بخشی از پرتو تابیده به دیوار در اثر برخورد به سطح باز می تابد و بقیه در دیوار جذب می شود و باعث گرم تر شدن آن می شود.
- در این حالت جهت دیوارها در مقدار تابش دریافت شده و در نتیجه در مقدار حرارت ایجاد شده در آن کاملاً موثر است.
- برای همین در دیوارها و بام ساختمان دمای متفاوتی ایجاد می گردد.



- برای درک بهتر دیوار چند لایه ای در نظر بگیریم.
- در اثر انتقال حرارت به هر یک از این لایه ها دمای آن افزایش می یابد و مقدار حرارتی که باعث افزایش دما شده است در آن **ذخیره** شده و بقیه به لایه سرد بعدی منتقل می شود.
- بنابراین هر لایه از دیوار مقدار حرارت کمتری نسبت به لایه قبلی خود دریافت می کند. در نتیجه **دمای** آن نسبت به لایه قبلی **کمتر** می شود.
- با ذخیره شدن حرارت در داخل دیوار حرارت کمتری به سطح داخلی آن انتقال می یابد و دمای آن کمتر از دمای سطح خارجی می شود.

مکانیسم انتقال حرارت از سطح خارجی به سطح داخلی دیوار

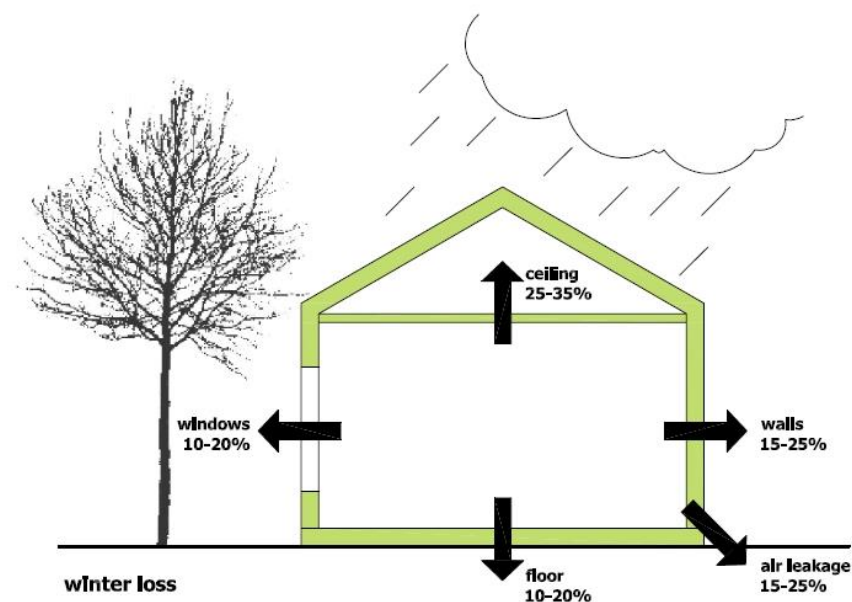
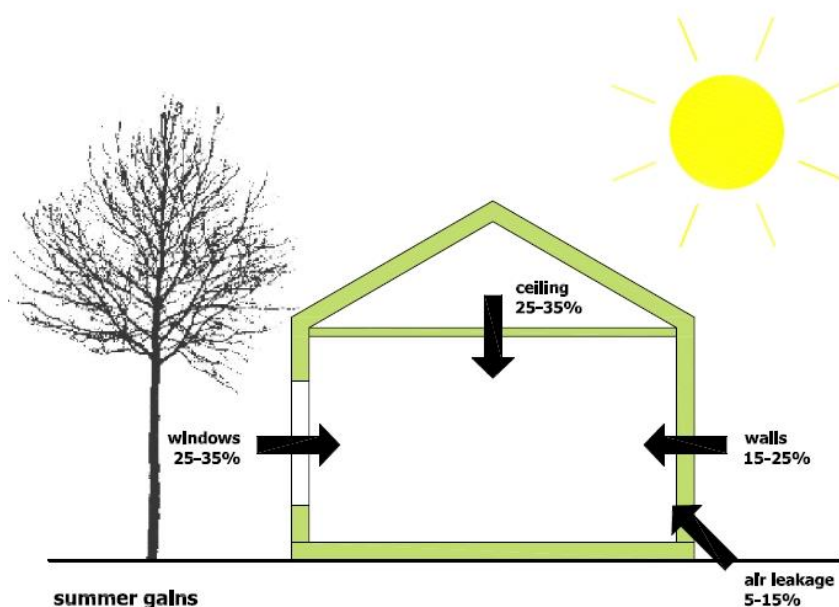




- پس از به حداکثر رسیدن دمای سطح خارجی، دیوار با کاهش شدت تابش آفتاب و خنک شدن هوا شروع به سرد شدن می کند و **جریان حرارت** در داخل دیوار **برعکس** می شود.

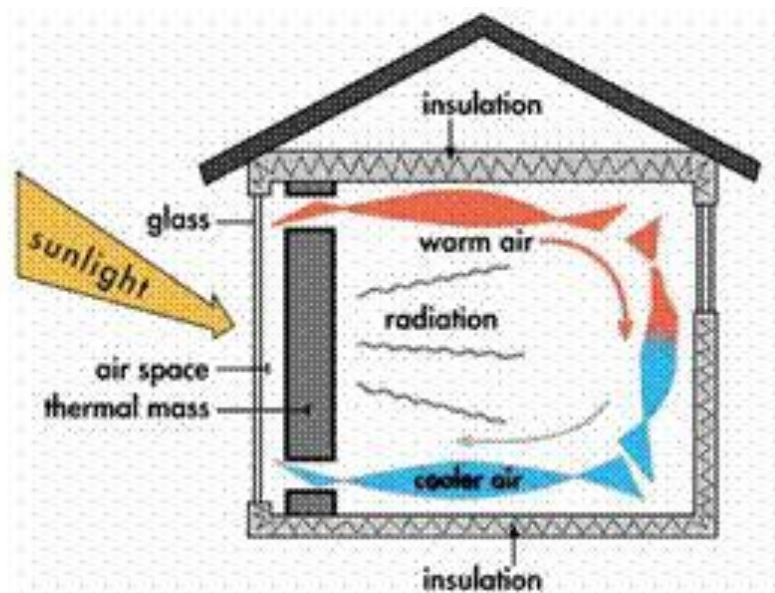
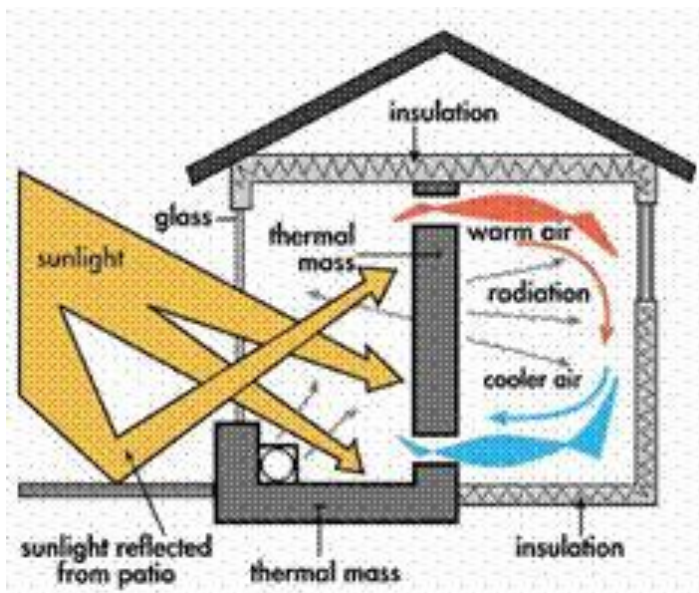
- ابتدا حرارتی که در داخل دیوار ذخیره شده است به **داخل و خارج** حرکت می کند. پس از مدتی این جریان به سمت **خارج** شده و لایه های دیوار به تدریج حرارت خود را از دست داده **سرد** می شوند.

- دیوارهای ساختمان یک **دوره گرم و سرد** شدن را در طول شبانه روز طی می کند که دامنه نوسان این دوره برای دیوارهای داخلی و خارجی یکسان **نیست** و در سطوح داخلی همواره **کمتر** از سطوح خارجی است و سطوح داخلی همیشه پس از سطوح خارجی به حداکثر و حداقل دمای خود می رسند.



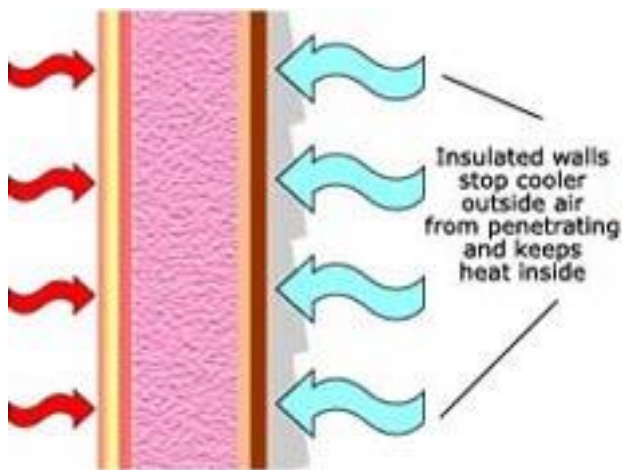
- با فرض ثابت بودن شرایط هوای خارجی حداکثر و حداقل دمای سطوح داخل و نسبت نوسان دمای سطوح داخلی به خارجی به **ظرفیت و مقاومت حرارتی** مصالح دیوارهای خارجی بستگی دارد.
- هر چه ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوارها **بیشتر** باشد نوسان دمای سطح داخلی **کاهش** می یابد و زمان به حداقل و حداکثر رسیدن دمای سطوح داخلی نسبت به هوای خارجی بیشتر به **تاخیر** می افتد.

- کاهش نوسان درجه حرارت سطوح داخلی نسبت به سطوح خارجی با مقاومت حرارتی مصالح دیوار متناسب است.
- تاخیر در حداکثر و حداقل رسیدن دمای سطوح داخلی نسبت به سطوح خارجی به ظرفیت حرارتی در مصالح دیوار بستگی دارد.



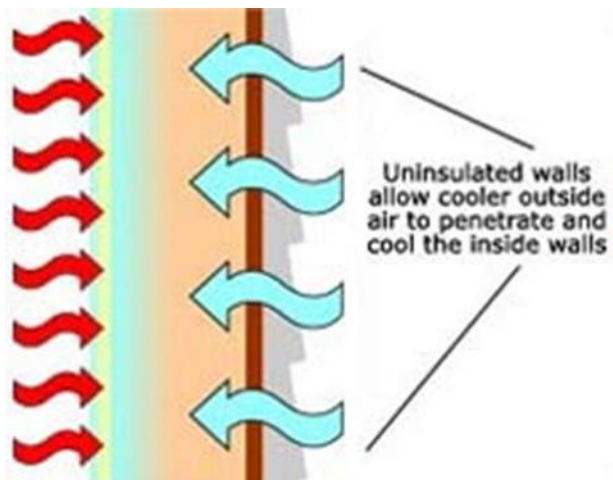
ظرفیت حرارتی

- ظرفیت حرارتی مصالح به **وزن مخصوص** (نسبت وزن به حجم) و **گرمای ویژه** (ظرفیت گرمایی ویژه معادل مقدار گرمایی است که لازم است مقدار مشخص از ماده‌ای دریافت کند تا دمای آن یک واحد افزایش یابد) آنها وابسته است. هرچه وزن مخصوص **بالتر** ظرفیت حرارتی **بیشتر** است.
- ظرفیت حرارتی دیوارها نیز به **ضخامت و فشردگی** مصالح آن بستگی دارد.



ظرفیت حرارتی

- هر چه ظرفیت حرارتی دیوار بیشتر باشد حرارت با سرعت کمتری از خارج به داخل انتقال می یابد.
- بنابراین سطوح داخلی با تاخیر بیشتری به حداکثر دمای خود نسبت به سطوح خارجی می رسند. این زمان تاخیر باعث می شود در ساعاتی که هوا در حداکثر درجه حرارت است نفوذ کرده در دیوارهای خارجی در همان جا ذخیره شود و هنگام عصر و شب که هوا نسبتاً خنک است از آن خارج شود.



- شب هنگام حرارت ذخیره شده در مصالح یک ساختمان با ظرفیت حرارتی زیاد آزاد می گردد.

- بنابراین میزان انتقال حرارت داخل به خارج کاهش می یابد و در هنگام شب دیوار به تدریج سرد می شود و حداقل دمای شبانه چنین ساختمانی به شدت بیشتر از حداقل دمای شبانه ساختمان هایی با ظرفیت حرارتی کمتر می شود.

- ظرفیت حرارتی مصالح ساختمانی باعث کاهش میزان انتقال حرارت از خارج به داخل می شود و بر عکس بنابراین باعث کاهش تغییرات دمای هوای داخل بنا می گردد.

- در زمستان و مناطق سرد که دمای هوای خارج همواره کمتر از دمای هوای داخل است، ظرفیت حرارتی مصالح فقط نوسان دمای هوای داخلی را کاهش می دهد و تاثیری در جهت حرکت حرارت و میانگین دمای هوا ندارد.

- در تابستان و در مناطق گرم که سطوح خارجی ساختمان در هنگام روز گرم تر و هنگام شب سردتر از هوای داخلی است، ظرفیت حرارت علاوه بر اینکه در کاهش تبادل حرارت داخلی و خارجی موثر است در جهت حرکت حرارت نیز تاثیر می گذارد.

- در مناطقی با تغییرات دمای زیاد شبانه روزی و با تابش زیاد آفتاب مصالحی با ظرفیت حرارت بالا مناسب است. (منطقه گرم و خشک و کوهستانی)

- در مناطقی که مشکل گرما در شب ها نیز برای هوای داخلی وجود دارد مصالح بایستی دارای ظرفیت حرارتی کم باشند. (منطقه گرم و مرطوب)

رابطه ضخامت دیوار، ظرفیت حرارتی و وضعیت حرارتی هوای داخلی

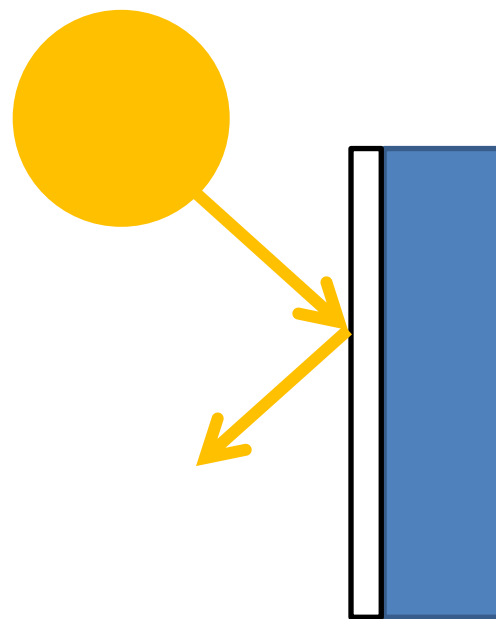
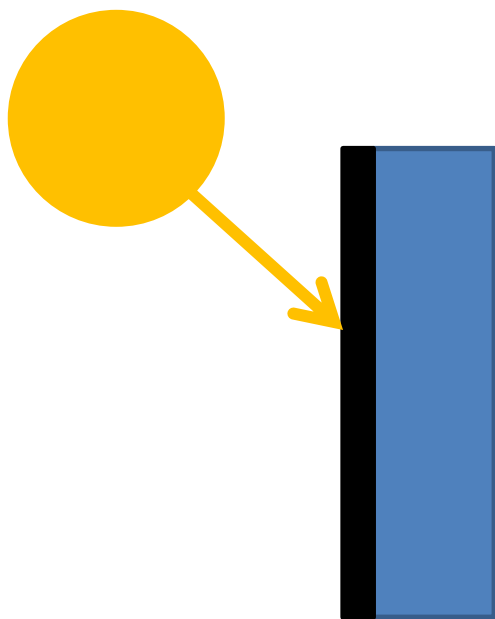
- ظرفیت حرارتی یک دیوار نتیجه **وزن مخصوص، ضخامت و گرمای ویژه** مصالح آن است.
- نتایجی که در اثر تغییر وزن مخصوص مصالح با تغییر ضخامت یک دیوار در وضعیت حرارتی آن حاصل می شود **متفاوت** است. حتی اگر این تغییرات از نظر ظرفیت حرارتی نتایج یکسانی داشته باشد.
- ظرفیت حرارتی بر اساس وزن مخصوص مشخص می شود.
- هرگونه افزایش ظرفیت حرارتی از طریق **افزایش وزن مخصوص** یعنی بالا بردن تراکم مصالح باعث **بالا رفتن ضریب رسانش و کاهش مقاومت حرارتی** می گردد.

- از سوی دیگر جایگزینی مصالح سبک به جای سنگین بدون تغییر ضخامت دیوار ظرفیت حرارتی را کاهش می دهد و تا حد کمی در بهبود وضعیت حرارتی دیوار و هوای داخلی در **تابستان** اثر می گذارد.
- وقتی به منظور افزایش ظرفیت حرارتی دیوار **ضخامت** آن نیز افزوده می شود **مقاومت حرارتی کلی** دیوار نیز به نسبت افزایش یافته و در نتیجه تاثیر آن در شرایط حرارتی هوای داخلی تا حد زیادی **افزوده** می شود.

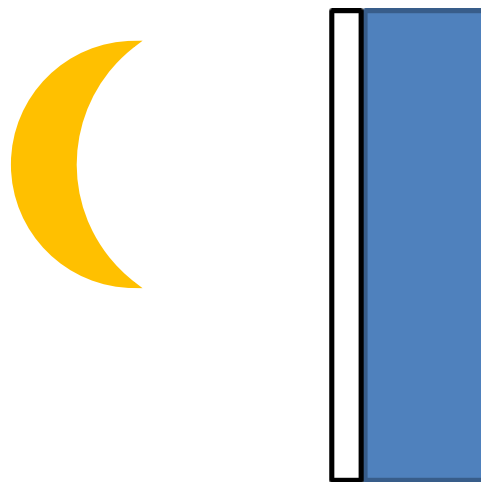
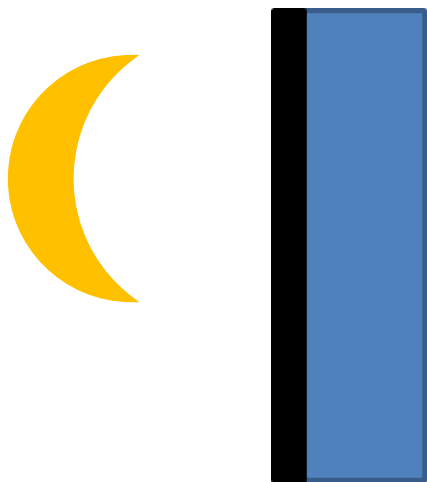
- **نکته:** میزان نوسان درجه حرارت هوای داخلی یک ساختمان با تغییر ضخامت دیوارهای آن تغییر می کند و در نتیجه با افزایش ضخامت دیوارهای یک ساختمان حداکثر درجه حرارت هوای داخلی کاهش و حداقل آن افزایش می یابد.

- تاثیر ضخامت دیوارها در **کنترل دمای** سطوح و درجه حرارت هوای داخلی ساختمان به شرایط **تهویه طبیعی** و **رنگ سطح خارجی** ساختمان وابسته است.

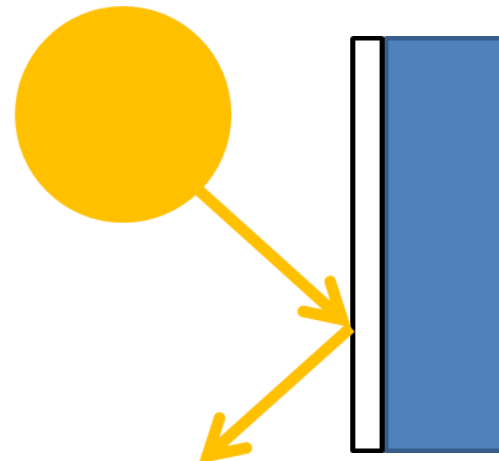
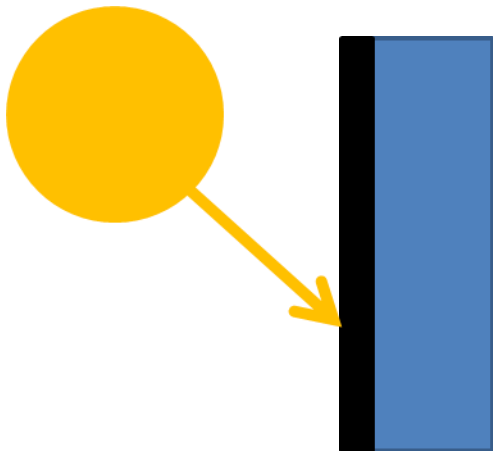
- نکته ۱: اگر رنگ سطح خارجی دیوارها **تیره** باشد، با افزایش ضخامت دیوارها **حداکثر** درجه حرارت هوای داخلی ساختمان **کاهش** می یابد. ولی در صورت **سفید** بودن سطح خارجی چون تقریباً تمام پرتوهای خورشید از سطح دیوار منعکس می شود و فقط مقدار کمی از انرژی حرارتی آن جذب دیوار می شود ضخامت دیوار تاثیر چندانی در کنترل **حداکثر** درجه حرارت هوای داخل **ندارد**.



- در هر دو حالت با افزایش ضخامت دیوار حداقل درجه حرارت هوای داخلی ساختمان افزایش می یابد و رنگ سطح خارجی دیوارها تاثیری در این افزایش دما ندارد.



- نکته ۲: وضعیت گرمایی داخلی ساختمانی که هوای خارج در آن جریان دارد به دو عامل انتقال حرارت از دیوارها و شرایط تهویه طبیعی وابسته است.
- اگر رنگ سطح خارجی دیوار روشن باشد ضخامت دیوار تحت تاثیر تهویه طبیعی قرار می گیرد. ولی اگر سطح خارجی دیوار تیره باشد امکان انتقال حرارت از دیوارها به هوای داخلی ساختمان تا حد زیادی افزایش می یابد و در نتیجه ضخامت دیوار در کنترل شرایط حرارتی هوای داخلی اهمیت فراوانی خواهد یافت.



تعیین ظرفیت حرارتی دیوارهای مختلف

- ظرفیت حرارتی مصالح دیوار عبور حرارت از سطح داخلی آن را به **تاخیر** می اندازد و گرمای تعدیل یافته در هوای خنک و سرمای شب از ساعات گرم روز به داخل منتقل می شود.
- به طور کلی در مناطقی با نوسان درجه حرارت **زیاد** تقریباً **نصف روز** زمان تاخیر یعنی انتقال گرمای روز هنگام شب و سرمای شب هنگام روز باعث ایجاد تعادل حرارتی هوای داخلی ساختمان می شود.
- از آنجا که **شدت تابش آفتاب** و حرارت حاصل از آن **در سطوح** مختلف یک ساختمان **متفاوت** است **زمان تاخیر** باید به طور دقیق تر تعیین شود.

- طبق آزمایشات انجام شده:

- اگر نوسان درجه حرارت هوا زیاد باشد ظرفیت حرارتی مصالح اهمیت دارد. در این حالت ظرفیت حرارتی باعث می شود هوای داخل ساختمان در محدوده آسایش قرار گیرد.

- اگر میانگین دمای هوا ۲۹ درجه و بیشتر باشد استفاده از مصالح سنگین به تنهایی کافی نیست و باعث خارج شدن هوای داخل از محدوده آسایش می شود. در این حالت باید از خواص مقاومت و ظرفیت حرارتی در ایجاد شرایط آسایش داخلی استفاده کرد. در این حالت با بسته نگه داشتن پنجره ها در زمان شرایط بحرانی دما می توان شرایط آسایش را در درون به وجود آورد.

- در مناطقی با تغییرات بسیار بالای فصلی و روزانه دمای هوا ظرفیت و مقاومت حرارتی هر دو لازم است.
- در مناطقی با تغییرات فصلی بسیار شدید دمای هوا مقاومت حرارتی مصالح اهمیت بیشتری می یابند و استفاده از سیستم های تاسیساتی برای ایجاد منطقه آسایش در داخل بنا لازم است.
- در این حالت تغییرات روزانه دمای هوا نادیده گرفته می شود ولی اگر دامنه این تغییرات زیاد باشد استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد در سطوح داخلی دیوار موثر است و باعث حفظ دمای هوای داخلی در طول روز در حد تعادل می شود.

- با توجه به شدت متفاوت انرژی تابیده به سطوح بدنه های یک بنا در جهت های مختلف هر یک از بدنه ها باید زمان تاخیر متفاوتی داشته باشند.
- مطابق آزمایشهای انجام شده در شهری با اقلیم مشابه یزد زمان تاخیر دیوارها مطابق زیر است.

جهت بدنه	ساعت تاخیر	توضیحات
شرق	۱۷-۱۲	گاهها بدون در نظر گیری زمان تاخیر برای نفوذ حرارت در ساعات اولیه صبح که هوا زیاد گرم نیست
جنوب	۱۰-۷	در تابستان جهت تابش عمود است و ظرفیت حرارتی اهمیت کمی دارد.
شمال	۱۰-۵	کمترین اهمیت از نظر ظرفیت حرارتی
غرب	۱۰-۵	شدیدترین تابش در روز
سقف	۱۲-۱۱	

- در طول روز بنای ساخته شده از مصالح سنگین حرارت کمتری را نسبت به بنای ساخته شده از مصالح سبک به داخل انتقال می دهد.
- بنای ساخته شده از مصالح سبک هنگام عصر خنک شده و شرایط داخلی بهتری نسبت به بنای با مصالح سنگین ایجاد می کند. هنگام عصر که هوای بیرون خنک است می توان با ایجاد تهویه طبیعی شرایط درونی بنای ساخته شده با مصالح سنگین را نیز در محدوده آسایش قرار داد.
- با این شرایط دیوارهای اتاق خواب ها در منطقه ای گرم بهتر است مصالح سبک و اتاق نشیمن با کاربری در طول روز با مصالح سنگین باشد.