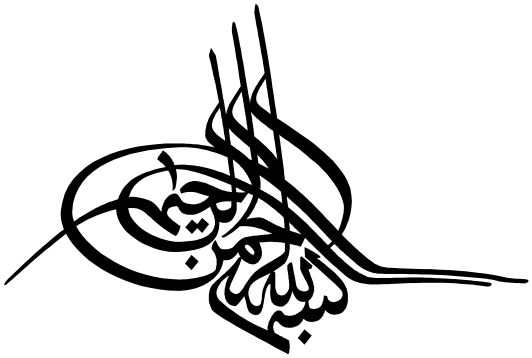


# تنظیم شرایط محیطی و تأسیسات ساختمان

سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد

مجموعه معماری و پروژه و ساخت

مولف: سارا خلیلی‌خواه

| | |
|---|---|
| سرشناسه | : خلیلی‌خواه، سارا |
| عنوان | : تنظیم شرایط محیطی و تاسیسات ساختمان |
| مشخصات نشر | : تهران : مشاوران صعود ماهان، ۱۴۰۱ |
| مشخصات ظاهری | : ۲۳۷ ص |
| فروست | : سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد |
| شابک | : ۹۷۸-۶۰۰-۴۵۸-۸۲۷-۰ |
| وضعیت فهرست نویسی | : فیپای مختصر |
| یادداشت | :این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است. |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۳۷۷۱۹۵۵ |

نام کتاب: ..... تنظیم شرایط محیطی و تاسیسات ساختمان

مولف:..... سارا خلیلی‌خواه

مدیر تولید محتوی:.....سمیه بیگی

ناشر:.....مشاوران صعود ماهان

نوبت و تاریخ چاپ:..... اول/ ۱۴۰۱

تیراژ: ..... ۱۰۰۰ نسخه

قیمت:..... ۲/۷۹۰/۰۰۰ریال

شابک: ..... ۰-۸۲۷-۴۵۸-۶۰۰-۹۷۸ :ISBN



انتشارات مشاوران صعود ماهان: خیابان ولیعصر، بالاتر از تقاطع مطهری،

روبروی قنادی هتل بزرگ تهران، جنب بانک ملی، پلاک ۲۰۵۰

تلفن: ۴- ۸۸۱۰۰۱۱۳

# سخن ناشر

**«ن والقلم و ما یسطرون»**

**کلمه نزد خدا بود و خدا آن را با قلم بر ما نازل کرد.**

به پاس تشکر از چنین موهبت الهی، موسسه ماهان درصدد برآمده است تا در راستای انتقال دانش و مفاهیم با کمک اساتید مجرب و مجموعه کتب آموزشی خود برای شما داوطلبان ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد، گام موثری بـردارد. امیـد است تلاش‌های خدمتگزاران شما در این موسسه پایه‌گذار گام‌های بلند فردای شما باشد.

مجموعه کتاب‌های کمک آموزشی ماهان به‌منظور استفاده داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد سراسری و آزاد تالیف شـده‌انـد. در این کتاب‌ها سعی کرده‌ایم با بهره‌گیری از تجربه اساتید بزرگ و کتب معتبر داوطلبان را از مطالعه کتـاب‌هـای متعـدد در هر درس بی‌نیاز کنیم.

دیگر تالیفات ماهان برای سایر دانشجویان به‌صورت ذیل می‌باشد.

- **مجموعه کتاب‌های ۸ آزمون:** شامل ۵ مرحله کنکور کارشناسی ارشد ۵ سال اخیر به همراه ۳ مرحله آزمون تالیفی ماهان همراه با پاسخ تشریحی می‌باشد که برای آشنایی با نمونه سوالات کنکور طراحی شده است. این مجموعه کتاب‌ها با توجه به تحلیل ۳ ساله اخیر کنکور و بودجه‌بندی مباحث در هریک از دروس، اطلاعات مناسبی جهت برنامه‌ریزی درسی در اختیار دانشجو قرار می‌دهد.
- **مجموعه کتاب‌های کوچک:** شامل کلیه نکات کاربردی در گرایش‌های مختلف کنکور کارشناسی ارشد می‌باشد که برای دانشجویان جهت جمع‌بندی مباحث در ۲ ماهه آخر قبل از کنکور مفید می‌باشد.

بدین‌وسیله از مجموعه اساتید، مولفان و همکاران محترم خانواده بزرگ ماهان که در تولید و به‌روزرسانی تالیفات ماهان نقش موثری داشته‌اند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نماییم.

دانشجویان عزیز و اساتید محترم می‌توانند هرگونه انتقاد و پیشنهاد درخصوص تالیفات ماهان را از طریق سایت ماهان به آدرس mahan.ac.ir با ما در میان بگذارند.

**موسسه آموزش عالی آزاد ماهان**

# سخن مولف

سپاس بیکران خدای را که توفیق خدمتگزاری به ما ارزانی فرمود.

خدایا ما را از شاکران درگاهت و حقیقت‌جویان راهت قرار ده و یاریمان کن تا در آموختن نلغزیم و آنچه را که آموختیم به شایستگی عرضه نماییم.

لزوم تهیه این مجموعه نیاز مبرم دانشجویان علاقه‌مند به ادامه تحصیل و عدم دسترسی آنها به مراجع جامع و مفید علمی بوده امید آنکه موفق شده باشم.

امیدوارم مطالب این کتاب راهگشا و راهنمای کلیه دانشجویان بوده و با نظرات، پیشنهادات و راهنمایی‌های پربارشان ما را در رفع نقایص احتمالی در چاپ‌های بعدی یاری دهند.

**سارا خلیلی‌خواه**

# فهرست

عنوان | صفحه


**فصل اول: معماری اقلیمی ..... ۷**
بخش ۱: معماری مبتنی بر آسایش حرارتی ..... ۸
بخش ۲: رفتار حرارتی ساختمان ..... ۲۰
بخش ۳: مبانی فیزیک حرارتی ..... ۳۰
بخش ۴: اقلیم و معماری ..... ۳۲
بخش ۵: پهنه‌بندی اقلیمی ..... ۵۲
ویژگی‌های معماری مناطق مختلف ..... ۵۶
طراحی اقلیمی ..... ۶۱
بخش ۶: مسائل مورد توجه در طراحی اقلیمی ساختمان ..... ۷۰
سوالات چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی سراسری فصل اول ..... ۷۸
سوالات چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی آزاد فصل اول ..... ۱۰۶
**فصل دوم: سیستم‌های خورشیدی، انرژی و محیط زیست ..... ۱۱۱**
بخش ۱: آشنایی با انواع سیستم‌های خورشیدی فعال و غیرفعال ..... ۱۱۲
سیستم‌های فعال خورشیدی ..... ۱۲۰
بخش ۲: انرژی و محیط زیست ..... ۱۲۳
منابع انرژی تجدیدپذیر ..... ۱۲۴
لزوم استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی ..... ۱۲۹
اشاره به برخی بحران‌های زیست‌محیطی ..... ۱۳۳
سوالات چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی سراسری فصل دوم ..... ۱۳۵
**فصل سوم: تأسیسات الکتریکی ..... ۱۴۳**
بخش ۱: روشنایی ..... ۱۴۴
بخش ۲: صوت ..... ۱۵۹
سوالات چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی سراسری فصل سوم ..... ۱۷۶
سوالات چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی آزاد فصل سوم ..... ۱۸۸
**فصل چهارم: تأسیسات مکانیکی ..... ۱۸۹**
بخش ۱:تاسیسات حرارتی ..... ۱۹۰
معرفی انواع سیستم‌های حرارت مرکزی ..... ۱۹۳
اجزای یک سیستم تبرید ..... ۲۰۳
بخش ۲: فاضلاب ..... ۲۰۸
بخش ۳: آب‌رسانی ..... ۲۱۱
سوالات چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی سراسری فصل چهارم ..... ۲۱۳
سوالات چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی آزاد فصل چهارم ..... ۲۲۳
سوالات و پاسخ تشریحی کنکور سراسری ۹۵ تا ۱۴۰۰ ..... ۲۲۵
**منابع ..... ۲۳۷**

# فصل اول

## معماری اقلیمی

- معماری مبتنی بر آسایش حرارتی
- رفتارحرارتی ساختمان
- مبانی فیزیک حرارت
- اقلیم و معماری
- پهنه‌بندی اقلیمی
- مسائل مورد توجه در طراحی اقلیمی ساختمان

# معماری اقلیمی

## بخش ۱: معماری مبتنی بر آسایش حرارتی

ایجاد تعادل حرارتی بین بدن و محیط اطراف از جمله نیازهای اولیه برای آسایش انسان است و آسایش حرارتی زمانی حاصل می‌شود که دمای بدن در محدوده مطلوب قرار گرفته و رطوبت پوست کم و تلاش بدن برای تنظیم دما به حداقل برسد.

### آسایش حرارتی انسان

- ارزیابی صحیح در استفاده حرارتی از ساختمان
- سنجش نیازهای عملکردی و فیزیولوژیکی (بصری، حرارتی، صوتی، تنفسی) ساکنان

### نرخ متابولیسم (متابولیک)

فعالیت متابولیسم (فرایند تبدیل غذا به‌کار مکانیکی)، گرمایی بیش از میزان نیاز بدن تولید می‌کند.
گرمای اضافه به وسیله جریان خون به سطح بدن هدایت شده و از بدن خارج می‌گردد.

با افزایش میزان فعالیت بدن، نرخ متابولیسم هم افزایش می‌یابد. میزان فعالیت، بر میزان سوخت و ساز بدن تأثیرگذار است. فعالیت زیاد موجب افزایش متابولیسم و درنتیجه افزایش تولید گرما در درون بدن می‌شود؛ به‌عبارت دیگر بدن انسان به‌وسیله غذایی که می‌خورد و به‌نسبت فعالیتی که انجام می‌دهد، انرژی تولید می‌کند و وقتی بدن در حال فعالیت است فقط مقدار کمی از این انرژی صرف کار مکانیکی شده و بقیه به حرارت تبدیل می‌شوند.
شدت متابولیسم برای فعالیت‌های بدنی متفاوت:

| نوع فعالیت | نرخ متابولیک | |
|---|---|---|
| | $W / M^2$ | met |
| نشسته | ۵۸ | ۱ |
| ایستاده | ۷۰ | ۱/۲ |
| فعالیت معمولی (کار اداری، مدرسه، مطالعه) | ۷۰ | ۱/۲ |
| فعالیت‌های ایستاده سبک (فروشندگی مغازه) | ۹۳ | ۱/۶ |
| فعالیت‌های ایستاده نیمه سنگین (کارهای خانه، کار با ماشین‌آلات صنعتی) | ۱۱۶ | ۲ |
| فعالیت‌های سنگین صنعتی و کشاورزی | ۱۶۵ به بالا | ۲/۸ به بالا |

| نوع فعالیت | حرارت تولیدی | |
|---|---|---|
| | watts | Btu/hour |
| خواب | ۱۰۰ | ۳۰۰ |
| کار سبک | ۲۰۰ | ۶۰۰ |
| پیاده‌روی | ۳۰۰ | ۹۰۰ |
| دویدن | ۸۰۰ | ۲۴۰۰ |

برای محاسبه متابولیسم کل، باید شدت متابولیسم را در مساحت پوست ضرب کرد.

سطح پوست متوسط خانم‌ها $۱/۶m^۲$ و سطح پوست متوسط آقایان $۱/۸m^۲$ می‌باشد.

لباس به‌عنوان حایل حرارت اضافی مفید است اما کافی نمی‌باشد.

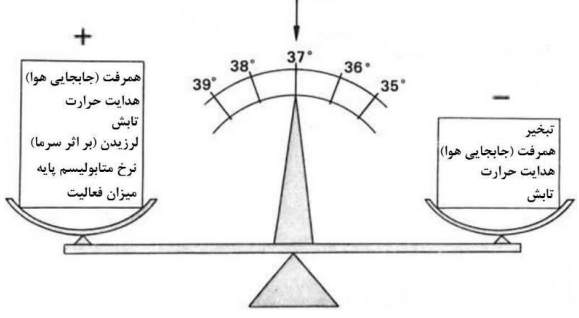
فاکتور لباس نشان‌دهنده میزان پوشانندگی لباس است. به عبارت دیگر، نرخ مقاومت حرارتی انواع پوشش لباس را مشخص می‌کند.

| نوع لباس | $I_d$ | |
|---|---|---|
| | clo | $m^2 \cdot K / W$ |
| بدون لباس | ۰ | ۰ |
| لباس شنای مردانه | ۰/۱ | ۰/۰۱۵ |
| لباس مخصوص مناطق گرم و خشک | ۰/۳ | ۰/۰۴۵ |
| لباس تابستانی | ۰/۵ | ۰/۰۸ |
| لباس کار نازک | ۰/۷ | ۰/۱۱ |
| لباس زمستانی در داخل ساختمان | ۱ | ۰/۱۶ |
| لباس کار ضخیم | ۱/۵ | ۰/۲۳ |

## تعادل حرارتی بین بدن انسان و محیط پیرامون

از کل انرژی تولید شده در بدن تنها ۲۰٪ مورد استفاده قرار گرفته و ۸۰٪ باقی‌مانده به محیط اطراف بدن دفع می‌شود تا دمای درونی بدن متعادل (حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد) بماند. دمای پوست بدن نیز به‌طور معمول بین ۳۳-۳۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تبادل حرارتی بدن با محیط در شرایط طبیعی حدود ۱٪ (مقدار ناچیز) از طریق هدایت، ۳۰٪ از طریق همرفت (جابجایی یا انتقال)، ۲۰٪ از طریق تبخیر و ۵۰٪ از طریق تابش می‌باشد. با افزایش دما سهم دفع حرارتی همرفتی و تابشی کاسته شده و سهم تبخیر بیشتر می‌شود. اگر بدن در محیط گرم‌تر از دمای پوست بدن قرار گیرد، حرارت را جذب کرده و اگر در محیط سردتر از پوست بدن قرار گیرد حرارت را از دست می‌دهد. جذب حرارت توسط سوخت و ساز، هدایت، همرفت و تابش و دفع حرارت توسط هدایت، همرفت، تابش و تبخیر می‌باشد. اگر در اثر این تبادل حرارت، حرارت تولید شده در بدن با حرکت جذب یا دفع شده محیط متعادل نباشد، بدن انسان حرارت درونی خود را افزایش یا کاهش می‌دهد که این موضوع موجب اختلال در بدن انسان می‌شود. مکانیزم‌های بدن برای تنظیم دمای درونی در شرایط گرم افزایش قطر رگ‌ها که موجب تعریق شده و در شرایط سرد کاهش قطر رگ‌ها که موجب لرزیدن و افزایش سوخت و ساز کوتاه مدت می‌شود.

$$\pm Q_{convection} \pm Q_{radiation} \pm Q_{conduction} + Met - Q_{evaporation} = ۰$$



## تعریف آسایش حرارتی

آسایش حرارتی زمانی حاصل می‌شود که دمای بدن در محدوده خاصی قرار گیرد و رطوبت پوست کم و تلاش بدن برای تنظیم دمای درونی به حداقل برسد.

**تعریف اشری، فنگر از آسایش حرارتی:** آسایش حرارتی شرایطی است که شخص از نظر ذهنی از حرارت محیط راضی باشد.

مقیاس هفت‌تایی آسایش حرارتی اشری، فنگر به‌ترتیب زیر می‌باشد:

| +۳ | +۲ | +۱ | ۰ | -۱ | -۲ | -۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| خیلی گرم | گرم | کمی‌گرم | خنثی | کمی‌سرد | سرد | خیلی‌سرد |

در این مقیاس بین ۰/۵+ درجه تا ۰/۵- درجه شرایط آسایش می‌باشد.

**تعریف بنزیگر:** شرایطی که فرد برای تغییر وضعیت حرارتی محیط به هیچ اقدامی دست نزد.

**نکته:** در تعاریف اخیر از آسایش حرارتی شرایط روحی و رفتاری با موضوع آسایش حرارتی ترکیب شده است.

دمای ترجیحی: اگر شخص مایل باشد دمای محیط کمی تغییر کند اما در صورت عدم تغییر دما نیز مشکلی برای او ایجاد نشود به دمای مورد نظر دمای ترجیحی گفته می‌شود.

**نارضایتی حرارتی موضعی:** به این معنا می‌باشد که یک بخش از بدن انسان از شرایط حرارتی ناراضی باشد، ممکن است شرایط عمومی دمایی و رطوبتی فضای داخل مطلوب باشد، اما در قسمت‌هایی از بدن و یا قسمت‌هایی از اتاق هنوز احساس نارضایتی وجود داشته باشد، به‌خصوص در بخش‌هایی از بدن که به‌طور عمده برهنه است و یا پوشش کمتری دارد. (مانند مچ پا یا پشت گردن)

دو عامل ممکن است ایجاد نارضایتی حرارتی موضعی نماید:

۱) وجود گرادیان عمودی هوا

۲) وجود تابش نامتقارن

برای برقراری آسایش حرارتی در فضا و عدم ایجاد نارضایتی حرارتی موضعی یکی از راهکارها این است که دمای سطوح داخلی نباید اختلافی بیش از ۳ تا ۵ درجه با هوای داخل داشته باشد.

**برمبنای حالت‌پایدار:** جمع جبری میزان انرژی‌های ورودی به بدن و انرژی‌های خروجی از آن با هم برابر باشند (انرژی تولیدی بدن منهای انرژی اتلافی از آن)، دما و رطوبت در بازه آسایشی باشد. ضمناً فعالیت‌های فیزیولوژیکی برای تنظیم گرمایی بدن حداقل باشد.

**برمبنای مطالعات و استاندارد اروپایی ISO ۷۷۳۰** (روش PMV) : آسایش بر اساس عوامل محیطی و فردی، تخمین زده می‌شود.

**عوامل محیطی:** دمای هوا، دمای متوسط تشعشعی، رطوبت (رطوبت نسبی)، جریان هوا

**عوامل فردی:** میزان فعالیت (+ نرخ متابولیسم پایه)، نرخ لباس (میزان پوشانندگی لباس)

## شاخص تخمین احساس رضایت حرارتی (PMV)

شرایط آسایش برای حالتی تعریف می‌شود که حداقل ۸۰٪ افراد در آن احساس رضایت داشته باشند.

PMV (Predicted Mean Vote) بیانگر متوسط آرای پیش‌بینی‌شده افراد نسبت به محیط حرارتی می‌باشد.

## شاخص نارضایتی حرارتی (PPD)

PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) یا برآورد درصد نارضایتی افراد نسبت به شرایط حرارتی، یک شاخص مستقل نیست و مقدار آن از روی PMV به‌دست می‌آید.

حد PPD در محدوده $-0/5 \leq PMV \leq 0/5$ برابر ۱۰ درصد است.

### تطابق با شرایط حرارتی مختلف

افراد نسبت به محیط حرارتی بی‌تفاوت نیستند بلکه همواره سعی می‌کنند خود را با تغییرات محیط تطبیق دهند.

**فعالیت‌های ناخودآگاه:** (تنگ و گشاد شدن رگ‌ها، تعرق و لرز)

**فعالیت‌های آگاهانه:** (تعویض نوع پوشش، افزایش تحرک)

تنظیم حرارت بدن در مغز انجام می‌گیرد. مغز در بین اجزای بدن بیشترین تعادل حرارتی را دارا است.

در صورت احساس سرما، بدن سعی می‌کند با کاهش سرعت جریان خون تبادل حرارتی بدن و محیط را کاهش دهد. کاهش جریان خون در نوک انگشتان محسوس است.

در صورت احساس گرما، بدن با افزایش تعریق سعی در خنک‌سازی تبخیری دارد و هم‌چنین با گشاد کردن رگ‌ها (افزایش سرعت جریان خون) به تبادل حرارت بیشتری با محیط می‌پردازد.

### آسایش بصری

این آسایش براساس توجه به موارد دید مناسب به خارج، بهره‌گیری از روشنایی روز، تنظیم سطح روشنایی بر اساس نوع فضا، کیفیت نور، رنگ، درجه گرما، درجه درخشندگی، تابش خیره‌کننده، کنتراست و تعمیرات عمق بر اثر نور حاصل می‌شود.

### آسایش صوتی

این آسایش براساس توجه به موارد رهایی از سروصدا و ارتعاش، محافظت ساختمان از سروصدای بیرون ـ سروصدای سفید ـ اثر آبشار و محافظت بنا در مقابل آلودگی صوتی ترافیک حاصل می‌شود.

### آسایش تطبیقی (بر مبنای سازگاری حرارتی افراد با محیط)

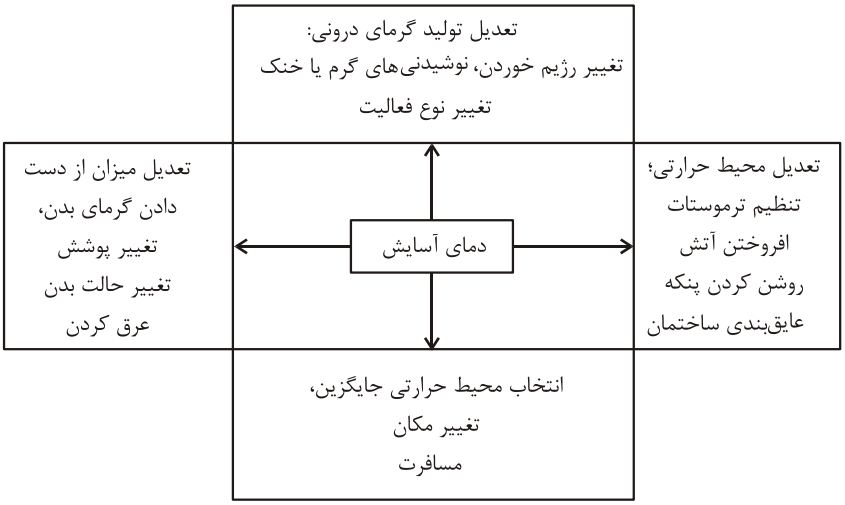
بر اساس مطالعات نیکول و هیمفریز، مدل فنگر تأثیرات روان‌شناختی و انتظارات فرد از فضا را نادیده گرفته است.

افرادی که در ساختمان از سیستم تهویه مطبوع استفاده نمی‌کنند، راحت‌تر می‌توانند خود را با تغییرات دمایی وفق دهند. برای این افراد بهتر است دمای داخلی ساختمان و هم‌چنین شرایط آسایش دمایی، به‌صورت نسبتی از دمای خارج مطرح شود:

$T_{in} = ۰/۵۵\ TO + ۱۴/۱$

$T_{comf} = ۰/۳۱\ TO + ۱۷/۸$

### ساز و کارهای سازگاری حرارتی با محیط :



### آسایش تنفسی

این آسایش بر اساس توجه به موارد تعادل میان تولید و رفع آلاینده‌های هوای داخلی ساختمان و نگهداری غلظت آلودگی در یک سطح قابل قبول حاصل می‌شود. رفع آلودگی به‌وسیله رقیق‌سازی، تخلیه مستقیم و تصفیه هوای داخلی حاصل می‌شود.

### فراهم کردن امکان سازگاری افراد با شرایط آب و هوایی

افراد تمایل دارند تغییرات را قبل از وقوع پیش‌بینی کرده و خود را با آن تطبیق دهند. (به‌عنوان مثال پرده‌ها معمولاً قبل از زیادشدن گرمای خورشید بسته می‌شوند.)

به ساکنین آزادی تغییر شرایط محیط داخلی داده شود (به‌عنوان مثال امکان باز کردن پنجره‌ها و یا امکان تغییر موقعیت فراهم باشد.

امکان انتخاب و تغییر آزادانه نوع پوشش برای تمامی افراد در محیط‌های حرارتی مختلف فراهم باشد.

**خودآزمایی:**

**مثال: در پاسخ‌های انسانی به حرارت محیط، کدام جزء از بدن حالت پایدارتری دارد؟**

۱) اجزای داخلی زیر گردن ۲)پوست ۳) دست‌ها و پاها ۴) مغز

**حل:** گزینه «۴»

**مثال: بر اساس مطالعات انجام‌شده در اتاقک کنترل‌شده آب و هوایی، دمای آسایش مردان و زنان چه تفاوتی دارد؟**

۱) دمای آسایش مردان یک درجه از دمای آسایش زنان بیشتر است.

۲) دمای آسایش مردان یک درجه از دمای آسایش زنان کمتر است.

۳) تفاوتی مابین دمای آسایش مردان و زنان وجود ندارد.

۴) دمای آسایش مردان و زنان متفاوت است اما از این تفاوت صرف‌نظر می‌شود.

**حل:** گزینه «۴»

**مثال: مهم‌ترین عامل اقلیمی در طراحی ساختمان، ..... است.**

۱) رطوبت نسبی ۲) جریان هوا ۳) دمای تابشی ۴) دمای هوا

**حل:** گزینه «۴»

**مثال: PMV چیست؟**

۱) تخمین محدوده آسایش حرارتی ۲) نوعی سیستم فتوولتائیک

۳) نوعی پیل سوختی ۴) مدیریت سیستم‌های برق خورشیدی

**حل:** گزینه «۱»

**مثال: در طراحی اقلیمی مبتنی بر آسایش حرارتی، اثر مثبت جریان هوا در کدام اقلیم باید بیشتر مد نظر باشد؟**

۱) اقلیم گرم و خشک ۲) اقلیم گرم و مرطوب ۳) اقلیم معتدل ۴) اقلیم سرد

**حل:** گزینه «۲»

**مثال: برای تعیین محدوده آسایش حرارتی چنانچه مقیاس اشری به‌کار برده شود، مقیاس چند طبقه‌ای جواب مناسب و دقیق‌تری ارائه می‌کند؟**

۱) مقیاس سه‌گانه ۲) مقیاس پنج‌گانه ۳) مقیاس هفت‌گانه ۴) مقیاس نه‌گانه

**حل:** گزینه «۳»

استاندارد اشری هم مثل استاندارد ISO ۷۷۳۰ بر اساس شاخص PMV نوشته شده است.

**مثال: مهم‌ترین عوامل آسایش حرارتی انسان کدام است؟**

۱) دما و رطوبت ۲) لباس و ذهنیت ۳) تحرک و وضعیت کالبدی ۴) تابش آفتاب و جریان هوا

**حل:** گزینه «۱»

**مثال: میزان فعالیت فردی که در حال نشستن روی صندلی مشغول مطالعه کتاب است حدوداً چند met است؟**

۱) ۱/۷ met ۲) ۰/۸ met ۳) ۱/۴ met ۴) ۱/۱ met

**حل:** گزینه «۴»

**مثال: اساس استاندارد حرارتی «ISO-۷۷۳۰» تئوری کیست؟**

۱) باروچ جیونی ۲) ویکتور اولگی ۳) مایک هیمفریز ۴) اولی فنگر

**حل:** گزینه «۴»

**مثال: ضریب متغیر دمای هوا در معادله هیمفریز که به کسب اطلاعات جهانی به‌دست آمده است، برابر چیست؟**

۱) $۰/۴T_a$ ۲) $۰/۷T_a$ ۳) $۰/۶T_a$ ۴) $۰/۵T_a$

**حل:** گزینه «۴»

**مثال: در تئوری آسایش حرارتی، آن‌را حالتی می‌دانند که وابسته به شرایط ..... است.**

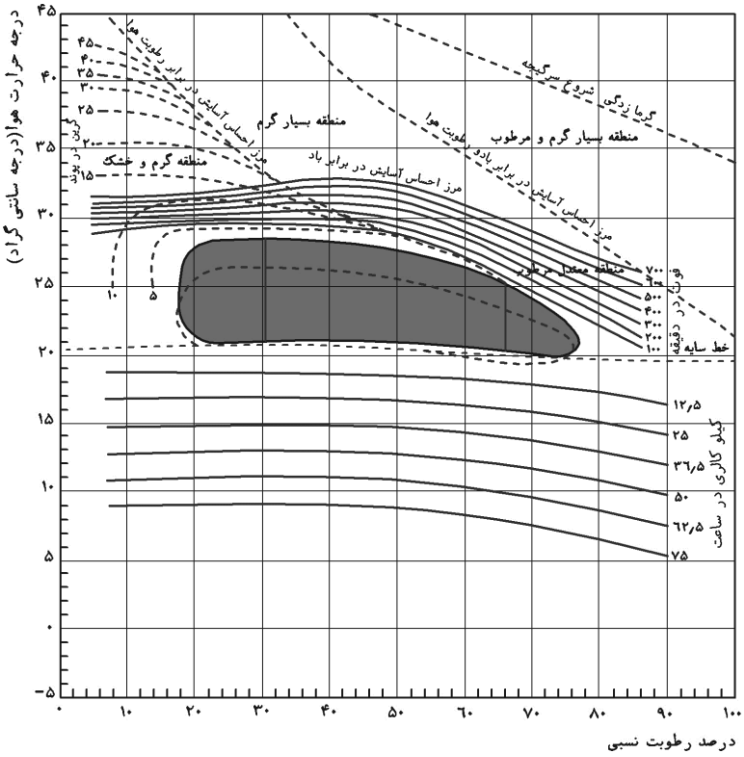
۱) منطقه‌ای ۲) ذهنی ۳) محیطی ۴) اختصاصی

**حل:** گزینه «۲»

## مطالعات ویکتور اولگی در مورد آسایش حرارتی

### نمودار بیوکلیماتیک ـ نمودار زیست اقلیمی ساختمانی

نمودار زیست اقلیمی (بیوکلیماتیک) اولگی امروزه برای تعیین نیازهای حرارتی در فضاهای آزاد به‌کار می‌رود و برای تعیین آسایش حرارتی در فضاهای داخلی مناسب نیست زیرا کسب حرارت فضای داخلی را در نظر نگرفته است. به‌عنوان مثال طبق این نمودار در دمای ۱۵ درجه و در سایه آسایش حرارتی برقرار نیست، درحالی‌که در این شرایط ممکن است در داخل ساختمان به‌علت کسب حرارت داخلی و نیز جرم حرارتی ساختمان آسایش حرارتی برقرار باشد. روش اولگی نوع اقلیم وابسته به دما و رطوبت هوا را نشان می‌دهد.




ویکتور اولگی در دهه ۵۰ میلادی، دما را بر روی محور Y و رطوبت نسبی را بر روی محور X جدول مختصات برد و محدوده آسایش حرارتی را بر روی نمودار به‌دست‌آمده مشخص کرد. نام این نمودار بیوکلیماتیک (جدول زیست‌اقلیمی) نام گرفت و تاکنون هنوز مورد استفاده طراحان ساختمان قرار دارد. او همچنین در این جدول محدوده‌هایی را مشخص کرد که در صورت تغییر شرایط تابش، جریان هوا و یا رطوبت، افراد می‌توانند کماکان در شرایط آسایش قرار داشته باشند.

برای سادگی کار و اجتناب از محاسبات پیچیده، می‌توان شرایط آسایش را برای افراد در حالت نشسته در فضای داخلی ساختمان (فضایی با جریان هوای ثابت و در سایه) به‌صورت جدول بیوکلیماتیک (زیست اقلیمی) تعریف نمود.

دمای تابستان ۲۱/۵ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد و دمای زمستان ۲۰ تا ۲۵/۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۶۰ درصد

### مرز احساس آسایش در برابر رطوبت هوا

در شرایطی که دمای هوا پایین‌تر از دمای پوست (۳۴ درجه) باشد، هوا در تماس با پوست حرارت جذب می‌کند و گرم‌تر می‌شود. بنابراین ظرفیت آن برای جذب رطوبت بالا می‌رود. درنتیجه عمل تبخیر می‌تواند صورت گیرد.

در شرایطی که دمای هوا بالاتر از دمای پوست باشد، عمل تبخیر به سختی امکان‌پذیر است. در این شرایط اضافه کردن رطوبت به محیط به نارضایتی حرارتی می‌افزاید. (شرایط شرجی)

استفاده از جدول بیوکلیماتیک برای تحلیل شرایط اقلیمی یک منطقه با این پیش‌فرض صورت می‌پذیرد که حداکثر دما و حداقل رطوبت نسبی همواره با هم رخ می‌دهند و بالعکس حداقل دما و حداکثر رطوبت نسبی با یکدیگر اتفاق می‌افتند.

### مطالعات گیونی در مورد آسایش حرارتی

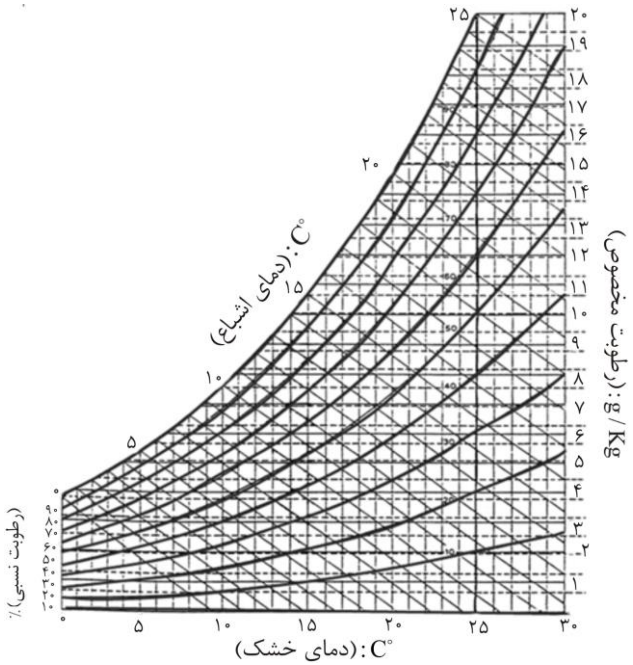
#### نمودار سایکرومتریک- نمودار زیست اقلیمی ساختمان

در این روش خصوصیاتی که یک ساختمان نیاز دارد تا هوای داخلی آن تحت تأثیر شرایط اقلیمی در منطقه آسایش قرار گیرد در رابطه با شرایط و تغییرات هوای پیرامون ساختمان مشخص گردیده است. در نتیجه تفاوت روش گیونی با اولگی در این است که گیونی در نمودار زیست اقلیمی‌اش اثر تمهیدات اقلیمی مختلف را برای ساختمان بررسی کرده و از جدول سایکرومتریک که رابطه آسایش انسان و شرایط گرمایی محیط اطرافش را با دقت بیشتری مشخص می‌نماید، استفاده کرده است.

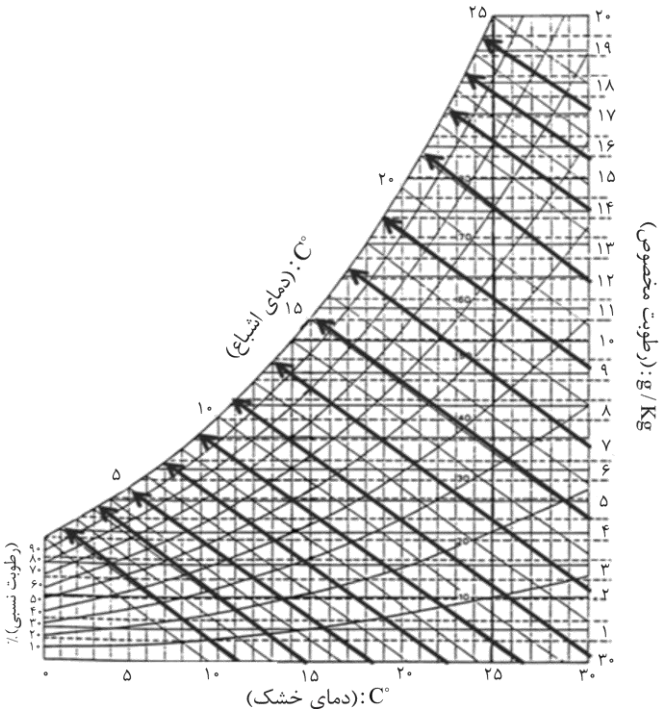
در این نمودار علاوه بر محدوده آسایش، محدوده عملکرد سیستم‌های غیرفعال تأمین آسایش (مانند تهویه طبیعی، خصوصیات مصالح ساختمانی، ضرورت استفاده از دستگاه‌های مکانیکی، سرمایش تبخیری و...) تعیین شده است. با قرار دادن داده‌های آب و هوایی منطقه بر روی این نمودار می‌توان نیازهای حرارتی فضاهای داخلی و کارکرد انواع سیستم‌ها را ارزیابی کرد.

**خطوط منحنی:** مربوط به رطوبت‌نسبی هستند.

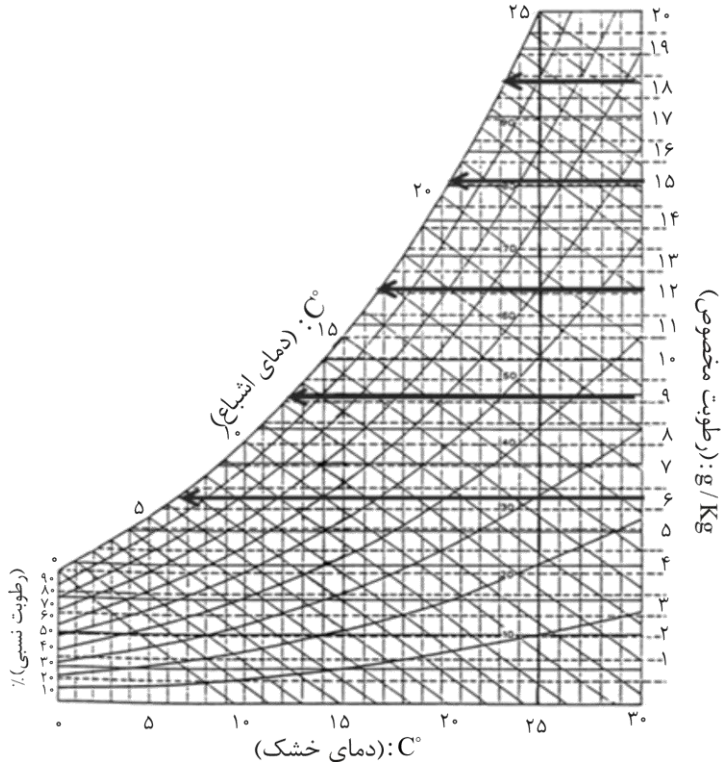
**خطوط مورب:** مربوط به اضافه کردن رطوبت به محیط یا کم کردن رطوبت از محیط هستند.




رطوبت نسبی




**تغییر «رطوبت» محیط**




**تغییر "حرارت" محیط**

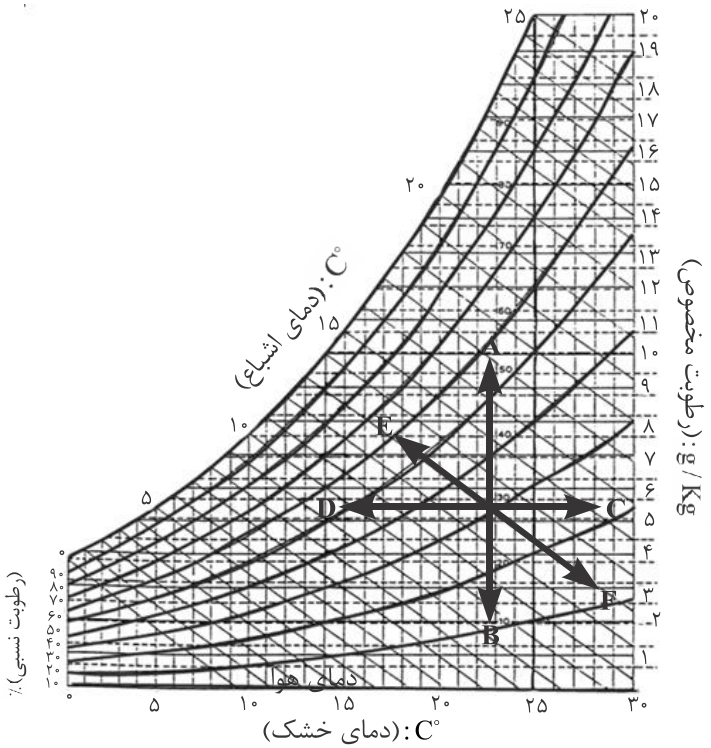
اگر آن‌قدر به محیط رطوبت اضافه کنیم که رطوبت نسبی به ۱۰۰ درصد برسد، حتماً دما تغییر خواهد کرد. (کاهش خواهد یافت)

**دمای تر:** دمای هوایی است که صرفاً با اضافه کردن رطوبت، به رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد رسیده باشد.

درصورت جذب حرارت از محیط (کاهش دما، بدون تغییر دادن میزان رطوبت مخصوص) توانایی هوا در نگهداری رطوبت کاهش خواهد یافت. بنابراین پس از مدتی به رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد خواهیم رسید.

**دمای شبنم**: دمای هوایی است که صرفاً با کاهش دما، به رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد رسیده باشد.

درصورتی‌که دمای هوا از دمای شبنم پایین‌تر بیاید، میعان رخ خواهد داد.




A: اضافه‌کردن رطوبت به محیط بدون تغییر میزان دما ← باعث افزایش رطوبت مطلق، مخصوص و نسبی می‌شود.

B: جذب رطوبت از محیط بدون تغییر میزان دما ← باعث کاهش رطوبت مطلق، مخصوص و نسبی می‌شود.

C: اضافه‌کردن حرارت به محیط بدون تغییر میزان رطوبت ← باعث افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی می‌شود.

D: جذب حرارت از محیط بدون تغییر میزان رطوبت ← باعث کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی می‌شود.

E: اضافه‌کردن رطوبت به محیط بدون تغییر میزان حرارت ← باعث کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی می‌شود.

F: جذب رطوبت از محیط بدون تغییر میزان حرارت ← باعث افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی می‌شود.

## منطقه آسایش

**عوامل اصلی مؤثر بر آسایش حرارتی:** دمای متوسط تابشی، رطوبت نسبی، جریان هوا و دمای هوا

**عوامل فرعی مؤثر بر آسایش حرارتی:** فعالیت، نوع لباس، سازگاری با شرایط اقلیمی، سن، جنسیت، رنگ پوست و غذا

## محدوده متعارف آسایش حرارتی (مطابق با مطالعات اولگی)

### محدوده آسایش حرارتی در ایران

در تابستان: دمای هوا بین ۲۱/۵ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد

در زمستان: دمای هوا بین ۲۰ تا ۲۵/۷ درجه سانتی‌گراد

رطوبت نسبی هوا در این دو فصل بین ۳۰ تا ۶۰ درصد

البته لازم به ذکر است که عکس‌العمل بدن انسان در برابر شرایط اقلیمی یک پدیده تجربی بوده و در فرهنگ‌ها و مناطق جغرافیایی مختلف متفاوت می‌باشد.

در کل، در منطقه آسایش، تغییرات رطوبت هوا بیش از تغییرات دما برای انسان قابل‌قبول است.

## اقلیم و انسان

شاخص‌های اقلیمی عبارتند از:

۱) درجه حرارت

۲) بارش

۳) رطوبت

۴) درجه حرارت روز

۵) تابش خورشید و پوشش ابر

۶) جهت و سرعت وزش باد

۷) ایزولاسیون در برابر تشعشع خورشید

امکانات اقلیمی عبارتند از:

۱) استفاده از تهویه طبیعی

۲) بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشید، باد، زمین‌گرمایی

۳) گرمایش و سرمایش غیرفعال

وقتی بدن درحال فعالیت است، مقدار کمی از انرژی بدن، صرف کارهای مکانیکی شده و بقیه به حرارت تبدیل می‌شود. (متابولیسم بدن) در هر محیطی بین بدن و هوای اطراف تبادل حرارتی صورت می‌گیرد. اگر بدن در اثر این تبادل حرارت، گرمای اضافه را بیرون ندهند و متعادل نشود، دچار اختلال خواهد شد. رطوبت نسبی هوا، به تنهایی نمی‌تواند ظرفیت تبخیر هوا را مشخص کند و همواره باید دمای هوا را هم مورد توجه قرار داد. برای مشخص کردن میزان تعرق بدن باید دمای سطح پوست و تأثیر آن بردمای هوای نزدیک سطح بدن (و در نتیجه رطوبت نسبی آن هوا) را نیز مورد توجه قرار دارد.

در دمای ثابت، افزایش میزان سرعت باد، باعث افزایش میزان مجاز و قابل قبول رطوبت نسبی هوا می‌شود. (منطقه آسایش وسیع‌تری پیدا می‌کنیم.)

**منطقه آسایش:** برای بیشتر افراد در دمای ۲۱ تا ۲۶ درجه و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۶۰ درصد مناسب است اما در منطقه آسایش، تغییرات رطوبت هوا بیشتر از تغییرات دمای هوا برای انسان قابل تحمل است. باید بیشتر سعی کنیم دمای هوای فضاها را کنترل کنیم. رطوبت بیش از حد نیز در زمستان باعث تعرق سطوح سرد داخلی و رطوبت کم باعث ایجاد الکتریسیته ساکن می‌شود. منطقه آسایش پیش فرض، در صورت ثابت بودن جریان هوا و در سایه صادق است. اگر در محیط تابش آفتاب، جریان باد و یا تغییر رطوبت داشتیم بر منطقه آسایش تاثیر می‌گذارد.

**تابش آفتاب:** اثر حرارتی آفتاب، می‌تواند کمبود حرارت را جبران کند.

**رطوبت:** اضافه کردن رطوبت می‌تواند منجر به کاهش دمای هوا از طریق تبخیر رطوبت اضافه شده شود.

**تأثیر دمای هوا بر انسان:** دمای درونی بدن $37^{\circ}$و پوست بدن $32^{\circ}$ است. اگر بدن در محیط گرم‌تر قرارگیرد، حرارت جذب می‌کند و در محیط سردتر حرارت را از دست می‌دهد. اگر میزان دفع و جذب حرارتی نتواند تعادل ایجاد کند، بدن انسان دچار اختلال می‌شود.

## تأثیر رطوبت هوا بر انسان

رطوبت هوا به‌طور مستقیم بر دمای بدن انسان تأثیر نمی‌گذارد و میزان و ظرفیت تبخیر و میزان خنک‌شدن بدن از طریق تعریق را تعیین می‌کند، البته میزان رطوبت قابل قبول میزان تبخیر در هوا برابر میزان تعریق بدن است که در این حالت خیس شدن مداوم پوست باعث ناراحتی انسان می‌شود. در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد رطوبت هوا بر انسان بی‌تأثیر می‌باشد و هرچه دما بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد شود تأثیر رطوبت هوا بر انسان به مرور افزایش می‌یابد.

به عبارت دیگر رطوبت هوا به‌طور غیرمستقیم (با اثر بر میزان ظرفیت تبخیری و در نتیجه میزان خنک شدن بدن از طریق تعریق) اثرگذار می‌باشد.

عامل مهم دیگر در تأثیر رطوبت، باد می‌باشد. (جریان هوا) افزایش باد در دمای ثابت باعث افزایش میزان مجاز رطوبت نسبی شده است. با توجه به نسبت رطوبت نسبی و درجه حرارت منطقه آسایش تعریف شده است. درمنطقه آسایش تغییرات رطوبتی هوا بیشتر از تغییرات دما قابل تحمل می‌باشد.

### تأثیر رطوبت هوا بر منطقه آسایش

تبخیر رطوبت اضافه شده باعث کاهش دمای هوای خشک می‌شود و محدوده آسایش در رطوبت‌های نسبی پایین به سمت دماهای بالاتر گسترش می‌یابد. خنک‌سازی هوا از طریق افزایش رطوبت ممکن است با وسایل مکانیکی یا به‌طور طبیعی با گیاه‌کاری یا ساخت آب‌نما و فواره صورت گیرد.

### تأثیر باد بر منطقه آسایش

باد از یک سو مقدار تبادل حرارتی از طریق همرفت را مشخص کرده و از سوی دیگر ظرفیت تبخیر در هوا و میزان خنک شدن بدن از طریق تعریق را تعیین می‌کند.

**تأثیر باد در دمای هوای زیر ۳۳ درجه سانتی‌گراد**

دفع حرارت همرفتی و تبخیر را افزایش می‌دهد و موجب خنک‌سازی بدن می‌شود.

**تأثیر باد در دمای هوای بین ۳۷-۳۳ درجه سانتی‌گراد**

بر تبادل همرفتی اثر کم گذاشته و تبخیر را افزایش می‌دهد و تا حد کمی موجب خنک شدن می‌شود.

**تأثیر باد در دمای هوای بالای ۳۷ درجه سانتی‌گراد**

کسب حرارت همرفتی و تبخیر را افزایش می‌دهد. اگر هوا مرطوب باشد با توجه به کاهش تبخیر، وزش باد موجب گرم شدن انسان می‌شود و اگر سردتر از پوست بدن انسان باشد، افزایش سرعت هوا باعث خنک شدن بدن می‌شود. اگر هوا گرم‌تر از پوست بدن انسان باشد، افزایش سرعت هوا باعث گرم شدن بدن می‌شود. سرعت باد به دما و رطوبت هوا، قدرت بیولوژیکی بدن و پوشش فرد بستگی دارد.

### تأثیر تابش آفتاب بر منطقه آسایش

تابش آفتاب دو اثر زیر را بر انسان دارد:

**الف) تأثیر بیولوژیکی:** که ناشی از تابش پرتو فرابنفش است و موجب سوختگی پوست می‌شود.

**ب) تأثیر حرارتی:** که ناشی از تابش پرتو فروقرمز و مرئی بر بدن انسان است و موجب گسترش محدوده آسایش به سمت دماهای پایین‌تر می‌شود.

### روز درجات سرمایش – گرمایش

در کنار استفاده از جداول بیوکلیماتیک، محاسبه روزدرجات سرمایش (CDD) و گرمایش (HDD) یکی دیگر از راه‌های گونه‌بندی اقلیمی مناطق مختلف می‌باشد.

اعداد روز درجه برای برآورد مصرف انرژی، تعیین بار سرمایش/گرمایش و تخمین میزان نیاز متوسط سالیانه ساختمان‌ها به انرژی کاربرد دارند.

روز درجه‌ها برمبنای دمایی مشخص (معمولاً دمای آسایش) محاسبه می‌شوند. دمای مبنا در تعیین روز درجه سرمایش و گرمایش در تابستان و زمستان عمدتاً متفاوت است.

روزدرجه گرمایش / سرمایش برابر است با: مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه هوای خارج، نسبت به دمای هوای داخل. (دمای مبنا) در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، برای محاسبه روزدرجه گرمایش عدد ۱۸ و در محاسبه روزدرجه سرمایش عدد ۲۱ درجه سلسیوس مبنا قرار گرفته است.

روز درجات سرمایش و گرمایش برای چند شهر مختلف در طول سال

| | نام شهر | نیاز انرژی | روز درجات گرمایش | روز درجات سرمایش |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اردبیل | زیاد | ۳۱۶۹ | - |
| ۲ | ارومیه | زیاد | ۲۹۳۱ | ۱۶۵ |
| ۳ | بندرعباس | زیاد | ۳ | ۳۴۳۳ |
| ۴ | بوشهر | متوسط | ۲۵۰ | ۱۸۰۱ |
| ۵ | تهران (نمایشگاه) | متوسط | ۲۲۳۶ | ۴۹۱ |
| ۶ | رشت | کم | ۱۶۱۵ | ۳۳۶ |
| ۷ | شوشتر | زیاد | ۴۴۸ | ۲۳۴۷ |
| ۸ | شیراز | کم | ۱۴۷۲ | ۷۳۸ |
| ۹ | کاشان | کم | ۱۳۸۴ | ۱۳۴۵ |

**خودآزمایی:**

**مثال: دمای پوست بدن اختلافی معادل ..... با دمای داخلی بدن دارد. این اختلاف را باید در محاسبات دمای خنثی افراد .....**

۱) ۱ درجه ـ لحاظ نمود.
۲) ۱ درجه ـ لحاظ ننمود.
۳) ۳ درجه ـ لحاظ نمود.
۴) ۳ درجه ـ لحاظ ننمود.

**حل:** گزینه «۴»

**مثال: دمای هوا در سه روز متوالی در فصل زمستان به ترتیب برابر است با: ($5^\circ C$ ، $12^\circ C$ و $7^\circ C$) اگر دمای هوای داخل برابر ۱۹ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شود، عدد روز درجه گرمایی (Heating Degree Days) برای این سه روز چند درجه است؟**

**حل:**

$$HDD = (19-7)+(19-12)+(19-5) = 33 Degree Days$$

**مثال: کدام گزینه حدود دما و رطوبتی را که انسان‌ها معمولاً احساس آسایش می‌کنند، نشان می‌دهد؟**

۱) ۲۲٪ و $22^\circ C$
۲) ۳۰٪ و $30^\circ C$
۳) ۵۰٪ و $25^\circ C$
۴) ۷۱٪ و $21^\circ C$

**حل:** گزینه «۳»

**مثال: عدد ۱ برای روزدرجه سرمایشی یعنی:**

۱) کاهش یک درجه از دمای مبنا
۲) کاهش یک درجه از متوسط دمای روزانه
۳) افزایش یک درجه به متوسط دمای روزانه
۴) افزایش و یا کاهش یک درجه در زمستان

**حل:** گزینه «۲»

**مثال: اگر متوسط دمای یکی از ماه‌های سرد در یک منطقه $10^\circ C$ باشد، روزدرجات گرمایی برای آن ماه برابر است با:**

۱) ۲۴۰
۲) ۳۰۰
۳) ۳۳۰
۴) ۳۶۰

**حل:** گزینه «۱»

**مثال: اگر دمای متوسط هوای شبانه‌روز در یک منطقه ۱۲ درجه سانتی‌گراد باشد و دمای قابل قبول ۲۰ درجه سانتی‌گراد، کدام عبارت صحیح است؟**

۱) درجه سرمایی این روز خاص ۱۲ درجه سانتی‌گراد است.
۲) درجه سرمایی این روز خاص ۸ درجه سانتی‌گراد است.
۳) درجه گرمایی این روز خاص ۸ درجه سانتی‌گراد است.
۴) درجه گرمایی این روز خاص ۲۰ درجه سانتی‌گراد است.

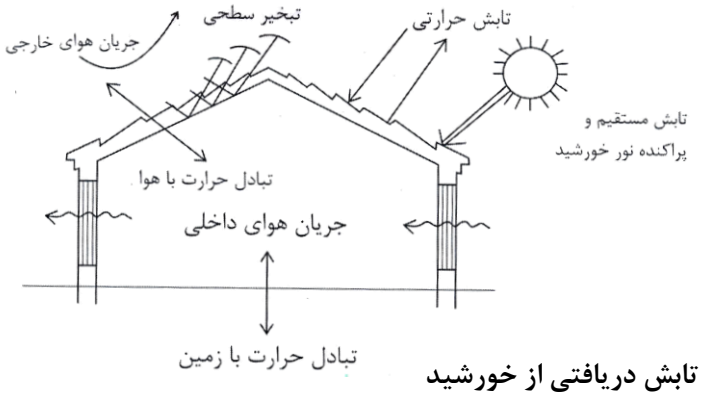
**حل:** گزینه «۳»

**مثال: دمای مبنای محاسبات روزدرجات سرمایی و گرمایی:**

۱) بستگی به متوسط روزانه مناطق مورد نظر دارد.
۲) $18^{\circ}C$ در زمستان و $21^{\circ}C$ در تابستان است.
۳) $21^{\circ}C$ در زمستان و $18^{\circ}C$ در تابستان است.
۴) $22^{\circ}C$ در زمستان و تابستان است.

**حل:** گزینه «۲»

## بخش ۲: رفتار حرارتی ساختمان




**عوامل مؤثر بر میزان تابش دریافتی از خورشید**

۱- ثابت خورشیدی
۲- شرایط جوّی {ضریب کاهش (N)}
۳- جهت‌گیری سطح و زاویه آن {زاویه سمت صفحه ($\gamma$) و زاویه ورود تابش ($\theta$)}
۴- حرکت زمین {زاویه انحراف ($\delta$)، زاویه سمت تابش ($\gamma_s$)، زاویه ارتفاع خورشید در آسمان ($\alpha$) و زاویه ساعت ($\omega$)}
۵- عرض جغرافیایی ($\phi$)
۶- ضریب عبور تابش از شیشه و اجسام شفاف ($S_i$)
۷- ضریب جذب سطوح کدر
۸- سایه‌اندازی احجام پیرامون و پیش‌آمدگی‌های ساختمان

**اشعه الکترومغناطیس**

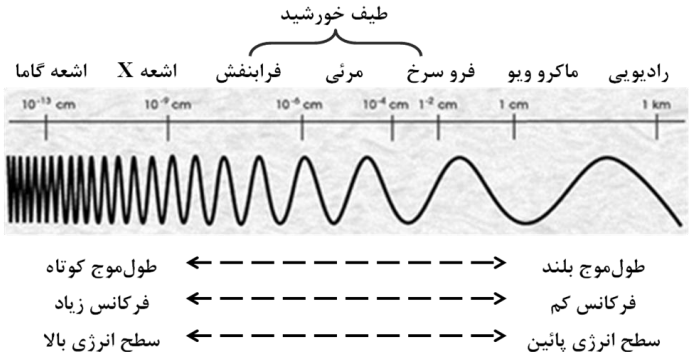
- برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند و در خلأ هم منتشر می‌شوند. (ویژگی عمومی تابش)
- ویژگی ثابت این امواج هنگام عبور از محیطی به محیط دیگر، ثابت ماندن بسامد (فرکانس) آنهاست.
- فرکانس‌های بالا، دارای سطح انرژی بیشتر و فرکانس‌های پایین دارای سطح انرژی کمتری هستند.
- فرکانس با طول‌موج نسبت عکس دارد.
- نور به آن بخش از اشعه الکترومغناطیس اطلاق می‌شود که توسط چشم انسان قابل رؤیت باشد.
- هر رنگ، طول‌موج مختص به خود را دارد.

## گسیل اشعه الکترومغناطیس

حرارت خورشید بر اثر فرایند هم‌جوشی هسته‌ای پدید می‌آید. براثر این پدیده، دمای سطح خورشید به حدود ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.
جسم سیاه، جسمی است که دمای آن ۶۰۰۰ درجه کلوین باشد. چنین جسمی تمامی طول‌موج‌های مرئی را از خود ساطع می‌کند.

- طیف طول‌موج‌های ساطع‌شده از خورشید نزدیک به طیف طول‌موج "جسم سیاه" است.

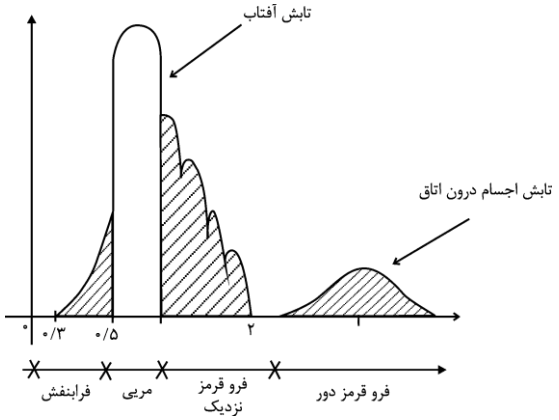
## رابطه طول‌موج، فرکانس و سطح انرژی




آفتاب پرتو الکترومغناطیسی است که دارای طول موج‌های بین ۳-۰/۲۸ میکرون بوده و از خورشید که دمای سطح آن ۶۰۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، ساطع می‌گردد.
طیف نور خورشید به‌طور گسترده به سه بخش فرابنفش، مرئی (قابل رویت) و فرو قرمز تقسیم می‌شود. طول موج پرتو فرابنفش بین ۰/۳۸ – ۰/۲۸ میکرون، پرتو مرئی بین ۰/۷۶ – ۰/۳۸ میکرون و پرتو فرو قرمز بین ۳-۰/۷۶ میکرون است.

| ۰/۲۸-۰/۳۸ | ۰/۳۸ - ۰/۷۶ | | | | | | | ۰/۷۶-۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فرابنفش | مرئی | | | | | | | فرو قرمز |
| | بنفش | آبی | نیلی | سبز | زرد | نارنجی | قرمز | |

حداکثر شدت تابش خورشید در بخش مرئی اما بیش از نیمی از انرژی حرارتی خورشید مربوط به بخش فرو قرمز می‌باشد.



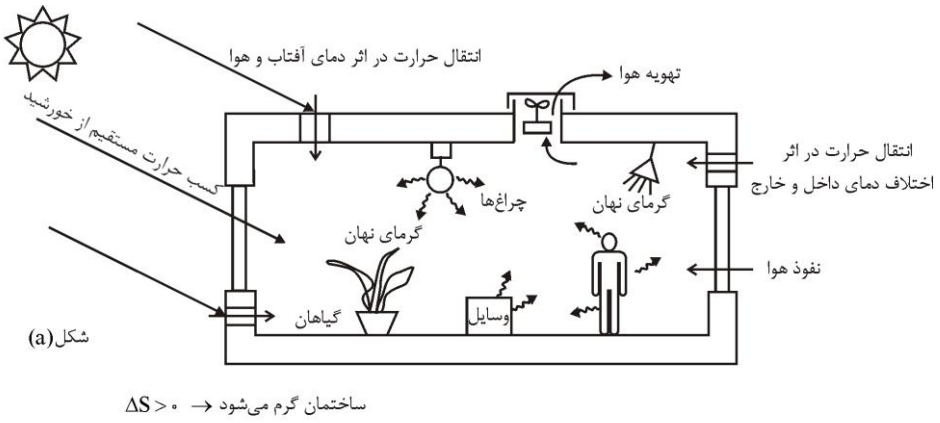

زمانی که پرتو خورشید وارد اتمسفر می‌شود، شدت آن کاهش یافته و طیف‌های آن نسبت به طول موجشان جذب، منعکس و یا پراکنده می‌شوند. معمولاً پرتو فرابنفش، طول موج‌های کمتر از ۰/۲۸ میکرون از طریق ازن و بخشی از پرتو فروقرمز به‌وسیله بخار آب و دی‌اکسیدکربن جذب می‌شوند.

## عبور تابش از جوّ زمین

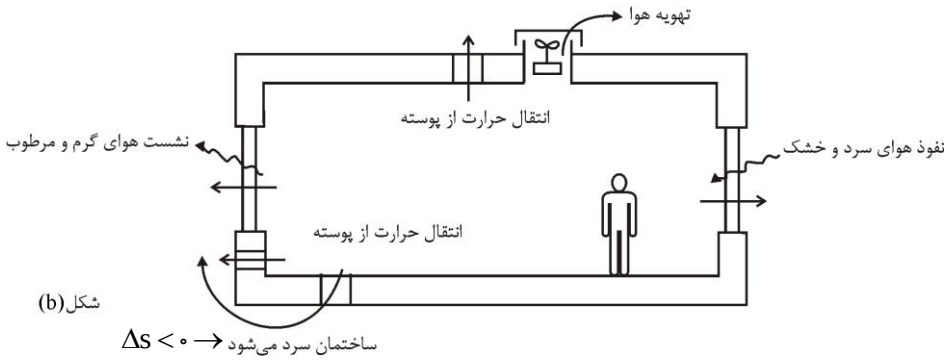
حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد تابش خورشید توسط بخارآب، دی اکسید کربن و ازن موجود در جو جذب می‌شود. ابرها و غبارها حدود ۳۵ درصد تابش را به فضا منعکس می‌کنند. با وجود این، میزان انرژی دریافتی زمین ۳۵۰۰۰ برابر کل انرژی سالیانه مصرفی مردم می‌باشد.

تبادل حرارتی در ساختمان به‌صورت‌های کسب حرارت (شکل a) و دفع حرارت (شکل b) می‌باشد.

تغییر محتوای حرارت محسوس ساختمان $\Delta S(V)$= تغییر $Q_e$- کسب حرارت داخلی $Q_i$+ تهویه $Q_v$± نشتی $Q_c$± خورشید $Q_s$




ساختمان گرم می‌شود $\rightarrow \Delta S > 0$



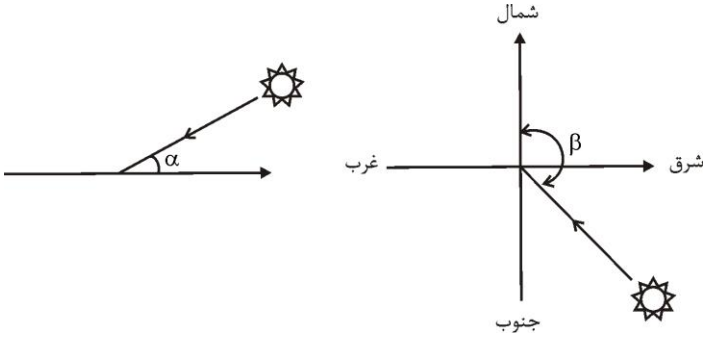

ساختمان سرد می‌شود $\rightarrow \Delta s < 0$

تعادل حرارتی برقرار می‌شود و دمای هوای داخل ثابت می‌ماند. $\longrightarrow Q_s \pm Q_c \pm Q_v + Q_i - Q_e \pm Q_m = 0$

$Q_m$ : بار گرمایی یا سرمایی تولیدشده توسط سیستم‌های مکانیکی

## موقعیت خورشید و هندسه آن

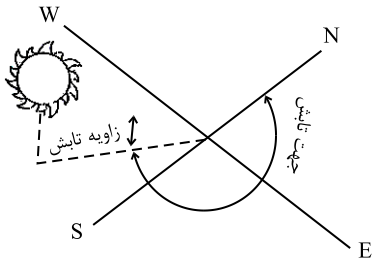
موقعیت خورشید در هر منطقه‌ای توسط هندسه آن که دو زاویه ارتفاع تابش و جهت تابش را در بر می‌گیرد، به‌دست می‌آید.




$\alpha \leftarrow$ زاویه ارتفاع تابش (زاویه تابش): زاویه بین امتداد پرتو خورشید و سطح افق

$\beta \leftarrow$ زاویه جهت تابش: زاویه بین تصویر امتداد پرتو خورشید بر صفحه افق و شمال واقعی

### جهت و زاویه تابش پرتوهای خورشید




زوایای ارتفاع و جهت تابش خورشید با استفاده از روابط مثلثاتی و براساس زاویه انحراف زمین درآن لحظه، عرض جغرافیایی و زمان مورد نظر تعیین می‌شود.

**زاویه انحراف (چرخش) زمین:** زاویه بین صفحه استوا و خط واصل مرکز زمین و خورشید می‌باشد. ذرات موجود در هوا نور خورشید را منعکس می‌کند اما به‌دلیل اینکه این انعکاس تغییری در نور ایجاد نمی‌کند، نور خورشید هم‌چنان سفید به زمین می‌رسد.

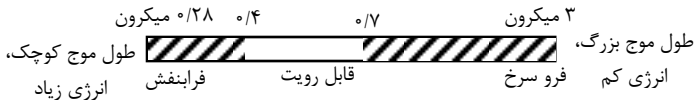
چون ذرات معلق در هوا اغلب بسیار کوچک‌اند، در مواقعی که ذرات موجود در هوا پرتوهای دارای طول موج کوتاه‌تر مربوط به نورهای آبی و بنفش (و فرابنفش‌ها) را به اطراف پراکنده می‌کنند، آسمان آبی رنگ به نظر می‌رسد و اگر ذرات بزرگ‌تر گرد و غبار (در اثر آلودگی هوا) پرتوهای دارای طول موج بزرگ‌تر مربوط به نورهای زرد و قرمز را به اطراف پراکنده کنند، آسمان سفیدتر به نظر خواهد رسید و در نهایت تابش پرتوهای خورشیدی که توسط ابرها به فضای خارجی اتمسفر منعکس شده موجب گرم‌شدن طبیعی کره زمین می‌شود.

**نکته:** رقم ثابت خورشیدی عبارت است از: مقدار متوسط حرارتی که خورشید در خارج جو زمین (در فاصله ۱۴۸/۰۰۰/۰۰۰ کیلومتری) در سطحی عمود بر پرتوها تولید می‌کند و برابر با ۱/۹۴ کالری در سانتی‌مترمربع در دقیقه ( $۴۲۹BTU / h / ft^۲$ ) می‌باشد.

**نکته:** شدت تابش آفتاب و حرارت حاصل از آن در یک نقطه از سطح زمین به فاصله‌ای که پرتو خورشید باید طی کند، ضخامت ابرها، وضعیت آلودگی هوا، ارتفاع آن محل از سطح دریا و موقعیت خورشید نسبت به آن محل بستگی دارد.

**نکته:** انرژی حرارتی امواج فروقرمز بسیار زیاد است، درصورتی که بیشترین میزان تابش آفتاب در قسمت قابل رؤیت آن می‌باشد.

### طیف نور خورشید




جذب پرتوفرابنفش ← توسط ازن جذب پرتوفروقرمز ← توسط مولکول‌های آب و دی اکسید کربن

**نکته:** وقتی امواج به اجسامی می‌رسند که مساوی یا کوچک‌تر از طول موج پرتوها هستند، نور پراکنده می‌شود. پرتوهای پراکنده شده، قسمت‌هایی که نور مستقیماً به آنها نمی‌تابد را روشن می‌کنند. ذرات بزرگ‌تر از ۳ میکرون، تابشی را منعکس کرده و تغییری در آن ایجاد نمی‌کنند.

**نکته:** هوا براثر رد شدن نور آفتاب گرم نمی‌شود، بلکه زمین گرم می‌شود و گرمای خود را از طریق تماس به هوا می‌دهد. هوای گرم شده براثر همرفتی (جابجایی) به سمت بالا، کل هوا را گرم می‌کند. جریان باد باعث تماس بیشتر توده‌های عظیم هوا با زمین و در نتیجه گرم شدن هوا می‌شود. (در تابستان = روز) سطح دریاها بسیار کندتر از سطح زمین گرم می‌شود (براثر ظرفیت حرارتی زیاد آب) ارتفاع هم موثر است. (ارتفاع بیشتر= سردتر)

## ثابت خورشیدی و ضریب کاهش

**تعریف:** مقدار انرژی دریافت شده توسط واحد سطح عمود بر راستای تابش، در واحد زمان.

ثابت خورشیدی در خارج از جوّ زمین به‌طور متوسط برابر $۴۲۹Btu/ft^2.hr$ ، $۹۴/۱cal/Min.cm^2$ و یا $۱۳۵۰W/m^2$ می‌باشد.

به این معنا که اگر صفحه‌ای با مساحت ۱ مترمربع را در خارج از جو به مدت یک ساعت عمود بر پرتوهای تابش نگاه داریم، ۱۳۵۰ وات تابش دریافت می‌کنیم.

میزان حرارت دریافتی از خورشید پس از عبور از جوّ زمین کاهش می‌یابد. این کاهش برای مناطق مختلف برحسب یک ضریب (ضریب کاهش) مشخص می‌شود.

هرچه مسیر طی‌شده نور خورشید در جو بیشتر باشد، میزان ضریب کاهش بیشتر خواهد بود.

**زاویه ورود تابش** ($\theta$): زاویه بین راستای تابش و خط عمود بر صفحه

**شدت تابش دریافتی صفحه = ثابت خورشیدی × ضریب کاهش ×cos($\theta$)**

**مثال: درصورتی‌که ضریب کاهش ۰/۷ باشد و با این پیش‌فرض که خورشید دقیقاً از سمت شرق طلوع کند، محاسبه کنید در ساعت طلوع، سقف ساختمان و پنجره کاملاً رو به شرق هر کدام چه شدت تابشی دریافت می‌کنند؟**

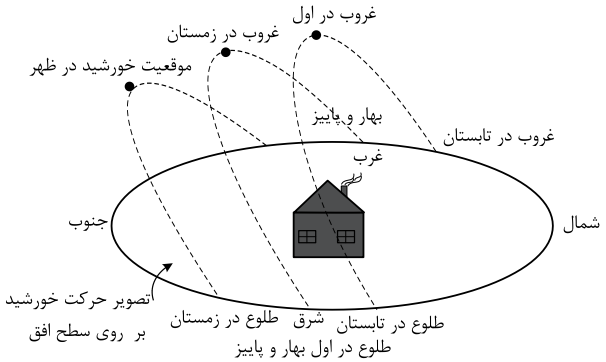
**حل:** اگر خورشید از شرق طلوع کند، در لحظه طلوع زاویه ورود تابش به سقف ۹۰ و زاویه ورود تابش به پنجره شرقی صفر خواهد بود:

برای سقف: $۱۳۵۰ \times ۰/۷ \times Cos(۹۰) = ۰ w/m^۲$

برای پنجره شرقی: $۱۳۵۰ \times ۰/۷ \times Cos(۰) = ۹۴۵ w/m^۲$

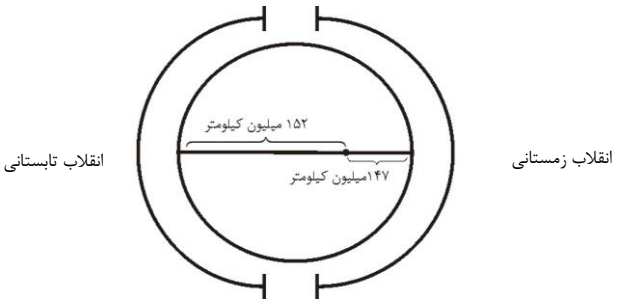
## حرکت وضعی و انتقالی زمین

طلوع و غروب خورشید در فصل‌های مختلف:




**موقعیت خورشید نسبت به زمین**

چرخش زمین به دور خورشید بر روی یک مدار بیضی متمایل به دایره می‌باشد. بیشترین فاصله آن با خورشید ۱۵۲ میلیون کیلومتر و کمترین فاصله آن ۱۴۷ میلیون کیلومتر است



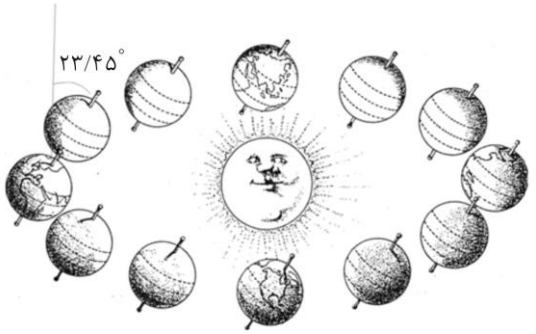
محوری که قطب شمال و جنوب را به هم متصل می‌کند (محور زمین) بر صفحه مدار آن عمود نیست و چرخشی به اندازه ۲۳/۴۵ (۲۳/۵) درجه دارد که در نتیجه این چرخش زاویه بین صفحه استوا و خطی که مرکز زمین را به خورشید متصل کرده در طول سال متغیر می‌باشد که این زاویه را زاویه انحراف (زاویه چرخش زمین) می‌نامند.

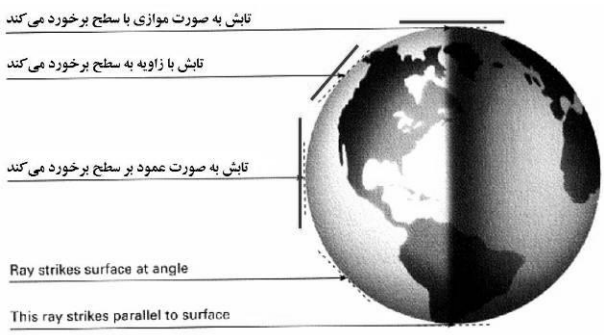
**حرکت وضعی:** گردش زمین به دور خود روز و شب را پدید می‌آورد. ضمناً (جهت چرخش زمین به دور خورشید و به دور خود، پادساعتگرد است.)

**حرکت انتقالی:** گردش زمین به دور خورشید فصل‌های مختلف سال را پدید می‌آورد.

فاصله زمین و خورشید در اول دی‌ماه حداقل و در اول تیرماه حداکثر است. بنابراین فصل‌های مختلف سال نمی‌تواند به دلیل افزایش یا کاهش فاصله زمین تا خورشید به‌وجود آید.

علت به‌وجود آمدن فصل‌های مختلف سال این است که به دلیل زاویه انحراف زمین، عرض‌های جغرافیایی مختلف، تابش را با زاویه متفاوتی دریافت می‌کنند.



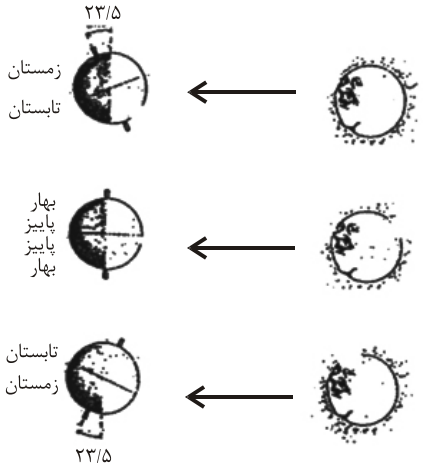

محور زمین حدوداً ۲۳/۵° انحراف دارد.

محور زمین در طول دوره گردش به دور خورشید تغییر نمی‌کند، بلکه "زاویه" آن نسبت به خورشید عوض می‌شود.

امکان تابش کاملاً عمودی در ظهر خورشیدی فقط در عرض‌های جغرافیایی بین ۲۳/۴۵ تا ۲۳/۴۵- وجود دارد و این شرایط زمانی اتفاق می‌افتد که زاویه انحراف زمین دقیقاً برابر عرض جغرافیایی محل باشد.

در نیمکره شمالی خورشید از جنوب و در نیمکره جنوبی خورشید از سمت شمال می‌تابد. البته این موضوع در عرض‌های جغرافیایی ۲۳/۴۵ تا ۲۳/۴۵- همیشه صادق نیست.

حرکت انتقالی کره زمین فصول سال را تعیین می‌کند.



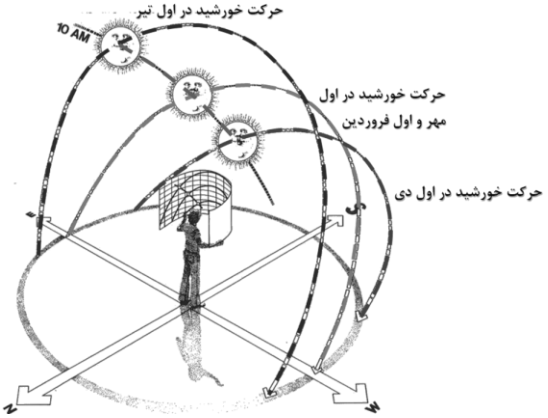
**مثال: هنگامی‌که زمین در حالت "انقلاب زمستانی" قرار دارد: الف) کدام عرض جغرافیایی زمین حداکثر تابش را دریافت می‌کند؟ ب) کدام عرض جغرافیایی، شدت تابشی برابر خط استوا دریافت می‌کند؟**

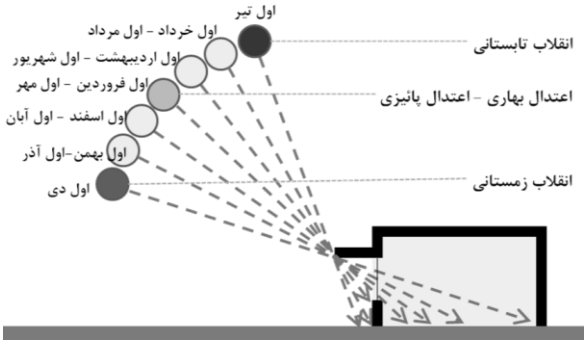
**حل:**

۱) در این روز، عرض جغرافیایی ۲۳/۴۵- حداکثر تابش را دریافت می‌کند.

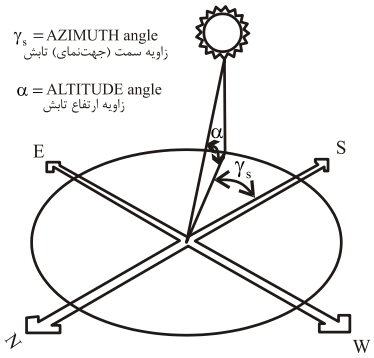
۲) عرض جغرافیایی $^{\circ}$۴۶/۹۰-

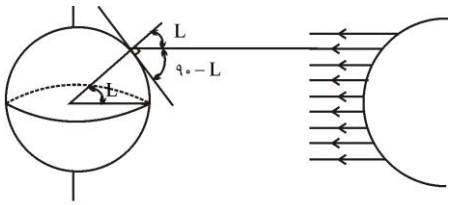
**روزها و ماه‌های قرینه و حرکت خورشید در نیمکره شمالی**

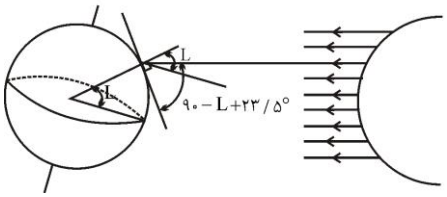



**نمودار مسیر حرکت خورشید و زوایای خورشیدی**




**زاویه بین زاویه تابش خورشیدی ( $\alpha$ ) با عرض جغرافیایی ($L$) در انقلاب‌ها و اعتدال‌ها**

$\alpha = (۹۰ - L) + ۲۳/۵$ (انقلاب تابستانی)

$\alpha = (۹۰ - L) - ۲۳/۵$ (انقلاب زمستانی)

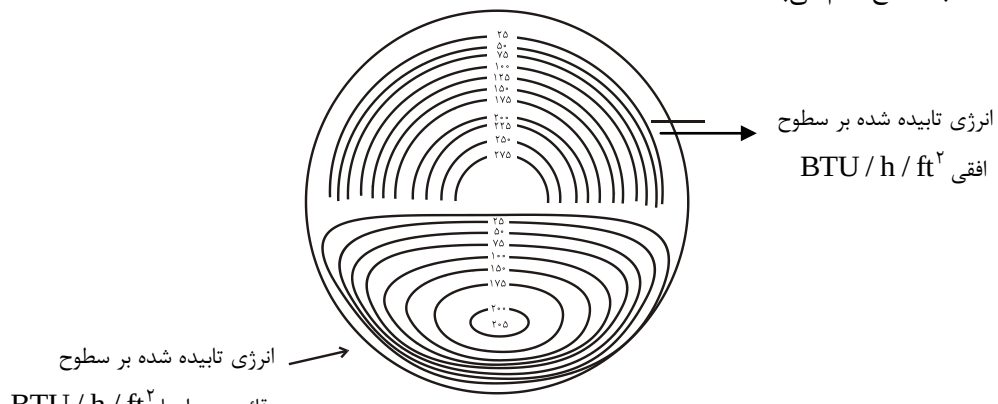
$\alpha = ۹۰ - L$ (اعتدال‌ها)

### نکاتی در مورد نمودار مسیر حرکت خورشید

- همواره و در تمامی عرض‌های جغرافیایی، در لحظه ظهر خورشیدی جهت تابش دقیقاً در راستای شمالی – جنوبی است، بنابراین زاویه سمت تابش صفر خواهد بود.
- همواره در لحظه طلوع و غروب، زاویه ارتفاع تابش صفر است.
- زاویه انحراف زمین نسبت به خورشید ($\delta$) در اول مهر و اول فروردین برابر صفر است. در اول تیر ماه برابر $^{\circ}$ ۲۳/۴۵+ و در اول دی‌ماه برابر $^{\circ}$ ۲۳/۴۵- می‌باشد. زاویه انحراف علت پدید آمدن فصل‌هاست نه فاصله زمین تا خورشید، بلکه برخلاف انتظار فاصله خورشید و زمین در انقلاب تابستانی (تابستان نیمکره شمالی) بیشتر است.

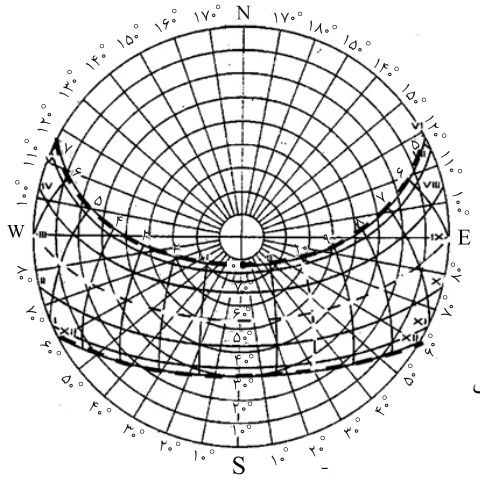
### نمودار موقعیت خورشید

در یک نقطه از زمین در یک زمان معین مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده به سطوحی که نسبت به اشعه خورشید زوایای مختلفی دارند، کاملاً متفاوت است. ویکتور اولگی با استفاده از روش‌های محاسباتی نمودارهایی را به‌صورت نقاله‌ای در آورده که به‌وسیله آن می‌توان مقدار انرژی خورشیدی مستقیم، پراکنده شده و منعکس شده‌ای که بر سطوح خارجی یک ساختمان با موقعیت‌های گوناگون و در عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌تابد، به‌دست آورد. این نقاله به شکل دایره‌ای است که به دو قسمت تقسیم شده که منحنی‌های قسمت بالای نقاله مقدار انرژی تابیده شده به سطوح افقی و منحنی‌های قسمت پایین نقاله مقدار انرژی تابیده شده به سطح قائم می‌باشد.



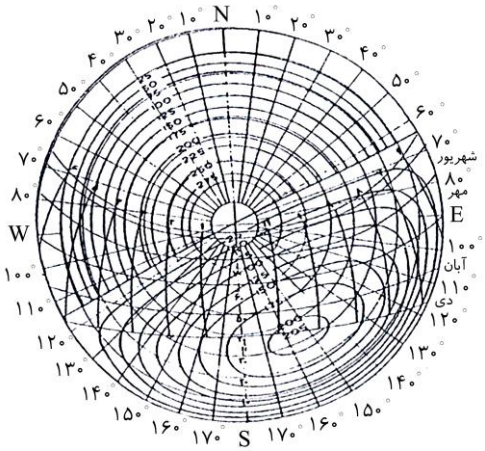

**نقاله محاسبه انرژی خورشیدی**

نتیجه بررسی حرکت ظاهری خورشید روی نمودار موقعیت خورشید پیاده می‌شود که برای عرض جغرافیایی مختلف تهیه می‌گردد که در این نمودار زاویه تابش بین ۰ تا ۹۰ درجه به شکل دوایر هم‌مرکز جهت تابش به‌صورت خطوطی که از محیط دایره، افق به مرکز دایره وصل شده‌اند، می‌باشد.




**موقعیت خورشید در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه**

نقاله محاسبه انرژی خورشیدی به اندازه نمودار موقعیت خورشید می‌باشد و با منطبق کردن آن بر نمودار موقعیت خورشید می‌توانیم انرژی خورشیدی تابیده شده به سطوح مختلف افقی و عمودی را در تمام عرض‌های جغرافیایی به‌دست آوریم.




**انطباق نقاله و موقعیت خورشید**

| | |
|---|---|
| مرداد- خرداد | تعیین ماه‌هایی از سال که مسیر حرکت ظاهری خورشید در آنها یکسان است. |
| شهریور- اردیبهشت | |
| مهر- فروردین | |
| آبان- اسفند | |
| آذر- بهمن | |

**نکته:** در تابستان خورشید از شمال‌شرقی طلوع می‌کند و در شمال‌غربی غروب می‌کند. در اول مهر و اول فروردین از شرق طلوع و در غرب غروب می‌کند و در زمستان خورشید از جنوب‌شرقی طلوع و در جنوب‌غربی غروب می‌کند.

**نکته:** تابش آفتاب با ساطع شدن پرتوهای مستقیم با طول موج کوتاه، پراکنده از آسمان با طول موج کوتاه، بازتابنده از سطوح اطراف با طول موج کوتاه، ساطع شده از زمین و اجسام گرم شده با طول موج بلند و ساطع شده از ساختمان به آسمان با طول موج بلند یک ساختمان را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

**مثال: برای اینکه جسم سیاه‌رنگی به رنگ سفید دیده‌شود، باید دمای آن را به چند درجه سانتی‌گراد رسانید؟**

۱) ۱۰۰۰ الی ۳۰۰۰ ۲) ۳۰۰۰ الی ۴۰۰۰ ۳) ۶۰۰ الی ۹۰۰ ۴) ۵۰۰۰ الی ۶۰۰۰

**حل:** گزینه «۴»

جسم سیاه مورد اشاره، همان خورشید است که با دمای ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، همه طول‌موج‌های مرئی را از خود گسیل می‌کند.

**مثال: یکی از اصول معماری اقلیمی توجه به نحوه جهت‌گیری بنا در ارتباط با محور شمال-جنوب می‌باشد. کدام‌یک از عناصر آب‌وهوایی زیر عملاً بی‌ارتباط با جهت‌گیری بنا است؟**

۱) دمای هوا، رطوبت نسبی ۲) تابش خورشید، رطوبت نسبی

۳) باد غالب، دمای هوا ۴) تابش خورشید، باد غالب

**حل:** گزینه «۱»

دلایل سردتر بودن زمستان نسبت به تابستان که مرتبط با زاویه انحراف می‌باشند، عبارتند از:

۱) مایل‌تر بودن پرتوهای خورشید در زمستان که موجب کسب حرارت کمتری می‌شود.

۲) حرکت پرتوهای خورشید در زمستان در مسافت بیشتری در جو نسبت به تابستان

۳) کوتاه‌تر بودن طول روز در زمستان نسبت به تابستان

## تابش خورشید

**شدت تابش:** تابش دریافت شده از خورشید در سطحی روی زمین به مساحت یک مترمربع (یک وات بر مترمربع)

**اندازه‌گیری تابش خورشید با دو نوع دستگاه انجام می‌شود که عبارتند از:**

**۱) پیرا نومتر:** نیم‌کره شفافی که تمام پرتوهای خورشید (مستقیم و پراکنده) را در یک نقطه در زاویه‌ای ۱۸۰ درجه دریافت می‌کند.

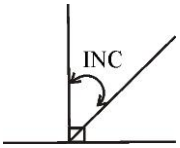
**۲) پیرهلیومتر:** شدت تابش بر صفحه عمود بر دستگاه اندازه‌گیری ثبت می‌شود. بیشتر برای پرتوهای مستقیم کارکرد دارد و نیازمند یک صفحه خورشیدیاب به نام هلیوستات می‌باشد.

**هلیوستات:** دستگاهی که حرکت خورشید نسبت به زمین را دنبال می‌کند.

**نکته:** تابش بر نماهای مختلف ساختمان در فصول تابستان و زمستان به علت هندسه خورشید متفاوت می‌باشد.

### محاسبه شدت تابش بر روی سطح کدر

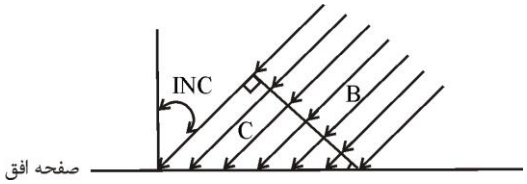
**زاویه برخورد (INC) (زاویه ورود):** زاویه بین پرتوی خورشید و خط عمود بر صفحه‌ای که خورشید بر آن تابیده است.



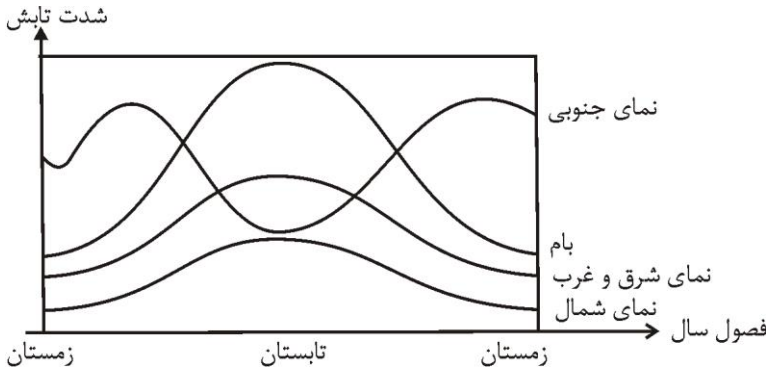

### قانون کسینوس

شدت تابش دریافتی در سطحی مایل نسبت به پرتوهای خورشید برابر است با: شدت تابش دریافتی در صفحه‌ای عمود بر پرتوهای خورشید ضرب در کسینوس زاویه برخورد صفحه مایل.

$$\begin{cases} AreaC > AreaB \\ I_C < I_B \qquad (I= \text{شدت تابش}) \\ C = B.Cos\ INC \\ I_C = I_B.Cos\ INC \end{cases}$$




شدت تابش در نماهای مختلف ساختمان به شکل زیر می‌باشد:




در زمستان نمای جنوبی بیشتر از همه گرما دریافت می‌کند و در تابستان بام بیشتر از همه گرما دریافت می‌کند.

### محاسبه شدت تابش دریافتی از پنجره‌ها

$$Q = A.I.\theta$$

Q : توان حرارتی خورشید که از پنجره دریافت شده است. (وات)
A : سطح پنجره (مترمربع)
I : شدت تابش بر صفحه پنجره (وات بر مترمربع)
θ : ضریب کسب حرارت خورشیدی پنجره
ضریب کسب حرارت خورشیدی عددی اعشاری بین صفر و یک بوده که نشان‌دهنده مقدار تابش خورشیدی دریافتی در سطح پنجره که به فضای داخل راه می‌یابد، می‌باشد. این ضریب به جنس و ضخامت شیشه و زاویه برخورد بستگی دارد.
**نکته:** با افزایش زاویه برخورد کسب حرارت خورشیدی پنجره به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

## بخش ۳: مبانی فیزیک حرارتی

**حرارت (گرما):** شکلی از انرژی می‌باشد که به‌صورت‌های زیر وجود دارد:
**الف) گرمای محسوس:** حرکت تصادفی ملکول‌های ماده می‌باشد. با دماسنج اندازه‌گیری می‌شود.
هرچه شدت حرکت‌های ملکولی بیشتر باشد، گرمای محسوس بیشتر است.
**ب) گرمای نهان:** مقدار انرژی لازم برای تغییر حالت ماده می‌باشد و با دماسنج اندازه‌گیری می‌شود. به عبارت دیگر اگر مقداری آب صد درجه را حرارت دهیم به بخار تبدیل می‌شود ولی بخار و آب هر دو دمای صد درجه را دارند و این گرمای نهان بوده که صرف تبدیل آب به بخار شده است.
**نکته:** محتوای حرارت که ترکیب گرمای محسوس و گرمای نهان می‌باشد، تابع دما، جرم و گرمای ویژه است.
**پ) گرمای تابشی:** تابش الکترومغناطیس اجسام با دمای بالاتر از صفر مطلق (۲۷۳- درجه سانتی‌گراد)
**دما (درجه حرارت):** انرژی متوسط حرکت‌های میکروسکوپی ذرات ماده می‌باشد و مقیاسی برای سنجش گرمای محسوس نیز به حساب می‌آید.
**قوانین ترمودینامیک (علم شناخت حرارت و ارتباط آن با کار مکانیکی) عبارتند از:**
۱- انرژی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود بلکه فقط از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود.
۲- گرما همیشه از جسم با گرمای بیشتر به جسم با گرمای کمتر منتقل می‌شود.
**گرمای ویژه:** مقدار حرارتی که به واحد جرم جسم داده می‌شود تا دمای آن یک درجه افزایش پیدا کند ( $\frac{J}{kg.k}$ ، ژول بر کیلوگرم در کلوین)
**ظرفیت حرارتی:** مقدار حرارتی که به واحد حجم داده می‌شود تا دمای آن یک درجه افزایش یابد.
**سرمایش تبخیری:** در این فرایند هوا گرمای محسوس خود را از دست می‌دهد (صرف تبخیر آب می‌شود) و به‌صورت گرمای نهان در بخار ذخیره می‌شود. در فرایند سرمایش تبخیری محتوای حرارت هوا ثابت، دمای مرطوب هوا ثابت، دمای هوا کاهش و رطوبت نسبی افزایش می‌یابد.
**راه‌های انتقال حرارت عبارتند از:**
**الف) هدایت (رسانش):** انتقال حرارت توسط گذشتن از یک مولکول به مولکول هم جوار که می‌تواند از داخل اجسام یا از جسمی به جسم دیگر که با آن در تماس است، عبور کند. هرچه مصالح یک دیوار متراکم‌تر بوده حرارت سریع‌تر به‌صورت رسانش از آن عبور می‌کند. میزان هدایت به اختلاف دما، سطح تماس و ضریب هدایت حرارتی مواد بستگی دارد.
**نکته:** ضریب هدایت حرارتی فولاد ۵۲، بتن ۱/۷۵، اندود سیمان ۱/۱۵، اندود گچ ۰/۵، سفال ۱، پلی‌استایرن ۰/۰۴ و پلی یورتان ۰/۰۳ می‌باشد.