مقطع تحصیلی:کاردانی■کارشناسی□ رشته:..... معماری.....ترم:.....سال تحصیلی: ۱۳۹۸- ۱۳۹۹
نام درس:.....تنظیم شرایط محیطی.... نام ونام خانوادگی مدرس:.....فاطمه محور.....
آدرس emailمدرس:....fatemehvat@gmail.com .....تلفن همراه مدرس:.....۰۹۱۲۱۰۱۹۹۸۱.....

جزوه درس:..... تنظیم شرایط محیطی..... مربوط به هفته : اول□ دو□ چهارم■
text: دارد■ندارد□ voice:دارد□ ندارد□ power point:دارد□ ندارد□
تلفن همراه مدیر گروه : .....

# ۳

# هندسهٔ خورشید

## ۳-۱ مقدمه

علوم ریاضی مربوط به موقعیت خورشید در آسمان و زوایای پرتو آن در رابطه با زمین و سطوح مختلف در آن را هندسهٔ خورشید می‌نامند. این زوایا به شرح زیر تعریف می‌شوند:

## ۳-۲ عرض جغرافیایی[1]

زاویهٔ عرض جغرافیایی محل با علامت $\theta$ نشان داده شده و مقدار آن از ۹۰- تا ۹۰ + درجه متغیر بوده و علامت آن از خط استوا به سمت شمال مثبت است. برای تعریف عرض جغرافیایی یک محل می‌توان گفت که اگر دو خط از مرکز زمین به استوا و نقطهٔ مورد نظر وصل شود، زاویهٔ بین این خطوط را عرض جغرافیایی می‌نامند.

## ۳-۳ طول جغرافیایی[2]

زاویهٔ طول جغرافیایی یک نقطه در سطح زمین با علامت $\phi$ نشان داده شده و عبارتست از زاویهٔ بین صفحهٔ نصف النهار عبوری از آن نقطه و صفحهٔ نصف‌النهار مبدأ گرینویچ، و مقدار آن از ۱۸۰- تا ۱۸۰+ متغیر و علامت آن در جهت عکس عقربه‌های ساعت یعنی به سمت شرق مثبت و به طرف غرب منفی است.

---

[1] Latitude
[2] Longitude

قابل توجه مدرسین محترم : حداقل ۴ صفحه در هر هفته برای ارایه محتوای درس و یک صفحه برای خلاصه درس و نمونه سولات در نظر گرفته شود.

زمین به ۲۴ منطقه زمانی تقسیم می‌شود که مبدا آن گرینویچ انگلستان است. بر اساس منطقه‌ای که زندگی می‌کنید شما می‌توانید متوجه شوید که دارای چه اختلاف ساعتی با گرینویچ هستید. به سمت راست یعنی به سمت آسیا و شرق آسیا منطقه زمانی علامت مثبت می‌گیرد و از خط فرضی گرینویچ به سمت غرب، منطقه زمانی علامت منفی می‌گیرد.

به عنوان مثال تهران با گرینویچ ۳/۵ ساعت اختلاف زمانی دارد یعنی اگر در گرینویچ ساعت ۱۲ ظهر باشد، برای به‌دست آمدن ساعت تهران کافی است این محاسبه کوتاه انجام شود:

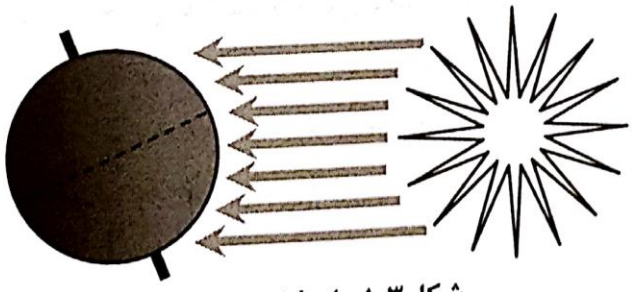
۱۲:۰۰ + ۳:۳۰ = ۱۵:۳۰

## ۳-۴ زاویهٔ انحراف[1]

زاویهٔ انحراف با علامت $\delta$ نشان داده شده و عبارت است از زاویهٔ بین اشعهٔ خورشید با صفحهٔ استوا در ظهر خورشیدی و مقدار آن از ۲۳/۴۵- تا ۲۳/۴۵+ درجه متغیر است (در انقلاب تابستانی نیم‌کرهٔ شمالی ۲۳/۴۵+، در انقلاب زمستانی ۲۳/۴۵- و در اعتدال بهاری/پاییزی مقدار آن برابر با صفر است). این زاویه از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$\delta = ۲۳/۴۵ \sin[۳۶۰(\frac{n}{۳۶۵})] \quad (۱-۳)$$

در معادلهٔ فوق n نمودار شمارهٔ روز از سال شمسی است.



شکل ۳-۱: زاویهٔ انحراف

**مثال ۳-۱:**

زاویهٔ انحراف را در روز بیست و هفتم آبان‌ماه حساب کنید.

**حل:**

$n = ۶(۳۱) + ۳۰ + ۲۷ = ۲۴۳$

قابل توجه مدرسین محترم : حداقل ۴ صفحه در هر هفته برای ارایه محتوای درس و یک صفحه برای خلاصه درس و نمونه سولات در نظر گرفته شود.

$$\delta = ۲۳/۴۵ \sin [\, ۳۶۰(۲۴۳ \div ۳۶۵)] = -۲۰/۲۴^{o}$$

### ۳-۵ طول روز

طول روز یعنی فاصلهٔ زمانی بین طلوع و غروب آفتاب که به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$T_d = \frac{۲}{۱۵}\cos^{-۱}(-tg\delta . tg\theta) \qquad (۲-۳)$$

همچنین ساعت طلوع و غروب آفتاب می‌تواند به شرح زیر محاسبه شود:

$$\text{ساعت طلوع یا غروب خورشید} = ۱۲ \pm \frac{T_d}{۲}$$

**مثال ۳-۲:**

طول روز را برای مثال فوق در عرض جغرافیایی ۳۵/۵ درجه محاسبه نمائید.

**حل:**

$T_d = ۰/۱۳ \cos^{-1} [-tg(-۲۰/۲۴)\, tg\, (۳۵/۵)] = ۹/۷۱$ ۹ ساعت و ۴۳ دقیقه

### ۳-۶ زاویهٔ ساعت[1]

زاویهٔ ساعت با علامت $\omega$ نشان داده می‌شود که مبدأ اندازه‌گیری آن ظهر خورشیدی است و علامت آن به‌طرف صبح مثبت بوده و مقدار آن از ۱۸۰- تا ۱۸۰+ درجه متغیر است. از آن‌جایی‌که در هر دقیقه زمین به اندازهٔ ۰/۲۵ درجه به دور خود می‌چرخد، این زاویه از طریق معادلهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$\omega = \pm ۰/۲۵ \times t \qquad (۳-۳)$$

در معادلهٔ فوق، t تعداد دقیقه‌های مانده و یا گذشته از ظهر خورشیدی بوده و علامت آن به طرف صبح مثبت و به طرف عصر منفی است.

**مثال ۳-۳:**

زاویهٔ ساعت را در ساعت ۱۵ و ۳۰ دقیقه حساب کنید.

**حل:**

$$\omega = -۰/۲۵ \times ۲۱۰ = -۵۲/۵^{o}$$

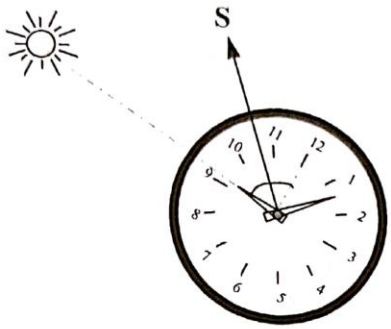
#### ۳-۶-۱ استفاده از ساعت در جهت یابی

اگر یک ساعت مانند شکل زیر به‌طور افقی به گونه‌ای در دست گرفته شود که صفحهٔ

---

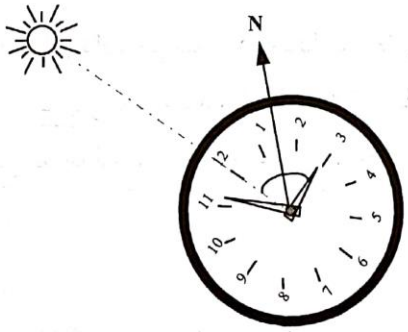
[1] Hour Angle

ساعت به طرف بالا و عقربهٔ ساعت شمار (ساعت حقیقی) به طرف خورشید قرار گیرد، نیم‌ساز زاویهٔ عقربهٔ ساعت شمار با ساعت ۱۲، امتداد تقریبی جنوب جغرافیایی را نشان می‌دهد.




**شکل ۳-۲: تعیین امتداد تقریبی جنوب جغرافیایی به کمک ساعت در نیم‌کرهٔ شمالی**

برای ساکنان نیم‌کرهٔ جنوبی مانند شکل زیر، ساعت ۱۲ باید به طرف خورشید قرار گیرد. نیمساز زاویهٔ عقربهٔ ساعت شمار و خط ساعت ۱۲، امتداد تقریبی شمال جغرافیایی را نشان می‌دهد.



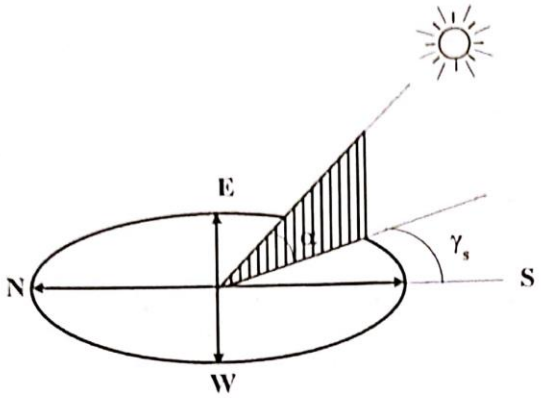

**تصویر ۳-۳: تعیین امتداد تقریبی شمال جغرافیایی به کمک ساعت در نیم‌کرهٔ جنوبی**

## ۳-۷ زاویهٔ ارتفاع خورشید[1]

$\alpha$ زاویهٔ ارتفاع خورشید از صفحهٔ افق است و برابر با زاویهٔ اشعهٔ خورشید و تصویر آن بر افق بوده و از صفر تا نود درجه متغیر است. این زاویه از معادلهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$\sin\alpha = \sin\delta.\sin\theta + \cos\delta.\cos\theta.\cos\omega \qquad (۴-۳)$$

قابل توجه مدرسین محترم : حداقل ۴ صفحه در هر هفته برای ارایه محتوای درس و یک صفحه برای خلاصه درس و نمونه سولات در نظر گرفته شود.




**تصویر ۳-۴: زاویهٔ ارتفاع و زاویهٔ جهت‌نمای خورشید**

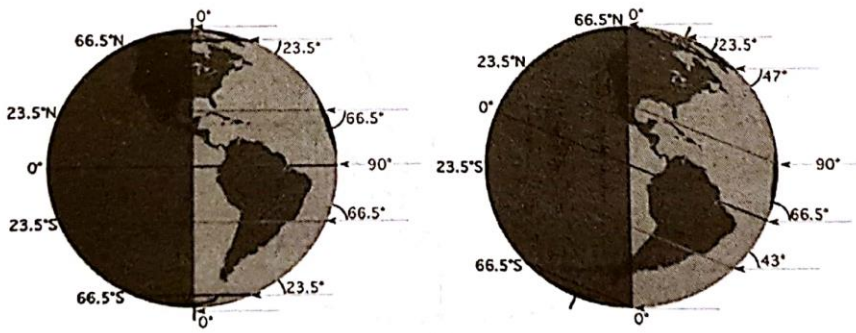
**مثال ۳-۴:**

زاویهٔ ارتفاع خورشید را برای مثال‌های قبل محاسبه کنید.

**حل:**

$\omega = -52.5 \quad \theta = 35.5 \quad \delta = -20.45$

$\sin\alpha = \sin(-20.45).\sin 35.5 + \cos(-20.45).\cos 35.5.\cos(-52.5) \Rightarrow \alpha = 15°$




**شکل ۳-۵: زاویهٔ ارتفاع ظهر خورشیدی در اعتدال بهاری-پاییزی (سمت چپ) و انقلاب تابستانی نیم‌کرهٔ شمالی (سمت راست)**

زاویهٔ ارتفاع ظهر خورشیدی برای عرض‌های جغرافیایی مختلف از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

(۵-۳)

زاویهٔ ارتفاع خورشید در انقلاب تابستانی = ۹۰° - |عرض جغرافیایی - ۲۳/۴۵°|

زاویهٔ ارتفاع خورشید در انقلاب زمستانی = ۹۰° - |عرض جغرافیایی + ۲۳/۴۵°|

زاویهٔ ارتفاع خورشید در اعتدال بهاری/پاییزی = ۹۰° - |عرض جغرافیایی|

قابل توجه مدرسین محترم : حداقل ۴ صفحه در هر هفته برای ارایه محتوای درس و یک صفحه برای خلاصه درس و نمونه سولات در نظر گرفته شود.

## ۳-۸ زاویهٔ سمت یا زاویهٔ جهت‌نما[1]

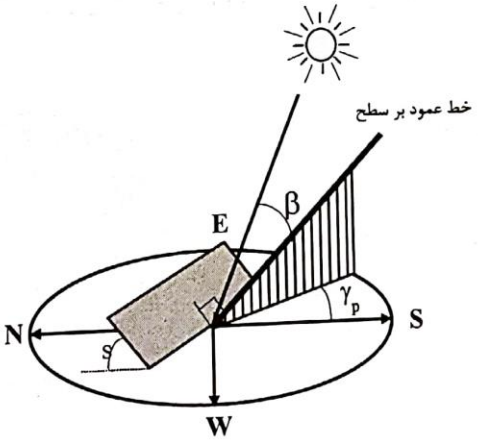
الف- زاویهٔ جهت‌نمای خورشید($\gamma_s$)؛ زاویهٔ بین تصویر اشعهٔ خورشید بر صفحهٔ افق و راستای شمال- جنوب است و از طریق معادلهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta . \sin \omega}{\cos \alpha} \qquad (۶-۳)$$

ب- زاویهٔ جهت‌نمای سطح مورد نظر ($\gamma_p$)؛ زاویهٔ بین تصویر خط عمود بر سطح موردنظر بر روی صفحهٔ افق و راستای شمال - جنوب است. مثلاً وقتی گفته می‌شود که صفحه رو به جهت ۲۵ درجهٔ غرب محور جنوب قرار دارد، یعنی $\gamma_p = -۲۵$ است. علامت جبری زاویهٔ جهت‌نما به‌طرف مشرق مثبت بوده و مقدار آن از ۱۸۰- تا ۱۸۰+ درجه متغیر است.

## ۳-۹ زاویهٔ شیب سطح[2]

s زاویهٔ شیب سطح است و برابر است با زاویهٔ بین سطح مورد نظر و صفحهٔ افق و مقدار آن از صفر تا ۹۰ درجه متغیر است.




**شکل ۳-۶: زاویهٔ ورود، زاویهٔ جهت‌نما و شیب سطح**

## ۳-۱۰ زاویهٔ ورود اشعهٔ خورشید[3]

β زاویهٔ ورود یا زاویهٔ برخورد اشعهٔ خورشید است به سطح مورد نظر و برابر با زاویهٔ بین اشعهٔ خورشید و راستای عمود بر سطح بوده و مقدار آن از صفر تا ۹۰ درجه متغیر است. دانستن زاویهٔ برخورد برای به‌دست آوردن ضریب کسب آفتاب (Θ) ضروری است. این زاویه از

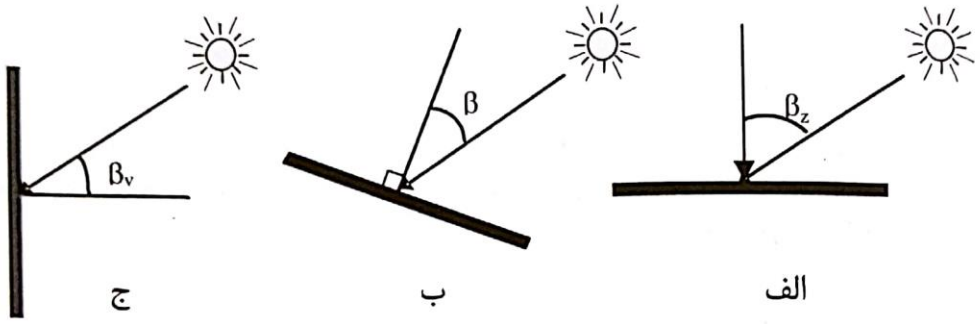
---

[1] Solar Azimuth
[2] Slope Angle
[3] Incident Angle

قابل توجه مدرسین محترم : حداقل ۴ صفحه در هر هفته برای ارایه محتوای درس و یک صفحه برای خلاصه درس و نمونه سولات در نظر گرفته شود.

طریق رابطهٔ ۳-۷ قابل محاسبه است:

$$\cos\beta = \sin\delta.\sin\theta.\cos s - \sin\delta.\cos\theta.\sin s.\cos\gamma_p + \cos\delta.\cos\theta.\cos s.\cos\omega + \cos\delta.\sin\theta.\sin s.\cos\gamma_p.\cos\omega + \cos\delta.\sin s.\sin\gamma_p.\sin\omega \quad (۷-۳)$$




**شکل۳-۷: زاویهٔ ورود برای صفحات؛ الف) افقی، ب) شیب‌دار و ج) عمودی**

معادلهٔ ۳-۷ برای صفحهٔ افق به شرح زیر ساده می‌گردد:

$$\cos\beta_z = \sin\delta.\sin\theta + \cos\delta.\cos\theta.\cos\omega \quad (۸-۳)$$

همچنین برای صفحهٔ عمودی از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$\cos\beta_v = \cos\alpha.\cos(|\gamma_s - \gamma_p|) \quad (۹-۳)$$