نشانگر ماه، خورشید و ستارگان

Rosa M. Ros, Francis Berthomieu
International Astronomical Union, Technical University of Catalonia (Barcelona, Spain), CLEA (Nice, France)

چکیده

در این بخش روش ساده ای به منظور توضیح و درک حرکت ظاهری ستارگان، خورشید و ماه در مناطق مختلف زمین معرفی می شود. همچنین مدل های ساده ای ساخته می شود که به ما اجازه ی نمایش این حرکت ها در عرض های مختلف جغرافیایی را می دهند.

اهداف

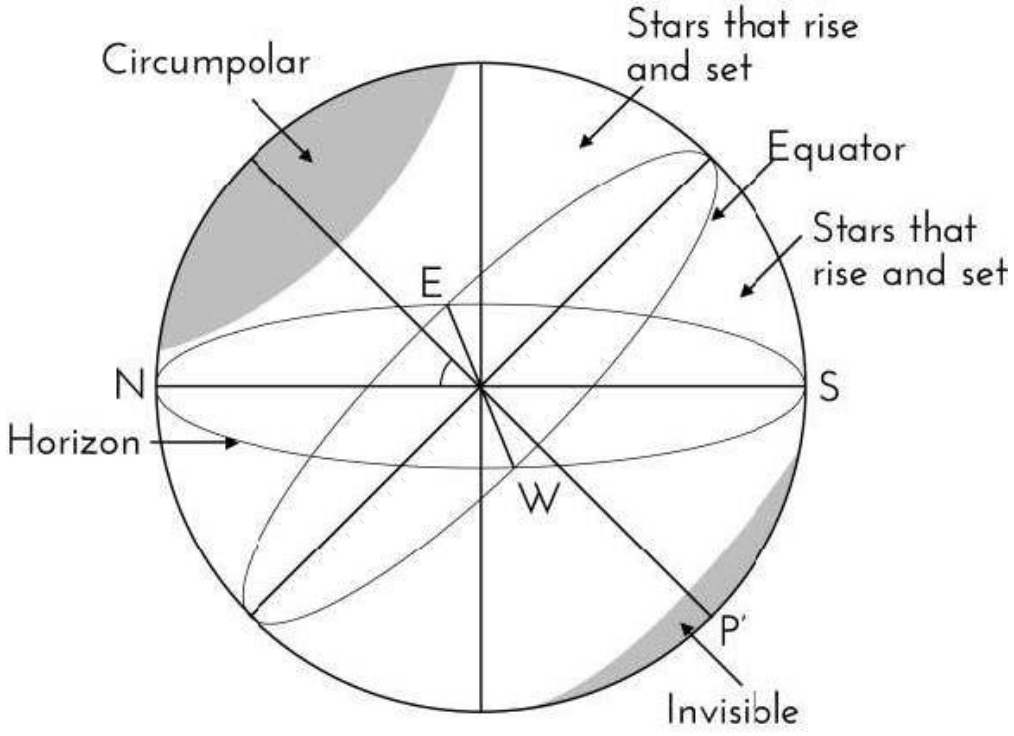
درک حرکت ظاهری ستارگان در عرض های جغرافیایی مختلف
درک حرکت ظاهری خورشید از عرض های جغرافیایی مختلف
درک حرکت ماه و اهله ی آن در عرض های جغرافیایی مختلف

توضیح چگونگی حرکت ظاهری خورشید، ماه یا ستارگان از روی زمین، کار چندان ساده ای نیست. دانش آموزان می دانند که خورشید هر روز طلوع و غروب می کند، اما آن ها با دانستن این که مکان خورشید هر روز در هنگام غروب و طلوع تغییر می کند و خورشید با توجه به هر عرض جغرافیایی، مسیر متفاوتی را در آسمان طی می کند، تعجب خواهند کرد. نشانگر ها ساده هستند و به کمک آن ها می توان خورشید نیمه شب و عبور خورشید از سرسو را توضیح داد. به ویژه این نشانگرها برای درک حرکات متفاوت و جابه جایی ها و تفاوت آن ها در عرض های جغرافیایی متفاوت بسیار کارآمد هستند.

به کمک داستان های اسطوره ای و کمی قواعد هندسی می توان به سادگی صورت های فلکی را در آسمان یافت و به خاطر سپرد. اما، این روش تنها برای یک مکان مشخص بر روی زمین کاربرد دارد. به علت حرکت کره ی سماوی، ناظری در قطب شمال، همه ی ستارگان نیم کره ی شمالی و ناظری در قطب جنوب، همه ی ستارگان نیم کره ی جنوبی را می بیند. اما برای ناظرانی در سایر عرض های جغرافیایی چه رخ می دهد؟ نشانگر ستاره ای: چرا ستاره ها ناپیدا هستند؟

تیتر ندارد

برای ناظر خارج از دو قطب، همه چیز کمی پیچیده است. در این حالت با توجه به حرکات مشاهده شده (برای هر عرض جغرافیایی) ، ستارگان به سه دسته تقسیم می شوند: ستارگان دورقطبی، ستارگانی که طلوع و غروب می کنند، ستارگان ناپیدا (شکل 1). همه ی ما برخی از ستاره های نیم کره ی جنوبی را در حالی که در نیم کره ی شمالی زندگی می کنیم دیده ایم.



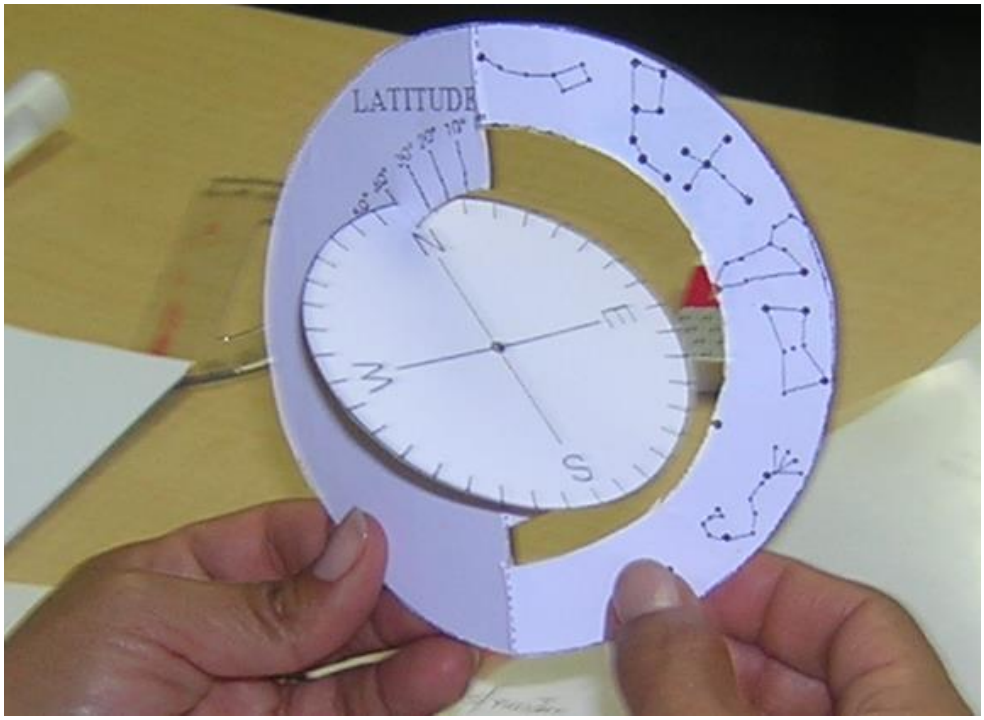
شکل 1: سه دسته از ستارگان (برای یک عرض معین): دور قطبی، دارای طلوع و غروب، ستارگان ناپیدا.

با توجه به سن دانش آموزان، آن ها می توانند به آسانی درک کنند چرا برخی از ستارگان به صورت دورقطبی در محل زندگی شان ظاهر می شوند. اما تصور این که کدام ستارگان در عرض های دیگر دور قطبی هستند کمی مشکل است. اگر از آن ها بپرسیم که یک ستاره ی خاص(مثلا شباهنگ) در بوینس آیرس، دارای طلوع و غروب است، یافتن پاسخ این سوال برای آن ها سخت خواهد بود. با این حال به کمک نشانگر ستاره ای ، می توان حرکات قابل مشاهده ستارگان متفاوت را با توجه به عرض جغرافیایی ناظر ، شبیه سازی و مورد مطالعه قرار داد.

مهم ترین هدف نشانگر

مهم ترین هدف این بخش شناسایی صورت های فلکی دور قطبی، صورت فلکی های دارای طلوع و غروب و صورت فلکی های ناپیدا در یک عرض مشخص است. بدیهی است که اگر ما ستارگان را در عرض جغرافیایی تقریبی 45 درجه شمالی رصد می کردیم، می توانستیم تعداد زیادی از ستارکان نیم کره ی جنوبی که هر روز طلوع وغروب می کنند را رصد کنیم.

در این مدل، نشانگر باید شامل صورتهای فلکی با میل های متفاوت باشد(بعد چندان در اینجا اهمیتی ندارد). بهتر است از ستارگانی که برای دانش آموزان آشنا تر هستند استفاده شود. این صورت فلکی ها می توانند بعد های متفاوتی داشته باشند، در نتیجه در طول ماه های مختلف سال قابل مشاهده هستند.



شکل 2: استفاده از نشانگر: این یک نمونه از نشانگر برای نیم کره ی شمالی که از صورت های فلکی جدول 1 در آن استفاده شده است.

هنگامی که شروع به کشیدن صورت فلکی انتخاب شده می کنید، تنها از ستاره های پرنوری که به کمک آن ها می توان به راحتی صورت فلکی را شناسایی کرد، استفاده نمایید. بهتر است صورت های فلکی از نصف النهار مشابه نباشند و صورت های فلکی انتخاب شوند که برای دانش آموزان شناخته شده تر هستند.اگر مایل به ساختن نشانگری برای هر فصل هستید، شما می توانید از صورت های فلکی با میل های متفاوت استفاده کنید. بعد این صورت های فلکی در آسمان شامگاهی نیم کره ی شمالی برای فصل پاییز (بهار) بین 21 h تا 3 h، فصل زمستان بین 3h تا 9h، برای بهار(پاییز) بین 9h تا 14h و برای تابستان بین 14h تا 21h باشد. فارسی نشوند؟

کمترین میل	بیشترین میل	صورت فلکی
+70º	+90º	خرس کوچک
+50º	+60º	خرس بزرگ
+30º	+50º	قو
+10º	+30º	شیر
-10º	+10º	شکارچی و شباهنگ
-50º	-20º	عقرب
-70º	-50º	صلیب جنوبی

جدول 1: صورت های فلکی نمایش داده شده بر روی نشانگر شکل 1.

اگر تصمیم به انتخاب صورت های فلکی فقط برای یک فصل بگیریم، ممکن است انتخاب صورت فلکی بین عرض 60و 90 درجه شمالی، بین 60 و 40 درجه شمالی،بین 40 تا 20 درجه شمالی، بین20 درجه شمالی تا 20 درجه جنوبی،بدون همپوشانی و رسیدن به 90 درجه شمالی ، بسیار سخت باشد. همچنین انتخاب صورت های فلکی که برای دانش آموزان شناخته شده باشد و دارای تعداد کمی ستاره های پرنور بوده که بتوانند نصف النهار را پوشش دهند، کار دشواری است.زیرا صورت های فلکی معروف و دارای ستاره های پرنور، در آسمان تمام سال حضور ندارند. بنابراین شاید بهتر این باشد که یک نشانگر بسازیم.

ساخت نشانگر

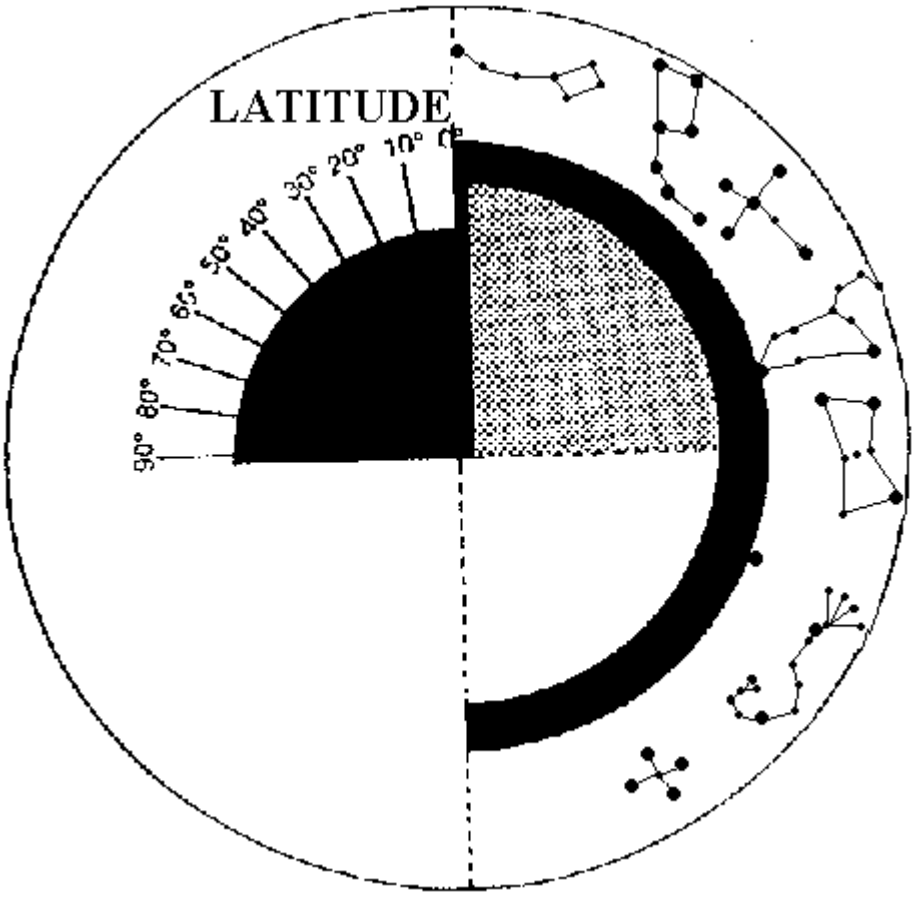
برای ساختن یک نشانگر محکم (شکل 3)، پیشنهاد می شود که آن ها را بر روی یک مقوا بچسبانید (شکل 5 و 4). می توان یک مدل بزرگ تر نیز برای استفاده ی معلم ساخته شود.

شکل 3: ساخت نشان گر ستاره ای

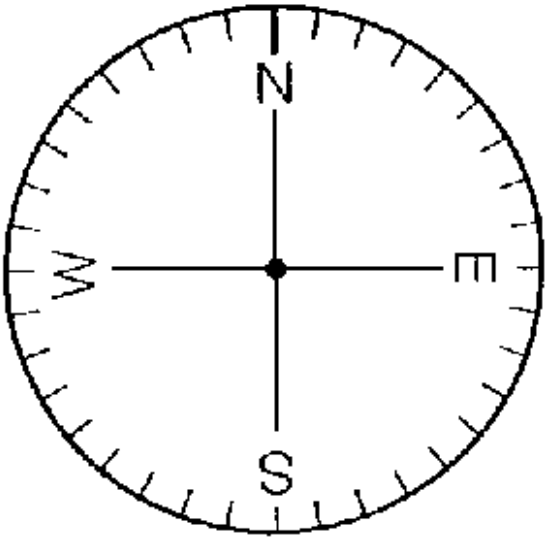
دستورالعمل ساخت نشانگر ستاره ای به صورت زیر می باشد:

نشانگر نیم کره ی شمالی:

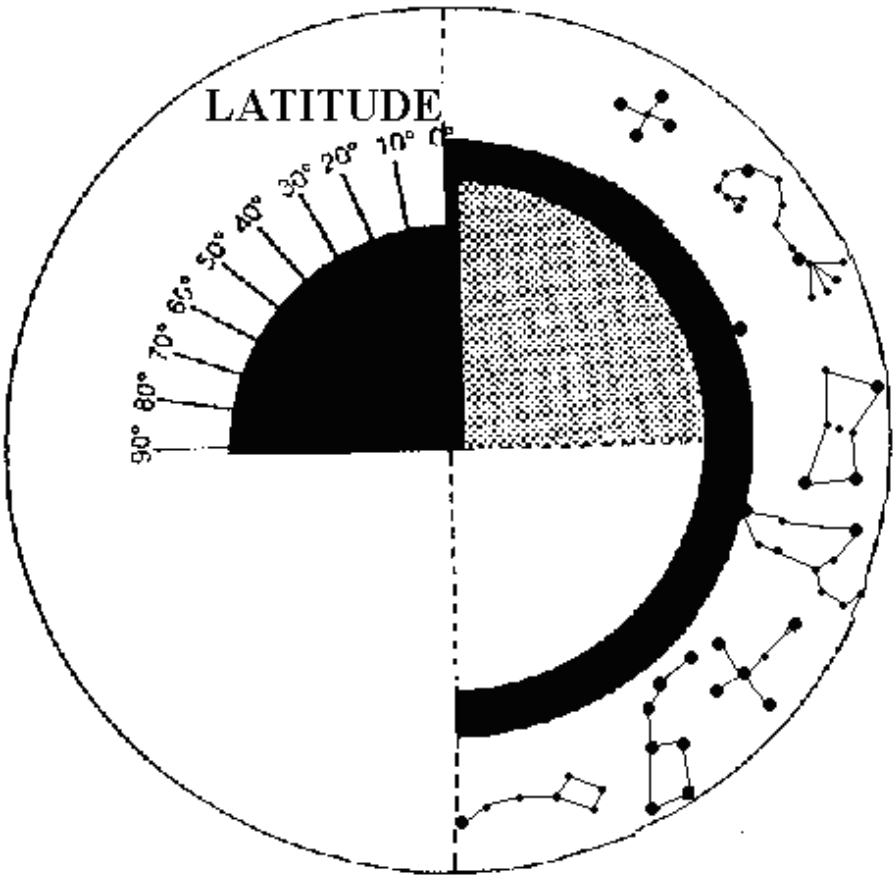
1. از تصویر 5 و 4 یک کپی بر روی مقوا تهیه کنید
2. تصویر را در محل هایی که دارای خط پیوسته است، برش دهید (شکل 4 و 5)
3. قسمت سیاه را جدا کنید (شکل4)
4. شکل اصلی را در محلی که خطوط نقطه چین است، تا کنید (شکل4). چندین بار این کار را تکرار کنید تا نشانگر به راحتی قابل استفاده باشد.
5. یک برش کوچک در قسمت حرف N صفحه ی افقی ایجاد کنید (شکل 5). این برش باید به اندازه ای باشد که مقوا به داخل آن برود.
6. یک چهارم (ربع) شمالی- شرقی صفحه ی افقی را بر روی یک چهارم قسمت خاکستری رنگ قطعه ی اصلی بچسبانید (شکل 4). بسیار مهم است که راستای شمال – جنوب با محور دوگانه ی صورت های فلکی بخش اصلی، به صورت صاف و هم راستا قرار بگیرد.
   قسمت W نیز با عرض جغرافیایی 90 درجه هم راستا باشد.
7. مطمن شوید که صفحه ی افقی بر قطعه ی اصلی عمود باشد.
8. برای بدست آوردن حداکثر دقت، می بایست دو بخش با دقت بهم چسبانده شوند.



شکل4: بخش اصلی نشانگر ستاره ای برای نیم کره ی شمالی



شکل 5: صفحه ی افقی



شکل 6: بخش اصلی نشانگر در نیم کره ی جنوبی

نشانگر برای نیم کره ی جنوبی

1. از تصویر 5 و 6 یک کپی بر روی مقوا تهیه کنید
2. تصویر را در محل هایی که دارای خط پیوسته است، برش دهید (شکل 6 و 5)
3. قسمت سیاه را جدا کنید (شکل 6)
4. بخش اصلی را در محلی که خطوط پیوسته است، تا کنید (شکل 6). چندین بار این کار را تکرار کنید تا نشانگر به راحتی قابل استفاده باشد.
5. یک برش کوچک در قسمت حرف S صفحه ی افقی ایجاد کنید (شکل 5). این برش باید به اندازه ای باشد که مقوا به داخل آن برود.
6. یک چهارم (ربع) جنوبی- غربی صفحه ی افقی را بر روی یک چهارم قسمت خاکستری رنگ بخش اصلی بچسبانید (شکل 5). راستای شمال – جنوب با محور دوگانه ی صورت های فلکی بخش اصلی، به صورت صاف و هم راستا قرار بگیرد. قسمت E نیز با عرض جغرافیایی 90 درجه هم راستا باشد.
7. مطمن شوید که صفحه ی افقی بر بخش اصلی عمود باشد.
8. برای بدست آوردن حداکثر دقت، می بایست دو بخش با دقت بهم چسبانده شوند.

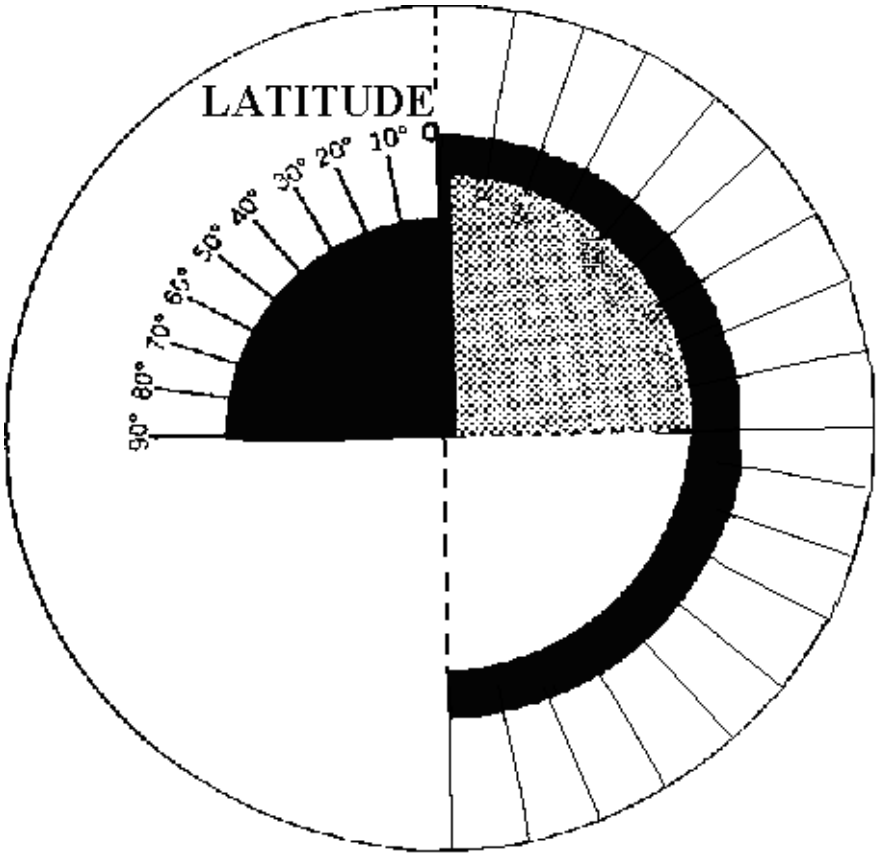
با توجه به محل سکونت خود، یکی از نشانگرها را انتخاب کنید. همچنین شما می توانید صورت های فلکی خود را با توجه به معیارهای گوناگون بیان شده، انتخاب و رسم کنید.

برای نمونه، شما می توانید صورت های فلکی قابل مشاهده برای یک فصل یا یک ماه و... را بکشید. برای این منظور، شما باید تنها صورت های فلکی را در نظر بگیرید که بعد آن ها بین دو مقدار مشخص است. سپس صورت های فلکی با مقدار میل متفاوت را در شکل 7 رسم کنید. توجه کنید که هر بخش 10^o را پوشش می دهد.

کاربرد نشانگر

برای شروع، شما باید عرض جغرافیایی مکان رصدی خود را تعیین کنید. ما به کمک این نشانگر می توانیم سفری مجازی به نقاط مختلف زمین داشته باشیم.

به کمک دست چپ خود، بخش اصلی نشانگر(شکل 4 یا 6) را که دارای قسمت سفید (زیر ربع عرض جغرافیایی) است، بگیرید. عرض مورد نظر را انتخاب و صفحه ی افقی (شکل 5) را حرکت دهید تا به عرض انتخابی برسد. به کمک دست راست خود، بخشی که دارای صورت فلکی است را چندین بار به سمت چپ و راست حرکت دهید.
حالا شما می توانید مشاهده کنید که کدام صورت های فلکی همواره بالای افق (دور قطبی)، کدامیک دارای طلوع و غروب هستند و کدام صورت های فلکی همواره زیر افق قرار دارند (ناپیدا).



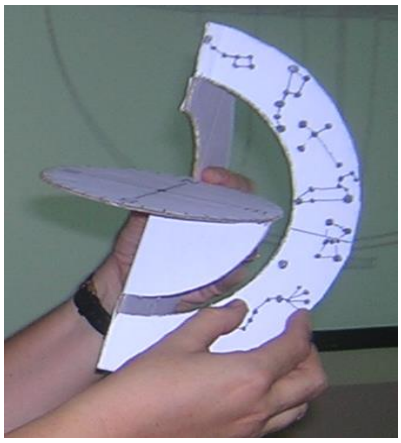
شکل 7: بخش اصلی نشانگر خالی برای نیم کره ی شمالی یا جنوبی.

خمیدگی(انحراف) مسیر ستارگان نسبت به افق

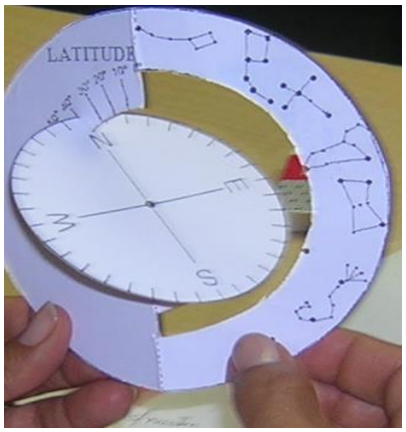
به کمک نشانگر، به سادگی می توان زاویه نسبی مسیر ستارگان نسبت به افق با توجه به تغییرات عرض جغرافیایی را مشاهده کرد(شکل های 8،9 و 10)

اگر ناظر در استوا زندگی کند(عرض جغرافیایی 0^o)، این زاویه 90^o است. به بیان دیگر، اگر ناظر در قطب شمال یا جنوب زندگی کند(عرض های جغرافیایی 90^o شمالی یا جنوبی)، مسیر ستارگان با افق موازی خواهد بود. به صورت کلی، اگر ناظر در شهری با عرض جغرافیایی L زندگی کند، خمیدگی مسیر هر روزه ی ستارگان نسبت به افق برابر 90^o، منهای L ($90^o - L$) خواهد بود.

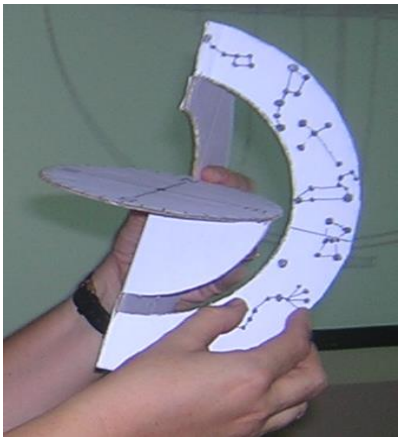
با نگاه به شکل ها 8،9 و 10 می توان این امر را بررسی کرد. عکس ها در شکل 8 از شهر لاپلند (فنلاند)، شکل 9 از شهر مونتسنی (در نزدیکی بارسلونا، اسپانیا) و شکل 10 از شهر سان لوییز پوتوسی (مکزیک) گرفته شده اند. لاپلند دارای عرض جغرافیایی بیشتر از بارسلونا و سان لوییز پوتوسی دارای عرض جغرافیایی کمتر از بارسلونا هستند، بنابراین انحراف مسیر ستارگان متفاوت است.



شکل 8 الف و ب: موقعیت ستارگان در انوتوکیو در لاپلند در عرض جغرافیایی 68ºN (فنلاند). زاویه مسیر نسبی ستارگان نسبت به افق برابر است با 90º منهای عرض جغرافیایی محل. (عکس از: Irma Hannula، فنلاند)



شکل9: طلوع ستارگان در مونتسنی در عرض جغرافیایی 41ºN(در نزدیکی بارسلونا). زاویه مسیر نسبی ستارگان نسبت به افق برابر است با 90º منهای عرض جغرافیایی محل. (عکس از: Rosa M. Ros، اسپانیا).



شکل 10: رد ستارگان در نزدیکی غرب مته هوالا (مکزیک) در 23ºN، زاویه مسیر ستارگان نسبت به افق برابر است با 90- عرض جغرافیایی محل، (عکس از: Luis J de la Cruz، مکزیک)

با استفاده از نشانگر، دانش آموزان می توانند فعالیت های متفاوت زیر را به صورت کامل انجام دهند.

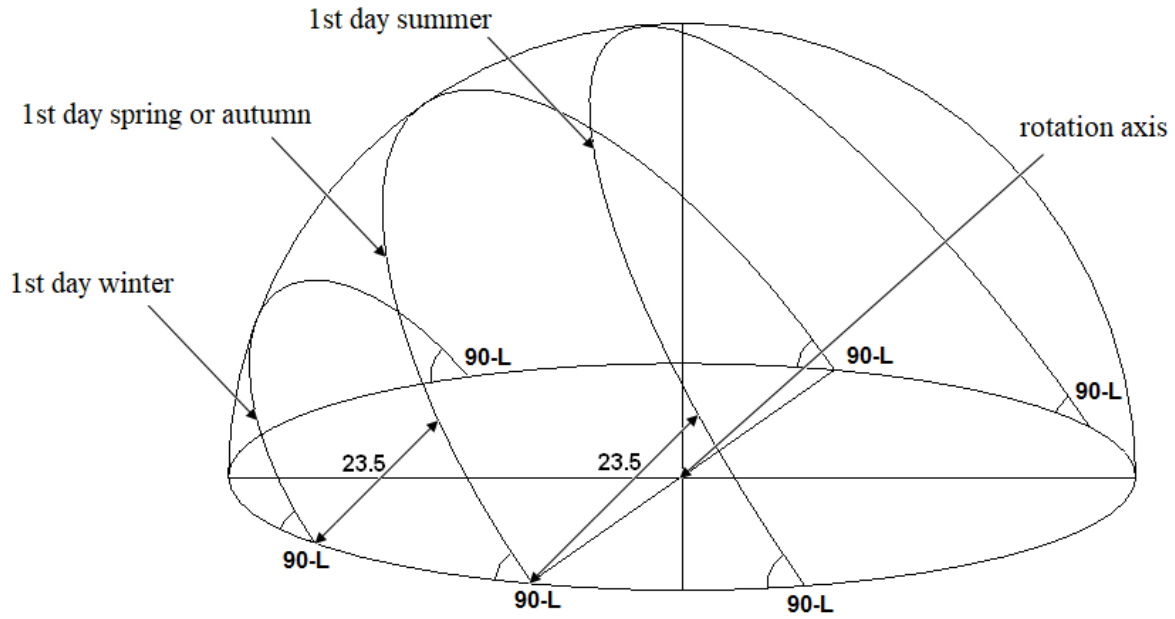
اگر عرض جغرافیایی 90ºN را انتخاب کنیم، ناظر در قطب شمال قرار خواهد داشت. ما تمام صورت های فلکی نیم کره ی شمالی را به صورت دورقطبی مشاهده خواهیم کرد. هیچ کدام از صورت های فلکی نیم کره ی جنوبی قابل رصد نبوده و هیچ صورت فلکی، طلوع و غروب نمی کند.

اگر عرض جغرافیایی 0º، باشد، ناظر در استوا قرار دارد و ما می توانیم همه ی صورت های فلکی را به صورتی که دارای طلوع و غروب داشته باشند رصد کنیم (عمود بر افق). هیچ کدام دورقطبی یا ناپیدا نیستند.
برای عرض جغرافیایی 20º (شمالی یا جنوبی)، نسبت به عرض 40º (شمالی یا جنوبی)، تعداد کمتری صورت فلکی دورقطبی هستند. اما برای عرض 20º در مقایسه با عرض 40º، تعداد بیشتری از ستارگان دارای طلوع و غروب هستند

برای عرض 60º (شمالی یا جنوبی)، تعداد زیادی صورت فلکی دورقطبی و ناپیدا هستند، اما در مقایسه با عرض 40º(شمالی یا جنوبی)، تعداد کمتری از ستارگان دارای طلوع و غروب هستند.

نشانگر خورشید: چرا خورشید هر روز از یک مکان مشابه طلوع نمی کند.

توضیح حرکات قابل مشاهده خورشید از روی زمین ساده است. همه ی دانش آموزان می دانند که خورشید روزانه طلوع و غروب می کند، اما بدون شک اگر آن ها بدانند که خورشید هر روز در مکان های متفاوتی طلوع و غروب می کند، شگفت زده خواهند شد. همچنین بررسی مسیرهای مختلف خورشید با توجه به عرض محلی نیز بسیار جذاب خواهد بود. اما تشریح پدیده هایی مانند خورشید نیمه شب یا عبور سرسویی خورشید کار دشواری است. این نشان گر خورشید، به ویژه برای درک حرکات خورشید و تفاوت های آن در عرض های مختلف بسیار مفید است.

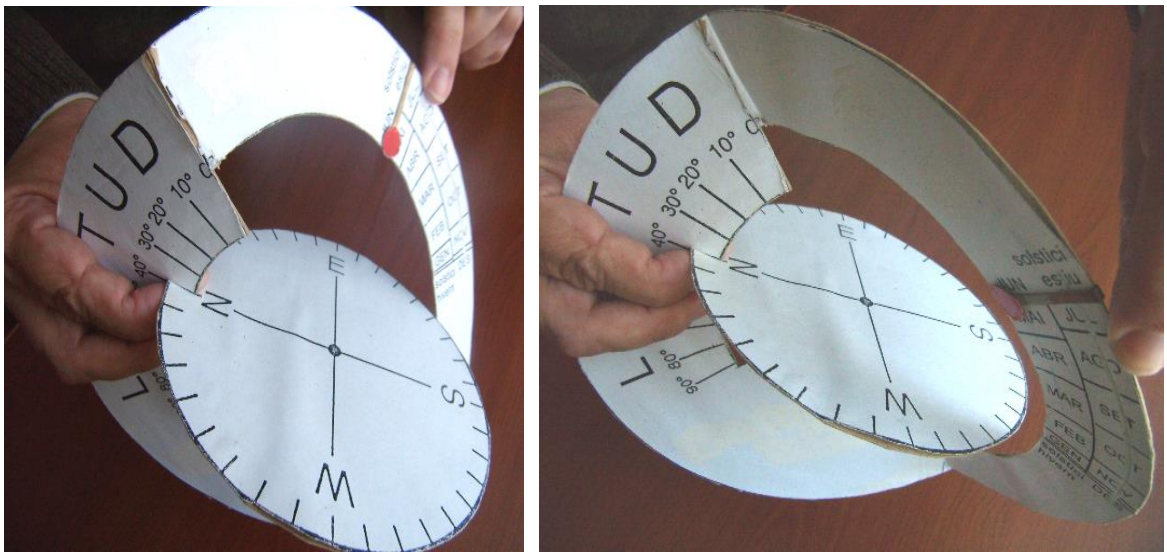


شکل11: مسیرهای متفاوت خورشید (روز اول پاییز یا بهار، روز اول تابستان و روز اول زمستان).

نشانگر بسازید

برای ساخت نشانگر خورشیدی، باید در نظر داشت که میل خورشید روزانه تغییر می کند. همچنین نشانگر ما باید قابلیت این را داشته باشد، که مکان خورشید با توجه به فصول تغییر کند. برای روز اول بهار یا پاییز، میل خورشید 0^oاست و در راستای استوا حرکت می کند. در اولین روز تابستان (زمستان در نیم کره ی جنوبی)، میل خورشید $+23.5^o$ و در اولین روز زمستان (تابستان در نیم کره ی جنوبی) برابر با -23.5^o است(شکل11). اگر بخواهیم که مسیر خورشید را مطالعه کنیم، مدل ما باید قابلیت تغییر این مقادیر را داشته باشد.

پیشنهاد می شود که برای ساختن یک نشانگر محکم (شکل الف و ب 12)، قبل از برش، آن ها را بر روی یک مقوا چسبانده و سپس ببرید.
همچنین می توانید یکی نشانگر بزرگ تر برای استفاده ی معلم بسازید.

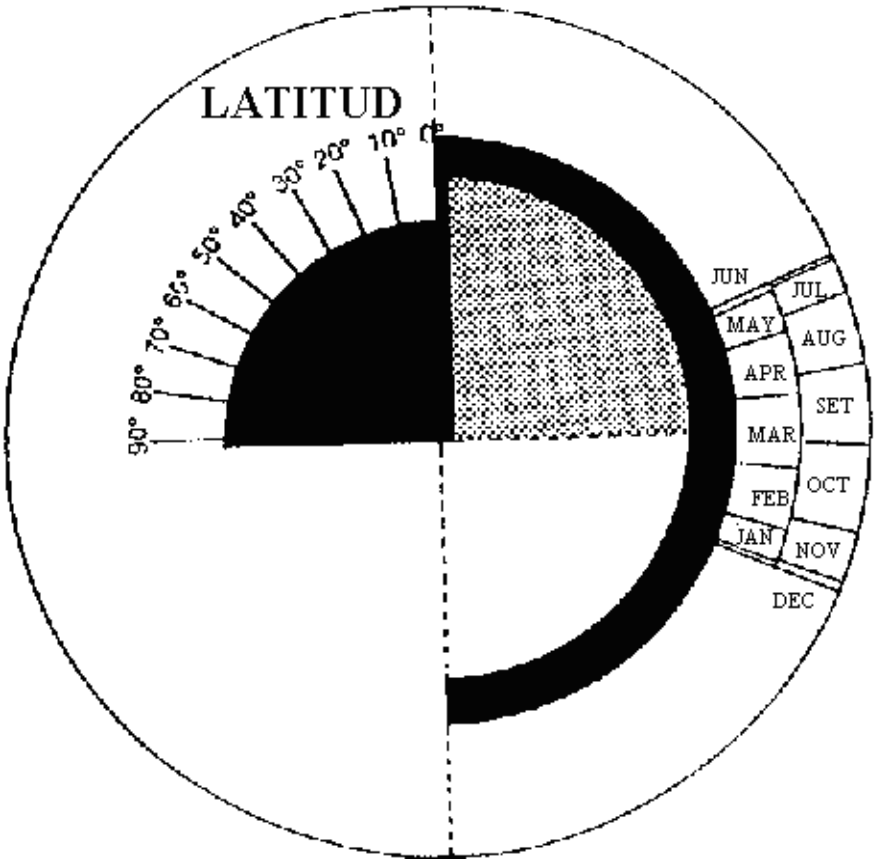


شکل 12: آماده سازی نشانگر خورشیدی برای نیم کره ی شمالی با عرض جغرافیایی 40^{o} +

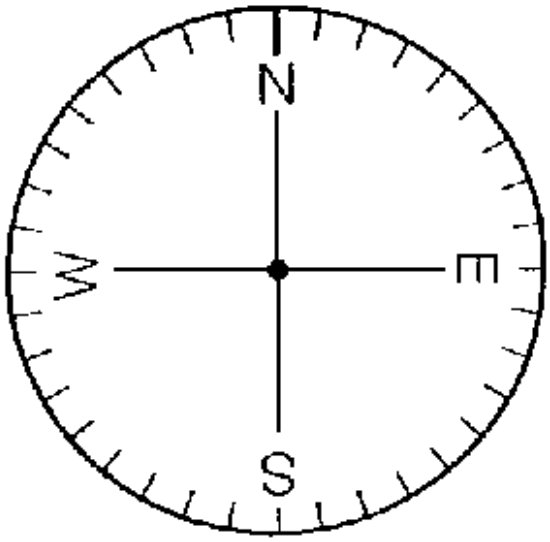
دستور العمل ساخت

نشانگر برای نیم کره ی شمالی

1. یک کپی از شکل های 13 و 14 تهیه کنید.
2. در امتداد خطوط پیوسته برش ایجاد کنید (شکل 13 و14)
3. قسمت های سیاه را از بخش اصلی خارج کنید (شکل 14)
4. در راستای خط چین در بخش اصلی، تا کنید. چندین بار این کار را تکرار کنید تا نشانگر به راحتی قابل استفاده باشد.
5. برش کوچکی در محل N صفحه ی افقی ایجاد کنید (شکل 14) این برش باید به اندازه ای باشد که بتواند در بخش اصلی وارد شود.
6. یک چهارم (ربع) شمالی- شرقی صفحه ی افقی(شکل 14) را بر روی ربع خاکستری بخش اصلی بچسبانید (شکل 13) راستای شمال – جنوب با محور دوگانه ی صورت های فلکی بخش اصلی، به صورت صاف و هم راستا قرار بگیرد.
همچنین W صفحه ی افقی، در راستای عرض 90^{o} بخش اصلی باشد.
7. وقتی که صفحه ی افقی (شکل 14) را در بخش اصلی قرار می دهید، مطمن شوید که این دو بر هم عمود هستند.
8. برای بدست آوردن حداکثر دقت، بسیار ضروری است که قسمت های مختلف را به درستی بچسبانید.
9. برای قرار دادن خورشید بر روی نشانگر، دایره ای به رنگ قرمز بر روی کاغذ نقاشی کنید، سپس آن را ببرید و روی یک گیره ی کاغذ بچسبانید و آن را بر روی بخش میل نشانگر قرار دهید (شکل 13). ایده ی اصلی این است که به کمک این روش به سادگی بتوان خورشید را در موقعیت های مختلف قرار داد.

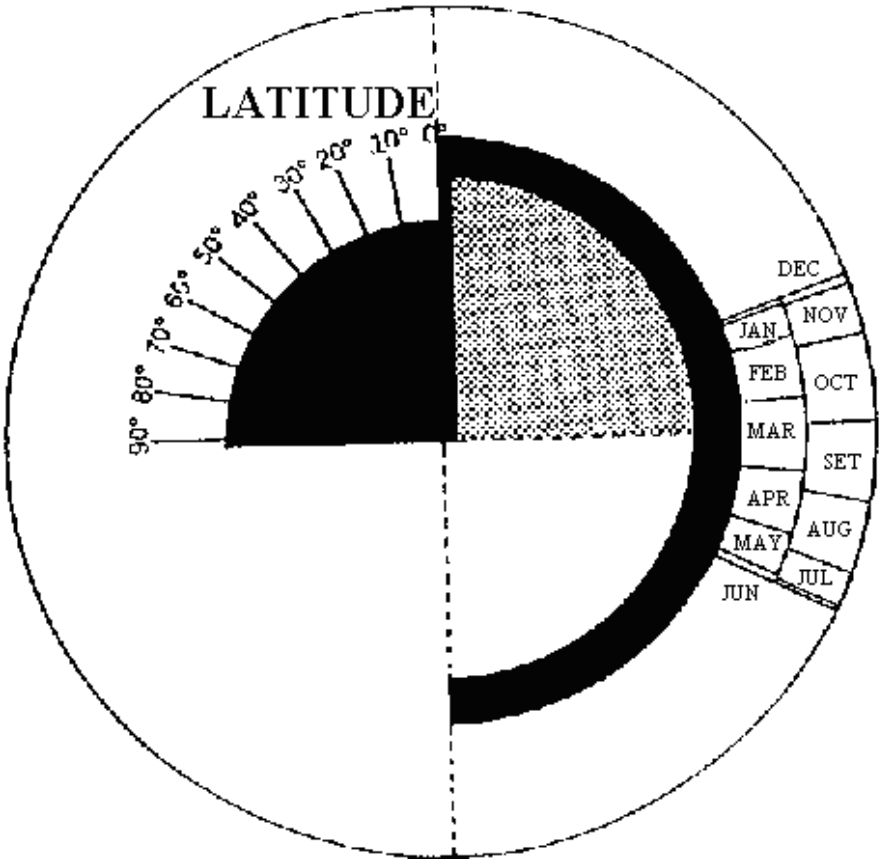


شکل 13: بخش اصلی نشانگر خورشیدی برای نیم کره ی شمالی



شکل 14: صفحه ی افقی

برای ساختن نشانگر خورشیدی نیم کره ی جنوبی، می توانید به صورت مشابه عمل کنید، فقط شکل 13 را با شکل 14 جایگزین کنید.



شکل 15: قسمت اصلی نشانگر خورشیدی برای نیم کره ی جنوبی

نشانگر برای نیم کره ی جنوبی

a) یک کپی از شکل های 15 و 14 تهیه کنید.
b) در امتداد خطوط پیوسته برش ایجاد کنید (شکل 15 و14)
c) قسمت های سیاه را از بخش اصلی خارج کنید (شکل 14)
d) در راستای خط چین در بخش اصلی، تا کنید. چندین بار این کار را تکرار کنید تا نشانگر به راحتی قابل استفاده باشد.
e) برش کوچکی در محل S صفحه ی افقی ایجاد کنید (شکل 14) این برش باید به اندازه ای باشد که بتواند در بخش اصلی وارد شود.
f) یک چهارم (ربع) جنوبی - غربی صفحه ی افقی(شکل 14) را بر روی ربع خاکستری بخش اصلی بچسبانید (شکل 15) راستای شمال – جنوب با محور دوگانه ی صورت های فلکی بخش اصلی، به صورت صاف و هم راستا قرار بگیرد. همچنین E صفحه ی افقی، در راستای عرض 90^o بخش اصلی باشد.
g) وقتی که صفحه ی افقی (شکل 14) را در بخش اصلی قرار می دهید، مطمن شوید که این دو بر هم عمود هستند.
h) برای بدست آوردن حداکثر دقت، بسیار ضروری است که قسمت های مختلف را به درستی بچسبانید.

i) برای قرار دادن خورشید بر روی نشانگر، دایره ای به رنگ قرمز بر روی کاغذ نقاشی کنید، سپس آن را ببرید و بر روی یک گیره کاغذ بچسبانید و آن را بر روی بخش میل نشانگر قرار دهید (شکل 15). ایده ی اصلی این است که خورشید به کمک این روش به سادگی بتوان خورشید را در موقعیت های مختلف قرار داد

استفاده از نشانگر خورشیدی

برای استفاده از نشانگر در ابتدا عرض جغرافیایی خود را تعیین کنید. به کمک این نشانگر می توان یک سفر مجازی بر روی زمین داشت.

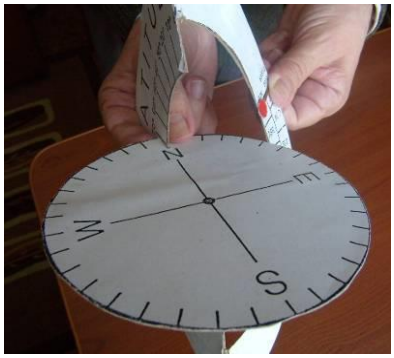
ما سه منطقه را در نظر می گیریم:

1.مناطق میانی در نیم کره ی جنوبی یا شمالی
2.مناطق قطبی
3.مناطق استوایی

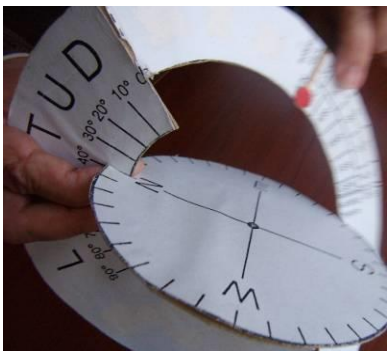
1.مکانی در عرض های میانی نیم کره ی جنوبی یا شمالی: فصل ها

- **زاویه مسیر نسبی خورشید نسبت به افق**

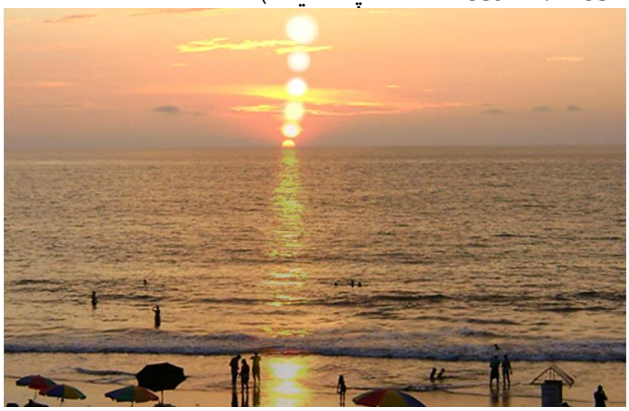
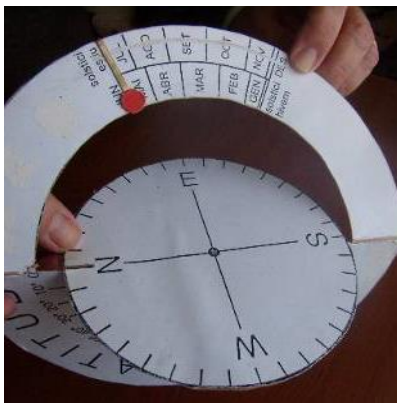
با استفاده از نشانگر به سادگی می توان دید که زاویه مسیر خورشید نسبت به افق، به عرض جغرافیایی وابسته است. اگر ناظر در استوا زندگی کند (عرض 0^o)، این زاویه 90^o است. اگر ناظر در قطب شمال یا جنوب زندگی کند(عرض 90^o شمالی یا جنوبی)، این زاویه موازی افق است. به صورت کلی، اگر ناظر در شهری با عرض جغرافیاییL زندگی کند، انحراف مسیر روزانه خورشید نسبت به افق برابراست با 90 منهای L است.با نگاه به شکل 16 می توان این مورد را درک کرد. عکس گرفته شده در شکل 16 مربوط به منطقه ی لاپلند (فنلاند) است و عکس شکل 17 در گاندیا (اسپانیا) گرفته شده است. لاپلند در عرض های بالاتری نسبت به گاندیا قرار دارد، بنابراینانحراف مسیر خورشید کمتر است.عکس مربوط به شکل 18 در لدریلروس (کلمبیا) با عرض 4^o گرفته شده است، در نتیجه انحراف مسیر خورشید تقریبا زاویه 86^o است.



شکل 16: طلوع خورشید در لاپلند (فنلاند). زاویه مسیر خورشید نسبت به افق عرض متمم آن است (90º منهای عرض جغرافیایی) (عکس از : Sakari Ekko ، فنلاند)



شکل 17: طلوع خورشید در گاندیا (اسپانیا) عرض 41ºN. زاویه مسیر خورشید نسبت به افق برابر است با 90 منهای عرض جغرافیایی(عکس از: Rosa M. Ros، اسپانیا)

شکل18: طلوع خورشید در لدریلروس (کلمبیا)، زاویه مسیر خروشید نسبت به افق، متمم عرض جغرافیایی است(90º- 4º = 86º) . (عکس از: Mario Solarte ، کلمبیا)

- **ارتفاع مسیر خورشید با توجه به فصول در نیم کره ی شمالی**

با استفاده از نشانگر برای شهر خود(عرض جغرافیایی شهر خود را انتخاب کنید)، به راحتی می توان تغییرات ارتفاع خورشید با توجه به فصل را بررسی کرد. برای مثال، در اولین روز بهار، میل خورشید 0^o است. ما می توانیم خورشید را بر روی اول فروردین قرار دهیم. سپس خورشید را در راستای استوا از شرق به غرب حرکت می دهیم. ما می توانیم ببنیم که مسیر خورشید در ارتفاع خاصی نسبت به افق قرار دارد.

آزمایش را برای همان عرض جغرافیایی در روزهای متفاوت تکرار می کنیم. وقتی که خورشید را در نخستین روز تابستان،1 تیر در راستای استوا حرکت دهیم(میل خورشید $+23^o.5$)، مشاهده می کنیم که مسیر خورشید بالاتر از روز اول بهار است. در نهایت، آزمایش را برای روز اول زمستان، اول دی تکرار می کنیم(میل خورشید $-23^o.5$). مشاهده می کنیم که مسیر خورشید در ارتفاع کمتری قرار دارد. در روز اول پاییز، میل خورشید 0^o است و مسیر خورشید در راستای استوا مشابه مسیر خورشید در روز اول بهار است.

بدون شک اگر عرض جغرافیایی را تغییر دهیم، ارتفاع مسیر خورشید نیز تغییر می کند، اما همواره بیشترین ارتفاع در اولین روز تابستان و کمترین ارتفاع در اولین روز زمستان رخ می دهد.(شکل 19)

شکل 19: مسیر خورشید در زمستان و تابستان در نروژ. به صورت واضح پیدا است که خورشید در تابستان در ارتفاع بالاتری نسبت به زمستان قرار دارد. این دلیلی است برای اینکه چرا روزهای تابستان طولانی تر است.

در نیم کره ی جنوبی

با استفاده از نشانگر برای شهر خود (عرض جغرافیایی شهر خود را انتخاب کنید)، به راحتی می توان تغییرات ارتفاع خورشید با توجه به فصل را بررسی کرد. برای مثال، در اولین روز بهار، میل خورشید 0^o است. ما می توانیم خورشید را بر روی اول مهر قرار دهیم. سپس خورشید را در راستای استوا از شرق به غرب حرکت می دهیم. ما می توانیم ببنیم که مسیر خورشید در ارتفاع خاصی نسبت به افق قرار دارد.

آزمایش را برای همان عرض جغرافیایی در روزهای متفاوت تکرار می کنیم. وقتی که خورشید را در نخستین روز تابستان،1 دی در راستای استوا حرکت دهیم (میل خورشید $-23^o.5$)، مشاهده می کنیم که مسیر خورشید بالاتر از روز اول بهار است. در نهایت، آزمایش را برای روز اول زمستان، اول تیر تکرار می کنیم (میل خورشید $+23^o.5$). مشاهده می کنیم که مسیر خورشید در ارتفاع کمتری قرار دارد. در روز اول پاییز، میل خورشید 0^o است و مسیر خورشید در راستای استوا مشابه مسیر خورشید در روز اول بهار است.

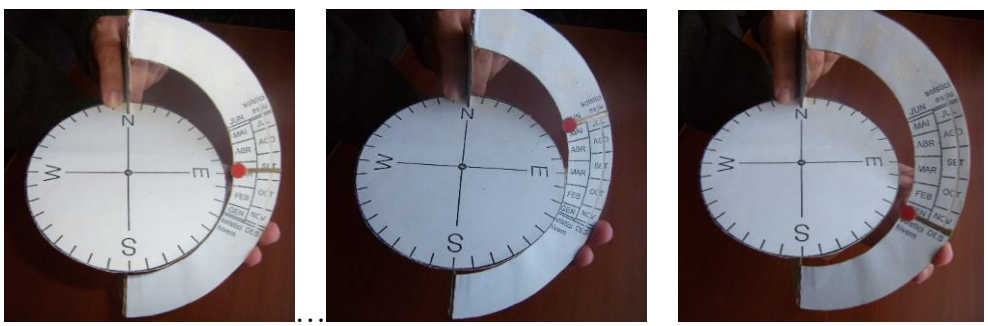
بدون شک اگر عرض جغرافیایی را تغییر دهیم، ارتفاع مسیر خورشید نیز تغییر می کند، اما همواره بیشترین ارتفاع در اولین روز تابستان و کمترین ارتفاع در اولین روز زمستان رخ می دهد.

در تابستان، وقتی که خورشید در ارتفاع بالاتری قرار دارد، پرتوهای خورشید با زاویه عمودتری سطح زمین را گرم می کنند. به همین علت میزان پرتوها بر سطح کوچک تری متمرکز شده و هوا گرم تر می شود. همچنین در زمان تابستان، ساعات روز نسبت به زمستان بیشتر است، در نتیجه دما در تابستان افزایش می یابد.

طلوع و غروب روزانه خورشید در مکان متفاوت

در آزمایش های قبلی، اگر روزانه به محل طلوع یا غروب خورشید توجه کنیم، مشاهده خواهیم کرد که در مکان یکسانی نخواهد بود. به صورت خاص تر، فاصله ی افقی بین طلوع (یا غروب) در اولین روز دو فصل متوالی، با افزایش عرض جغرافیایی افزایش می یابد. (شکل 20)

شکل20: طلوع آفتاب به ترتیب در ریگا در 57º (لتونی)، بارسلونا در 41º (اسپانیا) و پوپایان در 2º (کلمبیا). اولین روز هر فصل (چپ/ زمستان، وسط/ بهار یا پاییز، راست/ تابستان). غروب های وسط با هر دو عکس در راستای یکسانی قرار دارد. به راحتی می توان مشاهده کرد که فاصله ی بین غروب تابستان و زمستان در ریگا (بیشترین عرض جغرافیایی)، بیشتر از بارسلونا و خیلی بیشتر از پوپایان است. (عکس ها از: Ilgonis Vilks از لتونی، Rosa M. Ros از اسپانیا و Juan Carlos Martínez از کلمبیا).



شکل 21: عکس سمت چپ: طلوع خورشید در اولین روز بهار یا پاییز، عکس وسط: طلوع خورشید در اولین روز تابستان، عکس سمت راست: طلوع خورشید در اولین روز زمستان.

شبیه سازی به کمک این نشانگر بسیار ساده است. تنها کافی است که خورشید را برای هر فصل در دو عرض جغرافیایی مختلف، مثلا: 60º، 40º و 0º قرار دهید.

تصاویر نشان داده شده در شکل 20 برای نیم کره ی شمالی است، اما به صورت مشابه این پدیده در نیم کره ی جنوبی نیز رخ می دهد(شکل 22)، تنها تفاوت در زمان فصل ها است.

شکل 22: غروب خورشید به ترتیب در پوپایان در2º (کلمبیا)، لا پاز در -19º (بولیوِی) و اسکول در -43º (آرژانتین) در اولین روز هر فصل(چپ/ تابستان، وسط/ بهار یا پاییز، راست/ زمستان). غروب وسط با هر دو عکس دیگر در یک راستا قرار دارد، به راحتی می توان مشاهده کرد که فاصله غروب تابستان و زمستان در اسکول(دارای عرض بیشتر)، بیشتر از La Paz است.(عکس ها از: Juan Carlos Martínez از کلمبیا، Gonzalo Pereira از بولیوی و Nestor Camino از آرژانتین).

توضیحات:

خورشید دقیقا از شرق طلوع نمی کند و دقیقا درغرب، غروب نمی کند. اگرچه این فکر در بین عموم پذیرفته شده است، اما صحیح نیست و تنها در دو روز از سال این پدیده رخ می دهد: اولین روز بهار و اولین روز پاییز برای همه ی عرض های جغرافیایی.

نکته ی جالب دیگر این است، که در همه ی عرض های جغرافیایی، خورشید به هنگام ظهر، دقیقا از نصف النهار(خطی فرضی که از قطب شمال، سرسو و قطب جنوب آسمان می گذرد) عبور می کند(زمان خورشیدی). بنابراین از آن می توان برای جهت یابی استفاده کرد.

2.نواحی قطبی: خورشید نیمه شب

تابستان و زمستان قطبی

اگر بخواهیم عرض قطبی (90^o N یا 90^o S) را به کمک نشانگر بررسی کنیم، سه حالت ممکن است. اگر میل خورشید 0^o باشد، خورشید در راستای افق حرکت می کند، که همان استوای آسمان است.
اگر میل مطابق اولین روز تابستان باشد، خورشید به موازات افق حرکت می کند. در واقع خورشید از دومین روز بهار تا آخرین روز تابستان، همواره به موازات افق حرکت می کند. در این حالت، نیمی از سال همیشه روز است.

در نخستین روز پاییز، خورشید در راستای افق حرکت می کند. از ابتدای دومین روز پاییز تا آخرین روز زمستان، خورشید در امتداد افق، اما زیر آن حرکت می کند. در این حالت نیمی از سال همیشه شب است.

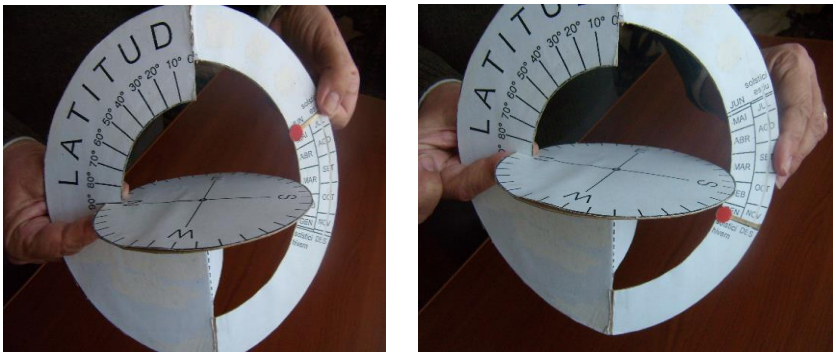
البته که مثال بیان شده، حالت حدی است. در برخی از عرض های شمالی، مسیر خورشید موازی با افق نیست. در این مناطق همچنان طلوع و غروب به علت عرض بالای آن ها وجود ندارد. در این موارد ما می توانیم خورشید نیمه شب را مشاهده کنیم.

خورشید نیمه شب

اگر ما عرض جغرافیایی 70^o N (یا 70^o S با توجه به اینکه کدام نیم کره مورد نظر است)، را بر روی نشانگر انتخاب کنیم، می توان مفهوم خورشید نیمه شب را شبیه سازی کرد. اگر خورشید را در اولین روز تابستان یعنی اول تیر در نیم کره ی شمالی(یا اول زمستان در نیم کره جنوبی)، قرار دهیم، می بینیم که خورشید در این روز نه طلوع و نه غروب می کند. مسیر خورشید مماس با افق است؛ اما در زیر آن هرگز نیست. این پدیده به نام خورشید نیمه شب شناخته شده است، به علت اینکه خورشید در نیم شب، بالا است.(شکل 22).

شکل 23: مسیر خورشید نیمه شب در لاپلند (فنلاند). خورشید به افق نزدیک می شود، اما غروب نمی کند و دوباره شروع به صعود می کند.(عکس از : Sakari Ekko)

در قطب ها (90^o N یا 90^o S)، خورشید در نیمی از سال بالای افق و در نیمی دیگر در زیر افق حضور دارد. به کمک نشانگر به سادگی می توان این پدیده را نشان داد.

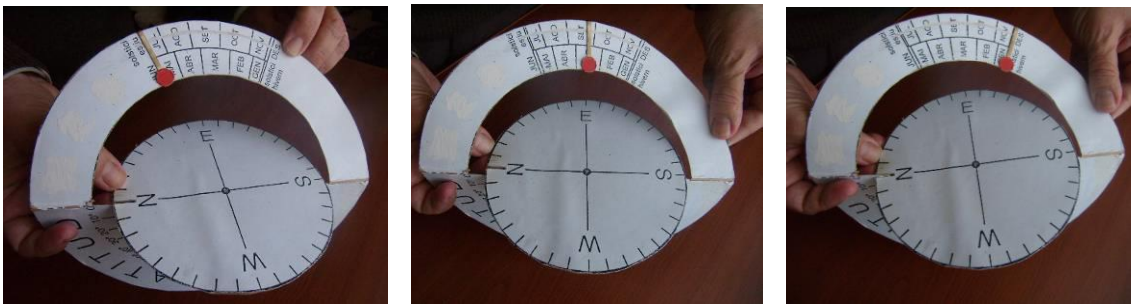


شکل 24: به کمک نشانگر می توان نشان داد که خورشید در نیمی از سال بالای افق و در نیمی دیگر در زیر آن قرار دارد.

3. مناطق استوایی: خورشید در سرسو

- **خورشید در سرسو**

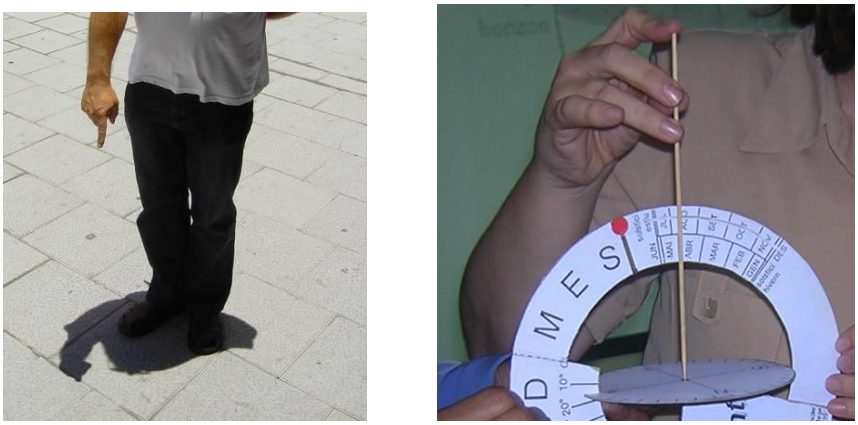
در مناطق استوایی، چهار فصل، چندان تفاوتی با یکدیگر ندارند. مسیر خورشید، عمود بر افق است و ارتفاع خورشید در طول سال عملا یکسان است. همچنین طول روزها مشابه است(شکل25)



شکل 25:طلوع خورشید در اولین روز هر فصل: چپ، اولین روز تابستان، وسط، اولین روز بهار یا پاییز و راست، اولین روز زمستان(در نیم کره ی شمالی). در استوا، مسیر خورشید عمود بر افق است. طلوع خورشید در همه ی فصول در مکان تقریبا مشابه ای رخ می دهد. فاصله ی راویه ای بین طلوع ها تنها 23.5^o (انحراف دایره البروج) است. در عرض های بیشتر، مسیر خورشید بیشتر خمیده و فاصله ی بین سه نقطه ی طلوع افزایش می یابد(شکل های 22 و 21).

علاوه بر این، در کشورهای استوایی، روزهای خاصی وجود دارد، روزهایی که خورشید از سرسو می گذرد. در این روزها، نورخورشید به صورت عمود بر مناطق استوایی تابیده و سطح زمین را گرم می کند. به

همین علت، دما افزایش یافته و سایه مردم در زیر کفش هایشان ناپدید می شود (شکل26). در برخی از فرهنگ های باستانی این روزها بسیار ویژه بوده، زیرا که دیدن این پدیده آسان است. این موضوع همچنان نیز وجود دارد. در حقیقت دو روز از سال برای مناطقی که بین مدار راس السرطان و راس الجدی قرار دارند، وجود دارد که خورشید از سرسو عبور می کند. با استفاده از نشانگر این پدیده را می توان نمایش داد. همچنین می توان زمان تقریبی رخ دادن این حادثه با توجه به عرض جغرافیایی را محاسبه کرد.



شکل 26:سمت چپ: سایه کوچک(خورشید اکثر برای مناطق نزدیک به استوا در سرسو قرار دارد). سمت راست: شبیه سازی خورشید در سرسو برای هندوراس(عرض جغرافیایی $15^{o}\,N$)

برای مثال(شکل 26)، اگر عرض $15^{o}\,N$ را انتخاب کنیم، با استفاده از نشانگر ما می توانیم زمان تقریبی که خورشید در ظهر در سرسو قرار می گیرد را محاسبه کنیم. برای این منظور تنها کافی است که یک چوب را به صورت عمود بر صفحه ی افقی قرار دهیم، در این حالت می بینم که این روزها، در نیمه فروردین و اخر مرداد خواهد بود.

نشانگر خیلی بزرگ

البته که می توان نشانگر را با مواد دیگری مانند چوب ساخت(شکل27). در این مدل، می توان از یک منبع نور برای نشان دادن جایگاه خورشید استفاده کرد. به کمک دوربین عکاسی و بازه ی زمانی بیشتر، می توان مسیر حرکت خورشید را شبیه سازی کرد.

شکل 27: سمت چپ: نشانگر چوبی خیلی بزرگ. وسط: نشانگر ستاره ای چوبی. سمت راست: با استفاده از دوبین عکاسی و بازه ی زمانی بیشتر، می توان عکسی از مسیر خورشید تهیه کرد.

نشانگر ماه: چرا ماه در برخی مناطق لبخند می زند؟

به هنگام آموزش مبحث ماه به دانش آموزان، ما دوست داریم که دانش آموزان یادبگیرند که چرا اهله تشکیل می شود و خورشیدگرفتگی و ماه گرفتگی چگونه رخ می دهد. اهله ی ماه، بسیار جذاب هستند و به کمک یک توپ و یک منبع نور می توان آن را آموزش داد.

مدلی مانند آنچه در شکل 28 ارائه شده، تصویری از هلال ماه و تغییرات آن را نشان می دهد. به صورت دم دستی می توان گفت که هلال افزاینده یادآور حرف "C" و هلال کاهنده یادآور "D" است.

مدل ما؛ اهله ی ماه را شبیه سازی می کند (شکل29) و به کمک آن می توان نشان داد که چرا ماه با توجه به فاز خود شبیه حروف "D" و "C" دیده می شود. بارها، ماه بر فراز افق مانند شکل 29 دیده شده است. با این حال با توجه به هر کشور، ماه ممکن است به صورت "C", مایل، یا "D" مایل(شکل 30) و یا حتی در مواردی به صورت "U" دیده شود(که آن را ماه خندان می نامند، شکل 30). چگونه می توان این پدیده را توضیح داد؟ ما از نشانگر ماه برای درک تفاوت ظاهری ماه در عرض های مختلف استفاده خواهیم کرد.

شکل 28: فازهای ماه

شکل 29: فازهای ماه مشاهده شده بر فراز افق

اگر بخواهیم که حرکات ماه را بررسی کنیم، می بایست، موقعیت آن را نسبت به خورشید (علت تشکیل اهله) و میل آن (که روزانه تغییر می کند و سریع تر از خورشید است) را در نظر بگیریم. ما باید نشانگری بسازیم که به دانش آموزان امکان تغییر موقعیت ماه نسبت به خورشید ومیل که در طول یک ماه متفاوت است را به آسانی فراهم کند. در واقع، به صورت ماهانه مشاهده می کنیم، که ماه در زمینه ی ستارگان همان مسیری را طی می کند که خورشید در طول یک سال طی می کند که با نام دایره البروج شناخته می شود(البته مدار ماه با آن 5° زاویه دارد).

ماه نو زمانی رخ می دهد که ماه در راستای خورشید قرار بگیرد، حال اگر ماه در نقطه ای مخالف از دایره االبروج قرار بگیرد، ماه کامل رخ می دهد، در این حالت میل آن برعکس خورشید است(در حدود 5 درجه شمالی یا جنوبی). برای مثال در انقلاب تابستانی، ماه کامل در موقعیتی قرار دارد که خورشید در انقلاب زمستانی در آن حضور دارد، در این حالت میل آن منفی است(بین -29° و-18°). حرکت روزانه ماه کامل در ماه خرداد تا تیر مانند حرکت خورشید در ماه های آذر تا دی است.

اگر در نیم کره ی شمالی هلال "D" شکل ماه را در نظر بگیریم (و "C" شکل در نیم کره ی جنوبی)، می دانیم که ماه با خورشید زاویه نسبی 90 درجه دارد. با این حال در مسیر دایره البروج از خورشید دور است (در حدود سه ماه اختلاف). در ماه های خرداد تا تیر، هلال ماه میلی نزدیک به میل خورشید در آذر تا دی را دارد (0°). در ماه های آذر تا دی، میلی نزدیک به میل خورشید در شهریور تا مهر (-23.5° و... .

شکل 30: سمت چپ: ماه کج، سمت راست: ماه لبخندی.

ساخت نشانگر

نشانگر ماه به همان روش ساختن نشانگر خورشید ساخته می شود. مانند قبل، ما به یک مدل برای شبیه سازی مشاهدات در نیم کره ی جنوبی و یک مدل دیگر برای نیم کره ی شمالی نیاز داریم (شکل 13 و 14 برای نیم کره ی شمالی و شکل 13 و 15 برای نیم کره ی جنوبی). به عنوان یک پیشنهاد خوب، می توان یک مدل بزرگ تر برای استفاده ی معلم ساخت.

از شبیه ساز خورشید استفاده کنید و یک ماه کاهنده (برای نیم کره ی شمالی "C" و برای نیم کره ی جنوبی به شکل "D") به جای خورشید قرار دهید و با توجه به دستورالعمل زیر یک شبیه ساز ماه بسازید.

برای قرار دادن ماه بر روی نشانگر، شکل 31 (ماه تربیع) را برش دهید و مانند ساختن خورشید، آن را روی یک گیره کاغذ بچسبانید(شکل 12 یا 14 با توجه به نیم کره). ایده ی اصلی این کار این است که به راحتی بتوان بین ماه های انتخابی حرکت کرد.

شکل 31: چپ: استفاده از نشانگر، راست: ماه تربیع

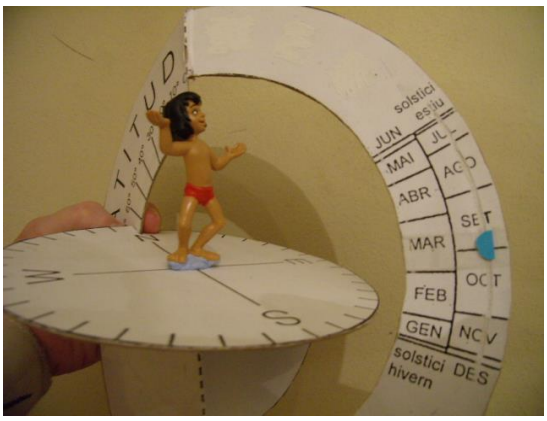
استفاده از نشانگر ماه

برای استفاده از این نشانگر در ابتدا می بایست عرض جغرافیایی را انتخاب کرد. ما می توانیم به کمک این نشانگر سفری مجازی به نقاط مختلف زمین داشته باشیم.
به کمک دست چپ خود بخش اصلی نشانگر که دارای قسمت سفید است(زیر بخش اعداد عرض جغرافیایی) را بگیرید(شکل32). عرض جغرافیایی را انتخاب کنید و صفحه ی افقی را حرکت دهید تا به عرض انتخابی برسد. روزی که می خواهید حرکت ماه کاهنده را شبیه سازی کنید، انتخاب کنید. سه ماه به مقدار آن اضافه کنید و ماه که در فاز تربیع چهارم (شکل 31) است را در آنجا قرار دهید. این ماه، که ماه در آن حضور دارد، جایی است که خورشید در سه ماه بعد در آن خواهد بود. از دست راست خود برای حرکت شرق به غرب صفحه ای که ماه بر روی آن قرار دارد، استفاده کنید.

به کمک شبیه سازی در نیم کره ی شمالی، شما می توانید تغییرات تربیع چهارم ماه همراه با عرض جغرافیایی و زمان را در طول سال مشاهده کنید. از منظر رصدگر(عروسک)، هلال کاهنده ی تربیع چهارم ماه می تواند به صورت "C" و "U" بر بالای افق ظاهر شود.

- اگر عرض حدود 70^{o} شمالی یا جنوبی انتخاب کنیم، می بینیم که تربیع ماه به صورت a"C" از شرق به غرب حرکت می کند. اینکه در کدام زمان از سال باشد، چندان مهم نیست، برای همه ی فصل ها به صورت "C" دیده می شود(شکل 32)
- اگر عرض انتخابی 20^{o} شمالی یا جنوبی باشد، ناظر در نزدیکی استوا است و ماه را به صورت ماه لبخندی "U" می بینیم. ماه در مقایسه با مثال قبل، در امتداد خطی که به افق عمودتر است، حرکت می

کند (شکل 32). شکل "U" با تغییر ماه تغییر نمی کند و در کل سال به همین شکل دیده می شود.
اگر عرض 90º شمالی یا جنوبی باشد، ناظر در قطب حضور دارد ، با توجه به اینکه در کدام روز سال باشد یکی از دو حالت زیر رخ می دهد:
-ماه در حالی که در امتداد افق حرکت می کند به صورت "C" دیده می شود.
-به علت اینکه مسیر حرکت در زیر افق است، نمی توانیم ماه را ببنیم.
-
اگر عرض 0º باشد، ناظر در استوا است و ما می توانیم ماه را به صورت "U" ماه لبخندی می بنیم. ماه عمود بر افق طلوع و غروب می کند. با شکل "U" ناپدید می شود (در ظهر) و با شکل برعکس "∩" بازخواهد گشت.



شکل 32: سمت چپ: نشانگر برای عرض 70º N، سمت راست: نشانگر برای عرض 20º S.

برای کسانی که در عرض های میانی زندگی می کنند، تربیع ماه با زاویه کمتر یا بیشتری طلوع می کند، و شکل آن بین "U" و "C" خواهد بود.

نظرات بالا را به صورت مشابه برای ماه در حالت "D" شکل نیز می توان انجام داد. حتما به یاد داشته باشیم که به هنگام قرار دادن در جایگاه خورشید، عدد صحیح روز را انتخاب کنیم (در این مورد می بایست سه ماه کم کرد).

اگر عرض 70- ° (یا 70 ° جنوبی) باشد، ما می توانیم ببنیم که ماه به صورت "D" خواهد بود که از شرق به غرب حرکت می کند. این امر به اینکه در کدام روز از سال باشد، بستگی ندارد. در همه ی فصل ها ماه به صورت "D" دیده می شود (شکل33)

اگر عرض انتخابی 20- ° باشد (شکل 32)، ناظر در نواحی استوایی قرار دارد و ماه لبخندی "U" با کمی تمایل دیده می شود. ماه برخلاف

مثال قبلی به صورت عمود بر افق در مسیر خود حرکت می کند (شکل 32). شکل "U" با توجه ماه های سال تغییر نمی کند.

اگر عرض انتخابی ,° 90 – باشد، ناظر در قطب جنوب قرار دارد و با توجه به زمان یکی از دو حالت زیر را می توان دید:

- مشاهده ی ماه به صورت "D" که در امتداد افق حرکت می کند.
- با توجه به اینکه مسیر در زیر افق است نمی توان ماه را مشاهده کرد.

اگر عرض 0^o باشد، به مانند شبیه سازی نیم کره ی شمالی ناظر در استوا است و ما می توانیم ماه را به صورت "U" ماه لبخندی ببینیم. ماه عمود بر افق طلوع و غروب می کند. با شکل "U" ناپدید می شود (در ظهر) و با شکل برعکس "∩" بازخواهد گشت.

برای کسانی که در عرض های میانی زندگی می کنند، ماه در موقعیتی بین شکل آن بین "U" و "D" طلوع و غروب خواهد کرد و کم و زیاد شدن تمایل آن وابسته به عرض جغرافیایی ناظر است.

نظرات بالا را به صورت مشابه می توان وقتی که ماه به شکل "C" است، اجرا کرد و دوباره سه ماه از موقعیت خورشید کم می کنیم.

قدردانی: نویسندگان
از *Joseph Snider* به علت ساخت ابزار خورشیدی در سال 1992، که برای ساخت نشانگرها از آن الهام گرفته اند، کمال تشکر را دارند.

کتابشناسی

- Ros, R.M., *De l'intérieur et de l'extérieur*, Les Cahiers Clairaut, 95, 1, 5. Orsay, France, 2001.
- Ros, R.M., *Sunrise and sunset positions change every day*, Proceedings of 6th EAAE International Summer School, 177, 188, Barcelona, 2002.
- Ros, R.M., *Two steps in the stars' movements: a demonstrator and a local model of the celestial sphere*, Proceedings of 5th EAAE International Summer School, 181, 198, Barcelona, 2001.
- Snider, J.L., *The Universe at Your Fingertips*, Frankoi, A. Ed., Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 1995.
- Warland, W., *Solving Problems with Solar Motion Demostrator*, Proceedings of 4th EAAE International Summer School, 117, 130, Barcelona, 2000.