افق محلی و ساعت آفتابی

Rosa M. Ros
International Astronomical Union, Technical University of Catalonia
(Barcelona, Spain)

چکیده

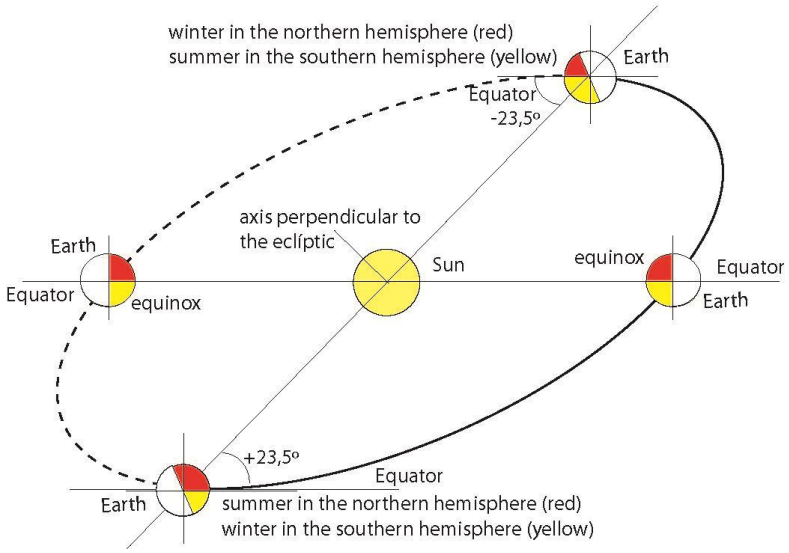
تدریس و آموزش افق و مفاهیم مرتبط به آن در ابتدای مسیر یادگیری نجوم به دانش آموزان امری دشوار است. برای این منظور، در هر مرکز آموزشی می بایست مدل های ساده ای ساخته شود تا مطالعه، تدریس و درک این مباحث را آسان تر کند. در اینجا مدلی ساده از ساعت استوایی ارائه شده است. می توان مدل های دیگری نیز (افقی و عمودی) ساخت.

اهداف:

- درک صحیح از حرکت روزانه و سالانه خورشید.
- درک صحیح از حرکت گنبد آسمان
- آشنایی با ساختار ساعت آفتابی

زمین می چرخد و می گردد

همان طور که می دانید، زمین حول محور خود می چرخد ، که نتیجه ی آن پیدایش روز و شب است. محور چرخش همان چیزی است که ستاره شناسان باستان آن را محور زمین می نامیدند زیرا به نظر می رسید که آسمان به دور این محور حرکت می کند (آسمان روز و آسمان شب). اما زمین در یک مدار بیضی می چرخد و خورشید در یکی از کانون های آن قرار دارد. به صورت تقریبی این مدار را می توان دایره ای در نظر گرفت. (از آنجا که خروج از محورمدار بیضی زمین تقریبا صفر است ، یعنی مدار تقریباً یک دایره است)



شکل 1: نمایی از حرکت انتقالی زمین. زاویه بین خط استوای زمین و سطح دایرة البروج 23.5^{o} است. زاویه بین محور زمینی چرخشی و محور عمود بر صفحه دایره البروج 23.5^{o} است.

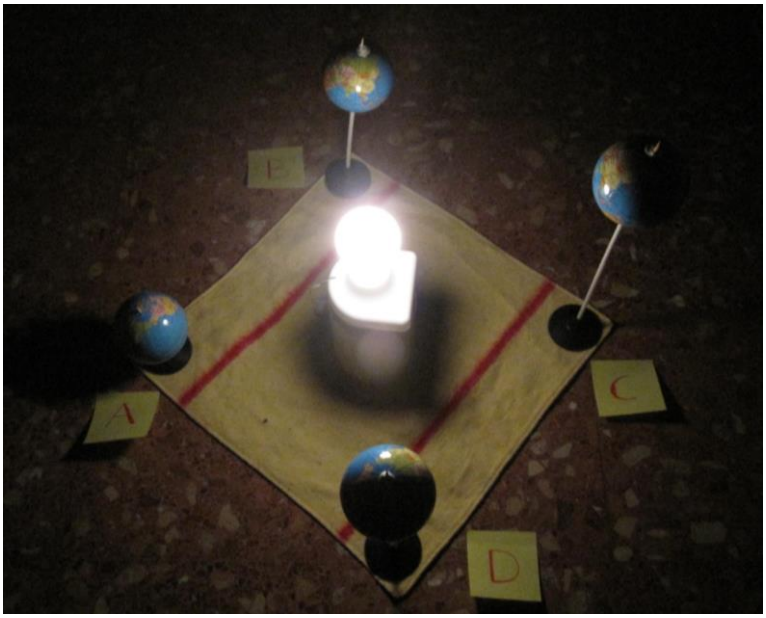
یک سال زمان نیازاست تا زمین یک دور کامل در مدار خود به دور خورشید بگردد ، زمین این گردش را در یک صفحه انجام می دهد که به آن صفحه دایره البروج می گویند، این صفحه عمود بر محور چرخشی زمین نیست و مقداری تمایل دارد. زاویه بین محور چرخشی زمین و محور عمود بر صفحه دایره البروج 23.5^{o} است. به همین ترتیب ، زاویه بین سطح استوای زمین و صفحه دایره البروج 23.5^{o} است (شکل 1). این تمایل باعث پیدایش فصول می شود. برای تجسم این پدیده می خواهیم یک مدل کوچک بسازیم (شکل 2).

برای نشان دادن این پدیده از چهار کره و یک لامپ به نمایندگی از خورشید که در مرکز قرار دارد، استفاده می کنیم. خوب است که استوا و قطب ها را روی سطح زمین ترسیم کنیم تا مشخص باشند. سپس با توجه به اندازه کره ای که داریم، فواصل را برای ساخت مدل تنظیم می کنیم. در اینجا ما ، از کره هایی با قطر 8 سانتی متر استفاده می کنیم. یک تکه سفره یا کاغذ کوچک مربعی که طول قطر آن تقریباً 25 سانتی متر است را تهیه می کنیم. سپس از 4 چوب به ترتیب با ارتفاع های 3، 15 ، 25 و 15 سانتی متر استفاده کرده و چهار کره را به شکل متقاطع قرار داده ایم (هر یک در جلوی دیگری ، شکل 2). مقادیر به گونه ای محاسبه شده اند که شیب صفحه استوا نسبت به صفحه دایره البروج در حدود 23^{o} باشد.

شکل 2الف، 2ب و 2 پ: توزیع چهار کره که نمایانگر زمین و لامپی که خورشید را نشان می دهد ، موقعیت های نسبی آن ها باید به گونه ای باشد که خطی که از مرکز خورشید و مرکز کره می گذرد(صفحه دایره البروج)، با سطح زمین زاویه 23° بسازد.

ما مدل را در یک اتاق تاریک قرار می دهیم و لامپ را روشن می کنیم (می توان از شمع به جای لامپ استفاده نمود ، اما دقت کنید که ارتفاعات نسبی را به درستی رعایت کنید). بدیهی است که کره در موقعیت A در نیمکره شمالی از نور بیشتری نسبت به کره در موقعیت C برخوردار است (شکل 3) ، در حالی که منطقه روشن شده نیمکره جنوبی در C بیشتر از A است. در موقعیتهای B و D ، هر دو نیمکره به یک اندازه روشن هستند. به این حالت اعتدال بهاری و پاییزی گفته می شود. در مواقعی که نیم کره روشنایی بیشتری دارد می گوییم تابستان است و وقتی کمتر است ، زمستان است. در نتیجه وقتی زمین در موقعیت A قرار دارد ، در نیمکره شمالی تابستان و در نیمکره جنوبی زمسستان است.

هنگامی که زمین در موقعیت C قرار دارد ، درنیمکره شمالی زمستان و در نیمکره جنوبی تابستان است.



شکل 3: مدل حرکت انتقالی که فصل ها را توضیح می دهد. هنگامی که زمین در موقعیت Aقرار دارد در نیمکره شمالی تابستان و در نیمکره جنوبی زمستان است. هنگامی که زمین در موقعیت C قرار دارد ، در نیمکره شمالی زمستان و در نیمکره جنوبی تابستان است. و هنگامی که زمین در موقعیت های D و B قرار دارد ، نیم کره ها به یک اندازه روشن می شوند و اعتدال برقرار می شود و طول شب وروز برابر است.

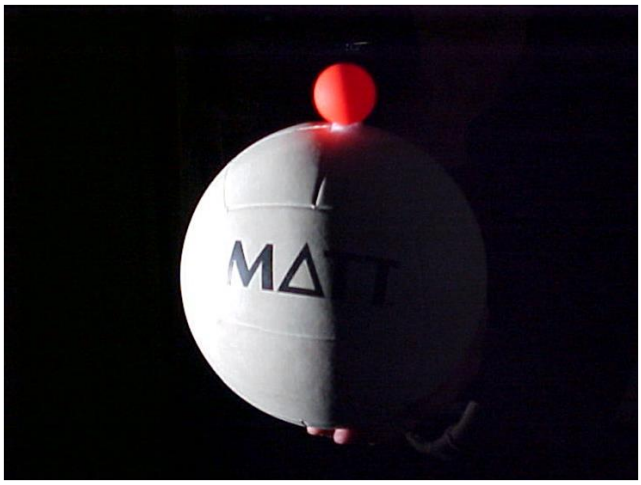
این مدل فرصت ارزشمندی را برای مطالعه فراهم می کند زیرا اگر تصور کنیم فردی در یکی از نیمکره ها زندگی می کند ، خواهیم دید که او با توجه به هر فصل خورشید را در ارتفاع متفاوتی خواهد دید. به عنوان مثال اگر شخصی را در نیم کرده ی شمالی در نظر بگیریم، اگر این فرد در موقعیت A قرار داشته باشد ، او خورشید را در23.5° بالای صفحه استوای آسمان می بیند (شکل 4الف). اما اگر او در نیمکره شمالی و در موقعیت C قرار داشته باشد ، خورشید را در زیر استوا و در زاویه 23.5°- مشاهده می کند (شکل 4ب). وقتی او در موقعیت های B و D قرار دارد ، او خورشید را دقیقاً روی استوا ، یعنی 0 درجه بالای استوا ، می بیند.

شکل 4ب : نیمکره شمالی در موقعیت C زمستان است و زاویه خورشید 23.5° زیر استوا است. با این حال ، در نیمکره جنوبی تابستان است.

شکل 4الف: نیمکره شمالی در موقعیت A تابستان است و خورشید 23.5° بالاتر از استوا قرار دارد. در حالی که در نیمکره جنوبی زمستان است.

زمین موازی

شرایط مدل قبلی که با نام "مدل زمین از خارج" آن را می شناسیم ، از روی زمین قابل مشاهده نیست. در حقیقت ، این امر بسیار غیرممکن است زیرا ما روی زمین قرار داریم و فقط یک فضانورد از سفینه فضایی می تواند زمین را از خارج ببیند. اما یک راه حل ساده وجود دارد که به شما امکان می دهد هر روز و هر ساعت زمین را از خارج دیده و روشن شدن سطح آن را مشاهده کنید. بیایید از مدل زمین موازی استفاده کنیم. مدلی که در آن یک کره به عنوان زمین توسط منبع مشابه، یعنی خورشید روشن می گردد.



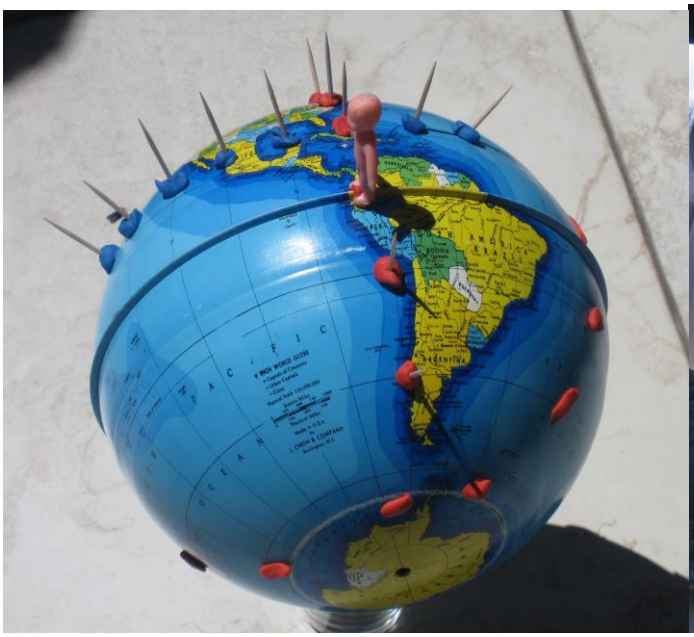
شکل 5: یک نورافکن دو توپ را به یک روش روشن کرده و نواحی تاریک و روشن را ایجاد می کند

اگر یک نورافکن به دو کره بتابد، مناطق روشن و سایه ای که در هر دو کره تولید می شود به صورت یکسان خواهد بود(شکل 5) ، بنابراین اگر ما یک کره را در جهت صحیح قرار دهیم، روشنی آن کره شبیه به کره ای است که بر روی آن قرار دارد یعنی زمین! در واقع ما می توانیم مانند یک فضانورد که در فاصله ای بسیار دورتر از ISS قرار دارد به زمین نگاه کنیم.

طبق معمول ما از کره ی بدون پایه استفاده خواهیم کرد ، و آن را روی یک لیوان قرار می دهیم و محور چرخش کره را در همان جهتی که واقعاً محور زمین قرار دارد، می گذاریم(از قطب نما برای پیدا کردن شمال-جنوب کمک استفاده کنید). همچنین باید کره را طوری بچرخانیم که موقعیت شهر ما در بالای کره قرار داشته باشد ، زیرا ، در هر کجای دنیا که زندگی می کنیم ، اگر روی سطح زمین به هر جهتی کیلومترها حرکت کنیم و در هر مکانی که می خواهیم بایستیم بالاخره روی سطح کره زمین قرار داریم . بنابراین موقعیت ما همیشه در بالای کره است.

حال ما برای پیدا کردن جهت شمال و جنوب از قطب نما استفاده خواهیم کرد و شهر خود را در بالاترین موقعیت روی کره قرار می دهیم (شکل 6a) برای اینکه مطمئن شویم کره به طور صحیح قرار گرفته است ، می توانیم یک مداد را بر روی شهر در سطح کره قراردهیم، اگر مداد در بالای آن قرار گیرد و سقوط نکند کره در جهت مناسب قرار دارد، اما اگر مداد افتاد باید تا زمانی که مداد بایستد،کره را بچرخانیم. ما می توانیم با قرار دادن یک عروسک ، به عنوان ناظر این موقعیت را نشان دهیم (شکل 6b).

به کمک خاک رس ، ماژیک و نوارچسب رنگی" می توانیم خط مرزی سایه-روشن را مشخص کنیم و ببینیم که با گذشت ساعت ها چگونه به آهستگی در سطح کره زمین حرکت می کند تا زمان شب فرا برسد. ما می توانیم تکه های کوچکی از چوب را به عنوان شاخص قرار دهیم و تغییرات سایه در طول روز را بررسی کنیم. در نتیجه حرکت چرخشی زمین را بهتر می توان درک کرد (شکل 6ب).



شکل6الف : در این مدل از پایه های معمولی کره استفاده نمی کنیم.. باید کره را در محیط باز و روی یک لیوان به صورت مایل قرار دهیم. همچنین مکانی که ما در آنجا هستیم در بالا قرار داشته باشد تا یک مدل واقعی باشد. شکل6ب : می توان یک عروسک را روی موقعیت مورد نظر قرار داد و از خاک رس برای مشخص کردن مرز سایه – روشن استفاده نمود. با گذشت چند ساعت مرز سایه_روشن جابه جا می شود. همچنین می توان چند تکه چوب کوچک بر روی کره قرار داد و سایه های بوجود آمده را بررسی کرد.

شکل 7الف : در نیمکره شمالی ، قطب شمال در منطقه آفتابی قرار دارد ، بنابراین به معنای تابستان برای این نیمکره است و ما پدیده خورشید نیمه شب را مشاهده می کنیم. در نیمکره جنوبی قطب جنوبی در سایه قرار دارد، بنابراین آنجا زمستان است. شکل 7ب : قطب شمال در سایه است ، بنابراین در نیم کره شمالی زمستان است. در نیمکره جنوبی قطب جنوب روشن بوه و بنابراین در آن نیم کره تابستان است. شکل 7b : در روز اول بهار یا روز اول پاییز خط جدا کننده روز و شب از هر دو قطب عبور می کند.

اما جالب ترین نکته در شبیه سازی حرکت انتقالی این است، که به کمک این مدل می توان چگونگی جابه جایی خط سایه روشن را در طول سال تجسم کرد. بنابراین می توان تابستان (شکل 7a)، زمستان (شکل 7b) و اعتدالین (شکل 7c) را مانند مدل چهار کره که در ابتدا ساختیم، مشاهده کرد (شکل 3)

اما پس از استفاده از این دو مدل، ضروری است که مدل واقعی را برای ناظری که روی زمین قرار دارد و حرکت ستارگان را هر روز نسبت به افق مشاهده می کند، توضیح داد. مدل ما، یک مدل براساس افق محلی ناظر است؛ یعنی مدلی براساس مشاهده های واقعی ناظر.

رصد

معلمان رشته های مختلف علمی (مکانیک ، برق ، شیمی ، زیست شناسی و ...) تمایل دارند بگویند که کار در یک مرکز علمی بدون آزمایشگاه امکان پذیر نیست. از این لحاظ معلمان ستاره شناسی باید خوشحال باشند زیرا همیشه آزمایشگاه نجومی دارند که در دسترس است. همه موسسات و مدارس محوطه ای دارند که دانش آموزان درآن بازی می کنند: زمین بازی در فضای باز یا حیاط. اما این مکان ها، تنها محلی برای بازی کردن نیستند ، بلکه آزمایشگاه های ستاره شناسی نیز هستند: بنابراین ما در هر مدرسه یا موسسه به یک آزمایشگاه عظیم ستاره شناسی دسترسی داریم و این یک فرصت ارزشمند است.

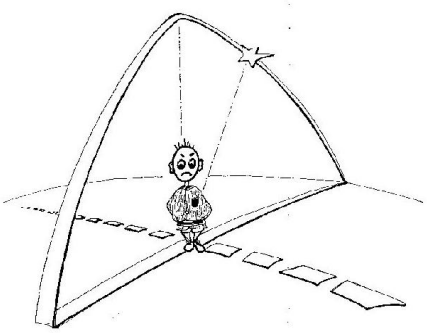
شکل 8: تصور کلاسیک از کره سماوی

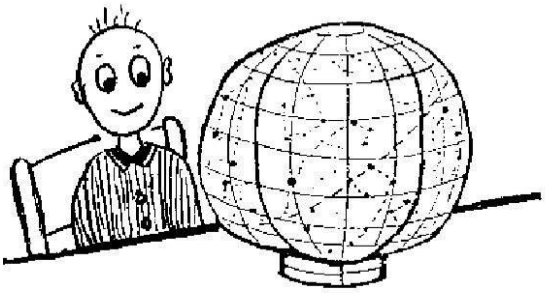
اما مشکل وقتی بروز می کند که دانش آموز از حیاط مدرسه برای انجام فعالیتهای عملی نجوم استفاده می کند، و هیچ ارتباطی بین آموزه های معلم در مورد کره ی سماوی در کلاس درس و در زیر آسمان پیدا نمی کند.

وقتی که معلم به صورت تئوری روی تخته سیاه و یا با استفاده از مدل ها در مورد نصف النهارها و مدارها یا مختصات ، صحبت می کند ، معلم تصاویری مانند شکل 8 را ارائه می دهد. این مباحث خیلی سخت نیست و دانش آموزان بدون مشکل آن را درک می کند. زیرا مشابه شکل هایی هست که دانش آموزان قبلا با چشمان خود دیده اند و از نمونه های آن ها در درس جغرافیا استفاده کرده اند (شکل 9).

مشکلات از زمانی شروع می شود که ما در حال مشاهده آسمان هستیم و هیچ خطی در آنجا وجود ندارد. مشاهده محور چرخش زمین امکان پذیر نیست و یافتن مرجع در آسمان واقعاً کار آسانی نیست. حال مشکل اصلی این است که در کلاس درس دانش آموز درون کره سماوی است، اما اطلاعاتی را که ما به دانش آموز ارائه داده ایم بر این اساس است که از بیرون به آسمان بنگرد. ، بنابراین ، درک این شرایط جدید کار ساده ای نیست (شکل 10).

بدیهی است که پس از این، باید به فکر تغییر نحوه ی ارائه ی خود در کلاس درس برای دانش آموزان باشیم. می توان توضیحات را از دید ناظری که درون کره سماوی قرار دارد بیان کرد، در این صورت، این روش ساده تر بوده و به شرایط واقعی ناظر نیز نزدیک تر است، اما بیان مطالب تنها به این روش کافی نیست. دانش آموزان باید بتوانند هر کتاب نجومی را مطالعه کنند و مفهوم کره ی سماوی از دید ناظر بیرونی که در کتاب های علمی از آن بسیار استفاده شده است را درک کنند. در این شرایط می توان به فکر ساختن الگویی برای دانش آموزان بود که امکان مقایسه هر دو دیدگاه را فراهم می کند و همچنین "باعث می شود خطوط آسمان قابل رویت بوده" و درک بهتری از افق را ارائه می دهد.

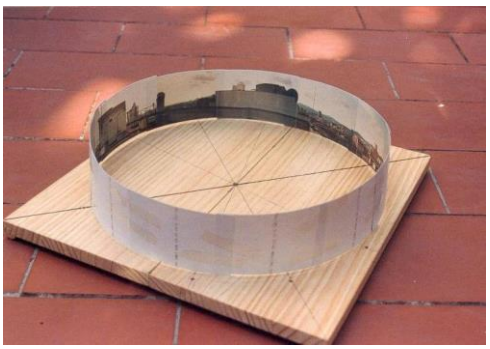


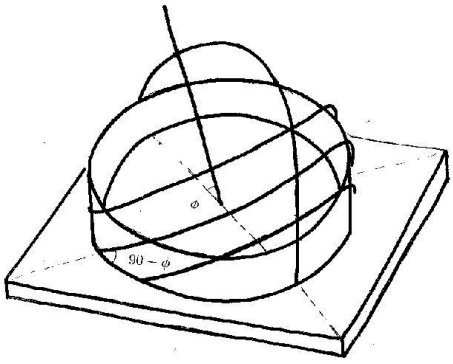


شکل 10: کره سماوی از دید ناظر بیرونی
شکل 9: کره سماوی از دید ناظر درونی

مدل افق محلی

برای ساختن این مدل ما با گرفتن عکس از افق شروع می کنیم. گرفتن عکس از افق با دوربین و سه پایه از هر مکانی ماند حیاط مدرسه - اگر ساختمانها به ما اجازه دهند - یا حتی بالکنی با افق باز ، بسیار ساده است. (ما موقعیت سه پایه را با رنگ یا گچ بر روی زمین مشخص خواهیم کرد). انتخاب مکان مناسب بسیار مهم است ، زیرا ایده اصلی این است که در طی هر مشاهده ، مدل را در آنجا مستقر کنیم. هنگام گرفتن عکس ها ، لازم است که هر عکس یک قسمت مشترک با عکس بعدی داشته باشد ، و سپس می توان همه عکس ها را زنجیروار به هم وصل کرده تا تصویر افق را به صورت یک تصویر پارانورما داشته باشیم. در واق در اولین گام شما باید یک تصویر کامل و پانوراما از محل خود تهیه کنید.

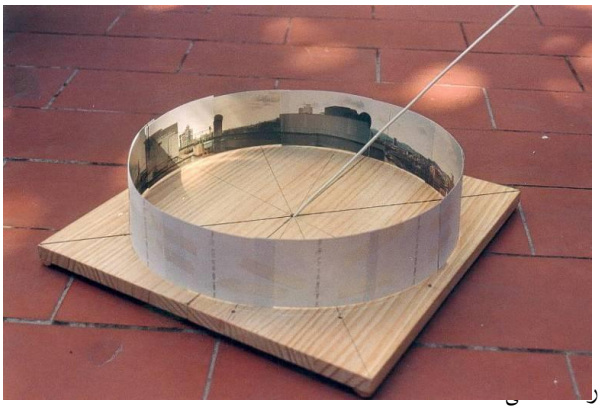


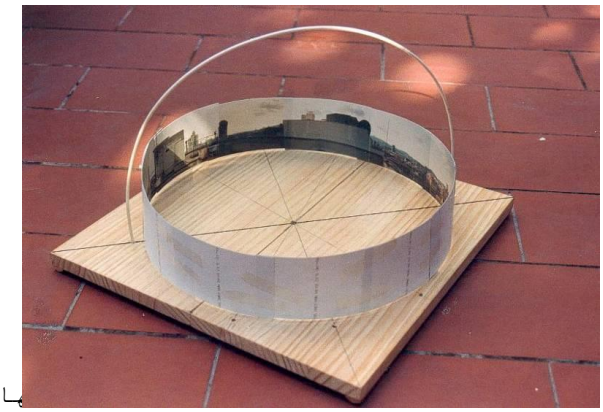


شکل 12: مدلی که افق و محور قطبی را نشان می دهد
شکل 11: افق محلی.

پس از تهیه عکس ها، آن ها را به ترتیب و با توجه به افق واقعی بر روی پایه ی چوبی قرار می دهیم.
سپس محور چرخش زمینی را به آن اضافه می کنیم. برای این منظور، با در نظر گرفتن عرض جغرافیایی محل ، یک شاخص را با شیب (عرض جغرافیایی) محل در مدل قرار می دهیم (شکل 12).
از آنجا که این مدل با توجه به افق محلی تنظیم می شود. (شکل 13). به راحتی می توان جهت شمال و قطب شمال را معرفی کرد. بعداً ، ما می توانیم خط یمستقیم از شمال-جنوب را در مدل و همچنین در زمین یا در بالکنی که در آن عکس گرفته ایم بکشیم (با همان روش معمولی که قبلا خط شمال – جنوب را مشخص می کردیم). کشیدن این خط بسیار مهم است زیرا هر بار که از این مدل استفاده می کنیم ، به ناچار

باید جهت گیری کنیم و داشتن این خط برای تسهیل کار بسیار مفید است. (می توانیم با یک قطب نما، جهت این مسیر را تأیید کنیم.)





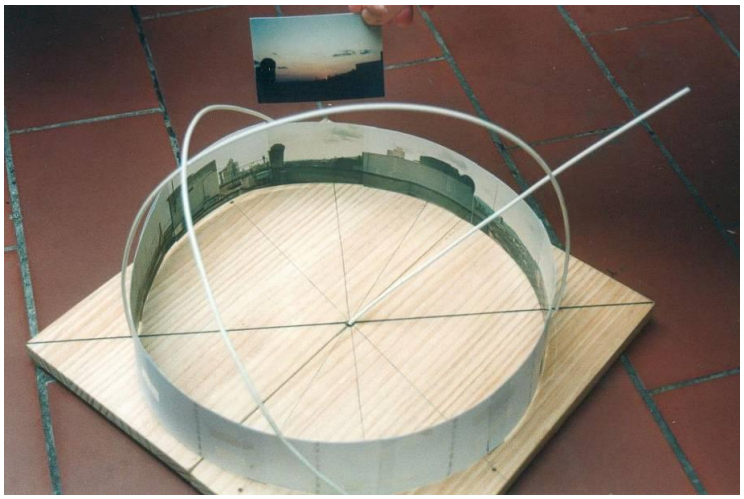
مرحله بعدی کار تعیین نصف النهار مکان است. مشخص کردن نصف النهار محلی بسیار آسان است ، اما شبیه سازی و تحلیل آن برای دانش آموزان یک کار ساده نیست (شاید به این دلیل که هر کس نصف النهار خود را دارد). ما می توانیم روی مدل یک سیم را که ازنقاط شمال و جنوب و همچنین محور زمین می گذرد نصب کنیم (شکل 14). در واقع این سیم نشانگر نصف النهار مکان در مدل است ، که به ما اجازه می دهد تا خط نصف النهار محلی را در آسمان تصور کنیم. اکنون تصور نصف النهار به سادگی امکان پذیر است زیرا در همان مکان هایی وجود دارد که دانش آموز در مدل می بیند. نصف النهار محلی از همان ساختمانی که در عکس و در افق واقعی وجود دارد شروع می شود و پس از عبور از بالای سر ، به همان ساختمانی که در عکس مشخص است و برای دانش آموزان آشنا است.

معرفی استوای سماوی پیچیده تر است. یک روش بیان این است که استوا خطی شرقی - غربی است. اما این تعریف چندان سودمند نیست. برای این منظور دوباره به عکاسی رو می آوریم،پس دوربین و سه پایه را در همان محلی که از افق عکس گرفته بودیم، قرار می دهیم(این همان دلیلی است که ما مکان عکاسیمان بر روی زمین را نشانه گذاری کردیم) به کمک دوربین ، از طلوع و غروب خورشید در اولین روز بهار و پاییز عکس می گیریم. در این حالت دو عکس از موقعیت دقیق جهت های شرق و غرب در افق خواهیم داشت که با توجه به عکس ها در بالای افق واقعی قراردارد.

با استفاده از یک سیم عمود بر محور چرخش زمین، استوای سماوی را شبیه سازی می کنیم. این سیم در جهت شرقی و غربی بسته می شود (در صفحه افقی که عمود بر راستای شمال - جنوب است). با این وجود ، ثابت کردن این سیم بر روی سیمی که نماد محور چرخش است کار ساده ای نیست، زیرا محور چرخش مایل است و بدیهی است که استوا نیز مایل می شود. اما حالا این سوال ایجاد می شود که این تمایل برای چیست.
ما در روز اول بهار یا تابستان چهار، پنج عکس از طلوع آفتاب می گیریم. عکس گرفتن از خورشید هنگامی که در آسمان ارتفاع گرفته باشد،خطرناک است ، اما در هنگام طلوع یا غروب خورشید چون جو زمین مانند یک فیلتر عمل می کند، ایمن است. ما با استفاده از نرم افزار مناسب همه عکس ها را بر روی هم قرار می دهیم(از یک مرجع به عنوان افق استفاده می کنیم)، حال می توان مایل شدن خورشید را در افق نشان داد. این تصویر میزان شیبی که لازم است سیم استوایی ما در مدل داشته باشد را مشخص می کند (شکل 16). با استفاده از دو عکس در جهت های شرقی و غربی ، می توان میزان تمایل رد ستاره ها در استوا را نیز مشخص کرد. بنابراین می توان سیمی را که نماد

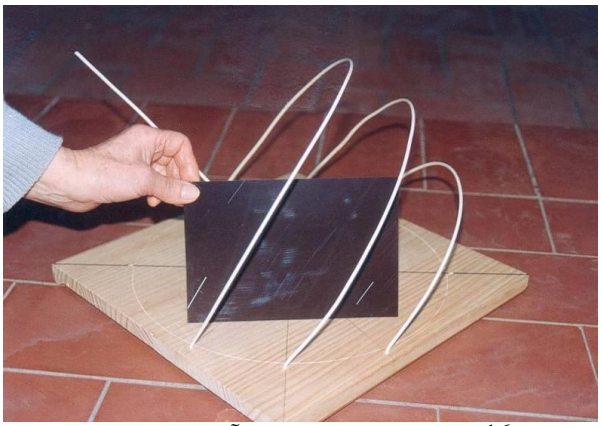
استوای سماوی است در جای خود قرار داد. اکنون نقاط ثابت و همچنین میزان شیب ها را می دانیم ، بنابراین می توان سیم استوای سماوی را روی قاب چسبانده و نصف النهار محلی را نیز ثابت نگه داشت (شکل 16).

اگر خورشید را به عنوان یک ستاره معمولی در نظر بگیریم (خورشید به علت نزدیکی، برای ما مهمترین ستاره است ، اما رفتار آن با ستاره های دیگر تفاوت چندانی ندارد) ، می توانیم تمایل مسیر ستاره ها را هنگام طلوع یا غروب بدست آوریم. برای این کار باید با توجه به افق دو عکس از این لحظات را در جهت های شرق و غرب بگیریم (شکل 17).

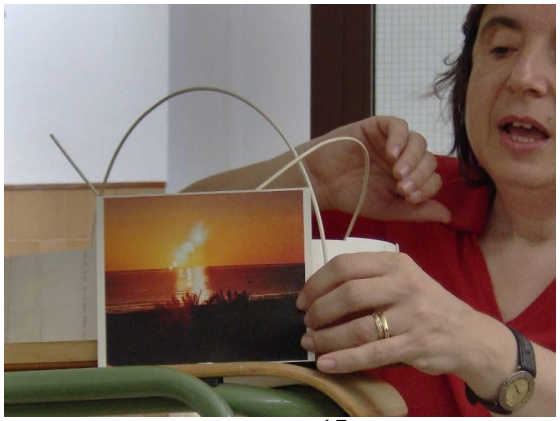


شکل 15: مکان غروب آفتاب در اعتدال بهاری یا پاییزی

ممکن است تهیه عکس های گفته شده در پاراگراف قبل، به علت آلودگی نوری در شهر ها امکان پذر نباشد. برای این منظور به حومه شهر رفته و به مدت 10 دقیقه برای عکس مورد نظر نوردهی می کنیم. حتما در نظر داشته باشید که دوربین شنا با افق تراز باشد.
به کمک دوربین عکاسی با نوردهی به مدت 15 دقیقه از بخش های مختلف نصف النهار مکان از افق شمالی تا افق جنوبی عکس می گیریم. اگرچه نصف النهار مکان در این محل با نصف النهار مکان در مدرسه متفاوت است، اما این تفاوت اندک و قابل چشم پوشی است.



شکل 16: مسیر از طلوع آفتاب



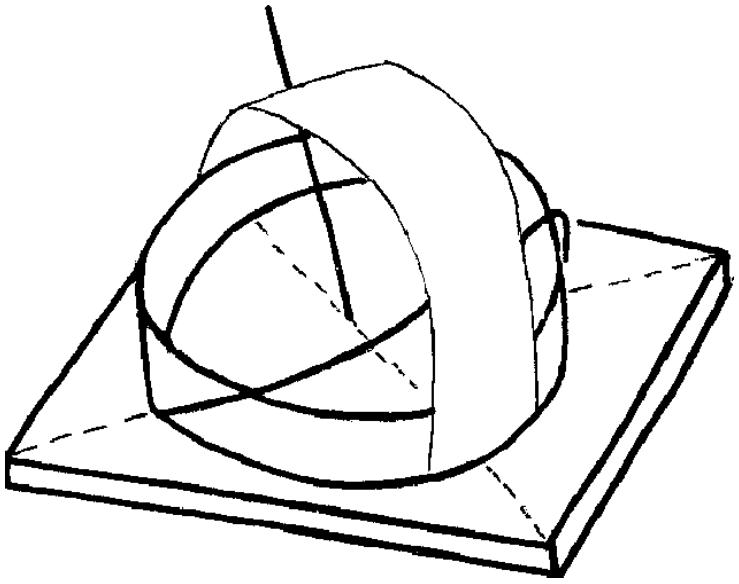
شکل 17 : مسیر ستارگان در شرق

از این فرصت برای جمع آوری یک نمونه کار کوچک از مجموعه عکس ها استفاده کنید . به عنوان مثال ، شما می توانید یک عکس با نوردهی 15 دقیقه از یکی از قطب ها بگیرید ، تصویر دیگری از منطقه بالاتر و در امتداد نصف النهار محلی بگیرید ، عکس دیگری بعد از همان نصف النهار و.... تا زمانی که به تصویری که در افق است برسید. . پیشنهاد می شود که از همه طول نصف النهار مکان که از شمال به جنوب کشیده شده و از بالای سرمان عبور می کند، عکاسی کنیم. بدیهی است که نصف النهار محلی در منطقه که ما تصمیم به گرفتن عکس گرفتیم با مدرسه مشابه نیست، اما دانش آموزان می توانند به راحتی این تفاوت کوچک را درک کنند.

وقتی همه عکس ها را داریم ، می توانیم با همه آنها یک نوار نصف النهار بسازیم. با استفاده از این نوار ، دانش آموزان می توانند حرکت کره سماوی در اطراف محور چرخش زمین را بهتر درک کنند. جالب اینجاست که در هنگام عکس برداری با نوردهی طولانی ، طول مسیرهای طی شده توسط ستارگان متفاوت خواهد بود. حداقل طول در قطب و حداکثر آن در استوا قرار دارد. همچنین شکل آن ها نیز متفاوت می باشد. در خط استوا ، مسیر ستارگان به صورت خطی مستقیم می باشد. در حالی که در ناحیه نزدیک قطب ، بالای خط استوا خطوط منحنی به صورت مقعر و در زیر خط استوا خطوط منحنی به صورت محدب هستند. اگر پرینت کاغذی بزرگ از تصاویر تهیه کنیم، می توان نوارها را روی سر دانش آموزان گذاشت ، به آنها اجازه دهیم این حرکت را بهتر درک کنند.

می توان با گرفتن دو عکس در جهت شرق و غرب ، تمایل رد ستاره ها در خط استوا را متوجه شد، علاوه بر آن می توان محل سیم را که نمادی از استوای سماوی است را بدون مشکل پیدا کرد. ما نقاط مورد نظر برای سفت کردن سیم بر روی صفحه ی چوبی و شیب آن را می دانیم، بنابراین سیم را به صفحه ی چوبی و نصف النهار مکان وصل می کنیم (شکل11)

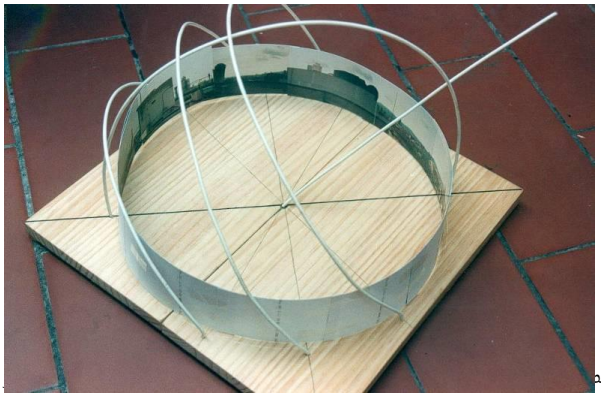
به سادگی می توان عکس های نصف النهار مکان را به صورت یک نوار بر روی مدل قرار داد. برای این منظور از تصاویر کپی تهیه کرده و در محل قطب شمال؛ سوراخی که نشانگر محور چرخش باشد، ایجاد نموده و آن را روی مدل قرار می دهیم. (شکل18) .

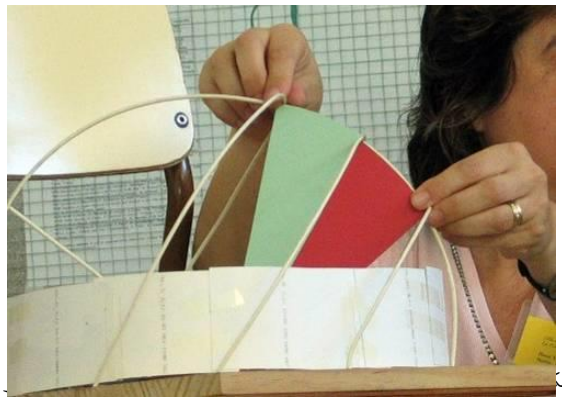


شکل 18: عکس های نصف النهار مکان

با استفاده از این مدل می توان امکان مشاهده کره سماوی را هم از داخل و هم از خارج به دانش آموزان داد.

اگر دوباره از طلوع و غروب خورشید در روز اول زمستان و تابستان عکس بگیریم ، دانش آموزان می توانند ببینند که مکان های طلوع و غروب خورشید در شهرشان به صورت شگفت آوری بسیار متفاوت است. همچنین می توانید به موزات استوا، مداراهای راس السرطان و راس الجدی را با شیبی مشابه، تنظیم کرد. با استفاده از یک نقاله ساده می توان دید که زاویه داخلی بین مدار راس السرطان و استوا در حدود 23^{o} است، این زاویه برای مدار راس الجدی و استوا نیز همین مقدار است. (شکل 19 و 20)

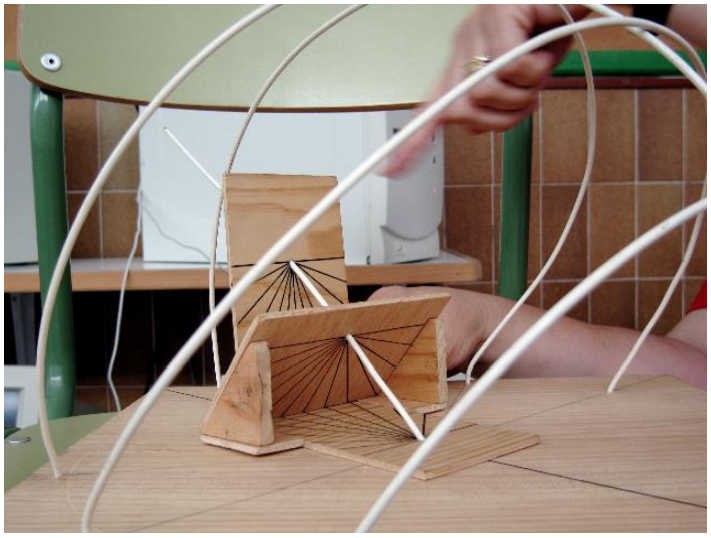




شکل 20: زاویه بین مسیر در روز اول دو فصل متوالی 23.5^{o} است

روز اعتدالین با هم منطبق هستند

برای دانش آموزان دانستن این که مکان طلوع وغروب خورشید همیشه دقیقا در شرق و غرب نیست، بسیار جالب است.
در کتاب های بسیاری بیان شده که خورشید در شرق طلوع و در غرب غروب می کند. اما به کمک این مدل دانش آموزان می توانند ببینند که تنها در دو روز از سال خورشید دقیقا از شرق طلوع و در غرب غروب می کند (شکل های 19 و 20)



شکل 21: یک مدل بزرگ ساعت آفتابی که سه نوع از آن را نمایش می دهد.

بنابراین ، به کمک این مدل دانش آموزان به صورت عملی و همزمان کره سماوی را از درون (کره واقعی) و از خارج کره (به کمک مدل) می بینند. با چنین مدلی، دانش آموزان می توانند محیط خود را بهتر درک کنند و سؤالات مربوط به آن را به راحتی حل کنند. آن ها همچنین می توانند منطقه ای که مربوط حرکت خورشید است (بین مدارهای مدل) را نشان دهند و آن را در آسمان و افق واقعی شهر خود تصور کنند. جهت یابی نیز برایشان به راحتی آب خوردن می شود.

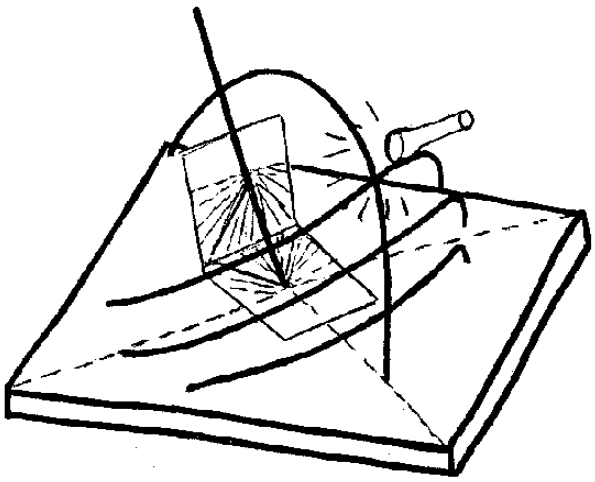
ساعت آفتابی

.
به سراغ یک مدل کاربردی دیگر یعنی، ساعت آفتابی می رویم. برای توضیح ساختار ساعت به روشی ساده و آموزشی، بهتر است فقط به افق و حرکت خورشید توجه کنیم. در ابتدا ؛ به آسانی متوجه می شویم که محور چرخش زمین به عقربه ساعت آفتابی تبدیل می شود.

اگر یک چراغ قوه را در راستای صفحه استوایی و بر روی مدار رأس السرطان حرکت دهیم ، می توانیم سایه عقربه ساعت آفتابی (شاخص نشانگرمحور چرخش زمین است) را ببینیم که از ربع چهارم استوایی می گذرد. از طرف دیگر ، هنگامی که چراغ قوه را در راس الجدی حرکت می دهیم ، سایه در ناحیه زیر صفحه ظاهر می شود و مشخص است که وقتی چراغ قوه روی استوا قرار می گیرد ، هیچ سایه ای تشکیل نمی شود. بنابراین ، به راحتی می توان تأیید کرد که ساعت استوایی در تابستان و بهار با نشان دادن ساعت بر روی صفحه کار می کند و در زمستان و پاییز، ساعت ها را در زیر آن نشان می دهند . همچنین این ساعت در دو روز از سال یعنی دو روز اعتدالین ، کار نمی کند.

با در نظر گرفتن صفحه استوایی ، افقی و عمودی (با جهت شرقی - غربی) می توانیم ببینیم که در سه ربع،(سه چهارم صفحه) چراغ قوه ساعت یکسانی را نشان می دهد (شکل 21). همچنین ساعت ها در صبح و بعد از ظهر در ساعت خورشیدی یکسان است و سایه شاخص به یک اندازه است. بدیهی است که در سه ساعت، زمان یکسان است. به راحتی می توان مشخص کرد که در کدام منطقه باید ساعت های صبح و بعد از ظهر را برای هر ساعت ترسیم کرد. (معلمان برخی مناطق در ساخت ساعت آفتابی مشکل دارند. اما این مدل بسیار ساده و کاربردی است)

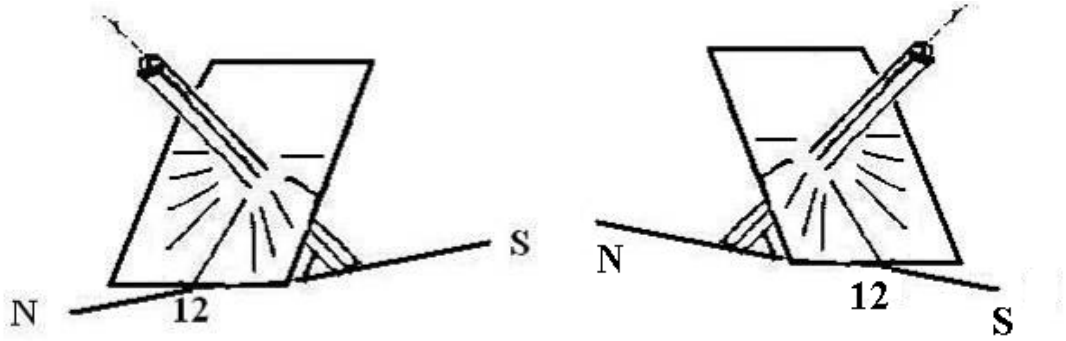
اگر چراغ قوه را در امتداد مدارهای راس السرطان و راس الجدی جابجا کنیم، به راحتی می توان مسیر نور تابیده شده از چراغ قوه را که به صورت مخروط های متفاوت بر صفحه می تابد، مشاهده کرد. در حالت اول(نخستین روز تابستان)، مخروط تقریباً دایره ای شکل است ، و منطقه مورد تابش واقع شده به وضوح کوچکتر از حالت دوم است. در حالت دوم و در مدار بعدی (روز اول زمستان) ، این قسمت بیضوی است و منطقه محصور شده بسیار بیشتر است. پس دانش آموزان به راحتی می توانند درک کنند که تابش در حالت اول بسیار متمرکز است ، یعنی دما در تابستان بیشتر است و در مدل نیز کاملا مشهود است که ساعت روز بیشتر است. در نتیجه پیامد طبیعی آن این است که تابستان گرمتر از زمستان می باشد (شکل 22)



شکل 22: ساعت ها و فصل ها

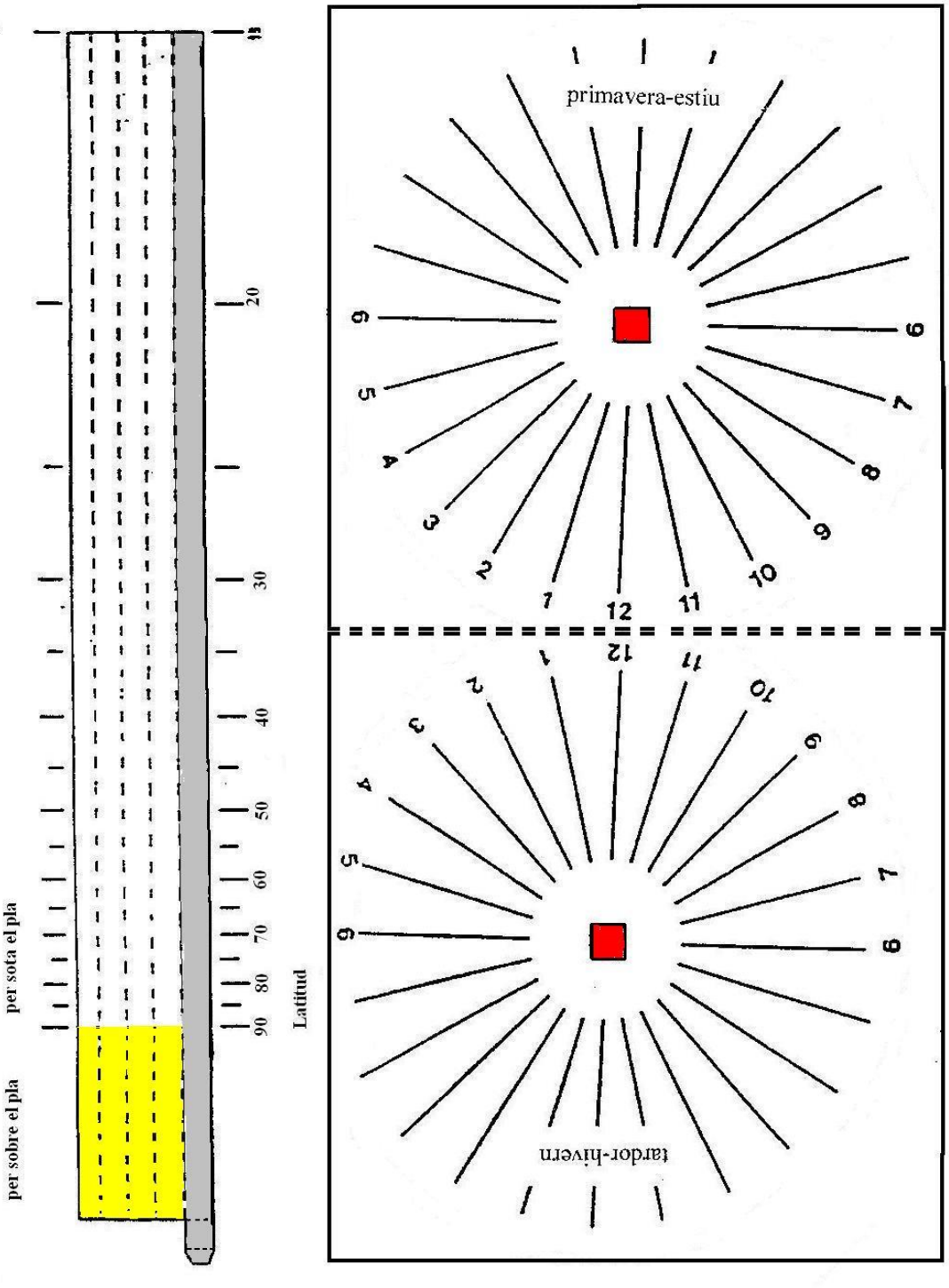
ما از این فرصت برای آشنایی با وسایل مورد نیاز ساخت ساعت آفتابی استفاده خواهیم کرد.

ساخت یک ساعت آفتابی استوایی بسیار آسان است. فقط کافی است شاخص را در جهت محور چرخش زمین ، یعنی در جهت شمال به جنوب قرار دهید (یک قطب نما می تواند به ما کمک کند) و به اندازه ی عرض جغرافیایی محل، ارتفاع آن را تنظم کنید (شکل 23 و 24) شاخص هر ساعت همیشه به همین روش قرار می گیرد.

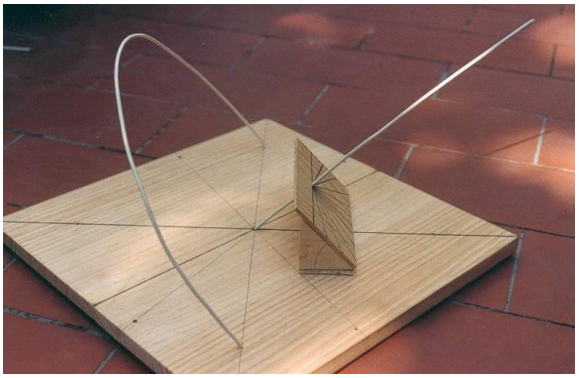


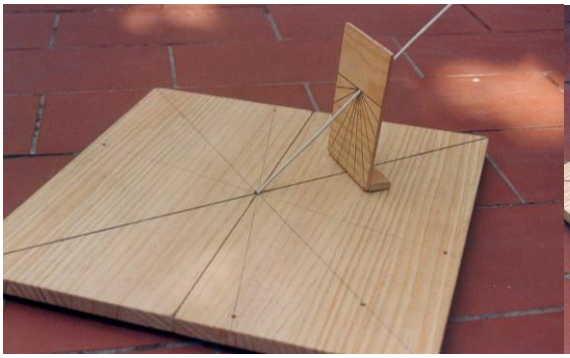
شکل 24: ساعت استوایی مورد استفاده در نیمکره جنوبی
شکل 23: ساعت استوایی مورد استفاده در نیمکره شمالی

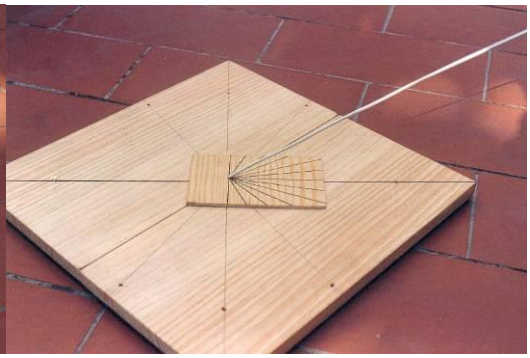
فاصله بین خطوط ساعت استوایی(فاصله بین آن 15 درجه (شکل 25aو 25b) ترسیم می شوند ، زیرا خورشید در 24 ساعت چرخش 360 درجه را می دهد. بنابر این اگر 360 را به 24 تقسیم کنیم ، فاصله هر ساعت 15 درجه می شود.

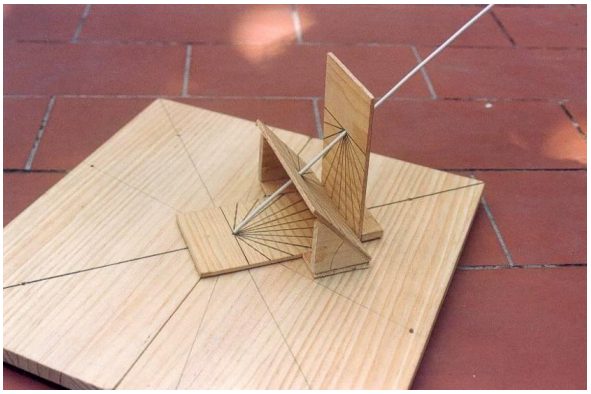


شکل25الف و 25ب: طرح ساعت استوایی.









شکل26 الف، 26 ب، 26 پ، 26 ت: تصاویری از چند ساعت

ساعت های آفتابی زمان خورشیدی را نشان می دهند ، که با ساعت هایی که همه ما بر روی مچ دست خود بسته ایم و استفاده می کنیم متفاوت است.برای این منظور باید چندین بهینه سازی را در نظر گرفت تا ساعت آفتابی به ساعت مورد استفاده تبدیل شود.

تنظیم طول جغرافیایی

زمین از نصف النهار مبدا یا همان نصف النهار گرینویچ به 24 منطقه زمانی تقسیم می شود. برای تنظیم طول جغرافیایی ، نیاز است که طول جغرافیایی محلی و طول جغرافیایی نصف النهار "استاندارد" در منطقه خود آگاهی داشته باشید. اگر از نصف النهار مبدا به سمت شرق حرکت کنیم از علامت "+" و اگر به سمت غرب حرکت کنیم از علامت"-" استفاده می شود. ما باید طول ها را بر اساس ساعت ، دقیقه و ثانیه بیان کنیم (1 درجه = 4 دقیقه)

تنظیم ساعت تابستانه / زمستانه

تقریباً همه کشورها ساعت تابستانه و زمستانه دارند (استفاده از نور روز). در بعضی از کشورها بسته به تصمیم دولتمردان آن کشور، معمولاً ساعت در تابستان یک ساعت به جلو کشیده می شود و در زمستان برمی گردد که با نام ساعت زمستانه – تابستانه شناخته می شود.

تنظیم معادله زمان

مطابق قانون مساحت کپلر ، کره زمین به دور خورشید در یک مداری بیضی شکل می گردد، در نتیجه حرکت آن همیشه ثابت نیست و این امر یک مشکل جدی برای ساعت های مکانیکی ایجاد می کند. ساعت های مکانیکی میانگین زمان را به عنوان میانگین زمان در طول کل یک سال تعریف می کنند. معادله زمان تفاوت بین "زمان خورشیدی واقعی" و "میانگین زمان" است. این معادله در جدول **1** جدول بندی شده است.

روز	ژانویه	فوریه	مارس	اپریل	می	جوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
1	**+3.4**	**+13.6**	**+12.5**	**+4.1**	**-2.9**	**-2.4**	**+3.6**	**+6.3**	**+0.2**	**-10.1**	**-16.4**	**-11.2**
6	**+5.7**	**+5.1**	**+11.2**	**+2.6**	**-3.4**	**-1.6**	**+4.5**	**+5.9**	**-1.5**	**-11.7**	**-16.4**	**-9.2**
11	**+7.8**	**+7.3**	**+10.2**	**+1.2**	**-3.7**	**-0.6**	**+5.3**	**+5.2**	**-3.2**	**-13.1**	**-16.0**	**-7.0**
16	**+9.7**	**+9.2**	**+8.9**	**-0.1**	**-3.8**	**+0.4**	**+5.9**	**+4.3**	**-4.9**	**-14.3**	**-15.3**	**-4.6**
21	**+11.2**	**+13.8**	**+7.4**	**-1.2**	**-3.6**	**+1.5**	**+6.3**	**+3.2**	**-6.7**	**-15.3**	**-14.3**	**-2.2**
26	**+12.5**	**+13.1**	**+5.9**	**-2.2**	**-3.2**	**+2.6**	**+6.4**	**+1.9**	**-8.5**	**-15.9**	**-12.9**	**+0.3**
31	**+13.4**		**+4.4**		**-2.5**		**+6.3**	**+0.5**		**-16.3**		**+2.8**

جدول 1: معادله زمان

زمان خورشیدی + تصحیحات = ساعت ساعت مچی

مثال 1: بارسلونا (اسپانیا) در 24 می.

نتیجه	توضیحات	تنظیم
-8.7 m	بارسلونا در همان منطقه زمانی "استاندارد" گرینویچ قرار دارد.	1.عرض جغرافیایی
+ 60 m	ماه می دارایDST + 1ساعت است	2. DST
-3.6 m	جدول را در تاریخ 24 می بخوانید	3.معادله زمان
+47.7 m		جمع

به عنوان مثال در ساعت 12:00 به وقت خورشیدی ، ساعت مچی ما این مقدار خواهد بود:
(زمان خورشیدی) 12h 47.7 m = 12h + 47.7 m (زمان ساعت مچی)

مثال 2: تولسا ، اوکلاهما (ایالات متحده) 16 نوامبر.

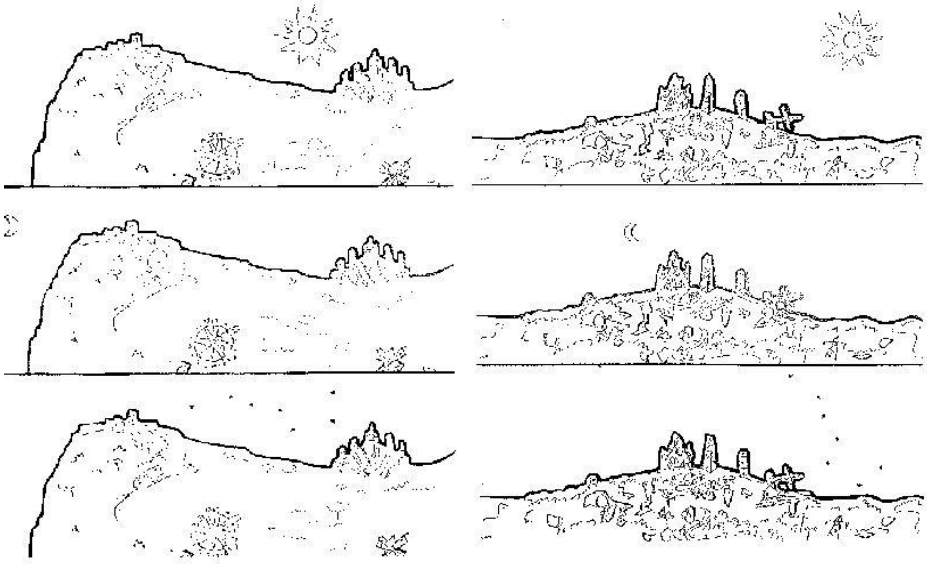
تنظیم	توضیحات	نتیجه
1.عرض جغرافیایی	نصف النهار استاندارد "تولسا" در 90 درجه سانتی گراد است.	+24 m
2. DST	در نوامبر چیزی نداریم	
3.معادله زمان	جدول تاریخ 16 نوامبر را می خوانیم	-15.3 m
جمع		+ 8.7 m

به عنوان مثال در ساعت 12:00 به وقت خورشیدی ، ساعت مچی ما این مقدار خواهد بود:
(زمان خورشیدی) 12h 8.7 m = 12h + 8.7 m (زمان ساعت مچی)

جهت یابی

مشکل دیگر برای دانش آموزان جهت یابی است. در یک دوره نجوم عمومی ، باید حس جهت یابی دانش آموزان را تقویت کنیم. ممکن است که دانش آموران هیچ وقت دوباره نجوم را مطالعه نکنند. حداقل خروجی که از یک دوره نجوم انتظار می رود این است که دانش آموزان قادر به تشخیص جهت شمال باشند ، دانش آموزان باید بدانند که مسیر خورشید بالای افق، جنوبی است و همچنین بدانند که سیارات در سراسر افق حرکت می کنند ، و به ویژه باید یاد بگیرند که ویژگی های مختلف جغرافیایی شهر خود را پیدا کنند. به عنوان مثال ، در افق بارسلونا (تصاویر الف27 و ب27) دانش آموزان می توانند گزینه های مختلفی را در مورد موقعیت خورشید ، ماه و صورت های فلکی خاص در افق در نظر بگیرند. دو کوهی که در تصویر می بینیم تقریباً در موقعیت های متضاد قرار دارند ، اما این برای دانش آموزان بی معنا است و آن ها در تشخیص اینکه هر نقاشی مربوط به کدام افق است، با مشکل مواجه می شوند. آن ها مباحث نظری را می دانند، اما چون تمرین ندارند، تفاوت جهت ها را متوجه نمی شوند.

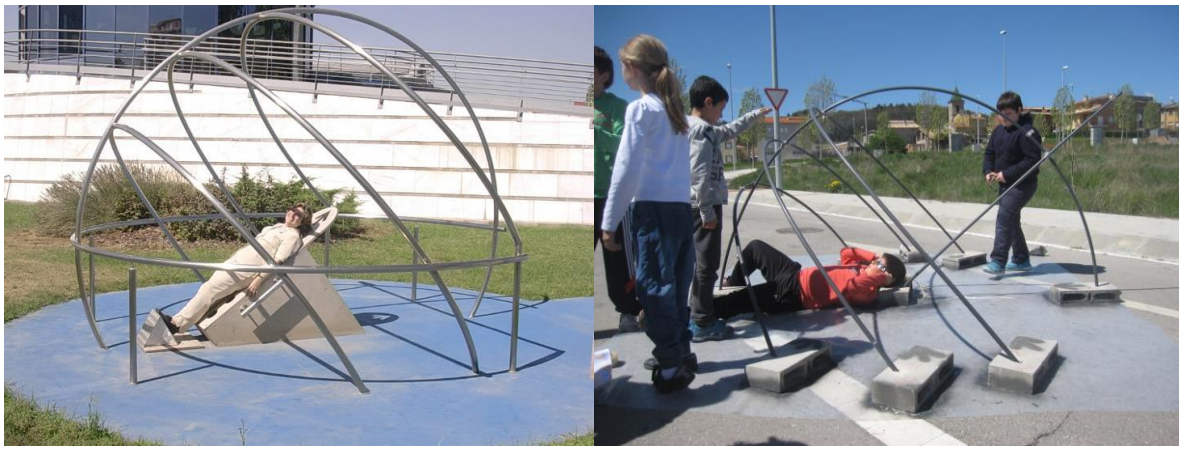
برای برطرف کردن مشکلاتی که ذکر شد از مدلی که در قسمت قبل طراحی کردیم استفاده می کنیم. این مدل برای روشن شدن بسیاری از موضوعات مرتبط با جهت یابی در افق محلی بسیار مؤثر هست.



شکل 27ب : افق جنوب غربی بارسلونا. شکل27 الف: افق شمال شرقی بارسلونا.

گفتنی است ، این مدل در توضیح موقعیت محلی کره سماوی در طول روز و شب مفید است. این مدل به درک بهتر حرکت خورشید (و سایر اعضای منظومه شمسی که در دایره البروج حرکت می کنند) کمک می کند.

ساختن این مدل در مقیاس بزرگ بسیار ارزشمند است. در این حالت ، دانش آموزان و حتی بزرگسالان می توانند وارد آن شوند و موقعیت خورشید را در مقایسه با استوا و مدارها در روز اول انقلاب تابستانی و زمستانی تطبیق دهند. (شکل28 الف) برخی موزه های علمی این نوع مدل را ساخته اند (شکل 28ب)



شکل 28a : مدلی با دانش آموزان دبستان. شکل 28b : مدل در مقیاس بزرگ در پارک علم گرانادا.

دانش آموزان پس از استفاده از مدل چیزهایی را که قبلاً درک نمی کردند را متوجه می شوند. به عنوان مثال ، اکنون کاملاً مشخص است که خورشید فقط در استوا عمود بر افق طلوع و غروب می کند

کتابشناسی

- Alemany, C., Ros, R.M., *Parallel Earth*, Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, EU-UNAWE, Barcelona, 2012
- Lanciano, N., Strumenti per i giardino del cielo, Edizioni junior, Spaggiari Eds, Roma, 2016
- Ros, R.M., *De l'intérieur et de l'extérieur*, Les Cahiers Clairaut**,** 95**,** p.1-5, Orsay, 2001.
- Ros, R.M., *Laboratorio de Astronomía*, Tribuna de Astronomía, 154, p.18-29, 1998.
- Ros, R.M., *Sunrise and sunset positions change every day*, Proceedings of 6th EAAE International Summer School, 177, 188, Barcelona, 2002.
- Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., *El planisferio y 40 actividades más*, Antares, Barcelona, 2005.
- Ros, R.M., Lanciano, N., *El horizonte en la Astronomía,* Astronomía Astrofotografía y Astronáutica, 76, p.12-20,1995.