سیستم زمین-ماه- خورشید: فازها و گرفت‌ها

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

خلاصه

این بخش به فازهای ماه، خورشیدگرفتگی و ماه گرفتگی می‌پردازد. با استفاده از این گرفت‌ها می‌توان به فاصله و قطر اجرام سیستم زمین- ماه- خورشید رسید.

اهداف

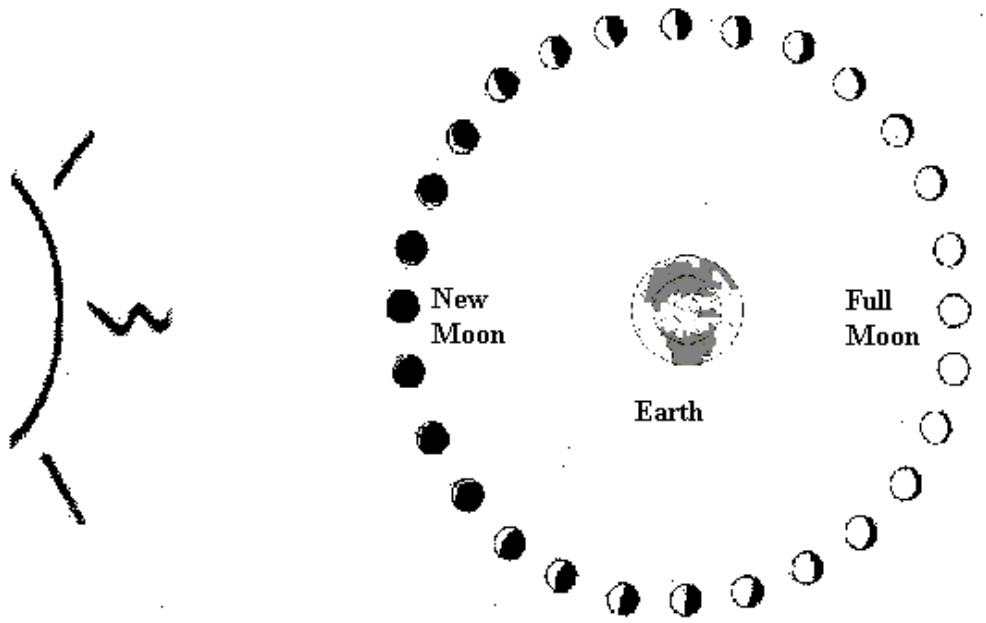
- درک دلیل فازهای مختلف ماه
- درک دلیل ماه گرفتگی
- درک دلیل خکرشید گرفتگی
- درک دلیل جزر و مد

موقعیت‌های نسبی

کلمه "گرفت" در موقعیت‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما کاربرد کلی آن در مواقعی است که یک جرم از مقابل جرم دیگری عبور میکند؛ در این بخش ماه و زمین مانع نور خورشید می‌شوند.
خورشیدگرفتگی زملنی رخ می‌دهد که ماه در میان خورشید و زمین قرار گرفته باشد و بخشی و یا کل دیسک ظاهری خورشید را بپوشاند. این پدیده تنها در زمان ماه نو رخ می‌دهد. (تصویر 1)

ماه گرفتگی زمانی رخ می‌دهد که ماه از میان سایه زمین عبور می‌کند. در هنگام وقوع این پدیده ماه و خورشید در دو سمت مخالف زمین قرار دارند؛ به همین دلیل پدیده ماه گرفتگی تنها در زمان ماه کامل رخ می‌دهد. (تصویر2)

ماه و زمین هر دو در مدارهای خود که بر یک صفحه منطبق نمی‌باشند، حرکت می‌کنند. مدار ماه 5 درجه با مدار زمین به دور خورشید اختلاف دارد. این مدارها در دو نقطه به نام نقاط "گره" با یکدیگر برخورد دارند؛ گرفت‌ها تنها زمانی رخ می‌دهند که ماه نزدیک یکی از این گره‌ها قرار داشته باشد. اگر دو مدار ماه و زمین بریکدیگر منطبق بودند تعداد گرفت‌ها در یک سال بسیار بیشتر از چیزی می‌بود که الان وجود دارد. (0 تا 3 گرفت در یک سال)



تصویر 1: خورشید گرفتگی زمانی رخ می‌دهد که ماه میان زمین و خورشید باشد. (ماه نو)
ماه گرفتگی زمانی رخ می‌دهد که ماه از میان سایه زمین عبور کند. (زمین میان خورشید و ماه کامل قرار دارد)

.

مدلسازی ماسک

مدلسازی صورت‌های پوشانده شده

ماه دو حرکت دارد: حرکت چرخشی و انتقالی که دوره هر دو تقریبا با هم برابر است. (تقریبا چهار هفته)
به همین دلیل از زمین همیشه یک سمت ماه را می‌توانیم ببینیم.
این موقعیت را می‌توان با یک مدلسازی ساده نشان داد. یک نفر داوطلب به عنوان زمین، و یک نفر دیگر به عنوان ماه با ماسک سفید انتخاب می‌شود. پیش آغاز حرکت ماه، زمین و ماه رو به روی یکدیگر قرار می‌گیرند. اگر ماه 90 درجه به دور زمین بچرخد باید 90 درجه نیز به دور خود بچرخد. دوباره ماه و زمین رو به روی یکدیگر قرار می‌گیرند؛ بدین ترتیب همیشه یک سمت از ماه رو به زمین قرار می‌گیرد. هر 90 درجه چرخش به معنای یک هفته تغییر ماه در آسمان است. داوطلب زمین هیچگاه نمی‌تواند پشت سر داوطلب ماه رو ببیند.

مدلسازی فازهای ماه

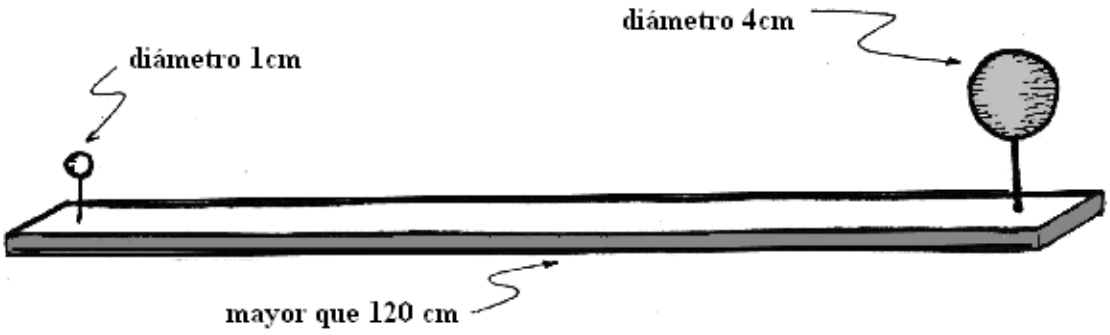
برای انجام این مدلسازی حداقل به پنج نفر داوطلب و منبع نوری از خارج نیاز داریم؛ یک نفر به عنوان زمین وسط قرار میگیرد و چهار نفر دیگر در فواصل مساوی اطراف زمین به عنوان فازهای مختلف ماه قرار می‌گیرند. برای جذابتر شدن مدلسازی افرادی که نقش ماه را دارند می‌توانند از ماسک‌های سفید رنگ استفاده کنند. از آنجایی که

همیشه یک سمت ماه رو به زمین است همه آن‌ها باید رو به زمین قرار بگیرند. با استفاده از منبع نور که می‌تواند یک چراغ قوه باشد نور از پشتسر یکی از افراد به ماه‌ها تابیده می‌شود به طوریکه از دید زمین فازهای مختلف ماه شبیه‌سازی شود؛ گاهی اوقات ماه کاملا روشن است (ماه کامل)، نیمی از ماه روشن است (تربیع) و گاهی اوقات کاملا تاریک است (ماه نو)
هرچه تعداد داوطلبین برای ماه بیشتر باشد، فازهای مختلفی را می‌توان شبیه‌سازی کرد.

تصویر 2: مدل زمین- ماه (توضیح فازهای مختلف ماه)

مدل زمین- ماه

درک هندسه فازهای مختلف ماه، خورشیدگرفتگی و ماه گرفتگی کار ساده‌ای نیست. اما برای آسان‌تر شدن درک آن یک مدلسازی طراحی شده است.
بر روی یک تخته چوب 125 سانتی‌متری، دو نی با فاصله 120 سانتی‌متر بچسبانید. دو توپ کوچک با قطر 4 و 1 سانتی‌متر بر روی نی‌ها قرار دهید. (تصویر 3)



تصویر 3: مدل زمین و ماه

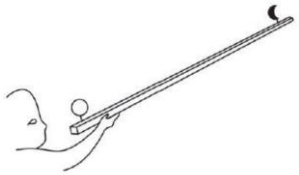
این اندازه‌ها مقیاسی از اندازه حقیقی ماه و زمین می‌باشد. به همین دلیل درست در نظر گرفتن آن‌ها بسیار مهم است.

Earth diameter	12800 km.	→	4 cm.
Moon diameter	3500 km.	→	1 cm.
Earth-Moon distance	384000 km.	→	120 cm.
Sun diameter	1400000 km.	→	440 cm. = 4.4 m.
Earth-Sun distance	150000000 km.	→	4700 cm. = 0.47 Km.

جدول 1: فواصل و قطر اجرام سیستم زمین- ماه- خورشید

شبیه‌سازی فازهای ماه:

در یک آسمان آفتابی، زمانی که ماه در طول روز مشخص است، چوب را طوری به سمت ماه بگیرید که توپ کوچکتر به سمت ماه باشد (شکل 4). ناظر باید پشت توپی که نشانگر زمین است قرار بگیرد. توپی که نشانگر ماه است اندازه ماه واقعی خواهد بود و فاز آن را نشان می‌دهد. با تغییر جهت مدل شاهد فازهای مختلف ماه خواهیم بود.



تصویر 4: استفاده از مدل در مدرسه

بهتر است که این فعالیت را در محیطی باز انجام دهید اما اگر هوا ابری باشد می‌توانید در محیط سرپوشیده و با استفاده از یک چراغ قوه به عنوان منبع نور انجام دهید.

شبیه‌سازی ماه گرفتگی

توپ بزرگتر را که زمین می‌باشد به سمت خورشید قرار دهید (برای جلوگیری از تابش مستقیم خورشید می‌توان از یک چراغ قوه کمک گرفت) و سایه زمین که از ماه بزرگتر است، آن را می‌پوشاند (تصاویر 5 و 6). این روشی بسیار ساده برای شبیه‌سازی ماه گرفتگی می‌باشد.

تصویر 5: شبیه‌سازی ماه گرفتگی

تصویر 6: تصویری ترکیبی از ماه گرفتگی. قمر زمین از میان سایه آن عبور می‌کند.

شبیه‌سازی خورشید گرفتگی

توپ کوچکتر (ماه) به سمت خورشید قرار می‌گیرد. سایه آن بر روی توپ زمین تشکیل می‌شود. با انجام این فعالیت خورشیدگرفتگی شبیه‌سازی شده و سایه کوچک ماه بر برخی نواحی زمین مشخص خواهد بود. (تصاویر 7 و 8)

تصویر 7: شبیه‌سازی خورشید گرفتگی

شیب مدل باید به درستی تنظیم شود تا خورشیدگرفتگی شبیه‌سازی شود. به همین دلیل در واقعیت نیز تعداد خورشید گرفتگی‌ها از ماه گرفتگی‌ها کمتر می‌باشد.

تصویر 8: جزئیات تصویر 7

تصویر 9: تصویری از خورشیدگرفتگی سال 1999 که از ایستگاه فضایی بین‌المللی ثبت شده است.

- ماه گرفتگی تنها در هنگام ماه کامل و خورشیدگرفتگی در هنگام ماه نو رخ می‌دهد

- خورشیدگرفتگی تنها از برخی مناطق زمین قابل مشاهده است

- هم‌خطی دقیق ماه و زمین که منجر به یک گرفت می‌شود به سادگی رخ نمی‌دهد؛ به همین دلیل هر ماه نو و یا ماه کامل شاهد یک گرفت نیستیم

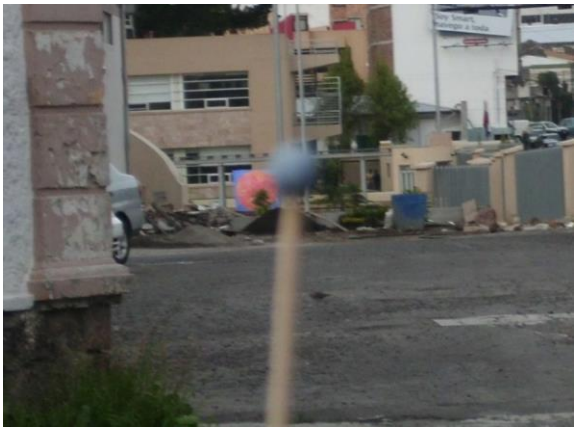
مدل خورشید- ماه

برای شبیه‌سازی سیستم خورشید- زمین- ماه با توجه به فواصل میان آن‌ها، مدل جدیدی با در نظر گرفتن ناظر زمینی طراحی می‌کنیم. از دانش‌آموزان می‌خواهیم که خورشیدی پارچه‌ای و یا کاغذی به قطر 220 سانتی‌متر طراحی کنند. سپس ماه با قطر 0.6 سانتی‌متر را در مقابل آن قرار می‌دهیم.

در این فعالیت ماه را در فاصله 235 سانتی‌متری خورشید قرار می‌دهیم؛ ناظر نیز 60 سانتی‌متر از ماه فاصله خواهد داشت. دانش‌آموزان از اینکه متوجه می‌شوند با این فواصل ماه می‌تواند خورشید را بپوشاند شگفت زده خواهند شد. درک اندازه و فاصله واقعی ماه و خورشید برای دانش آموزان کمی دشوار است اما با استفاده از یک فعالیت این چنینی با راحتی می‌توان اندازه و فاصله 400 برابری خورشید نسبت به ماه را براب آنان شفاف سازی کرد. این فعالیت به خوبی موقعیت اجرام مختلف را در هنگام خورشید گرفتگی نشان می‌دهد؛ انجام یک تمرین و فعالیت بسیار مفیدتر از خواندن اعداد در یک کتاب است.

Earth Diameter	12 800 km	2.1 cm
Moon Diameter	3 500 km	0.6 cm
Distance Earth-Moon	384 000 km	60 cm
Sun Diameter	1400 000 km	220 cm
Distance Earth-Sun	150 000 000 km	235 m

جدول 2: قطر و فواصل میان اجرام سیستم زمین- ماه- خورشید



تصویر 10: مدل خورشید تصویر11: مشاهده مدل خورشید و ماه

محاسبه قطر خورشید

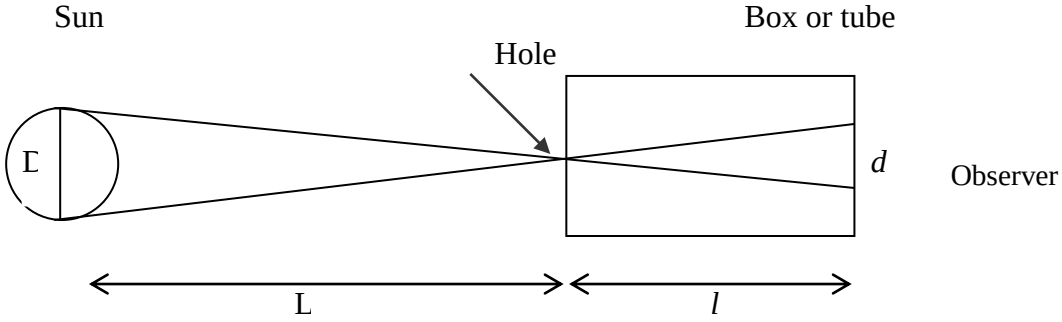
قطر خورشید را می‌توان به روش‌های گوناگونی محاسبه کرد. در اینجا روشی ساده با استفاده از یک سوراخ ارائه می‌شود. این کار را می‌توانید با استفاده از یک جعبه کفش یا یک لوله و فویل آلومنیومی یا پلاستک انجام دهید.

1- یک سمت استوانه را با کاغذی نیمه‌شفاف و سمت دیگر را با فویل آلومنیومی می‌پوشانیم. با استفاده از یک پونز در فویل آلومنیومی سوراخی کوچک ایجاد میکنیم. (تصاویر 12 و 13)

2- سمتی از استوانه که سوراخ در آن وجود دارد به سمت خورشید میگیریم و به کاغذ آن می‌نگریم. قطر تصویر خورشید بر روی کاغذ را اندازه‌گیری میکنیم.

تصویر 12 و 13: دوربین‌های کوچک با سوراخی کوچک برای محاسبه قطر خورشید

برای محاسبه قطر خورشید به تصویر 14 دقت کنید؛ در این تصویر دو مثلث متشابه وجود دارد.



تصویر 14: محاسبات هندسی

از این رابطه داریم:

$$\frac{D}{L}=\frac{d}{l}$$

و برای قطر خورشید داریم:

$$D=\frac{d\cdot L}{l}$$

l: فاصله زمین تا خورشید
L: طول لوله
d: قطر توصیر خورشید
D: قطر واقعی خورشید که باید از این رابطه محاسبه شود (قطر خورشید 1392000 می‌باشد)
می‌توان با این تمرین قطر ماه کامل را محاسبه کرد (فاصله ماه تا زمین 400000 کیلومتر است)

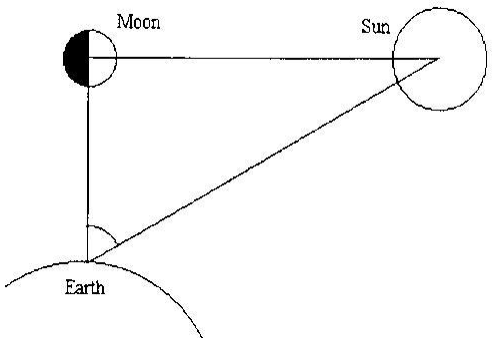
اندازه‌ها و فواصل در سیستم خورشید- زمین- ماه

آریستاخوس (310 تا 320 سال پیش از میلاد مسیح) نسبت میان فواصل و شعاع اجرام سیستم خورشید- زمین- ماه را مشخص کرد. او شعاع خورشید و ماه، فاصله زمین و خورشید، فاصله زمین و ماه را به نسبت شعاع زمین محاسبه کرد. سال‌ها بعد اراتوستن (280 تا 192 سال پیش از میلاد مسیح) شعاع زمین را محاسبه کرد؛ بدسن ترتیب فواصل و قطر اجرام این سیستم قابل محاسبه بود.
در این فعالیت دانش‌آموزان تمام محاسبات ریاضی آن را انجام می‌دهند و با روش آریستاخوس و اراتوستن به رصد می‌پردازند.

آزمایش آریستاخوس

رابطه میان فواصل زمین- ماه و زمین- خورشید

آرستاخوس زاویه‌ای که میان دو خط ماه- خورشید و ماه- زمین تشکیل می‌شود را 87 درجه در نظر گرفت.



تصویر 15: موقعیت نسبی ماه در فاز تربیع

امروزه می‌دانیم که مقداری که آریستاخوس در نظر گرفته کمی با مقدار واقعی اختلاف دارد

α: 89° '51

اما روش مورد استفاده‌ی آریستاخوس کاملا صحیح بوده است. و با توجه به تصویر 15 و طبق تعریف سکانت به این نتیجه می‌رسیم:

$\cos \alpha = ES/EM$

EM: فاصله میان زمین و ماه

ES: فاصله میان خورشید و ماه

ES= 400 EM تقریبا

ES= 19 EM محاسبه کرد

رابطه میان ، شعاع ماه و خورشید

رابطه میان قطر ماه و خورشید شبیه به فرمولی است که پیش از این بیان شد زیرا از زمین قطر ظاهری خورشید و ماه 0.5 درجه می‌باشد. پس این نسبت برابر است با:

Rs= 400 Rm

رابطه میان فاصله زمین و ماه و شعاع ماه یا فاصله میان زمین و خورشید و شعاع خورشید

آریستاخوس مدار ماه به دور زمین را یک دایره در نظر گرفت؛ با توجه به اینکه قطر ظاهری ماه 0.5 درجه می‌باشد، مدار آن 720 برابر قطر ظاهری می‌باشد. برای مثال:

$$2\ R_M\ 720 = 2\ \pi\ EM$$

به این نتیجه میرسیم که:

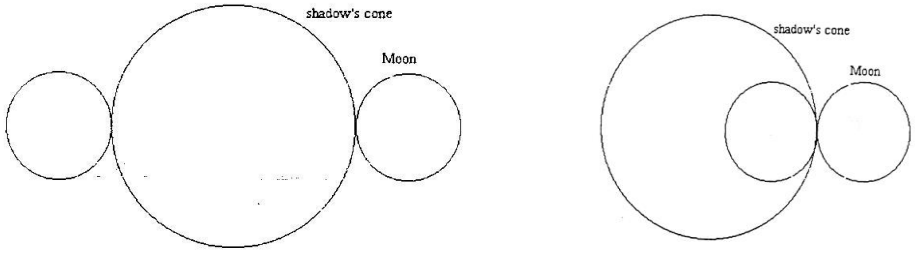
$$EM = (720\ R_M)/\pi$$

و با دلیل مشابه داریم:

$$ES = (720\ R_S)/\pi$$

این رابطه میان فاصله زمین- ماه و شعاع ماه و شعاع خورشید و شعاع زمین برقرار است.

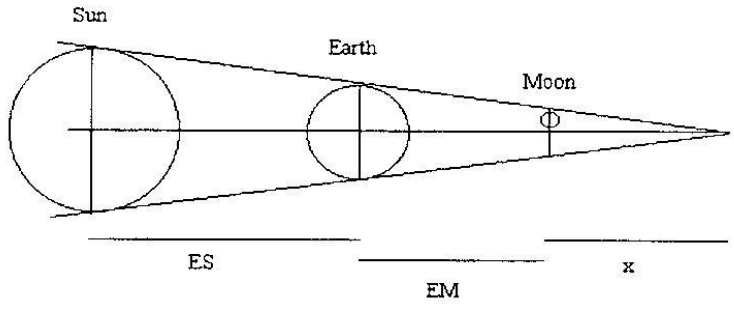
آریستاخوس در طول یک ماه گرفتگی متوجه شد مدت زمانی که طول میکشد که ماه از میان سایه زمین عبور کند دو برابر زمانی است که سطح ما پوشانده شود. (تصاویر 16). او نتیجه گرفت که قطر سایه زمین دو برابر قطر ماه می‌باشد و نسبت آن‌ها به یکدیگر 2 به 1 است. امروزه میدانیم که این نسبت 2.6 به 1 می‌باشد.



تصاویر 16: محاسبه سایه مخروطی **محاسبه قطر ماه**

خلاصه نهایی

با توجه به آخرین نتایج ، (شکل 17)



تصویر 17: سایه مخروطی و موقعیت نسبی زمین- ماه- خورشید

رابطه زیر را داریم:

$$x /(2.6\ RM) = (x+EM) / RE = (x+EM+ES) / RS$$

به رابطه ساده شده زیر می‌رسیم: xو با حذف متغییر اضافی

$$RM = (401/1440)\ RE$$

سپس با جایگذاری شعاع سیاره به شعاع سایر اجرام و فواصل آن‌ها دست می‌یابیم:

$$R_S = (2005/18)\ R_E,\ ES = (80200/\pi)\ R_E,\ EM = (401/(2\pi))\ R_E$$

جایی که ما فقط باید شعاع سیاره خود را جایگزین کنیم تا تمام فواصل و شعاع های سیستم زمین-ماه-خورشید را بدست آوریم.

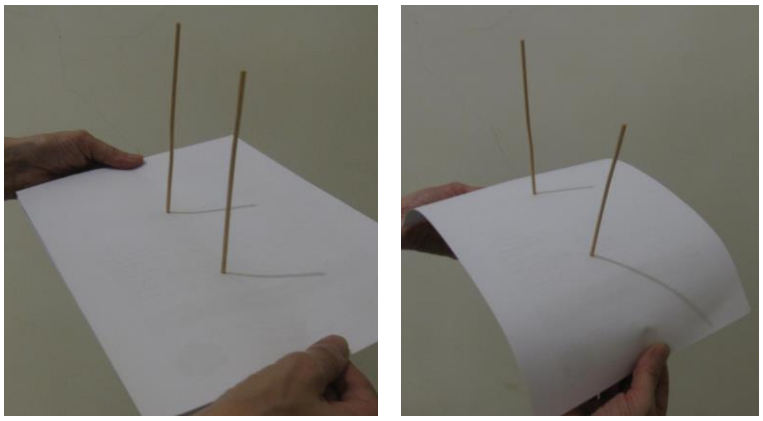
محاسبه دانش آموزان

می‌توانید از دانش آموزان بخواهید تا محاسبات آریستاخوس را باردیگر انجام دهند. برای انجام این محاسبات ابتدا باید زاویه میان تربیع ماه و خورشید را بدست آورند؛ برای بدست آوردن این زاویه باید از دقیق تربیع ماه اطلاع داشته باشند و از یک زاویه‌سنج استفاده کنند.

در طول یک ماه گرفتگی با استفاده از یک کرنومتر می‌توان زمان‌های زیر را محاسبه کرد: "اولین و آخرین تماس ماه با سایه مخروطی زمین" برای محاسبه قطر سایه مخروطی زمین (تصویر 17) و "مدت زمانی که طول میکشد تا ماه کاملا در سایه زمین قرار بگیرد" برای محاسبه قطر ماه (تصویر 20). در آخر نیز میتوان نسبت اندازه آن‌ها بدست آورد. (2 به 1، 2.6 به 1 یاد عددی متفاوت). مهم‌ترین هدف این فعالین بدست آوردن اعداد قطر و فاصله نیست بلکه یادآوری این نکته به دانش آموزان است که با استفاده از دانش و ذکاوت خود حتی با در دست داشتن منابع اندک می‌توانند نتایج شگفت‌انگیزی بگیرند. در این فعالیت نبوغ آریستاخوس باعث شده که به ایده‌های جالبی در مورد نحوه اندازه‌گیری اندازه زمین، ماه و خورشید دست یابد.دانش آموزان می‌توانند به کمک روش اراتوستن نیز شعاع زمین را بدست آورند. اگرچه روش وی بسیار شناخته شده می‌باشد اما در بخش به طور خلاصه به آن می‌پردازیم.

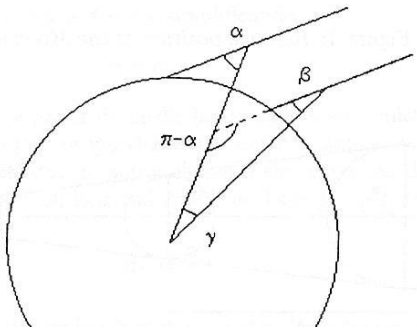
آزمایش اراتوستن

اراتوستن سرپرست کتابخانه اسکندریه بود. او در یکی از کتاب‌های کتابخانه خوانده بود که روز انقلاب تابستانی در شهر سیِنا بازتاب خورشید در ته یک چاه مشخص است (خورشید به طور عمود می‌تابد). او متوجه شد که در همان روز، در همان ساعت یک تکه چوب در شهر اسکندریه نیز هیچ سایه‌ای ندارد. به همین دلیل او نتیجه گرفت که سطح زمین نمی‌تواند تخت باشد و باید کروی باشد (تصاویر 18)



تصاویر 18: دو تکه چوب در سطح تخت دو سایه همسان دارند اما اگر سطح کروی باشد سایه‌ها متفاوت هستند.

تصور کنید دو تکه چوب به صورت عمودی در زمین در دو شهر مختلف بر روی یک نصف‌النهار، قرار داشته باشند. هر دو چوب باید به سمت مرکز زمین باشند. برای اندازه‌گیری طول بهتر است از یک شاقول استفاده کرد. باید طول شاقول از زمین تا نقطه علامت‌گذاری شده و طول سایه آن را تا علامت را اندازه گرفت.



تصویر 19: جایگذاری شاقول و زوایا در آزمایش اراتوستن

ما تشعشات خورشید را موازی در نظر میگیریم؛ تشعشات خورشید برلی هر شاقول یک سایه به وجود می‌آورند. با استفاده تانژانت دو زاویه آلفا و بتا طول شاقول و زاویه آن را بدست می‌آوریم. (تصویر 19) زاویه مرکزی گاما را می‌توان باتوجه به مجموع زوایای داخلی یک مثلث بدست آورد. پس داریم:

$$\gamma = \alpha - \beta$$

دو زاویه آلفا و بتا را به کمک شاقول و سایه آن به دست آورده‌ایم. طول کمان رو به رو به زاویه گاما برابر با فاصله میان دو شهر بر روی نصف‌النهار می‌باشد (d) و رابطه زیر برقرار می‌باشد:

$$\gamma/d = 2\pi/(2\pi R_E)$$

پس نتیجه می‌گیریم که:

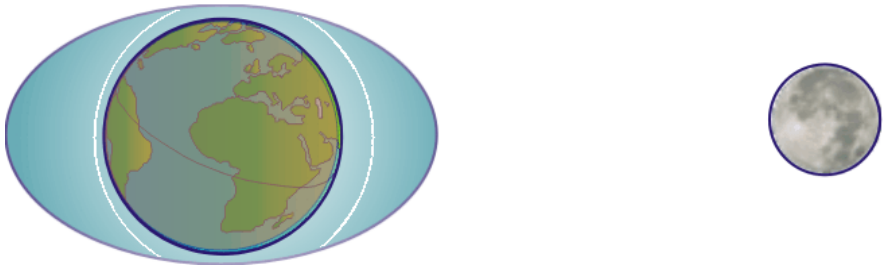
$$R_E = d/\gamma$$

زاویه گاما را می‌توان با رصد و فاصله میان دو شهر را می‌توان به کمک یک نقشه دقیق برحسب کیلومتر به دست آورد.
اراتوستن زاویه بتا را صفر و دو زاویه آلفا و گاما را با یکدیگر برابر در نظر گرفت.

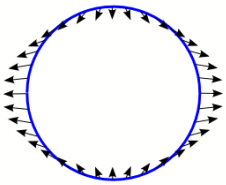
هدف از انجام این فعالیت دستیابی به نتیجه صحیح نمی‌باشد بلکه دانش‌آموزان باید متوجه شوند که برای بدست آوردن نتیجه می‌توانند از تمام خلاقیت‌های ذهنی خود و امکانات موجود استفاده کنند.

جزر و مد

جزر و مد افزایش و کاهش سطح آب دریاهای زمین در اثر نیروی گرانش خورشید و ماه و چرخش زمین می‌باشد. اگر چه بسیار اندک اما حالت کف دریا و ساحل نیز بر جزر و مد تاثیر می‌گذارند. هر دوره جزر و مد تقریبا 12.5 ساعت طول می‌کشد. دلیل اصلی جزر و مد واکنش‌های میان ماه و زمین است؛ در آن بخش از زمین که رو به ماه و پشت به ماه است شاهد بیشترین جزر و مدها خواهیم بود. (تصویر 20) و در بخش‌های میانی جزر و مد کم می‌باشد.



تصویر 20: تاثیر جزر و مد



تصویر 21: تفاوت سطح ارتفاع آب در بخش‌های مختلف زمین

پدیده جزر و مد یک پدیده قدیمی است اما توجیه آن‌ها تنها پس از اکتشاف قانون جهانی گرانش نیوتون امکان‌پذیر بود (سال 1687).

$$Fg = G\frac{m_T \times m_L}{d^2}$$

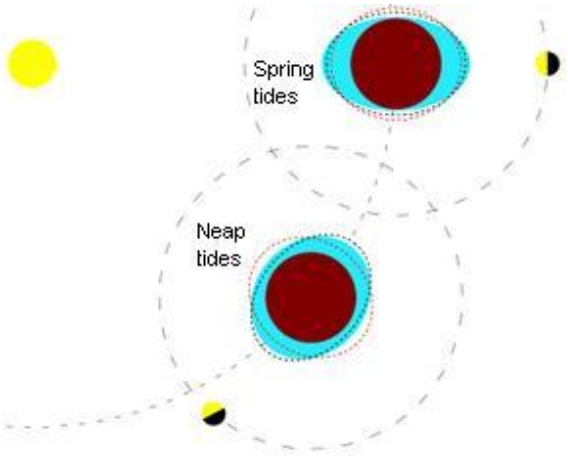
نیروی گرانش ماه بر زمین تاثیر می‌گذارد. با توجه به قانون دوم نیوتون زمانی که نیروی گرانش وجود داشته باشد شتاب گرانش نیز وجود خواهد داشت. بدین ترتیب شتاب گرانشی که توسط ماه به زمین وارد می‌شود از این رابطه بدست می‌آید.

$$a_g = G\frac{m_L}{d^2}$$

جرم ماه (ML و فاصله میان ماه تا نقطه مورد نظر از زمین d می‌باشد.)
بخش جامد زمین، صلب و انعطاف ناپذیر می‌باشد پس می‌توان شتاب گرانشی هر نقطه از زمین را با توجه به مرکز آن در نظر گرفت. اگرچه آب، مایع می‌باشد و شتاب گرانشی آن بستگی به فاصله آن تا ماه دارد. پس شتاب گرانشی سمتی از زمین که نزدیک به ماه است بیشتر می‌باشد.

بدین ترتیب سطح آب اقیانوس‌ها شکلی بیضوی به خود می‌گیرند. (تصویر 21)

این بیضی همیشه به سمت ماه کشیده می‌شود. (تصویر 20) دوره هر جزر و مد کمی بیشتر از 12 ساعت می‌باشد زیرا دوره چرخش ماه به دور زمین تقریبا 29.5 روز می‌باشد. ماه طی یک دوره 360 درجه در آسمان طی میکند. هر روز 12.2 درجه و هر 12 ساعت 6.6 درجه در آسمان جا به جا می‌شود. از آنجا که زمین هر ساعت 15 درجه می‌چرخد، 6.6 درجه برابر 24 دقیقه می‌باشد پس هر دوره جزر و مد 12 ساعت و 24 دقیقه طول می‌کشد. زمانی که طول میکشد تا یک جزر به یک مد تبدیل شود نصف این زمان یعنی 6 ساعت و 12 دقیقه می‌باشد.



تصویر 22: جزر و مدهای کامل و ناقص

همانطور که گفته شد تاثیر ماه بر جزر و مد به دلیل فاصله کم به زمین بسیار بیشتر از تاثیر خورشید است. زمانی که ماه و خورشید در حالا مقارنه (ماه نو) و مقابله (ماه کامل) باشند جزر و مد کامل داریم و زمانی که نیروی گرانش این دو جرم نسبت به هم عمود باشند (تربیع اول و آخر) شاهد جزر و مد ناقص (کدر) خواهیم بود.

کتابشناسی

- Alonso, M., Finn,E. *Física – um curso universitário*. Volume I. Ed. Edgard Blucher, 1972
- Broman, L., Estalella, R., Ros, R.M., *Experimentos de Astronomía. 27 pasos hacia el Universo*, Editorial Alambra, Madrid, 1988.
- Broman, L., Estalella, R., Ros, R.M., *Experimentos de Astronomía*, Editorial Alambra, Mexico, 1997.
- Fucili, L., García, B., Casali, G., "A scale model to study solar eclipses", Proceedings of 3rd EAAE Summer School, 107, 109, Barcelona, 1999
- Lanciano, N., Strumenti per i giardino del cielo, Edizioni junior, Spaggiari Eds, Roma, 2016
- Reddy, M. P. M., Affholder, M. *Descriptive physical oceanography: State of the Art*. Taylor and Francis. 249, 2001.
- Ros, R.M., Lunar eclipses: Viewing and Calculating Activities, *Proceedings of 9th EAAE International Summer School*, 135, 149, Barcelona, 2005.
- Ros, R.M., Viñuales, E., Aristarchos' Proportions, *Proceedings of 3rd EAAE International Summer School*, 55, 64, Barcelona, 1999.
- Ros, R.M., Viñuales, E., El mundo a través de los astrónomos alejandrinos, *Astronomía, Astrofotografía y Astronáutica*, 63, 21. Lérida, 1993.