

Sistemul Pământ – Lună – Soare: Faze și eclipse

Rosa M. Ros

Uniunea Astronomică Internațională, Universitatea Tehnică din Catalonia
(Barcelona, Spania)

Sumar

Lucrarea următoare se referă la fazele Lunii, eclipsele de Soare și la eclipsele de Lună. Aceste eclipse sunt folosite pentru a găsi distanțele și diametrele în sistemul Pământ – Lună – Soare. În final, o activitate simplă vă permite să măsurați longitudini și înălțimi pe suprafața Lunii. De asemenea, este explicată originea mareelor.

Obiective

- Să se înțeleagă de ce Luna are faze.
- Să se înțeleagă cauza eclipselor de Lună.
- Să se înțeleagă de ce apar eclipsele de Soare.
- Să se determine distanțele și diametrele sistemului Pământ – Lună – Soare.
- Să se înțeleagă originea mareelor.

Poziții relative

Termenul de ”eclipsă” este folosit pentru fenomene foarte diferite, dar în toate cazurile o eclipsă are loc când un obiect trece prin fața altui obiect; pentru această unitate, poziția relativă a Pământului și Lunii (obiecte opace) determină întreruperea luminii solare.

O eclipsă de Soare are loc când Soarele este acoperit de Lună, când aceasta este poziționată între Soare și planeta noastră. Acest tip de eclipsă se întâmplă în timpul fazei de Lună Nouă (figura 1).

Eclipsele de Lună au loc când Luna trece prin umbra Pământului. Aceasta se întâmplă când Luna este în partea opusă Soarelui, astfel că aceste eclipse apar în perioada fazei de Lună Plină (figura 1).

Pământul și Luna se deplasează de-a lungul orbitelor eliptice, care nu sunt în același plan. Orbita Lunii are o înclinație de 5° față de ecliptică (planul orbitei Pământului în jurul Soarelui). Ambele planuri se intersectează după o linie, numită linia nodurilor. Eclipsele au loc când Luna este în apropierea acestei linii a nodurilor. Dacă cele două planuri ar fi coincis, eclipsele ar fi fost mult mai frecvente decât de le zero la de trei ori pe an.

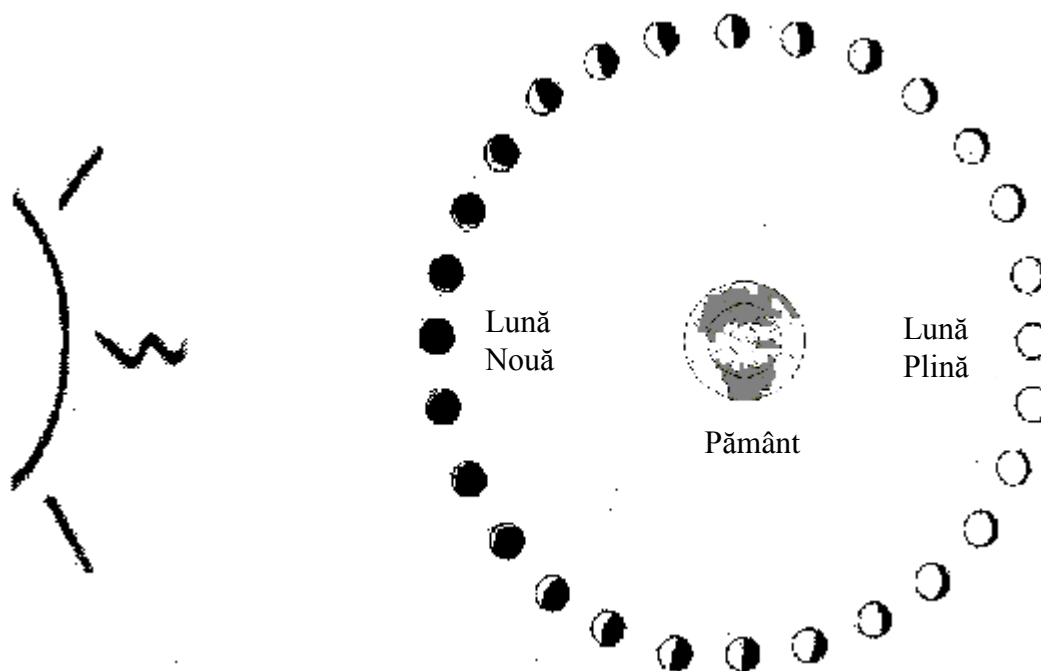


Fig.1: Eclipsele de Soare au loc atunci când Luna este poziționată între Soare și Pământ (Lună Nouă). Eclipsele de Lună apar atunci când Luna trece prin conul de umbră al Pământului (Pământul este poziționat între Soare și Luna Plină).

Modelul cu lanterna

Pentru a explica fazele Lunii este cel mai bine să folosim un model cu o lanternă sau un proiector (care va reprezenta Soarele) și minim 5 voluntari. Unul dintre ei va sta în centru, reprezentând Pământul, iar ceilalți se vor așeza în jurul "Pământului" la distanțe egale pentru a simula diferitele faze ale Lunii. Pentru a face totul mai atractiv este o bună idee ca fiecare "Lună" să poarte o mască albă pentru a mimea culoarea Lunii. Toți voluntarii vor sta cu fața spre "Pământ". Vom plasa lanterna deasupra și în spatele unuia dintre voluntari și vom începe să vizualizăm fazele (așa cum se văd de pe Pământ, care este în centru). Este foarte ușor de observat că în unele cazuri masca este complet luminată, alte ori numai un sfert și câteodată nu este luminată de loc (din cauză că lanterna "Soarele" este în spatele acelei "Luni" și lumina lanternei inundă toată scena). Cu cât numărul de voluntari "Lună" sunt mai mulți cu atât se pot vedea mai multe faze.

Acest model este folosit și pentru a vizualiza faptul că putem vedea doar o față a Lunii din cauza rotației Lunii în jurul axei sale în același timp cu mișcarea circulară în jurul Pământului. Începem prin așezarea voluntarului care joacă rolul planetei "Pământ" și a unui singur voluntar "Lună". Fixăm "Luna" în fața "Pământului" înainte de a începe să se miște. Dacă "Luna" se mișcă cu 90° pe orbita sa în jurul "Pământului", trebuie să se rotească tot cu 90° în jurul axei sale și astfel va continua să fie cu fața spre "Pământ" și așa mai departe (figura 2).



Fig. 2: Modelul Pământ-Lună cu voluntari (pentru a explica fazele și fața vizibilă a Lunii)

Modelul Pământ - Lună

Nu este atât de ușor de înțeles geometria ce stă la baza fazelor Lunii, eclipselor de Soare și de Lună. Din acest motiv am propus un model simplu pentru a facilita înțelegerea acestor fenomene.

Înfițeți două cuițe (cu lungimea de 3 sau 4 cm) într-o bucată de lemn lungă de 125 cm. Distanța dintre cuițe trebuie să fie de 120 cm. Pe cuițe se fixează două sfere cu diametrele de 1 cm și de 4 cm (figura 3).

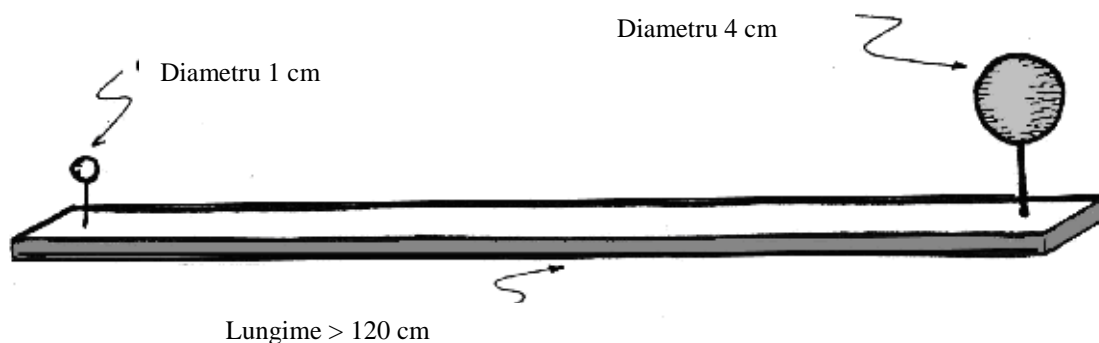


Fig. 3: Modelul Pământ – Lună

Este important să se mențină aceste dimensiuni relative deoarece ele reprezintă un model la scară al sistemului Pământ – Lună.

Diametrul Pământului	12800 km	→	4 cm
Diametrul Lunii	3500 km	→	1 cm
Distanța Pământ-Lună	384000 km	→	120 cm
Diametrul Soarelui	1400000 km	→	440 cm. = 4,4 m
Distanța Pământ-Soare	150000000 km	→	4700 cm. = 0,47 km

Tabel 1: Distanțe și diametre în sistemul Pământ-Lună-Soare

Simularea fazelor Lunii:

Într-un loc însorit, când Luna este vizibilă în timpul zilei, îndreaptă modelul spre Lună, cu sfera mai mică către Lună (figura 4). Observatorul va sta în spatele sferei care reprezintă Pământul. Sfera care reprezintă Luna pare a fi la fel de mare ca Luna reală și faza este aceeași. Prin schimbarea orientării modelului pot fi reproduse diferitele faze ale Lunii deoarece iluminarea de la Soare variază. Sfera care reprezintă Luna trebuie să fie mișcată în așa fel încât să se obțină toate fazele.

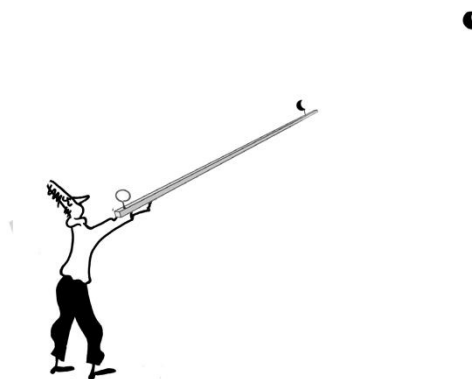


Fig.4: Folosirea modelului în curtea școlii

Este de preferat ca această activitate să se realizeze afară, dar dacă este nor, atunci ea se poate efectua în clasă cu ajutorul unui proiector ca sursă de lumină.

Simularea eclipsei de Lună

Modelul se ține astfel încât sfera, care reprezintă Pământul, să fie îndreptată spre Soare (este mai bine să se folosească un proiector pentru a evita ațintirea privirii spre Soare) și ca urmare umbra Pământului acoperă Luna (figurile 5a și 5b) deoarece este mai mare decât Luna. Acesta este un mod ușor de a reproduce o eclipsă de Lună.

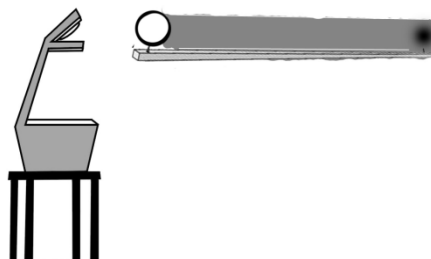


Fig.5a și 5b: Simularea eclipsei de Lună.



Fig. 6: Montaj fotografic pentru o eclipsă de Lună.
Satelitul natural traversează conul de umbră produs de Pământ.

Simularea eclipsei de Soare

Modelul este plasat astfel încât sfera care reprezintă Luna este îndreptată către Soare (este mai bine să fie utilizat un proiector) și umbra creată de Lună să fie proiectată pe sfera care reprezintă Pământul. Prin această metodă, este reprodusă eclipsa de Soare și o mică pată va apărea deasupra unei regiuni de pe Pământ (figurile 7a și 7b).

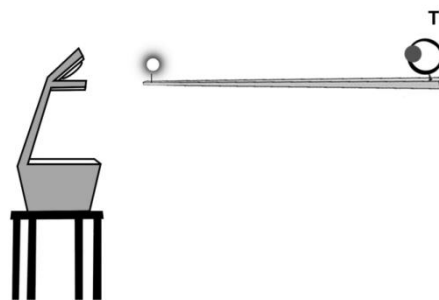


Fig. 7a și 7b Simularea eclipsei de Soare

Nu este ușor să se realizeze această situație pentru că înclinația modelului trebuie să fie atent reglată (acesta este motivul pentru care sunt mai puțin eclipse de Soare decât cele de Lună).



Fig.8: Detaliu al figurii anterioare 7a.



Fig. 9: Fotografie realizată de pe ISS a eclipsei de Soare din 1999 asupra unei regiuni de pe suprafața Pământului

Observații

- O eclipsă de Lună poate avea loc numai atunci când este Lună Plină, iar una de Soare numai atunci când este Lună Nouă.
- O eclipsă de Soare poate fi observată numai într-o mică regiune a suprafeței Pământului.
- Se întâmplă rar ca Pământul și Luna să fie aliniate suficient încât să se producă o eclipsă, așa încât aceasta nu apare la fiecare Lună Nouă sau Plină.

Modelul Soare - Lună

Pentru a vizualiza sistemul Soare-Pământ-Lună, cu un accent special pe distanțe, vom realiza un nou model, care tratează totul din punct de vedere terestru. În acest caz, îi vom invita pe elevi să deseneze și să picteze un Soare mare cu un diametru de 220 cm (diametru mai mare de 2 metri) pe o foaie (pânză) și le vom arăta că ei pot să acopere acest Soare cu o mică Lună cu diametrul de 0,6 cm (diametru mai mic de 1 cm).

Este util să substituim sfera care reprezintă Luna cu un orificiu într-o placă de lemn, pentru a fi siguri de poziția Lunii și a observatorului.

În acest model, Soarele va fi fixat la 235 de metri distanță față de Lună și observatorul va fi la 60 cm față de Lună. Elevii vor fi foarte surprinși de faptul că ei pot acoperi marele Soare cu această mică Lună. Nu este ușor de imaginat acest raport de proporționalitate de 400 pentru diametre și distanțe și de aceea este bine să li se arate elevilor un exemplu pentru a înțelege scara distanțelor și dimensiunile reale din univers.

Toate aceste exerciții și activități îi ajută pe elevi și profesori să înțeleagă relațiile spațiale dintre corpurile cerești în timpul unei eclipse solare. Această metodă este mult mai bună decât lectura unei serii de date dintr-o carte.

Diametrul Pământului	12 800 km	2,1 cm
Diametrul Lunii	3 500 km	0,6 cm
Distanța Pământ-Lună	384 000 km	60 cm
Diametrul Soarelui	1400 000 km	220 cm
Distanța Pământ-Soare	150 000 000 km	235 m

Table 2: Distanțe și diametre ale sistemului Pământ-Lună-Soare



Fig. 10: Modelul pentru Soare



Fig. 11: Observarea Soarelui prin orificiul, reprezentând Luna

Determinarea diametrului

Măsurarea diametrului Lunii

Așa cum am menționat mai înainte, în cazul unei eclipse de Lună, aceasta se întuneacă pentru că traversează umbra Pământului. Din cauza distanței uriașe dintre Soare și Pământ, razele Soarelui ajung pe Pământ ca și când ele ar fi paralele și, în consecință, mărimea Pământului și cea a umbrei lui coincid.

Suprapunem trei sau patru fotografii ale unei eclipse lunare pe o bucată de carton negru, astfel încât să putem "vedea" umbra Pământului (figura 12a). Marginile umbrei nu sunt perfect clare, dar acest lucru nu ne împiedică să tăiem o altă bucată circulară de carton, nu negru, cu aceeași formă și mărime ca umbra Pământului. În mod normal, acest proces trebuie să fie făcut de două ori pentru a obține dimensiunea și forma corespunzătoare.

Putem măsura diametrul Pământului și al Lunii pe modelele de carton și utilizând diametrul real al Pământului; diametrul Lunii poate fi dedus proporțional. Noi ar trebui să obținem o valoare în jur de 3475 km (diametrul său real).

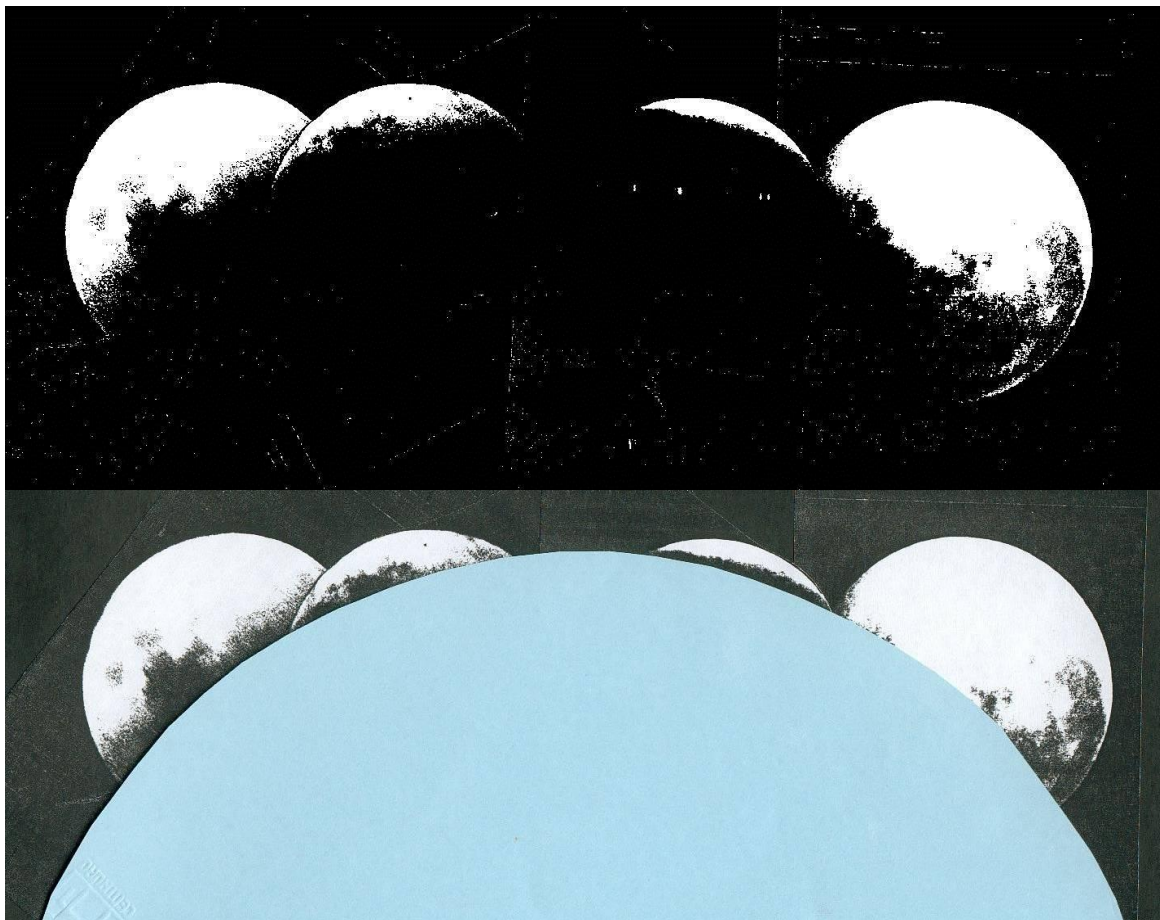


Fig. 12 a și 12b: Fotografii sunt poziționate ca să evidențieze conul de umbră al Pământului (reprezentat printr-o bucată de carton albastrui)

Măsurarea diametrului Soarelui

Putem măsura diametrul Soarelui în moduri diferite. Aici vom prezenta o metodă simplă, folosind o cameră obscură. Putem construi o astfel de cameră dintr-o cutie de pantofi sau un tub de carton.

1. Acoperim un capăt al tubului cu o hârtie milimetrică semitransparentă și celălalt capăt cu o bucată de hârtie rezistentă sau cu o folie de aluminiu, în care vom face un orificiu central cu un ac subțire. (figurile 13a și 13b).
2. Trebuie să îndreptăm capătul tubului cu micul orificiu spre Soare și să privim celălalt capăt, care este acoperit de hârtie milimetrică. Măsurăm diametrul d al imaginii Soarelui de pe această hârtie milimetrică.



Fig. 13a și 13b: Model pentru camera obscură.

Pentru a calcula diametrul Soarelui trebuie să analizăm figura 14, unde observăm două triunghiuri asemenea.

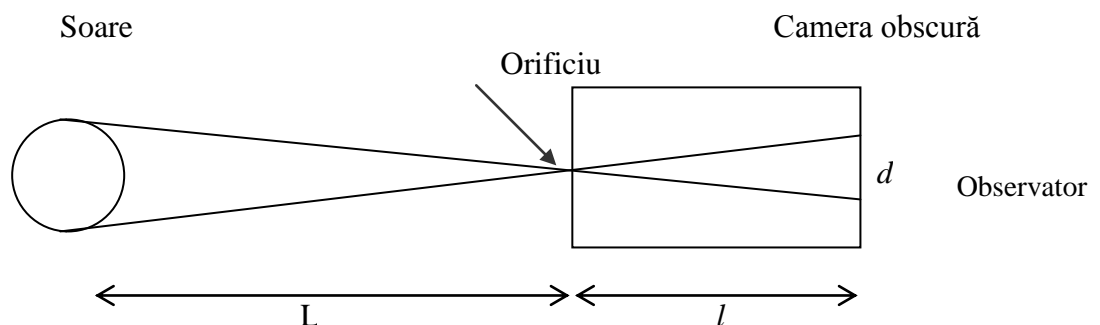


Fig. 14: Formarea imaginii – reprezentare geometrică

Stabilim relația de proporționalitate:

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

Aflăm valoarea diametrului Soarelui, D :

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

Cunoscând distanța de la Soare la Pământ $L = 150$ milioane km, lungimea tubului l și diametrul d al imaginii Soarelui pe ecranul de hârtie milimetrică semitransparent, se poate calcula diametrul D al Soarelui. (Amintiți-vă că diametrul solar este de 1392000 km.).

Putem repeta exercițiul pentru Luna Plină, știind că aceasta este la distanța de 400000 km față de Pământ.

Dimensiuni și distanțe în sistemul Pământ-Lună-Soare

Aristarh (310-230 î.Hr.) a dedus raportul dintre distanțele și razele sistemului Pământ-Lună-Soare. El a calculat raza Soarelui și a Lunii, distanța de la Pământ la Soare și distanța de la Pământ la Lună în raport cu raza Pământului. Câțiva ani mai târziu, Eratostene (280-192 î.Hr.) a determinat raza planetei noastre și a făcut posibil să se calculeze toate distanțele și razele sistemului Pământ-Lună-Soare.

Vă propunem ca activitatea elevilor să fie repetarea ambelor experimente. Ideea este să reluați deducerea matematică și, pe cât posibil, observațiile gândite de Aristarh și Eratostene.

Experimentul lui Aristarh

Relația dintre distanțele Pământ-Lună și Pământ-Soare

Aristarh a determinat că unghiul dintre direcția Pământ-Lună și direcția Pământ-Soare, când Luna este la Primul Pătrar, are valoarea $\alpha=87^\circ$ (figura 15).

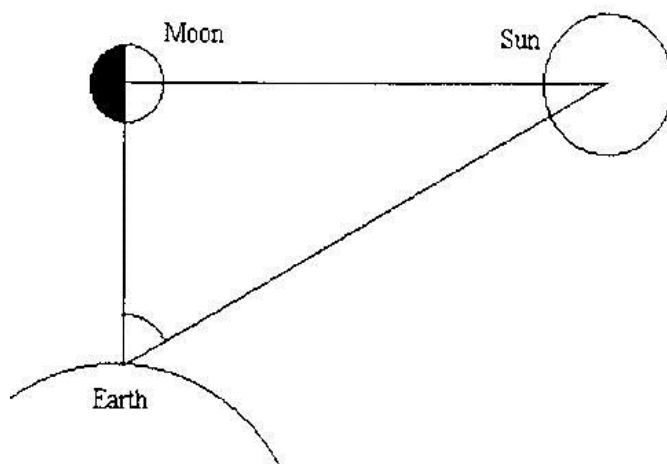


Fig. 15: Poziția relativă a Lunii la Primul Pătrar

În prezent, știm că a greșit puțin, probabil pentru că a fost foarte dificil să determine momentul exact al Primului Pătrar. De fapt, acest unghi este $\alpha = 89^\circ 51'$, dar procedeul utilizat de către Aristarh este perfect corect. În figura 15, dacă vom folosi definiția cosinusului, putem deduce:

$$\cos \alpha = EM/ES$$

unde: ES este distanța de la Pământ la Soare și EM este distanța de la Pământ la Lună. Apoi aproximăm:

$$ES = 400 EM$$

(cu toate că Aristarh a dedus greșit: $ES = 19 EM$).

Relația dintre raza Lunii și raza Soarelui

Relația dintre diametrul Lunii și cel al Soarelui ar trebui să fie similară cu formula obținută anterior, deoarece de pe Pământ observăm ambele diametre sub un unghi de $0,5^\circ$. Deci:

$$R_S = 400 R_M,$$

unde R_S este raza Soarelui și R_M este raza Lunii.

Relația dintre distanța de la Pământ la Lună și raza Lunii sau între distanța de la Pământ la Soare și raza Soarelui

Având în vedere că diametrul Lunii se vede de pe Pământ sub un unghi de $0,5^\circ$, traiectoria circulară (360°) a Lunii în jurul Pământului va fi de 720 înmulțit cu diametrul. Lungimea acestei traiectorii este de 2π înmulțit cu distanța Pământ-Lună, adică:

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

Astfel găsim pentru distanța Pământ-Lună expresia:

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

Folosind același raționament, găsim pentru distanța Pământ-Soare expresia:

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

Aceste relații sunt pentru calcularea distanțelor în funcție de raza Lunii R_M , raza Soarelui R_S și raza Pământului.

În timpul unei eclipse de Lună, Aristarh a observat că timpul necesar pentru ca Luna să treacă prin conul de umbră al Pământului este de două ori mai mare decât timpul necesar ca suprafața Lunii să fie acoperită (figura 16). De aceea, el a concluzionat că diametrul umbrei create de Pământ era dublu decât diametrul Lunii, astfel încât raportul diametrelor sau razelor era 2:1. Astăzi se știe că raportul are valoarea 2,6:1.

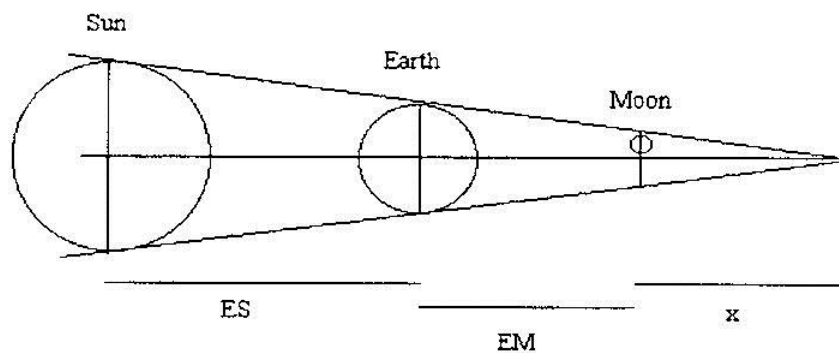


Fig. 16: Conul de umbră și pozițiile relative ale sistemului Pământ-Lună-Soare

Din figura 16 deducem următoarele relații:

$$x / (2,6 R_M) = (x+EM) / R_E = (x+EM+ES) / R_S$$

unde x este o variabilă suplimentară.

Introducând în ultima egalitate $ES = 400 EM$ și $R_S = 400 R_M$, și neglijând pe x , după simplificare obținem:

$$R_M = (401/1440) R_E$$

Aceasta ne permite să exprimăm toate mărimile menționate anterior în funcție de raza Pământului astfel:

$$R_M = (2005 / 7200) R_E$$

$$R_S = (2005 / 18) R_E$$

$$ES = (80200 / \pi) R_E$$

$$EM = (401 / (2\pi)) R_E$$

În aceste relații trebuie doar să înlocuim raza planetei noastre pentru a obține distanțele și razele sistemului Pământ-Lună-Soare.

Măsurători cu elevii

Este o idee bună să repetăm cu elevii măsurătorile făcute de Aristarh. În primul rând trebuie să aflăm unghiul dintre direcția Soare-Pământ și direcția Pământ-Lună, când Luna este în primul pătrar. Pentru acesta este necesar să avem un teodolit și să știm exact momentul primului pătrar.

Vom încerca să verificăm dacă unghiul are valoarea $\alpha = 87^\circ$ sau $\alpha = 89^\circ 51'$ (această precizie este greu de obținut).

În al doilea rând, în timpul unei eclipse de Lună, folosind un cronometru, este posibil să calculăm relația dintre următoarele intervale de timp: ”dintre primul și ultimul contact al Lunii cu conul de umbră al Pământului” (pentru a măsura diametrul conului de umbră al Pământului – figura 17a) și ”timpul necesar pentru a acoperi suprafața Lunii” (pentru a măsura diametrul Lunii – figura 17b). În final, este posibil să verificăm dacă raportul dintre aceste două mărimi este 2:1 sau 2,6:1.

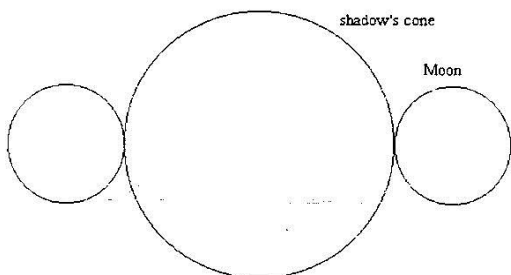


Fig. 17a: Măsurarea diametrului conului de umbră

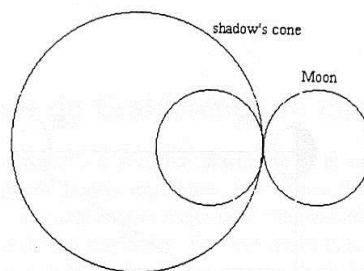


Fig.17b: Măsurarea diametrului Lunii

Cel mai important obiectiv al acestei activități nu este rezultatul obținut pentru fiecare rază sau distanță, ci de a atrage atenția elevilor asupra faptului că dacă își folosesc cunoștințele și inteligența pot obține rezultate interesante cu puține date inițiale. În cazul prezentat, ingeniozitatea lui Aristarh a fost foarte importantă pentru a da o idee asupra dimensiunilor sistemului Pământ-Lună-Soare.

Tot o idee bună este aceea de a determina cu elevii raza Pământului, urmând raționamentul folosit de Eratostene. Cu toate că experimentul lui Eratostene este bine cunoscut, prezentăm a versiune scurtă cu scopul de a completa deducerea anterioară.

Experimentul lui Eratostene

Considerați două bețe perpendiculare față de sol, aflate în două orașe de pe suprafața Pământului, pe același meridian. Bețele trebuie să fie îndreptate spre centrul Pământului. Este mai bine să utilizați firul cu plumb, pe care marcăm un punct al firului pentru a putea măsura lungimi. Vom măsura lungimea firului cu plumb de la sol până la punctul marcat și, de asemenea, lungimea umbrei firului de la bază până la umbra marcajului.

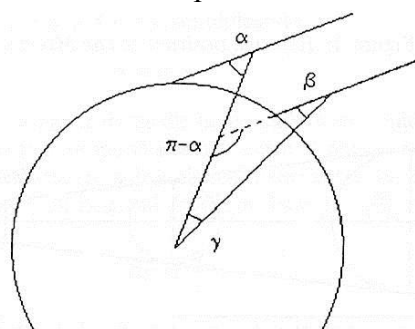


Fig. 18: Plasarea firelor cu plumb și unghiuri în experimentul lui Eratostene

Presupunem că razele solare sunt paralele. Acestea produc două umbre, una pentru fiecare fir cu plumb. Măsurăm lungimea firului cu plumb și a umbrei sale și, folosind relația de definiție a tangentei, obținem unghiurile α și β (figura 18). Unghiul la centru γ poate fi calculat, ținând cont că suma unghiurilor unui triunghi este egală cu π radiani. Atunci $\pi = \pi - \alpha + \beta + \gamma$ și rezultă:

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

unde α și β sunt unghiurile determinate de lungimea firului cu plumb și a umbrei sale.

În final, știind că există proporționalitate între unghiul la centru și lungimea arcului subîntins d (lungime egală cu distanța dintre cele două orașe) și între unghiul de 2π radiani și lungimea cercului meridianului $2\pi R_E$, găsim:

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

Apoi deducem:

$$R_E = d/\gamma,$$

unde γ a fost obținut din observații și d este distanța dintre cele două orașe. Această distanță se poate determina dintr-o hartă bună.

Trebuie menționat, de asemenea, că scopul acestei activități nu este acuratețea rezultatelor. Noi dorim ca elevii să descopere că, gândind și utilizând toate posibilitățile imaginabile, ei pot ajunge la rezultate surprinzătoare.

Mareele

Mareele sunt ridicarea și coborârea nivelului mării cauzate de efectele combinate ale rotației Pământului și forțelor de atracție gravitațională exercitate de Lună și de Soare. Forma fundului mării și țărmului în zona de coastă influențează, de asemenea, mareele, dar într-o măsură mai mică. Mareele sunt produse cu o perioadă de aproximativ 12 ore și jumătate.

Fluxurile apar pe părțile laterale ale Pământului, pe partea cea mai apropiată de Lună și pe partea opusă (figura 19). Refluxurile apar în regiunile intermediare.

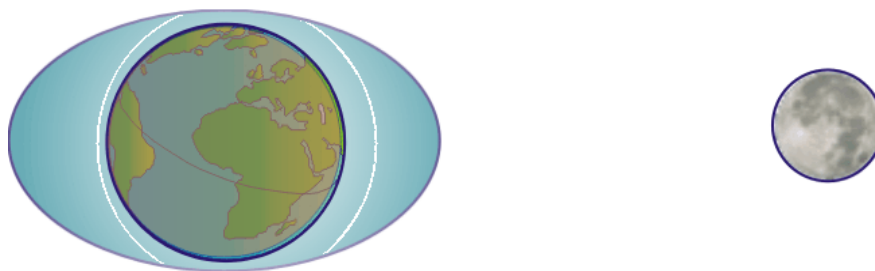


Fig. 19: Efectul de maree

Fenomenele de maree au fost cunoscute încă din antichitate, dar explicația lor a fost posibilă numai după descoperirea legii atracției universale a lui Newton (1687).

$$F_E = K \frac{m_E \times m_L}{d^2}$$

unde K este constanta atracției universale, m_E este masa Pământului, m_L este masa Lunii și d este distanța Pământ-Lună.

Luna exercită o forță de atracție asupra Pământului. Când există o forță gravitațională există și o accelerație gravitațională în conformitate cu a doua lege a lui Newton ($F = m a$). Astfel, accelerația determinată de Lună asupra unui corp de pe Pământ este dată de relația:

$$a_E = G \frac{m_L}{d^2}.$$

unde d este distanța de la Lună până la punctul considerat de pe Pământ.

Partea solidă a Pământului este un corp rigid și de aceea putem considera că accelerația ce acționează asupra acestei părți este aplicată în centrul Pământului. În schimb, apa este lichidă și este supusă unei alte accelerații, care depinde de distanța până la Lună. Astfel accelerația părții celei mai apropiate de Lună este mai mare decât a celei mai depărtate. În consecință, suprafața oceanului va genera un elipsoid (figura 20).

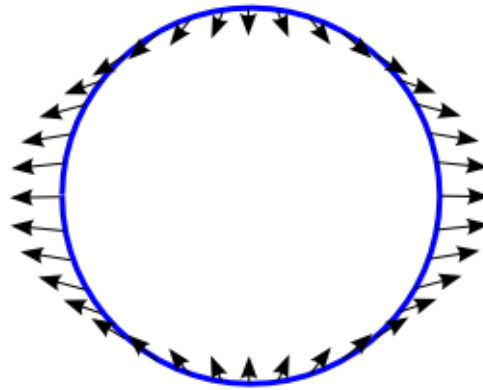


Fig. 20: Efectul asupra apei a variației relative a accelerației în diferite zone ale oceanului

Acest elipsoid este mai extins spre Lună (figure 19). Astfel, fiecare punct de pe Pământ va avea un flux urmat de un reflux de două ori pe zi. Într-adevăr, perioada dintre două mări este puțin mai mare de 12 ore și motivul este că Luna se rotește în jurul Pământului cu o perioadă sinodică de 29,5 zile. Aceasta înseamnă că Luna se rotește cu 360° în 29,5 zile, astfel încât se va mișca pe cer cu aproape $12,2^\circ$ în fiecare zi sau cu $6,6^\circ$ la fiecare 12 ore. Deoarece în fiecare oră Pământul se rotește și el cu 15° , atunci $6,6^\circ$ este echivalent cu aproximativ 24 minute și fiecare ciclu mareic este de 12 ore și 24 minute. Pentru că durata dintre un flux și un reflux este jumătate, înseamnă că acesta este de 6 ore și 12 minute.

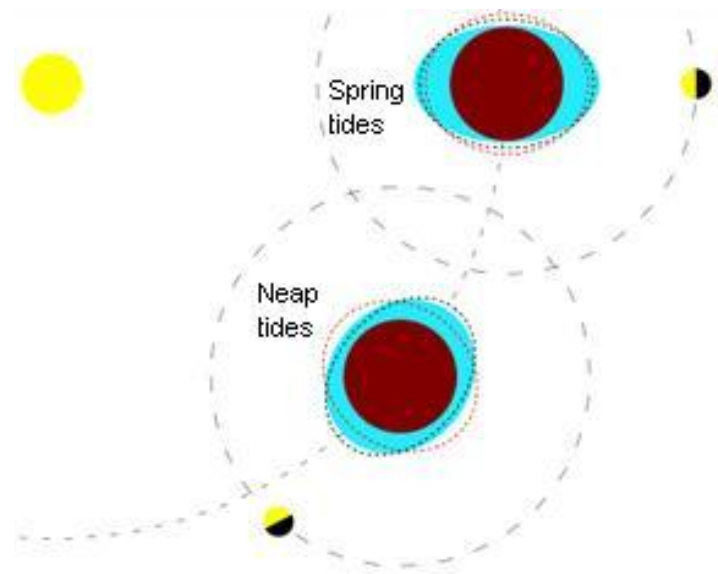


Fig. 21: Marea de sizigii și marea de cuadratură

Din cauza apropierii sale, Luna are cea mai puternică influență asupra mareelor. Dar și Soarele influențează mareele. Când Luna și Soarele sunt în conjuncție (Lună Nouă) sau în opziție (Lună Plină), se formează mareele de sizigii. Când Luna și Soarele exercită atracții gravitaționale perpendiculare (Pimul Pătrar și Ultimul Pătrar) pe Pământ, apar mareele de cuadratură (figura 21).

Bibliografie

- Alonso, M., Finn, E. *Física – un 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
- 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.