

Demonstrația mișcării aparente a stelelor, Lunii și Soarelui

Rosa M. Ros, Francis Berthomieu

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

Sumar

Acest articol prezintă o metodă simplă de explicare a mișcării aparente a stelelor, Lunii și Soarelui din diferite părți ale globului. Procedeu constă în construirea unui model simplu cu ajutorul căruia vom observa aceste mișcări de la diferite latitudini.

Obiective

- Înțelegerea mișcării aparente a stelelor, văzută de la diferite latitudini.
- Înțelegerea mișcării aparente a Soarelui, văzută de la diferite latitudini.
- Înțelegerea mișcării aparente și a imaginilor Lunii, văzute de la diferite latitudini.

Ideea din spatele demonstrației

Explicația mișcării aparente ale Soarelui, Lunii și stelelor văzute de pe Pământ nu este o sarcină simplă. Elevii știu deja ca Soarele răsare și apune în fiecare zi, dar ar fi surprinși să afle că Soarele răsare și apune în alt punct în fiecare zi sau că traiectoriile solare pot varia în funcție de latitudinea locului. Demonstrația noastră va simplifica fenomenele de Soare de la miezul nopții sau trecerea Soarelui la zenit. Demonstrația poate fii foarte utilă în înțelegerea mișcării de translație și în justificarea unor diferențe la diferite latitudini.

Este ușor să memorezi forma și aspectul fiecărei constelații învățând poveștile mitologice și memorând regulile geometrice cu ajutorul cărora poți găsi constelațiile pe cer. Cu toate acestea, metoda este utilă doar pentru o locație fixă. Din cauza mișcării sferei cerești, un observator aflat la Polul Nord poate vedea toate stelele din emisfera nordică, în timp ce un observator aflat la Polul Sud poate observa toate stelele aflate în emisfera sudică. Dar observatorii aflați la alte latitudini ce observă?

Demonstrația mișcării stelare aparente: de ce sunt stelele vizibile?

Totul devine complicat când observatorul nu locuiește într-o zonă care nu aparține de nici unul dintre poli. În fapt acest lucru se aplică la majoritatea observatorilor. În acest caz, stelele se împart în trei categorii diferite, bazate pe mișcările lor observabile (pentru fiecare latitudine): stele circumpolare, stele care răsar și apun și stele invizibile (figura 1). Cu toții am trăit surpriza de a descoperi că, trăind în emisfera sudică, putem observa unele stele specific emisferei nordice. Desigur, similară este surpriza de a trăi fenomenul de Soare la miezul nopții.

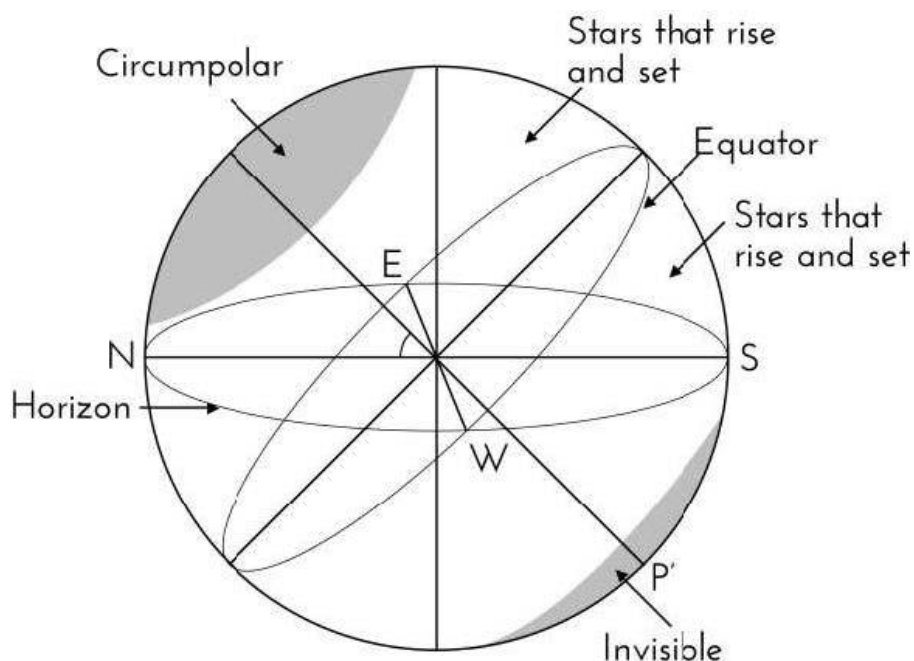


Fig. 1: Trei tipuri diferite de stele (în funcție de latitudine): circumpolare, stele cu răsărit și apus și stele invizibile.

În funcție de vârstă, majoritatea elevilor pot înțelege de ce unele stele par circumpolare din orașul în care trăiesc. Cu toate acestea este mai greu să înțeleagă ce stele sunt circumpolare văzute din alte părți ale globului. Dacă întrebăm de ce o anumită stea (de ex: Sirius) pare că răsare și apune văzută din Buenos Aires, este dificil pentru elevi să dea răspunsul corect. De aceea, vom folosi demonstratorul stelar pentru a observa și studia mișcările observabile ale diferitelor stele, ținând cont de latitudinea locului de observare.

Scopul principal al demonstratorului

Principal scop este descoperirea naturii constelațiilor, dacă sunt circumpolare, dacă răsar și apun și care constelații sunt invizibile la anumite latitudini. Dacă observăm stelele de la o latitudine de aproximativ 45° N, este clar că putem observa un număr destul de mare de stele vizibile în emisfera sudică care răsar și apun în fiecare noapte (figura 1).

În cazul nostru, demonstratorul ar trebui să includă constelații cu declinații variabile (ascensia dreaptă nu este importantă în acest stadiu). O foarte bună idee ar fi să fie utilizate constelații familiare elevilor. Acestea pot avea ascensii drepte variabile, în așa fel încât sunt vizibile în diferite luni ale anului (figura 2).

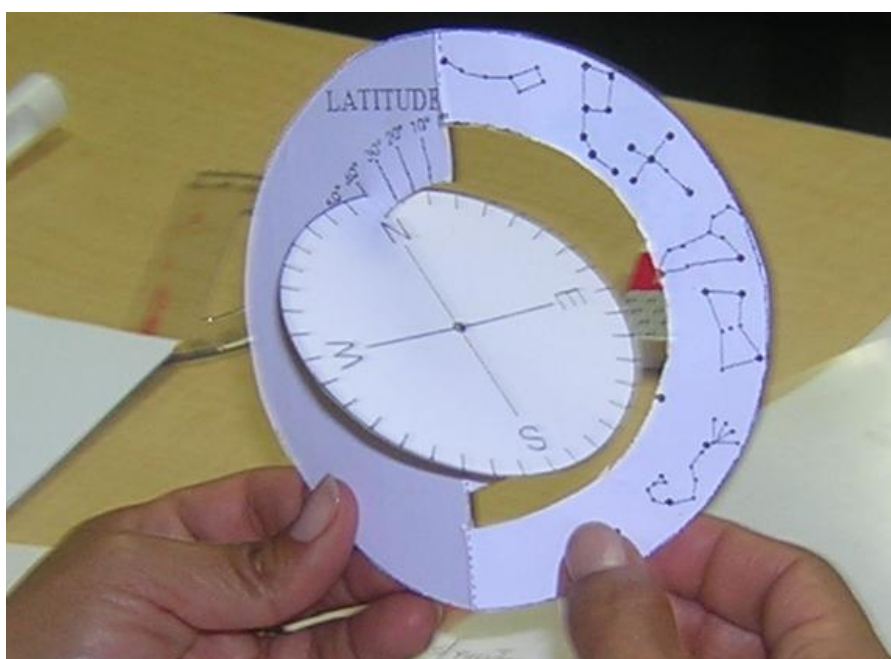


Fig. 2: Folosirea demonstratorului:
acesta este un exemplu de demonstrator pentru emisfera nordică utilizând constelațiile din Tabelul 1.

Când selectăm constelațiile ce vor fi desenate, doar stelele strălucitoare ar trebui folosite pentru a fi ușor de identificat. Este de preferat să nu fie utilizate constelații care se află pe același meridian, în schimb să ne concentrăm asupra alegerii unor constelații bine cunoscute de elevi (Tabelul 1). Dacă sunteți interesați de construirea unui model pentru fiecare anotimp al emisferei în care vă aflați. Constelațiile utilizate ar fi bine să aibă declinații diferite, dar să aibă ascensia dreaptă între 21h-3h toamna (primăvara), 3h-9h iarna (vara), 9h-14h primăvara (toamna) și 14h-21h vara (iarna) în emisfera nordică (sudică) pentru cerul serii.

Constelația	Declinația maximă	Declinația minimă
-------------	----------------------	----------------------

Ursa Minor	+90°	+70°
Ursa Major	+60°	+50°
Cygnus	+50°	+30°
Leo	+30°	+10°
Orion și Sirius	+10°	-10°
Scorpius	-20°	-50°
Crucea Sudului	-50°	-70°

Tabelul 1: Constelațiile care apar în demonstratorul arătat în figura 1.

Dacă decidem să selectăm constelații pentru un singur anotimp, s-ar putea să întâmpinăm dificultăți în găsirea unor constelații între, de exemplu, 90°N și 60°N, între 60°N și 40°N, între 40°N și 20°N și între 20°N și 20°S și așa mai departe, fără să ne suprapunem și să ajungem la o latitudine de 90°S. De asemenea, dacă vrem să selectăm constelații bine cunoscute și cu puține stele strălucitoare, care sunt destul de mari să acopere întregul meridian, este posibil să nu ne atingem scopul. Deoarece constelațiile mari, strălucitoare și bine cunoscute nu acoperă cerul pe tot parcursul anului, ar fi mai ușor de confecționat un demonstrator pentru întregul an.

Un alt argument în favoarea unui demonstrator unic, pentru întregul an ar fi evitarea discuțiilor legate de anotimpurile care au loc doar într-o anumită emisferă.

Confecționarea demonstratorului

Pentru obținerea unui demonstrator robust (figurile 3a și 3b), o idee ar fi lipirea a două bucăți de carton sau hârtie cartonată înainte de a-l tăia (figurile 4 și 5). De asemenea, este o bună idee și construirea unui demonstrator mai mare, pentru a fi folosit de profesor.



Fig. 3a și 3b: Confecționarea unui demonstrator stelar.

Instrucțiunile pentru confecționarea demonstratorului sunt date mai jos.

Demonstrator pentru emisfera nordică

- Realizați o fotocopie cu fig. 4 și fig. 5 pe carton.
- Tăiați ambele piese de-a lungul liniei continue (fig. 4 și 5).

- c) Îndepărtați zonele negre din piesa principală (fig. 4).
- d) Îndoiiți piesa principală (fig. 4) de-a lungul liniei drepte punctate. Făcând operațiunea repetat, demonstratorul este mai ușor de utilizat.
- e) Faceți o mică creștătură deasupra punctului "N" pe discul orizontului (fig. 5). Creștătura ar trebui să fie îndeajuns de largă, astfel încât cartonul să treacă prin ea.
- f) Lipiți cadranul nord-est al discului orizontului (fig. 5) pe cadranul gri al piesei principale (fig. 4). Este foarte important ca linia dreaptă nord-sud să urmeze linia dublă a piesei principale. De asemenea, punctul "W" de pe discul orizontului trebuie să se potrivească cu latitudinea de 90° .
- g) Când plasezi discul orizontului pe piesa principală, asigură-te că cele două stau perpendicular.
- h) Este foarte important să lipiți părțile diferite cu atenție, astfel încât să obțineți o precizie maximă.

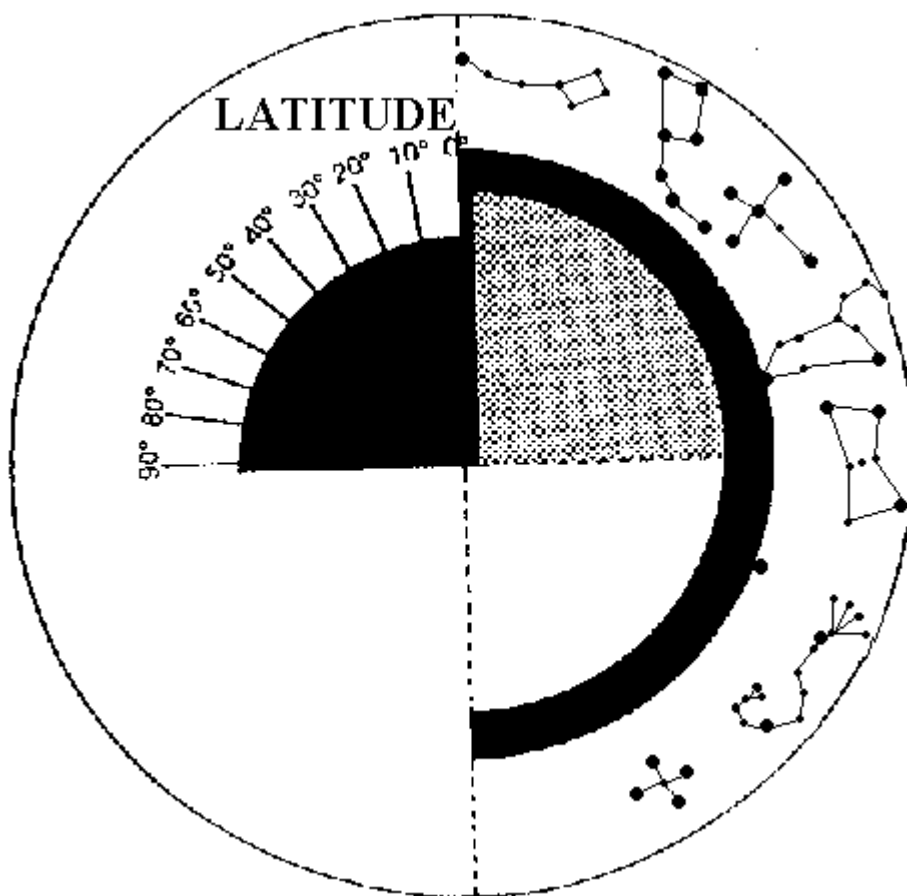


Fig. 4: Componenta principală a unui demonstrator stelar pentru emisfera nordică.

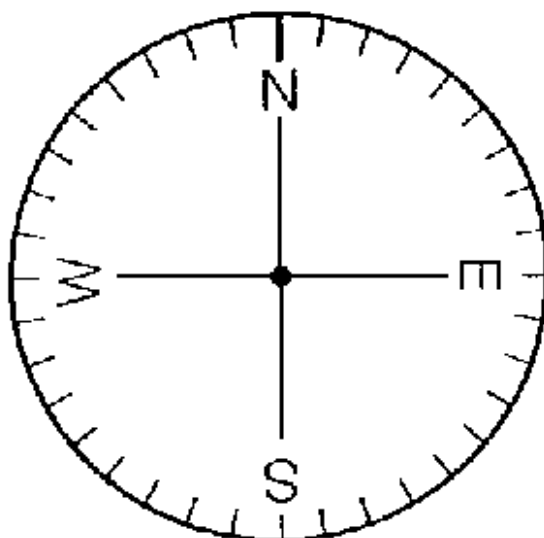


Fig. 5: Discul orizontului.

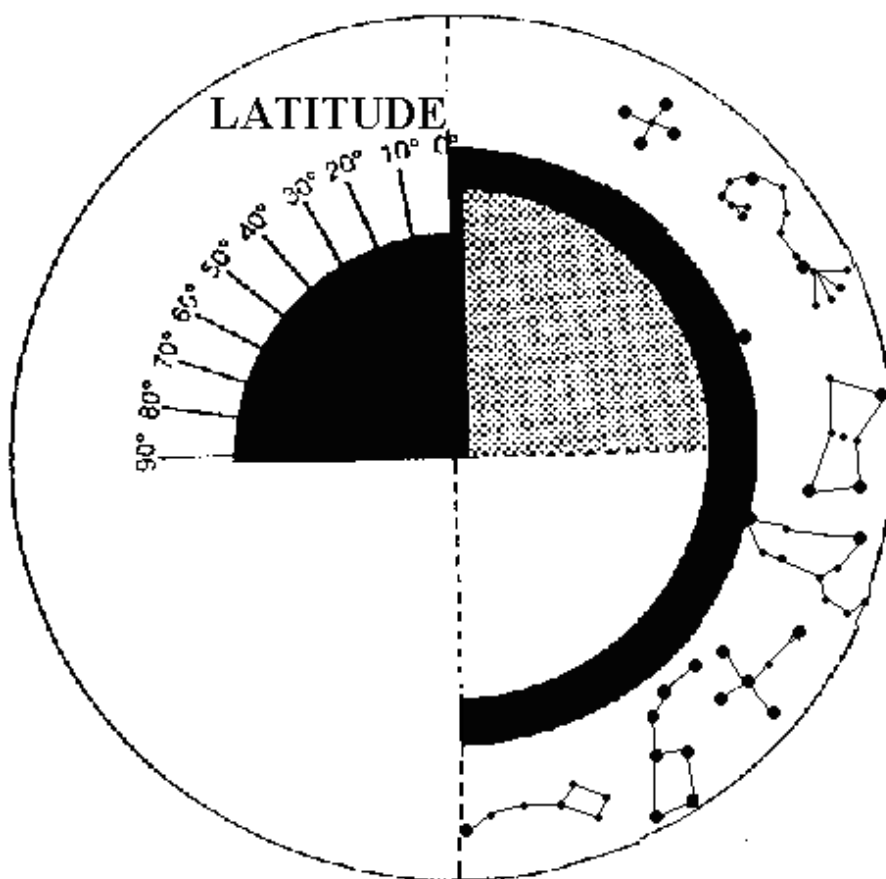


Fig. 6: Componenta principală a unui demonstrator stelar pentru emisfera sudică.

Demonstrator pentru Emisfera Sudica

- a) Realizați o fotocopie a figurilor 5 și 6 pe carton.
- b) Tăiați ambele piese de-a lungul liniei continue (fig. 5 și 6).
- c) Îndepărtați spațiile negre din piesa principală (fig. 6).
- d) Îndoii piesa principală (fig. 6) de-a lungul liniei întrerupte. Făcând operațiunea de câteva ori, demonstratorul este mai ușor de utilizat.
- e) Faceți o creștătură în punctul “S” de pe discul orizontului (fig. 5). Creștătura ar trebui să fie destul de mare pentru a putea trece cartonul.
- f) Lipiți cadranul sud-vest pe discul orizontului (fig. 5) pe cadranul gri al piesei principale (fig. 6). Este foarte important să aveți o linie nord-sud dreaptă după linia dublă a piesei principale. De asemenea, punctul “E” de pe discul orizontului trebuie să fie plasat la o latitudine de 90° .
- g) Când plasați discul orizontului în piesa principală, asigurați-vă că cele două sunt perpendiculare.
- h) Este important să lipiți părțile diferite cu atenție pentru a obține maximum de precizie.

Alegeți pe care dintre cele două demonstratoare doriți să le construiți luând în considerare locul unde vă aflați sau locuiți. De asemenea, puteți construi un demonstrator selectând constelațiile preferate sau alte criterii. De exemplu, puteți include constelații vizibile doar pentru un anotimp, doar pentru o lună etc. Pentru asta trebuie să luați în considerare doar constelații cu ascensii drepte, cuprinse între două valori specifice. După aceasta desenați constelațiile cu declinația lor în figura 7. Observați că fiecare sector corespunde la 10° .

Aplicații ale demonstratorului

Pentru a începe să utilizați demonstratorul trebuie să selectați latitudinea locului dumneavoastră de observație. Cu ajutorul demonstratorului putem face o călătorie imaginară în jurul Terrei.

Utilizați mâna stângă pentru a ține piesa principală a demonstratorului (figurile 4 sau 6) de partea albă (sub latitudinea cadrantului). Selectați latitudinea și mișcați discul orizontului până când arată latitudinea aleasă. Cu ajutorul mâinii drepte mișcați discul pe care se află constelațiile de la dreapta la stânga de câteva ori. Puteți observa care dintre constelații se află întotdeauna la orizont (circumpolare), care constelații răsar și apun și care dintre ele se află întotdeauna sub linia orizontului.

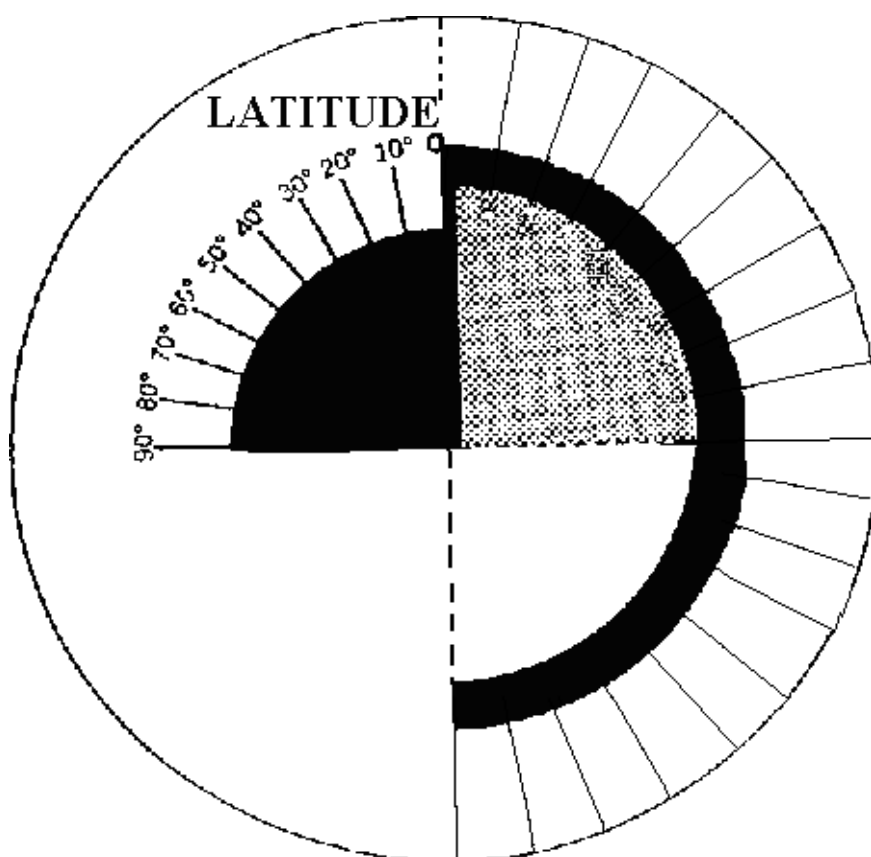


Fig. 7: Componenta principală a unui demonstrator pentru emisfera nordică sau pentru emisfera sudică.

- ***Înclinarea traiectoriei stelelor față de orizont***

Cu demonstratorul, este foarte ușor de observat cum unghiul căii stelelor relative la orizont se schimbă în funcție de latitudine (fig. 8 și 9).

Dacă observatorul trăiește la ecuator (latitudine 0°) acest unghi este de 90° . Pe de altă parte, dacă observatorul trăiește la Polul Nord sau Sud, (latitudine 90° N sau 90° S) traiectoria stelei este paralelă cu orizontul. În general, dacă observatorul trăiește într-un oraș de latitudine L , înclinarea căii stelei față de orizont este tot timpul 90° minus L .

Putem verifica acest lucru analizând figurile 8 și 9. Fotografia din fig. 9 a fost făcută la Lapland (Finlanda), iar cea din fig. 8 la Montseny (lângă Barcelona, Spania). Lapland este amplasat la o latitudine mai mare față de Barcelona, deci înclinarea căii stelare este mai mică.

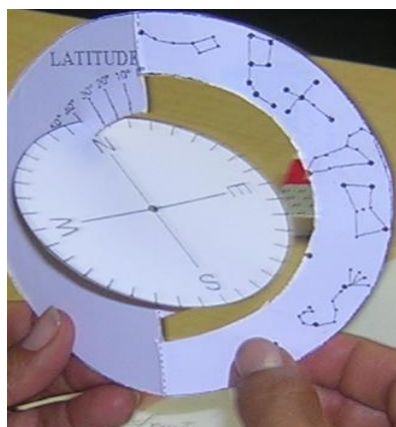


Fig. 8a și 8b: Răsăritul stelelor la Montseny (lângă Barcelona, Spania). Unghiul traiectoriei stelei față de orizont este 90° minus latitudinea (Foto: Rosa M. Ros).

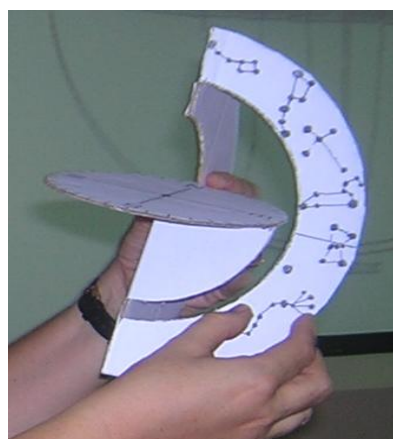


Fig. 9a și 9b: Apusul stelelor la Enontekiö din Lapland (Finlanda). Unghiul traiectoriei stelei față de orizont este 90° minus latitudinea. Observăm că traiectoriile stelelor sunt mai scurte decât în imaginea anterioară, deoarece timpul de expunere a fost mai mic din cauza aurorei boreale (Foto: Irma Hannula).

Utilizând demonstratorul în acest mod, elevii pot participa la următoarele activități:

- 1) Dacă alegem ca latitudinea să fie de 90°N , atunci observatorul este la Polul Nord. Putem vedea că toate constelațiile din emisfera nordică sunt circumpolare. De asemenea, toate constelațiile din emisfera sudică sunt invizibile și nu există constelații care răsar sau apun.
- 2) Dacă latitudinea este 0° , observatorul este la ecuator și poate observa că toate constelațiile răsar și apun perpendicular pe orizont. Niciuna nu este circumpolară sau invizibilă.
- 3) Dacă latitudinea este 20° (N sau S), sunt mai puține constelații circumpolare ca în cazul latitudinii de 40° (N sau S). Vor fi, însă, mai multe stele care răsar și apun dacă latitudinea este de 20° în loc de 40° .
- 4) Dacă latitudinea este 60° (N sau S), sunt mai multe constelații circumpolare, respectiv invizibile, dar numărul constelațiilor care răsar și apun este mai redus comparative cu cel de la latitudinea de 40° (N sau S).

Demonstrator solar: de ce Soarele nu răsare în același punct în fiecare zi

Este simplu să explicăm mișcările Soarelui observate de pe Pământ. Elevii știu că Soarele răsare și apune în fiecare zi, dar sunt surprinși să constate că răsare și apune zilnic în alte locații. Este, de asemenea, interesant să considerăm variațiile traiectoriilor Soarelui în funcție de latitudinea locului. Poate fi dificil de explicat Soarele de la miezul nopții sau trecerea Soarelui la zenit. Simulatorul poate fi foarte util, în special, pentru a înțelege mișcarea de translație și pentru a justifica unele diferențe de latitudine.

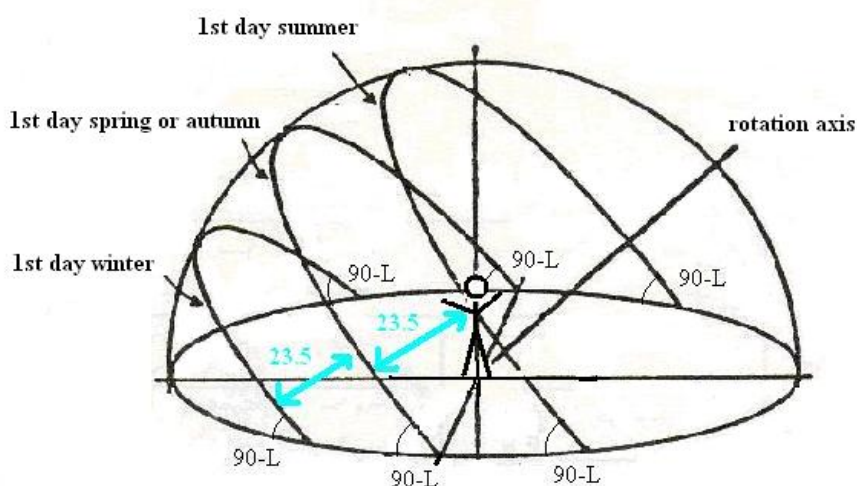


Fig. 10: Trei treceri solare diferite (prima zi a echinoxului de toamnă, prima zi a primăverii sau toamnei, prima zi a verii, prima zi a iernii).

Realizarea demonstratorului

Pentru a face un demonstrator solar, trebuie să luăm în considerare declinațiile solare, care se schimbă zilnic. Apoi, trebuie să ținem cont și de faptul că poziția Soarelui se schimbă în funcție de anotimp. În prima zi de primăvară, respective în prima zi de toamnă, declinația sa este 0° și Soarele se deplasează de-a lungul ecuatorului. În prima zi de vară (iarnă în emisfera sudică), declinația Soarelui este de $+23.5^\circ$, iar în prima zi de iarnă (vară în emisfera sudică) aceasta este de -23.5° (fig. 10). Trebuie să putem schimba aceste valori în funcție de modul în care vrem să studiem traiectoria Soarelui.

Pentru a obține un demonstrator robust (figurile 11a și 11b), o bună idee este să lipim împreună două bucăți de carton, înainte de a le tăia. De asemenea, unul dintre demonstratoare poate fi de două ori mai mare ca celălalt, pentru a fi utilizat de către profesor.

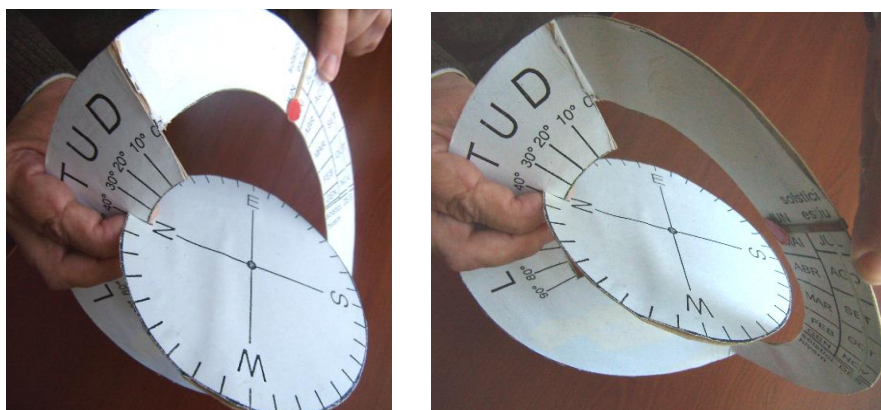


Fig. 11a și 11b: Pregătirea demonstratorului solar pentru emisfera nordică la latitudinea de $+40^\circ$.

Instrucțiunile pentru construcție sunt prezentate mai jos.

Demonstrator pentru emisfera nordică

- Se face o fotocopie a figurilor 12 și 13 pe carton.
- Se taie ambele bucăți de-a lungul liniei continue (figurile 12 și 13).
- Se îndepărtează zonele negre din componenta principală (figura 13).
- Se împăturește componenta principală de-a lungul liniei punctate (figura 13). Făcând acest lucru de câteva ori, veți face demonstratorul mai ușor de folosit.
- Faceți o tăietură deasupra lui "N" pe discul orizontal (figura 13). Tăietura trebuie să fie suficient de mare pentru ca bucata de carton să treacă prin ea.
- Lipește cadranul nord-est pe discul orizontal (figura 13) în cadranul gri al piesei principale (figura 12). Este foarte important să avem o linie dreaptă nord-sud, urmată de linie dublă pe piesa principală. De asemenea, "W" de pe discul orizontal trebuie să se potrivească cu latitudinea de 90° .
- Când se plasează discul orizontal în piesa principală, trebuie să fim siguri că cele două stau perpendiculare.
- Este foarte important ca cele două piese diferite să fie lipite cu atenție pentru a obține o precizie maximă.
- Pentru a pune Soarele pe demonstrator, pictați un cerc roșu pe o bucată de hârtie. Se taie și se pune între cele două benzi adezive. Plasați fâșia transparentă cu cercul roșu peste declinația zonei din figura 12. Ideea este că ar trebui să fie ușoară mișcarea benzilor în sus și în jos pentru a situa punctul roșu după luna aleasă.

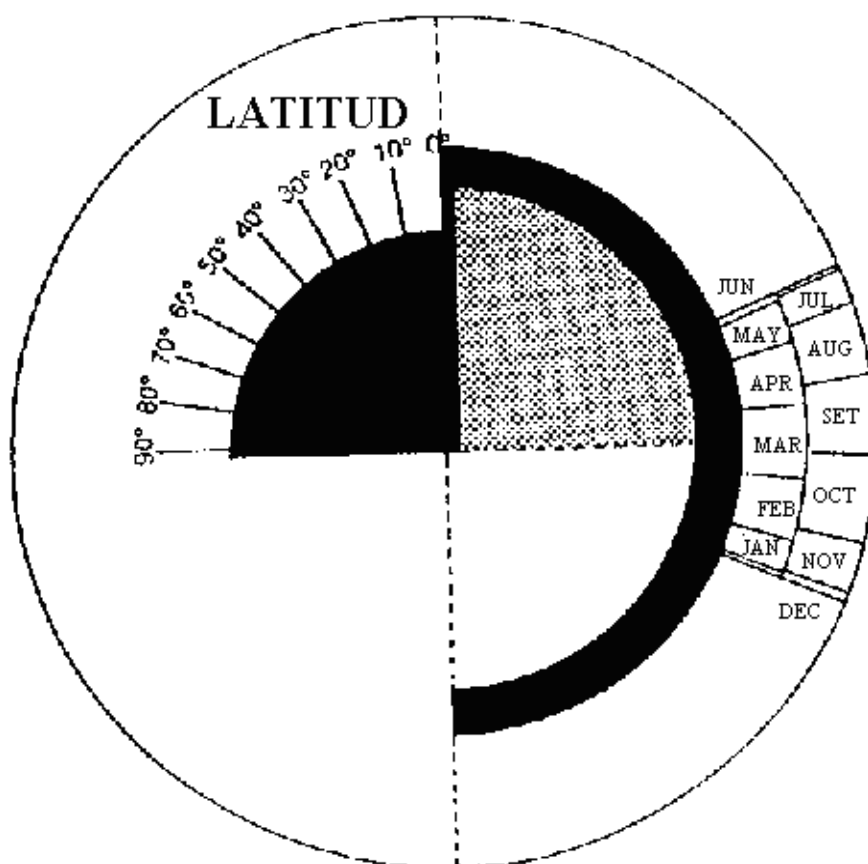


Fig. 12: Piesa principală a unui demonstrator solar pentru emisfera nordică.

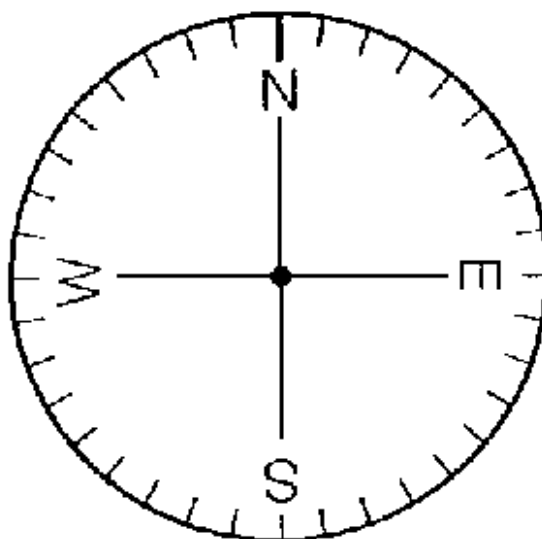


Fig. 13: Discul orizontului.

Pentru a construi un demonstrator solar pentru emisfera sudică, trebuie urmați aceeași pași, dar figura 12 va trebui înlocuită cu figura 14.

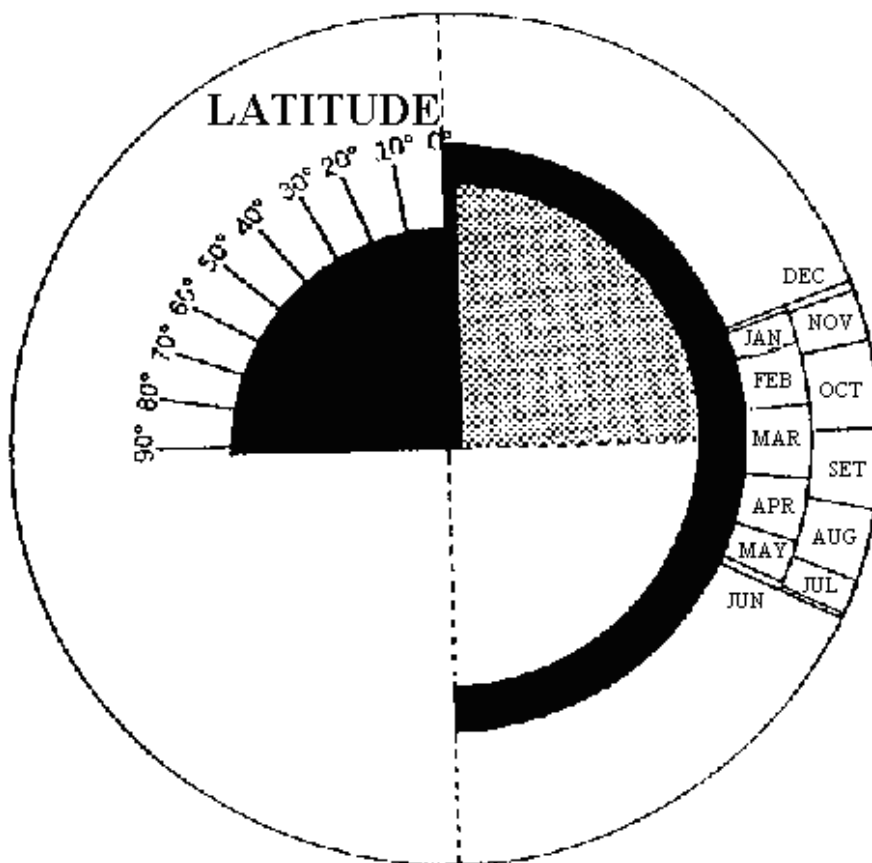


Fig. 14: Componenta principală a unui demonstrator solar pentru emisfera sudică.

Demonstrator pentru emisfera sudică

- Se face o fotocopie a figurilor 13 și 14 pe carton.
- Se taie ambele bucăți de-a lungul liniei continue (fig. 13 și 14).
- Se îndepărtează zonele negre din componenta principală (fig. 14).
- Se împăturește componenta principală de-a lungul liniei punctate (fig. 14). Făcând acest lucru de câteva ori, veți face demonstratorul mai ușor de folosit.
- Faceți o tăietură deasupra lui "S" pe discul orizontal (figura 13). Tăietura trebuie să fie suficient de mare pentru ca bucata de carton să treacă prin ea.
- Lipiți cadranul sud-vest pe discul orizontal (figura 13) în cadranul gri al piesei principale (fig. 14). Este foarte important să avem o linie dreaptă nord-sud, urmată de linie dublă pe piesa principală. De asemenea, "E" de pe discul orizontal trebuie să se potrivească cu latitudinea de 90°.
- Când se plasează discul orizontal în piesa principală, trebuie să fim siguri că cele două stau perpendicular.
- Este foarte important ca cele două piese diferite să fie lipite cu atenție pentru a obține o precizie maximă.
- Pentru a pune Soarele pe demonstrator, pictați un cerc roșu pe o bucată de hârtie. Se taie și se pune între cele două benzi adezive. Plasați fâșia transparentă cu cercul roșu peste declinația zonei din figura 14. Ideea este că ar trebui să fie ușoară mișcarea benzilor în sus și în jos pentru a situa punctul roșu după luna aleasă.
- Utilizând demonstratorul solar

Pentru a folosi demonstratorul, trebuie să selectați latitudinea. Apoi, putem din nou călători peste suprafața Pământului într-o excursie imaginară cu ajutorul demonstratorului.

Vom considera trei zone:

1. Locuri într-o zonă intermediară între emisferele nordică și sudică.
2. Locuri din zonele polare.
3. Locuri din zonele ecuatoriale.

1. - Locuri într-o zonă intermediară între emisferele nordică și sudică: ANOTIMPURILE

• *Unghiul între traiectoria relativă a Soarelui și orizont*

Folosind demonstratorul este foarte ușor de observat că unghiul între traiectoria relativă a Soarelui și orizont depinde de latitudine. Dacă observatorul trăiește la ecuator (latitudine 0°) acest unghi este de 90° . Dacă observatorul trăiește la Polul Nord sau la Polul Sud (latitudine 90° N sau 90° S), traiectoria Soarelui este paralelă cu orizontul. În general, dacă observatorul trăiește într-o localitate la latitudinea L , traiectoria relativă a Soarelui este înclinată față de orizont tot timpul cu 90 minus L . Putem verifica aceasta privind figurile 15 și 16. Imaginea din figura 15 a fost luată la Lapland (Finlanda), iar cea din figura 16 la Gandia (Spania). Lapland este la o latitudine mai mare față de Gandia, deci înclinarea traiectoriei Soarelui este mai mică.



Fig. 15a și 15b: Răsăritul Soarelui în Enontekiö în Lapland (Finlanda). Unghiul traiectoriei Soarelui față de orizont este colatitudinea (90° minus latitudinea) (Foto: Sakari Ekko).



Fig. 16a și 16b: Răsăritul Soarelui în Gandia (Spania). Unghiul traiectoriei Soarelui față de orizont este 90° minus latitudinea (Foto: Rosa M. Ros).

• *Înălțimea Soarelui deasupra orizontului depinde de anotimp*

1a) Emisfera nordică

Folosind un demonstrator pentru localitatea voastră (selectând latitudinea localității voastre), este ușor de verificat faptul că înălțimea Soarelui deasupra orizontului se schimbă odată cu anotimpurile. De exemplu, în prima zi de primăvară (astronomică), declinația Soarelui este de 0° . Putem pune Soarele pe 21 martie. Apoi, putem deplasa Soarele de-a lungul ecuatorului, de la est la vest. Vom putea vedea că Soarele are o anumită înălțime deasupra orizontului.

La aceeași latitudine, vom repeta experimentul în zile diferite. Când vom deplasa Soarele de-a lungul ecuatorului în prima zi de vară, adică la 21 iunie, (declinația solară este $+23^\circ,5$), observăm că traiectoria acestuia este mai înaltă decât în prima zi a primăverii. În sfârșit, vom repeta experimental în prima zi de iarnă, adică la 21 decembrie (declinația solară $-23^\circ,5$). Vom observa, în acest caz, că traiectoria Soarelui este cea mai joasă. În prima zi de toamnă declinația este de 0° , iar traiectoria Soarelui de-a lungul ecuatorului este similară cu cea din prima zi de primăvară.



Fig. 17a și 17b: Traiectoria Soarelui vara și iarna în Norvegia. Este evident că înălțimea Soarelui deasupra orizontului este mai mare vara ca iarna. De aceea, Soarele strălucește mai mult timp vara ca iarna.

1b) Emisfera sudică

Folosind demonstratorul pentru localitatea voastră (selectați latitudinea acesteia), este ușor de verificat că înălțimea Soarelui deasupra orizontului depinde de anotimp. De exemplu, în prima zi de primăvară, declinația Soarelui este de 0° . Punem Soarele la 23 septembrie. Apoi, vom deplasa Soarele de-a lungul ecuatorului de la est la vest. Vom putea vedea că traiectoria Soarelui are o anumită înălțime deasupra orizontului.

La aceeași latitudine, vom repeta experimental în zile diferite. În prima zi de vară, adică la 21 decembrie (declinația solară este $-23^\circ,5$), când vom deplasa Soarele de-a lungul ecuatorului, vom observa că Soarele are o înălțime deasupra orizontului mai mare față de cea din prima zi de primăvară.

În sfârșit, putem repeta experimental la aceeași latitudine în prima zi de iarnă, adică la 21 iunie (declinația solară fiind $+23^\circ,5$). Putem vedea că în acest caz traiectoria Soarelui este cea mai joasă. În prima zi de toamnă declinația este de 0° și traiectoria Soarelui urmează ecuatorul într-un mod similar celui din prima zi de primăvară.

Evident că, dacă schimbăm latitudinea, înălțimea Soarelui deasupra orizontului se schimbă, dar de fiecare dată rămâne cea mai ridicată în prima zi de vară și cea mai coborâtă în prima zi de iarnă.

Observații:

Vara, când înălțimea Soarelui deasupra orizontului are valoarea cea mai ridicată, lumina solară este aproape la incidență normală în raport cu planul orizontului. Din această cauză, radiația este concentrată într-o arie restrânsă și vremea este mai caldă. De asemenea, în timpul verii, numărul orelor cu lumină naturală este mai mare ca în timpul iernii. Aceasta conduce, de asemenea, la creșterea temperaturii în timpul verii.

- *Soarele răsare zilnic din alt loc*

În experimentele precedente, dacă ne-am fi concentrat atenția asupra răsăritului și apusului Soarelui, am fi observat că acestea nu sunt în același loc în fiecare zi. În particular, distanța pe orizont între răsăritul (sau apusul) primei zile din două anotimpuri consecutive crește cu creșterea latitudinii (figurile 18a și 18b).



Fig. 18a și 18b: Apus la Riga (Letonia) și la Barcelona (Spania) în prima zi a fiecărui anotimp (stânga/iarna, centru/primăvara sau toamna, dreapta/vara). Apusul central în ambele fotografii se află pe aceeași linie. Este ușor de observat că apusurile vara și iarna la Riga (latitudine mai înaltă) sunt mai distincte ca în Barcelona (Foto: Ilgonis Vilks, Letonia și Rosa M. Ros, Spania).

Este foarte simplu să folosim un demonstrator pentru simulare. Trebuie doar marcată poziția Soarelui în fiecare anotimp pentru două latitudini diferite, de exemplu de 60° și 40° (figurile 19a, 19b și 19c).



Fig. 19a: Răsăritul în prima zi de primăvară sau de toamnă,
Fig. 19b: Răsăritul în prima zi de vară, Fig. 19c: Răsăritul în prima zi de iarnă

Ilustrațiile din figurile 18 și 19 sunt pentru emisfera nordică, dar aceleași concepte sunt valabile și pentru emisfera sudică (figurile 20a și 20b). Singura diferență este calendarul anotimpurilor.



Fig. 20a și 20b: Apusul în La Paz (Bolivia) și Esquel (Argentina) în prima zi a fiecărui anotimp (stânga/vara, centru/primăvara și toamna, dreapta/iarna). Apusul din centru în cazul ambelor poze este pe aceeași linie și este ușor de observat că vara și iarna apusurile în Esquel (latitudine mai înaltă) sunt mai separate față de La Paz (Foto: Juan Carlos Martínez, Columbia și Nestor Camino, Argentina).

Observații:

Soarele nu răsare exact la est și nu apune exact la vest. Deși această idee este în general acceptată, ea nu este și adevărată. Aceasta se întâmplă doar de două ori pe an: în prima zi de primăvară și în prima zi de toamnă, pentru toate latitudinile.

Un alt lucru interesant este că Soarele trece la meridian (linia imaginată care trece prin polii cerești și zenit) la miezul zilei la toate latitudinile (în timp solar). Acest lucru poate fi folosit pentru orientare.

2. – Regiunile polare: SOARELE DE LA MIEZUL NOPTII

- *Vara polară și iarna polară*

Dacă introducem latitudinea polară în demonstrator (90° N sau 90° S în raport de polul considerat) sunt trei posibilități. Dacă declinația Soarelui este 0° , atunci Soarele se deplasează de-a lungul orizontului care este, de asemenea, și ecuatorul.

Dacă declinația coincide cu prima zi a verii, atunci Soarele se deplasează paralel cu orizontul. De fapt, Soarele se mișcă mereu paralel cu orizontul, din a doua zi de primăvară, până în ultima zi de vară. Aceasta înseamnă că o jumătate de an este zi.

În prima zi de toamnă, Soarele, din nou, se deplasează de-a lungul orizontului. Însă, începând cu a doua zi de toamnă, până în ultima zi de iarnă, Soarele se deplasează paralel cu orizontul, dar sub acesta. Aceasta înseamnă că o jumătate de an este noapte.

Desigur, exemplele de mai sus sunt situațiile extreme. Există unele latitudini nordice în care traiectoria Soarelui nu este paralelă cu orizontul. Cu toate acestea, încă nu avem răsărit sau apus din cauza latitudinii locale prea înalte. În aceste cazuri putem observa așa-numitul „Soare de la miezul nopții”.

- ***Soarele de la miezul nopții***

Dacă selectăm pe demonstrator latitudinea de 70° N (sau 70° S, în raport de emisfera considerată), putem simula conceptual de „Soare de la miezul nopții”. Dacă punem Soarele în prima zi a verii, adică la 21 iunie în emisfera nordică (sau la 21 decembrie în emisfera sudică), vom putea observa că Soarele nu răsare și nu apune în această zi. Traiectoria Soarelui este tangent la orizont, dar niciodată sub acesta. Acest fenomen este cunoscut ca „Soare de la miezul nopții”, deoarece Soarele este sus la miezul nopții (figurile 21a și 21b).

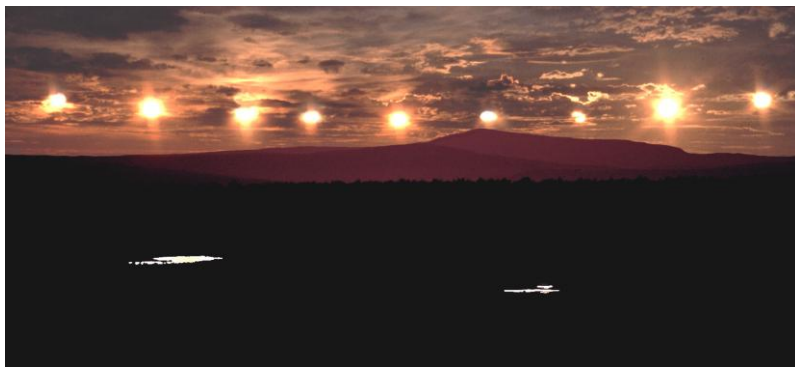


Fig. 21a și 22b: Traiectoria „Soarelui de la miezul nopții” în Lapland (Finlanda). Soarele se apropie de orizont, dar nu apune. Mai degrabă, se ridică din nou (Foto: Sakari Ekko).

La poli (90° N sau 90° S), Soarele apare la orizont o jumătate de an și este sub orizont pentru cealaltă jumătate de an. Este ușor de ilustrat această situație folosind demonstratorul (figurile 22a și 22b).

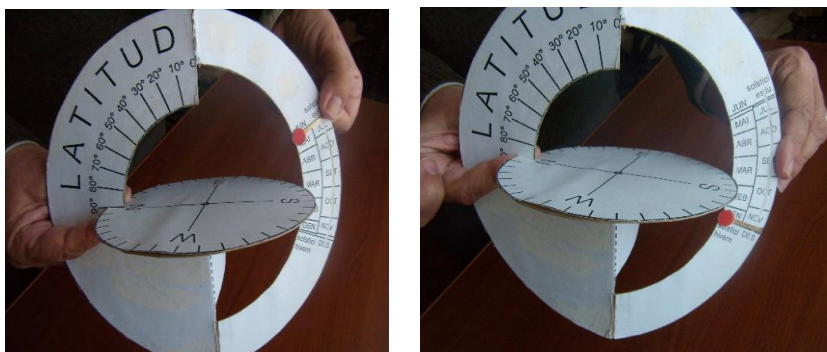


Fig. 22a și 22b: Demonstratorul arată Soarele deasupra orizontului pentru o jumătate de an și sub orizont pentru cealaltă jumătate de an.

3. – Zonele ecuatoriale: SOARELE LA ZENIT

- **Soarele la zenit**

În zonele ecuatoriale, cele patru anotimpuri nu sunt foarte diferite. Traectoria Soarelui este, practice, perpendicular pe orizont și înălțimea Soarelui deasupra orizontului este practic aceeași de-a lungul întregului an. Durata zilelor și nopților sunt similare (figurile 23a, 23b și 23c).



Fig. 23a, 23b și 23c: Răsăritul Soarelui în prima zi a fiecărui anotimp: stânga – prima zi de vară, centru – prima zi de primăvară sau toamnă și dreapta – prima zi de iarnă (în emisfera nordică). La ecuator, traectoria Soarelui este perpendiculară pe orizont. Soarele răsare aproximativ din același loc în fiecare anotimp. Distanțele unghiulare între răsărituri sunt de numai $23,5^\circ$ (oblicitatea eclipticii). La latitudini extreme traectoria Soarelui este mai înclinată și distanțele între cele trei puncte ale răsăritului cresc (fig. 17 și 19).

Mai mult, în țările tropicale sunt unele zile speciale: zilele când Soarele trece prin zenit. În aceste zile, lumina cade perpendicular pe suprafața Pământului la ecuator. Din această cauză, temperatura este mai ridicată și umbrele oamenilor dispar sub papuci (figura 24a). Unele culturi străvechi considerau aceste zile speciale, fenomenul fiind foarte ușor de observat. Așa au rămas până în zilele noastre. De fapt, sunt două zile într-un an când Soarele este la zenit pentru cei care trăiesc între tropicul Racului și tropicul Capricornului. Putem ilustra acest fenomen folosind demonstratorul. Este, de asemenea, posibil să calculăm datele aproximativ, care depind de latitudine (figura 24b).



Fig. 24a: Umbră mică (Soarele este aproape la zenit într-un loc aproape de ecuator).

Fig. 24b: Simularea Soarelui la zenit în Honduras (latitudine 15° N).

De exemplu (figura 24b), dacă selectăm latitudinea de 15° N, utilizând demonstratorul putem aproxima în ce zi Soarele este la zenit la amiază. Trebuie doar să ții un băț perpendicular pe orizontul discului și vedem că aceste zile sunt la sfârșitul lui aprilie și la mijlocul lui august.

Demonstratorul XXL

Evident, demonstratorul poate fi confecționat din diferite material, de exemplu din lemn (figura 25a). În acest caz, o sursă de lumină poate fi introdusă pentru a arăta poziția Soarelui. Cu un aparat de fotografiat cu timp de expunere mare este posibil să vizualizăm traiectoria Soarelui (figura 25b).



Fig. 25a: Demonstrator din lemn XXL. Fig. 25b: Demonstrator stelar din lemn. Fig. 25c: Cu un aparat de fotografiat cu timp de expunere mare este posibil să fotografiem traiectoria Soarelui. (Foto: Sakari Ekko).

Demonstrator lunar: de ce Luna zâmbește în unele locuri?

Când îi învățăm pe elevi despre Lună, aceștia ar trebui să înțeleagă că Luna are mai multe faze. De asemenea, elevii ar trebui să înțeleagă cum și de ce se întâmplă eclipsele. Fazele Lunii sunt foarte spectaculoase și sunt ușor de explicat folosind o minge și o sursă de lumină.

Modelele din figura 26 arată imaginea Lunii crescătoare și schimbările secvențiale. Este o regulă empirică ce spune că Luna crește când este în formă de a "C" și că descrește când este în formă de "D". Acesta este un adevăr doar pentru locuitorii emisferei sudice, deoarece pentru cei din emisfera nordică regula nu este valabilă, de unde și zicala că "Luna este mincinoasă".

Modelul nostru va simula fazele Lunii (figura 26) și veți putea observa cum Luna seamănă cu un "C" sau cu un "D" în funcție de fază. De multe ori Luna poate fi observată deasupra orizontului, precum în figura 27. De altfel, în funcție de țară, este posibil să observăm Luna ca un "C" înclinat sau ca un "D" înclinat (figura 28a) sau, în alte cazuri, ca un "U" (numit "Lună zâmbitoare"; figura 28b). Cum putem explica aceasta? Vom folosi demonstratorul lunar pentru a înțelege variațiile aparente ale pătrărilor Lunii la diferite latitudini.



Fig. 26: Fazele Lunii.



Fig. 27: Fazele Lunii observate la orizont

Dacă studiem mișcările Lunii, trebuie să luăm în considerare poziția ei relativă în raport cu Soarele (care este cauza fazelor sale) și declinația ei (care se schimbă zilnic, mult mai rapid ca la Soare). Deci trebuie să construim un demonstrator care oferă elevilor abilitatea de a schimba cu ușurință poziția relativă a Lunii față de Soare și declinația care se schimbă considerabil de-a lungul unei luni. Într-adevăr, văzută de pe Pământ, în contrast cu stelele din fundal, Luna descrie o traiectorie într-o lună apropiată de cea a Soarelui într-un an, aliniată cu ecliptica (dar înclinată cu 5° din cauza înclinării orbitei proprii).

Luna este în direcția Soarelui când este la faza de Lună Nouă. Când este la Lună Plină, se află în punctual opus al eclipticii și declinația sa este în opoziție cu cea a Soarelui (între 5° nord sau sud). De exemplu, la solstițiul din iunie, Luna Plină este în poziția în care se află Soarele în timpul solstițiului din decembrie; declinația sa este negativă (între -18° și -29°). Mișcarea diurnă a Lunii pline în iunie este similară cu cea a Soarelui în decembrie.

Dacă considerăm forma crescătoare a "D"-ului în emisfera nordică (și "C" în emisfera sudică), știm că Luna este la 90° în raport cu Soarele. Cu toate acestea, ea este departe de Soare pe ecliptică (diferență de aproape trei luni). În iunie, Luna în creștere va avea o declinație aproape de cea a Soarelui în septembrie (0°). În luna septembrie, va avea o declinație apropiată de cea a Soarelui în decembrie ($-23,5^\circ$) etc.



Fig. 28a: Luna crescătoare înclinată, Fig. 28b: Luna zâmbitoare.

Confecționarea unui demonstrator

Demonstratorul lunar este confecționat în același mod ca și cel solar. Inițial, avem nevoie de un model pentru a simula observațiile în emisfera nordică și de un alt model pentru emisfera sudică (figurile 12 și 13 pentru emisfera nordică și 12 și 14 pentru emisfera sudică). Este, de asemenea, o idee bună să construim un demonstrator de mărime dublă pentru a fi utilizat de profesor.

Facilități precum Luna în scădere (formă de "C" în emisfera nordică și "D" în emisfera sudică) depind de locul Soarelui în simulatorul lunar. În acord cu instrucțiunile următoare:



Fig. 29a: Folosirea demonstratorului, Fig.29b: Luna văzută prin folia transparent în pătrar.

- i) Pentru a realiza o Lună pentru demonstrator, decupați figura 29b (Luna în Pătrar) și lipiți două bucăți de bandă adezivă de o parte și de alta a acesteia (disc albastru). Puneți folia transparent pe porțiunea din demonstrator unde lunile sunt specificate (figurile 12 sau 14, în funcție de emisferă). În acest fel va fi ușor să o mișcăm în sus sau în jos, poziționând-o în funcție de luna aleasă.

Utilizarea demonstratorului lunar

Pentru a folosi demonstratorul, trebuie să selectăm o latitudine. Astfel, vom putea face o călătorie imaginară pe suprafața Pământului, folosind demonstratorul.

Prindeți cu mâna stângă partea principală a demonstratorului (figura 30) de porțiunea goală (sub cadranul latitudinii). Selectați latitudinea și deplasați discul orizontului până la latitudinea dorită. Alegeți ziua pentru care doriți să simulați mișcarea de descreștere a Lunii. Adăugați trei luni la această valoare și puneți luna în ultimul pătrar (figura 29b). Poziția Lunii este identică cu cea a Soarelui peste trei luni. Folosiți mâna dreaptă pentru a deplasa discul cu Luna de la est la vest.

Cu simulatorul pentru emisfera nordică, se poate observa că aspectul celei de-a patra faze a Lunii (Ultimul Pătrar) se schimbă cu latitudinea și perioada din an. Din perspective păpușii, descreșterea din Ultimul Pătrar poate să apară ca un "C" sau ca un "U" la orizont.

- Dacă alegem o latitudine în jur de 70° N sau 70° S putem observa pătrarul Lunii ca un "C" mișcându-se de la est la vest. Perioada din an nu are importanță. În toate anotimpurile, Luna arată ca un "C" (figura 30a).
- Dacă latitudinea este 20° N sau 20° S, observatorul este aproape de tropice și putem vedea faza Lunii zâmbitoare în formă de "U". Luna se deplasează urmând o linie mai apropiată de perpendicular pe orizont față de exemplul precedent (figura 30b). Forma de "U" nu se schimbă, rămânând aceeași pe tot parcursul anului.

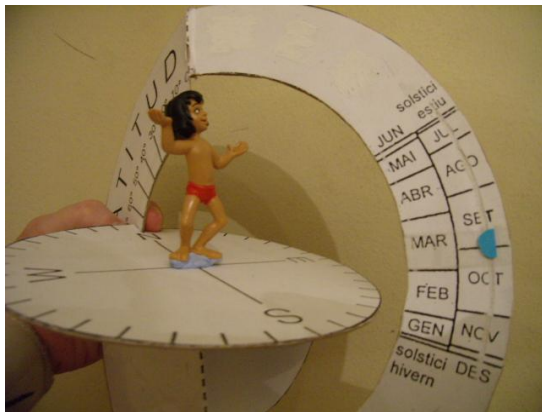


Fig. 30a: Demonstrator pentru latitudinea 70° N, Fig. 30b: latitudinea 20° S.

- Dacă latitudinea este 90° N sau 90° S, observatorul este la poli, depinzând de ziua considerată:
 - vom vedea Luna în "C" deplasându-se paralel cu orizontul.
 - nu o vom putea vedea, deoarece traiectoria ei este sub orizont.
- Dacă latitudinea este de 0° , observatorul este la ecuator și va putea vedea Luna zâmbitoare în formă de "U". Luna răsare și apune perpendicular pe orizont. La amiază, când are formă de "U", nu va mai fi vizibilă, la revenire având formă de "∩".

Pentru observatorii care trăiesc la latitudini intermediare, pătrarul Lunii răsare și apune mai mult sau mai puțin înclinat, având forme intermediare între "C" și "U".

Comentariile precedente se aplică și pentru situațiile în care Luna apare în formă de "D". Din nou, trebuie să ne reamintim să corectăm ziua (în acest caz, să scădem trei luni) când luăm în calcul poziția Soarelui.

- Dacă introducem o latitudine de -70° (sau 70° Sud) putem observa Luna descrescătoare în formă de "D" deplasându-se de la est la vest. Acest lucru nu depinde de perioada din an, în toate anotimpurile Luna apărând sub formă de "D" (figura 30a).
- Dacă latitudinea este de -20° (figura 30b), observatorul este la tropice și vede Luna zâmbitoare în formă de "U", posibil ușor înclinat. Luna se deplasează pe o traiectorie perpendiculară pe orizont, ca în exemplul anterior (figura 30b). Forma de "U" rămâne neschimbată tot timpul.
- Dacă latitudinea este -90° , observatorul este la polul sud și, în funcție de data din calendar, va putea:

- să vadă Luna ca un "D" care se deplasează paralel cu orizontul.
- nu va putea vedea Luna, deoarece traiectoria acesteia este sub orizont.

• La latitudinea de 0° , ca în simulatorul emisferei nordice, observatorul este la ecuator și poate vedea Luna zâmbitoare ca un "U". Luna răsare perpendicular pe orizont și se ascunde în jurul prânzului când are formă de "U", pentru a reapare sub formă de '∩'.

Pentru alți observatori care trăiesc la latitudini intermediare, fazele Lunii răsar și apun în poziții intermediare între "D" și "U", fiind mai mult sau mai puțin înclinate, în funcție de latitudinea observației.

Aceste comentarii se aplică în același mod când Luna apare ca un "C", scăzând din nou trei luni de la poziția Soarelui.

“Mulțumiri: Autoarea dorește să mulțumească lui Joseph Snider pentru dispozitivul solar produs în 1992 care a inspirat-o în producerea altor demonstratori.”

Bibliografie:

- 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 Demonstrator*, Proceedings of 4th EAAE International Summer School, 117, 130, Barcelona, 2000.