LUMINI SI UMBRE IN COSMOS
Observarea unui obiect opac luminat integral

Inainte de a exploata, din punctul de vedere al unui observator, subiectele tratate in cele doua sectiuni precedente, vom lua in considerare situatia in care obiectele observate sunt integral luminate, datorita mai multor surse luminoase primare sau secundare.

Este tocmai ceea ce se intampla in timpul zilei, cand lumina solara este difuzata de atmosfera si reflectata puternic de obiecte in toate directiile, sau seara, in incaperile bine luminate.

a. Raza de lumina si raza vizuala

Reamintim ca traiectoria luminii, de la sursa pana la un punct oarecare, se numeste raza de lumina sau raza luminoasa; intr-un mediu omogen si izotrop, razele de lumina sunt niste semidrepte.

De aceea, studiul perceptiei vizuale este - in prima instanta - ... simpla geometrie, o geometrie a vederii, evident, dar o geometrie, deoarece se va referi la puncte, drepte, semidrepte si alte entitati geometrice. Mai reamintim ca vom numi raze vizuale acele raze de lumina care ajung in ochiul unui observator .

Putem foarte bine considera ca raza vizuala este o semidreapta care pleaca din ochiul observatorului; acest lucru nu va modifica prin nimic rationamentele pe care le vom dezvolta. Dar acest nou punct de vedere ne ajuta sa intelegem ca, implicit, ochiul nostru proiecteaza toate obiectele pe un "fundal" al vederii; acest fundal este alcatuit din cele mai indepartate obiecte vizibile (peretii incaperii in care ne aflam, peisajul" inconjurator etc.). in plus, pentru ratiuni care deriva din modalitatea de "focalizare" a imaginilor pe retina ochiului, acest "fundal" este perceput ca un domeniu plan, perpendicular pe directia axei optice a ochiului; in consecinta,

Razele vizuale realizeaza proiectia centrala a obiectelor pe un plan perpendicular pe directia de vizare, numit "planul vederii".

Evident, planul vederii depinde de directia in care privim. El nu este, deci, unic; putem spune ca planul vederii se deplaseaza odata cu deplasarea directiei de vizare a ochiului.

b. Conturul unui obiect; limbul

Conturul real al unui obiect este locul geometric al punctelor de tangenta dintre razele vizuale ale unui observator si obiectul respectiv. Conturul aparent este proiectia centrala a conturului real pe planul (fundalul) vederii. Forma conturului unui obiect depinde nu numai de forma obiectului respectiv, ci si de pozitia relativa a obiectului in raport cu observatorul.

Este evident faptul ca deplasarea observatorului in raport cu obiectul duce la modificarea conturului observat. Simpla rotire "pe loc" a unui obiect va schimba conturul pe care acesta-l prezinta unui observator. Totusi, exista corpuri al caror contur nu se schimba in urma unei anumite rotatii sau chiar in urma nici unei rotatii: ele sunt corpurile rotunde, sau de revolutie; sfera este singurul corp care prezinta in toate directiile acelasi contur, un cerc.

Aceste cazuri "particulare" sunt foarte importante in astronomie, deoarece foarte multe din corpurile cosmice accesibile noua au o forma apropiata de cea sferica. De altfel, in astronomie se utilizeaza un termen specific pentru conturul circular al unui astru - acest contur se mai numeste "limb"; limbul Soarelui si limbul Lunii sunt vizibile cu ochiul liber, iar limburile planetelor mari sunt vizibile prin lunete sau telescoape.

Aflati la mare distanta de un obiect, putem masura doar o marime care, la prima vedere, nu ne spune "mare lucru" despre dimensiunile reale ale obiectului respectiv: este vorba de "marimea unghiulara" a acestuia, care este masura unghiului format de razele vizuale provenite de la extremitatile conturului obiectului respectiv.

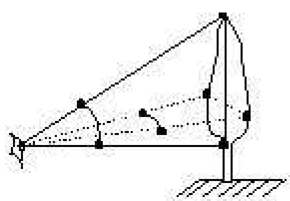
Figura 1.22

Daca obiectul privit nu este sferic, el va avea marimi unghiulare diferite pe directii diferite; de exemplu, plopul din figura 1.22 prezinta observatorului o marime unghiulara "verticala" mai mare decat marimea unghiulara "orizontala". in cazul obiectelor sferice, marimea unghiulara este aceeasi "pe toate directiile" si putem vorbi despre "diametrul unghiular" al obiectului respectiv.

In astronomie, vorbim in mod curent despre "diametrul unghiular" al unui astru (Soare, Luna sau planeta); evident, conditia ca noi sa percepem limbul unui astru este aceea ca diametrul sau unghiular sa fie mai mare decat puterea de separatie a ochiului. in caz contrar, se spune ca astrul prezinta un "aspect stelar"; aceasta denumire este justificata de faptul ca distanta pana la stele este atat de mare incat nici un instrument optic nu ne poate infatisa limbul unei stele. in acest sens, spunem ca toate stelele se vad - cu orice instrument - ca niste "puncte"; de fapt, in functie de instrument, imaginea efectiv observata a unei stele este mai complicata, datorita fenomenului de "difractie a luminii", dar eventualul disc care se observa in anumite conditii nu are nici o legatura cu limbul stelei, fiind un efect instrumental.

Ochiul (singur) nu poate determina un diametru unghiular sau o distanta unghiulara. Dar, in anumite conditii, el poate "compara" doua astfel de marimi; de exemplu, el ne arata ca diametrul unghiular al Soarelui este "cam" la fel de mare ca acela al Lunii (intr-adevar, ambele au diametrul unghiular de aproximativ 30').

Perceperea unui obiect luminat de o singura sursa

In sectiunea precedenta, deoarece obiectul era luminat din "toate partile", in discutia privind aspectul aparent (perceput de observator) al obiectului nu avea de ce sa intervina vreo referire la pozitia surselor.

In cele ce urmeaza, deoarece ne propunem sa discutam modul in care este perceput un obiect luminat de o singura sursa, va trebui sa luam in considerare trei elemente de baza: obiectul luminat, sursa de lumina si observatorul. Evident, ne preocupa obiectele si sursele cosmice de lumina; de aceea, vom considera doar cazul cel mai frecvent in astronomie - al obiectelor sferice - si vom presupune, in general, ca dimensiunile sursei sunt neglijabile, deci ca ea este "punctuala".

Existenta unei singure surse de lumina face ca, in general, o parte a limbului relativ la un observator dat sa se afle in umbra proprie a corpului. in aceasta situatie, observatorul va putea percepe doar o parte a suprafetei obiectului, cuprinsa intre limbul luminat si terminator.

Introducere in geometria terminatorului aparent

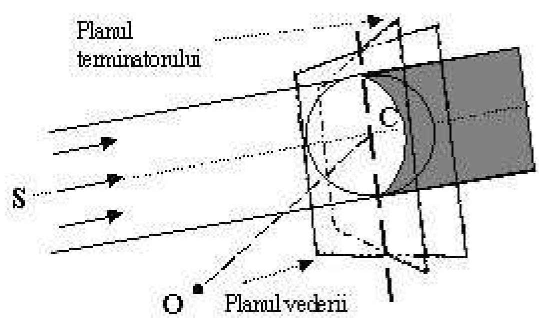

Figura 1.24

stim, din subcapitolele precedente, ca atat conturul cat si terminatorul unui obiect sferic sunt niste cercuri de pe suprafata obiectului; daca, in plus, distantele sursa-obiect si obiect-observator sunt foarte mari in raport cu raza obiectului, putem considera, pentru simplificarea prezentarii, ca cercurile respective sunt cercuri "mari" ale sferei, deci au razele egale cu raza sferei, iar planele lor trec prin centrul acesteia.

S-a mai demonstrat ca planul terminatorului este perpendicular pe directia sursa-obiect, iar planul conturului (limbului) este perpendicular pe directia observator-obiect.

Prin urmare, limbul astrului se afla in planul vederii; terminatorul real, al carui plan difera de planul vederii (fig. 1.24), este orientat spre sursa, nu spre observator.

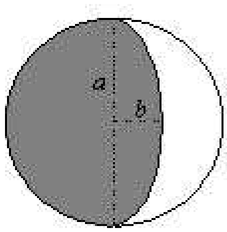

Figura 1.25

Vederea observatorului proiecteaza, dupa cum stim, totul, pe planul (fundalul) vederii; prin urmare, ea proiecteaza terminatorul real al obiectului pe planul limbului, percepand obiectul ca fiind delimitat, intr-o parte, de limbul "luminat", iar in cealalta parte de proiectia terminatorului real pe planul vederii, care este terminatorul aparent. Figura 1.25 prezinta aspectul aparent al obiectului aflat in "configuratia" din figura precedenta, 1.24. Evident, recunoastem "secera Lunii"; dar nu numai Luna poate prezenta un astfel de aspect, ci si planetele (daca sunt privite printr-o luneta sau printr-un telescop). Pentru a putea defini corect aspectul observat al obiectului sferic luminat de o singura sursa, va trebui sa studiem geometria terminatorului aparent.

Acesta rezulta din proiectia (centrala) a terminatorului real (circular) pe planul vederii; deoarece distanta observator-obiect este, in astronomie, mult mai mare decat raza obiectului, putem simplifica situatia - fara alterari sensibile - considerand ca proiectia centrala este "practic" una ortogonala. Analiza noastra se va desfasura in continuare, deci, considerand ca terminatorul aparent este proiectia ortogonala a terminatorului real pe planul limbului (adica pe planul vederii).

Geometria terminatorului aparent

Numim ELIPSa proiectia ortogonala a unui cerc pe un plan. Pornind de la aceasta definitie, studiul elipsei este mult mai ancorat in domeniul faptelor stiintifice in care ea intervine si, pe de alta parte, este mai rapid si eficient decat permit alte definitii ale ei.

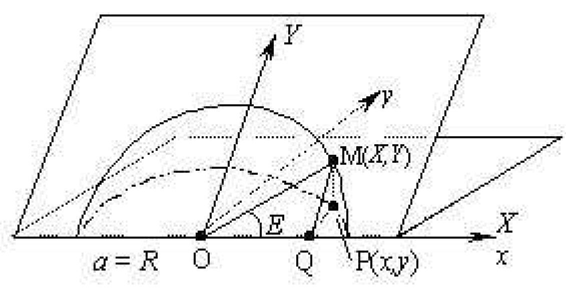

Figura 1.26

Deoarece proiectia depinde doar de orientarea planului-suport, vom considera un plan care trece prin centrul cercului (fig. 1.26). De la inceput se vede ca elipsa are o directie "privilegiata": este vorba de dreapta de intersectie a planului elipsei cu planul cercului originar. Punctele cercului, aflate pe aceasta dreapta sunt si puncte ale elipsei; mai mult, ele se afla la distanta maxima de centrul comun de simetrie, deoarece nici o alta raza a cercului nu se afla in planul elipsei si, prin rmare, proiectia nici unei alte raze nu poate fi egala cu ea insasi. Prin urmare, segmentul determinat de aceste doua puncte se va numi "axa mare" a elipsei.

Pentru a intreprinde un studiu analitic al elipsei, este natural sa alegem ca origine a sistemelor de referinta centrul comun de simetrie, iar ca axa a absciselor (Ox) suportul axei mari a elipsei. Ca axa a ordonatelor vom alege normala la Ox, in fiecare din cele doua plane; fie acestea OY pentru planul cercului si Oy pentru planul elipsei.

Vom nota cu b masura unghiului dintre cele doua plane, cu R raza cercului si cu E unghiul de orientare al razei corespunzatoare unui punct (curent) de pe cercul originar (fig. 1.26). Cu aceste notatii, utilizand formulele proiectiei ortogonale, rezulta imediat relatiile:

$X = R \cdot \cos E \qquad x = X$

$Y = R \cdot \sin E \qquad y = Y \cdot \cos \beta$ Formula 1-17,

$x = R \cdot \cos E$

deci $y = (R \cdot \sin E) \cdot \cos \beta$ Formula 1-18 ,

de unde, notand:

$R = a \quad , \qquad R \cdot \cos \beta = b$ Formula 1-19 ,

se obtin ecuatiile parametrice ale elipsei in planul ei, fata de sistemul avand originea in centru si ca axa a absciselor axa mare a elipsei:

$x = a \cdot \cos E$

$y = b \cdot \sin E$ Formula (1.27)

Evident, toate proprietatile elipsei se pot deduce pe cale analitica, din ecuatiile ei parametrice. Vom mentiona, pe scurt, doar cateva dintre acestea.

Valoarea maxima a abscisei unui punct de pe elipsa este a, iar valoarea maxima a ordonatei este b; spre deosebire de cerc, care este caracterizat printr-un singur parametru (raza), elipsa este caracterizata - deci complet determinata - de parametrii a si b, numiti semiaxa mare, respectiv semiaxa mica a elipsei (fig. 1.27).

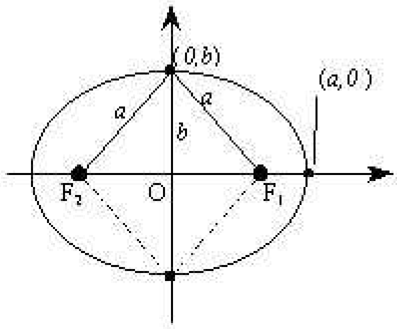

Figura 1. 27

Proprietatile de simetrie fata de cele doua axe rezulta imediat din proprietatile functiilor sinus si cosinus, care apar in expresiile coordonatelor carteziene ale punctului curent de pe elipsa. Trebuie sa fie mentionat faptul ca, daca in cazul cercului variabila E avea o semnificatie geometrica intuitiva simpla (unghiul de orientare al razei curente, fata de un diametru de referinta), in cazul elipsei aceasta semnificatie simpla nu mai exista. Va trebui sa consideram aceasta variabila, pur si simplu, ca fiind o marime auxiliara care, variind intre 0 si 360 , genereaza toate pozitiile punctelor de pe elipsa, prin intermediul ecuatiilor parametrice (1.27).

Totusi, semnificatia initiala - mai complicata - a variabilei E , ca si aspectul ecuatiilor (1.27), ne fac sa gasim destul de usor o utilitate intuitiva acestei variabile. intr-adevar, prima ecuatie ne sugereaza x-ul unui punct de pe cercul de raza a, dar a doua ecuatie ne arata y-ul unui punct de pe cercul de raza b, ambele corespunzand unei raze cu unghiul de orientare E.

De aici rezulta un procedeu simplu si eficient de constructie a elipsei, "prin puncte": se vor lua doua cercuri concentrice, de raze a si b (fig. 1.29); pentru a obtine punctul elipsei care corespunde unei anumite valori a lui E, ducem din centru semidreapta care face unghiul respectiv cu axa Ox, obtinem cele doua puncte de intersectie cu cercurile, iar apoi, prin paralele "potrivite", construim punctul de pe elipsa, luand abscisa punctului de pe cercul mare si ordonata punctului de pe cercul mic. Evident, putem construi oricate astfel de puncte dorim. Dat fiind rolul acestor cercuri in "geneza" elipsei, cercul de raza a este numit cercul principal, iar cel de raza b este numit cercul secundar al elipsei.

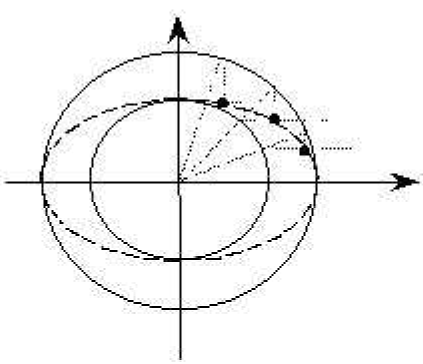

Figura 1.29

Probleme:

Problema 1.2.9. Sa se deduca, din ecuatiile parametrice, ecuatia implicita a elipsei.

Problema 1.2.10. Se definesc "focarele" elipsei ca fiind punctele de pe axa mare a acesteia, care se afla la distanta a de varfurile semiaxei mici (fig.1.27). Sa se demonstreze proprietatea de loc geometric al elipsei: "suma distantelor de la orice punct al elipsei la cele doua focare este constanta"; sa se gaseasca si valoarea acestei constante.

Problema 1.2.11. Numim "raze vectoare" segmentele care unesc focarele cu un punct al elipsei. Sa se demonstreze "proprietatea optica" a elipsei: normala elipsei intr-un punct oarecare al ei este bisectoarea unghiului format de razele vectoare duse in acel punct.

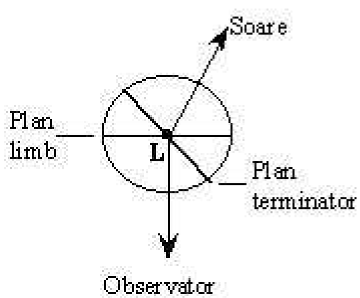

Figura 1.30

Fara cele de mai sus, simpla desenare corecta a "secerii" Lunii nu este, desigur, posibila; dar, ceea ce este mult mai important, cunoasterea geometriei terminatorului aparent ne permite sa deducem, imediat, cateva date privind configurarea in spatiu a triunghiului Soare-Luna-observator sau a unui triunghi Soare-planeta-observator.

Mai intai, o informatie "oferita" de simpla orientare pe cer a secerii lunare; mai precis, de axa mare a terminatorului aparent (fig. 1.25, fisa CREA nr. 7). Aceasta axa este inclusa, evident, in planul limbului, dar si in planul terminatorului real al Lunii. Prin urmare, ea este perpendiculara (in L, fig. 1.30) atat pe directia Luna-observator, (LO, fig. 1.30) cat si pe directia Luna-Soare (LS, fig. 1.30). Fiind perpendiculara pe doua drepte din planul Soare-Luna-observator (SLO), axa mare a terminatorului real este perpendiculara pe acest plan. Inversand relatia, rezulta ca planul Soare-Luna-observator este perpendicular pe axa mare a terminatorului aparent.

Orice dreapta ce trece prin centrul Lunii si este perpendiculara pe axa mare a terminatorului aparent va fi inclusa in planul amintit; noi putem duce oricand, in planul vederii, o astfel de dreapta. Aceasta dreapta va defini in spatiu, impreuna cu directia observator-Luna, intreg planul Soare-Luna-observator (fig. 1.30). Semidreapta ei, orientata spre limbul luminat, ne arata directia in care se afla Soarele.

Dar semiaxele terminatorului aparent ne ofera o informatie si mai consistenta. Din geometria elipsei se stie ca $b = a\times \cos b$, b fiind unghiul dintre planul terminatorului real si cel al planului vederii (limbului); acesta este, insa, egal cu unghiul format de directiile

Luna-observator si Luna-Soare, directiile respective fiind chiar normalele planelor amintite.

Unghiul b poate fi determinat imediat (cos b = b / a), daca masuram (pe orice imagine) cele doua semiaxe ale terminatorului aparent; evident, nu are importanta unitatea de masura.

Prin urmare, simpla masurare a axelor terminatorului aparent al obiectului sferic luminat permite determinarea unuia din unghiurile triunghiului sursa-obiect-observator, si anume al celui cu varful in obiect; dar, in principiu, observatorul trebuie sa poata masura direct inca un unghi al aceluiasi triunghi, cel cu varful in observator.

Avand doua unghiuri cunoscute, triunghiul sursa-obiect-observator este complet determinat, abstractie facand de un factor de scara pentru laturile sale. Daca macar una din laturile triunghiului respectiv este cunoscuta, si celelalte doua vor rezulta imediat. Aceasta este una din primele posibilitati de determinare a distantelor din sistemul nostru planetar.

Fazele Lunii si ale planetelor

Analiza de mai sus, privind aspectul aparent (observat) al unui obiect luminat de o singura sursa, a fost intreprinsa pentru situatia in care cele trei corpuri erau fixe; daca ele se afla in miscare, cele prezentate sunt valabile pentru un moment dat.

Orice miscare a unuia dintre corpuri, daca provoaca modificarea configuratiei tripletului, provoaca si modificarea aspectului aparent al corpului luminat. Daca macar una din miscari este continua, atunci si modificarea aspectului aparent este continua.

Miscarile reale ale corpurilor implicate pot fi diverse, iar observatorul poate sa nici nu fie constient de unele dintre acestea. Mai mult, miscari diferite pot avea acelasi efect si, prin urmare, observarea modificarilor aspectului aparent al corpului luminat nu poate stabili cu siguranta miscarile celor trei corpuri; din aceasta observare se pot extrage doar unele indicii privind miscarile corpurilor respective. Vom reveni mai tarziu asupra lor.

Cel mai cunoscut exemplu al acestui fenomen este, evident, cel al Lunii, dar cu o luneta modesta se pot observa modificari ale formei aparente si in cazul planetei Venus.

Faptul ca Luna, desi stralucitoare, isi schimba aspectul, ne demonstreaza ca ea nu poseda lumina "proprie" ci este luminata de un alt corp cosmic. Ori, Soarele fiind singurul astru mai stralucitor decat Luna, se impune atentiei ipoteza ca Luna este luminata, ca si Pamantul, de catre Soare. Aceasta ipoteza este intarita de corelatia care exista intre aspectul Lunii si pozitia sa aparenta pe cer, in raport cu Soarele. De asemenea, de faptul ca limbul luminos al Lunii este indreptat, intotdeauna, spre Soare.

Trebuie, deci, sa admitem ca ca Luna are o forma sferica si este luminata de Soare.

Diferitele forme sub care se prezinta Luna unui observator terestru se numesc faze; deoarece, dupa un timp, fazele Lunii se repeta, se vorbeste despre ciclul fazelor Lunii. Durata unui ciclu complet al fazelor Lunii, adica intervalul de timp dintre doua faze consecutive de acelasi fel se mai numeste lunatie sau luna sinodica; ea are 29 zile, 12 ore si 44 minute.

Evident, luna sinodica a stat la baza stabilirii lunii calendaristice ca unitate de timp intermediara intre zi si an.

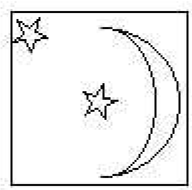
Figura 1.31

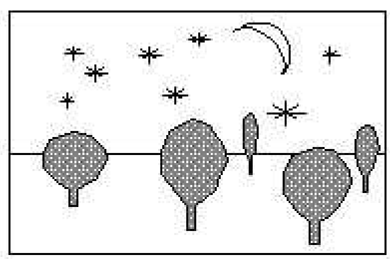
Figura 1.32

Succesiunea fazelor lunare, in corelatie cu deplasarea Lunii printre stelele "fixe", va fi prezentata in tema saptamanii viitoare.

Intrebarea saptamanii

a.Figura 1.31 contine o eroare; care ?

b.Figura 1.32 contine o eroare; care ?