

Astronomie

Soare-Pământ-Lună

Cristina Blaga

8 decembrie 2021

Obiectivele seminarului

- ▶ Orbita Lunii. Fazele Lunii
- ▶ Eclipsele de Lună și de Soare

Fazele Lunii

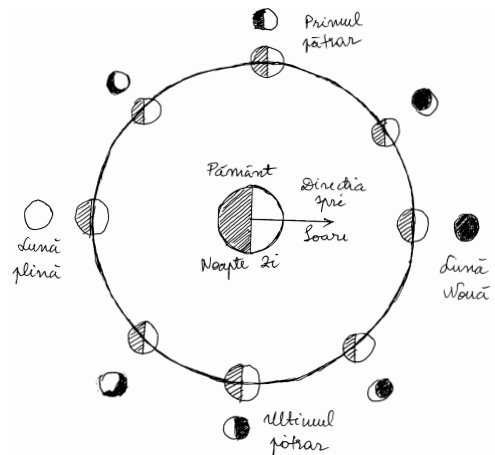


Figura: Luna are aspect schimbător, uneori este ca o seceră subțire, alteori un disc complet, luminos.

Luna sinodică și luna siderală

Definiție

Intervalul de timp scurs între două faze consecutive de același tip ale Lunii se numește *lună* sau *perioadă sinodică*.

O lună sinodică are în medie 29,53059 zile solare medii.

Definiție

Intervalul de timp scurs între două treceri succesive ale Lunii prin dreptul aceleiași stele se numește *lună* sau *perioadă siderală*.

O lună siderală are în medie 27,32166 zile. solare medii.

Orbita Lunii

- ▶ Luna descrie o elipsă cu Pământul într-un focar.
- ▶ $a = 384400$ km, $e = 0,05490$.

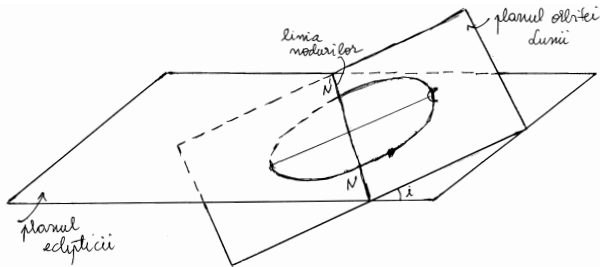


Figura: Înclinarea planului orbitei Lunii și linia nodurilor $i = 5^{\circ}9'$.

Rotația Lunii

- ▶ Luna se rotește în jurul unei axe înclinată cu $6^{\circ}7'$ față de planul orbitei sale.
- ▶ Perioada de rotație a Lunii în jurul propriei axe este egală cu perioada siderală.
- ▶ Luna are mici oscilații în jurul poziției de echilibru \Rightarrow de pe Pământ vedem aproximativ 60% din suprafața Lunii.

Eclipsa de Lună

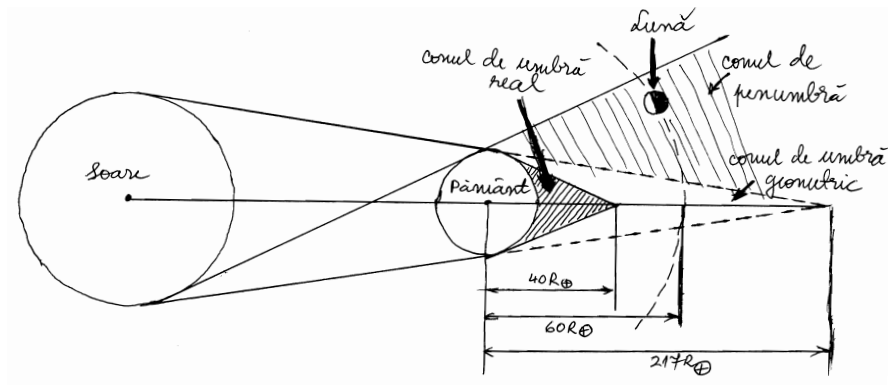


Figura: Conul de umbră geometric, adevărat și conul de penumbră al Pământului

Eclipsa de Soare

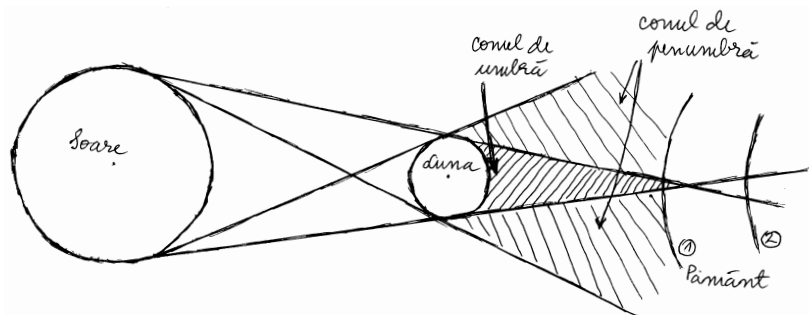


Figura: Geometria eclipsei de Soare: totale (Pământul în poziția 1) și inelare (Pământul în poziția 2).

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

1. Luna

- (a) răsare în Vest și apune în Est;
- (b) răsare cu aproximativ 50 de minute mai târziu în fiecare seară;
- (c) răsare cu aproximativ 50 de minute mai devreme în fiecare seară sau
- (d) este în faza de Lună plină când traversează meridianul locului la amiaza locală.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

2. Punctul de pe orbita Lunii aflat la distanță minimă de centrul Pământului se numește
- (a) periheliu;
 - (b) apogeu;
 - (c) afeliu sau
 - (d) perigeu.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

3. Când pentru un observator de pe Pământ, Luna este în opoziție cu Soarele, faza Lunii este
- (a) Lună plină;
 - (b) Lună nouă;
 - (c) primul pătrar sau
 - (d) ultimul pătrar.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

4. O eclipsă totală de Lună este vizibilă
- (a) numai dintr-o fâșie îngustă de pe suprafața Pământului;
 - (b) de pe aproximativ o jumătate din suprafața Pământului;
 - (c) numai aproape de momentul la care Luna este în faza de Lună nouă sau
 - (d) numai în apropierea trecerii Lunii la meridian spre Nord.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

5. Lungimea (înălțimea) conului de umbră geometric al Pământului este
- (a) de câteva ori mai mare decât distanța Pământ-Lună;
 - (b) mult mai mică decât distanța Pământ-Lună;
 - (c) aproximativ egală cu distanța Pământ-Lună sau
 - (d) de aproximativ 100 de ori mai mare decât distanța Pământ-Lună.

Se cunosc următoarele distanțe: distanța Soare-Pământ 1 unitate astronomică $a_{\oplus} = 149,6$ milioane de km, distanța de la Pământ la Lună $d = 384400$ km, raza Pământului $R_{\oplus} = 6371$ km și raza Soarelui $R_{\odot} = 696000$ km.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

6. În noaptea de 3-4 noiembrie 1971, Luna la o zi și jumătate după faza de Lună plină a trecut prin Pleiadele. Ascensia dreaptă a Soarelui a fost atunci $14^h 30^m$. În consecință ascensia dreaptă a Pleiadelor a fost de aproximativ
- (a) $01^h 15^m$;
 - (b) $3^h 45^m$;
 - (c) $5^h 45^m$ sau
 - (d) $15^h 45^m$.

Probleme

7. De câte ori se rotește Luna în jurul axei sale într-un an?
8. Este vizibilă Luna în faza de Lună plină în iunie la Polul Nord? Argumentați-vă răspunsul.
9. Se poate observa o eclipsă totală de Soare la Polul Nord la 15 noiembrie?

Probleme

10. Cunoscând semiaxa mare a Lunii, $a = 384400$ km, și excentricitatea orbitei Lunii, $e = 0,0549$, calculați valorile extreme ale unghiului sub care se vede Luna în faza de Lună plină. Raza Lunii este egală cu 1738 km.

11. În mișcarea sa printre stele, Luna poate trece prin fața unor stele. Când Luna trece prin fața stelei, spunem că *ocultează* steaua, deoarece Luna fiind un obiect opac, nu mai permite luminii stelei să ajungă la noi. Cunoscând că perioada siderală a Lunii este 27,32 zile, aflați durata maximă a ocultării unei stele de către Lună?

Probleme

12. Semi-axa mare a orbitei Lunii crește continuu. Vom mai putea observa eclipse totale de Soare de pe Pământ când semi-axa Lunii a crescut cu 10%? Semi-axa orbitei Lunii este egală cu 384400 km, raza Lunii 1738 km, raza Soarelui 696000 km, iar unitatea astronomică 149,6 milioane de km.
13. Știind că distanța de la Pământ la Lună crește cu 3 cm pe an, calculați peste câți ani nu se vor mai putea observa eclipse totale de Soare de pe Pământ?

14. Pământul este un corp opac, de aceea pe direcția Soarelui, în sens opus lui, se formează un con de umbră în care nu ajung razele de lumină ale Soarelui. Conul de umbră geometric al Pământului este mărginit de razele de lumină ale Soarelui, tangente la suprafața Pământului. Datorită refracției astronomice razele Soarelui sunt deviate la trecerea prin atmosfera terestră cu aproximativ 1° . Conul de umbră real al Pământului este mărginit de razele de lumină ale Soarelui curbate la trecerea prin atmosfera terestră.

- a. Cunoscând distanța medie de la Pământ la Soare 149,6 milioane de km și raza Soarelui 696000 km aflați, exprimată în raze terestre, înălțimea conului de umbră geometric al Pământului și înălțimea conului de umbră real al Pământului, exprimată în raze terestre. Raza Pământului este egală cu 6371 km.
- b. Știind că distanța medie dintre Lună și Pământ este 384400 km și raza Pământului, $R=6371$ km, stabiliți dacă Luna trece prin conul de umbră real al Pământului. Ce legătură există între rezultatul obținut și aspectul Lunii în timpul fazei totale a eclipselor de Lună?

Astronomie

Soare-Pământ-Lună

Cristina Blaga

11 ianuarie 2022

Obiectivele seminarului

- ▶ Orbita Lunii. Fazele Lunii
- ▶ Eclipsele de Lună și de Soare

Fazele Lunii

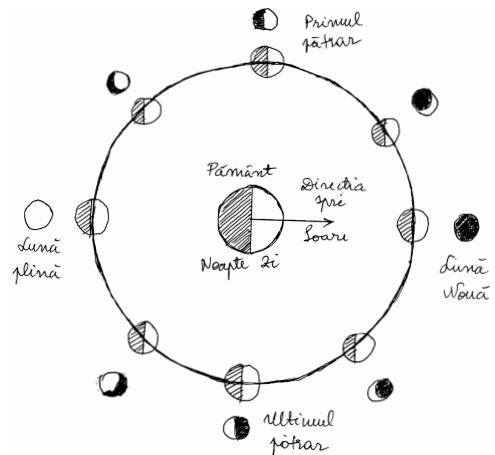


Figura: Luna are aspect schimbător, uneori este ca o seceră subțire, alteori un disc complet, luminos.

Luna sinodică și luna siderală

Definiție

Intervalul de timp scurs între două faze consecutive de același tip ale Lunii se numește *lună* sau *perioadă sinodică*.

O lună sinodică are în medie 29,53059 zile solare medii.

Definiție

Intervalul de timp scurs între două treceri succesive ale Lunii prin dreptul aceleiași stele se numește *lună* sau *perioadă siderală*.

O lună siderală are în medie 27,32166 zile. solare medii.

Orbita Lunii

- ▶ Luna descrie o elipsă cu Pământul într-un focar.
- ▶ $a = 384400$ km, $e = 0,05490$.

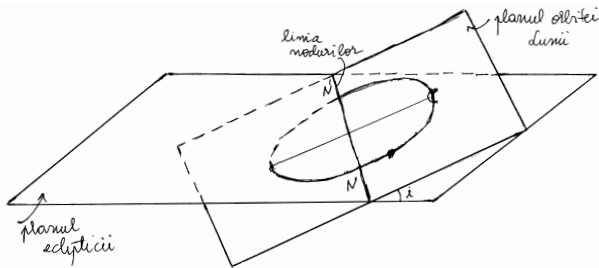


Figura: Înclinarea planului orbitei Lunii și linia nodurilor $i = 5^{\circ}9'$.

Rotația Lunii

- ▶ Luna se rotește în jurul unei axe înclinate cu $6^{\circ}7'$ față de planul orbitei sale.
- ▶ Perioada de rotație a Lunii în jurul propriei axe este egală cu perioada siderală.
- ▶ Luna are mici oscilații în jurul poziției de echilibru \Rightarrow de pe Pământ vedem aproximativ 60% din suprafața Lunii.

Eclipsa de Lună

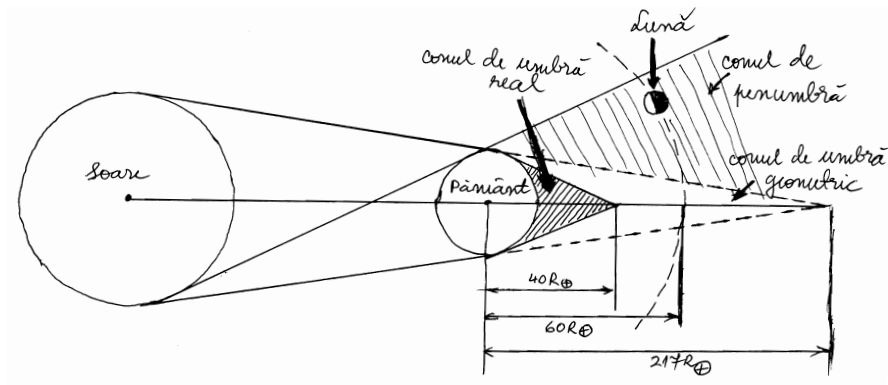


Figura: Conul de umbră geometric, adevărat și conul de penumbră al Pământului

Eclipsa de Soare

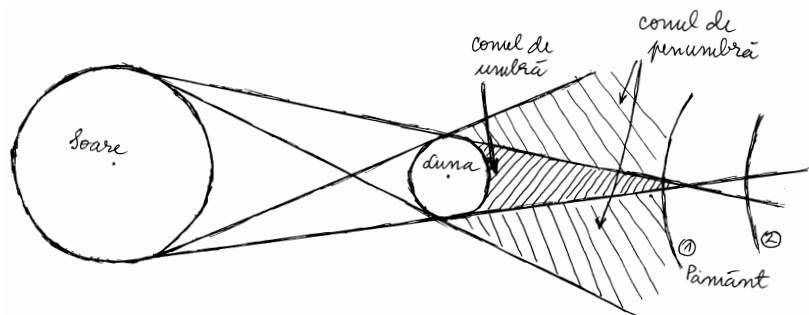


Figura: Geometria eclipsei de Soare: totale (Pământul în poziția 1) și inelare (Pământul în poziția 2).

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

1. Luna

- (a) răsare în Vest și apune în Est;
- (b) răsare cu aproximativ 50 de minute mai târziu în fiecare seară;
- (c) răsare cu aproximativ 50 de minute mai devreme în fiecare seară sau
- (d) este în faza de Lună plină când traversează meridianul locului la amiaza locală.

Răspuns: (b) Luna se mișcă printre stele spre Răsărit cu aproximativ 13° /zi, de aceea răsare mai târziu cu aproximativ 50 de minute în fiecare zi.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

2. Punctul de pe orbita Lunii aflat la distanță minimă de centrul Pământului se numește
- (a) periheliu;
 - (b) apogeu;
 - (c) afeliu sau
 - (d) perigeu.

Răspuns: (d) *peri* (gr.) = cel mai apropiat, *Geos* (gr.) = Pământ
⇒ perigeu.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

3. Când pentru un observator de pe Pământ, Luna este în opoziție cu Soarele, faza Lunii este
- (a) Lună plină;
 - (b) Lună nouă;
 - (c) primul pătrar sau
 - (d) ultimul pătrar.

Răspuns: (a). Cum Luna este în opoziție cu Soarele, Pământul se află între cele două corpuri cerești și Luna este în faza de *Lună plină*.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

4. O eclipsă totală de Lună este vizibilă
- (a) numai dintr-o fâșie îngustă de pe suprafața Pământului;
 - (b) de pe aproximativ o jumătate din suprafața Pământului;
 - (c) numai aproape de momentul la care Luna este în faza de Lună nouă sau
 - (d) numai în apropierea trecerii Lunii la meridian spre Nord.

Răspuns: (b) de pe aproximativ o jumătate din suprafața Pământului, pentru că pentru că eclipsele de Lună sunt vizibile dacă Luna este deasupra orizontului.

Probleme

14. Știind că distanța de la Pământ la Lună crește cu 3 cm pe an, calculați peste câți ani nu se vor mai putea observa eclipse totale de Soare de pe Pământ?

Soluția problemei 13

Eclipsele totale de Soare se produc pentru că discul Lunii acoperă total discul Soarelui. Având în vedere că Luna se îndepărtează de Pământ, eclipsele totale de Soare se vor produce până când diametrul unghiular maxim al Lunii va fi mai mare sau egal cu diametrul unghiular minim al Soarelui. Luna are diametru unghiular maxim la perigeu:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_L}{2} = \frac{R_L}{a_L(1 - e_L)} . \quad (1)$$

Soarele are diametru unghiular minim la afeliu:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_{\odot}}{2} = \frac{R_{\odot}}{a_{\oplus}(1 + e_{\oplus})} . \quad (2)$$

Soluția problemei 13 (continuare)

Egalând cele două unghiuri obținem

$$a_L = \frac{R_L}{R_\odot} \frac{1 + e_\oplus}{1 - e_L} a_\oplus = 401871.4801 \text{ km.} \quad (3)$$

Dacă semiaxa mare a orbitei lunare crește cu 3 cm/an atunci ea va atinge valoarea obținută mai sus în **582.38267 milioane de ani**.

Observație: Dacă se neglijează excentricitatea orbitei terestre ($e_\oplus = 0.0167$), semiaxa orbitei lunare este egală cu 395270.4633 km, valoare care se atinge în **362.34878 milioane de ani**.

14. Pământul este un corp opac, de aceea pe direcția Soarelui, în sens opus lui, se formează un con de umbră în care nu ajung razele de lumină ale Soarelui. Conul de umbră geometric al Pământului este mărginit de razele de lumină ale Soarelui, tangente la suprafața Pământului. Datorită refracției astronomice razele Soarelui sunt deviate la trecerea prin atmosfera terestră cu aproximativ 1° . Conul de umbră real al Pământului este mărginit de razele de lumină ale Soarelui curbate la trecerea prin atmosfera terestră.

- a. Cunoscând distanța medie de la Pământ la Soare 149,6 milioane de km și raza Soarelui 696000 km aflați, exprimată în raze terestre, înălțimea conului de umbră geometric al Pământului și înălțimea conului de umbră real al Pământului, exprimată în raze terestre. Raza Pământului este egală cu 6371 km.
- b. Știind că distanța medie dintre Lună și Pământ este 384400 km și raza Pământului, $R=6371$ km, stabiliți dacă Luna trece prin conul de umbră real al Pământului. Ce legătură există între rezultatul obținut și aspectul Lunii în timpul fazei totale a eclipselor de Lună?

Soluție 14.a

Notăm cu S și P centrul Soarelui, respectiv al Pământului. Tangenta exterioară comună discurilor Soarelui și Lunii AB intersectează linia centrelor SP în punctul V , vârful conului de umbră real al Pământului. Din asemănarea triunghiurilor VAP și VBS obținem

$$\frac{VP}{VS} = \frac{PA}{SB}$$

unde $VP = h$, $VS = h + 1 \text{ u.a.}$, $PA = R_{\oplus}$, $SB = R_{\odot}$, h este înălțimea conului de umbră geometric al Pământului, R_{\oplus} raza Pământului, iar R_{\odot} raza Soarelui. Rezultă că

$$h = \frac{1 \text{ u.a.}}{R_{\odot} - R_{\oplus}} R_{\oplus} = 216,928 R_{\oplus} \approx 217 R_{\oplus}.$$

Soluție 14.a (continuare)

Pentru a afla înălțimea conului de umbră real al Pământului, în interiorul triunghiului AVP , construim AV' , astfel încât $m(\angle VAV') = 1^\circ$ (vezi folia următoare).

Atunci $m(\angle AV'P) = m(\angle AVV') + m(\angle VAV')$, unghi exterior triunghiului AVV' .

Din triunghiul dreptunghic PAV calculăm $AVP = AVV'$:
 $m(\angle AVP) = \arcsin R_\oplus/h = 0,264^\circ$. În triunghiul PAV' , din teorema sinusului obținem

$$PV' = \frac{\sin \angle PAV'}{\sin \angle AV'P} PA \approx 45 R_\oplus.$$

Conurile de umbră ale Pământului: geometric și real

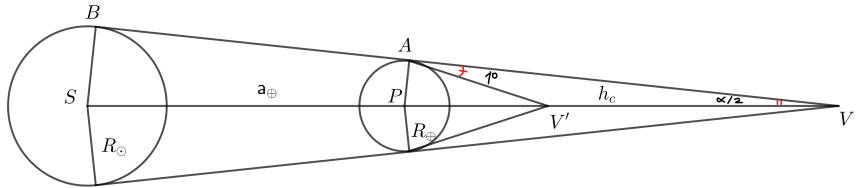


Figura: Conurile de umbră ale Pământului: real și geometric (desenul nu este făcut la scară)

Soluție 14.b

Distanța medie de la Pământ la Lună este aproximativ 60 raze terestre. Luna trece prin conul de umbră geometric al Pământului, de aceea în timpul eclipselor de Lună discul ei este vizibil. Datorită refracției diferențiate a razelor Soarelui la trecerea lor prin atmosfera Pământului discul Lunii are culoare roșiatică în timpul fazei de totalitate a eclipselor de Lună.

Problema 4 - Lem. 6

durati an ≈ 365.25

perioada siderală a Lunii $\approx 27,32$

perioada de rotație = perioada siderală

$365.25 : 27,32 \approx 13,36$ de rotații ale Lunii într-un an

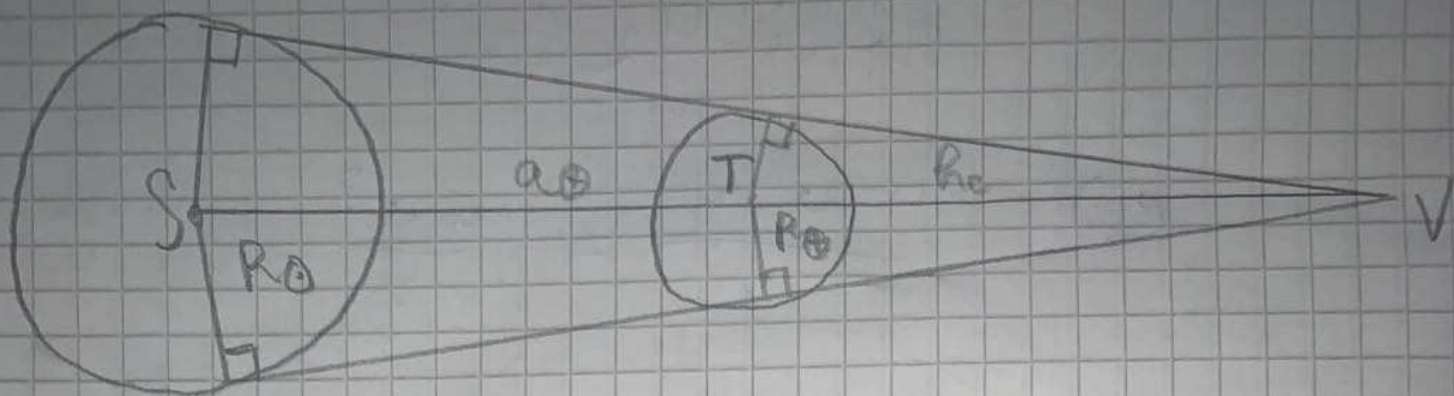
Probleme

7. De câte ori se rotește Luna în jurul axei sale într-un an?

Soluție: Împărțind durata anului la durata lunii siderale obținem că Luna se rotește de 13,34 ori într-un an.

8. Este vizibilă Luna în faza de Lună plină în iunie la Polul Nord? Argumentați-vă răspunsul.

Soluție: Nu, deoarece în iunie Soarele trece prin punctul solstițiului de vară și declinația lui este aproape $\varepsilon = +23^{\circ}27'$. În faza de Lună plină, Luna este în opoziție cu Soarele, declinația ei fiind cuprinsă între $-5^{\circ}9' - \delta_{\odot}$ și $5^{\circ}9' - \delta_{\odot}$. Înălțimea Lunii deasupra orizontului la culminația superioară este egală cu declinația Lunii, de aceea Luna nu se vede atunci deasupra orizontul observatorului de la Polul Nord.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_{\oplus}}{h_c} = \frac{R_{\odot}}{h_c + a_{\oplus}}$$

$$h_c = \frac{R_{\oplus} a_{\oplus}}{R_{\odot} - R_{\oplus}} \approx 4d$$

$$= \frac{6371 \cdot 149,6 \cdot 10^6}{696000 - 6371} = \frac{6371 \cdot 149,6 \cdot 10^6}{689629}$$

$$= \frac{953101 \cdot 10^6}{689629} = 1,38 \cdot 10^6 \text{ Km}$$

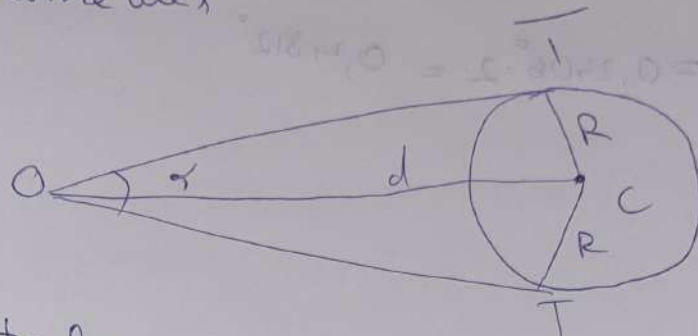
$$d = 384400 \text{ Km}$$

$$h_c = 3,96d$$

10. $a = 384400 \text{ km}$
SEMINAR 6 $e = 0,0549$

$T_c = 1738 \text{ km}$

val extreme ale α



Când Luna este la perigeu, CO (distanța de la pământ la Lună) este minimă:

$$\begin{aligned} CO_{\text{minim}} &\Rightarrow CO = a(1-e) \\ &= 384400(1-0,0549) \\ &= 384400 \cdot 0,9451 = \\ &= 363296,44 \end{aligned}$$

Când Luna este la apogeu, CO este maximă:

$$\begin{aligned} CO_{\text{maxim}} &\Rightarrow CO = a(1+e) \\ &= 384400(1+0,0549) \\ &= 384400 \cdot 1,0549 = \\ &= 405503,56 \end{aligned}$$

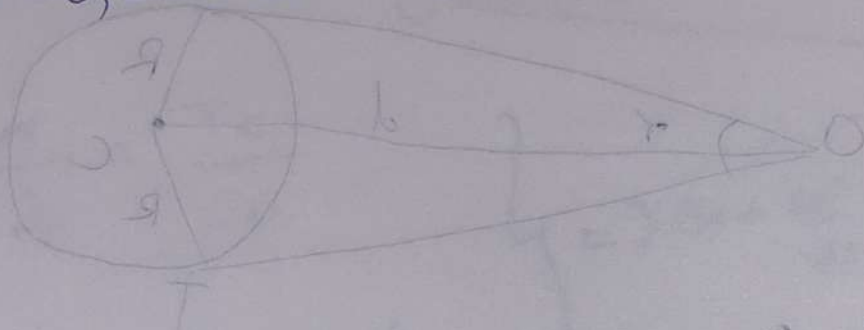
$$\dim \frac{\alpha}{2} = \frac{T_c}{CO_{\text{minim}}} = \frac{1738}{363296,44} = 0,0047$$

$$\begin{aligned} \dim \frac{\alpha}{2} = 0,0047 &\Rightarrow \frac{\alpha}{2} = \arcsin 0,0047 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0,2692^\circ \Rightarrow \\ &\Rightarrow \alpha = 0,2692 \cdot 2 = 0,5384 \end{aligned}$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{T_c}{C_{\max}} = \frac{1438}{405503,56} = 0,0042$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = 0,0042 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = \arcsin 0,0042 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0,2406^\circ =$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,2406^\circ \cdot 2 = 0,4812^\circ$$



Concluzia este la fel ca la problema 1 (distanta de la punctul la care este minim)

$$(s-1)a = 0 \quad (= \text{minimum})$$

$$(s+1)a = 0 \quad (= \text{maximum})$$

Concluzia este la fel ca la problema 1 (distanta de la punctul la care este minim)

$$(s+1)a = 0 \quad (= \text{maximum})$$