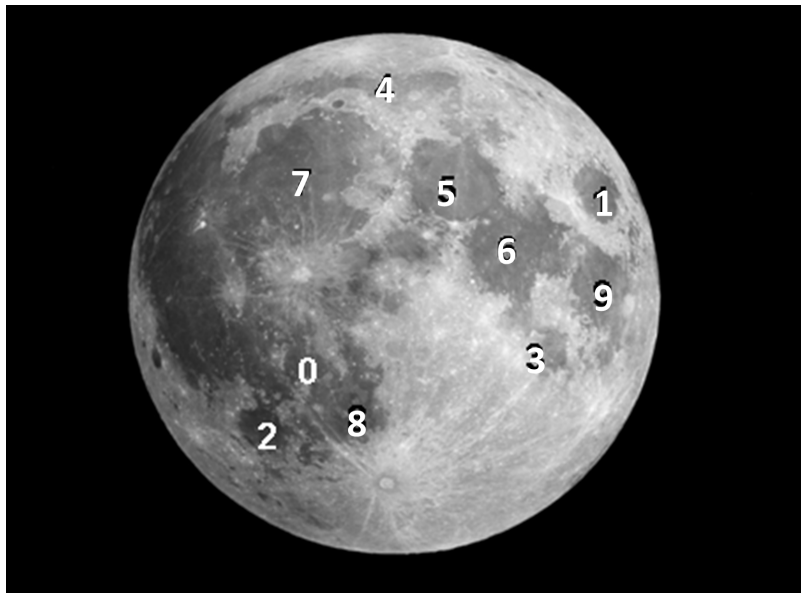


5. Pentru o stea se cunosc: masa $M = 5 \cdot M_{\odot}$ raza $R_0 = 21 \cdot 10^5 \text{ km}$ perioada rotației proprii $T_0 = 4,083 \text{ zile}$. Steaua este o sferă omogenă, care nu pierde din masa sa. Perioada rotației proprii a stelei atunci când aceasta se va transforma într-un Pulsar cu raza $R = 10 \text{ km}$ este:
- a) 2s b) 3ms c) $14\mu\text{s}$ d) $8\mu\text{s}$
6. O stea circumpolară are altitudinea $h_s = 76,8^\circ$ atunci când se află la culminația superioară, iar când se află la culminația inferioară, altitudinea stelei este $h_i = 10^\circ$. Latitudinea locului de observare este:
- a) $\varphi = 21,7^\circ$ b) $\varphi = 36,2^\circ$ c) $\varphi = 56,6^\circ$ d) $\varphi = 73,4^\circ$
7. În spectrul Coroanei Solare abundă linia spectrală a Calciului, $CaXIII$. Știind că energia de ionizare pentru Ca este $E_{i,Ca} = 655 \text{ eV}$. Se cunoaște constanta lui Boltzmann, $k = 1,33 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$. Temperatura Coroanei Solare este:
- a) $525 \cdot 10^4 \text{ K}$ b) $325 \cdot 10^4 \text{ K}$ c) $125 \cdot 10^3 \text{ K}$ d) $275 \cdot 10^3 \text{ K}$
8. Artemis II este prima misiune cu echipaj uman a programului Artemis al NASA, care a trimis patru astronauți într-un zbor de survol în jurul Lunii, lansat la 1 aprilie 2026 și care a testat capsula spațială Orion și racheta SLS (Space Launch System). Pe imaginea din figura de mai jos, să se identifice următoarele mări localizate pe suprafața Lunii: Crisium, Nectaris, Frigoris și Humorum. Alegeți varianta corectă de mai jos pentru localizarea corectă simultană a celor 4 mări amintite mai sus pe suprafața Lunii:



- a. 5 – Mare Crisium; 8 – Mare Nectaris; 4 – Mare Frigoris; 2 – Mare Humorum;
- b. 1 – Mare Crisium; 6 – Mare Nectaris; 4 – Mare Frigoris; 0 – Mare Humorum;
- c. 0 – Mare Crisium; 5 – Mare Nectaris; 9 – Mare Frigoris; 1 – Mare Humorum.
- d. 2 – Mare Crisium; 8 – Mare Nectaris; 0 – Mare Frigoris; 7 – Mare Humorum.

9. Pentru petele solare care apar într-un anumit interval de timp se cunosc: numărul total de pete individuale $f = 12$, numărul total al grupurilor de pete $g = 11$, factorul de observare $k = 0,94$. Numărul lui Wolf este:

- a) 114,6 b) 94,3 c) 154,2 d) 83,4

10. O stea se află situată în spatele unei nebuloase de praf (de tipul Barnard 33), la distanța $\Delta = 2 \text{ kpc}$ față de observatorul de pe Pământ. Cunoscând: magnitudinea aparentă (observată) a steii în banda V $m = 15^m$, iar adâncimea optică a nebuloasei în banda V este $\tau = 1,5$, magnitudinea absolută a steii este:

- a) -1,60 b) 3,21 c) 1,88 d) 5,40

Subiectul II Probleme (30 puncte)

Problema 1 Rachetă și satelit (10 puncte)

O rachetă a cărei masă este M se mișcă uniform pe o orbită circulară de rază $1,25R$ în jurul Pământului (unde R este raza Pământului).

Un satelit de masă m , aflat inițial pe rachetă, se desprinde de aceasta, fiind catapultat pe direcția și în sensul mișcării rachetei, continuându-și apoi mișcarea pe o orbită eliptică cu apogeul la distanța $10R$ față de centrul Pământului.

Pentru ce valori ale raportului $\frac{m}{M}$ satelitul întâlnește racheta după o rotație completă a satelitului în jurul Pământului?

Problema 2 Observații de stele (10 puncte)

A. Aceeași stea, aceeași înălțime

Teodor și Diana fac observații astronomice în locații diferite, aflate la aceeași latitudine, la același moment de timp (același Timp Universal). Amândoi observă steaua Antares la aceeași înălțime h . Știind că Teodor se află în emisfera vestică și Diana în emisfera estică, iar observațiile au loc în ziua echinocțiului de primăvară, ascensia dreaptă a steii Antares este $\alpha = 16^h 30^m$ și timpul local la Greenwich este $T_G = 18^h 18^m$:

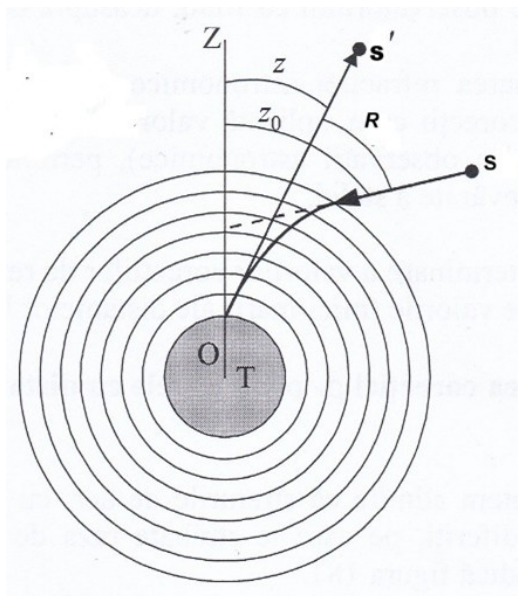
- a) [2 p] Determinați o relație între unghiurile orare ale steii Antares observate de cei doi: $H_{Teodor} = H_1$ și $H_{Diana} = H_2$.
- b) [2 p] Determinați o relație generală între timpul legal al locului, timpul local la Greenwich și fusul orar în ziua echinocțiului de primăvară. Neglijați ecuația timpului.
- c) [2 p] Știind că Teodor se află la longitudinea $\lambda_1 = 60^\circ$ V, determinați longitudinea λ_2 a Dianei.

B. Stele diferite, același azimut

Matei observă în același moment de timp două stele S_1 și S_2 care au același azimut A , măsurat din sud spre vest. Prima stea are înălțimea $h_1 = 30^\circ$ și declinația $\delta_1 = 10^\circ$, iar a doua are înălțimea $h_2 = 60^\circ$ și declinația $\delta_2 = 40^\circ$. Se neglijează refracția atmosferică. Se cunoaște faptul că $\varphi \neq 90^\circ$.

- a) [1 p] Exprimați trigonometric A în funcție de φ , h_1 și δ_1 .
- b) [3 p] Determinați latitudinea φ a locului de observație.

Problema 3 Refracția atmosferică (10 puncte)



Refracția astronomică constă în schimbarea direcției de propagare a razelor de lumină care vin de la aștrii îndepărtați datorită faptului că de la intrarea în atmosferă indicele de refracție al straturilor de aer din atmosferă crește ușor (datorită creșterii densității), până la suprafața Pământului.

O schemă a acestui fenomen este prezentată în figura alăturată, în care S reprezintă poziția reală a unei stele iar S' este poziția aparentă (observată).

Parametrul ce caracterizează acest fenomen la observarea unui astru este mărimea $R = z_0 - z$ numită *refracție*, adică diferența dintre distanța zenitală adevărată a stelei și distanța zenitală aparentă (observată).

Pentru distanțe zenitale mici, se poate admite că straturile de aer cu indici de refracție diferiți pe care le străbate raza de lumină sunt plane și paralele.

Se cunosc:

- indicele de refracție al atmosferei la suprafața Pământului: $n_0 = 1,00028$;
- $1 \text{ rad} = 206265''$.

Cerințe:

- a) [3 p] Deduceți în aceste condiții relația de dependență a refracției în funcție de distanța zenitală aparentă z ;
- b) [2 p] Se măsoară altitudinea unei stele și se obține $h = 85^\circ$. Calculează refracția R în secunde de arc;
- c) [3 p] Două stele A și B se află pe același cerc vertical (aceeași direcție zenitală), de aceeași parte a zenitului, cu distanțe azimutale aparente $z_A = 3^\circ$, respectiv $z_B = 6^\circ$. Determinați cu cât se modifică separarea unghiulară aparentă $\Delta z = z_B - z_A$ față de separarea unghiulară adevărată $\Delta z_0 = z_{0B} - z_{0A}$;

- d) [2 p] Un elev determină latitudinea observatorului măsurând la culminație meridiană o stea apropiată de zenit. Steaua are declinația cunoscută δ , iar la culminație se află la sud de zenit (deci $z_0 = \varphi - \delta$). Elevul ignoră refracția astronomică și folosește distanța zenitală aparentă în loc de cea adevărată. Exprimați eroarea $\Delta\varphi$ în funcție de R și calculați $\Delta\varphi$ în secunde de arc pentru o distanță zenitală aparentă $z = 4^\circ$.

Subiectul III Probleme Lungi (30 puncte)

Problema 1 Observarea exoplanetelor de pe Vârful Înalt (20 puncte)

Un astronom amator se află pe vârful unui munte situat exact pe ecuatorul unei exoplanete (latitudine $\varphi = 0^\circ$). Exoplaneta are o rază $R_p = 8000$ km și o perioadă de rotație proprie $P_{\text{rot}} = 20$ ore. Muntele are o altitudine $H = 10$ km. Masa steii centrale a sistemului este $M_* = 1,2 M_\odot$.

În acest sistem planetar mai există două planete notabile, ambele situate pe orbite circulare în planul ecuatorial al planetei observatorului. Se neglijează mișcarea orbitală a planetei pe care se află observatorul în jurul steii centrale:

- **O planetă interioară**, numită *Sub-Tyche*, care are o rază $R_{\text{sub}} = 0,5 R_p$ și produce tranzituri periodice vizibile de pe exoplaneta observatorului.
 - **O planetă exterioară**, numită *Supra-Tyche*, care are o rază $R_{\text{sup}} = 0,5 R_p$ și o perioadă siderală $T = 40$ ore.
- a) [2 p] Calculați valoarea coborârii orizontului (Δh_{alt}) pentru astronomul de pe vârf. În momentul în care acesta vede centrul steii exact pe orizontul său vizibil, la ce înălțime astronomică h se află centrul steii față de orizontul matematic?
- b) [4 p] Determinați raza orbitei planetei *Supra-Tyche* în UA și viteza sa unghiulară relativă (aparentă) față de observatorul de pe munte. Cine se mișcă mai repede pe cerul local: steaua centrală sau planeta exterioară?
- c) [5 p] În timpul unui tranzit al planetei interioare *Sub-Tyche* peste discul steii (considerând raza steii $R_* = 1 R_\odot$), calculați creșterea numerică a magnitudinii aparente a steii, adică adâncimea tranzitului exprimată în magnitudini (Δm). Este această adâncime mai mare sau mai mică decât cea produsă de tranzitul Pământului peste Soare (așa cum ar fi văzut de un observator îndepărtat)?
- d) [4 p] Dacă planeta exterioară *Supra-Tyche* se află la opoziție și culminează la miezul nopții, determinați cât timp este ea vizibilă pe cer pentru astronomul de pe vârf. Se va lua în calcul coborârea orizontului și se va neglija refracția atmosferică, precum și mișcarea orbitală a planetei observatorului.
- e) [5 p] Știind că planeta exterioară *Supra-Tyche* are un albedo $A = 0,5$, calculați raportul fluxurilor F_p/F_* în momentul opoziției, știind că distanța la opoziție este aproximativ egală cu raza orbitală $d \simeq a$. Telescopul astronomului poate detecta planeta dacă raportul fluxurilor satisface condiția $F_p/F_* \geq 1,0 \cdot 10^{-8}$. Va fi planeta vizibilă direct?



Problema 2 Sistemul ONA-2026-BLG-0414 (10 puncte)

Sistemul ONA-2026-BLG-0414 conține o pitică albă cu masa $M = 1,1M_{\odot}$, luminozitatea $L = 0,01L_{\odot}$ și raza $R = 0,8R_{\oplus}$ în jurul căreia orbitează o exoplanetă ONA-2026-BLG-0414 b de tip teluric cu masa $m = 1,9m_{\oplus}$ și aceeași densitate ca Pământul.

- [3 p]** Considerând că pitica albă se află în echilibru hidrostatic, determinați presiunea internă din centrul său și comparați această presiune cu cea din centrul Soarelui.
- [4 p]** Având un diametru comparabil cu al Pământului, dar o masă comparabilă cu a Soarelui, a fost dificil să se înțeleagă stabilitatea piticelor albe, care ar fi trebuit să colapseze gravitațional. Calculați presiunea internă a piticei albe, considerând că aceasta este determinată de electronii aflați într-o stare specială (electroni complet degenerați) care formează un gaz ideal având densitatea volumică $n_e = \frac{\rho}{2m_p}$, unde ρ este densitatea piticei albe, iar m_p masa protonului. Comparați rezultatul obținut cu cel calculat la punctul a.
- [3 p]** Verificați dacă exoplaneta care orbitează în jurul piticei albe având semi-axa mare $a = 0,5$ UA, excentricitatea $e = 0,1$, albedoul $\alpha = 0,1$ și o mișcare de rotație proprie rapidă se află în zona de habitabilitate (în sens larg, zona în care forțele mareice exercitate de pitica albă nu dezintegrează planeta, respectiv este posibilă existența apei sub formă lichidă la suprafața planetei).

Se cunosc: constanta atracției universale $k = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, $1 \text{ UA} = 150.000.000 \text{ km}$, densitatea exoplanetei $\rho_{ex} = 5,5 \text{ g/cm}^3$, constanta Planck $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, masa de repaus a electronului $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, masa protonului $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, masa Soarelui $M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, raza Pământului $R_{\oplus} = 6370 \text{ km}$, temperatura la suprafața Soarelui $T_{\odot} = 5800 \text{ K}$, raza Soarelui $R_{\odot} = 696.340 \text{ km}$