



OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ
ETAPA NAȚIONALĂ
TIMIȘOARA, 2025

PROBA TEORETICĂ
CATEGORIILE J1 și J2

- Se punctează oricare alte formulări / modalități de rezolvare corectă a cerințelor.
- Nu se acordă punctaje intermediare la subiectele de tip grilă.
- Durata probei este de 3 ore.

Subiectul I (50 puncte) – Grile

1. Fenomenul responsabil pentru expansiunea Universului observată de astronomi este:
 - a) Gravitația universală;
 - b) Radiația cosmică de fundal;
 - c) Energia întunecată;
 - d) Materia întunecată.
2. Un asteroid care descrie o traiectorie în formă de elipsă cu excentricitatea $0,20$ are la periheliu viteza $v_p = 25 \text{ km/s}$. Cu ce viteza v_a ajunge asteroidul la afeliul elipsei?
 - a) $24,15 \text{ km/s}$
 - b) $21,31 \text{ km/s}$
 - c) $18,13 \text{ km/s}$
 - d) $16,66 \text{ km/s}$
3. Sirius (α Canis Majoris) are o paralaxă de $0,379 \text{ arcsecunde}$. Distanța sa față de Pământ este:
 - a) $2,64 \text{ al}$
 - b) $3,26 \text{ al}$
 - c) $8,61 \text{ al}$
 - d) $37,9 \text{ al}$
4. Luna se distanțează de Pământ cu o viteză aproximativă de:
 - a) $0,38 \text{ m/an}$
 - b) $3,8 \text{ cm/an}$
 - c) 38 cm/an
 - d) $3,8 \text{ m/an}$
5. Luna are raza de 1738 Km și o masă de $7,35 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$. Accelerația gravitațională la suprafața Lunii are valoarea:
 - a) $1,22 \text{ m/s}^2$
 - b) $1,62 \text{ m/s}^2$
 - c) $1,42 \text{ m/s}^2$
 - d) $1,82 \text{ m/s}^2$



6. Care este latitudinea geografică a locului care, în 22 decembrie, are centrul Soarelui în momentul culminației sale superioare la orizont, neglijând refracția astronomică?

- a) 90° ;
- b) $113^{\circ}27'$;
- c) $66^{\circ}33'$;
- d) $27^{\circ}23'$.

7. Sateliții lui Marte se numesc:

- a) Phobos și Deimos;
- b) Calipso și Titan;
- c) Ceres și Europa;
- d) Haumea și Makemake.

8. Soarele va sfârși prin a deveni:

- a) gaură neagră
- b) pitică albă
- c) gigantă roșie
- d) pitică cenușie

9. În ce constelație se află Soarele acum?

- a. Pești
- b. Capricorn
- c. Taur
- d. Berbec

10. Care este masa Galaxiei Calea Lactee (în mase solare, $1M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} kg$), știind că stelele de la marginea ei se rotesc cu o viteză de $609 km/s$, iar diametrul galaxiei noastre este de $26,8 kpc$ ($1pc = 3,086 \cdot 10^{16} m$) ?

- a) $1,15 \cdot 10^{12} M_{\odot}$
- b) $3,78 \cdot 10^{20} M_{\odot}$
- c) $5 \cdot 10^{40} M_{\odot}$
- d) $6,5 \cdot 10^{45} M_{\odot}$

Subiectul II (50 puncte) – Probleme scurte

II.1. Planeta Marte și un satelit (20 puncte)

a) **(10 puncte)** Un satelit este lansat de pe planeta Marte pe o orbită circulară de rază $r = 4R_M$, unde R_M este raza planetei Marte. Determinați perioada mișcării de rotație a satelitului în jurul planetei. Primind energie suplimentară, trece de pe orbita circulară de rază $4R_M$ pe o orbită eliptică, având viteza la apoastru de 5 ori mai mică decât la periastru. Dacă distanța la periastru este $r_{min} = 4R_M$, care ar fi elementele orbitei eliptice a, b, c și excentricitatea e ?



b) **(10 puncte)** Cât ar trebui să dureze o zi și o noapte pe planeta Marte, pentru a putea plasa un satelit geostaționar la aceeași înălțime față de suprafața planetei ca și în cazul Pământului? Cât este viteza satelitului la această înălțime? Pentru calculele numerice ale problemei, se cunosc: $k=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$; $R_M=3393 \text{ km}$; $M_M=6,421 \cdot 10^{23} \text{ kg}$; $m_S=100 \text{ kg}$; $M_P=5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_P=6400 \text{ km}$.

II.2. „Observații astronomice în dublă stație” (10 puncte)

Mumo pleacă la o altă cabană, aflată pe același meridian cu Cosy, la distanța de 50 km față de acesta. Noaptea, cei doi efectuează „observații astronomice în dublă stație” și observă un asteroid cu magnitudinea $m=6$. Cosy vede globul de foc la 45° deasupra orizontului, chiar pe direcția Sud. Mumo vede același obiect pe cer la 60° deasupra orizontului, tot pe direcția Sud. Aflați:

- a) **(5 puncte)** altitudinea la care s-a produs fenomenul;
- b) **(5 puncte)** distanțele de la Cosy și respectiv, de la Mumo, până la „globul de foc”.

II.3. Roiuri stelare (20 puncte)

Într-un roi stelar sunt $N=500000$ stele presupuse toate identice, fiecare având magnitudinea absolută $M=-1$. Magnitudinea aparentă a roiului este $m=6,2$, iar diametrul unghiular al roiului este de $18'$. Se dă magnitudinea absolută a Soarelui $M_0=4,87^m$.

- a) **(10 puncte)** Demonstrați că pentru două corpuri 1 și 2, având luminozitățile L_1 și L_2 și magnitudinile absolute M_1 și M_2 , următoarea relație este validă: $\frac{L_1}{L_2} = 10^{-0,4(M_1-M_2)}$. Deduceți astfel distanța dintre noi și roi, d , exprimată în kiloparseci.
- b) **(3 puncte)** Aflați temperatura, în temperaturi solare, unei astfel de stele, știind că au raza egală cu raza Soarelui.
- c) **(7 puncte)** Aflați distanța medie dintre stelele roiului, exprimată în km.

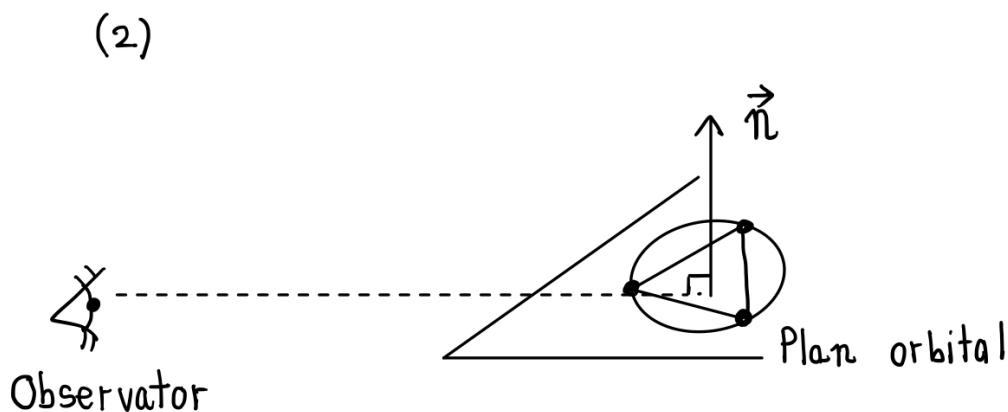
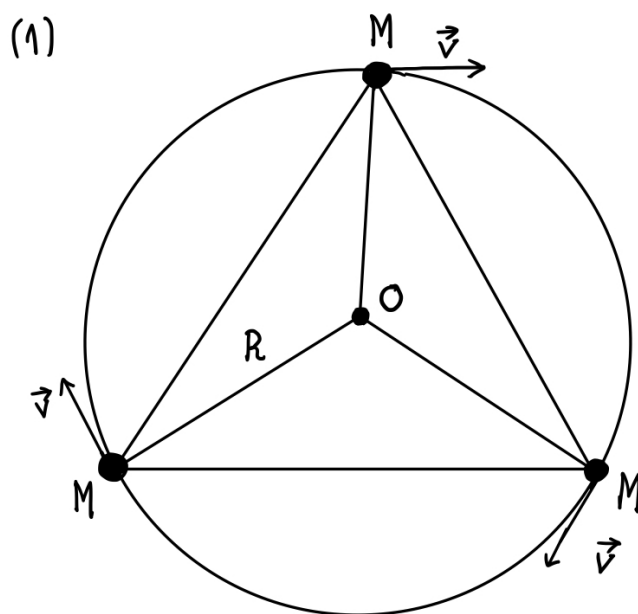
Notă: 1) Putem modela roiul astfel încât spațiul care îi este alocat unei stele este de forma unui cub, steaua aflându-se în centrul acestui cub. Astfel volumul total al roiului este format din aceste cuburi.

2) Se cunoaște relația dintre luminozitatea (L), aria laterală și temperatura unui corp (legea Stefan-Boltzmann): $L = A\sigma T^4$.

Subiectul III (80 puncte) – Probleme lungi

III.1. Sistem stelar....triplu! (45 puncte)

Astronomii olteni au observat recent un sistem stelar format din trei stele identice (aflate pe secvența principală, ca Soarele), care se rotesc împreună cu aceeași viteză unghiulară pe aceeași orbită circulară în jurul centrului de masă. Cele trei stele formează un triunghi echilateral (Figura 1). Orbita este „edge on”, adică unghiul dintre perpendiculara pe planul orbital și linia de vedere - care unește observatorul și sistemul stelar - este de 90° (Figura 2). Vom nota masa unei stele cu M , raza orbitei cu R , perioada orbitală a sistemului cu P . Constanta atracției gravitaționale este notată cu G și este egală cu $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$.



- 1) **(10 puncte)** Întâi vom începe prin a studia sistemul din punct de vedere teoretic. Dedu o formulă a perioadei orbitale P în funcție de G , masa unei stele M și raza orbitei circulare R . Găsește, de asemenea, și energia totală a sistemului E , exprimându-o tot în funcție de M și R .
- 2) **(6 puncte)** Sistemul a fost observat având o magnitudine de $m_{sistem} = 8^m$. Care ar trebui să fie dimensiunea minimă a unui telescop pentru a putea vizualiza sistemul? Poate orice telescop să distingă sistemul binar? Se cunoaște diametrul mediu al pupilei umane $d_{ochi} = 6,1 \text{ mm}$. Știind că paralaxa sistemului este de $p = 5,76 \text{ miliarcsec}$, cât de aproape ar trebui să fie sistemul (în pc) pentru a fi observabil cu ochiul liber?
- 3) **(8 puncte)** Folosind informațiile de la punctul precedent, determinați masa M a uneia dintre stele. Se cunoaște magnitudinea absolută a Soarelui $M_{abs} = 4,83^m$, distanța Pământ-Soare $d_{SP} = 1 \text{ UA} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$, precum și masa Soarelui $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Se știe că $1 \text{ pc} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}$.
Indiciu: între luminozitatea L a unei stele de pe secvența principală și masa sa M se poate stabili următoarea relație de proporționalitate: $L \sim M^{3,5}$.
- 4) **(5 puncte)** Distanța unghiulară maximă dintre două stele a fost înregistrată ca fiind $\Delta\varphi = 4,3 \text{ microarcsec}$. Folosind această informație, precum și informațiile din întrebările precedente, calculați raza orbitei circulare R . Care este valoarea numerică a perioadei P (în zile)?
- 5) **(3 puncte)** Calculează dimensiunea necesară pentru un telescop capabil să distingă măcar două stele din cele 3 ale sistemului binar. Observațiile se fac în domeniul razelor X (lungimea de undă fiind $\lambda = 5 \text{ nm}$).
- 6) **(10 puncte)** Fiind foarte îndepărtat, sistemul poate fi considerat un singur obiect pe sfera cerească. Sistemul este observat de pe vârful muntelui Ararat ($H = 5200 \text{ m}$, $\phi = 39^{\circ}42'07''N$, $L = 44^{\circ}17'54''E$). Știind că este la limita circumpolarității, calculează declinația δ a sistemului. Ia în calcul și refracția atmosferică $r = 34'$, care produce o coborâre suplimentară a orizontului. Care va fi înălțimea la culminația superioară a sistemului, așa cum este el văzut de la baza muntelui? Va culmina ea la sud sau la nord de zenit? La ce oră se va produce culminația superioară a sistemului pe 21 iunie (ecuația timpului este $\eta = 2 \text{ min}$)? Ascensia dreaptă a sistemului este de $\alpha_{sistem} = 4h 30min$. Muntele Ararat se află pe teritoriul Turciei, care nu mai folosește ore diferite pentru vară și pentru iarnă. Raza Pământului are valoarea $R_{\oplus} = 6340 \text{ km}$.
- 7) **(3 puncte)** Un eveniment cosmic dubios face ca cele trei stele să se unească, formând o stea mai mare care va colapsa într-o gaură neagră. Știind că viteza de evadare de la suprafața unei găuri negre (care se atinge atunci când energia totală a unui corp care se află la suprafața găurii negre este $E = 0$) este chiar $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, viteza luminii, calculați raza R_{GN} a găurii negre.

III.2 Sondă Spațială – Analiză de date - 35 p

O sondă spațială a fost lansată de pe Pământ acum mult timp și a ajuns să orbiteze o stea de tipul M cu magnitudinea absolută $M_V = 11,2$ din împrejurimile Sistemului Solar. Computerul de la bord s-a defectat, iar parametrii orbitei au fost șterși. Tot ce poate trimite sonda acum spre Pământ sunt măsurători ale magnitudinii aparente ale stelei la diferite unghiuri față de o direcție de referință aleasă la întâmplare. Valorile pentru magnitudinea stelei sunt redată în tabelul de mai jos. Folosind datele din tabel și hârtia polară pusă la dispoziție (pe care o veți preda împreună cu rezolvarea), ajutați centrul de control să reconstruiască orbita navei, urmând pașii de mai jos.

- (12 p)** Pentru fiecare magnitudine din tabel, corespunzătoare unui anumit unghi, calculați distanța dintre sondă și stea. Treceți rezultatele într-un tabel. Folosiți unități de măsură adecvate pentru aceste distanțe.
- (15 p)** Reprezentați aceste valori pe hârtia polară pusă la dispoziție și desenați forma orbitei printr-o linie continuă. Alegeți linia îngroșată ca direcție de referință, față de care valoarea unghiurilor din tabel crește în sens trigonometric.
- (1 p)** Cum se numește o astfel de orbită?
- (7 p)** Trasați semiaxa mare și semiaxa mică pe desen, marcându-le clar. Marcați prin litera C centrul orbitei. Determinați valorile numerice pentru semiaxa mare, semiaxa mică și excentricitatea orbitei.

Unghi	Magnitudine aparentă
0°	-10,578
20°	-10,225
40°	-10,087
60°	-10,225
80°	-10,578
100°	-11,027
120°	-11,476
140°	-11,869
160°	-12,183
180°	-12,409
200°	-12,545
220°	-12,590
240°	-12,545
260°	-12,409
280°	-12,183
300°	-11,869
320°	-11,476
340°	-11,027

