

Instrucțiuni

1. Proba teoretică va avea o durată de 4 ore și va avea un punctaj maxim de 180 de puncte.
2. Există **Fișe de lucru detaliate** pentru redactarea lucrării oficiale/ciorne. Pe fiecare dintre **Fișele de lucru detaliate**, vă rugăm să completați
 - Codul elevului
 - Numărul întrebării
 - Numărul paginii și numărul total de pagini.
3. Începeți fiecare problemă pe o pagină nouă a Fișelor de lucru detaliate. **Vă rugăm să scrieți numai pe partea imprimată a foii. Nu folosiți partea verso.** Dacă ați scris ceva pe vreo foaie care nu doriți să fie luat în considerare, tăiați-l.
4. Există o **foaie de răspuns** recapitulativă , marcată cu codul dvs. de identificare pentru răspunsurile dvs. finale.
5. Vă rugăm să vă amintiți că este posibil ca evaluatorii să nu vă înțeleagă limba. Pe cât posibil, scrieți soluțiile dvs. folosind numai expresii matematice și numere. Dacă este necesar să explicați ceva în cuvinte, vă rugăm să folosiți fraze scurte (dacă este posibil în limba engleză).
6. Nu aveți voie să vă părăsiți masa de lucru fără permisiune. Dacă aveți nevoie de asistență (calculator defect, trebuie să mergeți la toaletă, aveți nevoie de mai multe fișe de lucru detaliate etc.), vă rugăm să ridicați mâna pentru a-l anunța pe supraveghetor.
7. Începutul și sfârșitul probei vor fi indicate printr-un sunet lung de clopot. În plus, se va auzi un sunet scurt de clopot cu cincisprezece minute înainte de încheierea probei (înainte de ultimul sunet lung de clopot).
8. Așteptați la masa dvs. până când plicul este preluat. După ce toate plicurile sunt colectate, ghidul dvs. vă va conduce afară din sala de concurs.
9. O listă a constantelor pentru această probă este prezentată pe pagina următoare.

Constante fundamentale

Viteza luminii în vid	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$
Constanta lui Planck	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{Js}$
Constanta lui Boltzmann	$k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$
Constanta Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2} \text{K}^{-4}$
Sarcina elementară	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$
Constanta gravitațională	$G = 6.674 \times 10^{-11} \text{Nm}^2 \text{kg}^{-2}$
Constanta universală a gazelor	$R = 8.315 \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Constanta lui Avogadro	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$
Legea lui Wien	$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \text{mK}$
Masa electronului	$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$
Masa protonului	$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$
Masa neutronului	$m_n = 1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$

Trigonometrie plană

Sinus de sumă	$\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$
Cosinus de sumă	$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$
Teorema cosinusului	$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$
Teorema sinusului	$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$

Trigonometrie sferică

Teorema cosinusului (varianta sferică)	$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$
Teorema sinusului (varianta sferică)	$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$
Formula celor patru părți	$\cot b \sin a = \cos a \cos C + \sin C \cot b$

Date astronomice

1 parsec	$1\text{pc} = 3.086 \times 10^{16}\text{m} = 206265 \text{ AU} = 3.262 \text{ ani-lumină (ly)}$
1 unitate astronomică (UA)	$1 \text{ UA} = 1.496 \times 10^{11}\text{m}$
1 Jansky	$1\text{Jy} = 10^{-26}\text{W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$
Constanta lui Hubble	$H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$
Luminozitatea solară	$L_{\odot} = 3.826 \times 10^{26}\text{W}$
Diametrul unghiular mediu aparent al Soarelui	$\theta_{\odot} = 32'$
Temperatura efectivă a Soarelui	$T_{\text{eff},\odot} = 5778\text{K}$
Înclinarea/Oblicitatea eclipticii (Pământ)	$\varepsilon = 23.5^{\circ}$
Înclinarea orbitei lunare față de ecliptică	$05^{\circ} 08' 43''$
Magnitudinea vizuală aparentă a lunii pline	-12.74
Polul nord ecliptic (J2000.0)	$(\alpha_E, \delta_E) = (18^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}, +66^{\circ}33'39'')$
Polul galactic nordic (J2000.0)	$(\alpha_G, \delta_G) = (12^{\text{h}}51^{\text{m}}26^{\text{s}}, +27^{\circ} 07' 42'')$
1 zi siderală	$23^{\text{h}}56^{\text{m}}04^{\text{s}}$
1 an tropical	365.2422 zile solare
1 an sideral	365.2564 zile solare
1 lună lunară sidereană medie	27.32166 zile
1 lună lunară sinodică medie	29.53059 zile

Magnitudini solare

Vizuală aparentă	= -26.75
Vizuală absolută	= +4.82
Bolometrică aparentă	= -26.83
Bolometrică absolută	= +4.74

Sistemul solar

Obiect	Raza medie (km)	Masa (kg)	Semiaxa majoră(UA)	Excentricitatea	Albedo
Soare	695500	1.988×10^{30}	---	---	---
Mercur	2440	3.301×10^{23}	0.387	0.206	0.088
Venus	6052	4.867×10^{24}	0.723	0.007	0.76
Pământ	6378	5.972×10^{24}	1.000	0.016710	0.31
Luna	1737	7.346×10^{22}	3.844×10^5 km	0.054900	0.11
Marte	3390	6.417×10^{23}	1.524	0.093	0.25
Jupiter	69911	1.898×10^{27}	5.203	0.048	0.51
Saturn	58232	5.683×10^{26}	9.537	0.054	0.34
Uranus	25362	8.681×10^{25}	19.189	0.047	0.30
Neptun	24622	1.024×10^{26}	30.070	0.009	0.29

Informații despre orașul-gază

- Latitudinea orașului Kathmandu, $\phi_{kathmandu} = 27.7172^\circ N$
- Fusul orar al Nepalului = UTC + 5:45:00

T1 (15 puncte)

Un elev a folosit un telescop cu diametrul (D) de 100 cm, pentru a observa o stea îndepărtată a cărei magnitudine absolută este -0,5. Dacă considerăm că magnitudinea limită a ochiului

este 6, iar diametrul pupilei (d) este de 7 mm, răspundeți la următoarele întrebări:

1. Dacă nu există mediu interstelar (ISM), găsiți distanța maximă la care elevul poate detecta această stea.
2. În realitate, între stea și Pământ este prezent un ISM cu un factor de extincție de 0,05 mag/Kpc. Găsiți distanța maximă la care studentul poate detecta steaua.

Notă: Atunci când o ecuație nu poate fi rezolvată analitic, folosim metode iterative pentru a găsi o soluție numerică aproximativă. Ca exemplu, să presupunem că doriți să aflați valoarea lui $x = x_{fin}$, pentru care $x_{fin} = f(x_{fin})$, începem cu o anumită valoare $x = x_0$ și procedăm după cum urmează:

- Pasul 1: Găsim $f(x_0)$ și îl notăm cu x_1 .
- Pasul 2: Găsim $f(x_1)$ și îl notăm cu x_2 .
- Pasul 3: Găsim $f(x_2)$ și îl notăm cu x_3 .

Continuați să repetați acest proces de iterație până când x_n aproximativ egal cu x_{n-1} . Aceasta este valoarea dorită x_{fin} .

T2 (15 puncte)

Pornind de la legea conservării energiei, deduceți o expresie pentru energia mecanică totală a unui corp de masă m pe o orbită eliptică, în funcție de G , masa obiectului aflat pe orbită (M) și semiaxa mare a orbitei a . Utilizați soluția dvs. pentru a găsi apoi raportul vitezelor la periheliu și la afeliu, pentru un obiect care se află pe o orbită cu excentricitatea e .

T3 (15 puncte)

Nepalul are un fus orar unic, UTC +5:45, meridianul fusului trecând prin vârful muntelui Gaurishankar din Himalaya.

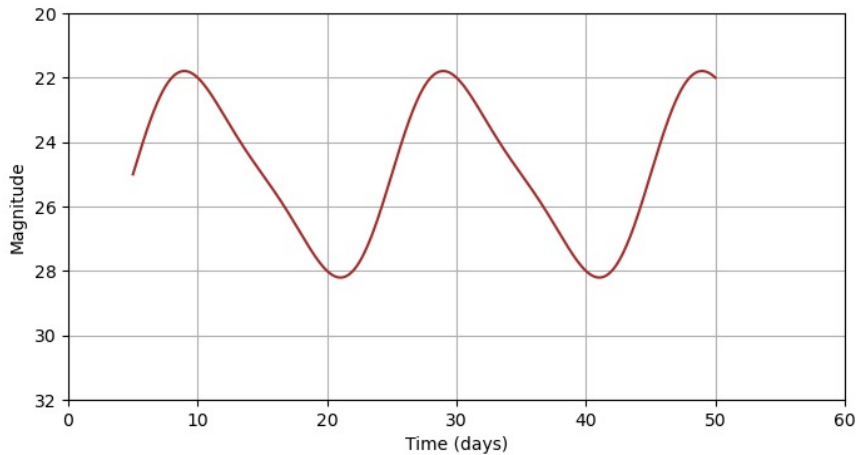
1. Știind că muntele Gaurishankar se află la aproximativ 105 km est de Kathmandu, estimați longitudinea orașului Kathmandu.
2. Binod, care stă în Kathmandu, vede o stea strălucitoare la meridian la exact ora 8:35 pm, după ceasul său. Calculați timpul local la Kathmandu la momentul trecerii acestei stele la meridian.
3. Binod vrea să îi zică despre această stea strălucitoare prietenului său Ravi, care locuiește în Ranchi, un oraș din India care are aceeași longitudine ca Kathmandu, dar un fus orar de UTC +5:30. Care este diferența dintre ora locală și ora arătată de ceasul lui Ravi? La ce oră va avea loc trecerea la meridian a stelei conform ceasului lui Ravi?

T4 (15 puncte)

În cosmologie, stelele variabile cefeide sunt supranumite "candele standard" deoarece pot fi utilizate pentru a estima distanțe. Edwin Hubble a folosit aceste "candele standard" pentru a

soluționa dezbateră Shapley-Curtis prin măsurarea distanței până la galaxia Andromeda. Cefeidele sunt stele variabile a căror strălucire variază periodic. Henrietta Leavitt a descoperit relația dintre perioada și luminozitatea medie a acestor stele, iar această relație poate fi utilizată pentru a deduce ecuația care leagă magnitudinea absolută și perioada. Pentru variabilele cefeide, luminozitatea (L) variază cu perioada (P) ca $L \propto P^{2.5}$, unde P este exprimată în zile.

1. Găsiți relația dintre magnitudinea absolută (M) și P pentru acest tip de stele variabile.
2. Se poate observa că este o dependență liniară între M și o funcție care depinde de P . Dacă constanta necunoscută a ecuației date este $-1,5$ mag, atunci găsiți distanța până la variabila cefeidă dată.



T5 (15 puncte)

Nepalul are ambiția de a lansa un satelit geostaționar propriu. Satelitul trebuie să mențină o orbită geostaționară astfel încât, atunci când este văzut din Kathmandu, să se afle la meridianul locului. Care ar fi înălțimea sa unghiulară atunci când este observat din Kathmandu ($\phi = 27.7172^\circ N$)? Puteți neglija refracția datorată atmosferei și alte efecte mai mici.

T6 (15 puncte)

Festivalul Dashain este una dintre cele mai importante sărbători din calendarul nepalez. Ultima zi a festivalului coincide cu perioada dintre primul pătrar și luna plină în care vârsta lunii este de exact 10 zile. Festivalul are loc întotdeauna în aceeași lună din calendarul lunar, care are 12 luni. Răspundeți la următoarele întrebări privind calendarul estimat al festivalului Dashain.

1. În 2024, ultima zi este programată să cadă pe 12 octombrie. Presupunând că Luna este în vârstă de exact 10 zile la ora 11 am, estimați la ce dată a avut loc ultima zi din



Points: 180

Time: 4.0 Hours

- Dashain în 2023.
2. Estimați în ce zi va cădea *Kojagrat Purnima*, care este Luna plină imediat de după Dashain, în 2025.

T7 (15 puncte)

Cosmic Horseshoe este o galaxie observată printr-o lentilă gravitațională, având $z = 2.379$. Mărirea dată de lentila gravitațională este de ($\mu = 30$). Această mărire, care are loc datorită lentilei gravitaționale, este similară cu cea produsă de un telescop optic, însă este cauzată de efectele gravitaționale ale corpurilor masive. Răspundeți la câteva întrebări despre această galaxie pentru a ajuta un cercetător. [Notă: magnitudinile AB sunt convertite în mod similar cu scara magnitudinilor cu care sunteți obișnuiți. Densitatea medie de flux a unui obiect este Fluxul (F) al aceluși obiect împărțit la lărgimea de bandă $\Delta\nu$ a detectorului].

1. La ce lungime de undă (λ_{obs}) v-ați aștepta să detectați linia de emisie H_{α} , provenită de la această galaxie? [Notă: $\lambda_{rest} = 656.3\text{nm}$, unde λ_{rest} corespunde repausului.]
2. Reconstrucția planului sursei este tehnica prin care sunt estimate efectele de lentilă asupra galaxiei, pentru a înțelege morfologia galaxiei. Folosim această tehnică și acum trebuie să determinăm proprietățile fizice ale obiectului. Folosind *Telescopul Spațial Hubble (HST)*, magnitudinea benzii AB F606W este de 20,5. Care este magnitudinea obiectului după eliminarea efectului lentilei?
3. Se poate face conversia de la magnitudinile AB la densitatea de flux folosind faptul că o sursă cu magnitudinea 0 AB are o densitate de flux de 3631 Jy. Care este (a) densitatea de flux aparentă a *Cosmic Horseshoe* și (b) care este densitatea de flux după eliminarea efectelor de lentilă?
4. Emisia în spectrul continuu UV F606W a *Cosmic Horseshoe* este observată ca fiind distribuită pe o suprafață de 13arcsec^2 . Care este densitatea aparentă de suprafață a emisiei sale în spectrul continuu UV, în unități de mag arcsec^{-2} ?
5. Dacă scara unghiulară corespunzătoare deplasării spre roșu a *Cosmic Horseshoe* este de 8 kpc arcsec^{-1} care este raza galaxiei, presupunând că este un disc văzut din față?

T8 (15 puncte)

După cum am văzut în concursul pe echipe, Nepalul a avut șansa de a boteza o stea din constelația Leului. Numele dat acestei stele este Sagarmatha. Coordonatele acestei stele sunt $\alpha = 11^{\text{h}}35^{\text{m}}52^{\text{s}}$, $\delta = -4^{\circ}45'21''$. Având în vedere că echinocțiul de toamnă din anul 2024 a avut loc pe 22 septembrie la ora 6:28 pm (ora Nepalului) și neglijând efectele refracției atmosferice,

1. Găsiți timpul la care răsare steaua Sagarmatha, după cum se observă în Kathmandu în 6th octombrie 2024. ($\phi = 27.7172^{\circ}$). (Notă: ne referim aici la timpul local din Kathmandu)
2. Dorim să găsim Sagarmatha cu ajutorul unui telescop. Deoarece Sagarmatha nu este foarte strălucitoare, vom îndrepta telescopul mai întâi spre ϕ Leo ($\alpha = 11^{\text{h}}16^{\text{m}}38^{\text{s}}$, $\delta = -3^{\circ}38'58''$). Găsiți distanța unghiulară dintre ϕ Leo și Sagarmatha.

T9 (15 puncte)

Călătoriți pe o navă spațială care întâlnește un nor de gaz sferic, omogen, cu raza R , și densitatea volumică ρ . În momentul apropierii, decelerați până vă aflați în repaus în raport cu norul de gaz și apoi opriți motoarele. Puteți neglija frecarea cu gazul în această problemă.

*Notă: Potențialul gravitațional în interiorul unei sferei solide omogene este dat de

$$V(r) = -\frac{GM}{R^3} \left(\frac{3R^2}{2} - \frac{r^2}{2} \right)$$

,unde r este distanța de la centrul norului de gaz. De asemenea, ați putea găsi util următorul fapt: pentru o ecuație de forma $a = -k^2r$, unde k este o constantă oarecare și a este accelerația, perioada oscilației este dată de: $T = \frac{2\pi}{k}$.

1. Odată ajuns în interiorul norului de gaz, cât timp vă va lua să reveniți la poziția inițială dacă sunteți în cădere liberă în interiorul norului?
2. Porniți de la legea conservării energiei. Să presupunem că v-ați săturat să stați în interiorul norului de gaz după ce l-ați investigat o vreme și doriți să scăpați din el (la infinit). Care este viteza necesară dacă vă aflați inițial în centrul norului și sunteți în repaus?

T10 (15 puncte)

Sistemele binare spectroscopice sunt acele sisteme în care stelele sistemului nu pot fi separate din cauza distanței unghiulare reduse dintre ele. Putem detecta însă că sistemul este binar datorită deplasărilor liniei spectrale cauzate de deplasarea Doppler. În cazul binarelor spectroscopice cu linie dublă, putem detecta două spectre, unul pentru fiecare stea. Din variația lungimii de undă a spectrului pe o perioadă de timp, putem găsi curba vitezei radiale.

Să presupunem că un astronom observă un sistem binar spectroscopic ipotetic care are o orbită circulară, așa cum se arată în figura 1. Planul orbitei face un unghi θ față de planul cerului. Steaua 1 (masa m_1) este situată pe orbita exterioară, iar Steaua 2 (masa m_2) este situată pe orbita interioară. Graficul vitezei radiale observate este prezentat în figura 2.

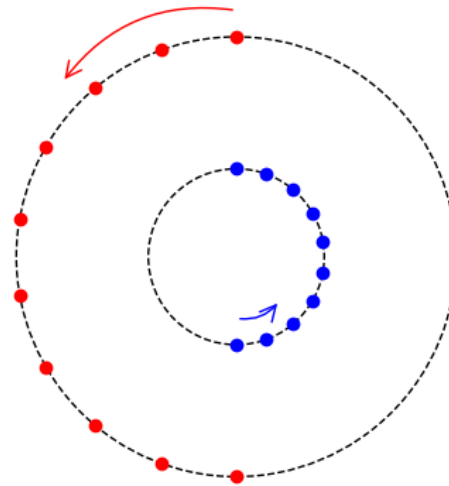


Figura 1. O vedere de sus a sistemului binar.

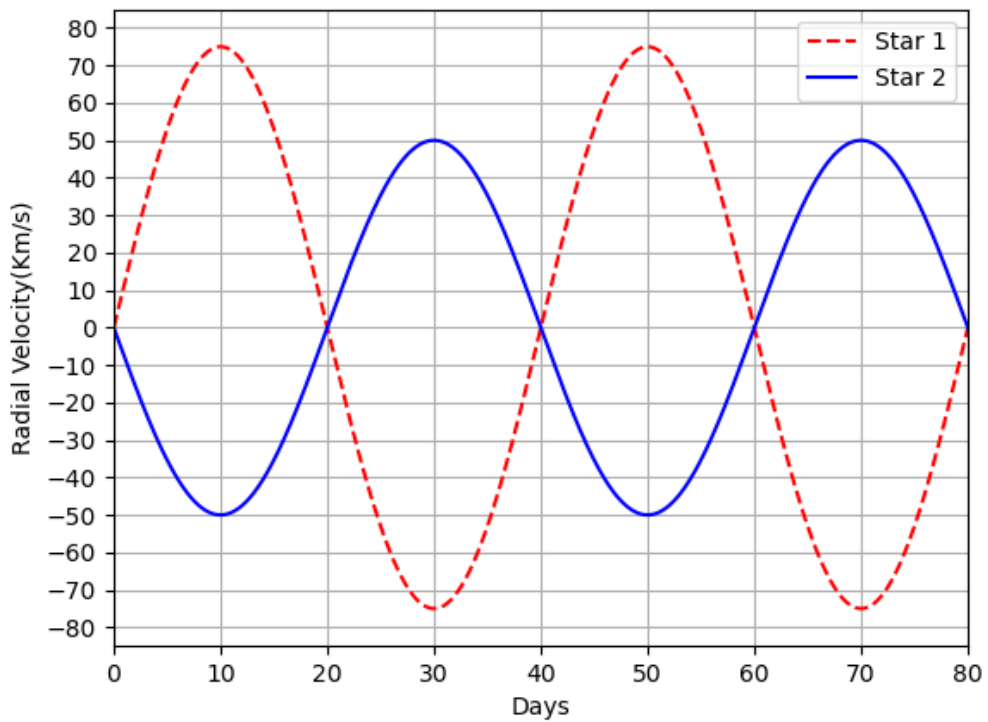


Figura 2. Graficele vitezei radiale pentru stelele binare

1. Funcția de masă a unui sistem binar este o expresie care depinde numai de cantități observabile, cum ar fi viteza radială și perioada. Găsiți funcția de masă atât pentru steaua 1, cât și pentru steaua 2.
2. Utilizați expresia din exercițiul 1 pentru a estima masele stelelor. Este estimarea dvs. exactă, o limită inferioară sau o limită superioară?

T11 (15 puncte)

Pentru a ne face o idee despre expansiunea universului, putem presupune, într-o aproximație clasică, faptul că universul este un nor uniform umplut cu particule mici și că densitatea critică (ρ_c) este densitatea norului la care expansiunea universului (legea Hubble-Lemaitre) se oprește după un timp infinit.

1. Deduceți o expresie clasică pentru (ρ_c) a universului.
2. Găsiți valoarea densității critice și exprimați-o în unități SI.
3. Dacă universul ar fi umplut cu mingi de tenis cu masa de 0,145 kg fiecare, distribuite uniform (fără altă masă prezentă), iar densitatea de masă a acestui univers ar fi egală cu densitatea critică, atunci câte mingi de tenis ar fi incluse într-o sferă de dimensiunea Soarelui?

T12 (15 puncte)

Praful interstelar este încălzit de radiația ionizantă fierbinte a stelelor tinere albastre. Acesta reemite apoi lumina în UV. Un nor de praf dintr-o galaxie cu mult praf a fost studiat recent de un cercetător. Faceți aproximația simplificatoare că puteți analiza norul de praf ca pe un corp negru. Ajutați-l să răspundă la următoarele întrebări:

1. Găsiți lungimea de undă la care emisia prafului atinge maximul (λ_{max}) dacă acesta are o temperatură de $T = 50K$.
2. Cercetătorul stabilește că praful are o luminosită totală (L_{dust}) = $1.6 \times 10^{11} L_{\odot}$. Estimați dimensiunea norului de praf, presupunând o distribuție sferică.
3. Dacă deplasarea cosmologică spre roșu a galaxiei (z) este de 0,01, estimați dimensiunea unghiulară (θ) a norului de praf.
4. Care apertură minimă a unui telescop, necesară dacă dorim să rezolvăm norul de praf?