|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Clipboard03 | **MINISTERUL EDUCAȚIEI** | Clipboard05 | **INSPECTORATUL ȘCOLARJUDEȚEAN PRAHOVA** |
| C:\Users\lili\Desktop\ONAA 2023\logo, stampila\LOGO-ONAA-2023.gif | **Olimpiada Națională de** **Astronomie și Astrofizică** Ediția a XX-a, 7 –11 iunie 2023, Vălenii de Munte, PRAHOVA |

**PROBA TEORETICĂ SCRISĂ**

**CATEGORIA SENIORI 2**

* **Se punctează oricare alte formulări/modalităţi de rezolvare corectă a cerinţelor.**
* **Nu se acordă punctaje intermediare la subiectele de tip grilă.**

**Subiectul I (10 puncte)**

1. Aberația luminii este nulă pentru aștrii aflați:

1. la Zenit;
2. la orizont;
3. în planul ecliptic;
4. la culminația superioară.

2. Diametrul unghiular  al Soarelui pe parcursul unui an atinge un minim de *31’28”* și un maxim de *32’33”*. Dacă *a* este semiaxa mare și *x* distanța dintre centrul orbitei Pământului și focarul în care se găsește Soarele, atunci relația dintre *a* și *x* va fi:

1. a=20x
2. a=30x
3. a=40x
4. a=60x

3. Paralaxa diurnă orizontală a unui obiect din Sistemul Solar este maximă atunci când obiectul:

1. este la orizont;
2. este la zenit;
3. este la meridian deasupra orizontului;
4. este la primul vertical deasupra orizontului.

4. Care este perioada de rotație a unei planete în jurul unei stele cu masa *M=1,5MSoare*? Masa planetei este mult mai mică în comparație cu masa stelei. Se cunosc: constanta gravitațională *G*; masa Soarelui *MSoare*; distanța Pământ-Soare *RPS*; distanța planetă-stea *a=3RPS*.

1. B) C)D)



5. Mareele oceanice înalte apar la fiecare:

1. 24 de ore
2. 24h50m
3. 12h25m
4. 23h56m

6. Variația de magnitudine a unui sistem stea-exoplanetă este , dacă raza exoplanetei reprezintă o fracțiune din raza stelei egală cu:

1. 0,351
2. 0,135
3. 0,178
4. 0,261

7. Raportul semnal-zgomot al unui telescop optic, care utilizează o cameră CCD, atunci când se înregistrează imaginea unei stele relativ strălucitoare se dublează, dacă timpul de expunere crește de aproximativ:

1. două ori
2. zece ori
3. șase ori
4. patru ori.

8. Un asteroid sferic are diametrul 10 𝑘𝑚 și densitatea medie 2,5 𝑔/𝑐𝑚3. La ce viteză un corp poate evada de pe suprafața asteroidului? Se cunoaște 𝐾=6,67∙10-11 𝑁∙𝑚2/𝑘𝑔2.

1. 3,57 𝑚/𝑠;
2. 4,16 𝑚/𝑠;
3. 5,81 𝑚/𝑠;
4. 6,34 𝑚/𝑠.

9. Refracția astronomică nu modifică poziția aștrilor aflați:

1. la Zenit;
2. la orizont;
3. în planul ecliptic;
4. la culminaía superioară.

10. Distanța de la Pământ la o stea este *30 al*. Cât este paralaxa stelei în secunde de arc dacă *1al=63240 UA*?

1. 0,47”
2. 0,28”
3. 0,11”
4. 0,02”

**Subiectul II (15 puncte)**

**II.1. Steaua β Gem (Pollux) (7 puncte)**

Steaua β Gem (Pollux) este cea mai strălucitoare stea din constelația Gemini. Se cunosc coordonatele actuale ecuatoriale ale stelei: , iar cele ecliptice: respectiv . Steaua este observată de pe Pământ, dintr-un loc de latitudine . Perioada de precesie a echinocțiilor este *TP = 25.771,5 ani*, iar înclinarea eclipticii față de ecuatorul ceresc este . Să se afle:

a) **(4 puncte)** Azimutul stelei Pollux la momentul răsăritului.

b) **(3 puncte)** În ce an de acum înainte, răsăritul stelei Pollux se va produce în dreptul punctului cardinal Vest? Veți presupune că înclinarea eclipticii față de ecuator nu se modifică.

**II.2 Un sistem stea-exoplanetă (8 puncte)**

Un astronom a decoperit o exoplanetă la o distanță de 10 pc de Pământ. După o observare mai atentă a sistemului stea-exoplanetă, a aflat că steaua în jurul căreia orbitează exoplaneta are masa și raza de trei ori mai mici ca masa și raza Soarelui. Raportul dintre raza stelei și raza exoplanetei este 14,7. Steaua centrală se află pe secvența principală. Se cunosc: masa Soarelui MS=2⋅1030 kg, viteza de propagare a luminii în vid c=3⋅108 m/s, luminozitatea Soarelui LS=3,828⋅, temperatura la suprafața Soarelui , magnitudinea absolută a Soarelui MS=+4,83. Să se afle:

* 1. **(1 punct)** luminozitatea stelei (în luminozități solare). În relația masă-luminozitate se va lua α=3,8.
	2. **(2 puncte)** magnitudinea aparentă a stelei și temperatura la suprafața stelei.

Pentru observarea tranzitelor, astronomul a folosit un telescop dotat cu o cameră CCD. Se cere:

* 1. **(2 puncte)** adâncimea tranzitului
	2. **(3 puncte)** raportul semnal/zgomot minim pentru obsevarea tranzitului.

**Subiectul III (25 puncte)**

**III.1 Lărgimea naturală a liniilor spectrale (8 puncte)**

Deși tranzițiile atomice au energii cuantificate, liniile observate în spectrele de emisie sau de absorbție nu au grosime nulă. Printre altele, acest efect se datorează Principiului Incertitudinii al lui Heisenberg. Din cauză că durata de viață a stărilor excitate are o anumită incertitudine, energia fotonilor emiși va avea de asemenea o incertitudine. Obiectivele problemei sunt estimarea importanței acestui efect și utilizarea modelului propus, pentru a identifica tipul de astru de la care provine un anumit spectru de emisie.

Problema se va baza pe modelul atomic Bohr, la baza căruia stau următoarele principii:

* Electronii orbitează nucleul pe traiectorii circulare.
* Electronii nu emit energie sub formă de radiație electromagnetică și razele orbitelor permise fac parte dintr-un set discret.
* Electronii pierd sau câștigă energie doar prin emiterea sau absorbția unor fotoni. Energia fotonilor trebuie să fie egală cu diferența dintre energiile corespunzătoare celor două straturi între care se realizează tranziția.
* Momentul cinetic este cuantificat prin relația , unde .

Consideră un atom hidrogenoid (cu un singur electron de valență) cu numărul atomic .

1. **(1,5 puncte)** Determină raza , viteza și accelerația corespunzătoare orbitei circulare a electronului cu momentul cinetic .
2. **(2 puncte)** Determină energia a electronului pe stratul . Află expresia matematică a constantei Rydberg și calculează-i valoarea numerică. În subpunctele următoare, rezultatele se pot exprima, dacă este necesar, și în funcție de constanta Rydberg .
3. **(0,5 puncte)** Sarcinile aflate în mișcare accelerată emit radiație Larmor, a cărei putere se poate exprima prin relația , unde este modulul accelerației sarcinii, este sarcina electrică, este viteza luminii în vid, iar este permitivitatea electrică a vidului. Folosind analiza dimensională, determinați valorile constantelor și . În expresia dată, este o constantă adimensională. În continuarea problemei, se cunoaște că valoarea sa este .
4. **(1,5 puncte)** Pentru a estima cât timp va rămâne electronul pe stratul , până când pierde energie prin emisia unui foton și coboară pe stratul , presupune că pierderea de energie ar fi datorată radiației Larmor. Determină expresia acestei durate de viață . Calculează valoarea numerică în cazul tranziției Ly– a hidrogenului.
5. **(1 punct)** Estimează incertitudinea energiei fotonului emis și a lungimii de undă , presupunând că lungimea de undă centrală a liniei spectrale este .
6. **(1,5 puncte)** Explică efectul presiunii gazului asupra lărgimii liniei spectrale. Comparând spectrele de emisie provenite de la o stea pitică albă și de la o stea gigantă roșie, care dintre ele ar prezenta linii mai largi? Justifică răspunsul cu atenție.

Se consideră cunoscute următoarele mărimi:

* *(viteza luminii în vid),*
* *C (sarcina electrică elementară)*
* *(masa electronului)*
* *(permitivitatea electrică a vidului),*
* *(constanta redusă a lui Planck)*

**III.2 Corp Negru (8 puncte)**

**A.** În urmă cu mai bine de un secol, Max Planck a găsit forma corectă pentru intensitatea radiației emise de un corp negru, aflat la echilibru termic la temperatura T, în funcție de frecvență:

 (W).

Tot atunci au fost descoperite alte doua legi, care descriu destul de bine emisia de radiație electromagnetică de către un corp cald. Una dintre ele dădea rezultate bune la lungimi de undă mari ale radiației emise (legea Rayleigh-Jeans). Cealaltă avea erori mai mici la lungimi de undă mici (aproximarea lui Wien). Se cere:

1. **(2 puncte)** să se deducă legea Rayleigh-Jeans și legea lui Wien din legea lui Planck
2. **(1 punct)** de ce legea Rayleigh-Jeans este evident în dezacord cu realitatea la frecvențe mari?
3. **(2 puncte)** găsiți o formă echivalentă a legii lui Planck, care să exprime intensitatea radiației în funcție de lungimea de undă a radiației emise (W).

**B.** Legea lui Planck ne arată, că intensitatea radiației emise de un corp negru nu este aceeași în tot spectrul de lungimi de undă. Stelele mai fierbinți ne apar albastre, iar cele mai reci le percepem ca fiind roșiatice. Pentru aceeași stea, putem măsura mai multe magnitudini la diverse lungimi de undă și astfel putem determina clasa spectrală căreia îi aparține steaua. Sistemul de magnitudini UBVRI folosește magnitudinea B (albastru) care crespunde lungimii de undă de 440 nm, respectiv magnitudinea V (în vizual) care corespunde lungimii de undă de 558 nm. Diferența celor două magnitudini se numește indice de culoare și poate fi folosită pentru detereminarea **temperaturii de culoare**. Sistemul UBVRI este calibrat astfel ca să rezulte un indice de culoare B-V de valoare zero, pentru o stea de clasă spectrală A0 cu o temperatură de culoare de aproximativ 15 000 K.

1. **(3 puncte)** Să se demonstreze că temperatura de culoare TC  are expresia:

**III.3 Cometa Shoemaker-Levy 9 (9 puncte)**

Cometa Shoemaker-Levy 9, descoperită ȋn anul 1993, a fost prima cometă care orbita ȋn jurul unei planete, nu ȋn jurul Soarelui. Probabil că ȋnainte cu 20-30 de ani de descoperire ea, a fost capturată de planeta Jupiter, atunci cȃnd a intrat ȋn sfera ei de influență gravitațională.

1. **(4 puncte)** Determinați raza sferei Hill (sfera de influență gravitațională) a lui Jupiter şi arătați că Shoemaker-Levy 9 se afla sub influența gravitațională dominantă a lui Jupiter.
2. **(3 puncte)** Demonstrați că dezintegrarea cometei era inevitabilă.
3. i) **(1 punct)** Studiile spectroscopice efectuate asupra atmosferei planetei Jupiter au pus ȋn evidență existența metanului (CH4), care are o lungime de undă caracteristică ȋn vizibil λ0=620 nm, măsurată poziționȃnd spectrofotometrul pe direcția centrului planetei. Cunoscȃnd perioada de rotație a lui Jupiter, TJ=9h50m, determinați deplasarea liniei spectrale prin efect Doppler ȋntre două puncte de emisie, situate diametral opus ȋn planul ecuatorial al planetei.

ii) **(1 punct)** Un gaz este reținut de o planetă pentru o perioadă nedefinită, dacă raportul ȋntre viteza termică (vT) şi viteza de evadare (vII) ȋndeplineşte condiția: (vT/vII)≤0,1. Verificați această situație pentru metanul din atmosfera planetei Jupiter.

Se cunosc: masa Soarelui Mʘ=1,989.1030 kg, masa Jupiter MJ=1,898.1027 kg, semiaxa mare a traiectoriei lui Jupiter aJ=778,479.106 km, excentricitatea numerică a lui Jupiter eJ=0,0489, densitatea medie a lui Jupiter ρJ=1 326 kg/m3, raza medie a lui Jupiter RJ=69 911 km, perioada cometei Shoemaker-Levy 9, TSL=2 ani, excentricitatea numerică a cometei Shoemaker-Levy 9, eSL = 0,9986, densitatea medie a cometei Shoemaker-Levy 9, ρSL=500 kg/m3, constanta atracției universale k=6,67.10-11 Nm2kg-2, 1u.a.=15.107 km, masa moleculară relativă a metanului mrCH4=16, temperatura medie a straturilor superioare ale atmosferei lui Jupiter tJ = -110 0C, constanta generală a gazelor R=8,31 J/(mol.K), viteza luminii ȋn vid c=3.108 m/s.

Se poate utiliza aproximația binomială: dacă .