

**Subiectul I Juniori + Seniori (10 puncte)**

| Întrebare    | Răspuns | punctaj     |
|--------------|---------|-------------|
| 1. A         | b       | 1p          |
| B            | b       | 1p          |
| 2. A         | b       | 1p          |
| B            | d       | 1p          |
| 3. A         | b       | 1p          |
| B            | d       | 1p          |
| 4. A         | d       | 1p          |
| B            | c       | 1p          |
| 5. A         | a       | 1p          |
| B            | A       | 1p          |
| <b>Total</b> |         | <b>10 p</b> |

**Subiectul III**

**Juniori**

A. O stea are înălțimea de  $60^\circ$  la momentul culminației superioare și respectiv  $30^\circ$  la momentul culminației inferioare. Calculați declinația stelei și latitudinea locului de observație.

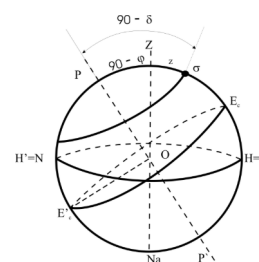
A. 3 p

a. Steaua culminează la **SUD** de zenit **Z**

1) Trecerea la meridianul superior al locului

$$90 - \delta = 90 - \varphi + z$$

$$\delta = \varphi - z$$



2) Trecerea la meridianul inferior al locului

$$z = 90 - \delta + 90 - \varphi$$

$$\delta = 180^\circ - (\varphi + z)$$

$$\begin{cases} \delta = \varphi - z \\ \delta = 180^\circ - (\varphi + z) \end{cases}$$

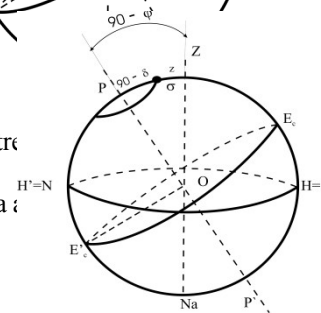
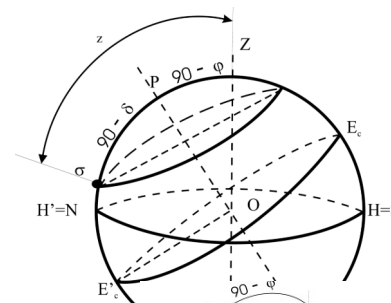
$$z_s = 90 - h_s = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$z_s = 90 - h_i = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\begin{cases} \delta = \varphi - 30^\circ \\ \delta = 180^\circ - (\varphi + 60^\circ) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \delta = 45^\circ \\ \varphi = 75^\circ \end{cases}$$

b. Steaua culminează la **Nord** de zenit **Z**



1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată c
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele acestuia.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma :

1. Trecerea la meridianul superior

$$90 - \varphi = 90 - \delta + z$$

$$\delta = \varphi + z$$

2. Trecerea la meridianul inferior al locului

$$z = 90 - \varphi + 90 - \delta$$

$$z = 180^\circ - \varphi - \delta$$

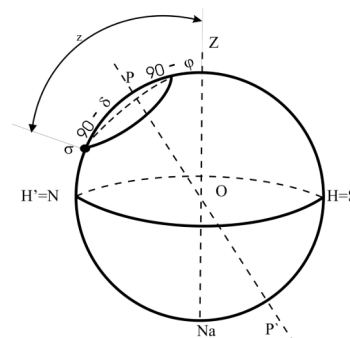
$$\delta = 180^\circ - (\varphi + z)$$

$$\begin{cases} \delta = \varphi + z \\ \delta = 180^\circ - (\varphi + z) \end{cases}$$

$$z_1 = 90^\circ - h_1 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$z_2 = 90^\circ - h_2 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\begin{cases} \delta = \varphi + 30^\circ \\ \delta = -\varphi + 120^\circ \\ \delta = 75^\circ \\ \varphi = 45^\circ \end{cases}$$



Juniori

B. (3p) O stea are înălțimea de  $60^\circ$  la momentul culminației superioare și respectiv  $30^\circ$  la momentul culminației inferioare. Calculați declinația steii și latitudinea locului de observație.

C. (6p) Izvoarele istorice menționează că în anul 100 BC, a avut loc atacul dat de dacii conduși de Decebal, asupra castrului roman de la Adamclisi ( $\varphi_A = 44^\circ 11' N$ ,  $L_A = 28^\circ 39' E$ ).

- (1,5p) Știind că punctul vernal  $\gamma$  retrogradează cu  $1^\circ$  la fiecare 72 de ani, calculați cu cât a retrogradat punctul vernal de pe vremea lui Decebal.
- (1,5p) Trupele care au atacat castrul roman au plecat din cetatea Sarmisegetusa ( $\varphi_S = 45^\circ 40' N$ ,  $L_S = 23^\circ 23' E$ ). Calculează distanța parcursă de trupele dacice.
- (3p) Atacul asupra castrului roman a avut loc la 26,7 zile după echinocliul de primăvară, la lăsarea întinericului, atunci când primele stele „au apărut pe cer”. Dacii au sosit atunci când discul Soarelui atingea orizontul. Calculați cât timp au așteptat războinicii până la declanșarea atacului.

Rezolvare

$$a. 2015 - 100 = 1915$$

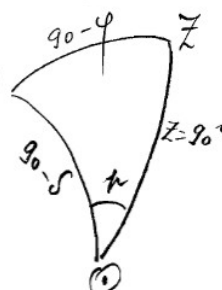
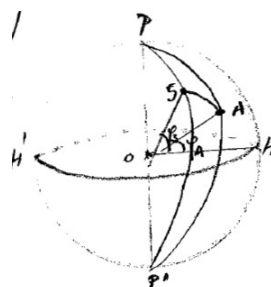
$$1915 : 72 \approx 26,6$$

Punctul vernal a retrogradat cu  $26^\circ$  și 35 min

$$b. \varphi_S - \varphi_A = 45^\circ 40' - 44^\circ 11' = 1^\circ 29'$$

$$\varphi_S - \varphi_A = 45^\circ 40' - 44^\circ 11' = 1^\circ 29'$$

$$\text{Distanța parcursă a fost } l_{SH} = \frac{\pi R n^\circ}{180^\circ} = 491 \text{ Km}$$



- Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final

$$\lambda = \frac{26,7 \text{ zile}}{365 \text{ zile}} \cdot 360^\circ = 26^\circ 20'$$

Declinația Soarelui

$$\sin \delta = \sin \lambda \cdot \sin(23^\circ 27')$$

$$\delta = 10^\circ 10' 4''$$

Soarele este la apus:

Calculul paralaxei :

$$\cos p = \frac{\sin \varphi}{\cos \delta}$$

$$\cos p = \frac{\sin 44^\circ 11'}{\cos 10^\circ 10'}$$

$$p = 41^\circ, 235$$

Deplasarea discului solar cât durează apusul:

$$\sin \Delta \lambda = \frac{\sin D_s}{\sin p} = \frac{\sin 32'}{41^\circ, 235}$$

$$\Delta \lambda = 45^\circ 19', 06$$

Intervalul de timp cât durează apusul soarelui:

$$\Delta t = \frac{\Delta \lambda}{360^\circ} \cdot 24h = 3 \text{ min } 1,27s$$

Durata crepusculului este de 30 minute, deci atacul a avut loc după 33 minute după sosirea la Adamclisi.

### Seniori

A. Vântul solar este fenomenul de emisie de plasmă din atmosfera superioară a Soarelui. În componența plasmei intră în principal electroni și protoni care, datorită energiei mari reușesc să „scape” de gravitația Soarelui. Vântul solar are două componente, vântul solar lent datorat emisiei termice și componenta rapidă datorată efectelor magnetice. Vântul solar determină pe Pământ apariția unor fenomene, cum ar fi „aurora boreală”, furtunile geomagnetice. Viteza vântului solar lent, măsurată pe Pământ are valoare aproximativă  $v_s = 400 \text{ Km/s}$ . Densitatea protonilor ce intră în componența vântului solar are valoarea aproximativă de  $n_p = 7 \text{ particule/cm}^3$ .

- (2,5 p)** În ipoteza simetriei sferice a emisiei de plasmă solară, estimați rata pierderii de masă de către Soare.
- (2 p)** O stație spațială destinată studiului Soarelui trebuie plasată la distanța R de Pământ pe dreapta ce unește centrele celor două corpuri cerești. Energia stației spațiale este asigurată de mari panouri solare cu suprafața S orientate normal pe direcția Pământ-Soare. Calculați

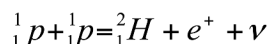
- Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele acestuia.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

distanța  $R$  pentru care stația spațială este în echilibru. În urma ciocnirii cu orice parte a suprafeței navei un proton pierde o fracțiune  $(1-\alpha)$  din impuls și se va neglija efectul presiunii radiației luminoase.

- B. Reacția termonucleară care are loc în interiorul Soarelui are la bază două cicluri de reacții: ciclul proton – proton (**pp**) și ciclul carbon – azot. În urma ciclului **pp** (proton – proton), prin fuziune nucleară, din 4 nuclee de hidrogen rezultă un nucleu de heliu. Fuziunea nucleară poate fi descrisă în mod foarte simplist printr-o ciocnire plastică a două nuclee atomice, rezultând un nucleu al altui element. Fuziunea este însoțită de emisie de energie prin fotoni (particule  $\gamma$ ) și de particule - electroni  $e^-$ , pozitroni  $e^+$  și neutrini  $\nu$ .

În această problemă ne vom ocupa de neutrinii emiși de Soare. Neutriful (denumire derivată din limba italiană „neutrino” - diminutivul de la neutron) la fel ca și neutronul, nu are sarcină electrică, dar spre deosebire de acesta o are masa de repaus a cărei valoare este foarte mică, apropiată de zero.

Există mecanisme diferite prin care sunt emiși neutrinii  $\nu$ . Fiecare mecanism de reacție produce neutrini cu energie specifică acestuia. De exemplu în reacția de fuziune a protonilor (reacție **pp**) în urma căreia rezultă deuteriumul, neutriful are energia medie de  $0,263 \text{ MeV}$ .



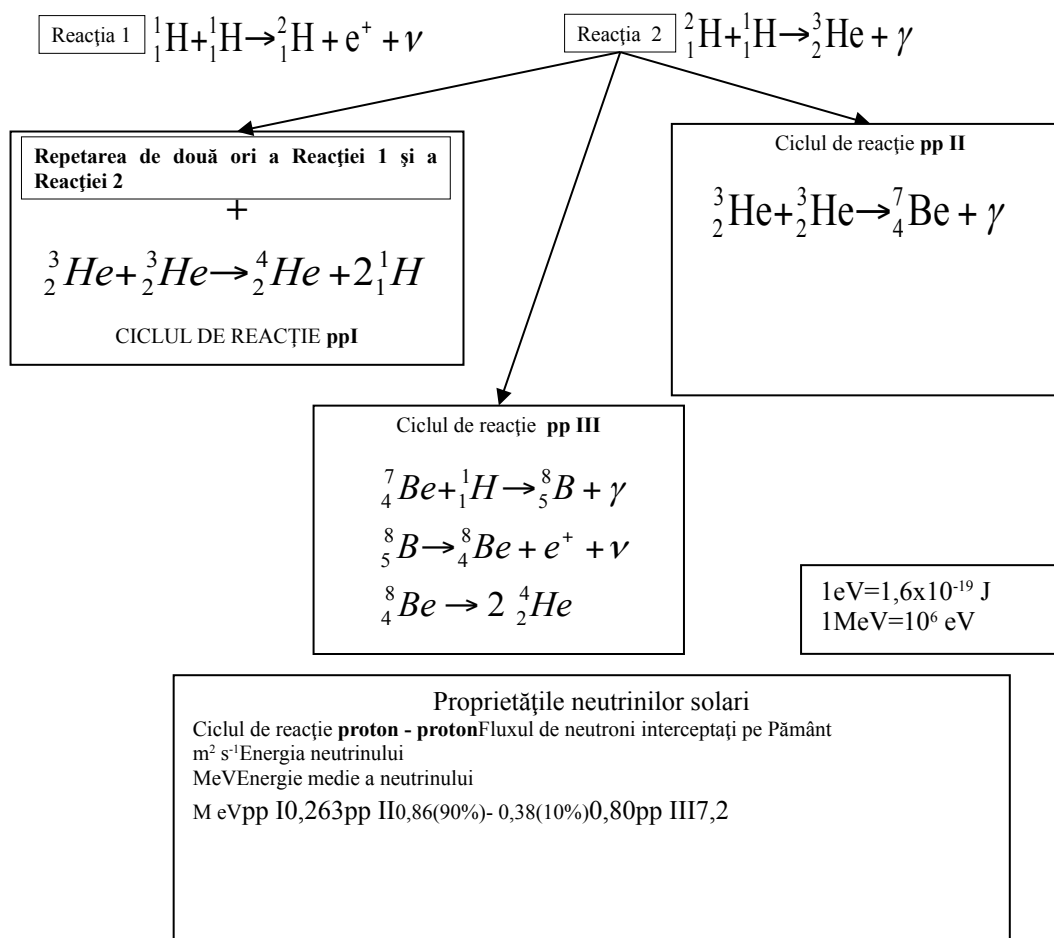
|                                                               |
|---------------------------------------------------------------|
| $A$ – nr. de masă<br>$Z$ – nr. Atomic<br>$S$ – simbol element |
|---------------------------------------------------------------|

În Soare, ciclul de reacție **pp** se poate produce în 3 variante : **ppI**, **ppII** și **ppIII**. Fiecare ciclu are frecvență de apariție în timp diferită: cel mai frecvent se produce ciclul **ppI** (aproape 69% din timp), apoi ciclul **ppII** cu frecvență în timp de 31% și rar 0,3 % ciclul **ppIII**.

Neutrinii emiși în fiecare ciclu au energie diferită, putând fi astfel identificați prin metode de detecție specifice.

În figura de mai jos este reprezentată o hartă de producere a neutrifilor pe în urma celor trei cicluri **pp** (proton-proton).

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele acestuia.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Folosind datele din tabel calculați:

- Dacă se consideră că în unitatea de timp sunt produși  $n_{\text{total}}$  nuclee de heliu, determinați proporția de neutrini produși în fiecare din cele trei canale de reacție  $n_i / n_{\text{total}}$   $i = 1 - 3$ ,  $n_i$  – nr de neutrini emiși în unitatea de timp în fiecare tip de ciclu.
- Luminozitatea Soarelui determinată de emisia de neutrini prin ciclul proton -proton

## Rezolvare

A.a. 2,5 p

În condiții de simetrie sferică, cantitatea  $\Delta m$  ce străbate o suprafață sferică de rază  $r$  poate fi exprimată prin următoarea relație:

$\Delta m = \rho \Delta V$  unde  $\Delta V$  reprezintă volumul masei ce străbate suprafața de rază  $r$ .

Astfel  $\Delta V = 4\pi r^2 \Delta r$ ,

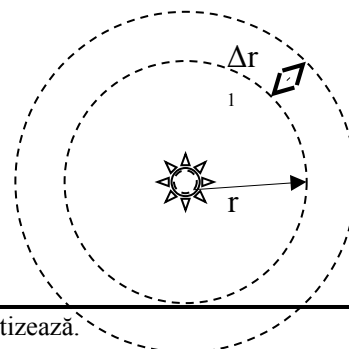
Cunoscând viteza vântului solar și presupunând că are direcție radială rezultă

$$\Delta r = v \Delta t$$

În consecință  $\Delta m = 4\pi r^2 v \Delta t$

Deci rata pierderii de masă va fi

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 4\pi r^2 \rho v$$



- Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele acestuia.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Deoarece masa electronilor care intră în componența vântului solar este neglijabilă rezultă că densitatea vântului solar este dată de relația:

$\rho = n_p \cdot m_H$  unde  $m_H$  este masa protonului.

La suprafața Pământului

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 4\pi r_{PS}^2 n_p m_H v$$

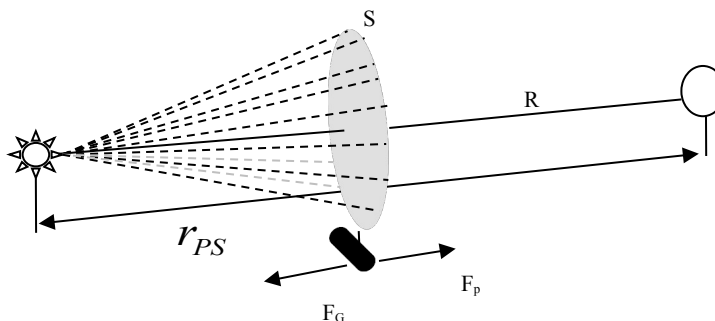
$R_{PS} = 1 \text{ UA}$ ,

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 1,3 \cdot 10^9 \frac{Kg}{s}$$

**A.b. 2 p**

Pentru ca stația să fie în echilibru trebuie îndeplinită condiția:

$$F_G = F_P$$



Unde  $F_G = k m_{ST} \left( \frac{M_S}{(r_{PS} - R)^2} - \frac{M_P}{R^2} \right)$  - rezultanta forțelor de atracție gravitațională

$F_P$  este forța datorată vântului solar.

Deoarece stația spațială se află la distanță mare de Soare, se poate considera că protonii ciocnesc suprafața S perpendicular pe aceasta.

Forța datorată ciocnirii unui proton cu suprafața va fi

$$F_l = \alpha \frac{m_l v}{\Delta t}$$

Forța totală ce va acționa asupra navei va fi

$$F = \alpha \left( \frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_s v$$

Unde  $\left( \frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_s$  reprezintă masa ce lovește suprafața S a navei în unitatea de timp.

Aceasta va fi egală cu rata pierderii de masă a Soarelui prin vântul solar, din unghiul solid delimitat de suprafața S.

$$\left( \frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_s = \frac{\Delta m}{\Delta t} \frac{S}{(r_{PS} - R)^2}$$

Deci:

$$F_P = \alpha \frac{\Delta m}{\Delta t} \frac{S}{(r_{PS} - R)^2} v$$

Condiția de echilibru devine:

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele acestuia.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

$$k m_{ST} \left( \frac{M_S}{(r_{PS} - R)^2} - \frac{M_P}{R^2} \right) = \alpha \frac{\Delta m}{\Delta t} \frac{S v}{(r_{PS} - R)^2}$$

$$\frac{1}{(r_{PS} - R)^2} \left( k M_S m_{ST} - \alpha S v \frac{\Delta m}{\Delta t} \right) = k m_{ST} \left( \frac{M_P}{R^2} \right)$$

$$\frac{k M_S m_{ST} - \alpha S v \frac{\Delta m}{\Delta t}}{k m_{ST} M_P} = \left( \frac{r_{PS}}{R} - 1 \right)^2$$

$$R = \left( 1 + \sqrt{\frac{M_S}{M_P} - \frac{\alpha S v}{k m_{ST} M_P} \frac{\Delta m}{\Delta t}} \right)^{-1}$$

**B.a. 2,5 p**

Dintre aceștia  $n_1$  sunt produși în reacția **ppI**,  $n_2$  în reacția **ppII**,  $n_3$  în reacția **ppIII**.

$$n = n_1 + n_2 + n_3$$

Fluxul de neutrini interceptați pe Pământ în unitatea de timp este:

$$f_v = \alpha n \text{ unde fracțiunea din neutrinii produși în Soare}$$

$$\alpha = \frac{1}{4\pi d_{PS}^2}$$

Valorile din coloana 2 a tabelului reprezintă fluxurile pentru fiecare neutrini produși în fiecare ciclu **pp**.

Din harta reacției **pp** se observă că pentru producerea unui atom de He :

din reacția **ppI** rezultă 2 neutrini

În reacția **ppII** rezultă 1 neutrin în urma reacției 1 + 1 din două reacție cu obținerea a două nuclee de He și similar din reacția **ppIII** rezultă 1 neutrin în urma reacției 1 + 1 din a două reacție

Deci

$$f_{v,1} = \alpha(2n_1 + n_2 + n_3)$$

$$f_{v,2} = \alpha n_2$$

$$f_{v,3} = \alpha n_3$$

$$\text{și } f_{v,total} = 2\alpha n$$

Folosind aceste relații rezultă:

$$\frac{n_1}{n} = \frac{f_{v,1} - f_{v,2} - f_{v,3}}{f_{v,1} + f_{v,2} + f_{v,3}} = 0,85 \quad p - p I$$

$$\frac{n_2}{n} = \frac{2f_{v,2}}{f_{v,1} + f_{v,2} + f_{v,3}} = 0,15 \quad p - p II$$

$$\frac{n_3}{n} = \frac{2f_{v,3}}{f_{v,1} + f_{v,2} + f_{v,3}} = 2 \times 10^{-4} \quad p - p III$$

**B.b. 2 p**

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele acestuia.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Energia medie transportată de fiecare tip de neutrin  $Q_{\nu,i}$  este dată în ultima coloană a tabelului.

Luminozitatea Soarelui dată de neutrini este energia totală emisă în unitatea de timp de Soare:

$$L = 4\pi d^2 f Q$$

$$L = 4\pi d^2 (f_{\nu,1} Q_{\nu,1} + f_{\nu,2} Q_{\nu,2} + f_{\nu,3} Q_{\nu,3}) = 8,9 \times 10^{24} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Se va acorda 1 p din oficiu**

- 
1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
  2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele acestuia.
  3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
  4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
  5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.