

Astronomie

Planetele și corpurile mici din sistemul solar

Cristina Blaga

11 ianuarie 2022

Obiectivele seminarului

- ▶ Planetele clasice și pitice
- ▶ Sateliții planetelor din sistemul solar
- ▶ Asteroizi, comete și corpuri meteorice

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

1. Clasificarea planetelor în terestre și gazoase se face pe baza
 - (a) perioadei sinodice,
 - (b) densității medii,
 - (c) perioadei de revoluție în jurul Soarelui sau
 - (d) a diametrului planetei.

Răspuns: (b) densității medii.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

2. Principala mărime care ne oferă informații despre densitatea medie a unei planete este
- (a) vârsta,
 - (b) viteza de rotație în jurul propriei axe,
 - (c) compoziția internă sau
 - (d) viteza de revoluție în jurul Soarelui.

Răspuns: (c) compoziția internă.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

3. Existența atmosferei unei planete este determinată de doi factori principali: temperatura și
- (a) perioada de rotație proprie,
 - (b) rugozitatea suprafeței sale,
 - (c) viteza de evadare de la suprafața planetei sau
 - (d) viteza orbitală.

Răspuns: (c) viteza de evadare de la suprafața planetei.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

4. Un asteroid este
- (a) o stea mică;
 - (b) o planetă mică;
 - (c) o planetă pitică sau
 - (d) un satelit mic al unei planete.

Răspuns: (b) o planetă mică.

Alegeți varianta corectă pentru următoarea afirmație

5. Dacă presupunem că semiaxa mare a orbitei asteroizilor din brâul principal de asteroizi este egală cu 2,7 u.a., atunci perioada lor siderală este aproximativ

- (a) 4,4;
- (b) 20;
- (c) 2,7 sau
- (d) 7,3 ani siderali.

Răspuns: (a) 4,4 ani siderali. Din legea a treia a lui Kepler
 $T = a^{3/2} = 4,4$ ani siderali.

Probleme

10. a. Calculați temperatura la suprafața planetei Jupiter în ipoteza că planeta se află în echilibru termodinamic, în rotație rapidă. Albedoul planetei este egal cu 0,51. Pentru a calcula energia incidentă, considerați Soarele a fi un corp negru de temperatură $T = 5800 \text{ K}$ și folosiți legea lui Stefan-Boltzmann.
- b. Folosind temperatura determinată la punctul precedent și legea lui Wien, determinați lungimea de undă în care intensitatea radiației emise atinge maximumul.
- c. Din măsurători s-a dedus că intensitatea maximă a radiației emise de Jupiter se atinge la $\lambda = 19 \mu\text{m}$. Care este de fapt temperatura la suprafața planetei Jupiter? Cum explicați rezultatul găsit?

10. a. Temperatura la suprafața unei planete, în echilibru termodinamic, în rotație rapidă, de albedou A este dată de formula¹

$$T_p = T_{\odot} \left(\frac{1 - A}{4} \right)^{1/4} \left(\frac{R_{\odot}}{a} \right)^{1/2}.$$

Obținem că temperatura la suprafața lui Jupiter este $T_{J1} \approx 103$ K.

¹Demonstrarea formulei o găsești în notițele de curs 11, relația (2), folia 16.

Continuarea soluției

10. b. Cu ajutorul legii lui Wien $\lambda_{max}/(1\text{cm}) = 0,29\text{K}/T$ calculăm lungimea de undă la care se atinge intensitatea maximă a radiației unui corp negru cu temperatura T_{J1} :

$$\lambda_{max} = 28,25\mu\text{m}.$$

10. c. Folosind legea lui Wien, temperatura la suprafața lui Jupiter dedusă din observații este $T_{J2} = 152,63\text{ K}$. Ea este mai mare decât cea obținută la punctul a. Temperatura T_{J1} reprezintă temperatura la suprafața planetei datorată radiației primite de planetă de la Soare, reemisă în exterior. Radiația corespunzătoare lui T_{J2} este energia totală emisă de Jupiter în exteriorul ei. Energia suplimentară este produsă în interiorul planetei. În cazul planetei Jupiter, energia suplimentară provine din contracția gravitațională a planetei.

Probleme

Rezolvați următoarele probleme folosind distanța Roche

11. a. Cometa Kohoutek 1973f s-a apropiat la 0,15 u.a. de Soare. Calculați densitatea minimă pe care a avut-o cometa, știind că nu s-a fărâmițat la trecerea prin periheliul orbitei sale.
- b. Presupunând că densitatea medie a planetei a fost de 1 g/cm^3 , cât de tare s-ar fi putut apropia de Soare această cometă fără a se fărâmița?

Masa Soarelui este $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$, raza Soarelui $R_{\odot} = 696000 \text{ km}$ și $1 \text{ u.a.} = 149,6 \text{ milioane km}$.

11. a. Distanța minimă la care se poate apropia un corp de densitate ρ de un alt corp fără a fi fragmentat este distanța Roche

$$d_R = 2,52 R \sqrt[3]{\frac{\bar{\rho}}{\rho}} = \sqrt[3]{\frac{12M}{\pi\rho}}$$

unde M și R sunt masa și raza celui de-al doilea corp, iar $\bar{\rho}$ este densitatea medie a lui. Pentru că a trecut pe lângă Soare fără a se fragmenta, cometa a avut densitatea mai mare decât următoarea densitate

$$\rho_{min} = \frac{12M_{\odot}}{\pi d_R^3} = 0,676 kg/m^3,$$

unde $d_R = 0,15$ u.a.

Continuarea soluției

11.b Pentru a afla distanța la care s-ar fi putut apropia de Soare cometa fără a fi fărâmițată înlocuim în

$$d_R = 2,52 R \sqrt[3]{\frac{\bar{\rho}}{\rho}}$$

$\bar{\rho}$ cu densitatea medie a Soarelui, iar ρ cu densitatea medie a cometei (transformată în kg/m^3). Obținem astfel

$$d_R = 2,52 R_{\odot} \sqrt[3]{\frac{3M_{\odot}}{4\pi R_{\odot}^3 \rho}} = 2,83 R_{\odot} = 0,013 \text{u.a.}$$

12. Cometa Ikeya-Seki a trecut la periheliul orbitei sale în 1965. Când cometa s-a aflat la distanță minimă de Soare, coada ei s-a văzut sub un unghi de 20 de grade. Presupunând că atunci cometa s-a aflat la o unitate astronomică de Pământ și coada ei s-a văzut într-un plan perpendicular pe direcția de vizare, calculați lungimea cozii cometei exprimată în kilometri și în unități astronomice. O unitate astronomică este egală cu 149,6 milioane de kilometri.

Soluție

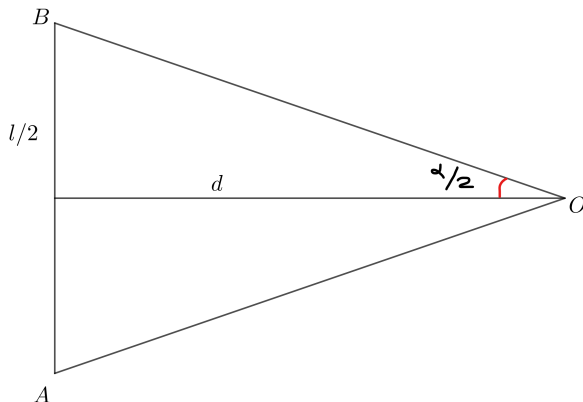


Figura: Triunghiul determinat de coada cometei (notată AB) și ochiul observatorului O , d distanța la cometă, l este lungimea cozii și α unghiul sub care se vede coada.

Din triunghiul determinat de coada cometei și ochiul observatorului O , unghiul sub care se vede coada cometei într-o direcție perpendiculară pe ea este

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{l/2}{d},$$

unde $\alpha = m(\widehat{AOB})$ este unghiul sub care se vede coada cometei, d distanța până la cometă, înălțimea $\triangle AOB$ și $l = AB$ lungimea cozii.

În cazul cometei Ikeya-Seki, lungimea cozii este $l = 2 \text{ u.a.} \cdot \operatorname{tg}(10^\circ) = 0,35 \text{ u.a.} = 5,28 \cdot 10^7 \text{ km}$. Observăm că lungimea cozii este comparabilă cu semiaxa mare a orbitei lui Mercur, care este egală cu $0,38 \text{ u.a.}$.