



OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ

IASI

EDIȚIA a XXI-a

24-29 MAI 2024

PROBA ANALIZA DATELOR

CATEGORIA SENIORI 2

SUBIECTUL I. Clasificarea taxonomică a asteroizilor (8p)

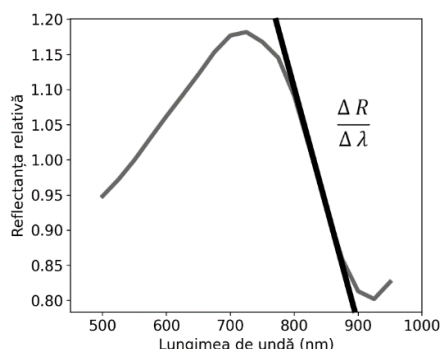
Spectrele asteroizilor oferă informații despre compoziția lor chimico – mineralogică, istoria acestora și implicit evoluția sistemului Solar. În acest sens, se analizează spectrul de reflectanță al asteroizilor, adică reflectanța spectrală în funcție de lungimea de undă. Pentru o anumită lungime, reflectanța se calculează ca raportul dintre densitatea spectrală a fluxului reflectat de asteroid și a fluxului solar incident pe suprafața asteroidului, $R(\lambda) = \frac{j_{refl}(\lambda)}{j_{inc}(\lambda)}$.

Pe baza acestor spectre, s-a definit o clasificare taxonomică a asteroizilor. S-a constatat că spectrul de reflectanță poate să aibă diferite forme în funcție de compoziția asteroidului, spectrele asemănătoare ale asteroizilor cu compoziție similară făcând parte din aceeași clasă spectrală. Trei dintre aceste clase spectrale sunt:

- Clasa spectrală **C** – Clasa din care fac parte cei mai mulți asteroizi (75%), sunt localizați în partea exterioară a centurii de asteroizi (după 3 UA) și dincolo de aceasta. Sunt asteroizi carbonici (cu conținut ridicat de carbon). Reflectanța prezintă variații relativ mici în funcție de lungimea de undă și nu se găsesc benzi de absorbție proeminente.
- Clasa spectrală **S** – Asteroizi care se găsesc de obicei în centura de asteroizi (2.2 – 3 UA), rar în alte părți ale sistemului Solar, fiind compuși din silicați (olivină, piroxen). Putem observa o bandă de absorbție în infraroșul apropiat (0.9 – 1.0 μm), nu foarte adâncă și de lățime moderată, dar și încă o bandă la 2 μm .
- Clasa spectrală **V** – Este alcătuită din asteroizi abundenți în piroxen. Din acest motiv, benzile de la 1 μm și 2 μm sunt mai adânci și mai înguste ca aspect în comparație cu spectrele de clasă **S**, care nu au un procent de piroxen la fel de ridicat.

În Anexa 1 sunt date opt spectre de reflectanță pentru asteroizi din sistemul Solar. Reflectanța a fost normalizată prin împărțirea la reflectanța măsurată la 550 nm, $R^*(\lambda) = \frac{R(\lambda)}{R(550\text{ nm})}$.

- a) Pe baza informațiilor de mai sus, completați Anexa 1 identificând clasa spectrală a asteroizilor. (2p)



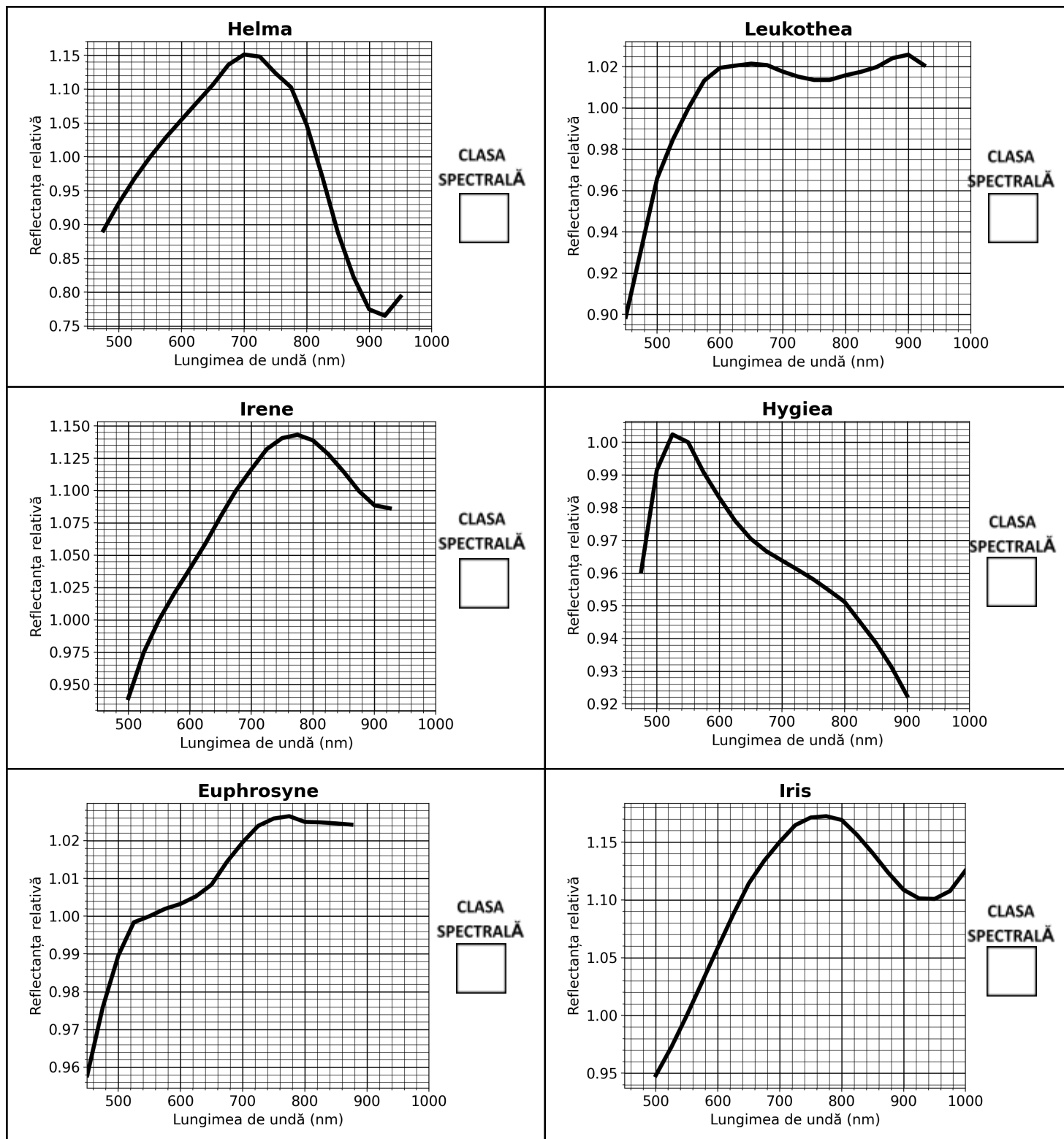
Pentru a caracteriza banda de absorpție de la $1 \mu m$ se definesc două mărimi fizice: panta spectrală a benzii, $\frac{\Delta R}{\Delta \lambda}$, și coeficientul de adâncime al benzii, $\frac{R_{max}}{R_{min}}$, adică raportul dintre reflectanța maximă la capătul stâng al benzii între $0.7 - 0.8 \mu m$ și reflectanța minimă la adâncime maximă.

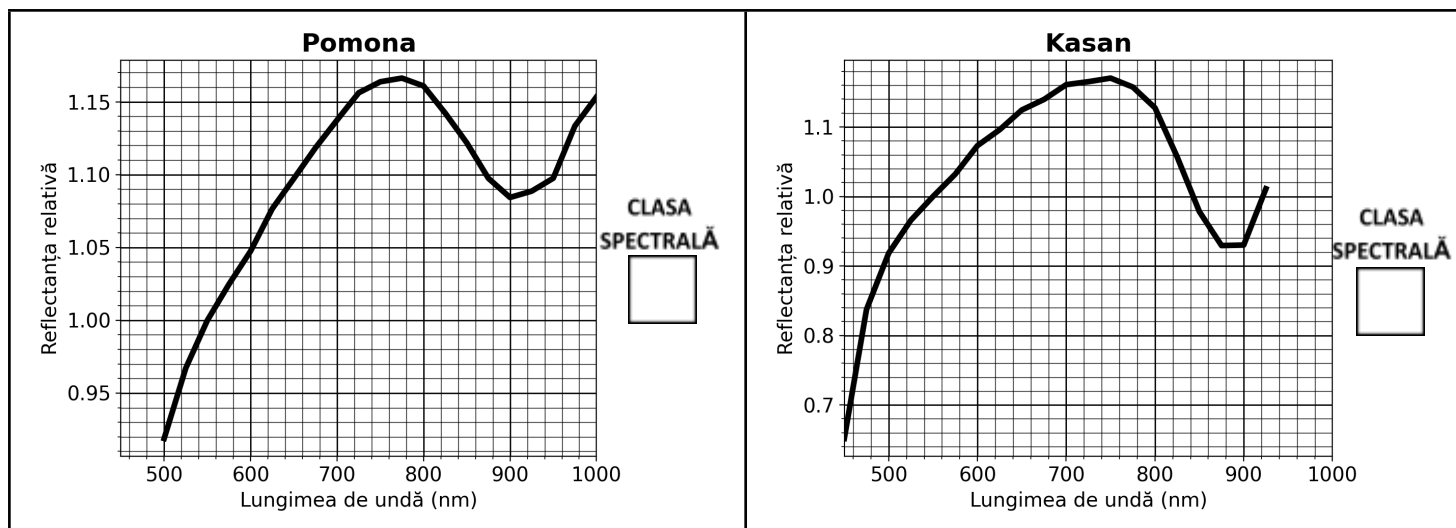
- b) Folosind spectrele din Anexa 1, estimați cele două mărimi fizice definite anterior pentru asteroizii de tip S și V. (2p)

Din spectrul de reflectanță se pot determina și indicii de culoare. Să considerăm benzile spectrale V (500 – 600 nm) și R (600 – 700 nm). Se cunosc indicii de culoare ai Soarelui, $V_{\odot} = 4.81$ și $R_{\odot} = 4.99$.

- c) Estimați indicii de culoare V – R pentru cei opt asteroizi. Explicați modul de lucru – cum trecem de la spectrul de reflectanță la valori de magnitudine? (3.4p)
- d) Precizați:

- (1) asteroidul de clasă S cu cea mai ridicată concentrație de piroxen (0.3p)
- (2) asteroidul care înroșește cel mai mult spectrul solar reflectat (0.3p)





SUBIECTUL II. Curba de lumină. (8p)

Fluxul de lumină provenit de la diferiți aștri poate varia din numeroase motive. Atunci când observăm un astru pentru o perioadă suficientă de timp, putem identifica uneori un anumit trend periodic al strălucirii, care reiese din curba de lumină (reprezentarea grafică a magnitudinii/strălucirii în funcție de timp).

Vom analiza în continuare curba de lumină a unui asteroid din sistemul Solar, urmărit o lungă perioadă de timp. Asteroidul din acest studiu are două proprietăți speciale: este aproape perfect sferic și prezintă o suprafață omogenă din punct de vedere compozițional. Se cunoaște diametrul asteroidului, $D = 200 \text{ km}$. În tabel sunt date momentul observării și magnitudinea în banda V. Asteroidul se mișcă pe o orbită circulară în jurul Soarelui.

- Trasați curba de lumină a asteroidului reprezentând grafic magnitudinea în funcție de timp. (3p)
- Determinați perioada de rotație a asteroidului în jurul Soarelui și raza orbitei circulare. (2p)
- Determinați albedoul asteroidului. (2p)
- Determinați unghiul de fază al asteroidului la momentul $t = 0$. (1p)

t (zile)	V (mag.)
0	10.12
22	10.5
157	11.86
179	11.94
201	12.0
246	12.03
291	11.96
335	11.77
358	11.63
380	11.45
425	10.94
470	10.22
514	9.66
537	9.73
581	10.4
604	10.76
693	11.7
738	11.92
760	11.99
850	11.98
917	11.67
939	11.5
1006	10.69
1029	10.33

Mag. aparentă în V Soare	– 26.74
Distanța Pământ – Soare	$1.496 \times 10^{11} \text{ m}$
1 an sideral, $P_{\oplus}$	365.25 zile

SUBIECTUL III. Relația masă-luminozitate (9p)

În astronomie există o relație care leagă masa și luminozitatea unei stele. În forma ei generală, se poate scrie ca:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \alpha \times \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{\beta}$$

unde L este luminozitatea stelei, M este masa stelei, $L_{\odot}$ este luminozitatea Soarelui, $M_{\odot}$ este masa Soarelui, iar α și β sunt coeficienți care variază în funcție de masa stelei pentru care este aplicată relația. Într-o primă aproximație se poate presupune că acești coeficienți sunt constanți în cadrul unuia dintre cele trei intervale de masă: mase mici, mase intermediare, mase mari.

- a) Care este valoarea masei minime posibile pentru o stea? De ce există o astfel de valoare minimă? **(0.5p)**

În tabelul 1 de mai jos sunt date masele și luminozitățile a 22 de stele cu mase mici sau intermediare.

- b) Pe foaia cu scară logaritmică primită împreună cu subiectele, marcați punctele corespunzătoare. Această foaie va fi predată la final împreună cu rezolvările. **(3p)**

Tabel 1 Mase și luminozități pentru stele mici și intermediare

Steaua	Masa ($M_{\odot}$)	Luminozitatea ($L_{\odot}$)
S1	0,88	61×10^{-2}
S2	3,61	148,55
S3	27,95	$61,05 \times 10^4$
S4	0,22	72×10^{-4}
S5	0,41	28×10^{-3}
S6	0,17	44×10^{-4}
S7	0,29	$13,74 \times 10^{-3}$
S8	14,66	$45,5 \times 10^3$
S9	32,57	$11,3 \times 10^5$
S10	7,69	$3,49 \times 10^3$
S11	21,21	$20,25 \times 10^4$
S12	0,10	$13,10 \times 10^{-4}$
S13	0,25	$93,9 \times 10^{-4}$
S14	0,32	$16,40 \times 10^{-3}$
S15	0,14	$22,23 \times 10^{-4}$
S16	0,55	$54,15 \times 10^{-3}$
S17	0,62	$70,12 \times 10^{-3}$
S18	42,37	$32,5 \times 10^5$
S19	1,25	2,40
S20	2,74	56,40

S21	1,89	12,76
S22	1	$99,9 \times 10^{-2}$

- c) Care sunt stelele de masă mică și care sunt stelele de masă intermediară? Dați răspunsul în funcție de numele lor: litera S urmată de un număr. Justificați răspunsul. **(0.5p)**
- d) Determinați valorile coeficienților α și β pentru mase mici, respectiv pentru mase intermediare. **(2p)**
- e) Descrieți cum ați fi rezolvat problema dacă în loc de foaia cu scară logaritmică vi s-ar fi dat o simplă hârtie milimetrică. **(0.5p)**

Pentru stelele de mase mari, exponentul β are valoarea 1. În acest caz nu este nevoie de scară logaritmică pentru a determina coeficientul rămas.

- f) Folosind datele din Tabelul 2 pentru stele masive, marcați punctele pe hârtia milimetrică primită și determinați valoarea lui α . Hârtia milimetrică va fi predată la final împreună cu rezolvările. **(2.5p)**

Tabel 2. Mase și luminozități pentru stele mari.

Stea	Masa ($M_{\odot}$)	Luminozitatea ($L_{\odot} \times 10^6$)
S23	65.23	2.21
S24	74.89	2.63
S25	98.21	3.40
S26	124.58	4.45
S27	109.51	3.95
S28	89.12	3.22
S29	81.81	2.95
S30	116.11	4.16
S31	132.76	4.57
S32	70.12	2.51

Relația masă-luminozitate

