

# LXVI Olimpiada Astronomiczna

## Zadania III etapu

### Zadanie 1

Koncentracja gwiazd w centralnych obszarach gromad kulistych jest znacznie większa niż średnia koncentracja gwiazd w Galaktyce. Na zdjęciach wielu gromad obrazy gwiazd nakładają się na siebie. Oceń w jakim stopniu gwiazdy w gromadach rzeczywiście zasłaniają się wzajemnie. Jasność powierzchniowa (w wielkościach gwiazdowych na kwadrat sekundy łuku) centrum typowej dużej gromady kulistej to  $\mu_G = 16 \text{ mag/arcsec}^2$ .

Przyjmij, że jasność powierzchniowa gwiazd  $\mu_*$  w gromadach kulistych jest w przybliżeniu równa jasności powierzchniowej Słońca. Przyjmij wielkość gwiazdową Słońca i średnicę tarczy słonecznej:  $m_\odot = -26,74$  oraz  $D_\odot = 32,0'$ .

Wskazówka: Jasność powierzchniowa obiektu nie zależy od odległości.

### Zadanie 2

Jeden ze sposobów mierzenia wieku meteorytów opiera się na pomiarach zawartości izotopów rubidu i strontu. Rubid-87 ( $^{87}\text{Rb}$ ) rozpada się do strontu-87 ( $^{87}\text{Sr}$ ) z czasem połowicznego zaniku równym 49,23 miliarda lat, więc zawartość tych izotopów w skale zmienia się w czasie.

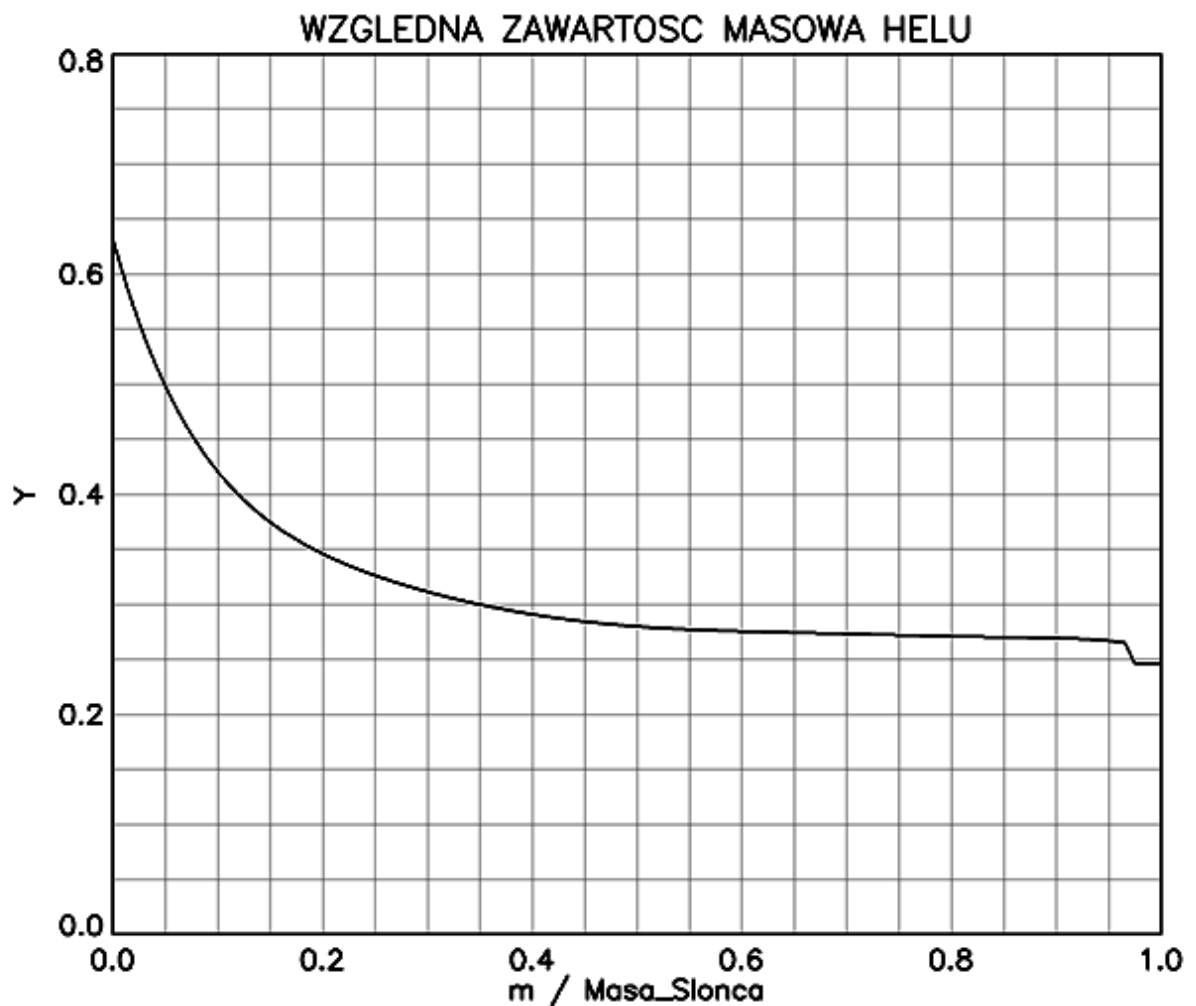
Z kolei stront-86 ( $^{86}\text{Sr}$ ) jest izotopem stabilnym i jego zawartość pozostaje stała. W poniższej tabeli przedstawiono stosunki zawartości  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  i  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  w ziarnach pewnego meteorytu znalezionej w północnej Afryce. Wyznacz wiek tego meteorytu.

$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
0,1230	0,709622
0,1586	0,709685
0,0670	0,709531
0,6061	0,711638
0,0760	0,709309
0,1308	0,709627
0,1584	0,709728
0,0436	0,709413
0,0614	0,709247
0,0873	0,709397
0,7980	0,712599
0,8040	0,712841
0,7700	0,712535
0,3900	0,710893
0,0792	0,709599

### Zadanie 3

Wykres przedstawia zmiany względnej zawartości masowej helu  $Y$  we wnętrzu Słońca. Oblicz średnią wartość stałej słonecznej podczas dotychczasowej ewolucji Słońca, przyjmując, że względna zawartość masowa helu w obłoku pyłowo-gazowym, z którego uformowało się Słońce, wynosiła  $Y_{\text{zero}} = 0,272$ . Pomiń ewolucyjne zmiany masy Słońca oraz unoszenie energii przez neutrino.

Uwaga: względna zawartość masowa pierwiastka w pewnym wolumenie plazmy równa jest stosunkowi całkowitej masy tego pierwiastka  $M$  w tym wolumenie do całkowitej masy wszystkich pierwiastków  $M_{\text{all}}$  w tym samym wolumenie, czyli  $Y = M_{\text{4He}} / M_{\text{all}}$ .



#### Zadanie 4

Kiedy Słońce przechodzi przez równik galaktyczny? Wynik podaj z dokładnością do dnia.

Nachylenie równika do ekliptyki  $\varepsilon = 23^\circ 26,4'$ .

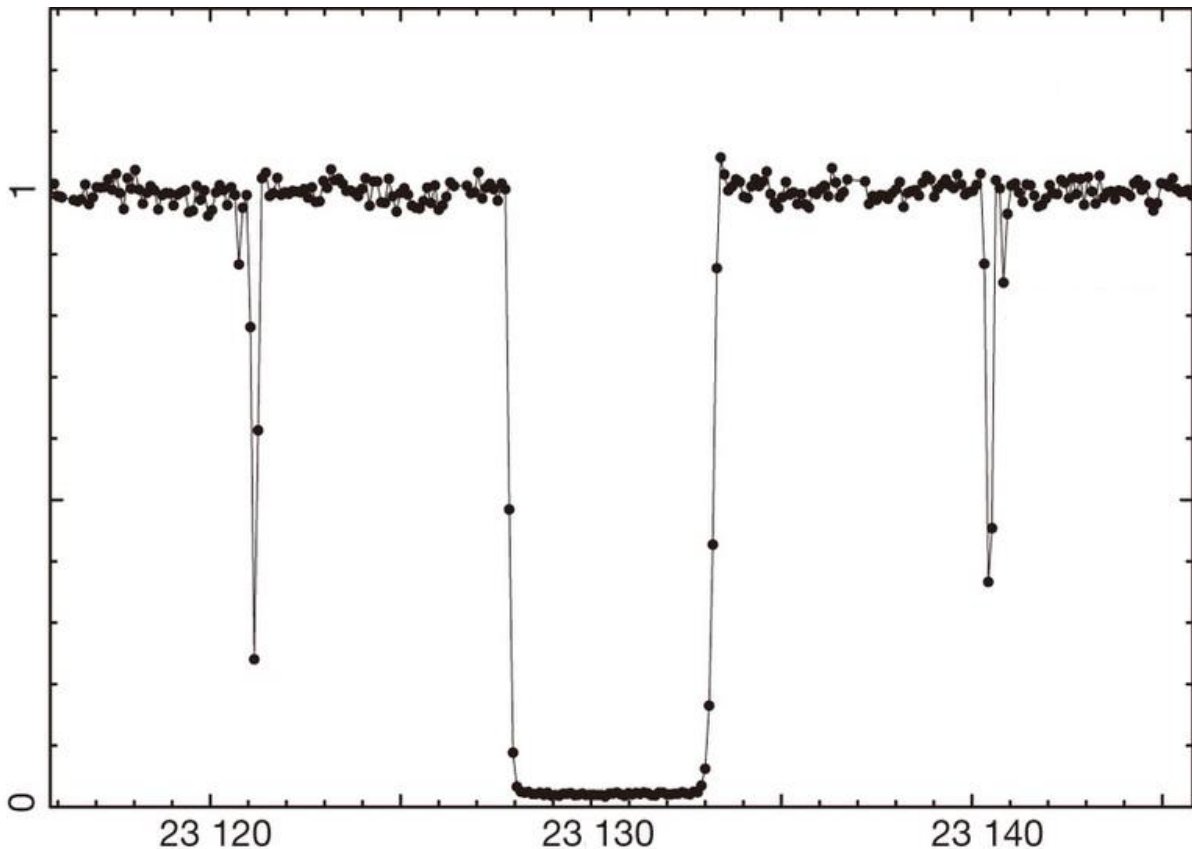
Współrzędne równikowe północnego bieguna galaktycznego (na epokę J2000):

$12^h 51^m 26^s$ ;  $+ 27^\circ 07' 42''$

#### Zadanie 5

Przestudiuj załączony wykres zmian jasności pewnej gwiazdy podczas zjawiska zakrycia jej przez małe ciało Układu Słonecznego z grupy Centaurów. Podaj możliwą interpretację fizyczną tak przebiegającego zakrycia gwiazdy. Naszkicuj możliwy wygląd tego ciała.

Wiedząc, iż tego dnia obiekt ten był odległy od Ziemi o 13,5 jednostek astronomicznych oraz że jego ruch własny na niebie wynosił  $0,17''/\text{min}$  (sekund łuku na minutę), oszacuj rozmiary tego ciała w kilometrach.



Oś OX – Czas podany w sekundach (od chwili 03:06:2013 godzina 00:00:00.0 UTC)

Oś OY – Względna jasność gwiazdy (strumień unormowany do 1,0)

(źródło: Nature: doi:10.1038/nature13155)

#### Zadanie 6

Zadanie rozwiązywane pod sztucznym niebem planetarium

## Wybrane stałe astronomiczne i fizyczne

Prędkość światła w próżni ( $c$ )	$2,9979458 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Stała grawitacji ( $G$ )	$6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$
Stała Stefana – Boltzmanna ( $s$ )	$5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Stała Plancka ( $h$ )	$6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Stała Wiena ( $b$ )	$2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$
Jednostka astronomiczna (au)	$1,4960 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Rok świetlny (ly)	$9,4605 \cdot 10^{15} \text{ m} = 63\,240 \text{ au}$
Parsek (pc)	$3,0860 \cdot 10^{16} \text{ m} = 206\,265 \text{ au}$
Aktualna wartość stałej Hubble'a ( $H$ )	$67,15 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$
Doba gwiazdowa	$23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04,091^{\text{s}}$
Miesiąc sydereczny	$27^{\text{d}} 07^{\text{h}} 43^{\text{m}} 11,5^{\text{s}}$
Miesiąc synodyczny	$29^{\text{d}} 12^{\text{h}} 44^{\text{m}} 02,9^{\text{s}}$
Rok zwrotnikowy	365,2422 doby słonecznej
Rok gwiazdowy	365,2564 doby słonecznej
Masa Ziemi ( $M_{\oplus}$ )	$5,9736 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Średni promień Ziemi ( $R_{\oplus}$ )	$6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$
Mimośród orbity Ziemi ( $e_{\oplus}$ )	0,01671
Okres precesji osi ziemskiej	$\sim 25\,880 \text{ lat}$
Aktualne nachylenie ekliptyki do równika ( $\varepsilon$ )	$23^{\circ} 26,4'$
Średnia odległość Ziemia – Księżyc	$3,844 \cdot 10^8 \text{ m}$
Mimośród (średni) orbity Księżycza ( $e_{\lrcorner}$ )	0,0549
Nachylenie orbity Księżycza do ekliptyki ( $i_{\lrcorner}$ )	$5^{\circ} 08,7'$
Masa Księżycza ( $M_{\lrcorner}$ )	$7,349 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
Promień Księżycza ( $r_{\lrcorner}$ )	$1,737 \cdot 10^6 \text{ m}$
Masa Słońca ( $M_{\odot}$ )	$1,9891 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Wiek Słońca	4,6 mld lat
Promień Słońca ( $R_{\odot}$ )	$6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$
Średni kątowy promień Słońca ( $r_{\odot}$ )	$16,0'$
Nachylenie osi obrotu Słońca do płaszczyzny ekliptyki	$82,75^{\circ}$
Moc promieniowania Słońca ( $L_{\odot}$ )	$3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}$
Obserwowana jasność Słońca w filtrze V ( $m_{\odot}$ )	$-26,74 \text{ mag}$
Bolometryczna jasność absolutna Słońca ( $M_{\text{bol } \odot}$ )	4,83 mag
Temperatura efektywna powierzchni Słońca ( $T_{\odot}$ )	5 780 K
Współrzędne równikowe północnego bieguna ekliptycznego w epoce J2000.0	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}; +66^{\circ} 33,6'$
Współrzędne równikowe północnego bieguna galaktycznego w epoce J2000.0	$12^{\text{h}} 51^{\text{m}} 26^{\text{s}}; +27^{\circ} 07' 42''$
masa protonu ( $m_p$ )	$1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,
masa neutronu ( $m_n$ )	$1,649 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,
Defekt masy w reakcji p-p syntezy Helu (różnica między masą jądra helu a masą czterech protonów)	0,007 masy jądra helu

Wskazówka matematyczna do zadania 2: jeśli  $x \ll 1$  to  $\log_2(1+x) \approx x / \ln(2)$