

LVII Olimpiada Astronomiczna 2013/2014
Zadania zawodów II stopnia

1a. Początkowa wokółsłoneczna orbita planetoidy była okręgiem. W wyniku zderzenia z innym ciałem niebieskim, planetoida zmieniła kierunek ruchu, przy czym wartość prędkości planetoidy nie uległa zmianie, natomiast odchyleniu o kąt ostry α uległ kierunek jej ruchu. Podaj ekstremalne wartości mimośrodów nowej orbity planetoidy.

1b. Na rys. 1. przedstawiono początkową, wokółsłoneczną orbitę planetoidy, z zaznaczonym początkowym wektorem prędkości $\mathbf{v}$. Wektor $\mathbf{v}'$ jest nowym wektorem prędkości planetoidy (tzn. tuż po zderzeniu), a jego wartość $v' = v$.

Dla przedstawionej sytuacji wykreśl na rys. 1. kształt nowej orbity planetoidy, opisz sposób jej konstrukcji oraz podaj nową wartość mimośrodu tej orbity.

2. Przyjmując, że dzień trwa od momentu wschodu do momentu zachodu górnego brzegu tarczy Słońca, oszacuj długość dnia w Katowicach (szerokość geograficzna $\varphi = 50^{\circ}16'$), w dniu równonocy wiosennej. Załóż, że w tym dniu środek tarczy Słońca osiągnął deklinację $\delta = 0^{\circ}$ w momencie zaobserwowanego wschodu Słońca.

Uwaga. W obliczeniach załóż kołowość orbity ziemskiej i uwzględnij refrakcję. Możesz również skorzystać z faktu, że zarówno rozpatrywane zjawisko wschodu, jak i zjawisko zachodu Słońca, zachodzą na bardzo małych obszarach sfery niebieskiej.

3. Gwiazda zmienna zaćmieniowa, odległa od nas o $d = 222$ lata świetlne, wykazuje w jednym z minimów spadek jasności o $\Delta m = 1,05$ magnitudo, do poziomu $m_1 = 8,75$ magnitudo. Kształt tego minimum przedstawiono na rys. 2., który jest fragmentem krzywej jasności.

Zachowując tę samą skalę, wykreśl na rys. 2. kształt drugiego minimum jasności tego układu.

Na schematycznym diagramie Hertzsprunga–Russella (rys. 3.) zaznacz położenia składników tej gwiazdy zaćmieniowej.

W rozwiązaniu przyjmij, że składniki obiegają środek masy po okręgach oraz pomiń wpływ ekstynkcji międzygwiazdowej.

4. O źródle promieniowania rentgenowskiego M101 ULX-1 wiadomo, że emituje promieniowanie o wyjątkowo dużej mocy: $3 \cdot 10^{32}$ W i tworzy układ podwójny.

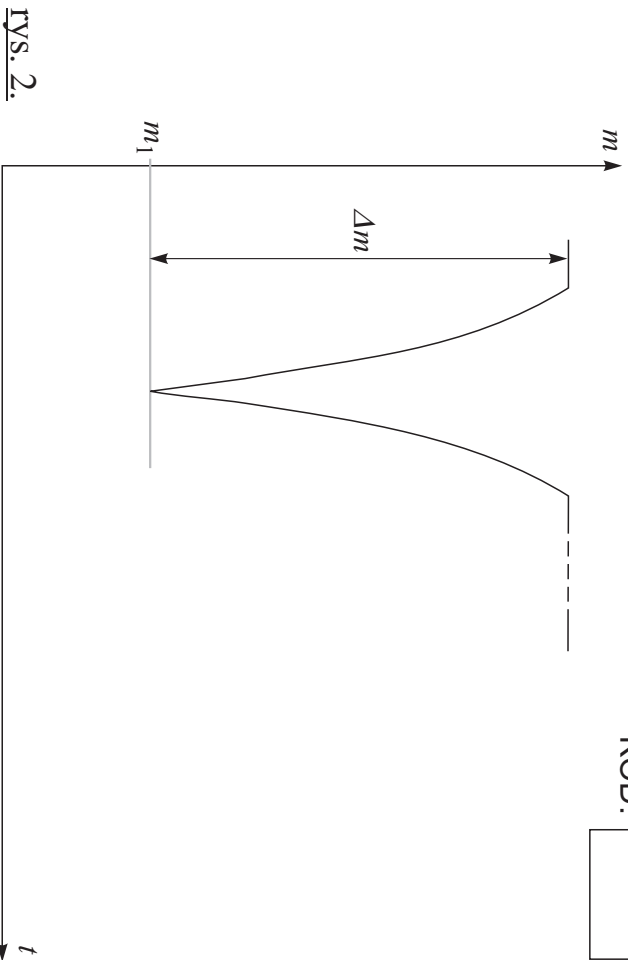
Widmo wykazuje dopplerowskie przesunięcie linii pochodzących od bardziej masywnego składnika, o amplitudzie ± 60 km/s i okresie około 8,2 doby.

Jednym z ciał tego układu jest gwiazda Wolfa–Rayeta, poruszająca się po orbicie o bardzo małym mimośrodku, której wiatr gwiazdowy zasila dysk akrecyjny drugiego ciała, a masa tej gwiazdy jest równa 19 masom Słońca.

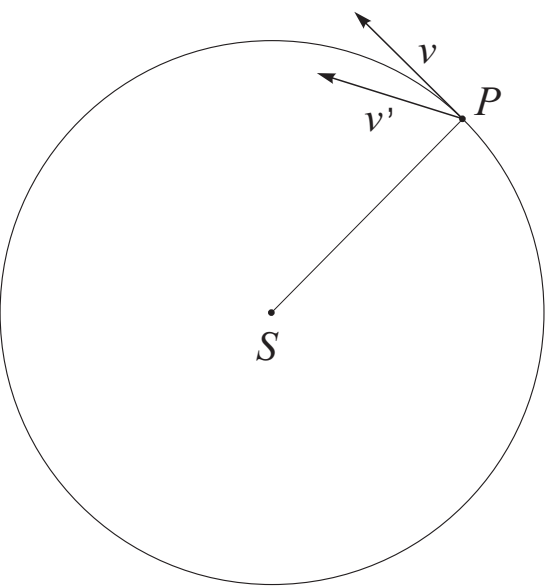
Oszacuj parametry tego układu, a w szczególności oszacuj masę drugiego ciała, promienie orbit składników oraz kąt nachylenia płaszczyzny orbit składników do kierunku obserwacji. Przedyskutuj, czym może być to drugie ciało.

Uwaga. Przyjmij założenie, że obiekt emituje promieniowanie na poziomie jednej trzeciej tzw. jasności Eddingtona. Przyjmij też, że skład chemiczny materii źródła jest zbliżony do słonecznego, a wówczas jasność Eddingtona, dla źródła o masie M , jest określona wzorem: $L_E = L_S \cdot 3,2 \cdot 10^4 \cdot M/M_S$, gdzie L_S i M_S oznaczają, odpowiednio, moc promieniowania i masę Słońca.

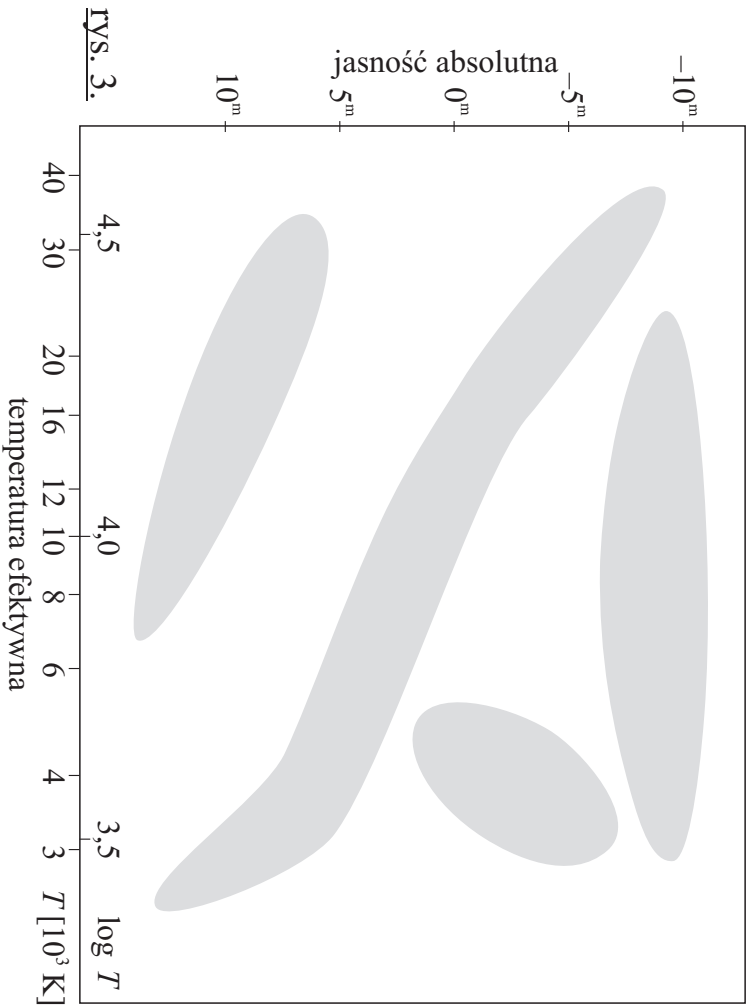
KOD:



KOD:



rys. 1.



Wybrane stałe astronomiczne i fizyczne

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)	$3,0860 \cdot 10^{16} \text{ m} = 206\,265 \text{ au}$
Rok gwiazdowy	365,2564 doby słonecznej
Rok zwrotnikowy	365,2422 doby słonecznej
Doba gwiazdowa	$23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04^{\text{s}},091$
Doba słoneczna	$24^{\text{h}} 03^{\text{m}} 56^{\text{s}},555$ jedn. czasu gwiazdowego
Masa Ziemi ($M_{\oplus}$)	$5,9736 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Średni promień Ziemi ($R_{\oplus}$)	$6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$
Promień równikowy Ziemi (R)	$6,378 \cdot 10^6 \text{ m}$
Mimośród orbity Ziemi ($e_{\oplus}$)	0,01671
Ostatnie przejście Ziemi przez peryhelium	4 stycznia 2014 r. o godz. 11:58 CSE
Średnia odległość Ziemia–Księżyc	$3,844 \cdot 10^8 \text{ m}$
Mimośród (średni) orbity Księżyca (e_{C})	0,0549
Masa Księżyca (M_{C})	$7,3490 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
Promień Księżyca	$1,737 \cdot 10^6 \text{ m}$
Masa Słońca ($M_{\odot}$)	$1,9891 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Promień Słońca ($R_{\odot}$)	$6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$
Średni kątowy promień Słońca ($r_{\odot}$)	$16,0'$
Moc promieniowania Słońca ($L_{\odot}$)	$3,96 \cdot 10^{26} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$
Obserwowana jasność Słońca w filtrze V ($m_{\odot}$)	$-26,8^{\text{m}}$
Jasność absolutna Słońca w filtrze V ($M_{\odot}$)	$4,75^{\text{m}}$
Absolutna bolometryczna jasność Słońca ($M_{\text{bol } \odot}$)	$4,72^{\text{m}}$
Temperatura efektywna powierzchni Słońca ($T_{\odot}$)	5 780 K
Prędkość światła w próżni (c)	$2,9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Stała grawitacji (G)	$6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$
Stała Boltzmanna (k)	$1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Stała Stefana–Boltzmanna (σ)	$5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-4}$
Stała Plancka (h)	$6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Stała Wiena (b)	$2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$
Stała gazowa (R)	$8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Stała Avogadra (N_{A})	$6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Stała Hubble’a (H_0)	$70 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$
Masa atomu wodoru (m_{H})	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Aktualne nachylenie ekliptyki do równika (ϵ)	$23^{\circ} 26,3'$
Współrzędne równikowe północnego bieguna ekliptycznego w epoce 2000.0	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}; +66^{\circ} 33,6'$
Współrzędne równikowe północnego bieguna galaktycznego w epoce 2000.0	$12^{\text{h}} 51^{\text{m}}; +27^{\circ} 08'$
Refrakcja na horyzoncie, w warunkach normalnych (rf)	$35'$

Uwagi i wskazówki

Podstawowe wzory trygonometrii sferycznej:

$$\begin{aligned}\sin a \sin B &= \sin b \sin A, \\ \sin a \cos B &= \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A, \\ \cos a &= \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A.\end{aligned}$$

