



Źródło: Wikipedia

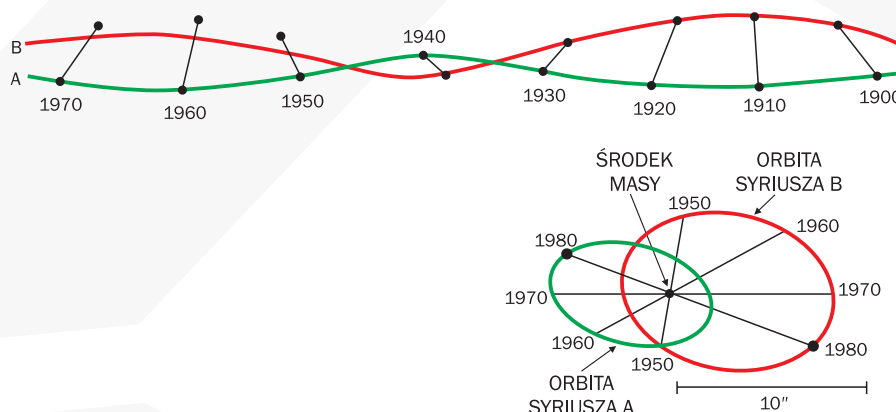
Syriusz, czyli Psia Gwiazda

Juliusz Domański

Część I. Dla niełubiących obliczeń

W pogodną zimową noc nie sposób nie zauważyć okazałego gwiazdozbioru Oriona oraz usytuowanej nieco w lewo od niego najjaśniejszej gwiazdy nieba – Syriusza, który należy do gwiazdozbioru Wielkiego Psa. Według mitologii greckiej był to pies Oriona. Dla starożytnych Egipcjan Syriusz (Sothis) był bardzo ważną gwiazdą. Czczono go jako bóstwo. Symbolizował lzydę, boginię magii i rodziny, żonę władcy zaświatów, Ozyrysa. Tak zwany heliakalny wschód Syriusza (pojawienie się na niebie tuż przed wschodem Słońca) zapowiadał oczekiwaną porę wylewu Nilu (a także początek nowego roku). Dzięki temu egipciolodzy opracowali w XX wieku datowanie sosisowe, które pozwoliło na odtworzenie przybliżonej chronologii starożytnego Egiptu. Wiele egipskich świątyń zostało zorientowanych tak, aby światło gwiazdy było widoczne z ołtarza. Rzymianom Syriusz kojarzył się z letnimi upałami i nazywali go Psią Gwiazdą (łac. *canicula* – ‘suczka’). Stąd używane do dziś określenie – kanikuła, czyli lato, wakacje. Wzmianki o Syriuszu znajdziemy w *Iliadzie* Homera, *Eneidzie* Wergiliusza i u wielu innych autorów.

Uwagę astronomów zwrócił na Syriusza w 1717 r. Edmund Halley, stwierdzając, że jego wyznaczenia pozycji gwiazdy nie są zgodne z wcześniejszymi, które wykonali John Flamsteed i Tycho Brahe. Potwierdził to w 1841 r. Friedrich Bessel. Zauważył bowiem duży ruch własny gwiazdy (ok. 1,326 sekundy kątowej na rok). Stwierdził ponadto, że droga Syriusza na tle gwiazd jest linią falistą (rys. 1) i na tej podstawie wyciągnął wniosek, że Syriusz posiada niewidocznego towarzysza.

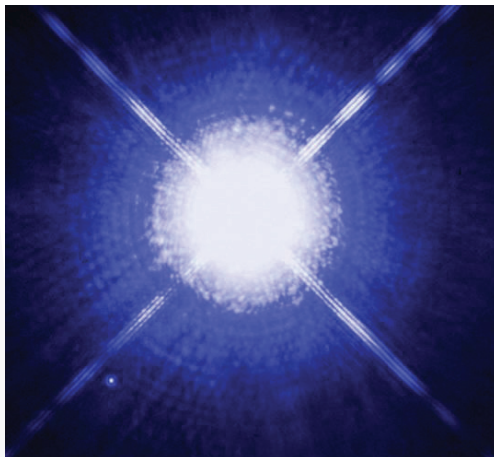


Rys. 1

Źródło: „Wiedza i Życie” nr 1/1996

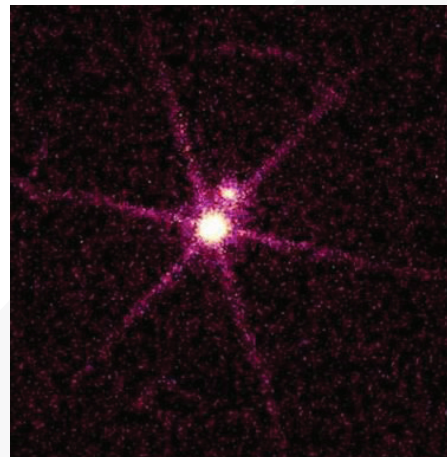


Wniosek ten został w pełni potwierdzony w 1862 r. przez Alvana Clarka, który przez 46-centymetrowy refraktor dostrzegł znacznie słabszego towarzysza gwiazdy, zwanego odtąd Syriuszem B (rys. 2 – u dołu z lewej). Niestety Friedrich Bessel nie doczekał tego, zmarł bowiem w 1846 r., 16 lat przed odkryciem. Wreszcie w 1914 udaje się uzyskać (co prawda niezbyt doskonale) widmo Syriusza B. Po raz pierwszy uwieczniono Syriusza B na kliszy fotograficznej dopiero w 1970 r. Natomiast na zdjęciu wykonanym przez orbitalne rentgenowskie obserwatorium Chandra (rys. 3) widzimy Syriusza B jako obiekt wyraźnie jaśniejszy.



Rys. 2

Źródło: www.nasa.gov



Rys. 3

Źródło: www.nasa.gov

Część II. Dla lubiących nieco policzyć

Z obserwacji Syriusza uzyskano następujące informacje:

Paralaksa Syriusza $\pi = 0,378$, okres obiegu $P = 50,09$ lat. Jasności widome wynoszą $m_A = -1,47^m$ i $m_B = 8,6^m$. Typ widmowy Syriusza A to A1V. Wskaźnik barwy Syriusza B świadczy o temperaturze powierzchniowej $T_B = 25\,000$ K. Typ widmowy Syriusza B jest trudniejszy do określenia, prawdopodobnie to DA2. Wielka półoś orbity Syriusza B jest równa $\alpha = 7,42$. Z Ziemi widzimy ją nieco mniejszą, gdyż orbita Syriusza B tworzy pewien kąt z płaszczyzną styczną do sfery niebieskiej. Stosunek pól (w układzie odniesienia środka masy) $a_B/a_A = 2$ [1].

Jakie informacje możemy uzyskać z tych danych?

Wykorzystane w poniższych obliczeniach wzory (i ich ewentualne wyprowadzenia) znajdziemy w przywołanej na końcu literaturze – pozycje [3] i [4].

1. W jakiej odległości od Ziemi jest Syriusz?

$$d = \frac{1}{\pi''} = 2,65 \text{ pc} = 2,65 \text{ pc} \cdot 3,26 \frac{\text{l.sw.}}{\text{pc}} = 8,64 \text{ l.sw.}$$

2. Obliczmy wielką półoś orbity Syriusza B (w jednostkach astronomicznych). Porównajmy rozmiary tego układu z rozmiarami Układu Słonecznego.

$$a_B = \alpha \cdot r = \frac{\alpha}{\pi} = 19,63 \text{ j.a.}$$



3. Obliczmy masę układu (w masach Słońca).

Wykorzystajmy III prawo Keplera dla układu Syriusza oraz dla układu Słońce-Ziemia. Masę Ziemi w porównaniu z masą Słońca możemy pominąć.

$$P_Z^2 = \frac{4\pi^2}{Gm_S} r_Z^3$$

$$P_B^2 = \frac{4\pi^2}{G(m_A + m_B)} a_B^3$$

i po podzieleniu stronami

$$\frac{P_Z^2}{P_B^2} = \frac{G(m_A + m_B)}{Gm_S} \cdot \frac{r_Z^3}{a_B^3}$$

skąd

$$m_A + m_B = \frac{P_Z^2 a_B^3}{P_B^2 r_Z^3} m_S$$

Po podstawieniu danych liczbowych ($P_Z = 1$ rok, $r_Z = 1$ j.a.)

$$m_A + m_B = 2,94 m_S$$

4. Obliczmy masy obu składników układu.

$$\left. \begin{array}{l} m_A + m_B = 2,94 m_S \\ \frac{m_A}{m_B} = \frac{a_B}{a_A} = 2 \end{array} \right\} \Rightarrow m_B = 0,98 m_S, \quad m_A = 1,93 m_S$$

5. Obliczmy jasność absolutną Syriusza A (d wyrażone w parsekach).

$$M_A = m_A + 5 - 5 \log d = 1,41^m$$

6. Obliczmy jasność absolutną Syriusza B.

$$M_B = m_B + 5 - 5 \log d = 11,5^m$$

7. Obliczmy moc promieniowania Syriusza A (w mocach promieniowania Słońca). Jasność absolutna Słońca $M_S = 4,8^m$.

$$M_A - M_S = -2,5 \log \frac{L_A}{L_S} \Rightarrow \log \frac{L_A}{L_S} = \frac{M_A - M_S}{-2,5} = 1,356$$

$$L_A = 22,7 L_S$$

8. Obliczmy moc promieniowania Syriusza B.

Licząc jak poprzednio, otrzymujemy $L_B = 0,002 L_S$.



9. Obliczmy promień Syriusza A.

Skorzystamy z prawa Stefana-Boltzmann. $R_S = 6,96 \cdot 10^5$ km.

$$\left. \begin{aligned} L_S &= 4\pi R_S^2 \sigma T_S^4 \\ L_A &= 4\pi R_A^2 \sigma T_A^4 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{L_A}{L_S} = \left(\frac{R_A}{R_S}\right)^2 \cdot \left(\frac{T_A}{T_S}\right)^4$$

skąd

$$R_A = \sqrt{\frac{L_A}{L_S}} \cdot \left(\frac{T_S}{T_A}\right)^2 \cdot R_S = 1,7 R_S = 1\,183\,200 \text{ km}$$

10. Obliczmy promień Syriusza B.

Licząc jak poprzednio, otrzymujemy $R_B = 0,0085 R_S = 5916$ km. Syriusz B jest nieco mniejszy od Ziemi!

11. Obliczmy średnie gęstości tych gwiazd.

$$\rho_A = \frac{3m_A}{4\pi R_A^3} = 0,56 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

i analogicznie dla Syriusza B:

$$\rho_B = 2\,328\,000 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad \text{lub} \quad \rho_B = 2328 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Wynik jest bardziej zaskakujący niż ten z 1914 r. Jednak dziś nie dziwi tak bardzo, bowiem znamy obiekty o znacznie większych gęstościach (gwiazdy neutronowe).

Szczególnie szokujące są dane dotyczące promienia i gęstości Syriusza B. W 1914 r. A. Eddington napisał: Rozszyfrowany komunikat (tzn. widmo) z Syriusza B brzmiał: „Składam się z materii o gęstości 3000 razy przewyższającej wartości, które znacie. Tona mojej materii jest małą bryłką, którą z łatwością możecie zamknąć w pudełku od zapalek”. Jaką odpowiedź można było dać na taki komunikat? Odpowiedź, jaką większość z nas dała w 1914 r., brzmiała: „Przestań bredzić!”

Dziś wiemy, jak bardzo wówczas nie doceniono gęstości Syriusza B. W 1914 r. na podstawie widma uzyskanego przez Adamsa oszacowano temperaturę powierzchniową Syriusza B na ok. 7700 K oraz gęstość na zaledwie 110 kg/cm³.

Problem został w pełni rozwiązany dopiero w latach trzydziestych, głównie dzięki pracom S. Chandrasekhara (teoria zdegenerowanego gazu elektronowego). Według współczesnych danych temperatura powierzchniowa Syriusza B to 32 000 K. Dzięki temu na zdjęciu rentgenowskim Syriusz B jest jaśniejszy. Stał się on reprezentantem nowej klasy gwiazd nazwanych białymi karłami. Podstawowym celem przedstawionych w artykule zadań jest pokazanie, w jaki sposób na podstawie danych obserwacyjnych (astrometrycznych, fotometrycznych i spektroskopowych) astronomowie uzyskują informacje o parametrach fizycznych gwiazd. Na zakończenie pokazujemy artystyczną wizję układu (rys. 4).



Rys. 4

Źródło: www.nasa.gov



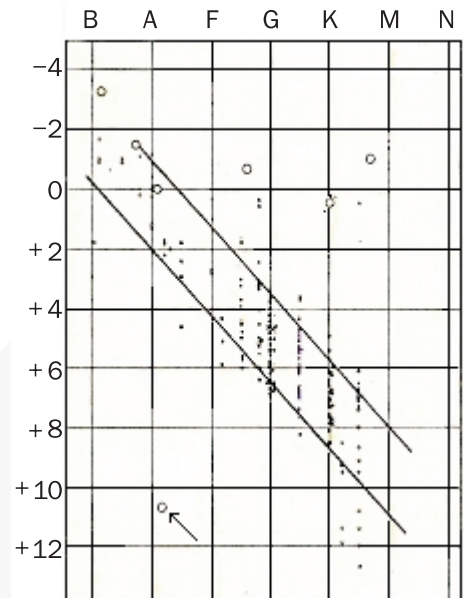
Dodajmy jeszcze, że w wielu źródłach czytamy, iż Syriusz B był pierwszym znanym białym karłem. Nie jest to w pełni prawda, bowiem na jednym z pierwszych diagramów typ widmowy – jasność absolutna, wykonanym przez H. N. Russella w 1914 r. znajduje się gwiazda 40 B Rzeki Erydan (rys. 5). Jej nietypowe położenie na diagramie tłumaczono wówczas niezbyt dokładnymi wynikami obserwacji [2].

W połowie ubiegłego wieku francuscy antropolodzy opisali wierzenia ludu Dogonów (Mali). W ich przekonaniu Syriusz (Po Tolo) jest gwiazdą podwójną. Okres obiegu wynosi ok. 50 lat. Pytanie, skąd oni mogli to wiedzieć. I druga zagadka: Seneka oraz Ptolemeusz (II w n.e.) określają Syriusza jako jasną, czerwoną gwiazdę. Podobne opisy pojawiają się też w ustnych przekazach niektórych plemion Indian północnoamerykańskich oraz niektórych plemion afrykańskich. Tymczasem, według współczesnej wiedzy jest rzeczą niemożliwą, aby w tak krótkim czasie Syriusz B przeszedł od stadium czerwonego olbrzyma do stadium białego karła, nie pozostawiając przy tym żadnych śladów odrzuconych warstw zewnętrznych. Mamy też podejrzenia, że ruchy Syriusza A i B są zaburzone przez trzecią gwiazdę. Może więc okazać się, że jest to układ potrójny.

A skoro rozmawiamy o Psiej Gwieździe, to może warto sięgnąć do pewnej książeczki mówiącej znacznie więcej o psach niż o gwiazdach [7].

Literatura

- [1] Mikulášek Z., Pokorný Z., *Záludné otázky z astronomie*, Rovnost, Brno 1993.
- [2] Struve O., Zebergs V., *Astronomia XX wieku*, PWN, 1967.
- [3] Woszczyk A., Iwanowska W., *Metody badawcze astrofizyki obserwacyjnej*, UMK, 1978.
Tę pozycję można też znaleźć w wersji elektronicznej pod adresem:
<http://kpbc.umk.pl/dlibra/docmetadata?id=50147&from=latest>
- [4] Kreiner J. M., *Astronomia z astrofizyką*, PWN, 1992.
- [5] www.universetoday.com/.../sirius-white-dwarf-companion-weighed-by-hubble/
- [6] Kubiak M., *Gwiazdy i materia międzygwiazdowa*, PWN, 1994.
- [7] Marek J., *Psia gwiazda – Syriusz, czyli pełne miłości historyjki o psach*, Czytelnik, 1998.



Rys. 5

Źródło: Struve O., *Astronomia XX wieku*, PWN, 1967.