

# 22 Gwiazdy karłowate

**Gwiazdy o mniejszej masie niż Słońce wykazują swoje niezwykle i czasami zaskakujące właściwości, w tym niezwykle gwałtowną aktywność. Przy najniższych masach te czerwone karły stają się brązowymi karłami, tzw. nieudanymi gwiazdami, których istnienie zostało potwierdzone dopiero od lat 90. XX wieku.**

Technicznie rzecz biorąc, prawie wszystkie gwiazdy są karłami, łącznie z naszym Słońcem oraz znacznie bardziej masywnymi i świetlistymi gwiazdami, takimi jak Syriusz (patrz ramka na następnej stronie). Jednak powszechnie termin „karzeł” jest używany bardziej szczegółowo do określenia małych gwiazd, znacznie słabiej świecących niż Słońce. Nawet to może być mylące, ponieważ białe karły, które są wypalonymi szczątkami gwiazd (patrz s. 153), są wyraźnie innymi obiektami niż czerwone karły, które są zwykłymi gwiazdami ciągu głównego o bardzo małej masie. Oba rodzaje różnią się z kolei od brązowych karłów, które nie spełniają nawet zwykłej definicji gwiazdy.

Jasności gwiazd różnią się znacznie bardziej niż ich masy i tak jak bardzo masywne gwiazdy mogą być sto tysięcy razy jaśniejsze niż Słońce, tak najmniej masywne gwiazdy mogą być sto tysięcy razy słabsze. Gwiazda o połowie masy Słońca (zwykle uważana za górną granicę czerwonego karła) świeci zaledwie 1/16 jego światła, ale gwiazda o masie 0,2 masy Słońca ma około 1/200 jego jasności. Oznacza to, że zdecydowana większość czerwonych karłów jest bardzo blada. Przez długi czas jedynymi znanymi przykładami były te znajdujące się na naszym kosmicznym progu, takie jak Gwiazda Barnarda (patrz s. 118–120) i Proxima Centauri, gwiazda najbliższa Słońca. Mimo że znajduje się zaledwie 4,25 roku świetlnego stąd, ten karzeł o masie 0,12 Słońca jest 100 razy słabszy od najsłabszej gwiazdy widocznej gołym okiem i został odkryty dopiero w 1915 roku.

## DEFINIOWANIE KARŁÓW

Zgodnie z pierwotną definicją Ejnara Hertzsprunga, karzeł to po prostu gwiazda, która podporządkowuje się powszechnej zależności między temperaturą gwiazd a jasnością, a zatem leży w ciągu głównym diagramu Hertzsprunga–Russella. Termin „karzeł” był pierwotnie używany do odróżnienia takich gwiazd od olbrzymów – gwiazd o wysokim natężeniu światła we wszystkich kolorach, które znajdują się na szczycie diagramu H–R, ale terminologia ta z czasem się stała się myląca.

Co więcej, w lewym górnym rogu diagramu, silnie świecące niebieskie karły i olbrzymy są praktycznie nie do odróżnienia na podstawie samego koloru i jasności – można je rozdzielić tylko wtedy, gdy dodatkowe informacje potwierdzą, czy w jądrze danej gwiazdy nadal następuje fuzja wodoru. Używanie terminu „biały karzeł” w odniesieniu do wypalonych resztek gwiazdy, które nie znajdują się w pobliżu ciągu głównego (patrz s. 153), tylko pogłębia zamieszanie.

Obfitość czerwonych karłów w naszej galaktyce stała się jasna dopiero po uruchomieniu pierwszych kosmicznych teleskopów na podczerwień w latach 80. XX wieku. Sygnatury cieplne tych ciemnych gwiazd są znacznie bardziej znaczące niż ich moc światła widzialnego, a mapy nieba w podczerwieni pokazały, że czerwone karły znacznie przewyższają liczbę innych gwiazd, stanowiąc być może trzy czwarte wszystkich gwiazd w Drodze Mlecznej.

**Struktura karła** Istotną różnicą pomiędzy czerwonymi karłami a masywniejszymi gwiazdami, która określa górną granicę masy tych gwiazd, jest fakt, że nie transportują one energii wewnątrznie poprzez promieniowanie. Zamiast tego ich wnętrza są całkowicie konwekcyjne, a zawarta w nich materia jest stale mieszana i poddawana recyklingowi. Taka mieszanina transportuje produkty syntezy jądrowej w postaci helu

z rejonu jądra i zastępuje je świeżym wodorem, co zapewnia, że cały materiał gwiazdy jest dostępny do wykorzystania jako paliwo do syntezy. W połączeniu z naturalnie wolniejszym tempem, w jakim przebiega fuzja dzięki niższej temperaturze jądra, oznacza to, że czerwone karły mogą teoretycznie wytrzymać fuzję protonową (i pozostać na ciągu głównym) przez biliony lat – znacznie dłużej niż jakiegokolwiek inne gwiazdy.

## LINIA CZASU

**1915**

Robert Innes odkrywa Proxima Centauri, słabego czerwonego karła i gwiazdę najbliższą Słońca

**1962**

Kumar przewiduje istnienie obfitych nieudanych gwiazd o małej masie, nazwanych później brązowymi karłami

**1948**

Jacob Luyten odkrywa pobliską gwiazdę BL Ceti, pierwszego karła, który pokazał oczywistą aktywność gwiazd rozbiłkowych

Jądro czerwonego karła wypompowuje znacznie mniej promieniowania niż Słońce, co oznacza mniejsze ciśnienie zewnętrzne utrzymujące jego zewnętrzne warstwy. Dlatego gwiazdy te są o wiele mniejsze i gęstsze niż sugerowałyby to same ich masy. Proxima Centauri jest tylko o 40 procent większa od Jowisza i średnio około 40 razy gęstsza od Słońca. Ta wysoka gęstość, wraz z konwekcyjną strukturą czerwonego karła, może mieć niezwykle efekty.

Pierwsze dowody na to, że karły mogą wykazywać niezwykle aktywność, podał holendersko-amerykański astronom Jacob Luyten, który w latach 40. odkrył dziwne odchylenia w widmach kilku pobliskich karłów. Szczególnie jedna z nich, jaśniejsza gwiazda układu podwójnego oddalonego o 8,7 roku świetlnego w gwiazdozbiornie Wieloryba (Cetus), wykazywała ogromne, ale krótkotrwałe wzrosty jasności. Na przykład w erupcji w 1952 roku, ta gwiazda, UV Ceti, zwiększyła jasność 75 razy w ciągu kilku sekund. W latach 70. XX wieku było jasne, że wybuchy tej gwiazdy miały miejsce nie tylko w świetle widzialnym, ale także w falach radiowych i wysokoenergetycznych promieniach rentgenowskich, i były bardzo podobne do rozbłysków słonecznych (patrz s. 68), choć na znacznie większą skalę. Dziś astronomowie zdają sobie sprawę, że wiele czerwonych karłów to także tzw. gwiazdy rozbłyskowe. Gęstość tych gwiazd oraz konwekcyjne wypalanie ich wewnątrz generuje znacznie silniejsze i bardziej skoncentrowane pole magnetyczne niż te, które występują w gwiazdach podobnych do Słońca. W rezultacie magnetyczne „ponowne połączenie” może wyzwolić do 10 000 razy więcej energii niż te, które wywołują rozbłyski na Słońcu, co daje spektakularne rezultaty.

**Brązowe karły** Zgodnie z większością modeli fuzji jądrowej, aby temperatura i ciśnienie w rdzeniu gwiazdy podtrzymywały cykl protonowy, musi ona mieć masę równą co najmniej 0,08 masy Słońca. Jest to zatem

**Gwiazdy o masie poniżej pewnej masy krytycznej kurczą się, dopóki nie staną się obiektami całkowicie zdegenerowanymi.**

Shiv S. Kumar

## 1995

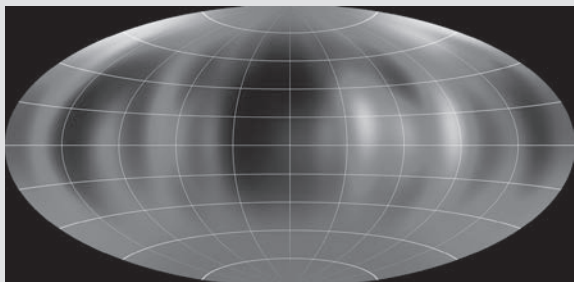
Rebolo i inni odkryli pierwszą potwierdzoną gwiazdę, brązowego karła, Teide 1

## 2006

Michael Marks i Pavel Kroupa znajdują dolną granicę masy dla gwiazd o masie równej 0,083 masy Słońca, na podstawie najslabszych gwiazd w gromadzie kulistej

## POGODA NA BRĄZOWYCH KARŁACH

Podobnie jak gwiazdy, brązowe karły można sklasyfikować według typu widmowego, w zależności od ich temperatury i linii absorpcyjnych odkrytych w ich atmosferze. Najjaśniejsze brązowe karły, podobnie jak najsłabsze czerwone, mają klasę spektralną M (patrz s. 82), ale naukowcy dodali nowe klasy L, T i Y. W miarę jak gwiazdy te stopniowo się ochładzają, w ich atmosferze mogą utrzymywać się coraz bardziej złożone cząsteczki. Ostatnie badania wykazały wahania wydajności podczerwieni słabych brązowych karłów, które wydają się spowodowane przez ogromne (wielkości planet) chmury poruszające się w ich atmosferze i tymczasowo blokujące ucieczkę ciepła od wewnątrz. Chmury są pchane wokół pod wpływem ekstremalnych wiatrów – jak można się spodziewać, pogoda na brązowych karłach jest jeszcze bardziej gwałtowna niż na gazowych olbrzymach takich jak Jowisz.



Mapa pogodowa brązowego karła Luhmana 16B

oficjalna granica dla gwiazd, jednak poniżej tej masy znajduje się wiele obiektów, które powstały w taki sam sposób jak gwiazdy i mogą nadal wypompowywać znaczne ilości promieniowania podczerwonego i widzialnego. Takie „nieudane gwiazdy”, znane jako brązowe karły, są utrzymywane w wysokiej temperaturze poprzez kontrakcję grawitacyjną i fuzję jądrową ciężkiego izotopu wodoru – deuteru, dla których wymagania nie są tak duże. Teorie na temat ich istnienia wysuwał w latach 60. XX wieku astronom Shiv Kumar (choć nazwa powstała nieco później).

W latach 80. XX wieku odkryto sporne obiekty o granicznych właściwościach, ale w 1995 roku znaleziono pierwszego niepodważalnego brązowego karła. Zlokalizowany przez hiszpański zespół kierowany przez Rafaela Rebolo, Teide 1 był małym obiektem osadzonym w odległej

gromadzie gwiazd Plejady. Dowód na obecność litu w jego widmie stanowił klucz do jego tożsamości, ponieważ nawet najbliższe prawdziwe gwiazdy są wystarczająco gorące, aby zniszczyć wszystkie ślady tego pierwiastka poprzez fuzję jądrową.

Od tego czasu znaleziono setki kolejnych brązowych karłów, w tym wiele zanurzonych w słynnych mgławicach tworzących gwiazdy lub na naszym kosmicznym progu, a często na orbicie wokół innych gwiazd karłowatych. Szacunki dotyczące ich mas sugerują, że najmniejsze brązowe karły mogą być mniej masywne niż największe gazowe planety, a czynnikiem rozróżniającym te dwa typy obiektów jest sposób ich powstawania.

## TEORIA W PIGUŁCE

*Najmniejsze gwiazdy  
są również najbardziej  
liczne*