



Moc promieniowania białego karła

Biały karzeł – charakterystyka i właściwości

Biały karzeł to końcowy etap ewolucji gwiazdy o masie zbliżonej do masy Słońca. Po wyczerpaniu paliwa jądrowego i odrzuceniu zewnętrznych warstw (tworzących mgławicę planetarną), pozostałe jądro zapada się, tworząc bardzo gęsty i gorący obiekt – białego karła.

Właściwości fizyczne:

- **Masa:** Zbliżona do masy Słońca (ok. $0,6 - 1,4 M_{\odot}$).
- **Promień:** Porównywalny z promieniem Ziemi ($\sim 7 \times 10^6 m$).
- **Gęstość:** Bardzo wysoka – rzędu $10^6 g/cm^3$ (łyżeczka materii ważyłaby tony).
- **Temperatura powierzchniowa:** Od kilkudziesięciu tysięcy Kelvinów do kilku tysięcy Kelvinów, stopniowo spadająca w czasie.
- **Jasność:** Stosunkowo niewielka (ok. 10^{-2} jasności Słońca) ze względu na małą powierzchnię, mimo wysokiej temperatury.
- **Moc promieniowania:** Około $10^{24} - 10^{25} W$, co jest mniejsze niż moc Słońca ($3,8 \times 10^{26} W$).

Budowa wewnętrzna:

- **Rdzeń:** Zbudowany głównie z węgla i tlenu, utrzymywany przez ciśnienie zdegenerowanego gazu elektronowego (zgodnie z mechaniką kwantową).
 - **Brak fuzji jądrowej:** Biały karzeł nie produkuje energii – świeci tylko dzięki początkowej temperaturze i powoli stygnie.
 - **Zjawisko degeneracji:** Grawitacja jest równoważona przez ciśnienie zdegenerowanych elektronów, co zapobiega dalszemu zapadaniu się obiektu (dopóki masa nie przekroczy granicy Chandrasekhara $\sim 1,4 M_{\odot}$).
-

Ewolucja:

- **Powstawanie:** Z czerwonego olbrzyma po odrzuceniu zewnętrznych warstw.
- **Przemiany:**
 - Początkowo gorący i jasny.
 - Z czasem stygnie, przechodząc do stadium **czarnego karła** (hipotetyczny, bo Wszechświat jest zbyt młody, by jakkolwiek biały karzeł zdążył do tego stadium przejść).

Ciekawostki:

- Najbardziej znany biały karzeł to **Siriusz B** – towarzysz najjaśniejszej gwiazdy nocnego nieba, Syriusza.
- Jeśli masa białego karła przekroczy granicę Chandrasekhara (np. przez akrecję materii z towarzysza w układzie podwójnym), może dojść do wybuchu supernowej typu Ia.
- Białe karły to jedne z najgęstszych obiektów we Wszechświecie, zaraz po gwiazdach neutronowych i czarnych dziurach.

Moc promieniowania białego karła można oszacować, traktując go jak ciało doskonale czarne i stosując prawo Stefana-Boltzmanna:

$$P = \sigma AT^4$$

gdzie:

- P – moc promieniowania (W),
- $\sigma \approx 5,67 \times 10^{-8} (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4})$ – stała Stefana-Boltzmanna,
- $A = 4\pi R^2$ – powierzchnia białego karła (m^2),
- T – temperatura powierzchni białego karła (K),
- R – promień białego karła (m).

Typowe wartości dla białego karła:

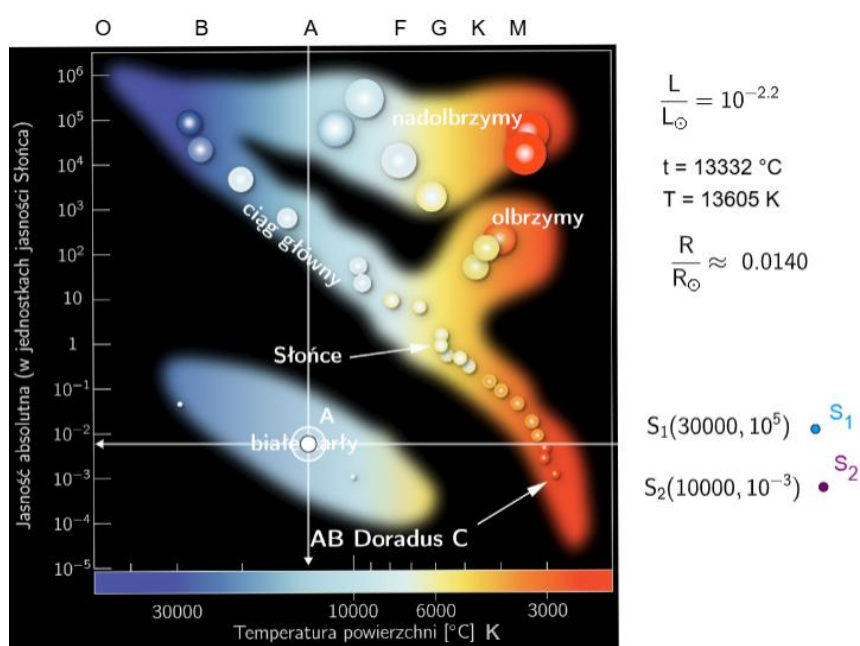
- $T \approx 10^4 K$,
- $R \approx 7 \times 10^6 m$ (około rozmiarów Ziemi).

Podstawiając przykładowe wartości:

$$P \approx 5,67 \times 10^{-8} \times 4\pi(7 \times 10^6)^2 \times (10^4)^4$$

Otrzymamy moc rzędu 10^{25} W, zależnie od dokładnych parametrów konkretnego białego karła.

Diagram H-R – GeoGebra



1. Moc promieniowania Słońca

Moc promieniowania Słońca wynosi:

$$P_{\odot} \approx 3,8 \times 10^{26} \text{ W}.$$

2. Szacowana moc promieniowania białego karła

Dla typowego białego karła:

- $R \approx 7 \times 10^6 \text{ m}$,
- $T \approx 10^4 \text{ K}$.

Obliczamy moc białego karła:

$$P = \sigma AT^4 = 5,67 \times 10^{-8} \times 4\pi(7 \times 10^6)^2 \times (10^4)^4.$$

Po dokładnym przeliczeniu:

$$P \approx 2 \times 10^{25} \text{ W}.$$

Wniosek: Moc promieniowania białego karła jest około **20 razy mniejsza** niż moc Słońca.

3. Moc gwiazd ciągu głównego

- **Czerwone karły** (np. Proxima Centauri, $T \approx 3000 \text{ K}$): $P \approx 10^{23} - 10^{24} \text{ W}$ (moc znacznie mniejsza niż białego karła).
 - **Gwiazdy podobne do Słońca** (np. G2V, $T \approx 5800 \text{ K}$): $P \approx 10^{26} \text{ W}$ (większa moc niż białego karła).
 - **Gorętsze gwiazdy** (np. typ B, $T \approx 15,000 \text{ K}$): $P \approx 10^{28} \text{ W}$ i więcej.
-

Porównanie w pigułce:

- **Biały karzeł:** $\sim 10^{25} \text{ W}$
- **Słońce:** $\sim 10^{26} \text{ W}$ (ok. 10x więcej)
- **Czerwony karzeł:** $\sim 10^{23} - 10^{24} \text{ W}$ (mniej niż biały karzeł)
- **Gorące gwiazdy:** $\sim 10^{28} \text{ W}$ (nawet 1000x więcej niż biały karzeł)