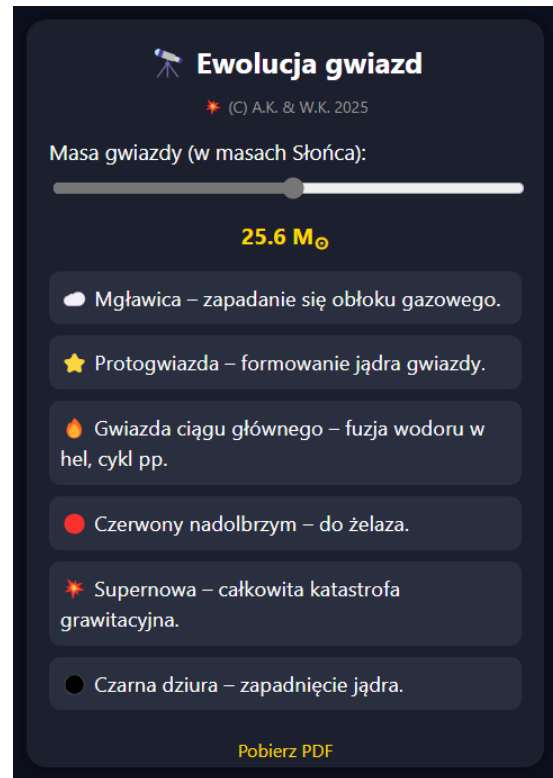


Ewolucja gwiazd

Aplikacja Ewolucja gwiazd (html, css, js)

Aplikacja "Ewolucja gwiazd" umożliwia interaktywne śledzenie procesu ewolucji gwiazd w zależności od ich masy. Użytkownik może za pomocą suwaka wybrać masę gwiazdy (w masach Słońca), a aplikacja dynamicznie pokazuje kolejne etapy życia gwiazdy, od protogwiazdy po czarną dziurę, w zależności od wybranej masy. Aplikacja zawiera również link do pobrania PDF z dodatkowymi informacjami. Aplikacja "Ewolucja gwiazd" jest w pełni responsywna, dostosowuje widok na różnych urządzeniach, w tym mobilnych.



Ewolucja gwiazd to proces przemian, jakie zachodzą w gwieździe od momentu jej powstania aż do końca jej życia. Przebieg tej ewolucji zależy głównie od **masy początkowej** gwiazdy. Poniżej przedstawiam główne etapy i schematy ewolucji dla różnych typów gwiazd:

[Ewolucja gwiazd – Wikipedia, wolna encyklopedia](#)



☀ 1. Powstanie gwiazdy (protonowa faza życia)

- **Mgławica (obłok molekularny)** – obłok gazu i pyłu (głównie wodoru) zapada się pod wpływem grawitacji.
- **Protogwiazda** – formuje się w centrum zapadającego się obłoku, temperatura i ciśnienie rosną.
- Gdy temperatura w jądrze osiąga ok. **10 milionów K**, zaczynają się reakcje **syntezy jądrowej** wodoru w hel.

☀ 2. Główna sekwencja (stabilne życie gwiazdy)

- Gwiazda osiąga stan równowagi: **ciśnienie promieniowania** przeciwdziała **grawitacji**.
- Zachodzi fuzja wodoru w hel: $4\text{H} \rightarrow \text{He} + \text{energia}$ (cykl pp) Czas trwania tej fazy zależy od masy:
 - Niska masa (np. Słońce): miliardy lat
 - Duża masa: miliony lat

🔥 3. Faza czerwonego olbrzyma / nadolbrzyma

- Wodór w jądrze się kończy → jądro kurczy się → wzrost temperatury → powstaje helowe jądro.
- Otoczka gwiazdy się rozszerza → gwiazda staje się **czerwonym olbrzymem**.
- Dalsze reakcje syntezy: hel → węgiel, azot, tlen (cykl CNO) (dla masywnych gwiazd także cięższe pierwiastki).

← END 4. Dalsze losy gwiazdy – zależne od masy

☀ Gwiazdy o małej i średniej masie (do ok. 8 mas Słońca):

- Jądro nie osiąga temperatury do dalszej syntezy.
- Odrzucają zewnętrzne warstwy → **mgławica planetarna**
- Pozostaje gorące jądro → **biały karzeł**
- Stopniowo stygnie → **czarny karzeł** (teoretycznie, bo Wszechświat jest za młody, by już istniały)

🌟 Gwiazdy masywne (> 8 mas Słońca):

- Synteza kolejnych pierwiastków aż do żelaza.
- Po wyczerpaniu paliwa – jądro zapada się gwałtownie → **eksplozja supernowej**
- Dalsze możliwe scenariusze:
 - Jeśli jądro ma < 3 masy Słońca → **gwiazda neutronowa**
 - Jeśli jądro ma > 3 masy Słońca → **czarna dziura**

Schematy ewolucji

1. Gwiazda o małej/średniej masie:

Mgławica → Protogwiazda → Gwiazda ciągu głównego → Czerwony olbrzym → Mgławica planetarna
→ Biały karzeł → Czarny karzeł (hipotetycznie)

2. Gwiazda masywna:

Mgławica → Protogwiazda → Gwiazda ciągu głównego → Czerwony nadolbrzym → Supernowa →
[Gwiazda neutronowa / Czarna dziura]