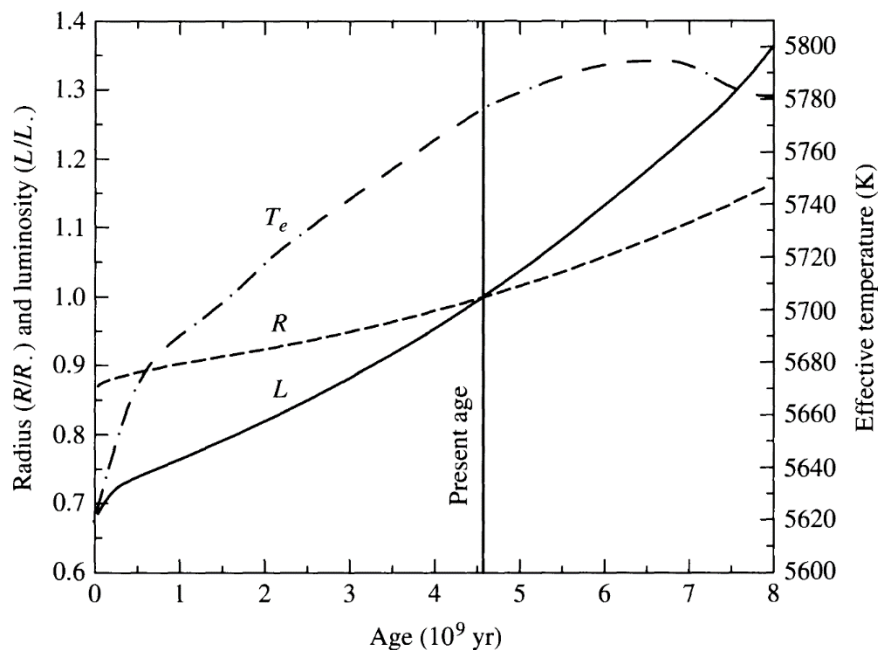


Wstęp do Fizyki Słońca

lista 2

- [temat do krótkiej prezentacji] Czy we wnętrzu Słońca może znajdować się miniaturowa czarna dziura? Podstawowe źródło: <https://youtu.be/Q6kJaMf3Lgo>, w opisie filmu znajdują się linki do dwóch publikacji
- Załóżmy, że zamiast Jowisza po jego orbicie porusza się gwiazda karłowata o jasności absolutnej $M_G=9^m$ (jasność absolutna Słońca wynosi $M_S=4.79^m$). Oblicz, czy jej jasność widoma byłaby większa od widomej jasności Księżyca w pełni ($m_K=-12.6^m$), gdyby gwiazda ta znajdowała się w wielkiej opozycji.
- O ile zmieni się promień orbity Ziemi za 5 miliardów lat wskutek utraty masy przez Słońce? Uwzględnij utratę masy na skutek reakcji termojądrowych $H \rightarrow He$ oraz na skutek wiatru słonecznego (1.5 miliona ton na sekundę).
- Oblicz barierę potencjału, defekt masy oraz średnią energię wiązania nukleonu dla następujących przypadków (zapis uproszczony):
 - ${}^2\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$
 - ${}^1\text{H} + {}^6\text{Li} \rightarrow {}^7\text{Be}$
 - ${}^4\text{He} + {}^8\text{Be} \rightarrow {}^{12}\text{C}$
 - ${}^{12}\text{C} + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{20}\text{Ne}$
 - ${}^{16}\text{O} + {}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{28}\text{Si}$Szczegółowy opis reakcji dostępny jest tu: en.wikipedia.org/wiki/Stellar_nucleosynthesis
- Oblicz średnią energię kinetyczną ${}^1\text{H}$, ${}^4\text{He}$, ${}^{12}\text{C}$ i ${}^{16}\text{O}$ dla temperatur 1MK, 10 MK, 100 MK, 1000 MK. Oblicz prawdopodobieństwo wystąpienia jąder tych pierwiastków o energii kinetycznej przekraczającej poziom 1kT, 10kT, 100kT, 1000kT oraz poziom bariery potencjału w odpowiednich reakcjach z zadania 3.
- Rozpatrzmy cykl p-p. Ilość energii wyzwalanej z 1 grama materii tworzącej gwiazdę w ciągu 1 sekundy dla gwiazd typu Słońca wyraża się przybliżonym wzorem: $\epsilon=9.6 \times 10^{-6} \rho X^2 T^4$ (T - temperatura centralna w mln K, ρ - gęstość centralna w g/cm^3 , X - obfitość wodoru). Przyjmując, że gęstość centralna Słońca jest rzędu 100 g/cm^3 wyliczyć, w jakiej części jego masy muszą przebiegać reakcje termojądrowe, by zapewnić obserwowaną moc promieniowania ($L=3.8 \times 10^{33} \text{ erg/s}$, $M=2 \times 10^{33} \text{ g}$).
- Rozpatrzmy cykl CNO. Ilość energii wyzwalanej z 1 grama materii tworzącej gwiazdę w ciągu 1 sekundy dla gwiazd typu Słońca wyraża się przybliżonym wzorem: $\epsilon=1 \times 10^{-23} \rho X Z T^{20}$ (T - temperatura centralna w MK, ρ - gęstość centralna w g/cm^3 , X - obfitość wodoru, Z - obfitość „metali”). Wyliczyć, czy ta reakcja może zapewnić obserwowaną moc promieniowania Słońca.
- Znając masę i promień Słońca oraz zakładając, że znajduje się ono w równowadze hydrostatycznej, oszacuj temperaturę i ciśnienie w jego centrum. W obliczeniach możesz stosować upraszczające je założenia, pod warunkiem ich odpowiedniego uzasadnienia i oszacowania, jaki mają na końcowy wynik.
- Zaćmienie Słońca z 20.03.2015 było widoczne we Wrocławiu, jako zaćmienie częściowe o fazie maksymalnej 0.74. O ile spadła jasność obserwowana Słońca w maksimum zaćmienia? Załóż, że średnice kątowe Księżyca i Słońca są takie same.
- [temat do krótkiej prezentacji] Kosmiczna inżynieria. Czy możliwe jest uratowanie Ziemi przed wzrastającą mocą promieniowania Słońca wynikającą z jego ewolucji? Czy można wpłynąć na przebieg ewolucji Słońca? Podstawowe źródło: <https://youtu.be/IY0KWLanILM>, publikacje źródłowe wymienione są w filmie i w opisie pod nim.
- Wyznacz średnicę kątową Słońca za pomocą samodzielnie wykonanej kamery otworkowej (camera obscura). Wyniki obserwacji przedstaw w formie prezentacji. Oszacuj błędy.

12. Oblicz, jak zmienia się położenie granic ekosfery (strefy habitacyjnej) okołosłonecznej dla obecnej Ziemi (obecne albedo, atmosfera i efekt cieplarniany) w wyniku ewolucji Słońca na ciągu głównym. Dla zewnętrznej granicy ekosfery przyjmij średnią temperaturę Ziemi równą 0°C (występowanie wody w stanie ciekłym). Dla wewnętrznej przyjmij temperaturę 60°C (utrata oceanów wskutek ich parowania i fotolizy wody przez słoneczny UV). Położenie obu granic ekosfery wyznacz jako ich odległość od Słońca (w AU) używając równania z zadania 1.6. Uwaga, w tym wzorze mamy temperaturę równowagową, czyli nieuwzględniającą efektu cieplarnianego. W obliczeniach uwzględnij obecność tego efektu na poziomie $+30^{\circ}\text{C}$. Albedo dla Ziemi wynosi 0.31. Moc Promieniowania Słońca odczytaj z wykresu obok. Obliczenia wykonaj dla wieku Słońca w zakresie 0–8 mld lat z krokiem 1 mld lat. Wykonaj wykres położenia obu granic ekosfery względem wieku Słońca. Zaznacz obecną odległość Ziemia–Słońce.



13. Zakładając, że moment pędu Słońca (związany z jego rotacją) będzie zachowany, oblicz okres rotacji Słońca w momencie osiągnięcia maksymalnego promienia w fazie czerwonego olbrzyma. Przyjmij, że promień ten będzie 200-krotnie większy niż obecny. Pomiń utratę masy Słońca. Przyjmując jakieś założenia w celu uproszczenia obliczeń, oceń ich wpływ na wynik.

14. [temat do krótkiej prezentacji] Czy Słońce w końcowych fazach ewolucji (RGB, AGB) pochłonie Ziemię? Proponowane artykuły:

- Guo, J., Lin, L., Bai, C. et al. The effects of solar Reimers on the final destinies of Venus, the Earth, and Mars. *Astrophys Space Sci* 361, 122 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10509-016-2684-5>
- K.-P. Schröder, Robert Connors Smith, Distant future of the Sun and Earth revisited, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 386, Issue 1, 2008, Pages 155–163, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x>

Pomocny może być też ten film: <https://youtu.be/0I33YxlQpvU>

15. Jak długi jest charakterystyczny czas, w którym może dojść do absorpcji 1 neutrina słonecznego przez ciało człowieka? Przyjmij, że typowo dochodzi do absorpcji 5 neutronów na 10^{36} atomów w ciągu 1 s.

16. Na odległości 1 AU wiatr słoneczny ma typowo gęstość 10 protonów/ cm^3 i prędkość 500 km/s. Oblicz tempo utraty masy Słońca wynikające z wiatru słonecznego (w kg/s oraz w Ms/rok).

17. [temat do krótkiej prezentacji] Wymyśl i zaprezentuj zestaw prostych obserwacji, które umożliwiają wyznaczenie jak największej liczby podstawowych cech fizycznych Słońca, np.: masa, promień, temperatura efektywna. Przykładem takiej prostej obserwacji jest wyznaczenie średnicy kątowej Słońca za pomocą kamery otworkowej (zadanie 2.11). Obserwacje nie powinny wymagać użycia profesjonalnej aparatury badawczej. Instrumenty pomiarowe i metody powinny być osiągalne dla licealisty. Prezentacja powinna zwiierać opis metod i instrumentów pomiarowych. Nie jest konieczne przeprowadzenie tych obserwacji i wyznaczenie wielkości, które można z nich otrzymać.