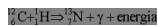
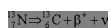


Reakcje syntezy lekkich jąder są podstawowym źródłem energii wszechświata. Słońce - gwiazda, która dostarcza energii niezbędnej do życia na naszej planecie Ziemi, i w której 94% masy stanowi wodór i hel - jest reaktorem, w którym odbywa się synteza jądrowa helu. Wydziela się przy tym trudna do wyobrażenia ilość energii. Przebieg procesu zachodzącego w Słońcu został wyjaśniony przez fizyka Hansa A. Bethego. Taki sam cykl został niezależnie, w tym samym czasie, podany przez fizyka Carla von Weizsäckera. Według Bethego główną reakcją termojądrową w tym procesie jest synteza helu z wodoru przy współudziale niewielkiej ilości węgla C-12, spełniającego funkcję katalizatora.

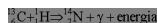
Zgodnie z teorią jądro wodoru, czyli proton, oddziałuje z jądrem ^{12}C :



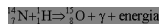
^{13}N jest pierwiastkiem promieniotwórczym i ulega przemianie β^+ :



Trwałe jądro ^{13}C reaguje z następnym, drugim protonem:



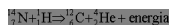
Następnie powstały trwały izotop - azot-14 - reaguje z trzecim protonem, przekształcając się w nietrwały tlen-15:



Tlen-15 ulega przemianie β^+ :

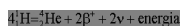


Wreszcie azot-15 reaguje z czwartym z kolei protonem:

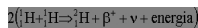
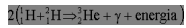
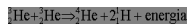


Chociaż możliwe jest powstanie ${}^{16}_8\text{O}$ w tych warunkach, głównie przebiega reakcja odtwarzania jądra ${}^{12}_6\text{C}$.

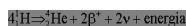
Po dodaniu wszystkich powyższych równań okazuje się, że sumaryczną reakcją, zwaną cyklem węglowym, można przedstawić następująco:



Jak widać węgiel działa w tych reakcjach jak katalizator, który bierze udział w reakcji, ostatecznie nie ulegając przemianie. Model ten jednak przewiduje inną moc od wartości uzyskiwanej na Słońcu. Obecnie badacze przypuszczają, że reakcje jądrowe w Słońcu zachodzą poprzez łańcuch protonowo-protonowy:



Sumarycznie przemiana ta wygląda następująco:



Według obecnego stanu wiedzy cykl węglowy występuje w gwiazdach o wyższych temperaturach (jaśniejszych) niż Słońce.

Okazuje się, że długość życia gwiazdy jest funkcją jej masy. Gwiazdy o masie zbliżonej do Słońca żyją około 10 miliardów lat. Gwiazdy o większej masie - krócej.

Gdy wyczerpuje się paliwo jądrowe (głównie wodór przekształcający się w hel), gwiazda nadal wypromieniowuje swoją energię, a więc traci swoją masę i stopniowo się kurczy. Jeżeli masa gwiazdy nie przewyższała masy Słońca więcej niż 1,44 razy, to kurczenie się ustaje w chwili, gdy gęstość materii gwiazdy osiągnie wartość ok. 10^9 g/cm^3 . Promień takiej gwiazdy zmniejsza się do kilku tysięcy kilometrów. Gwiazdę w takim stadium ewolucji nazywamy białym karłem. Po zamienieniu się w białego karła gwiazda nadal stygnie, lecz na skutek ciśnienia w jej wnętrzu, pochodzącego od oddziaływań między ciasno upakowanymi elektronami plazmy (tworzącej materię gwiazdy), promień już się nie zmienia. Ponieważ ciśnienie we wnętrzu gwiazdy nie zależy już od temperatury, jej rozmiary w miarę wypalania nie ulegają zmianie. Po wystygnięciu biały karzeł przekształca się w czarnego karła.

W gwiazdach o znacznie większej masie od Słońca panują inne warunki - jest tam wyższa temperatura i zachodzą inne reakcje termonuklearne. Na przykład wśród czerwonych olbrzymów, u których w otoczkach wokół jądra helowego zachodzi synteza helu z wodoru, reakcje przebiegają z udziałem litu lub innych lekkich pierwiastków. Gwiazdy o masie większej niż 1,44 masy Słońca, po osiągnięciu gęstości większej od 10^9 g/cm^3 , ulegają dalszemu kurczeniu na skutek zachodzących w ich wnętrzu reakcji jądrowych pochłaniających znaczne energie. Efektem tego jest znaczne załamanie równowagi pomiędzy ciśnieniem wewnątrz gwiazdy a siłami grawitacyjnymi i gwałtowne jej zapadnięcie się. W tych warunkach zachodzi fuzja jąder helu w jądra berylu i na skutek zapaści (kolapsu) następuje gigantyczna eksplozja jądrowa z wydzieleniem ogromnej ilości energii, którą obserwuje się jako rozbłysk supernowej. Przy wybuchu gwiazda odrzuca większą część swojej materii w formie szybko rozszerzającej się otoczki, na skutek czego po kilku dniach jasność supernowej maleje. Rozszerzające się otoczki supernowych można jeszcze obserwować w formie mgławic przez wiele stuleci po wybuchu. Nieodrzucone wskutek wybuchu centralne części gwiazdy zaczynają się znowu kurczyć. Siły grawitacji ściskają w gwieździe materię tak bardzo, że gęstość w środku gwiazdy staje się porównywalna z gęstością jądra atomowego (ok. 10^{14}

- 10^{15}

g/cm^3

). Dzięki "neutronizacji" materii (połączeniu się protonów z elektronami) gwiazda zmienia się w gwiazdę neutronową, przypominającą jądro atomowe o średnicy 10 – 20 km. Uwolniona energia przemiany elektronów i protonów w neutrony przejawia się w formie strumieni neutrin. Jedną z form gwiazd neutronowych są pulsary. W gwiazdach tych ich silne pole magnetyczne powoduje wypromieniowanie energii w postaci fal radiowych.

Dla obiektów gwiazdnych o większych jeszcze masach gwiazdy neutronowe nie są ostatecznym etapem ich aktywnego życia. Obliczenia wykazują, że gdy po wypaleniu paliwa jądrowego, skurczeniu się, masa gwiazdy przekracza wartość krytyczną (około dwóch mas Słońca), wówczas nawet ciśnienie supergęstej materii nie powstrzymuje jej przed dalszym zapadaniem się pod wpływem sił grawitacji. Powstaje wtedy czarna dziura, obiekt o niewyobrażalnej dla nas gęstości materii rzędu 10^{20} g/cm^3 . Siły grawitacyjne są tak duże, że nie pozwalają nawet na opuszczenie tego obiektu przez promieniowanie świetlne. Są to, więc obiekty astronomiczne, których nie można zaobserwować bezpośrednio.

Artykuł napisała:

Kinia

Źródła:

- Adam Bielański: "Podstawy chemii nieorganicznej". Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994
- Andrzej A. Czerwiński: "Energia jądrowa i promieniotwórczość". Oficyna Edukacyjna, Warszawa 1998
- Anna Dorabalska: "Promieniotwórczość naturalna pierwiastków chemicznych". Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa 1952
- Józef Hurwic: "Maria Skłodowska - Curie i promieniotwórczość". "Żak" Wydawnictwo Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993
- Zygmunt Kalisz: "Promieniotwórczość naturalna (zagadnienia metodyczne)". Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa 1964