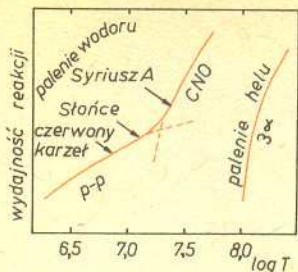


## Patrz w niebo



Patrząc w niebo widzimy, że gwiazdy świecą. Prawie wszystkie z nich, widoczne gołym okiem są zwykłymi, nie wszystkich astronomów porywającymi, od dawna znanymi i zbadanymi gwiazdami leżącymi na „ciągu głównym”. Tak się złożyło, że idąc za ogólnymi trendami we współczesnej astrofizyce przedstawiłmy Wam obiekty, które dzisiaj budzą wiele kontrowersji wśród astronomów, zostawiając niejako na uboczu to, co od dawna znane jest nauce, ale ciągle budzi wiele wątpliwości wśród Czytelników, np. skąd wiemy, co się dzieje wewnątrz gwiazdy. W kilku najbliższych numerach *Delty* postaramy się wypełnić tę lukę.

Reakcje jądrowe we wnętrzach gwiazdowych

Cykl *p-p* ( $2 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^7$  K) najprostsza postać

- $p + p \rightarrow {}^2\text{H} + e^+ + \nu$
- $2\text{H} + p \rightarrow {}^3\text{He} + \gamma$
- ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + p + p$

Cykl CNO ( $T > 1,5 \cdot 10^7$  K)

- ${}^{12}\text{C} + p \rightarrow {}^{13}\text{N} + \gamma$
- ${}^{13}\text{N} \rightarrow {}^{13}\text{C} + e^+ + \nu$
- ${}^{13}\text{C} + p \rightarrow {}^{14}\text{N} + \gamma$
- ${}^{14}\text{N} + p \rightarrow {}^{15}\text{O} + \gamma$
- ${}^{15}\text{O} \rightarrow {}^{15}\text{N} + e^+ + \nu$
- ${}^{15}\text{N} + p \rightarrow {}^{12}\text{C} + \alpha ({}^4\text{He})$

Cykl  $3\alpha$  ( $T \approx 10^8$  K)

- $$3\text{ }^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + \gamma$$
- $${}^{12}\text{C} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{16}\text{O} + \gamma$$

Spalanie węgla ( $T \approx 5 \cdot 10^8$  K) przykłady

- $${}^{12}\text{C} + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{24}\text{Mg} + \gamma$$
- $${}^{12}\text{C} + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{23}\text{Na} + p$$
- $${}^{12}\text{C} + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{20}\text{Ne} + \alpha$$

Spalanie tlenu ( $T \approx 10^9$  K) przykłady

- $${}^{16}\text{O} + {}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{32}\text{S} + \gamma$$
- $${}^{16}\text{O} + {}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{31}\text{P} + p$$
- $${}^{16}\text{O} + {}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{31}\text{S} + n$$
- $${}^{16}\text{O} + {}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{28}\text{Si} + \alpha$$

Spalanie krzemu ( $T \approx 2 \cdot 10^{10}$  K)

- ${}^{28}\text{Si} + \gamma \rightarrow 7\text{ }^4\text{He}$
- ${}^{28}\text{Si} + 7\text{ }^4\text{He} \rightarrow {}^{56}\text{Ni}$

albo

- $${}^{28}\text{Si} + {}^{28}\text{Si} \rightarrow {}^{56}\text{Ni}$$
- $${}^{56}\text{Ni} \rightarrow {}^{56}\text{Co} + e^+ + \nu$$
- $${}^{56}\text{Co} \rightarrow {}^{56}\text{Fe} + e^+ + \nu$$

Dzisiaj chcemy podać w wielkim skrócie w charakterze pomocy i ściągawki przy czytaniu przyszłych artykułów w *Delcie*, co współczesna astrofizyka sądzi na temat reakcji jądrowych zachodzących w centrach gwiazd. Nie będziemy się wdawać przy tym w szczegóły techniczne „budowy modeli” gwiazd, zostawiając to na przyszłość.

W jądrach gwiazd panują wysokie temperatury i ciśnienia. Przy kontrakcji temperatura osiąga wartość kilku milionów kelwinów, w tych warunkach zaczyna zachodzić najprostsza reakcja jądrowa tzw. *cykl proton-proton (p-p)*, czyli synteza helu z czterech protonów (patrz tabelka). Gdy temperatura osiągnie większą wartość (w wyniku kontrakcji lub podgrzewania przez cykl *p-p*), w centrum gwiazdy zaczyna dominować synteza helu o większej wydajności, przy użyciu węgla, azotu i tlenu jako swego rodzaju katalizatorów (tzw. *cykl CNO*, zwróćcie uwagę, że liczba cząstek C, N i O jest zachowana).

W wyniku ewolucji temperatura w gwieździe może dalej rosnać i może dojść do „zapalenia” się helu (tzw. *cykl 3 $\alpha$* ). Dalej, w zaawansowanych stadiach ewolucji może dojść do „spalania” węgla, tlenu, krzemu aż do uzyskania żelaza, które już przy spalaniu nie powoduje wydzielania się energii (byłaby to już reakcja endotermiczna).

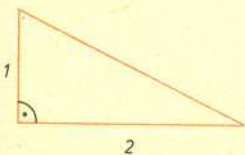
Przy oglądaniu tabelki pamiętajmy o następujących oznaczeniach:

- $\gamma$  — foton
- $e^+$  — pozyton
- $\nu$  — neutrino
- $\alpha$  — jądro helu ( ${}^4\text{He}$ )
- $n$  — neutron
- $p$  — proton

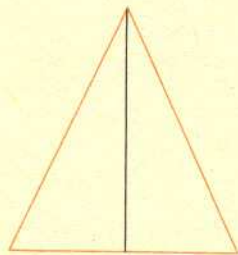
mgr Tomasz CHLEBOWSKI

## Zadania, których nie umiemy rozwiązać

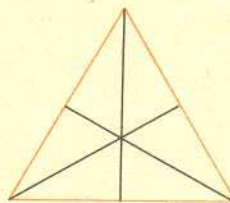
W roku 1970 Werner Mnich postawił pytanie (*Wiadomości Matematyczne*, tom 11, str. 309): Czy istnieje trójkąt, który można podzielić na siedem trójkątów przystających?



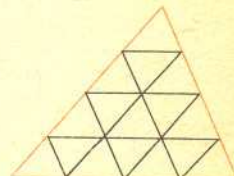
Jak podzielić ten trójkąt na 5 trójkątów przystających? Podzielić trójkąt prostokątny o przyprostokątnych  $a$  i  $b$  na  $n = a^2 + b^2$  przystających trójkątów.



Podział trójkąta równoramiennego na dwa trójkąty przystające.



Podział trójkąta równobocznego na trzy i sześć przystających trójkątów.



Podział trójkąta na  $n^2$  (na rysunku  $n = 4$ ) trójkątów przystających.

Dlaczego akurat siedem? Dlatego, że dla  $n \leq 6$  są trójkąty, które można podzielić na  $n$  trójkątów przystających. Dla niektórych innych  $n$  też (p. rysunki obok).

A jak jest dla  $n = 7$ ? Choć od chwili opublikowania zadania upłynęło 12 lat, odpowiedzi wciąż nie znamy.