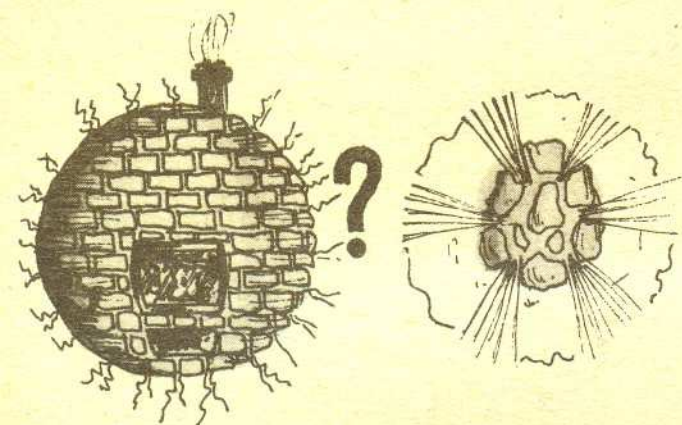


# delta mata delta

## Dlaczego gwiazdy świecą?

W czasach, gdy nie zdawano sobie sprawy z sędziwego wieku Ziemi, problem — dlaczego świeci Słońce? — pozostawał nie wyjaśniony. Początkowo wysuwano hipotezę spalania chemicznego, gdy ta zawiodła, zastąpiono ją hipotezą kurczenia grawitacyjnego. Jednak żaden z tych mechanizmów nie zapewniał produkcji energii słonecznej z niezmienną wydajnością od przeszło czterech miliardów lat, a na to wskazywały, znane już na początku naszego wieku, dane geologiczne. Fizyka ubiegłego stulecia nie była więc w stanie odpowiedzieć na podstawowe pytanie astronomii: dlaczego gwiazdy świecą?

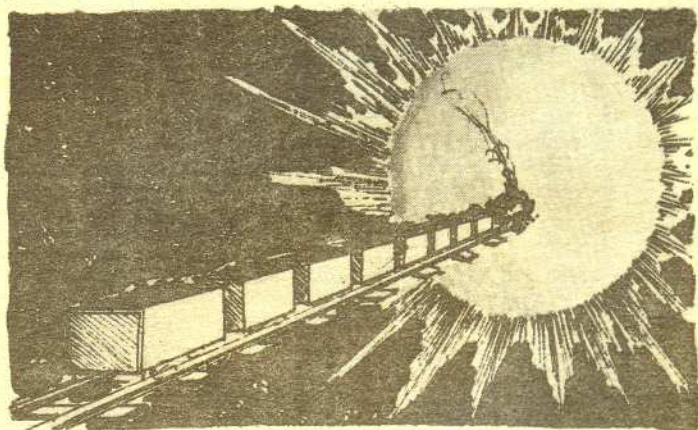
wodoru w hel  $\Delta m$  jest różnicą między sumą mas dwóch protonów i dwóch neutronów a masą jądra atomu helu. Jest ona równa zaledwie 0,007 masy jądra atomu helu, a więc w reakcji mniej niż 1% masy ulega, jak to się obrazowo mówi, dematerializacji.



Dopiero odwołanie się do fizyki jądrowej przyniosło rozwiązanie problemu. Wkrótce po odkryciu reakcji jądrowych okazało się, że mogą one być źródłem energii promieniowania gwiazd. Od tego czasu zapanował powszechny pogląd: gwiazdy świecą dzięki temu, że w ich wnętrzach zachodzą reakcje jądrowe, niczym w gigantycznej bombie wodorowej; galaktyki świecą światłem miliardów gwiazd.

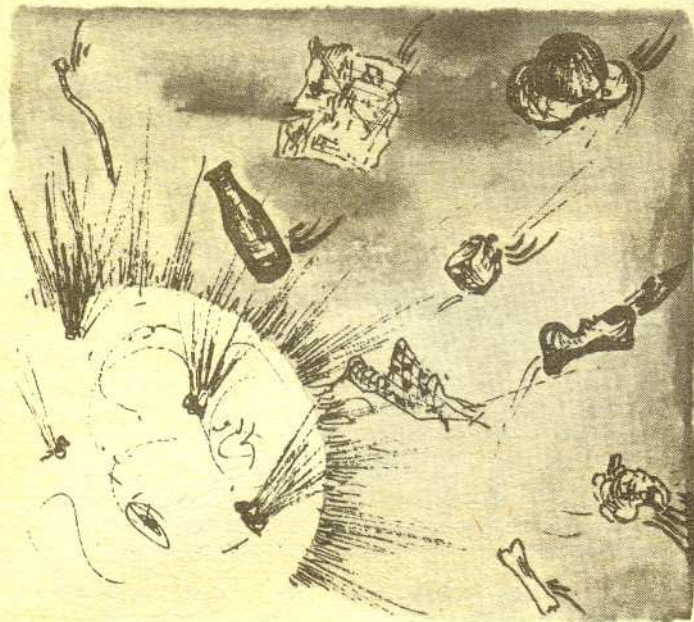
Choć w jednej reakcji to niewiele, łączny efekt przy powstawaniu jednego grama helu z protonów i neutronów prowadzi do wydzielenia kolosalnej energii  $\approx 6 \cdot 10^{18}$  ergów. Mniej więcej tyle samo energii otrzymuje się ze spalania 25 ton węgla kamiennego. A ile węgla potrzeba by było, aby Słońce mogło świecić przez miliardy lat?! Przykład ten pokazuje, jak dalece wydajność reakcji jądrowych przewyższa wydajność reakcji chemicznych.

Podstawową przemianą jądrową, od której zależy życie wszystkich gwiazd, jest przemiana wodoru w hel. Proces ten nazywamy obrazowo „spalaniem”, aby podkreślić dwie jego cechy: wydzielanie energii oraz powstawanie nieprzydatnego produktu reakcji — „popiołu jądrowego”. Energia wydzielana jest na skutek istnienia tzw. defektu masy w myśl wzoru Einsteina  $E = \Delta m c^2$ . Sumaryczna masa cząstek biorących udział w reakcji jest większa od masy powstającego z nich jądra. W przypadku zamiany



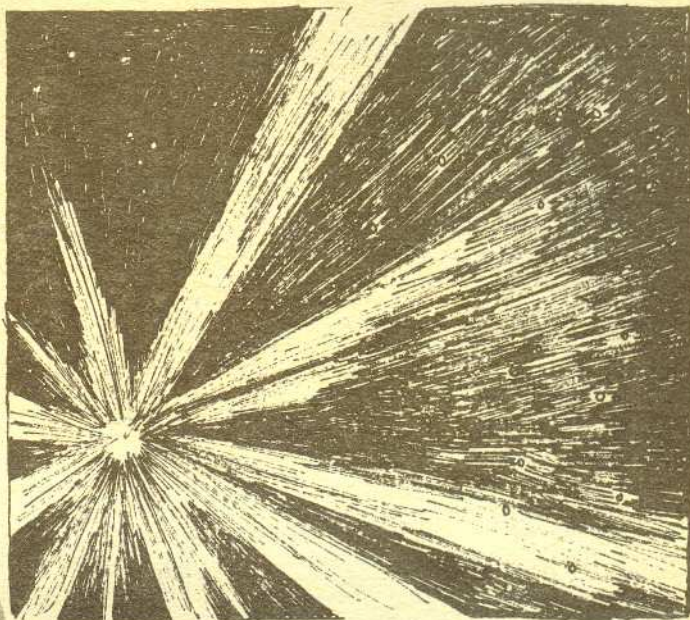
Fakt, że reakcje jądrowe stanowią podstawowe źródło energii większości gwiazd, wcale nie oznacza, że są one najwydajniejszym sposobem produkcji energii we Wszechświecie. Mechanizm promieniowania pewnych gwiazd nie może być wyjaśniony zachodzeniem reakcji jądrowych w ich wnętrzach. Ich świecenie tłumaczy się wyzwaniem ogromnej ilości grawitacyjnej energii potencjalnej w czasie spadku materii na ich powierzchnię. Proces taki nazywamy akrecją.

Oszacujmy wydajność akrecji dla spadku cząstek na powierzchnię Słońca. Jeden gram materii spadając na powierzchnię Słońca traci energię potencjalną  $GM_{\odot}/R_{\odot}$ , gdzie  $M_{\odot}$  — masa Słońca,  $R_{\odot}$  — jego promień,  $G$  — stała grawitacji. Podstawiając dane liczbowe ( $M_{\odot} \approx 2 \times 10^{33} \text{g}$ ,  $R_{\odot} \approx 7 \cdot 10^{10} \text{cm}$ ) z łatwością przekonamy się, że nawet gdyby cała energia została wydzielona w postaci promieniowania, i tak wydajność tego procesu byłaby kilka tysięcy razy mniejsza niż przy zamianie jednego grama wodoru w hel. Poza tym o akrecji na Słońce nie może być mowy, bo nie istnieje zewnętrzne źródło, z którego w sposób ciągły mogłaby dopływać materia.

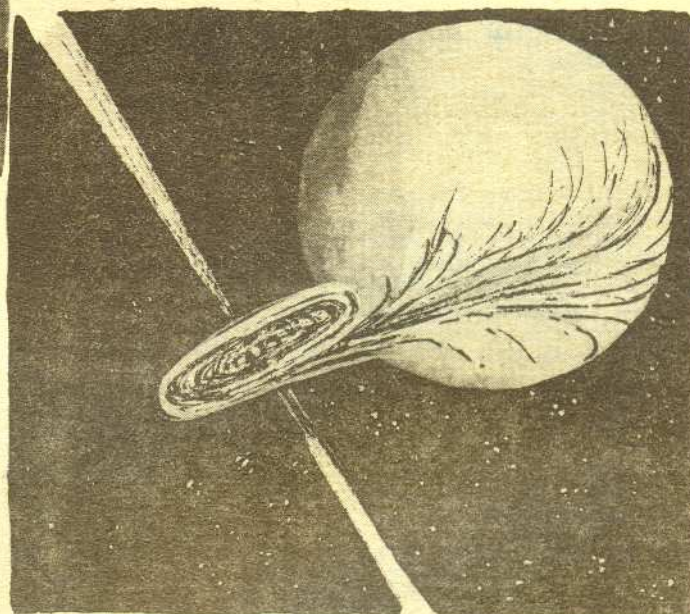


Zwróćmy uwagę na to, że zysk energii w procesie przechwytywania materii zależy od stosunku  $M/R$ , a więc od tego, jak bardzo gęsta jest gwiazda. Silna akrecja może więc zachodzić w potężnych polach grawitacyjnych wokół białych karłów, gwiazd neutronowych czy czarnych dziur. W przypadku białego karła ( $M \approx 1 M_{\odot}$ ,  $R \approx 10\,000 \text{ km}$ ) energia wydzielona podczas spadku jednego grama materii może być już tylko kilkadziesiąt razy mniejsza niż podczas spalania jednego grama wodoru. Dla gwiazdy neutronowej ( $M \approx 1 M_{\odot}$ ,  $R \approx 10 \text{ km}$ ) już kilkaset razy przewyższa wydajność reakcji jądrowych, a spadek materii na czarną dziurę może prowadzić do uwolnienia energii grawitacyjnej w ilości odpowiadającej zamianie 40% masy spoczynkowej w energię! Widać więc, że czasem źródło grawitacyjne może być bardzo skuteczne — może konkurować, a nawet przewyższać źródło

jądrowe. Szczególnie, że w przypadku białych karłów, gwiazd neutronowych czy czarnych dziur źródła takie praktycznie nie istnieją. Są to przecież gwiazdy „umierające”, w których wyczerpały się już zapasy paliwa jądrowego.



Powstaje jeszcze jedno pytanie: skąd bierze się materia ściągana przez te gwiazdy? Źródeł tej materii należy szukać w ich bliskim otoczeniu. Akrecja staje się możliwa, gdy gwiazda ma towarzysza i przechwytuje część jego masy swym silnym polem grawitacyjnym. Tak więc „umierające” gwiazdy mogą świecić, czasem nawet bardzo silnie, wyłącznie kosztem innych gwiazd — „kradnąc” im materię.



Małą Deltę przygotowała Joanna UDALSKA