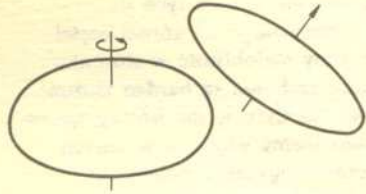
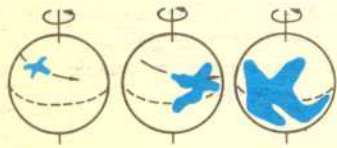


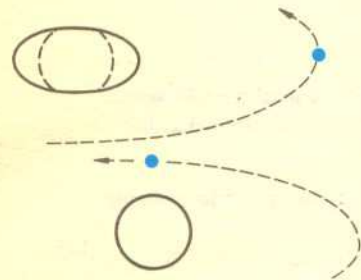
Rys. 1



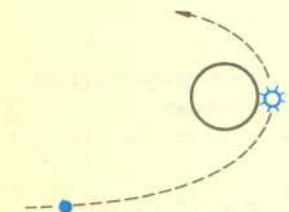
Rys. 2



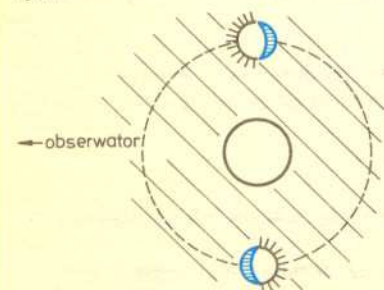
Rys. 3



Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7

Jedną z ciekawszych klas gwiazd są cefeidy, które swą nazwę wzięły od najwcześniej odkrytej δ Cefeusza. Są to gwiazdy zmienne o okresie od 1 do 100 dni. Dzisiaj wiemy, że przyczyną zmian jasności tych gwiazd są pulsacje — okresowe zmiany objętości spowodowane niestabilnym wypływem energii z wnętrza gwiazdy.

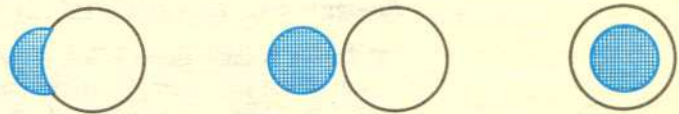
W przeszłości jednak taka teoria wyjaśniająca zmienność cefeid była mało popularna. Wymyślano dziesiątki innych hipotez, myląc przy tym zmienność typu geometrycznego i mechanicznego (kiedy jest to efekt zaćmień lub obrotu stałej gwiazdy) ze zmiennością fizyczną (kiedy jasność gwiazdy istotnie zmienia się w czasie).

W starożytności uważano, że wahania jasności są zjawiskiem pozornym, wynikającym z okresowego przybliżania i oddalania się gwiazd. Jednak kiedy stwierdzono, że ciała niebieskie znajdują się w ogromnych odległościach i kiedy odkrywano coraz więcej różnych klas gwiazd zmiennych, zaczęto poszukiwać teorii lepiej tłumaczących tę zmienność.

W 1651 roku — 55 lat po odkryciu pierwszej zmiennej okresowej — *Miry Ceti* (czyli *Cudownej Gwiazdy Wieloryba*) i 41 lat po pierwszej obserwacji plam na Słońcu — Riccioli opublikował hipotezę, że przyczyną wszelkich zmian jasności gwiazd jest jednostajny obrót ciał o nierówno jasnej powierzchni (rys. 1). Przez prawie sto lat była to jedyna teoria próbująca tłumaczyć to zjawisko. W połowie XVIII wieku powstały dwie następne hipotezy. Maupertuis twierdził, że ruch osi symetrii elipsoidalnych gwiazd o różnych spłaszczeniach wywołały oddziaływaniem hipotetycznych planet krążących wokół nich powinien tłumaczyć wszelkie zmiany, natomiast Cassini utrzymywał, że wystarczy uwzględnić precesję czyli obrót osi bezwładności wokół osi rotacji (ruch bąka, rys. 2), aby wyjaśnić zmienność gwiazd. Dopiero w 1852 roku Wolf — słynny szwajcarski badacz plam słonecznych — wysunął pierwszą czysto fizyczną interpretację wahań jasności gwiazd długookresowych. Stwierdził on, że istnieje duże podobieństwo między wykresami zmian jasności gwiazd i występowania plam na Słońcu. Doprowadziło to do powstania hipotezy, że raczej okresowe powstawanie i zanikanie plam na powierzchni gwiazdy jest czynnikiem odpowiedzialnym za zmiany jasności. Nieco wcześniej Zöllner opublikował przypuszczenie, że może okresowo na pewnej części powierzchni gwiazdy rozbudowuje się czapa stygnącego żużlu, która w wyniku obrotu dryfuje w kierunku równika.

Obrót kuli z czapą powoduje więc zmiany jasności.

Blisko 200 lat temu, w 1783 roku Goodricke wysunął pogląd, że zmiany blasku gwiazdy *Algol* (nazwa prawdopodobnie pochodzi z arabskiego „zmienny duch”) wynikają z zasłaniania jaśniejszej gwiazdy przez obiegające ją ciemne ciało (rys. 4). Rzeczywiście istnieją takie układy zaćmieniowe, ale nie każdą zmienność gwiazd można wytłumaczyć tym zjawiskiem.



Rys. 4

Efekty „podwójności” inne niż zaćmienia mogą jednak wywoływać okresowe zmiany jasności. W 1865 r. Klinkerfues, rozważając gwiazdę jako sztywną kulę z dość rozległą otoczką gazową stwierdził, że zniekształcenie przepływowe powodowałoby, że czasami wiodzielibyśmy wydłużoną tarczę gwiazdy, co zwiększałoby jej jasność (rys. 5).

Dokładnie sto lat temu, w 1879 roku, niemiecki astrofizyk Ritter przedstawił hipotezę, że przyczyną zmienności niektórych gwiazd mogą być ich pulsacje, jednak hipoteza ta nie była dostatecznie silnie umotywowana i w dalszym ciągu powstawały inne, próbujące wyjaśnić dziwne zachowanie chociaż niektórych gwiazd.

Na przełomie XIX i XX wieku wysunięto dwie kolejne teorie wiążące zmienność gwiazd z ich podwójnością. Jedną z nich upatrywała źródło zmian w ciemnym towarzyszu, który, krążąc po silnie wydłużonej orbicie eliptycznej, podczas zbliżania się do jasnego składnika rozgrzewa się i przez pewien czas świeci zwiększając tym samym ogólną jasność układu (rys. 6); inna teoria próbowała tłumaczyć zjawisko zmienności gwiazd tym, że mniej masywna gwiazda, okrążając środek ciężkości układu, „trze o materię międzygwiazdową” rozgrzewając przez to jeden ze swoich boków, który zaczyna świecić jaśniej. W wyniku obrotu układu obserwujemy zmiany jasności (rys. 7).

Następne dwie hipotezy, które powstały w pierwszych latach naszego wieku, odnosiły się do jeszcze innego zjawiska. Brester w 1908 roku rozwinął teorię, zgodnie z którą zmiany jasności mogą być spowodowane okresową kondensacją chmur nieprzezroczystej materii (kropel lub pyłu), które następnie parują ogrzane przez ciepło zgromadzone w głębszych warstwach.

Kilka lat później pojawiła się tzw. „teoria gejzerów”, według której powierzchnia gwiazdy mogłaby być skorupą rozpadającą się w pewnych miejscach po dłuższym lub krótszym okresie pod wpływem rosnącego ciśnienia magazynowanego ciepła.

W przededniu I wojny światowej Shapley opublikował teorię nieradialnych oscylacji gwiazd, tzn. okresowych zmian kształtu na skutek niestabilnego wypływu energii.



O obracającej się kropki — — raz jeszcze



Rozwiązanie zadania A3

Rzutem prostokątnym bryły K na dowolną płaszczyznę P_1 jest koło k_1 o promieniu r_1 i środku O_1 . Bryła K zawiera się w walcu, którego osią jest prosta l_1 prostopadła do płaszczyzny P_1 i przechodząca przez punkt O_1 , jego promień wynosi r_1 . Każda prosta prostopadła do płaszczyzny P_1 i przebijająca ją w punkcie należącym do k_1 ma przynajmniej jeden punkt wspólny z K . Wykażemy, że osie wszystkich walców zbudowanych w ten sposób przecinają się (lub pokrywają) a ich promienie są równe ($= r$). Gdyby osie l_1 i l_2 dwóch walców W_1 i W_2 nie miały punktów wspólnych, lub r_1 nie było równe r_2 , to na prostej prostopadłej do obu osi i przecinającej je można by znaleźć taki punkt P , że $P \in W_1$ i $P \notin W_2$, albo $P \in W_2$ i $P \notin W_1$. Jeśli $P \in W_1$, to prosta $p_1 \parallel l_1$ przechodząca przez punkt P musiałaby jednocześnie mieć punkt wspólny z K ($p_1 \in W_1$) i być rozłączna z K , (gdyż $p_1 \notin W_2$). Tak samo w przypadku, gdy $P \in W_2$. Wykażemy teraz, że osie wszystkich rozważanych walców przecinają się w jednym punkcie. Niech O będzie punktem przecięcia dwóch dowolnych osi l_1 i l_2 . Dowolna oś l_3 nie leżąca na płaszczyźnie wyznaczonej przez l_1 i l_2 przecina te płaszczyznę w jednym punkcie. Musi jednak przecinać zarówno l_1 jak i l_2 . Zatem osie nie leżące w tej płaszczyźnie muszą przechodzić przez O . O osiach leżących w powyższej płaszczyźnie można powiedzieć to samo, rozważając punkty przecięcia płaszczyzny wyznaczonej przez np. l_1 i l_2 z różnymi osiami. Zatem częścią wspólną wszystkich rozważanych walców jest kula K_O o środku O i promieniu r . Każdy punkt powierzchni tej kuli należy do bryły K . Istotnie, każda styczna s do kuli K przebija rzutnię w punkcie należącym do rzutu bryły K . A więc s zawiera przynajmniej jeden punkt należący do K . Może być nim jedynie punkt styczności prostej s i kuli K_O . Z powyższego wcale nie wynika, że wszystkie punkty wnętrza kuli K_O należą do bryły K — może być ona zrobiona z sera szwajcarskiego. Podobnie z faktu, że obraz Słońca oglądane z różnych stron jest kołem nie wynika, że Słońce wewnątrz nie jest puste.

Oczywiście każda z wyżej wymienionych hipotez wiąże się z wieloma konsekwencjami i ograniczeniami. W wyniku dokładnej analizy obserwacji zmian jasności oraz analizy widm cefeid trzeba było odrzucić *wszystkie* hipotezy oprócz teorii pulsacji, za którą przemawiają obecnie wszystkie znane argumenty.

Jednak kolejny kłopot sprawiła próba odpowiedzi na pytanie, dlaczego cefeidy pulsują, co je napędza, jak sprawny jest to silnik i jak długo może działać.

Doc. dr Jerzy STODÓŁKIEWICZ

W numerze 11 (59) Deltę zamieszczony był fragment starego podręcznika M. Heilperna „Pogadanki o Tajemnicach Przyrody”, w którym wskazano, jak doświadczalnie można symulować spłaszczony (elipsoidalny) kształt obracających się ciał niebieskich. I rzeczywiście, obracające się obiekty astronomiczne: Ziemia, inne planety, gwiazdy, galaktyki w wyniku obrotu przybierają kształty w mniejszym lub większym stopniu (zależnie od szybkości rotacji) odbiegające od kul. Lecz to, co podpowiada nam intuicja, że tak musi być zawsze, okazuje się złudne. Można wyobrazić sobie obiekty, które, mimo iż obracają się, mogą przez długi czas (przez wiele obrotów) zachować kształt kuli. Właśnie „wyobrazić”, a nie „odkryć je na niebie”, gdyż trudno wskazać naturalne sposoby, które mogłyby prowadzić do ich powstania. Można jednak przeprowadzić doświadczenie myślowe, które prowadziłoby do powstania obracającego się, a mimo to kulistego układu gwiazdowego. Układem gwiazdowym nazywamy zbiorowisko (zwykle wielu) gwiazd poruszających się w przestrzeni pod wpływem wzajemnych sił grawitacji. Wyobraźmy sobie nie obracający się sferyczno-symetryczny układ gwiazdowy. Gwiazdy poruszają się w nim po orbitach obejmujących środek masy układu a leżących w płaszczyznach dowolnie zorientowanych w przestrzeni. Załóżmy, że w układzie naszym mamy bardzo dużo gwiazd. Dobrymi przykładami układów spełniających te warunki są gromady kuliste (składające się z setek tysięcy lub milionów gwiazd), albo galaktyki typu E0 (na zdjęciach nieba wyglądają one jak okrągłe plamki, a są zbudowane z setek miliardów gwiazd).

Decydującą rolę w określeniu kształtu torów gwiazd w gromadzie gra siła oddziaływania całego układu na poszczególne gwiazdy; w pierwszym przybliżeniu gwiazdy poruszają się tak, jak gdyby siła grawitacyjna pochodziła nie od poszczególnych gwiazd, lecz od ośrodka ciągłego wypełniającego gromadę z gęstością proporcjonalną w każdym miejscu do średniej liczby gwiazd w jednostce objętości. Ponieważ gęstość ta prawie nie zmienia się w czasie, przeto i orbity gwiazd pozostają niezmiennie. Dopiero bliskie przejścia gwiazd w pobliżu siebie powodują znaczniejsze zmiany ich orbit. Ale zachodzi to bardzo powoli, wymaga okresów trwających miliardy lat. Jeżeli interesują nas okresy krótkie (powiedzmy, jakieś kilkadziesiąt milionów lat), to możemy uznać, że orbity gwiazd nie zmieniają się. Żaden zwrot ruchu gwiazd po ich orbitach nie jest wyróżniony, stąd moment pędu gwiazd w każdym miejscu w gromadzie (tzn. suma momentów pędu gwiazd znajdujących się w dowolnej części gromady) wynosi zero.

A więc, mimo iż każda z gwiazd obiega środek masy gromady i ma moment pędu na ogół od zera różny, gromada jako całość nie obraca się i nie dziwnie, że ma kształt kulisty. Przywołajmy teraz na pomoc demona Maxwella. Wiadomo, że osobnik ten umie bardzo wiele. Potrafi z naczyń z gazem wybierać określone cząstki, zmieniać kierunek biegu gwiazd, przenosić różne obiekty z jednych układów do innych... Jest w stanie robić jeszcze wiele innych rzeczy, o których nie mamy nawet pojęcia. W naszej gromadzie demon Maxwella najpierw zamontuje półpłaszczyznę (ma on w swym magazynie dowolne twory, figury i bryły geometryczne) tak, by jej krawędź przechodziła przez środek gromady. Następnie usiądzie on na tej krawędzi i będzie chwycił każdą gwiazdę przelatującą przez półpłaszczyznę. Ponieważ gromada nie obraca się, gwiazdy będą nadlatywać z obu stron. Połowa z nich przebiegać będzie półpłaszczyznę z jednej strony, połowa — z przeciwnej. Demon Maxwella przepuszczać będzie jednak bez zakłóceń ich ruchu tylko gwiazdy nadlatujące ku nam. Pozostałe — te, które docierają z naszej strony, zostają przez niego zawrócone na swych orbitach; zwrot ich prędkości zostaje zmieniony na przeciwny. Gwiazdy te poruszać się będą teraz wzdłuż tych samych torów co poprzednio, ale w przeciwnym kierunku. Nie uległ jednak zmianie rozkład gwiazd w gromadzie, nie zmieniły się orbity gwiazd, zachował się więc kulisty kształt gromady. Ale gromada już obraca się (jej moment pędu i zwrot prędkości katowej skierowane są teraz wzdłuż krawędzi półpłaszczyzny), gwiazdy biegną po swych orbitach wszystkie w tym samym kierunku.

Przy pomocy demona Maxwella uzyskaliśmy więc taki układ, o jaki nam chodziło: kulisty i obracający się. Demon Maxwella podczas naszego doświadczenia dostarczał układowi momentu pędu (nie zmienił jednak jego energii). Teraz już na zawsze gromada zachowa nadany jej moment pędu (chyba, że — jak to bywa w rzeczywistości — byłby on unoszony przez gwiazdy stopniowo uciekające z gromady) i zawsze się będzie obracać. Ale istotna zmiana jej kulistego kształtu będzie mogła zaznaczyć się dopiero po tysiącach obrotów gromady wtedy, kiedy po miliardach lat bliskie spotkania między gwiazdami doprowadzą do znacznych perturbacji ich orbit.