

Rozwiązanie zadania M 227.

Odcinek prostej o długości  $l$  nachylony pod kątem  $\alpha$  do linii siatki za pierwszym jej przyłożeniem da nam łączną liczbę przecięć

$$h = \left[ \frac{l}{a} \sin \alpha \right] + \left[ \frac{l}{a} \sin(\alpha + 30^\circ) \right] + \left[ \frac{l}{a} \sin(\alpha + 60^\circ) \right] + \dots + \left[ \frac{l}{a} \sin(\alpha + 150^\circ) \right]$$

przy czym możemy założyć, że  $0 \leq \alpha < 30^\circ$  (dlaczego?).

Gdy  $l/a$  jest dostatecznie duże, możemy przyjąć

$$h \approx \frac{l}{a} (\sin \alpha + \sin(\alpha + 30^\circ) + \dots + \sin(\alpha + 150^\circ)) = \frac{l}{a} (\sin \alpha (1 + \cos 30^\circ + \dots + \cos 150^\circ) + \cos \alpha (\sin 30^\circ + \dots + \sin 150^\circ)) = \frac{l}{a} (\sin \alpha + (2 + \sqrt{3}) \cos \alpha)$$

Wyrażenie w nawiasie jest, jak łatwo sprawdzić, zawarte w przedziale  $(2 + \sqrt{3}, \sqrt{6} + \sqrt{2})$ .



Prof. dr Józef SMAK

Historia nauki zna setki przykładów obiektów i procesów, które zostały najpierw przewidziane przez teorię (czasami tylko przez intuicję badaczy), a dopiero później odkryte w przyrodzie. W taki właśnie sposób biologowie odkrywali „brakujące ogniwa” w łańcuchu ewolucyjnym, fizycy znajdowali i nadal znajdują nowe cząstki elementarne, itd. Pełna takich przykładów jest również historia astronomii.

Najszerzej znana, bo opisana w każdym podręczniku astronomii i w dziesiątkach książek popularnych, jest historia odkrycia Neptuna. Zatem: znacie? znamy!, no to posłuchajcie. Aby jednak nie powtarzać tutaj znanych podręcznikowych opisów, przytoczę opis zawarty w książce „A Manual of Astronomy”, napisanej przez Henry Kiddle'a, a wydanej w Nowym Jorku w 1863 roku, a więc zaledwie 17 lat po odkryciu Neptuna:

„Neptun jest najdalszą znaną planetą w Układzie Słonecznym. Został po raz pierwszy zaobserwowany przez Dra Gallego z Berlina. Położenie tej planety, zanim została odkryta, było określone przez francuskiego matematyka Leverriera na podstawie analizy jej wpływu na ruch planety Uran. (...)

Nowa planeta została odkryta w okolicznościach, które stanowią największy triumf współczesnej nauki, największy odnotowany w kronikach ludzkiej wiedzy. Przez wiele lat obserwowano, że Uran porusza się w sposób niezgodny z przewidywaniami opartymi na najdokładniejszych rachunkach. Jedynym wytłumaczeniem była hipoteza, że w pobliżu Urana musi znajdować się inna planeta powodująca te zakłócenia. W ramach tej hipotezy dwaj matematycy, pan Adams z Anglii i pan Leverrier z Paryża, podjęli się obliczenia położenia tej nieznannej planety.

Nie wiedząc o sobie nawzajem, doszli do niewiele różniących się wyników. Pan Leverrier napisał do Dra Gallego w Berlinie, prosząc go o skierowanie teleskopu na określone miejsce na niebie. Galle zrobił to i znalazł planetę w miejscu odległym zaledwie o 1 stopień od wskazanego przez matematyka.”

Powyższy opis zdumiewa swą rzeczowością. Jeżeli brak w nim czegoś, to tylko opisu niepowodzeń J. C. Adamsa, którego apel o obserwacje, skierowany do dyrektorów obserwatoriów w Cambridge i Greenwich, został przez nich zlekceważony. Tym niemniej i wówczas i dziś triumf teorii przypisujemy ex aequo Leverrierowi i Adamsowi.

Jest jednak w opisie Kiddle'a jeszcze jedno zdanie, które wprawia w zdumienie: „Sądzi się, że Neptun ma dwa satelity”. I rzeczywiście, tylko że o ile pierwszy z nich — Tryton — został odkryty już w 1846 roku przez Lassella, to drugiego — Nereidę — odkrył Kuiper dopiero w 1949 roku! Przypomina to słynną historię satelitów Marsa, które na długo przed ich odkryciem opisał w „Podróżach Guliwera” Jonathan Swift. O domniemanych satelitach Marsa Kiddle nie wspomina, natomiast Uranowi przypisuje aż 6 księżyców, choć podówczas znano tylko 4. Zatem — fantazja autora?

Powróćmy w wiek dwudziesty. W 1967 roku na łamach poważnego czasopisma „The Astrophysical Journal” rozgorzała dyskusja wokół domniemanych gwiazd-pigmejów. Oto Fritz Zwicky ogłosił odkrycie kilku obiektów, które miały być stokrotnie słabsze od białych karłów, a które dodatkowo miały wyróżniać się innymi jeszcze osobliwościami. W ramach gwałtownej polemiki dwaj inni astronomowie, Allan Sandage i Olin Eggen wykazali, że rzekome pigmeje są białymi karłami. Wielu astronomów przypuszcza, że była to — ze strony Zwicky'ego — nieudana próba odkrycia gwiazd neutronowych, których istnienie przewidywano teoretycznie już w latach trzydziestych. Nastąpiło to wkrótce po odkryciu w 1932 roku przez Chadwicka nowej cząstki elementarnej — neutronu. Oppenheimer i Volkoff, a niezależnie od nich Landau, opracowali pierwsze modele gwiazd zbudowanych wyłącznie z materii neutronowej. Odkryte w ten sposób „przy biurku” gwiazdy neutronowe miały być bardzo małe, o rozmiarach rzędu kilkunastu kilometrów, a równocześnie miały odznaczać się niespotykanymi dotąd w astrofizyce wysokimi gęstościami. Modele gwiazd neutronowych wykazywały pewne podobieństwa do modeli białych karłów, których teorię w tym samym czasie opracował młodziutki astrofizyk hinduski Subrahmanyan Chandrasekhar. Oto w obydwu wypadkach rozmiary obiektu maleją ze wzrostem masy. W obydwu wypadkach istnieje pewne maksymalne ograniczenie na masę. Dla białych karłów zbudowanych głównie z helu ta nieprzekraczalna granica równa jest ok. 1,4 masy Słońca.

Rozwiązanie zadania M 226.

Mamy  $x^2 = a - \Delta x$  i równanie

$$(x')^2 = (x + \Delta/2 - \Delta^2/8x)^2 = x^2 + \Delta x - \Delta^2/4 + \Delta^2/4 - \Delta^2/8x + \Delta^4/64x^2 = a - \Delta^2/8x + \Delta^4/64x^2$$

Możemy teraz oszacować błędy  $h = x - \sqrt{a}$

$$\text{i } h' = x' - \sqrt{a}: \text{ponieważ } x^2 = (\sqrt{a+h})^2 = a + 2h\sqrt{a} + h^2, \text{ więc } |h| \approx \frac{|\Delta x|}{2\sqrt{a}} \approx \frac{|\Delta|}{2}$$

$$\text{analogicznie } |h'| \approx \frac{|\Delta^2|}{8x \cdot 2\sqrt{a}} \approx \frac{|\Delta^2|}{16a}$$

przybliżenia te są słuszne dla małych wartości  $h/a$ .

Tak więc  $|h'| \approx \frac{|\Delta^2|}{2a} \ll |h|$ , gdy tylko

$|h| < 1$ . Przyjmując np. za przybliżoną wartość

$\sqrt{1000}$  liczbę 32 otrzymamy:

$$\Delta = \frac{1000}{32} - 32 = -\frac{3}{8}, \quad h \approx \frac{3}{16}$$

$$x' = 32 - \frac{3}{16} - \frac{9}{64} \cdot \frac{1}{8 \cdot 32} \approx 31,622803$$

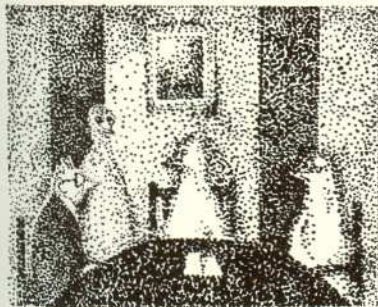
$$\text{i wreszcie } |h'| \approx \frac{|\Delta^2|}{16000} = \frac{27}{1024000} \approx$$

$$\approx \frac{3}{100000}$$

tak więc otrzymujemy 4 pewne cyfry po przecinku.

Nasz stały czytelnik, nr 187935418 zapytuje, czy naprawdę do rozwiązania problemu braku świeżego powietrza w jego brojlerni trzeba powoływać komisję ekspertów. Wystarczy przecież otworzyć okno

Drogi Czytelniku, jest przecież oczywiste, że mądrość ciała kolegialnego, stanowiąca sumę mądrości jego członków, jest gwarancją lepszego, bardziej przemyślanego rozwiązania. Gdy jeszcze uda się na drodze symulacji komputerowej ustalić optymalny rozkład gradientów termokonwekcji pseudostymulowanej, możemy być pewni, że to będzie TO. A poza tym radzimy unikać gwałtownych działań. W końcu już się chyba przyzwyczailiście. A co będzie, gdy po otwarciu okien doznacie szoku?



Oficjalne przyjęcie przedstawiciela naszego pisma w Brojlerni AZG/16/19 16TZ



a oto medal przyznany naszemu pismu



JEST WPROST PRZECIWNIE! Obserwujemy zwiększone zapotrzebowanie na poezję!



Zagadnienie bada komisja

Dla gwiazd neutronowych dokładna wartość analogicznej granicznej masy jest wciąż nieznaną. Wiąże się to z niepewnościami w znajomości równania stanu gazu neutronowego przy skrajnie wysokich gęstościach. Różne formy równania stanu prowadzą do wartości od ok. 1 do ok. 3 lub nawet 4 mas Słońca. Wreszcie nie ulega dziś wątpliwości, że zarówno białe karły, jak i gwiazdy neutronowe (a także czarne dziury) stanowią produkt końcowy procesu ewolucji gwiazd.

Niemal w tym samym czasie, gdy odkrycie pigmejów okazało się niewypałem, dokonano innego odkrycia. Oto w obserwatorium radiowym w Cambridge, pracująca pod kierunkiem Anthony Hewisha młoda doktorantka Jocelyn Bell Burnell realizowała program, którego celem było zbadanie zjawiska scyntylacji promieniowania radiowego w materii międzyplanetarnej. Zjawisko to jest w gruncie rzeczy tym samym, co migotanie gwiazd, tyle tylko, że w przypadku gwiazd odpowiedzialna za nie jest atmosfera ziemiska. W przypadku radiowym migotanie występuje tylko dla radioźródeł punktowych i one właśnie były przedmiotem obserwacji, prowadzonych zresztą za pomocą względnie prostego i taniego systemu antenowego w Cambridge. I oto pod koniec 1967 roku Jocelyn Bell Burnell zauważyła, że niektóre radioźródła wykazują zadziwiające zmiany. Pierwsze z nich pulsowało z okresem 1 1/3 sekundy i to z zadziwiającą regularnością; następne wykazywało nieco krótszy okres 1,2 sekundy; później odkryto jeszcze krótsze okresy. Początkowo, wśród wielu hipotez mających tłumaczyć nowe zjawisko, była i taka że mogą to być sygnały od odległych cywilizacji kosmicznych! Wkrótce jednak stało się jasne, że pulsary — bo tak nazwano nowo odkryte obiekty — mogą być tylko gwiazdami neutronowymi.

Szczegóły procesu, w wyniku którego wysyłane są pulsy promieniowania radiowego, są wciąż przedmiotem badań. Identyfikacja z gwiazdami neutronowymi opiera się natomiast na elementarnych niemal rozważaniach. Ścisłe okresowe zjawisko jest z reguły wynikiem działania jednego z dwu mechanizmów: pulsacji lub rotacji (obrotu) obiektu. W obydwu wypadkach im mniejszy jest obiekt, tym krótszy jest (lub może być) okres zjawiska. Zachodzi tu pełna analogia z wahadłem, które im krótsze, tym krótszy ma okres wahań. Trzeba było szukać odpowiedzi wśród najmniejszych obiektów astronomicznych. Okresy rzędu sekundy mogły „pasować” równie dobrze do gwiazd neutronowych, jak i do białych karłów. Kiedy jednak odkryto pulsary o okresach rzędu kilku setnych sekundy na placu boju pozostawały tylko gwiazdy neutronowe.

Dalsze rozważania wykluczyły możliwość pulsacji i wreszcie jedynym pasującym do faktów modelem okazał się model latarni morskiej: szybko obracającej się gwiazdy neutronowej wysyłającej wąską wiązkę promieniowania radiowego. Szczególnie efektywnym potwierdzeniem hipotezy gwiazd neutronowych stało się odkrycie, iż pulsarem jest jądro Mgławicy Krab, pozostałości po wybuchu gwiazdy supernowej w 1054 roku. Z teorii ewolucji gwiazd wiadomo było już wcześniej, że zagęszczone podczas wybuchu jądro gwiazdy supernowej staje się właśnie gwiazdą neutronową. Pulsar w Krabie stał się również pierwszym, którego błyski zaobserwowano również w dziedzinie optycznej, a potem w całym przedziale widma.

Za odkrycie pulsarów Hewish otrzymał w kilka lat później nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki. Niektórzy komentatorzy tego faktu byli zdania, iż nagroda ta w równym stopniu należała się jego doktorantce. W gruncie rzeczy kandydatów do nagrody za odkrycie gwiazd neutronowych byłoby więcej. Oto bowiem w ciągu lat sześćdziesiątych ustalono, że gwiazdy neutronowe wchodzi w skład układów podwójnych będących źródłami promieniowania rentgenowskiego.

W układach tych, podobnie jak w wielu innych układach podwójnych, obserwujemy przepływ materii od jednego składnika do drugiego. Opadaniu materii na składnik „przyjmujący” towarzyszy wydzielenie określonej ilości energii: następuje zamiana energii mechanicznej na promieniowanie. Ilość energii, jaka musi być wypromieniowana zależy zarówno od tego, jakie jest tempo przepływu materii, jak i od tego jak przebiega proces „spadania”. Ten drugi czynnik określa także typ wysyłanego promieniowania. Łatwo zrozumieć, że proces będzie bardzo gwałtowny przy spadku na względnie mały obiekt (przy założeniu że różnice w masie obiektu nie mogą być duże; powiedzmy, że chodzi o obiekt o masie równej masie Słońca). Mówiąc obrazowo, materia spadająca na gwiazdę taką jak Słońce, o rozmiarach rzędu wiekuset tysięcy kilometrów, nie może rozpedzić się do zbyt wielkich prędkości. Ta sama materia opadająca na gwiazdę neutronową, o rozmiarach rzędu zaledwie kilkunastu kilometrów, osiągnąć może znacznie większą prędkość i wyhamowanie jest w tym wypadku znacznie gwałtowniejsze. Okazuje się, że musi w takiej sytuacji powstawać wysokoenergetyczne promieniowanie rentgenowskie.

Podwójne układy rentgenowskie stanowią ważne ogniwo w łańcuchu ewolucyjnym pewnych typów ciasnych układów podwójnych. Są one, obok obiektów typu Mgławicy Krab, świadectwem wybuchów gwiazd supernowych. Ale czy cała ta różnorodność form i bogactwo zjawisk zostały przewidziane przez tych, którzy ponad 40 lat temu odkrywali przy biurku gwiazdy neutronowe?