Przerwa Cassiniego i przerwa Enckego

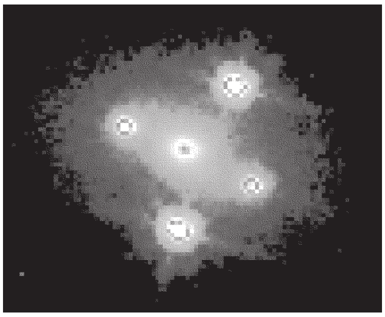
Wykonane przed laty przez sondy Pioneer zdjęcia pierścieni Saturna ujawniły, że wyglądają one jak dawnego typu płyta gramofonowa. Składają się z mnóstwa wąskich jasnych pierścieni poprzedzielanych mnóstwem wąskich przerw. Z Ziemi przez średnie teleskopy widać tylko trzy szerokie pierścienie oznaczone symbolami A, B i C (kolejno coraz bliższe Saturnowi). Najjaśniejszy jest pierścień B o promieniu wewnętrznym równym 1,52 i zewnętrznym 1,95 promienia planety (wynoszącego 60 000 km). Od pierścienia A oddziela go przerwa, widoczna za pomocą nawet niewielkich teleskopów amatorskich, zwana **przerwą Cassiniego**, dość szeroka, bo aż na 4500 km. Jej promień wynosi w przybliżeniu 2 promienie Saturna.

Kto przeczytał notatkę o oknach Kirkwooda w pasie planetoid, niewątpliwie zacznie podejrzewać, że brak lodowych bryłek w przerwie Cassiniego może też jest skutkiem rezonansowego oddziaływania z jakimiś satelitami Saturna. Wybór jest duży, więc szukanie rezonansów na ślepo może być zajęciem trochę nużącym. Najmasywniejszy satelita, Tytan, obiega Saturna trochę za daleko, by rezonans z nim cząstki obiegającej Saturna w przerwie Cassiniego był niskiego rzędu – promień jego orbity to 20 promieni planety. Za to najbliższy i w miarę masywny Mimas – to właśnie to. Promień jego orbity wynosi 3,1 promieni Saturna, więc rezonans z przerwą Cassiniego wynosi $(3{,}1\,/\,2)^{3/2} \approx 2/1$. Stwierdzamy więc, że ten właśnie niskiego rzędu rezonans z Mimasem musi być przyczyną istnienia przerwy. Dlaczego jest ona tak szeroka? To zupełnie inna i dużo trudniejsza sprawa.

Trudniejsza też sprawa jest z drugą dość słynną przerwą w pierścieniach, mianowicie **przerwą Enckego**. Znajduje się ona w pierścieniu A, blisko jego zewnętrznej krawędzi. Jest szeroka na 330 km i jej promień jest równy 2,23 promieni Saturna. Rezonans z Mimasem wynosi więc $(3{,}1\,/\,2{,}23)^{3/2} \approx 8/5$. Można by uznać, że jest to właściwy wynik, gdyby nie fakt, iż w przerwie Enckego obiega Saturna jego najbliższy satelita, Pan. Dlaczego rezonans nie wyrzucił go z przerwy?

T. K.

Krzyż Einsteina

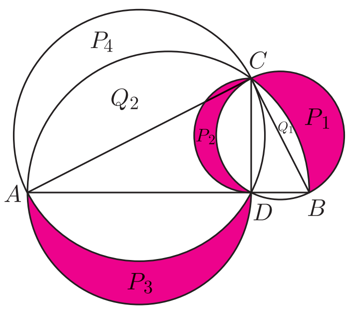


Jednym ze zjawisk przewidzianych przez ogólną teorię względności Einsteina jest ugięcie kierunku rozchodzenia się promieni świetlnych w polu grawitacyjnym masywnego obiektu, np. gwiazdy. Ugięcie to jest wynikiem zakrzywienia czasoprzestrzeni ściśle związanego z występowaniem pola grawitacyjnego: im silniejsze jest pole grawitacyjne w przestrzeni, tym większe jest jej zakrzywienie. A według ogólnej teorii względności promienie świetlne poruszają się po tzw. liniach geodezyjnych, czyli krzywych będących (lokalnie) najkrótszymi drogami.

Ugięcie przez Słońce światła pochodzącego od odległych gwiazd zostało po raz pierwszy zaobserwowane w czasie zaćmienia Słońca w 1919 roku. W przypadku, gdy źródło światła znajduje się dokładnie na linii łączącej masywny obiekt zakrzywiający czasoprzestrzeń z obserwatorem, zamiast punktowego źródła światła zobaczymy świetlną otoczkę wokół tego obiektu. Spodziewamy się zaobserwować taki efekt wokół czarnej dziury, która sama w sobie nie promieniuje światła, a wytwarza silne pole grawitacyjne uginające promienie światła koło niej przechodzące.

Obecnie obserwujemy tzw. **Krzyż Einsteina** (nazwany tak na cześć twórcy teorii względności), gdzie pojedynczy obiekt – źródło światła – jest widziany poczwórnie. Promieniowanie wytwarzane przez odległy kwazar zostaje lekko ugięte przez duże skupienie mas w znajdującej się po drodze galaktyce – obserwujemy dwa obrazy przesunięte względem siebie, oraz następne dwa w innej płaszczyźnie. Obserwowane różnice w jasności obrazów kwazara biorą się z różnicy dróg optycznych pokonywanych przez światło, która powoduje i to, że każda para obrazów odpowiada innemu momentowi.

E. Cz.



Rozwiązanie zadania M 1001.
Wykażemy najpierw, że suma pól księżyców Hipokratesa opartych na przyprostokątnych jest równa polu trójkąta ABC. Mamy

$$P_1 + P_4 = (Q_2 + P_4) + (Q_1 + P_1) - (Q_1 + Q_2) = \text{⌓}\,AB - (Q_1 + Q_2) = P_{\triangle ABC},$$

gdyż suma kwadratów średnic AC i BC jest równa kwadratowi średnicy AB. Zauważmy dalej, że księżyce o polach P_2, P_3, P_4 są figurami podobnymi. Są to przecież księżyce Hipokratesa oparte na dłuższej przyprostokątnej w podobnych trójkątach prostokątnych BDC, CDA i BCA. Pole każdego z tych księżyców stanowi więc tę samą część pola trójkąta, na którym jest on oparty. Ponieważ $P_{\triangle BCD} + P_{\triangle CDA} = P_{\triangle BCA}$, więc $P_2 + P_3 = P_4$. Zatem $P_1 + P_2 + P_3 = P_1 + P_4 = P_{\triangle ABC}$.