

Potocznie mówi się czasem, że wiado gwiazdy jest jakby jej paszportem, co ma oznaczać, że paszport ten zawiera informacje charakterystyczne akurat dla tej gwiazdy i nic poza tym. Tymczasem tak nie jest. Nie zapominajmy bowiem, że przestrzeń między powierzchnią (fotosferą) gwiazdy a obserwatorem nie jest pusta i rozproszona tam materia zawsze może wzbogacić widmo odległej gwiazdy o linie widmowe nie mające z tą gwiazdą nic wspólnego. Tak np. w widmie Słońca (oczywiście – innych gwiazd także, ale u Słońca najłatwiej to zauważyć) występują linie pochodzące od gazów ziemskiej atmosfery. Z kolei w widmach wielu gwiazd obecne są linie pochodzące od materii międzygwiazdowej, a zorientowano się w tym na podstawie obserwacji widm gwiazd podwójnych. Mianowicie, wskutek ruchu obiegających się składników gwiazdy podwójnej ich promieniowanie musi podlegać zjawisku Dopplera. W wyniku tego linie w widmach obu gwiazd muszą rytmicznie zmieniać swoje obserwowane długości fal z okresem równym okresowi obiegu składników – zjawisko to obserwuje się w licznych przykładach. Tymczasem okazało się, że niektóre linie nie biorą udziału w tych wahaniach, ich długości fal są niezmiennie. Zinterpretowano to właśnie międzygwiazdowym ich pochodzeniem (Johannes Franz Hartmann, 1905) i fakt ten stał się koronnym dowodem istnienia rozproszonej materii międzygwiazdowej.

Krótko mówiąc: bez dokładniejszego zbadania nie ma właściwie nigdy całkowitej pewności, że dana linia widmowa pochodzi z atmosfery gwiazdy. A może to mieć dość ważne konsekwencje. Nikogo nie dziwią linie międzygwiazdowe w widmach gwiazd położonych w Drodze Mlecznej. Tymczasem już satelity Copernicus i IUE zaobserwowały u pewnych gorących gwiazd leżących w dużych szerokościach galaktycznych linie absorpcyjne wysoko zjonizowanego węgla, tlenu i azotu świadczące o temperaturze co najmniej 200 000 K. Zdawałoby się, że też nic w tym nadzwyczajnego, bowiem pierwiastki te w gwiazdach występują, a w ich koronach panuje temperatura jeszcze wyższa.

Kłopot w tym, że w widmie np. korony słonecznej widać silne linie wysoko zjonizowanego żelaza, niklu czy wapnia, a nie wspomnianych wcześniej pierwiastków. Samo zresztą zestawienie pierwiastków C, N, O kojarzy się nam od razu z wnętrzem gwiazd – są to wszak pierwiastki katalizujące w gorących gwiazdach reakcje łączenia się wodoru w hel. Być może to właśnie podsunęło badaczom myśl, że ten międzygwiazdowy węgiel, tlen i azot pochodzą z wnętrza gwiazd i tak wysunięto hipotezę tzw. fontann galaktycznych. Według niej wybuchy supernowych powodują rozproszenie gorącej (wiele milionów stopni) materii gwiazdowej również daleko poza płaszczyznę Galaktyki. Wyrzucona tam materia stygnie, rozprasa się i po czasie szacowanym na kilka milionów lat wraca do płaszczyzny Drogi Mlecznej.

Rzecz jasna, pięknie byłoby zobaczyć bezpośrednią emisję promieniowania przez ten gaz. I tak się też stało. Aparatura zbudowana przez Christophera Martina i Stuarta Bowyera z Berkeley (Kalifornia) i zainstalowana na wahadłowcu *Columbia* zarejestrowała emisyjne linie widmowe C, N, O, odpowiadające omawianym wyżej liniom absorpcyjnym, pochodzące z przestrzeni międzygwiazdowej nawet z okolic biegunów galaktycznych.

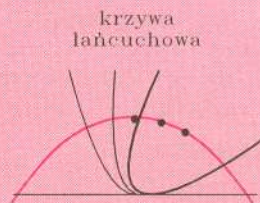
Tomasz KWAST

krażka – wykreślmy okrąg, a jeśli na brzegu krażka – krzywa, która ma ostrza zamiast „pętelek”.

A jakie nowe kształty krzywych otrzymamy, gdy sporządzimy nowe krażki i nowe szablony różniące się wielkością? Jak już zauważyliśmy, na kształt krzywej wpływają nie wielkości  $r$  i  $R$ , ale ich stosunek. Dlatego zamiast wykonywać nowe szablony i nowe krażki, wystarczy wykorzystać którykolwiek z posiadanych szablonów wykonując jedynie dodatkowe krażki (lub odwrotnie). Dobierając  $r$  i  $R$  tak, by stosunek  $r/R$  był liczbą wymierną z przedziału  $(0, 1)$ , możemy dostać krzywą zamkniętą o dowolnej, z góry zadanej, liczbie pętli. Dla  $r/R$  równego 0 lub 1 dostajemy, oczywiście, okręgi, a dla  $r/R$  będącego liczbą niewymierną z przedziału  $(0, 1)$ , dostajemy krzywą otwartą.

## Rodzina krzywych cykloidalnych

Wszystkie krzywe, które możemy otrzymać za pomocą „magicznego krażka”, zajmują specjalne miejsce w matematyce. Wchodzą w skład licznej rodziny krzywych zwanych **ruletami**, tzn. krzywych, które dostajemy w wyniku toczenia się jednej figury po drugiej. Trochę ściślej, rulety są to trajektorie punktów sztywno związanych z jakąś krzywą, toczącą się po innej krzywej. Np. trajektorią ogniska paraboli toczącej się po prostej jest tzw. linia łańcuchowa, mająca kształt luźno zwisającego długiego łańcucha, którego oba końce umocowane są na tej samej wysokości.



Rys. 2

Trajektorią punktu prostej toczącej się po okręgu jest tzw. ewoluta okręgu. W kinematyce znane jest twierdzenie, które mówi, że każda krzywa otrzymana za pomocą mechanizmu przegubowego jest ruletą.



Rys. 3