

1. Skutki FOM - Pulsacja cefeid

Model pulsacji liniowej

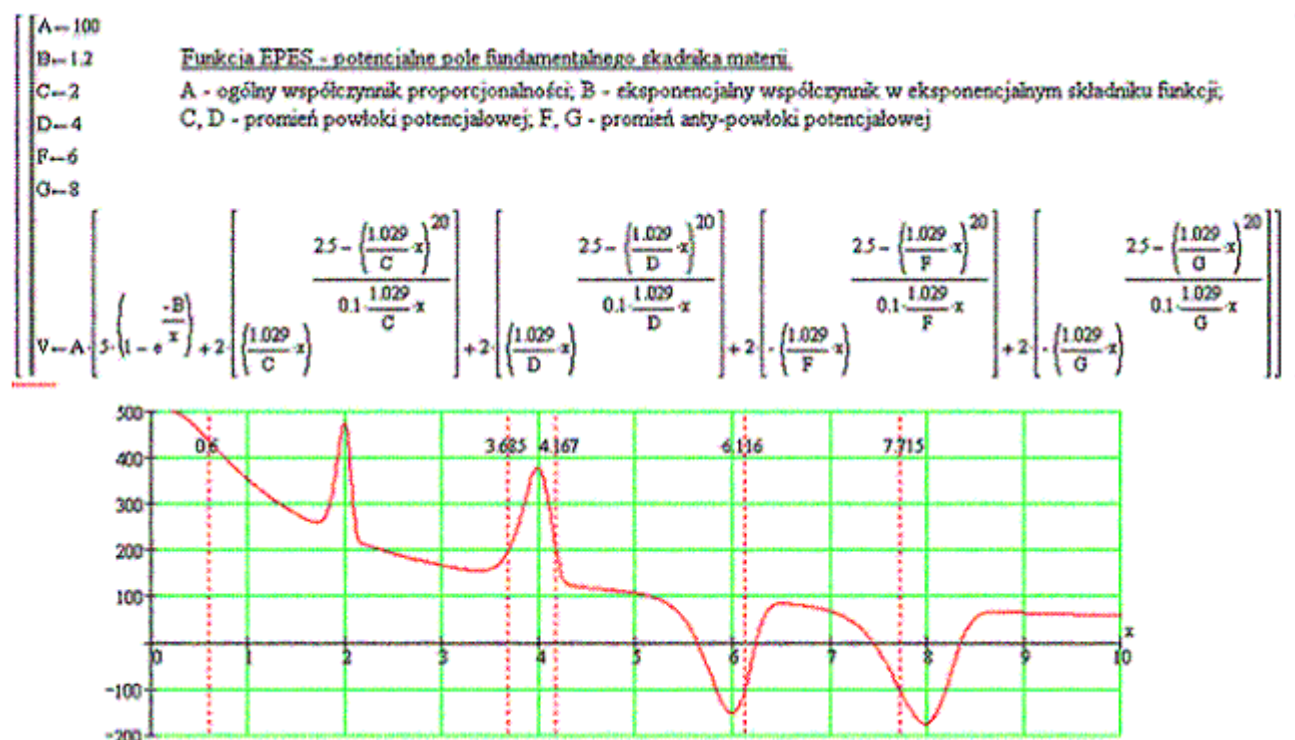
Grawitacyjne oddziaływanie i strukturalne oddziaływanie

Aby móc swobodniej posługiwać się pojęciem fundamentalnego oddziaływania materii (FOM) dla celów opisowych zostało ono rozdzielone na dwie składowe - na składową grawitacyjną FOM, albo inaczej, grawitacyjne oddziaływanie, i składową strukturalną FOM, albo inaczej, strukturalne oddziaływanie. Każda z tych dwóch składowych oddziaływań w materii - w każdej cząstce, a także w małych i dużych skupiskach cząstek - pełni właściwą dla siebie rolę.

Grawitacyjna składowa FOM jest to ta część oddziaływania między cząstkami materii, która jest znana przede wszystkim z prawa powszechnego ciążenia. Grawitacyjne oddziaływanie daje o sobie znać w przyrodzie przede wszystkim przy oddziaływaniach na ogromne odległości, jakie istnieją między niebieskimi ciałami w kosmosie, na przykład, między ciałami w układach planetarnych. Ale przejawia się ono także w ten sposób, że materia w ciałach niebieskich jest coraz bardziej zagęszczona w kierunku centrum każdego z tych ciał.

Strukturalna składowa FOM jest to ta część oddziaływania między cząstkami materii, dzięki której z cząstek mogą tworzyć się różnorodne układy strukturalne. Strukturalne oddziaływanie zapewnia strukturom stabilność, jest czynnikiem, który daje im trwałość i sprężystość. Strukturalne oddziaływanie jest możliwe dzięki istnieniu rozkładu potencjałów wokół centrum cząstek, który to rozkład (rozmieszczenie) potencjałów został nazwany potencjałową powłoką.

Dla opisu i modelowania oddziaływań, grawitacyjnego i strukturalnego, przydatna jest funkcja EPES, która zawiera eksponencjalną składową (w postaci funkcji E) oraz składową polipotęgową sumowaną (w postaci funkcji PES). Przykładowy wzór takiej funkcji, która opisuje rozkład potencjałów wokół centralnego punktu cząstki materii, oraz jej wykres jest przedstawiony poniżej.



Na wykresie widać nałożone na siebie dwie składowe funkcje potencjału. Jedna z nich przedstawia rozkład potencjału składowej grawitacyjnej wzdłuż dowolnego promienia, jaki można poprowadzić z centralnego punktu cząstki, a druga przedstawia zmiany potencjału składowej strukturalnej. Pierwsza składowa zmienia się w taki sposób, że przyspieszenie, które pochodzi od grawitacyjnego oddziaływania i

jest nadawane innym cząstkom, które znajdują się w takim polu, jest stale skierowane do centralnego punktu tego pola (pochodna matematycznej funkcji, która ją opisuje, jest stale ujemna). Natomiast druga składowa, czyli składowa PES, zmienia się w taki sposób, że istnieją w niej pewne wyróżniające się zakresy odległości od centralnego punktu pola (np. zaznaczone jako 3,685-4,167 oraz 6,116-7,715). W tych zakresach odległości przyspieszenie, które pochodzi od strukturalnego oddziaływania, kieruje znajdujące się w tym polu cząstki w taki sposób, aby drgały one wokół miejsca, gdzie przyspieszenie wynosi zero. Są to miejsca z maksymalnym potencjałem, który znajduje się w tych zakresach odległości od centralnego punktu pola - jedno takie miejsce znajduje się przy $x \approx 4$, a drugie przy $x \approx 6,5$. Dzięki takim miejscom wokół centralnych punktów cząstek, które istnieją w postaci koncentrycznych obszarów otaczających centralne punkty cząstek, istnieje strukturalne oddziaływanie i istnieją stabilne struktury.

Pulsowanie stabilnej struktury - rola grawitacyjnego oddziaływania

Pulsujące gwiazdy są astronomom dobrze znane. Cefeidy pulsują zmieniając okresowo swoje rozmiary oraz jasność. Okres zmian dla różnych gwiazd jest różny - wynosi on od 1 do 150 dni. Podobnie pulsują inne gwiazdy oraz nasze Słońce. Pulsacje są różnorodne - jedne mniej, drugie bardziej złożone. Ale najprostsze pulsacje mają charakter radialny, czyli polegają one na okresowych zmianach wymiarów gwiazd, na ich kurczeniu się i rozszerzaniu.

Aby wyjaśnić mechanizm drgań tych ogromnych skupisk materii, należy odwołać się do wspólnego funkcjonowania dwóch składowych fundamentalnego oddziaływania materii, czyli do strukturalnego oddziaływania i grawitacyjnego oddziaływania. Aby zrozumieć to, co dzieje się z materią gwiazd, wystarczy posłużyć się modelującymi programami komputerowymi NucleonStand.exe i NucleonStandPES.exe i skorzystać z przygotowanych plików roboczych w formacie leo.*)

Po skopiowaniu programów i pomocniczego pliku "Pulsacja"*) trzeba za pomocą programu modelującego NucleonStand.exe otworzyć roboczy plik NS_Pulsacja_Linii_a.leo. Po uruchomieniu działania programu można obserwować pulsacje liniowego układu strukturalnego. Aby można było mierzyć czas pulsacji (w postaci ilości zliczanych iteracji) należy ustawić kursor na "0", które znajduje się przy "Time:" na pulpicie programu, i dwukrotnie nacisnąć na lewy klawisz myszki. (W podobny sposób można zatrzymać zliczanie iteracji obliczeniowych.) Obserwację rozszerzania się i kurczenia struktury liniowej należy prowadzić posługując się tablicą "Listing", w której są wyświetlane bieżące parametry poszczególnych składowych cząstek liniowego układu strukturalnego. Można to robić obserwując np. jak zmienia się współrzędna X skrajnej cząstki z numerem "1" lub "40".**)

Z obserwacji wynika, że połowa okresu pulsacji liniowego układu cząstek (czyli między skrajnymi stanami skurczenia i rozszerzenia struktury) wynosi około 950 iteracji. W przybliżeniu, w połowie tego odcinka czasu (w procesie między maksymalnym wydłużeniem i maksymalnym skróceniem liniowego układu cząstek) prędkość cząstek jest największa. Oznacza to, że w takich miejscach następuje zmiana znaku wypadkowego przyspieszenia, jakie działa na cząstki.

W zestawie roboczych plików w formacie leo znajduje się plik NS_Pulsacja_Linii_b.leo. Zapisane w nim są właśnie takie parametry wyjściowe, gdy cząstki miały (w przybliżeniu) największe prędkości podczas rozszerzania liniowego układu. Plik ten został wykonany w celu porównania zagęszczenia cząstek, jakie powstaje w wyniku istnienia grawitacyjnego oddziaływania, z zagęszczeniem cząstek w sytuacji, gdyby takie grawitacyjne oddziaływanie nie istniało.

Dla takiego porównania został stworzony plik NSPES_Pulsacja_Linii.leo. Został on stworzony za pomocą programu modelującego NucleonStandPES.exe, w którym przyspieszanie cząstek odbywa się jedynie za pomocą strukturalnego oddziaływania. Czyli przyspieszaniem cząstek w tym programie steruje jedynie pochodna matematycznej funkcji PES.****)

Roboczy plik NSPES_Pulsacja_Linii.leo powstał w taki sposób, że drgania oraz deformacje liniowej struktury, pochodzące od grawitacyjnego oddziaływania, zostały wygaszone. W zapisanym (w tym pliku) liniowym układzie strukturalnym cząstki drgają i są względem siebie rozmieszczone w przybliżeniu równomiernie. Ten właśnie plik NSPES_Pulsacja_Linii.leo może służyć także do badania grawitacyjnego wpływu na pulsację struktury. Jeśli ten plik otworzyć za pomocą programu NucleonStand.exe, to można

obserwować, jak zaczyna rozwijać się proces pulsacji struktury oraz rośnie zagęszczanie rozmieszczenia składników strukturalnych. Półokres pulsacji również w tym przypadku wynosi około 950 iteracji obliczeniowych.

Istnienie pulsacji radialnej w strukturze jest nieuniknione z tego względu, że istnieją dwa składowe oddziaływania: grawitacyjne i strukturalne. W strukturze oba te rodzaje oddziaływań nakładają się na siebie i wspólnie tworzą proces pulsacji radialnej. Można sobie wyobrazić taką sytuację, w której strukturalne oddziaływania nie istnieją. Wówczas nie mogłyby powstać jakiegokolwiek trwałe struktury. Cząstki materii poruszałyby się w różnych kierunkach w obrębie niebieskiego ciała, a ten ruch byłby wynikiem grawitacyjnego oddziaływania. Istniałaby tendencja do coraz większego zagęszczania materii w kierunku centrum ciała. Ale przy funkcjonowaniu jedynie grawitacyjnego przyspieszenia nie mogłyby powstać warunki dla radialnej pulsacji niebieskiego ciała. Bo do tego jest niezbędna cecha, którą w skrócie można określić jako sprężystość materii, a ta cecha może powstać jedynie dzięki strukturalnemu oddziaływaniu.

Grawitacyjne zagęszczenie struktury

Różne rozkłady gęstości materii (o których wspomniano powyżej) są przedstawione w dwóch najprostszych modelowanych sytuacjach - ich wyniki znajdują się poniżej.

Nr	X	Różnica odległości
1	-21,0579643582543	
2	-18,9335121619416	21.057964 - 18.933512 = 2.124452
3	-16,8103660051313	18.933512 - 16.810366 = 2.123146
19	19,228090438208	
20	21,3469756097561	21.346976 - 19.228090 = 2.118886
21	23,4658607813042	23.465861 - 21.346976 = 2.118885
22	25,5847664526827	25.584766 - 23.465861 = 2.118905
38	59,5043172246435	
39	61,6274633814538	61.627463 - 59.504317 = 2.123146
40	63,7519155777665	63.751916 - 61.627463 = 2.124453

Plik NS_Pulsacja_Linii_b.leo - Zagęszczenie cząstek

Nr	X	Różnica odległości
1	-21,2047047113928	
2	-19,0773181734794	21.204705 - 19.077318 = 2.127387
3	-16,9499293860256	19.077318 - 16.949929 = 2.127389
19	19,2194821783259	
20	21,3469756097561	21.346976 - 19.219482 = 2.127494
21	23,4744690411863	23.474469 - 21.346976 = 2.127493
22	25,6021516680989	25.602152 - 23.474469 = 2.127683
37	57,5165632217733	
38	59,6438806055378	59.643881 - 57.516563 = 2.127318
39	61,7712693929916	61.627463 - 59.643881 = 1.983582
40	63,898655930905	63.898656 - 61.771269 = 2.127387

Plik NSPES_Pulsacja_Linii.leo - Zagęszczenie cząstek

Te sytuacje są zapisane w roboczych plikach NS_Pulsacja_Linii_b.leo i NSPES_Pulsacja_Linii.leo. Porównując odległości, można dostrzec różnice w rozkładzie gęstości rozmieszczenia 41 cząstek wzdłuż liniowej struktury. Gdy między cząstkami brakuje grawitacyjnego oddziaływania (co jest możliwe jedynie w rozważaniach teoretycznych i w modelu zjawiska, ale nie w naturalnych warunkach, w przyrodzie), wówczas cząstki są rozmieszczone wzdłuż liniowej struktury w przybliżeniu równomiernie. Natomiast, gdy funkcjonuje grawitacyjne oddziaływanie między cząstkami, wówczas odległości między cząstkami są tym mniejsze, im bliżej środka liniowej struktury są one położone.***)

Model pulsacji przestrzennej

Pulsację liniową można wykorzystać do interpretacji bardziej złożonego procesu w postaci pulsacji przestrzennej. Można sobie wyobrazić wiele długich struktur liniowych, które łączą się ze sobą w pewnym centralnym punkcie i są skierowane we wszystkie możliwe strony. Można sobie wyobrazić, że wszystkie cząstki składowe tych liniowych struktur mają jedynie takie powłoki potencjałowe, które zapewniają strukturalne oddziaływania tylko z sąsiednimi, najbliższymi cząstkami z danej liniowej struktury. Oddziałują one ze sobą także grawitacyjnie. Natomiast oddziaływanie między cząstkami, które wchodzi w skład różnych (sąsiednich, bliższych i dalszych) liniowych struktur jest wyłącznie oddziaływaniem o charakterze grawitacyjnym. W wyobraźni można zobaczyć, że z powodu braku strukturalnych oddziaływań między sąsiednimi liniami (które byłyby realizowane przez ich cząstki składowe) drgania liniowych struktur, w postaci ich wydłużania się i skracania, odbywają się w sposób zupełnie nie skoordynowany. To znaczy, najczęściej jest tak, że gdy jedna linia znajduje się na takim etapie procesu pulsowania, że jest maksymalnie wydłużona, to w sąsiednich liniach procesy ich pulsacji nie są w żaden sposób skoordynowane ani ze sobą, ani z procesem pulsacji danej linii. Inaczej mówiąc, procesy pulsacji w różnych liniach przebiegają w przybliżeniu z takimi samymi częstotliwościami, bo długości linii są w przybliżeniu jednakowe. Ale pulsacje poszczególnych linii istnieją na różnych etapach (w różnych fazach) rozwoju.

Jeśli patrzeć na te wszystkie pulsacje jak na procesy, które zachodzą po sąsiedzku w tym samym czasie, to wszystkie one zachodzą bez żadnego związku ze sobą, można powiedzieć, że zachodzą "bez ładu i składu". Główną przyczyną tego (obserwowanego w wyobraźni) procesu jest to, że między cząstkami z różnych linii nie istnieje strukturalne oddziaływanie. Bo do powstania jakiegokolwiek związku między zachowaniami sąsiadujących ze sobą linii niezbędne jest istnienie strukturalnego oddziaływania, a tego właśnie brakuje.

Teraz można wyobrazić sobie, że na początku jest taka właśnie bezładna sytuacja, jak przedstawiona

powyżej. Ale nagle pojawia się i zaczyna funkcjonować strukturalne oddziaływanie między cząstkami z sąsiednich linii. Co teraz będzie się działo?

Przede wszystkim, będzie dochodzić do porządkowania ruchu cząstek i stopniowo zaczną powstawać pewien skoordynowany ruch pulsacyjny wszystkich linii razem w jednym zbiorczym procesie. Globalny rozwój sytuacji będzie następował w tym kierunku, aby wszystkie linie pulsowały w sposób skoordynowany, czyli aby pulsowały ze sobą w fazie tak, aby to była pulsacja struktury jako jednej całości, jako jednego ciała.

Jest to pewien wyidealizowany obraz sytuacji. W naturze nie jest tak idealnie. Ale pomimo że w rzeczywistych ciałach niebieskich istnieje wiele przyczyn, które zakłócają "czysty obraz" radialnych pulsacji, to współdziałanie dwóch oddziaływań: grawitacyjnego i strukturalnego, skutecznie daje o sobie znać właśnie w postaci radialnych pulsacji ciał niebieskich. I właśnie ten proces jest obserwowany w postaci pulsacji cefeid oraz innych gwiazd.

Na radialne pulsacje gwiazd można spojrzeć z jeszcze innego punktu widzenia. Kurczenie się gwiazdy można traktować jako spadanie materii gwiazdy w kierunku jej centrum, które zachodzi pod wpływem grawitacyjnego oddziaływania. Podczas tego procesu dochodzi do sprężania materii, do coraz bardziej pogłębiającego się zmniejszania odległości między sąsiednimi składnikami materii. Zmniejszanie odległości między składnikami materii jest równoważne temu, że te składniki wchodzą w obszary potencjalnego pola swoich najbliższych sąsiadów, w których istnieje przyspieszanie sąsiadów w kierunku ich oddalania od siebie. Powstaje więc sytuacja, że materia, a raczej jej składniki odbijają się od siebie nawzajem i proces zaczyna przebiegać w przeciwną stronę. Czyli następuje rozprężanie materii i rozszerzanie się gwiazdy. Rozszerzanie gwiazdy kończy się, gdy grawitacyjne oddziaływanie wyhamowuje ruch materii oddalającej się od centrum gwiazdy. Ten proces jest podobny do hamowania ruchu kamienia, który został wyrzucony pionowo w górę. W koncu rozprężanie materii zatrzymuje się i ponownie zaczyna się proces kurczenia gwiazdy. *****)

*) Wymienione programy znajdują się w paczce plików na http://nasa_ktp.republika.pl/PaczkaNucleonStand.zip; w pracy z programami może być pomocna krótka instrukcja znajdująca się na http://nasa_ktp.republika.pl/Programy.html; robocze pliki w formacie leo, w których są zapisane początkowe parametry dla modelowanych zjawisk fizycznych znajdują się na http://nasa_ktp.republika.pl/Pulsacja.zip.

**) Zmiana parametrów cząstek, z "X" na "u(x)" lub odwrotnie, które są wyświetlane w tablicy "Listing", następuje po dwukrotnym kliknięciu lewym klawiszem myszki, gdy kursor znajduje się na białym polu tablicy. Przyspieszenie wyświetlania na ekranie komputera biegu modelowanego procesu można uzyskać po dwukrotnym kliknięciu lewym klawiszem myszki, gdy kursor znajduje się na przycisku "Show Listing". Do wyzerowania prędkości wszystkich cząstek, jakie istnieją w danym momencie, aby je zapisać jako parametry wyjściowe dla nowego roboczego pliku w formacie leo, służy przycisk "0", który znajduje się w pobliżu sterującej części pulpitu z wieloma strzałkami.

***) Parametry opisujące cząstki, układy cząstek, czas trwania modelowanych procesów, prędkości cząstek, ich przyspieszenia itd., nie dotyczą żadnych konkretnych sytuacji fizycznych z natury. Są one związane jedynie z komputerowym modelowaniem ogólnych procesów fizycznych, aby na tej podstawie móc wyjaśniać i prezentować mechanizm przebiegu tych procesów. Z tego powodu w modelowanych sytuacjach te parametry występują jedynie w postaci zapisanych liczb, bez podawania konkretnych jednostek miary.

****) **Informacja uzupełniająca:**

Informacja dla osób, które chcą wypróbować modelujące programy "NucleonStand":

Komputerowe programy modelujące, które można skopiować na "stronie pinopy", pracują poprawnie na komputerach z systemami Windows ME i Windows XP.

Być może, że będą one poprawnie pracowały również z innymi systemami Windows, ale to wymaga sprawdzenia.

Po rozpakowaniu programu modelującego i po jego otwarciu na ekranie pojawiają się cztery punkty, które

symbolizują cztery cząstki materii, albo pojawia się pewien układ linii. To są efekty, które pojawiają się automatycznie po pierwszym uruchomieniu (otwarciu) programu na danym komputerze albo po skasowaniu plików roboczych formatu leo, z którymi program pracował podczas poprzedniej sesji, i po uruchomieniu programu podczas następnej sesji.

Gdy program modelujący pracował już na danym komputerze z plikami leo, to podczas wyłączania pracy programu zapisuje on w pamięci parametry pliku leo, z którym ostatnio pracował. Po uruchomieniu modelującego programu w następnej sesji otwiera on automatycznie ten zapisany (w pamięci) plik leo. Program modelujący ma taką wadę, że aby pracował on poprawnie z tym automatycznie otwartym plikiem leo, trzeba ten plik ponownie otworzyć ręcznie, tak jak otwiera się inne pliki, z którymi ma współpracować modelujący program.

*****) Inne wyjaśnienie radialnych pulsacji gwiazd opracował na początku drugiej połowy XX w. Sergiej A. Żewakin. Z jego interpretacją można zapoznać się na http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/08_06/STARS.HTM i http://pskgu.ru/ebooks/zasow/zoa_6_67.pdf.

Bogdan Szenkaryk "Pinopa"
Polska, Legnica, 2012.06.20.