

Minimum Maundera

Mgr Krzysztof JAHN

Jedenastoletni cykl słoneczny nie jest niezmienną cechą naszej gwiazdy. Istnieją obecnie przekonujące argumenty za tym, że Słońce niejednokrotnie przechodziło okresy praktycznego zaniku aktywności. Ostatni miał miejsce na przełomie XVII i XVIII wieku.

Cofnijmy się o około sto lat, do odkrycia, które podważyło przekonanie o niezmiennym cyklu aktywności Słońca, a które musiało jednak czekać ponad osiemdziesiąt lat na powszechną akceptację. Pod koniec XIX wieku dobrze już znano jedenastoletni cykl słoneczny. Podczas maksimum obserwowano sto plam miesięcznie, a w minimum co najmniej kilka. Rzadkością był miesiąc, w ciągu którego nie pojawiały się żadna plama (zresztą, obecnie również). Sięgając do wcześniejszych czasopism i raportów obserwacyjnych odtwarzano cykl aktywności Słońca od roku 1700.

W tym okresie, w 1893 roku, Edward W. Maunder, astronom Królewskiego Obserwatorium w Greenwich zauważył zastanawiający fakt: liczba plam zaobserwowanych w ciągu siedemdziesięciu lat, od 1645 do 1715 roku, była mniejsza od liczby plam, które pojawiły się w ciągu jednego tylko roku we współczesnych mu czasach. Swoje spostrzeżenie, wraz z hipotezą o zaniku aktywności plamotwórczej Słońca w XVII wieku, opublikował po raz pierwszy w roku 1894 i ponownie w 1922. Obie publikacje nie zwróciły większej uwagi.

Dopiero w 1976 r. John E. Eddy na innej drodze nie tylko udokumentował odkrycie Maundera, ale również wskazał na istnienie podobnych minimów pojawiających się co kilkaset lat. Przedstawione przez Eddy'ego argumenty były różnorodne. Zaczijmy od tych, które oparte są na historycznych zapiskach. Eddy przekonująco wykazał, że w tym przypadku brak relacji o plamach jest rzeczywiście odzwierciedleniem braku aktywności Słońca. Pojawienie się plamy w owym czasie było czymś niezwykłym. Świadczy o tym zamieszczony w jednym z czasopism astronomicznych opis tego zjawiska, który miał przypomnieć czytelnikom, jak ono wygląda. Było to w 1671 roku, po zaobserwowaniu przez Cassiniego plamy na tarczy Słońca. Sam Cassini pisał wówczas: „Mija już około dwudziestu lat, odkąd po raz ostatni widziano plamę na Słońcu...”. Tego nie można by napisać podczas normalnego (takiego, jak dzisiaj) zachowania się Słońca. Popatrzmy zresztą sami na fotografię przedstawiającą Słońce w stanie aktywnym.

Kolejnego argumentu dostarczają opisy zaćmień Słońca pochodzące z tego okresu. W ciągu siedemdziesięciu lat odpowiadających zanikowi aktywności aż 63 razy wystąpiło zjawisko zaćmienia. Kilka z nich obserwowano w Europie. Wprawdzie korona słoneczna nie była wówczas głównym przedmiotem zainteresowania astronomów, jednak jej opisy znajdujemy w obszernych relacjach z obserwacji. W relacjach tych nie ma żadnych rozbieżności między obserwatorami. Wszyscy opisują koronę jako wąską, równej szerokości czerwony pierścień wokół Księżyca. Jest to obraz nieznan nam dzisiaj nawet z obserwacji podczas minimum aktywności. Żaden z obserwatorów nie opisał białawej struktury strug koronalnych, tak charakterystycznych dla znanego obecnie Słońca. Kształt korony zależy silnie od pola magnetycznego. Toteż zanik korony może odpowiadać tylko brakowi aktywności magnetycznej. Dodajmy jeszcze, że w kronikach z okresu od 1645 do 1715 roku nie ma żadnej wzmianki o zauważeniu zorzy polarnej — zjawiska występującego w atmosferze Ziemi podczas wzmożonej aktywności Słońca. W normalnych warunkach, w ciągu siedemdziesięciu lat obserwuje się w Europie od 500 do 1000 przypadków tego zjawiska.

Przytoczmy jeszcze jeden argument oparty na relacjach historycznych. W 1933 roku japoński astronom Siguru Kanda zebrał wszystkie dostępne zapiski dotyczące obserwacji plam, prowadzonych na terenie Chin, Japonii i Korei w ciągu blisko dwóch tysięcy lat. Opracowując ten obfity materiał obserwacyjny zauważył, że relacje o pojawianiu się plam były w pewnych okresach radsze, w innych zaś częstsze. Istniały też między nimi dłuższe, kilkudziesięcioletnie przerwy. Jedną z nich, od 1584 do 1770 roku, pokrywa się z minimum, na które zwrócił uwagę Maunder.

Spójrzmy na rysunek I, na którym zaznaczona została liczba plam pojawiających się na Słońcu w ciągu każdego roku od czasu skonstruowania teleskopu. Na osi pionowej odłożona jest tzw. średnia roczna liczba Wolfa (miara liczby plam). Sporadyczne obserwacje w przeszłości sprawiają, że krzywą z pierwszej połowy XVII wieku możemy odtworzyć tylko fragmentarycznie. Mimo to można zauważyć spadek liczby Wolfa w drugiej połowie XVII wieku. Wiedział o tym Maunder, lecz rysunek taki był, jak się okazało, mało przekonujący. Dlatego też Eddy do potwierdzenia odkrycia Maundera przeprowadził zupełnie niezależny dowód świadczący

FIZYCZNE NOWINKI

Redaguje dr hab. Andrzej KENNEL

REKORDOWE CIŚNIENIE. WYŻSZE NIŻ W ŚRODKU ZIEMI

W laboratorium geofizycznym należącym do Carnegie Institution w Waszyngtonie osiągnięto ostatnio rekordowo wielkie ciśnienie w kowadłach diamentowych, a mianowicie **0,55 Terapaskala** ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$, T(tera) = 10^{12}), czyli około $5\frac{1}{2}$ milionów atmosfer. Wynik ten przewyższa trzykrotnie poprzedni rekordowy wynik (0,17 TPa) otrzymany w 1979 roku w tym samym laboratorium, a ponadto jest to pierwsze w historii przekroczenie wartości ciśnienia w środku kuli ziemskiej, które wynosi około 0,35 TPa. Osiągnięcie nowego rekordowego rezultatu umożliwiły komputerowe obliczenia idealnego kształtu diamentów, których krawędzie muszą być styczne do kierunków naprężeń. Ponadto udało się pokonać problem kalibracji ciśnienia, który limitował poprzedni rekordowy rezultat. Najlepszym znanym sposobem pomiaru wartości ciśnienia w kowadłach jest przesunięcie linii luminescencyjnej 0,69 μm rubinu. Przy ciśnieniu około 0,17 TPa luminescencja samych diamentów „przesłaniała” widmo świecenia małych okruchów rubinowych umieszczonych w kowadłach i uniemożliwiała dalsze pomiary ilościowe. W eksperymentach przeprowadzonych w Carnegie Institution okazało się, że kowadłka „reperują się” same przy ciśnieniu około 0,28 TPa, gdyż luminescencja rubinu pojawia się na nowo. Fakt ten umożliwił dokonanie pomiaru ilościowego rekordowego rezultatu. Pierwsiem, który ma być jako pierwszy przebadany przez fizyków z Waszyngtonu w nowych kowadłach, jest żelazo, ze względu na fakt, że jądro Ziemi zbudowane jest z metali ciężkich, głównie z żelaza. W dalszych planach przewidywane jest poszukiwanie metalicznego wodoru. Należy jeszcze nadmienić, iż teoretycy ostatnio obliczyli, że kowadła diamentowe mogą teoretycznie działać do wartości ciśnienia 1,2 TPa, przy którym nastąpić ma przemiana fazowa diamentu w inną strukturę krystalograficzną węgla.



Rozwiązanie zadania F 224. W momencie zderzenia z szalką energia kinetyczna kulki będzie równa

$$(1) \quad \frac{mv^2}{2} = mgh.$$

Rozważmy przypadek, gdy $m \gg M$ i zaniedbamy masę szalki. Wtedy po zderzeniu szalka i kulka będą miały ten sam pęd i energię kinetyczną co kulka przed zderzeniem. Z zasady zachowania energii otrzymujemy

$$(2) \quad x_0^2 - \frac{2mg}{k} x_0 - \frac{2mgh}{k} = 0,$$

gdzie x_0 jest największym wychyleniem sprężyny z położenia równowagi. Rozwiązanie (2) ma postać

$$x_0 = \frac{mg}{k} \pm \left(\frac{m^2 g^2}{k^2} + \frac{2mgh}{k} \right)^{1/2}.$$

znak „+” odpowiada wychyleniu w dół, a „-” w górę. Tak więc waga będzie wykonywać drgania o amplitudzie

$$A = \left(\frac{m^2 g^2}{k^2} + \frac{2mgh}{k} \right)^{1/2}.$$

Jeśli chcemy uwzględnić masę szalki M , wówczas musimy z zasady zachowania pędu obliczyć prędkość v , z jaką szalka wychyla się w dół: jest ona równa $V = m(2gh)^{1/2} / (M+m)$. W tym przypadku równanie analogiczne do (2) ma postać

$$x_0^2 - \frac{2(M+m)g}{k} x_0 - \frac{2m^2 gh}{(M+m)k} + \frac{M(M+2m)g^2}{k^2} = 0.$$

Stąd otrzymujemy maksymalne wychylenie równe

$$(3) \quad x_0 = \frac{M+m}{k} g \pm \left[\frac{m^2 g^2}{k^2} + \frac{2m^2 gh}{(M+m)k} \right]^{1/2}.$$

Nowym położeniem równowagi jest $x_0 = (M+m)g/k$, co daje amplitudę wahań

$$(4) \quad A = \left(\frac{m^2 g^2}{k^2} + \frac{2m^2 gh}{(M+m)k} \right)^{1/2}.$$

Jaki będzie wynik w przypadku zderzenia sprężystego?



Rozwiązanie zadania M 477. Współczynniki Newtona będą nieparzyste wtedy i tylko wtedy, gdy ich ilorazy: $\binom{n}{k+1} / \binom{n}{k}$, które

wynoszą kolejno $\frac{n}{1}, \frac{n-1}{2}, \dots, \frac{n-k}{k+1}, \dots, \frac{1}{n}$ napisane w postaci nieskracalnej, będą miały nieparzyste liczniki i mianowniki. To z kolei ma miejsce wtedy i tylko wtedy, gdy $n = 2^m - 1$.

Istotnie, zauważmy, że n musi być nieparzyste. Jeśli więc $n = 2^m \cdot p - 1$, gdzie p jest nieparzyste, to $(2^m + 1)$ -szy współczynnik podzielony przez poprzedni daje liczbę parzystą:

$$\frac{n - (2^m - 1)}{2^m} = \frac{2^m(p - 1)}{2^m} = p - 1,$$

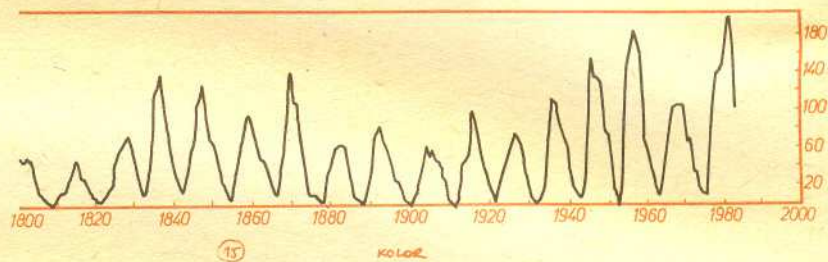
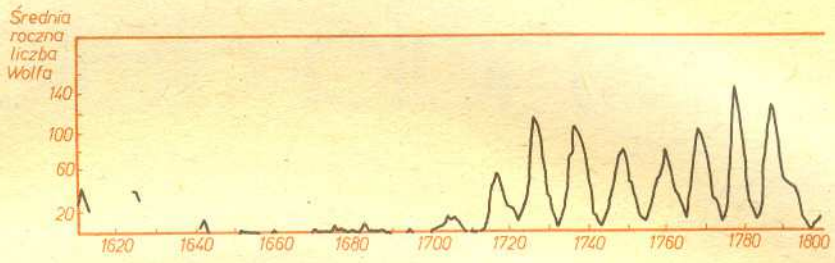
o ile $p > 1$. Gdy $p = 1$, $(2^m + 1)$ -szego współczynnika po prostu nie ma.

Odwrotnie, niech $n = 2^m - 1$, $k + 1 = 2^q \cdot r$, r — nieparzyste.

Mamy

$$\frac{n - k}{k + 1} = \frac{2^m - 2^q \cdot r}{2^q \cdot r} = \frac{2^m - 2^q - r}{r},$$

ten ułamek jest nieskracalny i ma nieparzysty licznik i mianownik.

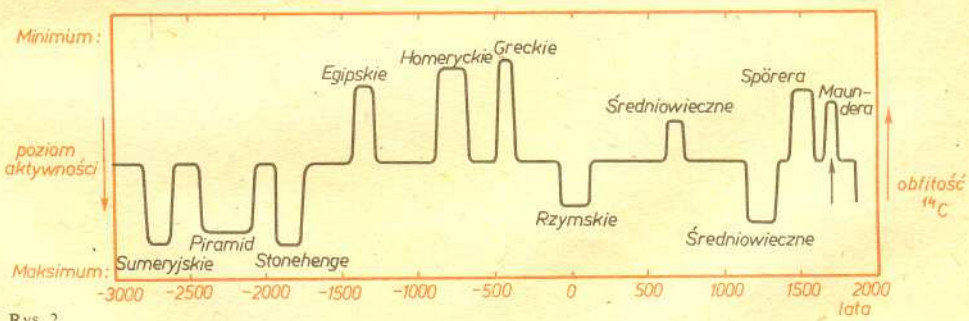


Rys. 1

o różnym poziomie aktywności Słońca w przeszłości, oparty o pomiar obfitości radioaktywnego izotopu węgla 14 (^{14}C), odkładającego się w rocznych przyrostach wszystkich dłużej żyjących roślin.

W przypadku bardzo starych drzew można sięgnąć daleko w przeszłość przy określaniu ilości ^{14}C w każdym słoju. Każdy słoju to roczny przyrost pnia, a więc dość dokładna data. Skorzystał z tego Eddy wiedząc, że ilość izotopu węgla w atmosferze Ziemi, a więc i w odpowiednich słojach drzew, jest ściśle skorelowana z aktywnością Słońca. Węgiel ^{14}C powstaje bowiem w górnych warstwach atmosfery w wyniku oddziaływania promieniowania kosmicznego z głównym składnikiem atmosfery, jakim jest azot 14 (^{14}N). Wielkość strumienia promieniowania kosmicznego na Ziemi jest regulowana zasięgiem i natężeniem słonecznego pola magnetycznego. W okresie silnej aktywności Słońca jego pole osłania Ziemię przed promieniowaniem kosmicznym. Strumień promieniowania jest wówczas zredukowany. W tym okresie na Ziemi powstaje mniej ^{14}C . Odwrotnie jest podczas minimum aktywności.

Dzięki metodzie pomiaru zawartości ^{14}C w długowiecznych drzewach udało się przy określaniu średniego poziomu aktywności Słońca sięgnąć w przeszłość do około 3000 r. p.n.e. Na rysunku 2 przedstawiającym zawartość ^{14}C w słojach najstarszych drzew możemy zobaczyć nie tylko minimum Maundera (zaznaczone strzałką), ale i inne okresy zaniku bądź wzrostu aktywności Słońca (pamiętajmy: minimum aktywności odpowiada dużej zawartości ^{14}C). Wszystkie okresy otrzymały nazwy, których autorem jest Eddy. Niedługo przed ostatnim minimum (Maundera) Słońce przechodziło w XV wieku okres jeszcze niższej aktywności, tzw. minimum Spörerera, nazwane tak na cześć niemieckiego astronoma, którego publikacja z 1890 roku zwróciła uwagę Maundera na problem „braku plam”. Dalej (w przeszłości) mamy Średniowieczne Maksimum i Minimum, Rzymskie Maksimum na przełomie er i kolejne zaniki aktywności: Greckie, Homeryckie i Egipskie. Około 2000 lat p.n.e. widzimy znów maksima: Stonehenge, Piramid i Sumerijskie.



Rys. 2

Obecnie Słońce znajduje się w stanie maksimum aktywności (tej długookresowej, a nie jedenastoletniej). Czy będzie ono silniejsze niż ostatnie, Średniowieczne? Trudno to przewidzieć, natomiast ważne jest to, że odkryte zostały długookresowe zmiany aktywności słonecznej, chociaż nie na podstawie bezpośrednich obserwacji. Byłoby to zresztą niemożliwe w ciągu ostatnich 200—300 lat, a być może także przez najbliższe 100—200 lat.