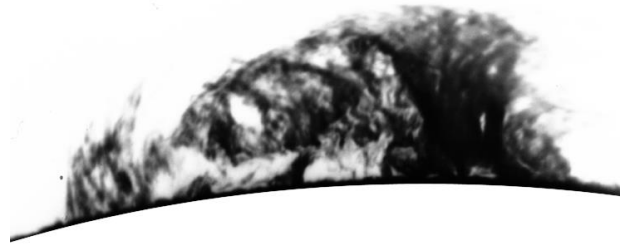


Wstęp do Fizyki Słońca - Lista zadań numer 5

Zad.1. (++)

Obliczyć (z możliwie jak najlepszą dokładnością) objętość protuberancji przedstawionej na zdjęciu obok i obliczyć jej masę. Przyjmujemy następujące parametry fizyczne protuberancji na zdjęciu:

- maksymalna wysokość: 80 000 km
- grubość: 10 000 km
- należy przyjąć, iż protuberancja wypełniona jest materią chromosferyczną.



- Jak należy przeprowadzić te obliczenia, aby otrzymane wartości objętości i masy były jak najbardziej zbliżone do wartości rzeczywistych?
- Jaką energię trzeba użyć aby ta protuberancja uległa erupcji z prędkością 300 km/s (przy założeniu, że połowa masy protuberancji została wyrzucona ze Słońca podczas erupcji)?
- Jaka jest skala obrazu (czyli rozmiar jednego piksela w km)?

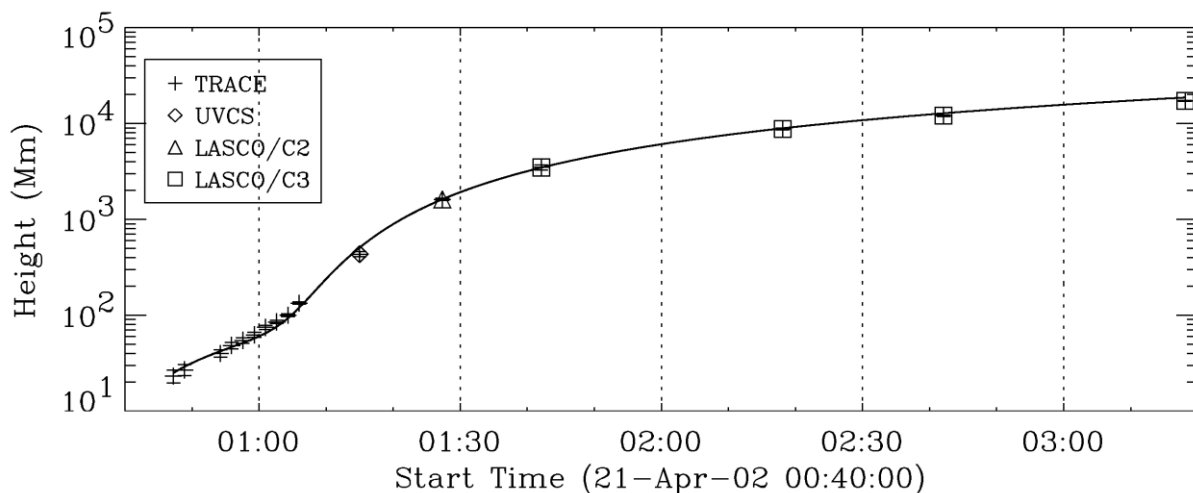
Na zdjęciu przedstawiony jest negatyw protuberancji zarejestrowanej koronografem. Należy zatem tylko ciemne obszary traktować jako miejsca wypełnione materią o gęstości porównywalnej z gęstością chromosfery.

Zadanie najlepiej wykonać komputerowo - pisząc prosty program (dowolnym języku) umożliwiający wczytanie tablicy z danymi i wyznaczenie niezbędnych parametrów. W trakcie prezentowania wyników (na rzutniku w sali) należy omówić działanie programu.

Tablica z danymi zawierającymi powyższy obraz (o rozmiarach 735 x 390 px), a także obraz w formacie PNG znajdują się pod listą (do pobrania).

Zad.2. (+)

Na rysunku poniżej przedstawiony jest wykres zmian wysokości „czoła” CME nad powierzchnią Słońca.



- Jak zmienia się prędkość i przyspieszenie tego CME w czasie? Należy wykonać wykresy $v(t)$ i $a(t)$ dla tych samych przedziałów czasu.

b) Omówić procesy, które mogą wpływać na obserwowane zmiany v i a .

c) Przy zachowaniu tendencji zmian prędkości CME, należy obliczyć, po jakim czasie CME dotrze do Ziemi. Uwaga - w obliczeniach należy uwzględnić fakt spiralnego ułożenia pola magnetycznego Słońca na torze propagacji CME w kierunku Ziemi i omówić jaki ma to wpływ na otrzymany wynik.

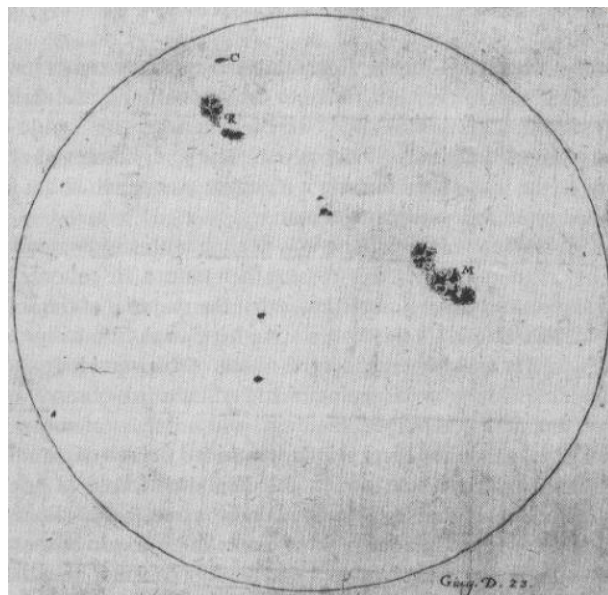
Zad.3. (+)

Na rysunku z początku XVII wieku (obok) widoczne są plamy słoneczne.

a) Czy rysunek ten został wykonany przy użyciu teleskopu, czy podczas obserwacji okiem nieuzbrojonym (jedynie przy użyciu filtra osłabiającego wiązkę światła w zakresie widzialnym)?

b) Czy można dostrzec nieuzbrojonym okiem tarczę Wenus i Merkurego przechodzące przed tarczą słoneczną?

c) O ile magnitudo maleje jasność Słońca w momencie przechodzenia przed jego tarczą Wenus lub Merkurego? Obliczenia należy wykonać dla maksymalnych rozmiarów kątowych tarczy Słońca dla obserwatora znajdującego się na Ziemi.



Wszystkie odpowiedzi należy uzasadnić lub poprzeć obliczeniami. W obliczeniach należy użyć maksymalnych rozmiarów kątowych planet na niebie. Należy pominąć efekt pociemnienia brzegowego. Niezbędne dane dotyczące Słońca, Wenus i Merkurego należy znaleźć samodzielnie (a źródło podać podczas rozwiązywania zadania).

Zad.4. (+)

Co to jest parametr plazmowy β (β -plazmowa)? Co opisuje ten parametr i co oznaczają jego różne wartości? (należy posłużyć się odpowiednim wykresem zmiany parametru β z wysokością). β -plazmową można opisać na kilka sposobów, na przykład wzorem:

$$\beta = \frac{2\xi n_e k_B T_e}{B^2 / 8\pi}$$

gdzie:

ξ - stopień jonizacji

n_e - gęstość elektronowa

T_e - temperatura elektronowa

B - pole magnetyczne

k_B - stała Boltzmanna

Parameter	Photosphere	Cool corona	Hot corona	Outer corona
Electron density n_e (cm^{-3})	2×10^{17}	1×10^9	1×10^9	1×10^7
Temperature T (K)	5×10^3	1×10^6	3×10^6	1×10^6
Pressure p (dyne cm^{-2})	1.4×10^5	0.3	0.9	0.02
Magnetic field B (G)	500	10	10	0.1

Posługując się danymi (z tabelki znajdującej się powyżej) dla czterech obszarów na Słońcu należy:

a) wyjaśnić jaki stopień jonizacji można przyjąć dla fotosfery, a jaki dla korony słonecznej;

b) obliczyć parametr β -plazmowa;

c) zinterpretować otrzymane wyniki parametru β dla poszczególnych warstw.

Zad.5. (+)

Omówić transport energii we wnętrzu Słońca z podziałem na elementy składowe. Przedstawić stosunek wkładu konwekcji i promieniowania względem promienia Słońca (czyli względem głębokości pod powierzchnią Słońca). Należy posłużyć się odpowiednimi wzorami i wartościami liczbowymi.

Zad.6. (+)

Jakie rozmiary miałoby Słońce, jeśli jego temperatura powierzchniowa byłaby dwa razy wyższa, a ilość energii emitowanej w postaci promieniowania elektromagnetycznego byłaby 10 razy większa niż obecnie? Jaki promień musiałaby mieć wtedy orbita Ziemi, aby na (ziemskim) niebie Słońce miało taką samą jasność jak obecne Słońce? Uzyskaną wartość promienia orbity Ziemi należy porównać z orbitami planet Układu Słonecznego. Do obliczeń przyjmujemy $T_{\odot} = 5780 \text{ K}$.

Zad.7. (+)

Co to jest równanie kinematyczne MHD? Co zawiera w sobie (co oznaczają jego dwa człony)? Jak zależy od liczby magnetycznej Reynoldsa? Jakie wartości liczby magnetycznej Reynoldsa są charakterystyczne dla słonecznej fotosfery, chromosfery i korony?

Zad.8. (+)

Omówić podstawowe równania elektrodynamiki - czyli równania Maxwell'a (pr. Gaussa dla elektryczności, pr. Ampère'a, pr. indukcji elektromagnetycznej Faradaya, pr. Gaussa dla magnetyzmu), oraz siłę Lorenza i prawo Coulomba. Przedstawić ich fizyczną interpretację oraz znaczenie poszczególnych członów równań.

Zad.9. (+)

Rozważmy elektron, który porusza się podczas rozbłysku słonecznego w strukturze magnetycznej z prędkością $1/3$ prędkości światła. Jaka będzie wartość siły Lorenz'a działającej na ten elektron, jeśli indukcja pola magnetycznego będzie miała wartość: 10 G, 100 G, 1000 G oraz 2000 G? Jaki będzie promień helisy (spirali) po której porusza się („prostopadle” do linii pola magnetycznego) taki elektron? Jakie znaczenie mają wyniki uzyskanych wartości promienia helisy na struktury rozbłyskowe obserwowane na Słońcu?

Zad.10. (+)

Omówić szczegółowo emisję promieniowania rentgenowskiego ze Słońca.

- a) W czasie minimum aktywności słonecznej.
- b) W czasie maksimum aktywności słonecznej.
- c) Omówić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego w różnych zakresach energetycznych (od niskich do bardzo wysokich energii fotonów).
- d) Jak możemy podzielić (i nazwać) typy słonecznego promieniowania rentgenowskiego?
- e) Nazwać i omówić struktury charakteryzujące się emisją rentgenowską na Słońcu.

Krzysztof Radziszewski