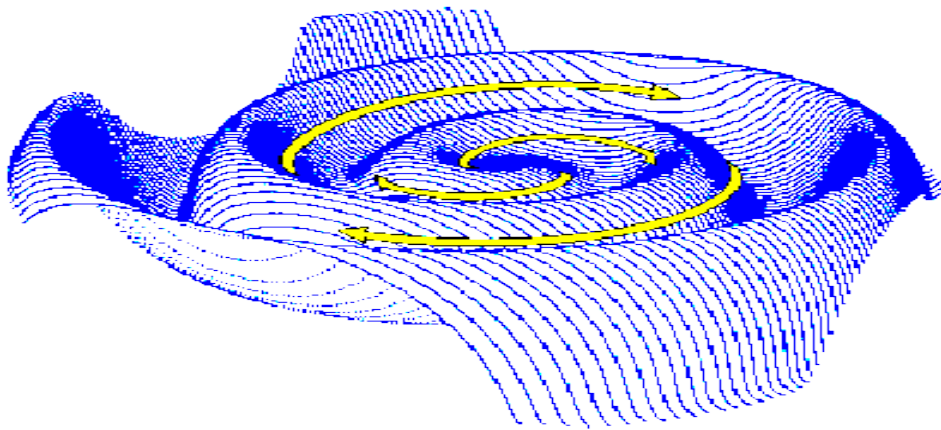


## SUNČEVI ČESTIČNI SNOPOVI

Priredio: prof. dr.sc. Bojan Vršnak

Mjerenja svojstava Sunčevog vjetra pokazala su da vrlo često, nedugo nakon pojave Sunčevog bljeska, ili koroninog izbačaja, na Zemlju nalijeću snopovi električki nabijenih čestica relativističkih energija. Ova se pojava opaža jedino ukoliko se eruptivni proces u Sunčevoj atmosferi desio na zapadnoj Sunčevoj hemisferi. Iz toga možemo zaključiti da nabijene čestice (uglavnom elektroni i protoni) bivaju ubrzane u datom eruptivnom procesu te da se gibaju međuplanetarnim prostorom duž magnetskih silnica koje imaju oblik tzv. Arhimedove spirale.



Slika 1. Umjetnički prikaz Arhimedovih spirala (žute strelice).

### Svrha vježbe

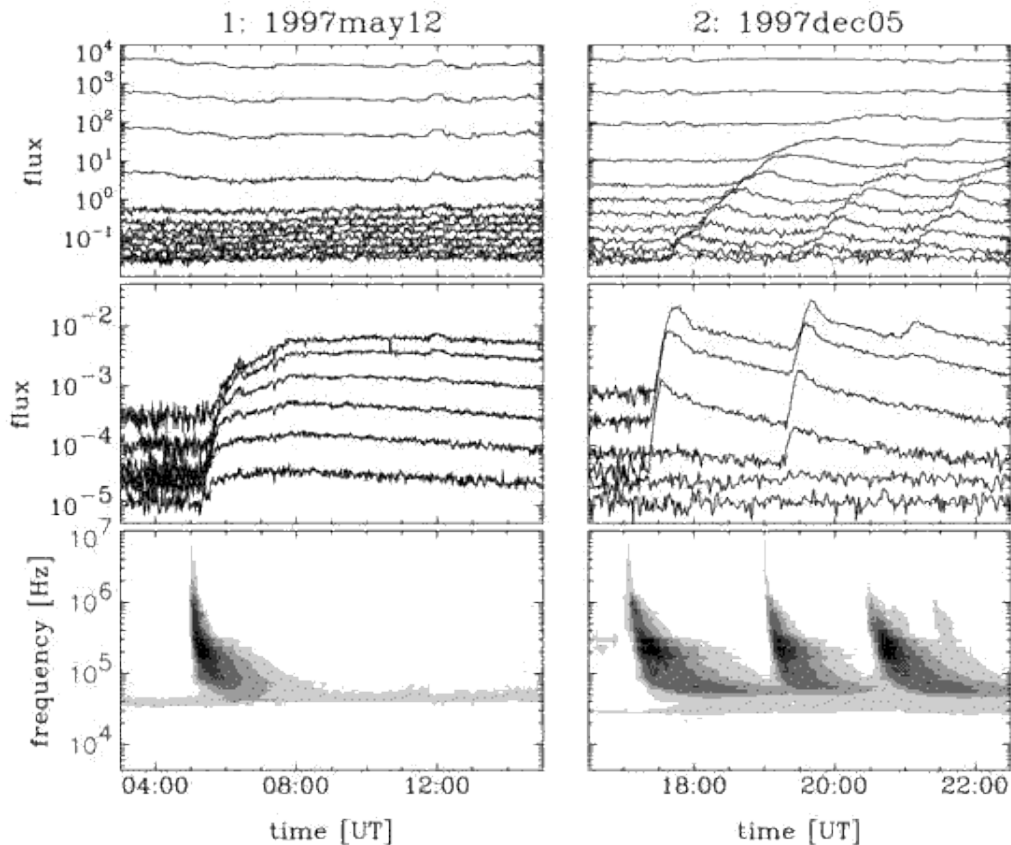
Upoznati se s dinamičkim procesima na Suncu, strukturom magnetskog polja Sunca u međuplanetarnom prostoru, kao i s mjerenjima snopova elektrona i protona na udaljenosti od 1 AU.

### Princip

Trenutak nailaska čestica određene energije  $e$  do Zemlje,  $t_{IAU}(e)$ , ovisi o trenutku izbačaja sa Sunca,  $t_{Sun}$ , i vremenu putovanja,  $\Delta t=L/v$ :

$$t_{IAU}(e) = t_{Sun} + L v_{rel}^{-1}(e);$$

gdje je  $v(e)$  brzine paralelna s magnetskim poljem, a  $L$  je duljina silnice. Pretpostavimo li da su čestice svih energija izbačene istovremeno, te da je duljina staze za sve čestice jednaka, izmjereno vrijeme  $t_{IAU}(e)$  je linearna funkcija inverzne vrijednosti brzine,  $b=v_{rel}^{-1}(e)$ . Koeficijent smjera (nagib) pravca predstavlja duljinu staze  $L$ , a odsječak na osi- $y$  pokazuje trenutak izbačaja čestica sa Sunca,  $t_{Sun}$ . Unošenjem podataka  $t_{IAU}$  i  $b$  u graf  $t_{IAU}(b)$ , metodom najmanjih kvadrata možemo odrediti  $L$  i  $t_{Sun}$ . Naročito je važno odrediti  $t_{Sun}$  jer time saznajemo u kojoj fazi eruptivnog procesa je došlo do ubrzanja i izbačaja snopa.



Slika 2. Mjerenja dvaju događaja na kojima se vidi skok u toku elektrona u različitim energetskim kanalima. Sa grafova očitavamo potrebna vremena nailaska čestica određene energije.

## Postupak

- Vremena izbačaja snopa, odredit ćemo koristeći mjerenja sa satelita *Wind*.

<http://pwg.gsfc.nasa.gov/wind.shtml>

- Na grafovima izabranih događaja izmjeri trenutak početka nailaska čestica u svim energetskim kanalima i ubilježi podatke  $e$  i  $t_{IAU}$  u tablicu.
- Iz vrijednosti za energiju izračunaj brzinu elektrona (za  $e > 10$  keV koristi relativističku formulu za kinetičku energiju:

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \left( \frac{E_{relat.}}{E_{mrov.}} + 1 \right)^{-2}} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{c \sqrt{1 - \left( \frac{E_{relat.}}{E_{mrov.}} + 1 \right)^{-2}}}$$

(Za energije manje od 10 keV, tj. »2/10 brzine svjetlosti), dostatan je nerelativistički oblik formule  $e = mv^2/2$ ).

- Izračunaj inverzne vrijednosti  $b = v_{rel}^{-1}(e)$  za sve dobivene brzine.
- Nacrtaj graf ovisnosti  $t_{IAU}$  o inverznoj vrijednosti brzine  $b$ .
- Provuci pravac kroz ucrtane točke (primjeni metodu najmanjih kvadrata) i odredi nagib pravca (tako nalaziš  $L$ ) te odsječak na osi-y (tako nalaziš trenutak izbačaja čestica sa Sunca,  $t_{Sun}$ ).
- Komentiraj duljinu putanje  $L$  i usporedi je s udaljenošću Sunce-Zemlja (1 AU).