

# Csillagászati laboratórium I.

## 8. Pulzárak rádiócsillagászati vizsgálatai

### Célkitűzések

A rádiótávcsövek használatának elvi elsajátítása, egy többcsatornás vevő jeleinek rögzítése, a jelek optimális megjelenítése, majd a vizsgált pulzárak legfontosabb jellemzőinek megbecslése (periódus, hullámhosszfüggő diszperzió meghatározása, ebből a távolság kiszámítása). Több pulzár összehasonlításával kor szerinti megkülönböztetés.

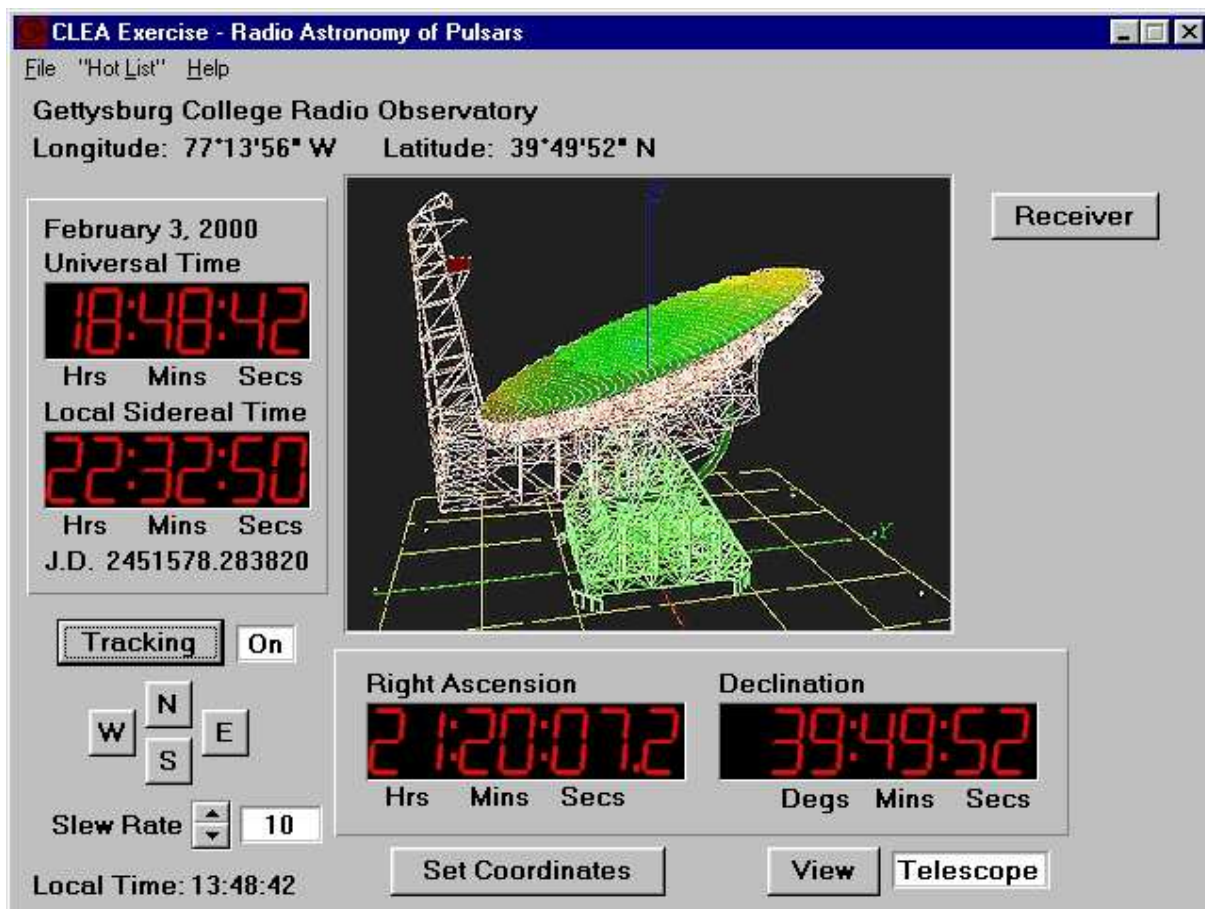
### Ismertnek tekintett alapfogalmak

Rák-köd, csillagközi anyag, diszperzió, elektromágneses sugárzás, mágneses tér, neutroncsillag, frekvencia, periódus, rádiósugárzás, fénysebesség. A neutroncsillagokról, mint szélsőséges tulajdonságú asztrofizikai objektumokról, egy magyar nyelvű leírást a <http://vcssz.mcse.hu/cikk/var001.html> címen találunk.

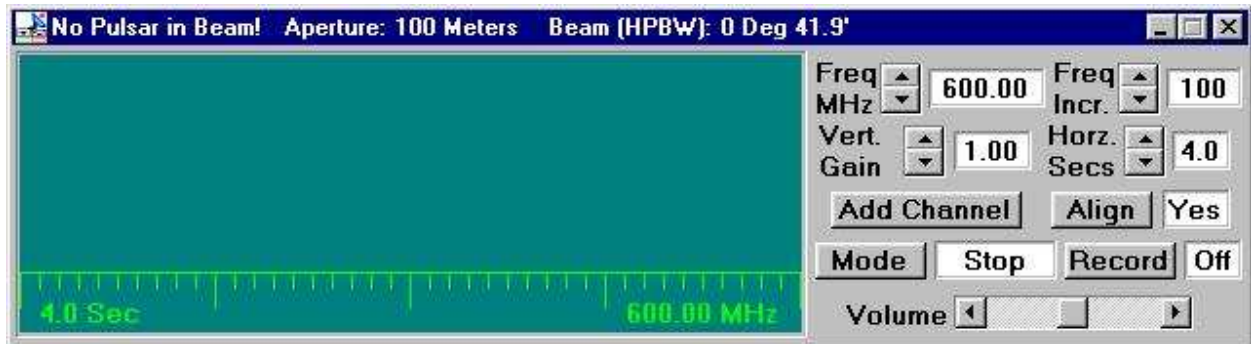
### Mérések

#### Jelek felvétele, periódus

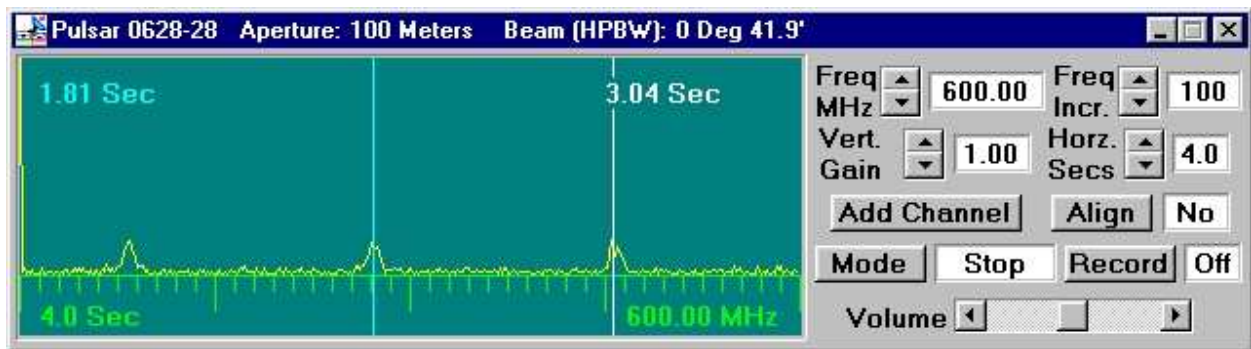
A méréseket a CLEA észlelés-szimuláló programcsomag vonatkozó részével végezzük el. Első lépésként belépünk a szimulációs felületre (**Login**). A **File** menü **Run** alpontjában kiválasztjuk a **Radio Telescope** pontot, amire az alábbi képet kapjuk:



A vezetés bekapcsolása után (**Tracking**) a **Hot List** menüből választhatjuk ki a mérendő objektumokat (a gyakorlaton három objektumot fogunk megvizsgálni). A kérdéses neutroncsillag beállítását követően a **Receiver** kapcsolóval juthatunk a vevőhöz:



Ennél a pontnál álljunk le, és tanulmányozzuk a különböző kapcsolók (**Record, Mode, Freq. Vert Gain,** stb.) hatását! Szabadon próbálkozhatunk, a mért adatokat ugyanis elmenthetjük fájlba, vagy törölhetjük a memóriából. Ha felvettük a pulzár jeleit, egyszerű leolvasással megbecsülhetjük a pulzár periódusát:



Az egymást követő jelek között eltelt idő helyett több ciklus időkülönbségével pontosíthatjuk a periódust. Ezek után megvizsgáljuk, hogy hogyan függ a pulzár periódusa a frekvenciától. Ehhez több csatornát meg kell nyitni (**Add Channel**), amelyek frekvenciáit sorra beállítjuk 400, 600, 800, 1000, 1200 és 1400 MHz-re. Hasonló módon megvizsgálhatjuk a jelek intenzitásának függését a frekvenciától (1. később).

### A pulzár távolsága a jelek diszperziója alapján

Jól ismert, hogy míg vákuumban az összes elektromágneses hullám terjedési sebessége azonosan a fénysebesség, addig valamilyen közegben fellép a diszperzió jelensége, azaz a hullámhosszfüggő törésmutató miatt nagy távolságokon jelentősen szétválnak az eltérő frekvenciájú jelek. A csillagközi tér igen ritka anyagában az effektus igen kicsi, ám a több száz, esetleg ezer fényéves távolságokon már könnyen kimutatható. A nagyobb frekvenciájú jelek akár több másodperc különbséget is összeszedhetnek a földi megfigyelőig tartó útjukon. Könnyen belátható, hogy a  $V_a$  és  $V_b$  sebességekkel mozgó jelek  $T_A$  és  $T_B$  beérkezési idejeinek különbsége egyértelműen megadja a befutott  $L$  távolságot, az alábbi alakban:

$$L = \frac{T_B - T_A}{\frac{1}{V_b} - \frac{1}{V_a}} \quad (1)$$

Ezek után „csak” a csillagközi anyag diszperziós formuláira van szükség, hogy a mért időkből következtessünk az éppen megfigyelt pulzár távolságára. Az elektromágneses sugárzás töltött részecskével való kölcsönhatását leíró elmélet szerint a frekvenciafüggő  $v$  terjedési sebesség az  $f$  frekvencia négyzetétől és a csillagközi

anyagban fellépő  $n_e$  elektronsűrűségtől függ, a következő módon:

$$v = \frac{f^2}{4150 \cdot n_e}$$

A gyakorlat során azt a független módszerekkel meghatározott távolságú pulzárak megfigyelésén alapuló feltevést használjuk, miszerint  $n_e$  állandó, értéke pedig minden irányban  $0,03 \text{ e/cm}^3$ . Így az  $f$  frekvenciájú jelek terjedési sebessége:

$$v = \frac{f^2}{124,5}$$

Ezzekkel a feltevésekkel elve a vizsgált pulzár  $D$  távolsága a két, különböző frekvencián mért jel között fellépő időkülönbségből megállapítható:

$$D = \frac{T_2 - T_1}{124,5 \cdot \left( \frac{1}{f_2^2} - \frac{1}{f_1^2} \right)}$$

## Feladatok

1. Indítsuk el a programot, majd ismerkedjünk meg a legfontosabb kezelőszervekkel!
2. Állítsuk be a **Hot List** menüpontból a 0628–28 jelű pulzárt! A vevővel vegyük fel 600 MHz-en a jeleit, amelyekkel gyakoroljuk a vevő megjelenítési lehetőségeit!
3. Határozzuk meg a 0628–28 pulzár periódusát 400, 600, 800, 1000, 1200 és 1400 MHz-en! Milyen frekvenciafüggést találunk és mire következtethetünk ebből?
4. Hogyan függ a jelek erőssége a frekvenciától? Ehhez állítsuk az összes csatorna vertikális erősítését 4-esre, majd válaszoljunk a következő kérdésekre:
  - (a) Kisebb vagy nagyobb frekvencián erősebbek a jelek?
  - (b) Ha pulzárkeresést tűznénk célul, mely frekvencia lenne az optimális?
5. Határozzuk meg a következő pulzárak periódusát: 2154+40, 0740–28, 0531+21 (a Rák-kód pulzárja)! Tudva, hogy a pulzárak öregedésükkel párhuzamosan lassulnak, soroljuk fel időrendben a három pulzárt!
6. Vezessük le az (1) összefüggést!
7. Állítsuk be ismét a 0628–28 pulzárt! A vevő első csatornáját állítsuk be 400 MHz-re, majd vegyük elő a második és harmadik csatornát is. A **Mode** kapcsolót **Receive** állásba téve folyamatosan vegyük a pulzár jeleit; a második csatornán 10 MHz-enként lassan lépdelve állapítsuk meg a jelek beérkezési idejének frekvenciafüggését! Ezek után a harmadik csatornát 800 MHz-re állítva határozzuk meg a pulzár  $D$  távolságát (**Mode** → **Stop**)! Az adatokat felvéve (**Record** → **On**) részletesen is analizálhatjuk a méréseket speciális eszközzel (**Analysis Window**).