

Pulzáló változócsillagok és megfigyelésük I.

2. Bevezetés

**Bognár Zsófia
Sódor Ádám**

**ELTE – MTA CSFK CSI
2017.10.17.**



Ismétlés: pulzáció gerjesztése

Ismétlés: a κ - γ mechanizmus

Energiaáramlás a csillag belseje felől.

Stabilitás feltétele: egy tömegelem hőt adjon le, amikor összenyomjuk, és hőt vegyen fel, amikor kitágul.

Amikor ennek ellenkezője történik: a tömegelemek munkát végeznek a környezetükön összenyomás és tágulás alatt \rightarrow a meglévő mikroszkópikus méretű perturbációk felerősödve okozhatják a csillagoknál megfigyelhető fényességváltozásokat.

Részletezve: ha κ megnő az anyagban összenyomás hatására, csökken a tömegelem hővesztése is. Az így felhalmozott energia aztán munkavégzésre képes, amikor a tömegelem kitágul \rightarrow destabilizáló régiók.

A csillag más régiói igyekeznek ezt a pulzációt kioltani.

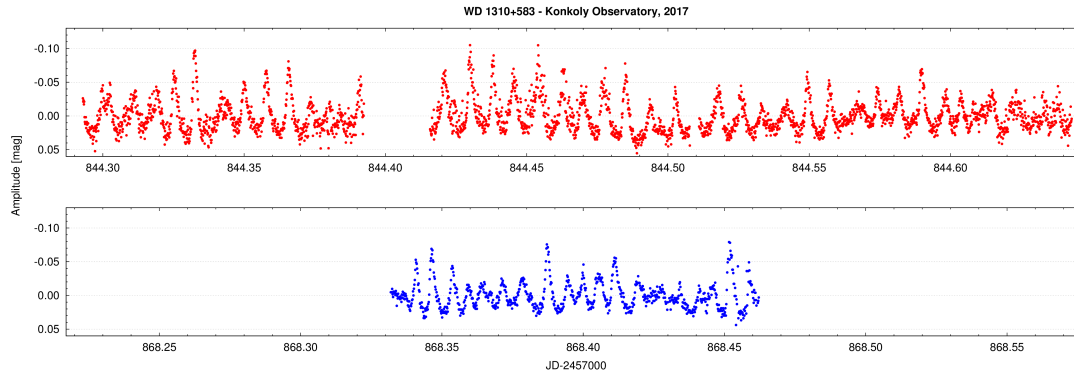
A globális instabilitás feltétele: a gerjesztő területek által végzett munka ellensúlyozza a kioltást egy pulzációs cikluson belül.

Összefoglalva: a hőenergia áramlása mechanikai munkát tud végezni, és ez a munka alakul át azzá a pulzációvá, amit mi is megfigyelünk.

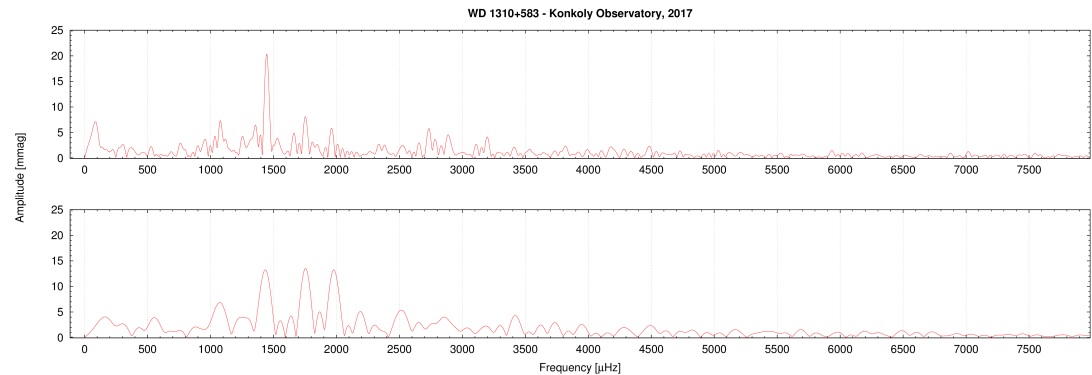
Az opacitásra megfogalmazott feltétel általában teljesül egy csillagban, ha néhány elem részlegesen ionizált formában található meg benne. A κ -mechanizmus egyfajta erősítését nevezik γ -mechanizmusnak. Fizikai jelentését tekintve, a γ -mechanizmus jelenti egy tömegrész összenyomására fordított munka egy részének a kérdéses elem további ionizációjára való fordítását. Ez szintén az instabilitás kialakulását segítő folyamat.

Ismétlés: a Fourier-analízis

A Fourier-transzformáció (FT)

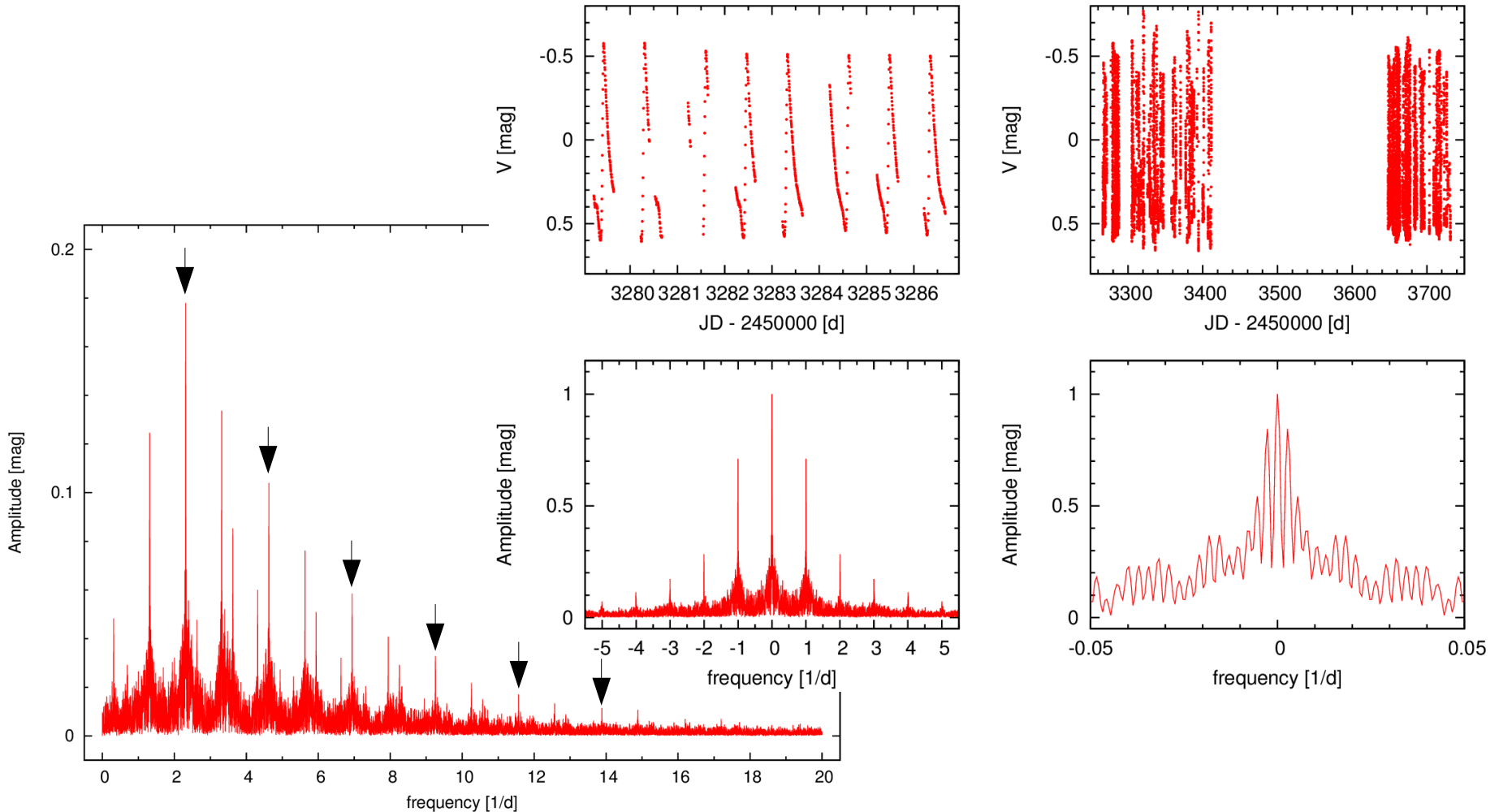


$$Z + \sum A_i \sin(2\pi (\Omega_i t + \Phi_i))$$



Ismétlés: a Fourier-analízis

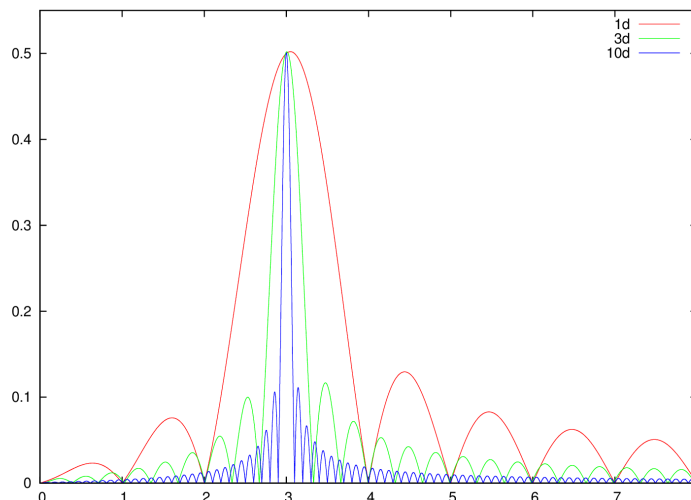
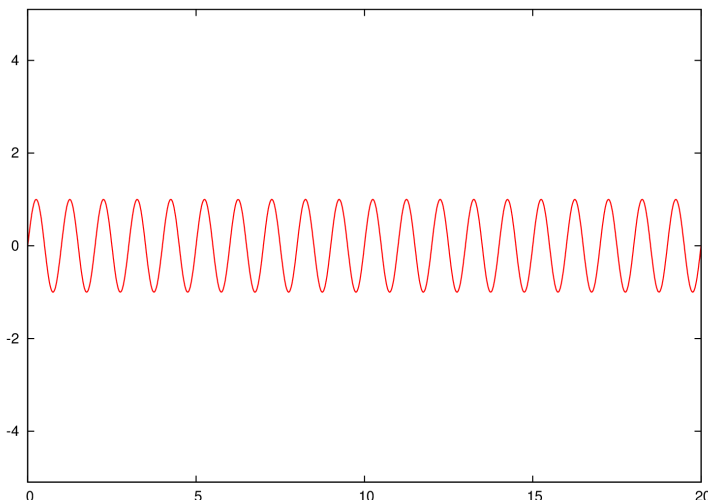
A mintavételezés, illetve az abban lévő egyenetlenségek hatása: Az *ablakfüggvény*



A mintavételezés óhatatlanul többé-kevésbé periodikus, ami interferálhat a vizsgált jelek periódusával.

Ismétlés: a Fourier-analízis

Az idősor hosszának hatása: a frekvenciafelbontás javul: $\Delta f \sim 1/\Delta T$ (adatsor hossza)



Az adatsűrűség hatása: Nyquist-frekvencia nő: $f_N = 0.5/\Delta t$
(mintavételezési idő; ez szigorúan csak egyenközű
mintavételezésre érvényes)

Általánosan használt programok: Period04, FAMIAS, SigSpec, CLEAN
magyar fejlesztésű programok: MuFrAn, TiFrAn

Ismétlés: csillagpulzáció – hogyan?

A pulzációt leíró egyenletek eléggé összetettek. Azonban bizonyos feltételezéseket téve ezeknek az egyenleteknek léteznek közelítő alakjai, amik zárt alakban megadják a pulzációs frekvenciákat. Ezen vizsgálatok során két jellemző frekvencia jelenik meg. Az első, az akusztikus vagy Lamb frekvencia, ami azon tömegelem oszcillációjának frekvenciája, amelyre ható visszatérítő erő a nyomásból származik. A második neve Brunt-Väisälä frekvencia, ahol a felhajtóerő a visszatérítő erő.

A pulzációkat tehát két különböző csoportba lehet sorolni aszerint, hogy a mozgó tömegelemekre milyen visszatérítő erők hatnak: **p -módusú pulzátorok**, ahol a nyomás a visszatérítő erő (magas frekvenciájú határ), ill. **g -módusú pulzátorok** (alacsony frekvenciájú határ). Itt a felhajtóerő a visszatérítő erő.

A pulzációt szférikus harmonikus függvények (Y_{lm}) és radiális hullámfüggvények (R_n) segítségével írhatjuk le, ahol az n (vagy k) kvantumszám a radiális irányú csomópontok számát adja meg a csillag középpontja és felszíne között, l a felszínre merőleges csomósíkok számát, m pedig ezen síkok közül azok számát jelöli, amelyek tartalmazzák a csillag pulzációs szimmetriatengelyét.

Ismétlés: csillagpulzáció – hogyan?

Radiális és nemradiális pulzáció

A radiális pulzáció gömbszimmetrikus.

Radiális nódusfelületek – n (radiális rend)

A nemradiális pulzáció gömbfelületi függvényekkel,

szférikus harmonikusokkal írható le:

felszíni nódusvonalak – l, m (horizontális fok, azimutális rend)

$|m| \leq l$

$m > 0$ prográd

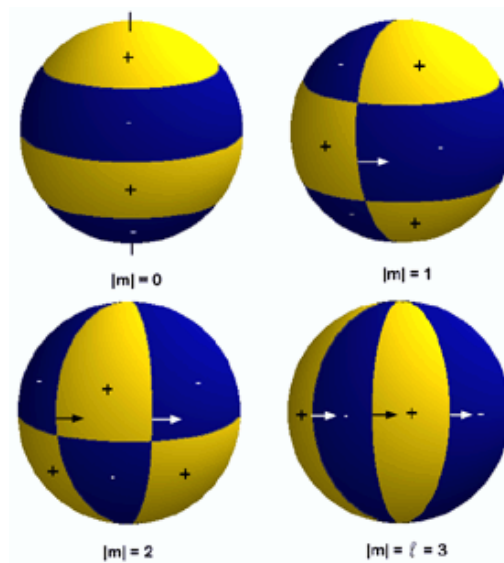
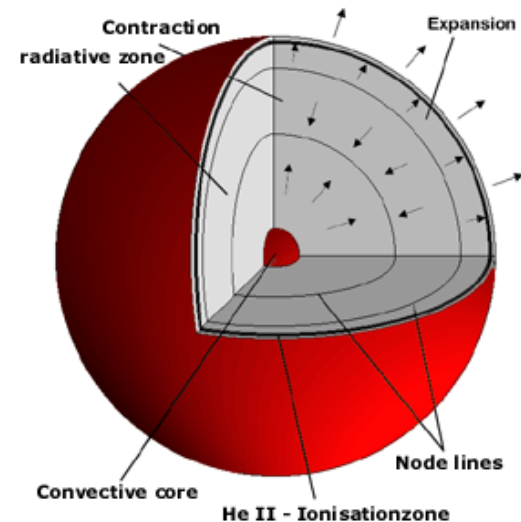
$m < 0$ retrográd

$m = 0$ zonális módus

$|m| = l$ szektorális

$0 < |m| < l$ tesszerális

Animációk: CSI honlap, glpulse3d

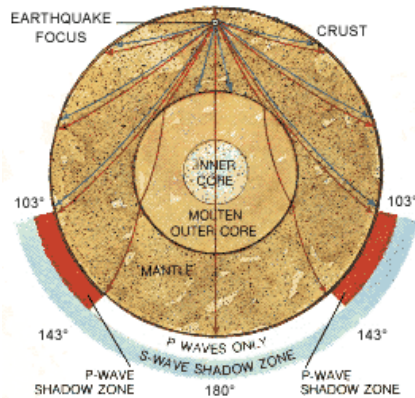


Ismétlés: csillagpulzáció – mire jó?

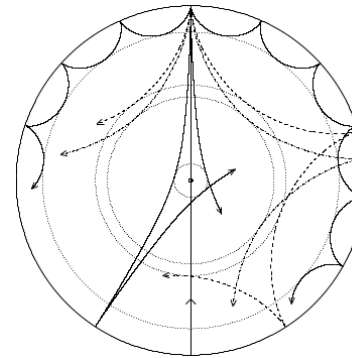
Asztroszeizmológia (asteroseismology)

A csillagbelső részletes vizsgálatának egyetlen jelenleg rendelkezésünkre álló módja.

szeizmológia



asztroszeizmológia



A csillagrezgések különböző frekvenciájú módusainak hullámai különböző mélységekig hatolnak le, így a csillag belsejének különböző rétegeiről (az ottani hangsebességről) hordoznak információt.

Az általunk megfigyelhető gerjesztett módusokat számos dolog határozza meg. Az első a pulzációt gerjesztő mechanizmus, a második a csillag anyagának a gerjesztésre adott válasza. A pulzáló csillagok első közelítésben szférikus szimmetriát mutató üregrezonátoroknak tekinthetők, amelyek képesek fenntartani meghatározott frekvenciájú rezgéseket. Ezeket a frekvenciákat meghatározza a csillag felépítése, tömege, luminozitása, és a felszíni rétegek vastagsága.

