

Pulzáló változócsillagok és megfigyelésük I.

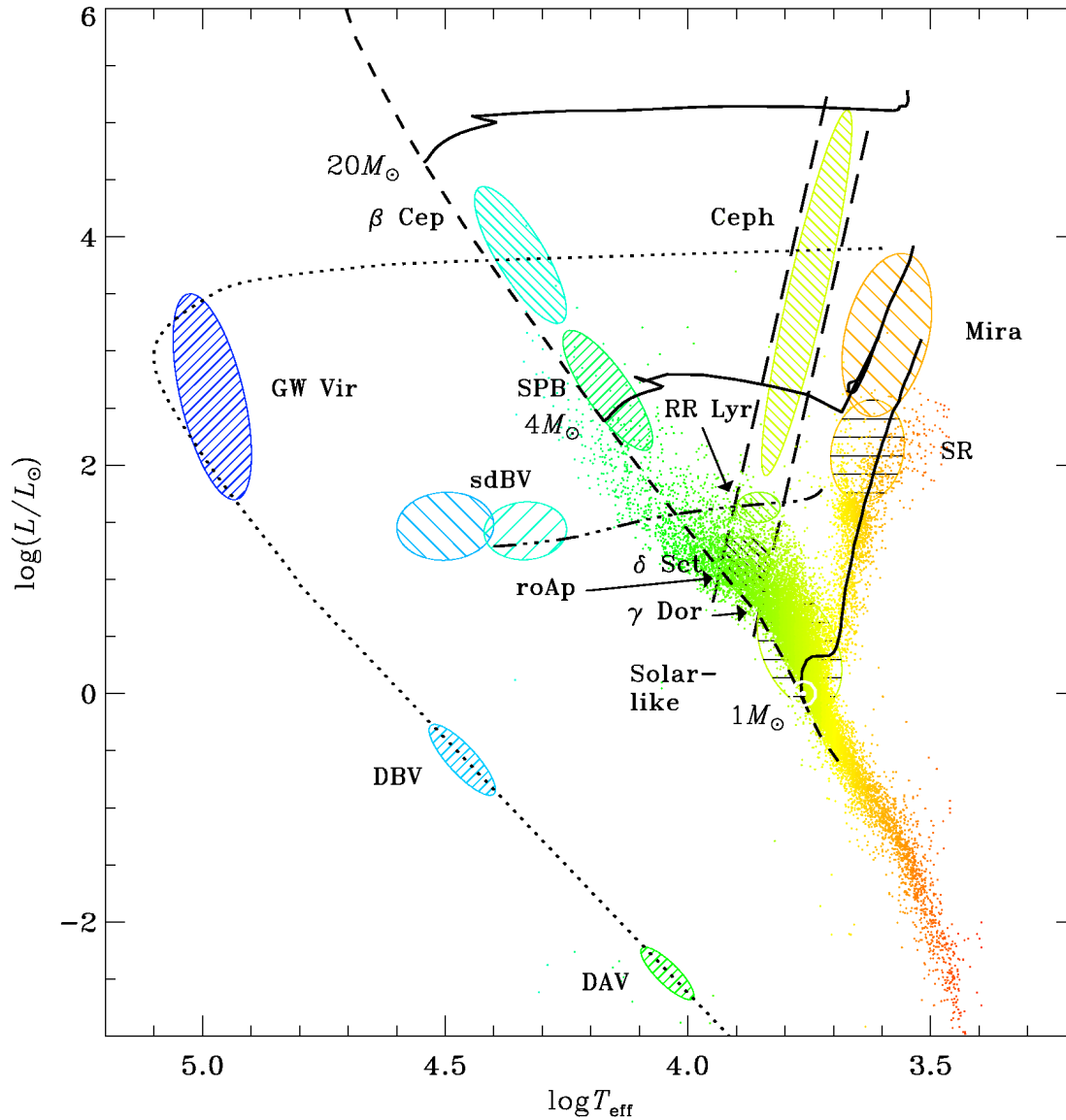
4. δ Scuti és γ Doradus csillagok

Bognár Zsófia
Sódor Ádám

ELTE – MTA CSFK CSI
2017.11.07.

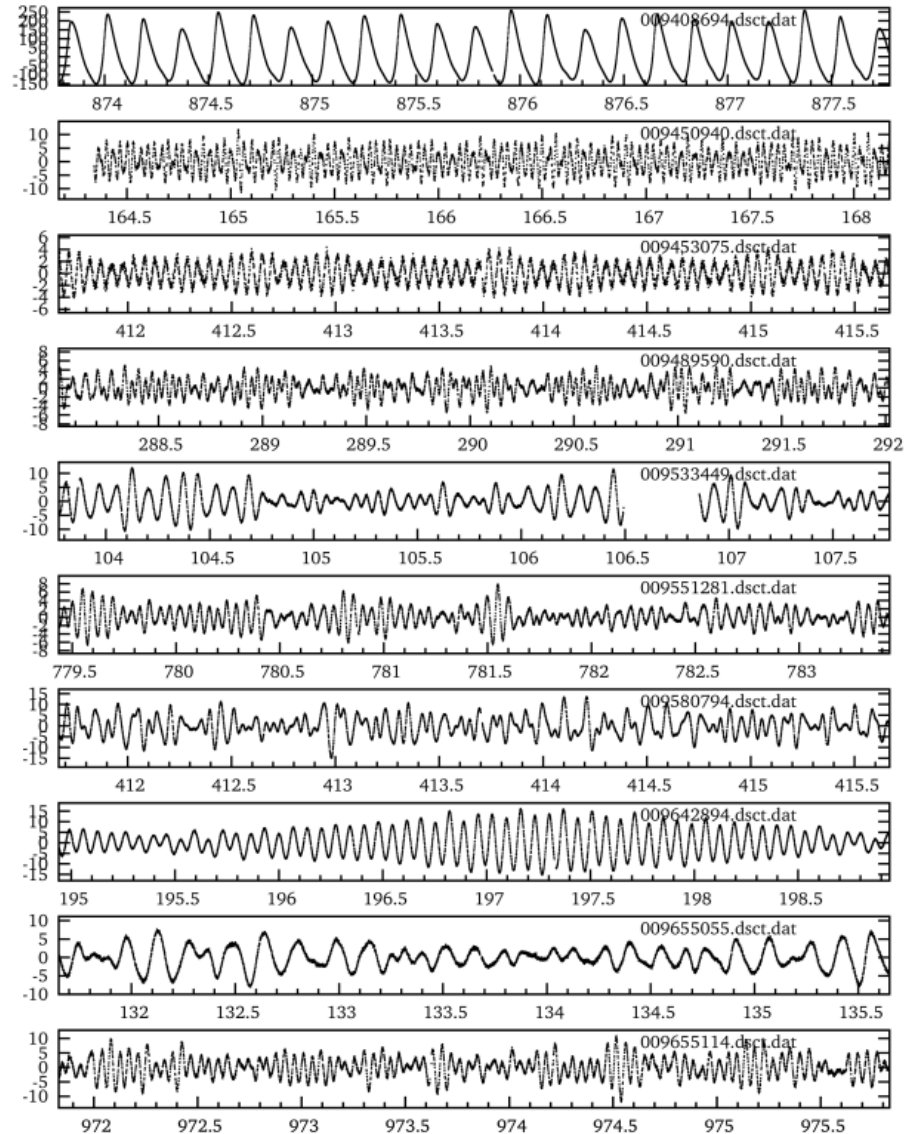


Helyük a HRD-n



δ Scuti csillagok

- A közepes tömegű ($1.2-2.5 M_{\text{nap}}$), A és F spektráltípusú csillagok nagy része pulzációt mutat a fősorozat és a klasszikus instabilitási sáv metszetében (pl. δ Scuti, γ Dor változók)
- δ Scuti:
 - fősorozati, ill. arról elfejlődőben lévő csillagok (centrális vagy héjbeli H égés)
 - I. populáció
 - p -módusok
 - nagyszámú radiális és nemradiális módus
 - $P \sim 0.01-0.3$ nap (18 min-8 h)
 - κ -mechanizmus (Hell)
 - Ampl.: mmag $\rightarrow n \times 0.1$ mag (LADS, HADS)



δ Scuti csillagok

- High-amplitude δ Scuti stars (HADS, Dwarf Cepheids):
 - radiális módus dominál
 - kis amplitúdójú nemradiális módusok is detektálhatók
 - lassabban forgó csillagok
- Low-amplitude δ Scuti stars (LADS):
 - kisebb amplitúdók, főleg nemradiális módusok
 - radiális módusok kis amplitúdóval
 - általában gyorsabb rotáció

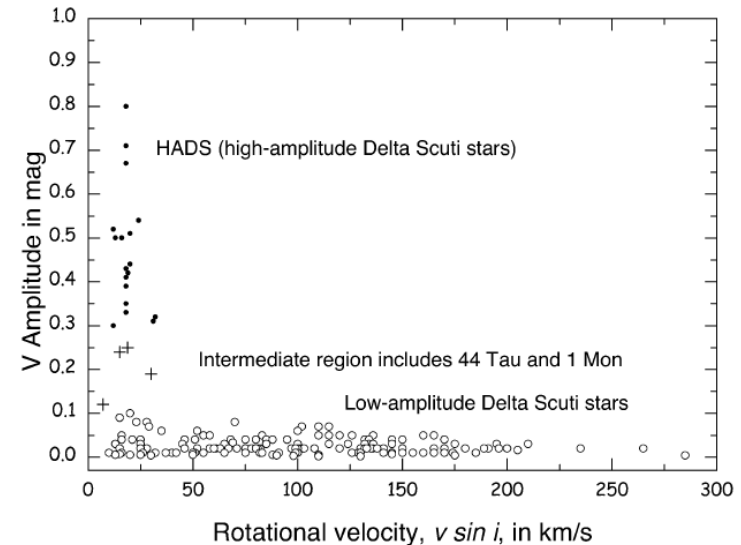
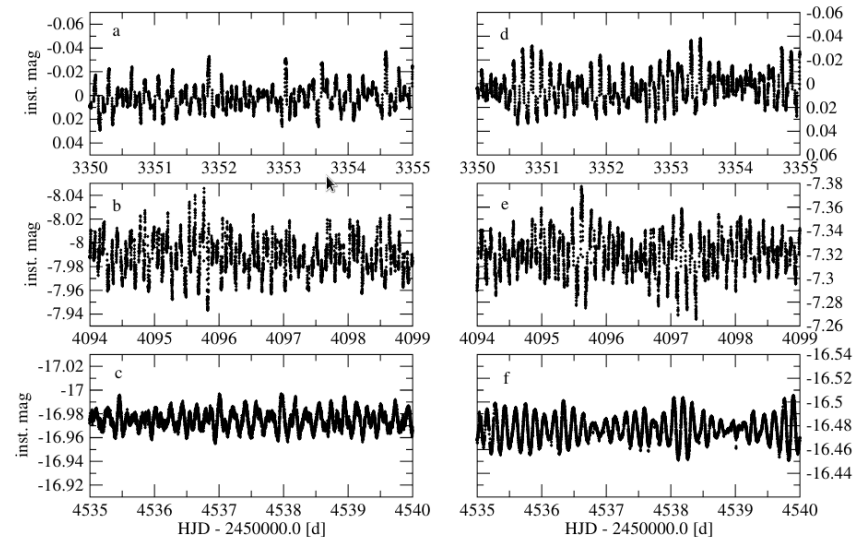
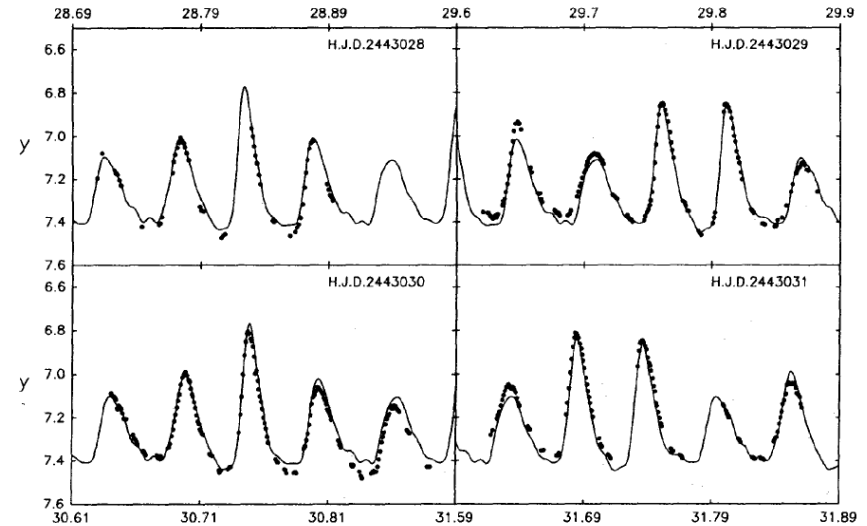


Figure 2: Relationship between the measured projected rotational velocity, $v \sin i$, and amplitude of pulsation. The diagram shows that large amplitudes (mostly radial modes) require slow rotation. However, nonradial modes with small amplitudes are detected in δ Scuti stars of all rotational velocities.

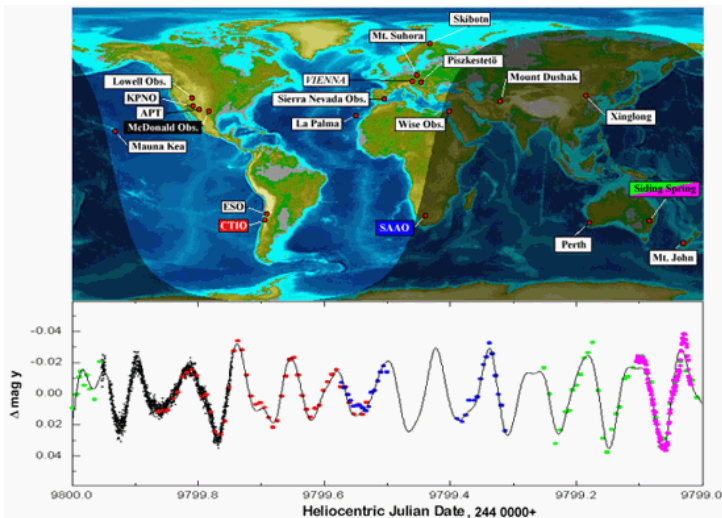
δ Scuti csillagok

- SX Phe (Phoenicis) csillagok:
 - hasonló pulzációs tulajdonságok a HADS-okhoz (vagy kiválasztási effektus?)
 - II. populáció! (alacsony fémtartalom)
 - a legtöbb gömbhalmaz tagja, de ismertek a galaktikus haloban is
- Pre-MS δ Scuti csillagok:
 - Konstanze Zwintz
 - részletes pulzációs vizsgálatok a '90-es évek közepétől
 - kb. 60 ismert objektum (2011)
 - radiális és nemradiális p -módusok, $P \sim 15$ min – 7 h



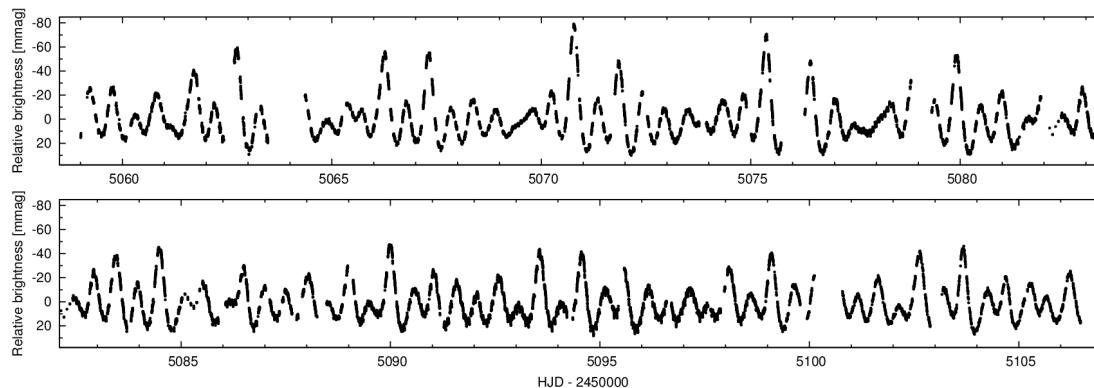
δ Scuti csillagok

- Miért fontos objektumok?
 - nagy számban, régóta (1935) ismertek
 - nagy számú gerjesztett módus \rightarrow asztroszeizmológia (Delta Scuti Network, *MOST*, *CoRoT*, *Kepler*)
 - periódus-luminozitás összefüggés
$$M_V = -1.83(\pm 0.08) - 3.65(\pm 0.07) \log P_F \text{ (Poretti et al. 2008)}$$



γ Doradus csillagok

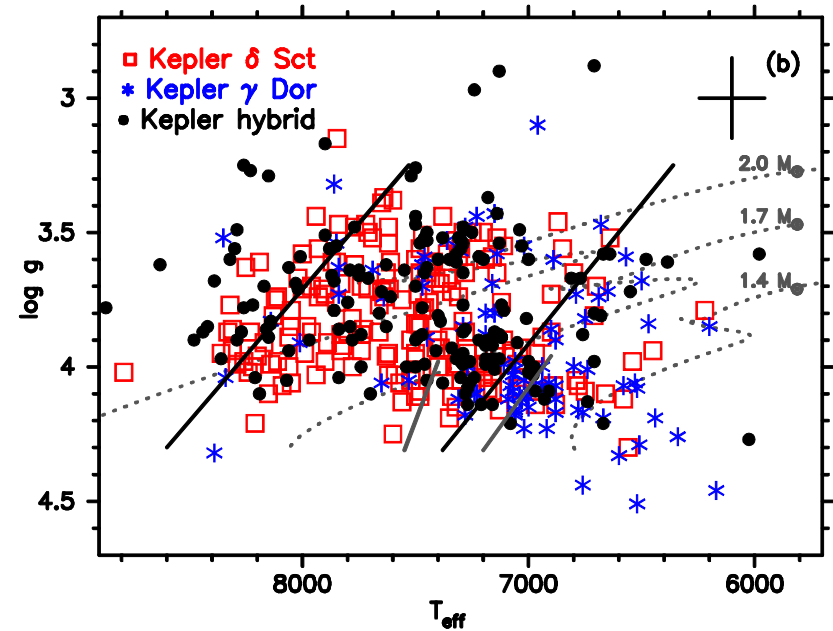
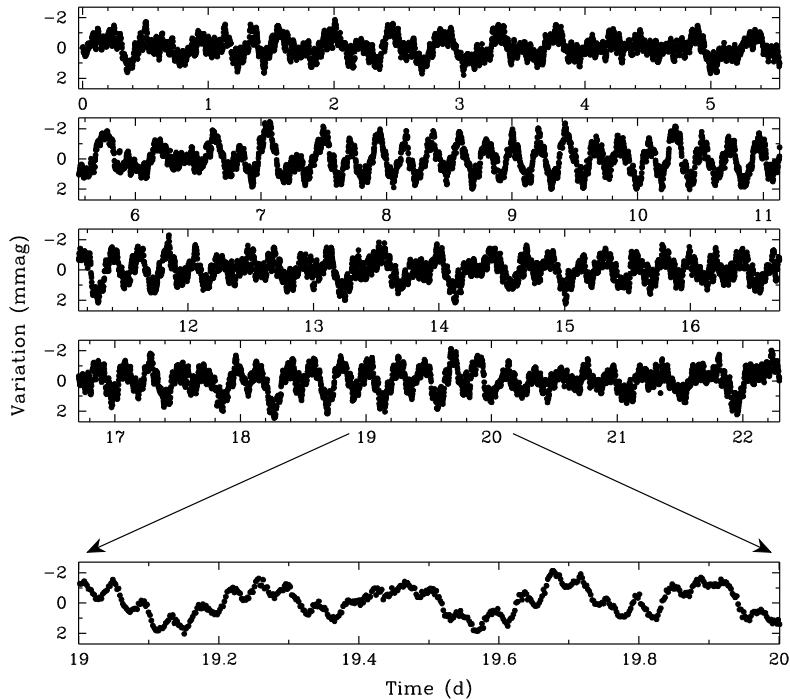
- a '90-es évek közepétől egy új változótípus, ahol a klasszikus instabilitási sáv vörös szélé találkozik a fősorozattal (A7-F5)
- $P \sim 0.3 - 3$ d
- amplitúdók: max. ~ 0.1 mag
- nemradiális g -módusok, multiperiodikusak
- gerjesztési mechanizmus: a (külső) konvektív zóna aljánál működő konvektívfluxus-blokkolási mechanizmus (“...a konvektív zóna egy időre leblokkolja a belülről jövő fluxust. Az összenyomódás alatt raktározott energiát azután a következő expanziós fázisban adja át a pulzáló rétegnek.”)



γ Doradus csillagok

- észlelési nehézségek földi bázisú megfigyelések esetén (jellemző domináns módusok 1-2 ciklus/nap frekvenciánál, instrumentális, atmoszferikus effektusok) → űrből kapott idősorok fontosak
- a γ Dor és δ Sct típusú pulzációt gerjesztő mechanizmusok instabilitási régiói átfedést mutatnak → hibrid γ Dor és δ Sct változók (2004, 2005)
- az egyidejűleg gerjesztett p - és g -módusok egyszerre szolgáltatnak információt a csillag külső, ill. magközei tartományáról → asztroszeizmológiai vizsgálatok kiemelt célpontjai lehetnek
- űrfotometria: ezres nagyságrendben hibrid-jelöltek

Hibrid δ Sct – γ Dor csillagok



- mindenütt megtalálhatók a delta Sct és gamma Dor instabilitási sávokban (ábra: Uytterhoeven et al. 2011)
- gyakorlatilag az összes delta Scuti mutat alacsony frekvenciás változásokat (Balona 2014)

Hibrid δ Sct – γ Dor csillagok

Milyen okok állhatnak a hibrid-jelenség hátterében?

- *valódi hibridek* (belső gerjesztés), kérdés: forróbb ($T_{\text{eff}} > 7500$ K) δ Sct csillagoknál is lehet? Elvileg nem várjuk, hogy a konvektívfluxus-blokkolási mech. működik a vékony felső konvektív rétegben.
- *fedési vagy ellipszoidális kettőscsillagok*: δ Sct csillag egy ilyen kettősrendszerben. A hosszú periódusok pl. az orbitális periódusnak feleltethetők meg
- *árapály-gerjesztés*: δ Sct csillag szoros, excentrikus kettősben, árapályerők gerjesztette g -módusok
- *a csillag forgása felszíni inhomogenitásokkal kombinálva*: csillagfoltok? DE: normál A típusú csillagoknál vékony konvektív réteg, gyenge mágneses tér várt

Hibrid δ Sct – γ Dor csillagok

