

Физика ФУОРов
С.А.Ламзин, ГАИШ МГУ



АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 7

НОЯБРЬ, 1971

ВЫПУСК 4

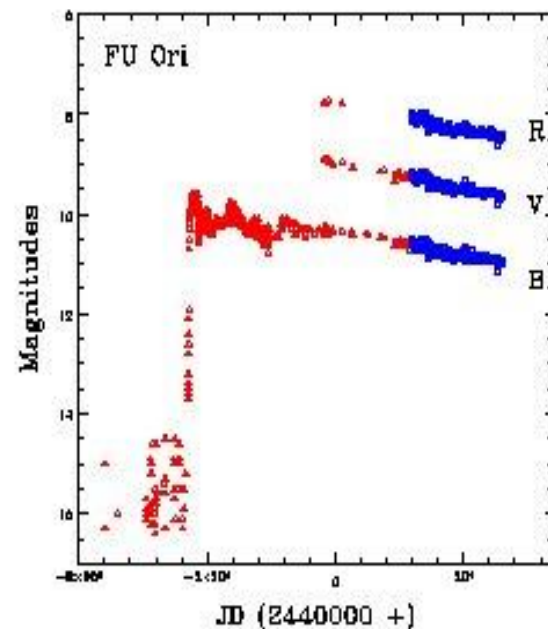
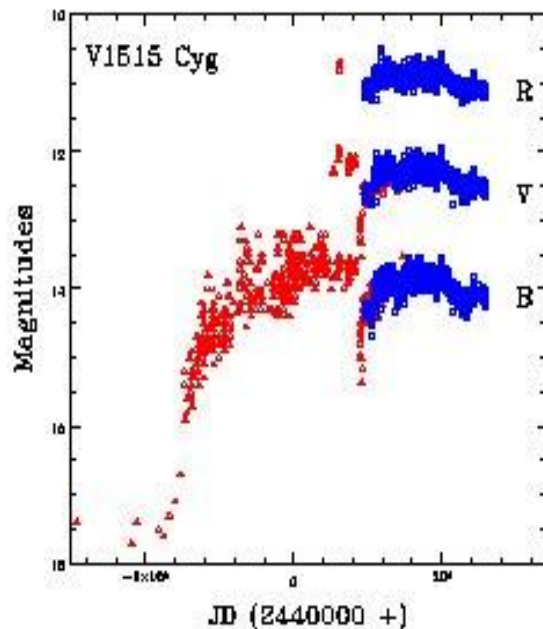
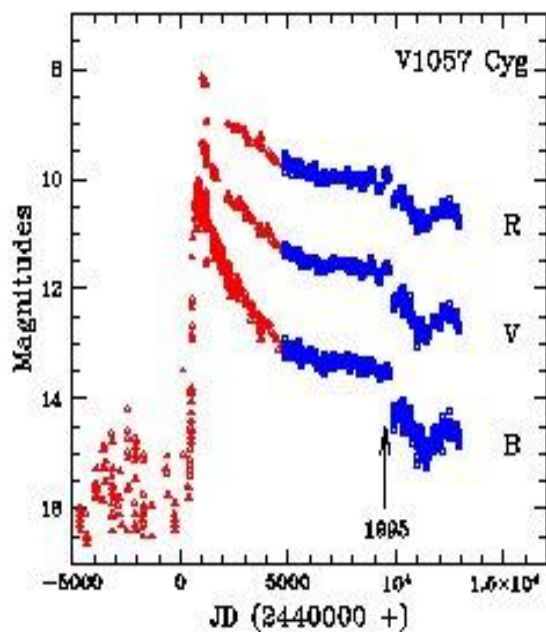
ФУОРЫ

В. А. АМБАРЦУМЯН

Поступила 3 августа 1971

Объекты типа FU Ориона (фуоры) характеризуются тем, что они вдруг за короткий промежуток времени повышают свою светимость в наблюдаемой части спектра более чем в сто раз, после чего долгие годы сохраняют повышенную светимость. Дается объяснение этому явлению на основе предположения, что до подъема блеска в области, непосредственно окружающей звезду, имеются источники энергии, большая часть которой выделяется в виде энергии корпускулярного излучения. Во время подъема блеска образуется, как показывают наблюдения, оболочка, внутри которой оказываются эти внешние источники. Поэтому после подъема блеска почти вся энергия источников испускается в виде потока теплового излучения.

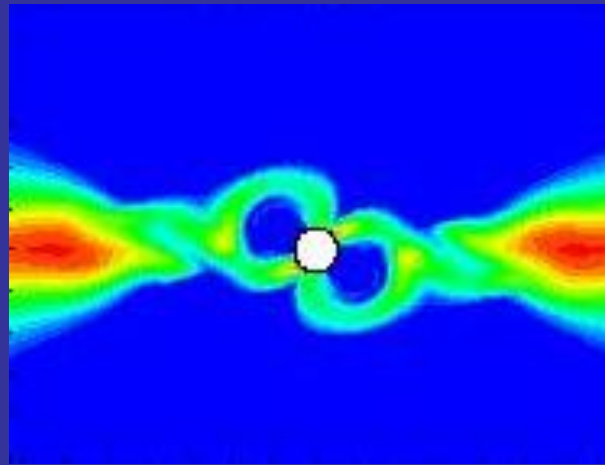
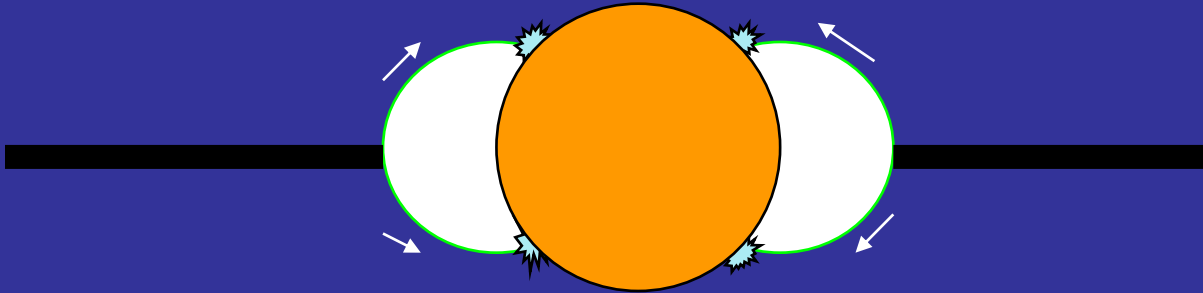
Кривые блеска некоторых фуоров (*Clarke et al., 2005, MNRAS 361, 942*)



Проблемы:

- Что представляют собой ФУОРы ?
- Каков механизм вспышек ФУОРов ?
- Все ли молодые звезды проходят через стадию ФУОРа
- Когда и как часто происходят вспышки ФУОРов
- Какова роль феномена в накоплении массы и углового момента молодых звезд

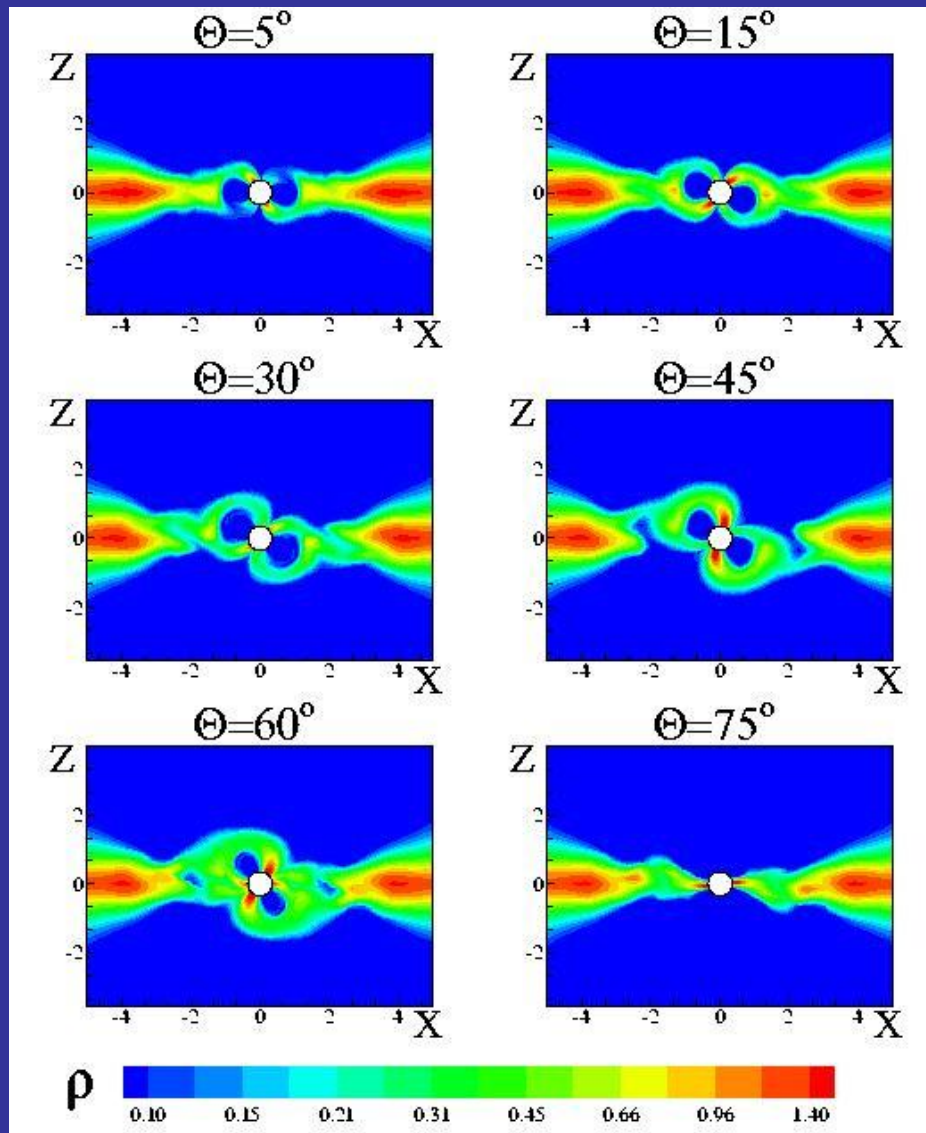
Magnetospheric model (Bertout et al., 1988)



Romanova et al., 2003, ApJ 595, 1009

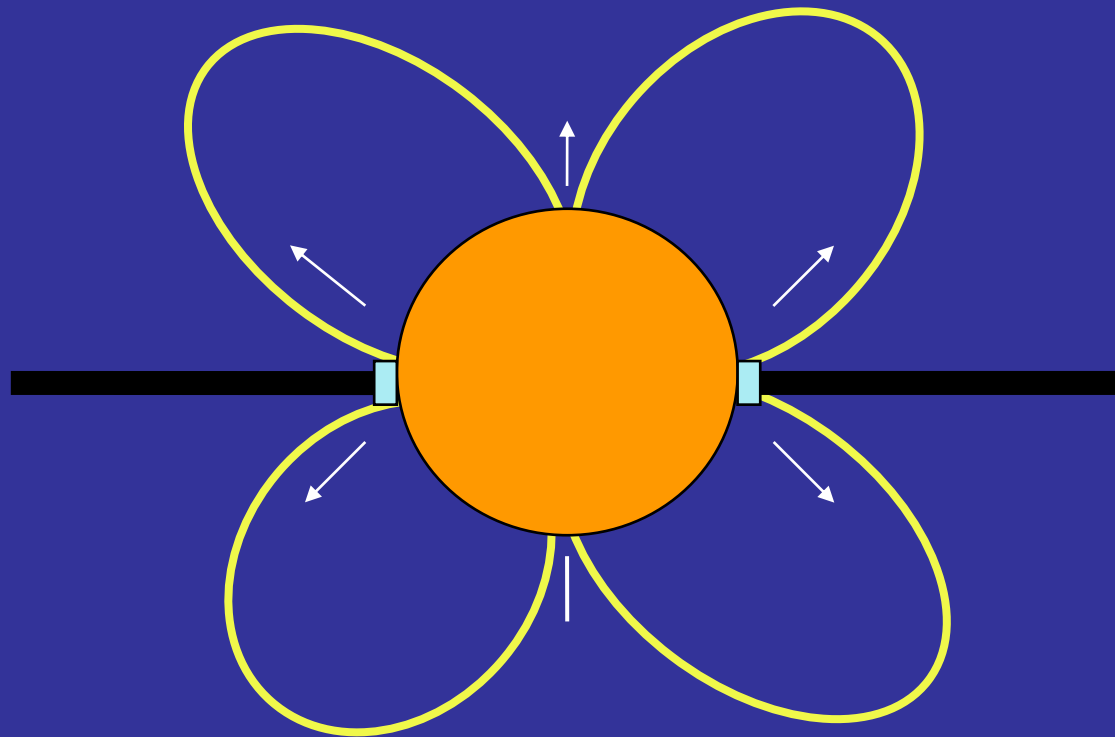
Disk accretion to inclined magnetic dipole

(*Romanova et al., 2003, ApJ 595, 1009*)



Boundary layer accretion model (Lynden-Bell & Pringle, 1974 + ...)

$$dM/dt \sim 10^{-4} \text{ Mo/yr}$$



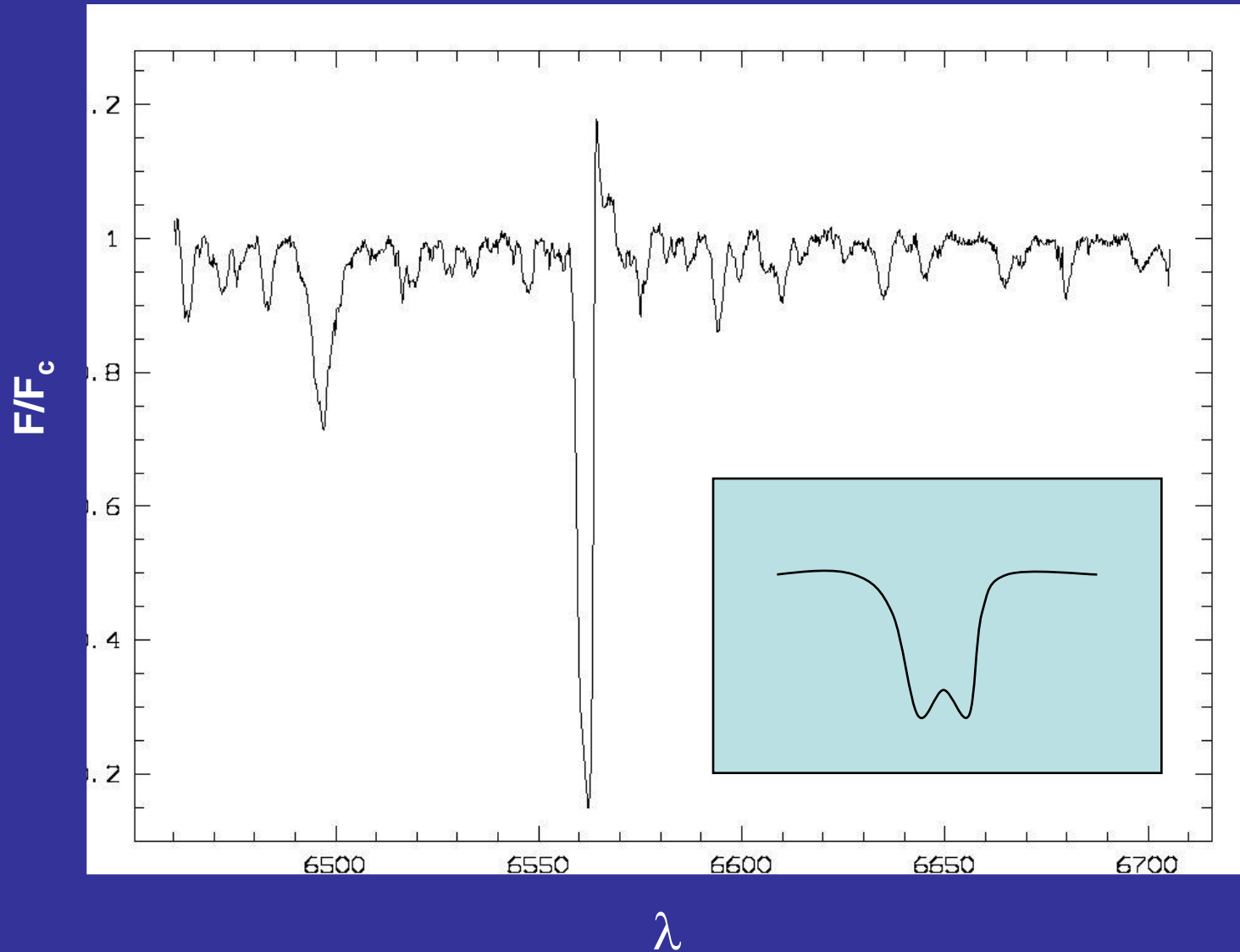
$$L_{ac} = GM/r \frac{dM}{dt} \gg L_*$$

$$L_{disk} \approx L_{BL} \approx 0.5 L_{ac}$$

Axial symmetry !

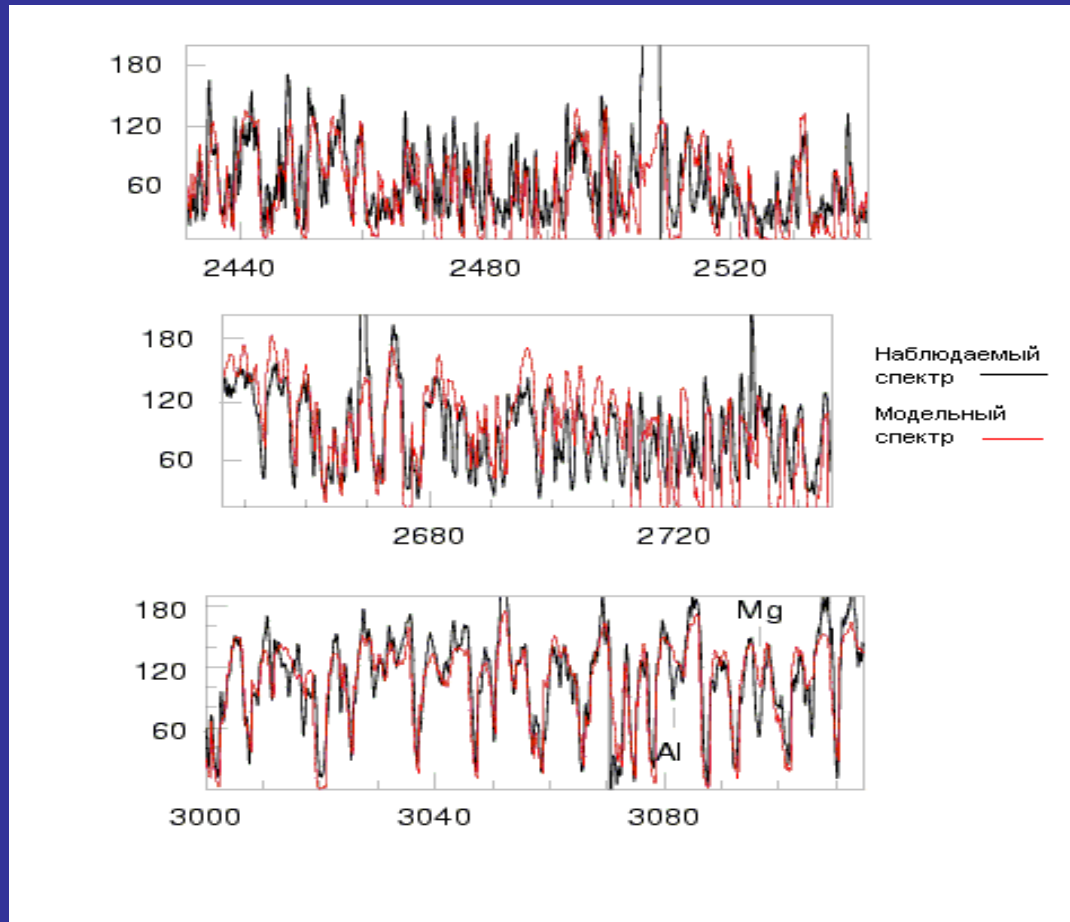
Spectrum of FU Ori in the vicinity of H α line

$$(dM/dt)_{\text{wind}} \sim 0.1 (dM/dt)_{\text{ac}}$$



Best fit of the HST/STIS UV spectrum of FU Ori observed in 2000

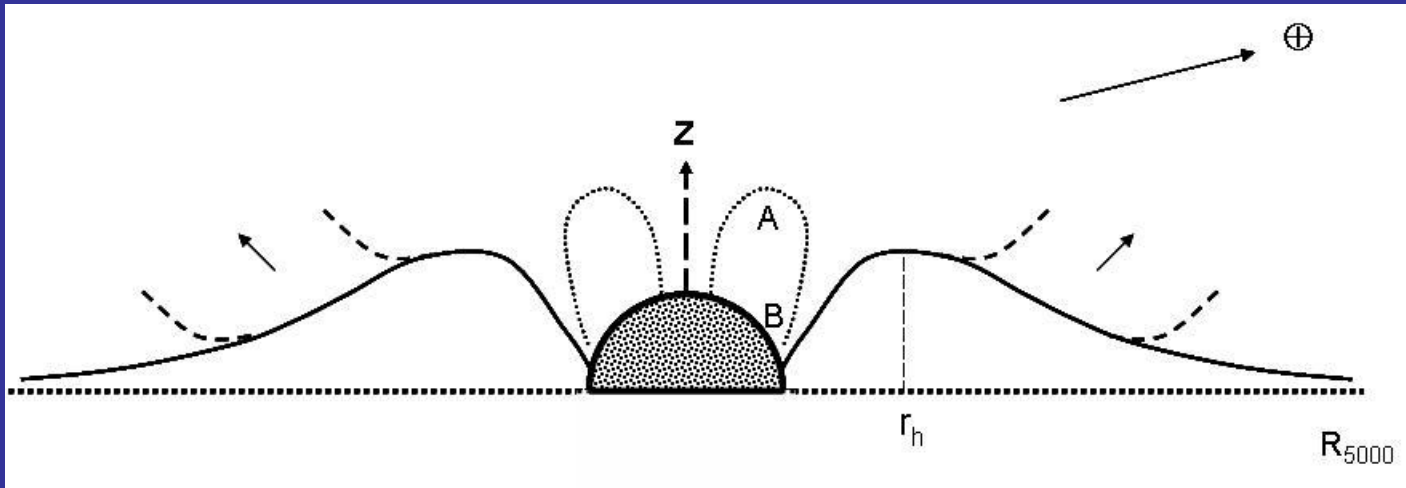
(*Kravtsova et al., 2007, Astron. Letters 33, 755*)



$T_1 \approx 5000\text{-}6000\text{ K}$, $S_1/S \approx 95\%$; $T_2 \approx 9000\text{ K}$, $S_2/S \approx 5\%$
+ cold neutral wind: $T \approx 5000\text{ K}$, $\lg N \approx 11.0$;

“Compromise” model of FUORs

Thick advective disk at $dM/dt > 10^{-5} M_{\odot}/\text{yr}$
(*Kley & Lin, 1996, ApJ 461, 933*)



Two component X-ray spectrum of FU Ori:

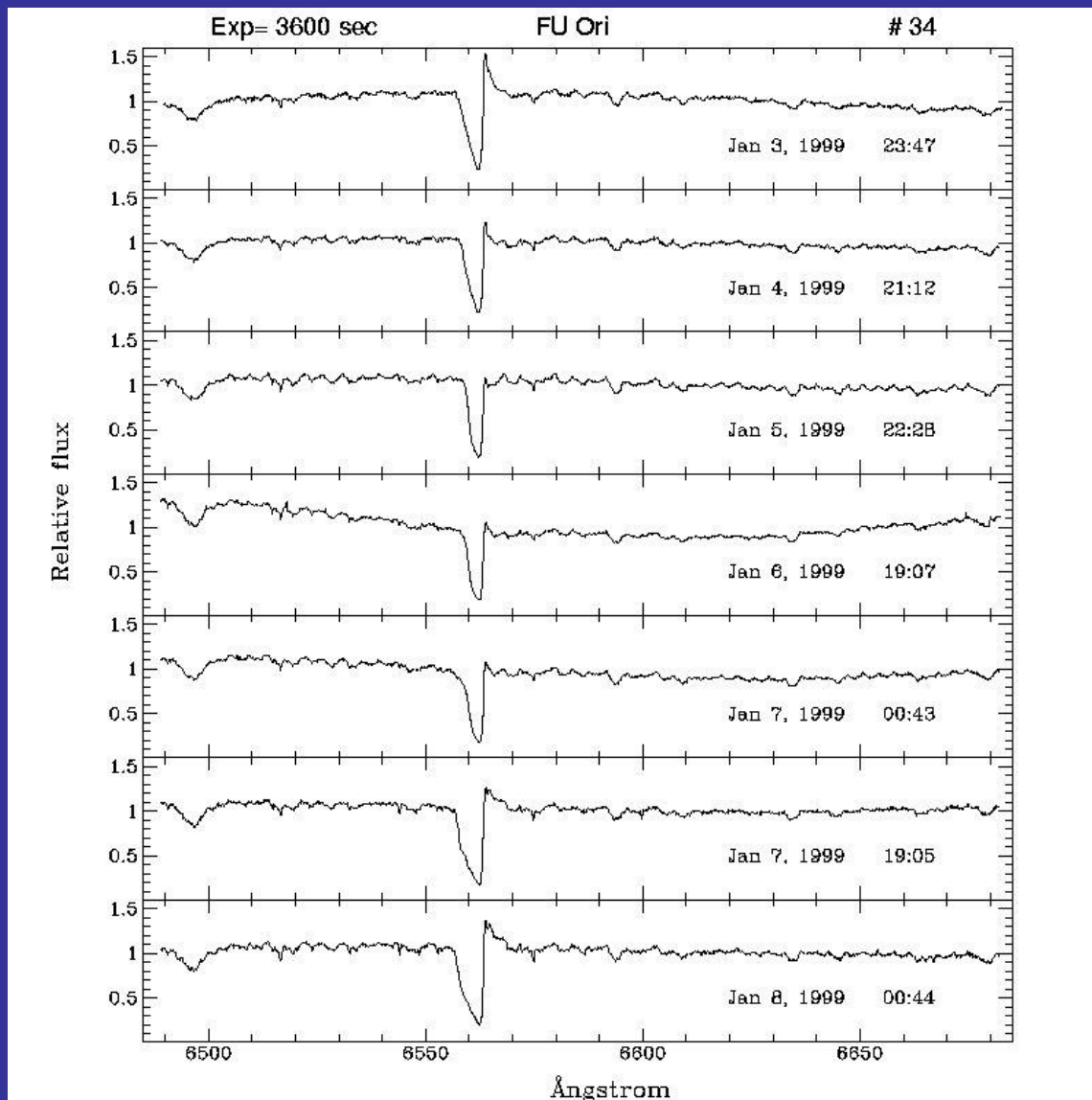
A: $kT_1 \approx 0.7$ keV, $\lg N_H \approx 21.6$

B: $kT_2 \approx 6-7$ keV, $\lg N_H \approx 23$

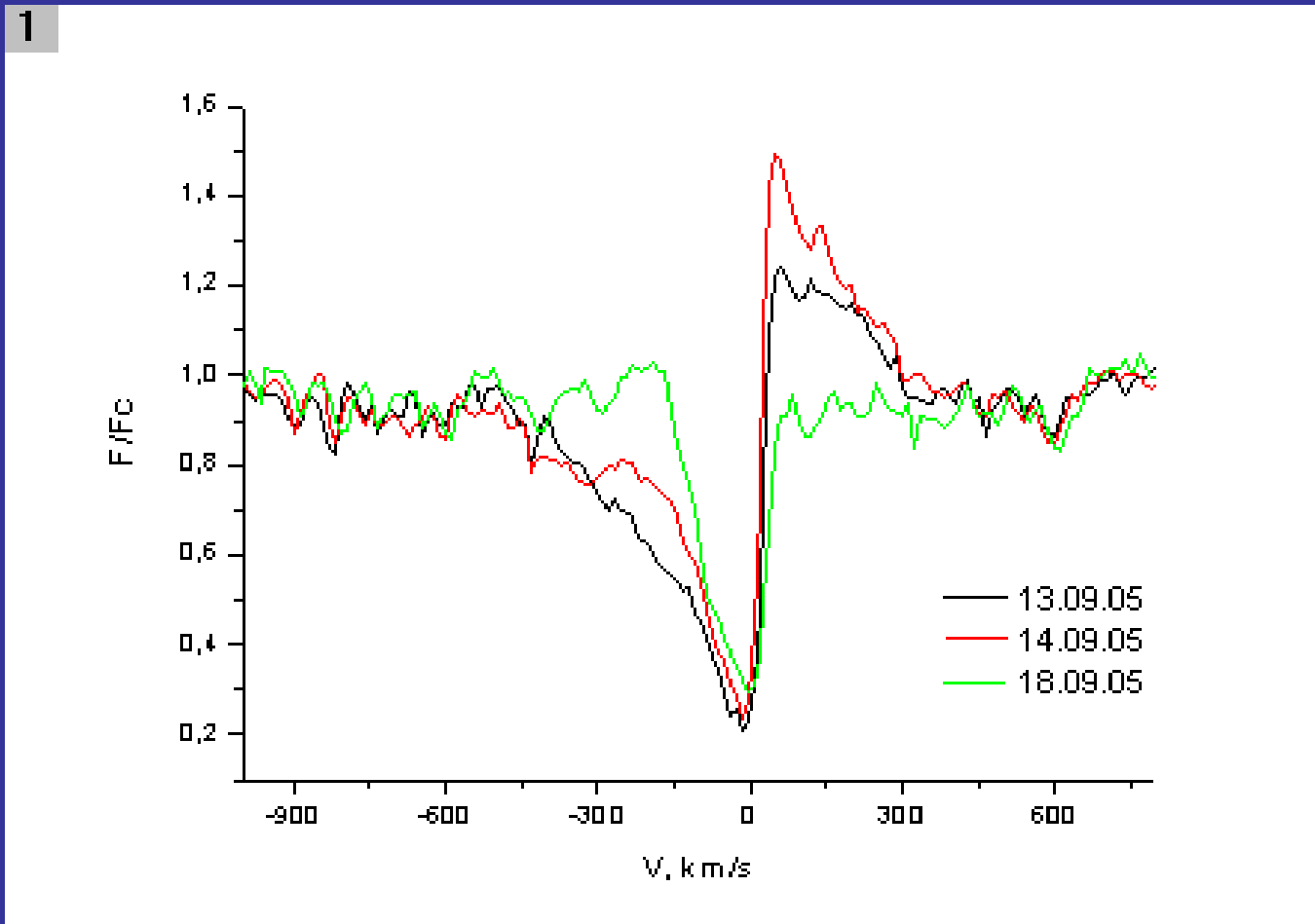
(*Skinner et al., 2006, ApJ 643, 995*)

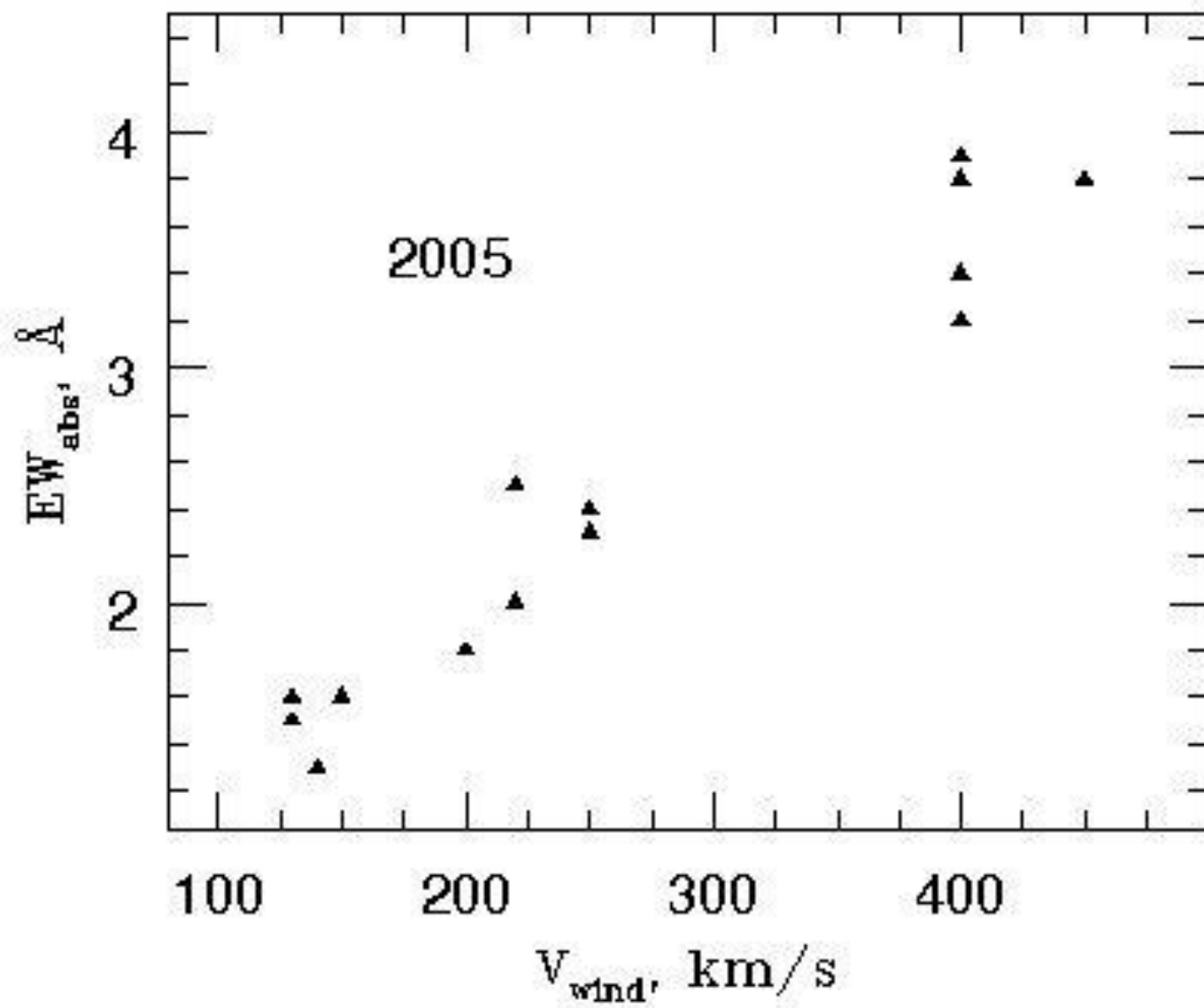
Variations of H_α profile in the spectrum of FU Ori

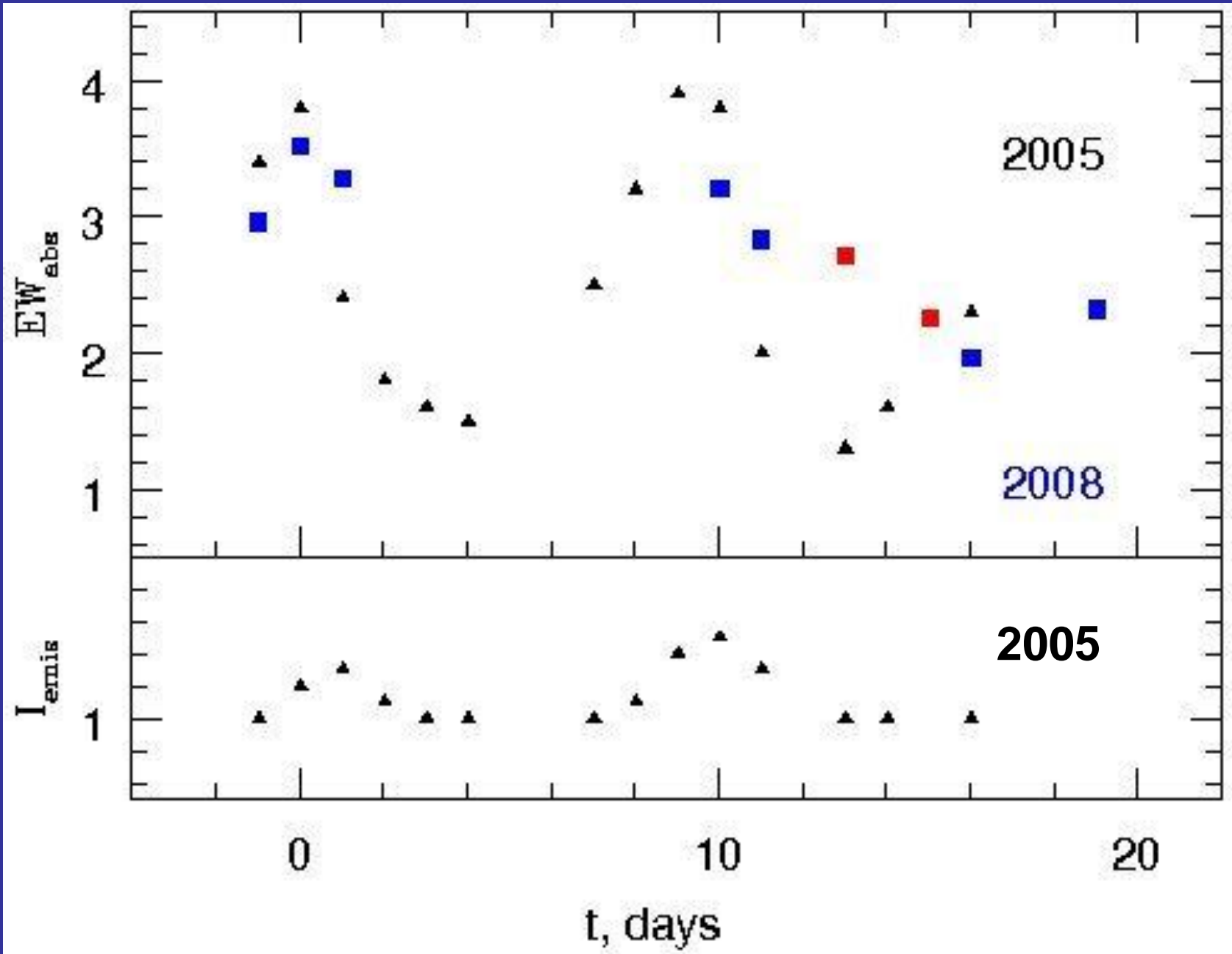
(Errico et al., 2003, Astron. Letters 29, 125)



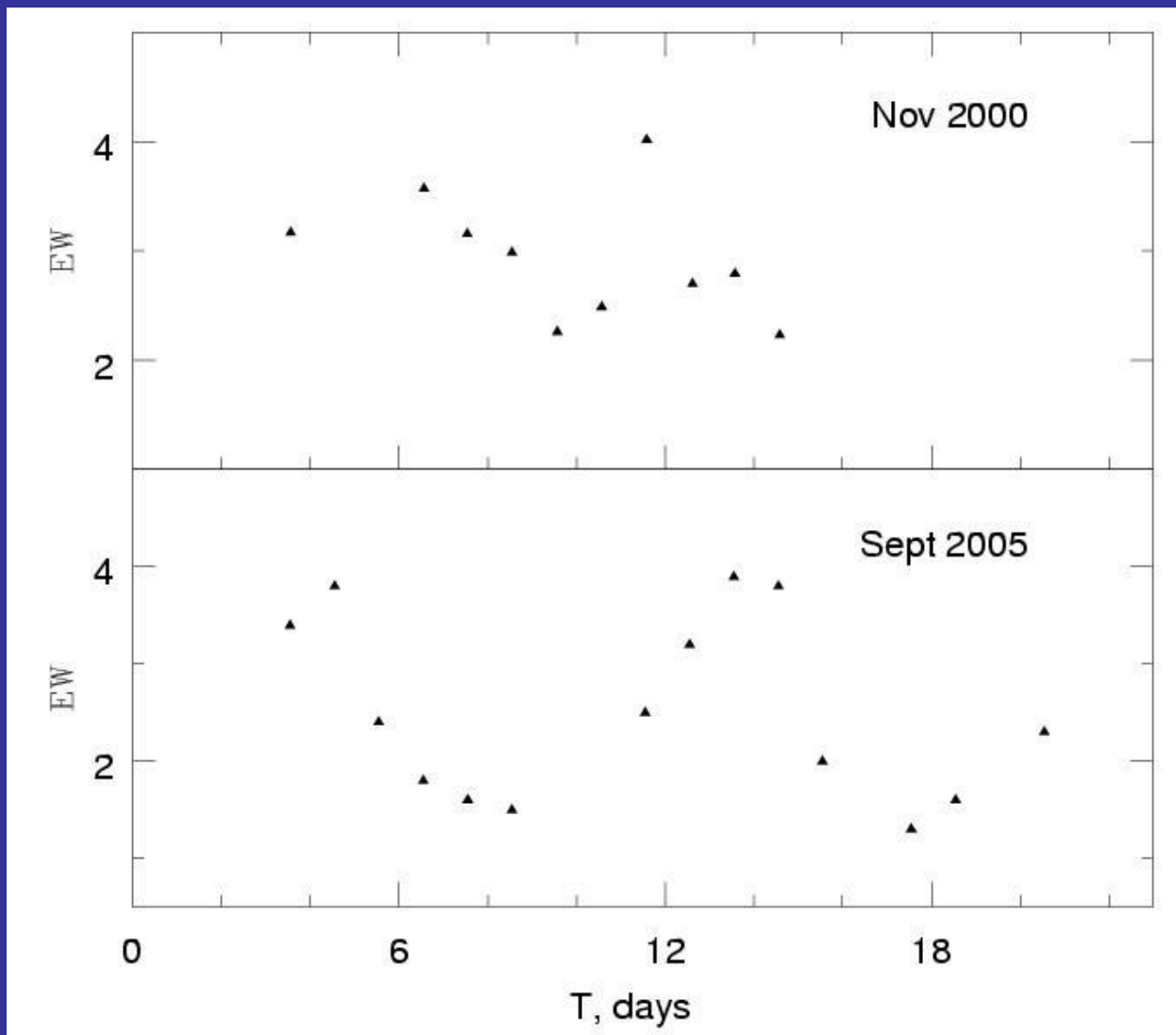
Some examples of H α profiles in FU Ori spectrum



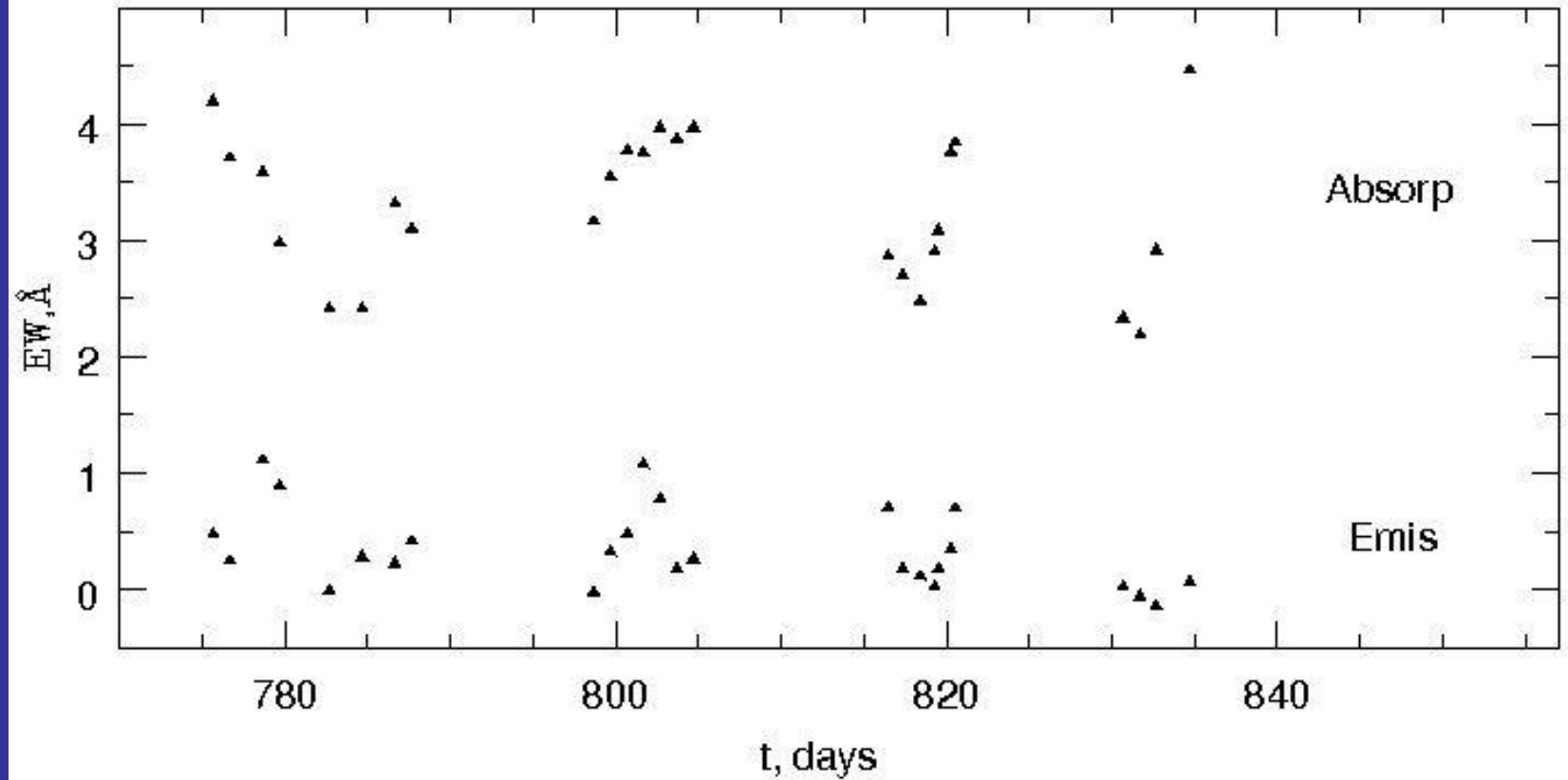




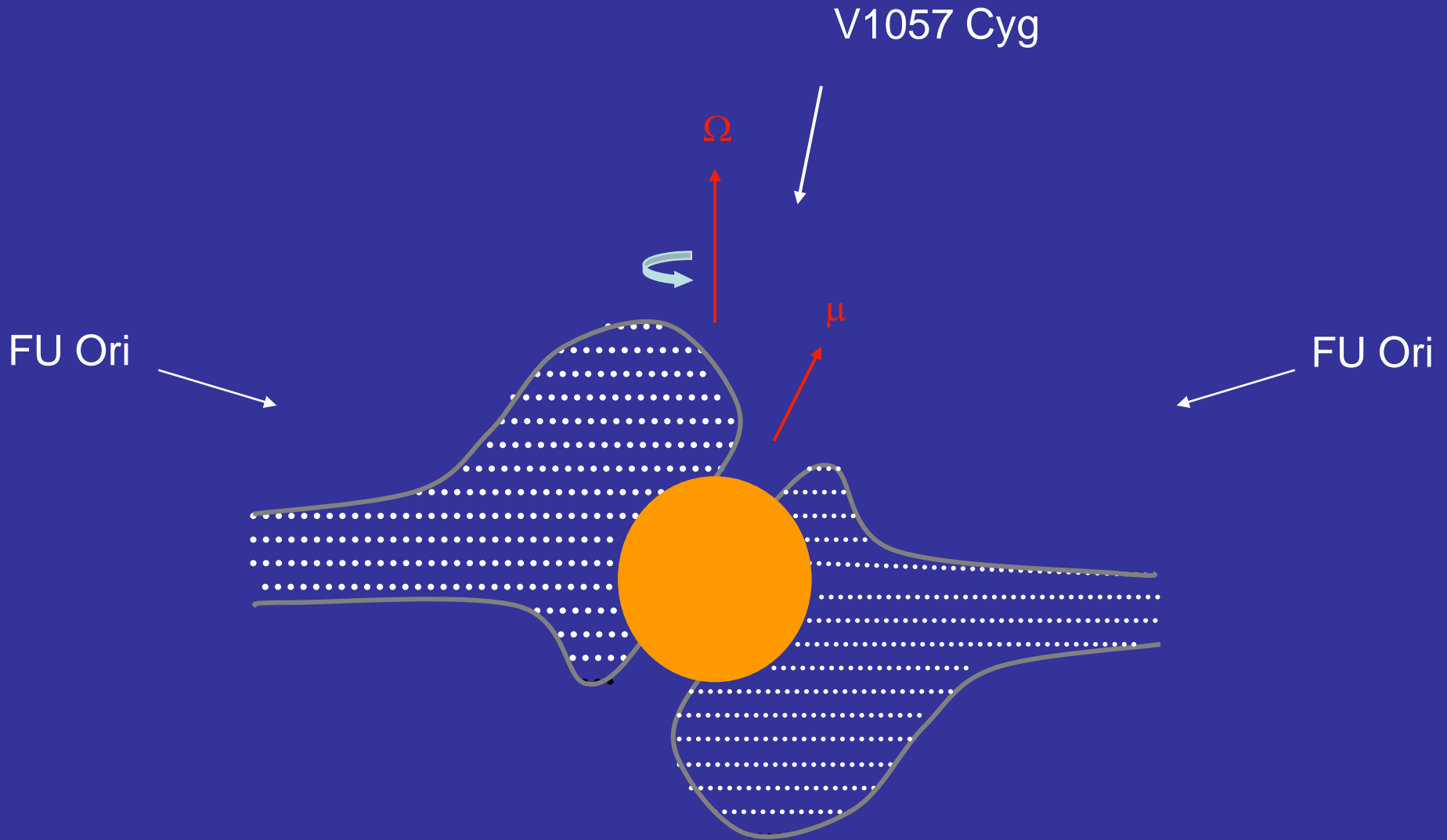
Variations of H α line's absorption component EW in spectra of FU Ori in 2000 and 2005 yr.



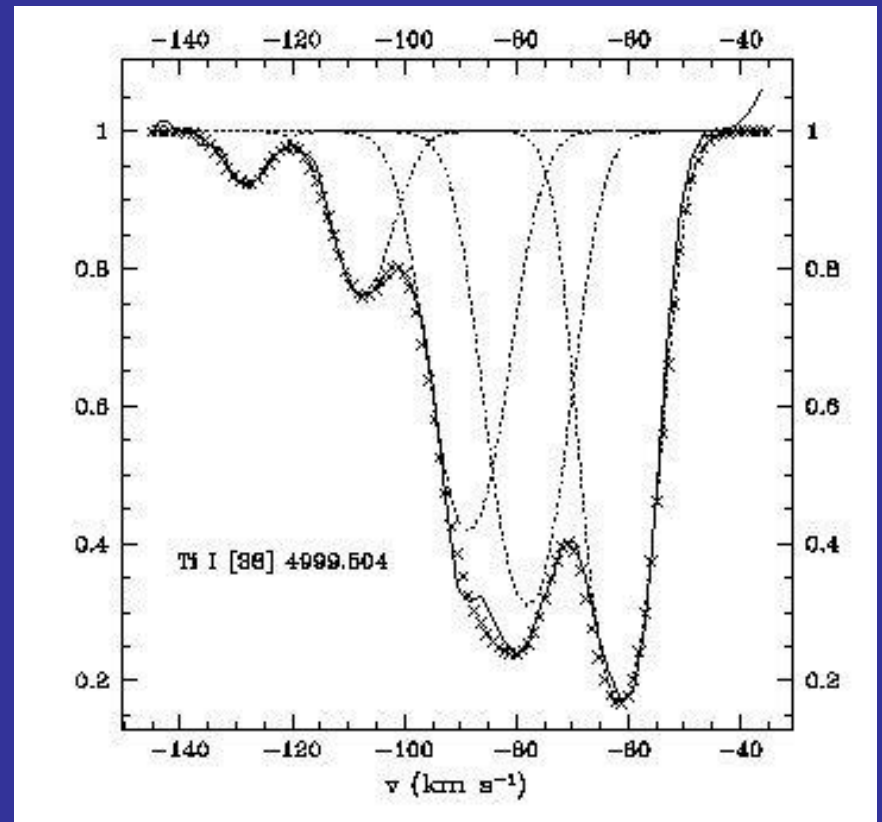
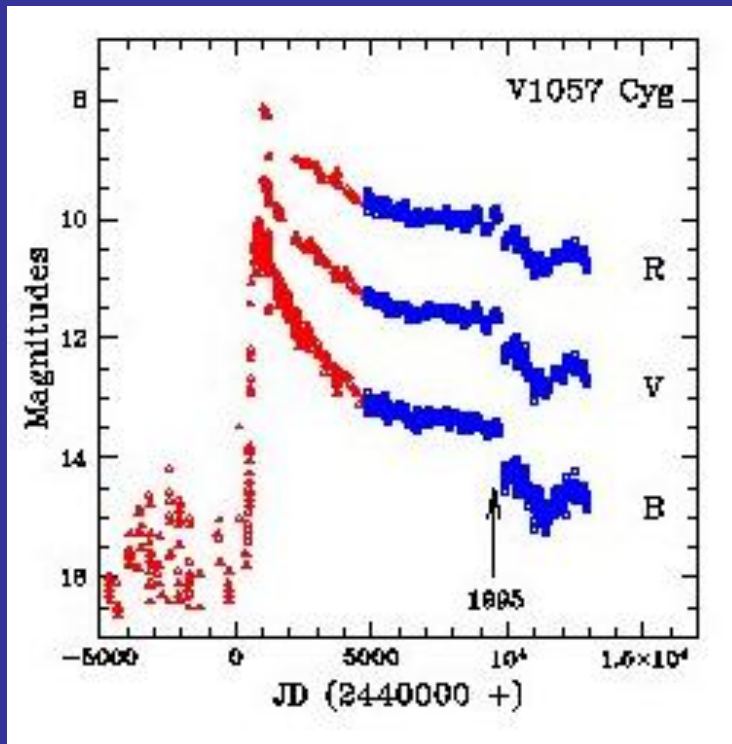
FU Ori, H α , 1995–2000



Inclined rotator model



The origin of shell components



Clarke et al., 2005, MNRAS 361, 942

Herbig et al., 2003, ApJ 595, 384

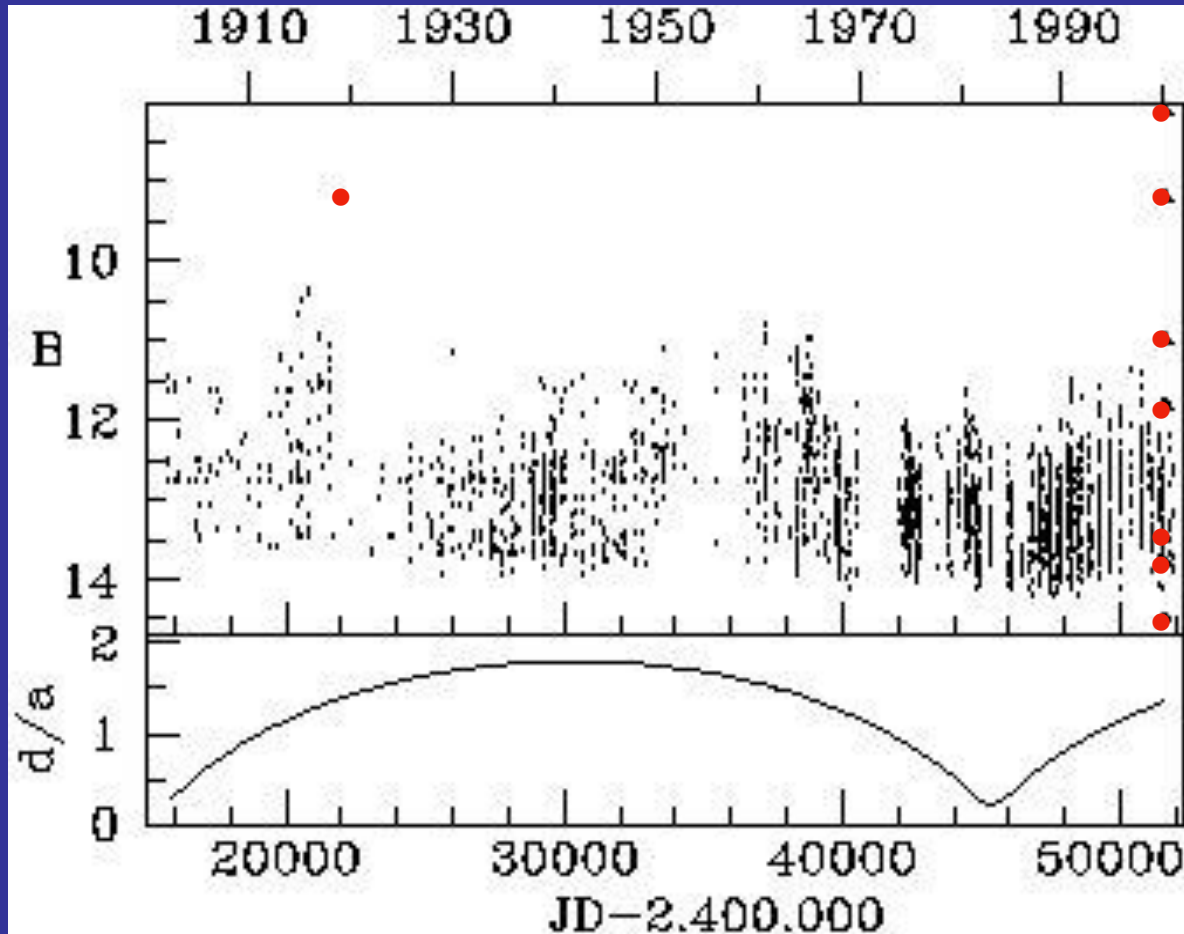
Модели тепловой неустойчивости

Сильная зависимость эффективной вязкости от температуры газа во внутренних областях диска может приводить к временному увеличению темпа аккреции (Lin & Papaloizou 1985; Clarke et al. 1990), как и в случае карликовых новых.

Соответствующая модификация теории позволила воспроизвести наблюдаемую величину и длительность вспышек ФУОРов (Bell & Lin 1994; Bell et al. 1995). Найдено, что если вспышка начинается на внутреннем краю диска, то нарастание блеска происходит медленно, а если достаточно далеко от края, то быстро.

Lodato & Clarke (2004) предположили, что инициировать вспышку может наличие маломассивного спутника.

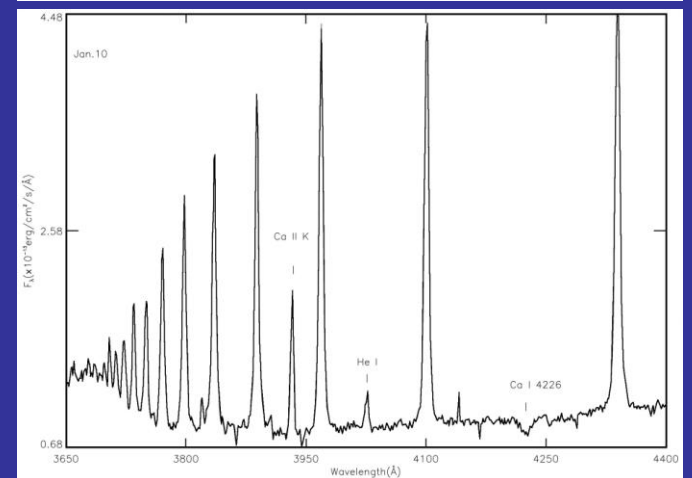
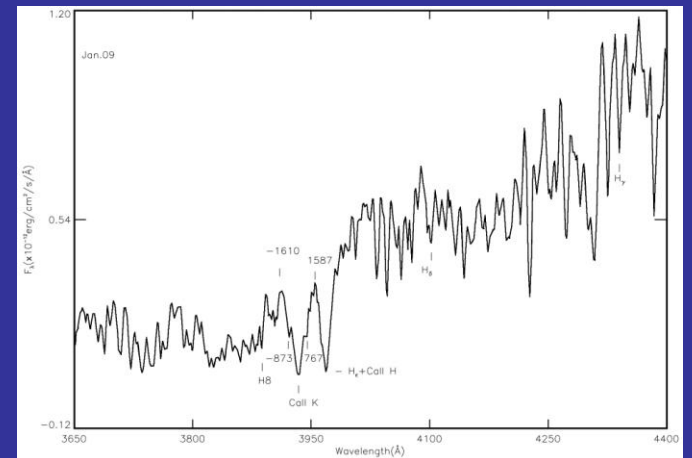
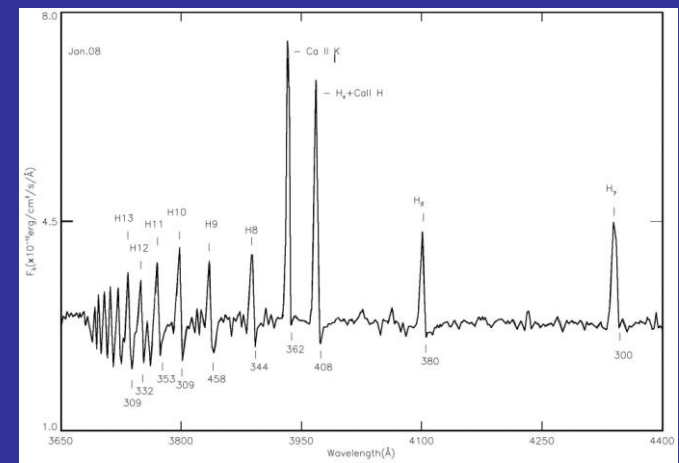
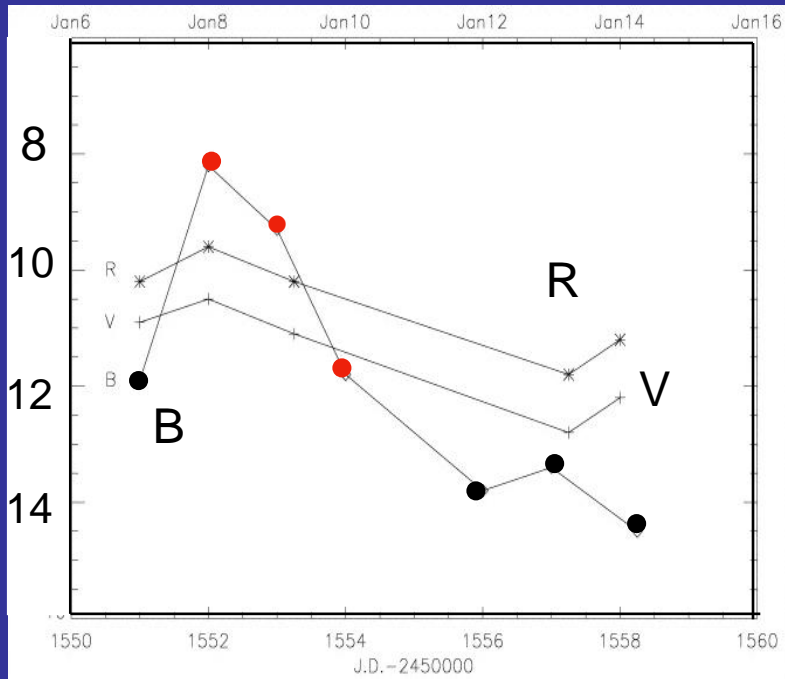
Close encounter of protostars in a binary system,
resulting in tidal effects in the disks and increasing of mass transfer
(*Bonnell & Bastien, 1992, ApJ, 401, L31*)



DF Tau historic light curve (*Lamzin et al., 2001, A&A 372, 922*)

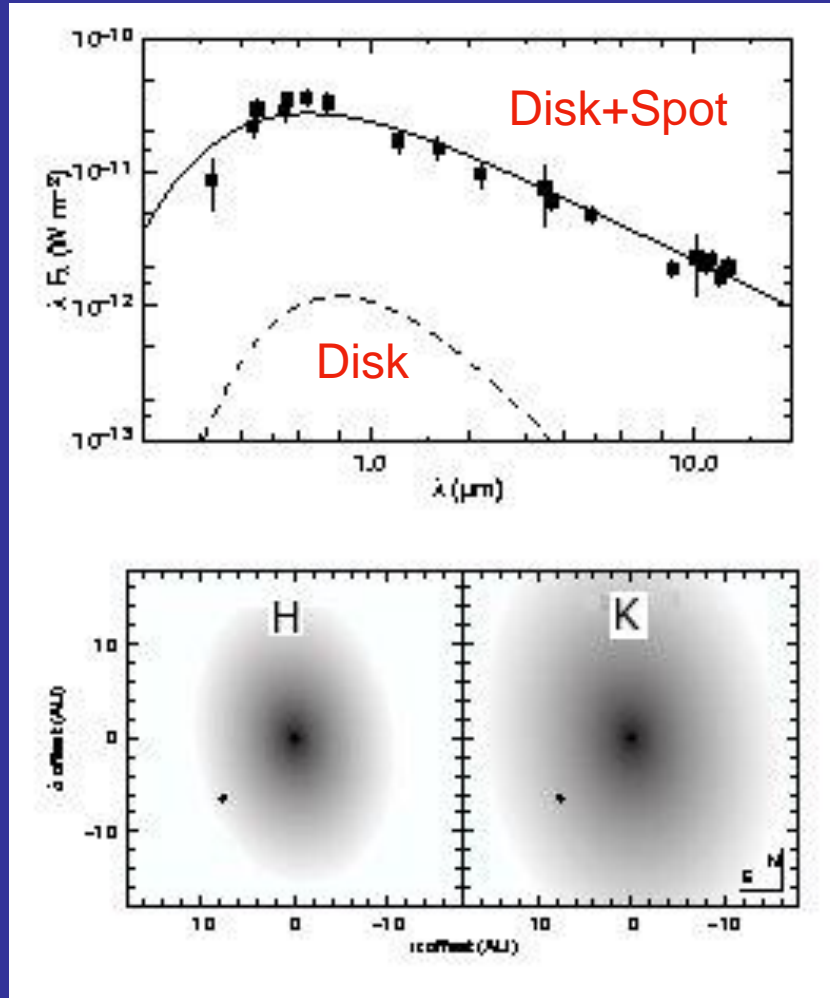
DF Tau outburst

Li et al., 2001, ApJ 549, L89



Moving IR spot of FU Ori

(Malbet et al., 2005, A&A 437,627)

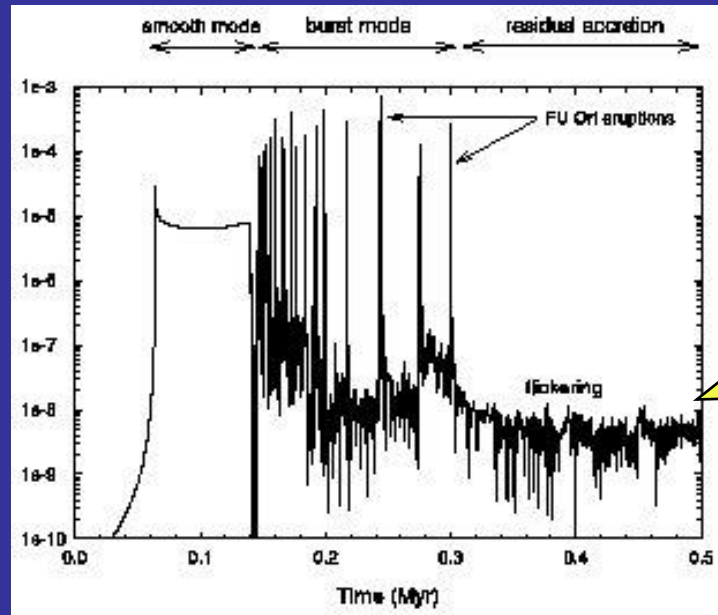
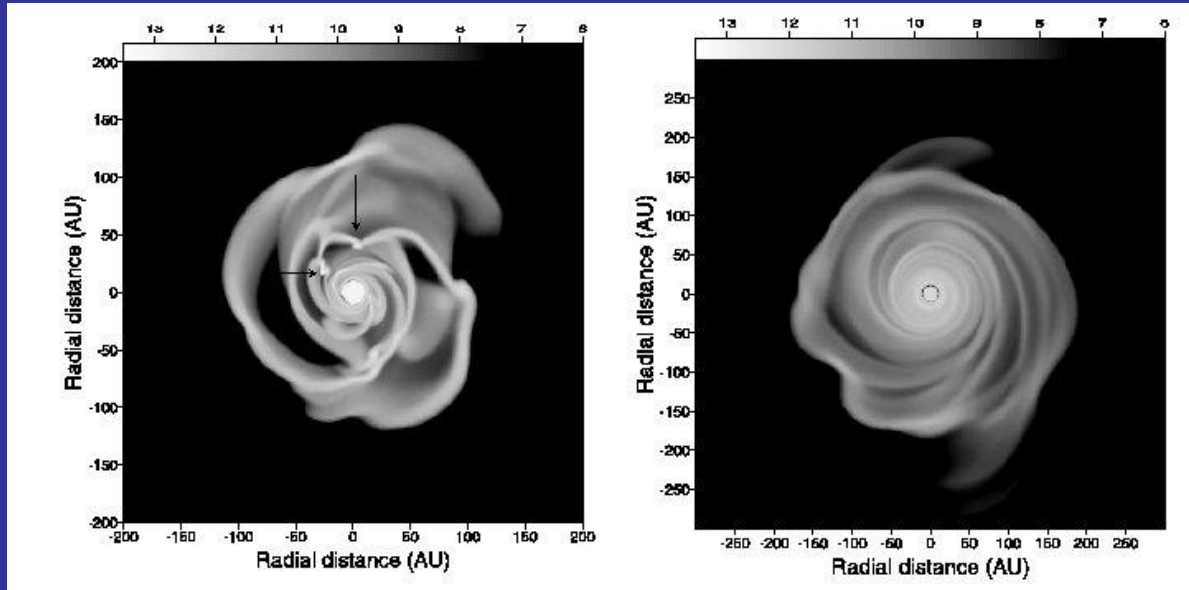


$$dR/dt \approx 1.2 \pm 0.6 \text{ a.u./yr}$$

A companion on an extremely eccentric orbit ?

Gravitational instability in the disk

Vorobyov & Basu, 2006, ApJ 650, 956



Kenyon et al., 2000, ApJ, 531, 1028

$$\Delta V \approx 0.035 \pm 0.005 \text{ mag}$$