

# Astrofisica a Palermo

Astrofisica italiana: IV nel mondo per qualità e produttività

Fra le Università: Astrofisica a Palermo prima in Italia insieme a Bologna (secondo ultima Valutazione Qualità Ricerca del MIUR)

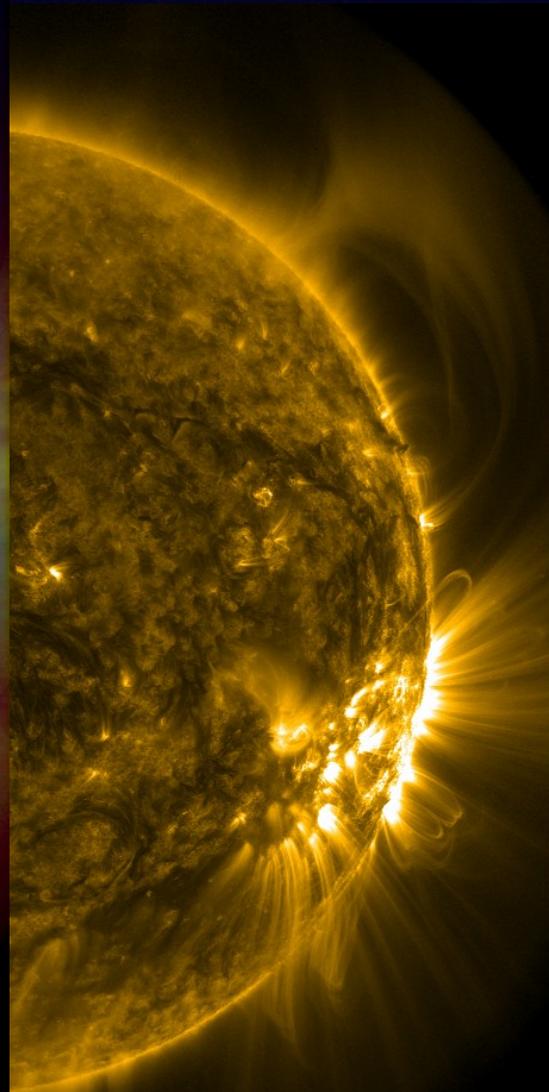
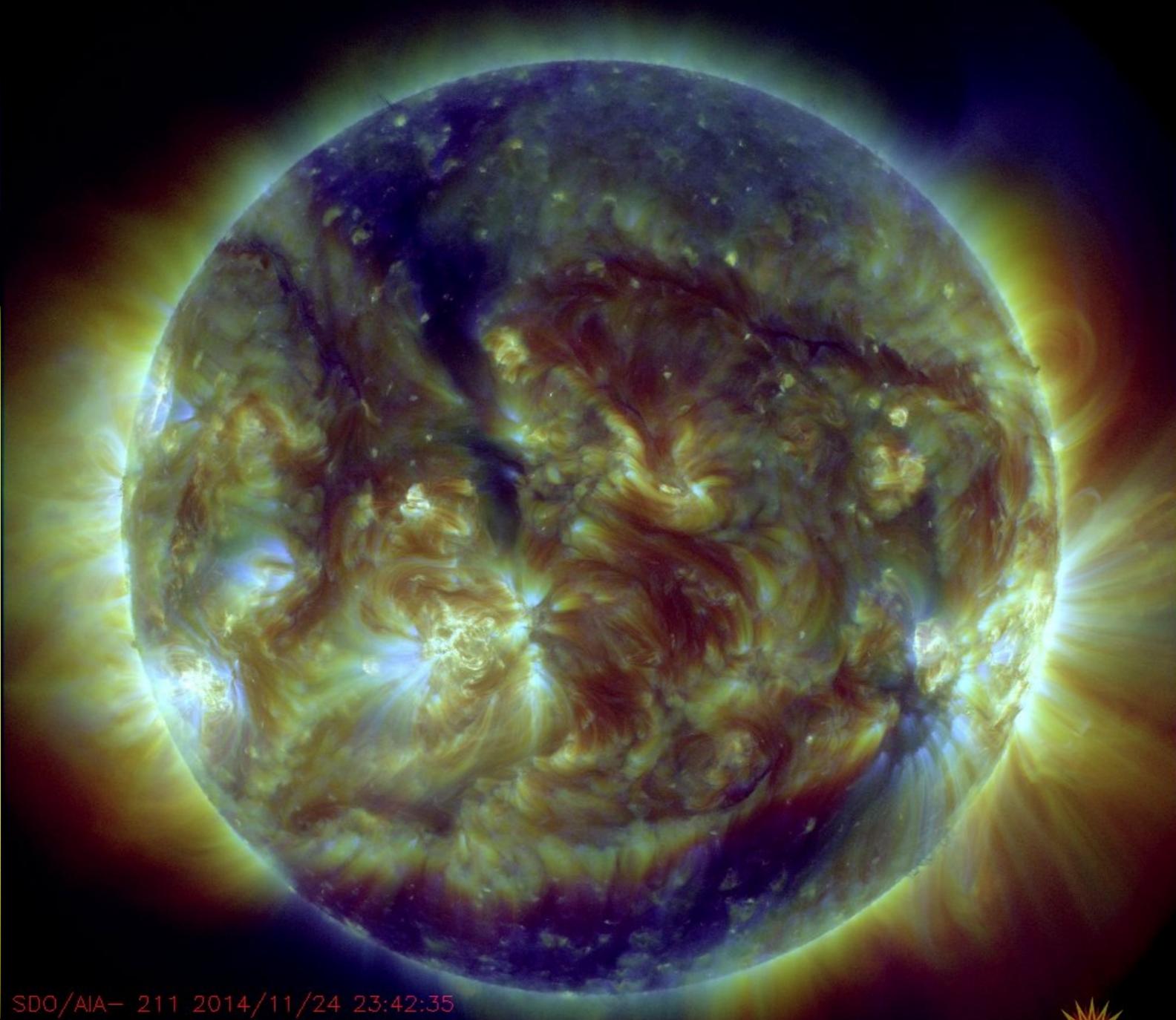
Sinergie con strutture di Astrofisica nazionali (altre Univ., strutture INAF)

Numerose collaborazioni internazionali – scambi per studenti (magistrale)

# Astrofisica di plasmi

Trasparenti alla propria radiazione

# Il Sole ai raggi X: plasma a milioni di gradi e campo magnetico



SDO/AIA- 211 2014/11/24 23:42:35  
SDO/AIA- 193 2014/11/24 23:42:32  
SDO/AIA- 171 2014/11/24 23:42:35

[aia.lmsal.com](http://aia.lmsal.com)



# Fisica delle corone: osservazioni X ed EUV e modelli MHD

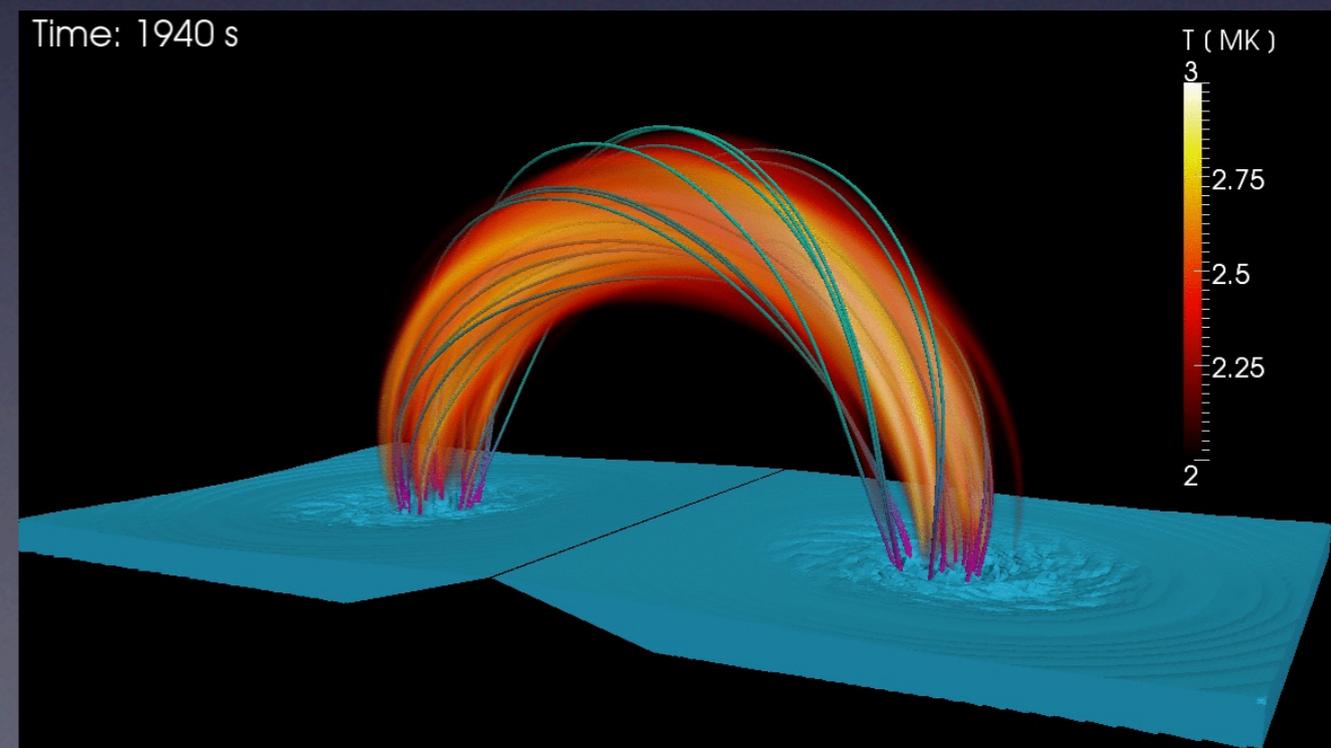
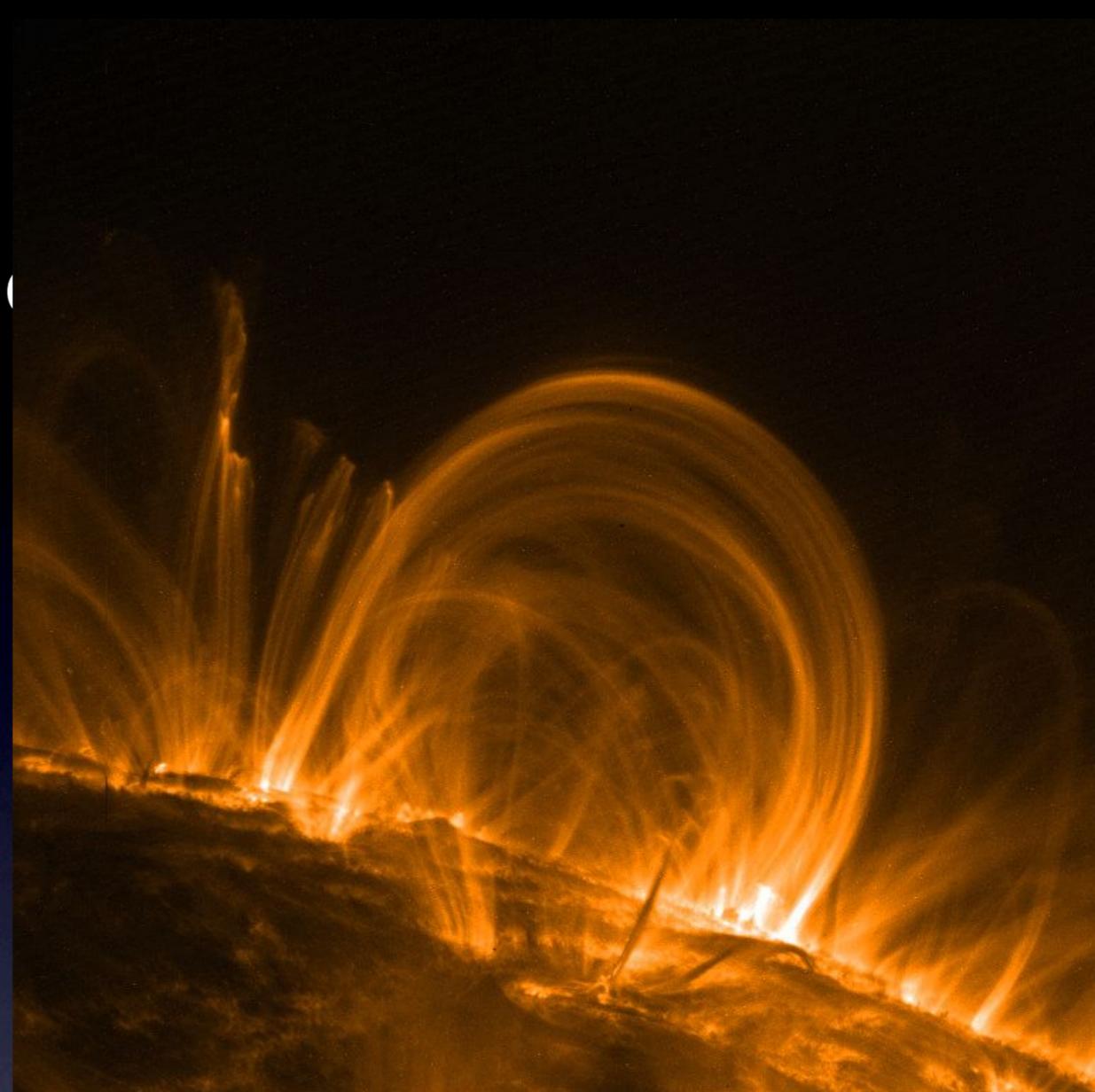
## Grandi domande:

- Come viene convertita l'energia del campo magnetico in riscaldamento?
- Come funzionano i processi dinamici guidati dal campo magnetico?
- Come si estendono alle altre stelle?

Studi con osservazioni da satellite e modelli magnetoidrodinamici

## Collaborazioni:

- Harvard-CfA, USA
- Univ. St. Andrews, UK
- NASA, USA



# FORMAZIONE STELLARE: TEMI

---

- **attività magnetica:** quali caratteristiche (variabilità, luminosità X, dimensioni delle strutture coronali)? da cosa dipende (rotazione, presenza del disco)? Come influenza l'ambiente circumstellare?

- **accrescimento di materiale sulla stella:** quali caratteristiche (densità, composizione chimica, velocità, temperatura, variabilità, geometria)?



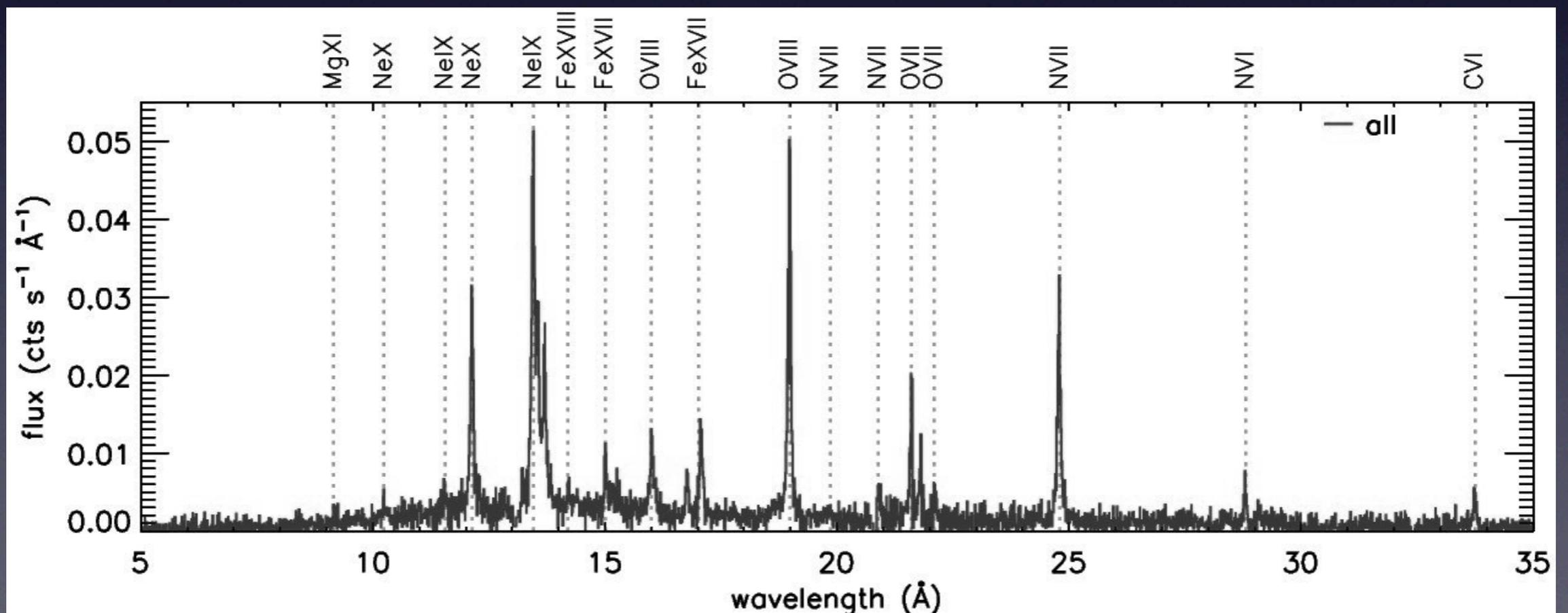
Cartoon della regione interna del disco di una stella giovane con accrescimento.

# FORMAZIONE STELLARE: METODI

## ■ spettroscopia UV e X:

- radiazione prodotta da plasmi a  $10^5 - 10^7$  K, che si trovano nel tubo di accrescimento e nella corona.

- permette di misurare temperatura, densità, composizione chimica, spostamento doppler, variabilità.

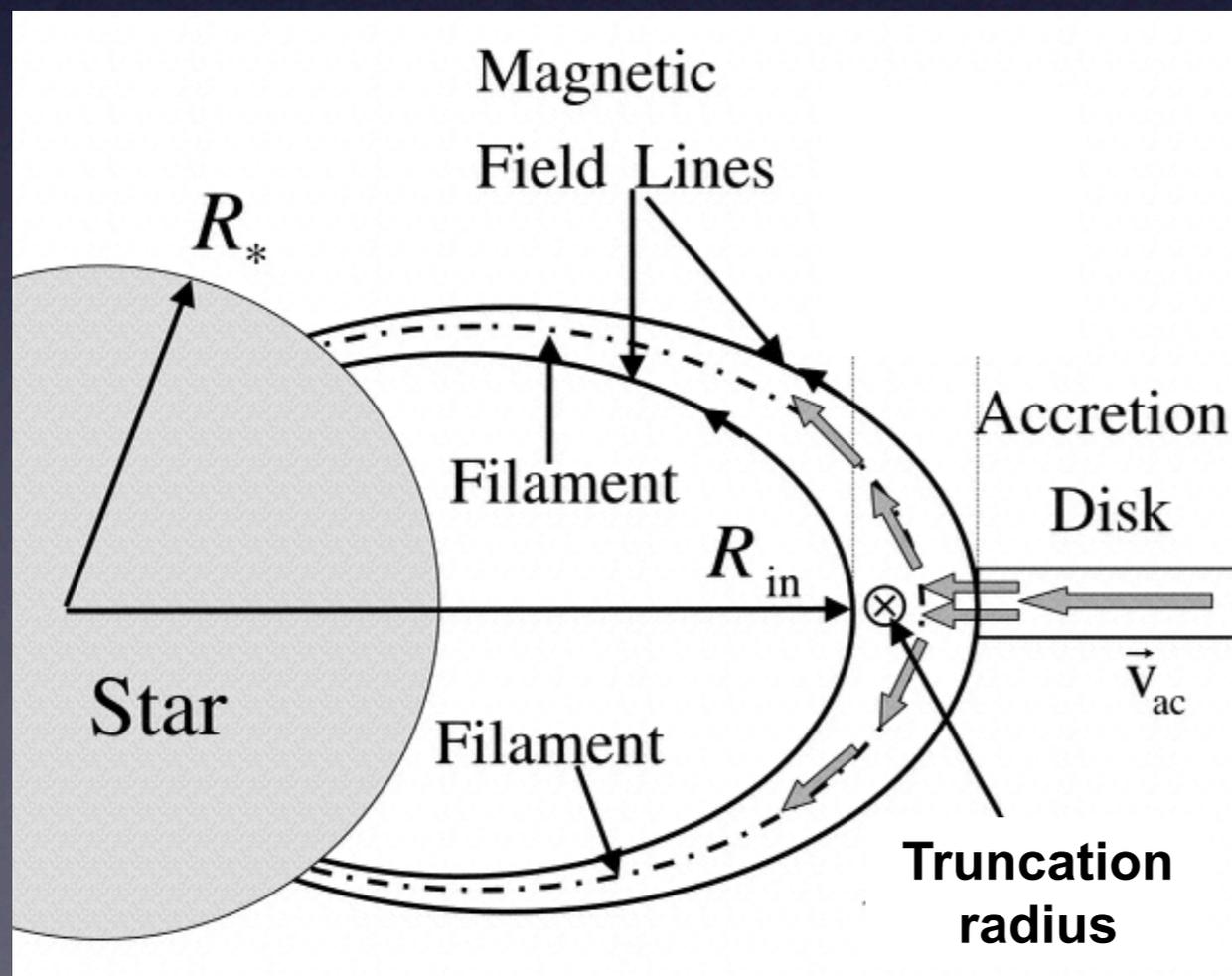
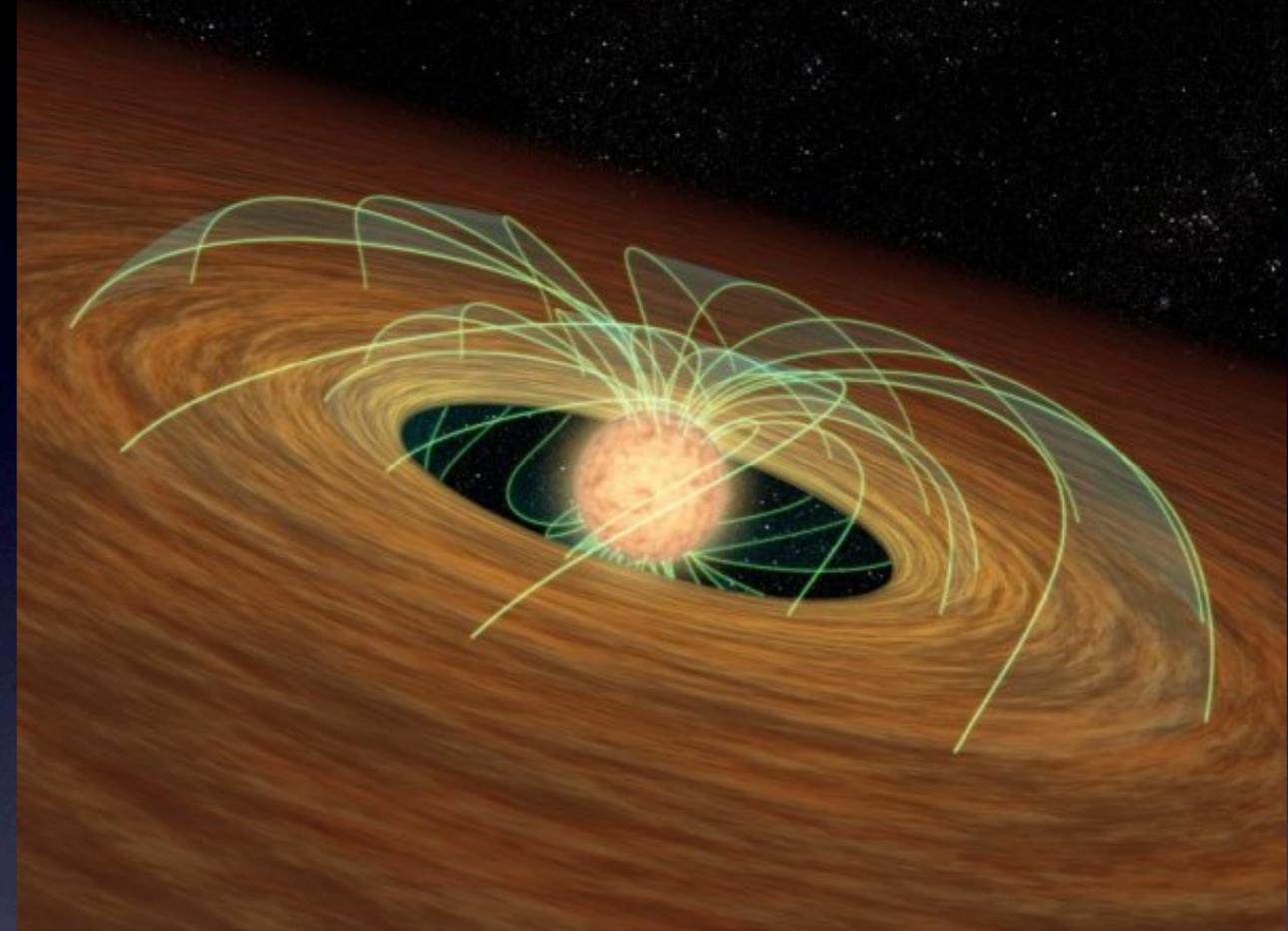


Spettro X della stella giovane V4046 Sgr

# The magnetospheric accretion scenario

Young low-mass stars are surrounded by circumstellar disks with which they interact in a complex fashion, with accretion of mass and ejection of collimated outflows

The accretion process is regulated by the stellar magnetic field



The magnetic field disrupts the inner part of the disk at a distance of a few stellar radii (the truncation radius) and guides the disk's material toward the central star (accretion)

# The 3D MHD model

Three-dimensional spherical coordinates

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 ,$$

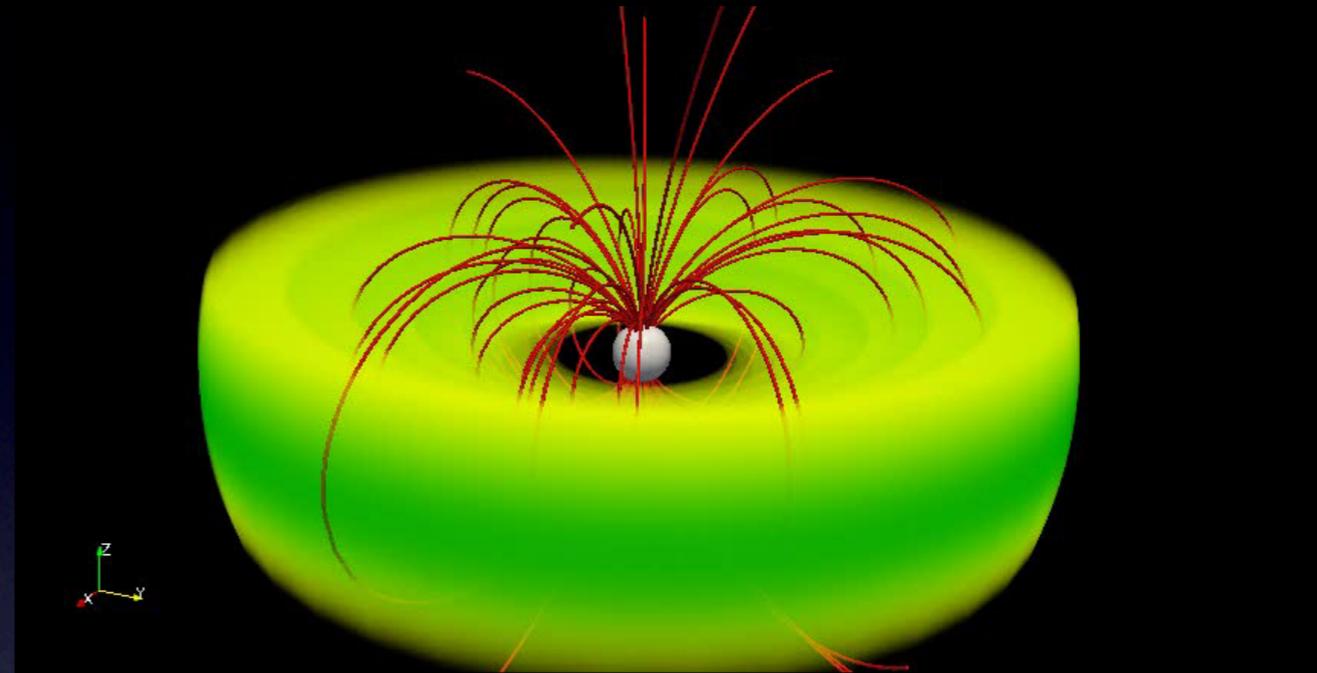
$$\frac{\partial \rho \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u} - \mathbf{B} \mathbf{B} + I P_t - \boldsymbol{\tau}) = \rho \mathbf{g} ,$$

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} + \nabla \cdot [\mathbf{u}(\rho E + P_t) - \mathbf{B}(\mathbf{u} \cdot \mathbf{B}) - \mathbf{u} \cdot \boldsymbol{\tau}] = \rho \mathbf{u} \cdot \mathbf{g} - \nabla \cdot \mathbf{F}_c - n_e n_H \Lambda(T) + Q(R, \theta, \phi) ,$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{u} \mathbf{B} - \mathbf{B} \mathbf{u}) = 0 ,$$

where

$$P_t = P + \frac{\mathbf{B} \cdot \mathbf{B}}{2} , \quad E = \epsilon + \frac{\mathbf{u} \cdot \mathbf{u}}{2} + \frac{\mathbf{B} \cdot \mathbf{B}}{2\rho} ,$$



Simulations performed with the  
PLUTO code (Mignone et al. 2007)

CTTS

$$M_* = 0.8 M_{\text{sun}} \quad R_* = 2 R_{\text{sun}} \quad B_* \sim 1 \text{ kG}$$

Disk

$$R_d \sim 3 R_* \quad R_{\text{co}} \sim 9 R_*$$

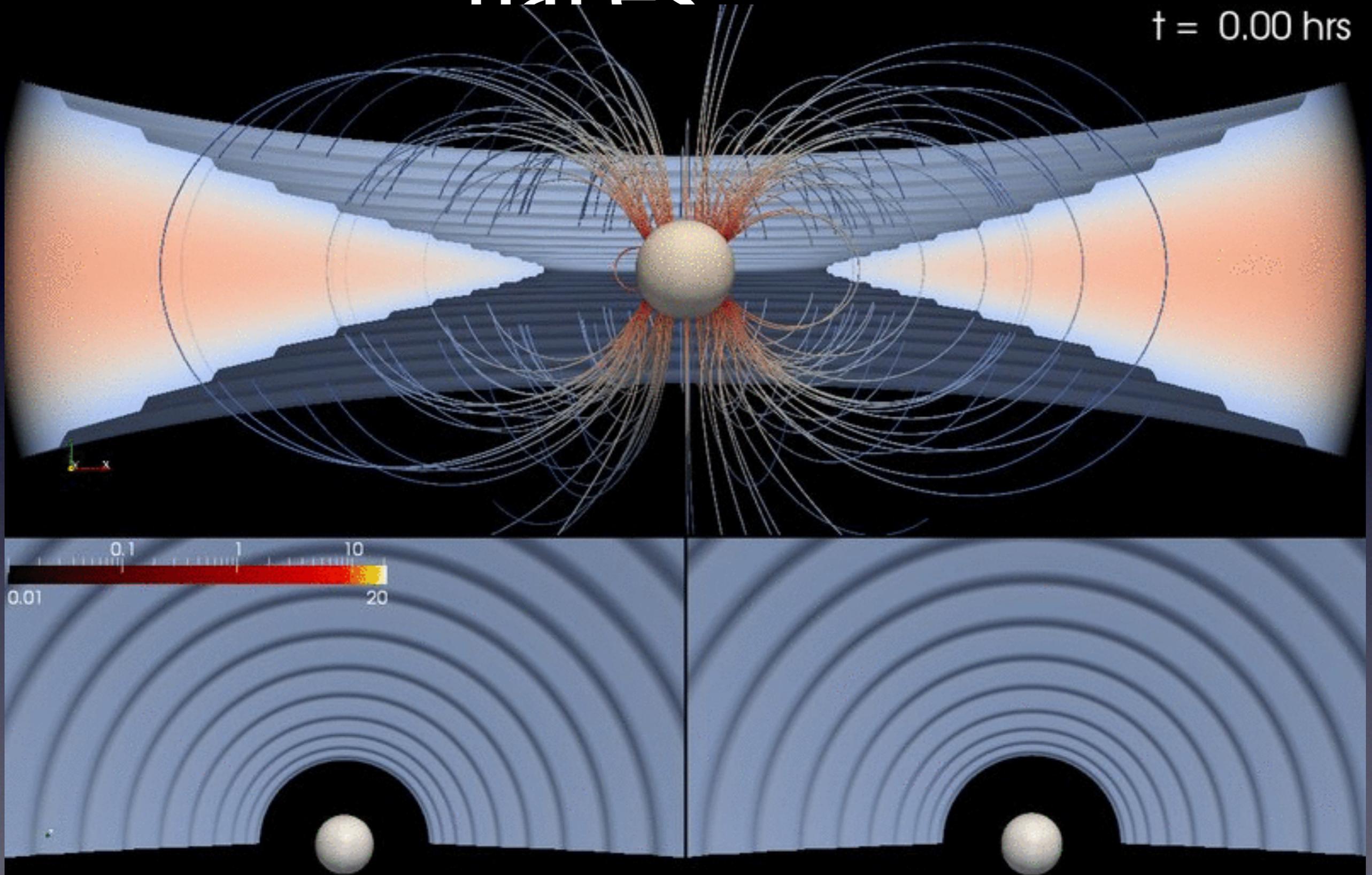
Flares

$$R_{\text{fl}} \sim 3 - 6 R_*$$

Disk's viscosity:  
Shakura-Sunyaev  $\alpha$ -model

# YSOs: star-disk interaction, flares

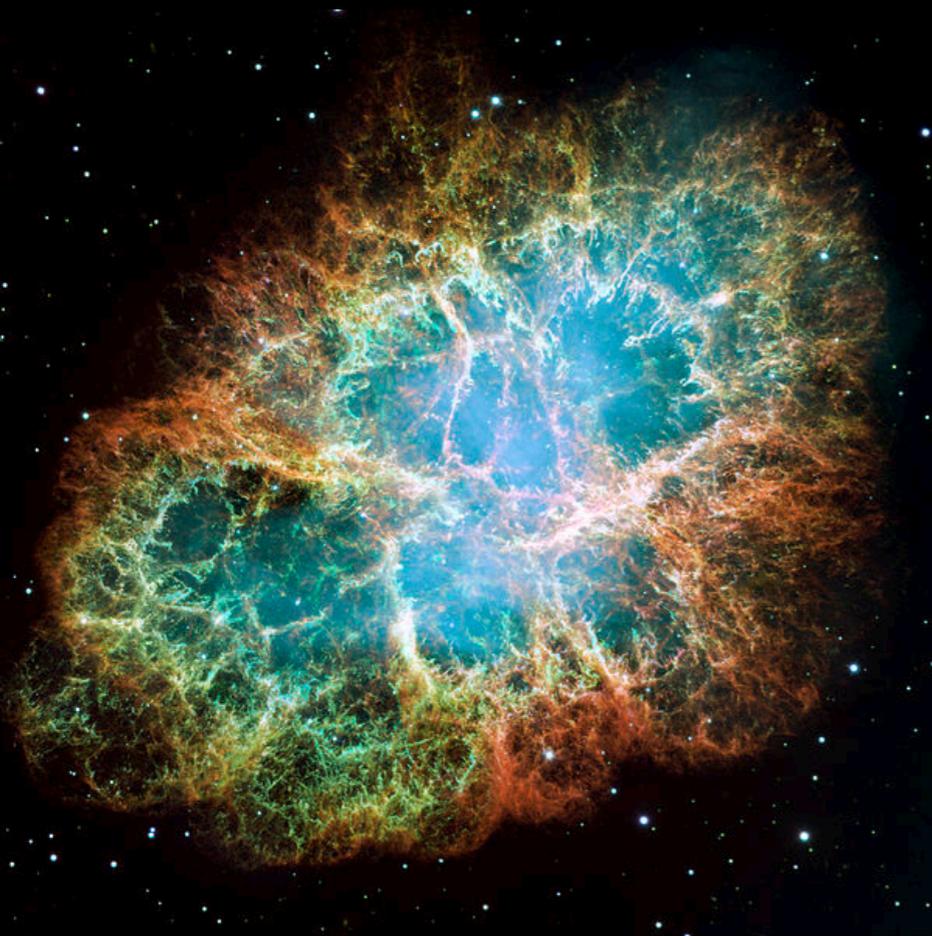
$t = 0.00$  hrs



# Collaborazioni

- Paris VI
- CfA Cambridge Mass
- NRL
- Chicago Univ

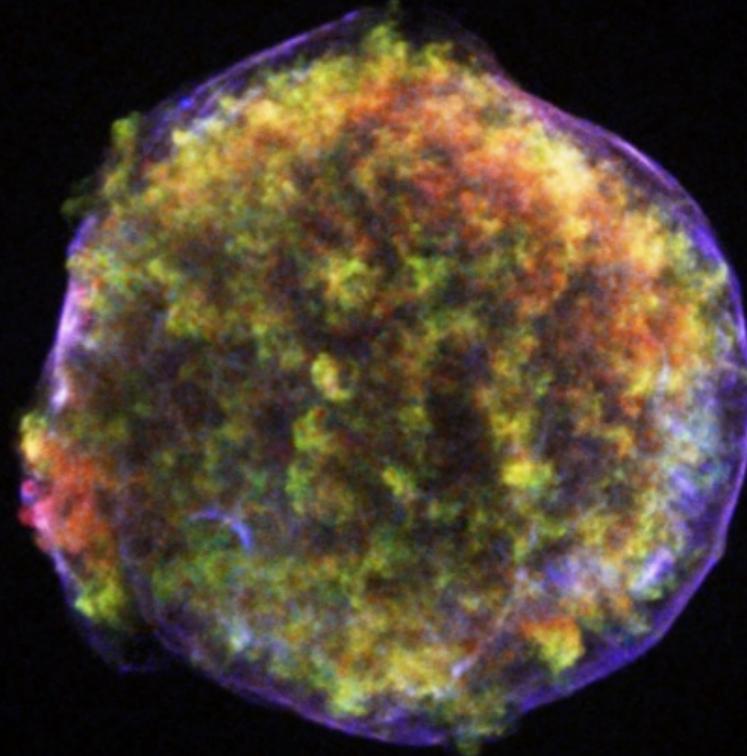
# Resti di Supernova



Crab Nebula



SN 1006



Tycho's SNR

Prodotti di esplosioni stellari:

- sorgenti di energia ( $10^{53}$  erg per SN) e massa (diverse masse solari ad esplosione) per la nostra Galassia
- Acceleratori di particelle: responsabili dell'accelerazione dei raggi cosmici fino a diversi PeV

# Resti di Supernova

## Linee di ricerca

- Hanno “memoria” dell’esplosione: fisica delle SN a partire dai loro resti
- Nucleosintesi nelle SNe: origine delle abbondanze chimiche nella Galassia
- Resti di SN come acceleratori: efficienza del processo di accelerazione negli shock e origine dei raggi cosmici



## Tecniche di Indagine

- Analisi di osservazioni X (ma anche in altre bande, dal radio al  $\gamma$ )
  - Modelli Magnetoidrodinamici

**Collaborazioni:** CEA-Saclay, Amsterdam Univ., Tuebingen Univ., Michigan Univ. Aoyama Univ., JAXA (Japan), Goddard (Maryland)

# Risultati dei modelli

I risultati degli studi teorici e dei modelli di MHD (Magneto-Hydro-Dynamics) sono disponibili al pubblico nel sito

[http://www.astropa.unipa.it/progetti\\_ricerca/HPC/gallery.htm](http://www.astropa.unipa.it/progetti_ricerca/HPC/gallery.htm)