



# *Слънчеви протуберанси*

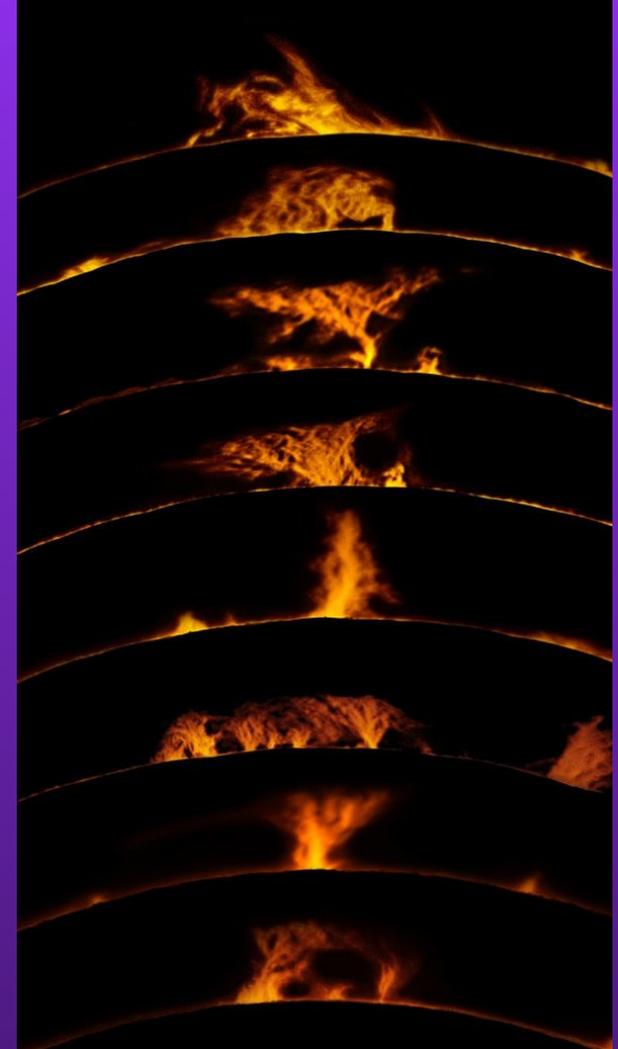
**н.с. д-р Петър Духлев**

сектор “Слънце”  
Институт по астрономия,  
БАН

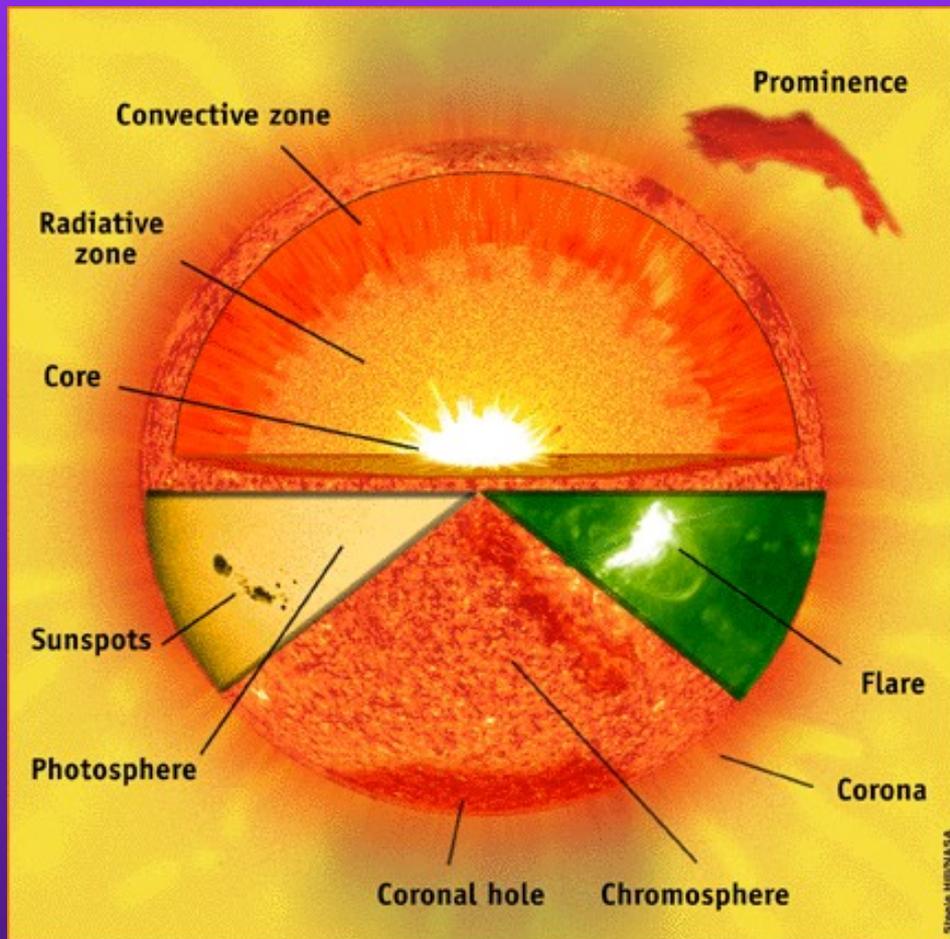
26.01.2006 г.

# Съдържание

1. Слънчеви протуберанси
2. Класификации
3. Активни протуберанси
  - spray, surge, loops
4. Спокойни протуберанси
  - параметри и структура
  - протуберанси/влакна
  - магнитно поле
  - обкръжение
  - осцилации
5. Еруптивни протуберанси
6. Коронोगраф в НАО -  
Рожен



# Слънчева активност



СЛЪНЧЕВИ ПЕТНА

*протуберанси*

сл. избухвания

изхвърляне на  
коронална маса

# Класификации

## 1875 – Secchi (динамична)

1. Спокойни
2. Активни

## 1932 – Pettit (морфологично-динамична)

1. Активни
2. Еруптивни
3. Свързани със петна
4. Торнадо
5. Спокойни

## 1934 – Newton (връзка със петната)

- I Далече от слънчеви петна
- II Асоциирани със слънчеви петна

## 1953 - Menzel and Evans (възникване)

- A. Възникващи отгоре (в короната)
- B. Възникващи отдолу (в хромосферата)

## 1959 – de Jager (динамична)

- Клас I Спокойни
- а/ Нормални (ниски и средни ширини)
  - б/ Полярни (високи ширини)

## Клас II Движещи се протуберанси

- а/ Активни
- б/ Еруптивни
- в/ Свързани с петна
- г/ Сърдж
- д/ Спикули

## Класификации - 2

### 1953 – Severny and Khoklova (динамична)

- I Еруптивни
- II Електромагнитни
- III Неправилни

### 1966 – Zirin ( време на живот)

#### Клас I Късоживущи

- Surge
- Spray
- Loop
- Coronal rain

#### Клас II Дългоживущи

- Polar Filaments
- Spot Zone Filaments

#### Клас III Средноживущи

- Ascending Filaments
- Sunspot Filaments

### 1961 – Waldmeier (спектрална)

Mg (5184 Å - **b1**, 5173 Å - **b2**, 5167 Å – **b4**)

Fe II (5169 Å - **b3**)

Клас I  $b3 > b1$  избухване на лимба

Клас II  $b1 > b3 > b2$

Клас III  $b2 > b3 > b4$

Клас IV  $b3 = b4$  протуберанс

Клас V  $b4 > b3$

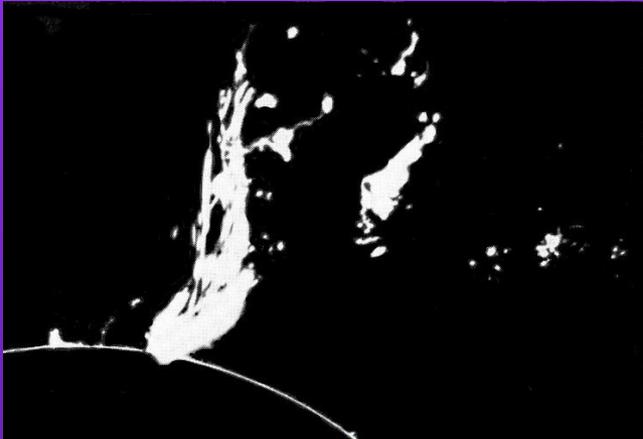
# Класификации - 3

1960 – Zirin and Tandberg-Hanssen  
(спектрална - за различни атмосферни обекти)

Class	Criteria	Objects
I	(He I, 4026) << (Sr II, 4078) (He I, 4713) << (Ti II, 4572)	Low Chromosphere
	(He II, 4686) << JO le I, 4713)	
II	(He I, 4026) - (Sr II, 4078) (He I, 4713) = (Ti II, 4572)	Middle Chromosphere (around $h = 1500$ km)
	(He II, 4686) << (He I, 4713)	Quiescent Prominences
III	(He I, 4026) >> (Sr H, 4078) (He I, 4713) >> (Ti II, 4572)	High Chromosphere (spicules)
	(He II, 4686) = (He I, 4713)	Active Prominences, Flares
IV	Presence of Fe X, 6374, Fe XIV, 5303, Ca XIII, 4086, or Ca XV, 5694	Coronal Enhancements Coronal Condensations

# Активни протуберанси

Spray



$$V_{\max} \geq 400 \text{ km/s}$$

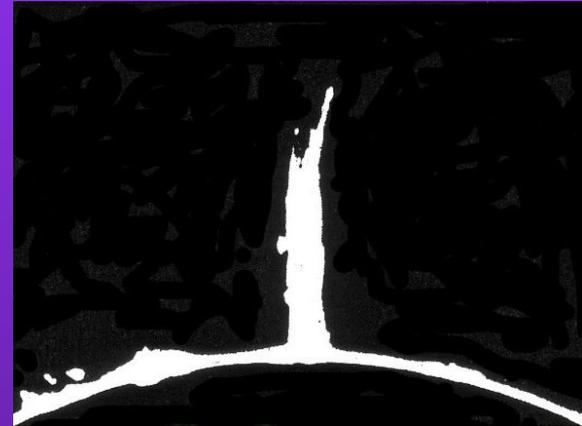
## Избухващ спрей

резултат от взрвоподобно  
слънчево избухване

## Спрей-протуберанс

резултат от внезапно изхвърляне  
на влакно в активна област

Surge



$$V \text{ 100-200 km/s}$$

$$h \text{ 100 000-200 000 km}$$

$$t \text{ 10-20 min}$$

$$MF \approx 50 \text{ G}$$

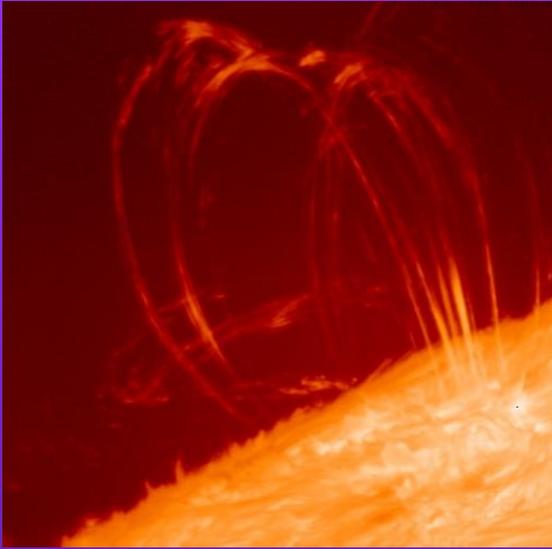
$$n_e \text{ } 10^{11} - 10^{12} \text{ cm}^{-3}$$

$$M \text{ } 10^{15} - 10^{16} \text{ g}$$

$$E \text{ } 10^{27} - 10^{30} \text{ erg}$$

рекурентност

# Активни протуберанси



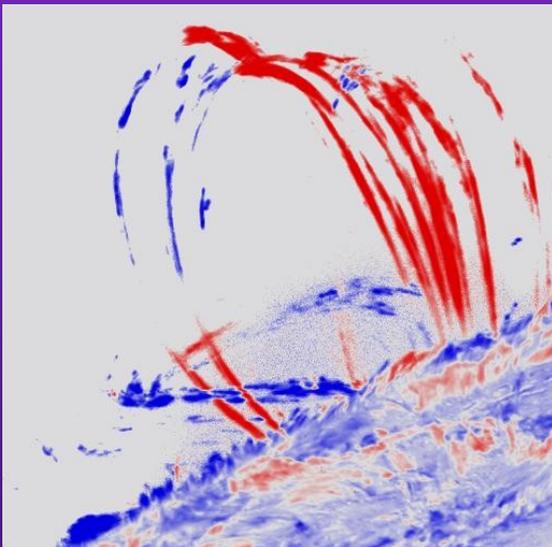
## Loops

Единични примки

$v \approx 30 \text{ km/s}$

$h \approx 50 \times 10^3 \text{ km}$

$t \approx 15 \text{ min}$



Избухващи примки

Post-flare loops

$v$  до  $150 \text{ km/s}$

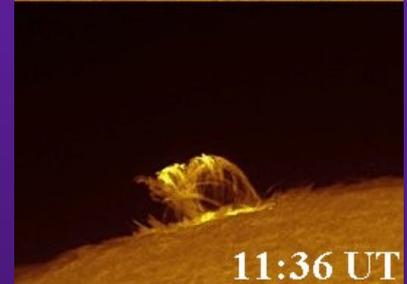
$t$  – 1-5 часа



13:10 UT



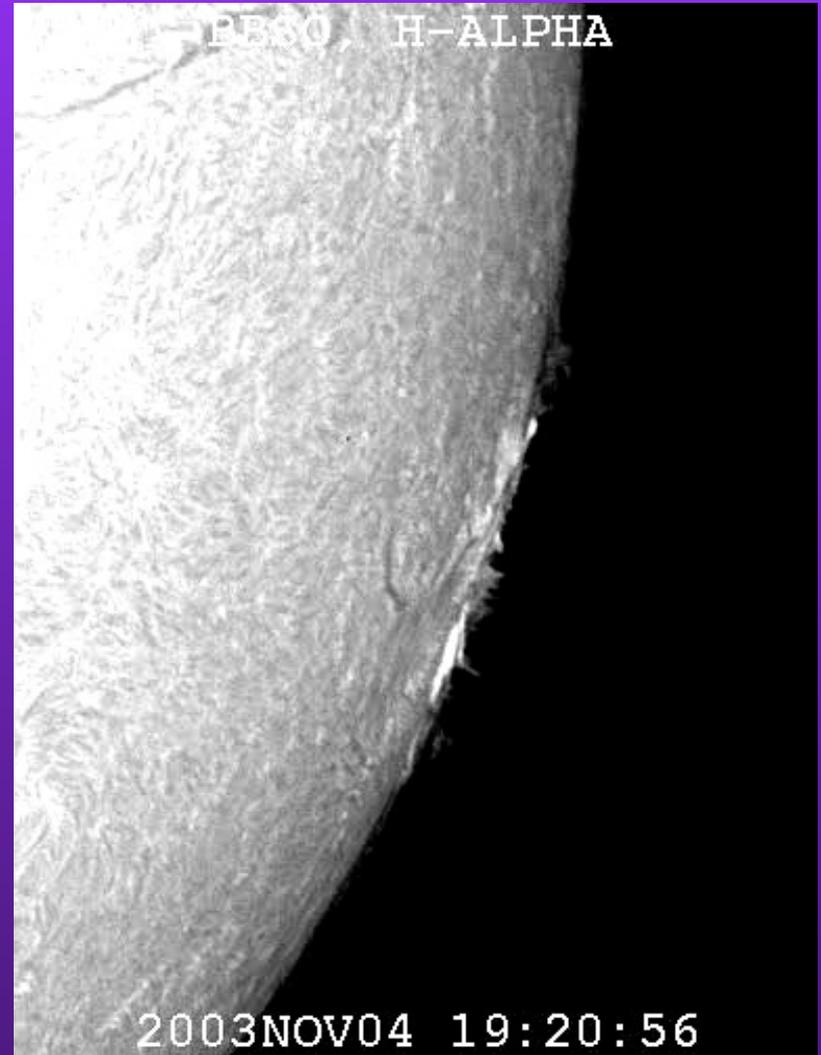
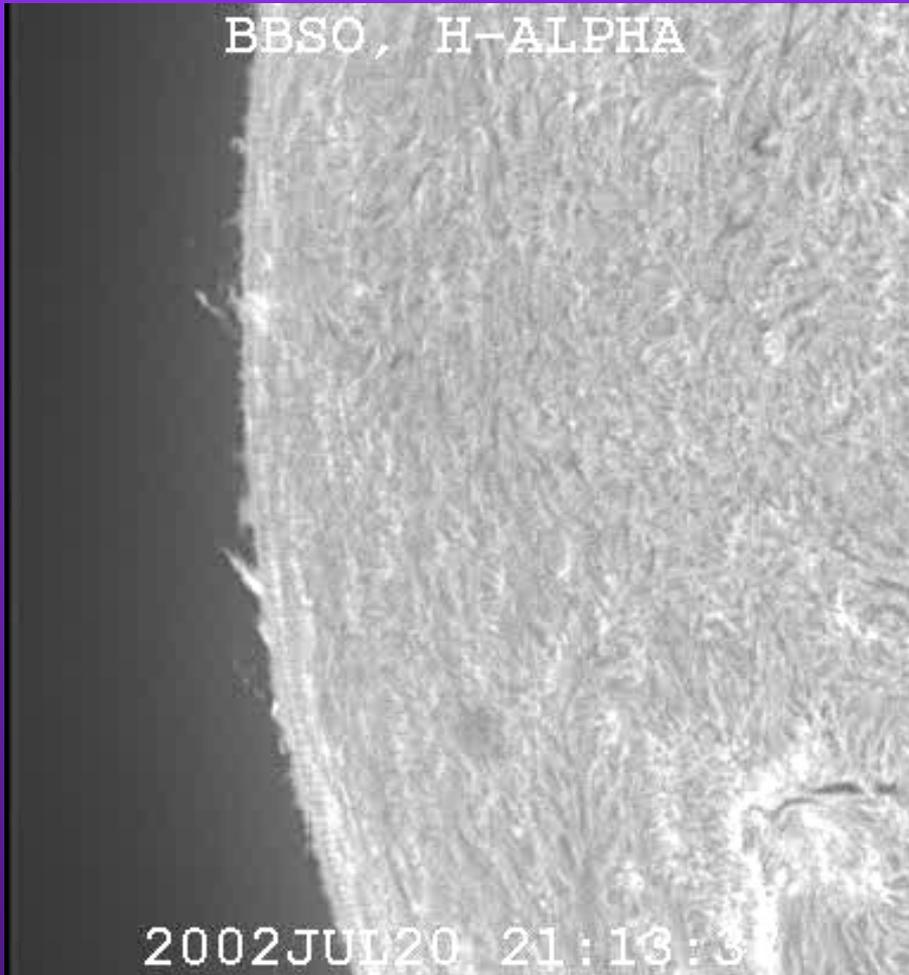
11:49 UT



11:36 UT



# Loop movies



# Спокойни протуберанси - СП

$T \sim 5\,000\text{--}8\,000\text{ K}$

$n_e \sim 10^{10}\text{--}10^{11}\text{ cm}^{-3}$

$B \sim 3\text{--}30\text{ G}$

$p \sim 0.1\text{--}2\text{ dyn/cm}^2$

$T_c > 10^6\text{ K}$

$n_{ce} \sim 10^9\text{ cm}^{-3}$

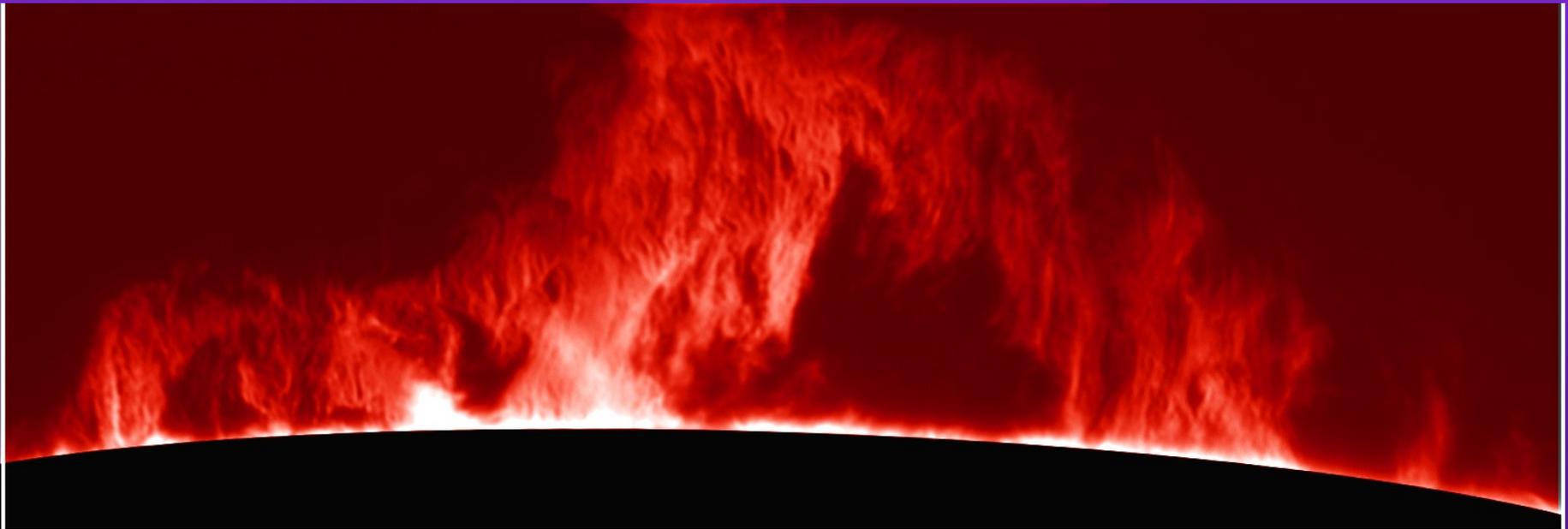
$10^{-3} < \beta < 1$

$d = 6\,500\text{ km}$

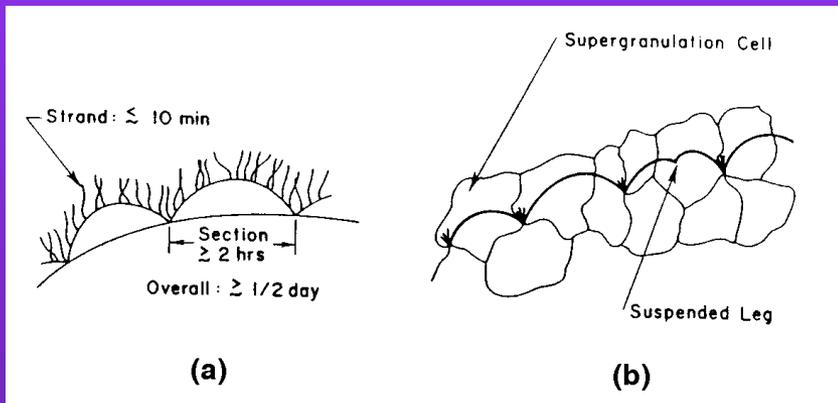
$h = 42\,000\text{ km}$

$L = 200\,000\text{ km}$

$t_{av} \approx 3.5\text{ rot}$



# Структура и обкръжение на СП



Едромащабна:

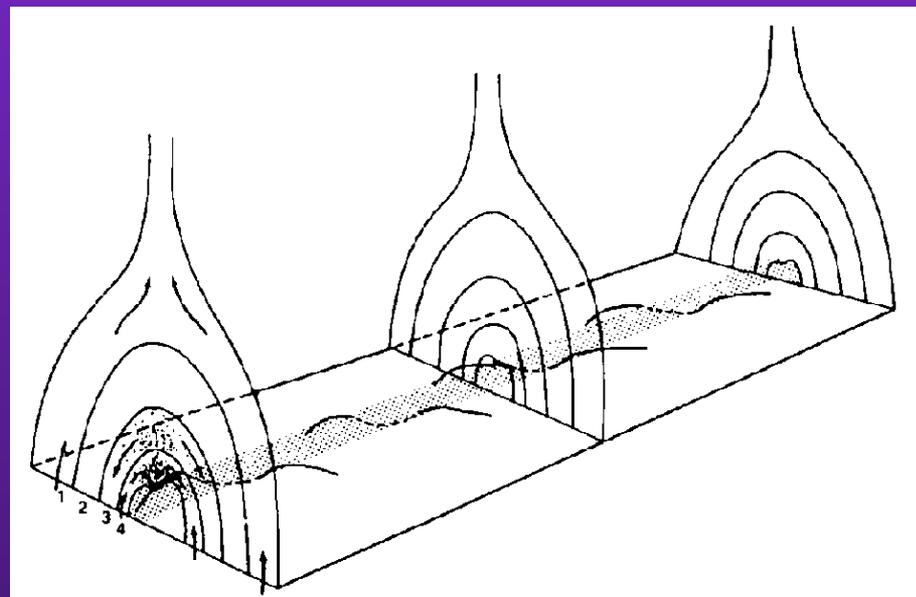
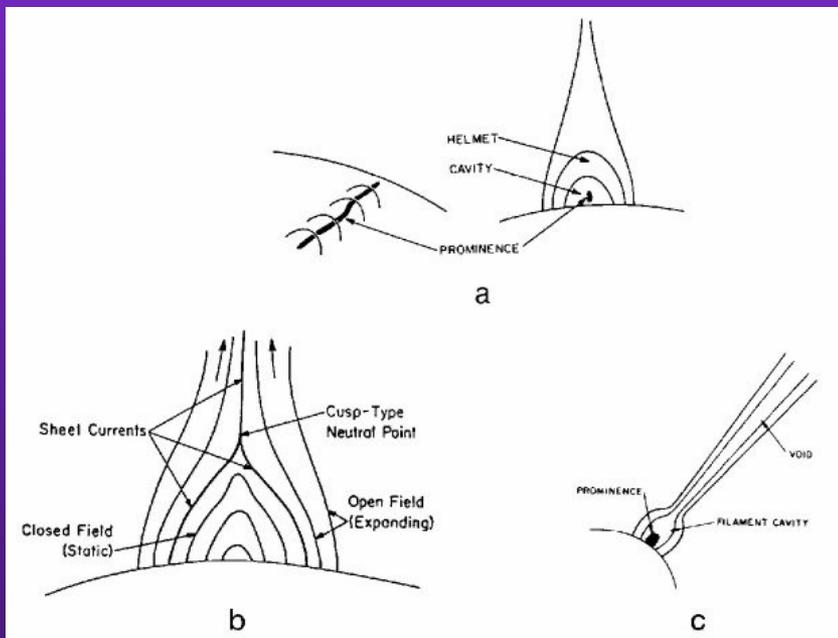
Тяло на СП

Мезоструктура:

Арки, изграждащи тялото на СП

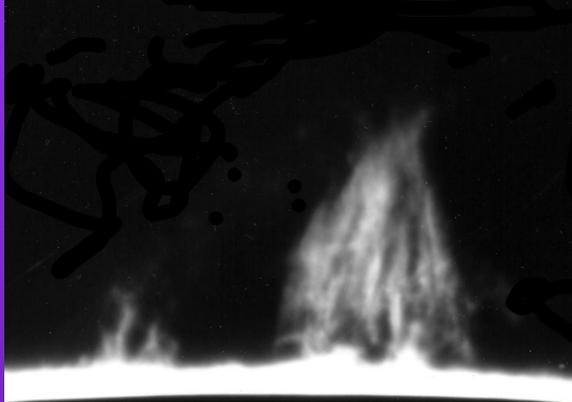
Тънка структура:

Нишки и възли, изграждащи арките



# Основни наблюдателни ситуации на СП

edge-on



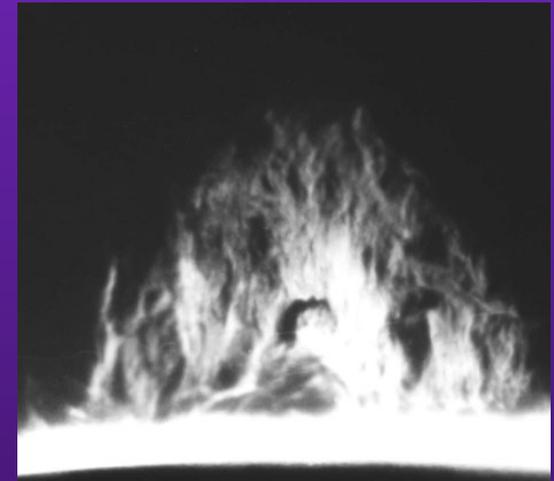
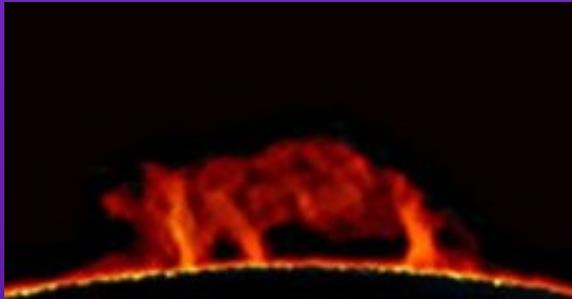
почти side-on



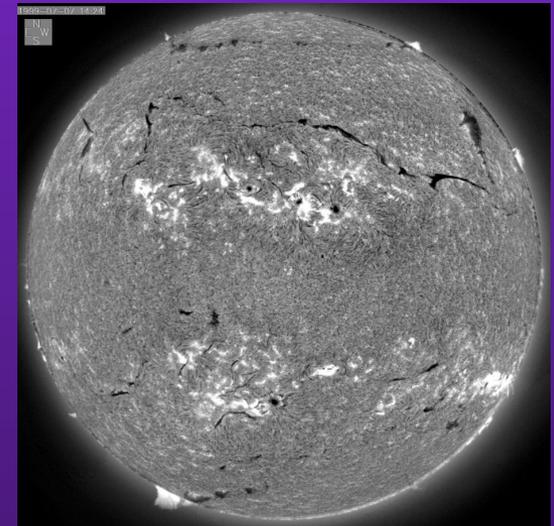
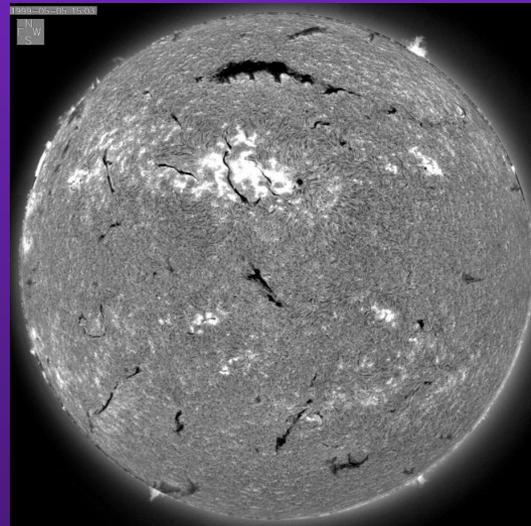
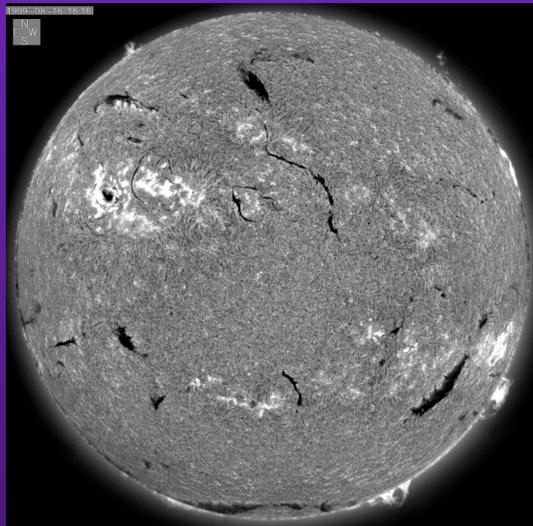
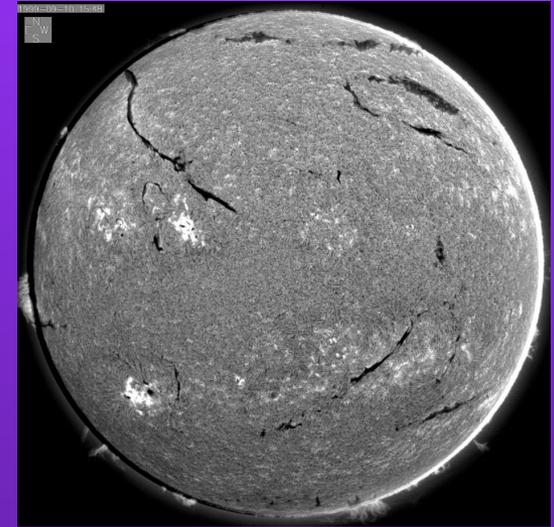
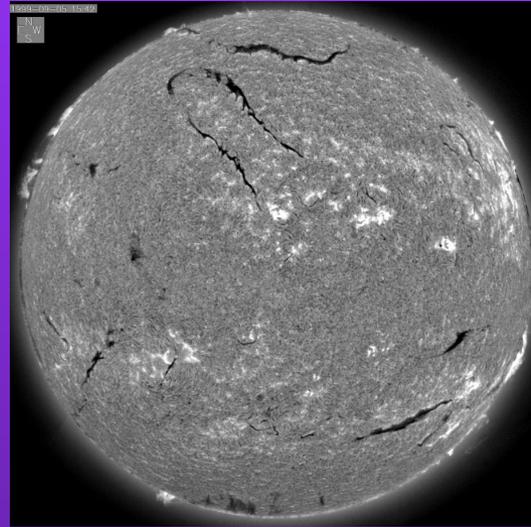
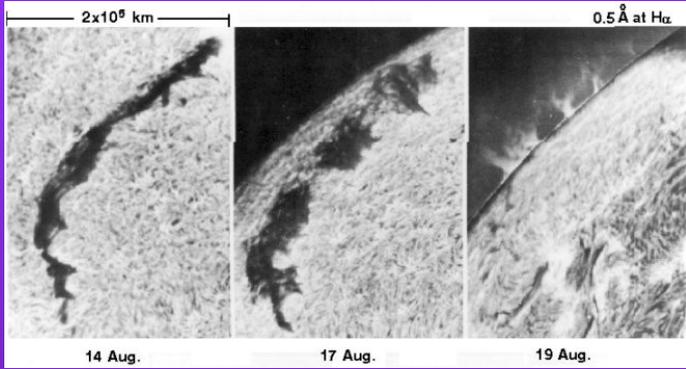
неопределена



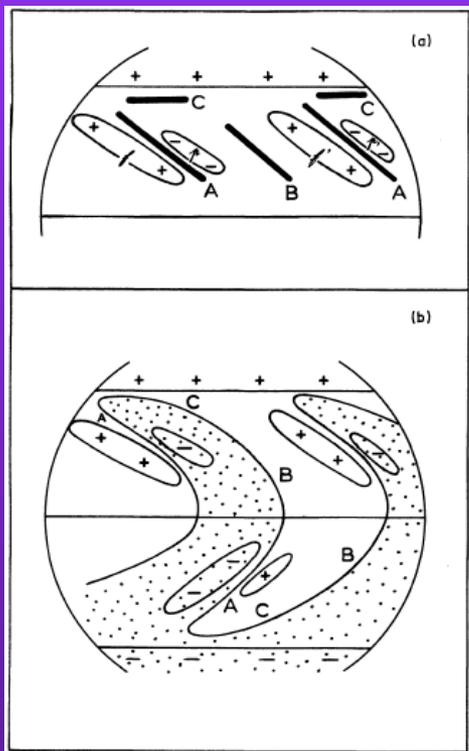
side-on



# СП и влакна



# СП и влакна (трасери на едромащабното магнитно поле)



Видове СП/влакна според типа на МНЛ:

СП/влакна в полярните области

СП/влакна между активни области

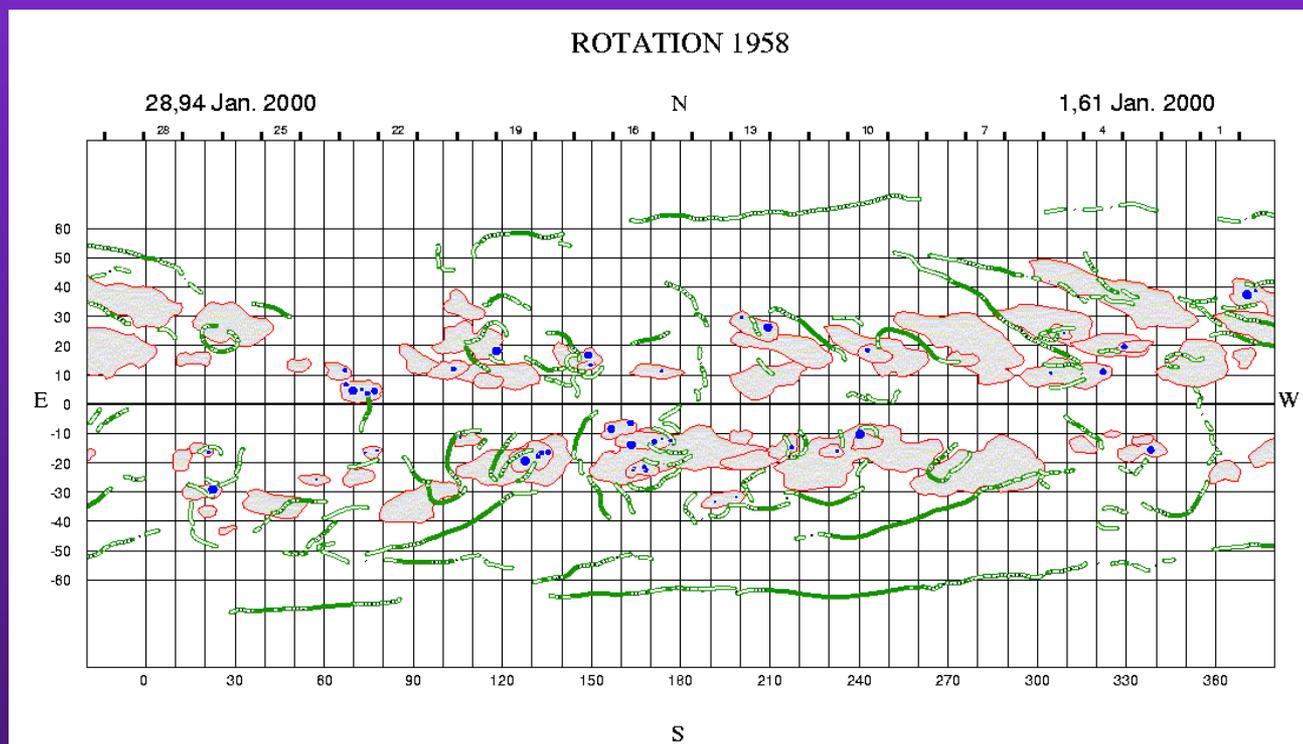
СП/влакна в активни области

Магнитни неутрални  
линии – МНЛ

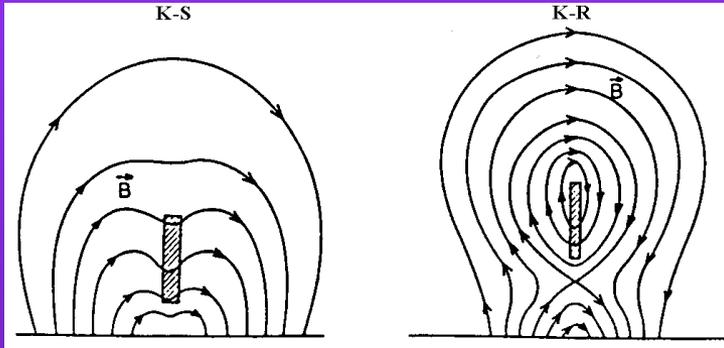
А – в активна област

В – между АО

С – в полярните зони



# Нормална и инверсна конфигурация на МП на СП



нормална КМП

инверсна КМП

**Относителен дял:**

N-КМП / I-КМП  $\approx 3/1$

**МНЛ:**

N-КМП – А МНЛ

I-КМП – С и В МНЛ

**Магнитно поле:**

N-КМП –  $\approx 20$  G

I-КМП – 5-10 G

**Ориентация на СП/влакно:**

N-КМП – side-on; I-КМП – edge-on

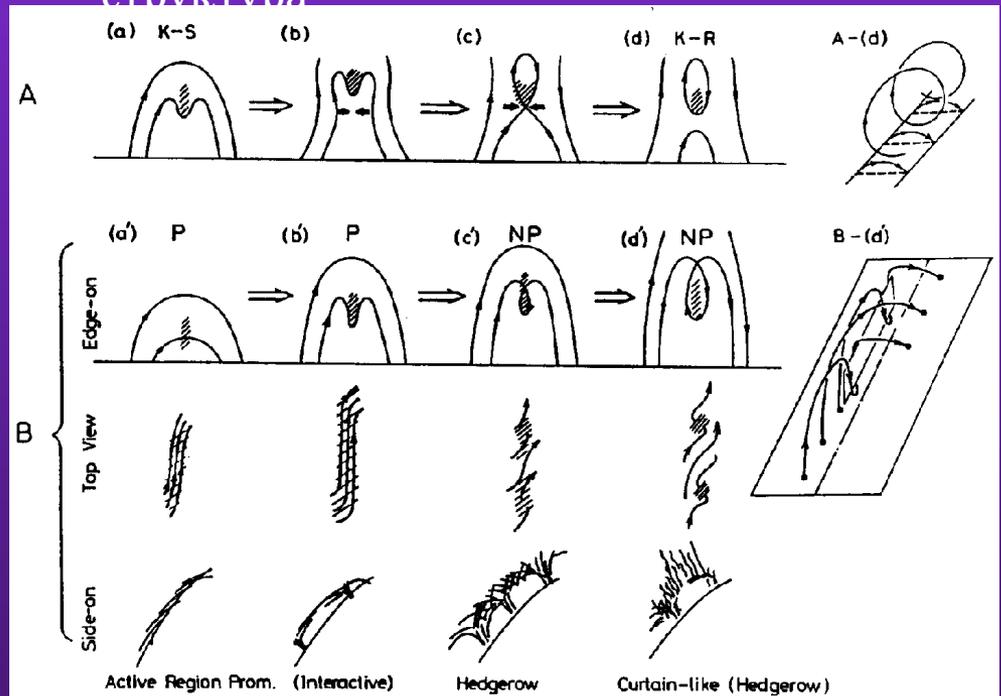
**Височина на СП/влакно:**

N-КМП  $< 30\ 000$  км; I-КМП  $> 30\ 000$  км

**Морфология и яркост:**

N-КМП – ярки, компактни, рязко очертани

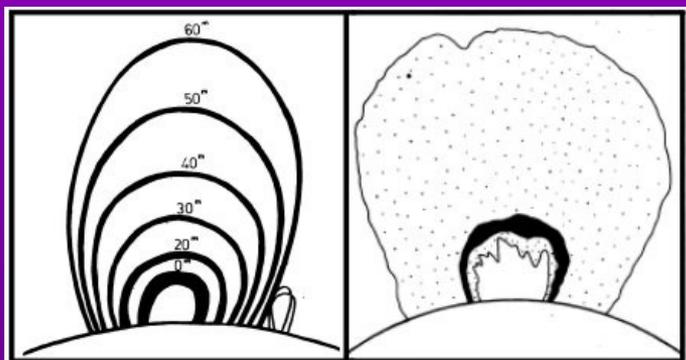
I-КМП – дифузни, със сложна нишкова структура



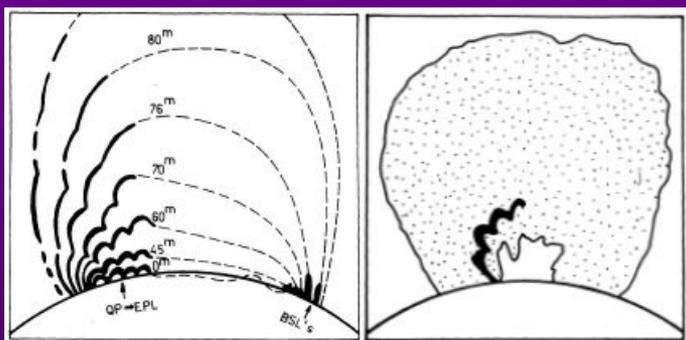
# Еруптивни Протуберанси (ЕП)

**В. Rompolt**

МАГНИТО-ТОПОЛОГИЧНА



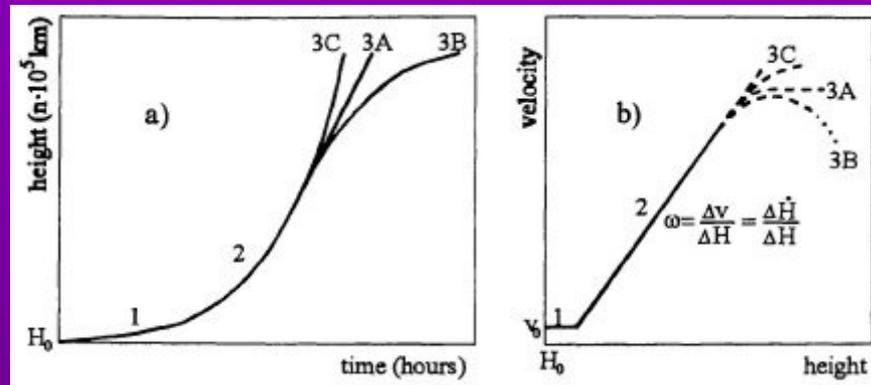
**Type I**



**Type II**

**В. Vršnak**

КИНЕМАТИЧНА



Height-Time:

A –  $a > 0 + v = \text{const.}$

B –  $a > 0 + v = \text{const.} + a < 0$

C –  $a > 0$

Velocity-Height:

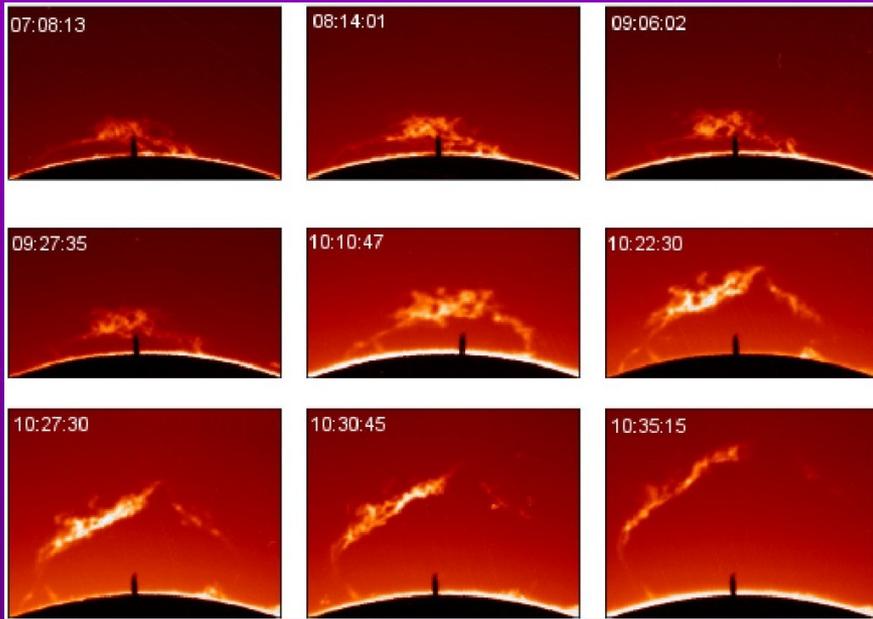
A –  $v = \text{const.} + a = \text{const.} + v = \text{const.}$

B –  $v = \text{const.} + a = \text{const.} + a < 0$

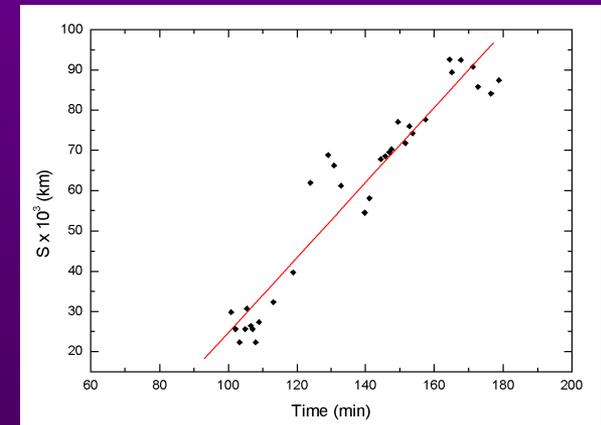
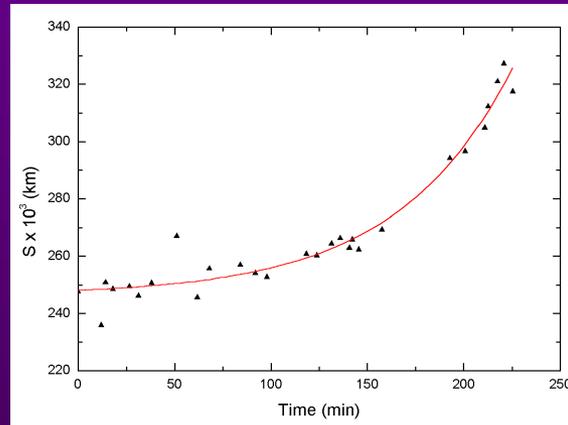
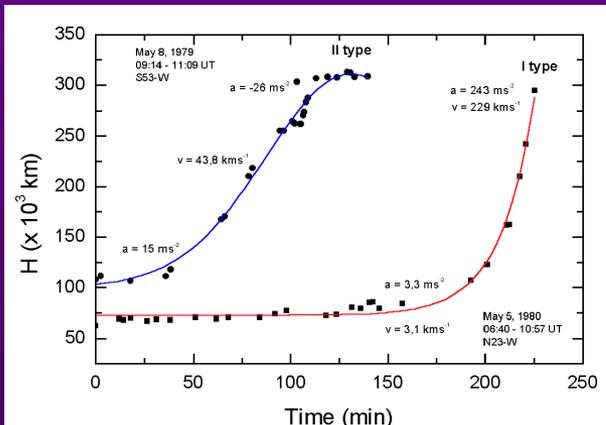
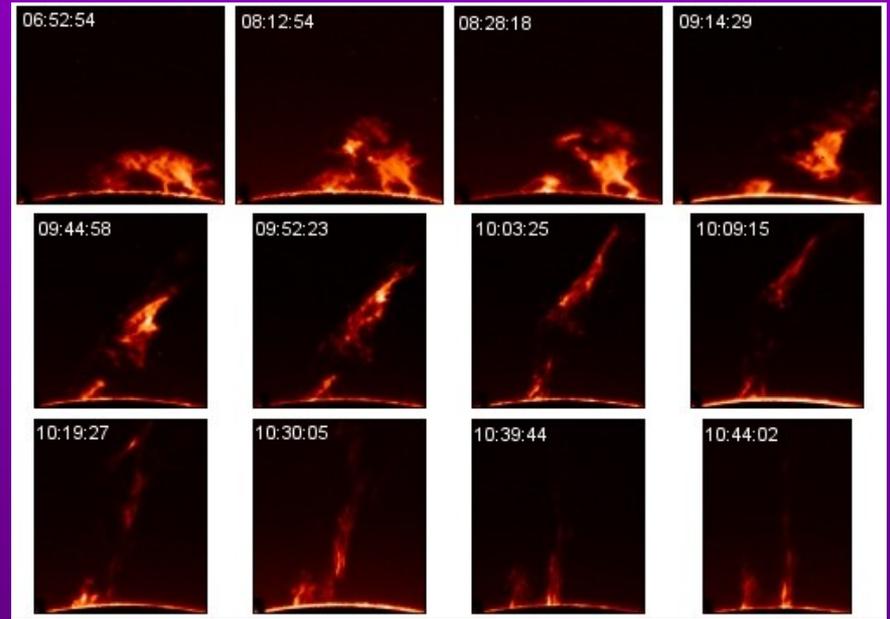
C –  $v = \text{const.} + a = \text{const.}$

# ЕП – Основни характеристики

Type I



Type II



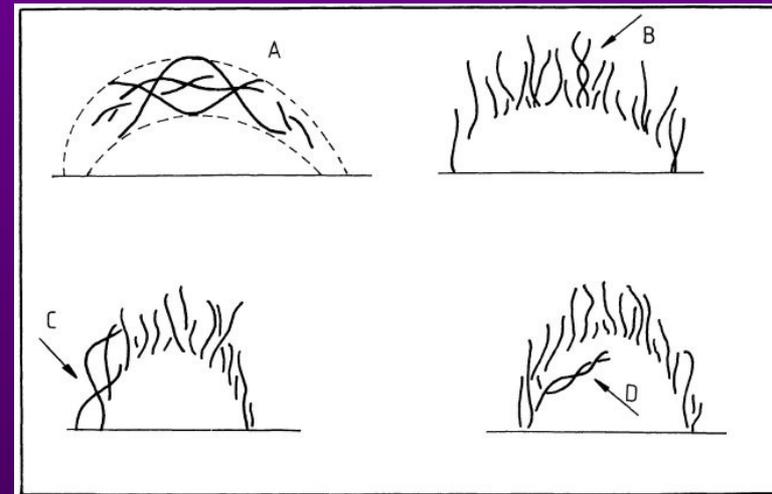
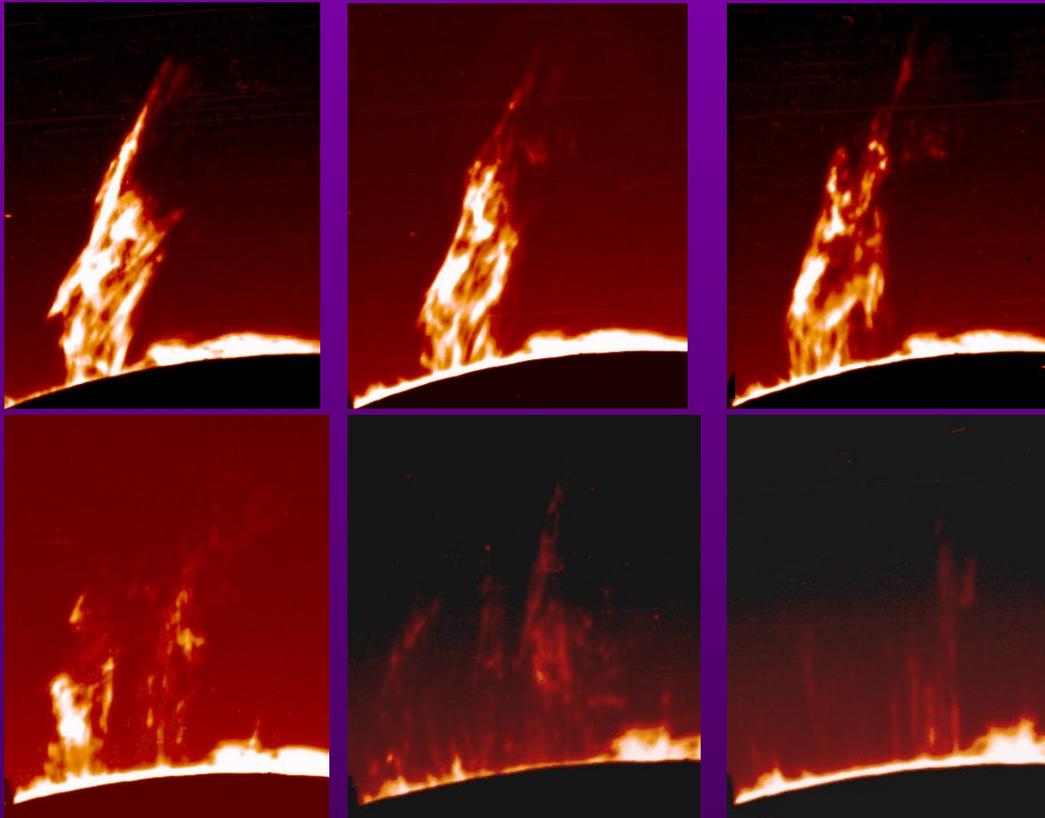
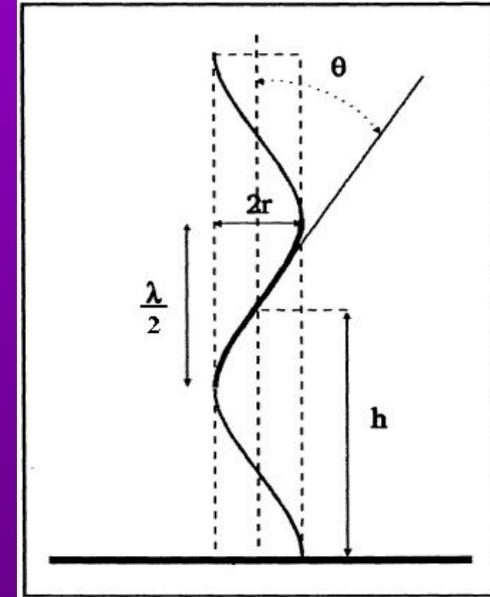
# EP – Вътрешна структура



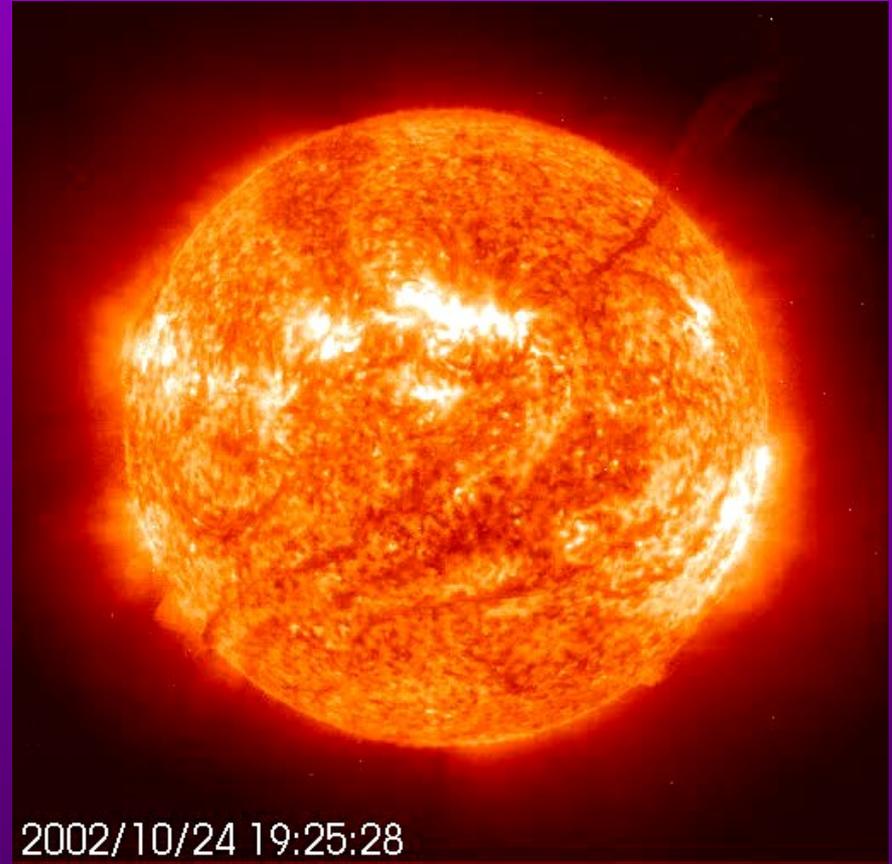
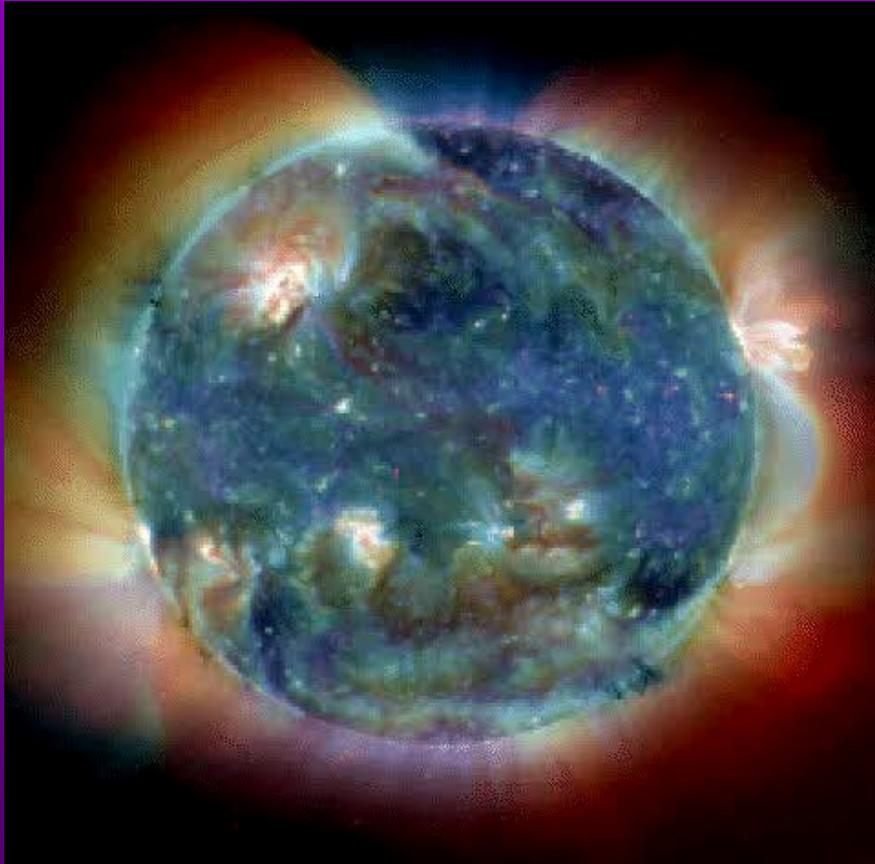
Спирална вътрешна структура

$$\tan \theta = 2r / \lambda = X$$

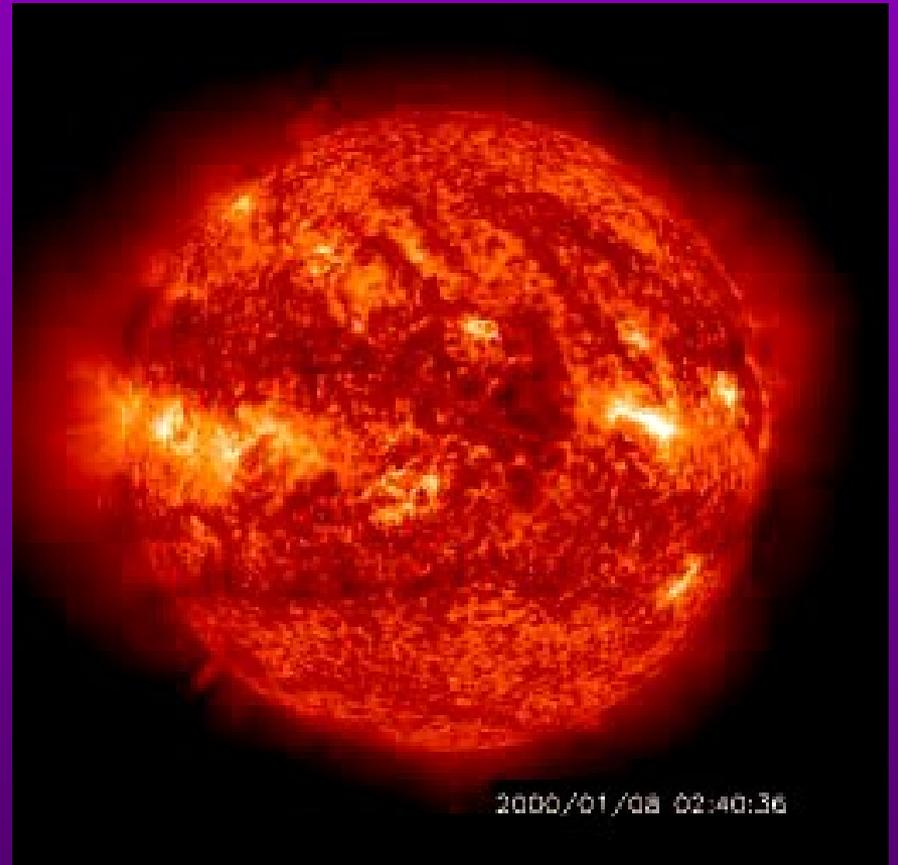
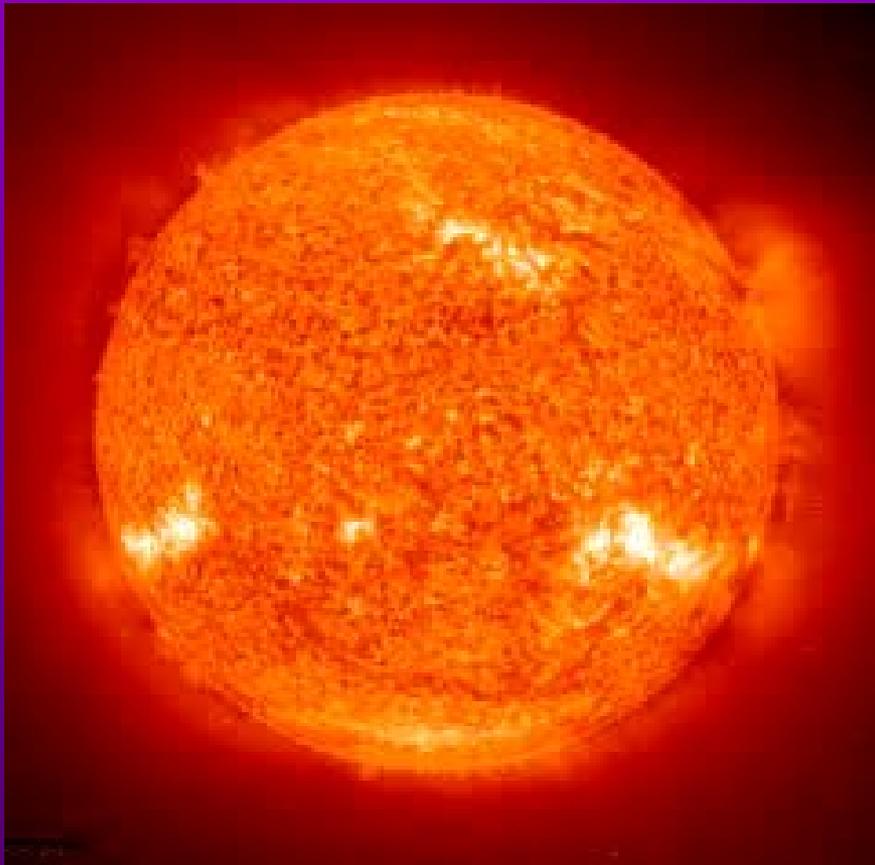
X - pitch angle - мяра за спиралност



# EP Movies



# EP Movies

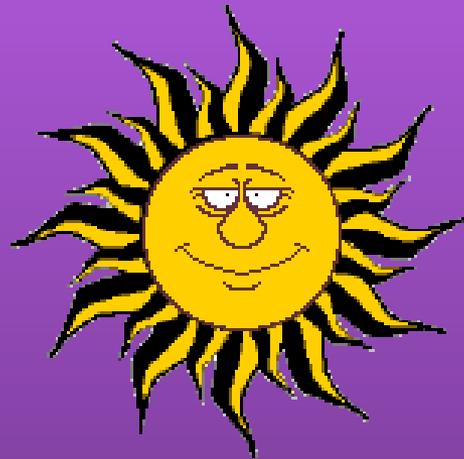


протуберанси

# Коронограф в НАО - Рожен



# Край



*Благодаря за  
вниманието!*