


*C.O.D.A.S.  
Centro Osservazioni e  
Divulgazione Astronomiche  
Siracusa*



# **IL SOLE**

## **alla scoperta della nostra stella**

A cura di Sebastiano Leggio



*Le Stelle per gli Antichi*

**COSA E' UNA STELLA ???**

**Per gli antichi esistevano diversi  
tipi di stelle...**

*Le Stelle per gli Antichi*

## 1) Le Stelle Fisse



## **2) Le Stelle Erranti (Planetes)**



*Le Stelle per gli Antichi*

### **3) Le Stelle Comete**

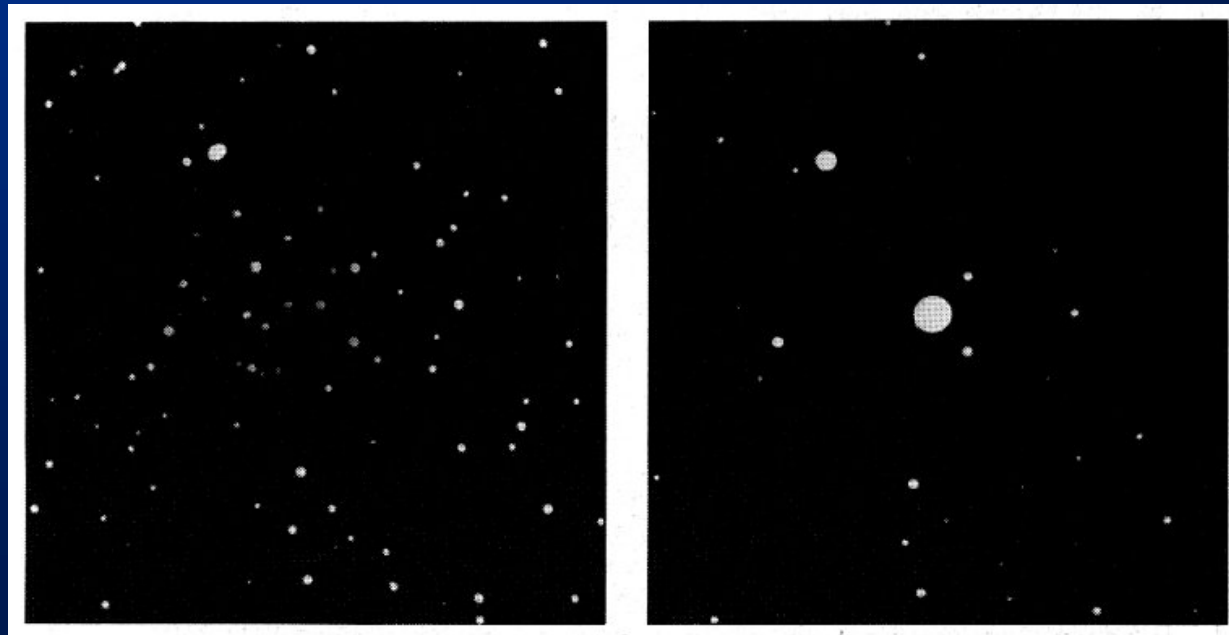


*Le Stelle per gli Antichi*

## 4) Le Stelle Cadenti



## 5) Le Stelle Novae



*Le Stelle per gli Antichi*

**OGGI:**

**Una Stella è un astro in grado di  
brillare di luce propria**



## *Le Stelle per gli Antichi*

### **QUINDI:**

**Stelle Erranti**



I Pianeti: Corpi celesti “freddi”

**Stelle Calenti**



Particelle di Polvere Cosmica

**Stelle Comete**



Rocce composte di ghiaccio e gas

**Stelle Fisse**



**Stelle Novae**



Una particolare fase della vita delle stelle fisse



Il Sole è una Stella

Dal sorgere al tramonto invia luce e calore alla Terra

Permettendo così l'esistenza della vita

*Il Sole*

**E' l'astro centrale del Sistema Solare  
I 9 Pianeti, Asteroidi e Comete gli ruotano intorno**

# Caratteristiche Fisiche

## IL SOLE



### DISTANZA DALLA TERRA

Minima	147.100.000 km
Massima	152.100.000 km
Media	149.600.000 km

### DIMENSIONI TIPICHE DI...

Granulazioni	2000 km
Supergranulazioni	30.000 km
Macchie solari	8000 km

### ETÀ

4,6 miliardi di anni

### TIPO SPETTRALE

G2

### TEMPERATURA APPROSSIMATIVA

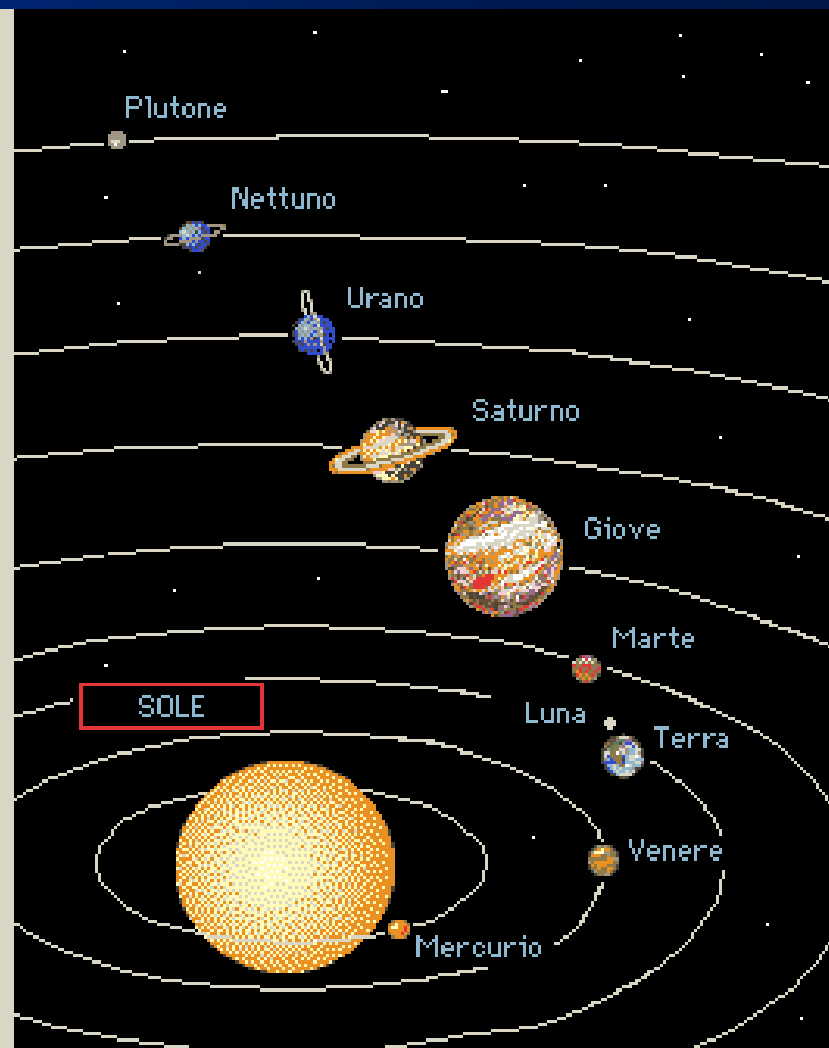
Al centro	15.000.000 K
Alla superficie	5800 K
Macchie solari	3800 K
Corona	1.000.000 K

### DIMENSIONI/ENERGIA

Raggio	696.000 km
Emissione di energia	$3,83 \times 10^{33}$ joule/secondo
Massa	$1,99 \times 10^{30}$ kg

### COMPOSIZIONE CHIMICA

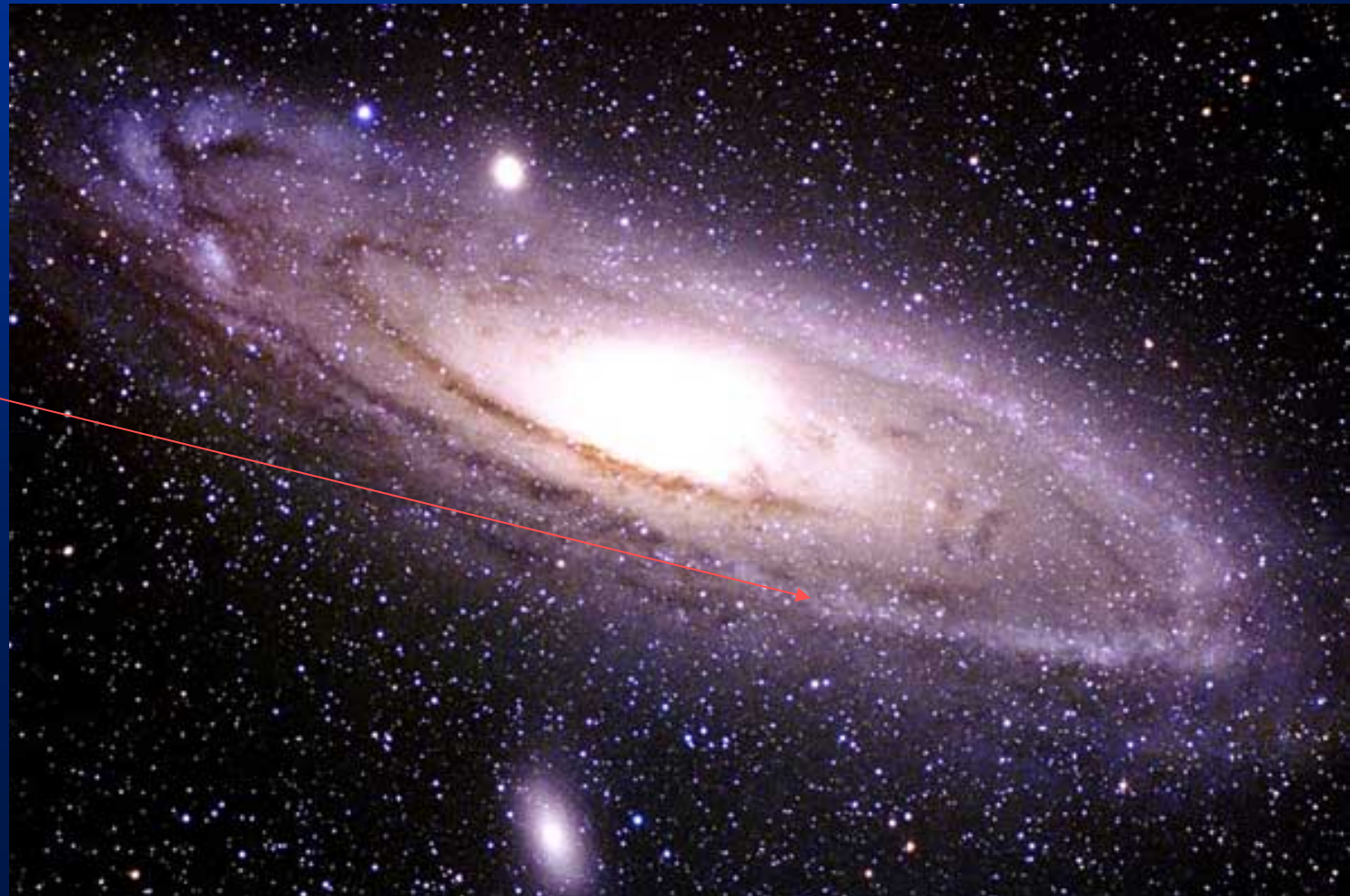
Idrogeno, elio (con tracce di almeno altri 70 elementi chimici più pesanti).



## *Il Sole nella galassia*

**In realtà è soltanto una delle miliardi di stelle che popolano la Via Lattea, la nostra galassia e si trova in una posizione abbastanza periferica**

*sole*



**Il Sole produce una quantità di energia  
enorme:**

**400.000.000.000.000.000.000.000**  
**di Kilowatt al secondo**

**Nel corso dei secoli l'uomo ha cercato di spiegare  
l'origine di tutta questa energia...**

**... sempre in base alle ultime scoperte  
scientifiche**

## *L'energia del Sole*

**Si è pensato che fosse un'enorme palla di carbone  
incandescente...**

**...ma se così fosse si sarebbe già esaurito da un  
pezzo**

---

**Si è pensato a delle reazioni chimiche...**

**...ma non sarebbe in grado di produrre così tanta  
energia**

# Il Sole ha una struttura complessa

Emissione radio

## Ma tutto inizia nel nucleo

Archi coronali

Emissione radio

Particelle di alta energia

Radiazione X

Radiazione visibile, IR e UV

Fotosfera 6000 K

Convezione turbolenta

Zona convettiva

100.000 K

Buco coronale

Nucleo

Zona radiativa

Reazioni termonucleari

Neutrini

14.000.000 K

Macchia

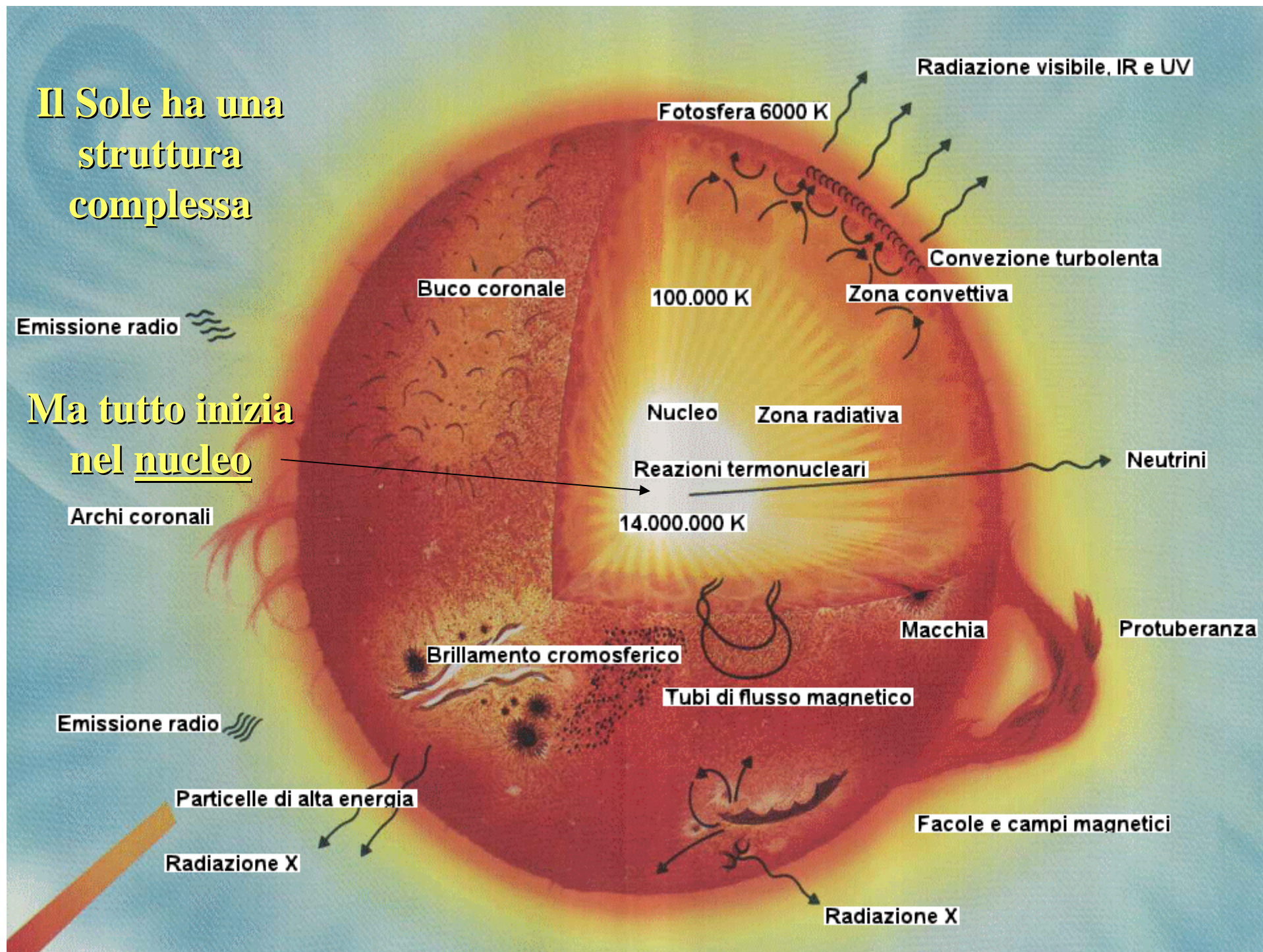
Protuberanza

Brillamento cromosferico

Tubi di flusso magnetico

Facole e campi magnetici

Radiazione X





**Ma facciamo un passo indietro e parliamo  
di... chimica**

**Tutto ciò che ci circonda è formato da  
combinazioni di elementi chimici**

# In natura sono conosciuti poco più di 100 elementi

The image shows a periodic table of elements. The elements are arranged in rows and columns. The following elements are highlighted in yellow: H, He, Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, Cs, Ba, La, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac. The following elements are highlighted in red: Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr. The elements are labeled with their chemical symbols and atomic numbers.

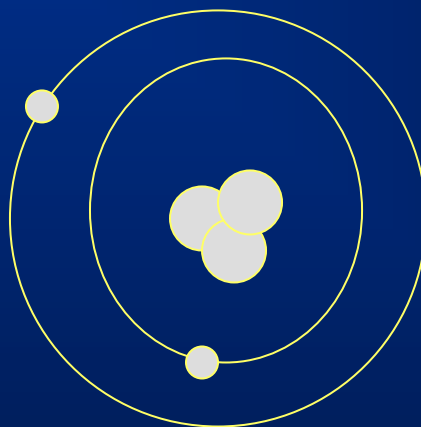
1	2											10	11	12	13	14	15	16	17	18	
H	He											Ne	Ar	Kr	Xe	Rn					
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar						
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	89																			
Fr	Ra	Ac																			
		72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86					
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu						
		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103						
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr						

**L'Idrogeno, il Ferro, il Carbonio sono ad  
esempio elementi**

**La più piccola parte intera di un elemento è  
detta**

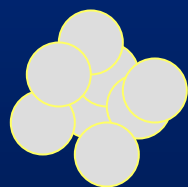
**ATOMO**

**Un Atomo è come un piccolo sistema solare che  
ha al centro dei **PROTONI** e degli  
**ELETTRONI** che gli ruotano intorno**



## Diversi elementi chimici hanno un diverso numero di protoni nel nucleo...

Un atomo con  
8 protoni  
è sicuramente Ossigeno



O

Un atomo con  
1 protone  
è sicuramente Idrogeno



H

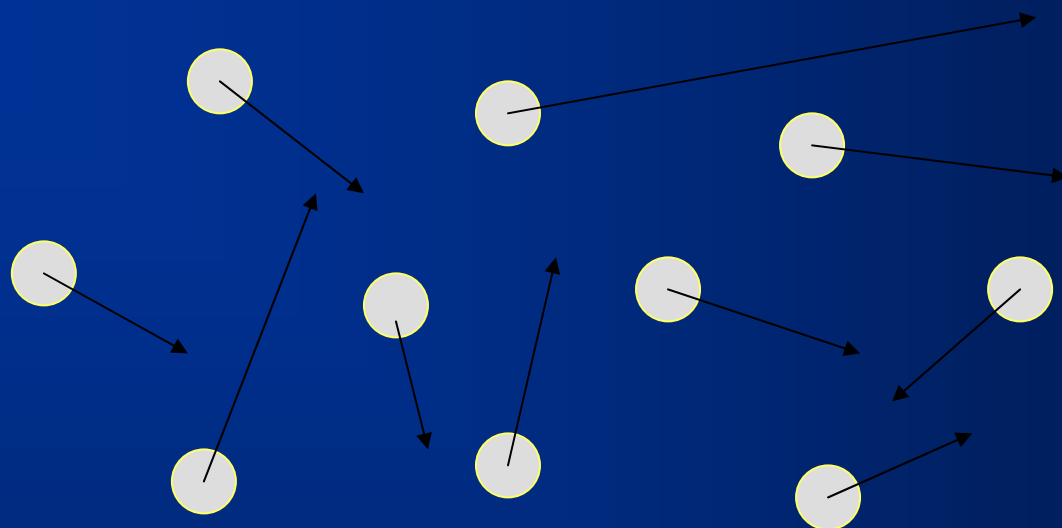
Un atomo con  
2 protoni  
è sicuramente Elio



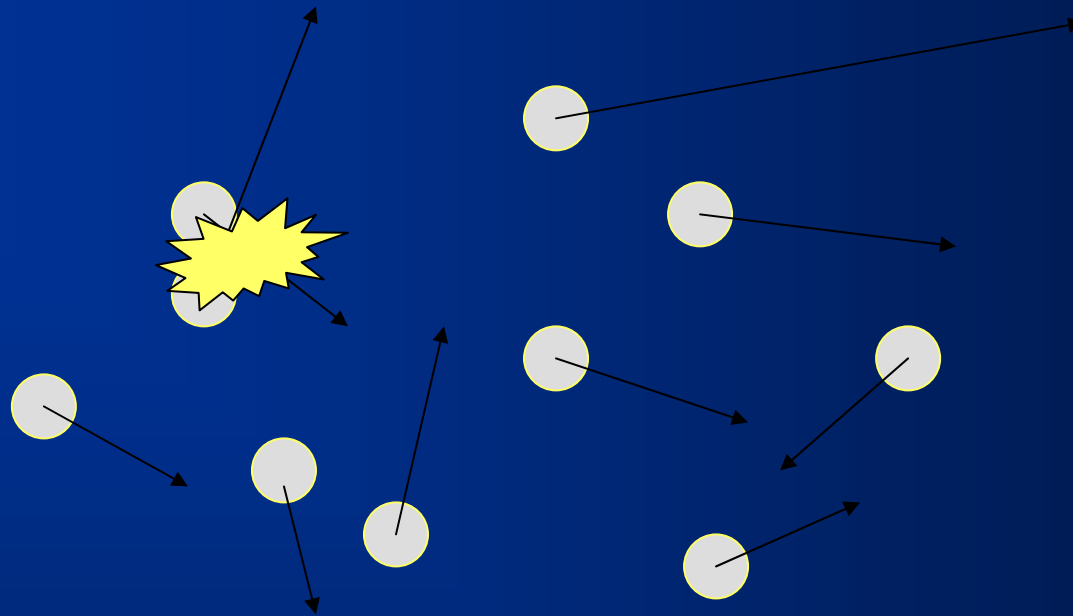
He

**... il Sole non è altro che un enorme massa gassosa: Idrogeno per l'esattezza.**

**... nel suo nucleo vi è una temperatura elevatissima:  
circa 15 milioni di gradi**

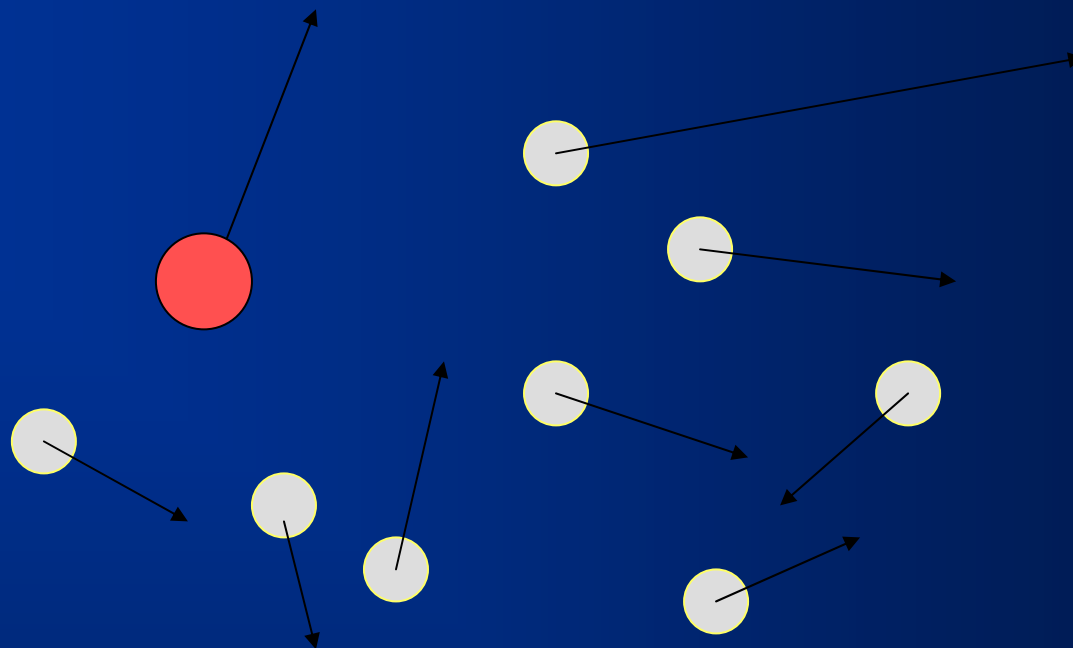


**... questo fa si che gli atomi di Idrogeno si muovano in maniera frenetica e velocissima: ciò che gli scienziati chiamano “Agitazione Termica”**



**... questi atomi si possono anche scontrare  
tra di loro innescando ciò che si chiama  
Fusione Nucleare**

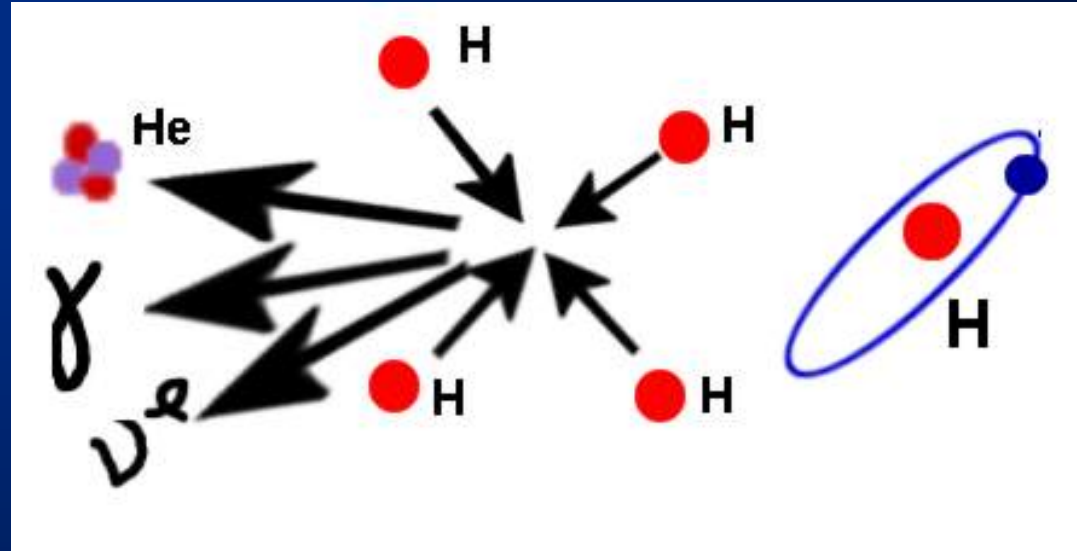




**... dagli atomi iniziali che si sono scontrati  
abbiamo ottenuto un nuovo  
atomo “più grosso”**

## *La Reazione Protone-Protone*

fondendo insieme  
degli atomi di  
Idrogeno  
otteniamo  
atomi di un  
nuovo  
elemento: Elio



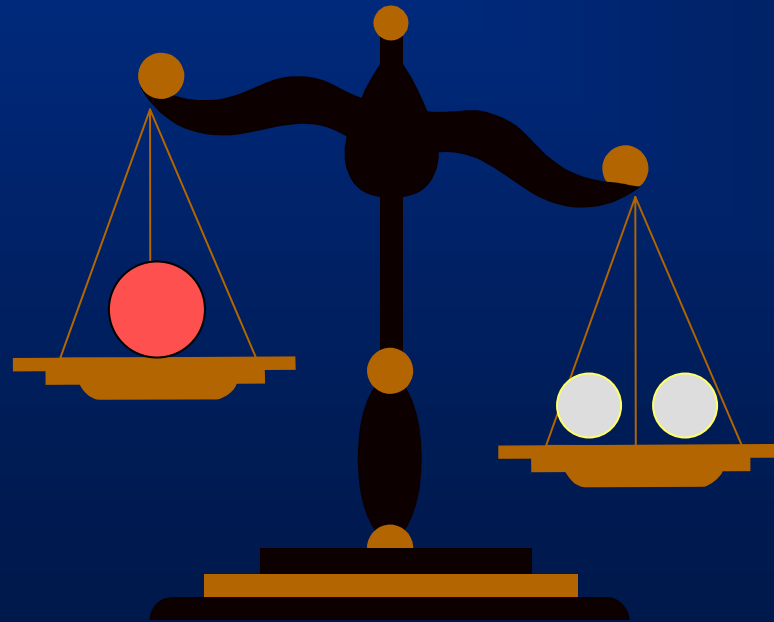
## *La Reazione Protone-Protone*

**qualcosa però non quadra...**



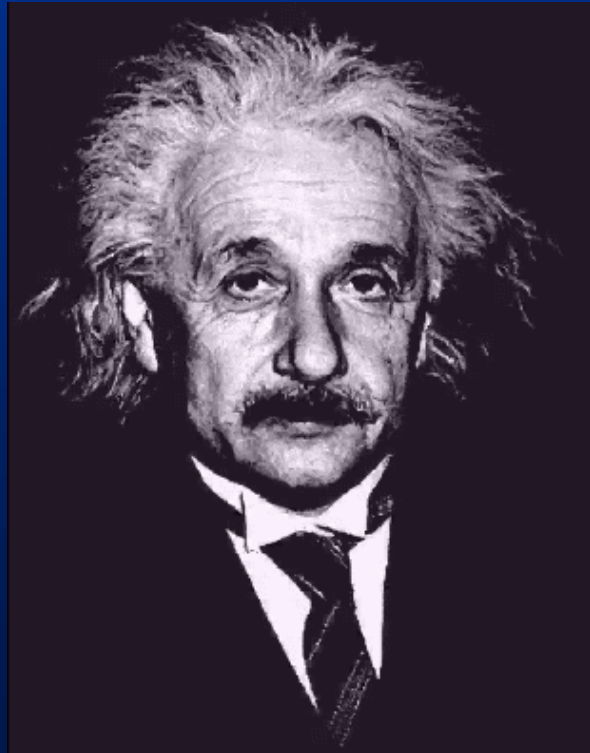
**Immaginiamo di pesare su una bilancia i nostri due  
atomi di Idrogeno iniziale e l'atomo di Elio  
finale...**

**L'Elio è più  
leggero !!!**



## *La Reazione Protone-Protone*

**E' proprio questa massa mancante che si è trasformata in tutta quell'energia che il Sole ci manda giornalmente**



---

**Secondo la relazione**

$$E = mc^2$$

**scoperta da Albert Einstein**

## *La Reazione Protone-Protone*

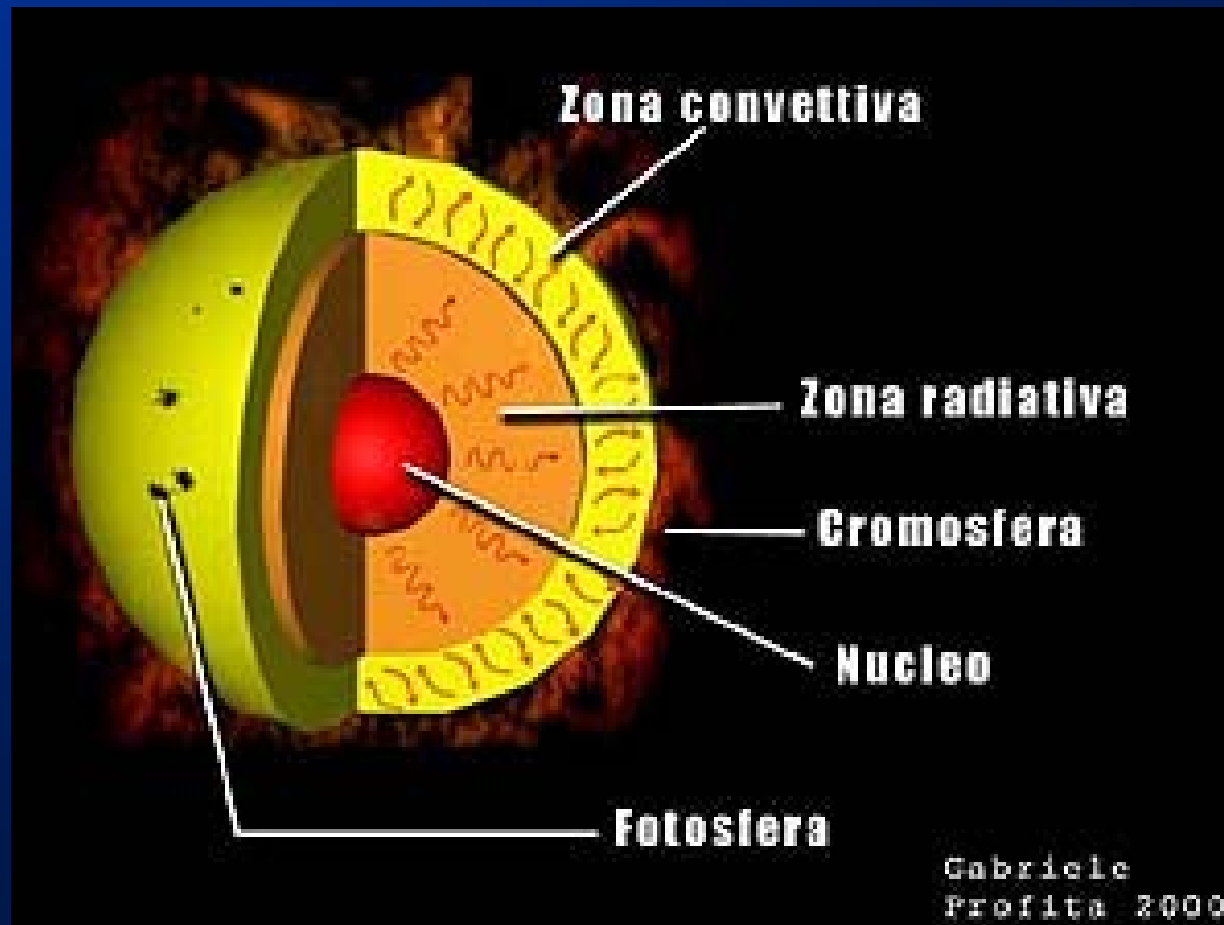
**E** è l'energia prodotta dal Sole

**M** è la nostra massa mancante (una quantità piccolissima)

**C** è la velocità della luce, 300.000 Km/s (elevata al quadrato): un numero elevatissimo

## *La Trasmissione dell'Energia*

**Tutta questa energia cerca pian piano di arrivare verso la superficie**

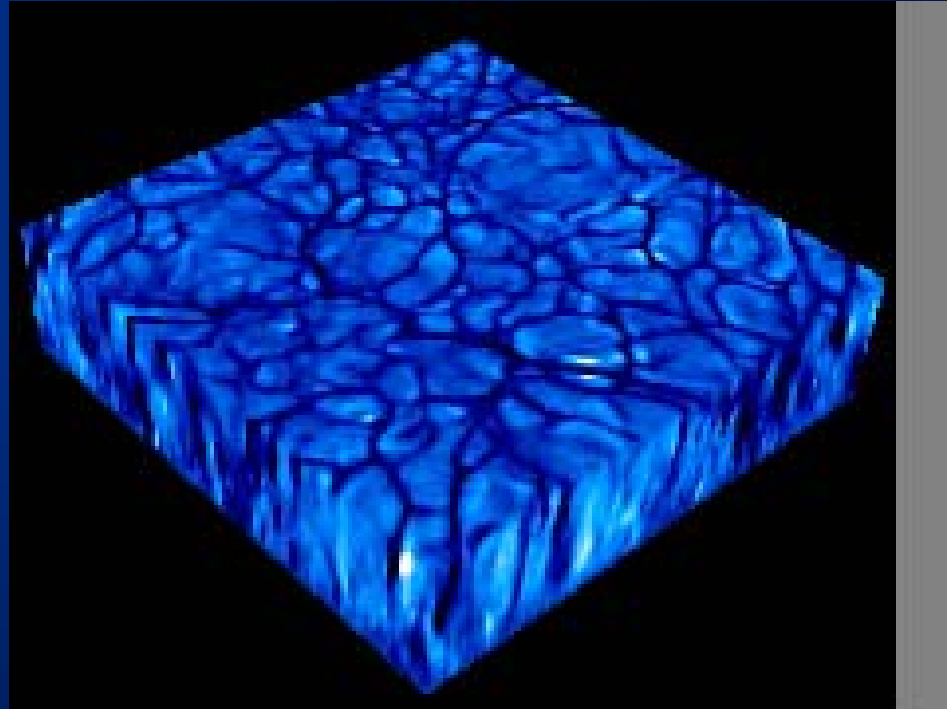


**La prima zona attraversata è la  
cosiddetta**

**Zona Radiativa**

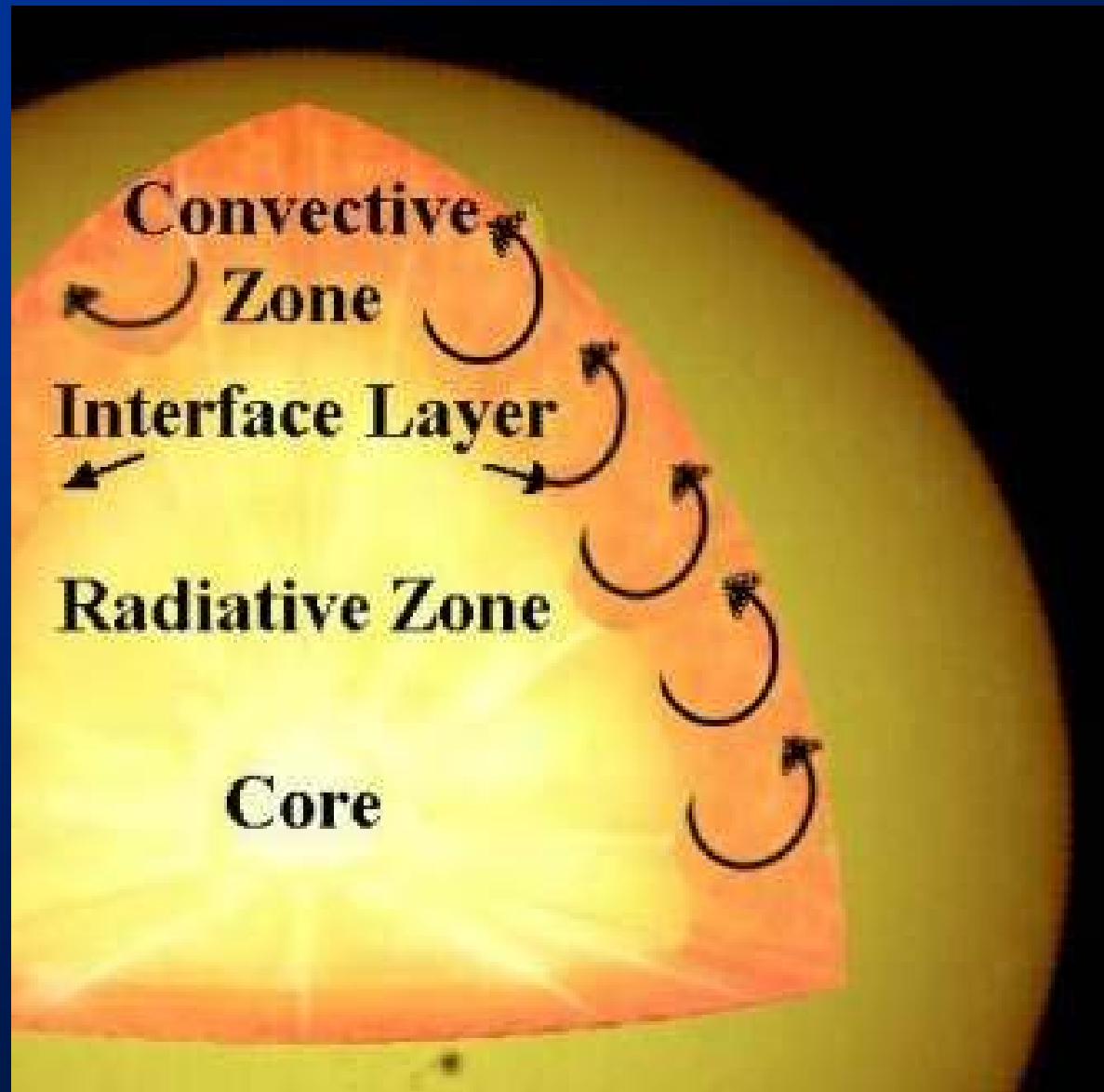
## *La Zona Convettiva*

**Oltrepassata la  
zona  
radiativa  
l'energia si  
trasmette con  
un nuovo  
sistema la  
Convezione**





## *La Zona Convettiva*



## *La Fotosfera*

**Alla fine della zona convettiva troviamo quella  
che consideriamo la superficie del Sole:**

### **La FOTOSFERA**

**Quella parte del sole che vediamo ad occhio nudo**

## *La Fotosfera*

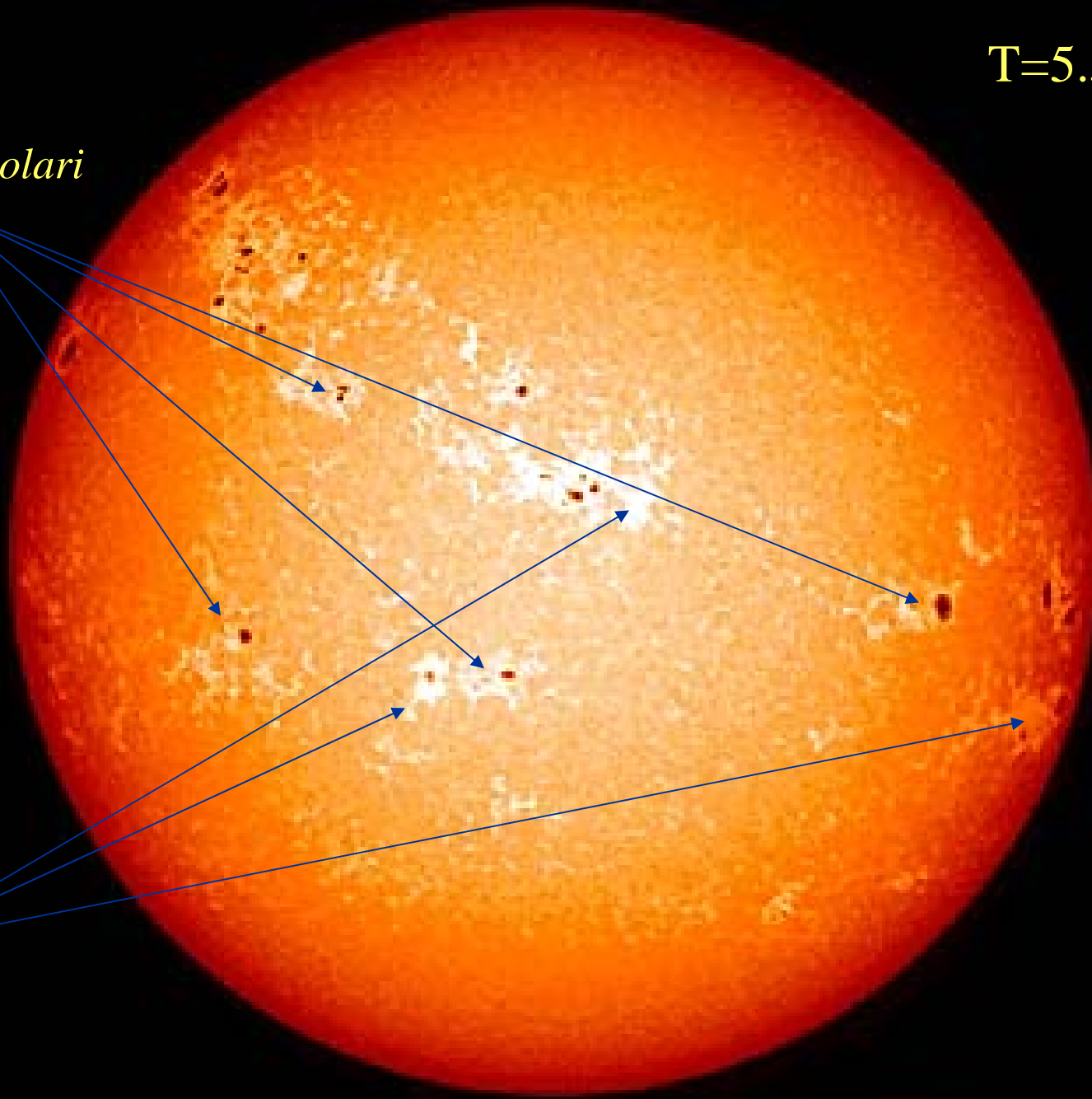
**La Fotosfera ha uno spessore di circa  
300 Km ed una temperatura di 5.500°**

**Ha un colore giallo intenso ed è ciò che noi  
vediamo ad occhio nudo del Sole**

T=5.500°C

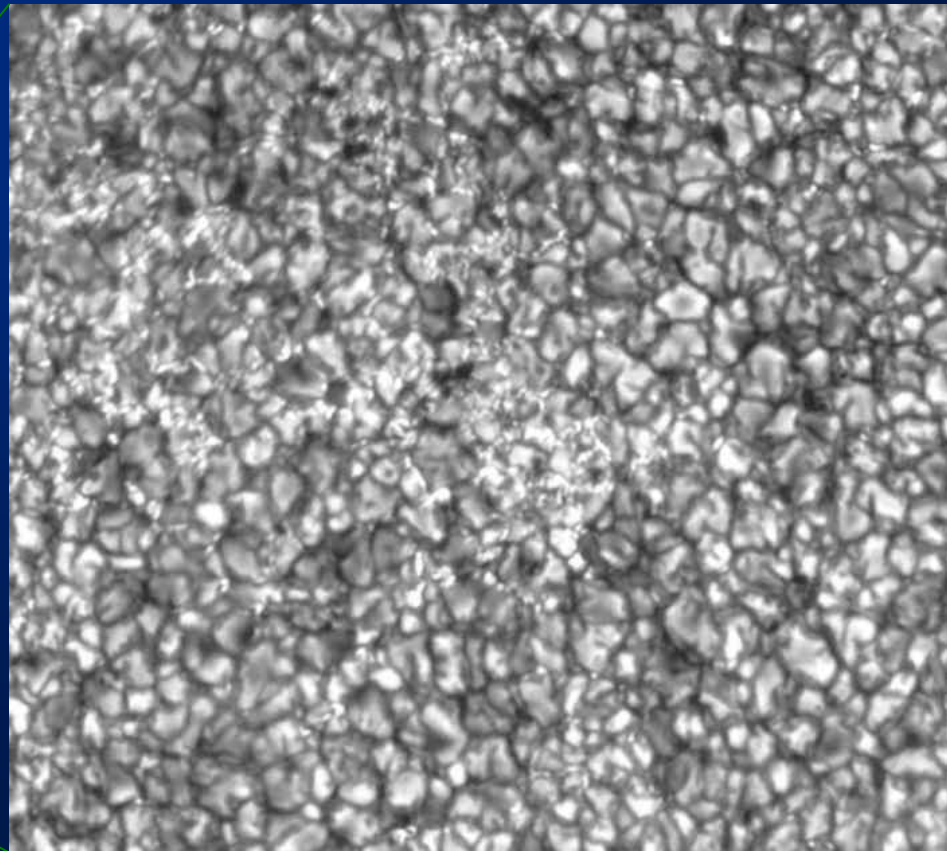
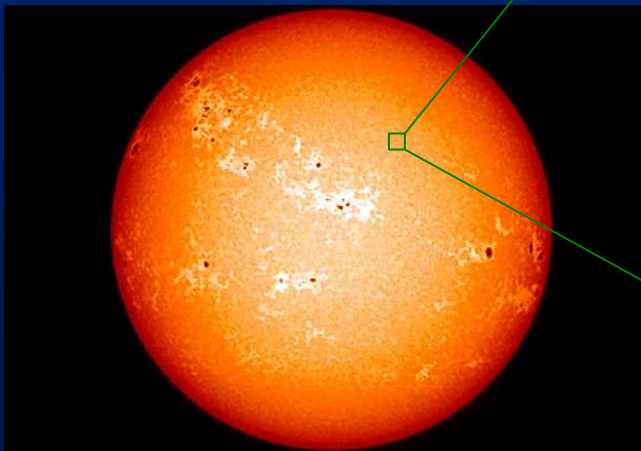
*Macchie Solari*

*Facole*



## *La Granulazione*

**Ingrandendo la superficie della Fotosfera ci  
rendiamo conto che non è liscia ma ha una  
struttura a **GRANULI****

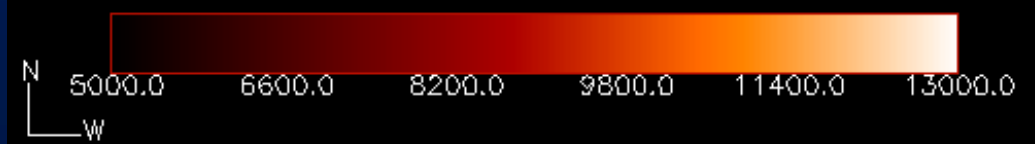
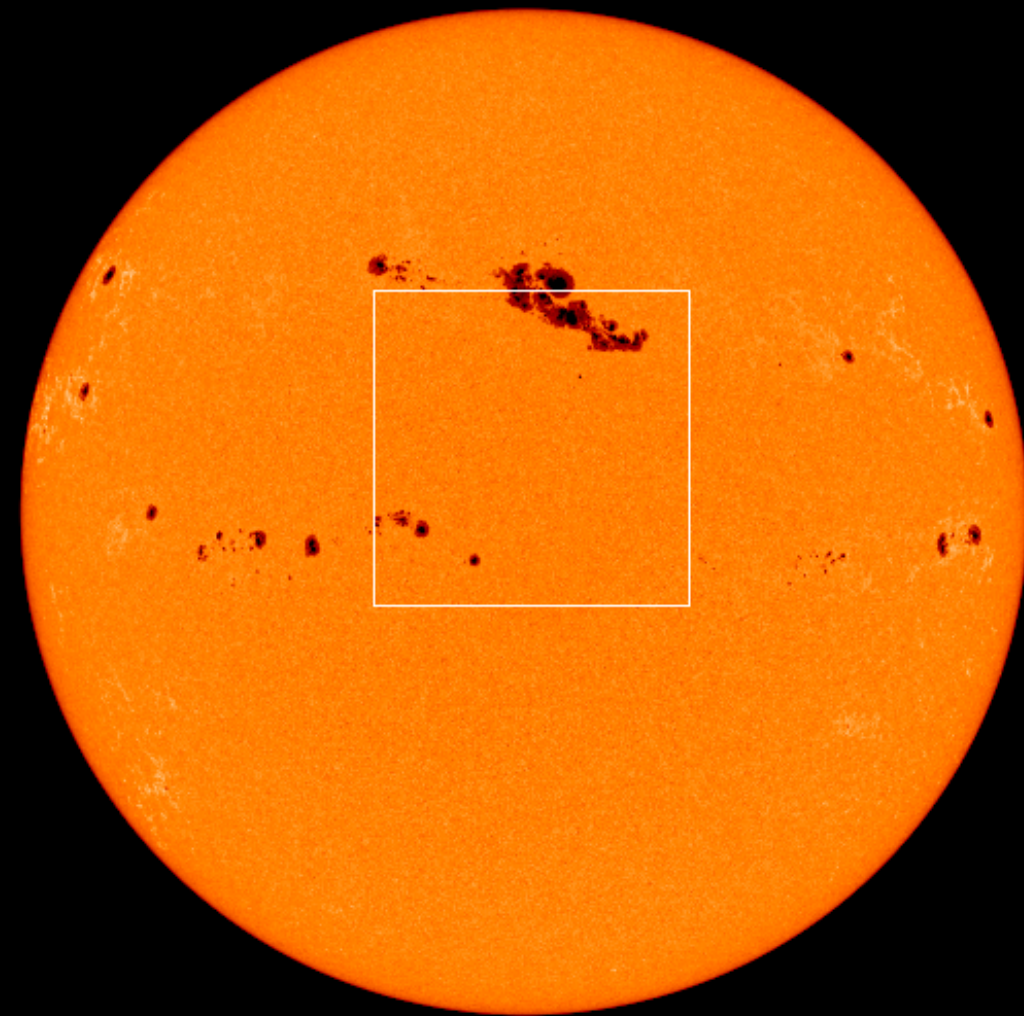


*La Fotosfera*

**Molto più evidenti  
sono invece le  
MACCHIE  
SOLARI**

SOHO/MDI Continuum

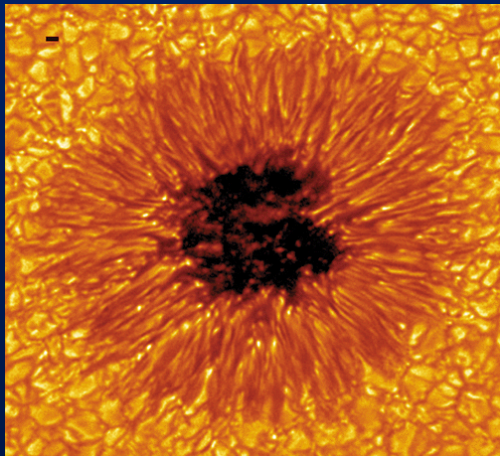
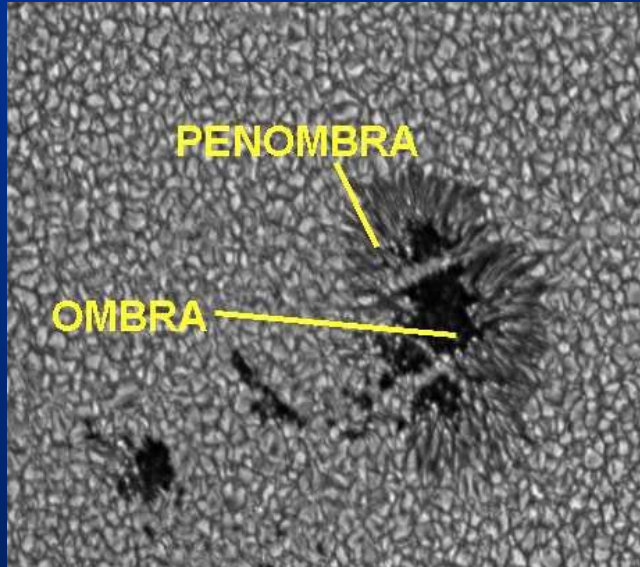
29-Mar-2001 01:36



SOI / MDI

Stanford Lockheed Institute for Space Research

## Cosa sono le macchie solari ?



## *La Rotazione Differenziale*

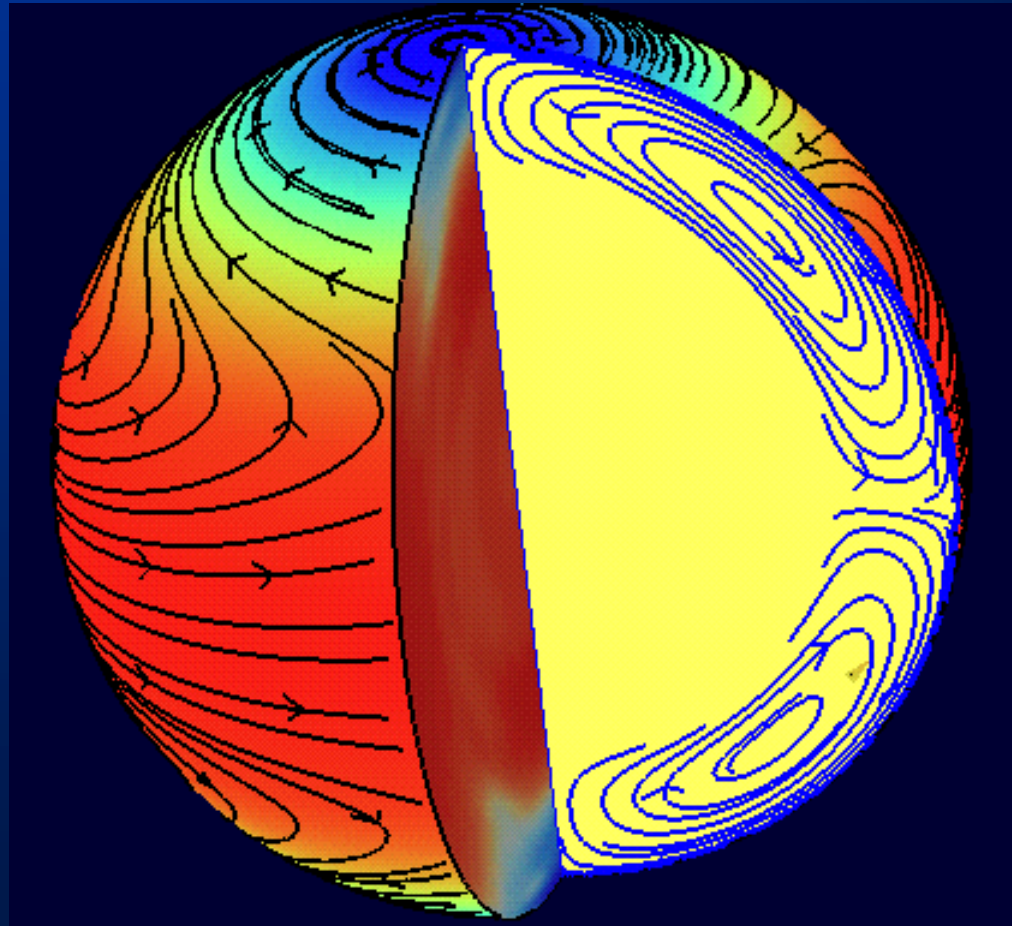
### **Come si formano le Macchie Solari ?**

**Bisogna considerare 2 caratteristiche del Sole:**

- 1) La sua ROTAZIONE DIFFERENZIALE**
- 2) Il suo CAMPO MAGNETICO**

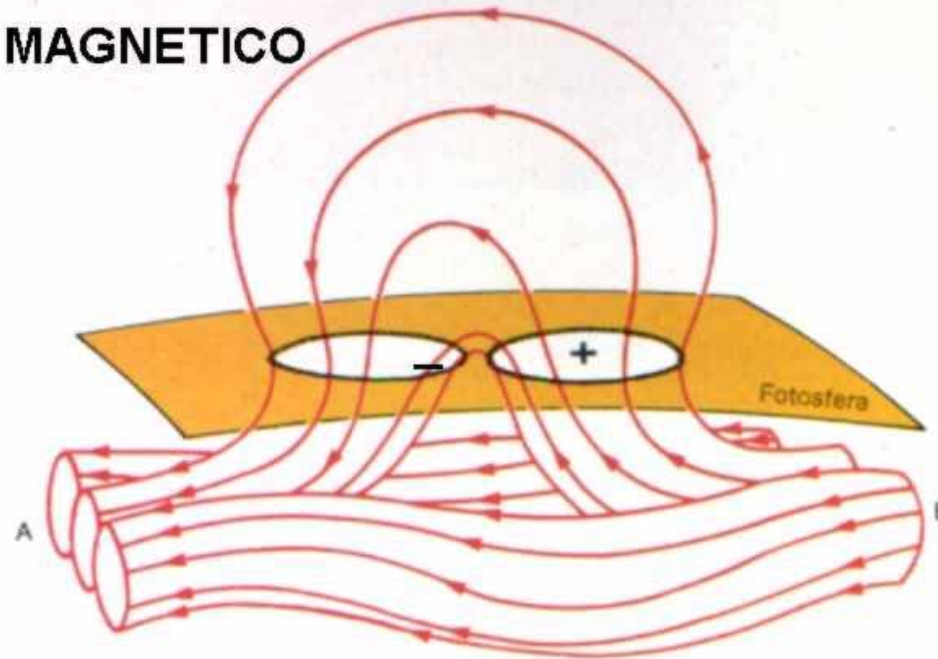


# La Rotazione Differenziata



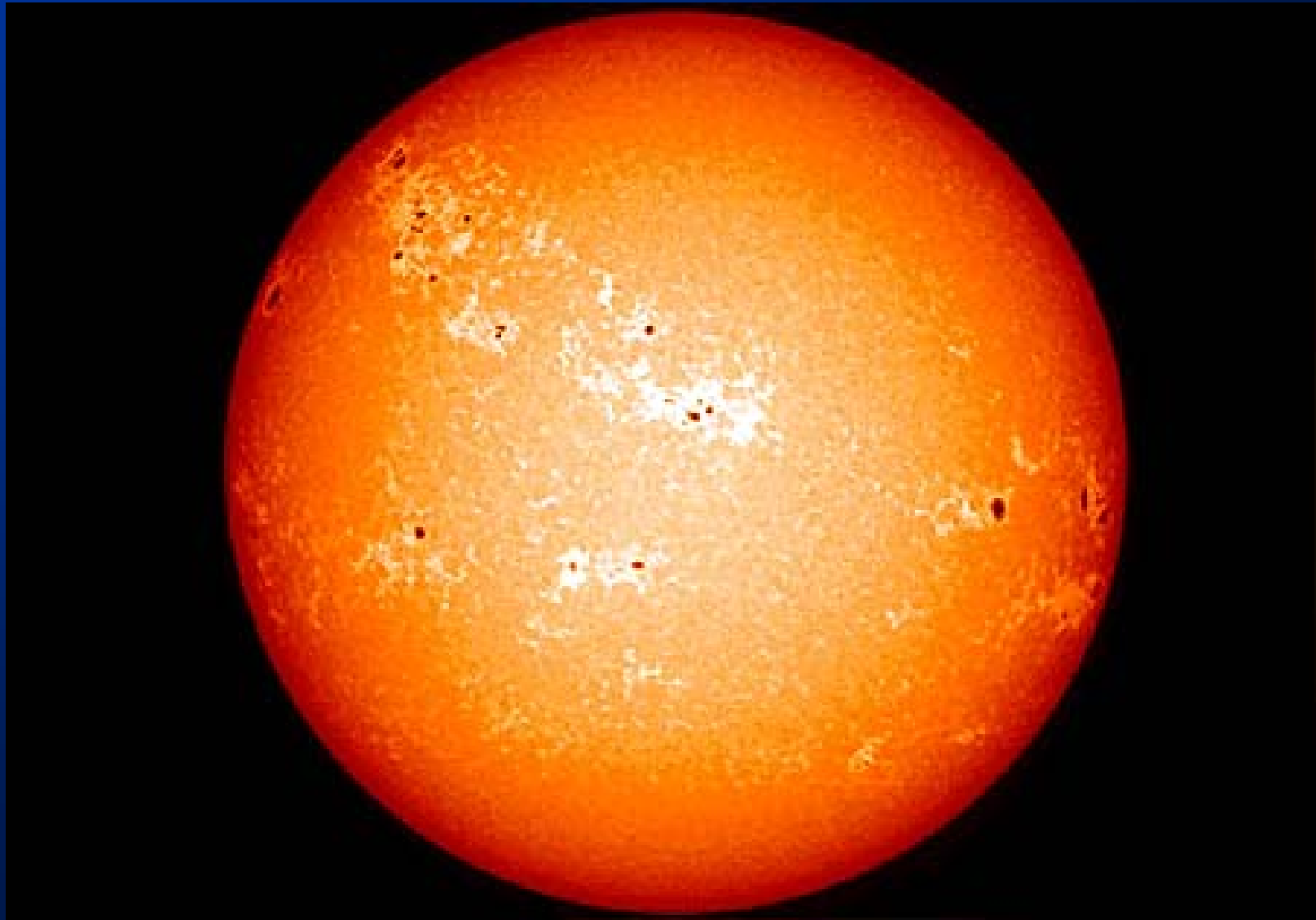
# I Cappi Magnetici

## CAPPIO MAGNETICO



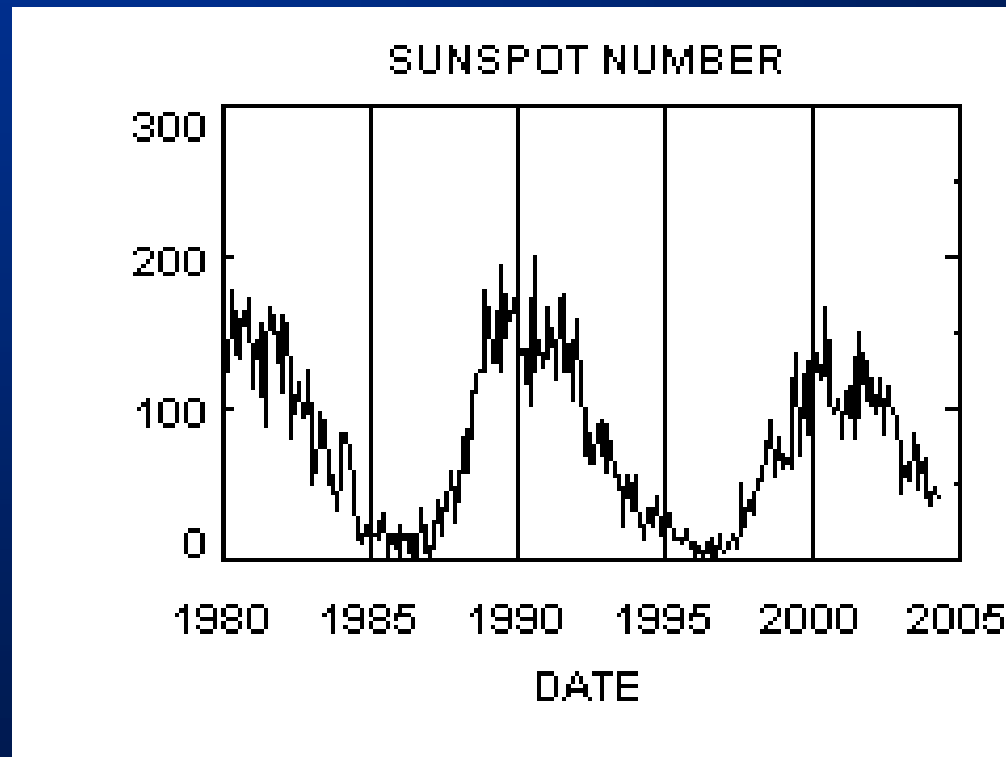
*Schema dell'affioramento di un anello di linee di forza subfotosferico (di cui AB costituisce una sezione). Il coppia di linee di forza affiorato determina, a livello fotosferico, due regioni magnetiche di polarità opposta.*

*Le Facole*



## *Il Ciclo Solare*

**L'attività solare segue un ciclo di 11 anni**

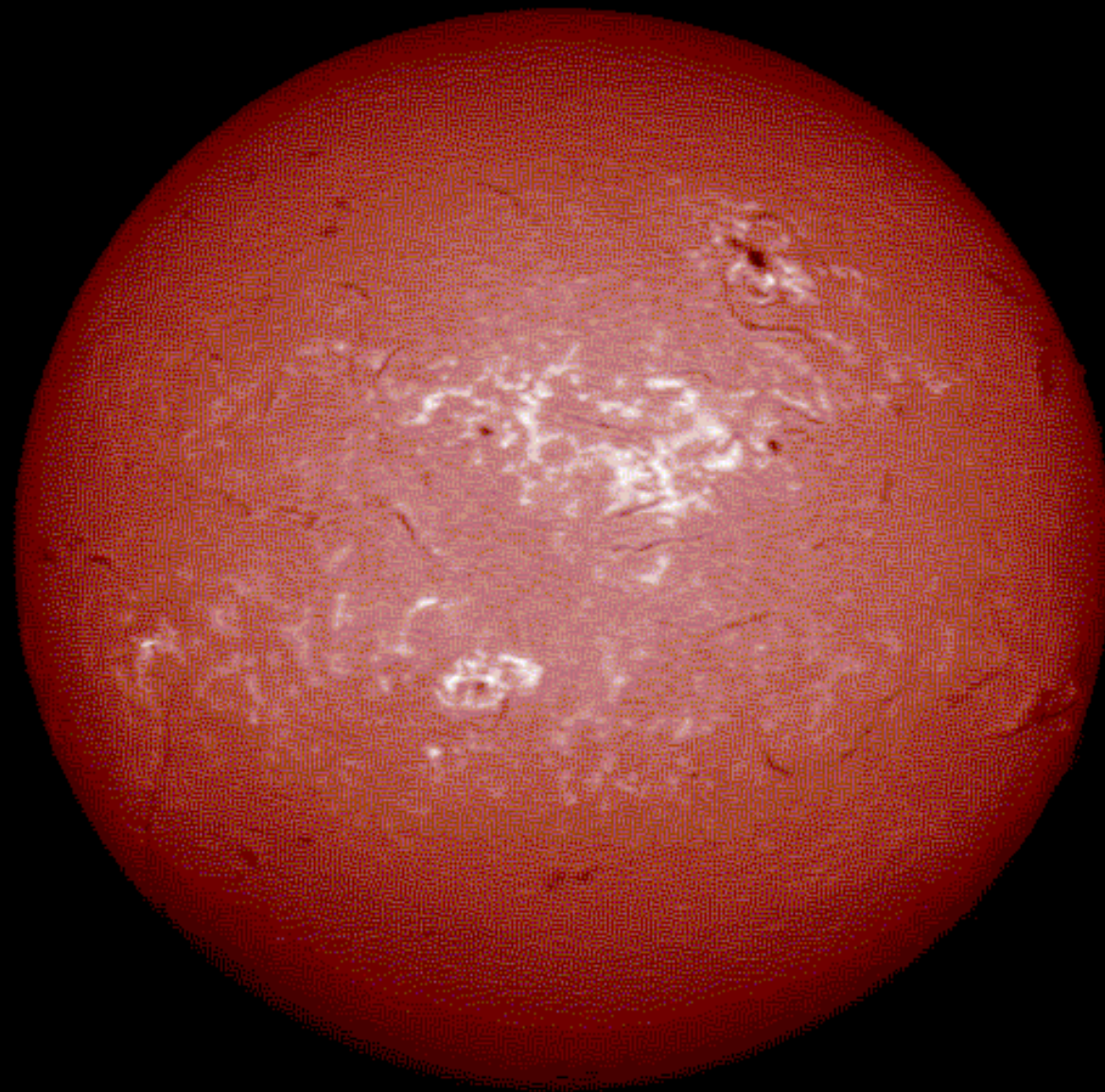


**Oltrepassata la Fotosfera si incontra un  
nuovo strato solare:**

**la CROMOSFERA**

HI 6563 Å

BBSO



1991 May 13

## *La Cromosfera*

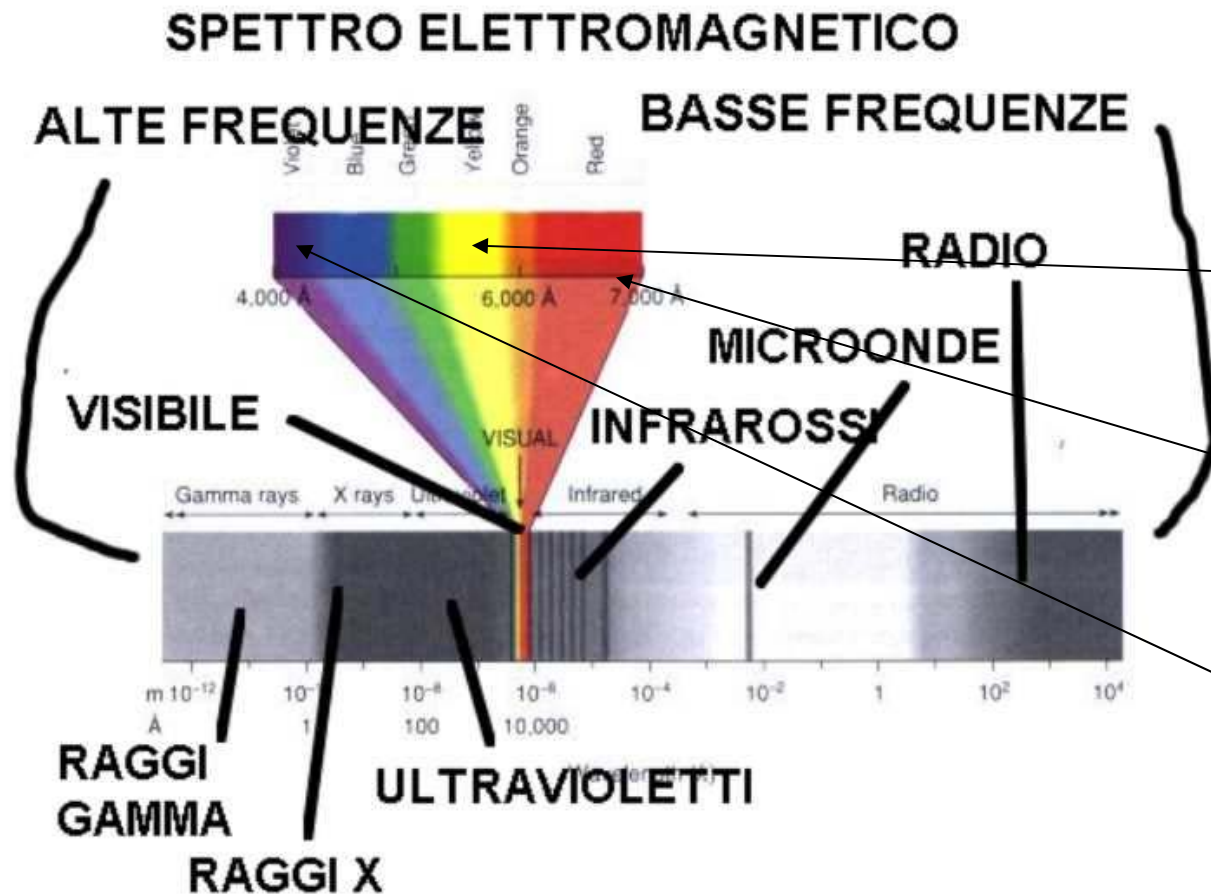
**Perché pur essendo al di sopra della Fotosfera,  
non vediamo la Cromosfera ad occhio nudo ?**

**Dipende dalla sensibilità dell'occhio umano**

## La Cromosfera

La luce che noi vediamo è in realtà la somma di tanti “tipi di luce”

Fra questi vi sono anche gli Ultravioletti e gli Infrarossi ai quali l'occhio umano è cieco



L'uomo è  
maggiormente  
sensibile alla  
luce

**GIALLA,**

poco a quella  
**ROSSA,**

ancora meno a  
quella  
**VIOLETTA**



# *La Cromosfera*

## **Caratteristiche della Cromosfera:**

**Spessore: circa 10.000 Km**

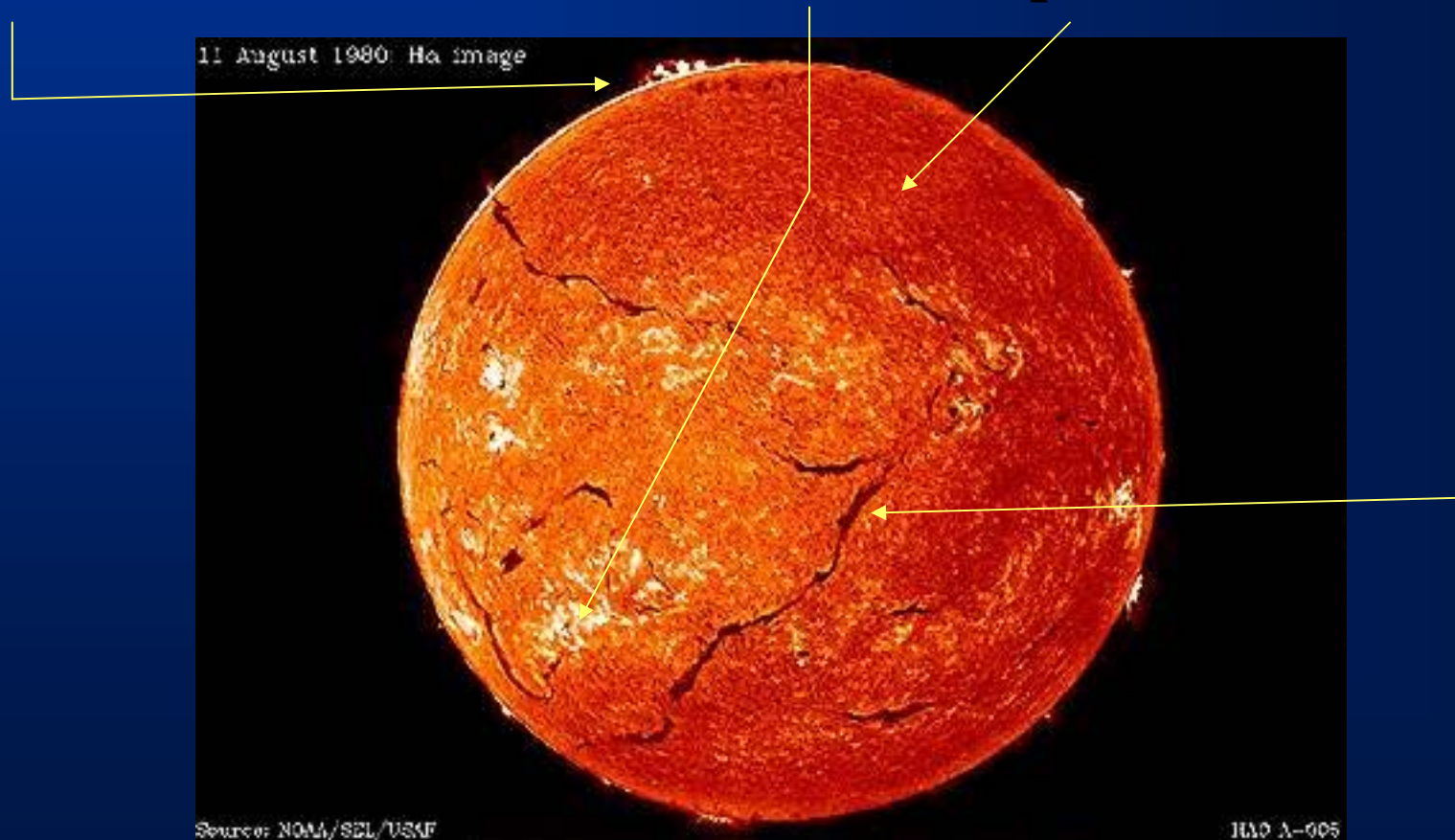
## **Formazioni Caratteristiche:**

**Protuberanze**

**Flare o Brillamente**

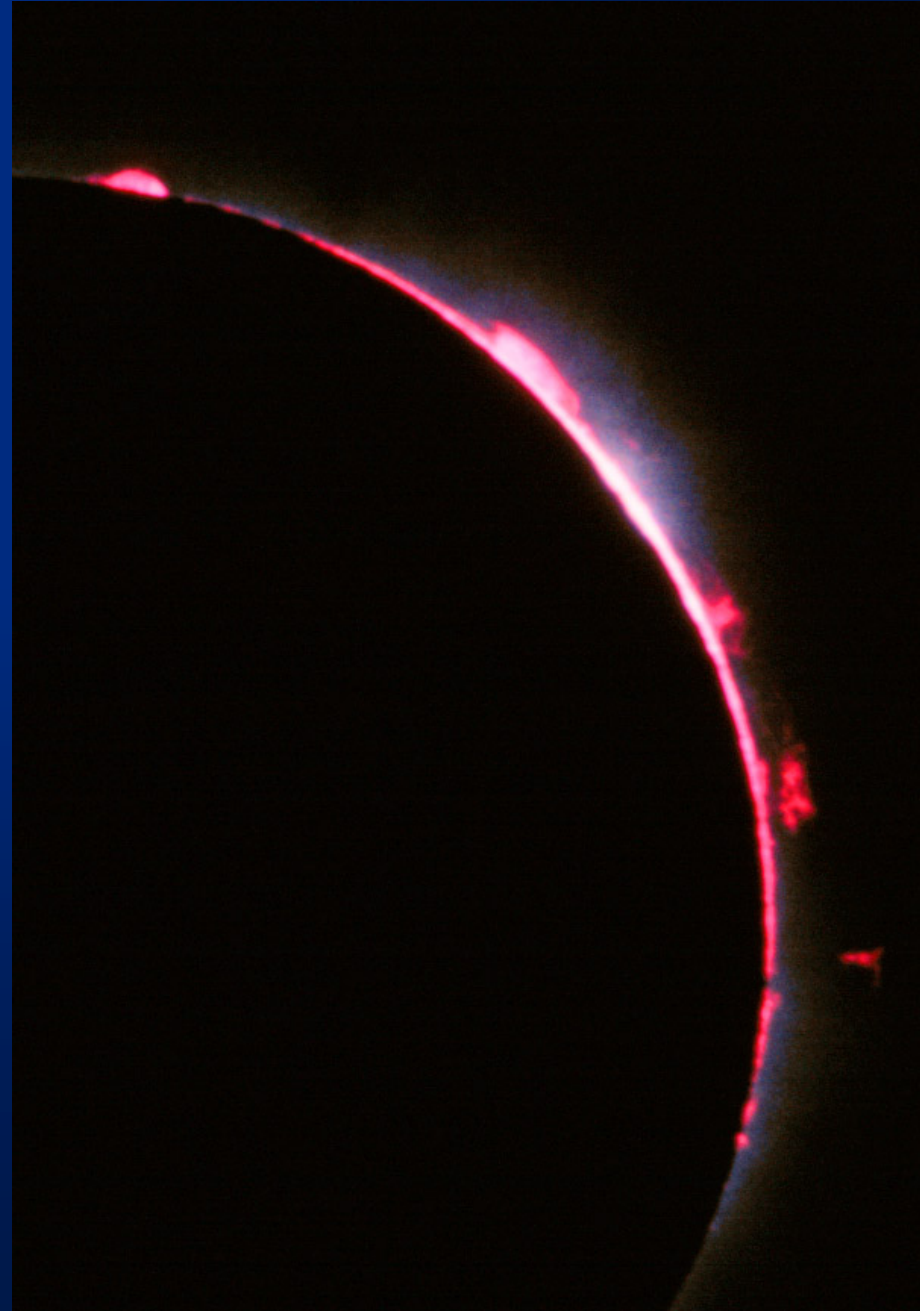
**Spicole**

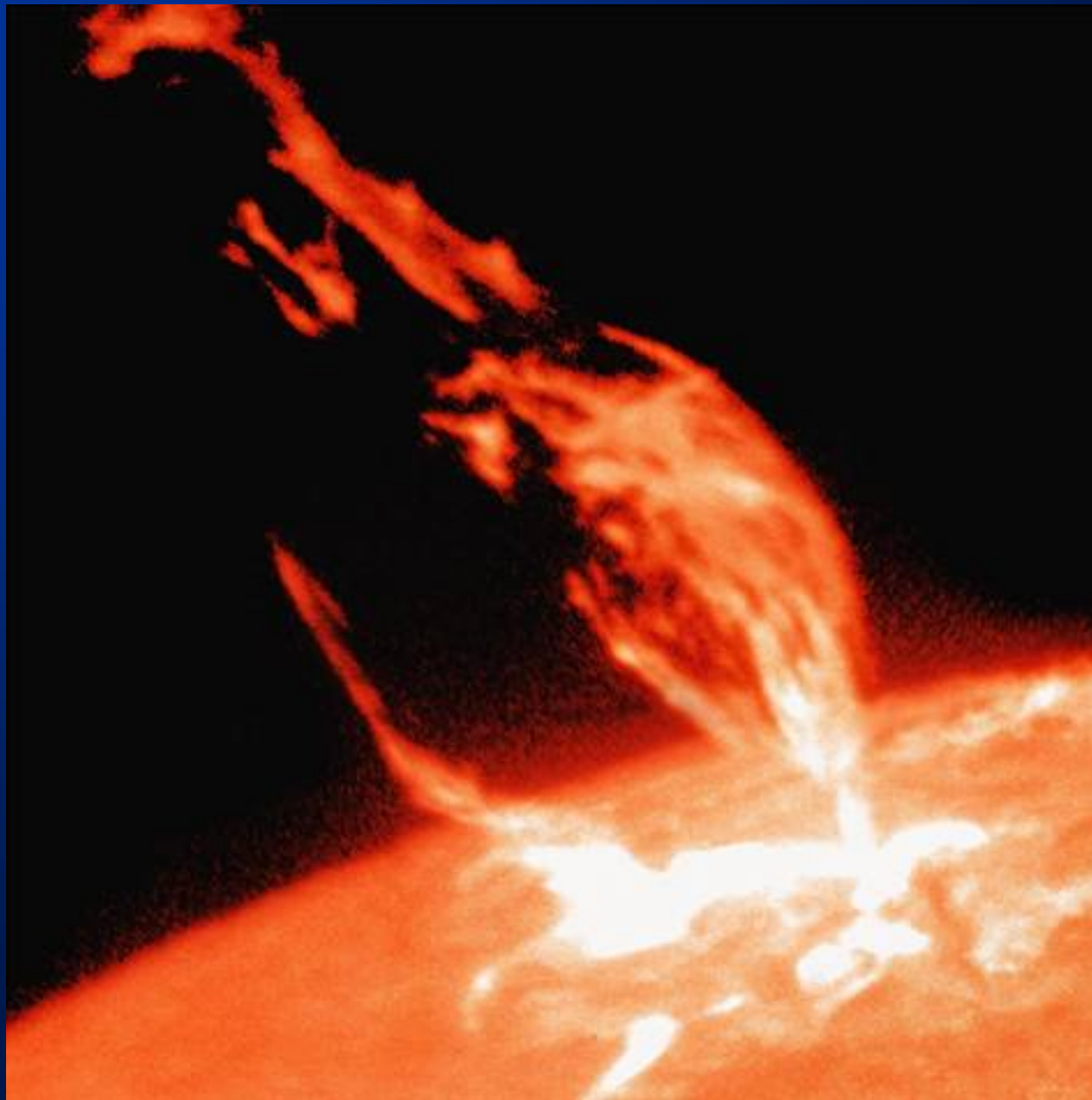
**Filamenti**

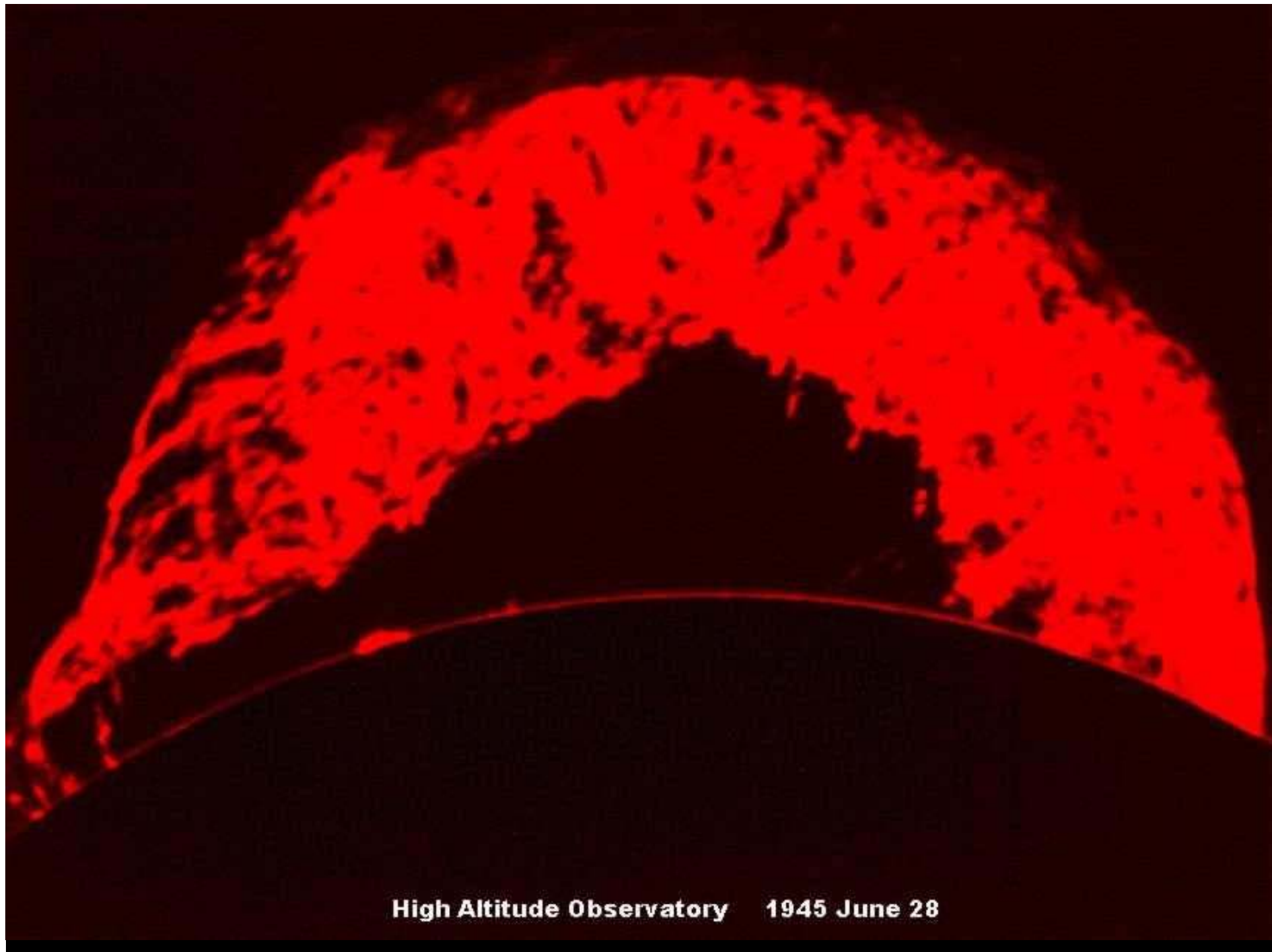


## *Le Protuberanze*

**Le protuberanze**  
sono enormi  
lingue di fuoco  
prodotte dal Sole.  
Quando sono  
proiettate sul  
disco  
apparentemente  
sono più scure e  
prendono il nome  
di **filamenti**

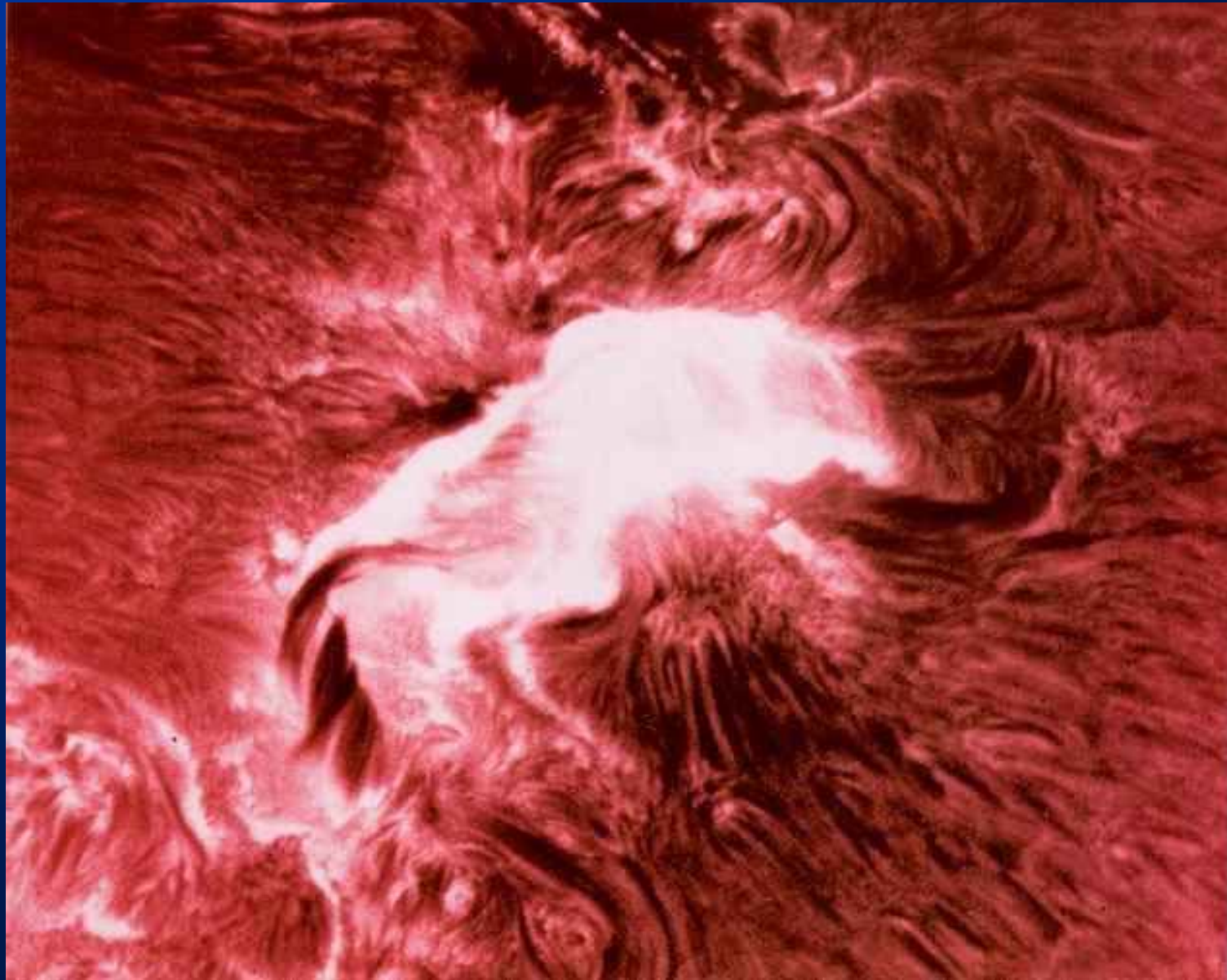






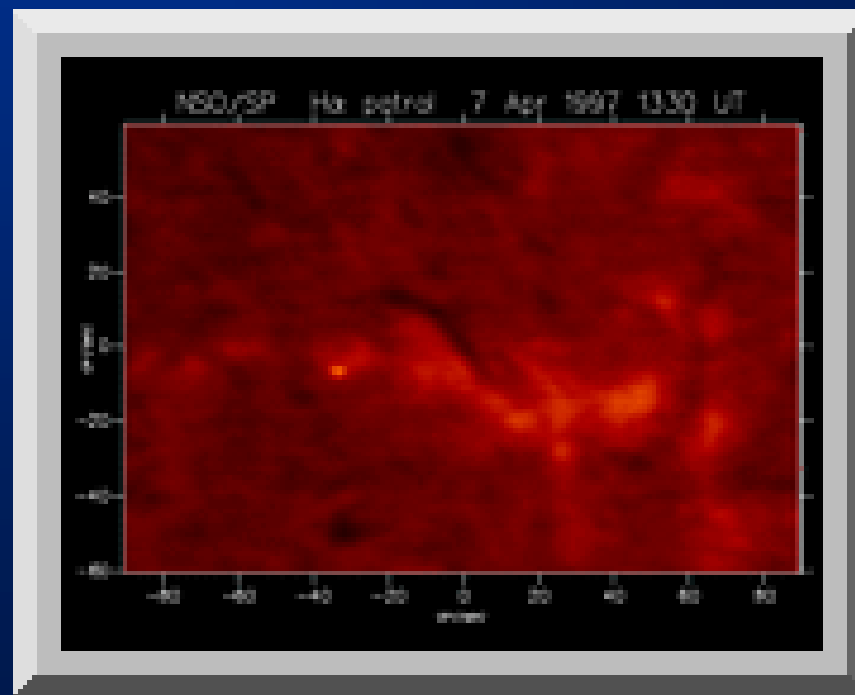
**High Altitude Observatory    1945 June 28**

*I Brillamenti*

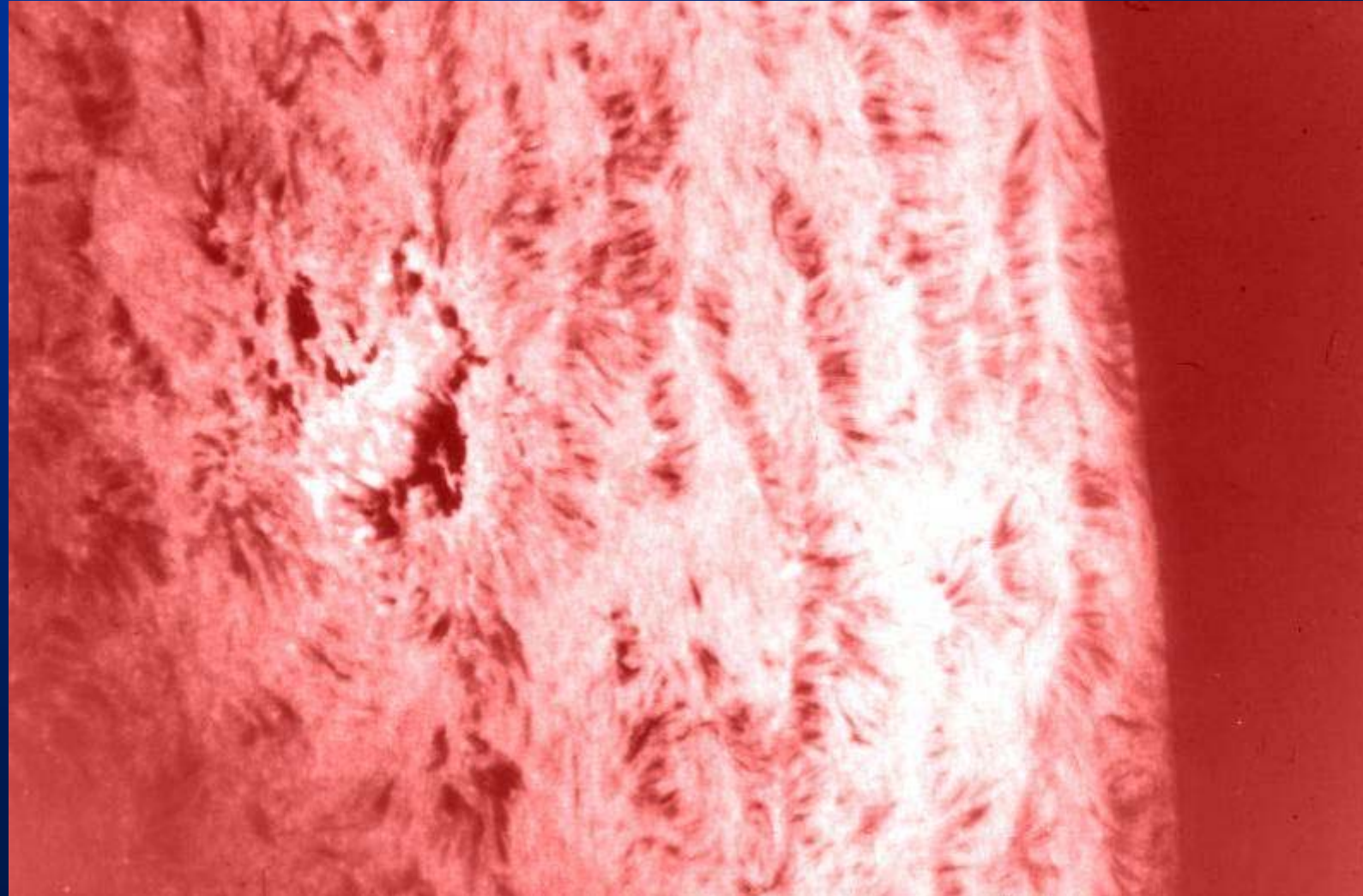


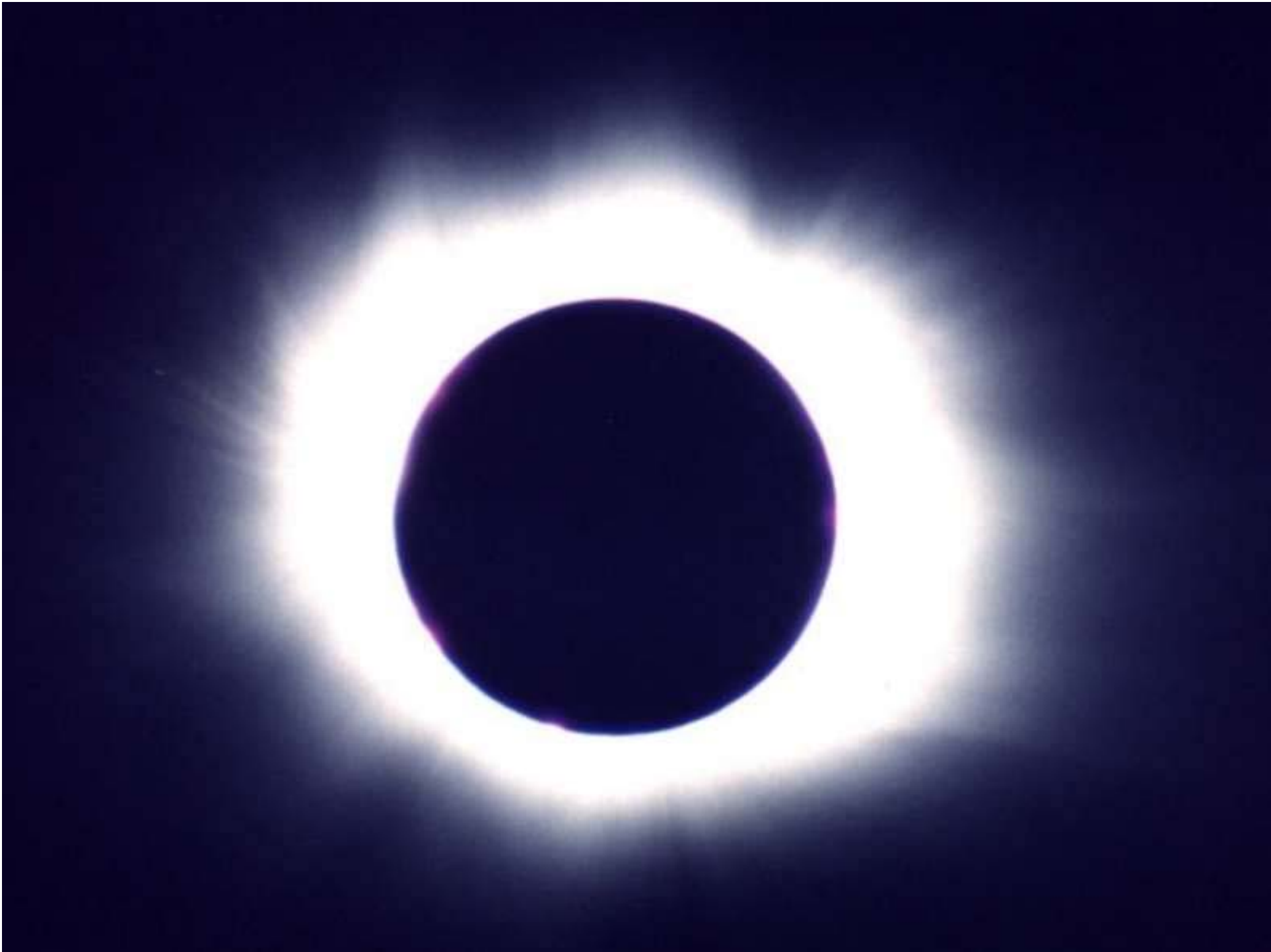
## *I Brillamenti*

**I Brillamenti sono chiamati anche Flare e sono delle potentissime esplosioni di energia**



*Le Spicole*





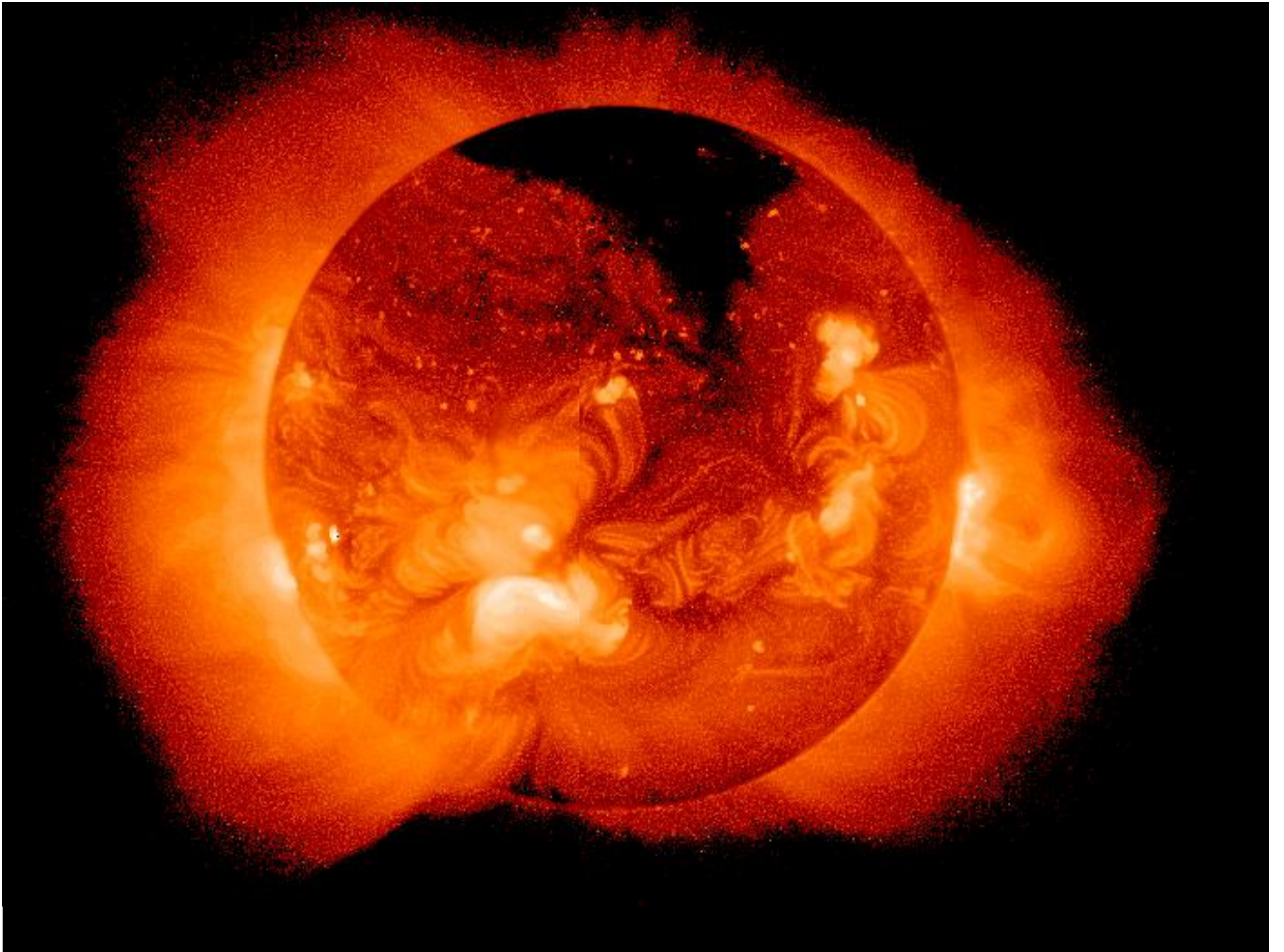


## *La Corona*

**Al di sopra della Cromosfera si trova la Corona**

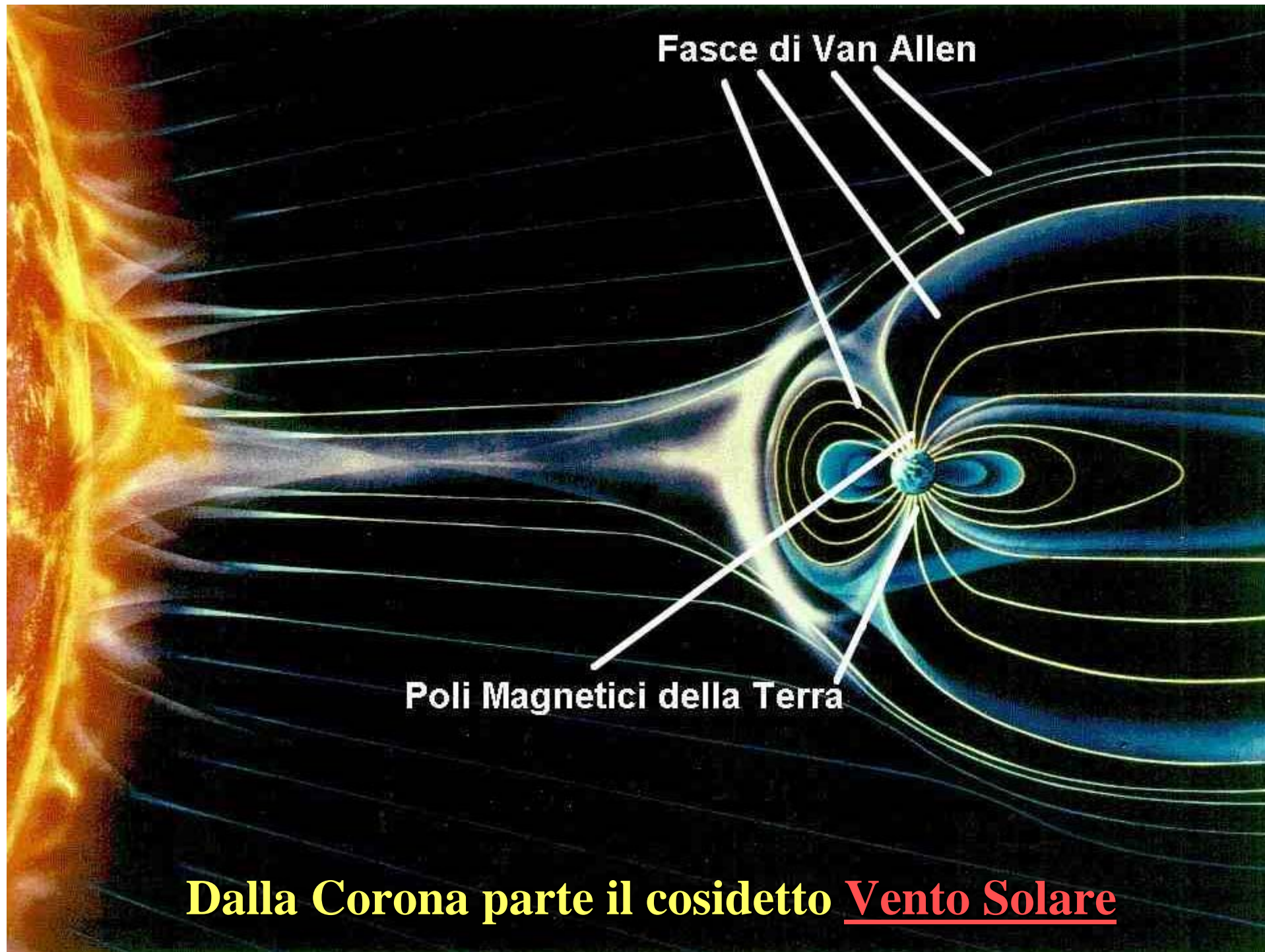
**Ha un colore argenteo ed il gas è molto rarefatto**

**La corona esterna arriva ad una distanza di 24 raggi solari (17 milioni di Km. 1/3 della distanza Sole-Mercurio)**



**L'estensione della  
corona è legato al  
ciclo dell'attività  
solare**





Fasce di Van Allen

Poli Magnetici della Terra

Dalla Corona parte il cosiddetto Vento Solare

*La Corona*

**Questo provoca  
fenomeni  
quali le**

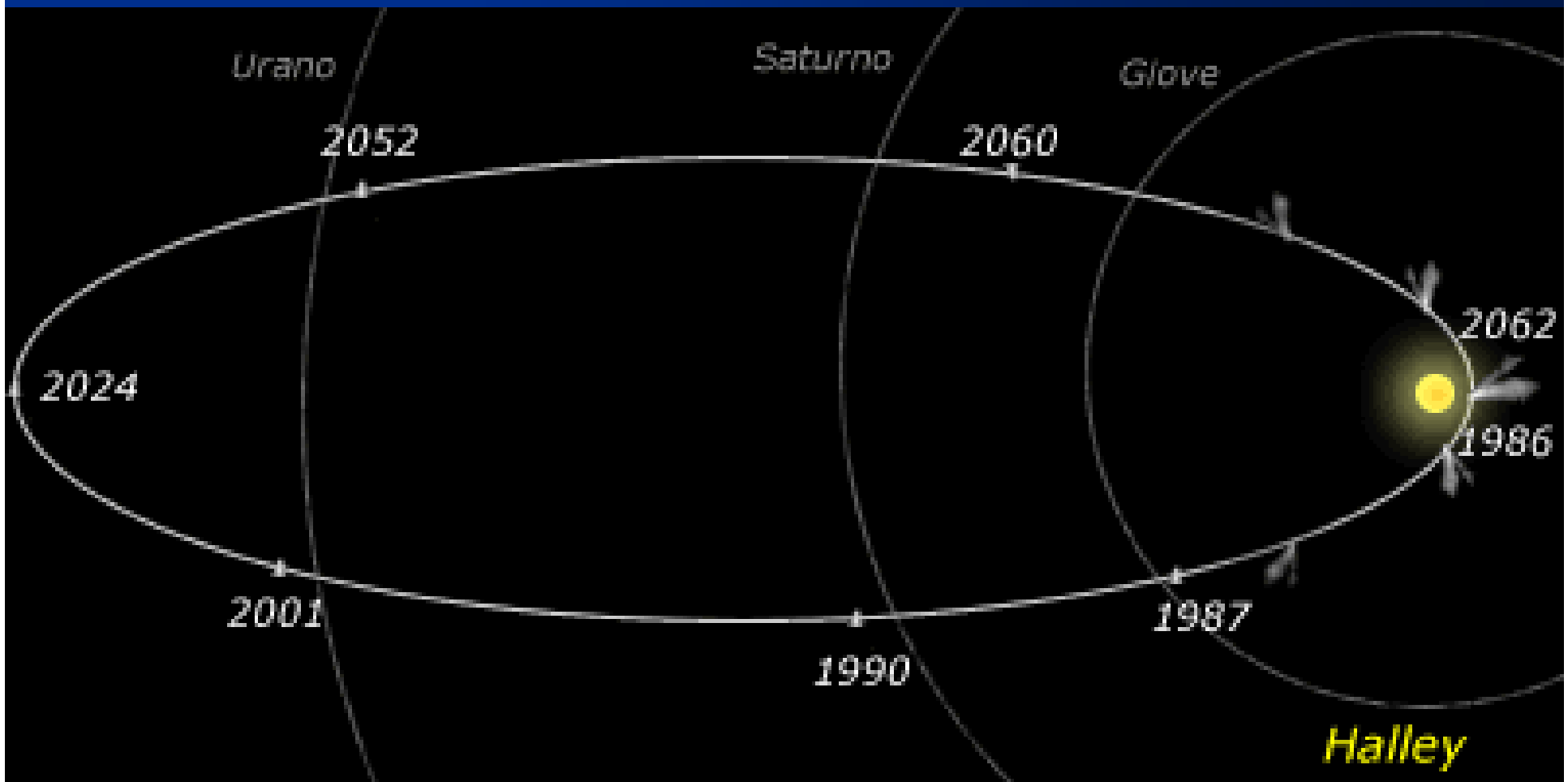
**Aurore Polari**



**Oppure la coda delle comete**

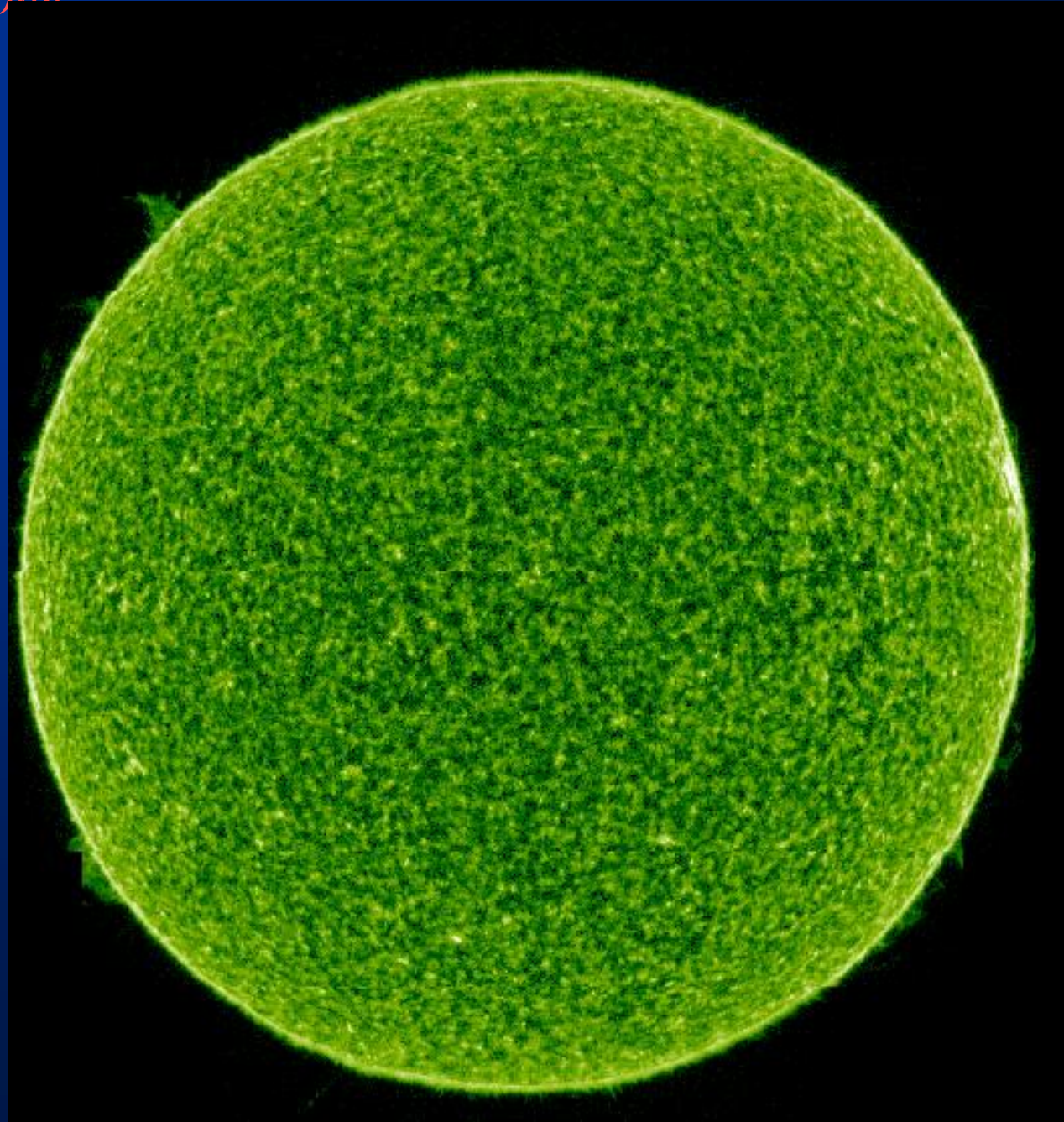


**... che hanno la coda sempre rivolta in posizione opposta al Sole**



## *Lo Strato di Transizione*

**... un mistero  
rimane lo  
Strato di  
Transizione:  
una fascia  
spessa appena  
30 Km, nei  
quali la  
temperatura  
solare passa da  
10.000° a  
1.000.000°**





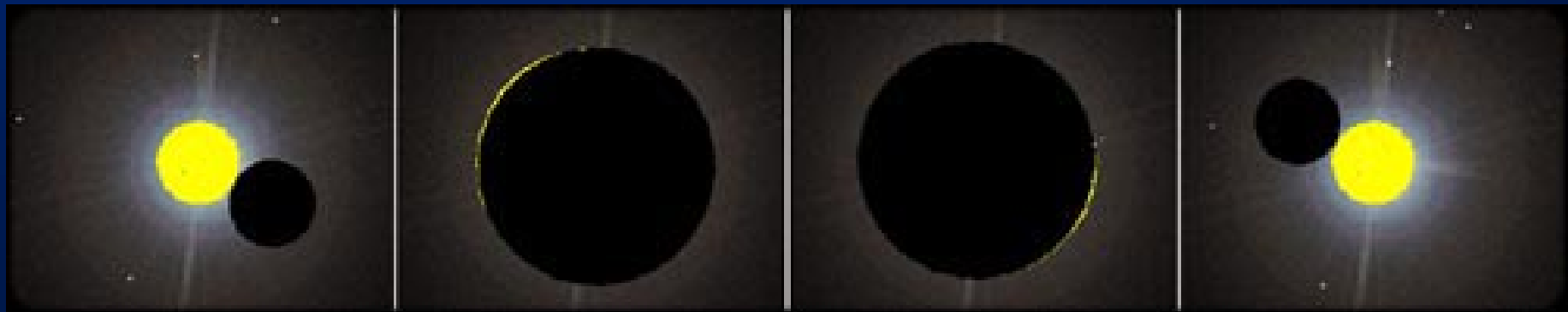
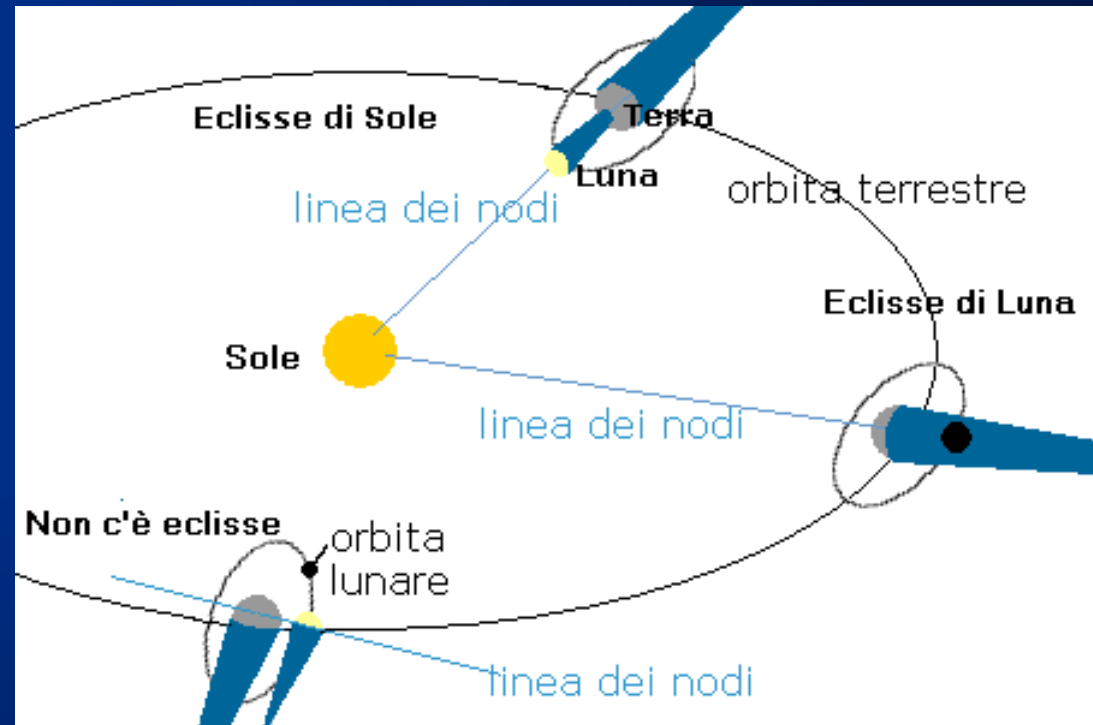
*Le Eclissi di Sole*

**... un fenomeno  
particolarissimo  
sono le  
Eclissi di Sole**

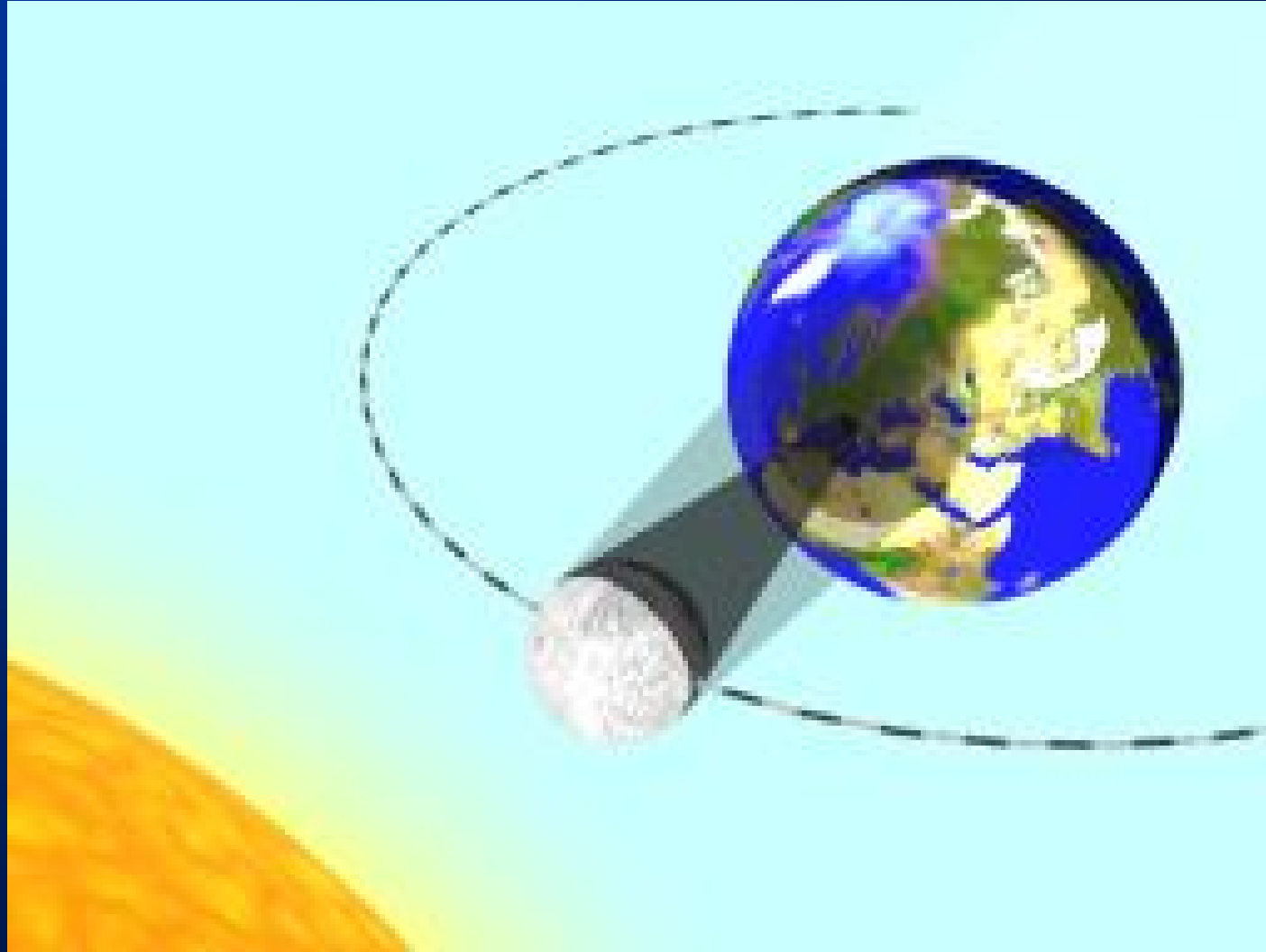


## *Le Eclissi di Sole*

**... che avvengono quando  
la Luna si interpone  
tra la Terra ed il Sole**



## *Le Eclissi di Sole*



## *Le Eclissi di Sole*

**... si vedono fenomeni particolari come i Grani di Baily**



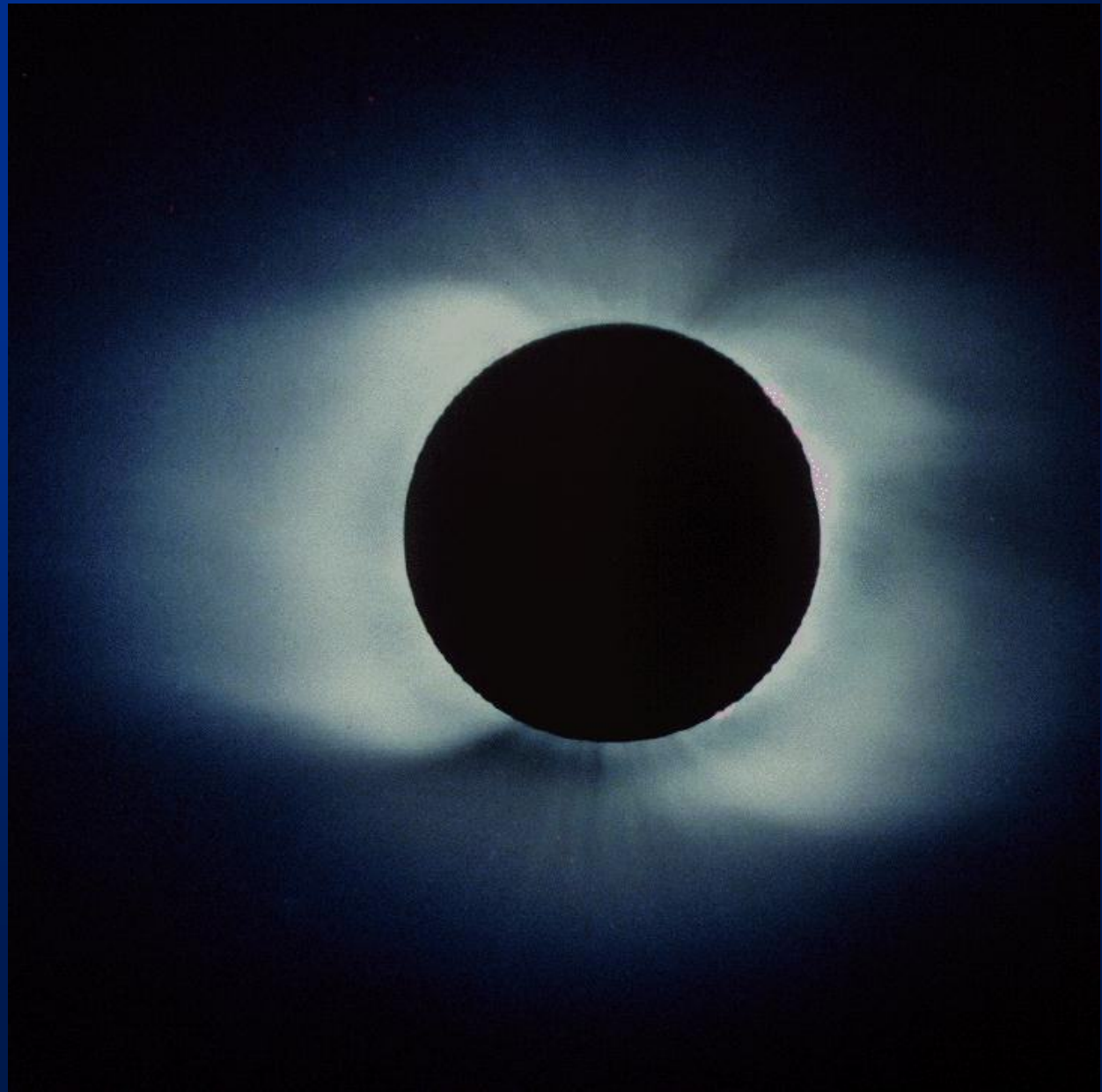
*Le Eclissi di Sole*

**... le  
protuberanze**



*Le Eclissi di Sole*

**... la corona**



# *La Vita del Sole*

## *La Vita del Sole*





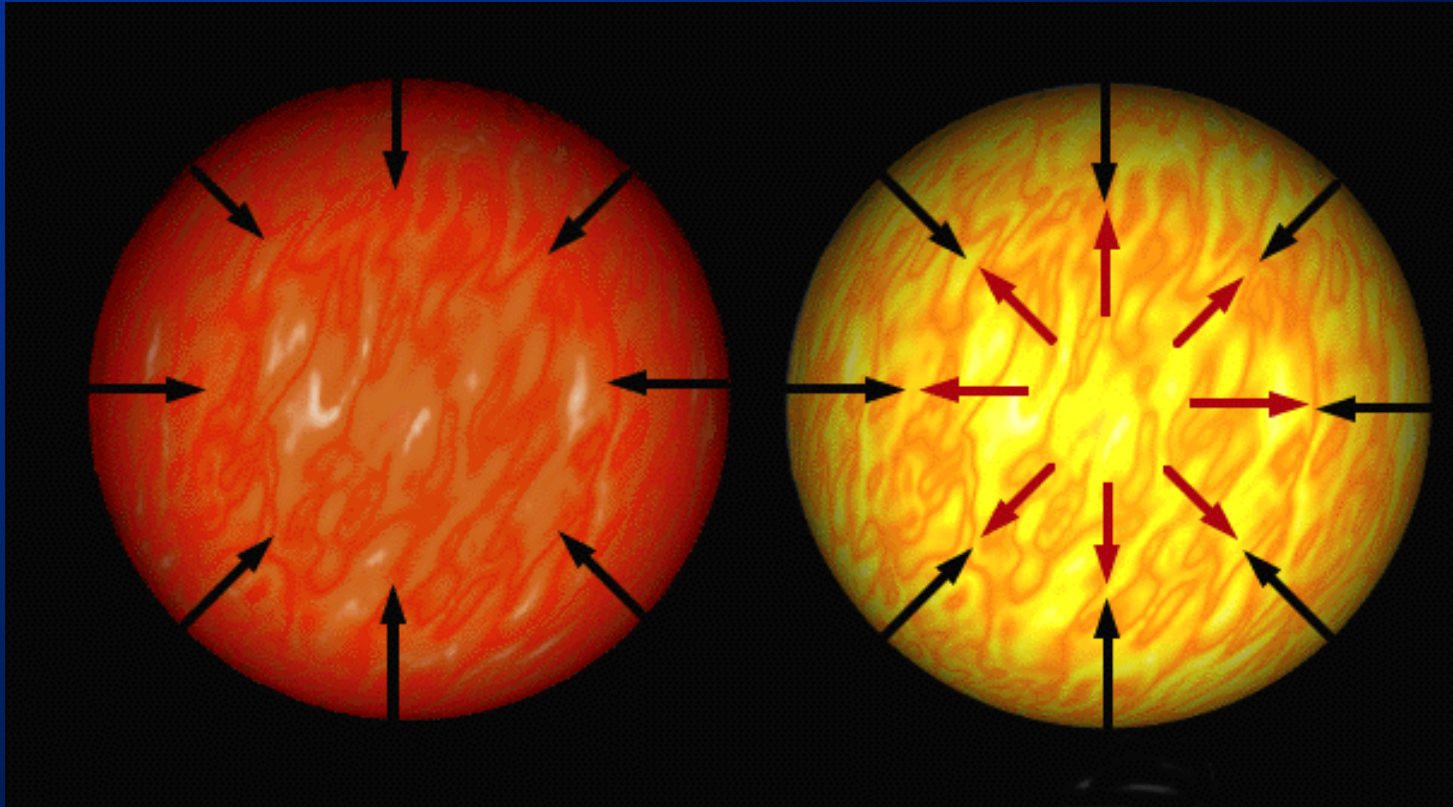
*La Vita del Sole*



## *La Vita del Sole*



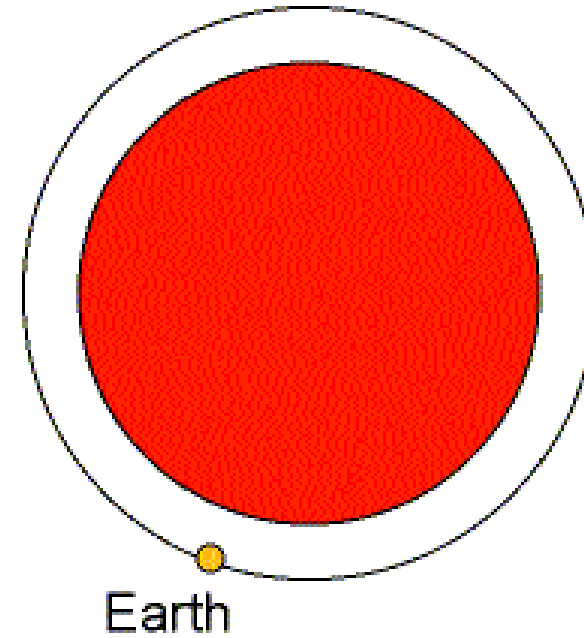
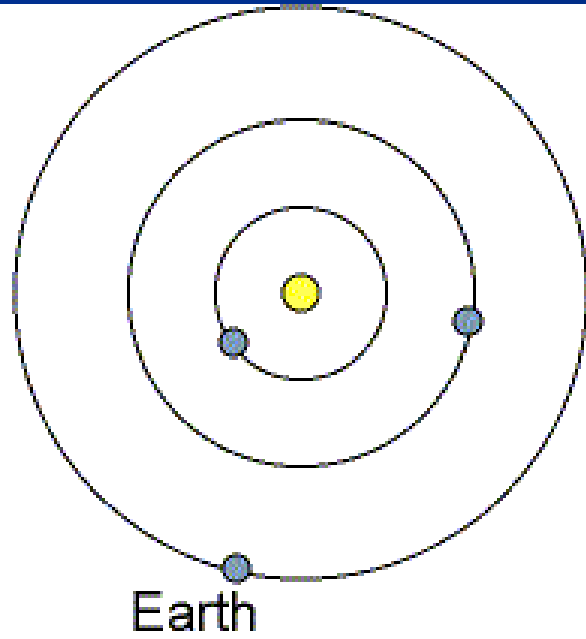
# *La Vita del Sole*



## *La Vita del Sole*



# *La Vita del Sole*



# *La Vita del Sole*





## La fusione nucleare

