

Elementy Astronomii i Astrofizyki
- skrót z wykładu VII

Krzysztof Radziszewski
Instytut Astronomiczny UWr

Wykład VII - Wrocław, 9 kwietnia 2026 r.

Wykres motylkowy

DAILY SUNSPOT AREA AVERAGED OVER INDIVIDUAL SOLAR ROTATIONS

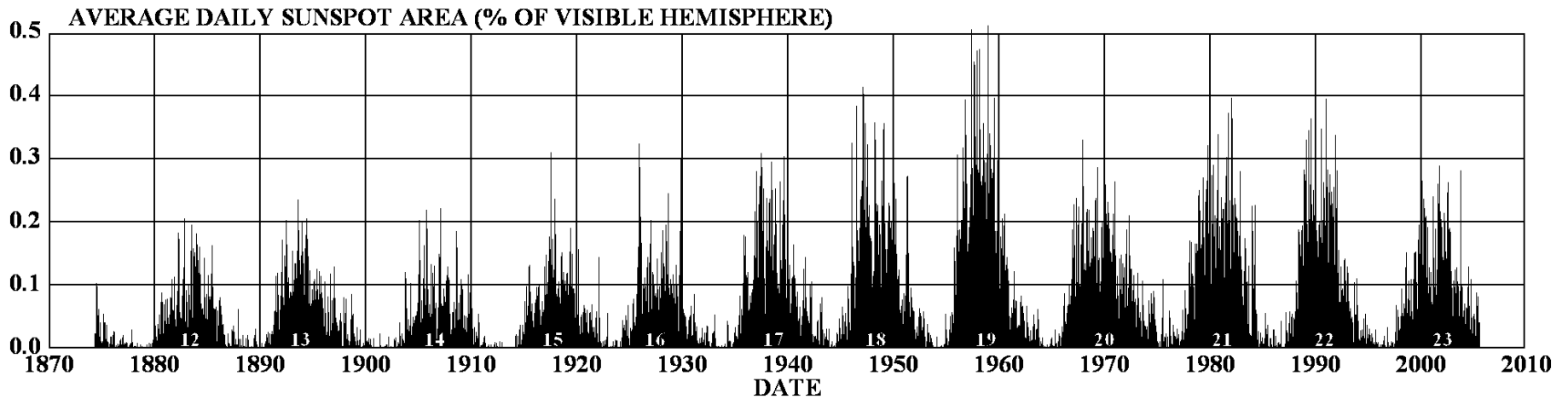
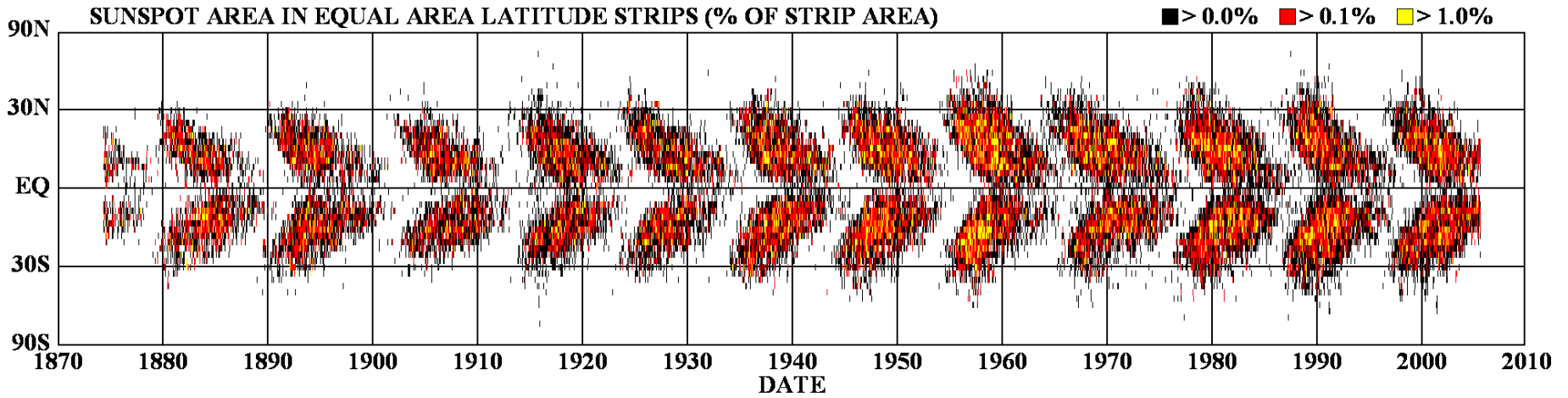
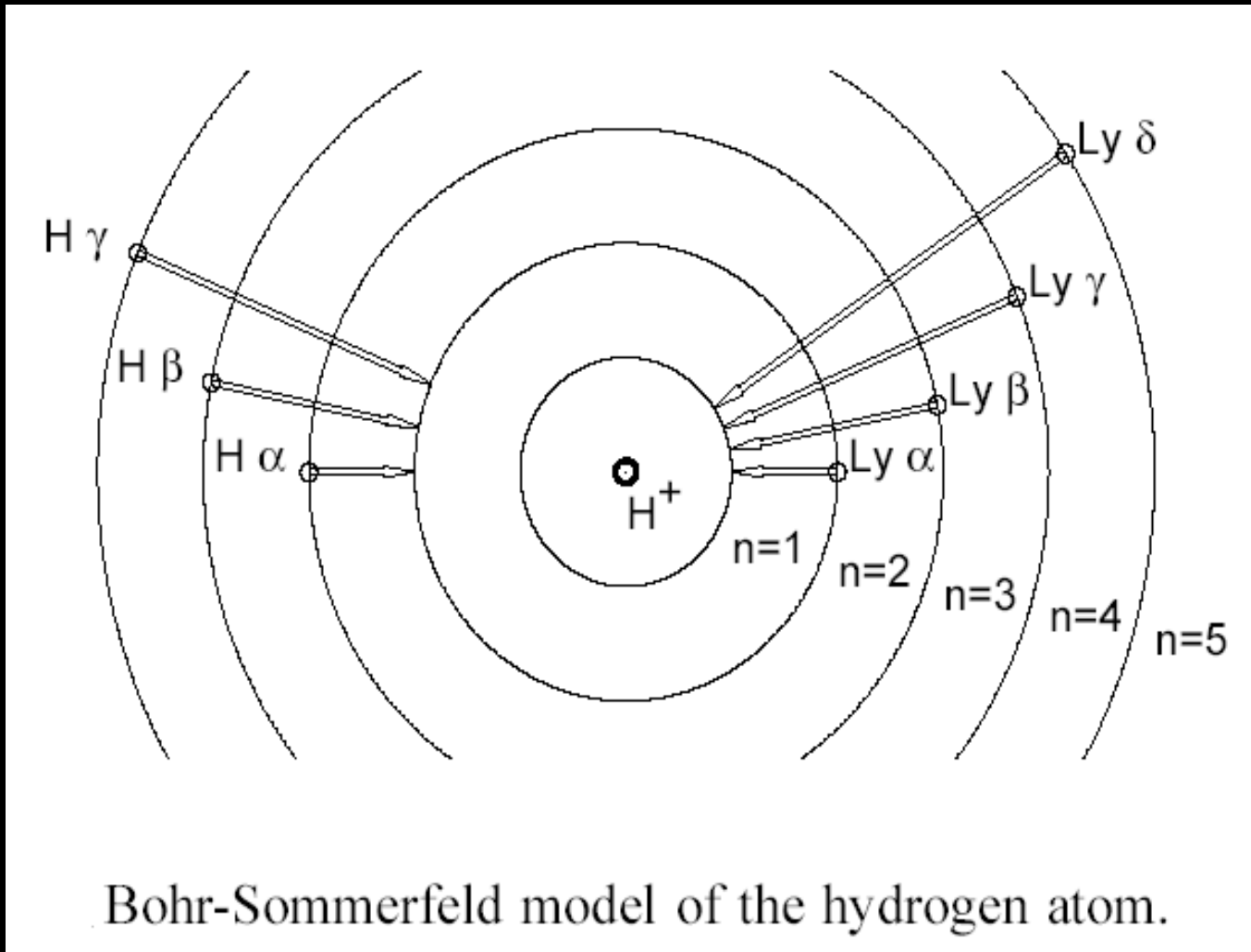


Table 6.1. *Equipartition and magnetostatic magnetic fields*

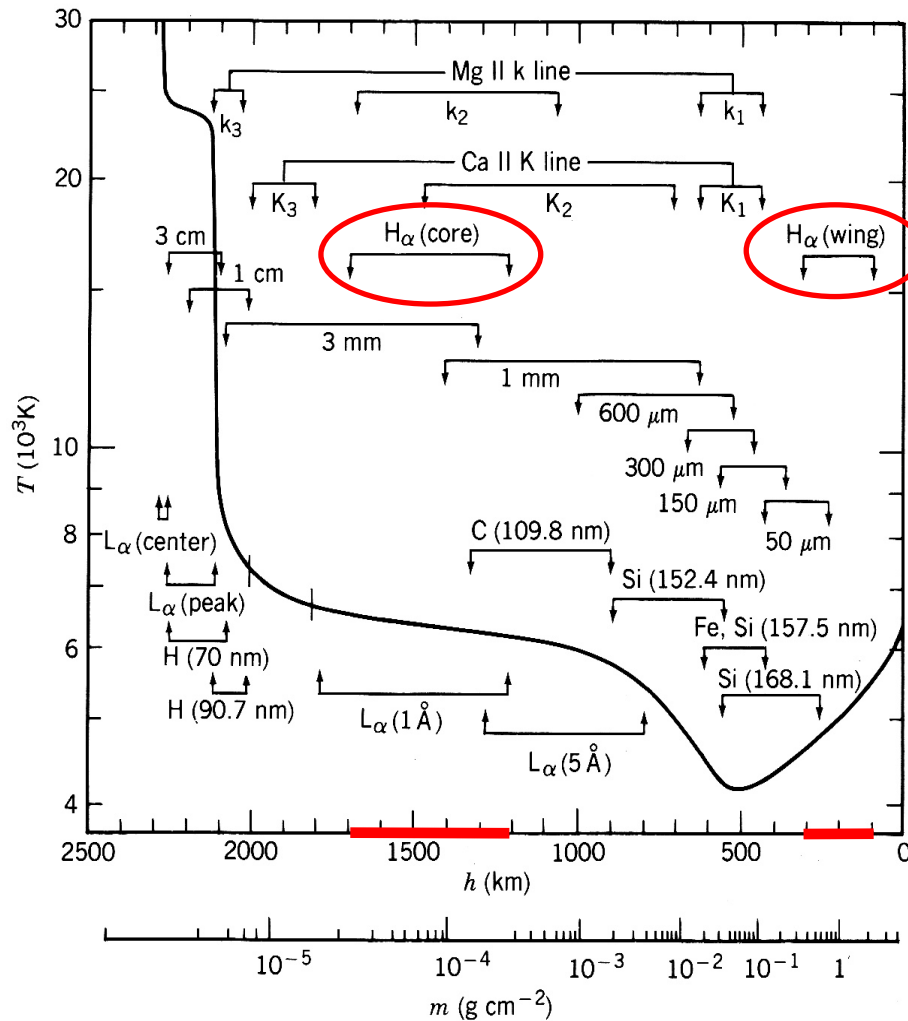
Place	T (K)	P (Pa)	ρ (kg m ⁻³)	$v^{(a)}$ (km s ⁻¹)	B_P (mT)	B_{eq} (mT)
Corona	10 ⁶	0.014	1.2 × 10 ⁻¹²	100	0.2	0.12
Chromosphere	10 ⁴	0.017	1.4 × 10 ⁻¹⁰	10	0.2	0.13
Photosphere	7 × 10 ³	1.5 × 10 ⁴	1.8	3	200	45
0.9 R _☉	6 × 10 ⁵	2.6 × 10 ¹¹	3.6 × 10 ⁻⁷	0.1	8 × 10 ⁵	670
0.8 R _☉	1.4 × 10 ⁶	2 × 10 ¹²	1.2 × 10 ⁻²	0.07	2 × 10 ⁶	860
Base of convection zone	2.2 × 10 ⁶	6.6 × 10 ¹²	2.5 × 10 ²	0.0	4 × 10 ⁶	0

(a) Speed of sound in atmosphere; convective speed in interior.

Atom wodoru - linia widmowa H α wodoru $\lambda = 6562.78 \text{ \AA}$

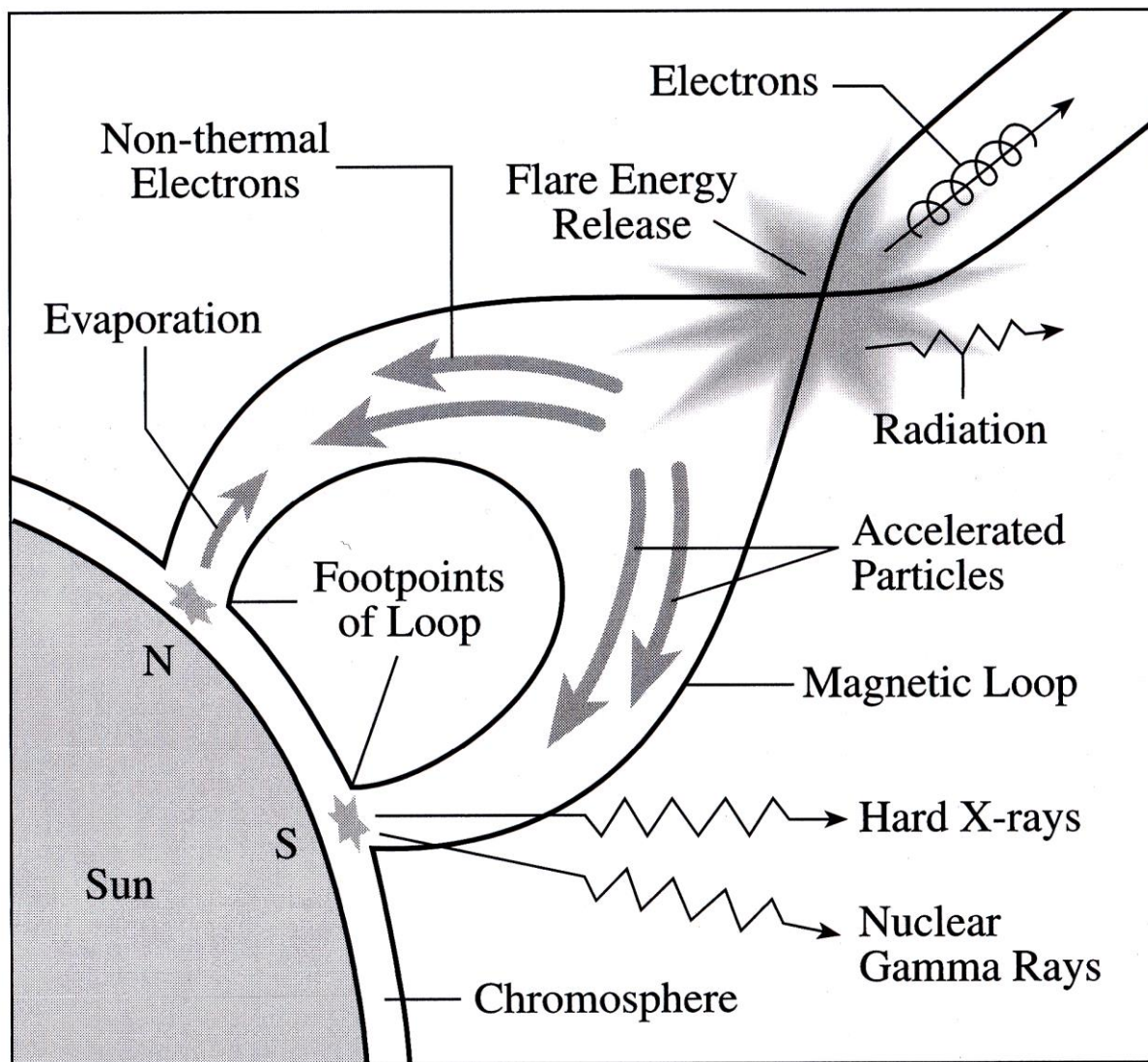


Linia widmowa $H\alpha$ wodoru $\lambda = 6562.78 \text{ \AA}$



Schematic diagram showing the approximate regions of formation (in height and in mass column density) of various chromospheric radiations. The temperature plateau at 20,000 K does not appear in more recent calculations. From J. Vernazza, E. Avrett, and R. Loeser, *Astrophys. J. Suppl.*, **45**, 635 (1981).

Schemat powstawania rozbłysku słonecznego



>> Prędkość ucieczki ze Słońca:

$$V_{escape} = \sqrt{\frac{2GM}{D}}$$

$$V_{escape}(Sun) = 617 \frac{km}{s}$$

$$V_{escape}(Earth) = 11.2 \frac{km}{s}$$

D - promień Słońca ($6.96 \times 10^8 m$)

m - masa Słońca ($1.989 \times 10^{30} kg$)

G - stała grawitacji ($6.6743 \times 10^{-11} m^3 \times kg^{-1} \times s^{-2}$)

>> Prędkość termiczna cząstek (atomów, jonów) dla plazmy słonecznej:

$$\text{Energia termiczna} = \frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m V_{thermal}^2 = \text{Energia kinetyczna}$$

T - temperatura kinetyczna

k - stała Boltzmanna ($1.38 \times 10^{-23} J/K$)

m - masa cząstki (atomu, jonu)

$$V_{thermal} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

>> Dla wodoru (na Słońcu) mamy:

$$V_{thermal}(H) = 157\sqrt{T} \frac{m}{s}$$

m - masa wodoru (1.674×10^{-27} kg)

$$V_{thermal}(H) = 12 \frac{km}{s} \quad \Leftarrow \text{dla } T = 5780 \text{ K (fotosfera)}$$

$$V_{thermal}(H) = 15.7 \frac{km}{s} \quad \Leftarrow \text{dla } T = 10000 \text{ K (chromosfera)}$$

$$V_{thermal}(H) = 222 \frac{km}{s} \quad \Leftarrow \text{dla } T = 2 \times 10^6 \text{ K (korona)}$$

Swobodne elektrony są 1836 razy mniej masywne od protonów, zatem ich prędkość termiczna jest prawie 43 razy większa niż swobodnych protonów.

$$V_{thermal}(e^-) \approx 9500 \frac{km}{s} \quad - \text{ dla temperatury koronalnej}$$

Jednakże wszystkie swobodne elektrony nie mogą uciec z korony słonecznej!

Przeszkadzają im w tym siły przyciągania elektrycznego pomiędzy elektronami i protonami, a także pole magnetyczne Słońca.

Klasyfikacja rozbłysków słonecznych => klasyfikacja GOES

GOES 1-8 Å

Klasa rozbłysku: A, B, C, M, X, plus czynnik liczbowy: 1.0 – 9.9

Solar flare X-ray classification^a

Class	Peak soft X-ray flux (W m ⁻²)
A	Less than 10 ⁻⁷
B	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁶
C	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁵
M	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁴
X	Greater than 10 ⁻⁴

Na przykład:

$$C1.2 = 1.2 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

$$M9.8 = 9.8 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$$

$$X17.5 = 17.5 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

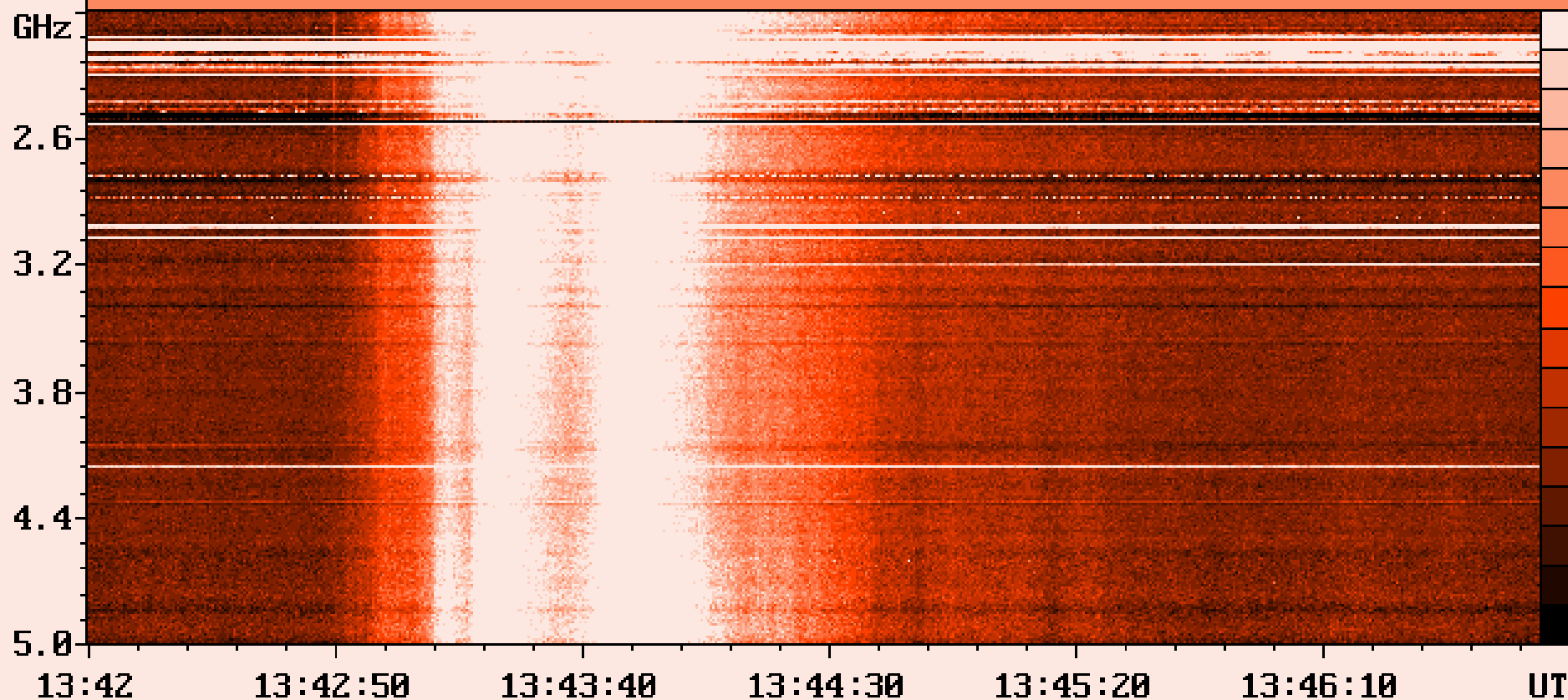
^aThe peak flux is measured from the *GOES* spacecraft near Earth at soft X-ray wavelengths between 0.1 and 0.8 nm or 1 and 8 Å

Promieniowanie elektromagnetyczne - promieniowanie radiowe

Dynamiczne widmo promieniowania radiowego Słońca (zakres: 2-5 GHz)

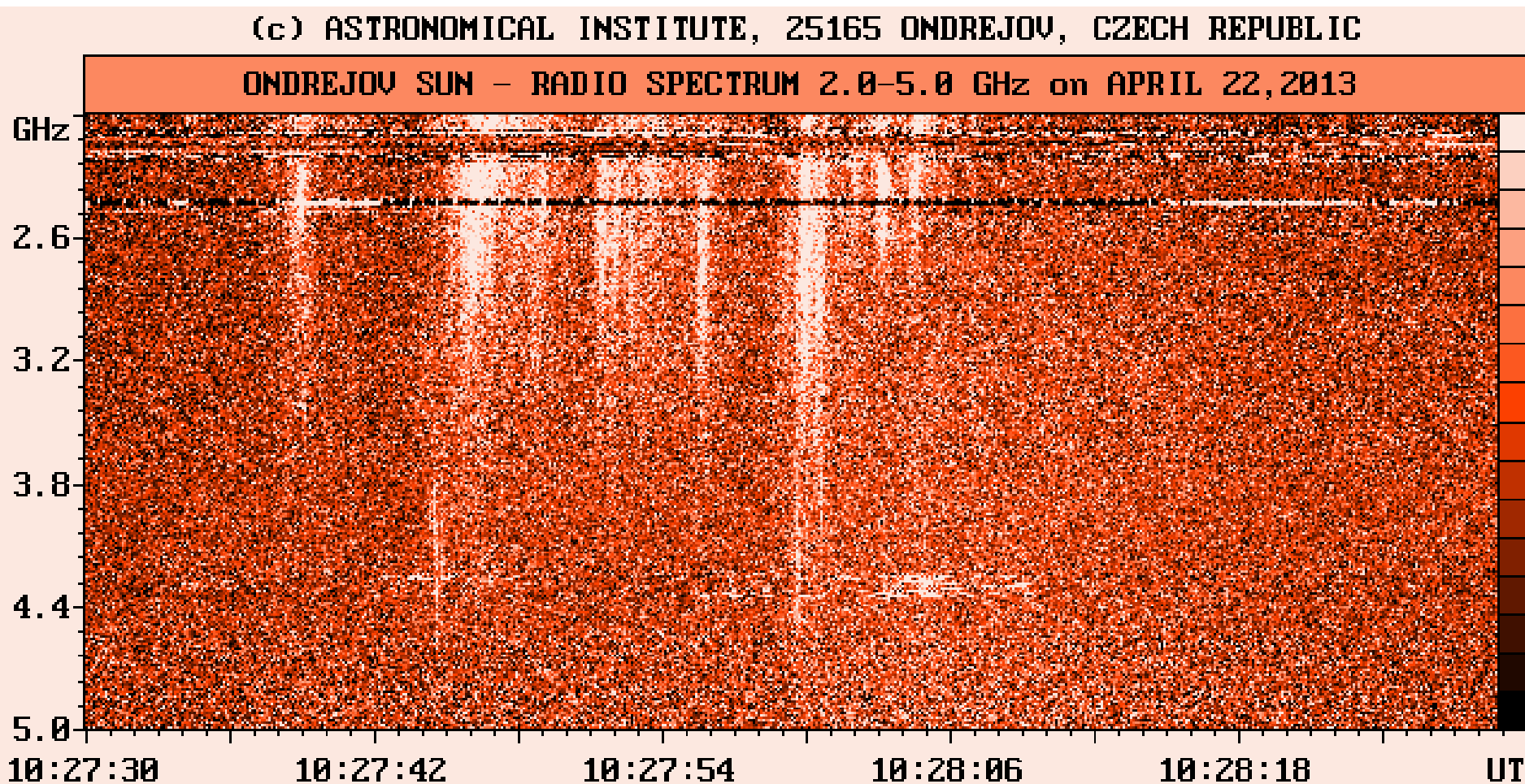
(c) ASTRONOMICAL INSTITUTE, 25165 ONDREJOV, CZECH REPUBLIC

ONDREJOV SUN - RADIO SPECTRUM 2.0-5.0 GHz on NOV 06, 2013



Promieniowanie elektromagnetyczne - promieniowanie radiowe

Dynamiczne widmo promieniowania radiowego Słońca (zakres: 2-5 GHz)

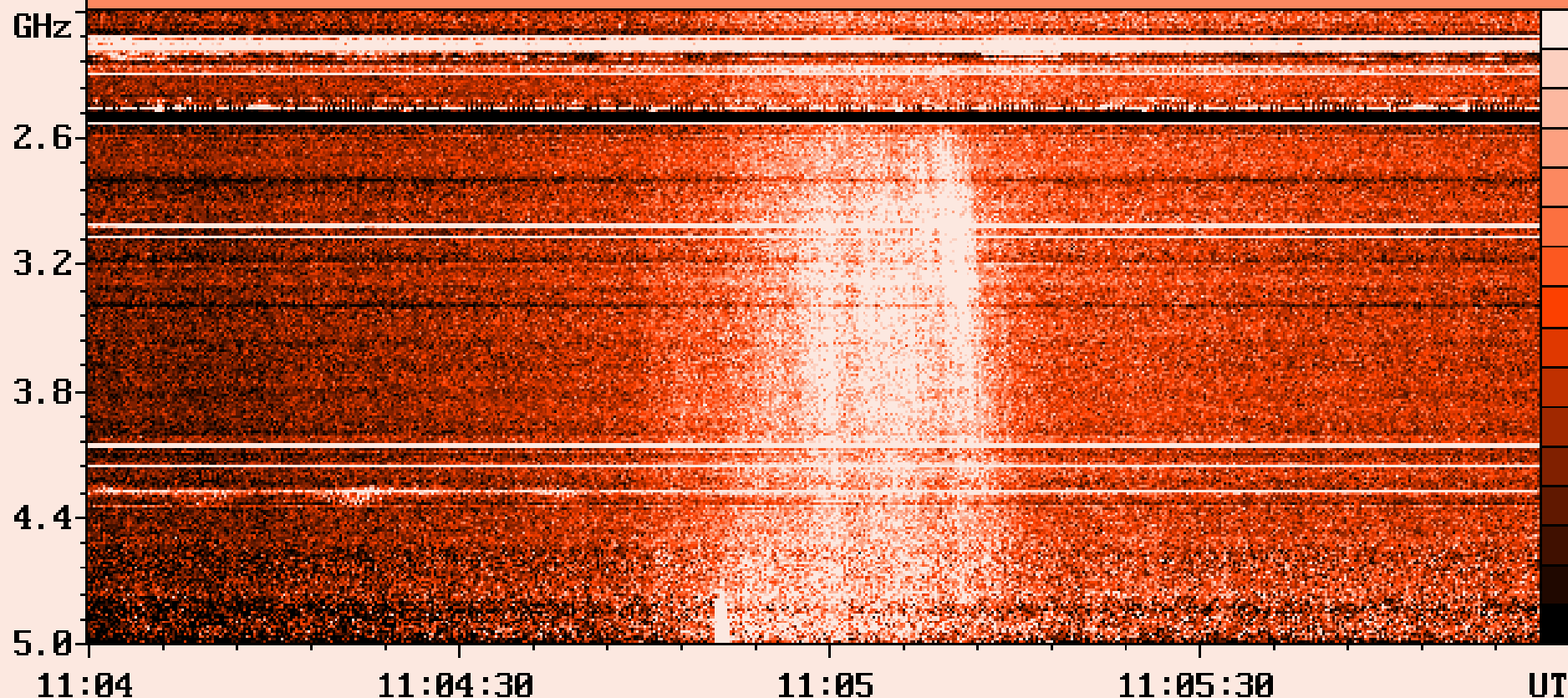


Promieniowanie elektromagnetyczne - promieniowanie radiowe

Dynamiczne widmo promieniowania radiowego Słońca (zakres: 2-5 GHz)

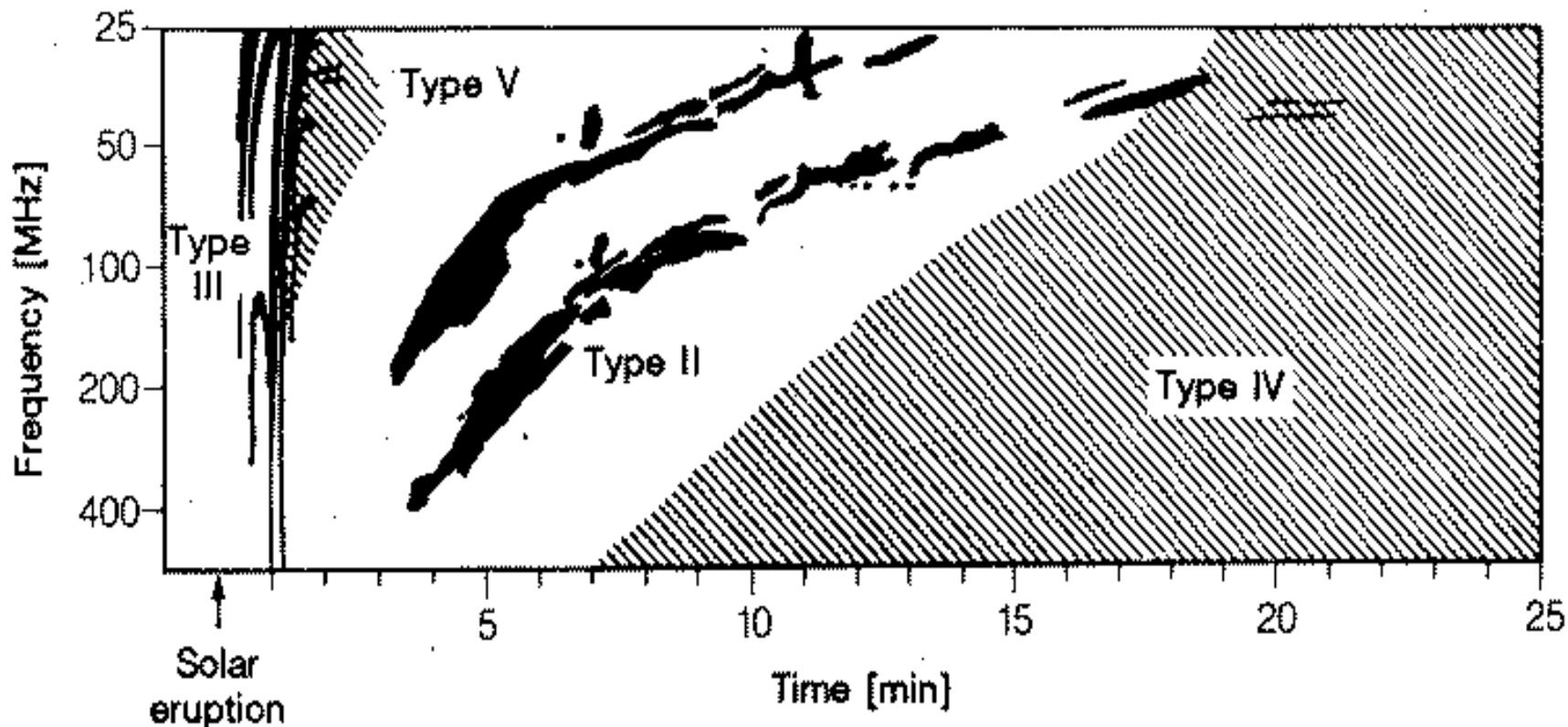
(c) ASTRONOMICAL INSTITUTE, 25165 ONDREJOV, CZECH REPUBLIC

ONDREJOV SUN - RADIO SPECTRUM 2.0-5.0 GHz on NOV 11, 2013



Promieniowanie elektromagnetyczne - promieniowanie radiowe

Typy „wybuchów” radiowych (widmo dynamiczne)



Cliver, 2001

Typy: I, II, III, IV, V oraz J, U, RS

RS = reverse slope