

4. Sluneční atmosféra

Michal Švanda
Sluneční fyzika LS 2013/2014

Tři vrstvy

□ Fotosféra

- Cca 300 km tlustá
- Změna hustoty o řád
- Změna opacity
- Teplotní minimum

□ Chromosféra

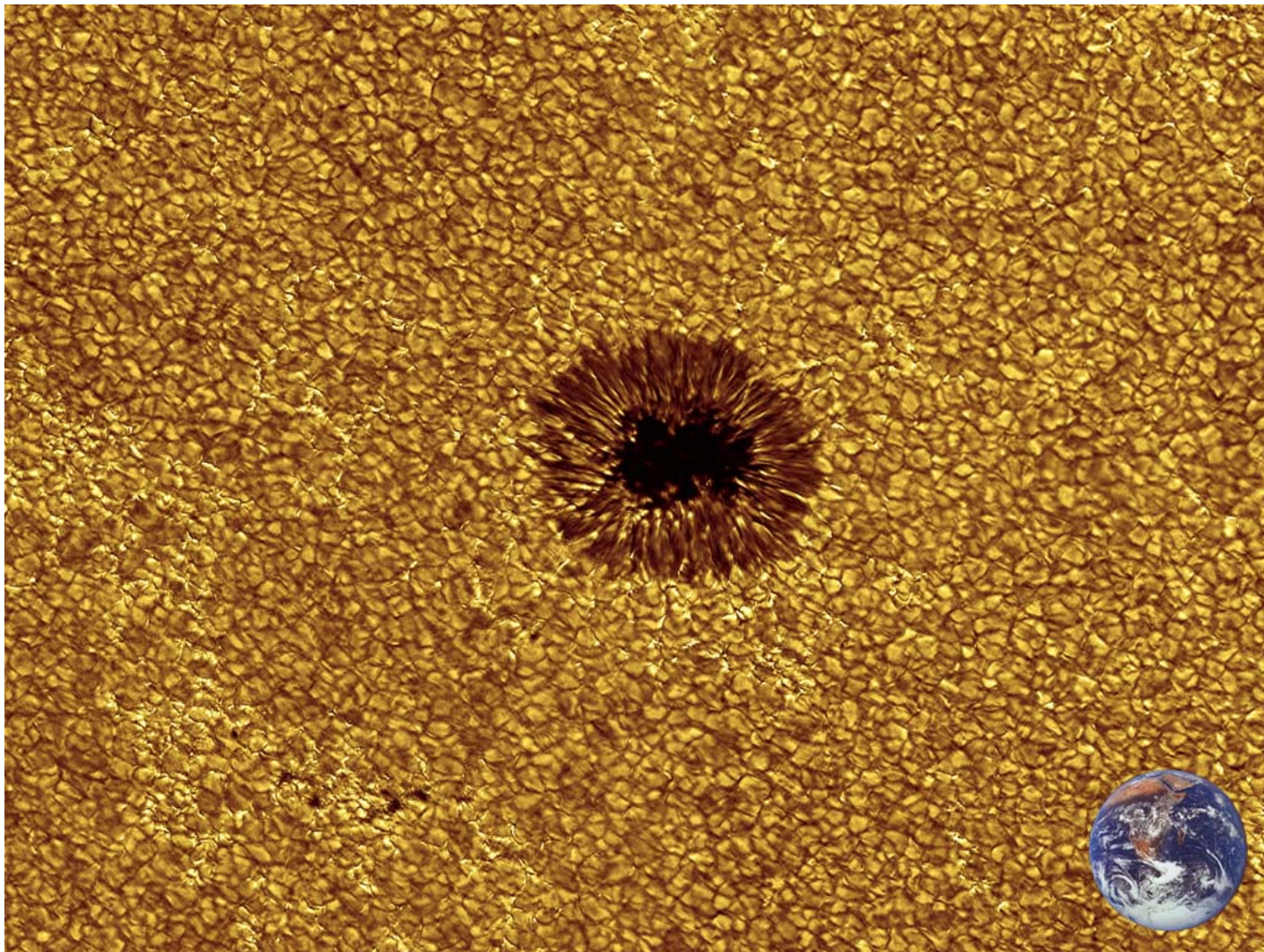
- Není v LTE
- Cca 2500 km tlustá
- $T \sim 10\,000\text{ K}$ (do cca $25\,000\text{ K}$)

□ (Přechodová vrstva)

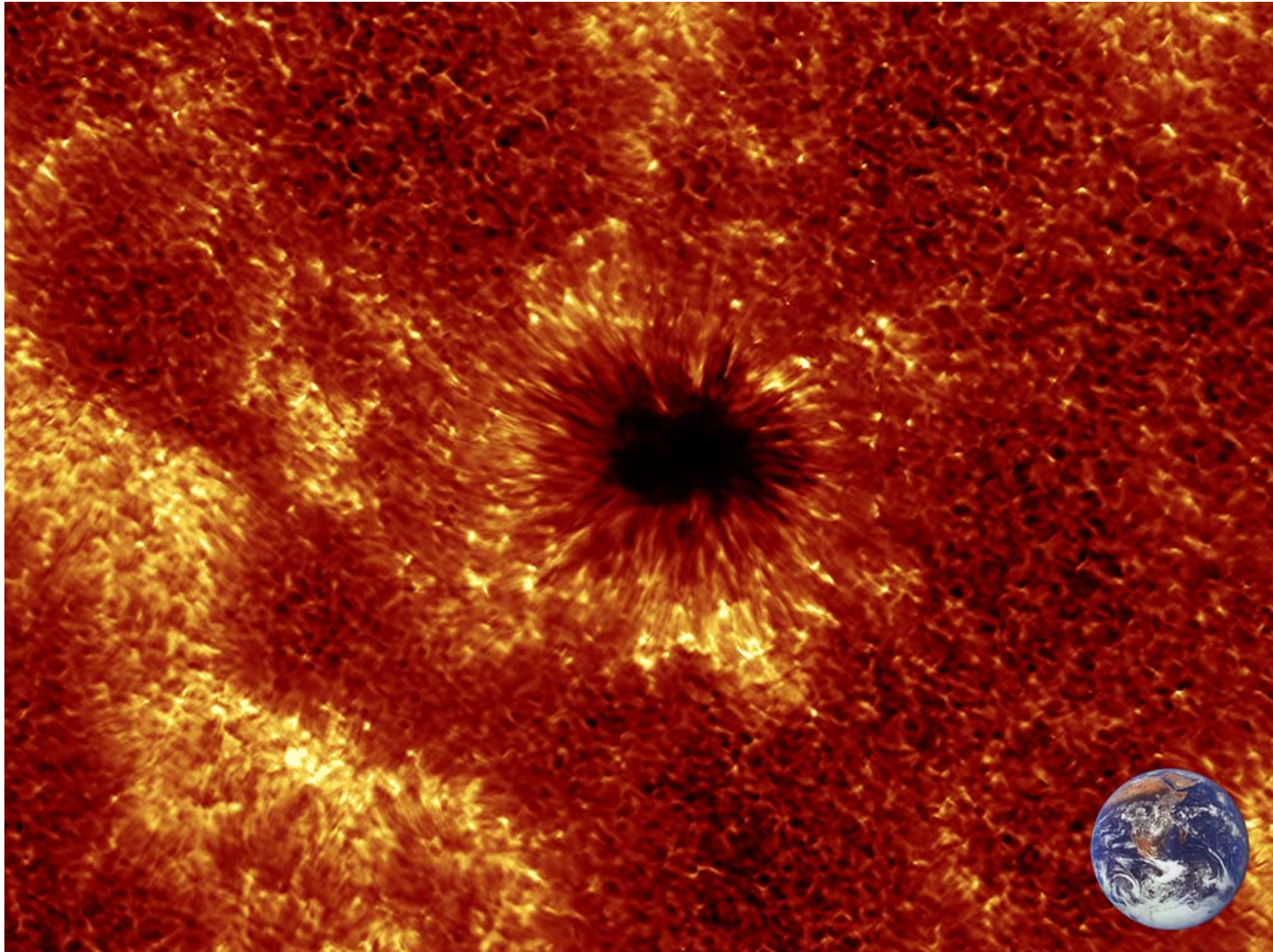
□ Koróna

- Řídká, rozpíná se do meziplanetárního prostoru
- $T \sim 2\text{ MK}$

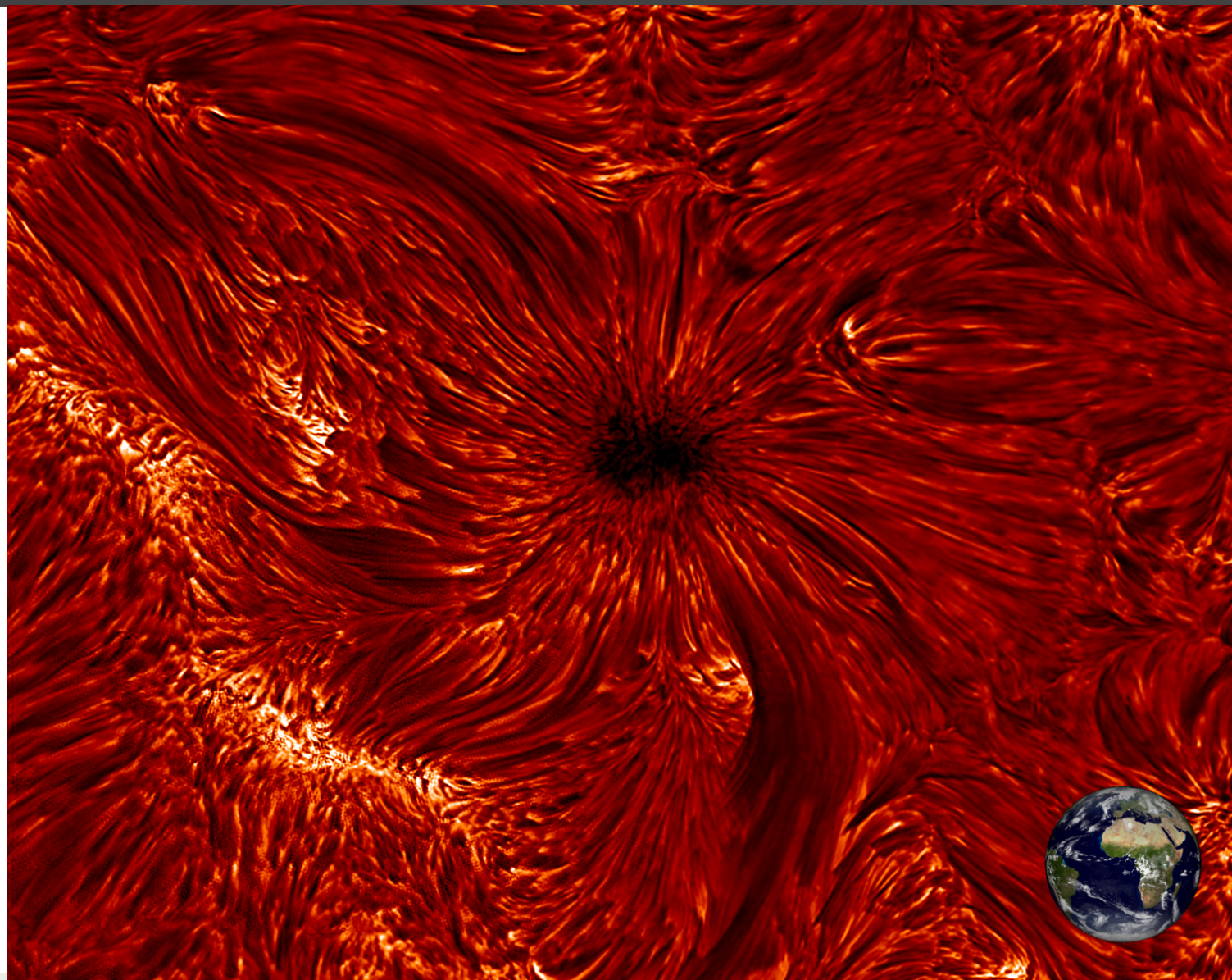
Pod povrch však nevidíme...



Atmosféra je pozorovatelná



□ □ □

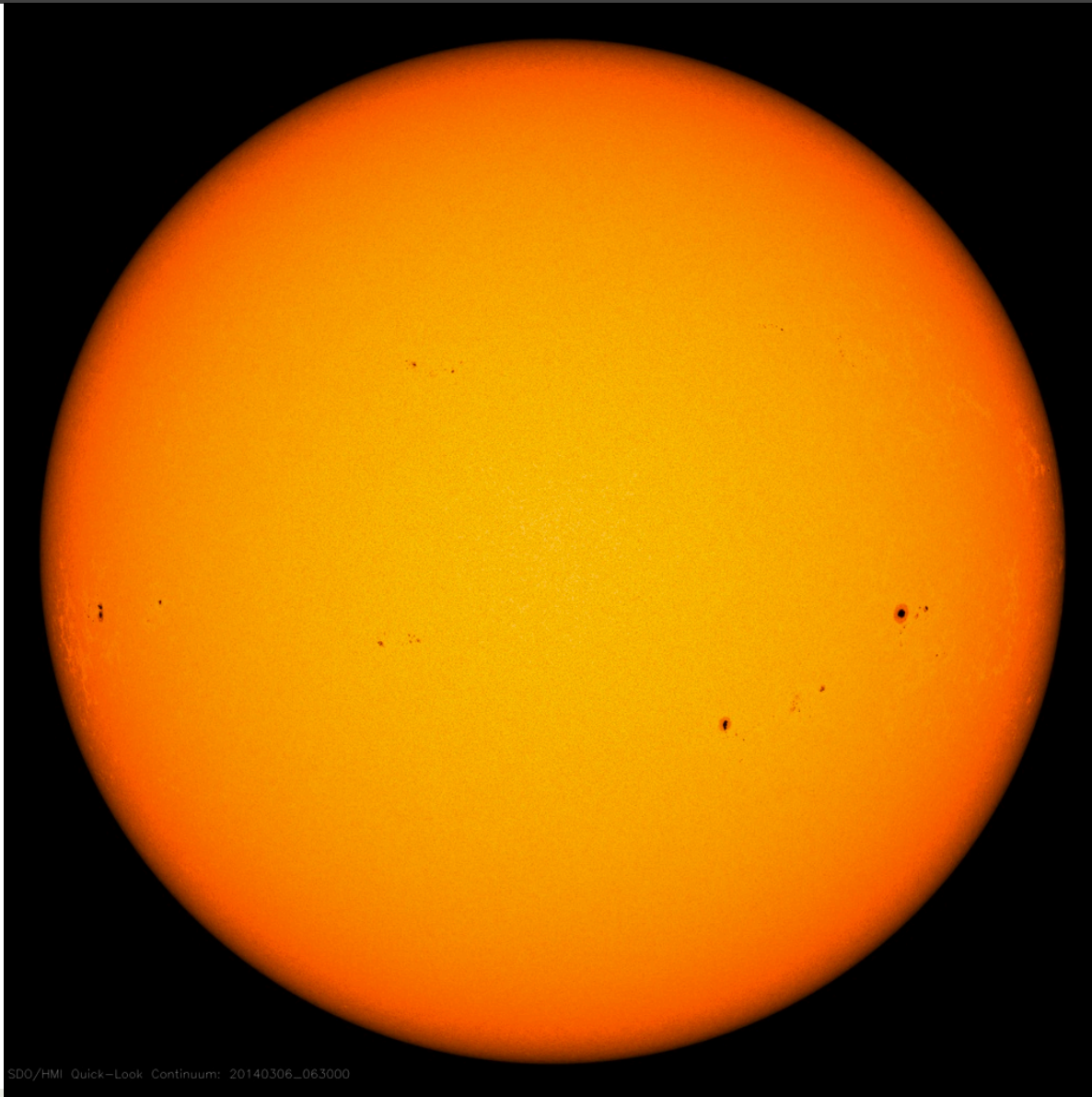


Fotosféra

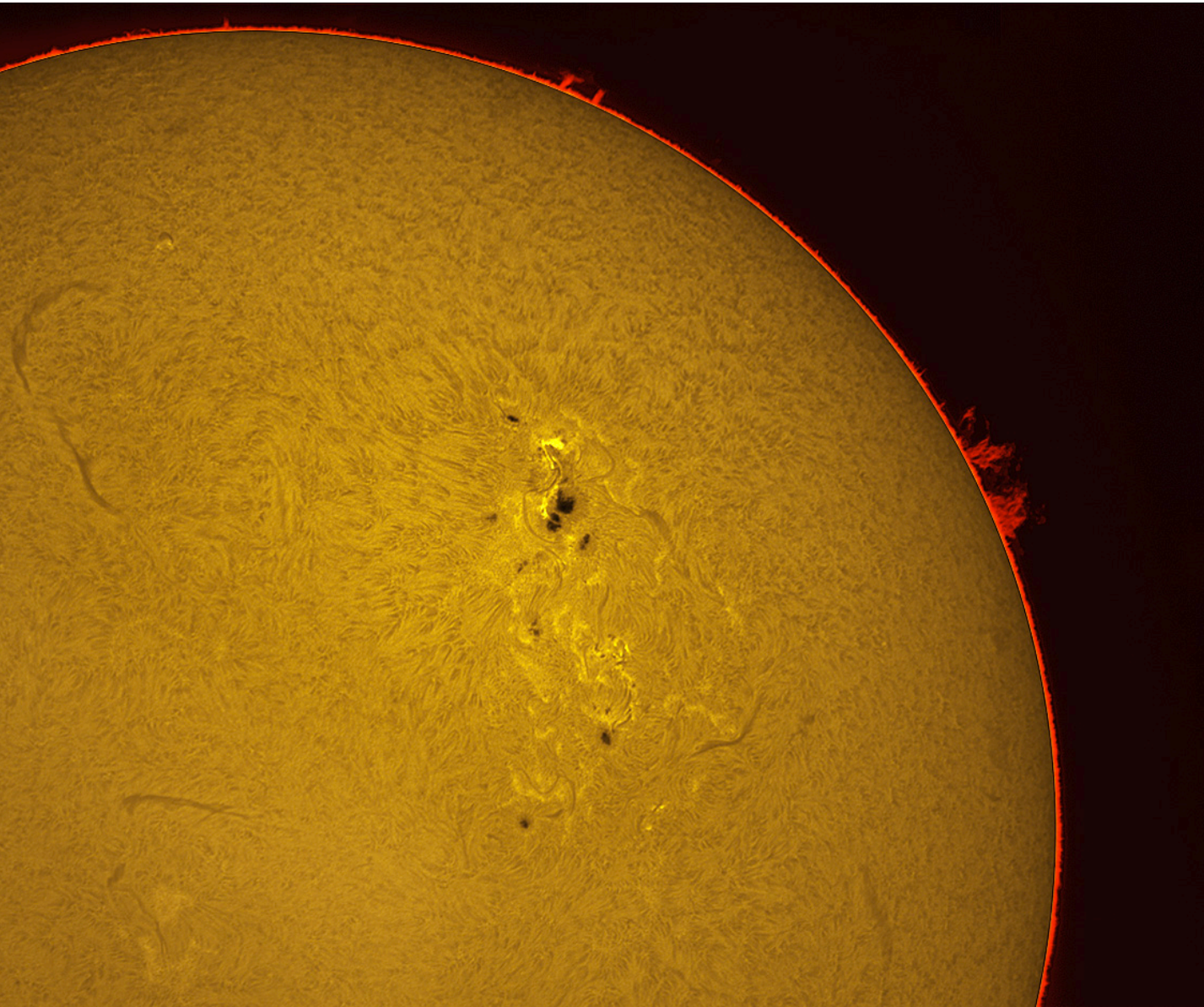
Solar Photosphere as a Function of Depth

Depth (km)	% Light from this Depth	Temperature (K)	Pressure (bars)
0	99.5	4465	6.8×10^{-3}
100	97	4780	1.7×10^{-2}
200	89	5180	3.9×10^{-2}
250	80	5455	5.8×10^{-2}
300	64	5840	8.3×10^{-2}
350	37	6420	1.2×10^{-1}
375	18	6910	1.4×10^{-1}
400	4	7610	1.6×10^{-1}

Fotosféra

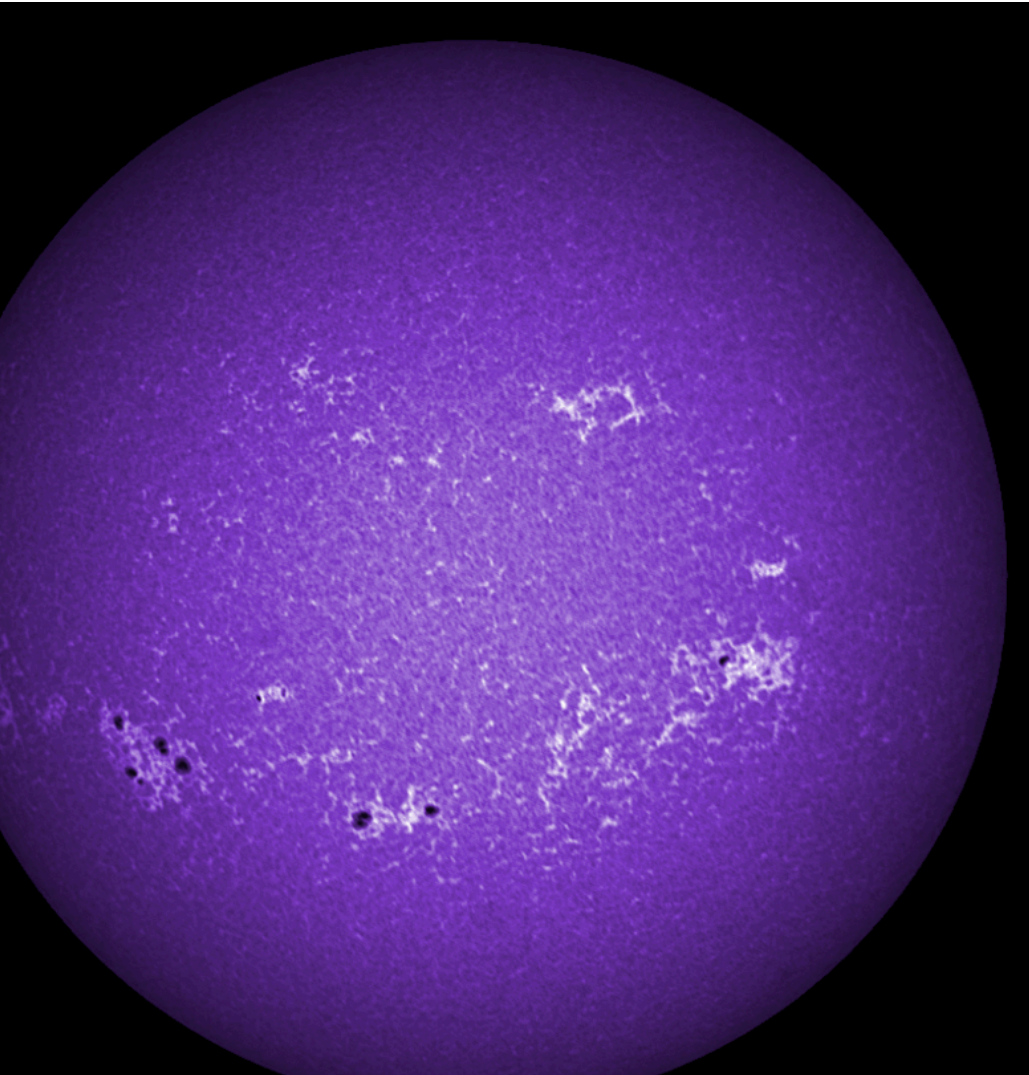


Chromosféra



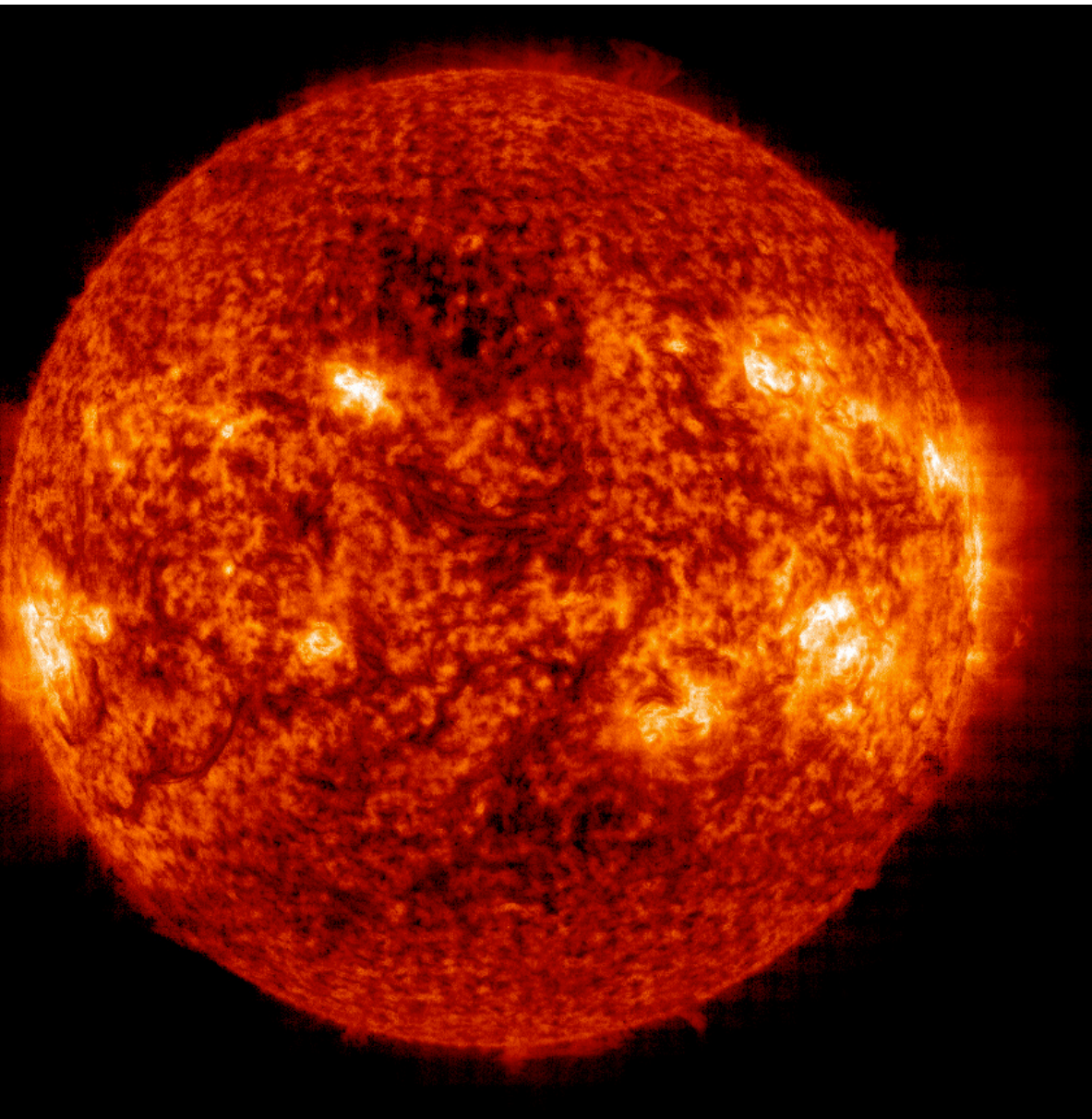
- Emisní čáry Balmerovy série vodíku – růžová při zatmění
- Dobře viditelná v H-alfa čáře

Chromosféra



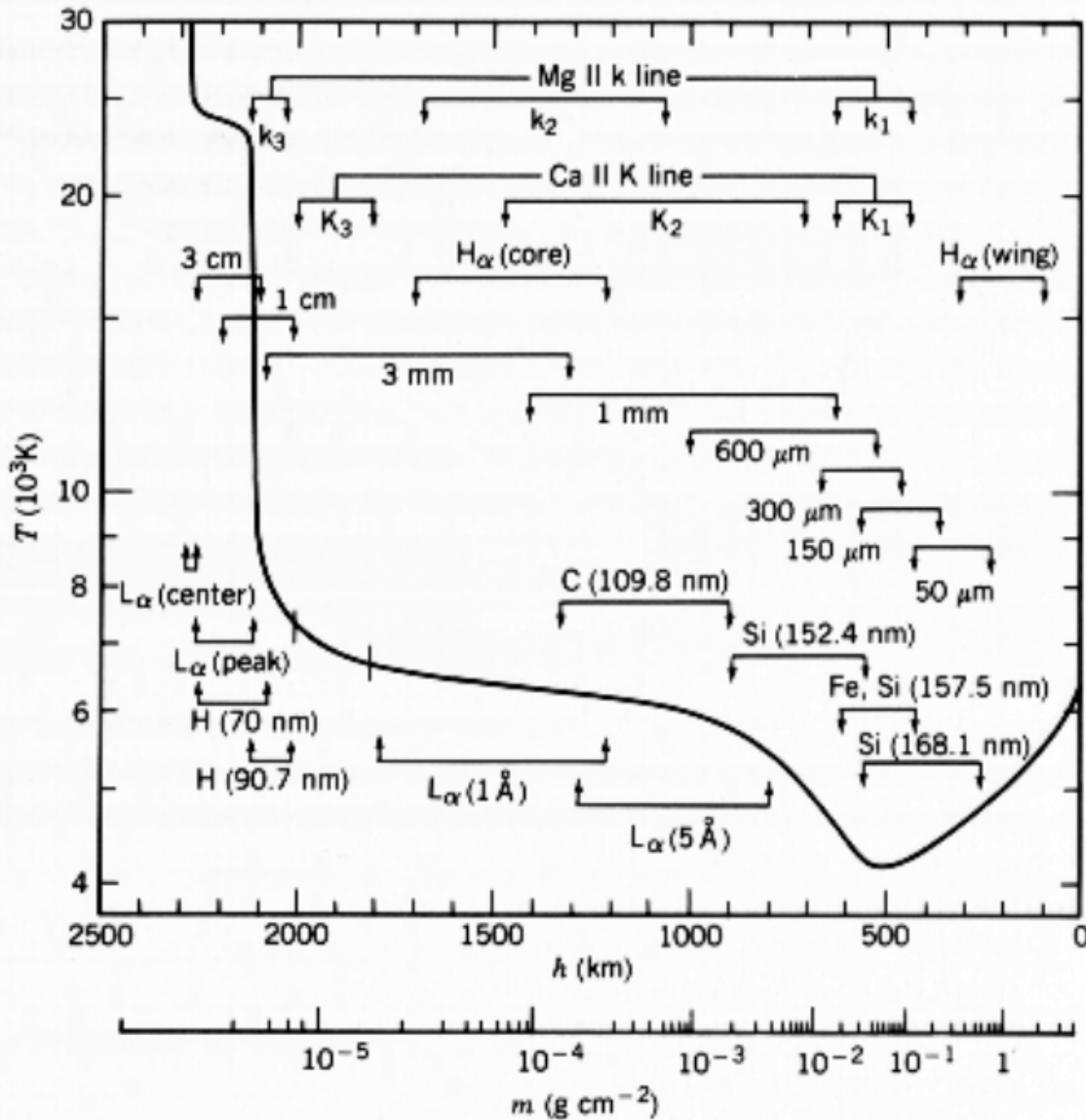
- Emisní čáry CaII
 - Vápníková mřížka
 - Označení koncentrovaných magnetických polí

Přechodová vrstva



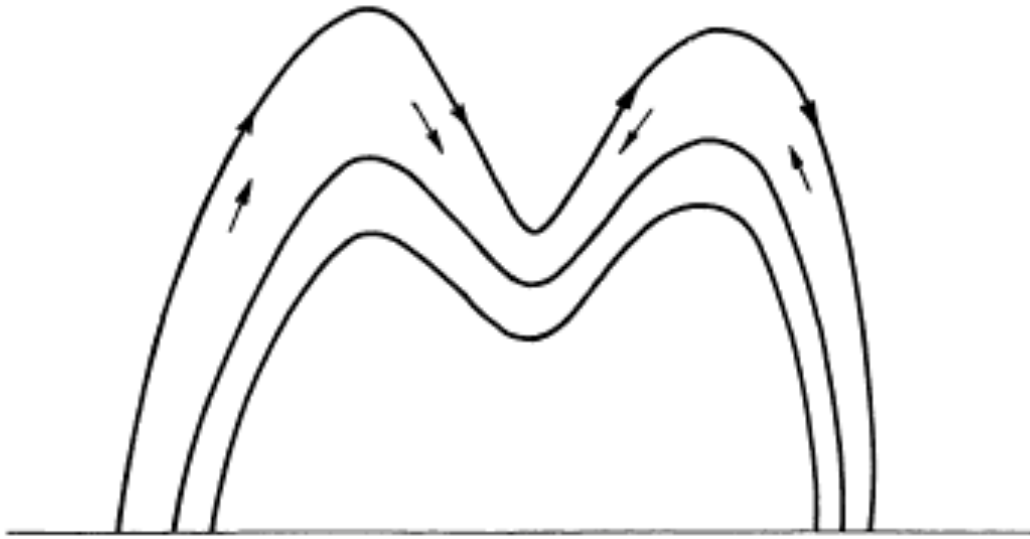
- Emisní čáry Hell (30,4 nm)
- $T \sim 30\,000\text{ K}$
- Diskontinuita v teplotě a hustotě
 - $P \sim \rho T$

Standardní model atmosféry



■ VAL (1981)

Protuberance

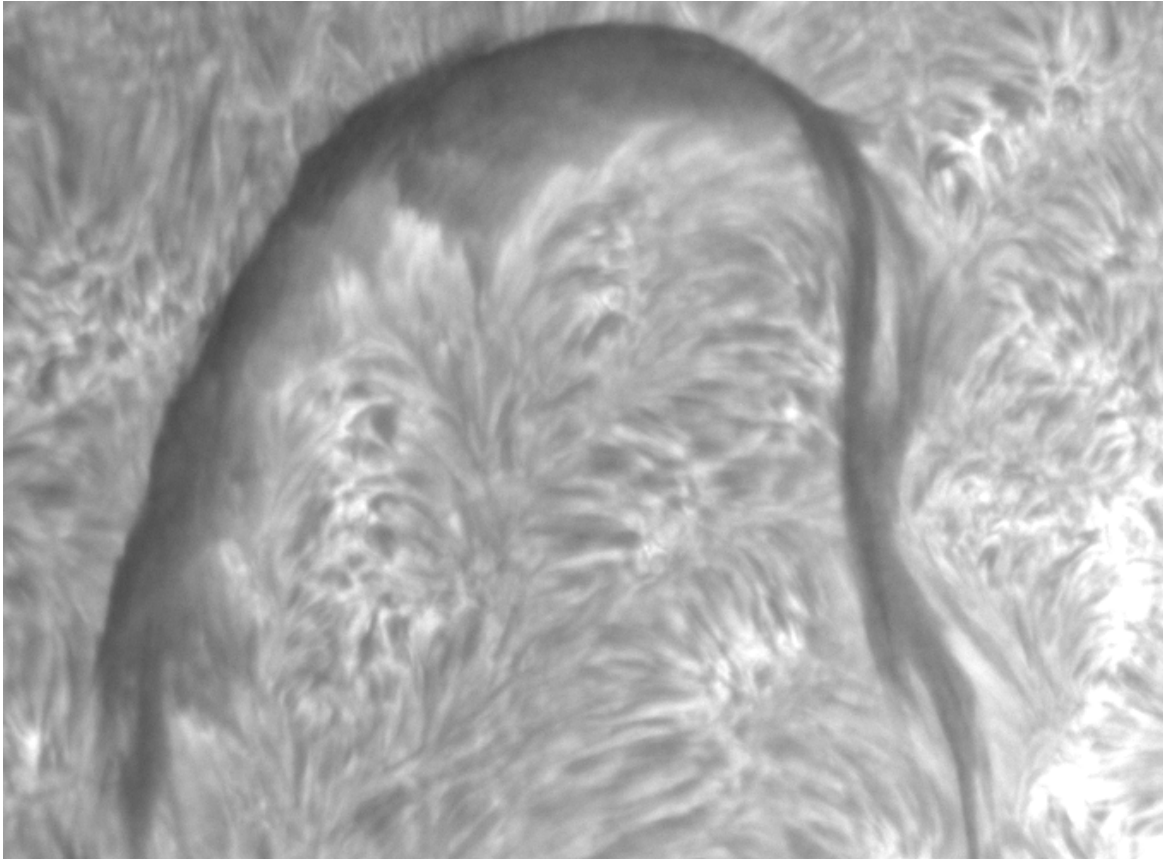


- Magnetic dip – drží vlastní vahou
- Chladnější kvůli narušení tepelné rovnováhy (ztráty s kvadrátem hustoty)
- Standardní model protuberance
 - „Vypařování“ plazmatu v nižší atmosféře, tok nahoru gradientem tlaku uvnitř magnetické smyčky (materiál teče do chladnějších částí)

Protuberance

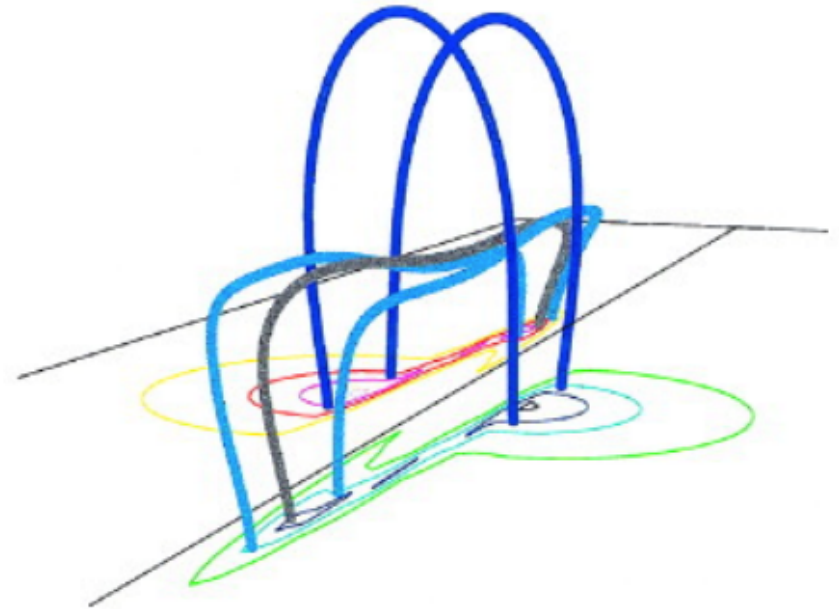
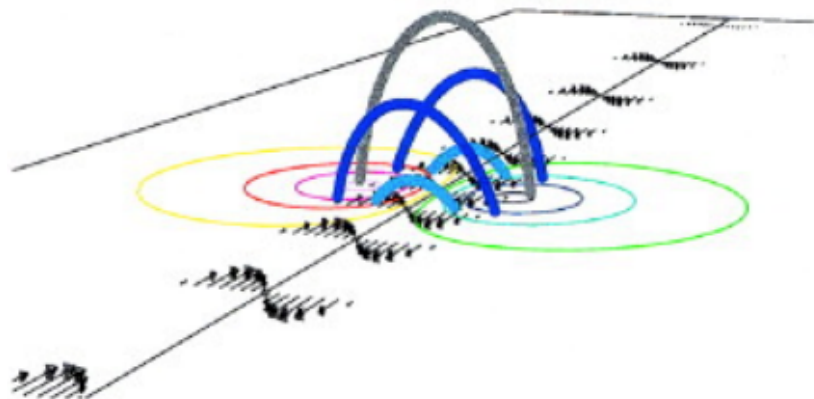
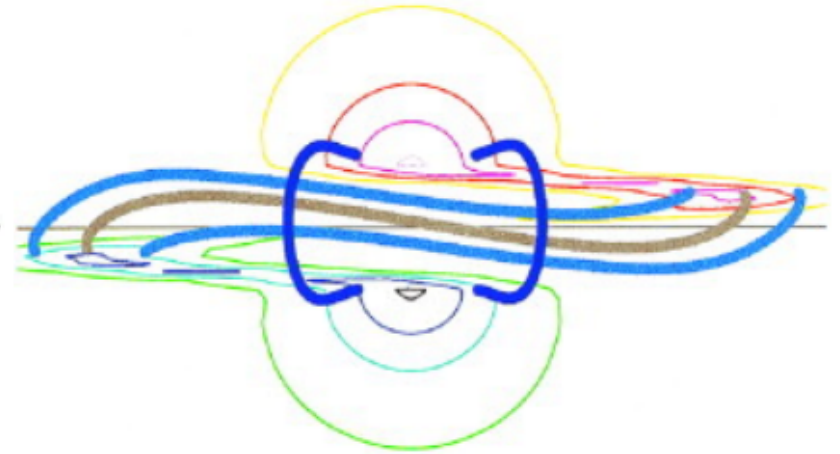
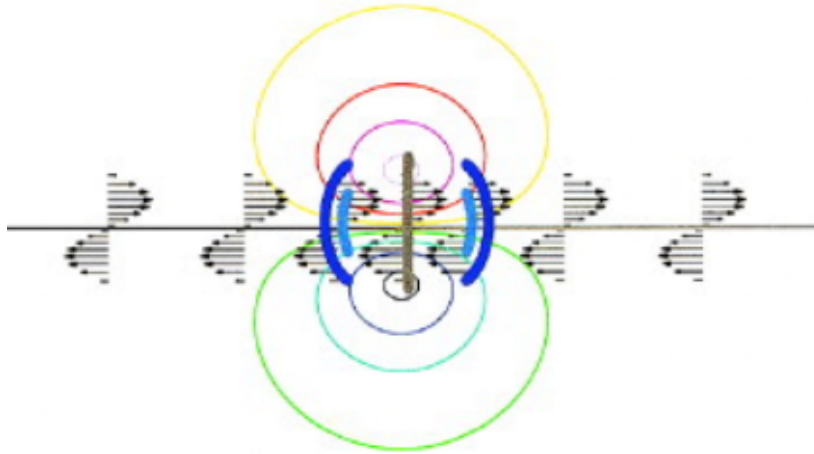
- Chromosférický materiál v koróně
- Klidné
 - $B_{\parallel} \sim 10-100 \text{ G}$
 - Kruhově polarizované světlo
- Aktivní
 - $B_{\parallel} > 100 \text{ G}$
- Typicky
 - Tloušťka 5000 km
 - Výška 50 000 km
 - Délka 200 000 km
- Rovnováha na tabuli

Filamenty



- Formují se nad PIL (polarity inversion line)
- Mg. pole v nich má helikální strukturu
- Filament=protuberance promítnutá na disk

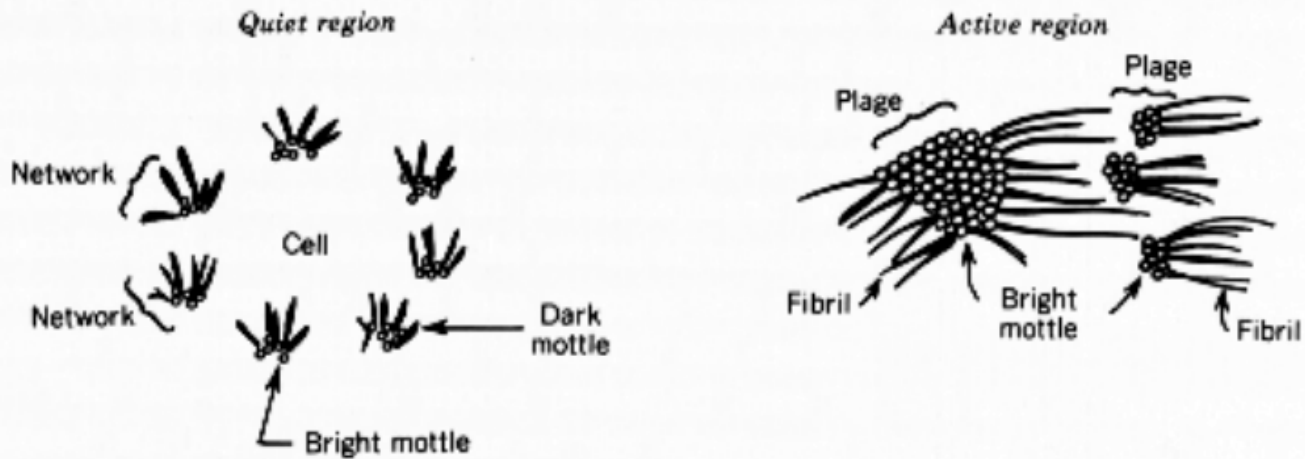
Model filamentu



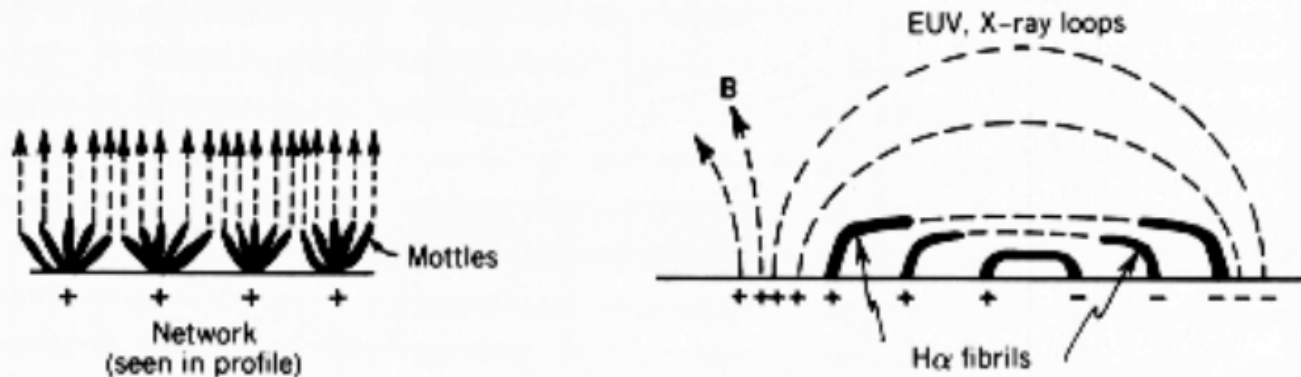
Chromosférické struktury

Chromospheric structures

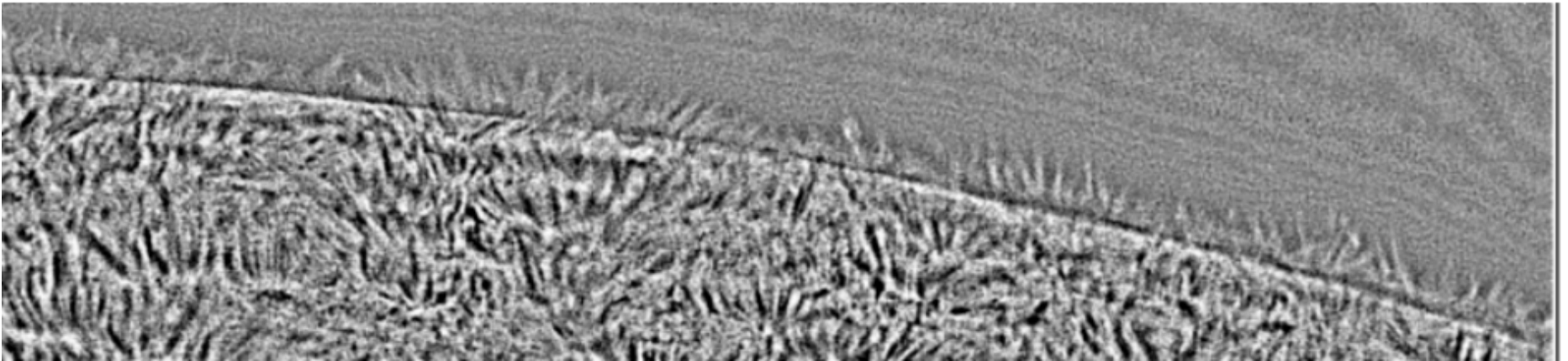
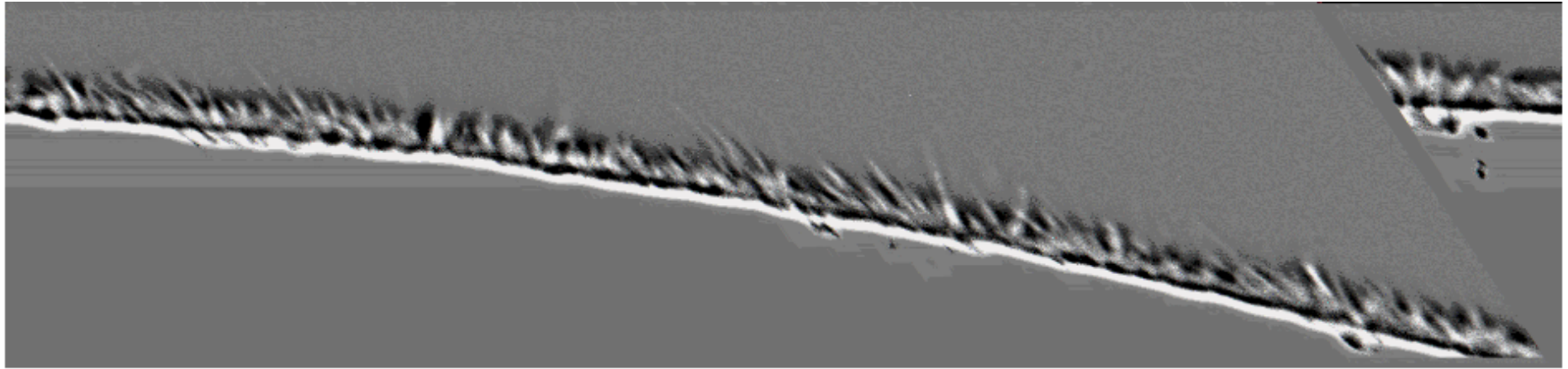
(a) Morphology



(b) Magnetic structure

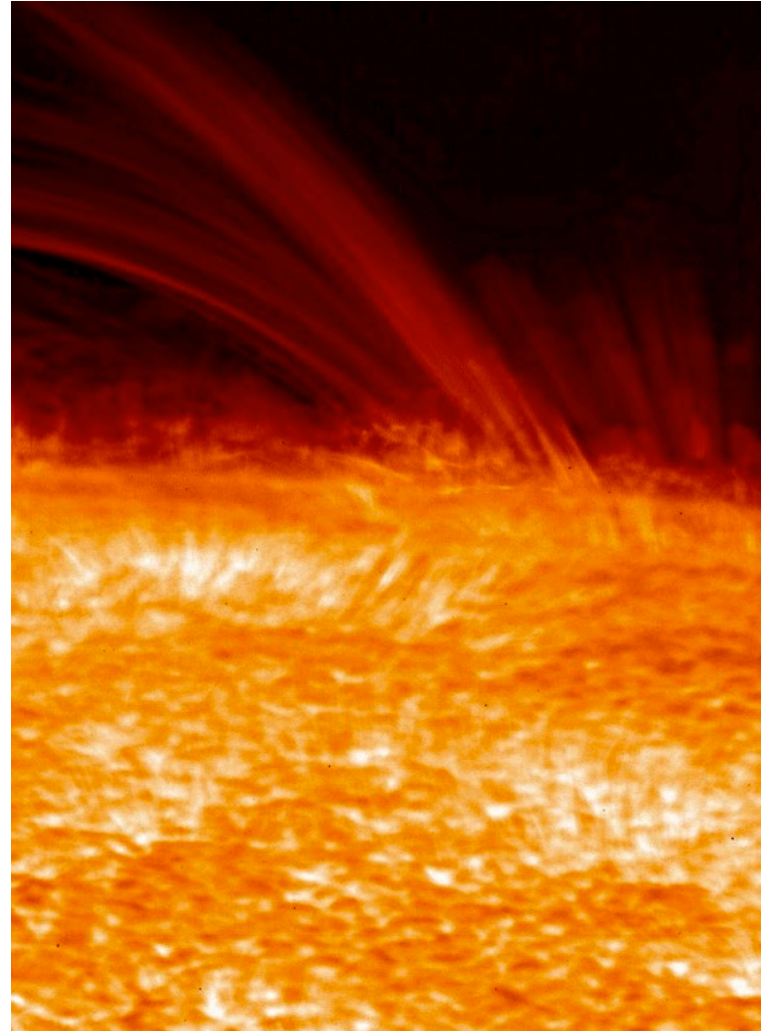


Spikule



Spikule

- Výška cca 5000 km, tloušťka méně než 500 km
- Teplota 10^4 K, hustota 3×10^{-10} kg/m³
- Vertikální rychlosti až 25 km/s
- Totální tok hmoty 100krát více než tok slunečním větrem – zpětný tok, vlastnosti neznámé
- Životnost 5-10 minut
- Makrospikule
 - V polárních oblastech
 - Délka až 20 000 km



Spikule



Dvouvláknové spikule



It was found that most spicules show up double thread structure during their evolution. This feature was already mentioned by Tanaka for disk mottles in high resolution H-alpha wing observation (1974) . Therefore it is likely that the spicule and disk mottles in quiet Sun have the same origin. New findings for the spicules are that the separation of the double threads change with time by the spinning as a whole body; repeating phases single and double threads.