

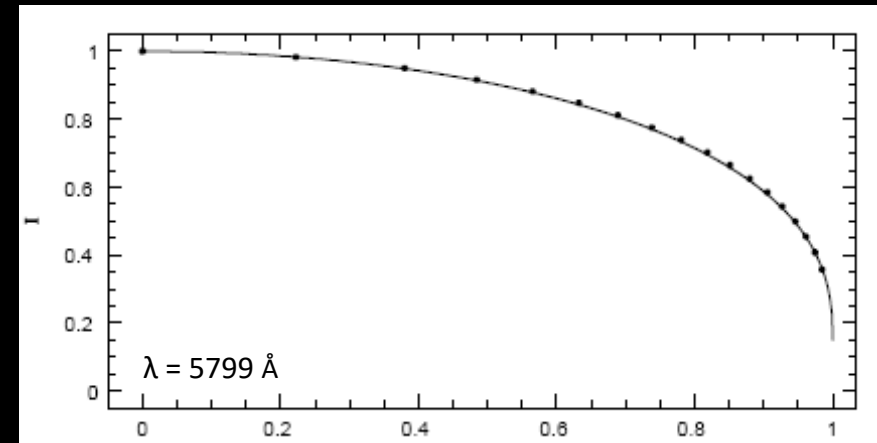
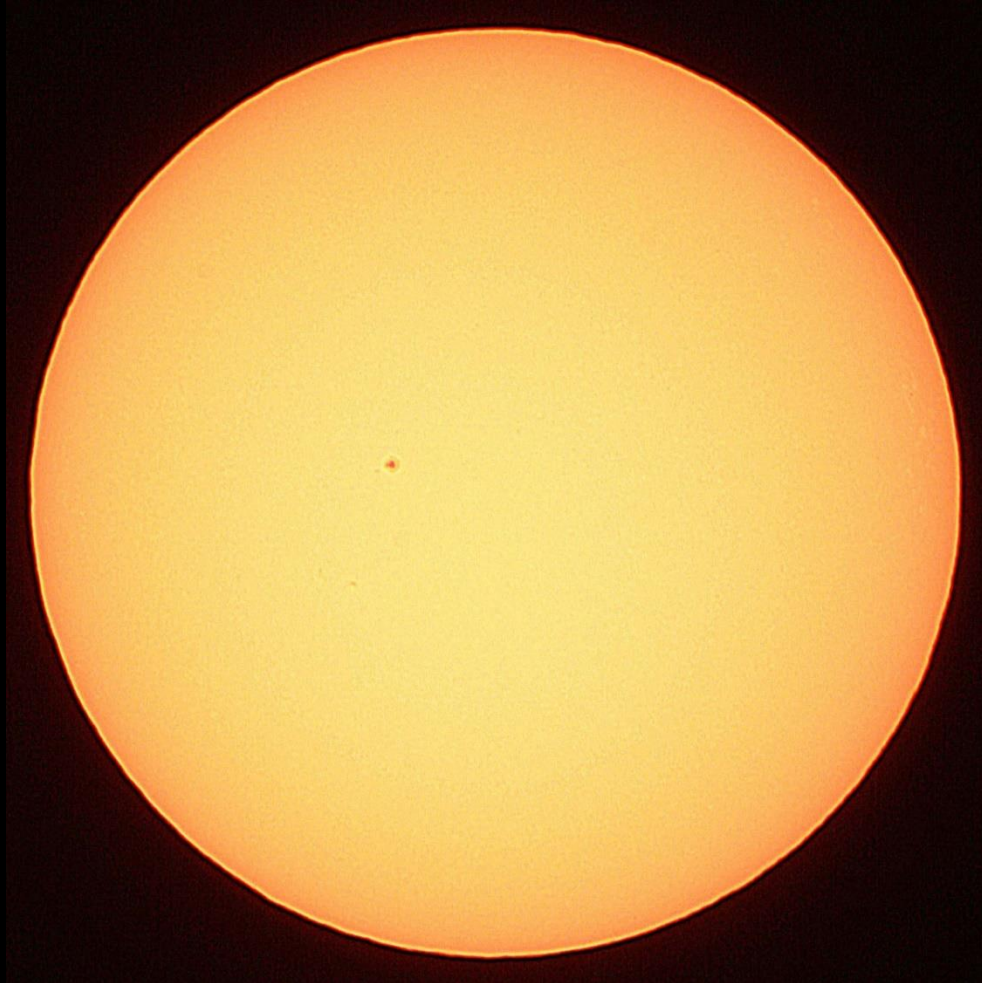
Elementy Astronomii i Astrofizyki
- skrót z wykładu VI

Krzysztof Radziszewski
Instytut Astronomiczny UWr

Wykład VI – Wrocław, 2 kwietnia 2026 r.

Pociemnienie brzegowe

Tarcza słoneczna widziana w świetle widzialnym jest wyraźnie ciemniejsza przy brzegu. Efekt ten nazywamy pociemnieniem brzegowym.



Hestroffer & Magnan (1998)

Pociemnienie brzegowe

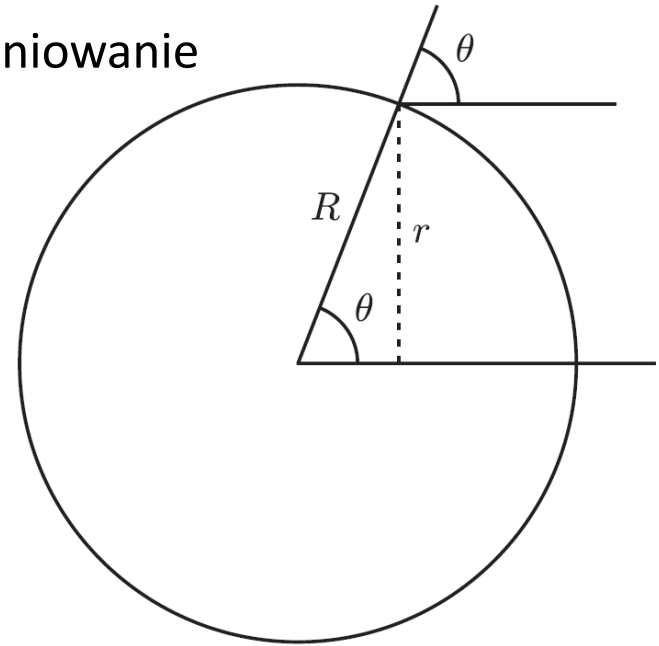
Patrząc na tarczę gwiazdy/Słońca widzimy promieniowanie wyemitowane pod kątem θ względem normalnej do jego powierzchni.

Grubość optyczna (τ) określa spadek natężenia światła (promieniowania elektromagnetycznego) podczas jego przechodzenia przez ośrodek - na przykład przez gaz (atmosferę gwiazdy).

Inaczej mówiąc, grubość optyczna w astrofizyce to bezwymiarowa miara tego, jak bardzo materia (np. gaz) jest nieprzezroczysta dla promieniowania elektromagnetycznego. Grubość optyczna określa, w jakim stopniu promieniowanie jest pochłaniane lub rozpraszane, gdy przechodzi przez dany ośrodek

$\tau = 0$ => ośrodek nie pochłania i nie rozprasza promieniowania

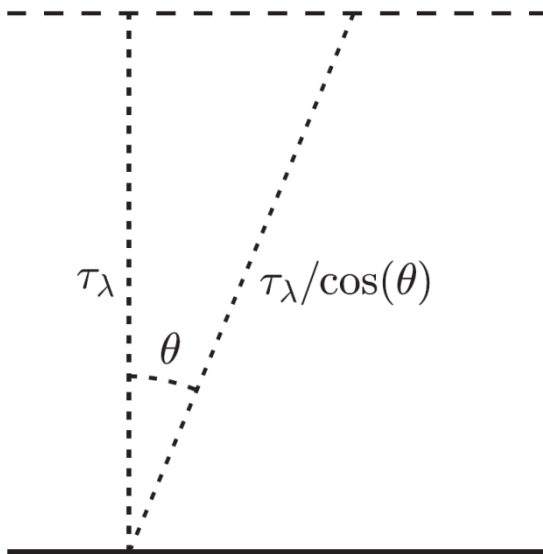
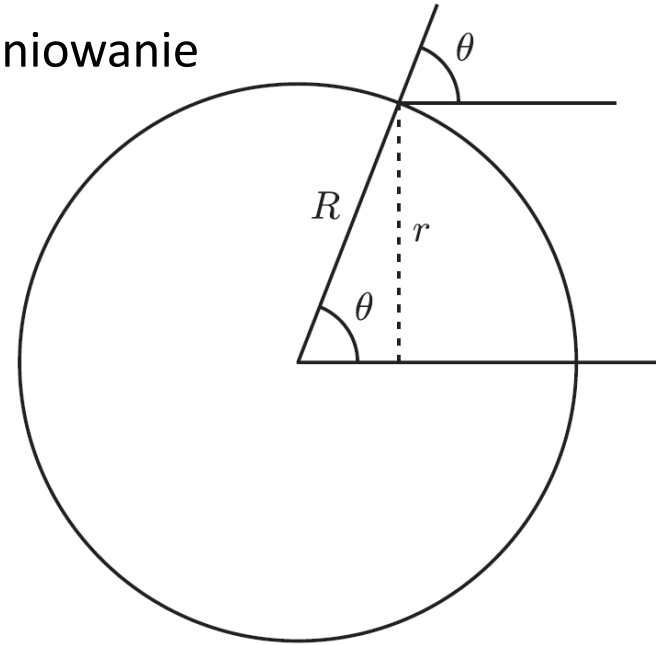
$\tau \rightarrow 1$ => ośrodek staje się nieprzeźroczysty (grubość optyczna rośnie)



Pociemnienie brzegowe

Patrząc na tarczę gwiazdy/Słońca widzimy promieniowanie wyemitowane pod kątem θ względem normalnej do jego powierzchni.

Grubość optyczna (τ) określa spadek natężenia światła (promieniowania elektromagnetycznego) podczas jego przechodzenia przez ośrodek - na przykład przez gaz (atmosferę gwiazdy).



Promieniowanie wyemitowane wzdłuż normalnej do powierzchni atmosfery ma do przebycia najmniejszą grubość optyczną.

Patrząc przy brzegu tarczy widzimy wyższe, chłodniejsze warstwy atmosfery gwiazdowej, natomiast patrząc na środek tarczy, widzimy głębsze i gorętsze warstwy.

Pociemnienie brzegowe

Grubość optyczną τ_ν możemy zapisać jako:

$$\tau_\nu = \int_z^{z_0} \alpha_\nu(z') dz'$$

gdzie:

τ_ν - grubość optyczna dla częstotliwości ν

α_ν - współczynnik ekstynkcji (absorpcji/rozpraszania) na jednostkę długości

dz' - element grubości warstwy atmosfery

lub:

$$\tau_\nu = \int_z^{z_0} \kappa_\nu \rho(z') dz'$$

gdzie:

κ_ν - współczynnik nieprzezroczystości (*opacity*) na jednostkę masy

ρ - gęstość materii (np. w w atmosferze gwiazdy)

Pociemnienie brzegowe

Grubość optyczną można zdefiniować niezależnie jako:

- grubość optyczną rozpraszania (τ_s)
- grubość optyczną absorpcji (τ_a)

Na pociemnienie brzegowe wpływają:

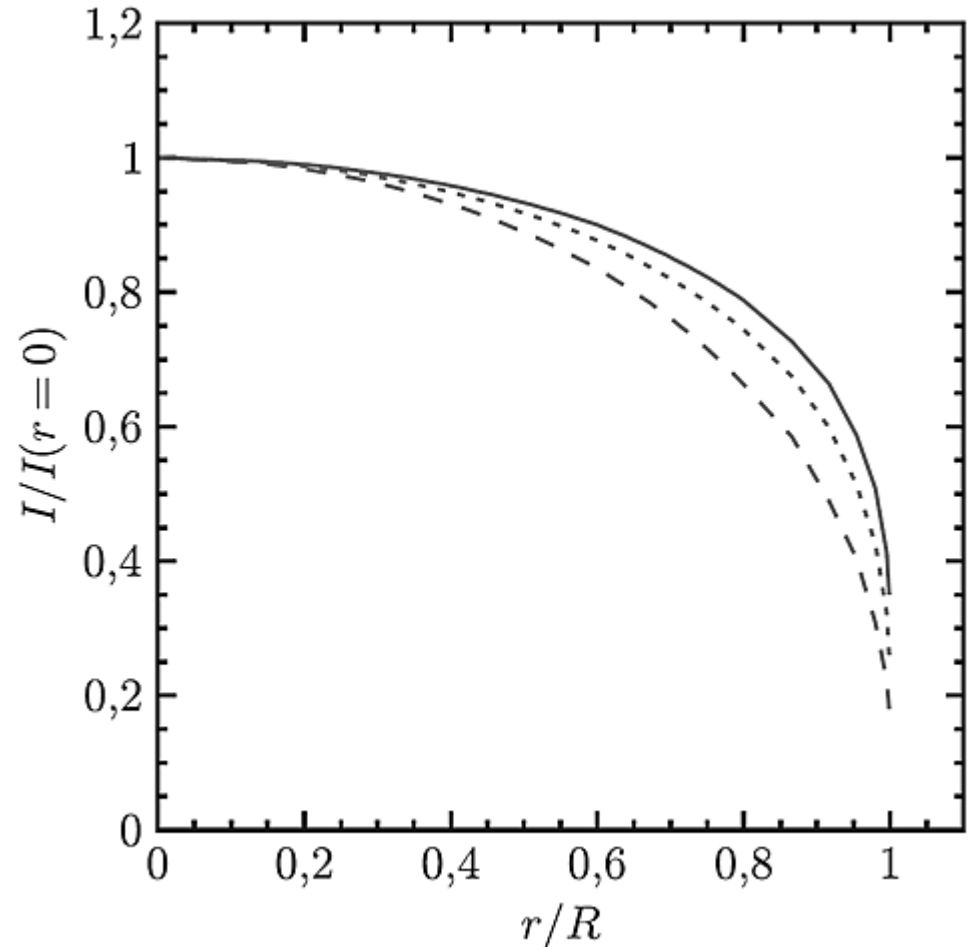
- Temperatura efektywna (najważniejszy czynnik - najczęściej pociemnienie brzegowe jest silniejsze w gwiazdach chłodniejszych).
- Długość fali (silniejsze w krótkich i słabsze w długich falach).
- Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni (wpływ grawitacji powierzchniowej na strukturę atmosfery).
- Skład chemiczny atmosfery (metaliczność atmosfery wpływa na jej nieprzezroczystość)
- Geometria atmosfery (duże różnice pomiędzy wielkościami gwiazd i grubościami ich atmosfer).

Pociemnienie brzegowe

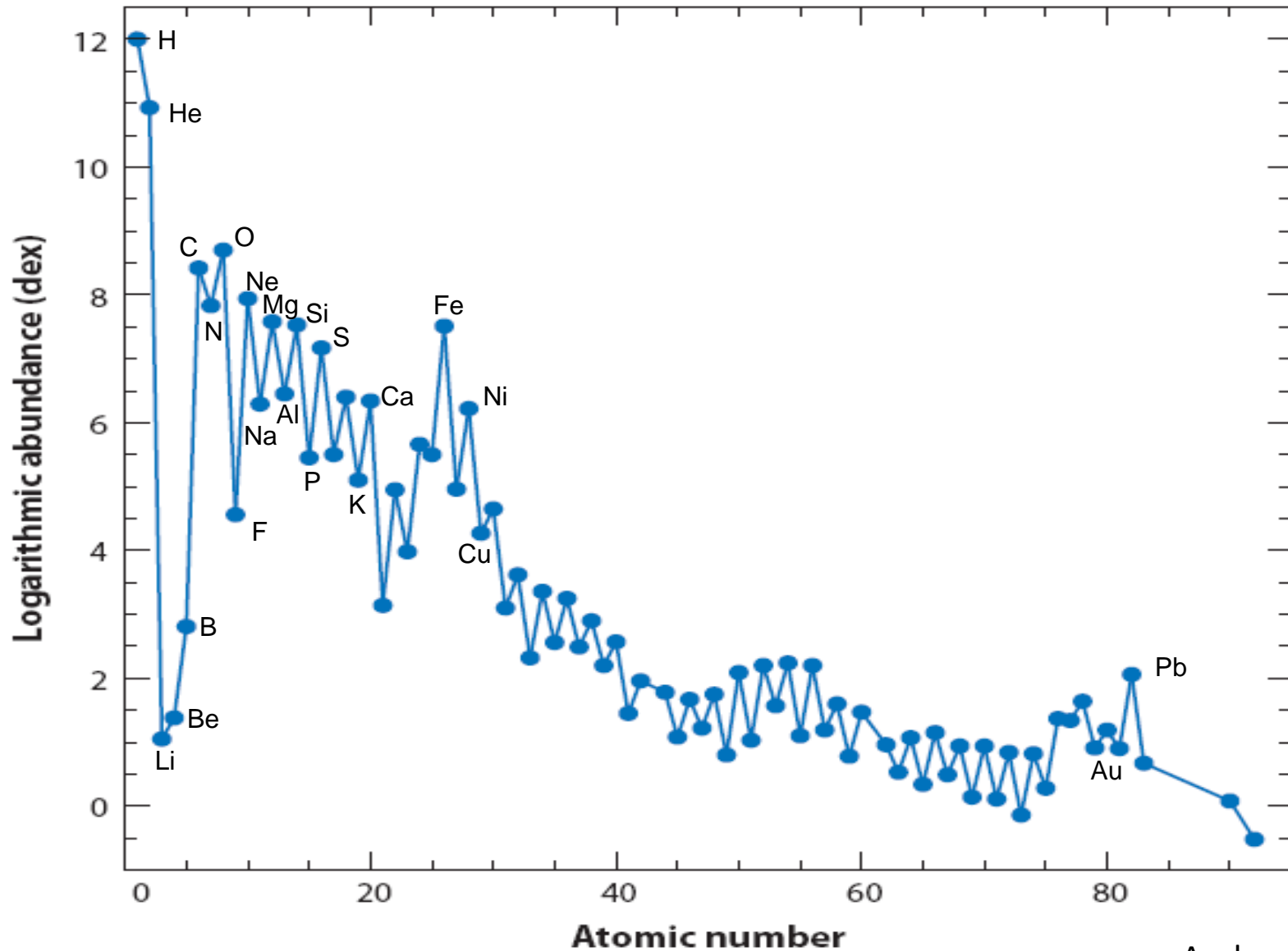
Pociemnienie brzegowe zależy od długości fali, czyli nie jest takie same jeśli patrzymy na gwiazdę w różnych zakresach promieniowania.

Pociemnienie brzegowe =>
obserwowane na Słońcu
dla trzech różnych długości fal:

- linia ciągła $\lambda = 600 \text{ nm}$,
- linia kropkowana $\lambda = 500 \text{ nm}$
- linia przerywana $\lambda = 400 \text{ nm}$



Obfitości pierwiastków w gwiazdach - Słońce



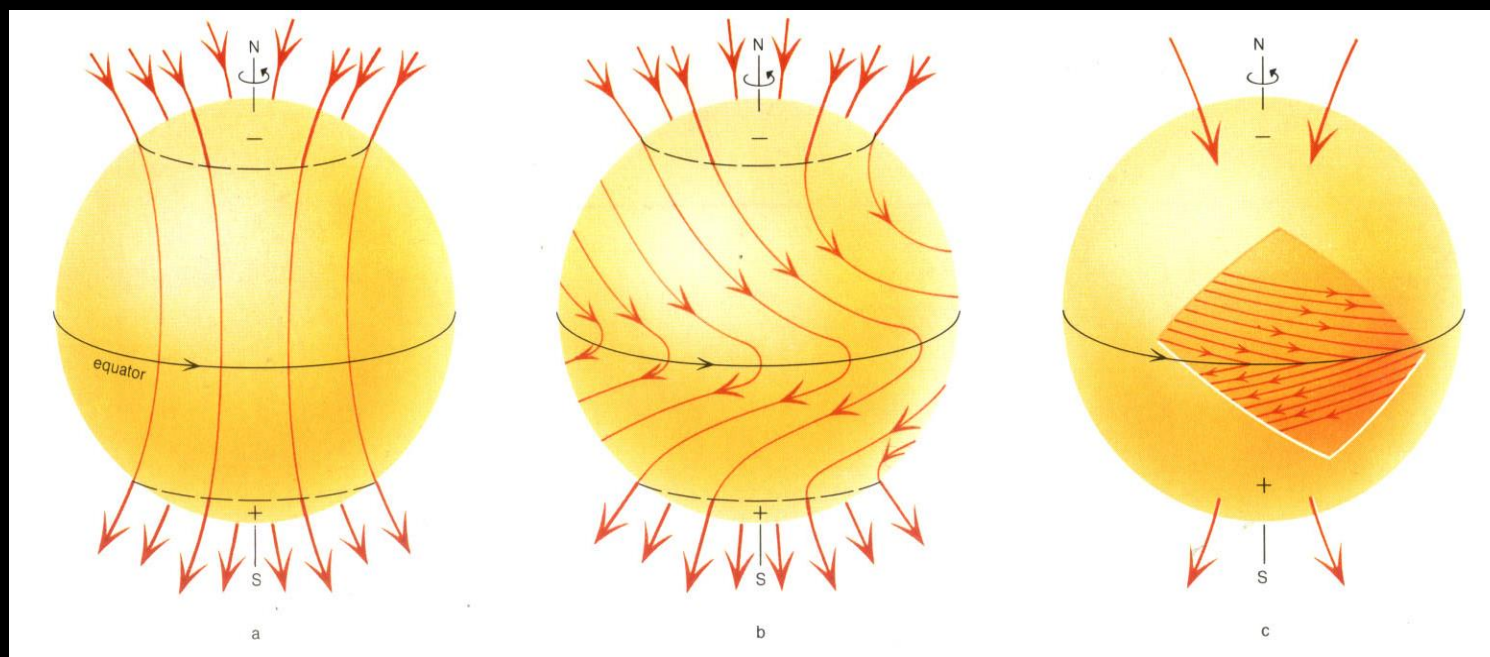
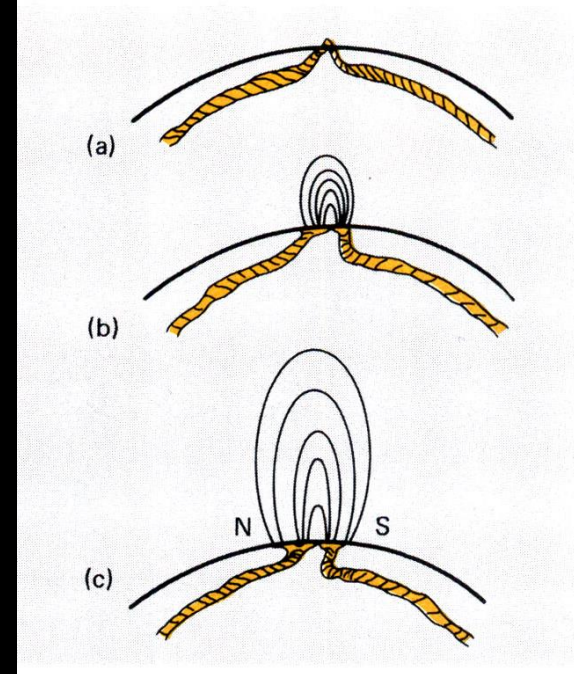
Obfitości masowe pierwiastków - Słońce

Table 4: The mass fractions of hydrogen (X), helium (Y) and metals (Z) for a number of widely-used compilations of the solar chemical composition.

Source	X	Y	Z	Z/X
Present-day photosphere:				
Anders & Grevesse (1989) ^a	0.7314	0.2485	0.0201	0.0274
Grevesse & Noels (1993) ^a	0.7336	0.2485	0.0179	0.0244
Grevesse & Sauval (1998)	0.7345	0.2485	0.0169	0.0231
Lodders (2003)	0.7491	0.2377	0.0133	0.0177
Asplund, Grevesse & Sauval (2005)	0.7392	0.2485	0.0122	0.0165
Lodders, Palme & Gail (2009)	0.7390	0.2469	0.0141	0.0191
Present work	0.7381	0.2485	0.0134	0.0181
Proto-solar:				
Anders & Grevesse (1989)	0.7096	0.2691	0.0213	0.0301
Grevesse & Noels (1993)	0.7112	0.2697	0.0190	0.0268
Grevesse & Sauval (1998)	0.7120	0.2701	0.0180	0.0253
Lodders (2003)	0.7111	0.2741	0.0149	0.0210
Asplund, Grevesse & Sauval (2005)	0.7166	0.2704	0.0130	0.0181
Lodders, Palme & Gail (2009)	0.7112	0.2735	0.0153	0.0215
Present work	0.7154	0.2703	0.0142	0.0199

^a The He abundances given in Anders & Grevesse (1989) and Grevesse & Noels (1993) have here been replaced with the current best estimate from helioseismology (Sect. 3.9).

Powstawanie i wypływanie sznurów magnetycznych



Jak mierzyć aktywność Słońca?

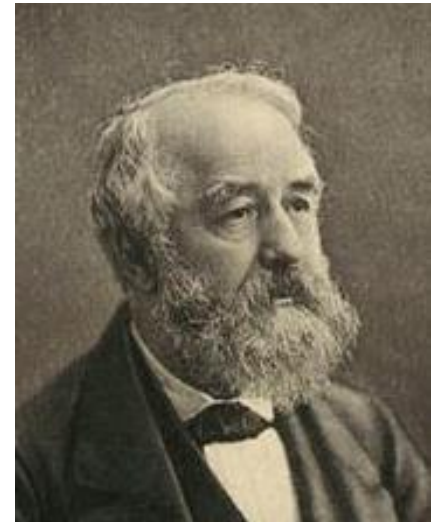
Liczba Wolfa - czyli stan „zaplamienia” Słońca (*Johann Rudolf Wolf, 1848 rok*)

$$R = k (10g + f)$$

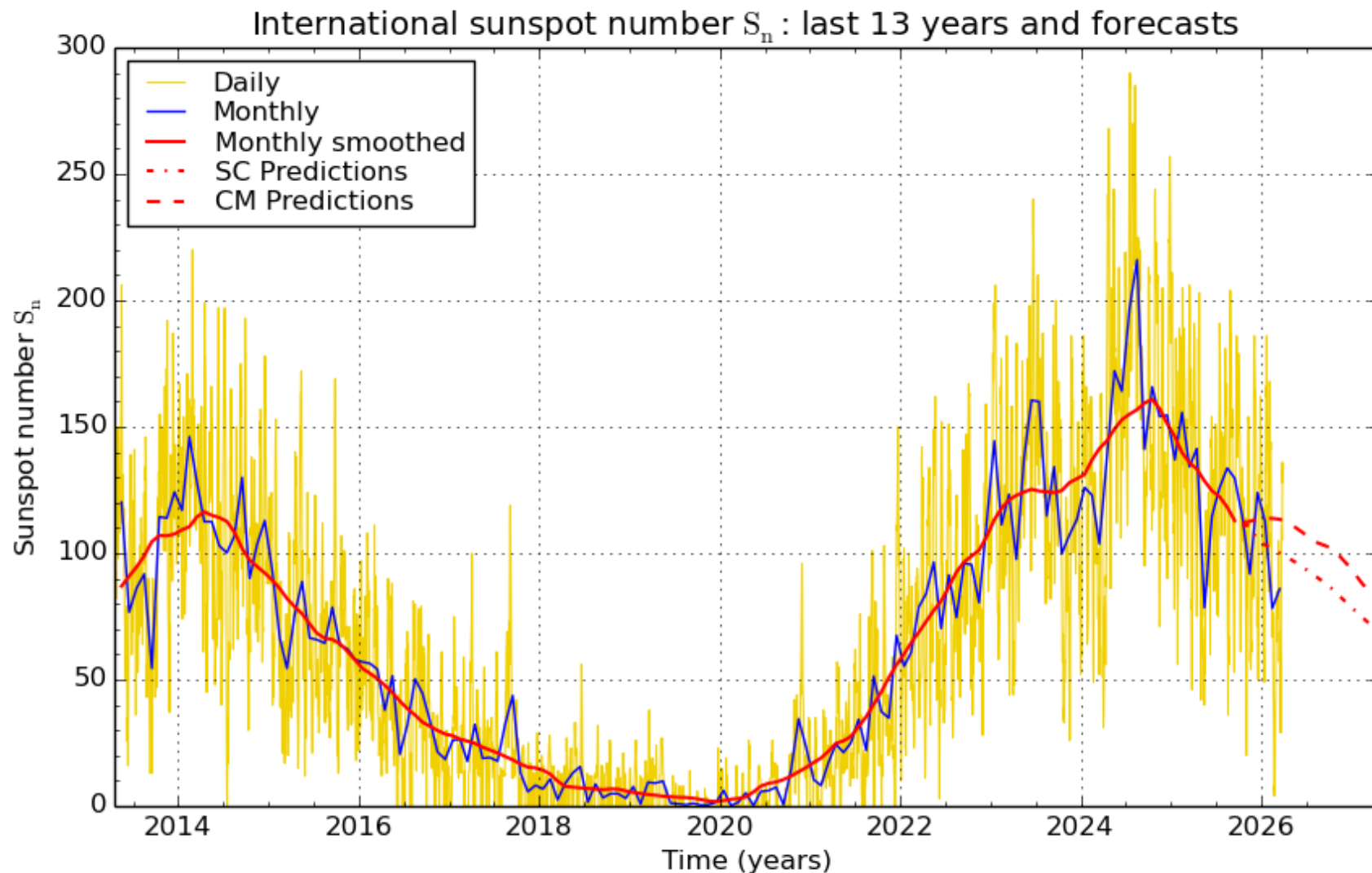
g - liczba grup plam

f - ogólna liczba plam

k - współczynnik skalujący (sprowadzający obserwacje do jednolitej skali)



25-ty cykl aktywności słonecznej



Okres wielkiego maksimum aktywności – XX w.

