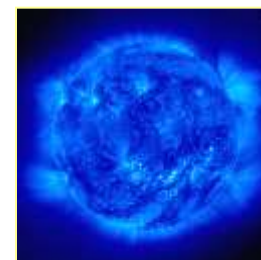




POZOROVÁNÍ SLUNCE VE SPEKTRÁLNÍCH ČARÁCH

Libor Lenža
Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE

SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA

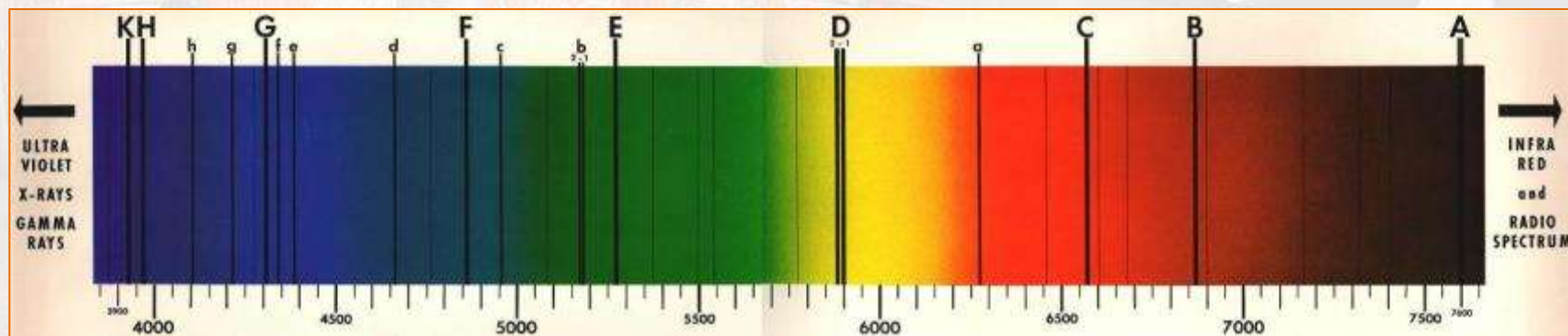
SPOLOČNE BEZ HRANÍC



FOND MIKROPROJEKTŮ

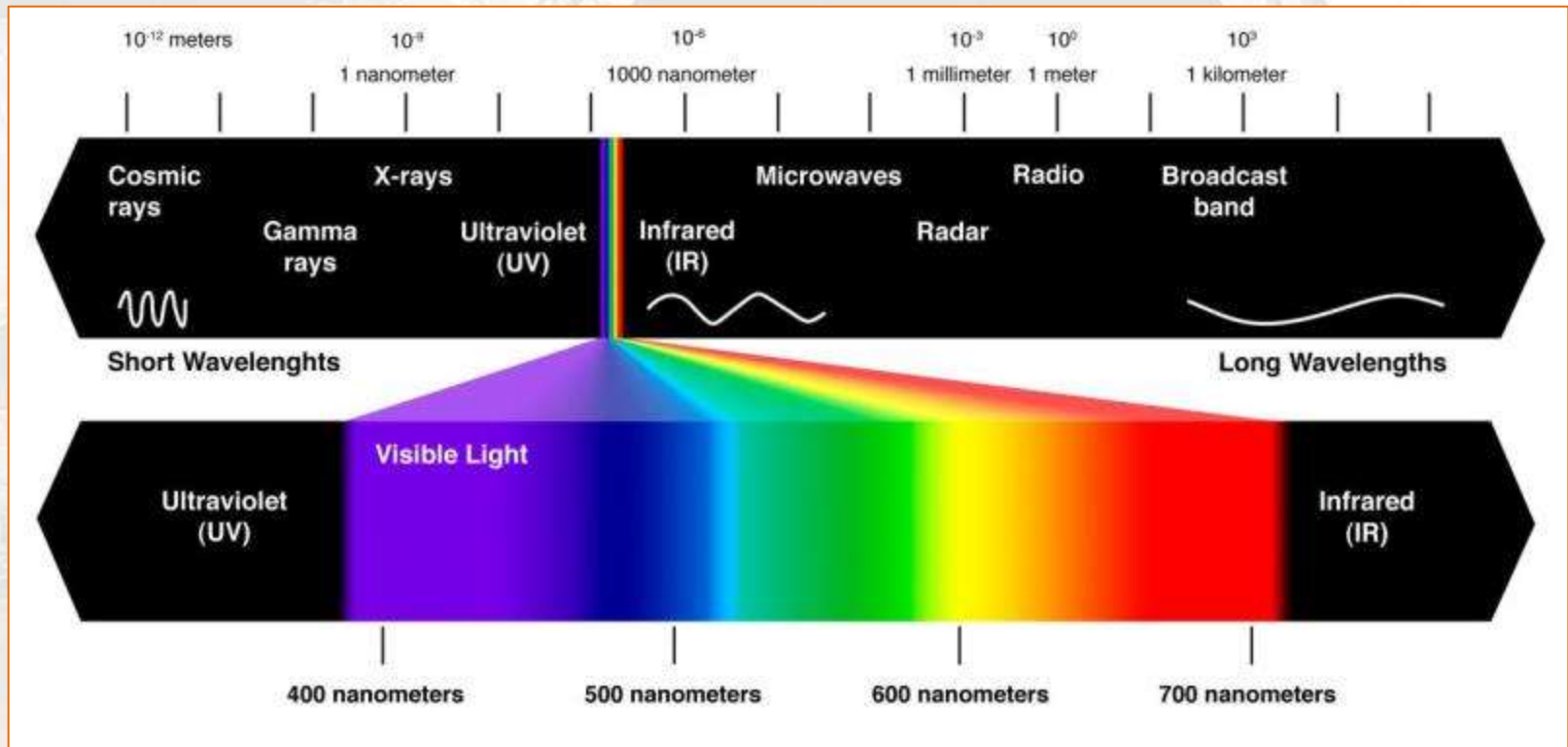
Obsah

1. Co jsou to spektrální čáry?
2. Historie a současnost (přístroje, družice aj.)
3. Význam pro sluneční fyziku
4. Pozorování Slunce ve spektrálních čarách nejen na hvězdárnách
5. Zkušenosti a výsledky z pozorování
6. Možnosti práce a spolupráce



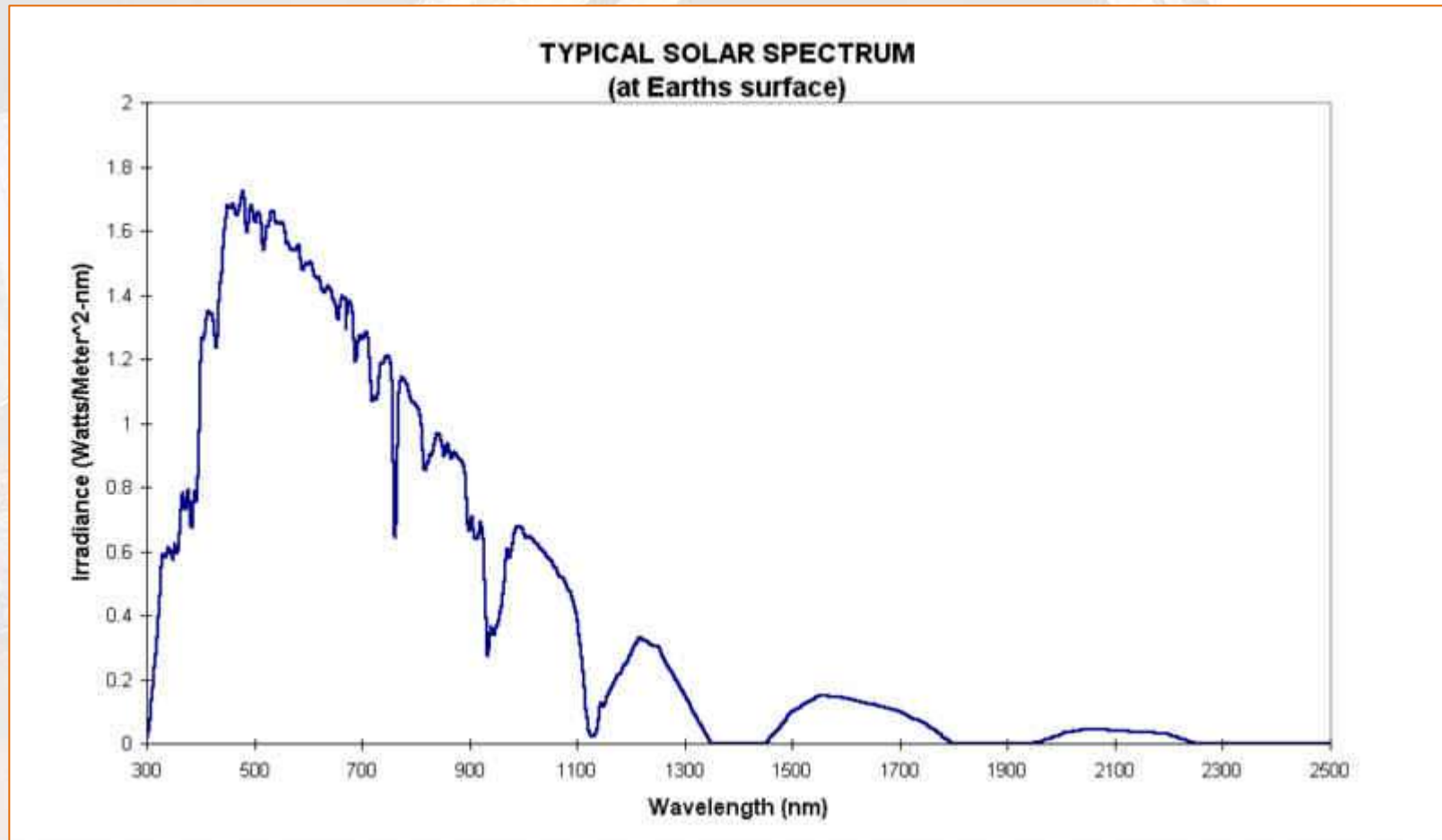
Co je to spektrum?

Měřená závislost mezi vlnovou délkou (frekvencí) elektromagnetického záření a jeho intenzitou.



Co je to spektrum?

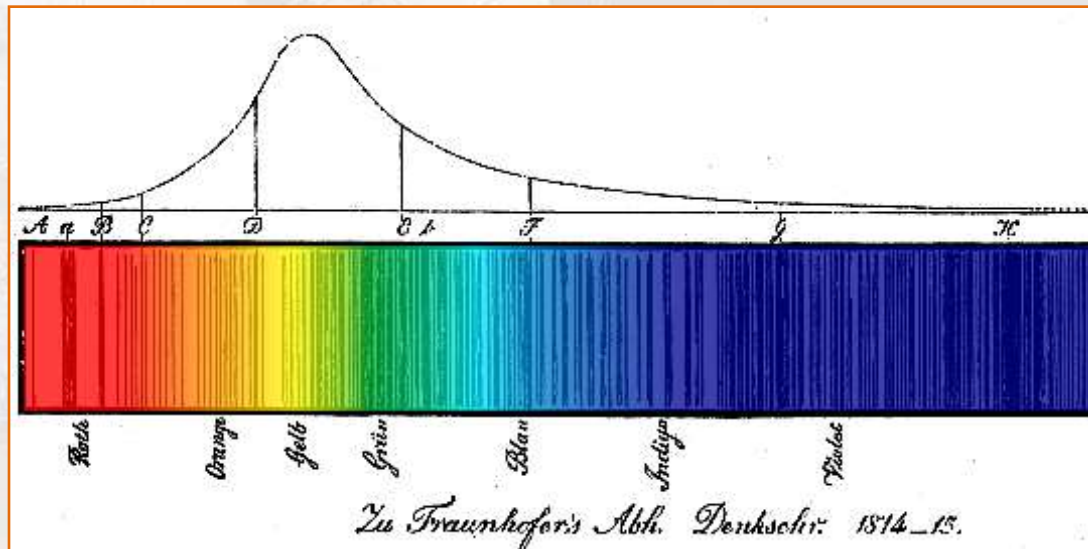
Měřená závislost mezi vlnovou délkou (frekvencí) elektromagnetického záření a jeho intenzitou.



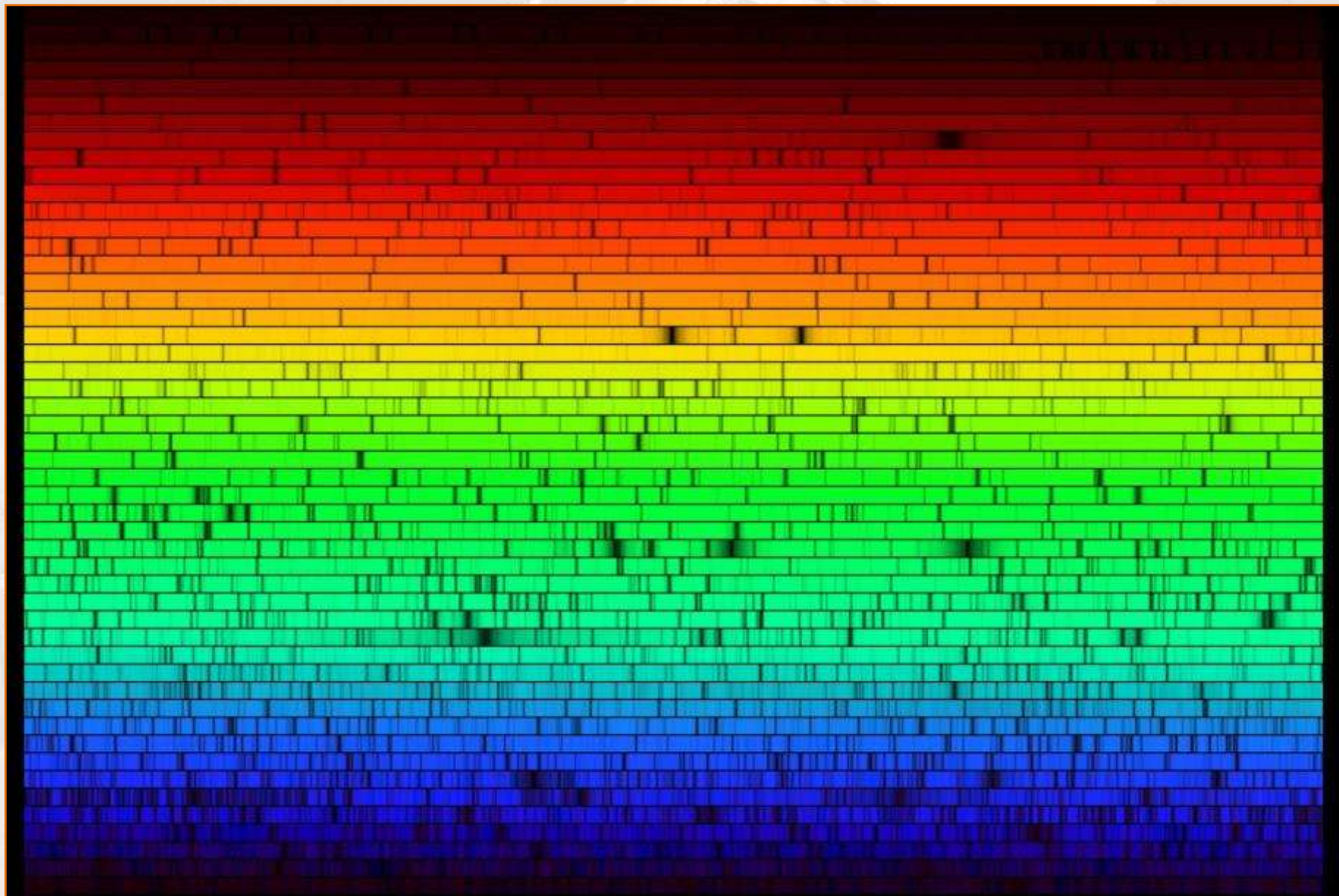
Co jsou to spektrální čáry?

Slunce je zdrojem elektromagnetického záření - včetně viditelné části spektra.

Spektrální čáry v elektromagnetickém záření = stopy prvků, molekul a podmínek.



Sluneční spektrum



Jak vzniká záření

Změnou hybnosti nabitých částic!

Čím je částice lehčí, tím lépe mění svou hybnost. Proto se bavíme většinou jen o záření elektronů.

Záření:

- volných elektronů (iontů);
- vázaných v atomu;
- při anihilaci;
- při některých jaderných reakcích.



Tepelné záření



Elektromagnetické záření vzniká přeměnou energie tepelného pohybu částic na energii záření.

Tepelné záření vyzařuje každé těleso s teplotou nad 0 K (-273 °C).



Netepelné záření

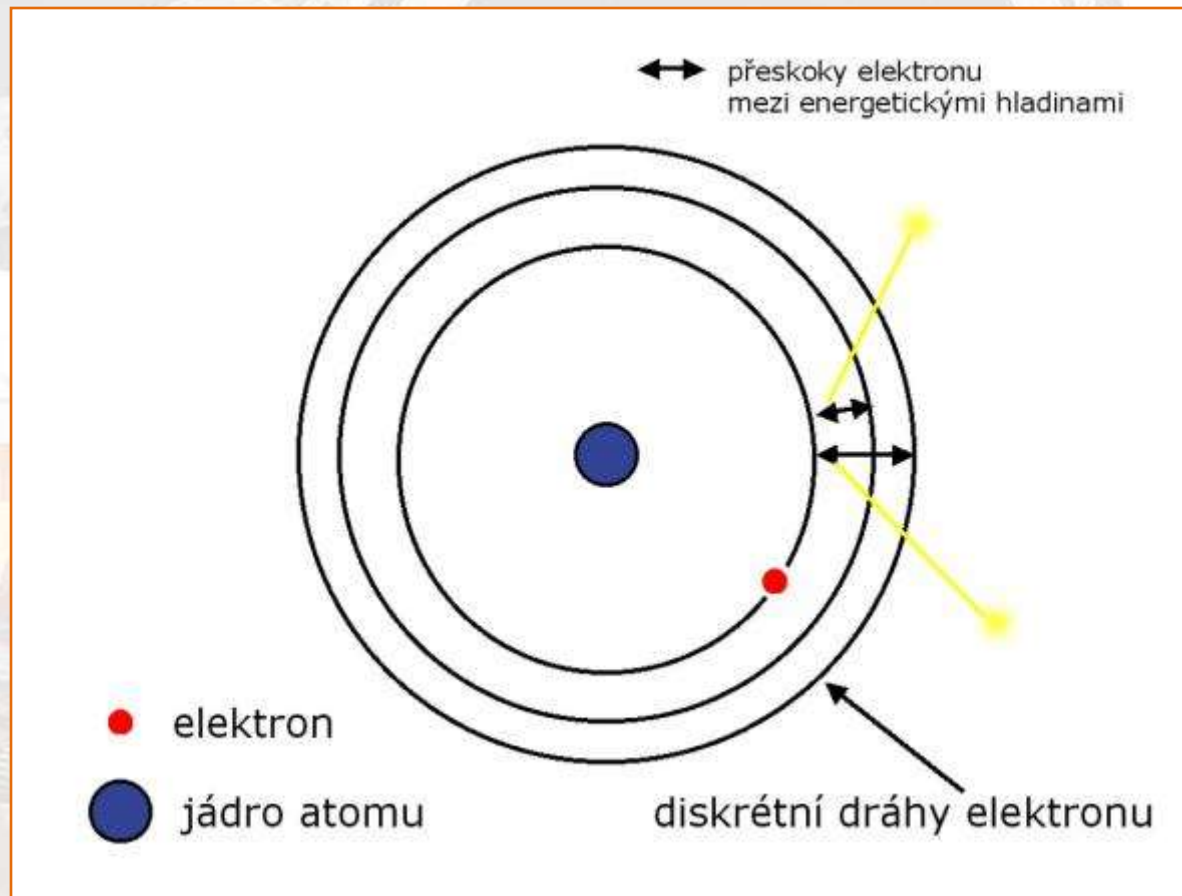
Brzdné záření

Magnetické brzdné záření

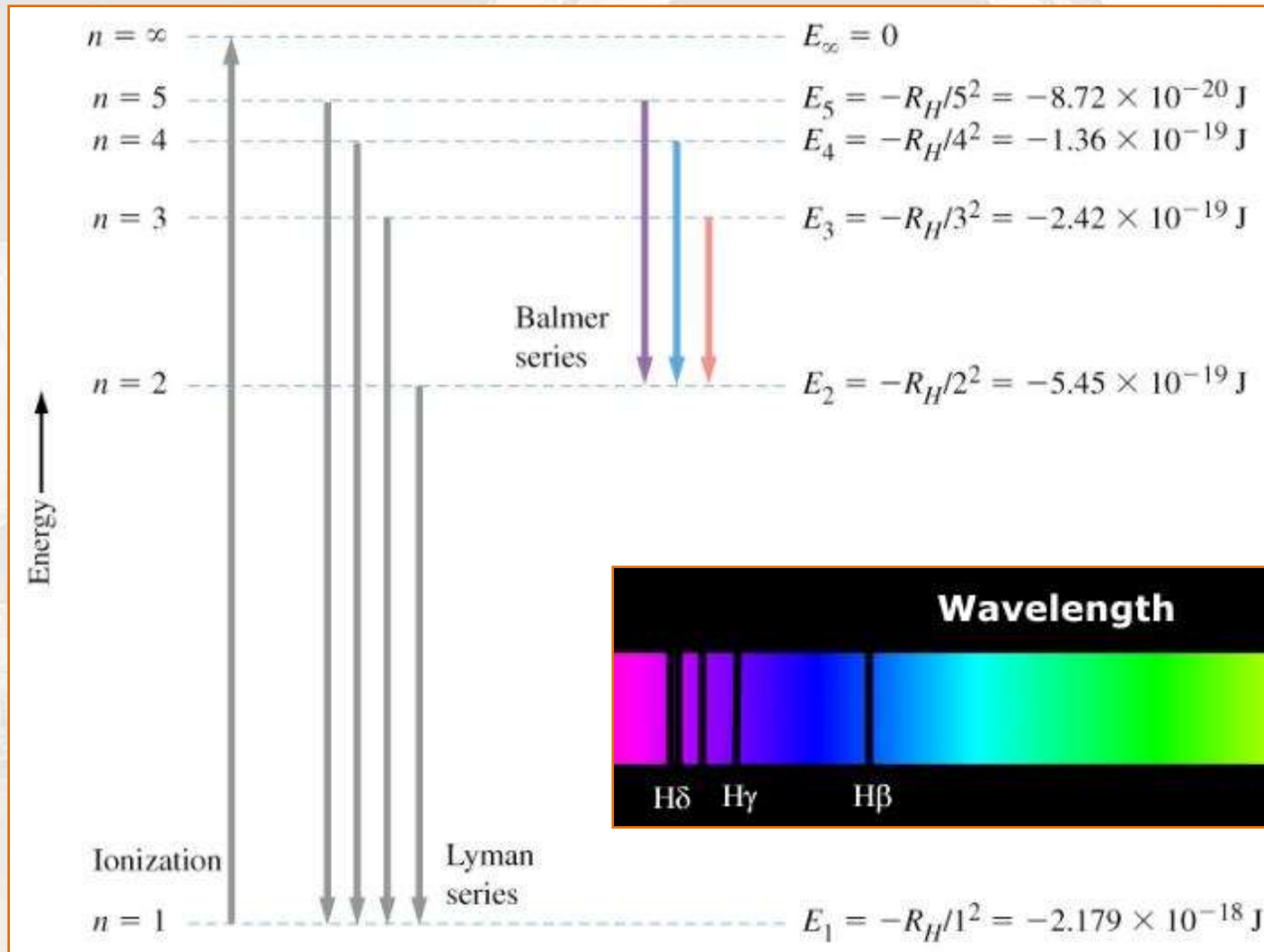
Comptonovy jevy

Atomy a záření, spektra atomů

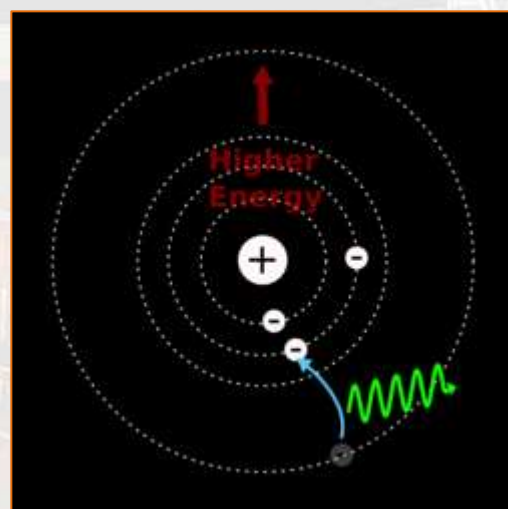
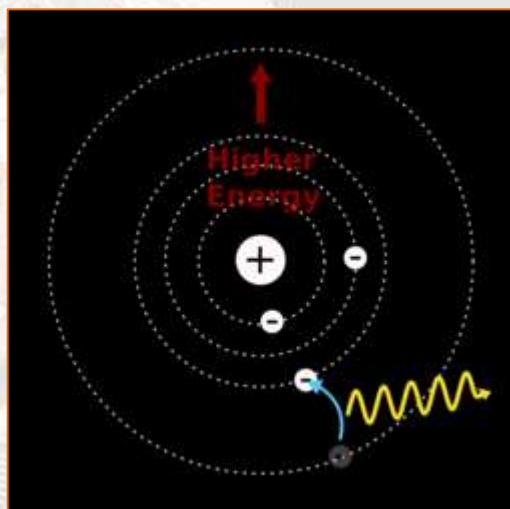
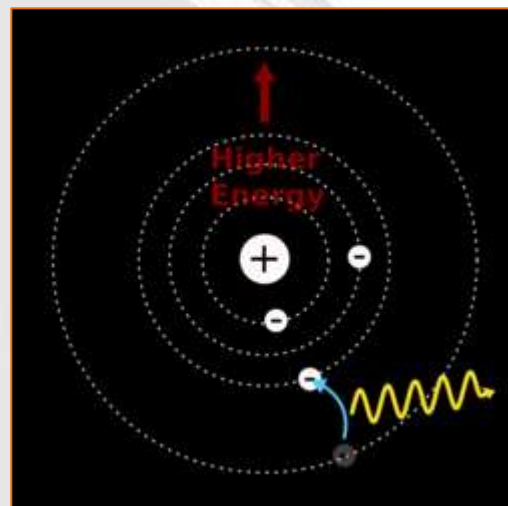
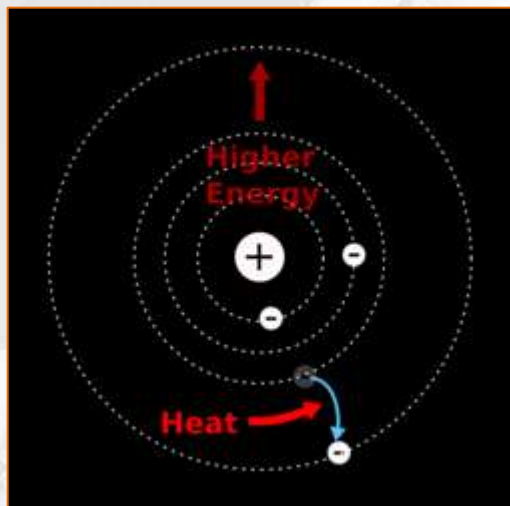
Elektrony září při přeskoku mezi jednotlivými energetickými hladinami (drahami). Impulsy pro přechod do vyšších energetických hladin – různé.



Série spektrálních čar prvků

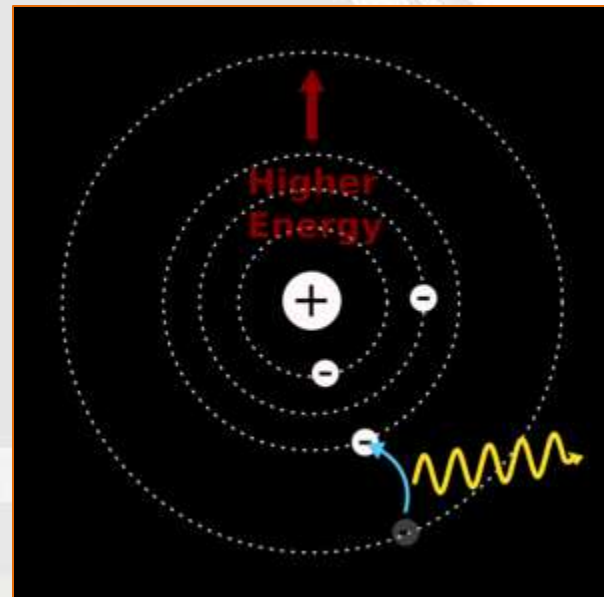
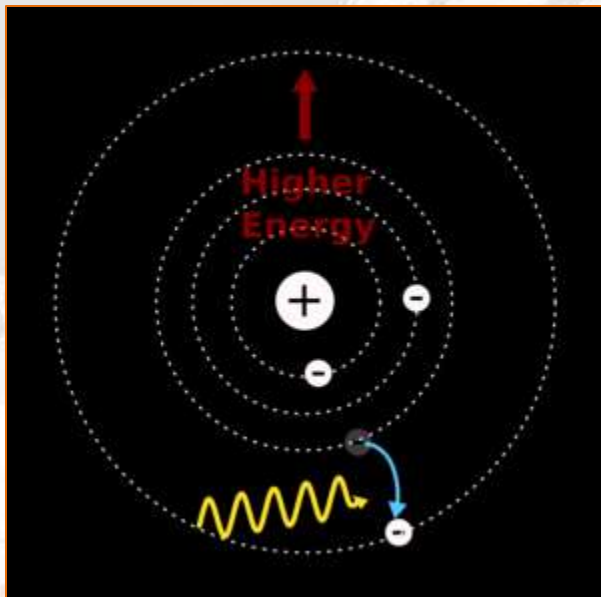


Série spektrálních čar prvků



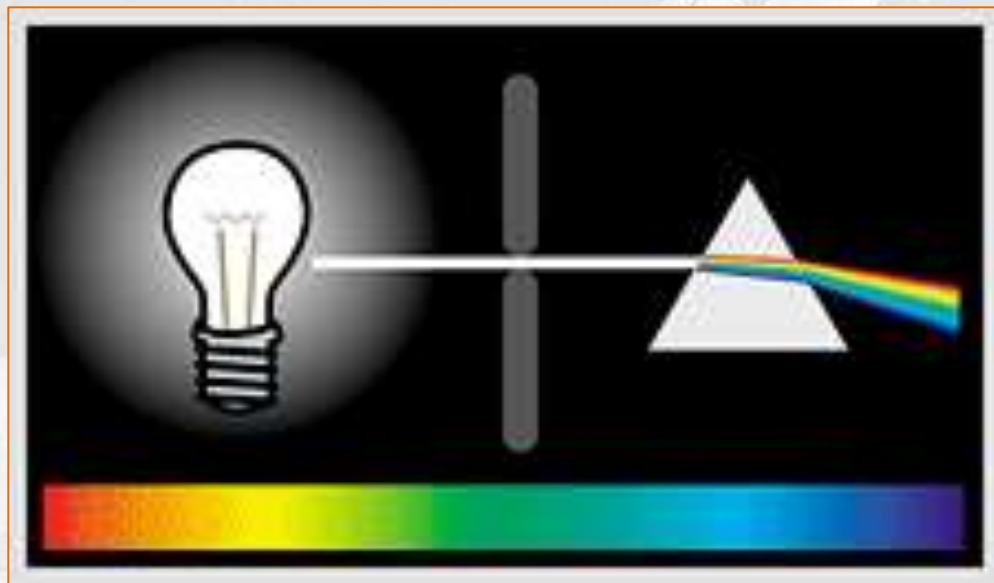
Přechody elektronů mezi energetickými hladinami v elektronovém obalu.

Série spektrálních čar prvků

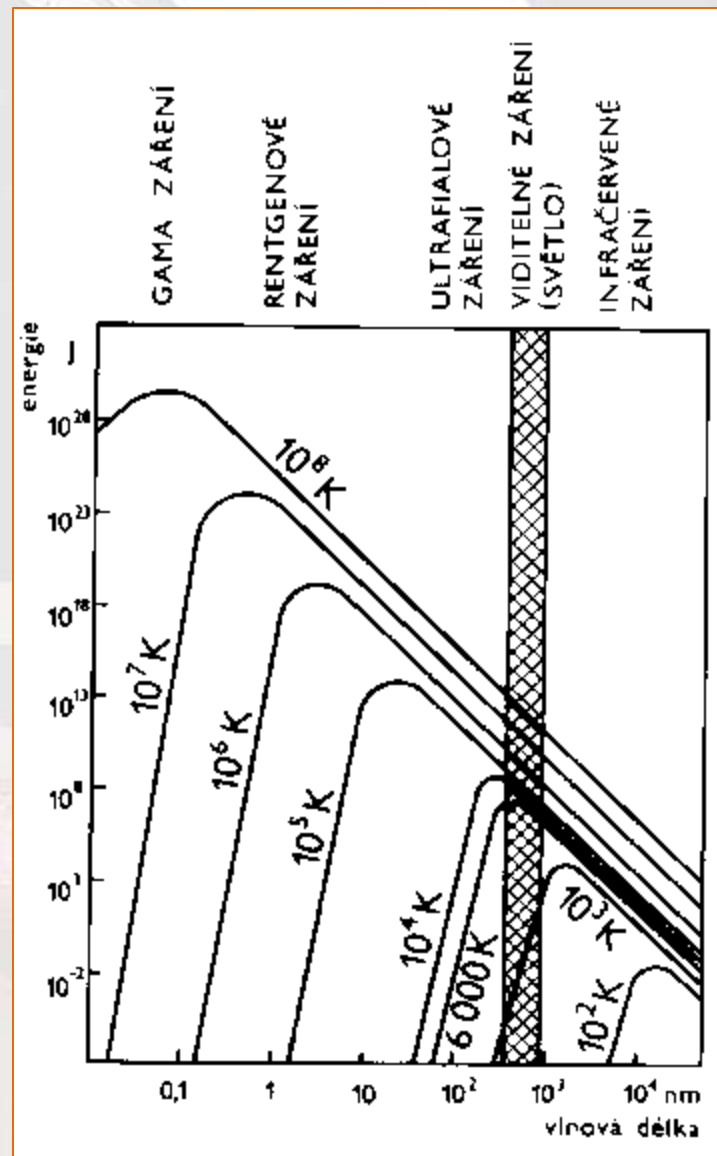


Vybuzení zářením (excitace) a zpětná emise

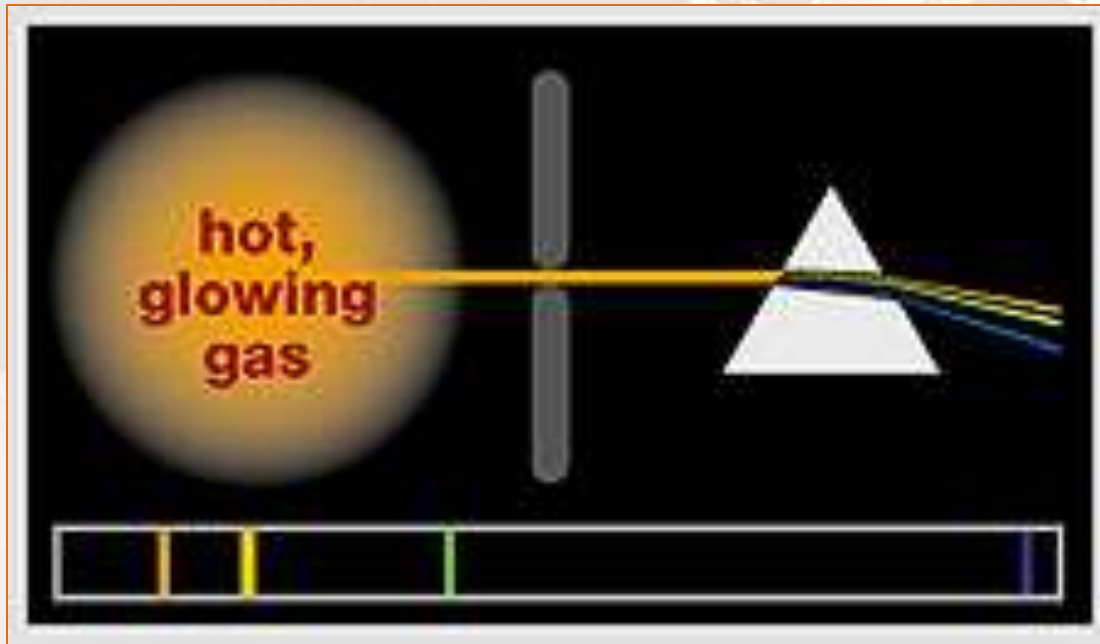
Spojité spektrum



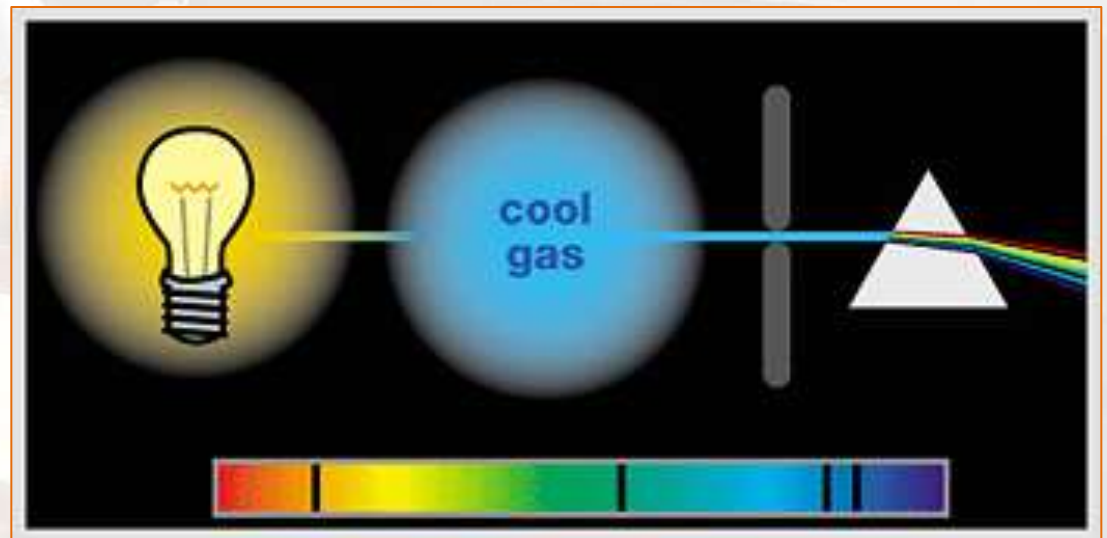
Uplatňuje se zde Planckův zákon



Emisní...



...a absorpční spektrum



Historie a současnost

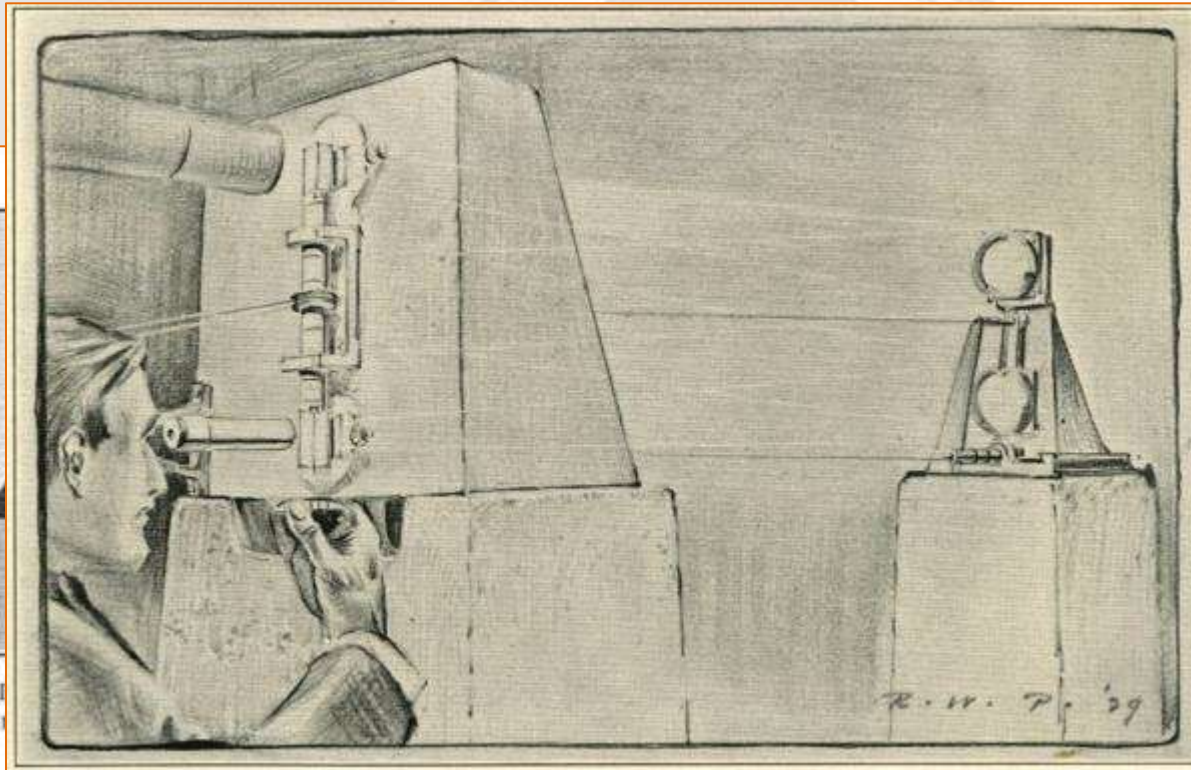


Dlouho dobu jen vizuální pozorování

Změna nastala s objevem spektroskopu a jeho dalším rozvojem

- 1814 - Fraunhofer použil **spektroskop** a objevil ve slunečním spektru 574 tmavých čar
- 1868 - J. Janssen a J. Lockyer nezávisle na sobě objevili možnost pozorování slunečních protuberancí za plného denního světla za pomoci spektroskopu se širokou štěrbinou (**protuberanční spektroskop**)
- 1891/1892 - G. E. Hale získal první **spektroheliogram** slunečních protuberancí v čáře H a K na Kenwoodské observatoři
- - G. E. Hale, H. Deslandre - nezávislé vynálezy **spektroheliografu**, přístroje umožňujícího pořizovat snímky Slunce v různých spektrálních čarách - monochromatickém světle (rozšíření principu protuberančního spektroskopu)
- 1924 - Hale odvodil ze spektroheliografu **spektrohelioskop**

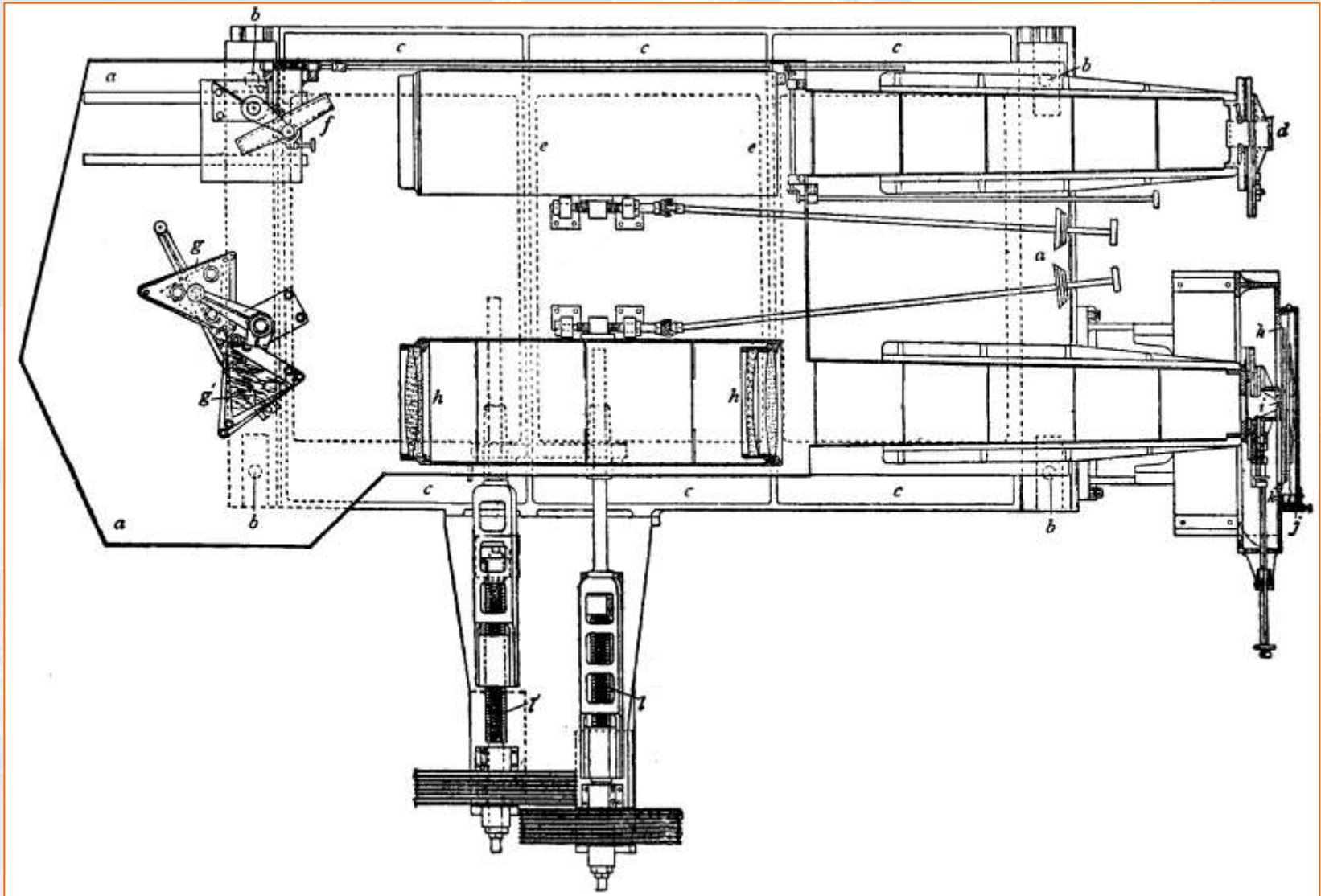
Spektrohelioskop



THE HALE
SPECTROHELIOSCOPE

Schéma Haleho spektrohelioskopu

Spektroheliograf



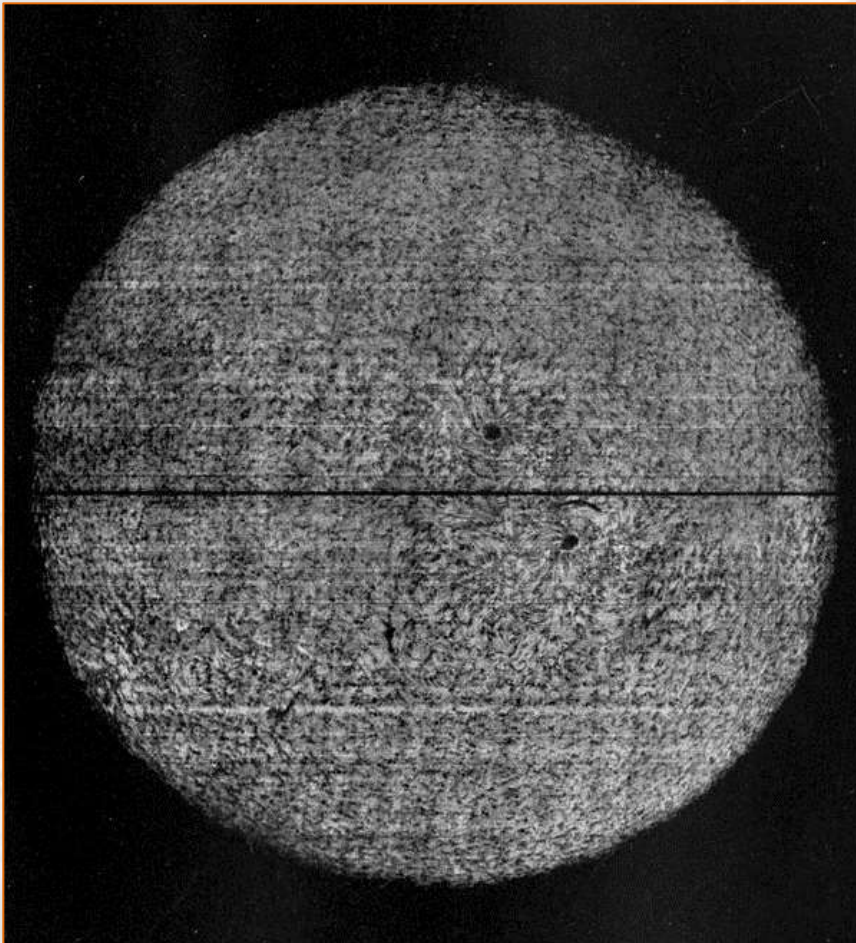
5" spektroheliograf, Mount Wilson Solar Observatory (Encyclopædia Britannica, 11th ed., 1911, v. 25, between p. 619)

Snow Solar Telescope

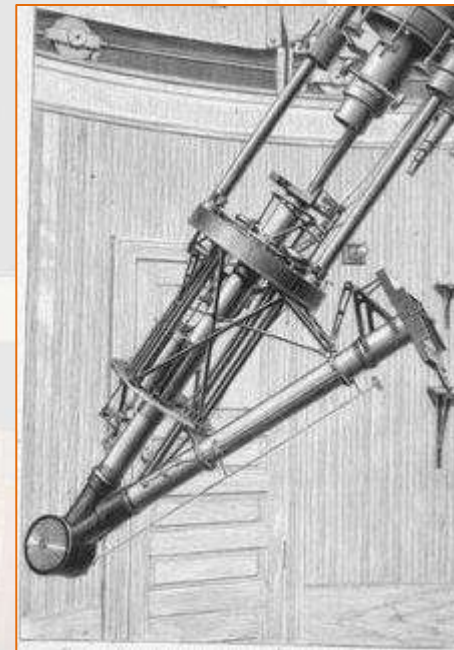


Spektroheliograf na Yerkes Observatory 40-inch.
(Zdroj: The University of Chicago)

Spektroheliograf

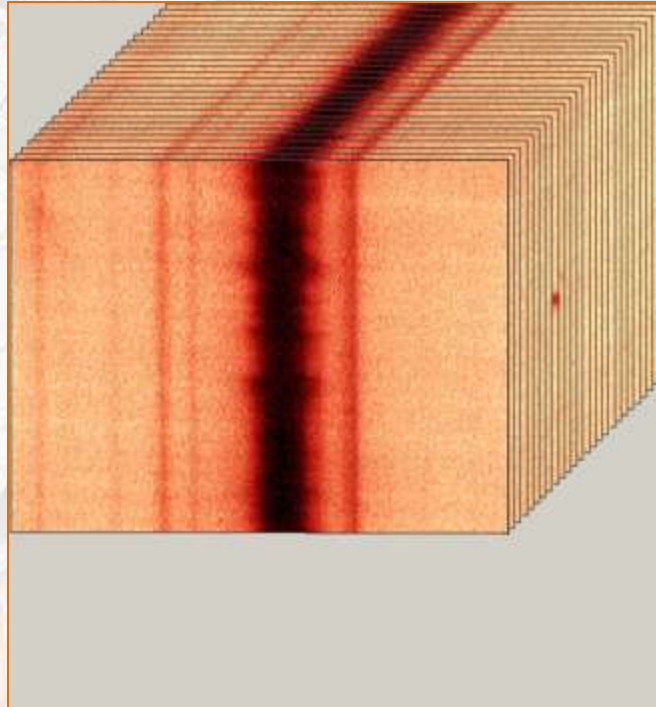


Spektroheliogram Slunce z 7. 10. 1908
(Carnegie Institution of Washington)



Haleho spektroheliograf, 1890

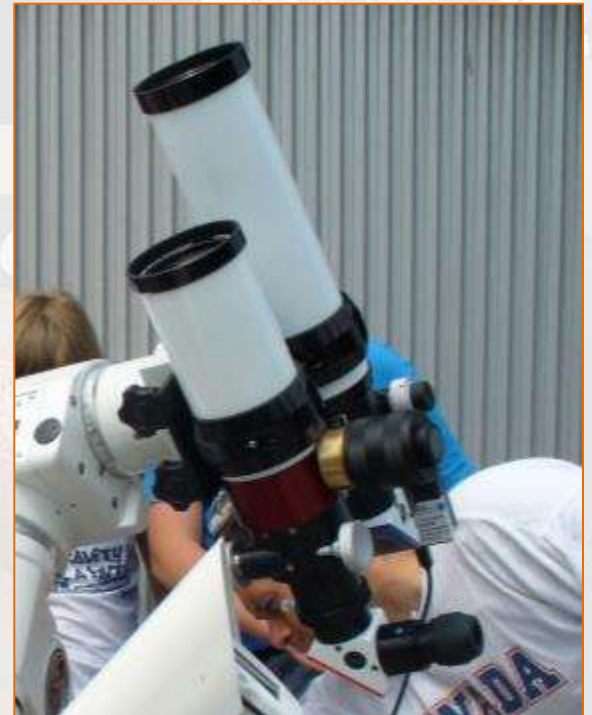
Spektroheliograf



Princip spektroheliografu

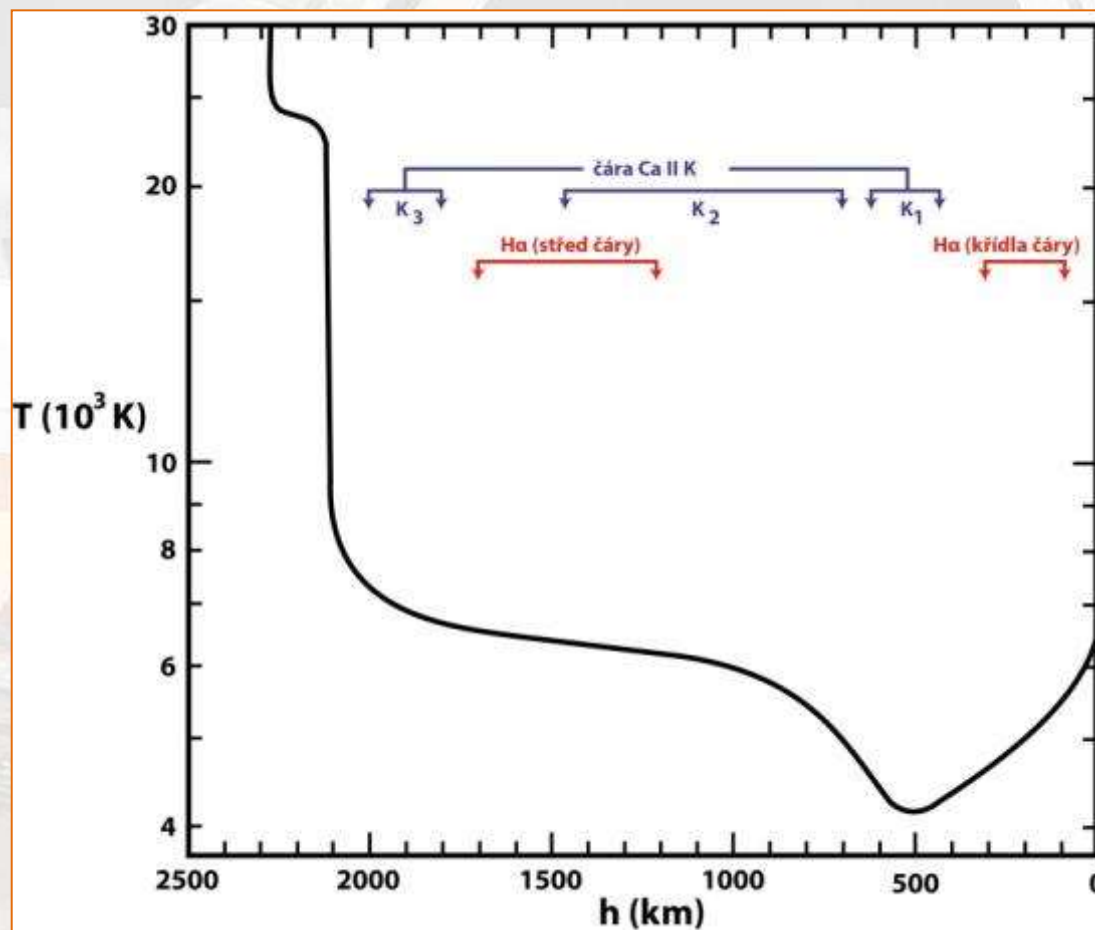
Současnost

- speciální monochromatické filtry (některé laditelné)
- velké spektrografy
- družicová pozorování
- běžně dostupné malé přístroje

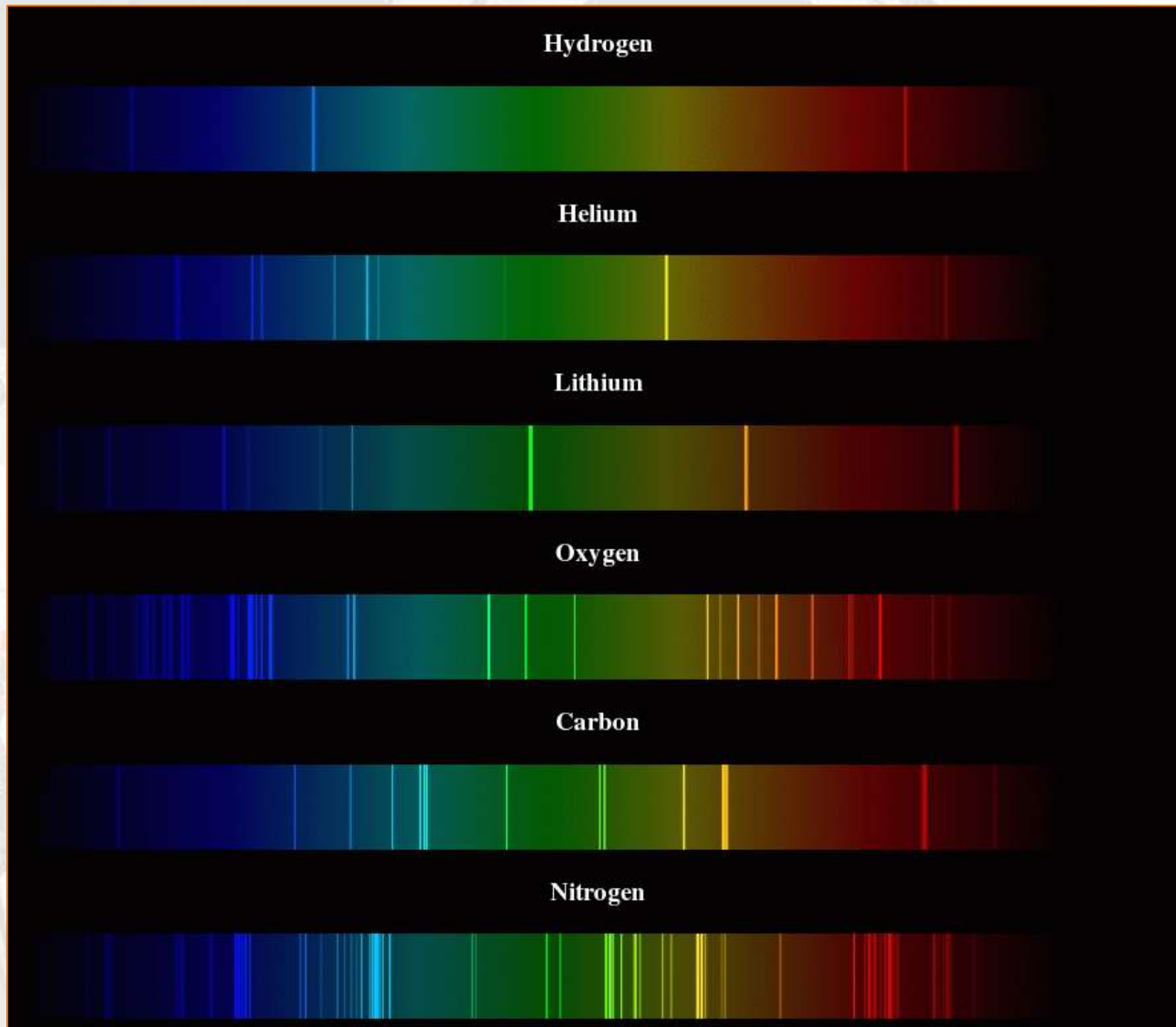


Význam pro sluneční fyziku

Spektrální čára vzniká za specifických (nejen) fyzikální podmínek - prozrazuje mnoho informací z místa svého vzniku. Ale pozor, není to tak snadné...



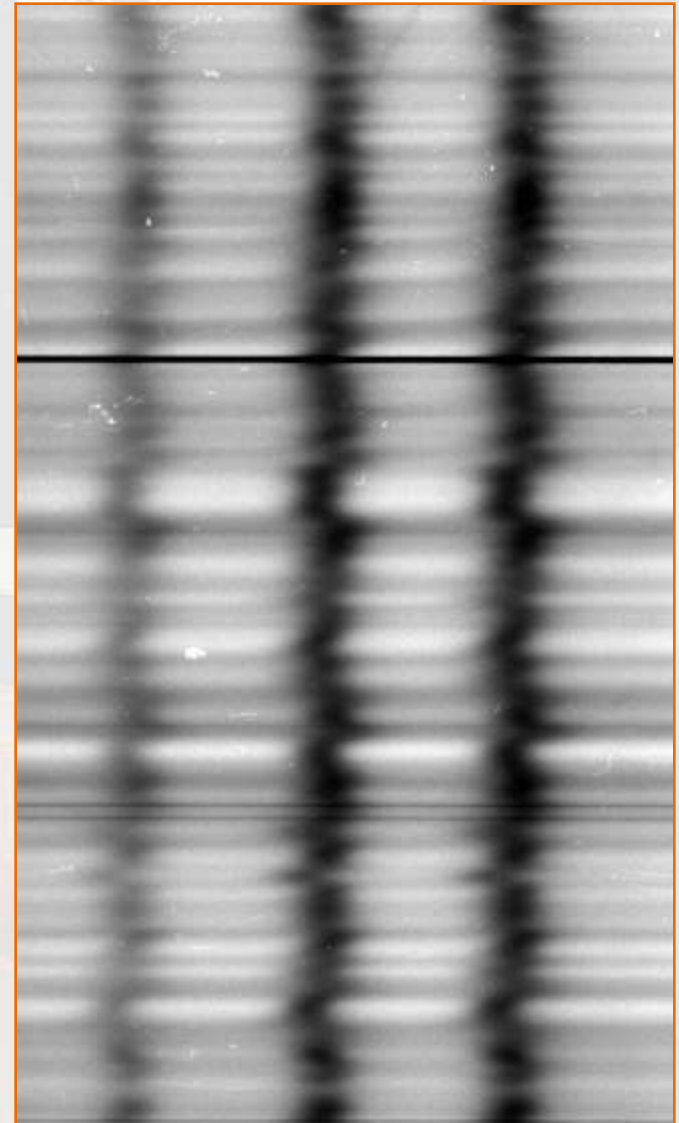
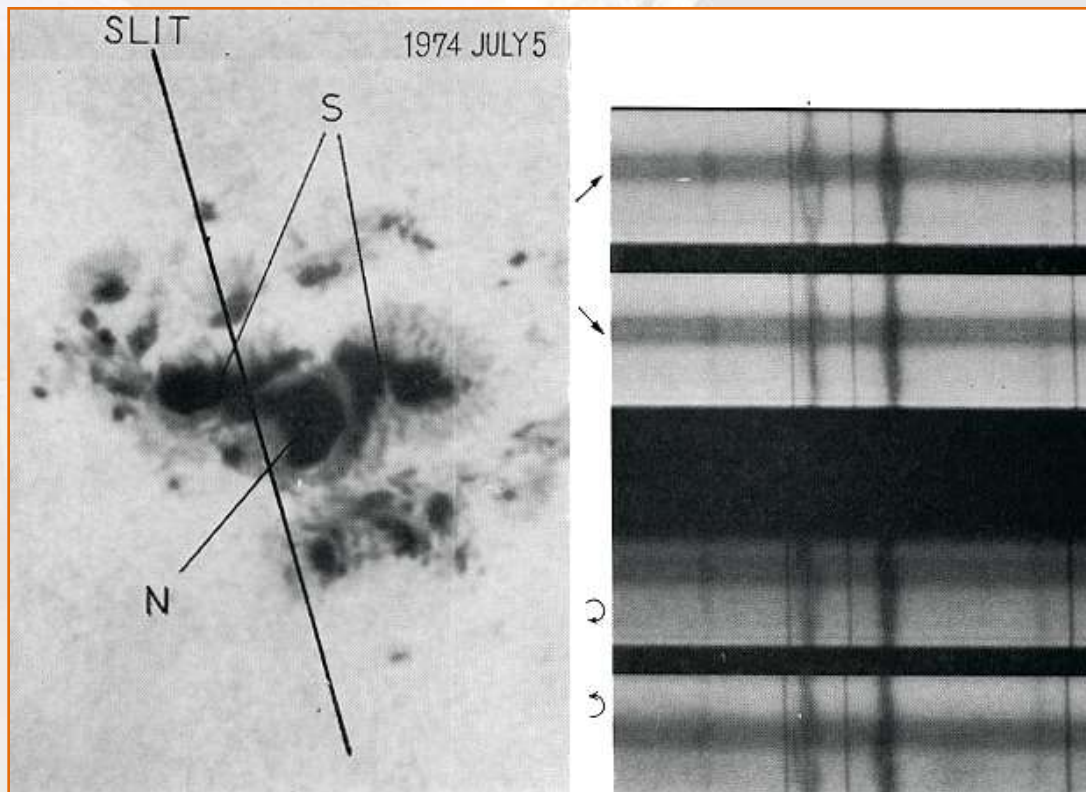
Stopy prvků a podmínek



Stopy prvků a podmínek

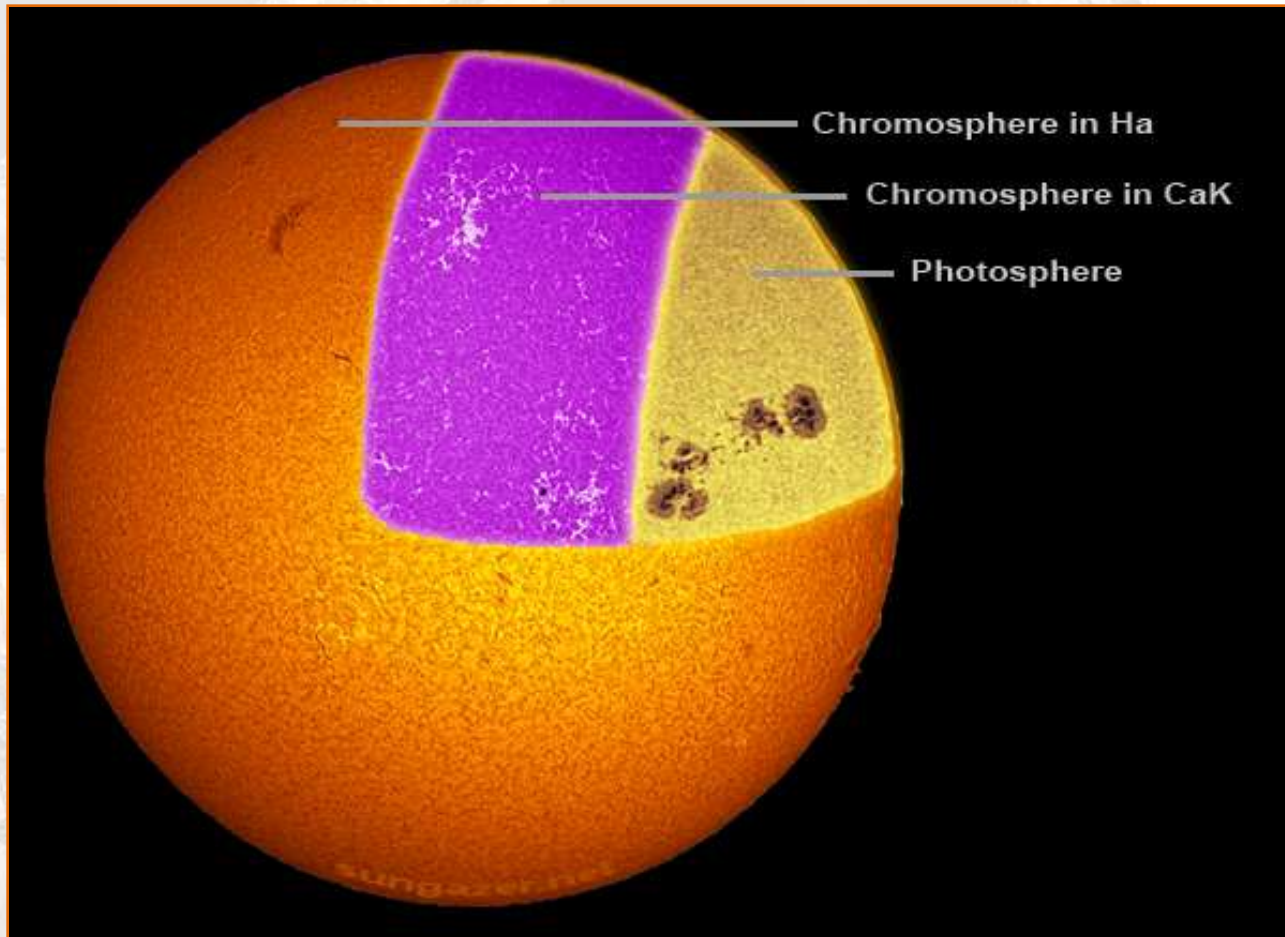
Radiální rychlosti

Přítomnost magnetických polí

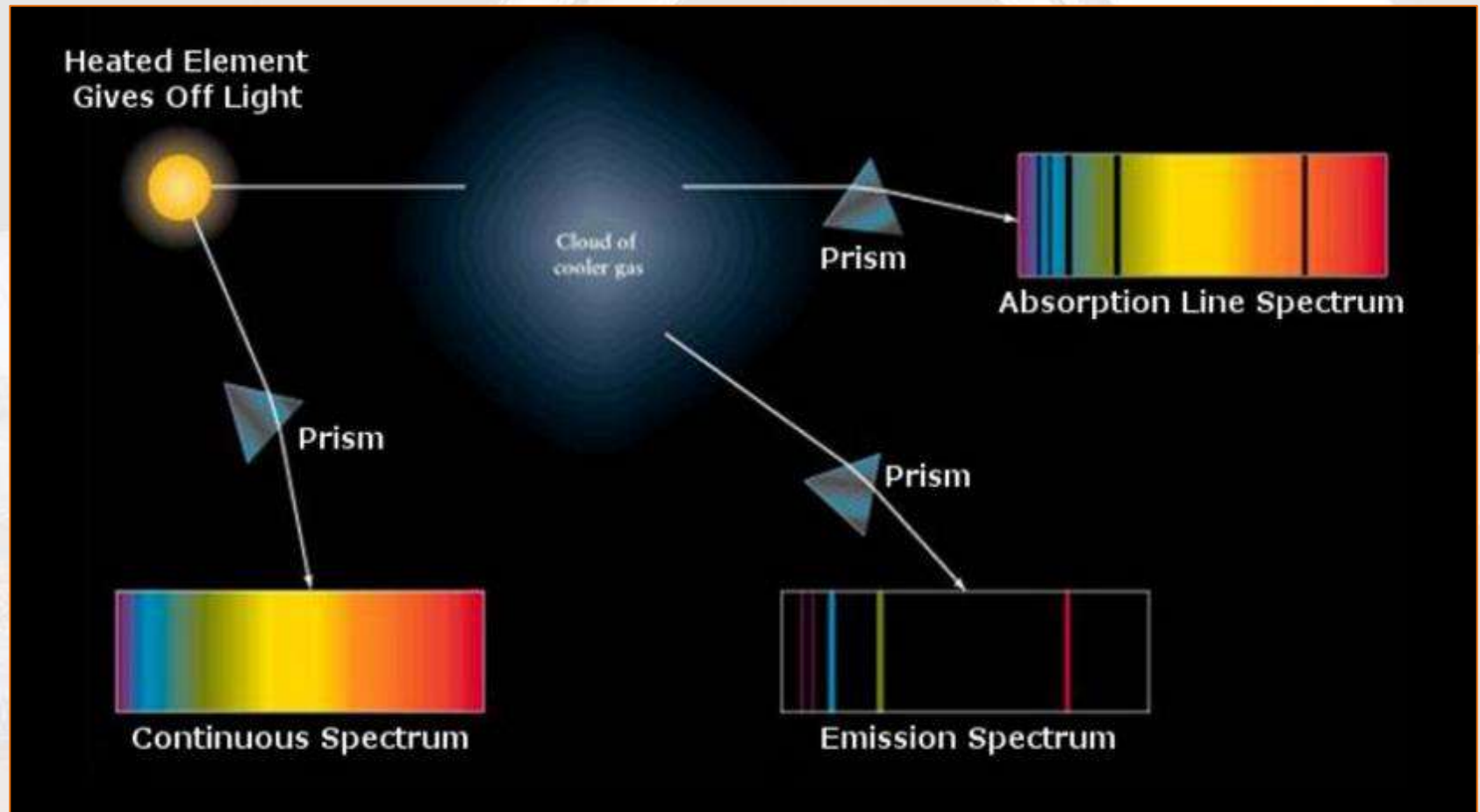


Sluneční atmosféra

Rozdílné fyzikální i chemické podmínky. Přítomnost magnetických i elektrických polí, pohyby plazmatu, apod.



Pochopení dějů, jevů, následků



Pozorování Slunce ve spektrálních čarách nejen na hvězdárnách

- Historické souvislosti
- Moderní přístroje – dostupné fyzicky i cenově
- Vizuálně atraktivní (Ca II K – problém) – jak se správně dívat
- Ukázat něco více než jen „žluté“ Slunce
- Popularizační účely, zájmové aktivity, systematická pozorování



Monochromatické „přístroje“ na Hvězdárně Valašské Meziříčí

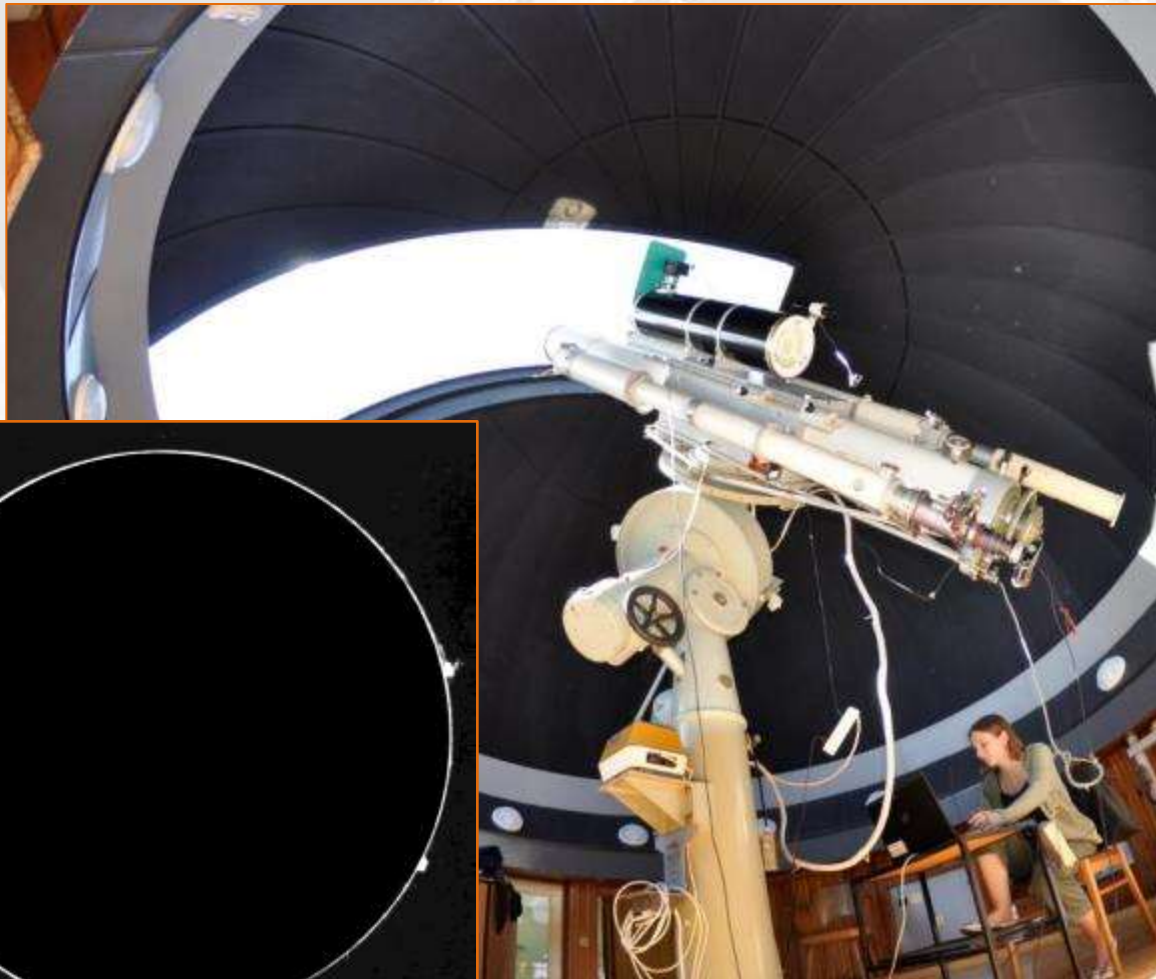


Vlevo: Detailní dalekohledy
pro čáru H-alfa a Ca II K
vápníku.

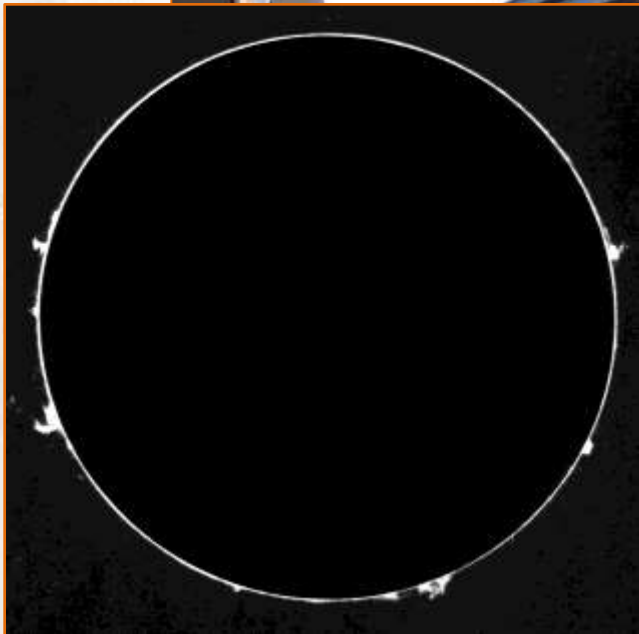
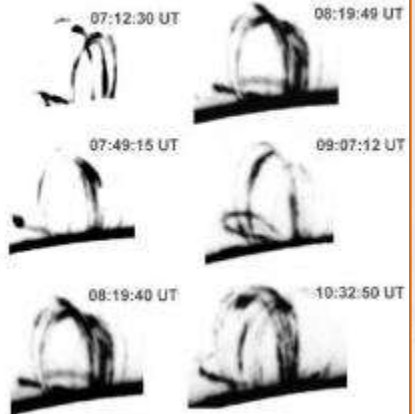
Nahoře: Synoptické
dalekohledy ve stejných
čarách

Monochromatická „specialita“

Protuberanční koronograf – vybavený Šolcovým filtrem

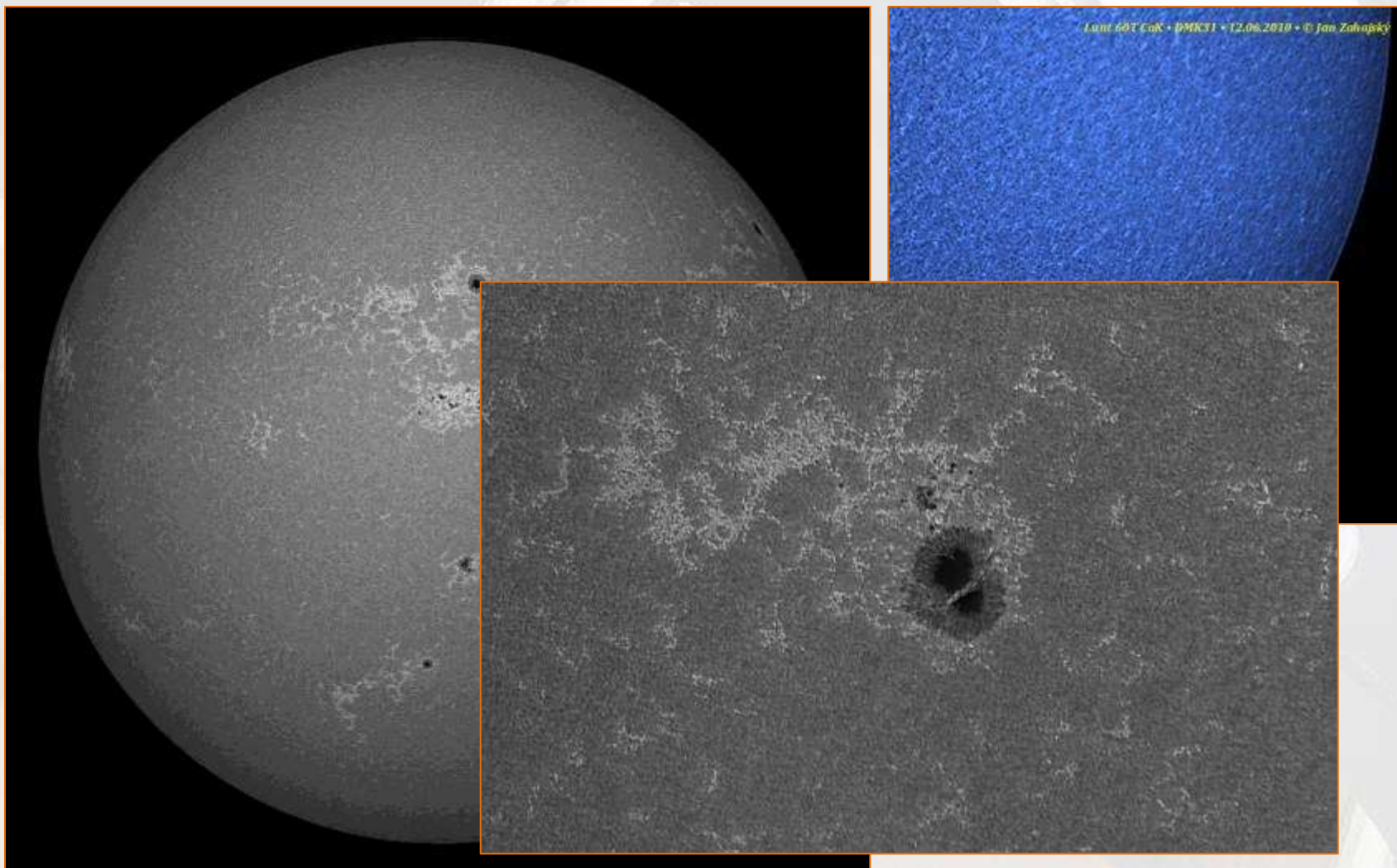


Poerupční smyčky ze dne 26. 06. 1992
(pozirce W N12°, exp. 1/15 s)



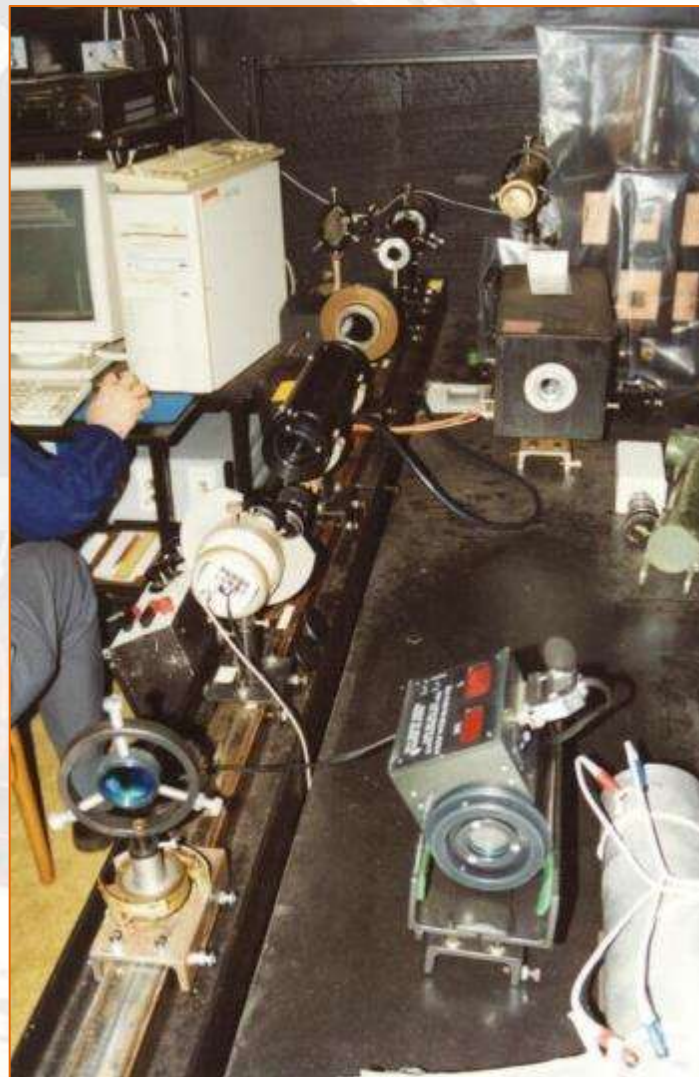
Nadšení zájemci

Moderní přístroje, detektory a metody zpracování



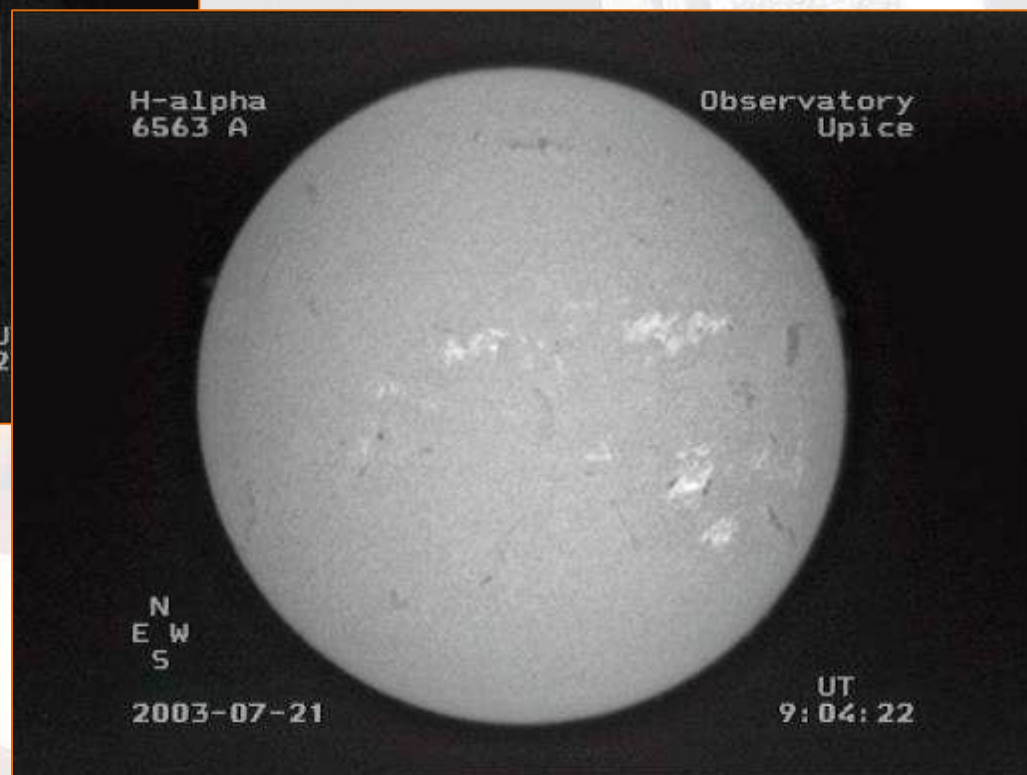
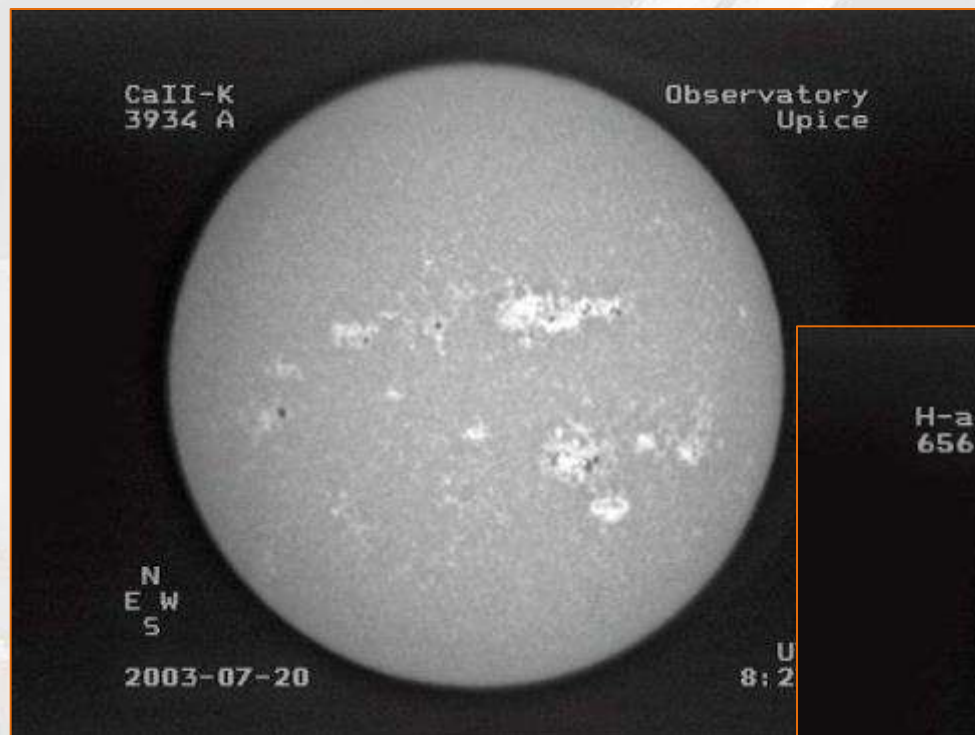
Speciální zařízení

Hvězdárna v Úpici



Speciální zařízení

Hvězdárna v Úpici



Speciální zařízení

Hvězdárna Valašské Meziříčí – kdysi



Zkušenosti a výsledky z pozorování

Na Hvězdárně Valašské Meziříčí je k dispozici několik dalekohledů pozorujících v monochromatickém světle:

- 1) Detailní chromosférický dalekohled
- 2) Detailní vápníkový dalekohled (Ca II K)
- 3) Protuberanční koronograf
- 4) Synoptický chromosférický dalekohled
- 5) Synoptický dalekohled pro pozorování v čáře Ca II K vápníku



Zkušenosti a výsledky z pozorování

Cíle pozorování:

monitorování a záznam projevů sluneční aktivity (erupcí, eruptivních protuberancí, filamentů, změny morfologie aktivních oblastí, vývoj nových aktivních oblastí)

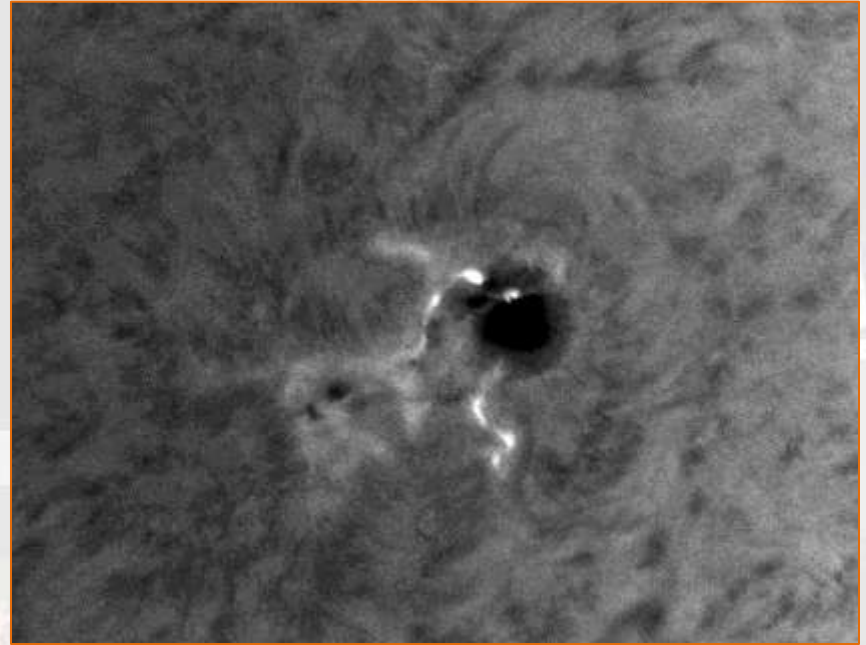
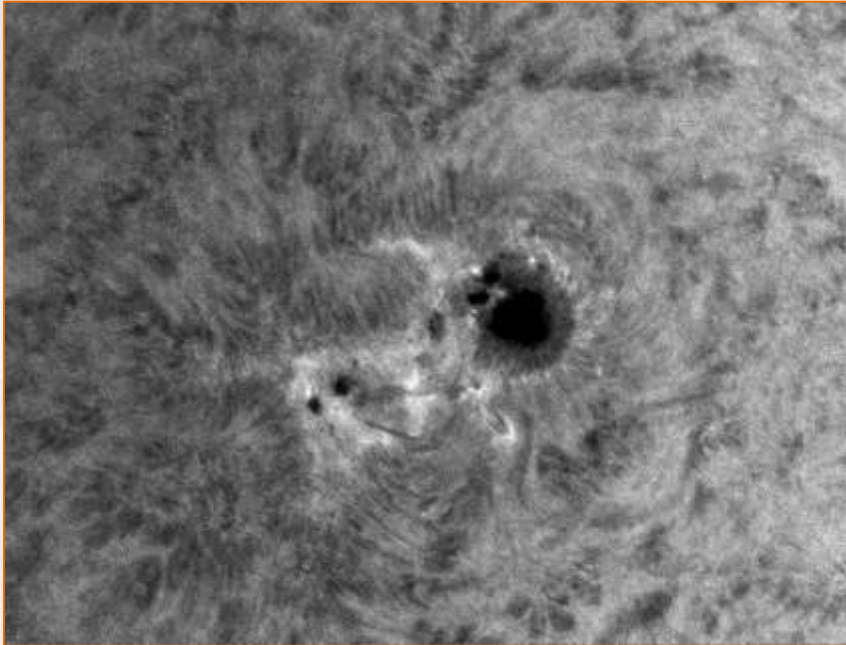
Metody:

monitoring aktivních oblastí - simultánní pozorování aktivních oblastí – záznam aktivních jevů a vývoje – celkové snímky (proč) a detaily

Postupy:

sledování aktivity (rentgen) – snímání CCD kamerou – kalibrace a zpracování – výběr – uložení do archivu – zpracování – publikace (přehledy, zpracování dat)

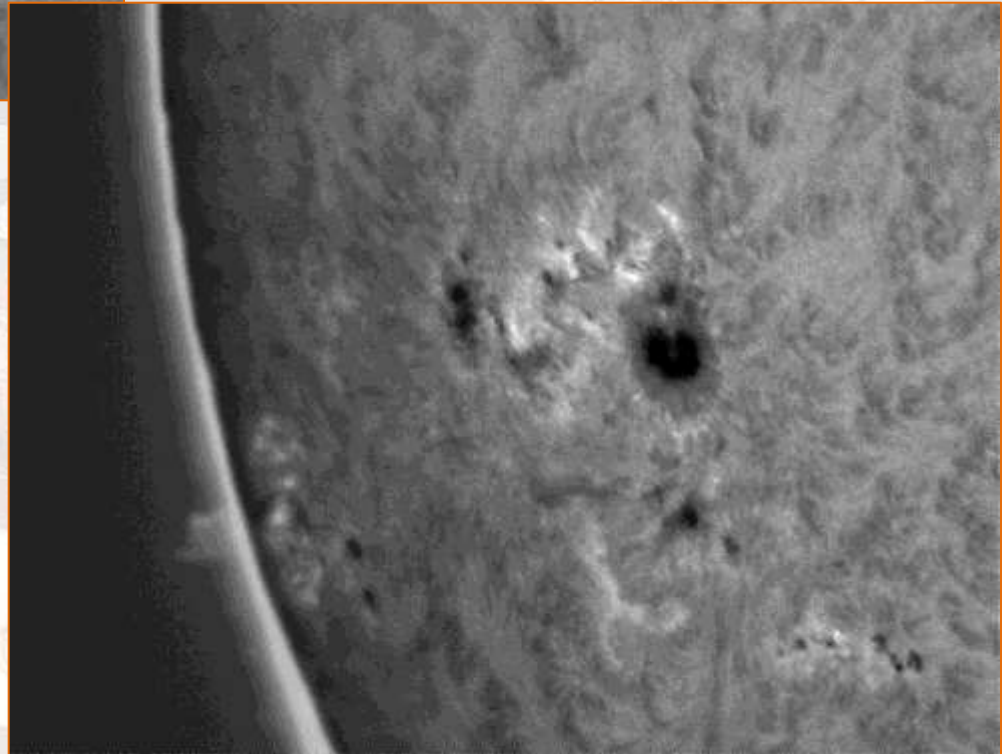
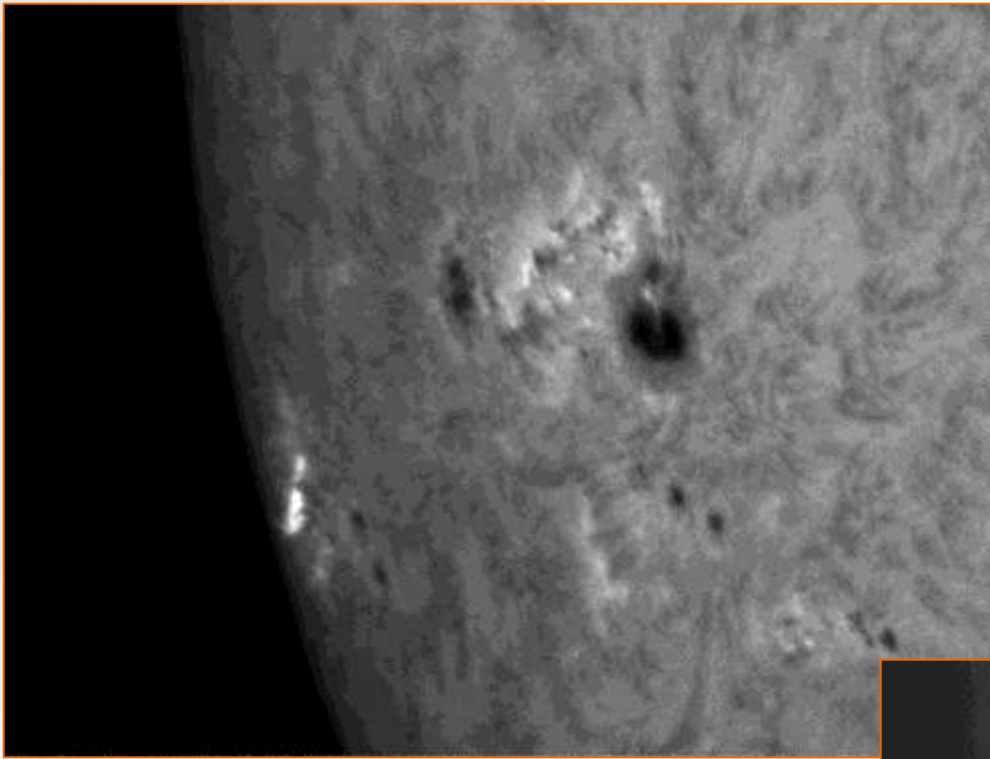
Aktivní oblasti - erupce



H11818_2013-08-16_12-08-18_0542_final

H11818_2013-08-16_12-46-17_0836_final

Aktivní oblasti - erupce



NOAA 11785 - 3. července 2013 v 12:03:38 UT

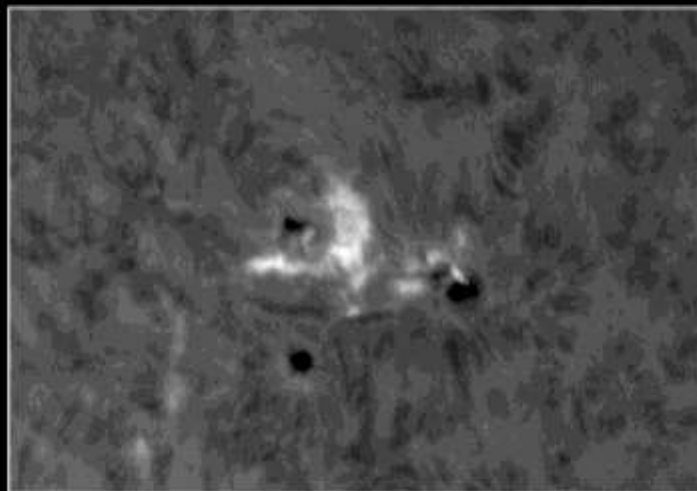
NOAA 11785 - 3. července 2013 v 15:19:31 UT

VÝVOJ ERUPCE NOAA 11800

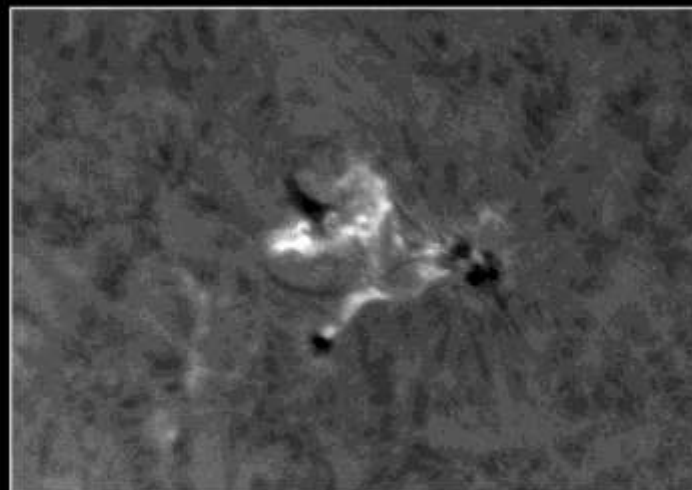
21. července 2013
Hvězdárna Valašské Meziříčí



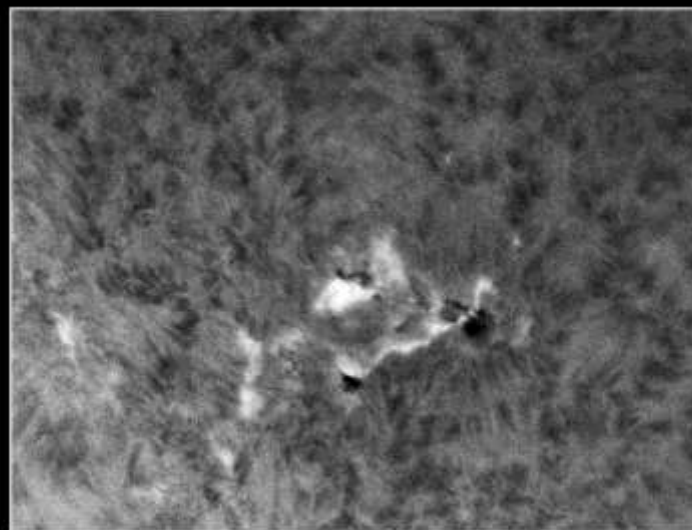
2013-07-21 08:37:39 UT



2013-07-21 08:40:45 UT



2013-07-21 08:49:08 UT



2013-07-21 09:08:39 UT

Aktivní oblasti - erupce



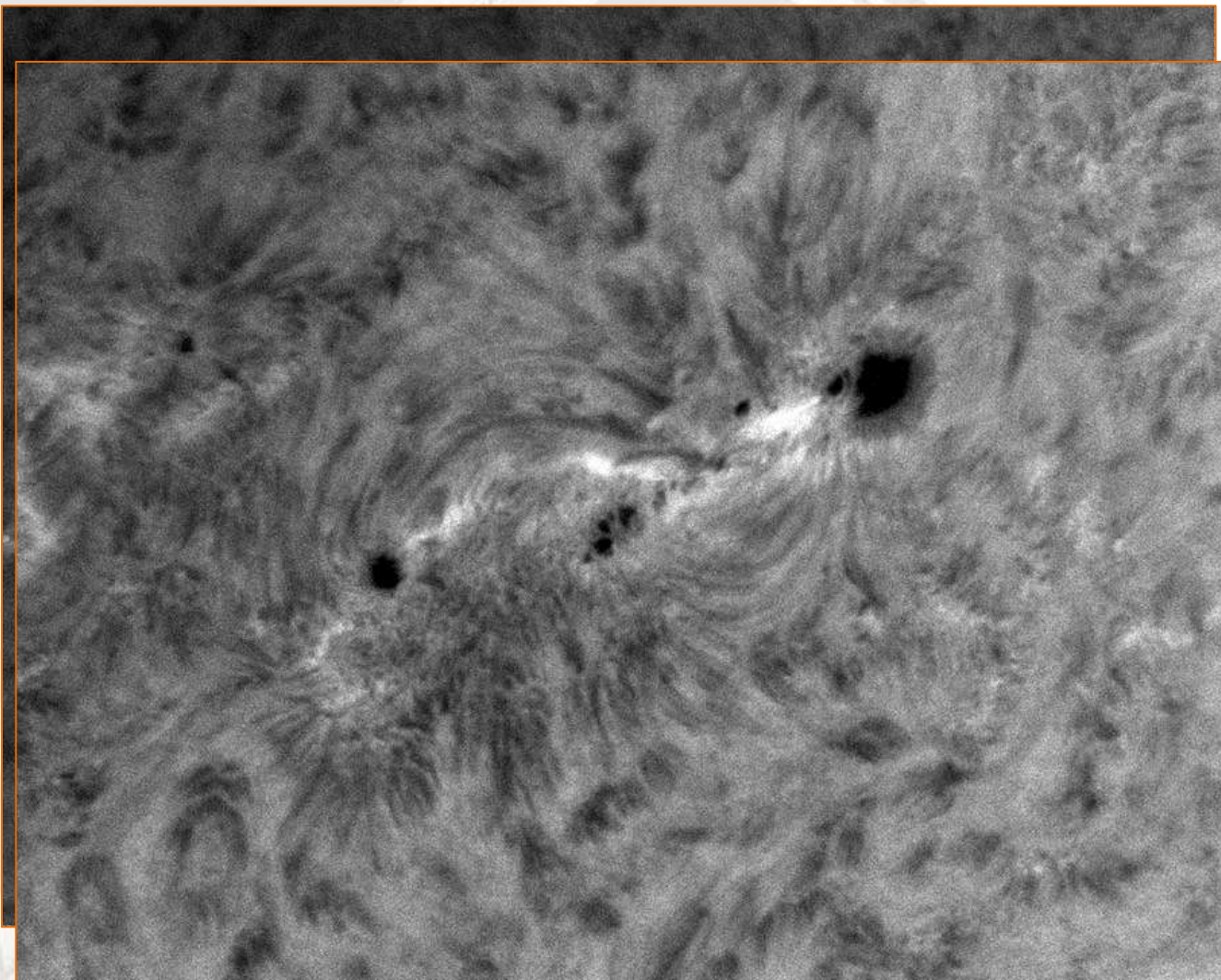
NOAA11226_2011-06-07_06-37-39_0229d

Aktivní oblasti v Ca II K



C11820 2013-08-15 v 07:32:03 UT

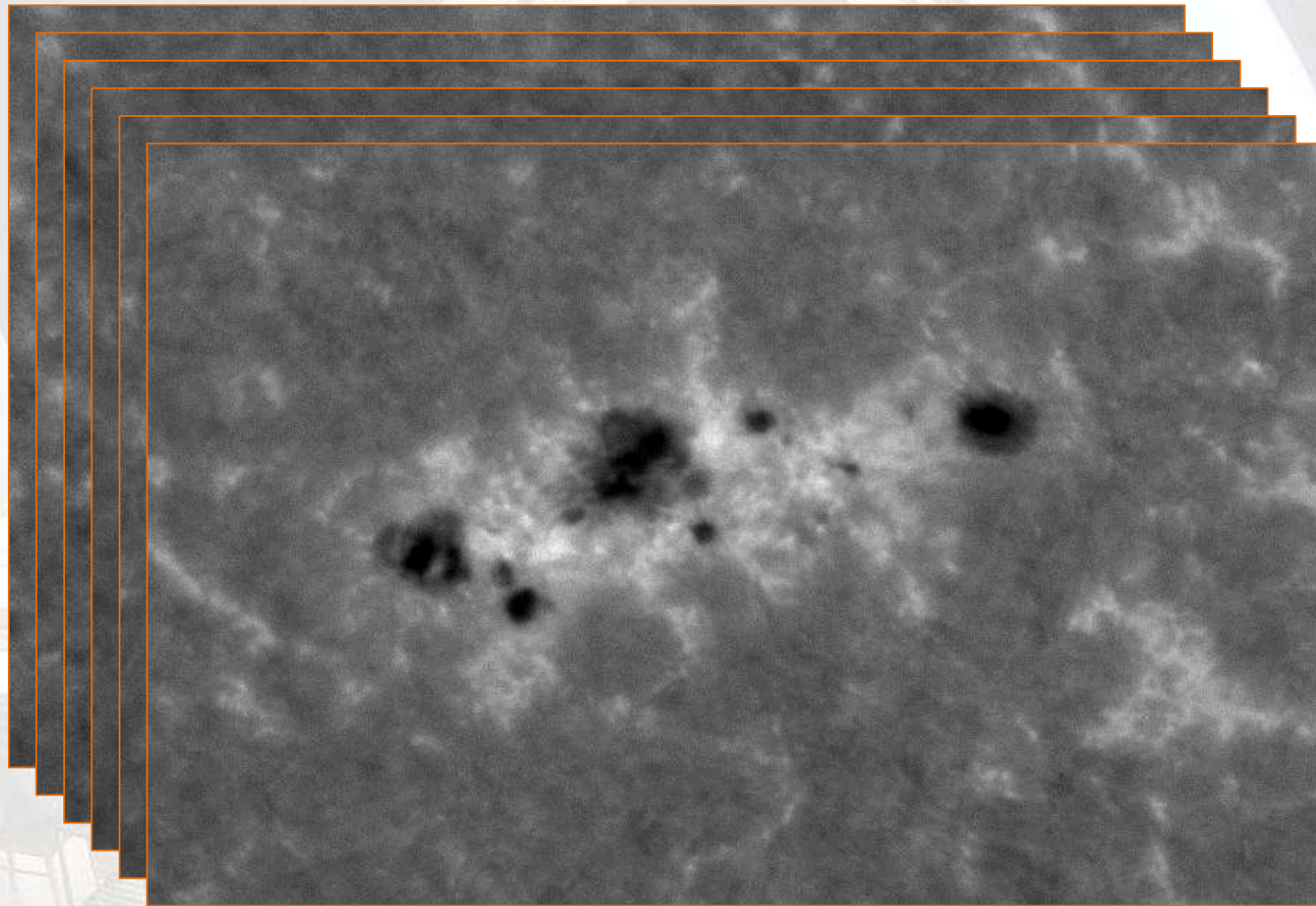
Aktivní oblasti - erupce



NOAA 11817 ze dne 14. 8. 2013 v 10:38:24 UT

NOAA 11817 ze dne 15. 8. 2013 v 06:25:46 UT

Aktivní oblasti - erupce



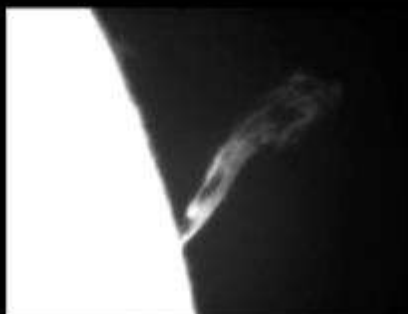
Ca II K NOAA11817 2013-08-12 v 10:38:08 UT; 10:39:18; 10:41:38; 10:46:57; 11:03:32; 11:04:08 UT

Protuberance

VÝVOJ ERUPTIVNÍ PROTUBERANCE
HVĚZDÁRNA VALAŠSKÉ MEZIRŘÍČÍ



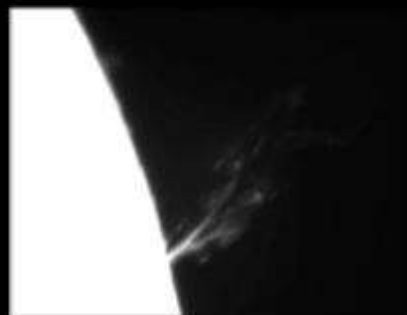
13:28:31 UT



13:32:07 UT



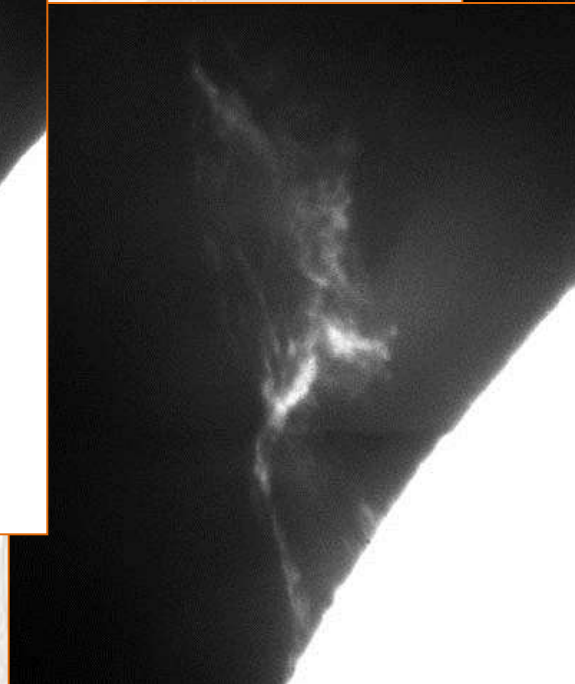
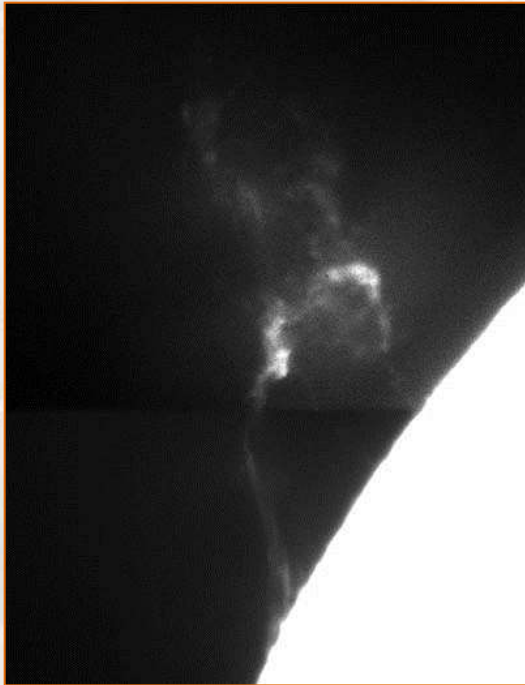
13:42:06 UT



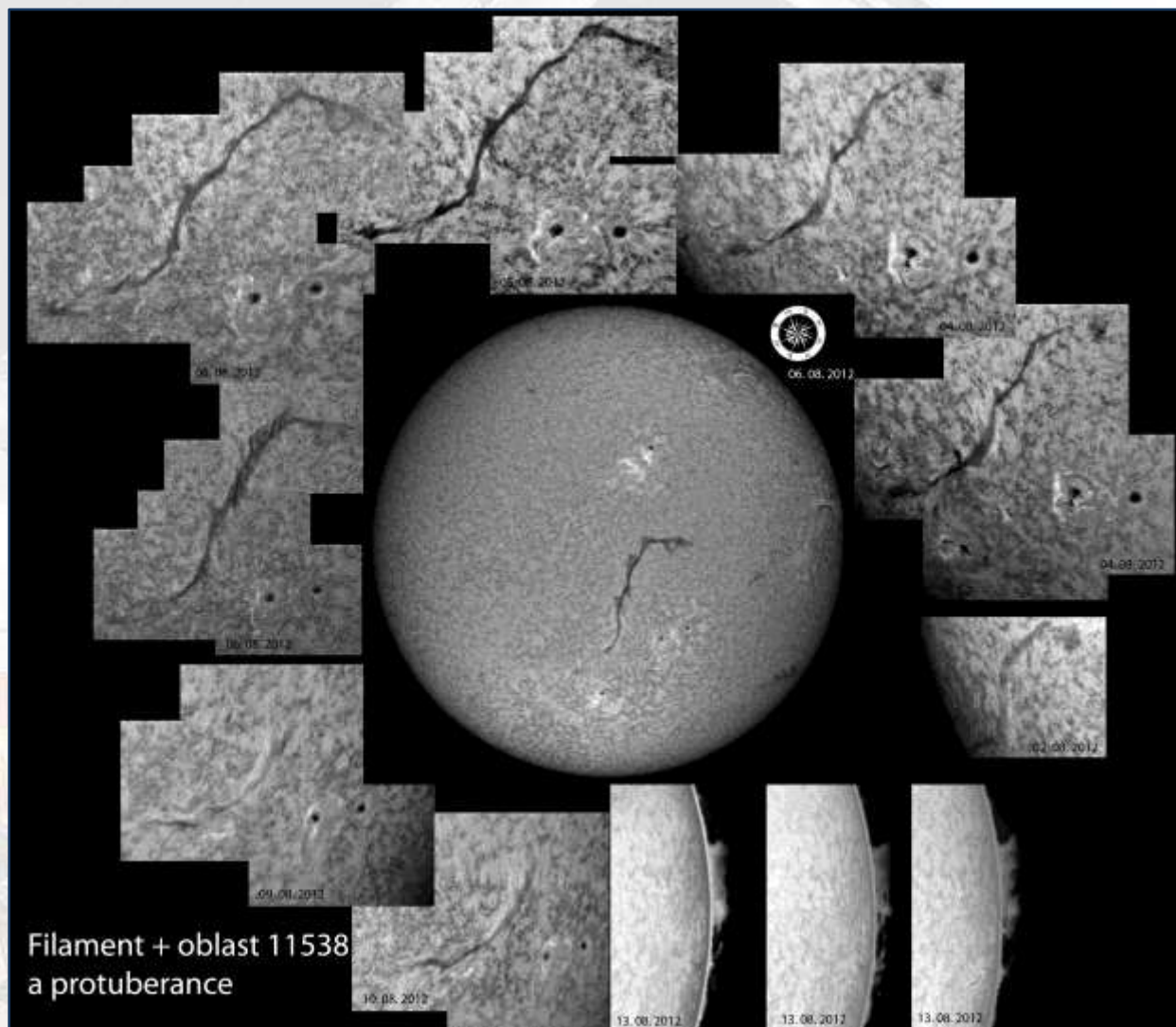
13:47:35 UT

Vývoje eruptivní protuberance po erupci za západním okrajem limbu

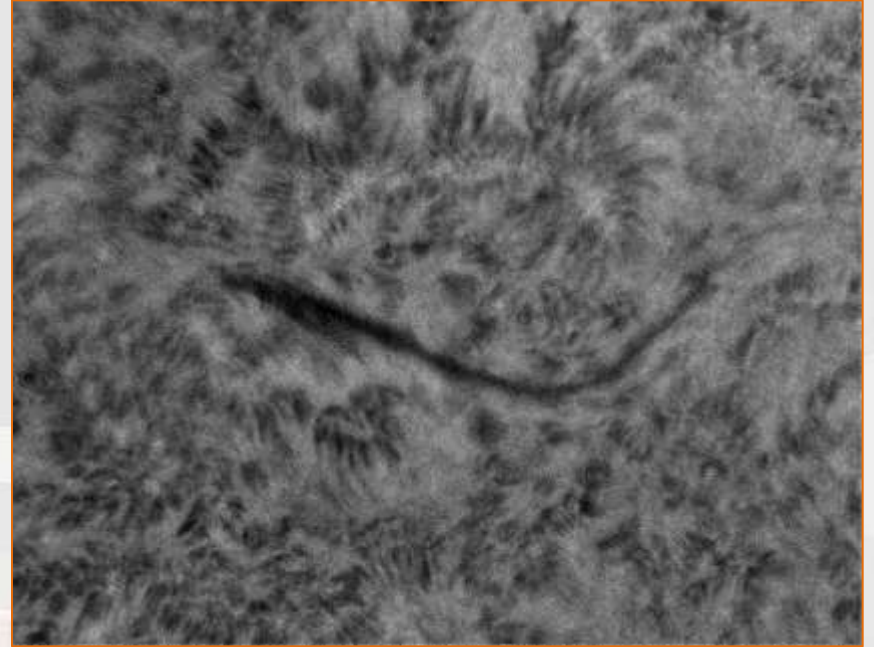
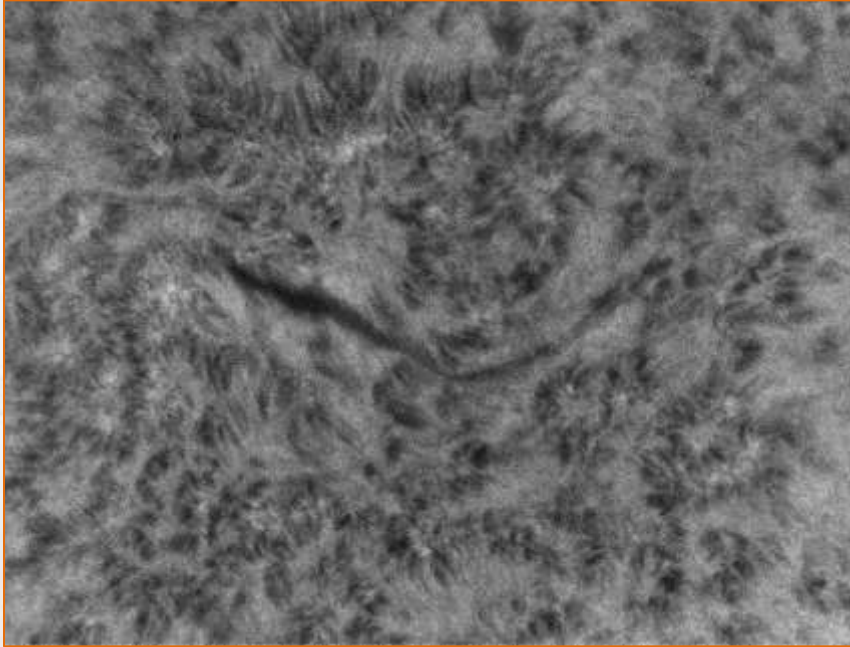
Protuberance



Časosběrné snímky



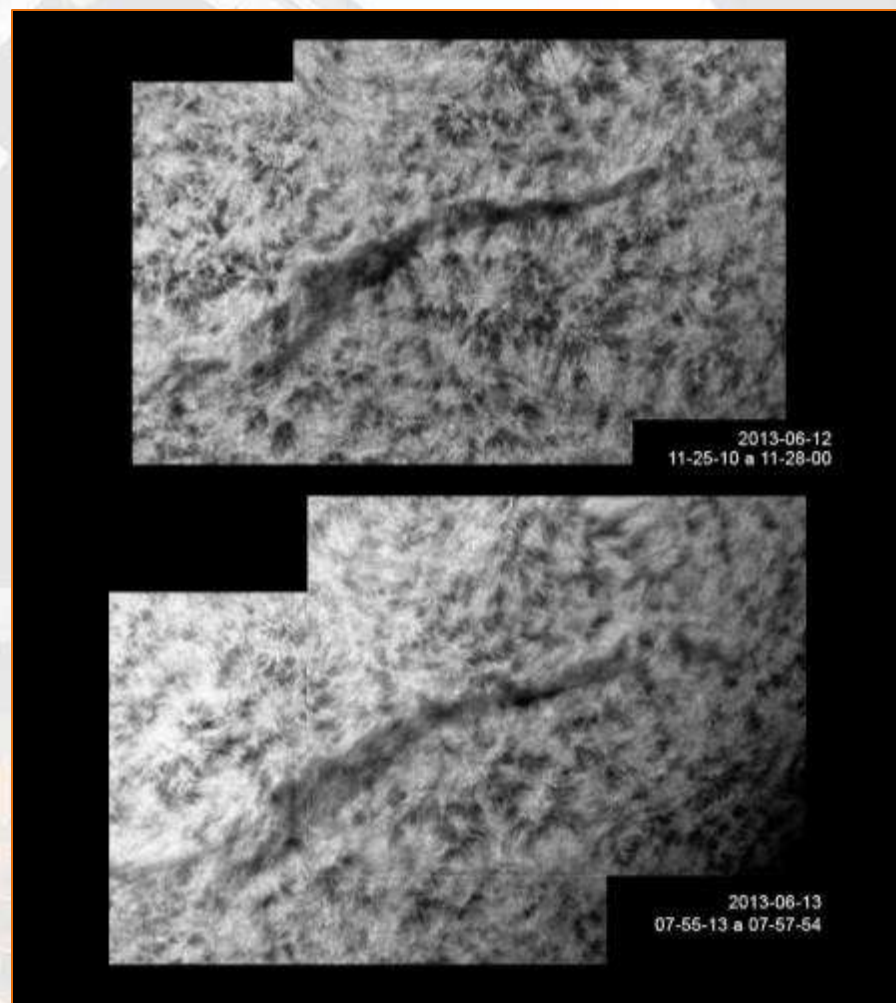
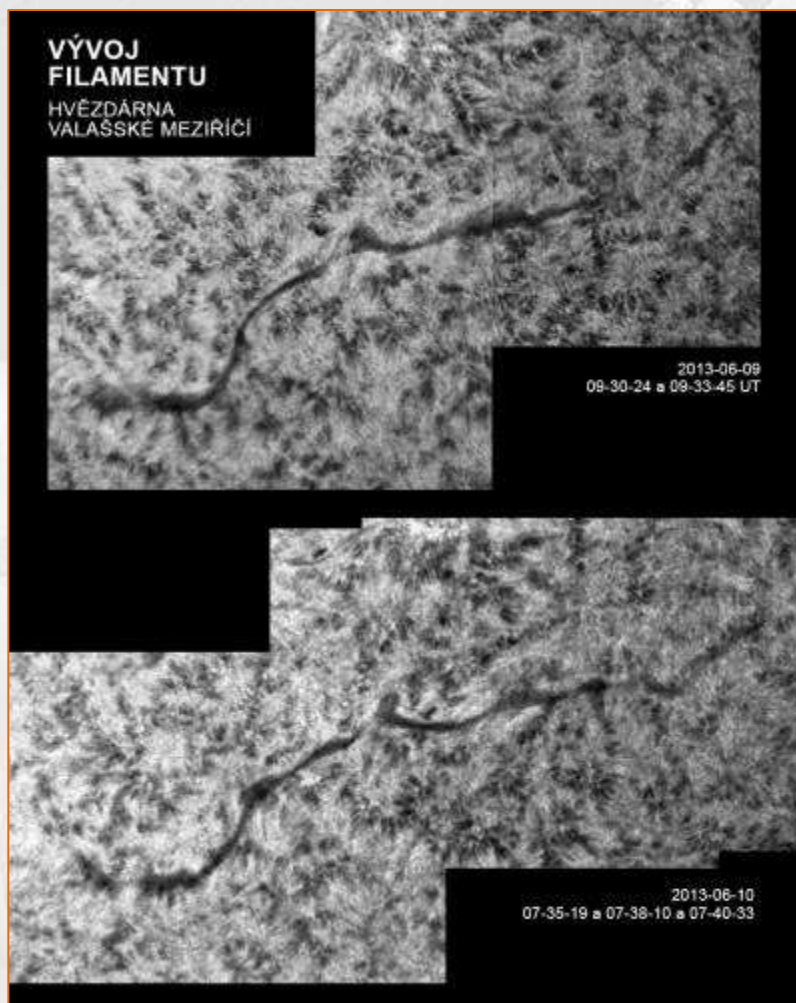
Filamenty



FIL_2013-08-15_08-25-58_1158_final

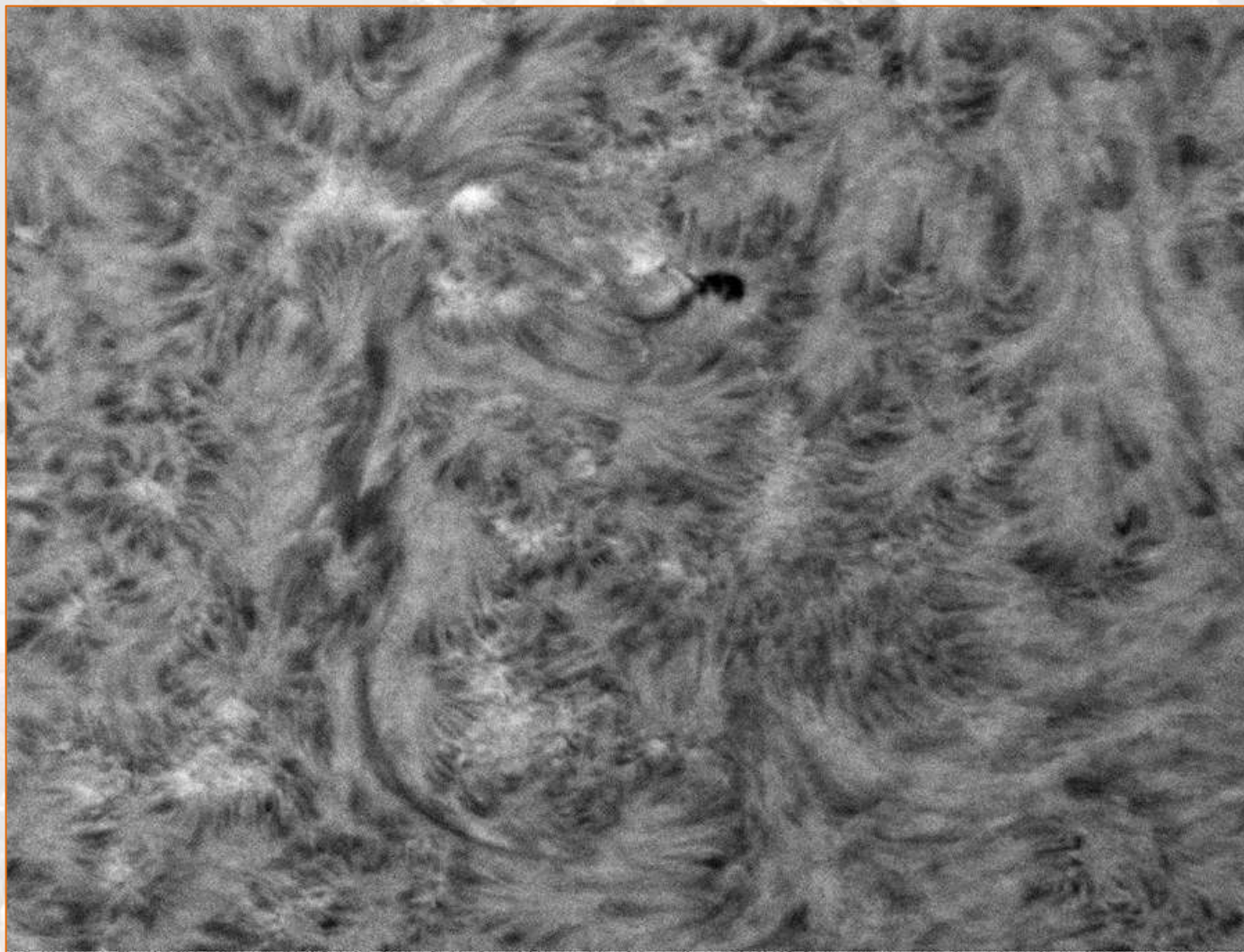
FIL2_2013-08-16_07-22-15_0416_final

Filamenty



Vývoj systému filamentů – červen 2013

Filamenty



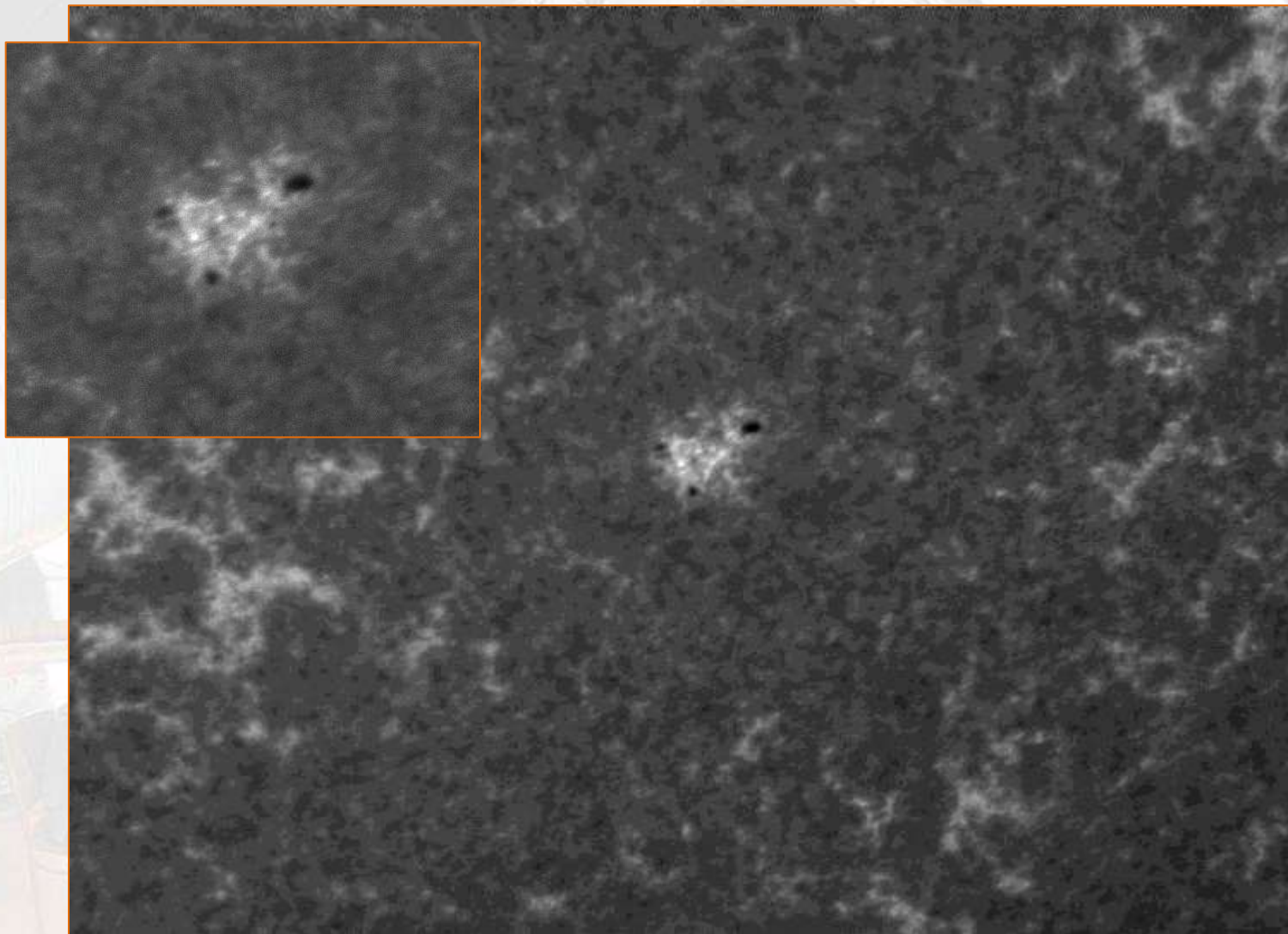
NOAA11763 ze dne 2. června 2013 v 08:42:28 UT

Nové aktivní oblasti



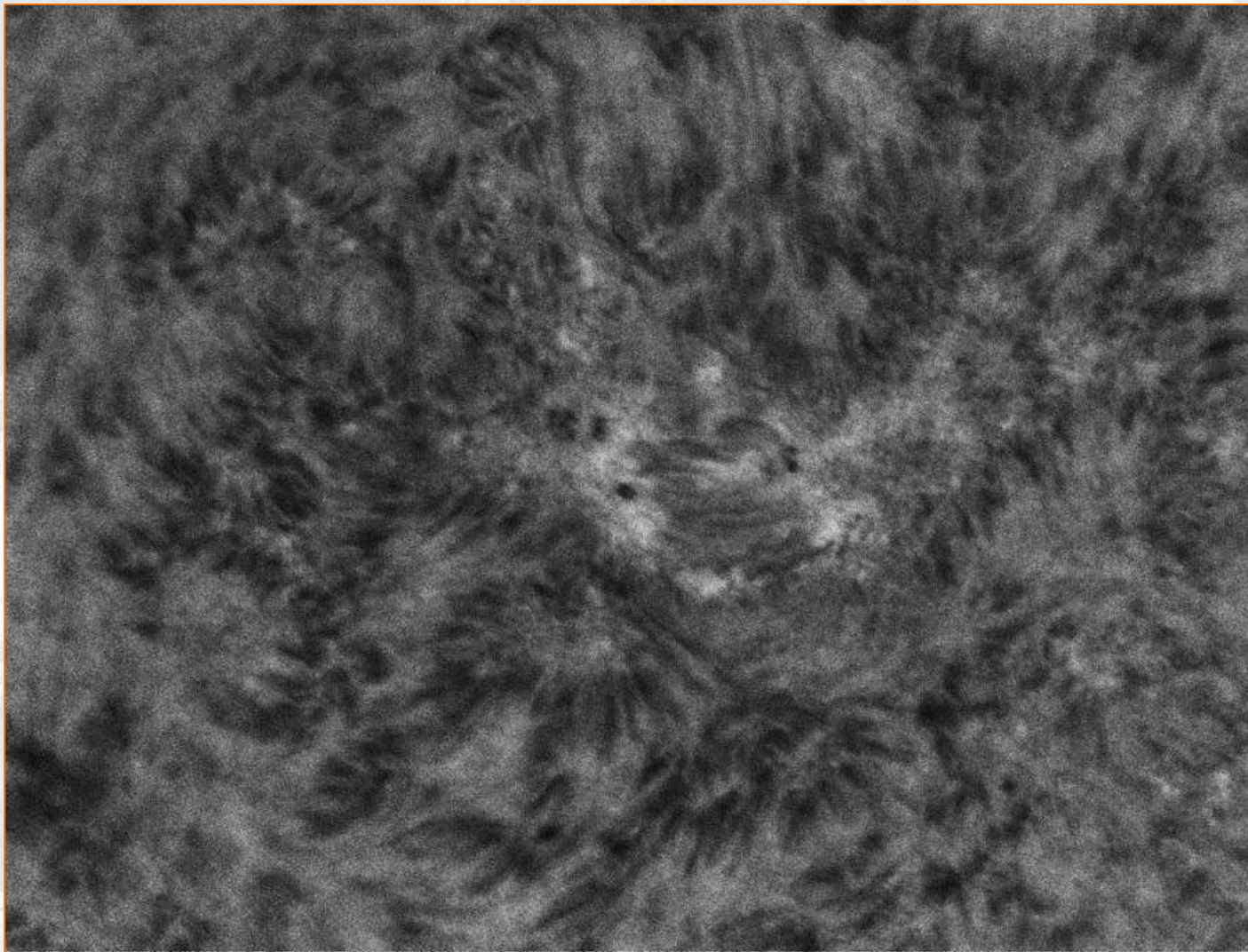
NOAA11764 ze dne 2. 6. 2013 v 08:35:11 UT

Nové aktivní oblasti



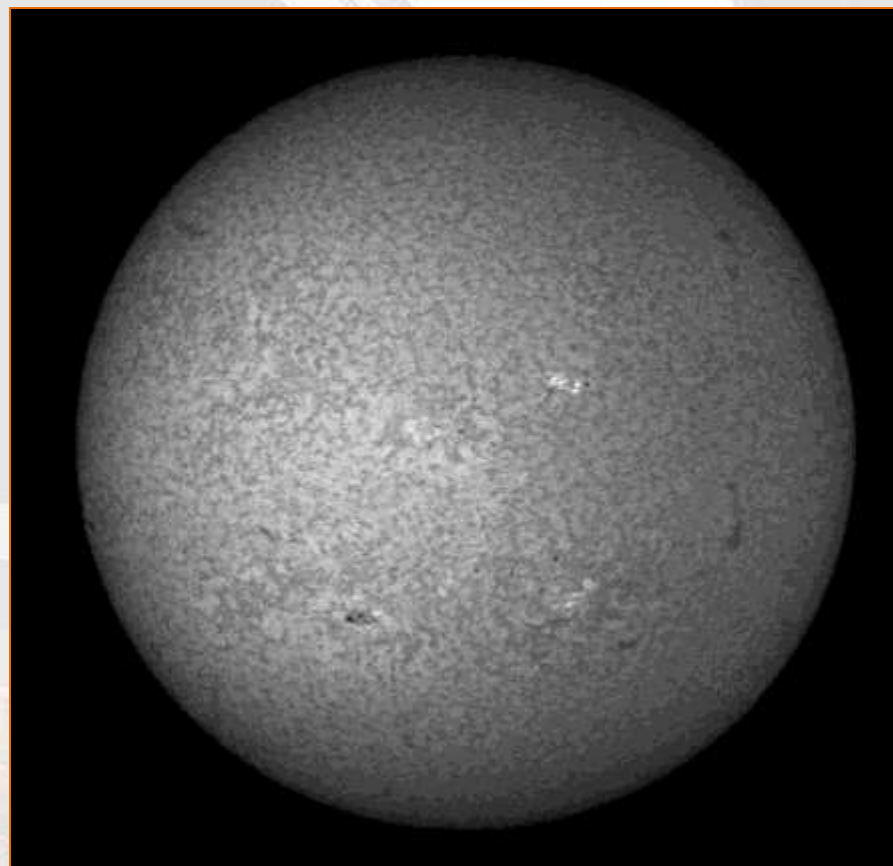
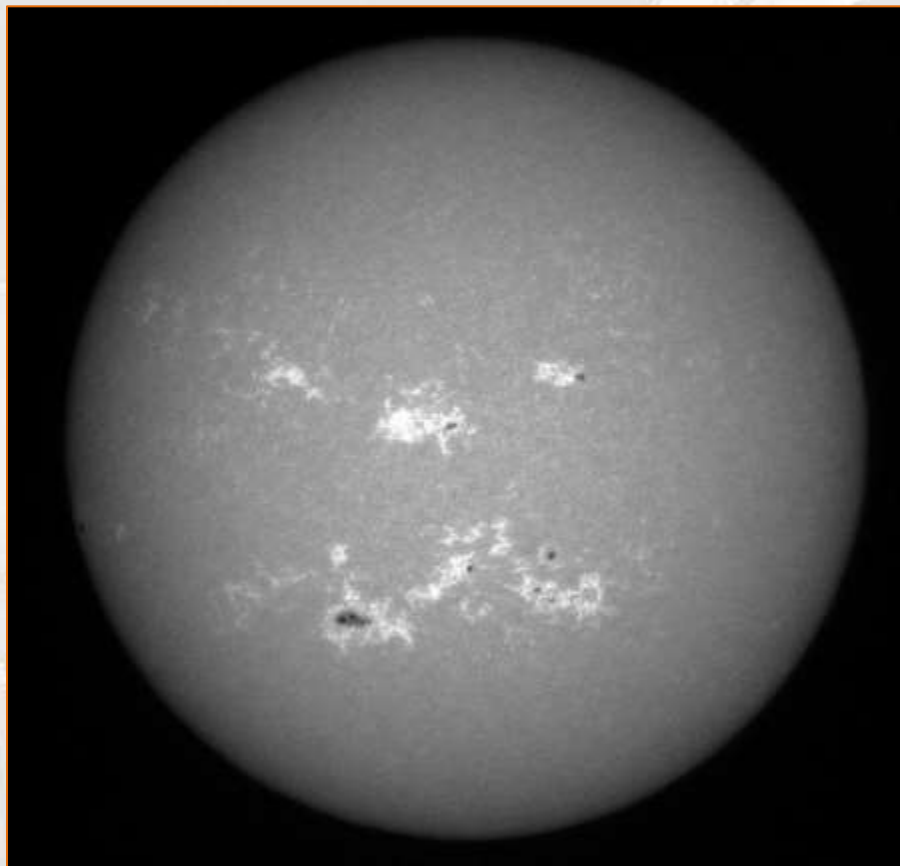
Nová aktivní oblast 2013-08-17 12:54:36 UT

Nové aktivní oblasti



NOAA 11820 ze dne 29. 8. 2013 v 08:21:42 UT

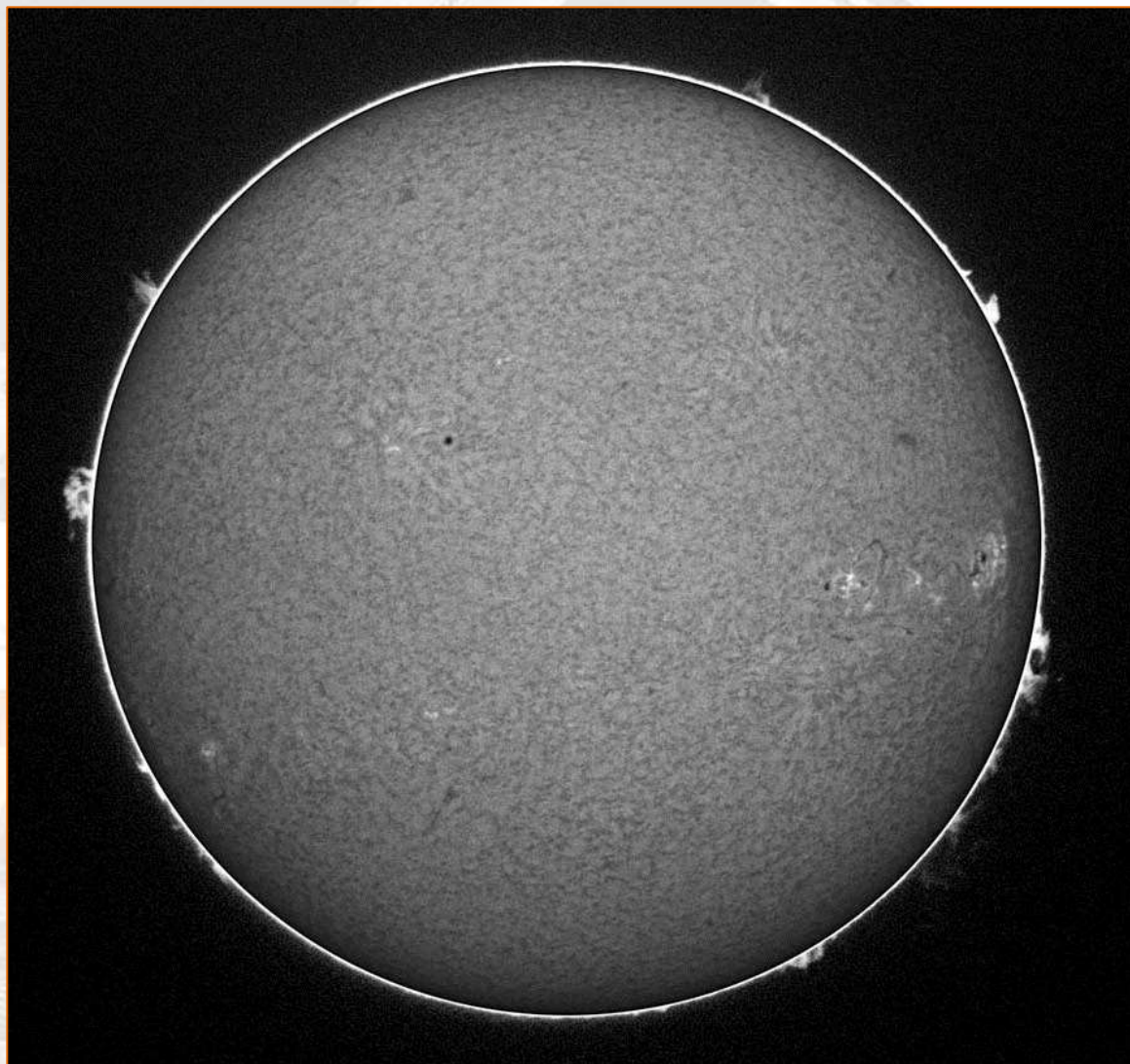
Synoptická pozorování



CaK vápníku ze dne 20. 6. 2013 v 07:43:19 UT

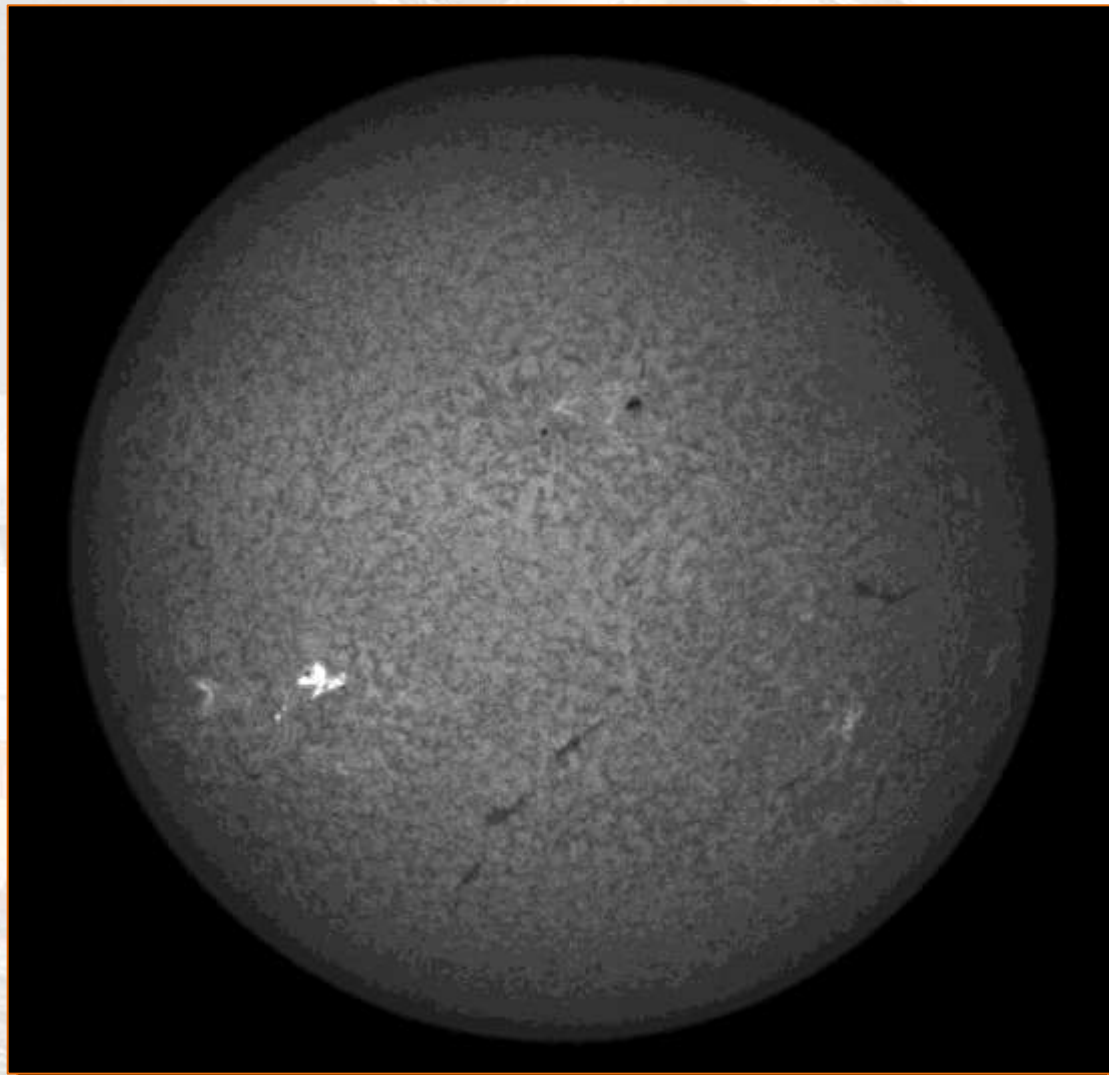
H-alfa ze dne 20. 6. 2013 v 09:58:44 UT

Synoptická pozorování



Celkový snímek Slunce v čáře vodíku H-alfa ze dne 28. července 2013 v 08:30:21 UT

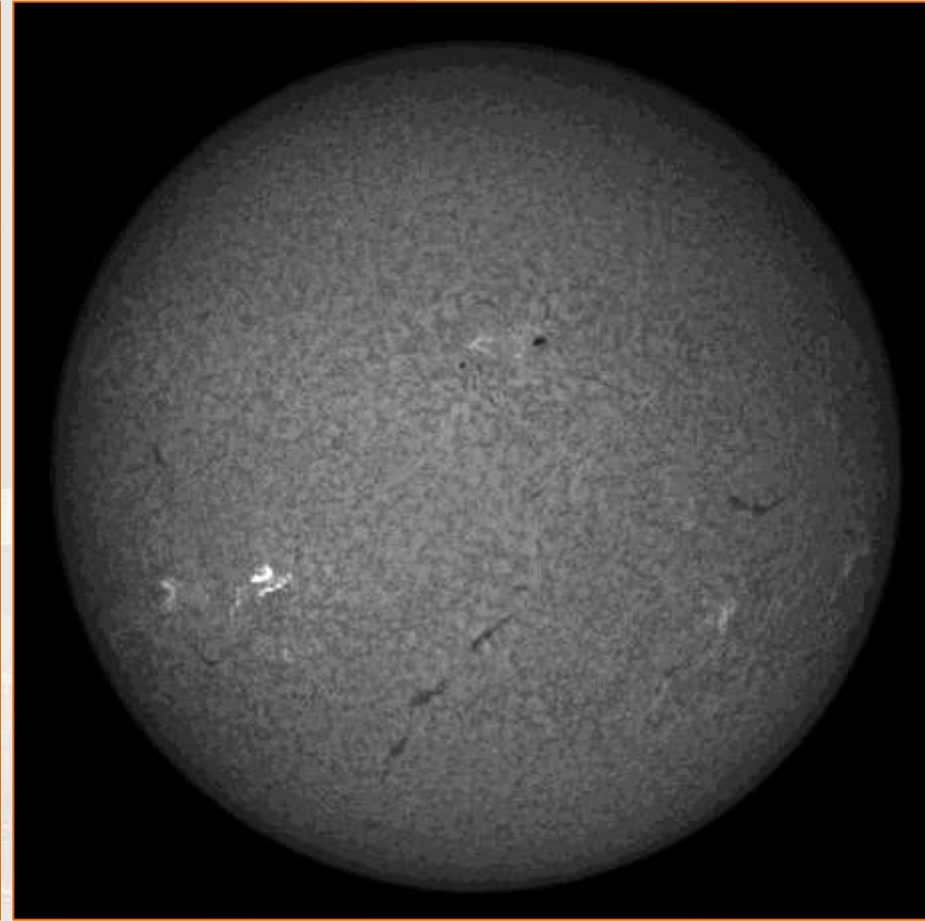
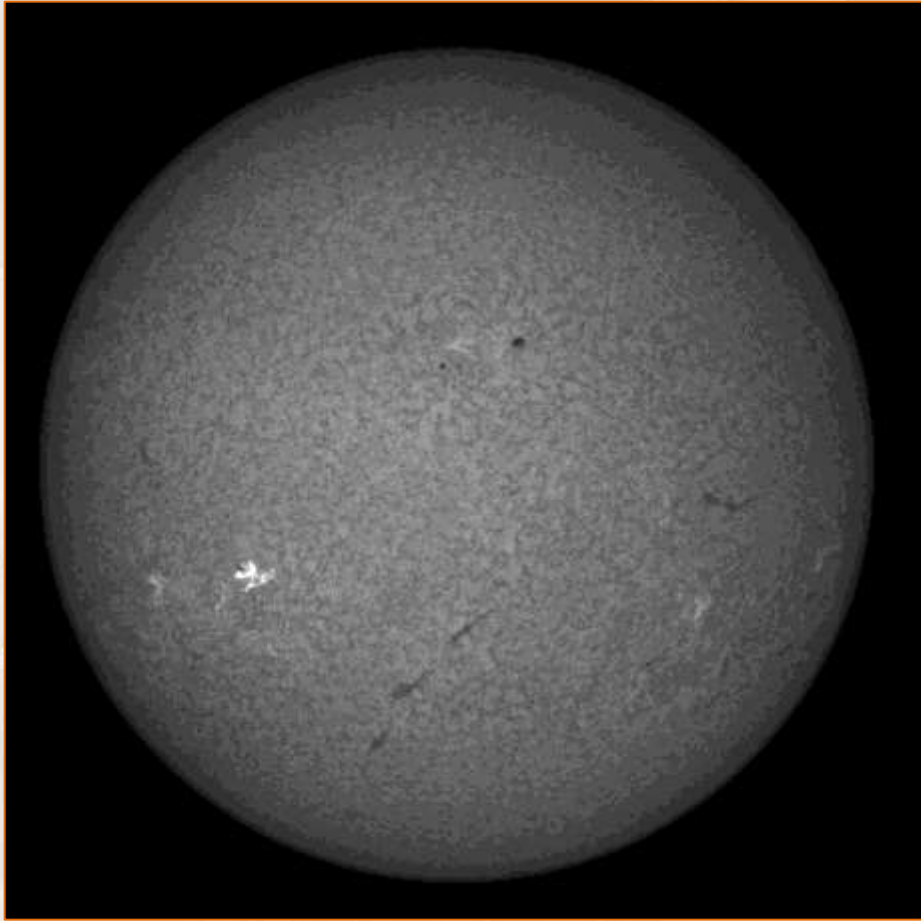
Synoptická pozorování - erupce



Celkový snímek Slunce v čáře vodíku H-alfa ze dne 21. července 2013 se záznamem erupce.

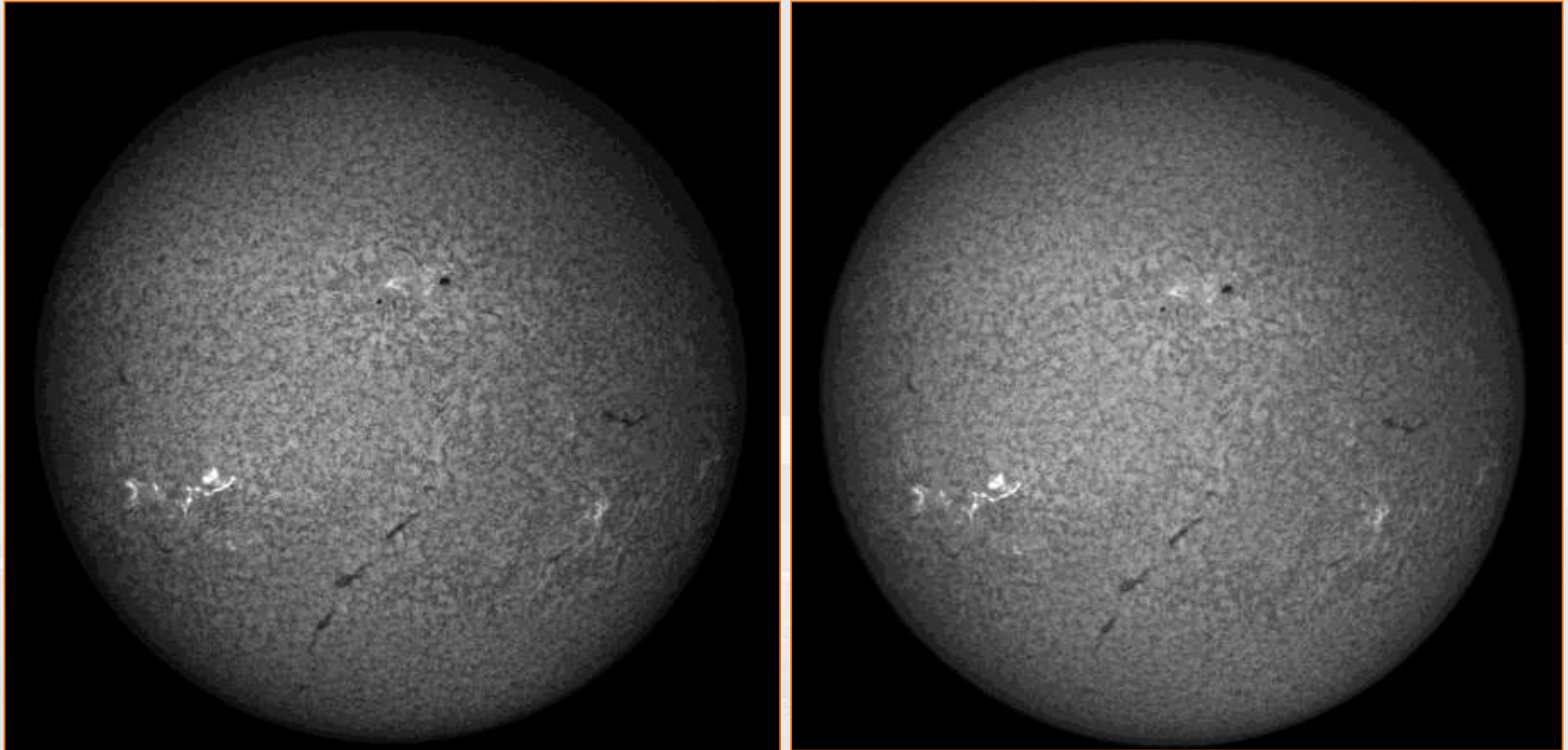
Časy 08:40:28 a 08:44:26 UT

Synoptická pozorování - erupce



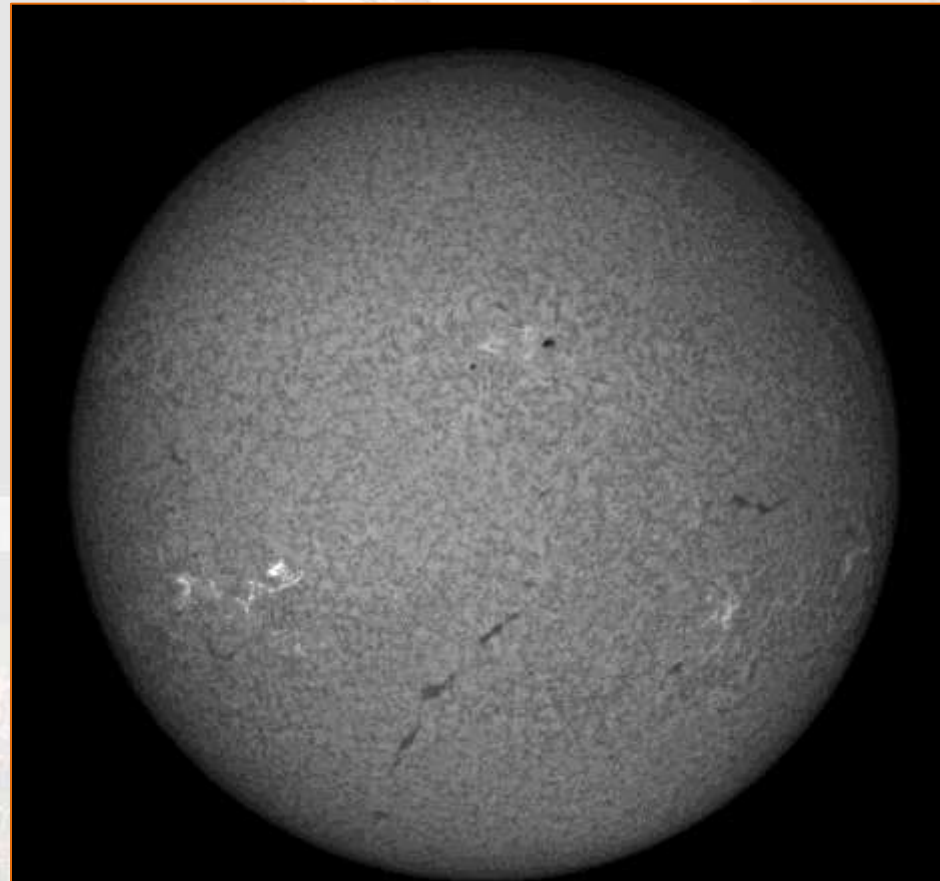
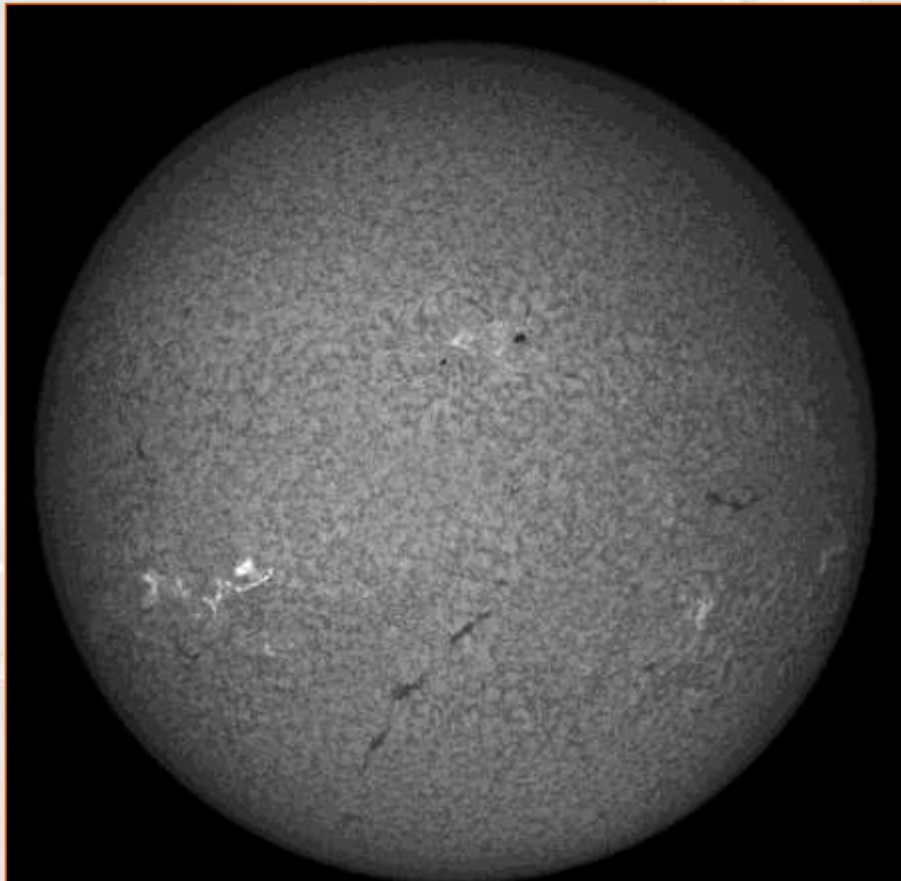
08:50:54 a 08:58:01 UT

Synoptická pozorování - erupce



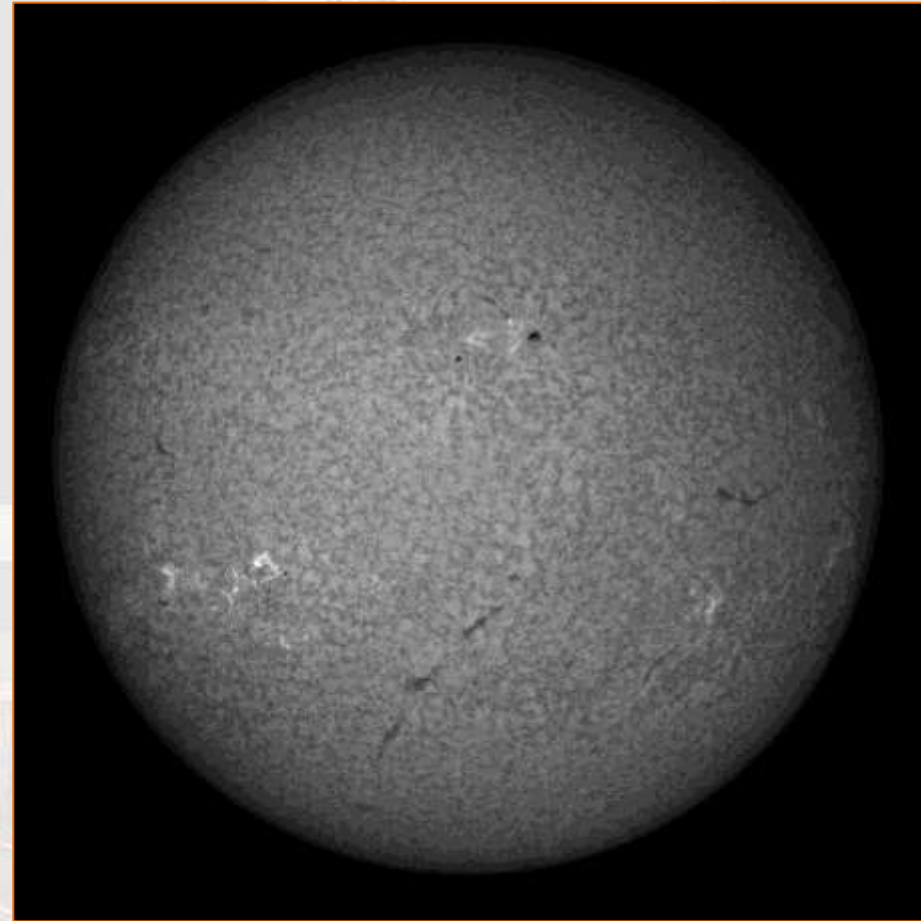
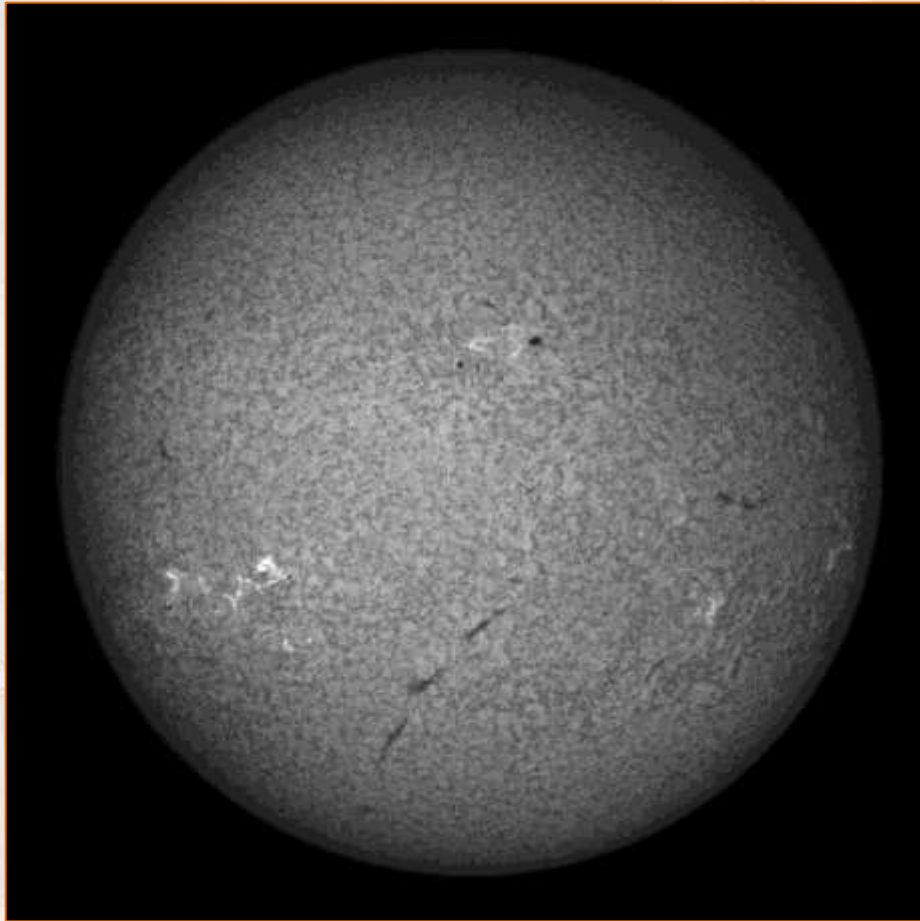
09:16:36 a 09:20:56 UT

Synoptická pozorování - erupce



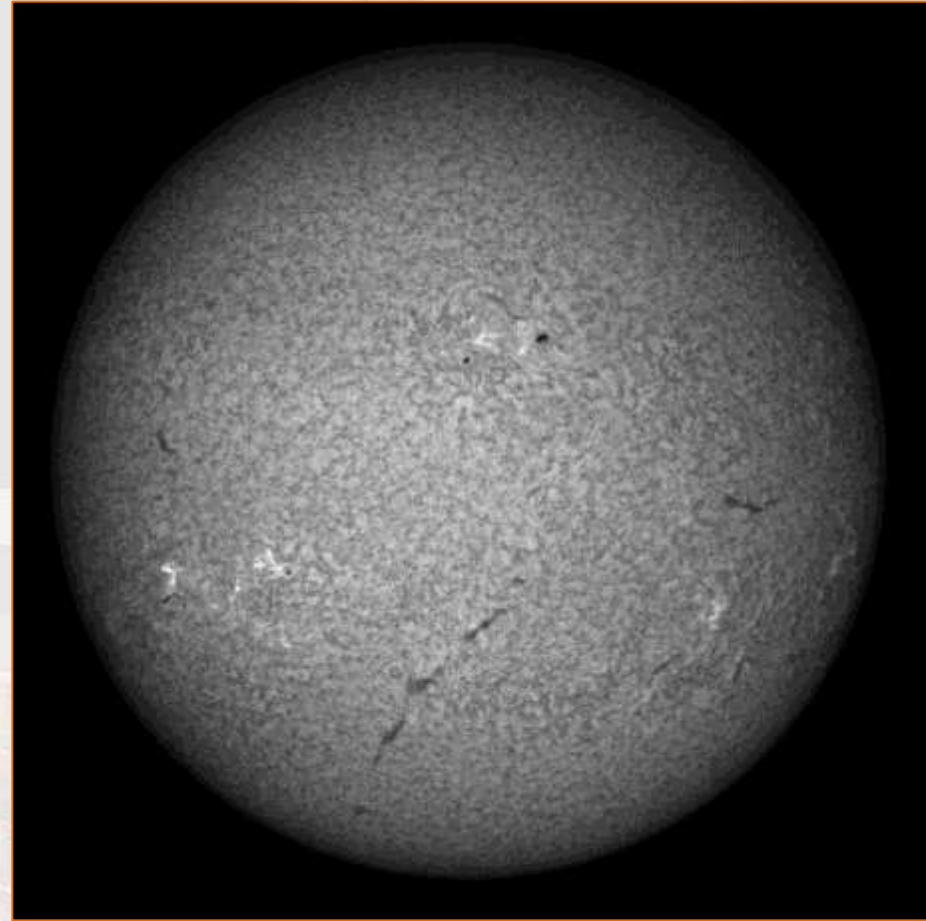
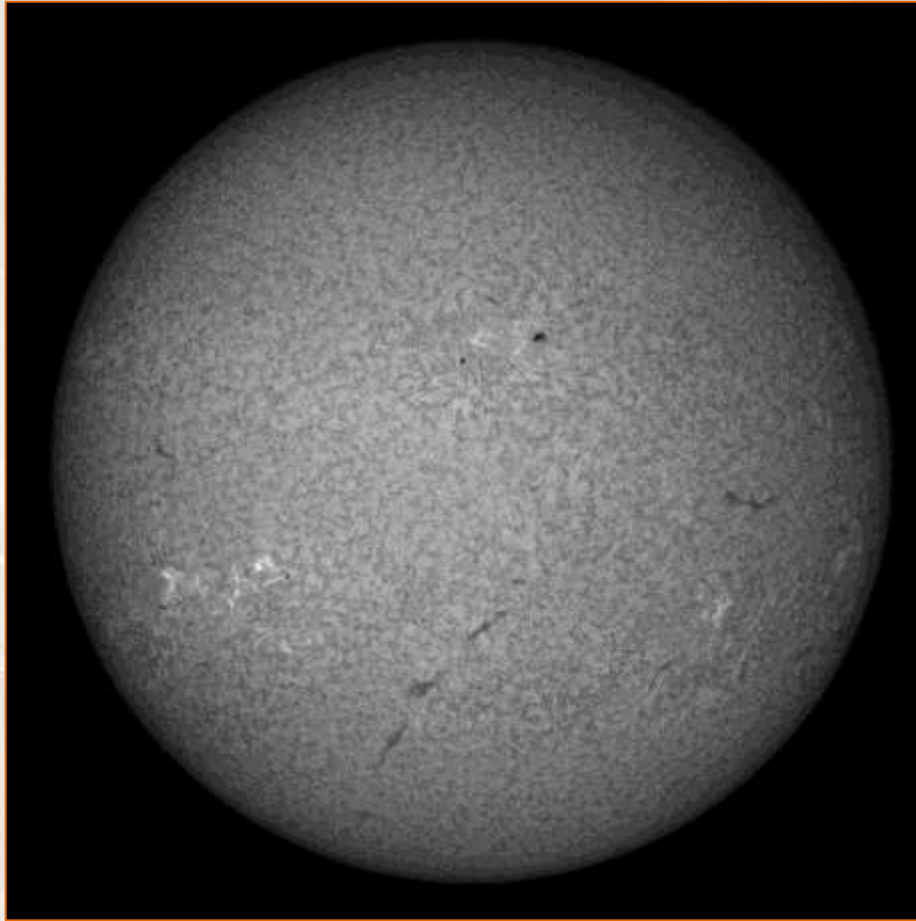
09:28:09 a 09:35:57 UT

Synoptická pozorování - erupce



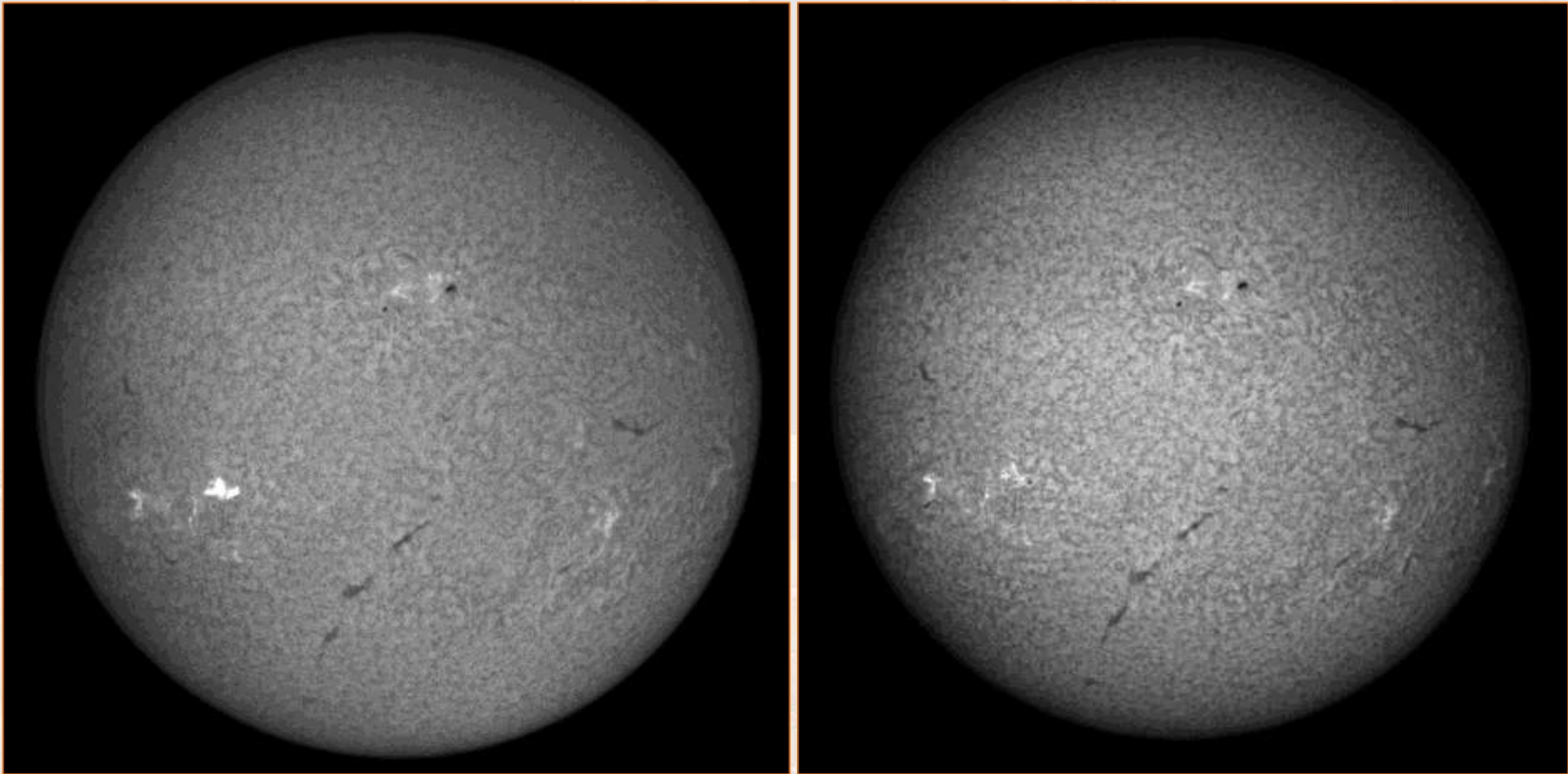
09:47:28 a 09:57:27 UT

Synoptická pozorování - erupce



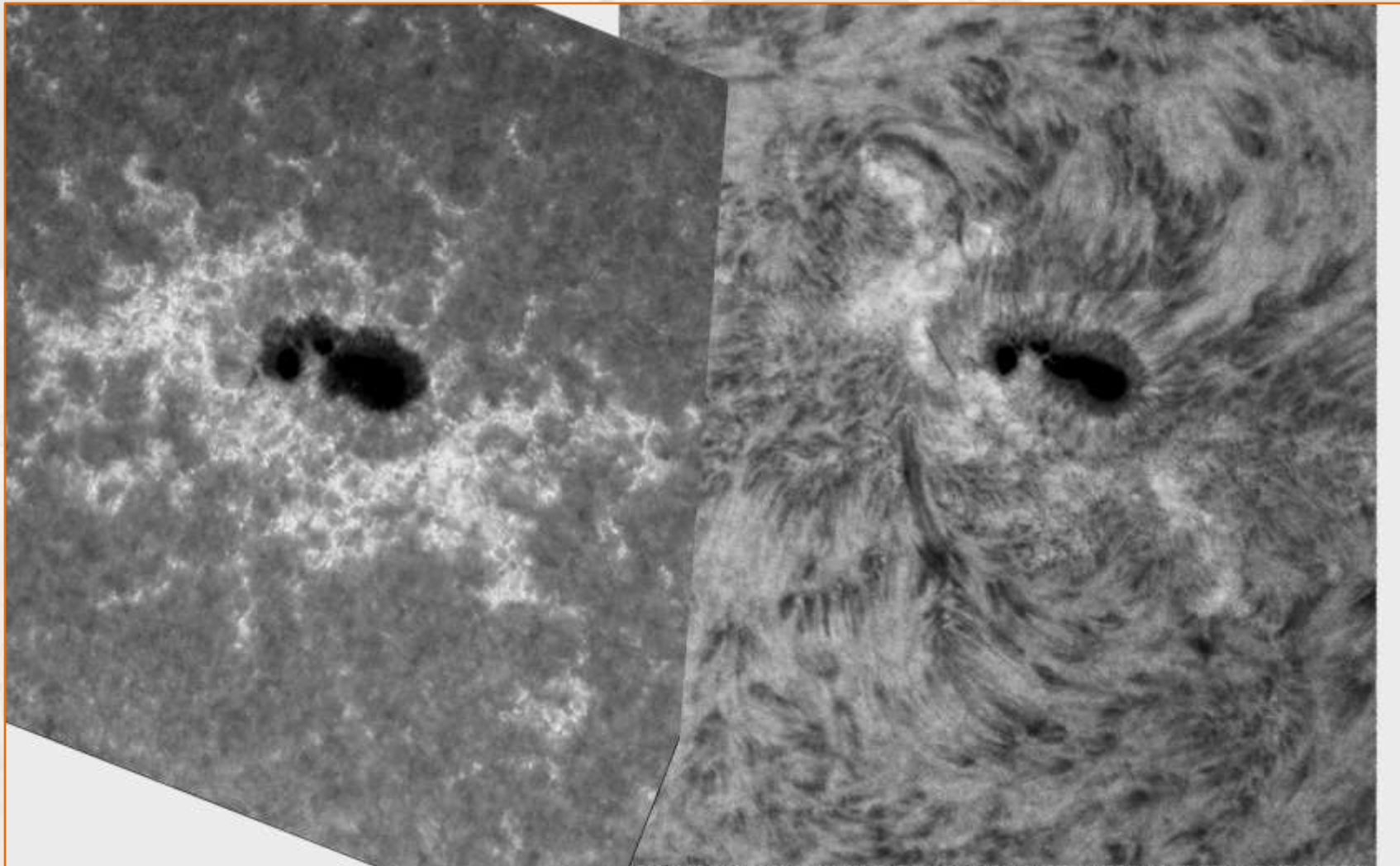
10:07:03 a 11:24:04 UT

Synoptická pozorování - erupce

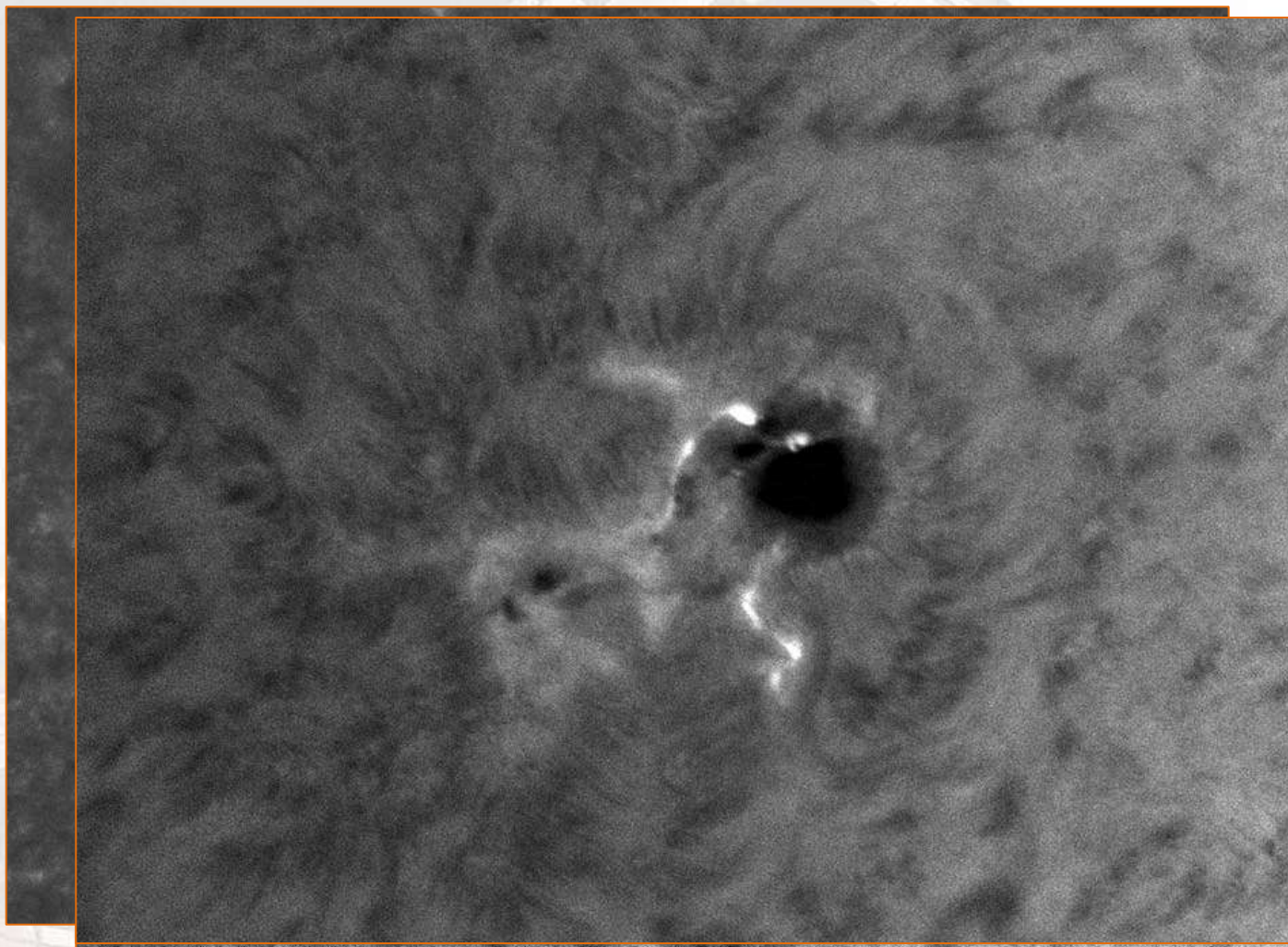


08:40:28 a 11:24:04 UT

Simultánní pozorování

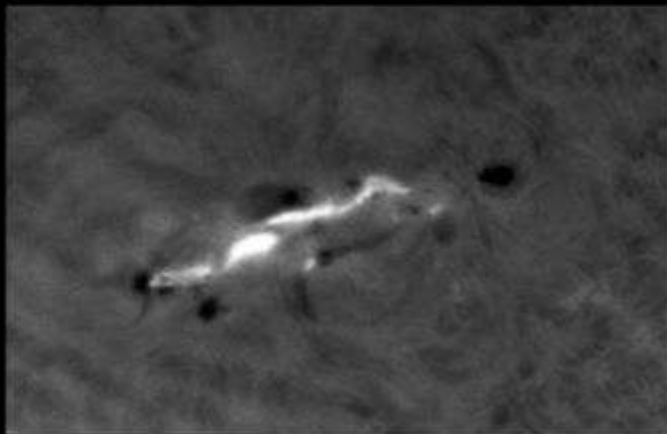


Simultánní pozorování

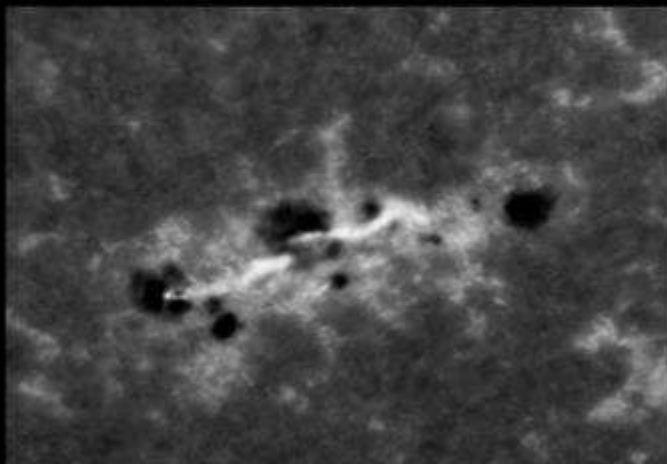


C NOAA 11818 ze dne 15. 8. 2013; H NOAA 11818 16. 8. 2013 v 12:08:18 UT a 16. 8. 2013 ve 12:46:17 UT

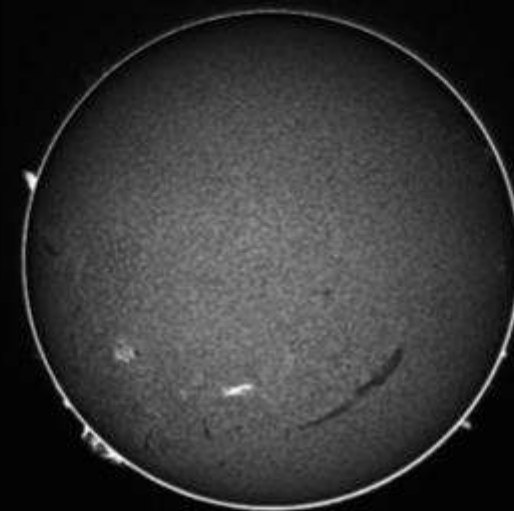
ERUPCE M1.5 HVĚZDÁRNA VALAŠSKÉ MEZIRÍČÍ



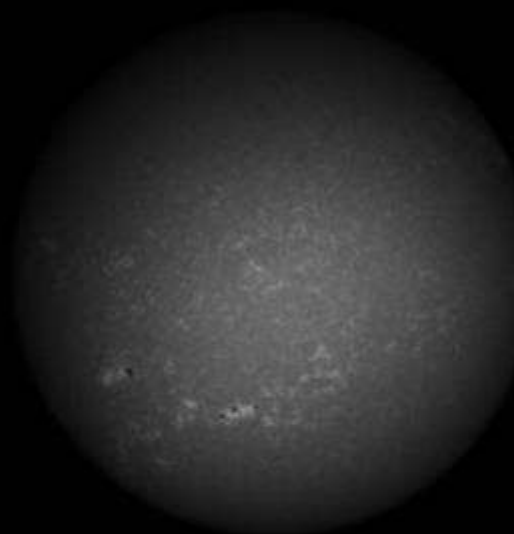
H-alfa detail 10:41:53 UT



CaK detail 10:41:38 UT



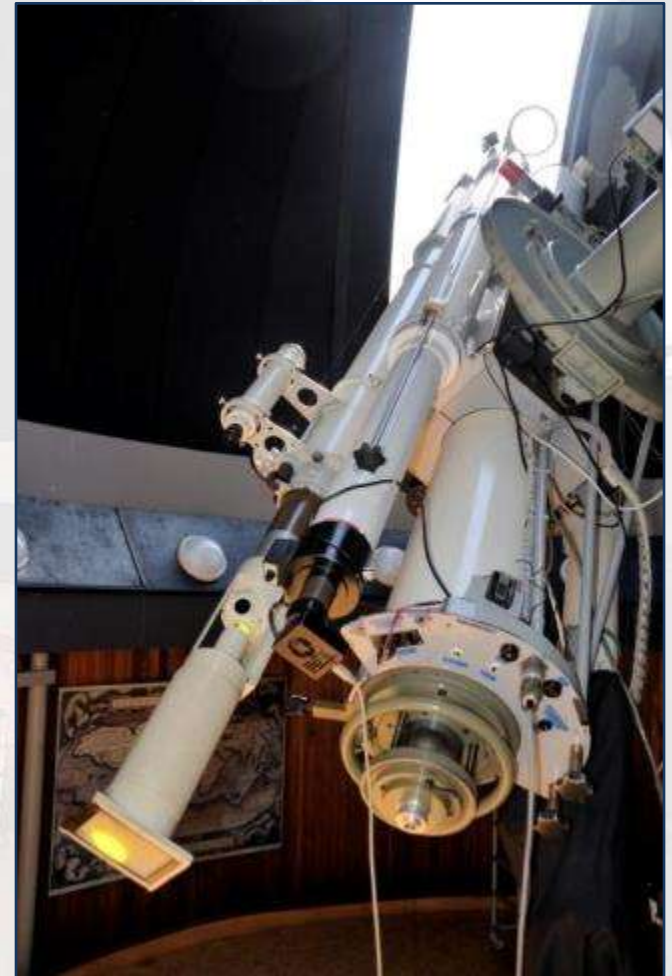
H-alfa 10:42:39 UT



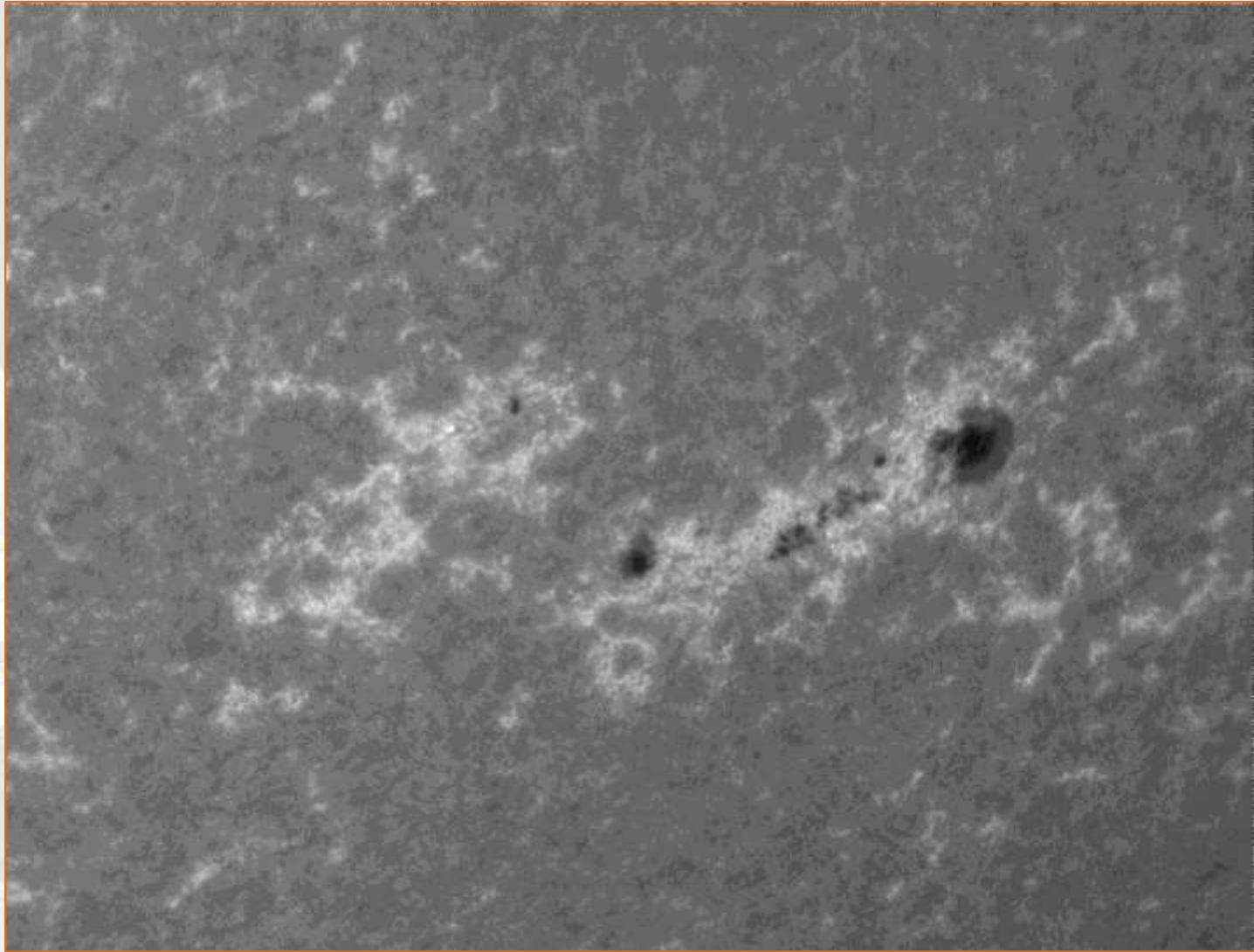
CaK 10:39:40 UT

Problémy monochromatických pozorování

- **kvalita obrazu (!!!)**
- četnost snímání – objemy dat pro zpracování
- ukládání a přehled v databázi
- možnosti fotometrických měření (možnosti kalibrace)



Kvalita obrazu



Pozorovací podmínky jsou velmi proměnlivé

Možnosti práce a spolupráce

- dostupnost techniky – hvězdárny, školy vhodná místa k zapojení do systematické práce
- zatím relativní zájem žáků, studentů
- možnosti širší pozorovatelské i odborné spolupráce
- kontakty na vědecké pracovníky
- základna pro systematickou výuku i první seznámení s problematikou
- možnosti provázání na další činnosti (SOČ, seminární, ročníkové, bakalářské aj. práce, spolupráce na projektech, vlastní zájem)
- příležitost k osobnímu rozvoji



Děkuji za pozornost



