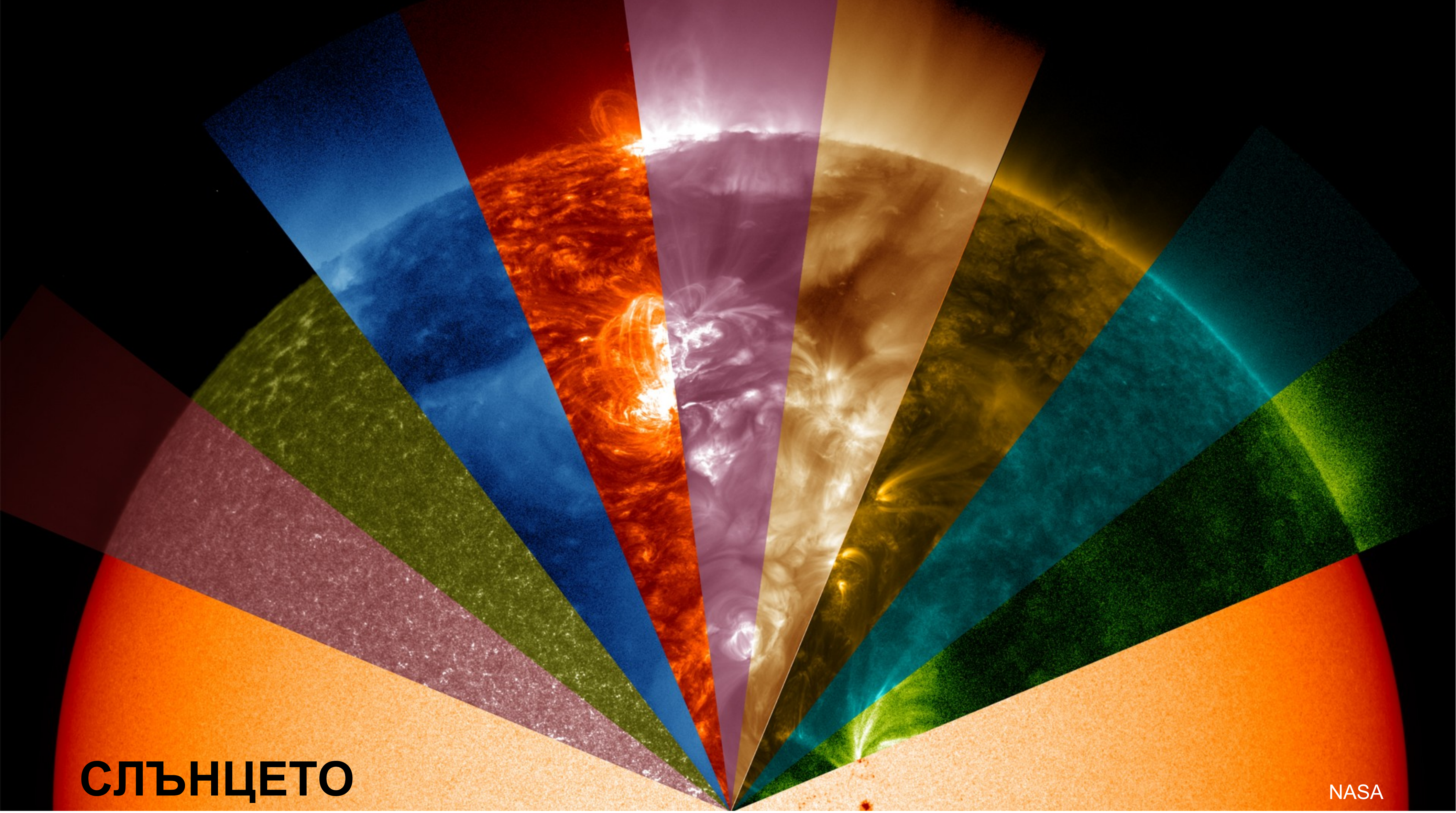


СЛЪНЦЕТО
различните лица и настроения на нашата звезда

д-р Росица Митева

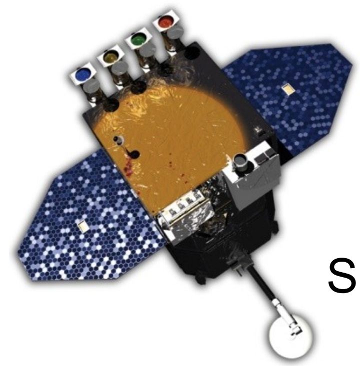
Институт за космически изследвания и технологии,
Българска академия на науките (ИКИТ-БАН)

Астро-семинар, 8-март-2018, ФзФ-СУ

Наблюдения на астрономически обекти

Източници

Детектори



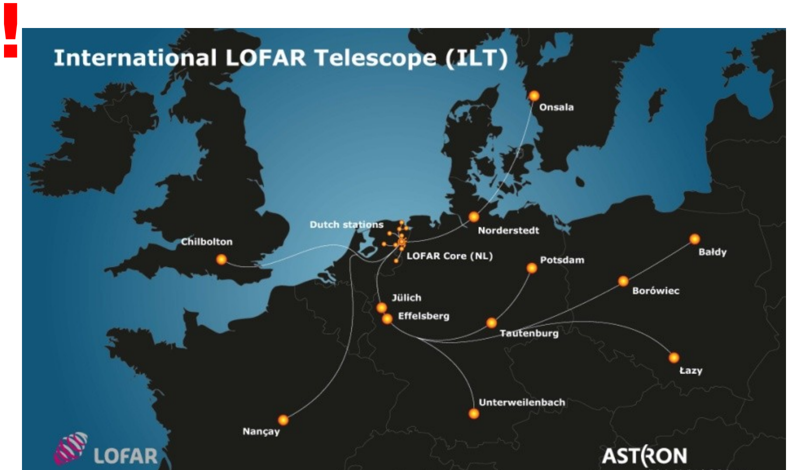
SDO

Вид лъчение и х-ки

- **Какво**: фотони и частици (интензитет, дължина на вълната/енергия)
- **Къде**: къде се намира детектора и достъп на лъчението до него
- **Как**: технологична възможност за наблюдение

НАО-Рожен

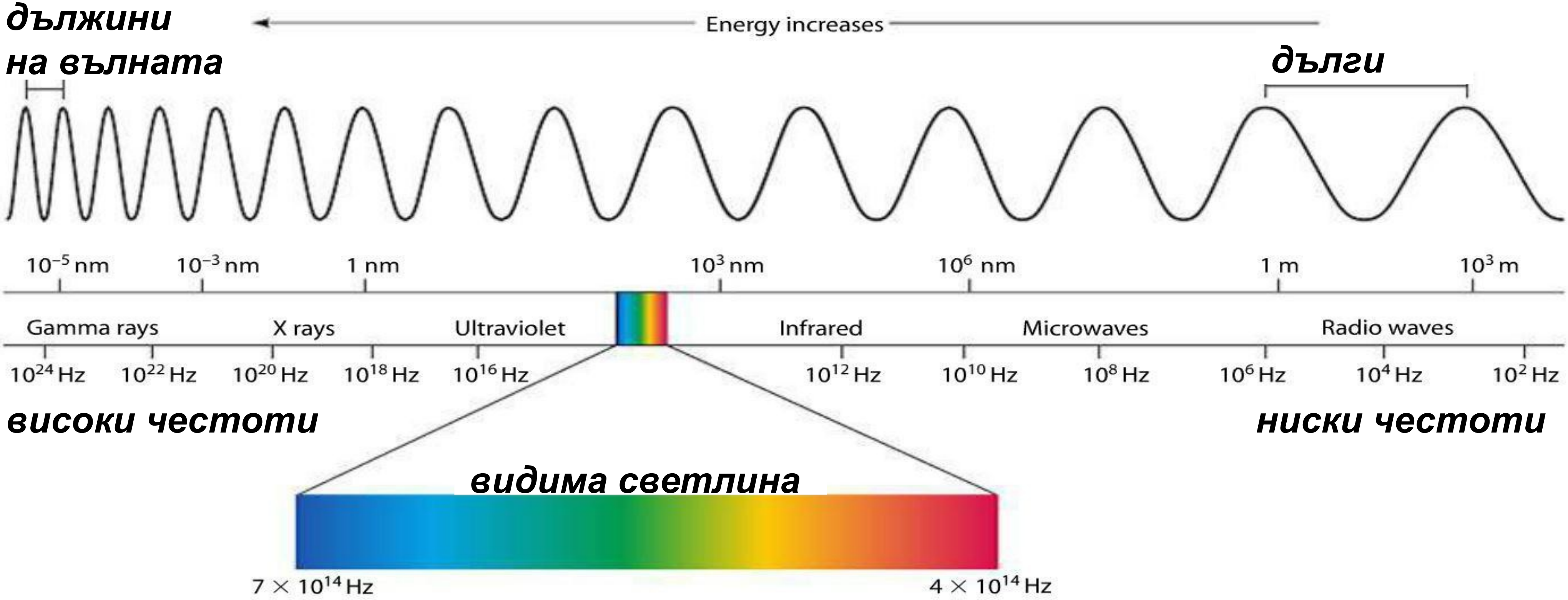
Не наблюдавайте директно към Слънцето!



Nancay

Елекромагнитен спектър

къси дължини на вълната



високи честоти ***ниски честоти***

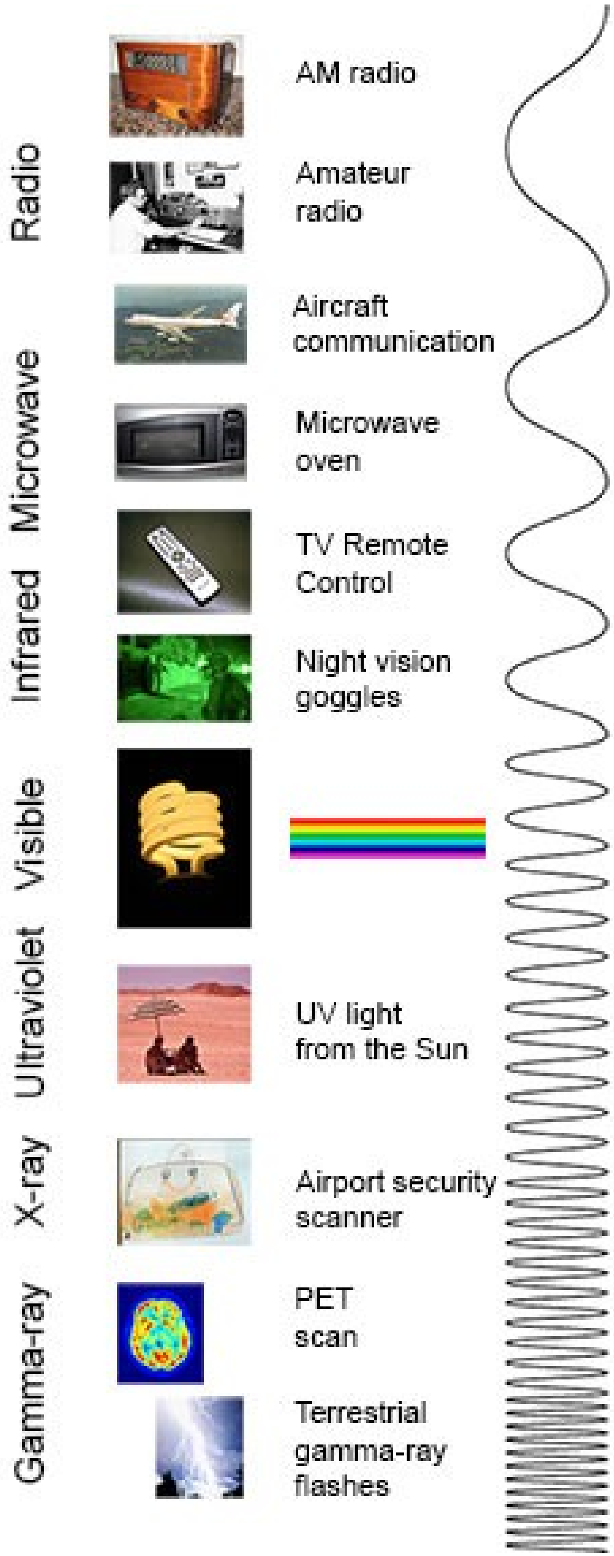
~400 nm
~4000 Å

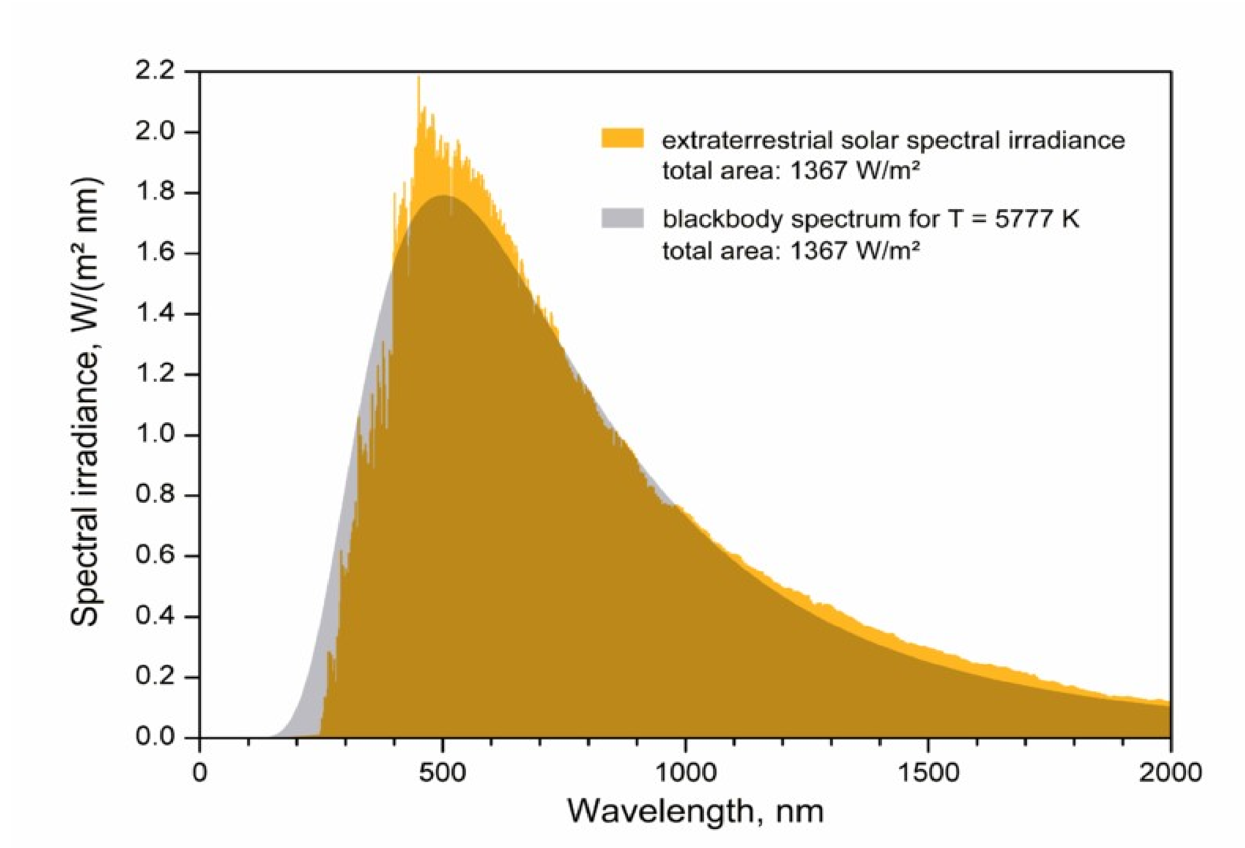
~700 nm
~7000 Å

https://www.miniphysics.com/

GeV – MeV – keV Å nm THz – GHz – MHz – kHz

Спектър на Слънцето

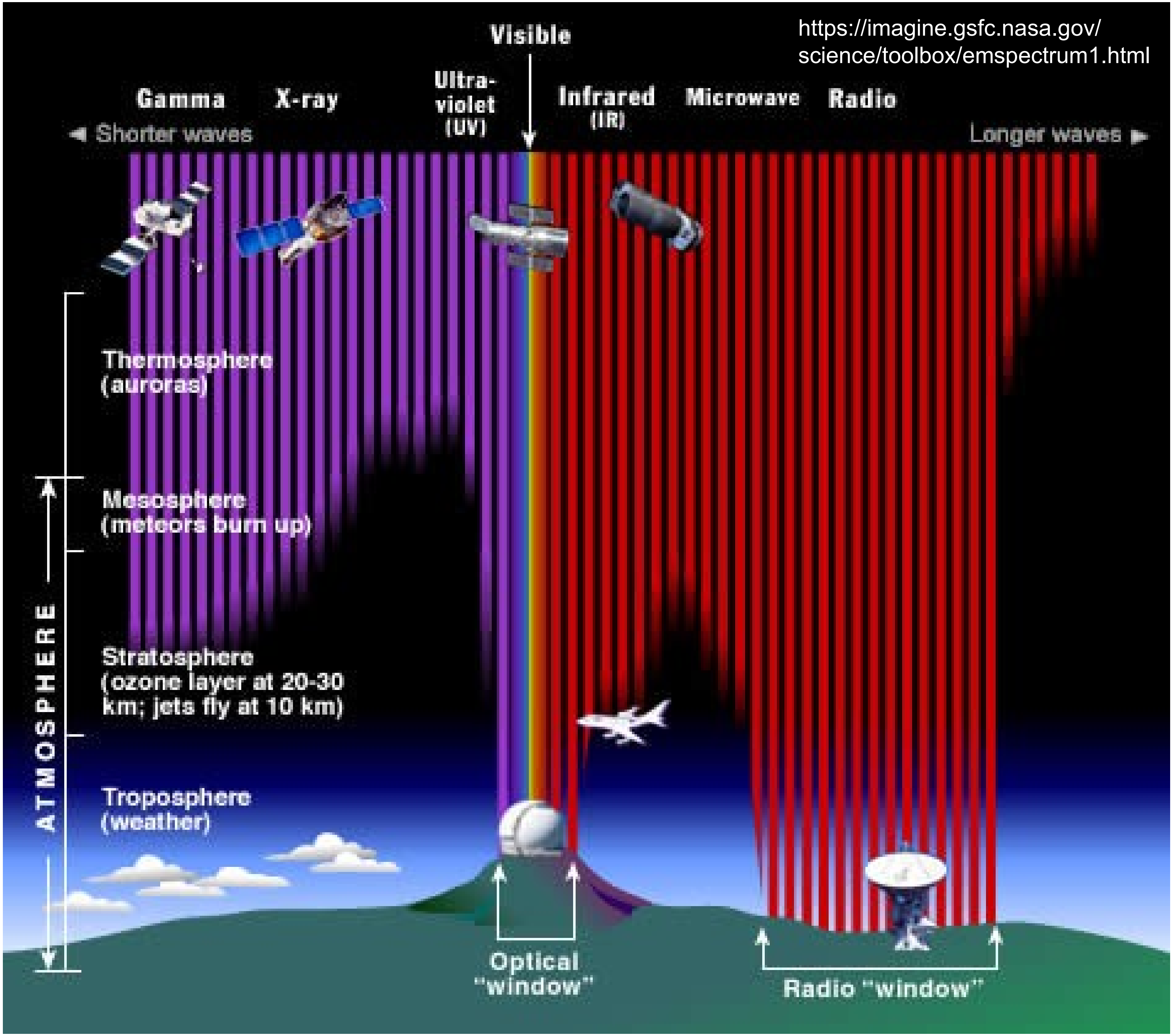




https://en.wikipedia.org/wiki/Sun#/media/File:EffectiveTemperature_300dpi_e.png

https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html

Наземни и спътникови наблюдения



Наблюдения на Слънцето

Неутрален филтър
намаля общата светимост на Слънцето

http://www.eclipseshades.com/eclipse-glasses.html

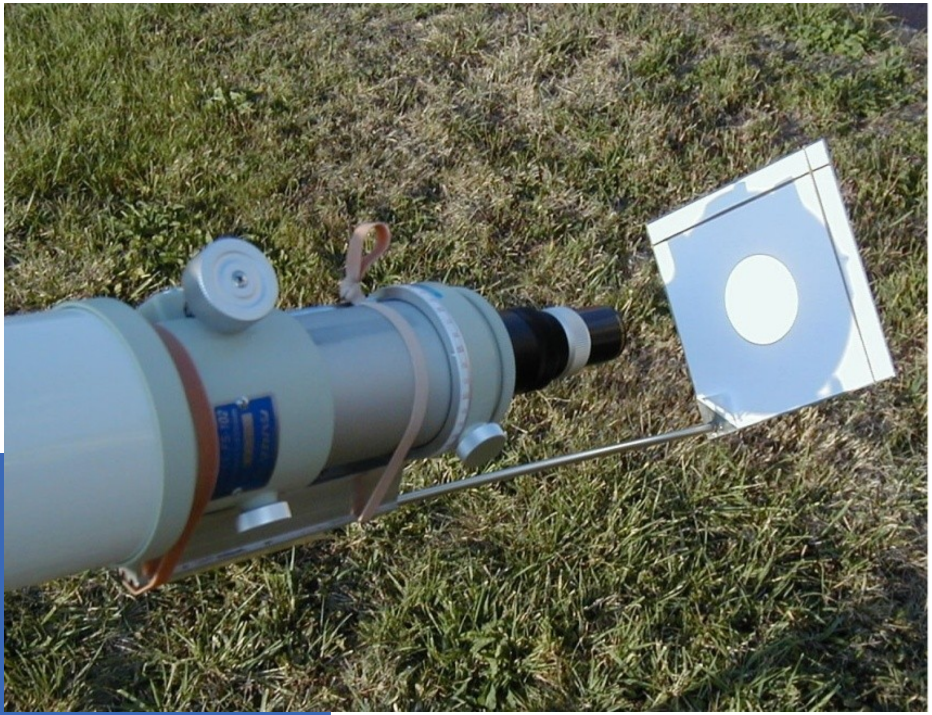
ISO 12312-2
стандарт за безопасност
при наблюдения
на Слънцето

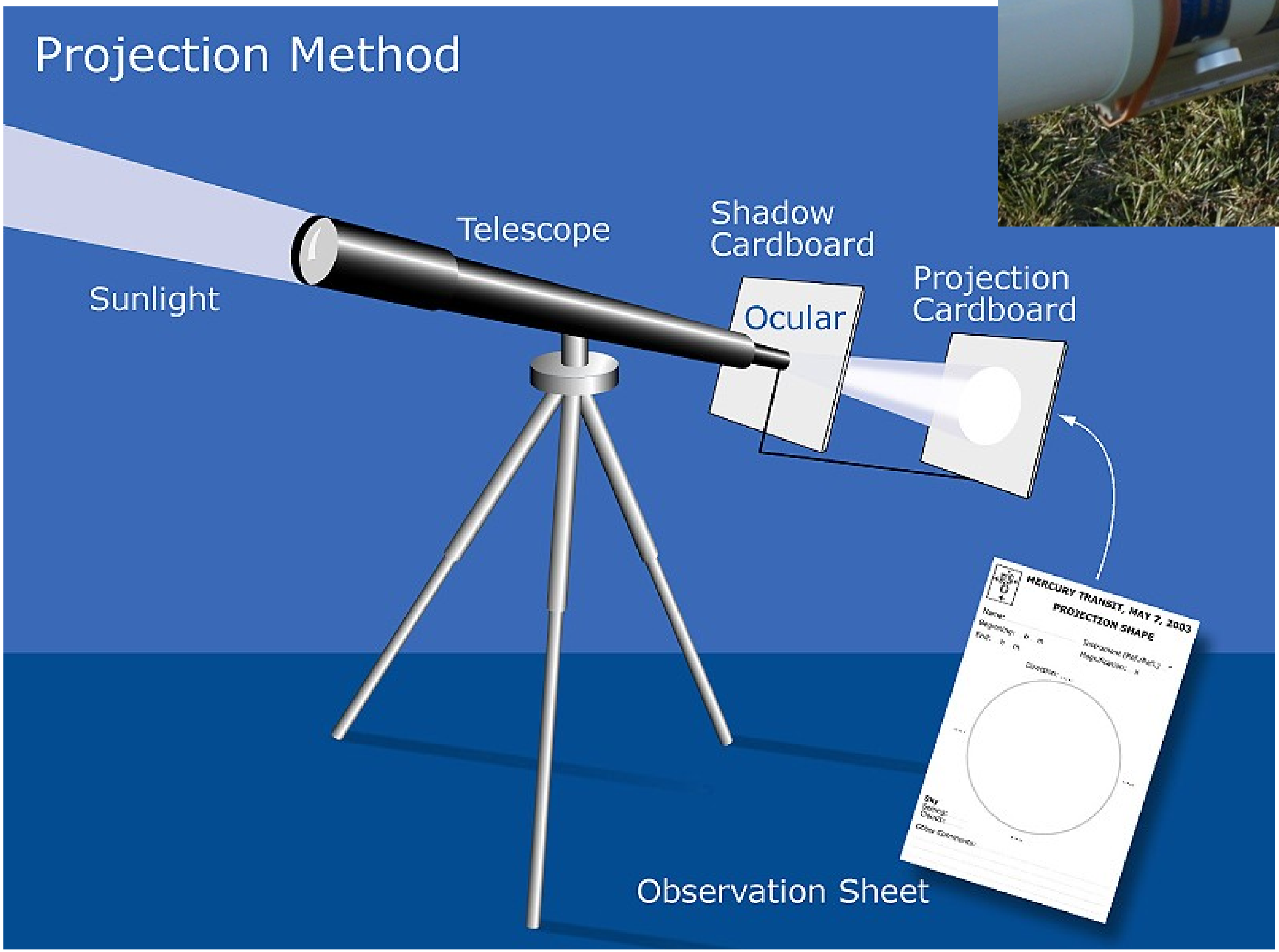
<u>Внимание: Трябва да се филтрира и инфрачервената част от спектъра!</u>

Не наблюдавайте директно към Слънцето!

Други филтри
Hα, Ca II…

Наблюдения на Слънцето

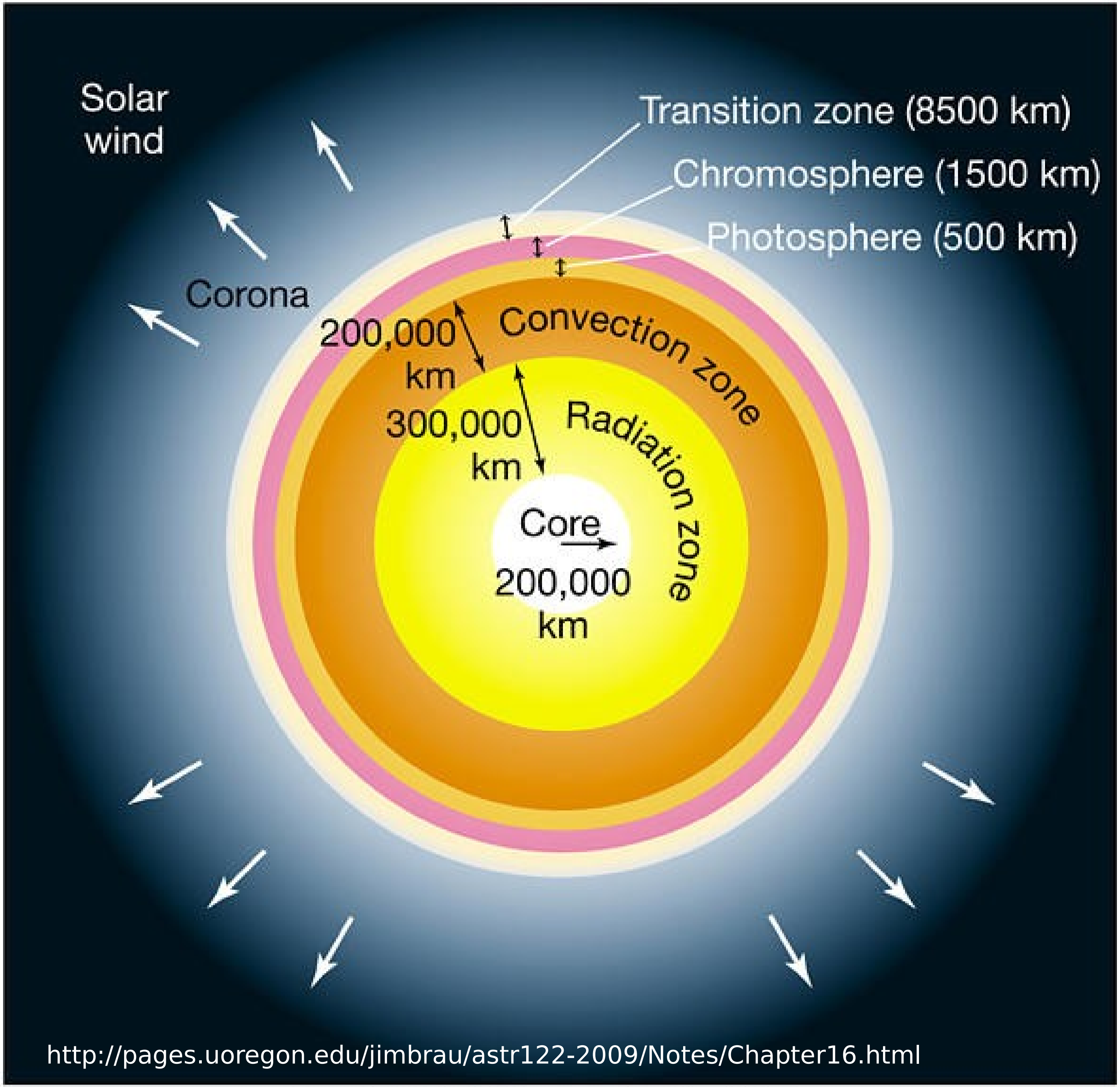




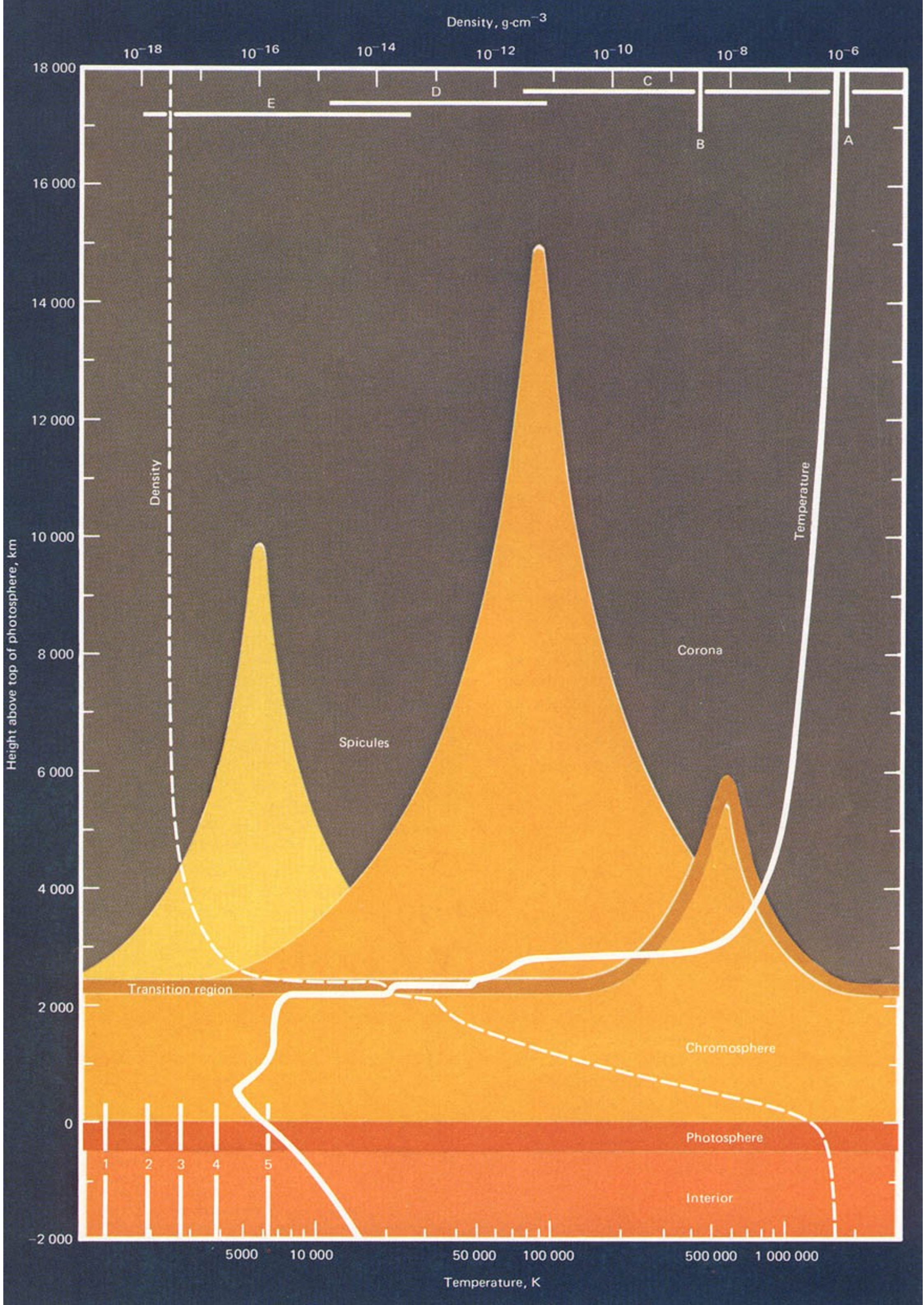
Не наблюдавайте директно към Слънцето!

www.eso.org;
www.deepskywatch.com

Слънцето – вътрешна структура и атмосфера

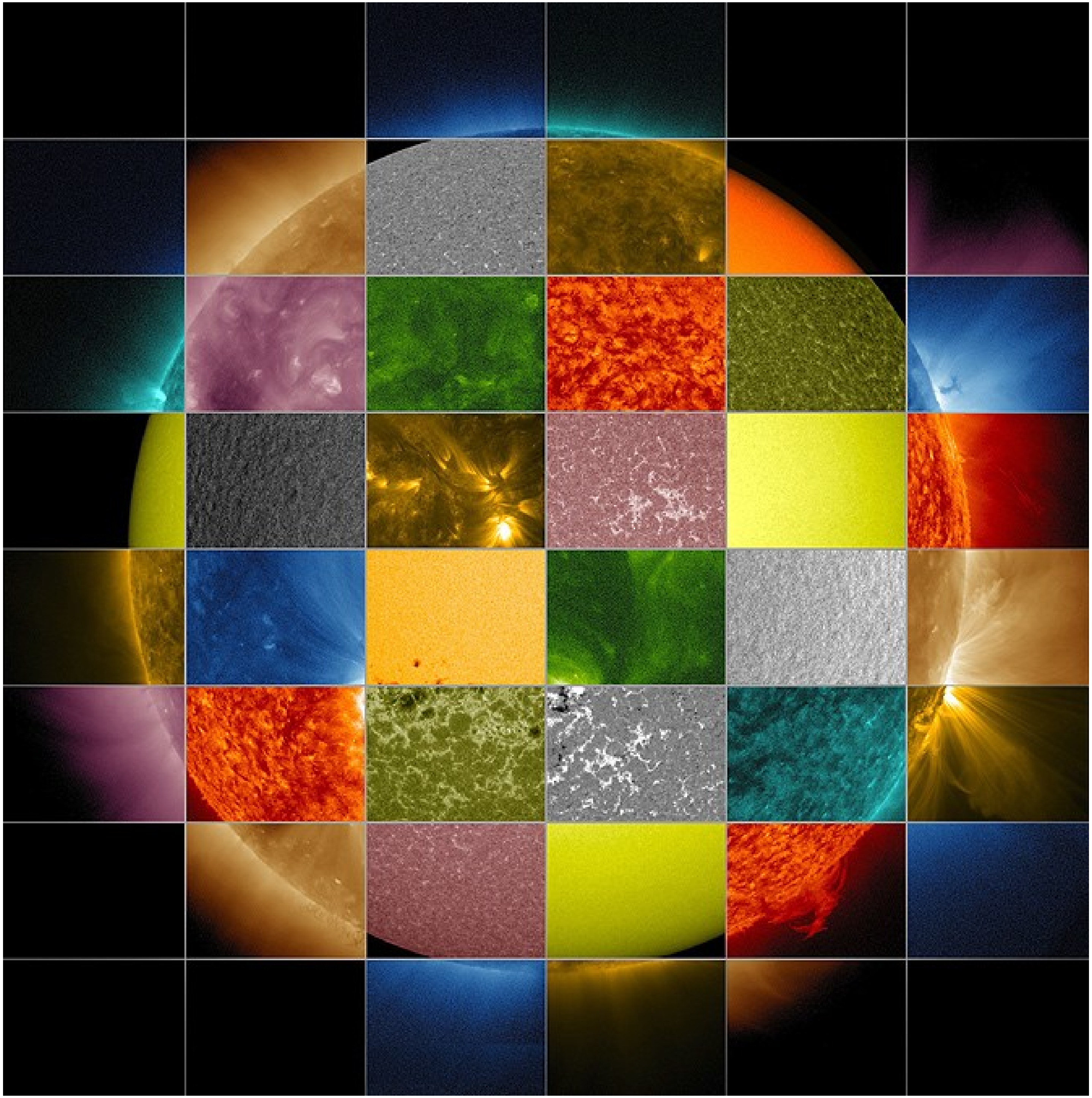


Слънцето: температура и плътност



https://history.nasa.gov/SP-402/p2.htm

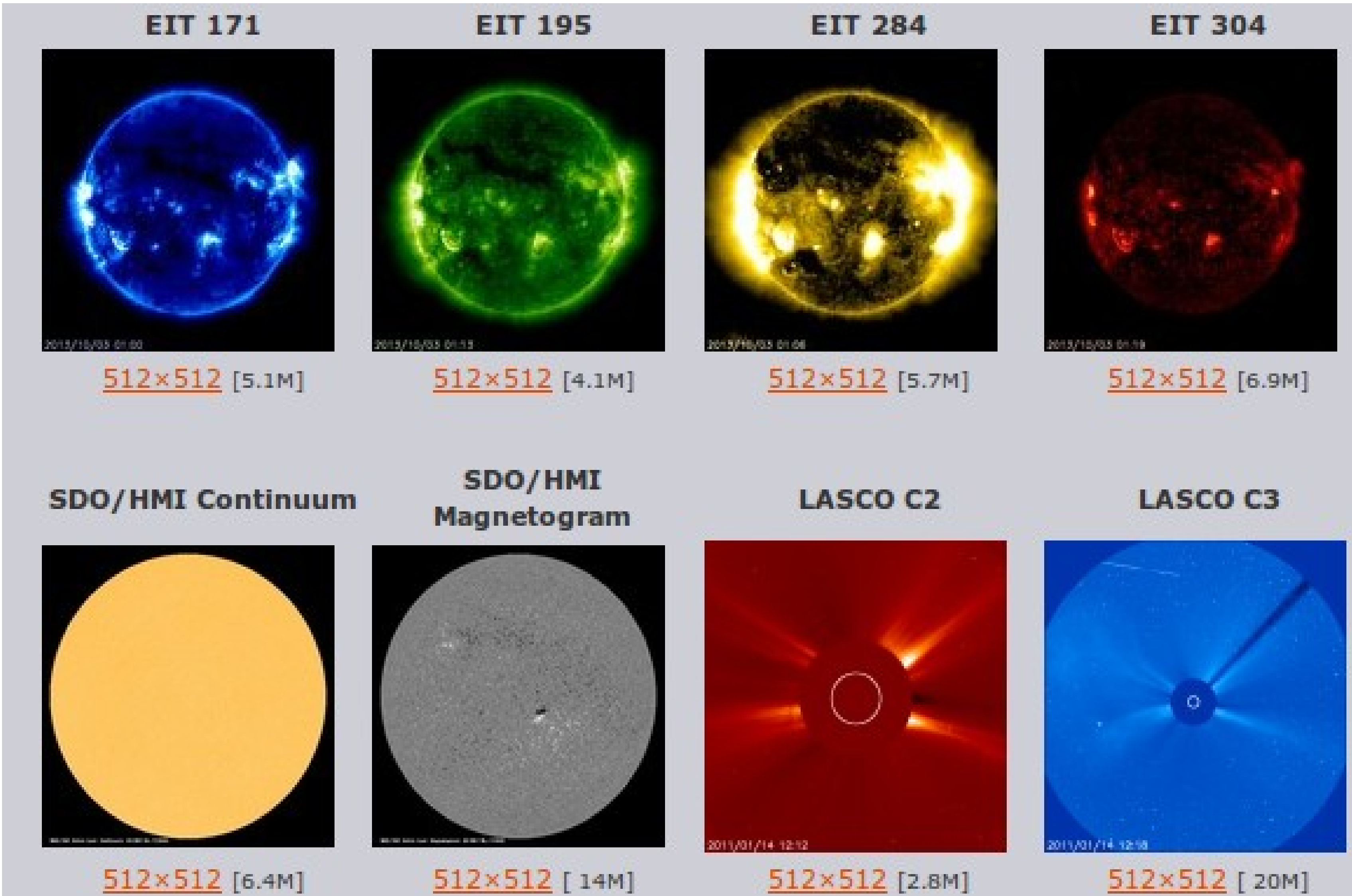
Различните лица на Слънцето



NASA/SDO/Goddard Space Flight Center https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/light-

SOHO
SOlar and Heliospheric Observatory

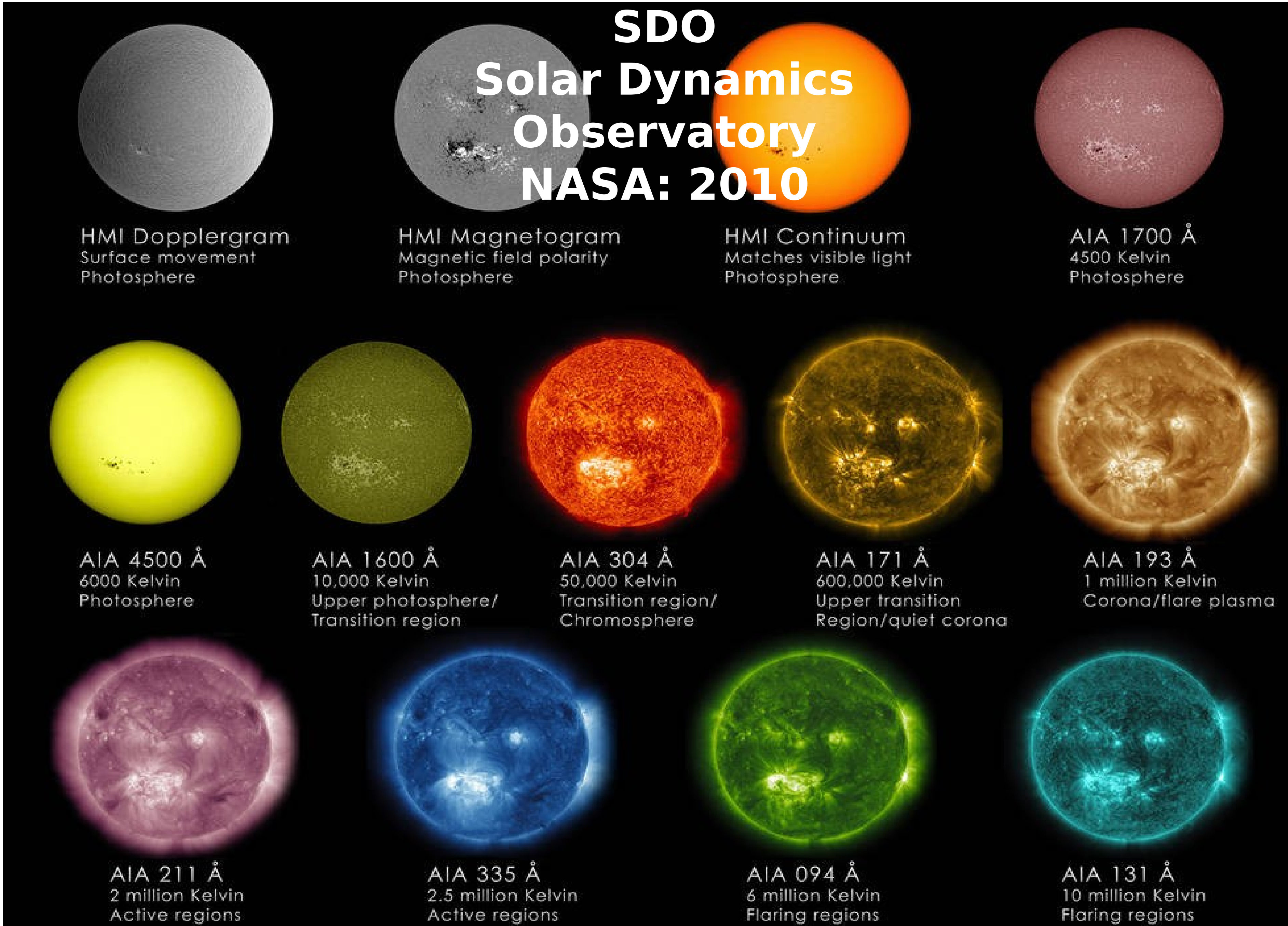
(ESA&NASA: 1995)



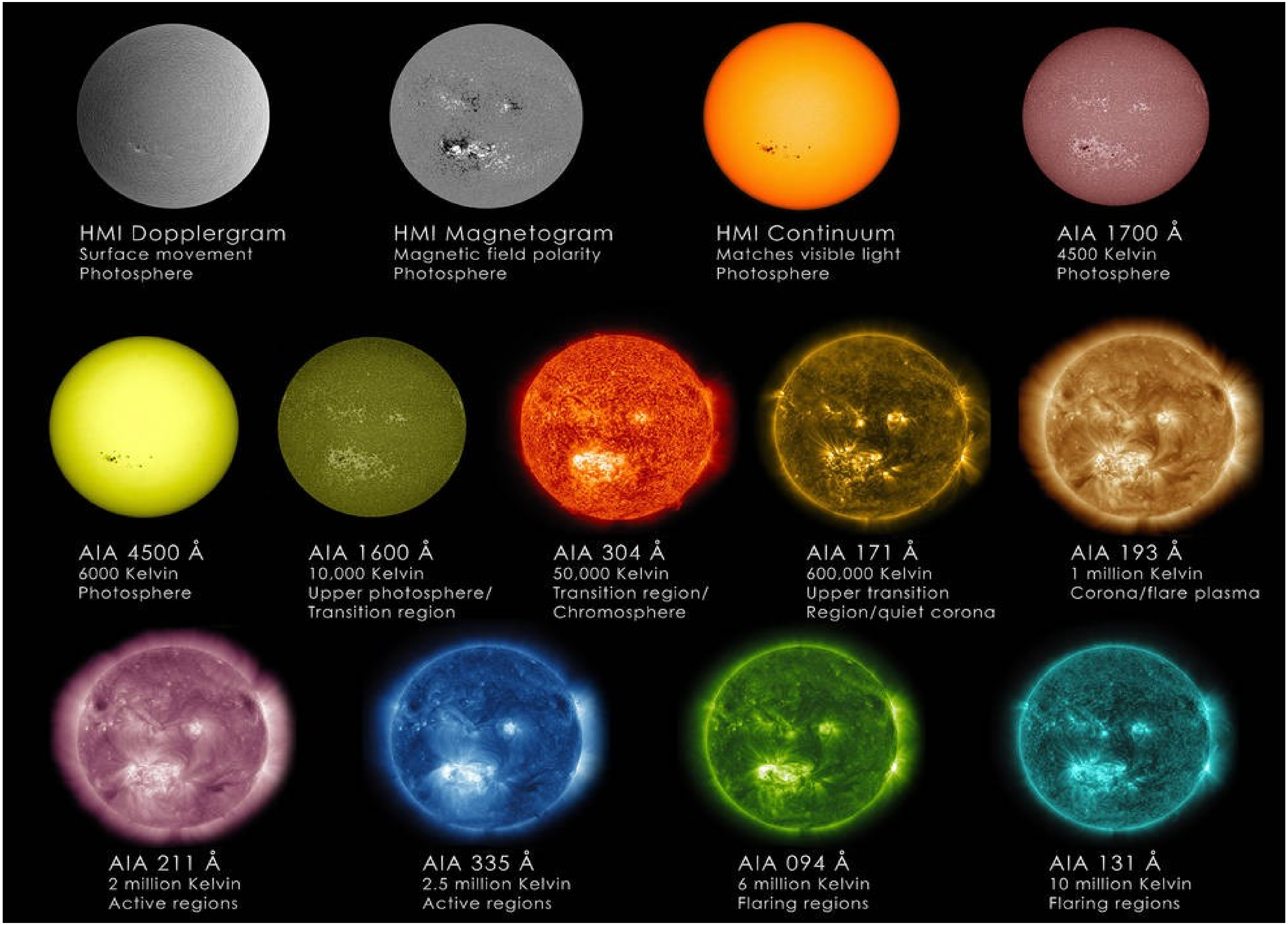
Реални изображенията на Слънцето!!!

с изключение на (повечето от) цветовете

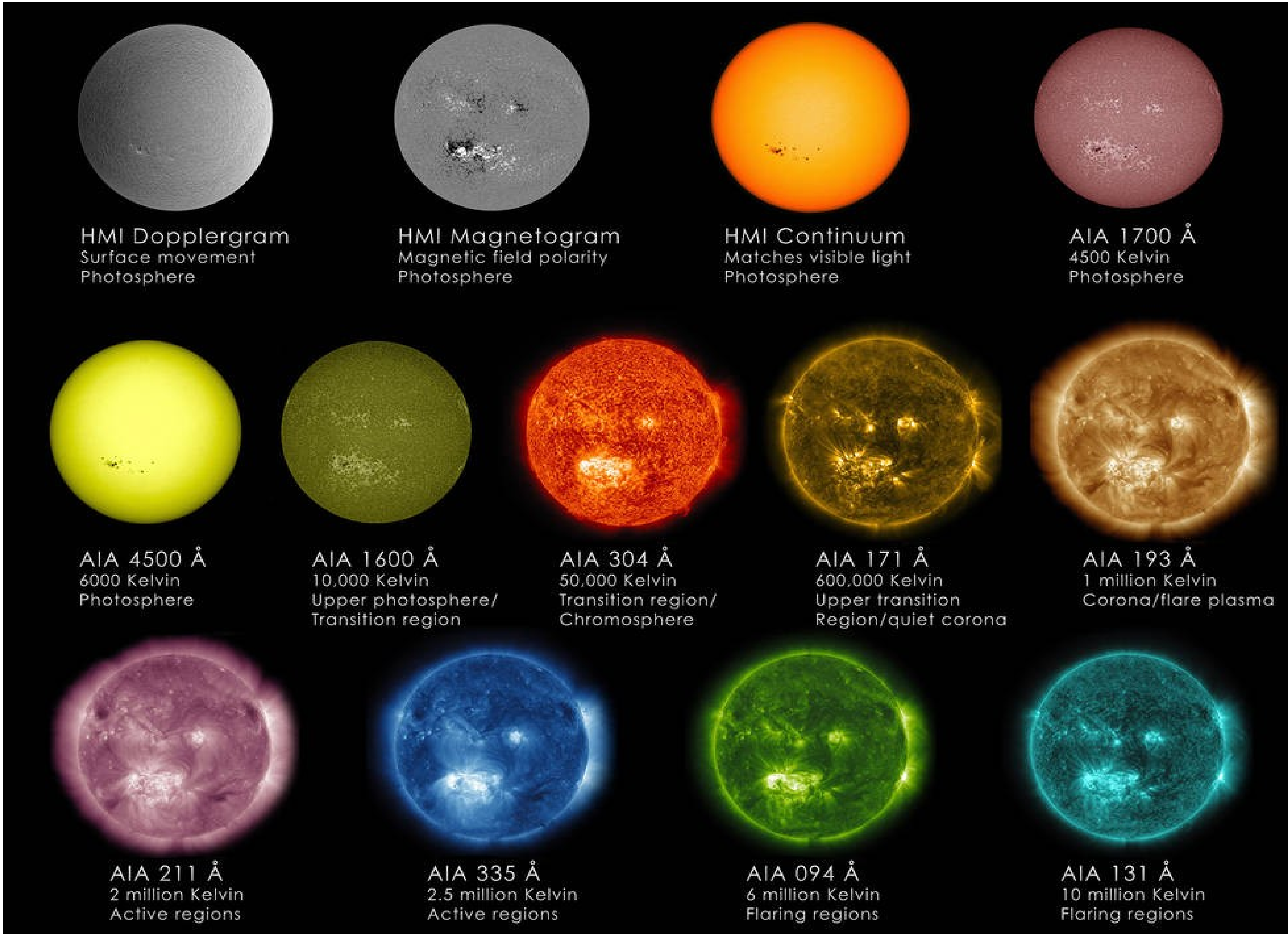
SDO
Solar Dynamics Observatory
NASA: 2010



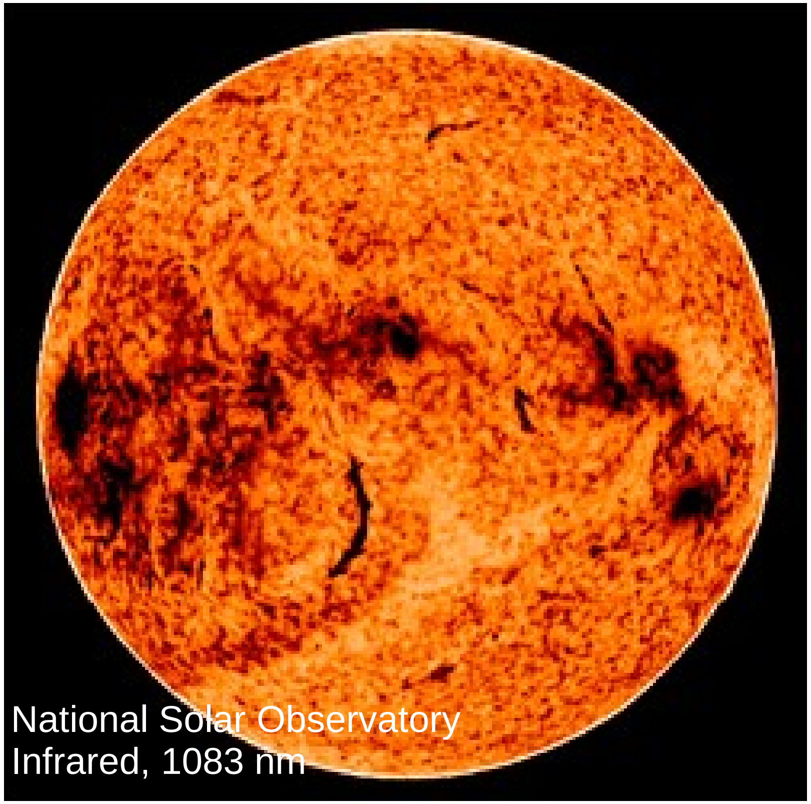
1700: за наблюдение на слънчевата повърхност и част от хромосферата
4500: слънчева повърхност или фотосфера
1600: горна фотосфера и преходен слой

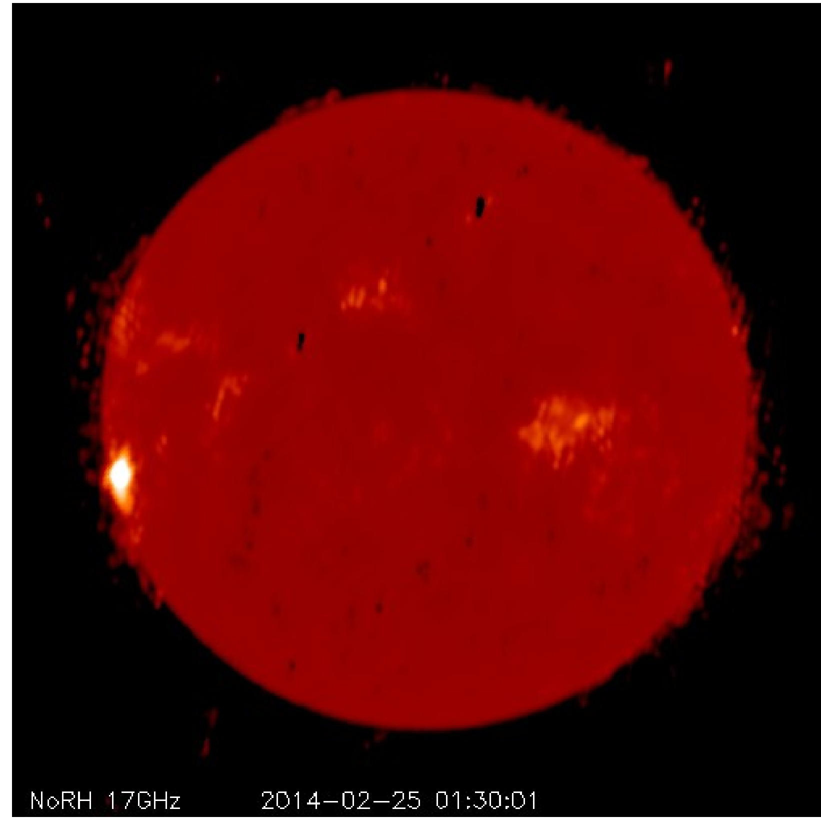


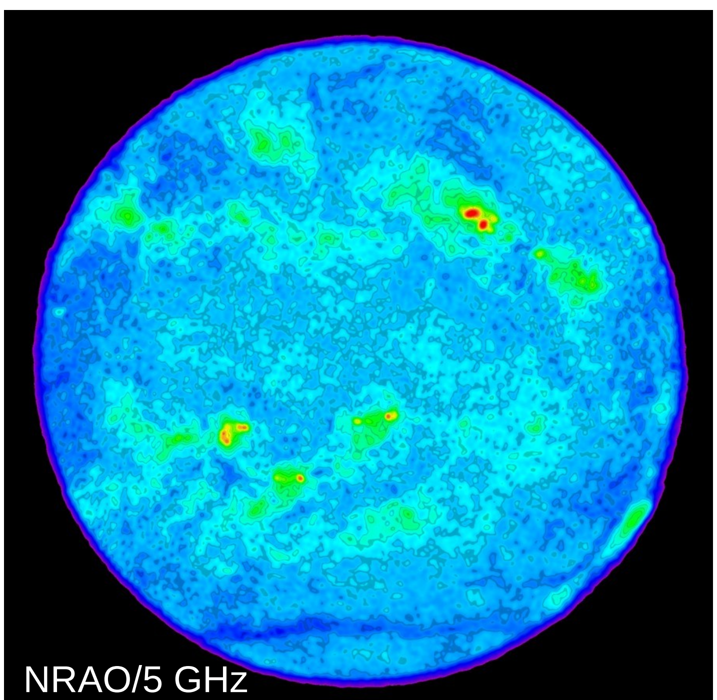
304: излъчването е от хромосферата и преходния слой
171: при спокойна корона (магнитни арки и конални бримки)
193: по-горещи области от короната (избухвания)

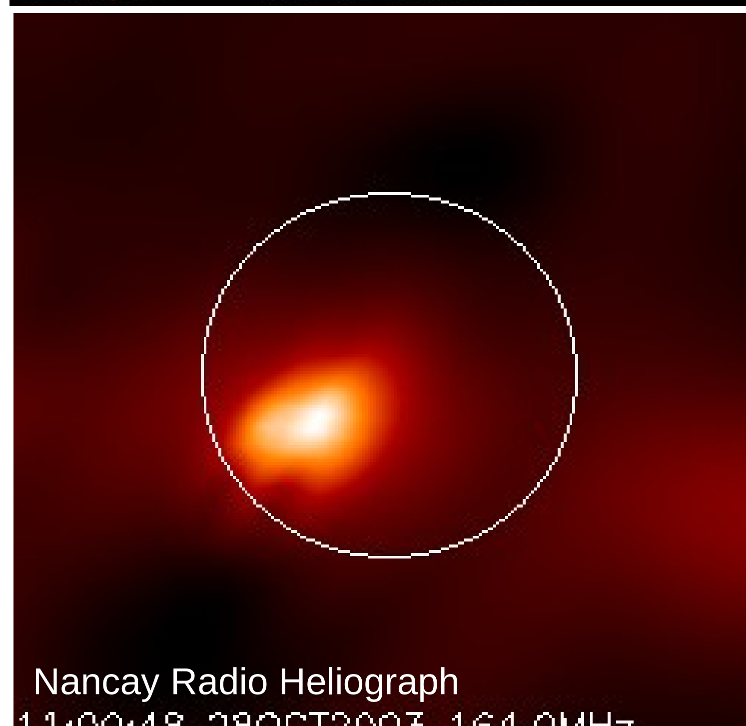


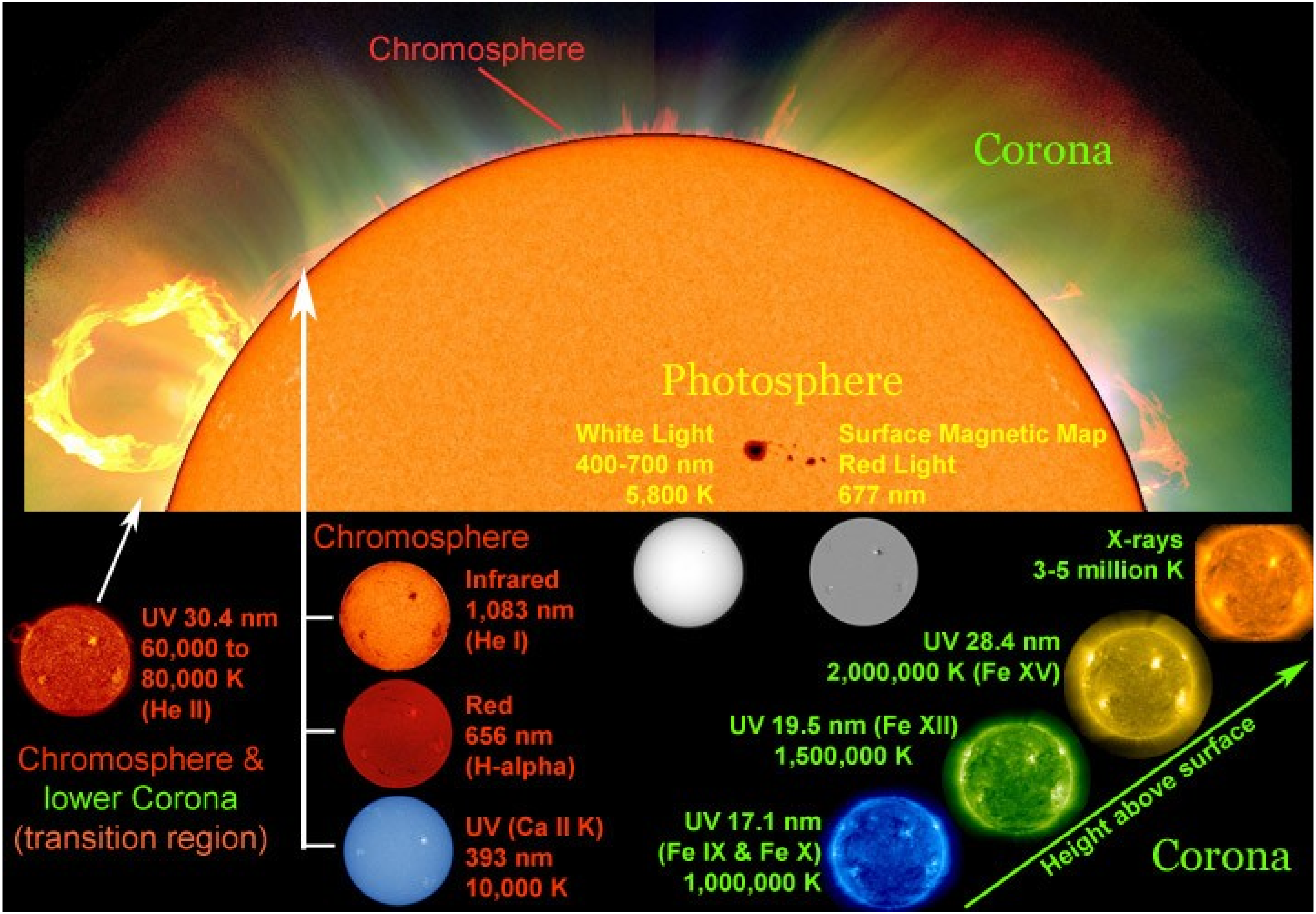
211: излъчване от по-горещи магнитно активни области
335: горещи активни области в короната
94: корона по време на слънчеви избухвания
131: най-горещия материал по време на избухването


National Solar Observatory
Infrared, 1083 nm


NoRH 17GHz
2014-02-25 01:30:01


NRAO/5 GHz


Nancay Radio Heliograph
11:00:48 28OCT2003 164.0MHz

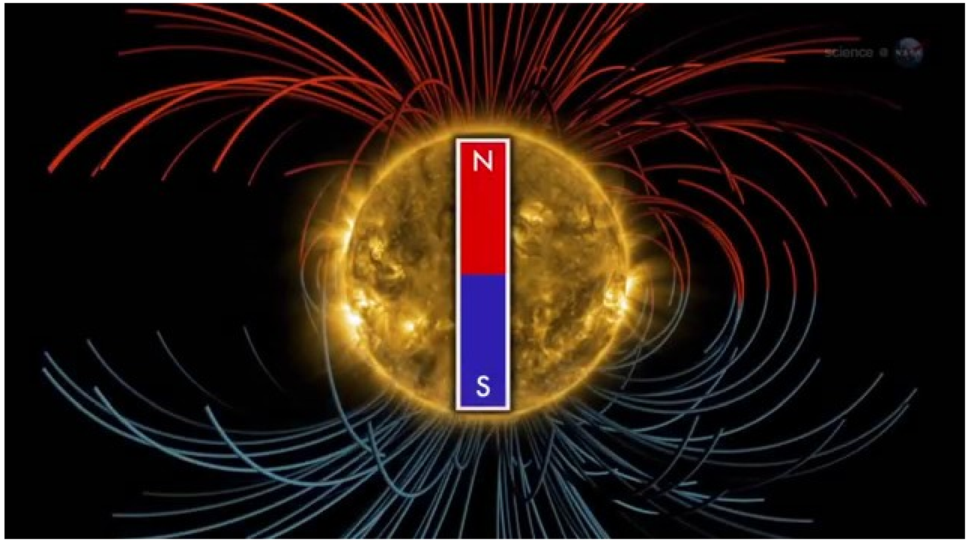


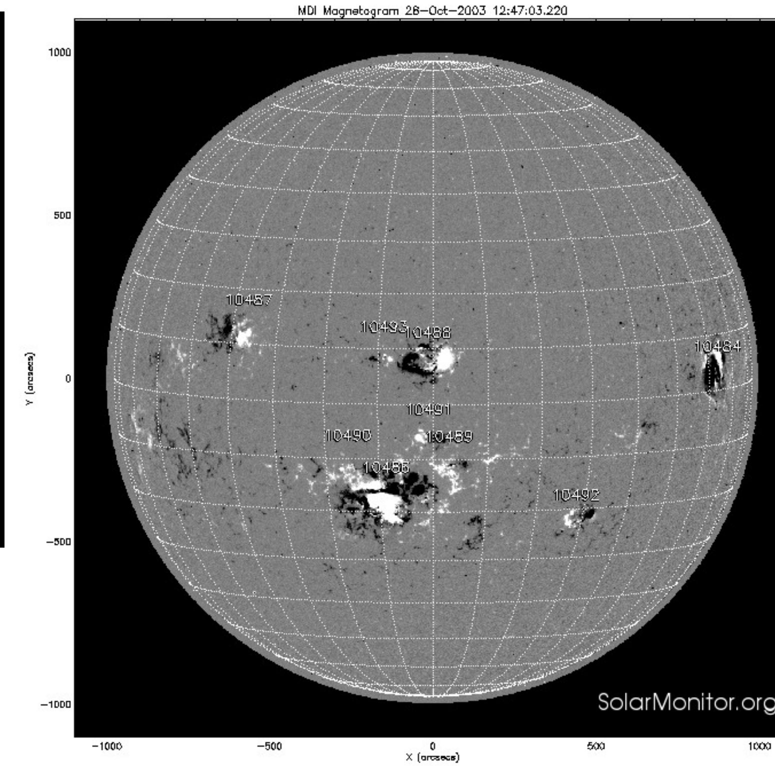
Randy Russell
www.windows2universe.org/sun/images

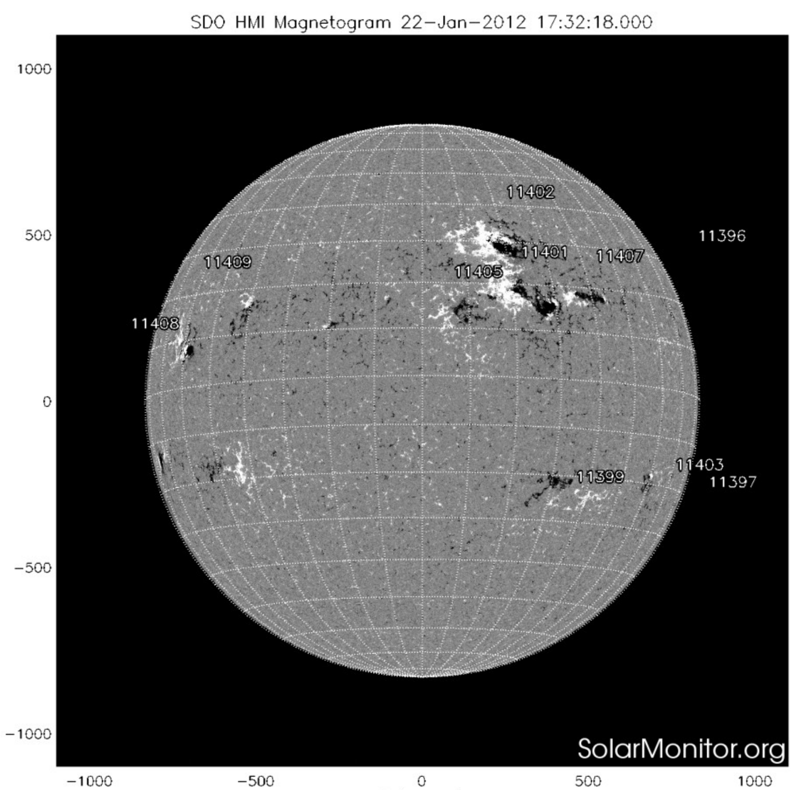
Различните настроения на Слънцето

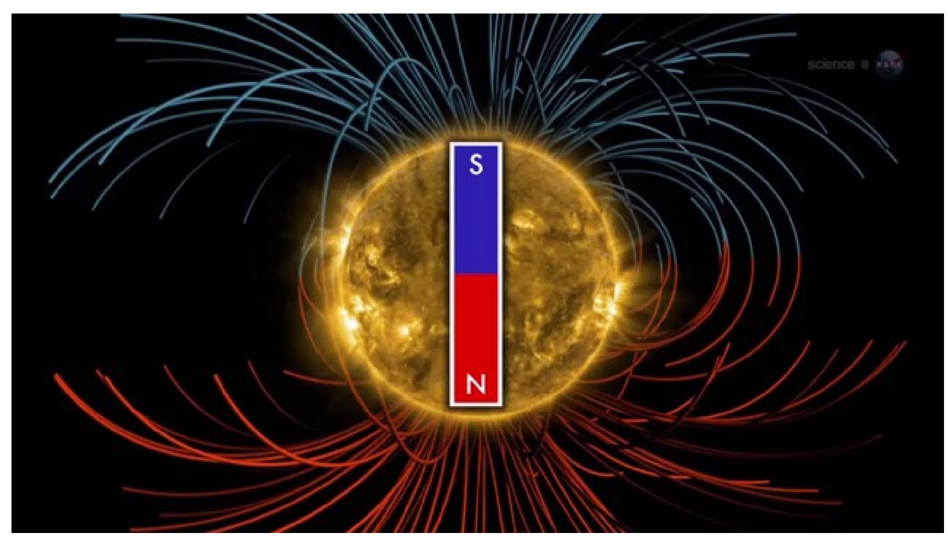
... фази на спокойствие и активност

Слънчев магнитен цикъл – наблюдения

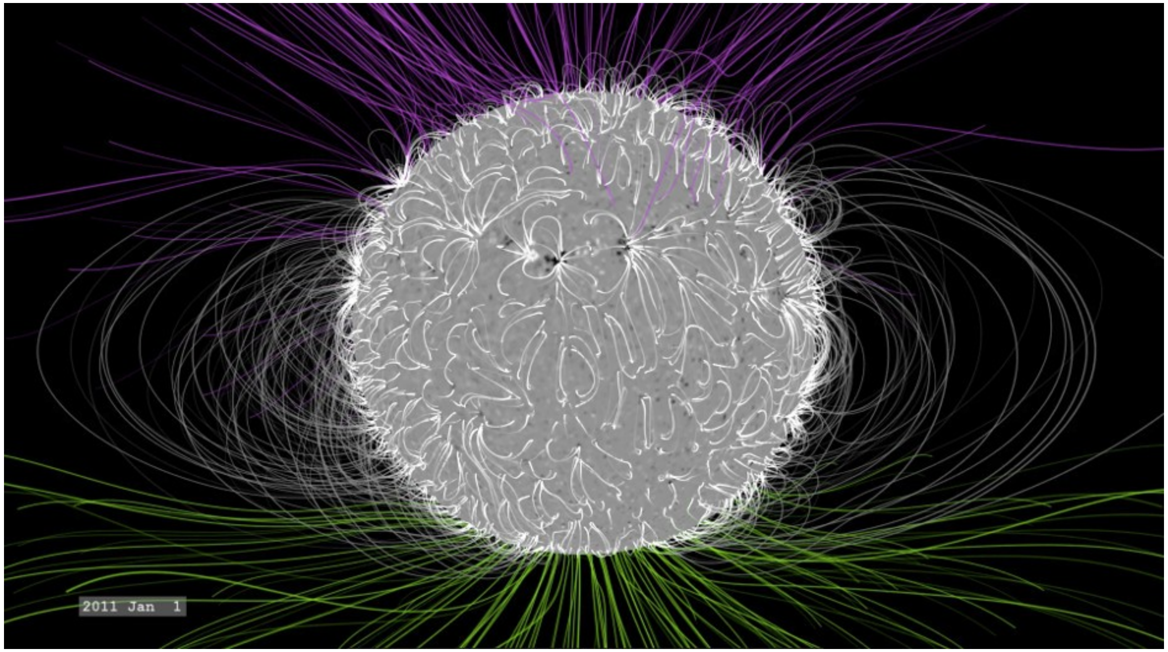


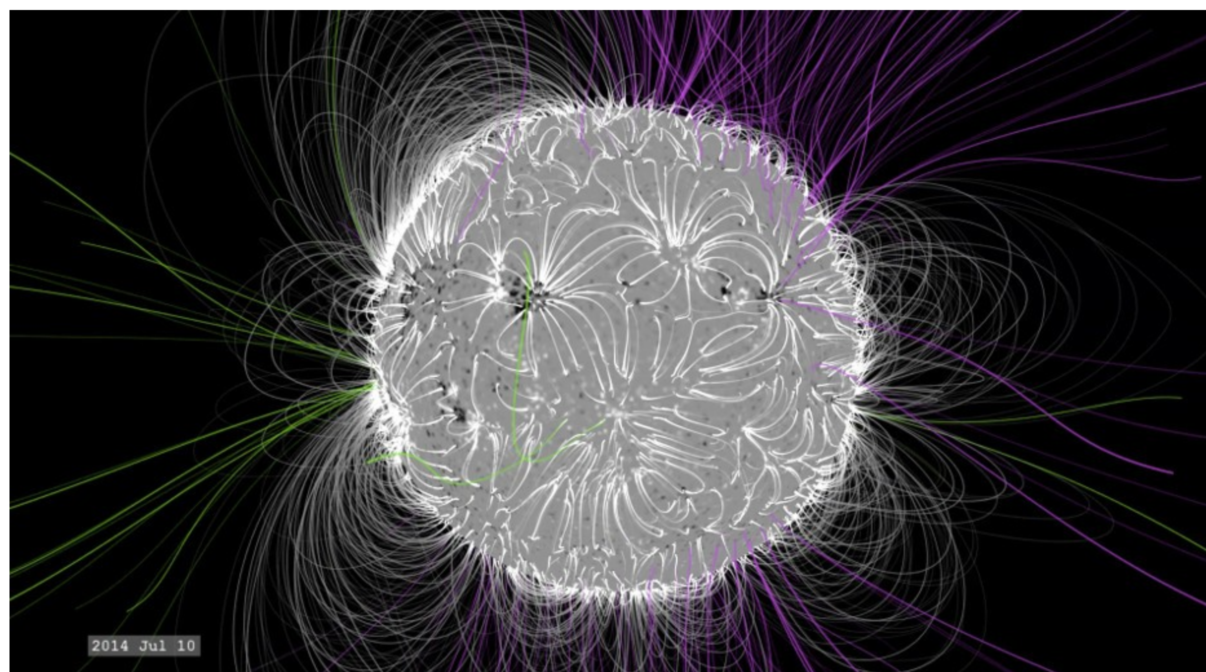






Слънчев магнитен цикъл – модели

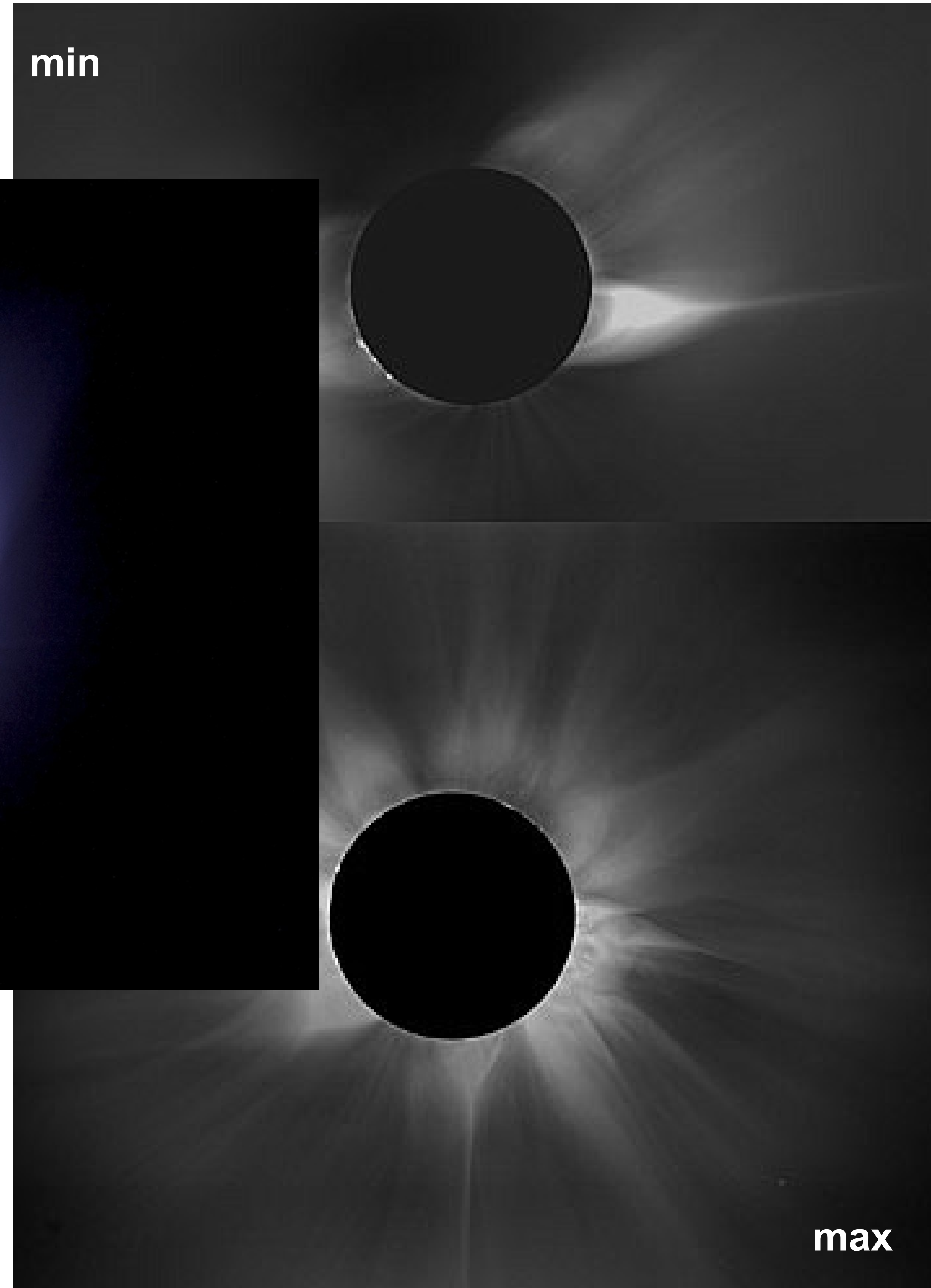




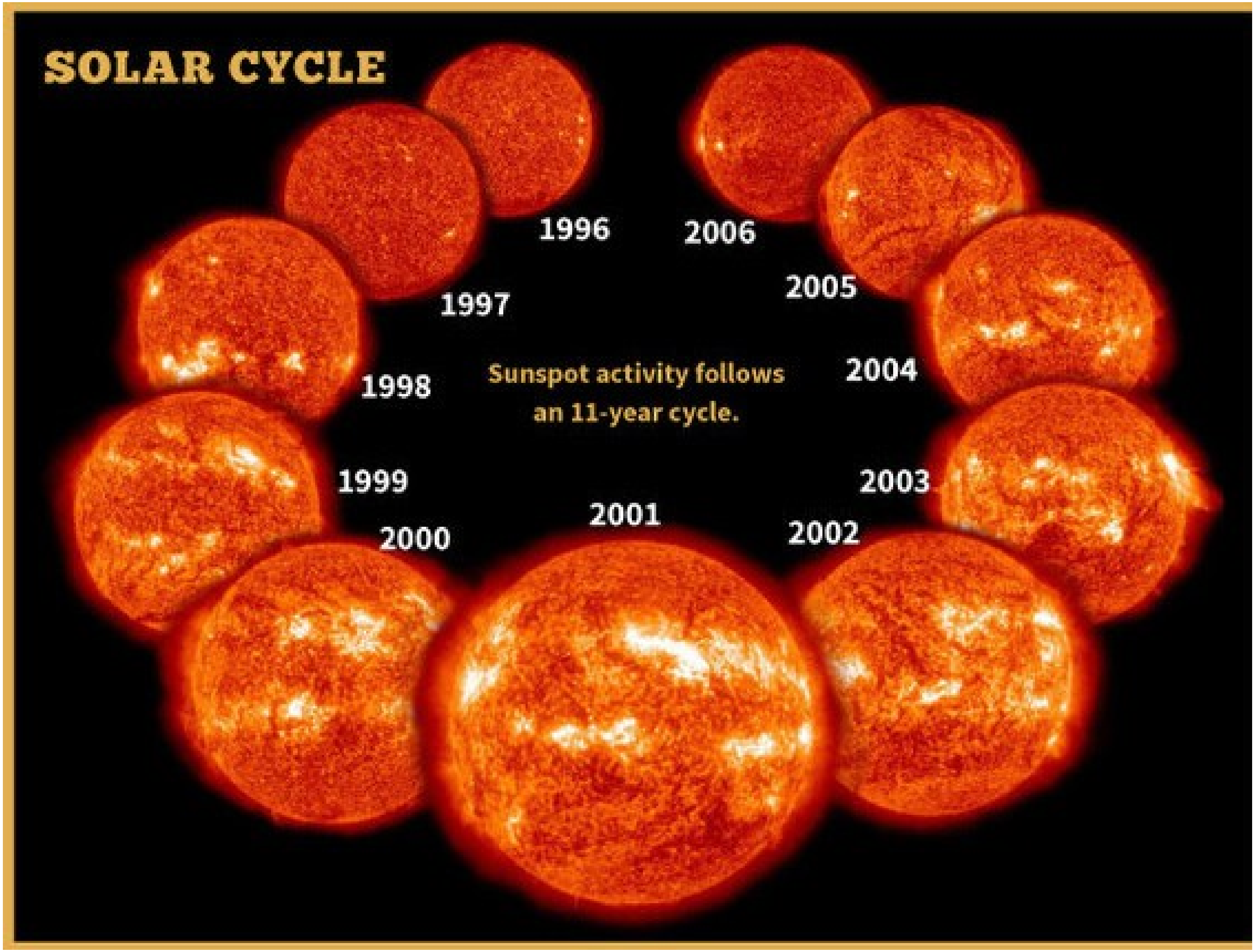
NASA/GSFC

Корона

Н. Петров, 21-08-2017

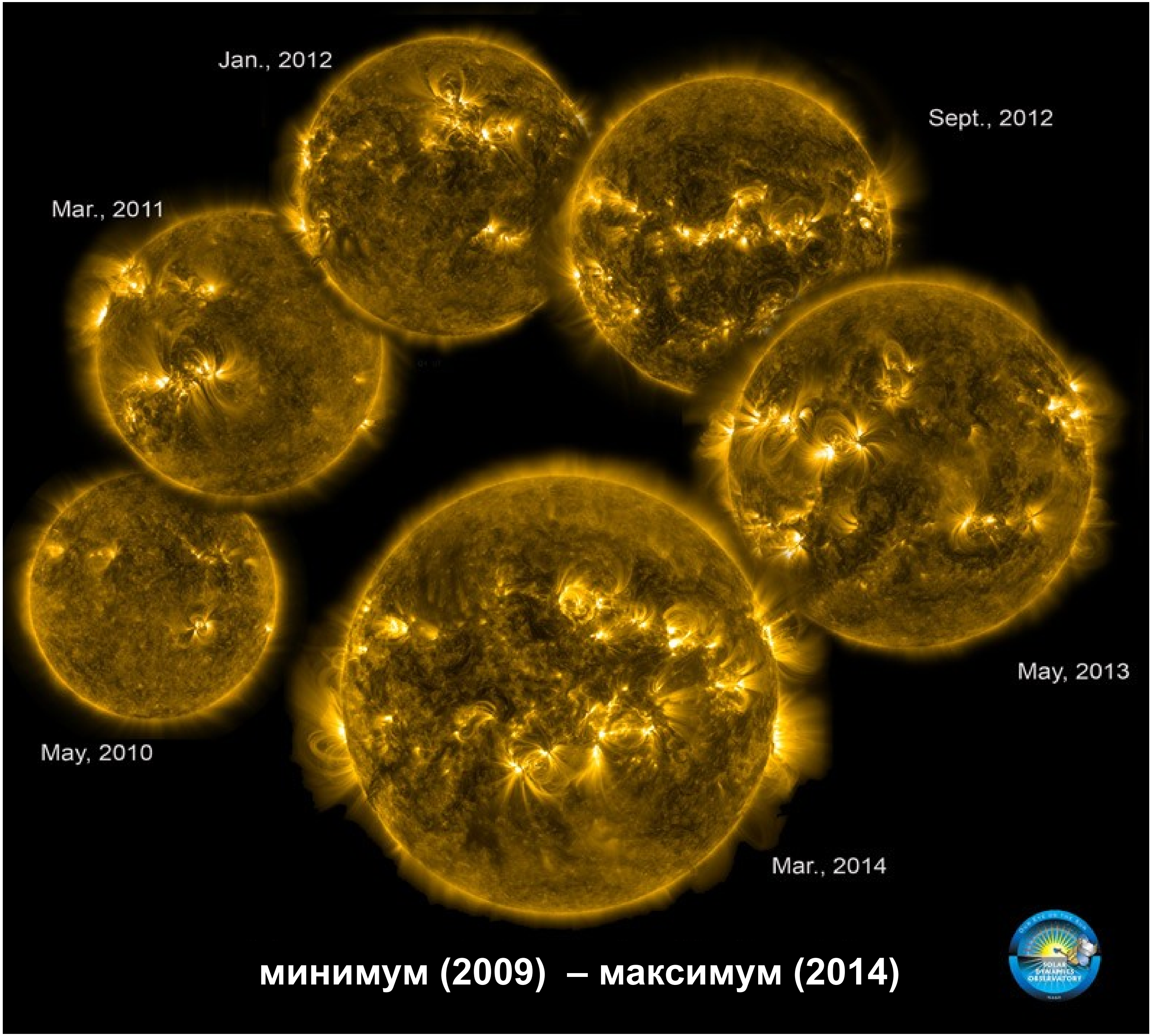


https://scied.ucar.edu/sun-corona-solar-min-max



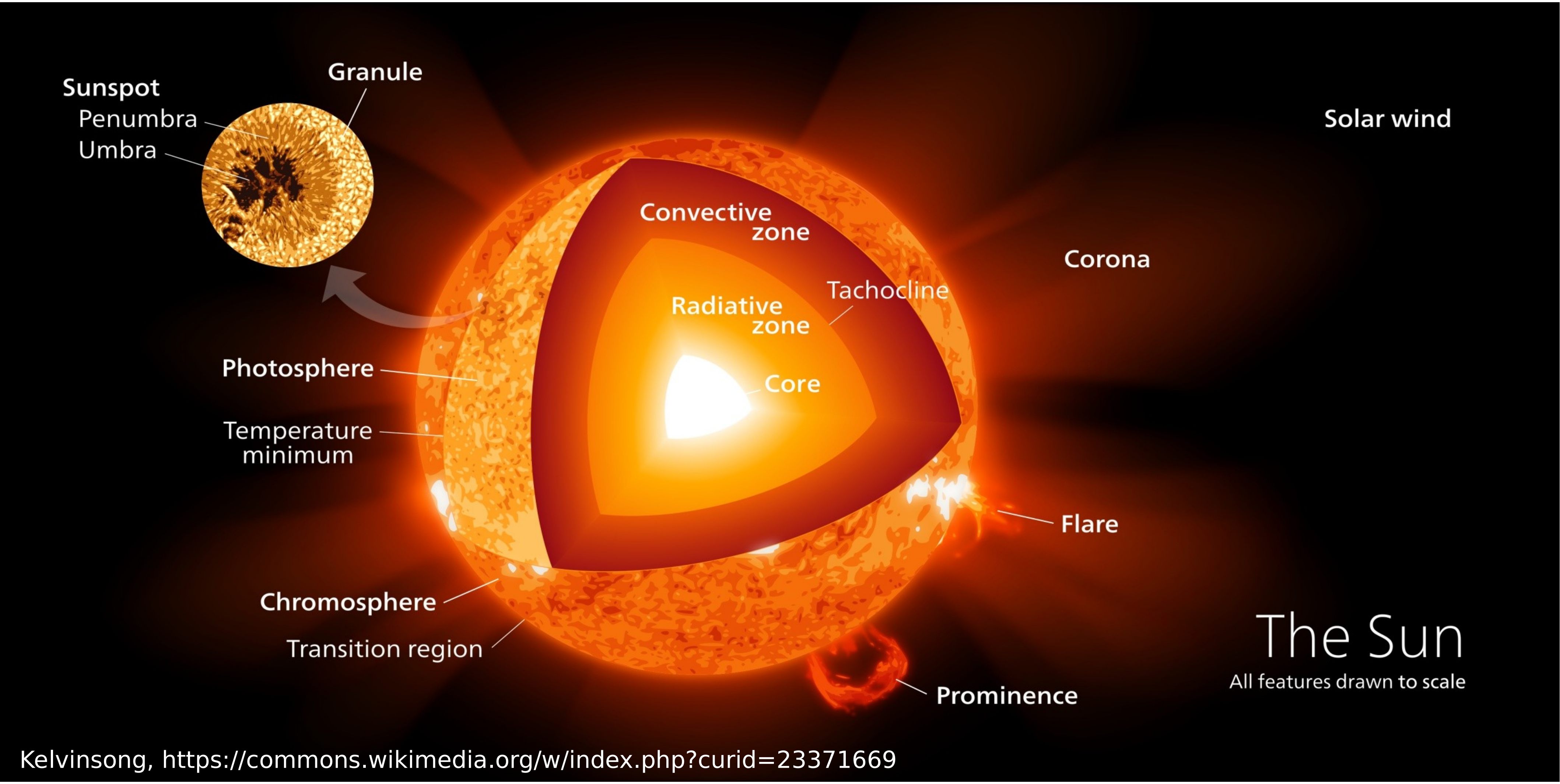
минимум (1996) – максимум (2001) – минимум (2006)

www.space.com


Jan., 2012
Sept., 2012
Mar., 2011
May, 2013
May, 2010
Mar., 2014
минимум (2009) – максимум (2014)

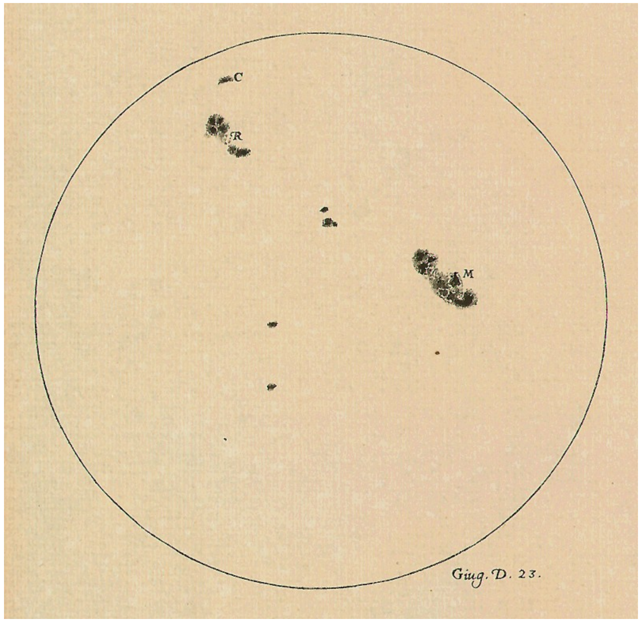
SDO/NASA

Слънчева активност

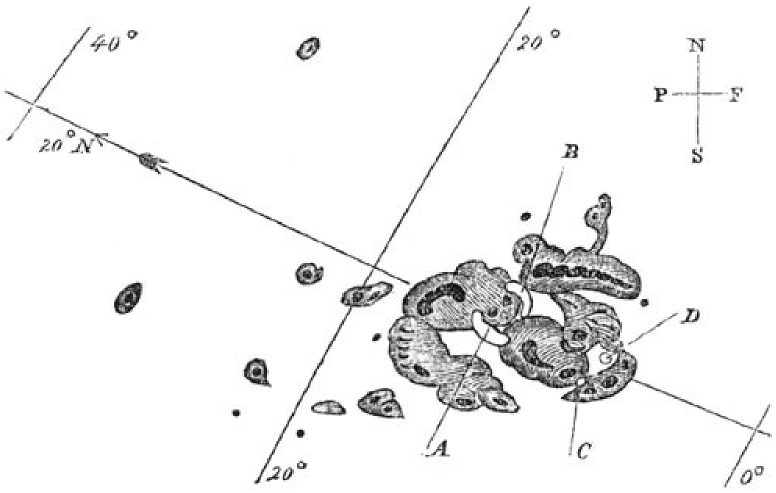


Слънчеви петна (активни области)
Избухвания
Коронални изхвърляния на маса
Протуберанси
Енергетични частици

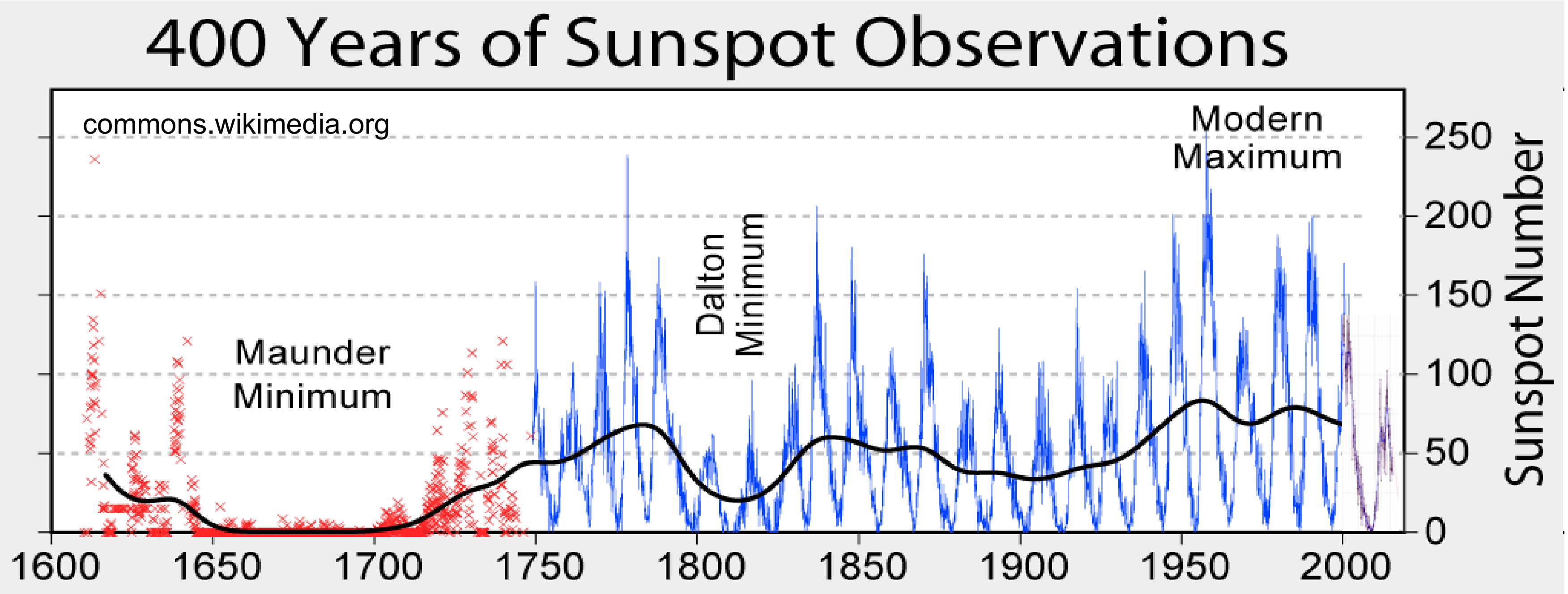
Слънчеви петна



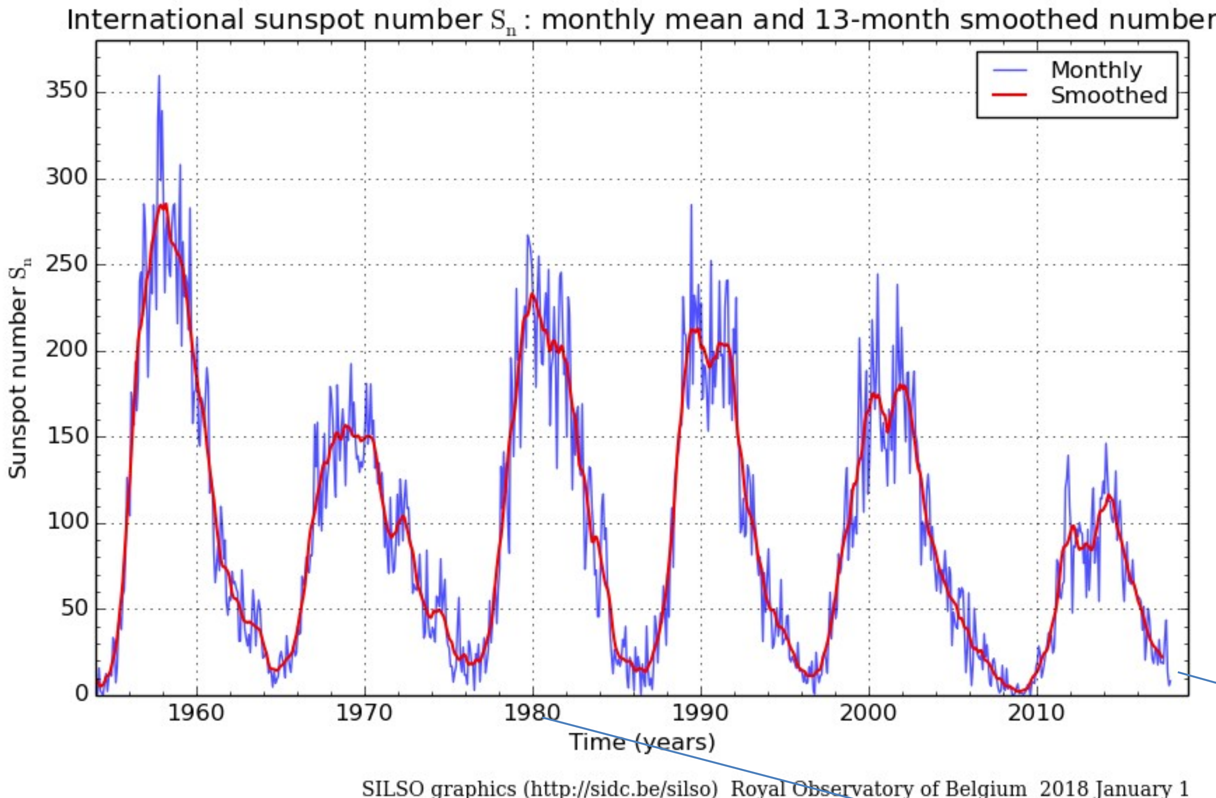
Галилей, 23-06-1613
http://galileo.rice.edu/sci/observations/sunspot_drawings.html

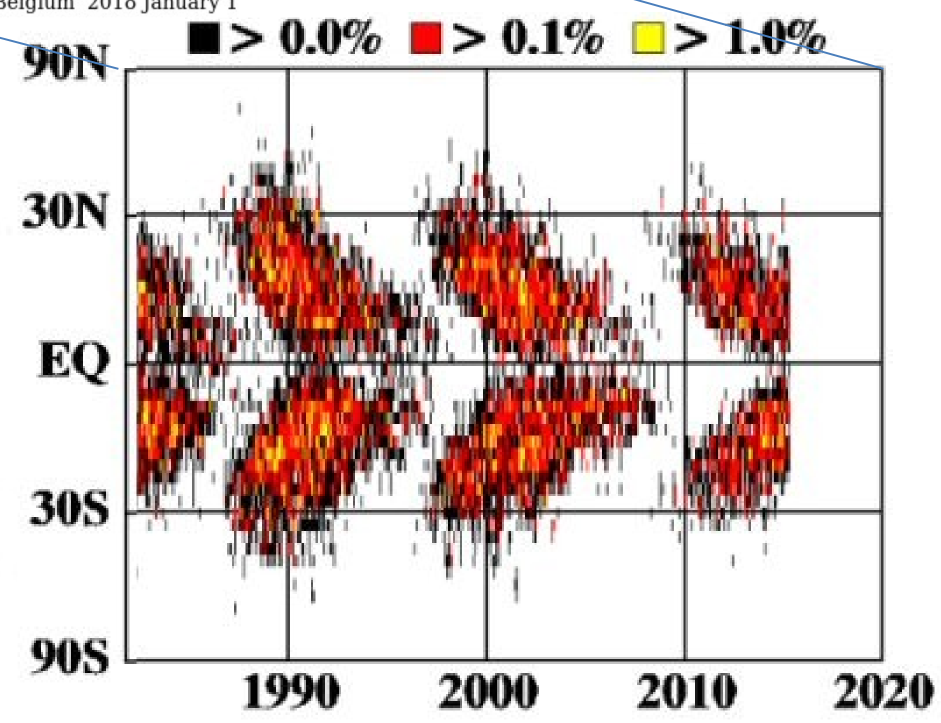


Карингтън, 01-09-1859
MNRAS, 1859



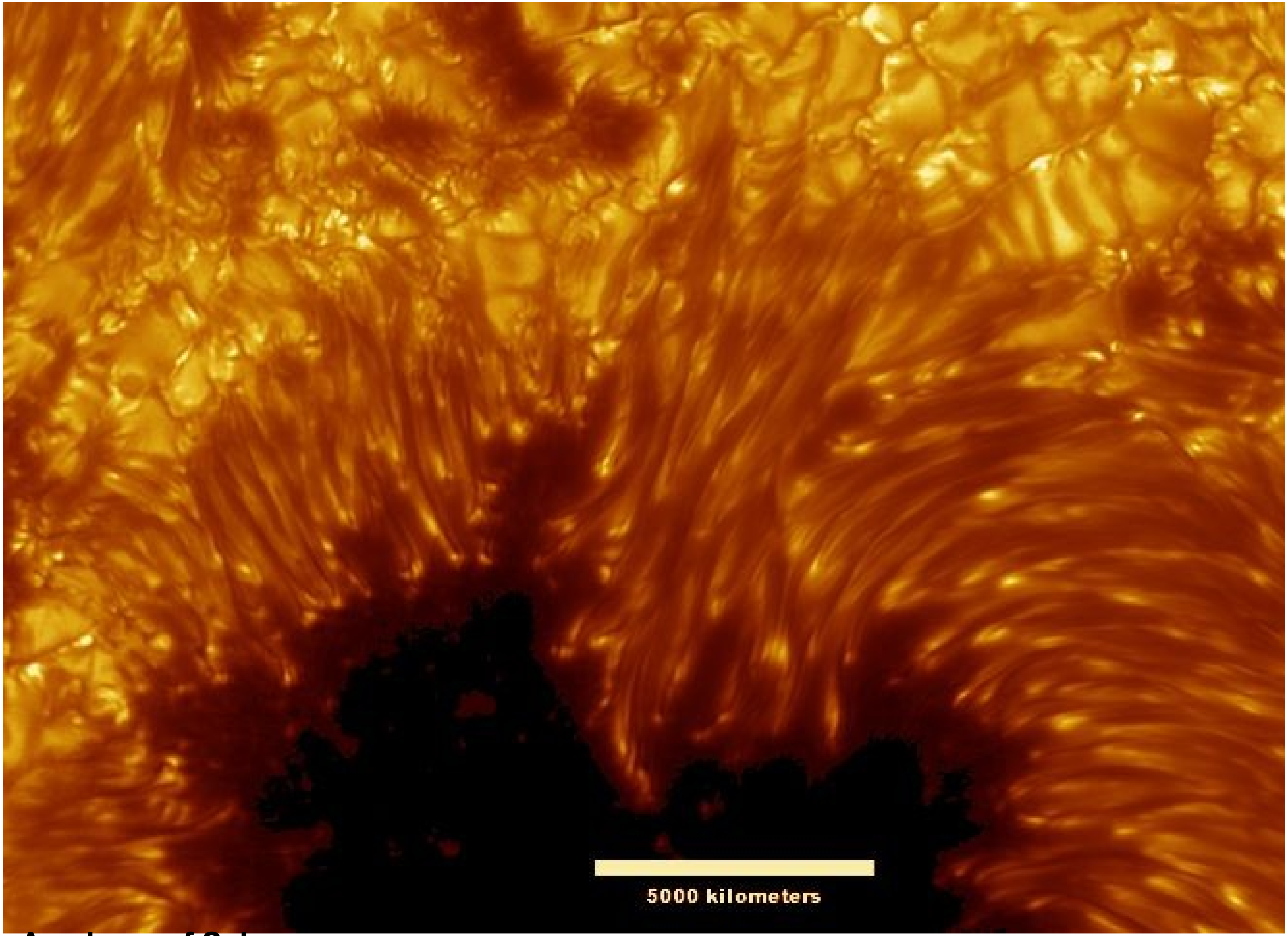
Слънчеви цикли





sites.uni.edu

Слънчеви петна
[sunspots]



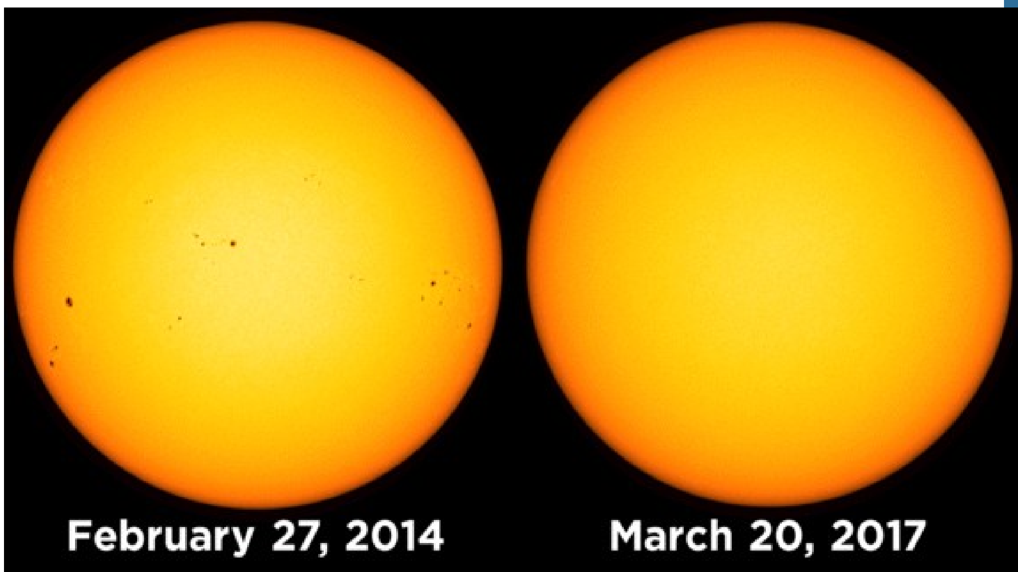
1-m Swedish Telescope

15 Jul 2002

Royal Swedish Academy of Sciences

http://www.isf.astro.su.se/

Слънчеви петна
[sunspots]



NASA's Solar Dynamics Observatory
Joy Ng/NASA's GSFC/SDO
https://www.space.com/36188-spotless-sun-has-no-sunspots.html

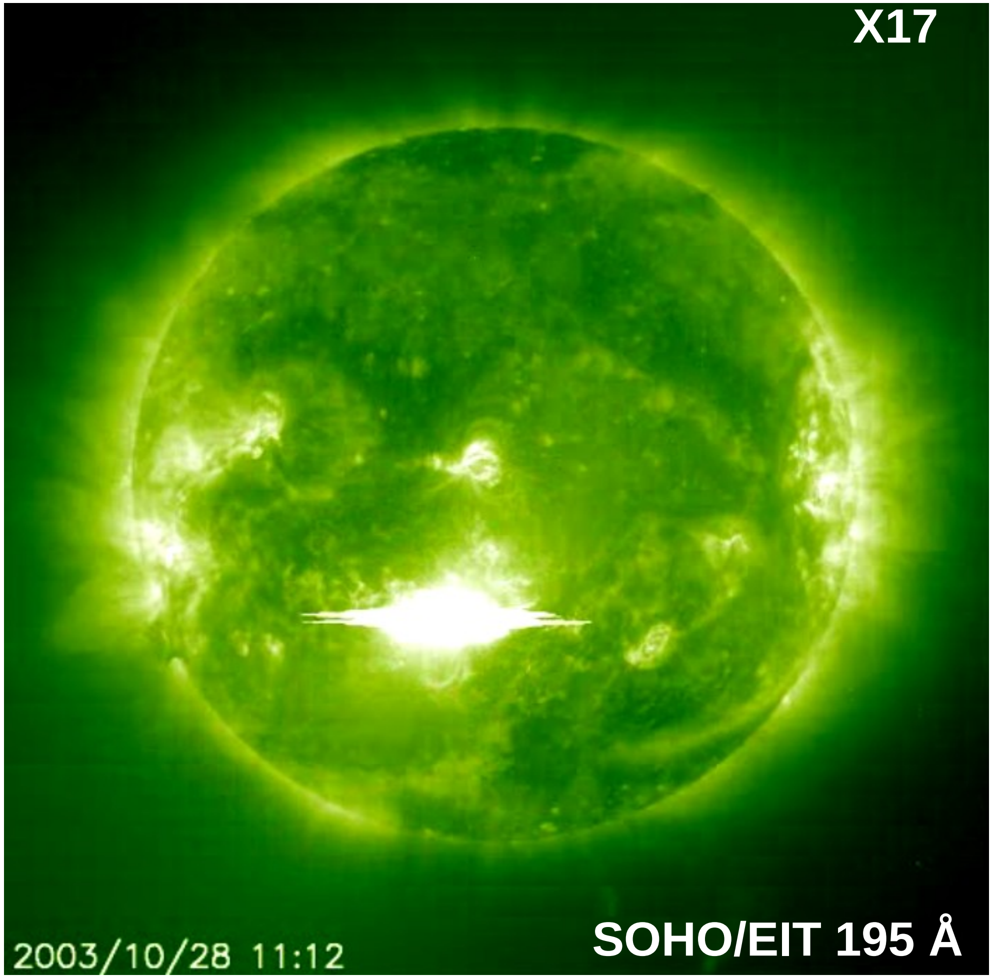
Слънчево избухване
[solar flare]

Внезапна, бърза и интензивна промяна в яркостта: огромна експлозия в слънчевата атмосфера, която създава:

● излъчване: от γ до радио вълни (10^{32} erg or 10^{25} J)
● движение на плазма
● заредени частици

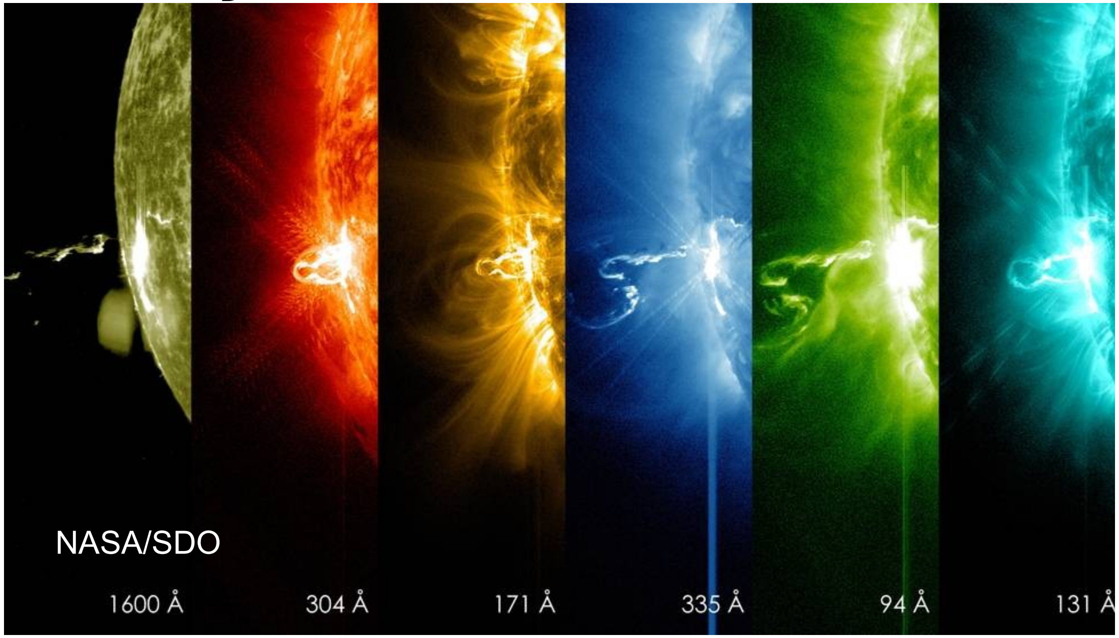
Често се наблюдава в активни области, където има различна полярност на магнитните силови линии

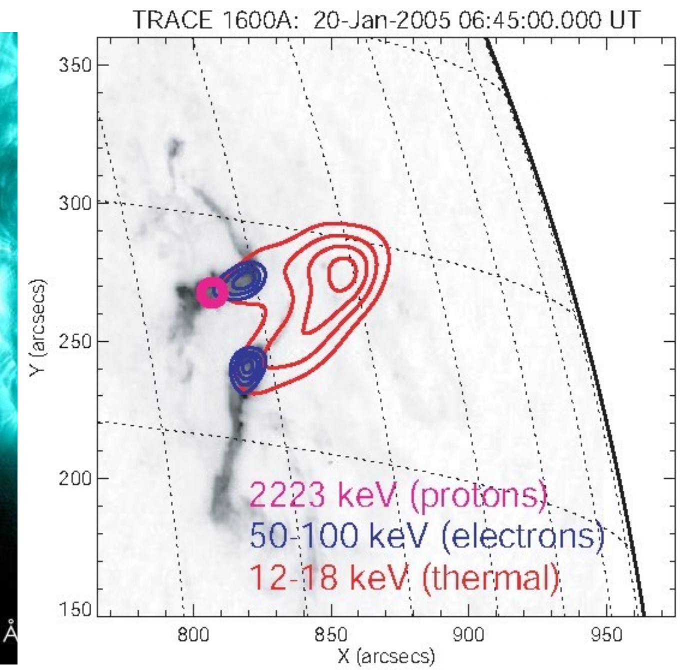
Спътникови и наземни наблюдения – в зависимост от дължината на вълната

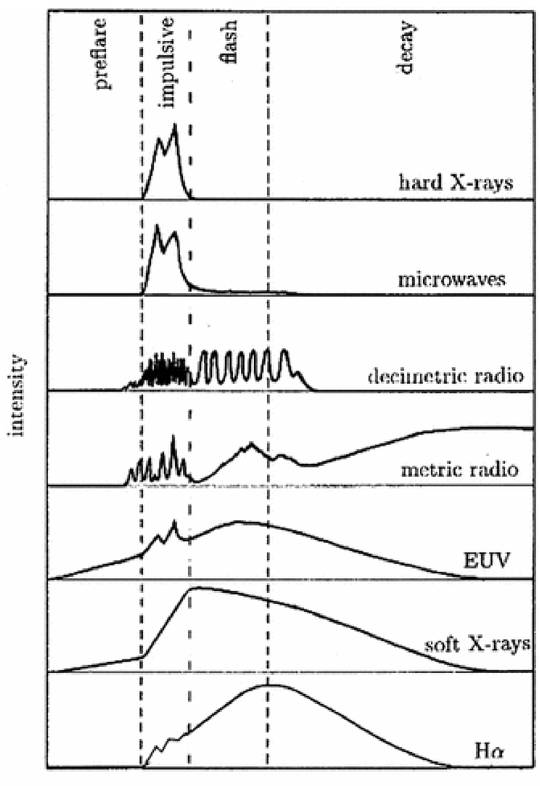


Слънчево избухване [solar flare]

X4.9
(X=10^{-4} W/m^2)
25-02-2014
(00:39 UT)

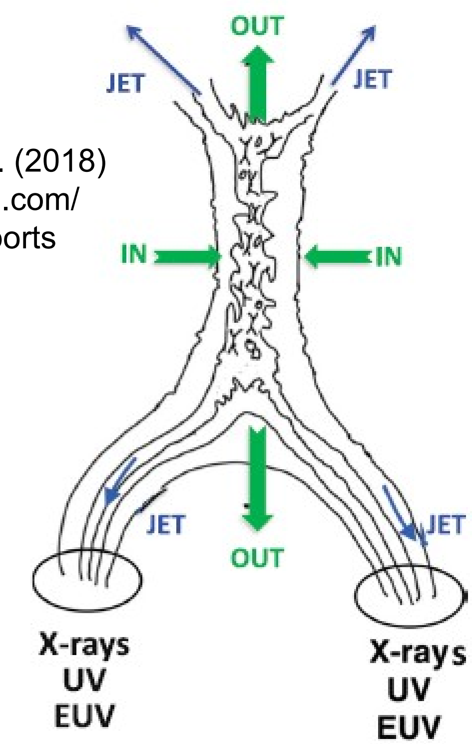


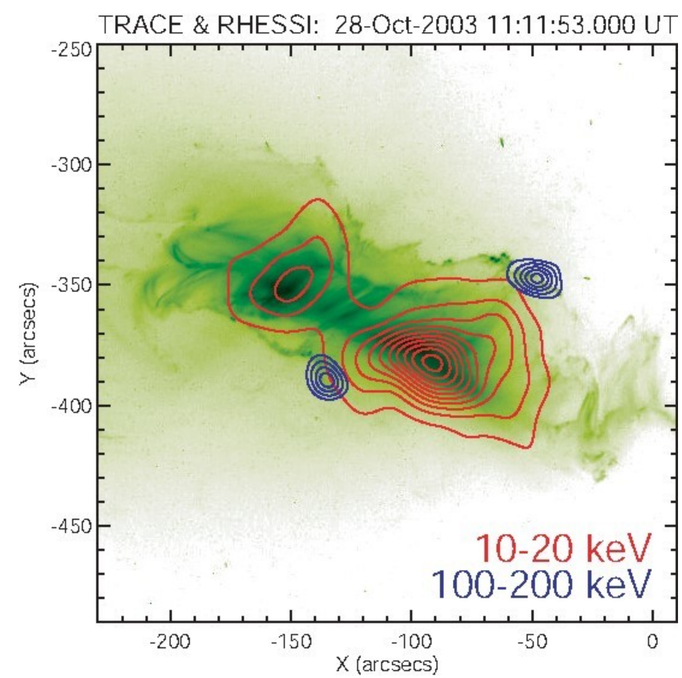




Benz (2002)

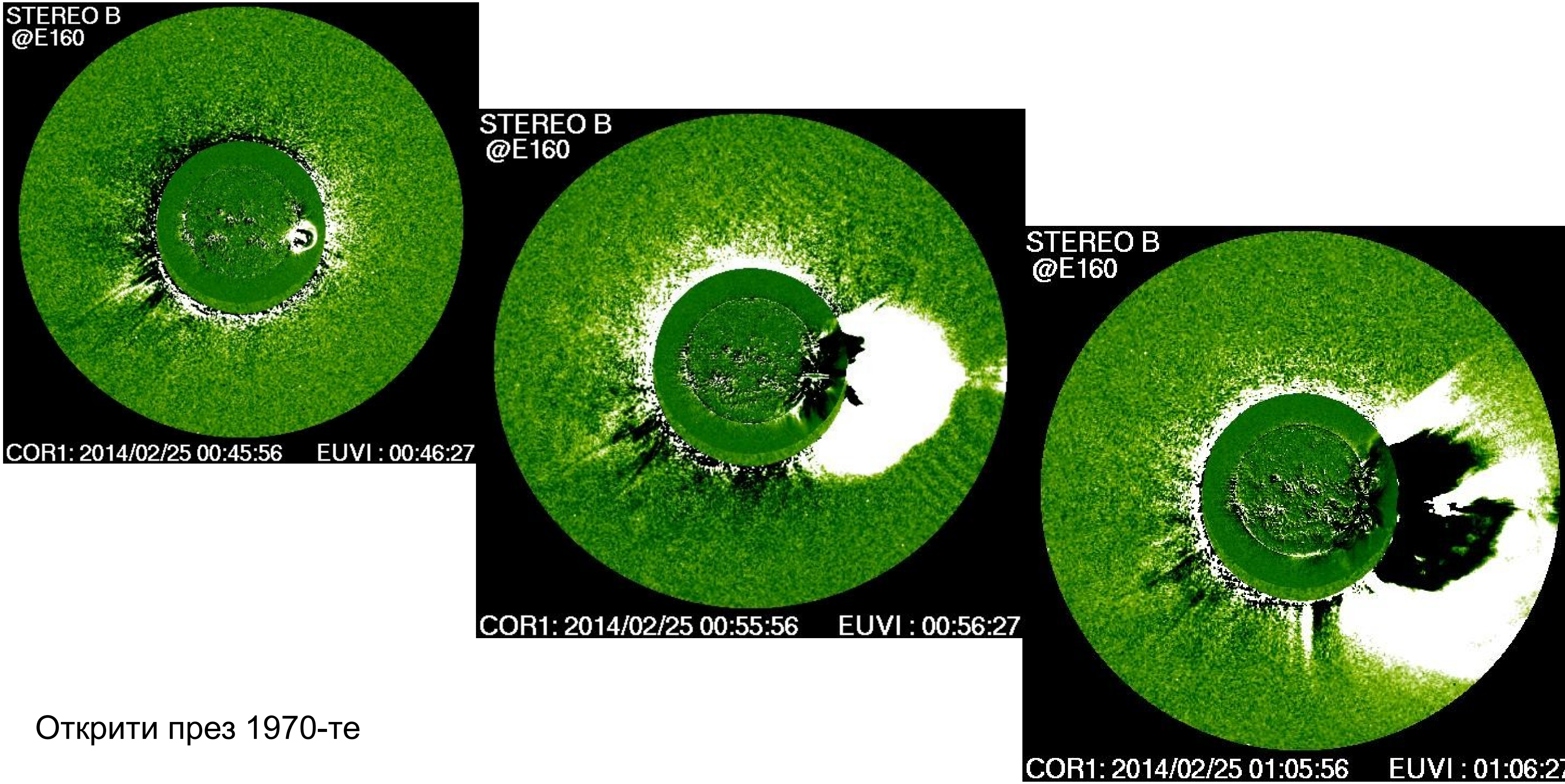
Cairns et al. (2018)
www.nature.com/
scientificreports





Hard X-ray and γ-line
S. Krucker
ILWS workshop 2006

Коронално изхвърляне на маса
[coronal mass ejection: CME]



Открити през 1970-те

наблюдения: чрез закриване
на ярката фотосфера (от земята и спътници)

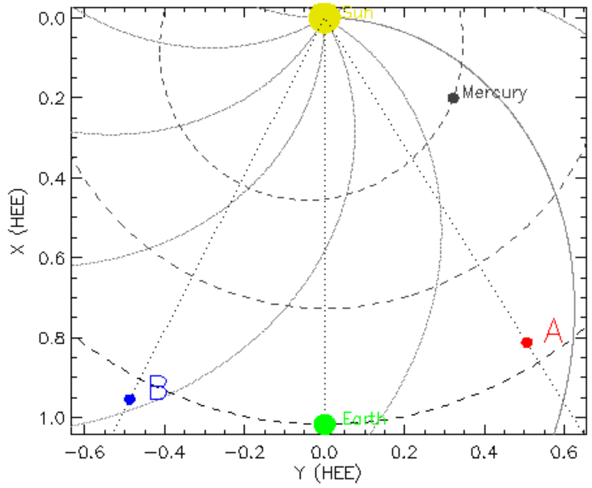
Представяват огромни облаци от плазма и
магнитно поле

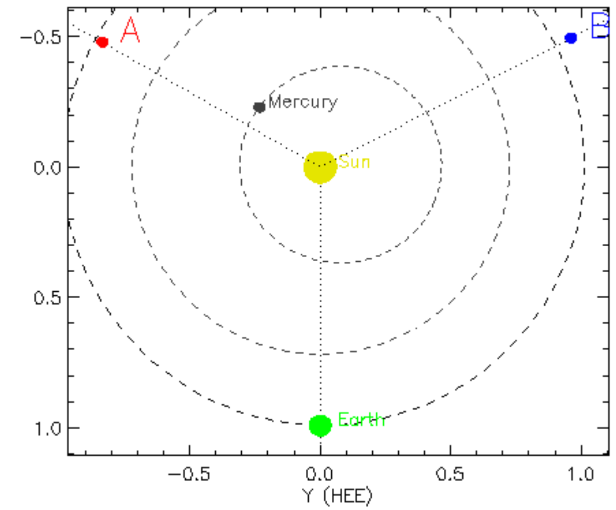
Скорости – в проекция: 100 km/s – 3000 km/s

Маса: ~10^{15} g (1–10 % от слънчевия вятър)

Коронално изхвърляне на маса [CME]

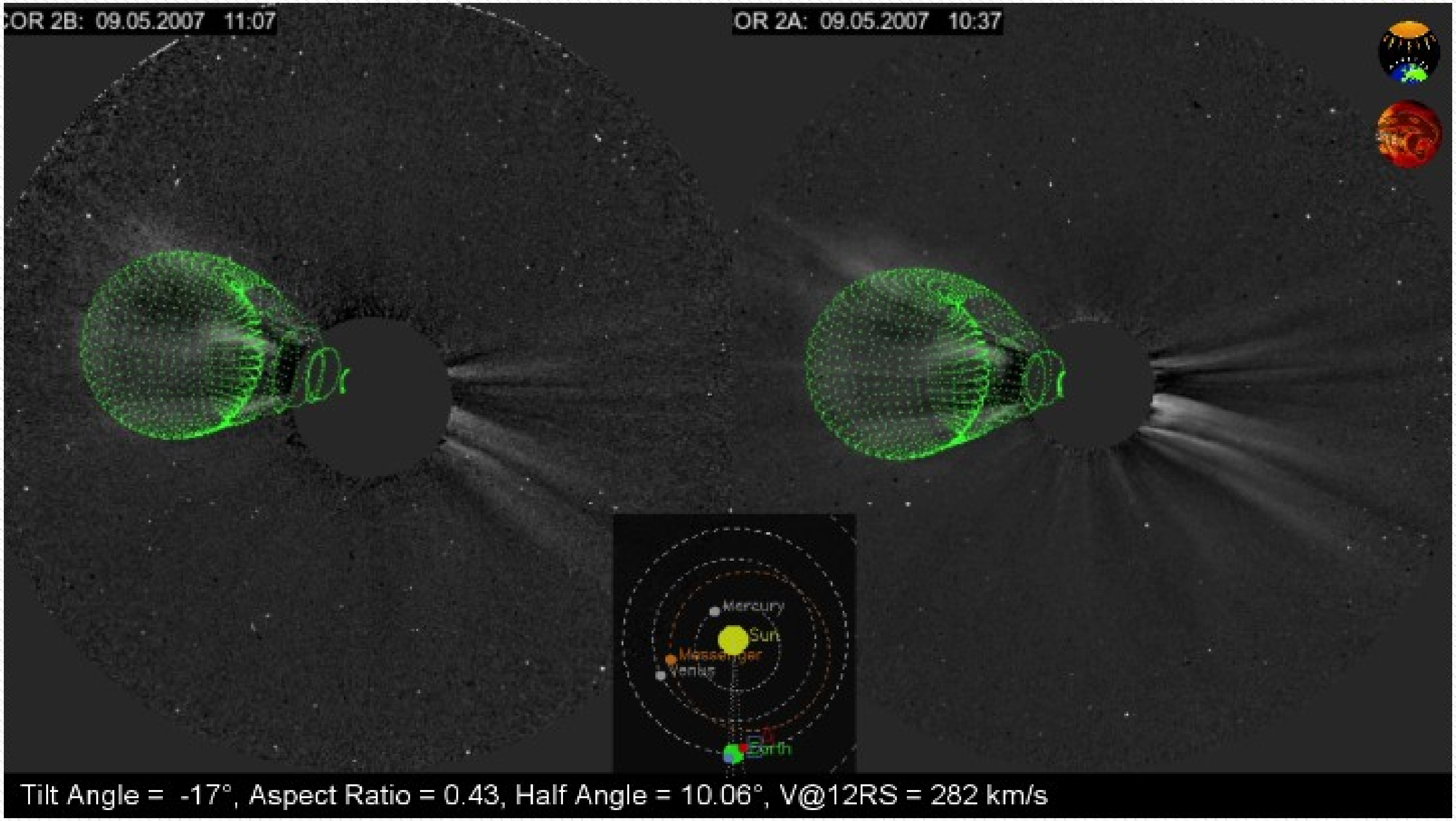
STEREO: 2008 ↔ 2018 https://stereo-ssc.nascom.nasa.gov



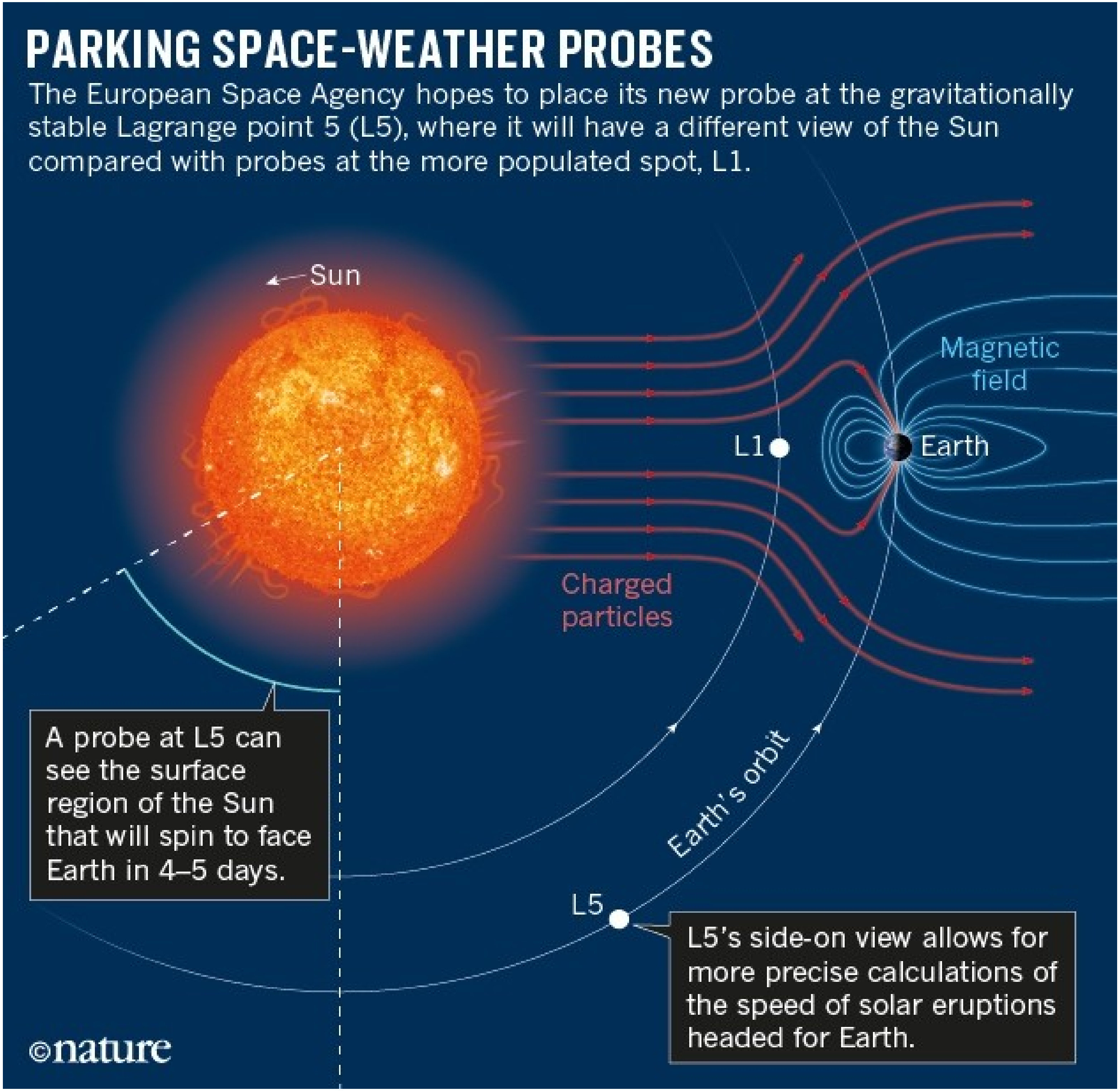


http://www.affects-fp7.eu/

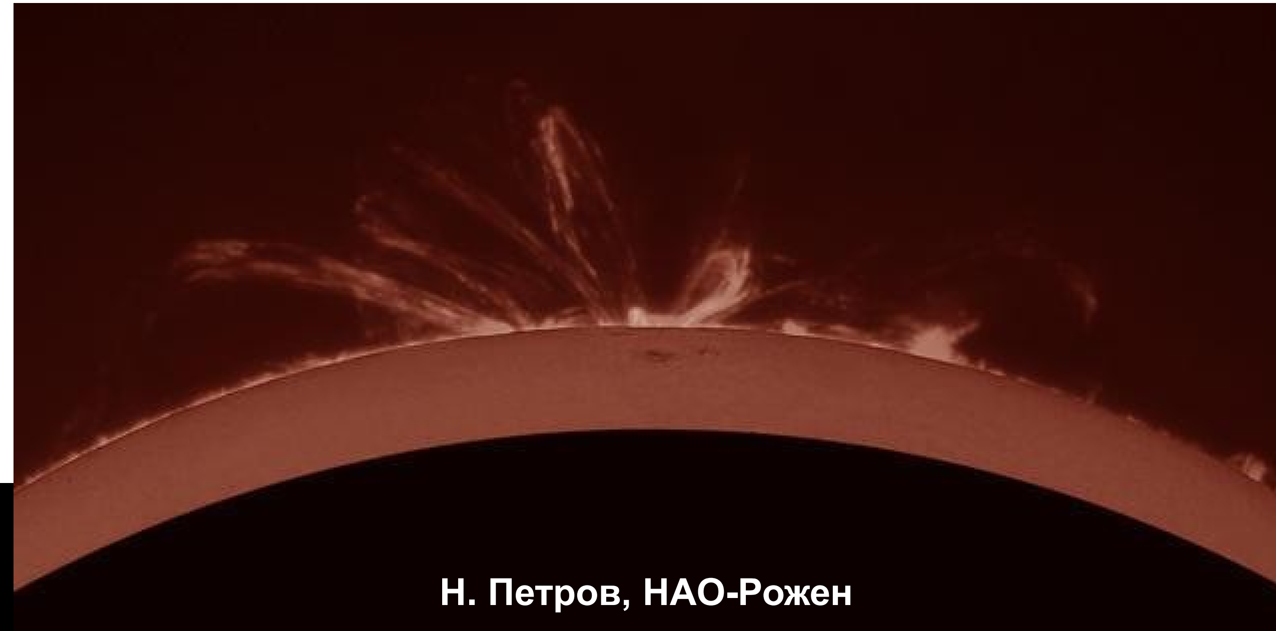
https://www.helcats-fp7.eu/

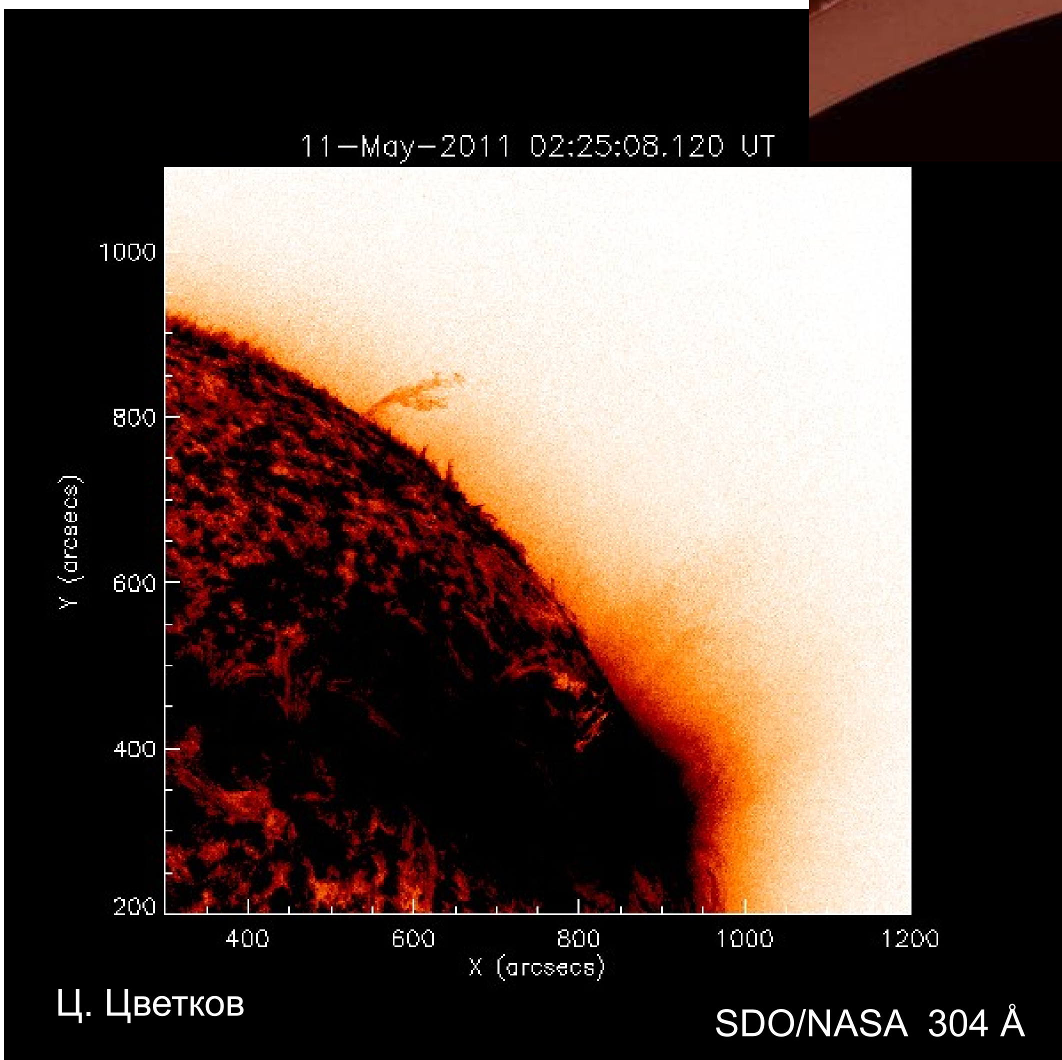


Наблюдения на Слънцето



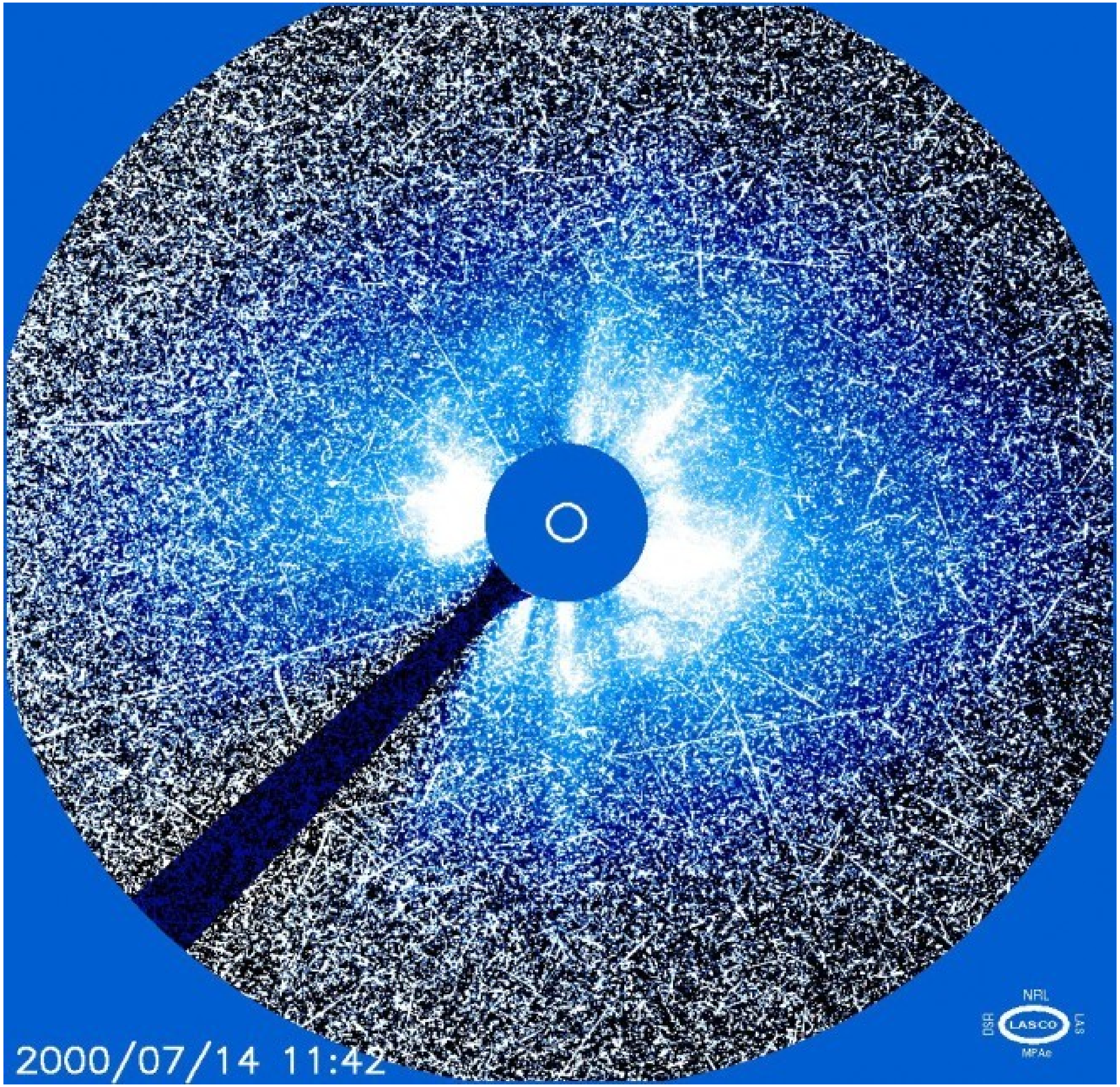
Протуберанси/ филаменти
[prominence/ filaments]



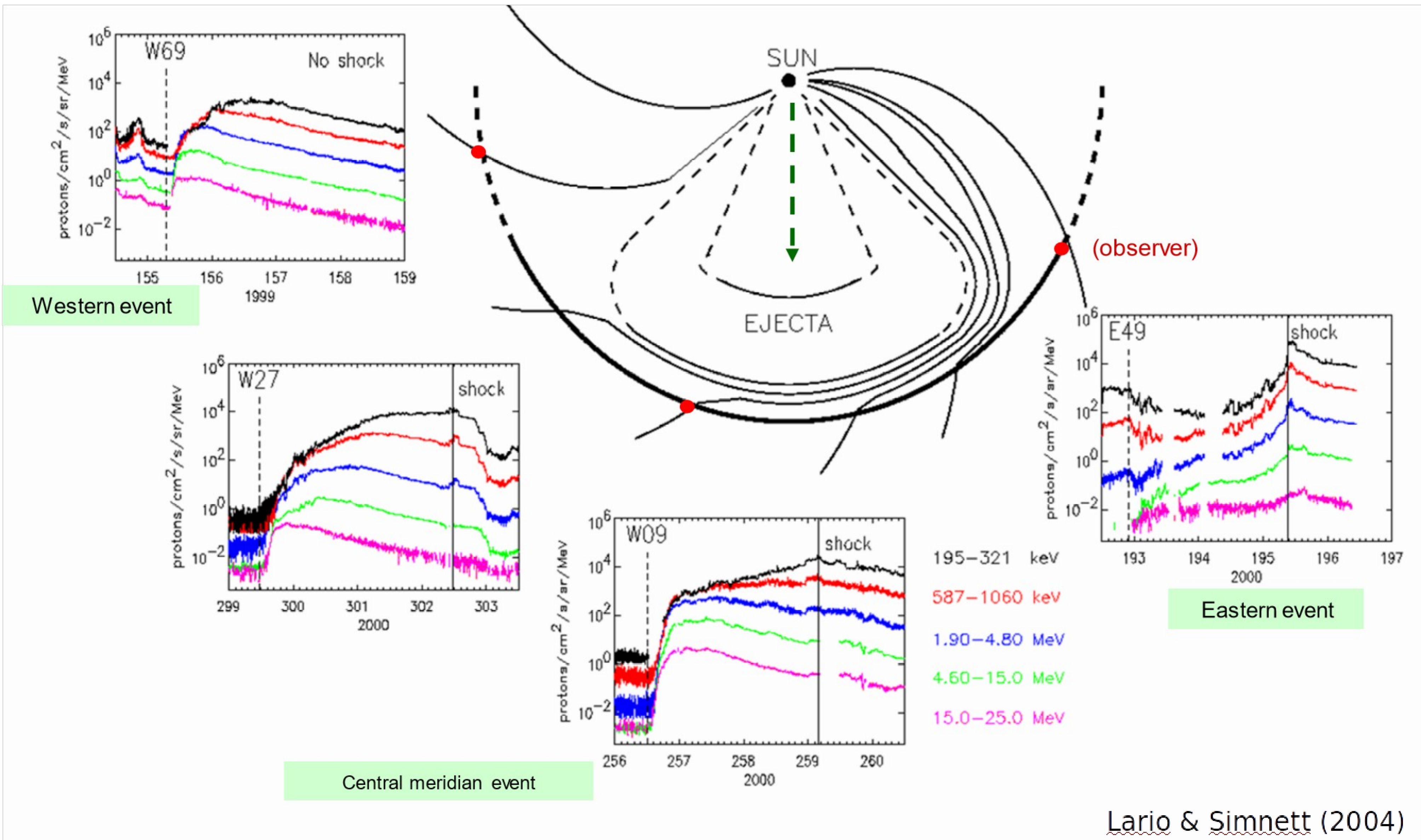


Слънчеви енергетични частици
[solar energetic particles]

SOHO/LASCO
ESA & NASA



Слънчеви енергетични частици
[solar energetic particles]



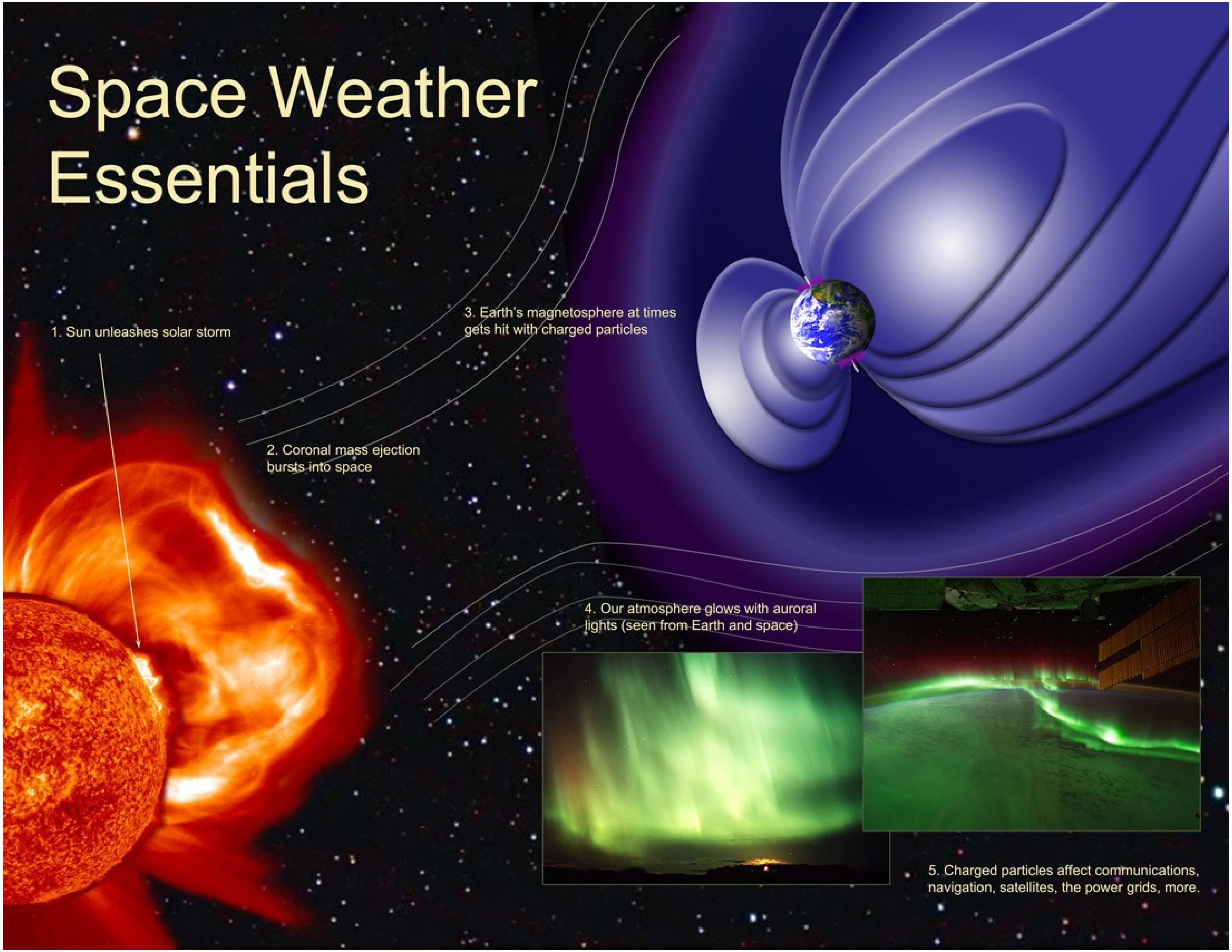
Lario & Simnett (2004)
ACE & IMP-8

Космическо време

Национален план по космическо време на САЩ:
„… космическо време се отнася до условията [и промените, наблюдавани в краткосрочен план] на Слънцето и в слънчевия вятър, магнитосферата, йоносферата и термосферата, които могат да повлияят върху работата и надеждността на космически и наземни технологични системи и да въздействат върху човешкия живот и здраве…“

Избрани обзорни статии със свободен достъп (на англ. ез.):
R. Schwenn, '*Space Weather: The Solar Perspective*', Living Rev. Solar Phys. (2006, 2010)
T. Pulkkinen, '*Space Weather: Terrestrial Perspective*', Living Rev. Solar Phys. (2007)

Гео-магнитни бури



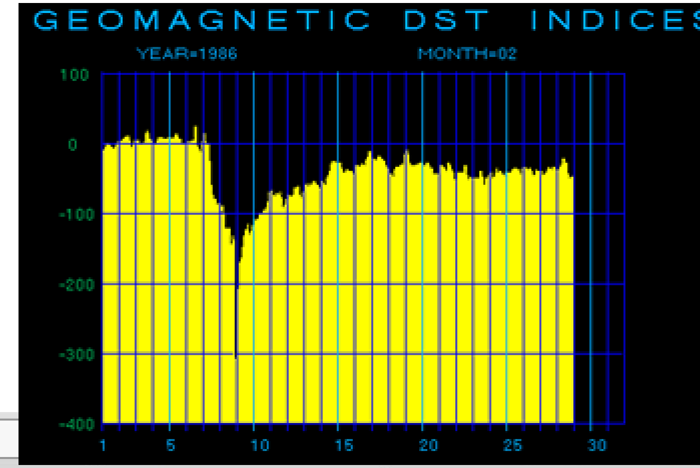
Причини за геомагнитните бури
- южна компонента на междупланетното магнитно поле
- бързоскоростни потоци от плазма

Измервания
компоненти на приземното магнитно поле

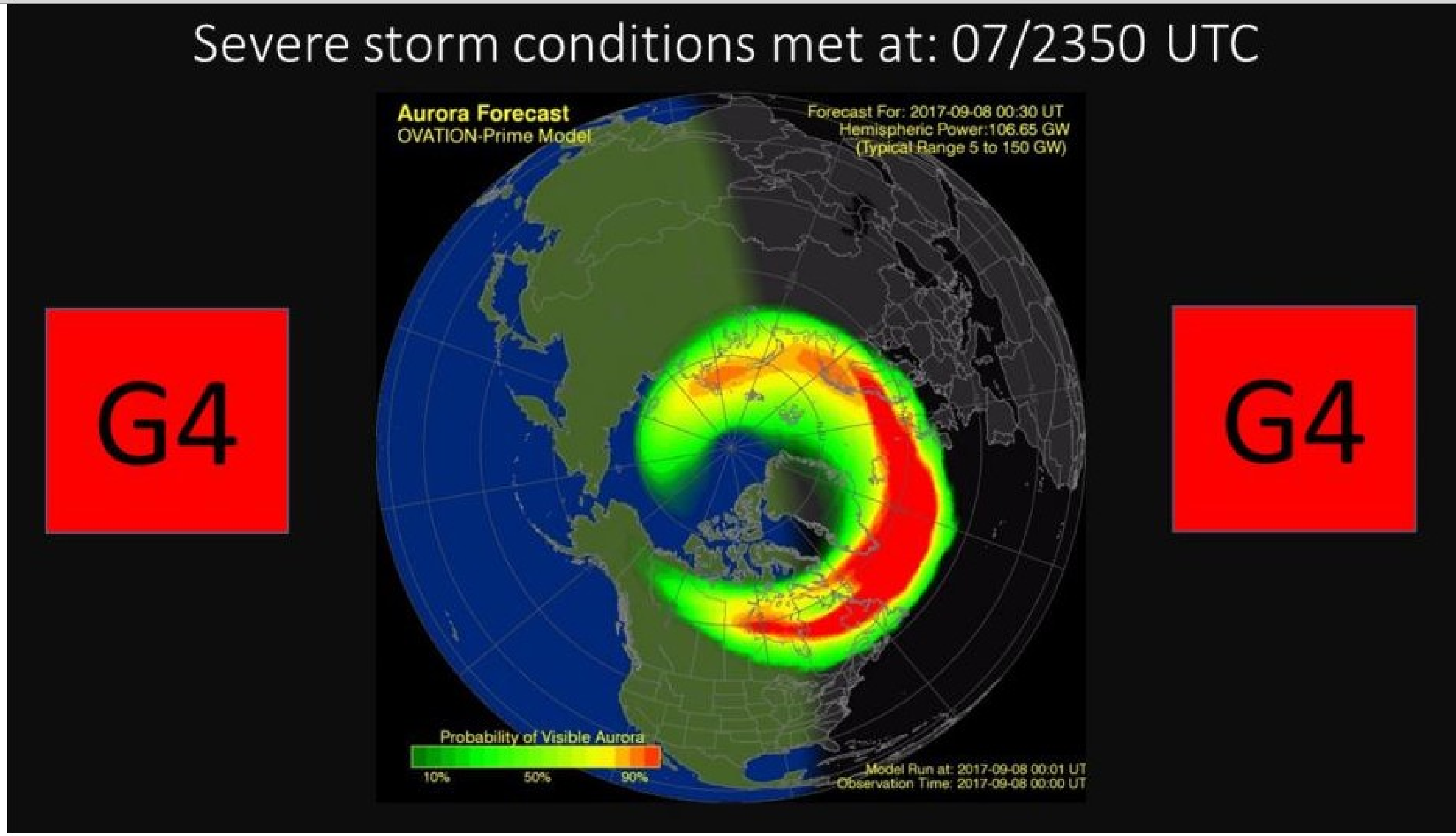
~60 μT=0.6 Gauss в полярните области
~30 μT=0.3 Gauss на екватора
1 Tesla = 10^4 Gauss
11° наклон към оста на въртене

Геомагнитни бури

www.ngdc.noaa.gov/stp/GEOMAG/dst.html



www.swpc.noaa.gov/news/update-continued-g4-severe-geomagnetic-storming-observed



UPDATE: CONTINUED G4 (SEVERE) GEOMAGNETIC STORMING OBSERVED

published: Saturday, September 09, 2017 01:54 UTC

G4 (Severe) geomagnetic storm levels were observed at 2350 UTC (19:50 Eastern) on 07 September, again at 0151 UTC (21:51 Eastern) on 08 September and 1304 UTC (09:04 Eastern) due to effects from a coronal mass ejection. A G3 (Strong) or greater warning continues to be in effect until 1500 UTC (11:00 Eastern) on 08 September.

Геомагнитни бури

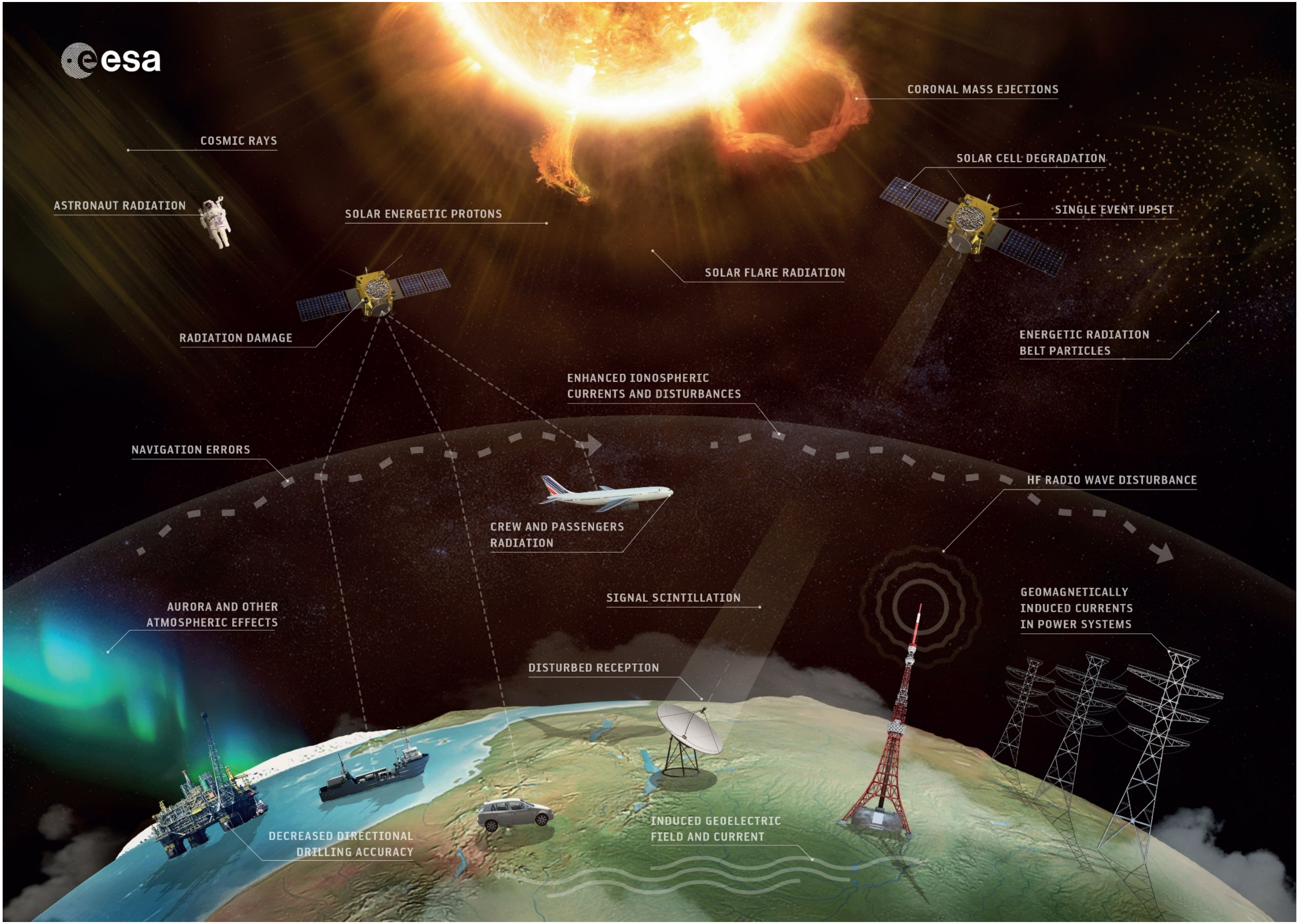
NOAA Space Weather Scales

Category		Effect	Physical measure	Average Frequency (1 cycle = 11 years)
Scale	Descriptor	Duration of event will influence severity of effects		
Geomagnetic Storms			Kp values* determined every 3 hours	Number of storm events when Kp level was met; (number of storm days)
G 5	Extreme	Power systems: widespread voltage control problems and protective system problems can occur, some grid systems may experience complete collapse or blackouts. Transformers may experience damage. Spacecraft operations: may experience extensive surface charging, problems with orientation, uplink/downlink and tracking satellites. Other systems: pipeline currents can reach hundreds of amps, HF (high frequency) radio propagation may be impossible in many areas for one to two days, satellite navigation may be degraded for days, low-frequency radio navigation can be out for hours, and aurora has been seen as low as Florida and southern Texas (typically 40° geomagnetic lat.).**	Kp=9	4 per cycle (4 days per cycle)
G 4	Severe	Power systems: possible widespread voltage control problems and some protective systems will mistakenly trip out key assets from the grid. Spacecraft operations: may experience surface charging and tracking problems, corrections may be needed for orientation problems. Other systems: induced pipeline currents affect preventive measures, HF radio propagation sporadic, satellite navigation degraded for hours, low-frequency radio navigation disrupted, and aurora has been seen as low as Alabama and northern California (typically 45° geomagnetic lat.).**	Kp=8	100 per cycle (60 days per cycle)
G 3	Strong	Power systems: voltage corrections may be required, false alarms triggered on some protection devices. Spacecraft operations: surface charging may occur on satellite components, drag may increase on low-Earth-orbit satellites, and corrections may be needed for orientation problems. Other systems: intermittent satellite navigation and low-frequency radio navigation problems may occur, HF radio may be intermittent, and aurora has been seen as low as Illinois and Oregon (typically 50° geomagnetic lat.).**	Kp=7	200 per cycle (130 days per cycle)
G 2	Moderate	Power systems: high-latitude power systems may experience voltage alarms, long-duration storms may cause transformer damage. Spacecraft operations: corrective actions to orientation may be required by ground control; possible changes in drag affect orbit predictions. Other systems: HF radio propagation can fade at higher latitudes, and aurora has been seen as low as New York and Idaho (typically 55° geomagnetic lat.).**	Kp=6	600 per cycle (360 days per cycle)
G 1	Minor	Power systems: weak power grid fluctuations can occur. Spacecraft operations: minor impact on satellite operations possible. Other systems: migratory animals are affected at this and higher levels; aurora is commonly visible at high latitudes (northern Michigan and Maine).**	Kp=5	1700 per cycle (900 days per cycle)

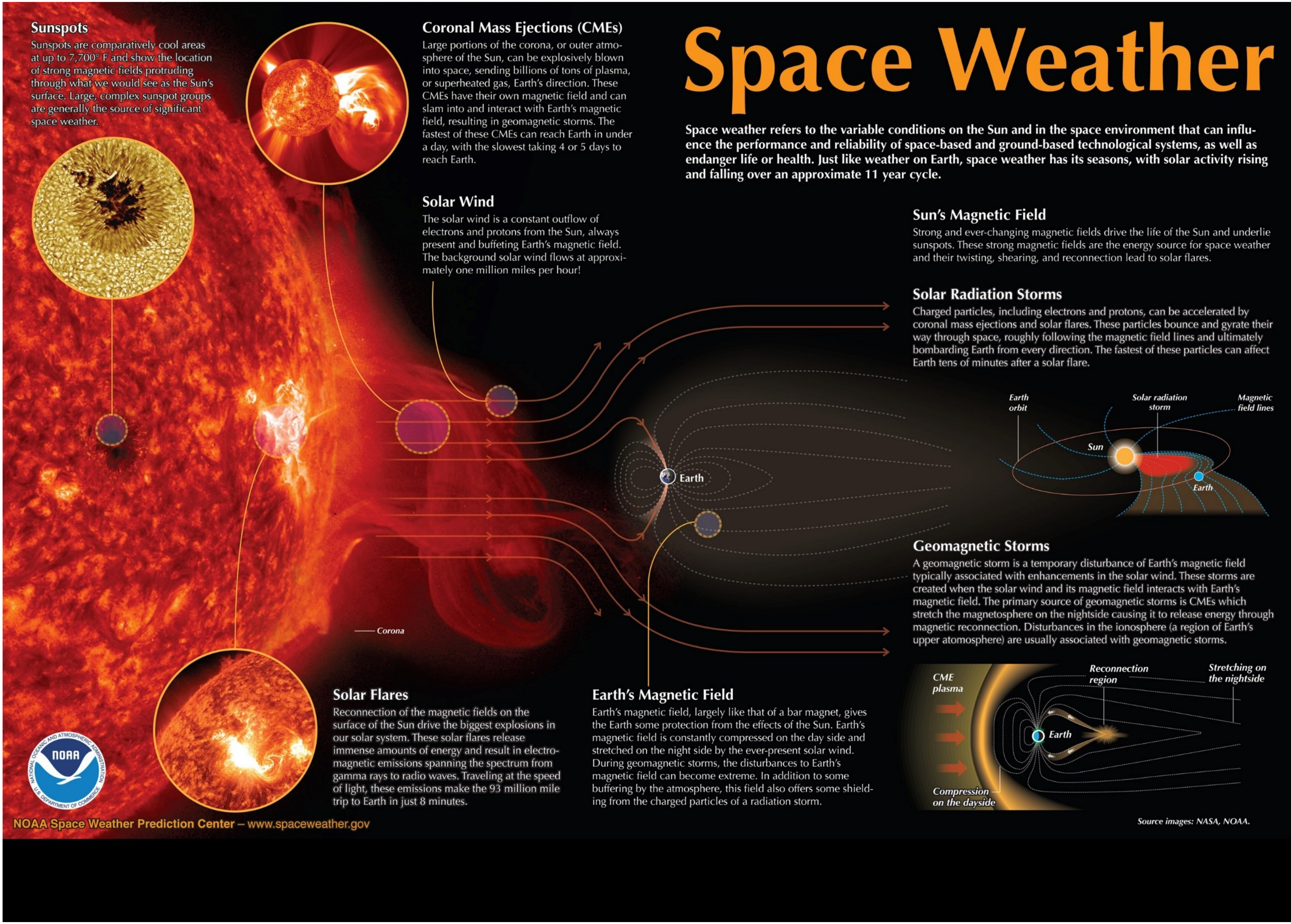
* Based on this measure, but other physical measures are also considered.

** For specific locations around the globe, use geomagnetic latitude to determine likely sightings (see www.swpc.noaa.gov/Aurora)

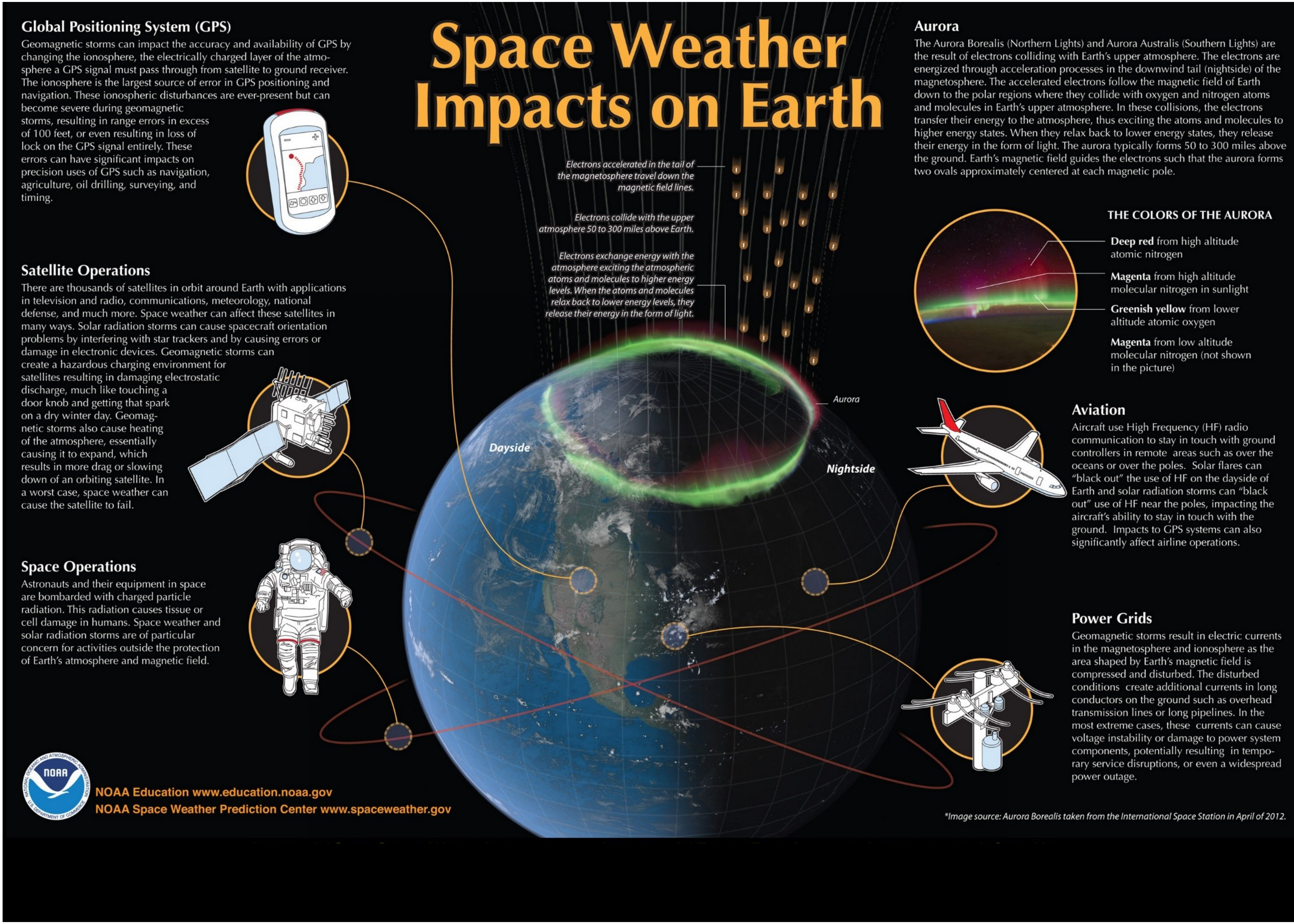
Космическо време



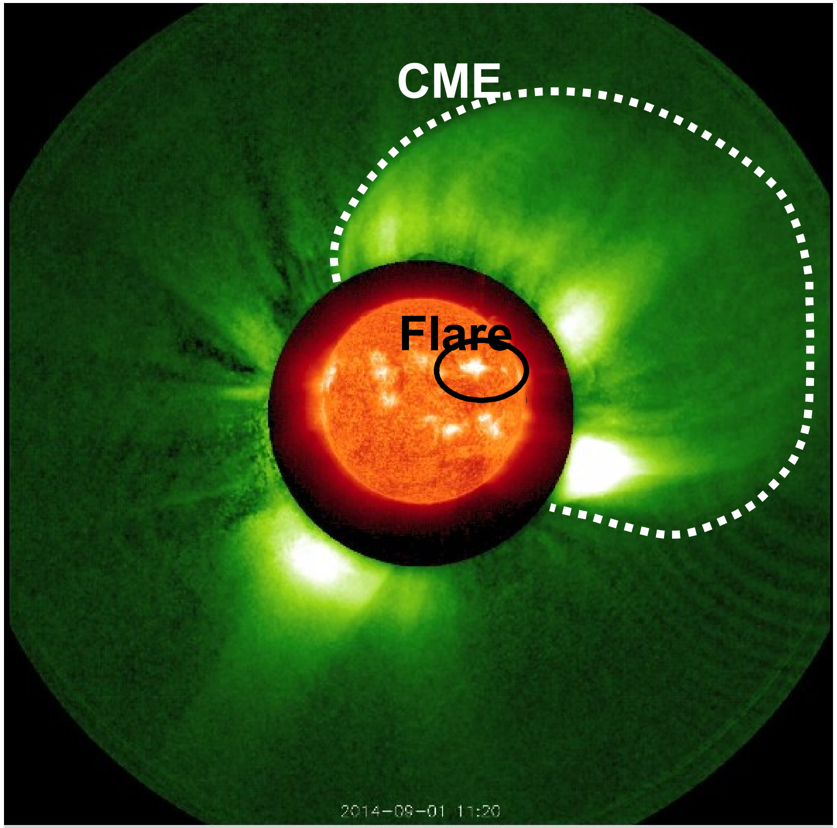
Космическо време

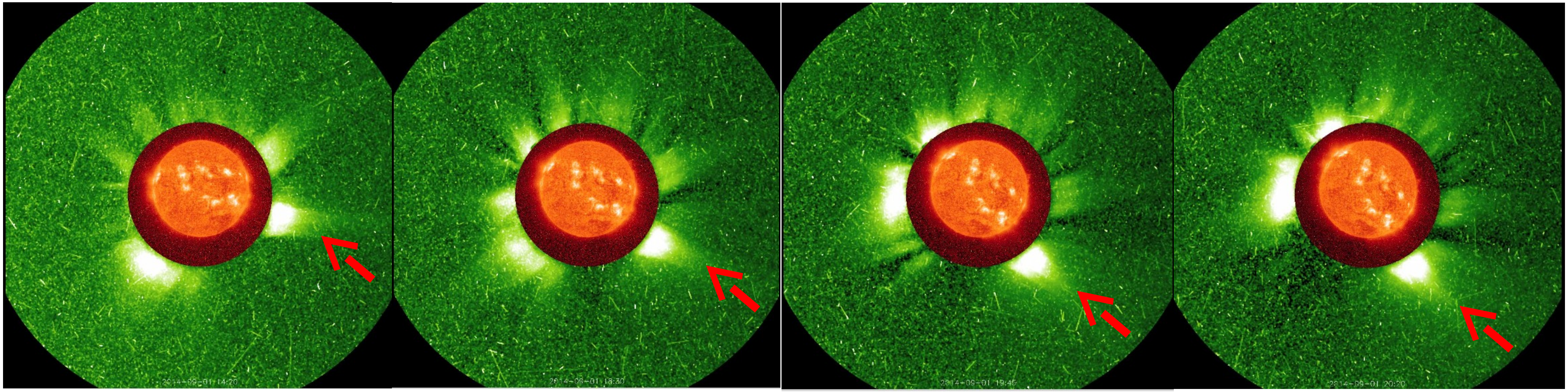


Космическо време



Космическо време – стабилност на спътници



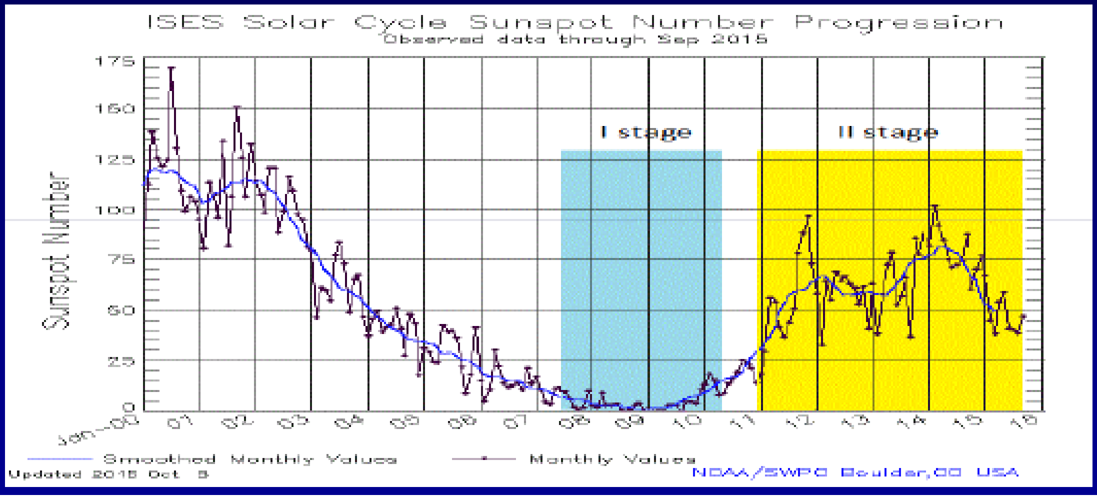


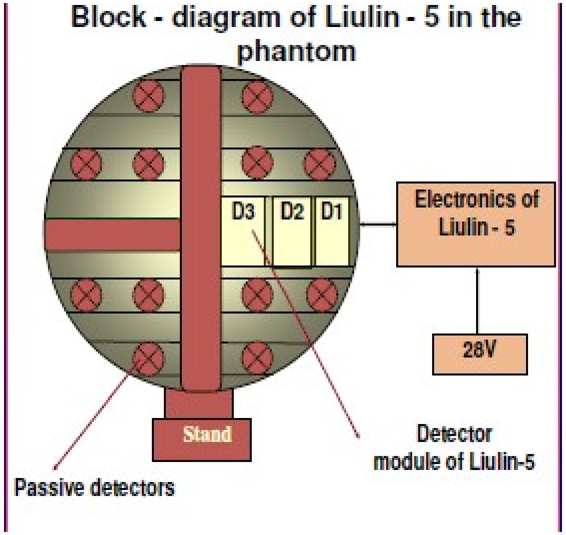
NASA/SDO&STEREO

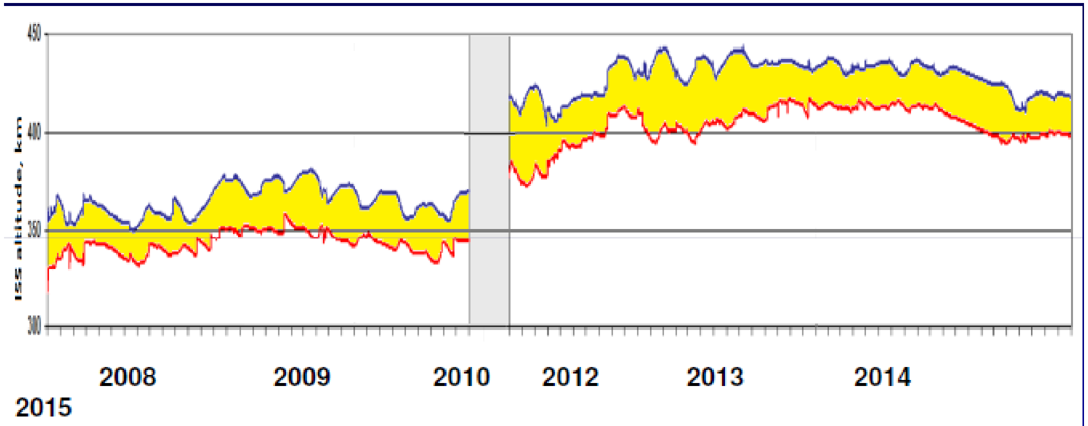
Подготовка за пилотирани мисии до Марс – българското участие на МКС: Люлин-5

Experiment Liulin-5 was observing the radiation characteristics in the spherical tissue-equivalent phantom of MATROSHKA-R project on ISS since June 2007 till September 2015 .

Koleva et al. (2017)
http://ws-sozopol.stil.bas.bg/



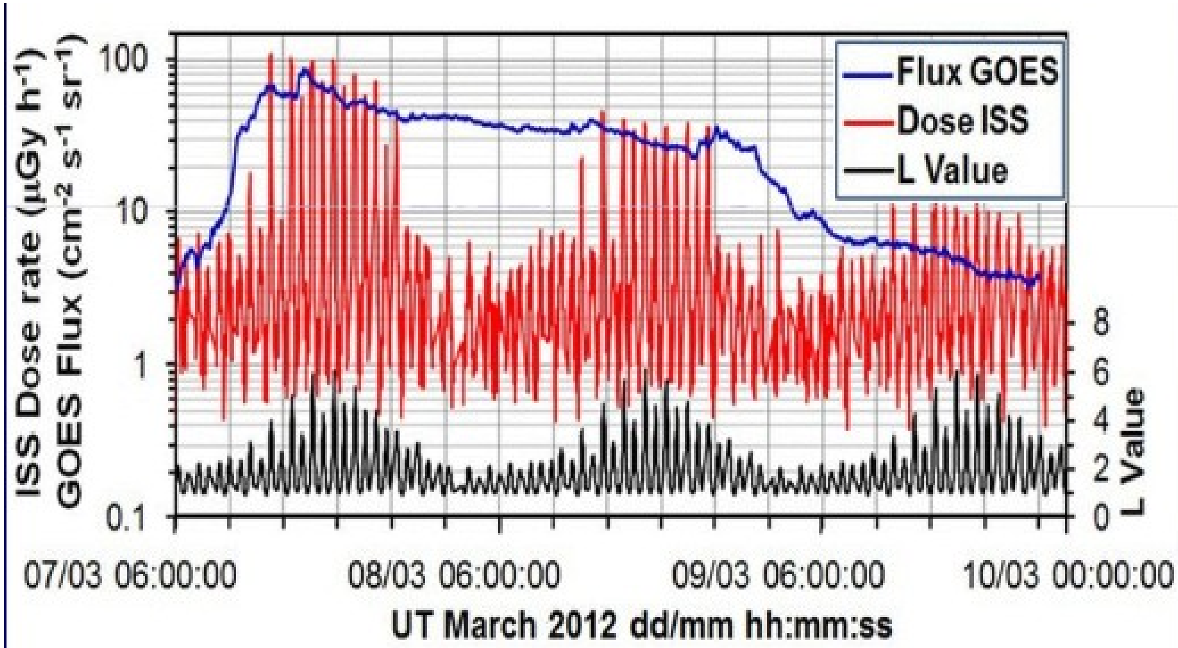




I stage - 330 – 380 km

II stage – 380 – 445 km

Подготовка за пилотирани мисии до Марс – българското участие на МКС: Люлин-5



Liulin-5 registered the effect from the SPE from 07.03.2012, at 13:01 UT till 08.03.2012, at 21:31 UT

Koleva et al. (2017)
http://ws-sozopol.stil.bas.bg/

27 Solar Proton Events (SPE) in 2012 – September 2015

To be observed inside ISS :
- ***Energy > 100 Mev***
- ***intensity above the threshold of 10 $p/cm^2s^{-1}sr^{-1}$***
- ***long duration***

	2007-2009 in the phantom	2012-2015 in the phantom	2012-2015 outside the phantom	SPE 7-10.03.2012 *(at L>3 for 3 days)*
D1	186 – 230 µGy/day	130-220 µGy/day	150-280 µGy/day	+ 180 µGy
D3	83 - 150 µGy/day	120 - 160 µGy/day		
Dose Equivalent	590-880 µSv/day	220-600 µSv/day	300-700 µSv/day	+ 450 µSv

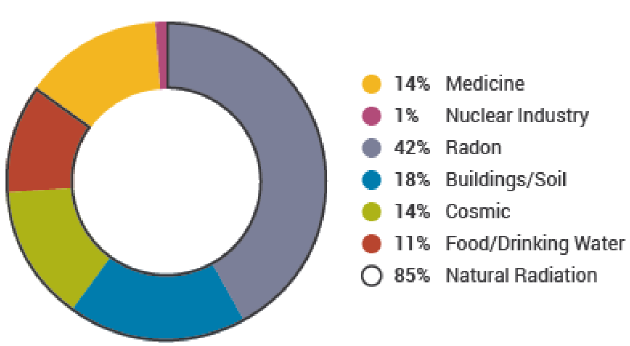
NASA/ESA/Roskosmos
max 1 Sv радиационна доза през цялата кариера на един астронавт

Естествена радиация на Земята: ~2.4 mSv/year
На морско ниво от галактични лъчи: ~0.3 mSv
При медицински изследвания: ~0.1-10s mSv
www.nmdb.eu

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION

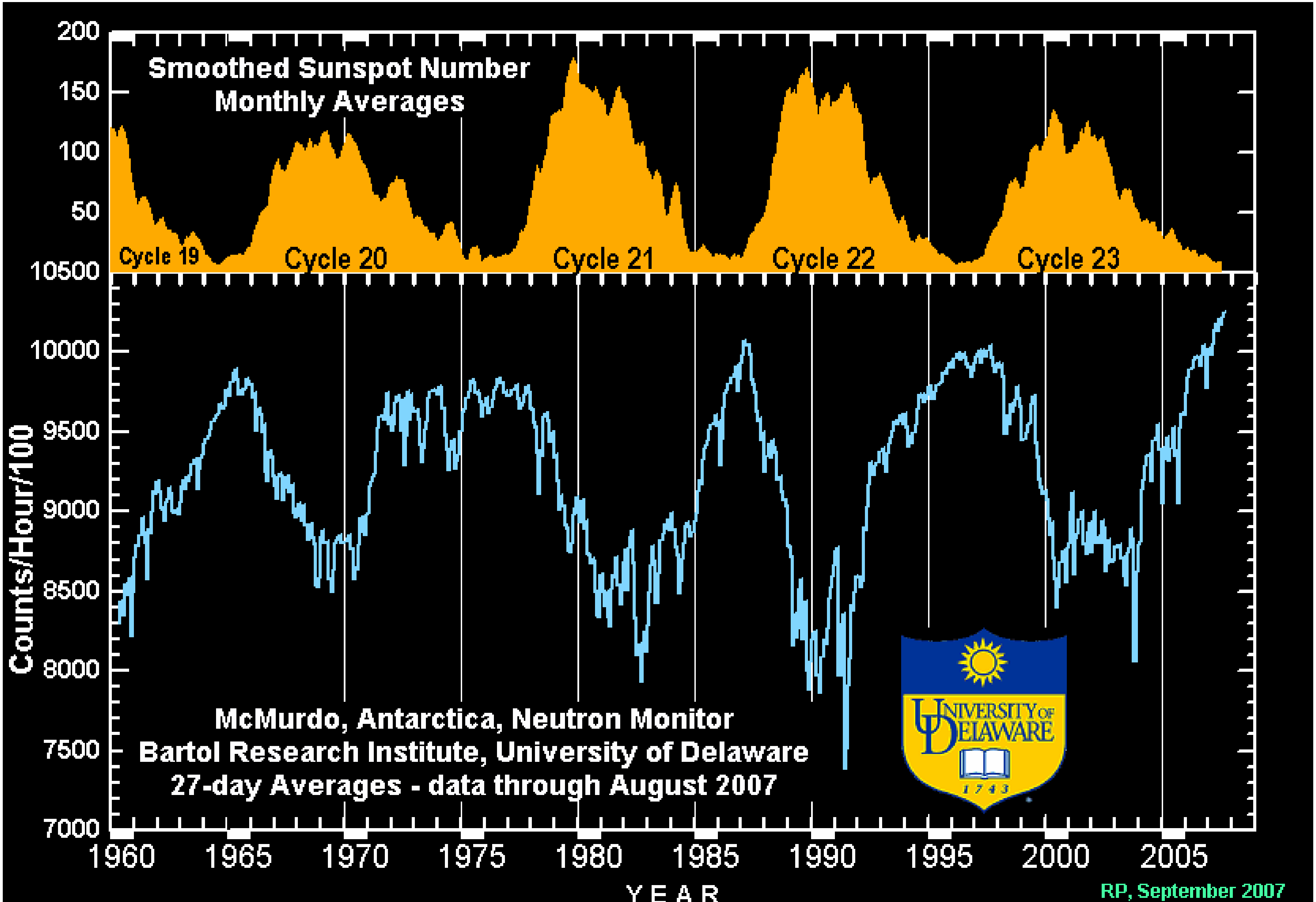
Some comparative whole-body radiation doses and their effects	
2.4 mSv/yr	Typical background radiation experienced by everyone (average 1.5 mSv in Australia, 3 mSv in North America).
1.5 to 2.5 mSv/yr	Average dose to Australian uranium miners and US nuclear industry workers, above background and medical.
Up to 5 mSv/yr	Typical incremental dose for aircrew in middle latitudes.
9 mSv/yr	Exposure by airline crew flying the New York – Tokyo polar route.
10 mSv/yr	Maximum actual dose to Australian uranium miners.
10 mSv	Effective dose from abdomen & pelvis CT scan.
20 mSv/yr	Current limit (averaged) for nuclear industry employees and uranium miners in most countries. (In Japan: 5 mSv per three months for women)
50 mSv/yr	Former routine limit for nuclear industry employees, now maximum allowable for a single year in most countries (average to be 20 mSv/yr max). It is also the dose rate which arises from natural background levels in several places in Iran, India and Europe.
50 mSv	Allowable short-term dose for emergency workers (IAEA).
100 mSv	Lowest annual level at which increase in cancer risk is evident (UNSCEAR). Above this, the probability of cancer occurr harm has been demonstrate Allowable short-term dose f Dose from four months on i
250 mSv/yr	Natural background level at Ramsar in Iran, with no identified health effects (Some exposures reach 700 mSv/yr). Maximum allowable annual dose in emergency situations in Japan (NRA).
350 mSv/lifetime	Criterion for relocating people after Chernobyl accident.
500 mSv	Allowable short-term dose for emergency workers taking life-saving actions (IAEA).
680 mSv/yr	Tolerance dose level allowable to 1955 (assuming gamma, X-ray and beta radiation).
700 mSv/yr	Suggested threshold for maintaining evacuation after nuclear accident. (IAEA has 880 mSv/yr over one month as provisionally safe.
800 mSv/yr	Highest level of natural background radiation recorded, on a Brazilian beach.
1,000 mSv short-term	Assumed to be likely to cause a fatal cancer many years later in about 5 of every 100 persons exposed to it (*i.e.* if the normal incidence of fatal cancer were 25%, this dose would increase it to 30%). Highest reference level recommended by ICRP for rescue workers in emergency situation.
1,000 mSv short-term	Threshold for causing (temporary) radiation sickness (Acute Radiation Syndrome) such as nausea and decreased white blood cell count, but not death. Above this, severity of illness increases with dose.
5,000 mSv short-term	Would kill about half those receiving it as whole body dose within a month. (However, this is only twice a typical daily therapeutic dose applied to a very small area of the body over 4 to 6 weeks or so to kill malignant cells in cancer treatment.)
10,000 mSv short-term	Fatal within a few weeks.

Sources of Radiation



Галактически космически лъчи
[galactic cosmic rays]

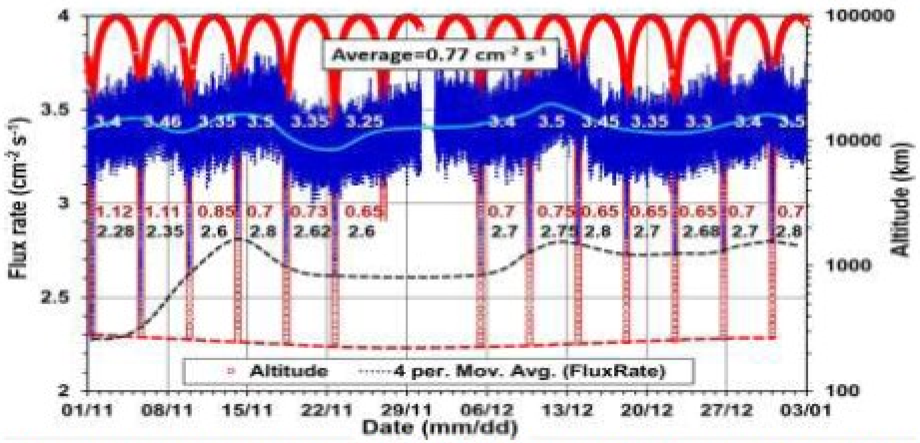
http://neutronm.bartol.udel.edu/catch/cr3.html



Космическо време и полети до Марс

Мощности на радиационните дози и потоците галактически космически лъчи (ГКЛ) в междупланетното пространство и елиптичните орбити на спътника Trace Gas Orbiter (TGO) около Марс по проекта "ЕкзоМарс" на Европейската и Руска космически агенции

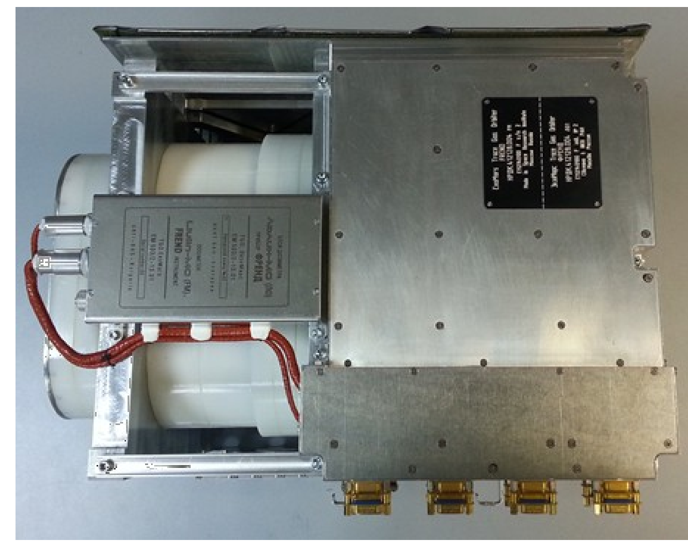
Анализирани са данните за вариациите на радиацията от ГКЛ, получени от дозиметъра Люлин-МО по време на полета да Марс и в елиптичните орбити на спътника Trace Gas Orbiter (TGO) около Марс по проекта "ЕкзоМарс" на Европейската и Руска космически агенции. Изследванията са проведени в рамките на 3-странния проект между



Фиг. 1. Вариации на потока частици от ГКЛ (сини точки) от 01 ноември 2016 г. до 04 януари 2017 г. Светлосинята линия показва пълзящата средна стойност на потока от ГКЛ. Пунктираната черна линия показва значенията на потока ГКЛ в пери-центроветe. Височината на спътника над повърхността на Марс е представена с червени квадрати, а червената пунктирана линия свързва височините в областите на пери-центроветe. Вижда се, намалението на потока частици от ГКЛ в областите на пери-центроветe.

ИКИТ-БАН, ИКИ-РАН и ИМБП-РАН за радиационни изследвания по проект "ЕкзоМарс". Анализирани са данните за вариациите на мощността на дозата и потока частици от ГКЛ от 22.04.2016 до 07.03.2017г. Резултатите показват, че при пилотиран полет до Марс и обратно (6 месеца във всяка посока), осъществен по време на ниска слънчева активност, членовете на екипажите ще получат минимум 60% от максималната допустима доза за цялата кариера на космонавтите и астронавтите само от ГКЛ и техните вторични частици, без наличие на допълнителни облъчвания от слънчеви ерупции.

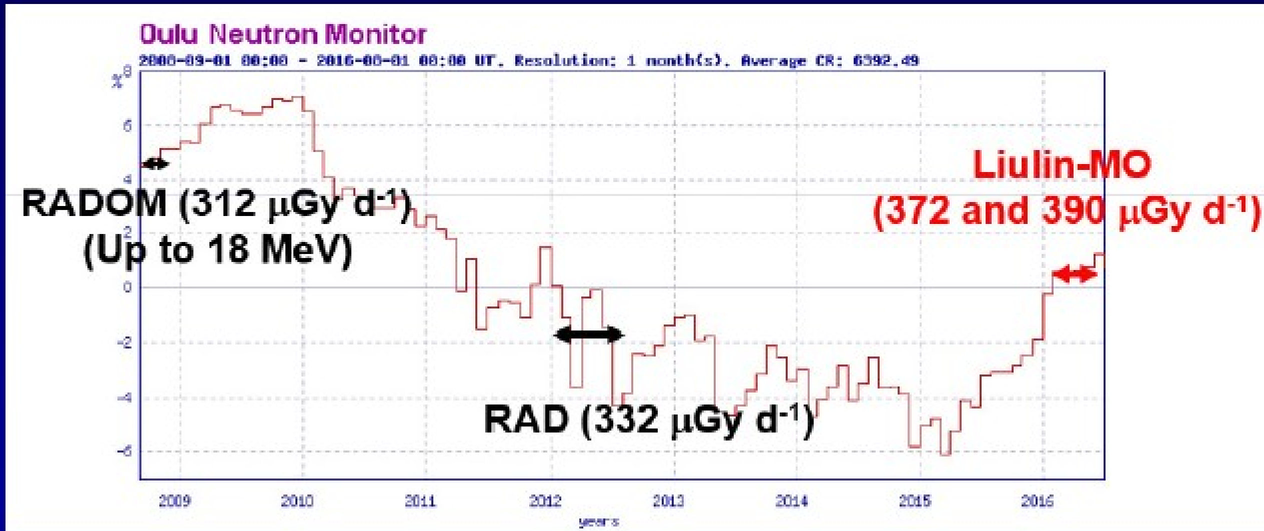
www.space.bas.bg → Планове и отчети → 2017



FRIEND/Liulin-MO
ESA/Roscosmos/

NASA/ESA/Roskosmos
max 1 Sv радиационна доза през цялата кариера на един астронавт

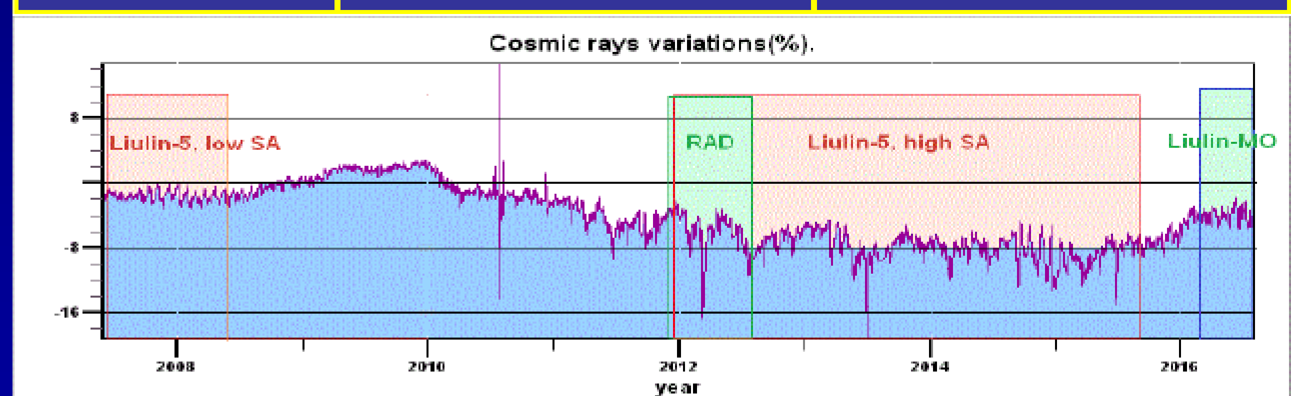
Semkova et al. (2018, Icarus)
други презентации:
http://ws-sozopol.stil.bas.bg/



Semkova et al. (2017)
Koleva et al. (2017)
http://ws-sozopol.stil.bas.bg/

- ✓ Doses for an round trip to Mars - 1 year, 6 month in each direction
- ✓ One year stay in ISS

	To and from MARS	On ISS – Liulin-5
high SA *without SPE*	RAD: ~ 630 mSv	~ 180 mSv
addition by SEP	RAD: ~24.7 mSv *(5 SPE)*	~ 0.45 mSv
low SA	Liulin-MO: ~ 729 mSv	~ 234 mSv ~ 316 mSv *extreme case*



newserver.stil.bas.bg/SEPcatalog/

Search

Catalogs of Solar Energetic Particles and Related Phenomena

Научни проекти: изграждане на каталози

Wind/EPACT proton event catalog

Solar cycle 24: 2009-present

Back to list of Catalogs | Back to Wind/EPACT | Solar cycle 23: 1996-2008

Event date	19-28 MeV			28-72 MeV	Flare	CME	Comment
yyyy-mm-dd	onset time (UT)	peak time (UT)	J_p (cm^2 s sr MeV)$^{-1}$/ F_p (cm^2 sr MeV)$^{-1}$	J_p (cm^2 s sr MeV)$^{-1}$/ F_p (cm^2 sr MeV)$^{-1}$	SXR class/ onset time (UT)/ location	time (UT)/ speed (km s^{-1})/ width (deg)	
2009	-	-	-	-	-	-	no SEP events
2010-05-07/08	-	-	-	-	-	-	data gap
2010-05-12/18	-	-	-	-	-	-	data gaps
2010-06-12	04:04	08:39	0.0123/216	0.0020/20	M2.0/00:30/N23W43	01:32/489/119	
2010-08-03	15:13	18:25	0.0478/336	0.0014/19	uncertain	11:12/221/21	
2010-08-03	N/A	01:45nd	0.0027/u	0.0002/u	uncertain	21:17/265/14	u
2010-08-07	22:45	01:43nd	0.0111/152	0.0014/6	M1.0/17:55/N11E34	18:36/871/360	
2010-08-08	N/A	11:22	0.0074/u	0.0008/u	uncertain	uncertain	
2010-08-08	N/A	19:25	0.0031/u	0.0007/u	uncertain	uncertain	
2010-08-14	11:15	13:05	0.1581/762	0.0185/28	C4.4/09:38/N17W52	10:12/1205/360	
2010-08-18	08:01	12:18	0.0486/613	0.0034/14	C4.5/04:45/N18W88	05:48/1471/184	
2010-09-09	03:02	04:25	0.007143^{u}	0.0007/u	C3.3/23:05^{pd}/N21W87	23:27^{pd}/818/147	
2010-12-07	-	-	-	-	-	-	data gap

Научни сътрудничества

http://newserver.stil.bas.bg/SEPorigin

SEP origin project

Research collaboration and network

НАЧАЛО | РАБОТНИ ПАКЕТИ | ЕКИП | РЕЗУЛТАТИ | ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ

Заглавие на проекта:

Произход на слънчевите енергетични частици:

слънчеви избухвания или коронални изнасяния на маса

Конкурс за проекти по програми за двустранно сътрудничество 2016 г. – България–Русия

Продължителност: 2 години — **Ръководител (България):** *Росица Митева*

Начало: 23 Юни 2017 — **Ръководител (Русия):** *Лариса Кашапова*

Цели

Основната цел на проекта е определяне на приноса на слънчевите избухвания и короналните изнасяния на маса към потока слънчеви енергетични частици.

Ще проверим три работни хипотези: ускорението на всички частици се дължи на един основен процес (избухване или изнасяне на маса); и двата типа ускорителни процеса оказват влияние, което се променя при различните явления; инжектирането и преносните ефекти са доминиращите фактори, които определят профила на енергетичните частици, в сравнение с процесите на ускорение.

Обширни статистически проучвания ще бъдат допълнени от подробни изследвания на явленията (използвайки данни от руските спътници "Vernov" и CORONAS-F SONG, както и наземни наблюдения от Националната астрономическа обсерватория Рожен, България).

Работна програма

РП1 Анализ на данни за слънчеви енергетични частици

РП2 Анализ на слънчеви избухвани свързани с енергетични частици

РП3 Анализ на коронални избухвания свързани с енергетични частици

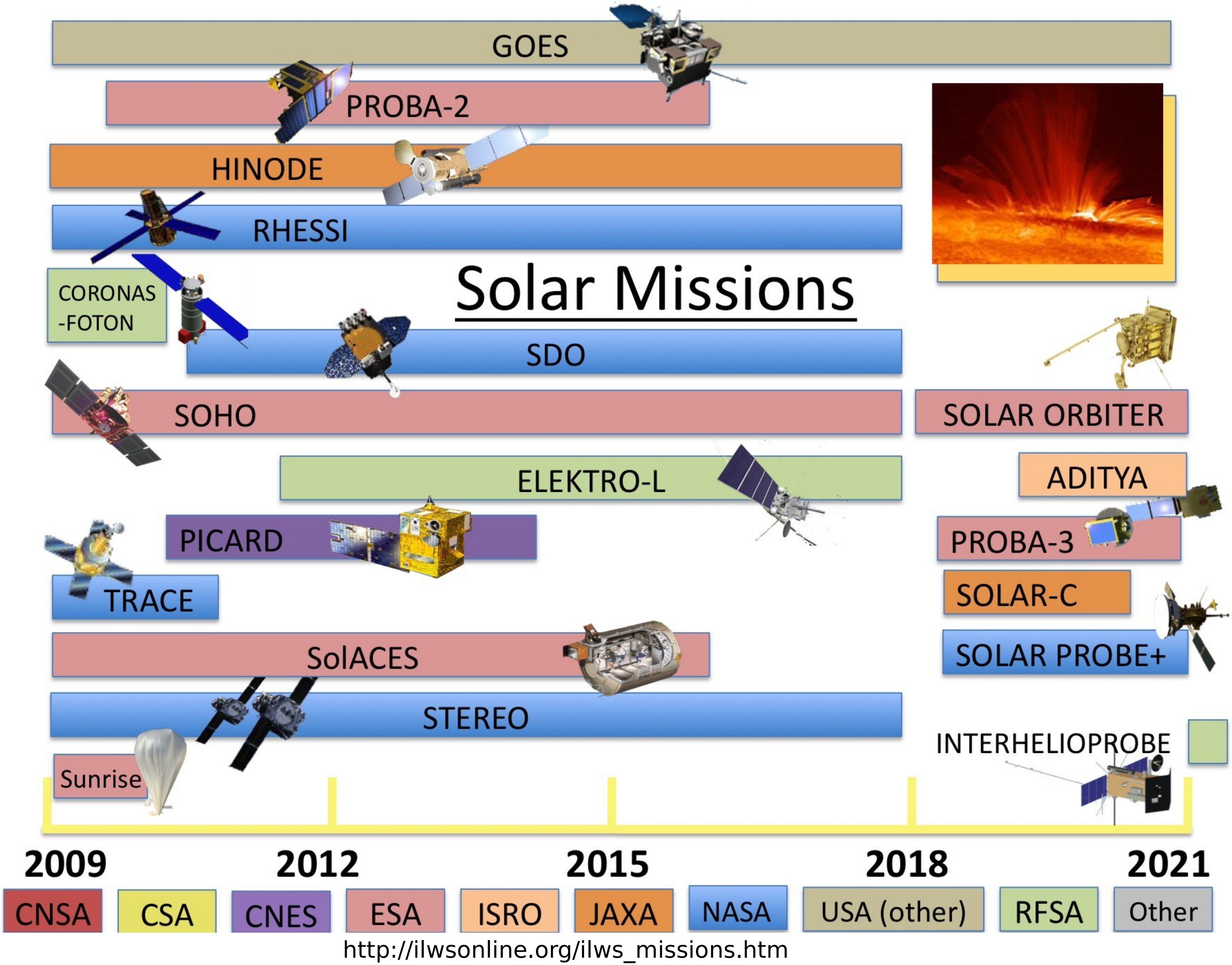
РП4 Определяне на произхода на слънчеви енергетични частици

РП5 Разпространение на резулатите от проекта

Проектът е подкрепен от:

Фонд "Научни изследвания" — ФОНД НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ, МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА — договор N° ДНТС/Русия 01/6 (23 юни 2017 г.)

Руската фондация за фундаментални изследвания — РФФИ, РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ — проект N° 17-52-18050


Solar Missions
GOES
PROBA-2
HINODE
RHESSI
CORONAS
-FOTON
SDO
SOHO
SOLAR ORBITER
ELEKTRO-L
ADITYA
PICARD
PROBA-3
TRACE
SOLAR-C
SolACES
SOLAR PROBE+
STEREO
INTERHELIOPROBE
Sunrise
2009
2012
2015
2018
2021
CNSA
CSA
CNES
ESA
ISRO
JAXA
NASA
USA (other)
RFSA
Other
http://ilwsonline.org/ilws_missions.htm