

Слънчеви петна и слънчев спектър

Alexandre Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno

*International Astronomical Union
Escola Secundária de Loulé, Portugal*

*ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Colegio Retamar de Madrid, Spain*



Цели:

- Разберете природата на слънчевия спектър
- Разберете генерирането на слънчевия спектър
- Разберете природата на слънчевите петна
- Разберете историческото значение на работата на Галилей върху слънчевите петна



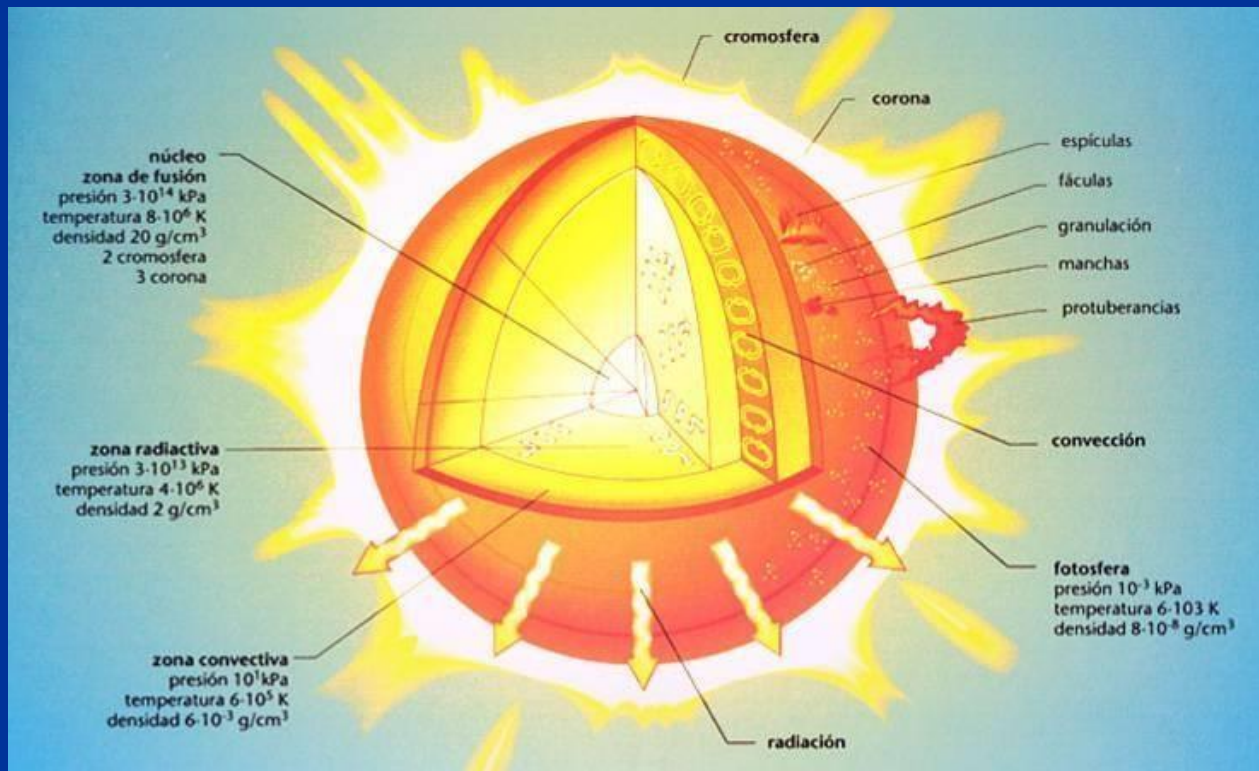
Слънчева радиация

Почти цялата енергия (топлина и светлина), която използваме на Земята, идва или е дошла от Слънцето



Слънчева

Традицията се създава в ядрото на Слънцето, при много високо налягане и температура от 15 милиона градуса.
Произвежда се чрез реакции на ядрен синтез.



Слънчева радиация

- 4 протона (водородни ядра) се сливат, за да образуват хелиев атом (синтез)
- $4 \text{}^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2 \text{e}^+ + 2 \nu + 2 \gamma$
- Получената маса е по-малка от масата на първоначалните 4 протона, тъй като "оставащата" маса е трансформирана в енергия:
$$E = mc^2$$
- Всяка секунда 600 милиона тона водород се превръщат в 595,5 милиона тона хелий. Останалата маса се превръща в енергия.
- Слънцето е толкова масивно, че дори да губи маса с тази скорост, ще продължи живота си милиарди години.



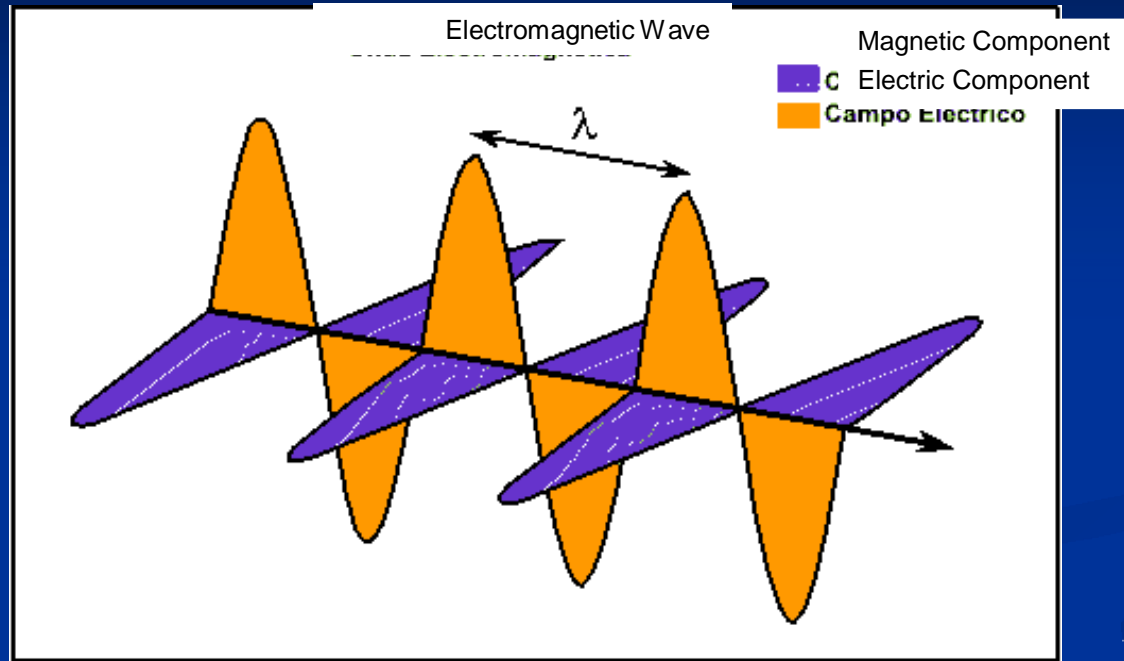
Слънчева

радиация

Енергията се движи от повърхността на Слънцето със скорост $299\,793\text{ km/s}$. Достигането до Земята отнема 8 минути.



Слънчев спектър: Радиация



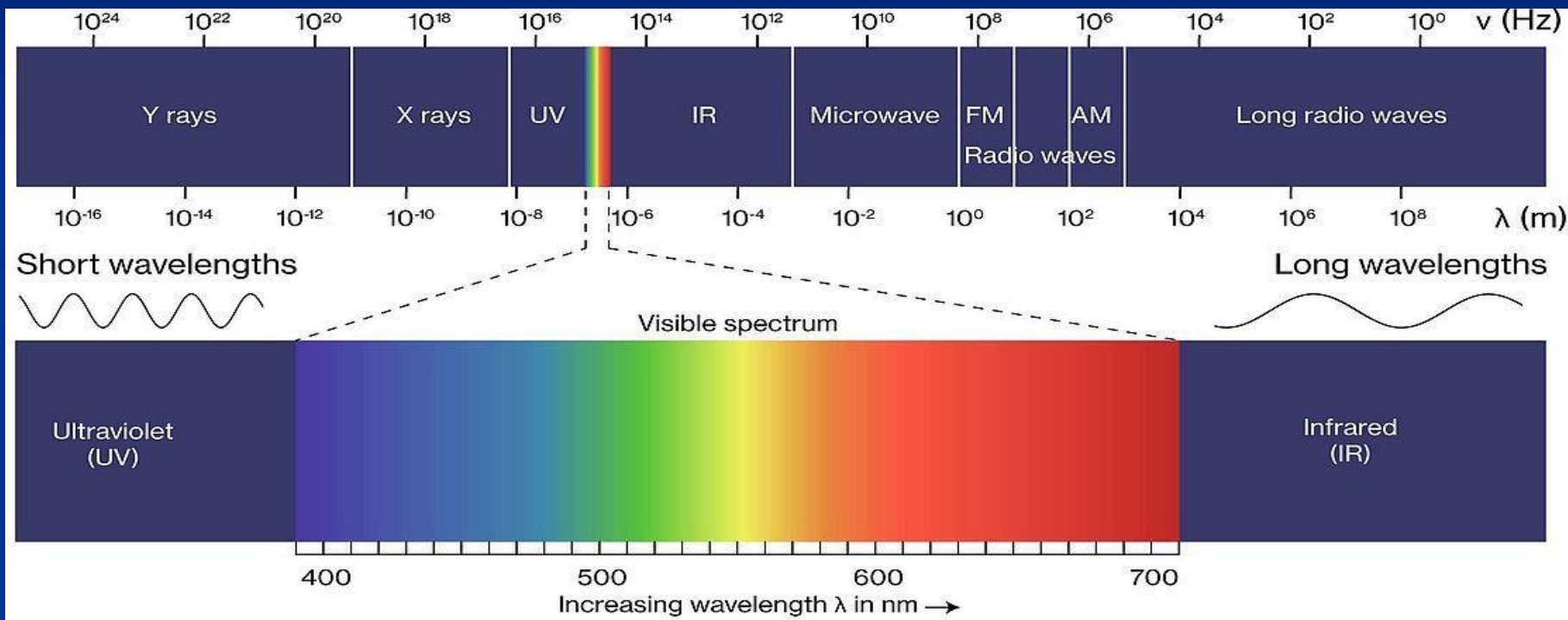
Дължината на вълната, честотата и скоростта на разпространение с на електромагнитните вълни са свързани с уравнението:

$$c = \lambda \cdot \nu$$



Слънчев спектър: Радиация

Електромагнитен спектър



Gamma



X-ray



Visible



Infrared

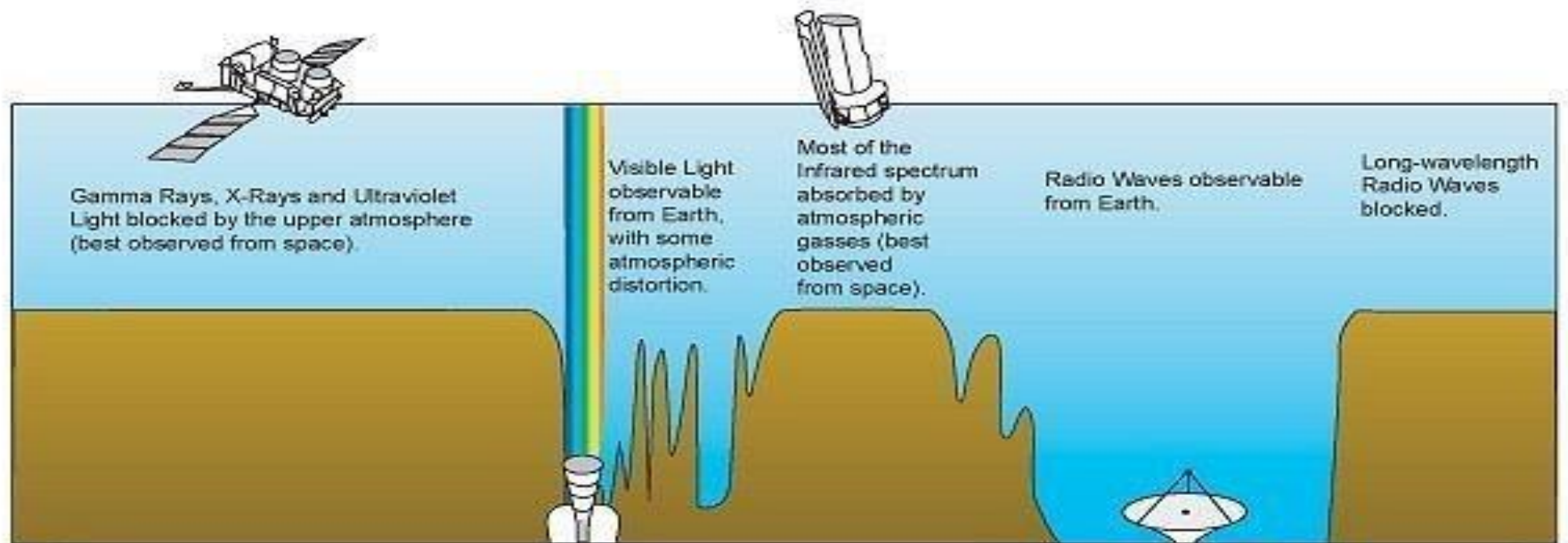
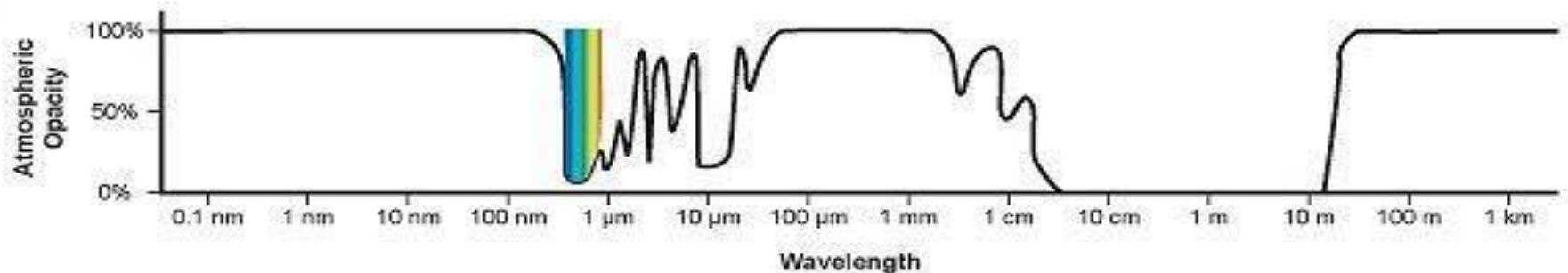


Radio

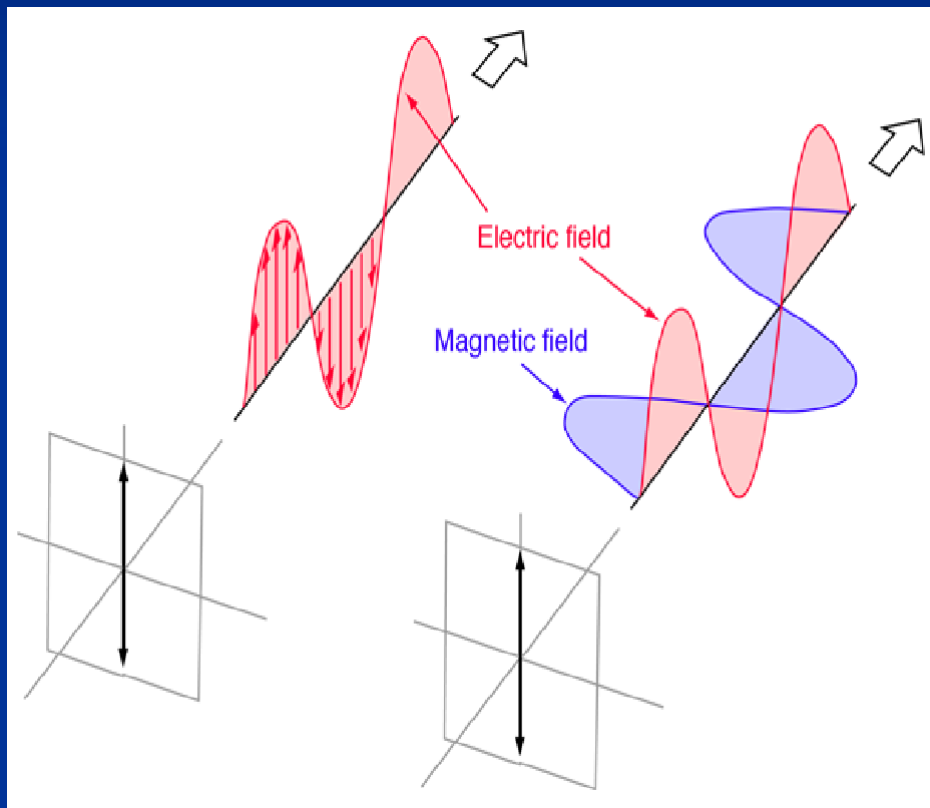


Слънчев спектър: Радиация

Атмосферата на Земята е непрозрачна към повечето дължини на вълната на радиация.



Слънчев спектър: Радиация

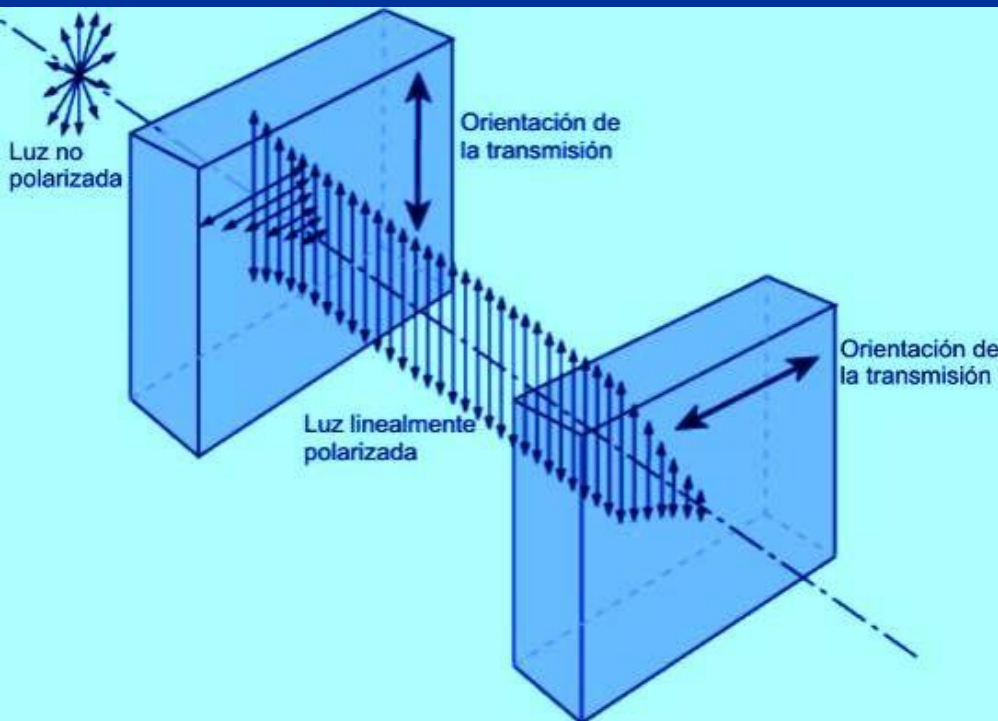


- Обикновено електромагнитната радиация има профил, както се вижда от фигурата.
- Има посока на вибрация за електрическото поле и друга за магнитното поле.
- Тази вълна е линейно поляризирана. В този случай вертикално поляризирана.
- Слънчевата светлина няма никаква привилегирована посока на вибрациите.

Слънчев спектър: Поляризация

Слънчевата светлина може да бъде поляризирана:

- Чрез отражение;
- Чрез преминаване през поляризационен филтър



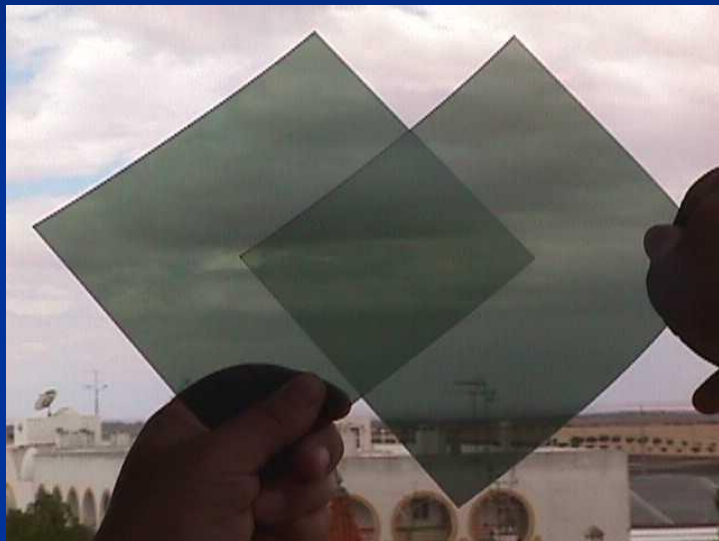
Когато двата поляризационни филтъра имат успоредни посоки на поляризация, светлината преминава през тях.

Ако посоките им са перпендикулярни, светлината, която преминава през първия филтър, се блокира от втория и светлината не преминава.

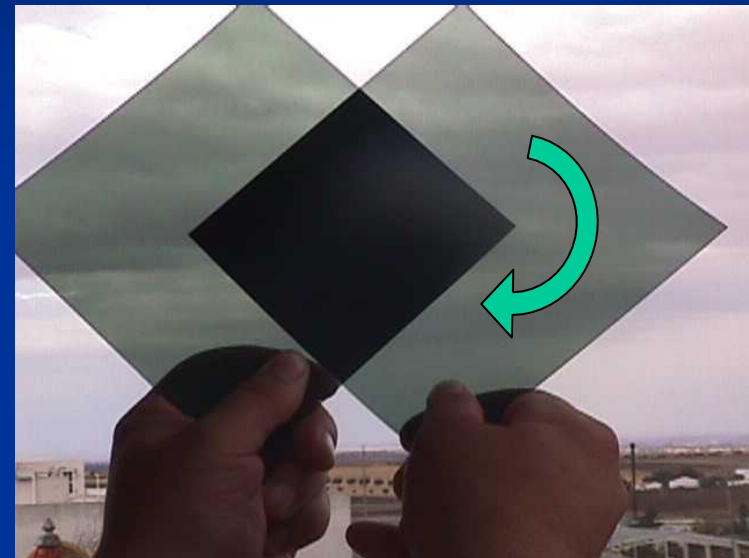


Дейност 1: Слънчев спектър

Поляризация



Ако филтрите имат еднаква ориентация, светлината преминава през тях.



Ако един от филтрите се завърти на 90° , светлината се блокира.

Дейност 1: Слънчев спектър Поляризация



Молекулите на двата филтъра имат еднаква ориентация. Светлината преминава.



Ако филтърът е завъртян на 90° . Светлината не може да премине

В астрофизиката поляризацията на светлината ни позволява да изучаваме ориентацията и размера на междузвездните прахови зърна

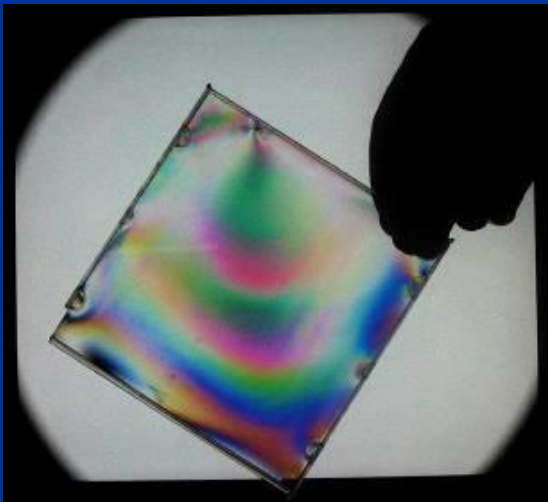


Дейност 1: Слънчев спектър

Поляризация

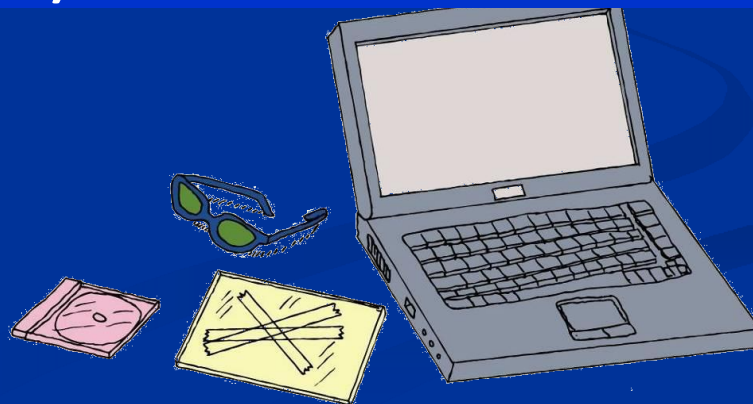


- Светлината може да бъде поляризирана чрез отражение. Слънчевите очила Polaroid ви помагат да избегнете отраженията.
- Поляризацията се използва във фотографията и в инженерството, за да се видят вътрешните напрежения в материалите.

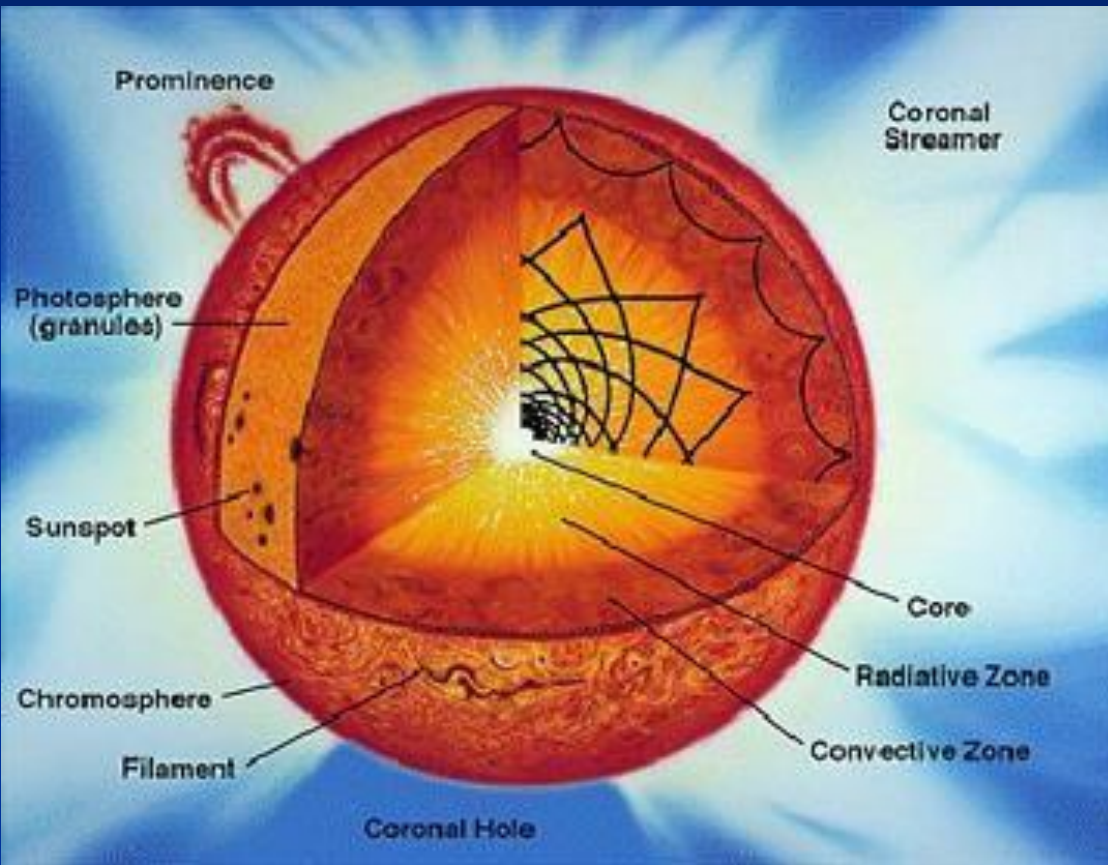


Деятност 2: Поляризация на светлината

- Екранът на лаптоп или мобилен телефон излъчва поляризирана светлина.
- Наблюдавайте равнината на поляризация с поляризирани слънчеви очила.
- Някои обекти въртят равнината на поляризация: лента върху пластмаса.
- Наблюдавайте вътрешните напрежения в парче прозрачна пластмаса (напр. CD кутия)

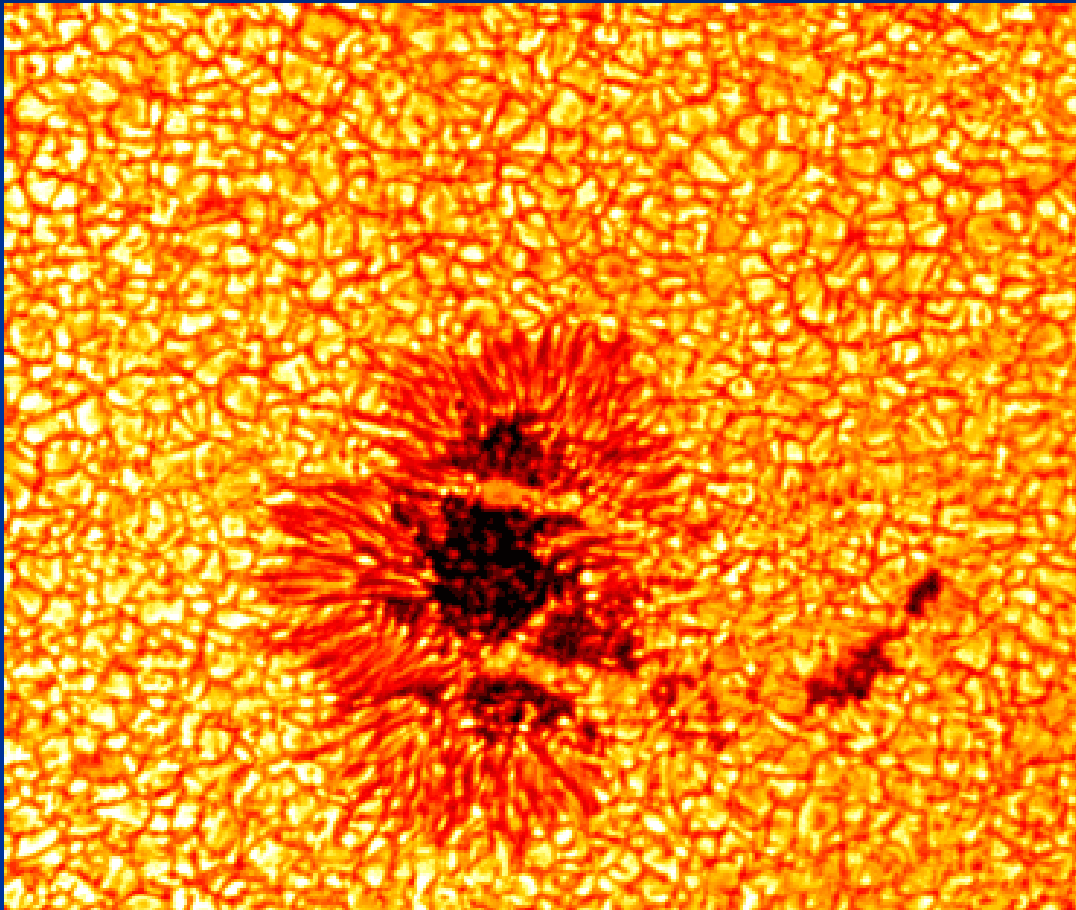


Строеж на Слънцето



- Ядро:
15 милиона К
- Зона на излъчване:
8 милиона К
- Конвективна зона:
500 000 К
Във външните слоеве на Слънцето има конвекция (движение на материята).

Строеж на Слънцето



- Фотосфера:

6 400 – 4 200 К

Това е "повърхността" на Слънцето.

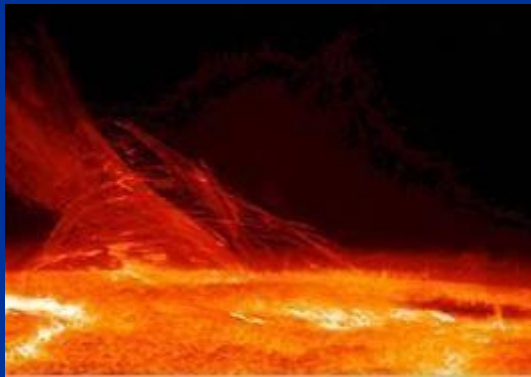
Съдържа гранули с размер $\sim 1\ 000\ \text{km}$



Строеж на Слънцето



- Хромосфера: “горяща прерия” от 4 200 до 1 000 000 К.
- Има изпъкналости и пламъци.

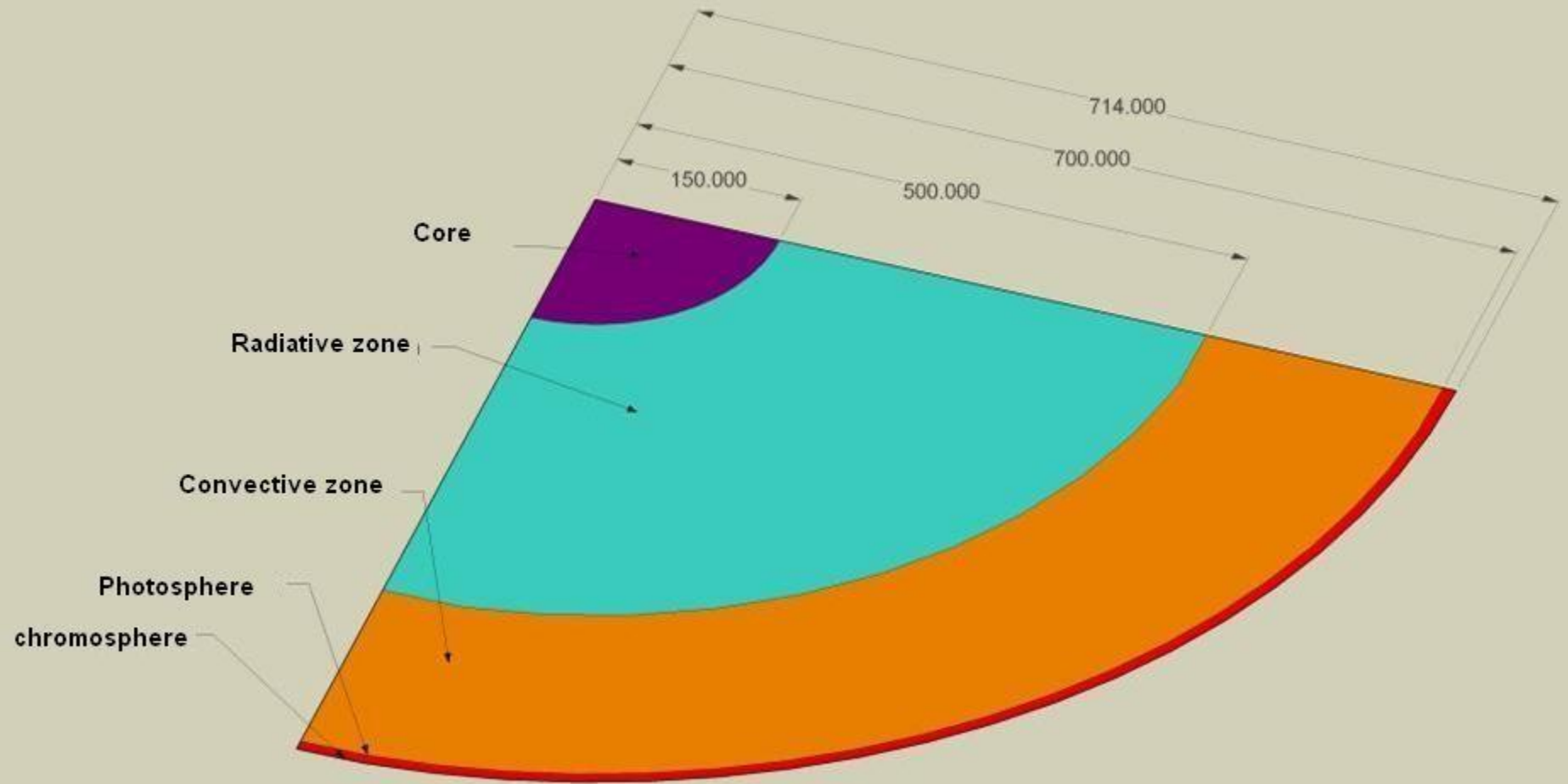


Строеж на Слънцето

- Корона: слънчевият вятър, 1 до 2 000 000 К.
- Вижда се само при затъмнения или със специален инструмент (коронограф).



Строеж на Слънцето

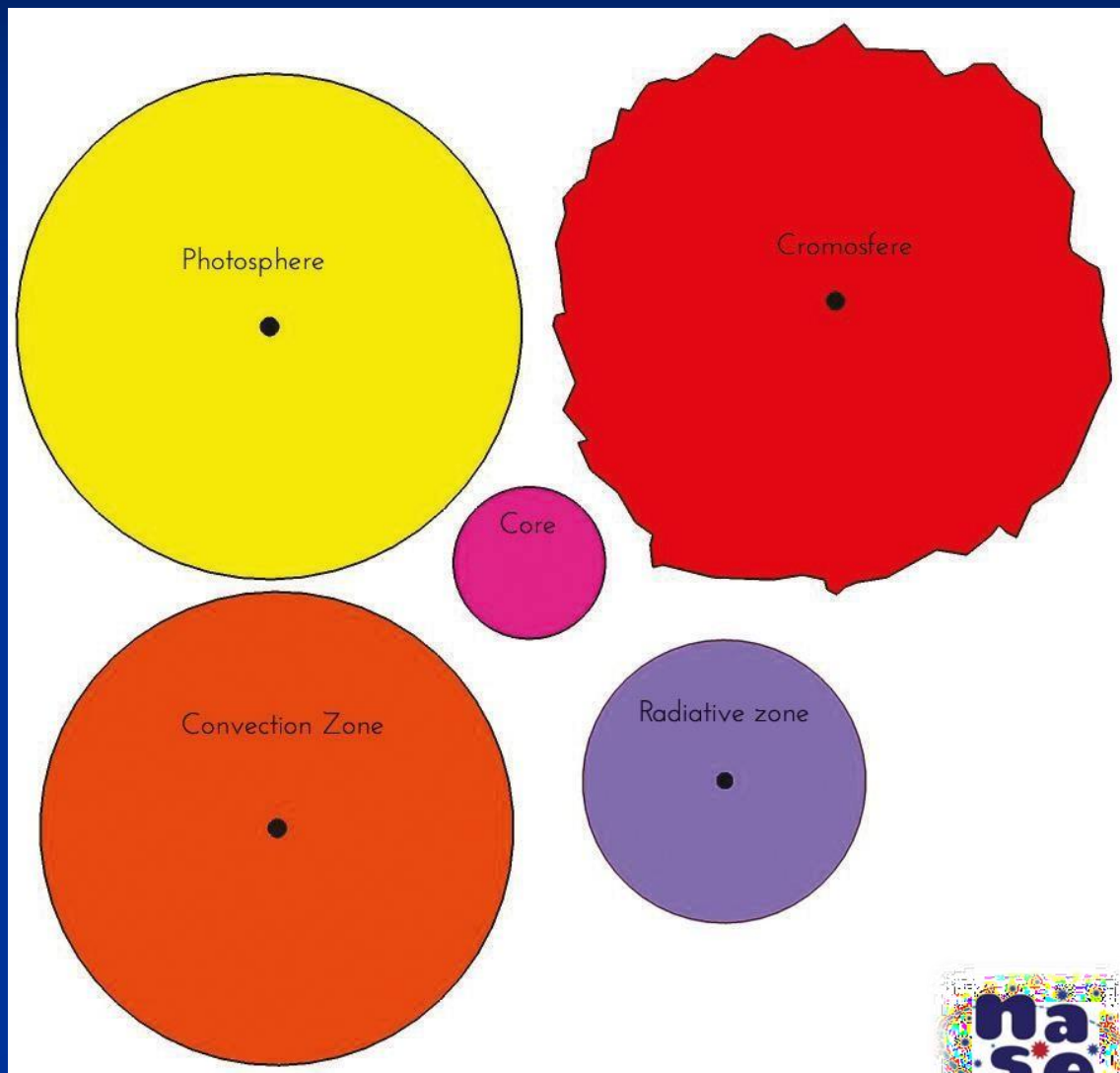


Деятност 3: Строеж на Слънцето

Направете прост модел на слоевете на Слънцето.

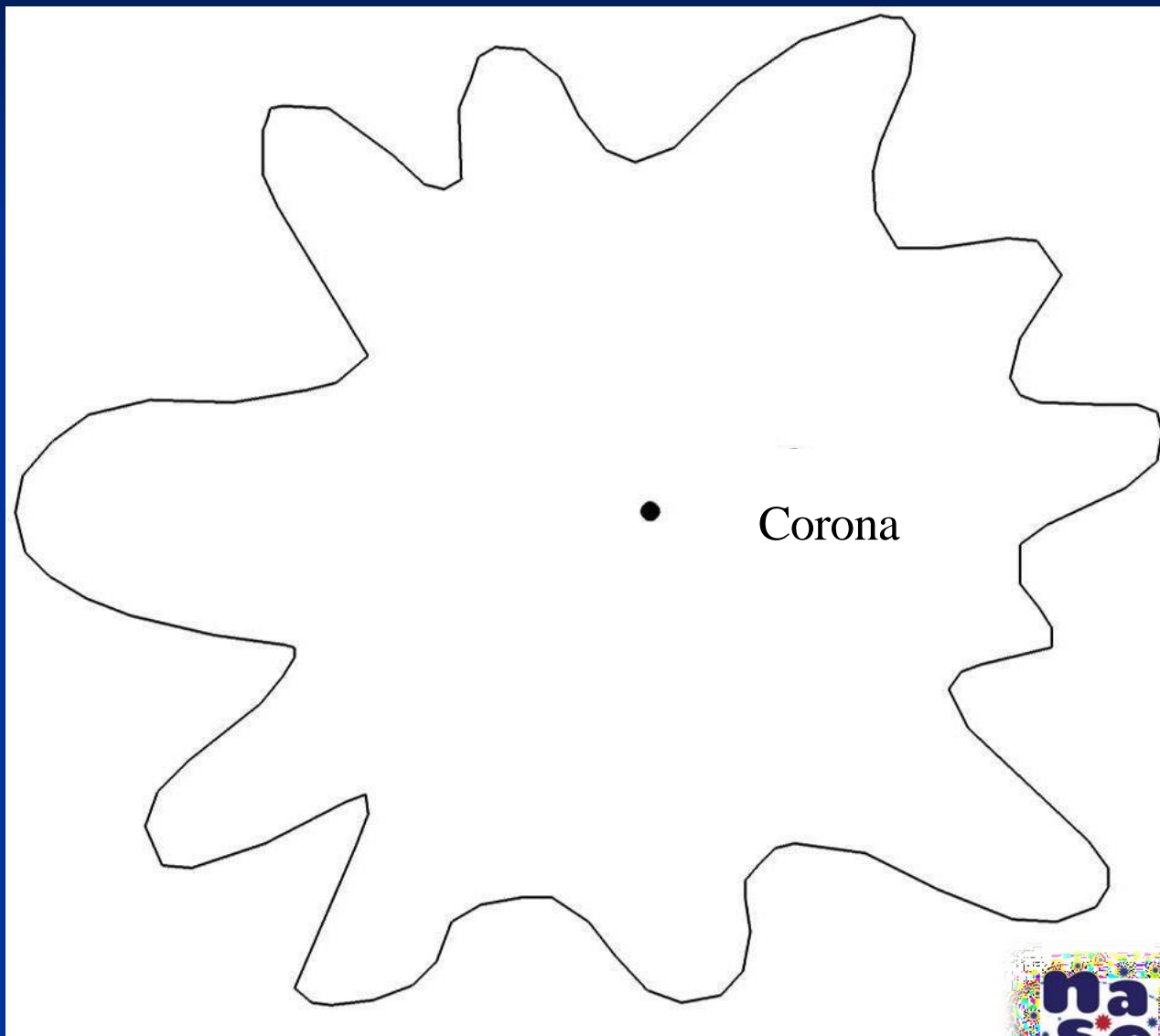
Целта е да изрежете различните форми.

Те могат да бъдат изрязани от различни цветни парчета хартия или боядисани.



Дейност 3: Строеж на Слънцето

Слънчевата корона може да изрежете от сребристо фолио. Накрая можете да поставите един над друг в правилния ред.



Дейност 3: Строеж на Слънцето

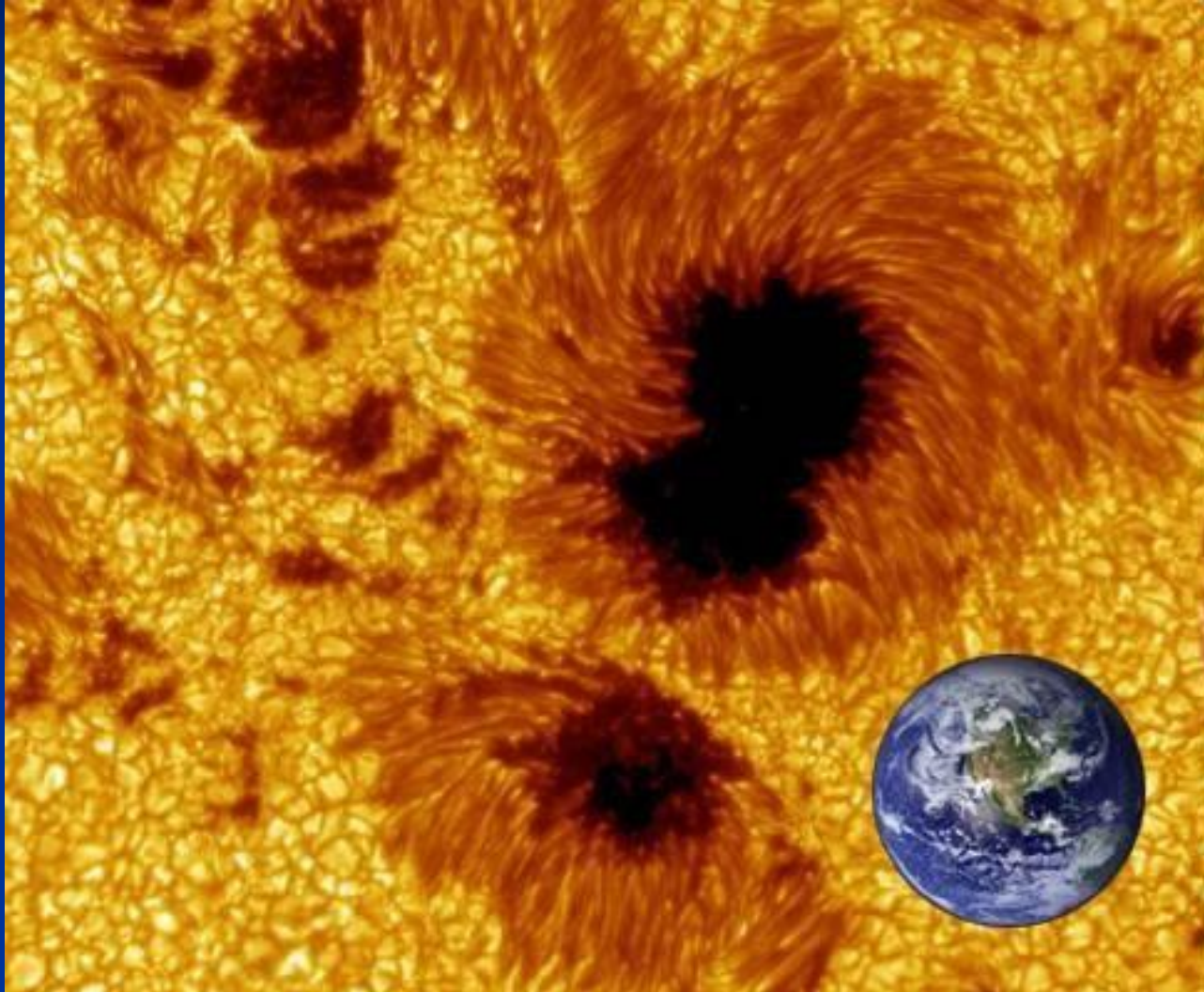


Слънчеви петна

- Тъмни петна по фотосферата, които са ~4 200 К вместо 6 000 К.
- Всяко слънчево петно има две области: Тъмна (централна зона) и полутъмна (външна зона).

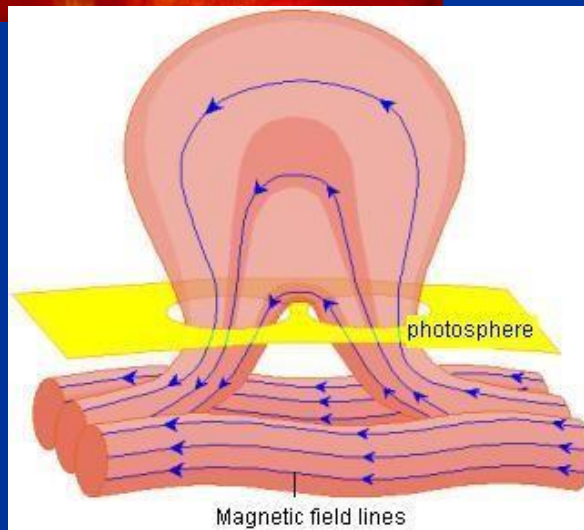
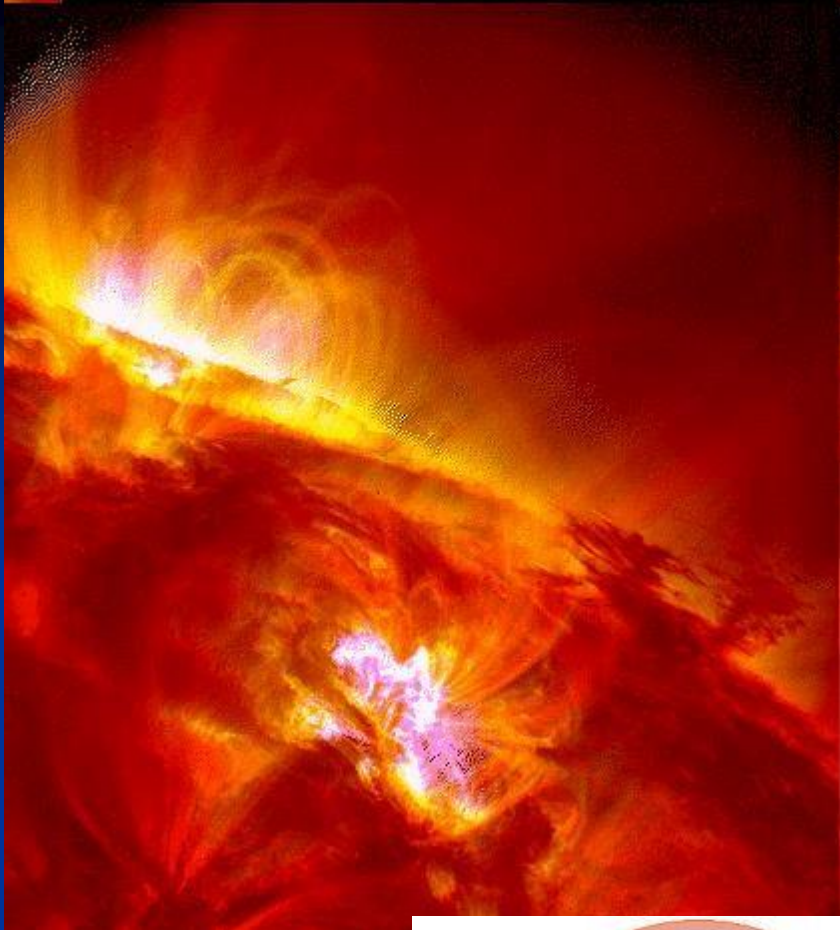


Слънчеви петна

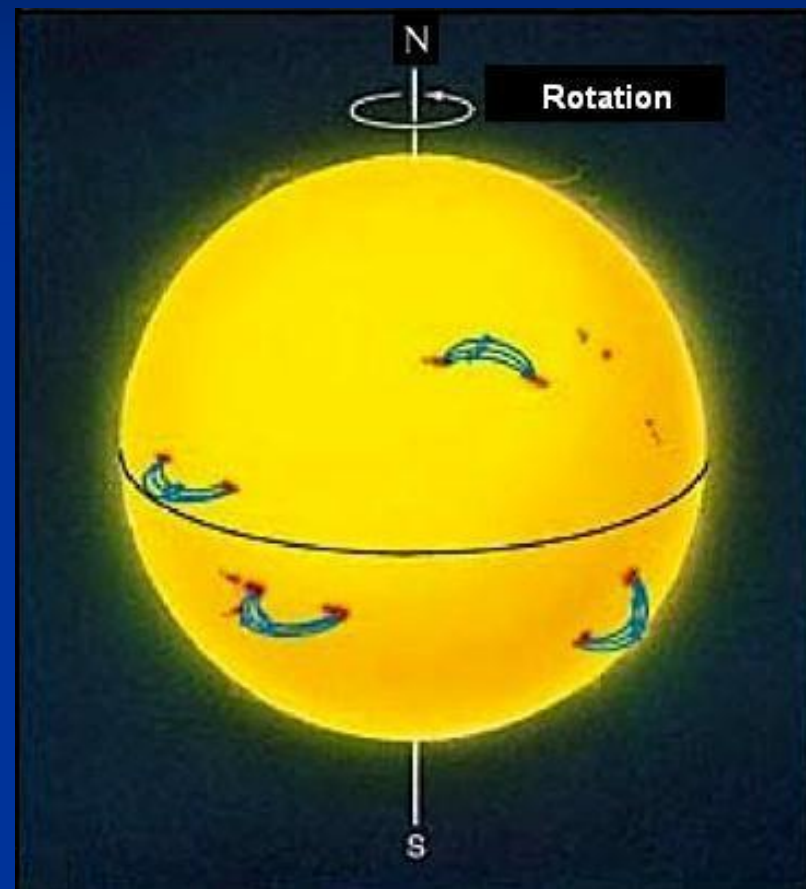
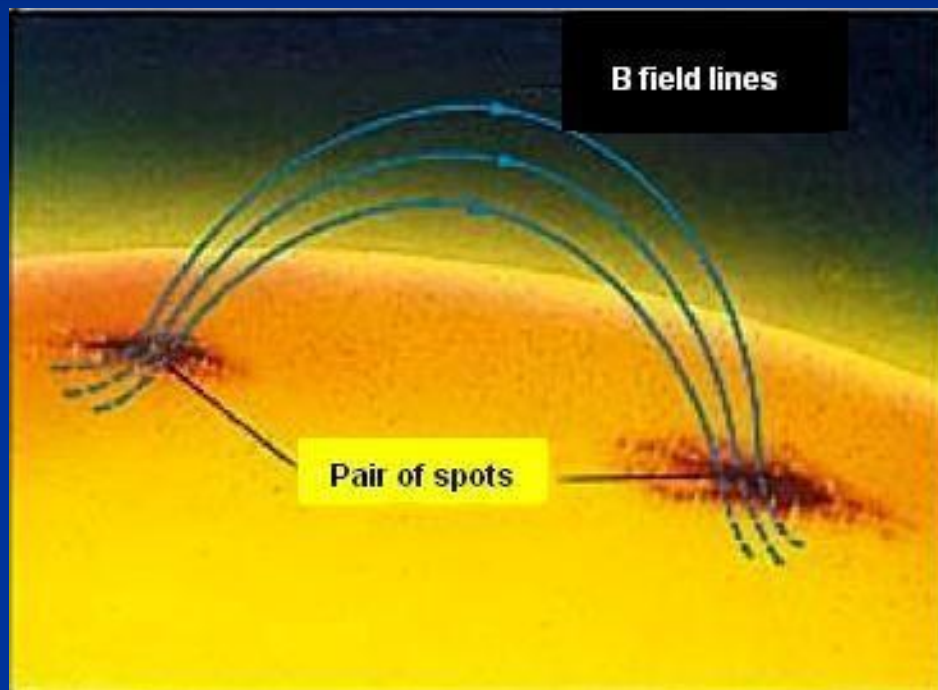


Слънчеви петна

- В тях има силни магнитни полета.
- Те се причиняват от избухване на линии на магнитно поле.
- Ето една примка, която се издига от вътрешността.

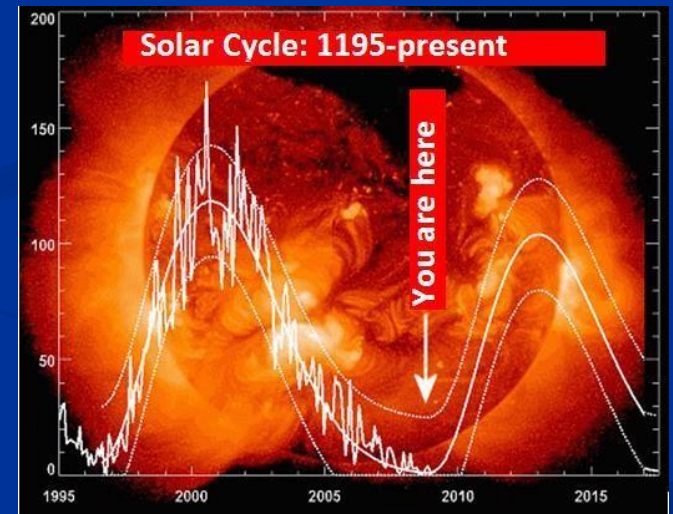
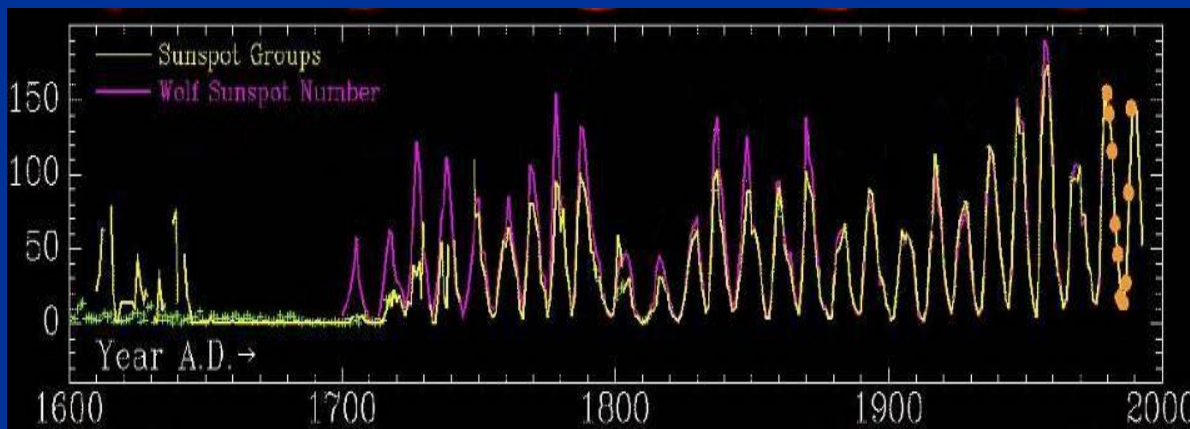


Слънчеви петна



Слънчеви петна

- Броят на слънчевите петна показва "слънчевата активност"
- Числото на Wolf = $10G + F$ (G = групи; F = общ брой слънчеви петна)
- Има 11-годишен цикъл на слънчевите петна.

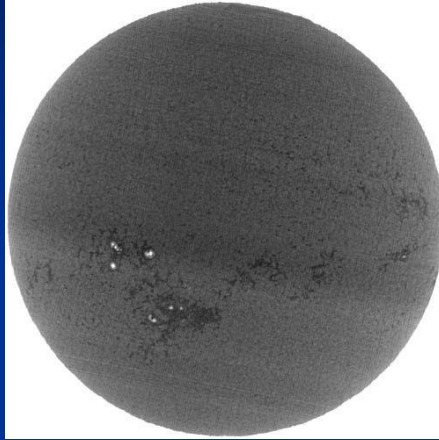


През 2008 г. имаше минимална активност на Слънцето, която продължи по-дълго от обикновено.

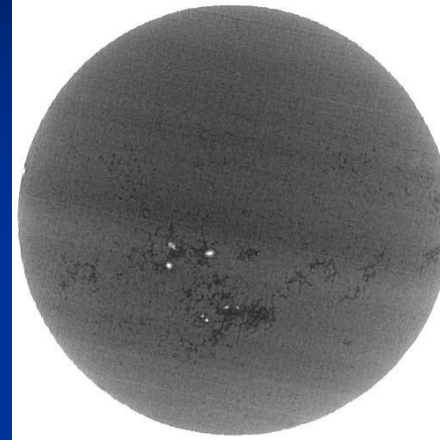


Слънчеви петна: Въртене на Слънцето

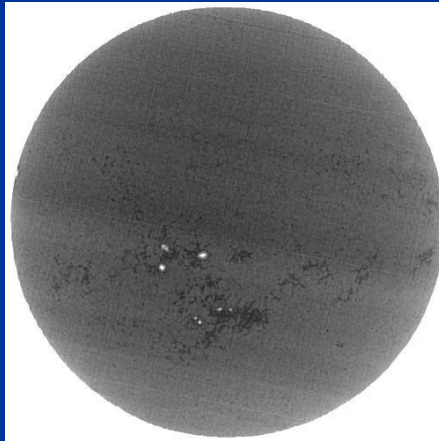
November 21 1992



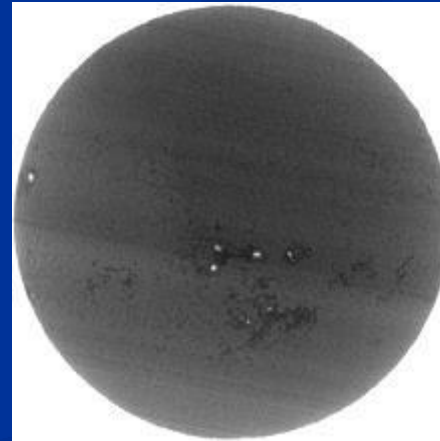
November 22 1992



November 23 1992



November 24 1992

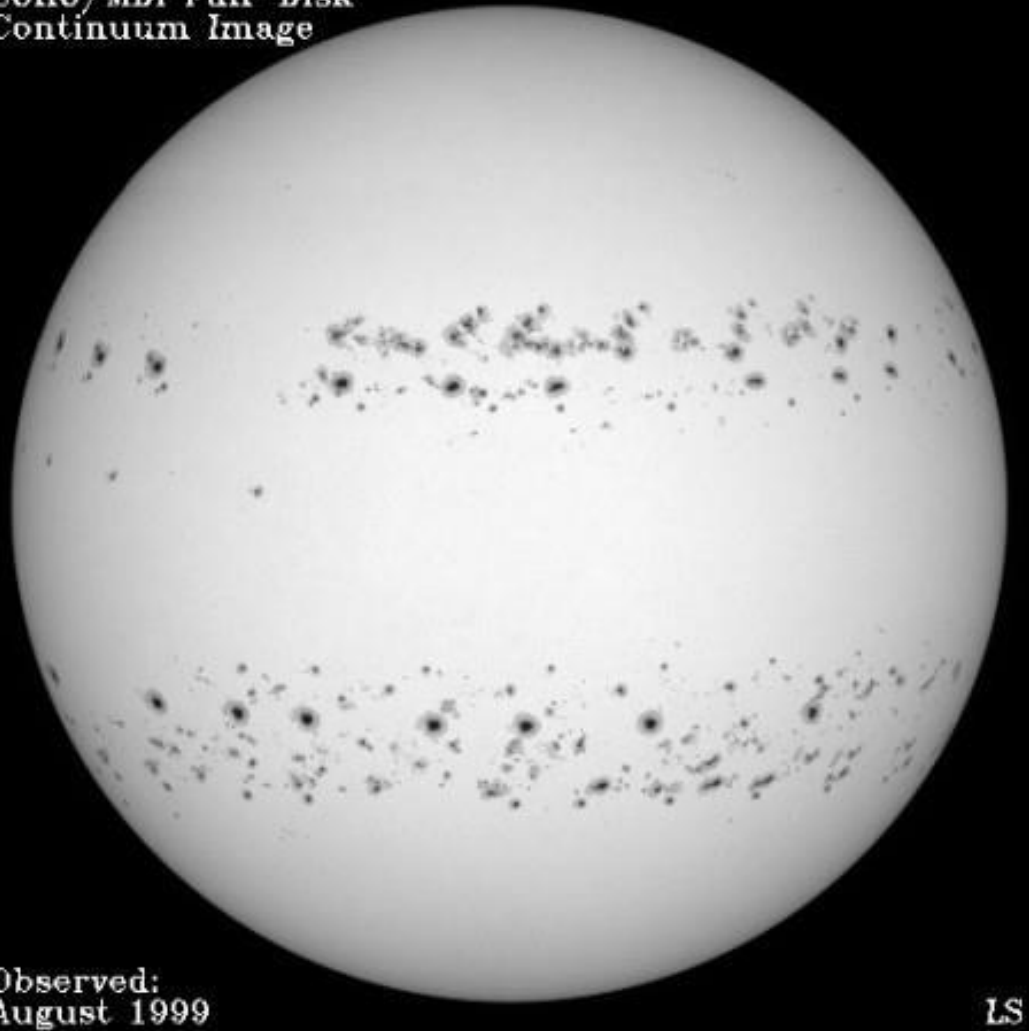


Credit for images: Astronomical Observatory of the University of Coimbra



Слънчеви петна: Въртене на Слънцето

SOHO/MDI Full-Disk
Continuum Image



Observed:
August 1999

LS

- Слънчевите петна могат да се използват за измерване на слънчевата ротация.
- Галилей беше един от първите, които видяха слънчеви петна с помощта на телескоп.
- Той ги използва, за да измери периода на слънчево въртене.
- Различни периоди на въртене: от 25 дни на екватора до 38 дни на полюсите.



Дейност 4: Определяне на периода на въртене на Слънцето

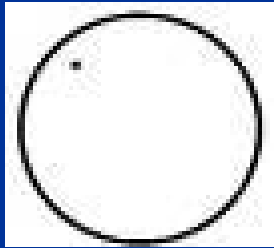
- Наблюденията на Слънцето винаги трябва да се извършват чрез проекция с телескоп или бинокъл. Никога директно !!!



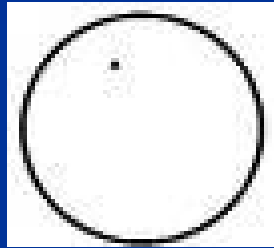
Деятност 4: Определяне на периода на въртене на Слънцето

Слънчевите петна се рисуват за няколко дни през времето t (в дни

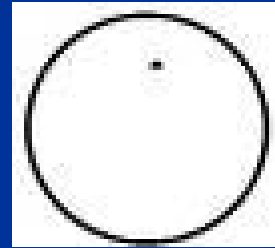
Начертайте пътя, обиколката и ъгъла. Тогава периодът T може да се изчисли в дни.



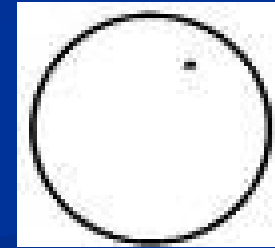
Day 1



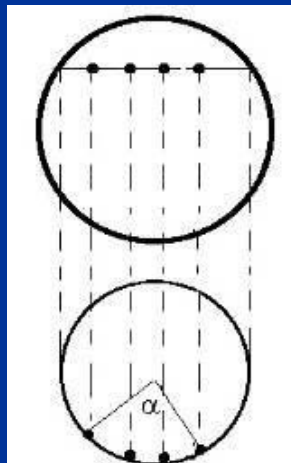
Day 4



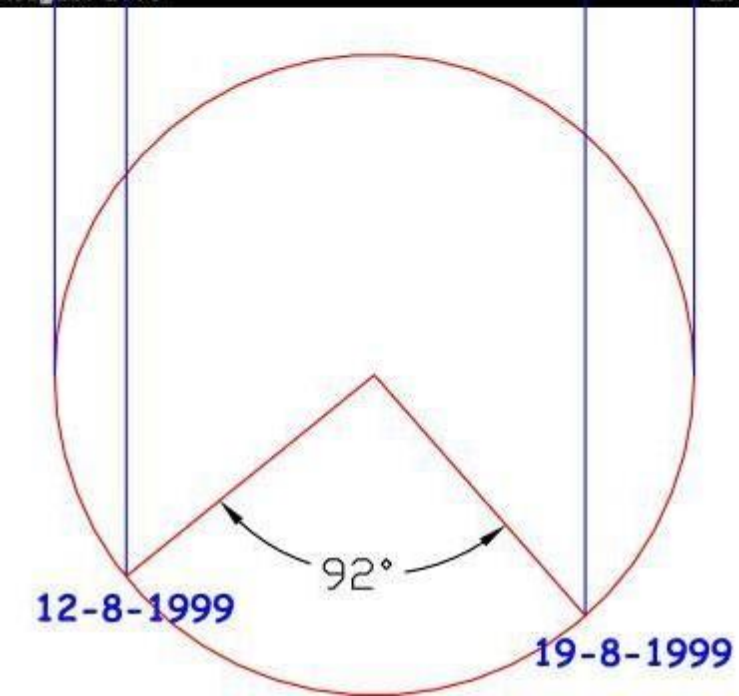
Day 6



Day 8



$$\frac{360^\circ}{\alpha^\circ} = \frac{T}{t}$$



Дейност 4: Определяне на периода на въртене на Слънцето

$$T = \frac{360^\circ \times 7 \text{ days}}{92^\circ} = 27,3 \text{ days}$$

Слънчева радиация

Слънцето е голям ядрен реактор, произвеждащ фотони, всеки с честота (цвет) и енергия $E = h \times \text{честотата}$

- Яркостта (мощността във ватове) на Слънцето е огромна: всяка секунда то излъчва еквивалента на трилиони атомни бомби
- Тази енергия се предава през пространството като балон, който става все по-голям и по-голям с времето.
- Повърхността на мехурчето е $4\pi R^2$.
- На разстояние R от Слънцето енергията, която пристига всяка секунда в площ от 1 m^2 е:

$$\frac{P}{4\pi R^2}$$

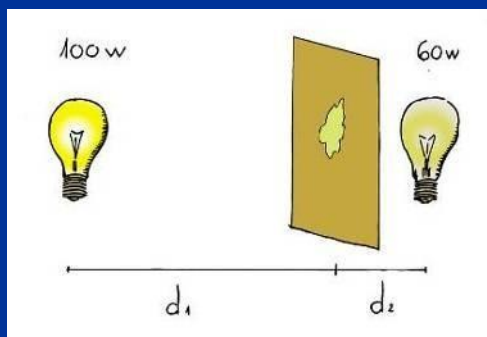


(където P е общата мощност на Слънцето)

Дейност 5: Измерване на светимостта на Слънцето

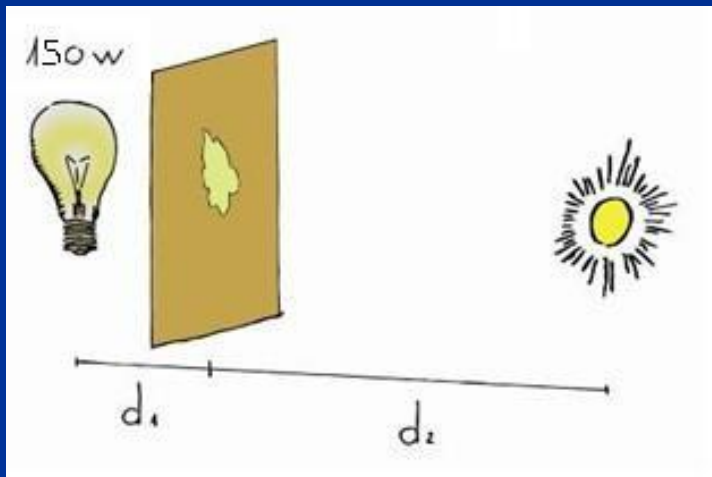
- Преданата енергия е обратно пропорционално от квадрата разстоянието. Ако знаем разстоянието от Слънцето, можем да изчислим енергията му.
- Ние правим фотометър с маслени петна. Когато светлината от двете страни на хартията е еднаква, петното не се вижда; тоест една и съща енергия пристига от всяка страна. Тогава:

$$4 \cdot \pi \cdot d_1^2 \frac{P_1}{4 \cdot \pi \cdot d_2^2} = \frac{P_2}{4 \cdot \pi \cdot d_2^2}$$



Дейност 5: Измерване на светимостта на Слънцето

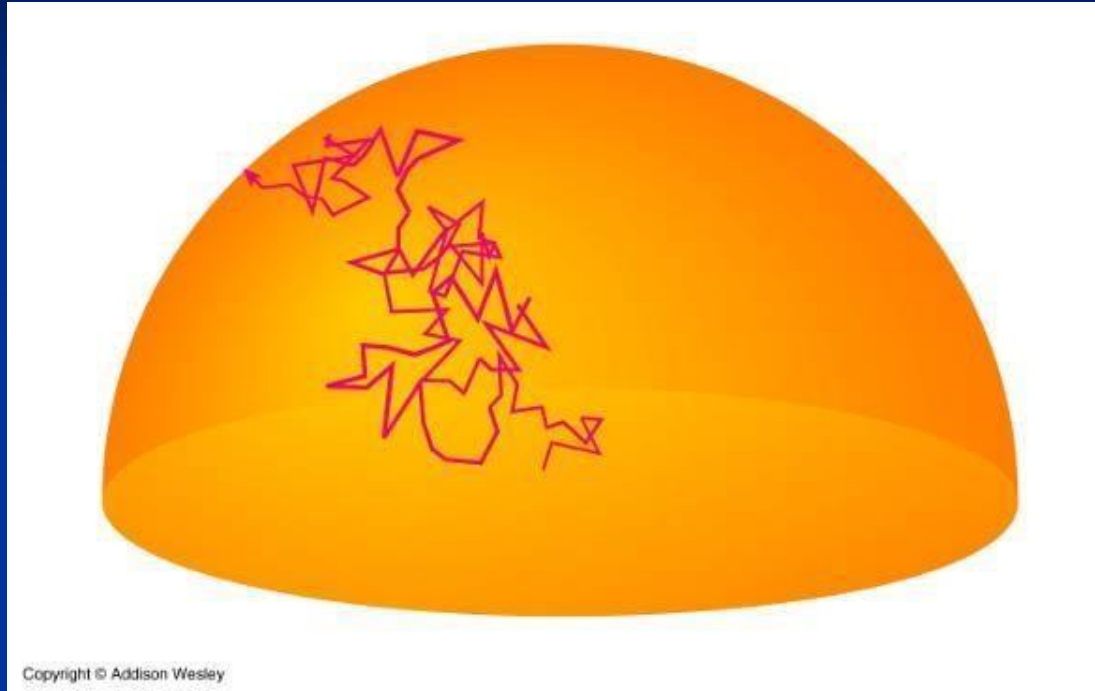
Сравняваме крушка от 150 W със Слънцето, което е на 150 милиона km ($1,5 \times 10^{11}$ m), и измерваме P .



$$\frac{150W}{d_1^2} = \frac{P}{d_2^2}$$

• Резултатът трябва да бъде приблизително $3,8 \times 10^{26}$ W

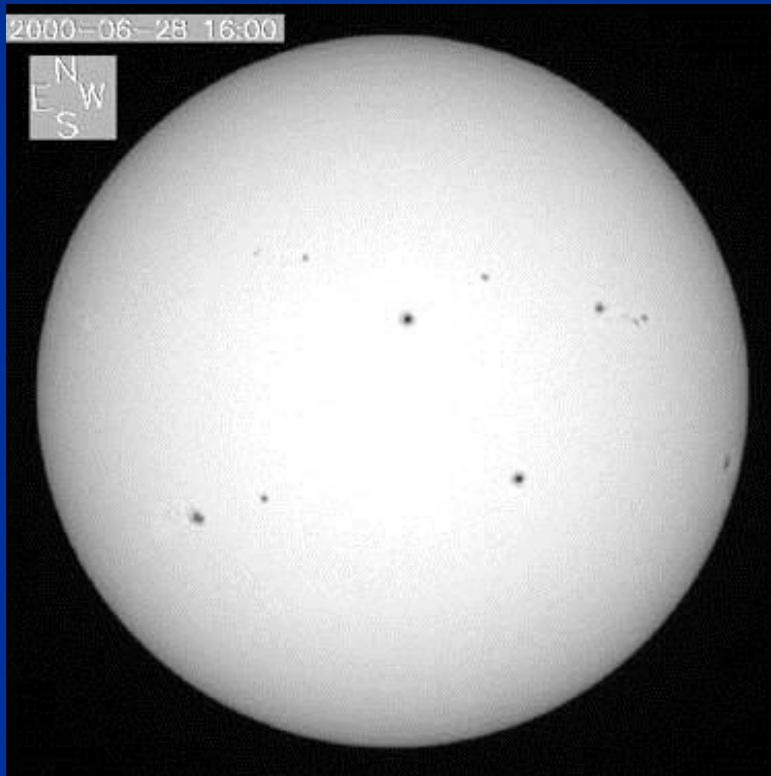
Слънчев спектър: Непрозрачност



Фотоните се произвеждат в най-вътрешната част на Слънцето и взаимодействат с много плътния материал в тази област. Фотон, произведен в ядрото на Слънцето, му отнема до 1 милион години, за да достигне фотосферата.



Слънчев спектър: Непрозрачност



Вътрешните части на Слънцето са непрозрачни (много взаимодействия, както в твърдо тяло).

Външните части са прозрачни.

Доказателство: потъмняване на лимба - на ръба Слънцето е по-малко ярко, защото е по-прозрачно.

Дейност 6: Прозрачност и непрозрачност

Прозрачно не е същото като невидимо!



Спектър



Fuente: Deutsche Bundespost



През 1701 г. Нютон използва призма и разлага слънчевата светлина на нейните цветове.

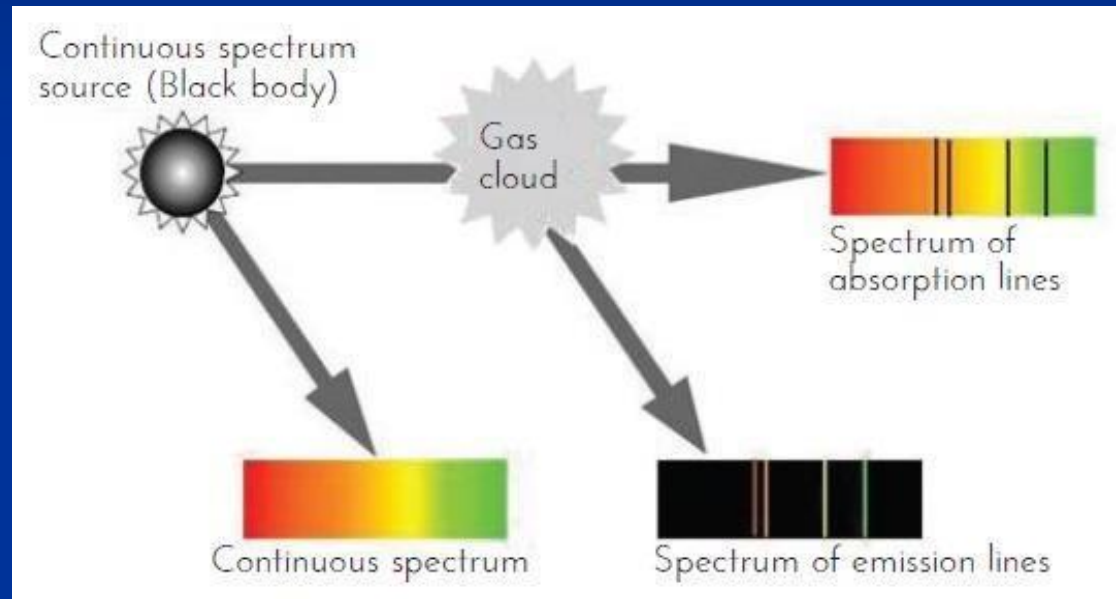
Всяка светлина може да се разложи с призма или дифракционна решетка. Резултатът е спектър.



Законите на Кирхоф и Бунзен

1-ви закон - Нажежен твърд обект произвежда светлина с непрекъснат спектър.

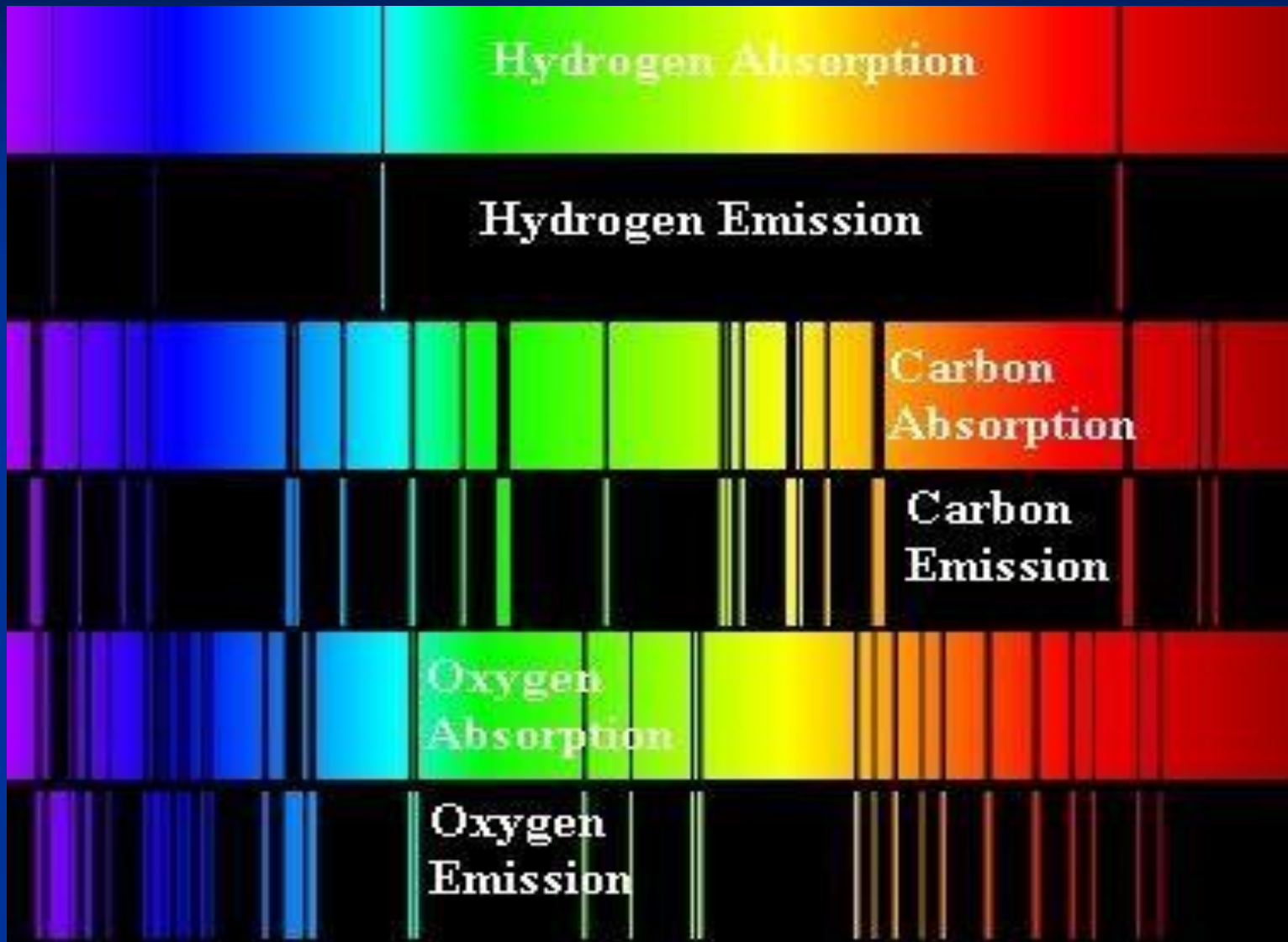
2-ри закон - Горещ разреден газ произвежда светлина само при определени дължини на вълната, които зависят от химическия състав на този газ.



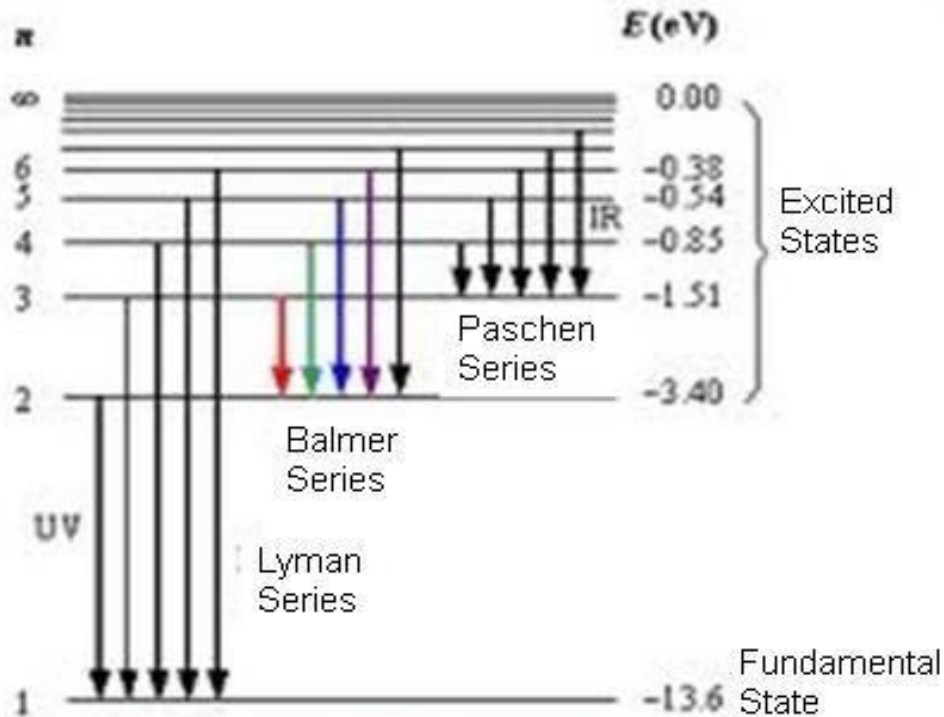
3-ти закон - Нажежен твърд обект, заобиколен от газ с ниско налягане, създава непрекъснат спектър с пропуски при дължини на вълните, чиито позиции съответстват на тези от 2-ри закон.



Спектър



Спектър



Емисионните и абсорбционните линии се образуват поради прескачане на електрони между две квантувани енергийни нива.

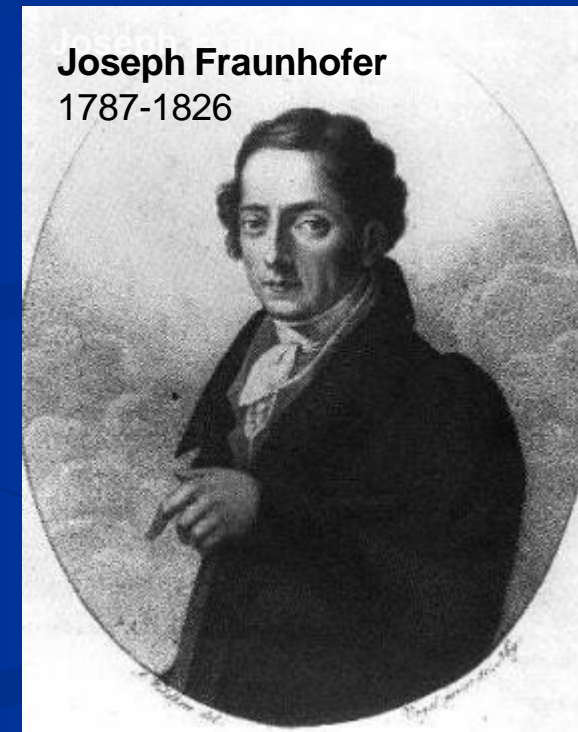
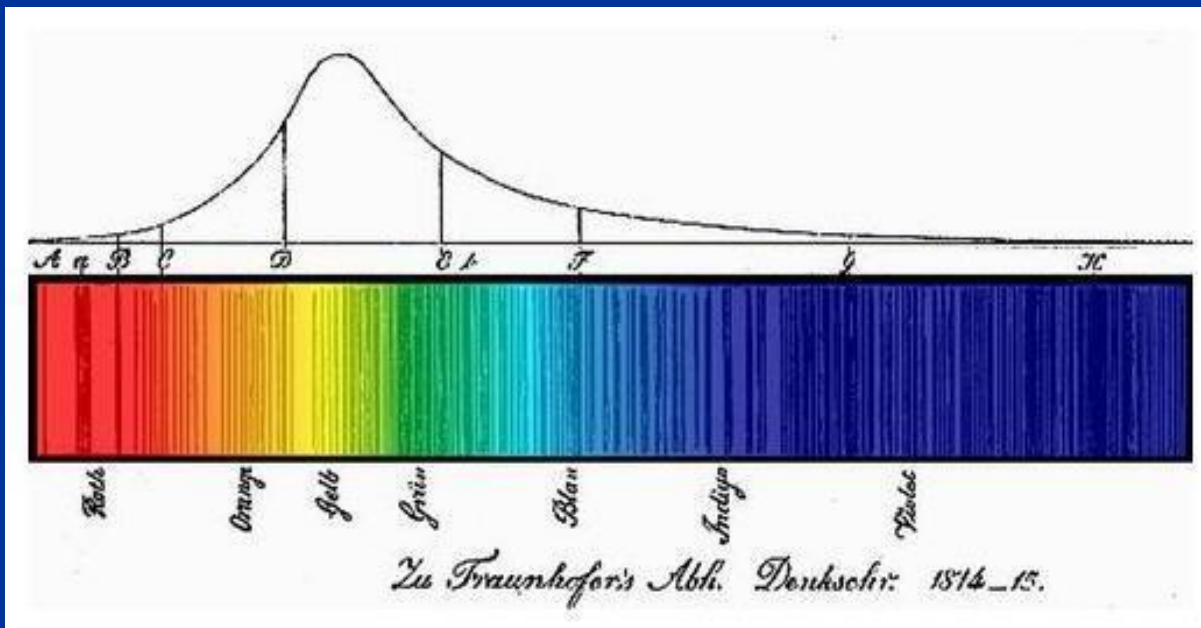
Energy levels of the hydrogen atom, with some of the transitions which produce the spectral lines indicated



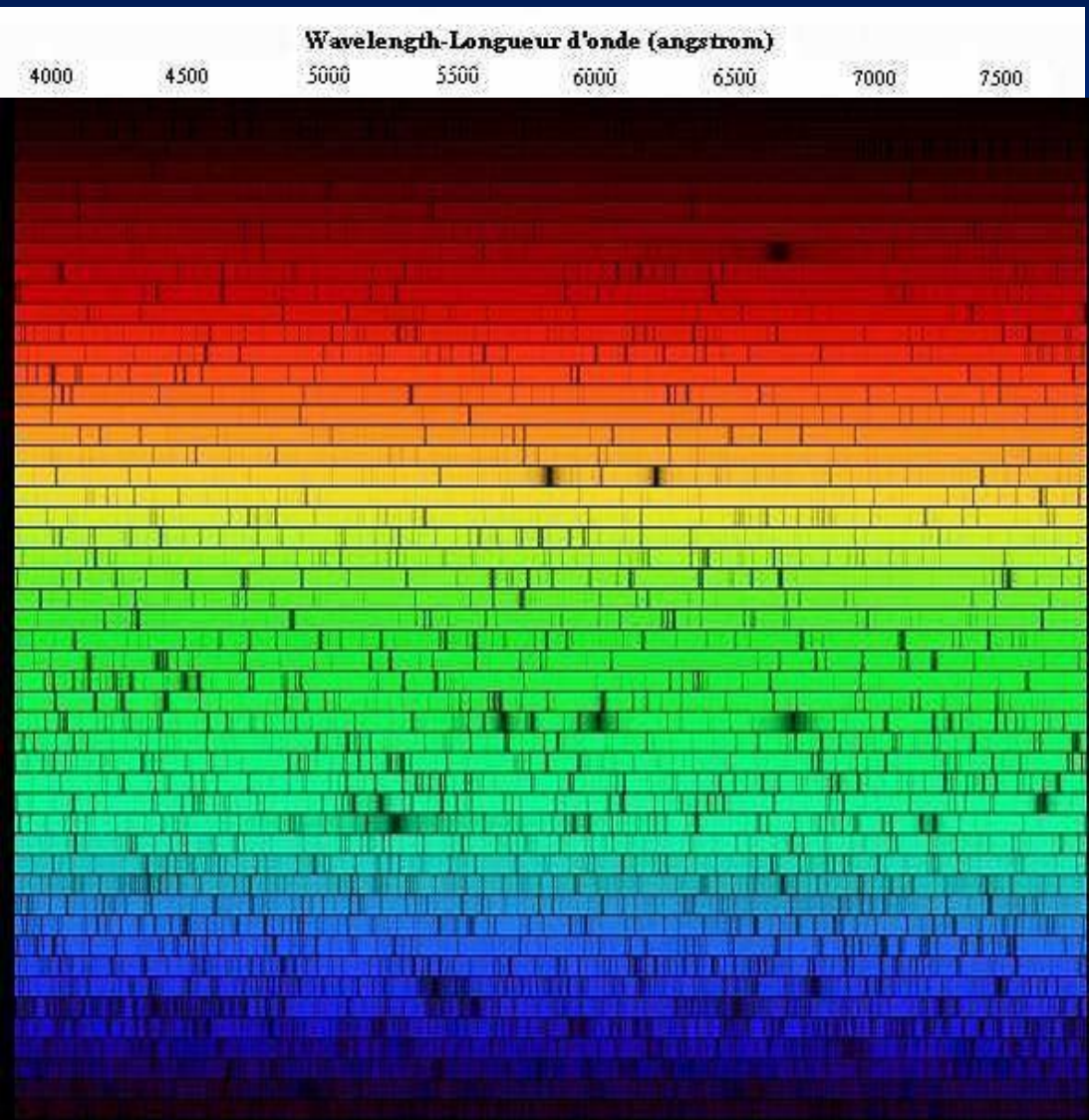
Слънчев спектър: Абсорбционен спектър

През 1802 г. Уилям Уоластън наблюдава черни линии в слънчевия спектър.

През 1814 г. Джоузеф Фраунhofer систематично изучава спектъра на Слънцето и открива около 700 тъмни линии.



Слънчев спектър: Абсорбционен спектър



- Тъмните линии се появяват поради наличието на по-хладни газове точно над повърхността на Слънцето.
- Можем да знаем от какво е направено Слънцето, без да навлизаме в него.
- Днес спектрите с висока разделителна способност показват много повече линии.



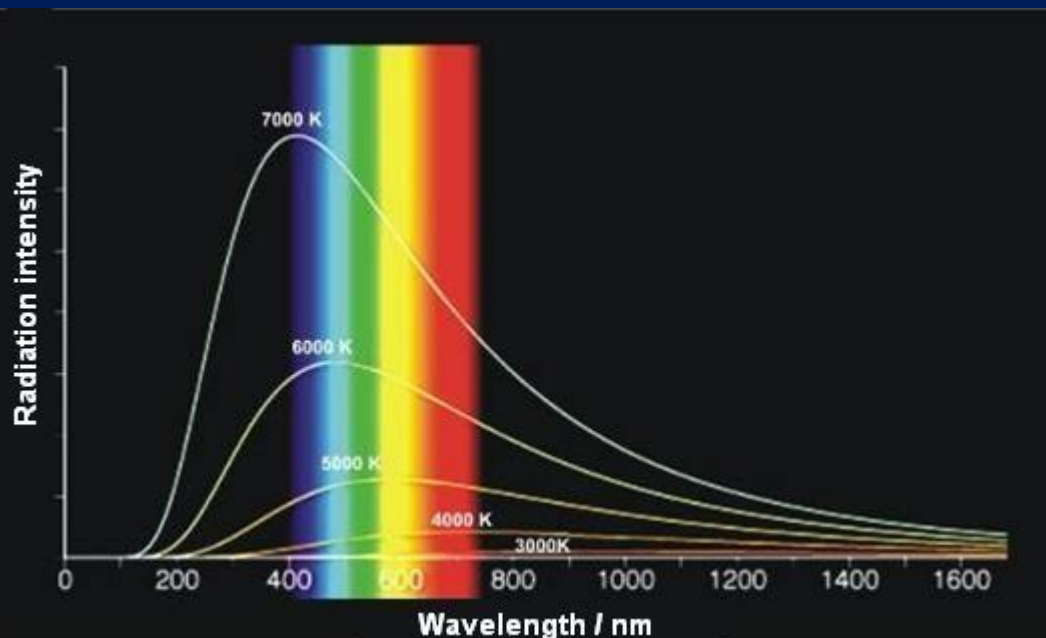
Излъчване на черно тяло



Докато желязото се загрева в пещта, светлината, която излъчва, променя цвета си, както следва:

- Червен
- Жълто
- Бяло
- Синкав

Излъчване на черно тяло



Всяко „черно тяло“ при нагряване излъчва светлина с много дължини на вълната.

Има ламбда max, при което енергията е максимална.

Този ламбда max зависи от температурата T:

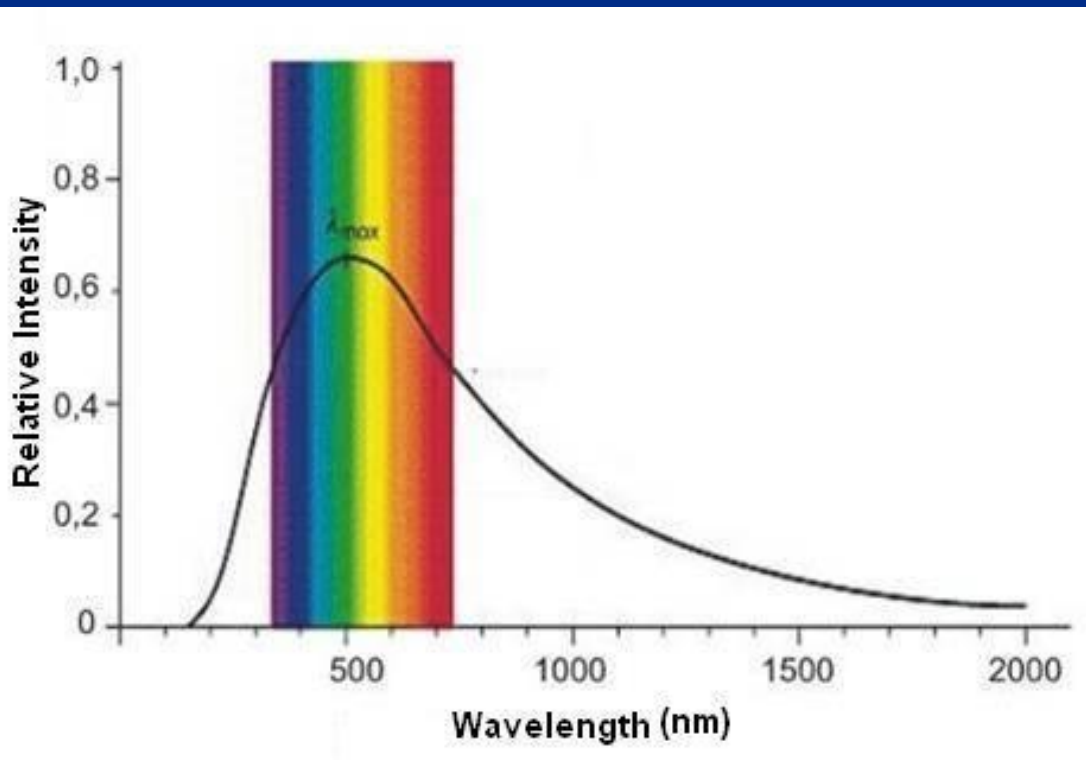
Изследвайки излъчването на отдалечен обект, можем да измерим температурата му, без да се налага да ходим там.

$$\lambda_{\max} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T} \quad (\text{m})$$

Закон на Вин



Излъчване на черно тяло

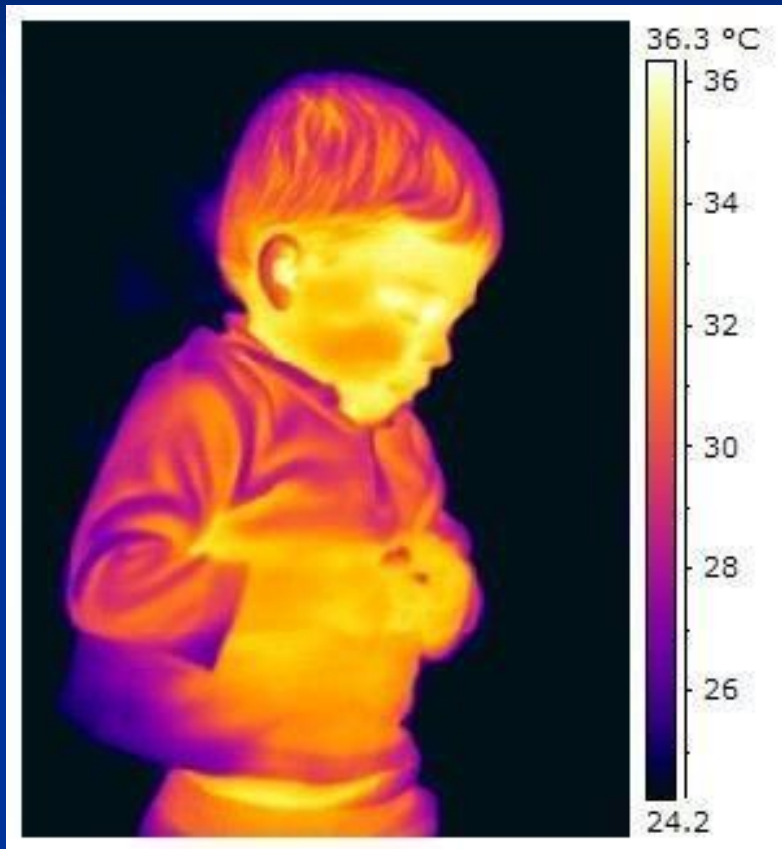


Слънцето има λ_{max}
при 500 nm.

Това означава, че
повърхностната му
температура е 5800 K.



Излъчване на черно тяло



Човешкото тяло има температура от

$$T = 273 + 37 = 310 \text{ K.}$$

Човешкото тяло излъчва най-много енергия при $\lambda_{\text{max}} = 9300 \text{ nm}$. Това е в далечния инфрачервен диапазон.

Уредите за нощно виждане използват тази дължина на вълната.



Разсейване на светлината



- Ако бялата светлина преминава през газ с големи частици, всички цветове ще бъдат еднакво разпръснати (бял облак).

- Ако размерите на частиците са много по-малки от дължината на вълната на падащите фотони, фотоните с по-къса дължина на вълната се разсейват повече от тези с по-голяма дължина на вълната (разсейване на Рейли).

- В нашата атмосфера сините фотони се разсейват повече от червените и идват от всички посоки: следователно виждаме синьо небе.



При залез светлината преминава през повече атмосфера и затова е по-жълто-червено.



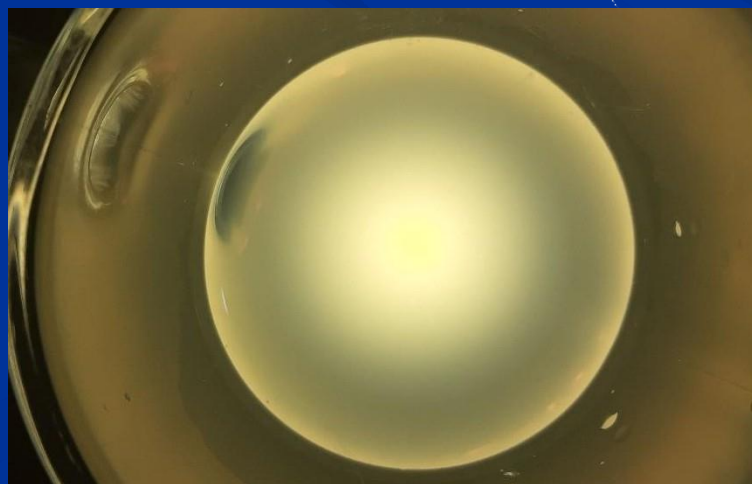
Дейност 7: Дисперсия на светлината

- Вода във висока чаша с няколко капки мляко и фенерче. Когато светлината преминава през млечната вода:

-

- Ако светлината преминава през чашата странично, то изглежда синкаво.

- Но ако светлината премине през цялата чаша и погледнем от върха на чашата, светлината става червеникава.

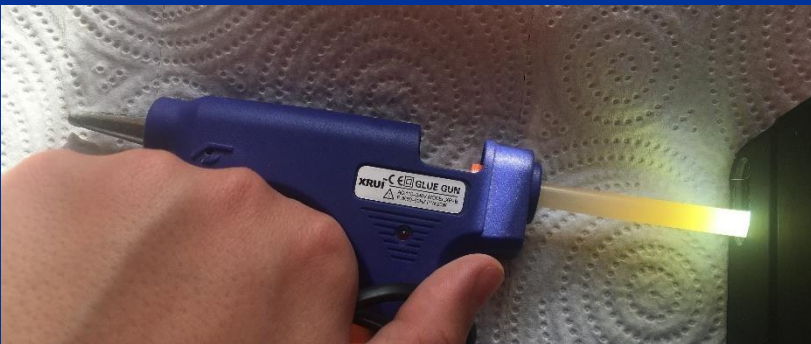


Дейност 7: Дисперсия на светлината

- Топима силиконова пръчица за използване за лепене
- Фенерче на мобилен телефон



- Пръчицата близо до мобилната светлина е синкава на цвят.



- Пръчицата в зоните по-далеч от светлината на мобилния телефон изглежда жълтеникава и червеникава.

**Благодаря Ви за
вниманието !**

