

Saules plankumi un Saules spektrs

Aleksandrs Kosta, Beatrise Garsija, Rikardo Moreno

*Starptautiskā Astronomijas savienība
Loulé vidusskola, Portugāle*

*ITeDA un Nacionālā tehnoloģiju universitāte, Argentīna
Colegio Retamar de Madrid, Spānija*



Mērķi

- Izpratne par Saules spektru.
- Izpratne par Saules spektra iegūšanu.
- Izpratne par Saules plankumiem.
- Izpratne par Galileo Galileja veiktās Saules plankumu izpētes vēsturisko nozīmi.



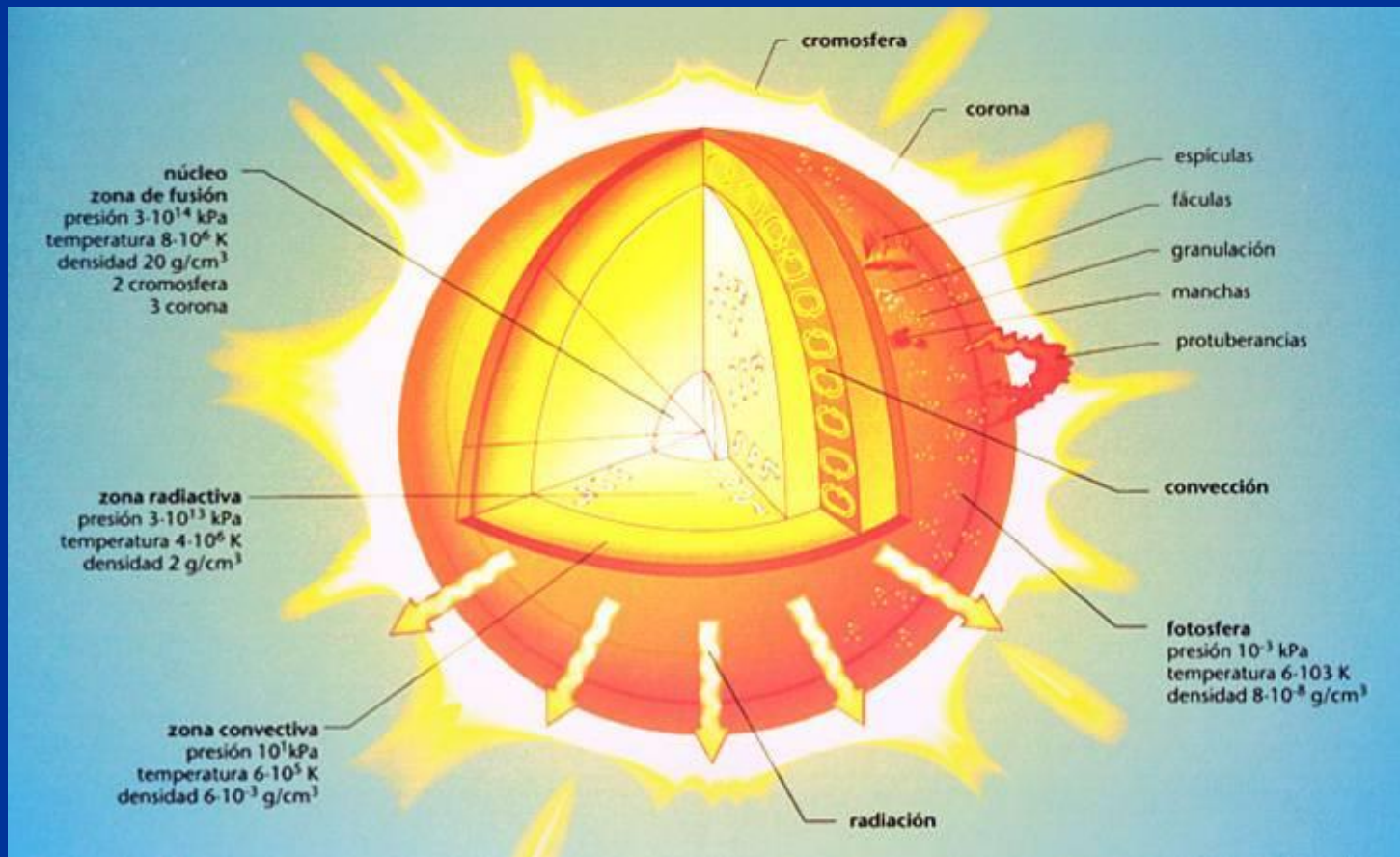
Saules starojums

Gandrīz visa enerģija (siltums un gaisma), ko mēs izmantojam uz Zemes, nāk vai ir nākusi no Saules.



Saules starojums

Starojums rodas Saules kodolā, ļoti augstā spiedienā un 15 miljonu grādu temperatūrā. To rada kodolsintēzes reakcijas.



Saules starojums

- 4 protoni (ūdeņraža kodoli) apvienojas, veidojot hēlija atomu (notiek saplūšana).



- Iegūtā masa ir mazāka par sākotnējo 4 protonu masu, jo “liekā” masa tiek pārveidota enerģijā:

$$E = mc^2$$

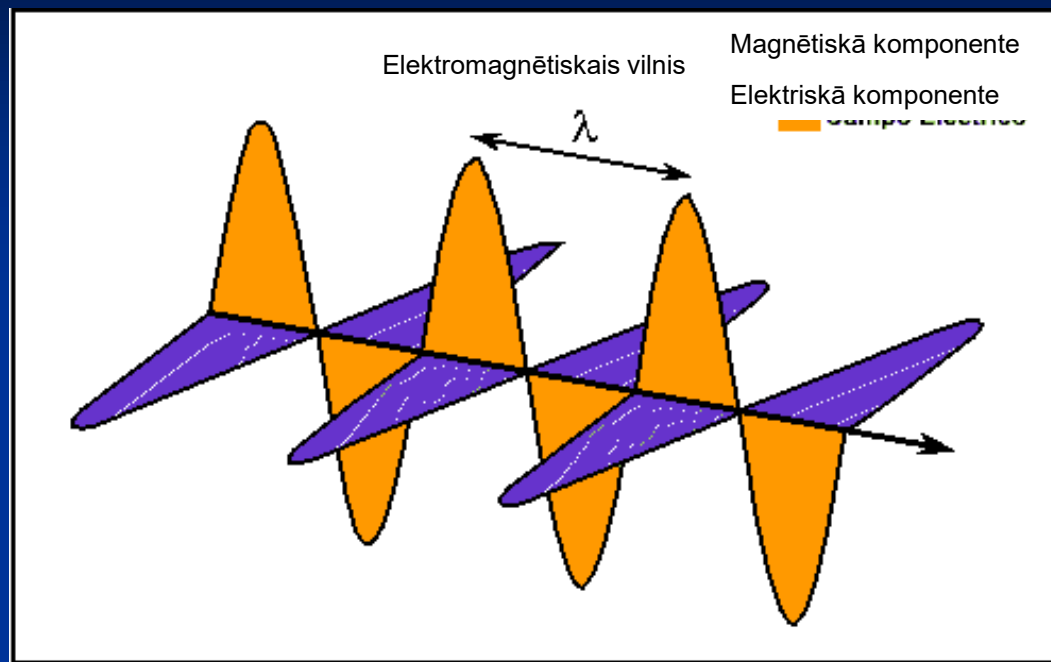
- Katru sekundi 600 miljoni tonnu ūdeņraža tiek pārveidoti par 595,5 miljoniem tonnu hēlija. Pārējā masa tiek pārvērsta enerģijā.
- Saule ir tik liela, ka, pat zaudējot masu šādā ātrumā, process ilgs miljardiem gadu.

Saules starojums

Enerģija pārvietojas no Saules virsmas ar ātrumu 299 793 km/s. Lai tā sasniegtu Zemi, nepieciešamas 8 minūtes.



Saules spektrs: starojums

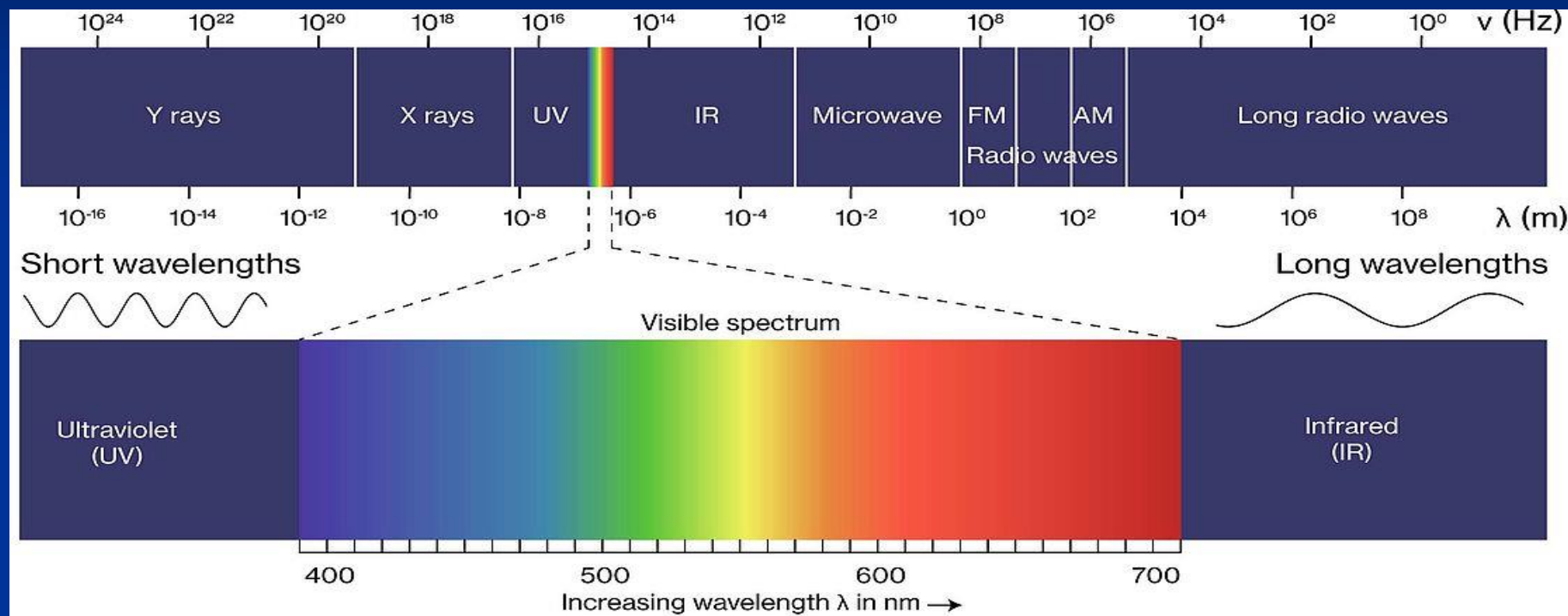


Viļņa garumu λ , frekvenci ν un elektromagnētisko viļņu izplatīšanās ātrumu c saista vienādojums:

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

Saules spektrs: starojums

Elektromagnētiskais spektrs



**Gamma
starojums**



**Rentgen-
starojums**



**Redzamā
gaisma**



**Infrasarkanais
starojums**

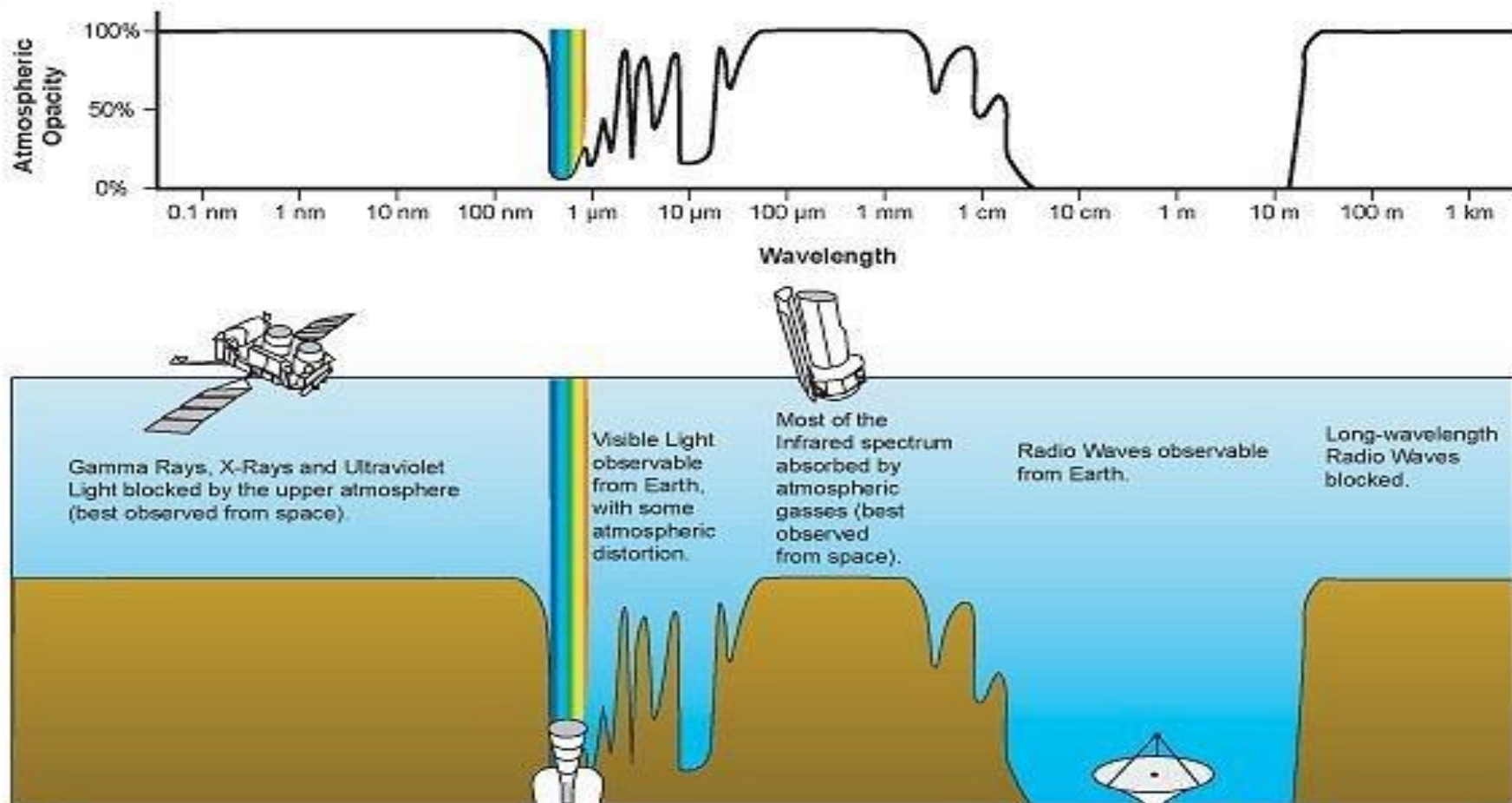


Radio viļņi

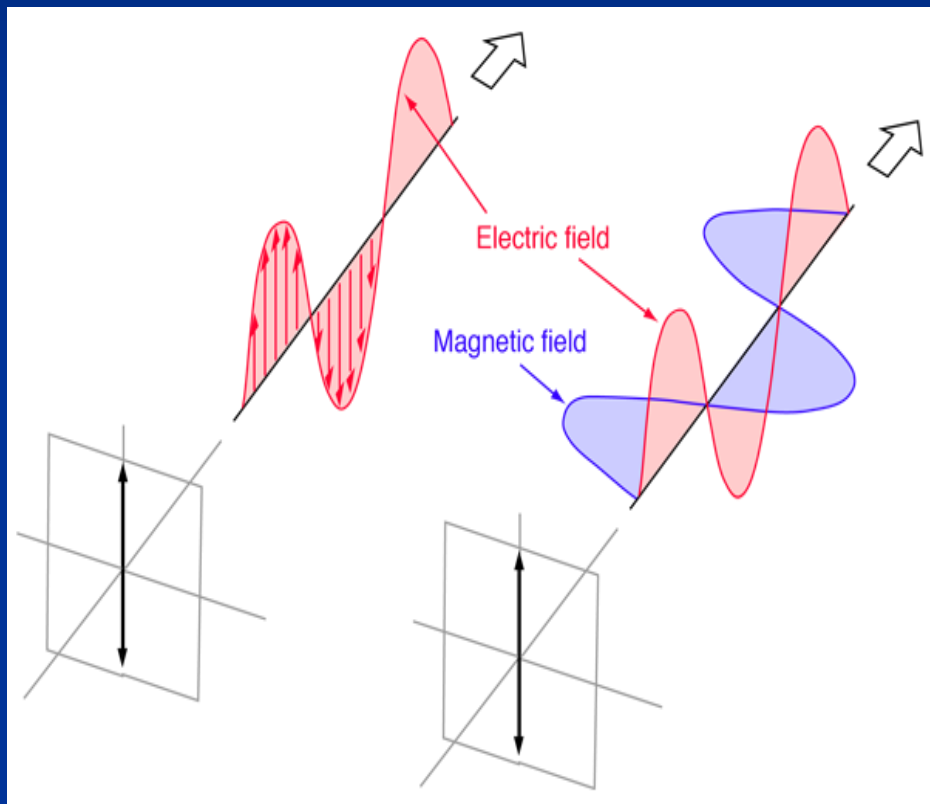


Saules spektrs: starojums

Zemes atmosfēra ir necaurspīdīga lielākajai daļai elektromagnētiskā starojuma viļņu garumu.



Saules starojums: polarizācija

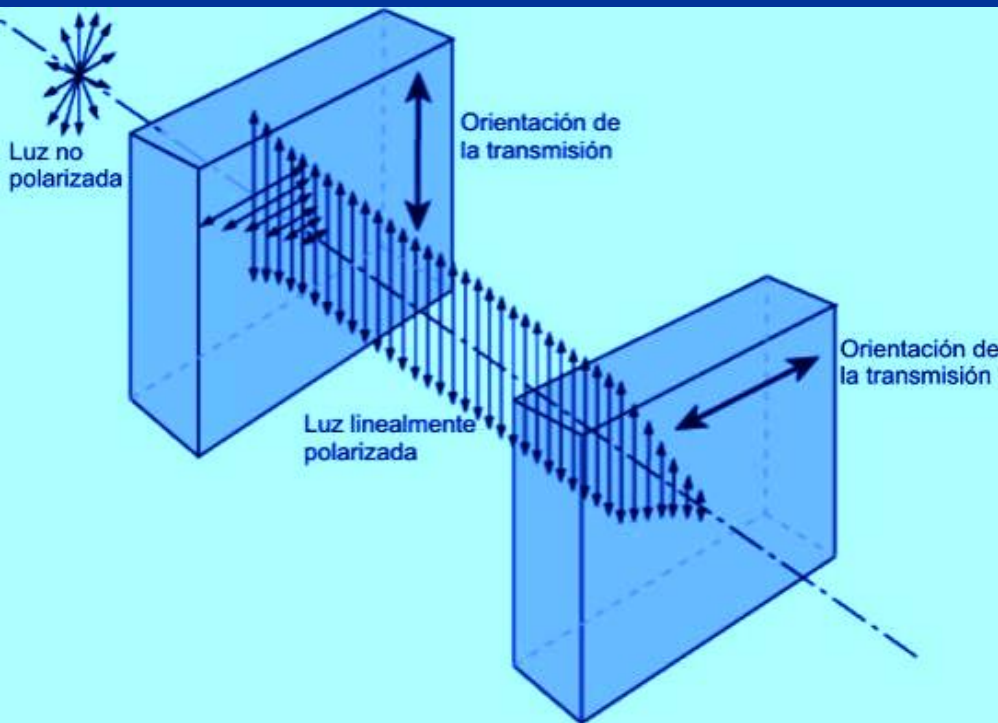


- Vienkāršajam elektromagnētiskajam starojumam ir tāds profils, kā redzams attēlā.
- Ir elektriskā lauka svārstību virziens un cits – magnētiskā lauka svārstībām.
- Šis vilnis ir lineāri polarizēts. Šajā gadījumā: vertikāli polarizēts.
- Saules gaismai nav privilģēta svārstību virziena.

Saules spektrs: polarizācija

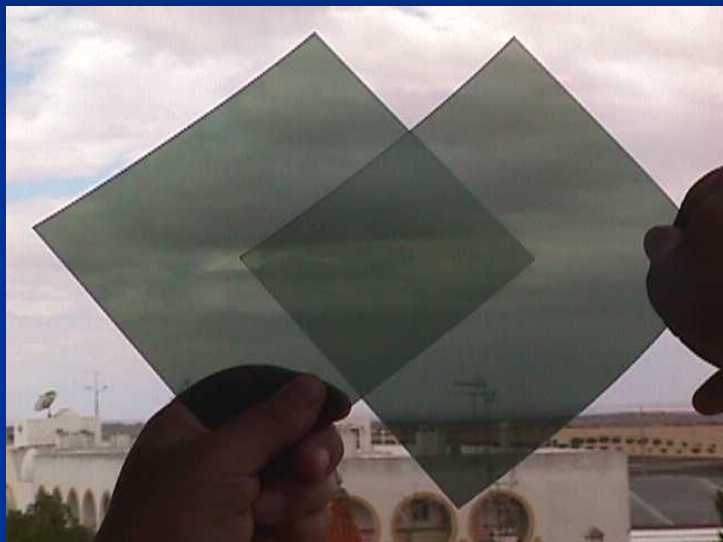
Saules gaismu var polarizēt:

- ar atstarošanās palīdzību;
- izlaižot to caur polarizācijas filtru.

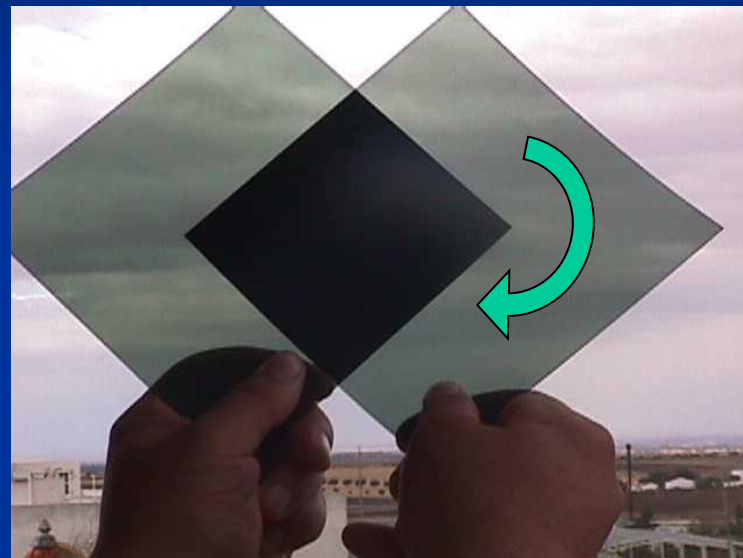


Ja abiem polarizācijas filtriem ir paralēli polarizācijas virzieni, gaismā tiem iet cauri. Ja to virzieni ir perpendikulāri, gaismu, kas iziet cauri pirmajam filtram, bloķē otrais filtrs, un gaismā neiziet cauri.

1. aktivitāte: Saules gaismas polarizācija



Ja filtriem ir vienāda orientācija, gaismā iet cauri.



Ja kāds no filtriem ir pagriezts par 90° , gaismā tiek bloķēta.

1. aktivitāte: Saules gaismas polarizācija



Abu filtru molekulām ir vienāda orientācija, gaismā iet cauri.

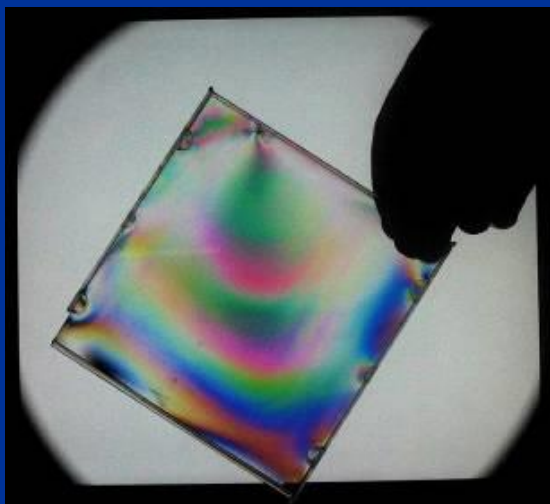
Ja filtru pagriež par 90° , gaismā nevar iziet cauri

Astrofizikā gaismas polarizācija ļauj izpētīt starpzvaigžņu putekļu graudu orientāciju un izmēru.

1. aktivitāte: Saules gaismas polarizācija



- Gaismu var polarizēt ar atstarošanu.
- *Polaroid* saulesbrilles palīdz izvairīties no atspīdumiem.
- Polarizāciju izmanto fotogrāfijā un inženierzinātnēs, lai saskatītu materiālu iekšējo spriegumu.

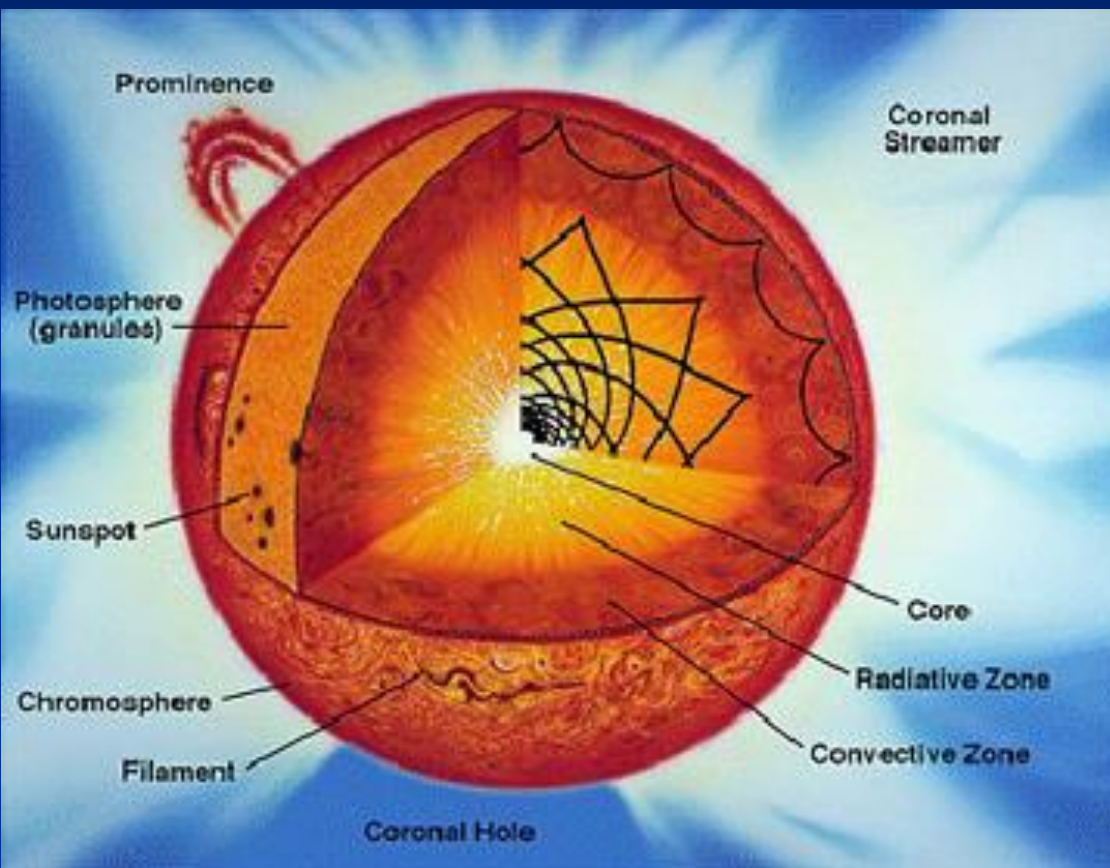


2. aktivitāte: gaismas polarizācija

- Klēpjdatora vai mobilā tālruņa ekrāns izstaro polarizētu gaismu.
- Novērojiet polarizācijas plakni ar polarizētām saulesbrillēm.
- Daži objekti pagriež polarizācijas plakni: piemēram, līmlente uz plastmasas.
- Novērojiet iekšējos spriegumus caurspīdīgā plastmasas gabalā (piemēram, kompaktdiska vāciņā)

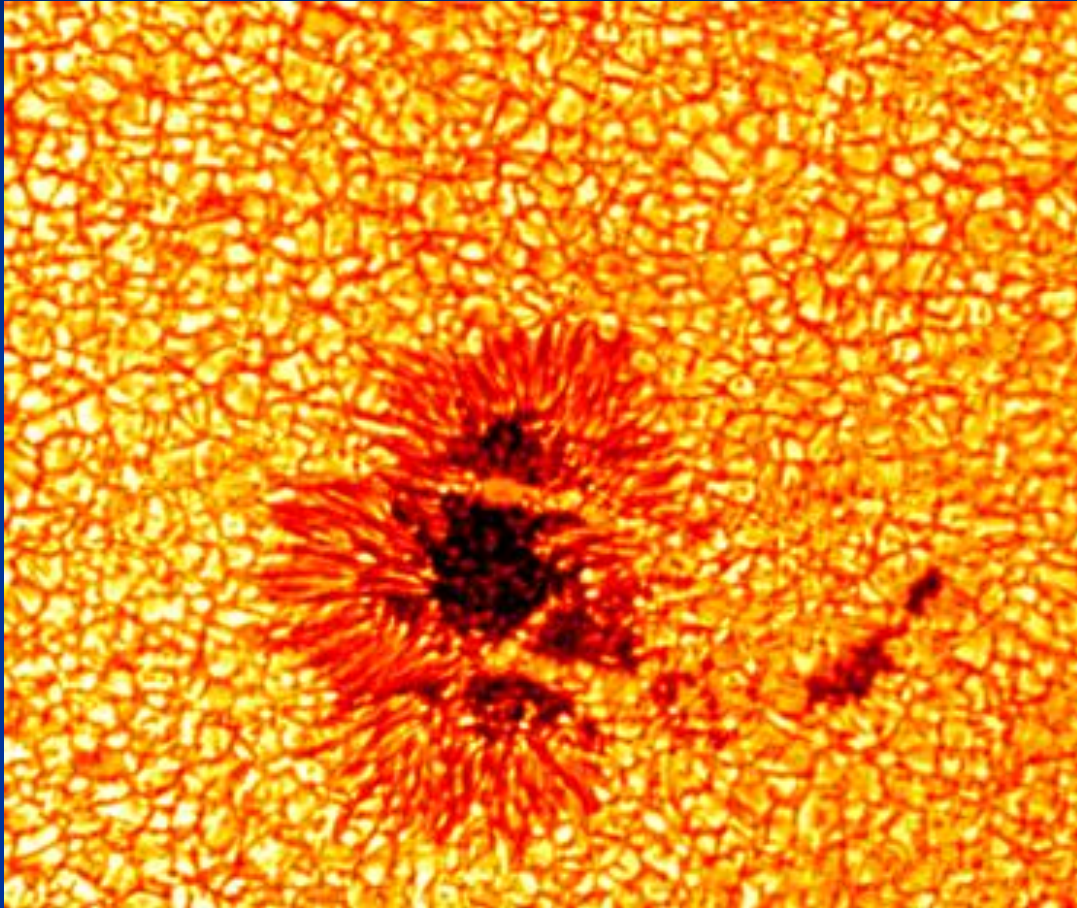


Saules uzbūve



- Kodols:
15 miljoni K.
 - Starojuma pārneses zona:
8 miljoni K.
 - Konvektīvā zona:
500 000 K.
- Saules ārējos slāņos notiek konvekcija (vielas kustība).

Saules uzbūve



- Fotosfēra:
6400 – 4200 K.

Tā ir Saules virsma.

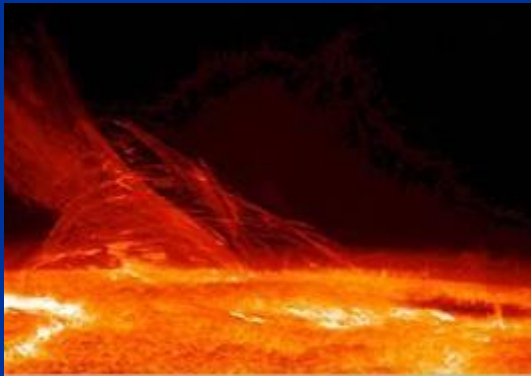
To veido granulas, kuru
diametrs ir ~1000 km.



Saules uzbūve



- Hromosfēra: “degoša prērija” no 4 200 līdz 1 000 000 K. Ir protuberances un uzliesmojumi.

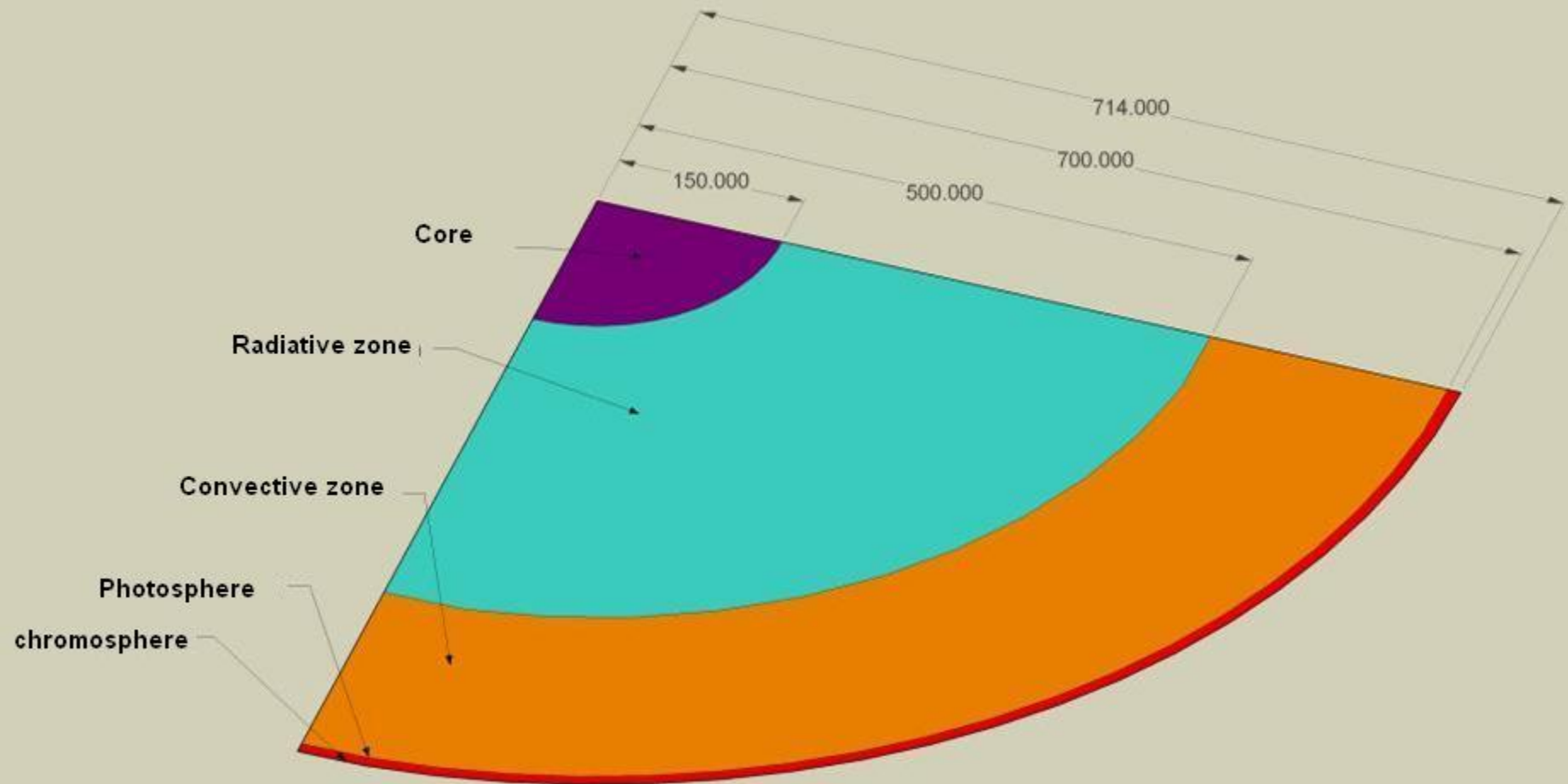


Saules uzbūve

- Vainags (korona): Saules vējš, no 1 līdz 2 000 000 K.
- Redzams tikai aptumsuma laikā vai ar īpašu instrumentu (koronogrāfu).



Saules uzbūve

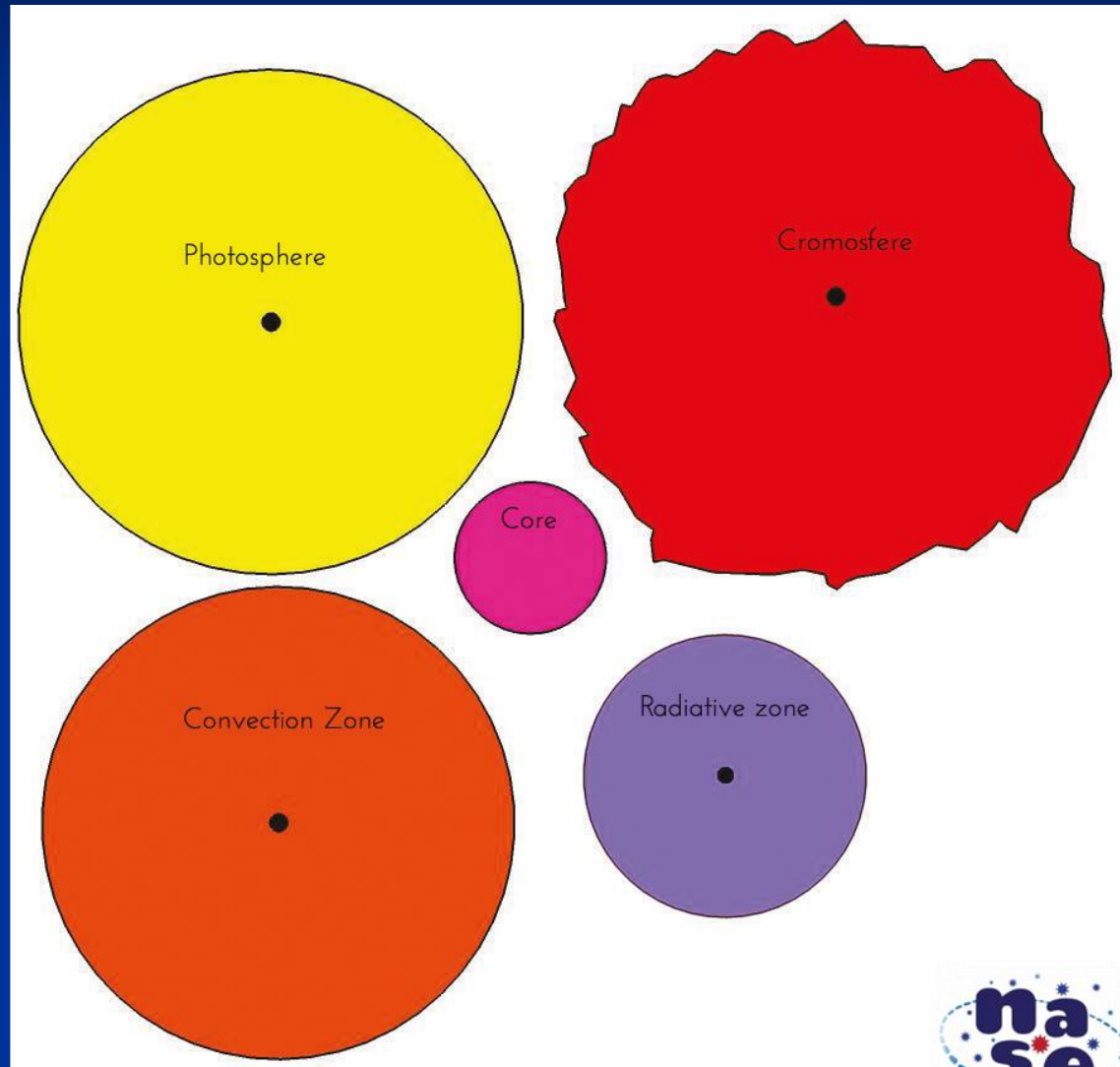


3. aktivitāte: Saules uzbūve

Izveidojiet
vienkāršu Saules
slāņu modeli.

Mērķis ir izgriezt
dažādas formas.

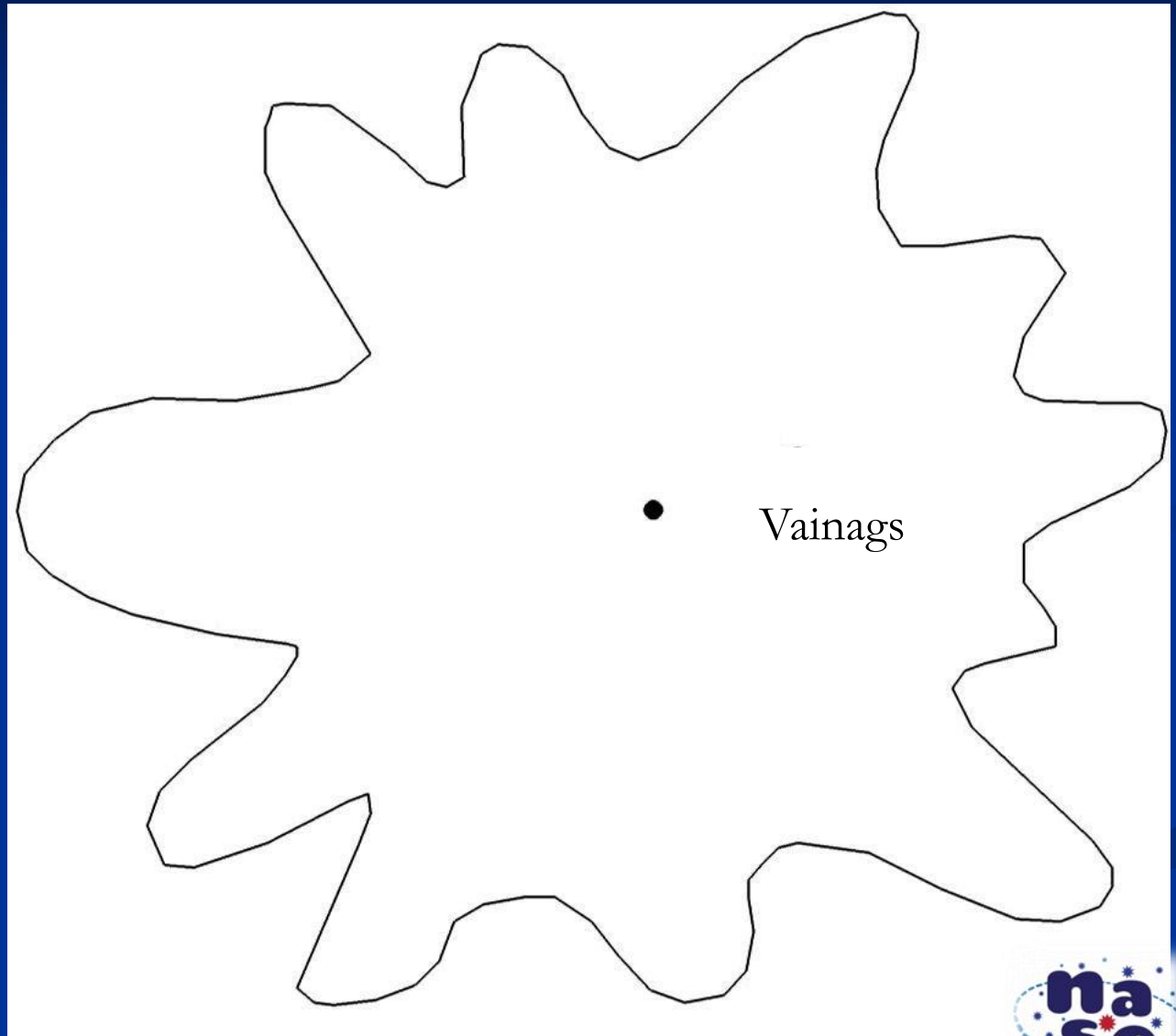
Tās var izgriezt no
dažādas krāsu
papīra gabaliņiem,
vai izkrāsot.



3. aktivitāte: Saules uzbūve

Vainagu var
izgatavot no
plastmasas
plēves.

Visbeidzot, jūs
varat novietot
vienu slāni virs
otra pareizajā
secībā.



3. aktivitāte: Saules uzbūve



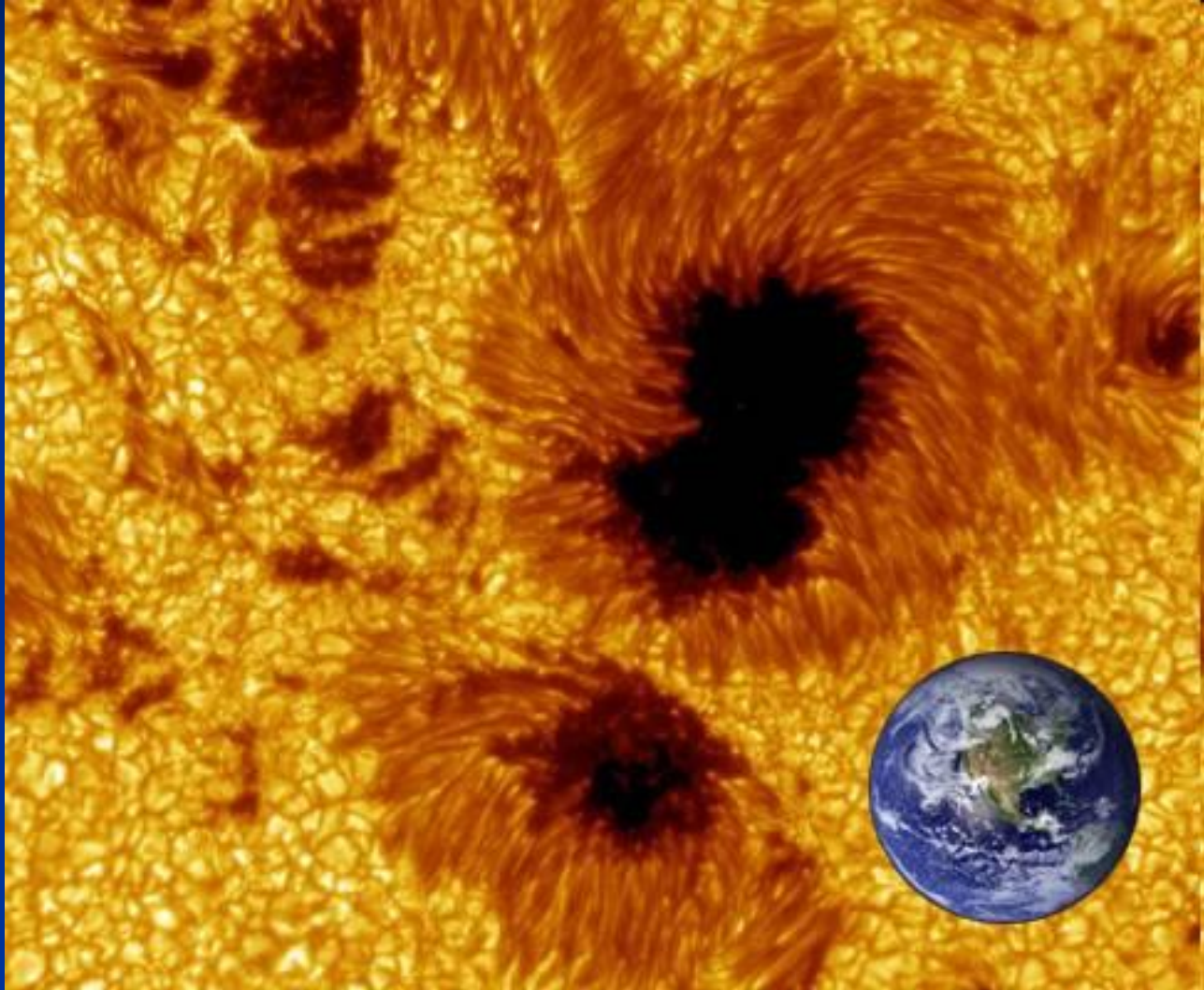
Saules plankumi

- Tumši plankumi fotosfērā, kuru temperatūra ir ~ 4200 K nevis 6000 K.

- Katram Saules plankumam ir divas daļas: ēna (centrālā zona) un pusēna (ārējā zona).

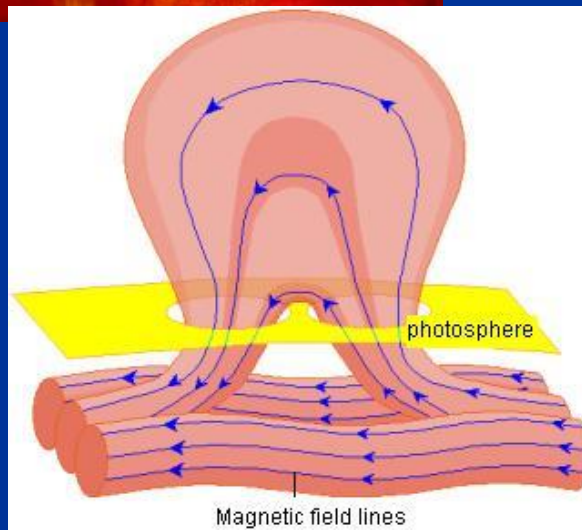
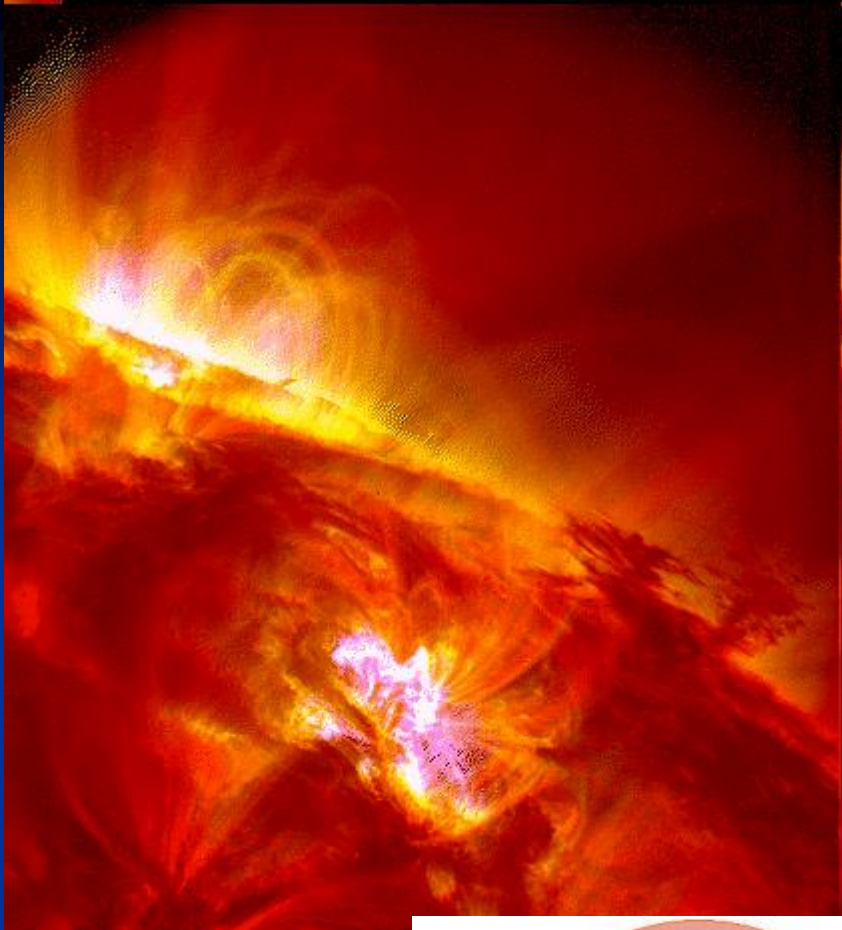


Saules plankumi

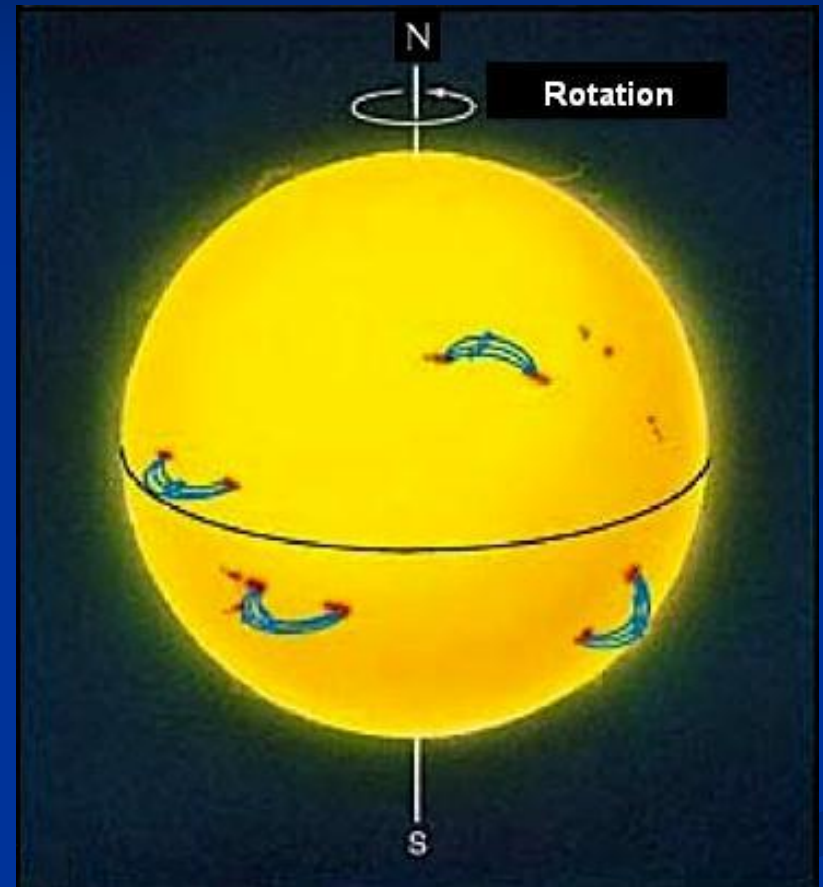
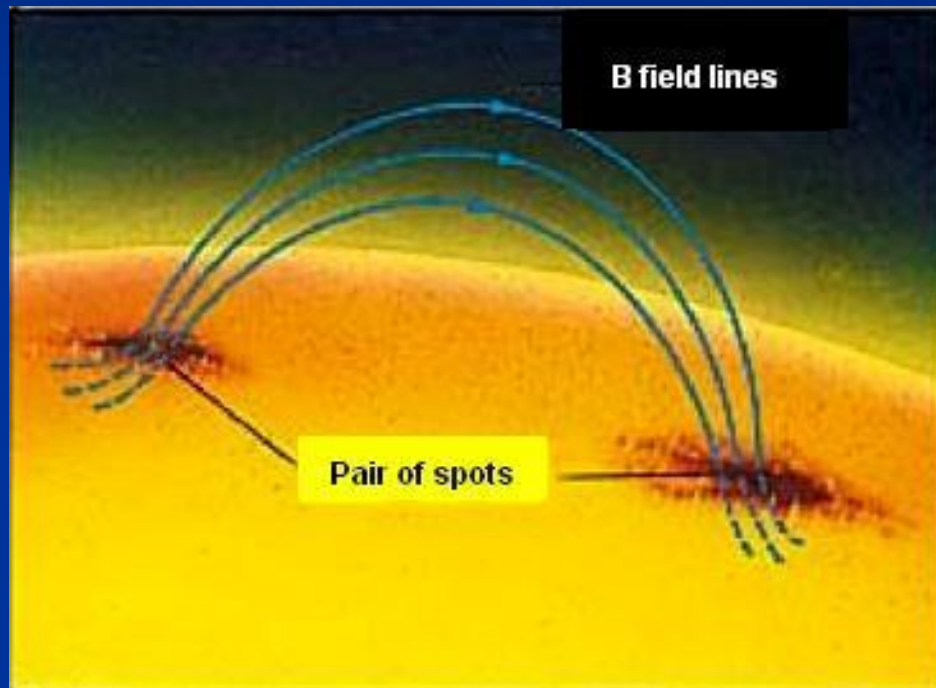


Saules plankumi

- Tajos ir spēcīgs magnētiskais lauks.
- Tos izraisa magnētiskā lauka līniju novirzīšanās. Šeit redzama cilpa, kas paceļas no Saules iekšpuses.

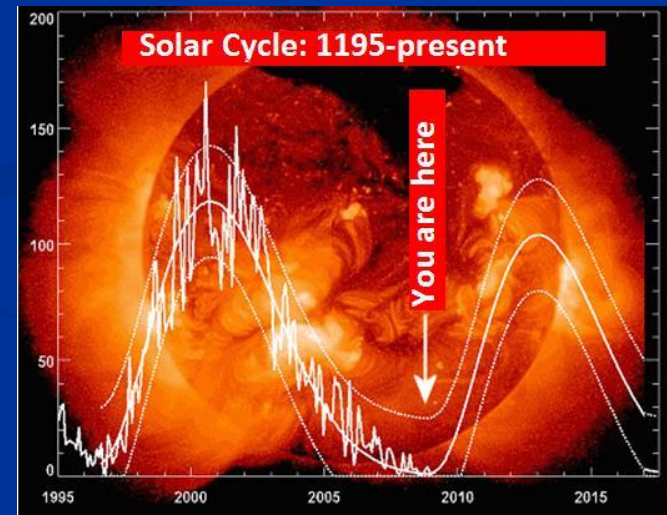
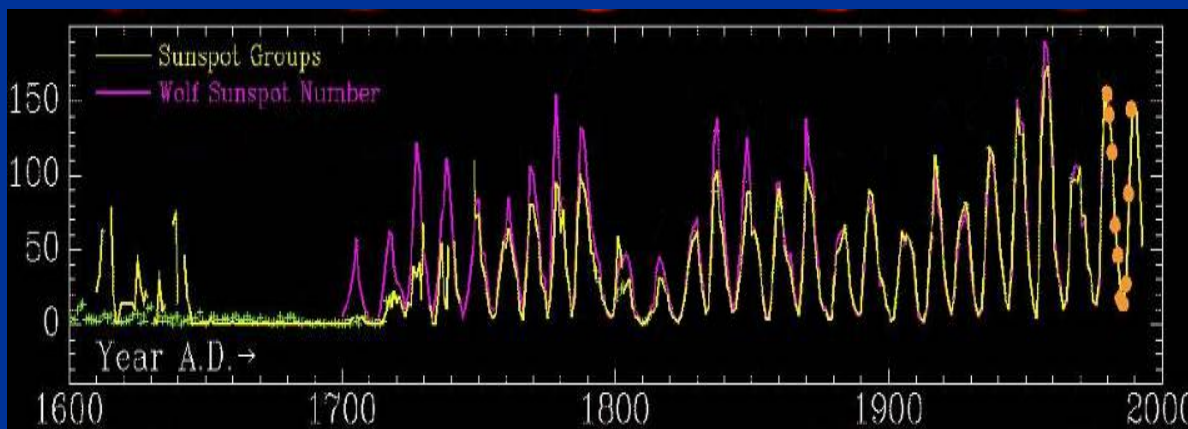


Saules plankumi



Saules plankumi

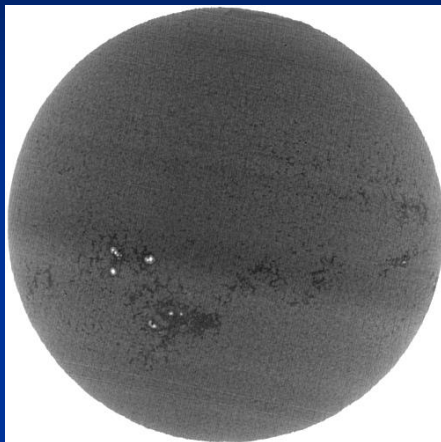
- Saules plankumu skaits norāda uz “Saules aktivitāti”
- Volfa skaitlis = $10G + F$
(G = grupu skaits; F = kopējais Saules plankumu skaits)
- Pastāv 11 gadu Saules aktivitātes cikls.



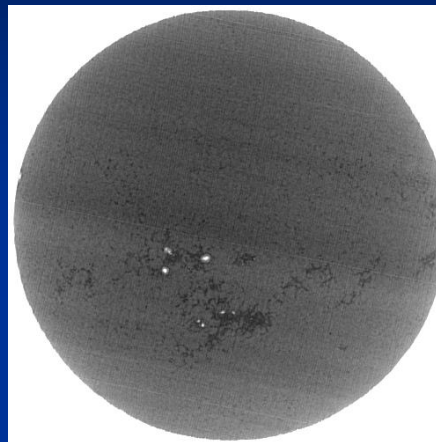
2008. gadā bija minimāla Saules aktivitāte, kas ilga ilgāk nekā parasti.

Saules plankumi: Saules rotācija

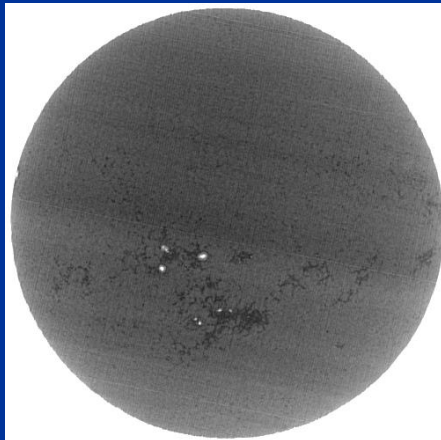
1992. gada 21. novembris



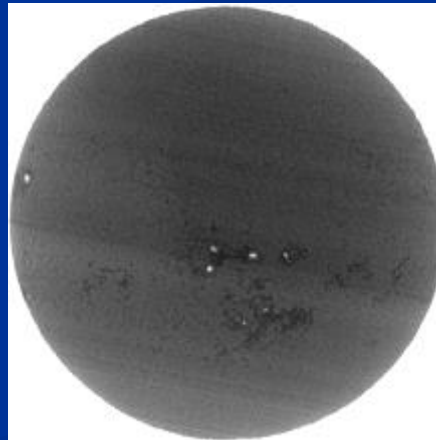
22. novembris 1992. gads



1992. gada 23. novembris



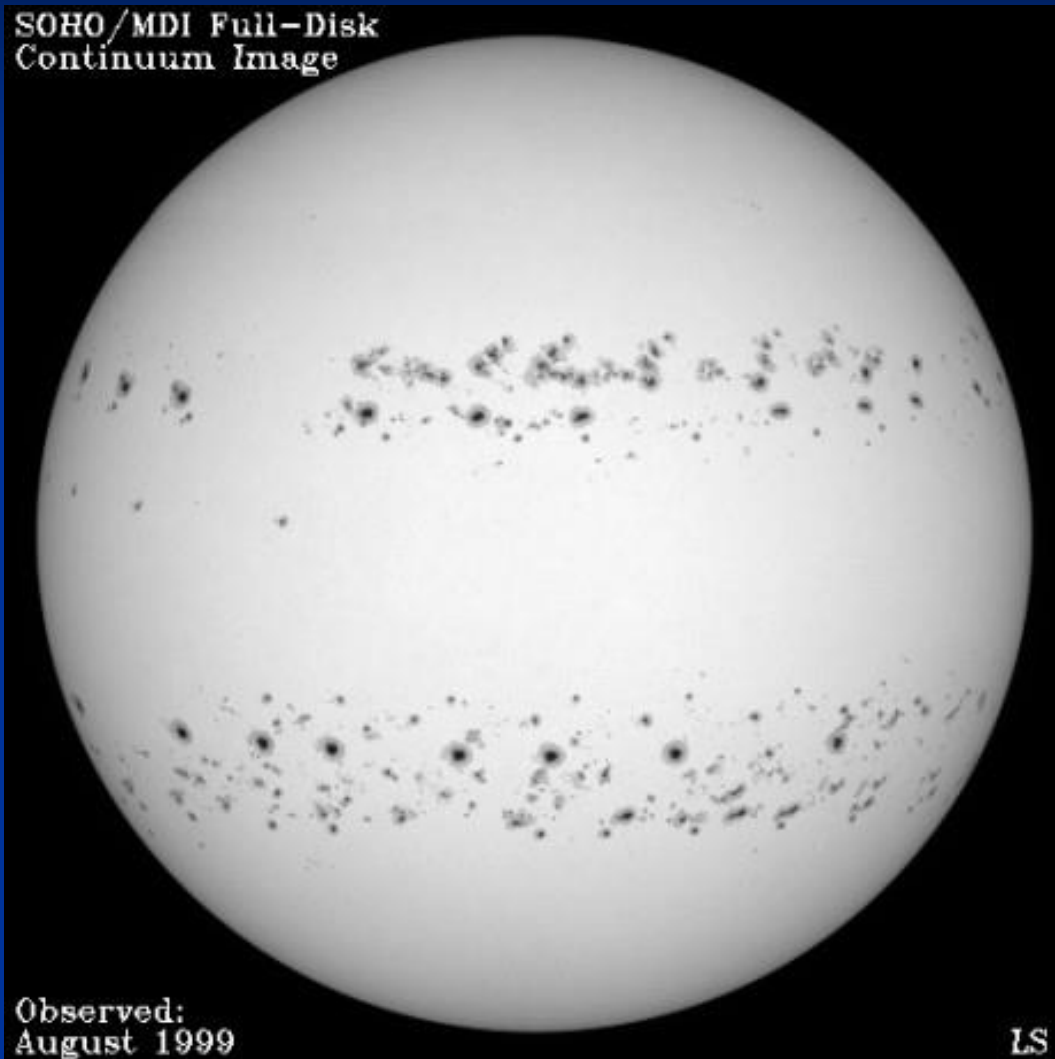
1992. gada 24. novembris



Attēli: Koimbras Universitātes Astronomijas observatorija



Saules plankumi un Saules rotācija



- Saules plankumus var izmantot, lai noteiktu Saules rotācijas raksturlielumus.
- Galileo Galilejs bija viens no pirmajiem, kurš redzēja Saules plankumus, izmantojot teleskopu. Viņš tos izmantoja, lai izmērītu Saules rotācijas periodu.
- Ir atšķirīgi rotācijas periodi: no 25 dienām pie ekvatora līdz 38 dienām pie poliem.



4. aktivitāte: Saules rotācijas perioda noteikšana

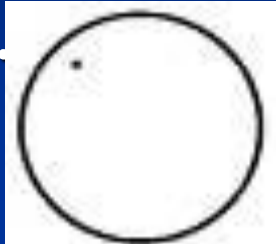
- Saules novērojumi vienmēr jāveic projicējot ar teleskopu vai binokli. Nekad neskatamies tieši Saulē.



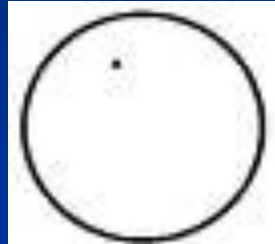
4. aktivitāte:

Saules rotācijas perioda noteikšana

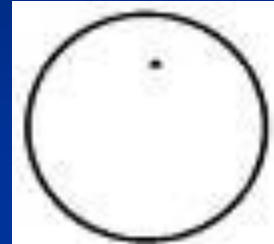
- Saules plankumus zīmē vairākas dienas noteiktā laikā t (dienās).



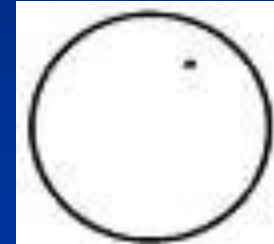
Diena 1



diena 4

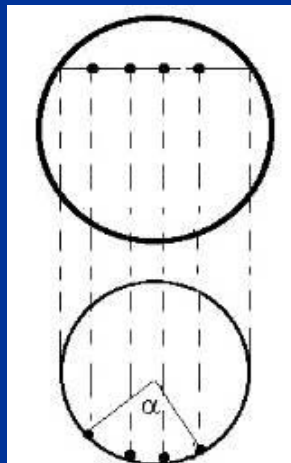


diena 6

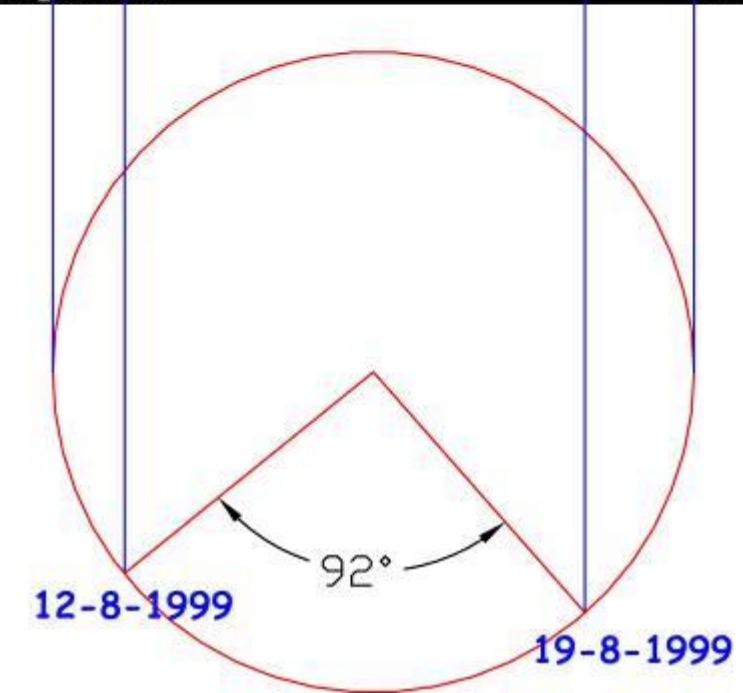


diena 8

- Uzzīmējiet plankuma trajektoriju, apli un leņķi α . Tad periodu T var aprēķināt (dienās):



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



4. aktivitāte: Saules rotācijas perioda noteikšana

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

Saules starojums

- Saule ir liels kodolreaktors, kas ražo fotonus, kur katram ir noteikta frekvence (krāsa) un enerģija $E = h\nu$.
- Saules starjauda (jauda vatos) ir milzīga: katru sekundi tā izstaro triljoniem atombumbu enerģijas ekvivalentu.
- Šī enerģija izplatās caur telpu kā burbulis, kas ar laiku kļūst arvien lielāks un lielāks.
- Burbuļa virsmas laukums ir $4\pi R^2$.
- Attālumā R no Saules enerģija, kas nonāk katru sekundi uz 1 m^2 laukuma ir:
(kur P ir Saules kopējā jauda)

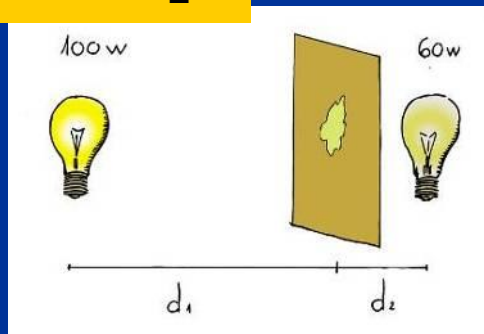
$$\frac{P}{4\pi R^2}$$



5. aktivitāte: Saules starjaudas mērīšana

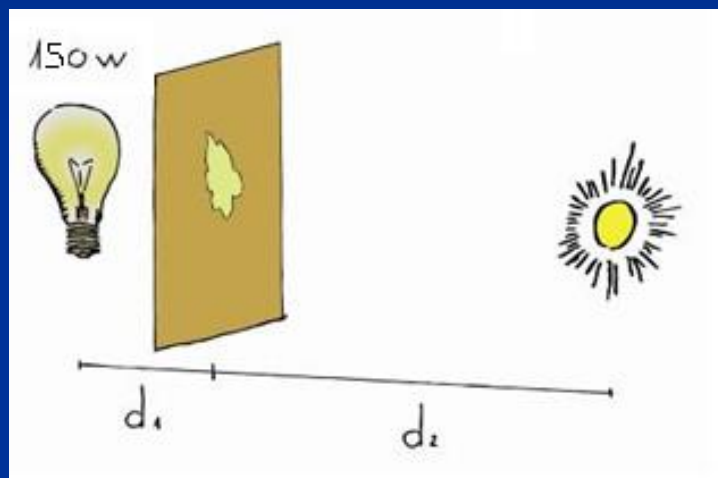
- Pārnestā enerģija ir atkarīga no attāluma kvadrāta apgrieztās vērtības. Ja mēs zinām attālumu no Saules, mēs varam aprēķināt tās jaudu.
- Izgatavosim eļļas plankuma fotometru. Ja apgaismojums no abām papīra pusēm ir vienāds, plankums nav redzams; tas ir, no katras puses pienāk viena un tā pati gaismas enerģija. Tad :

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

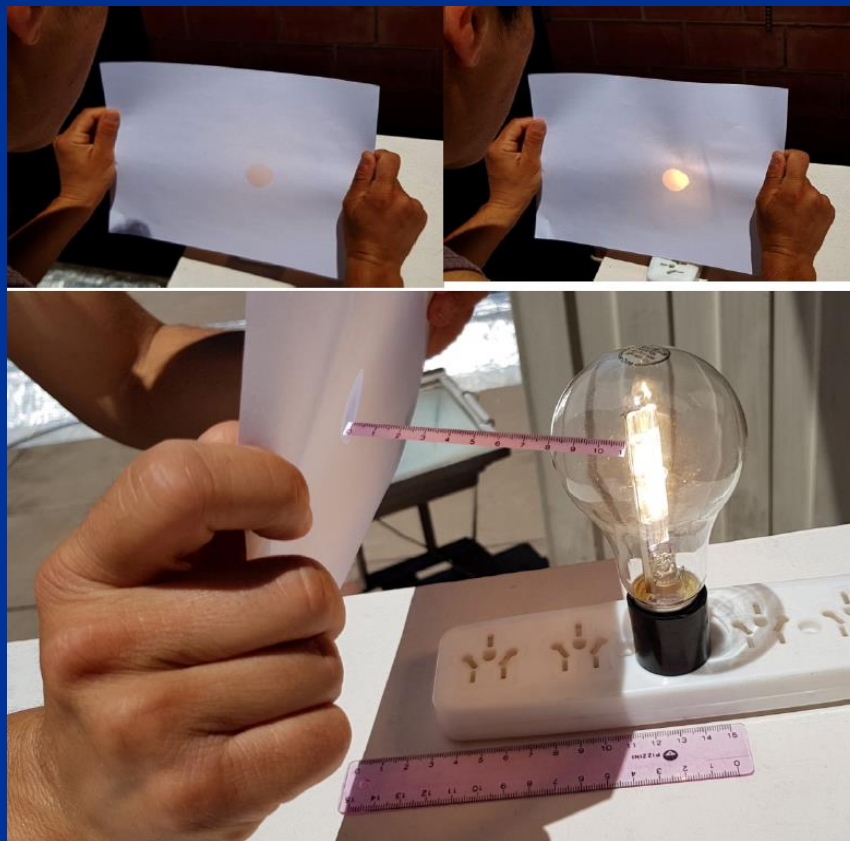


5. aktivitāte: Saules starjaudas mērīšana

Mēs salīdzinām 150 W spuldzi ar Sauli, kas atrodas 150 miljonu km ($1,5 \times 10^{11}$ m) attālumā, un izmērām P.

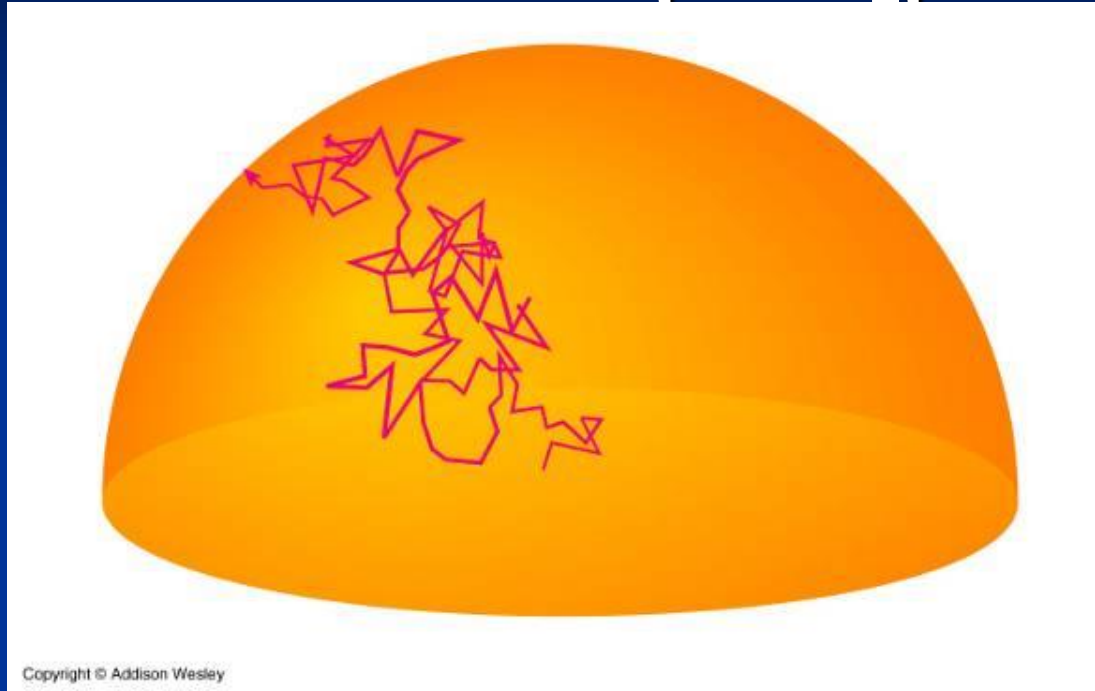


$$\frac{150W}{d_1^2} = \frac{P}{d_2^2}$$



• Rezultātam vajadzētu būt aptuveni $3,8 \times 10^{26}$ W

Saules spektrs:



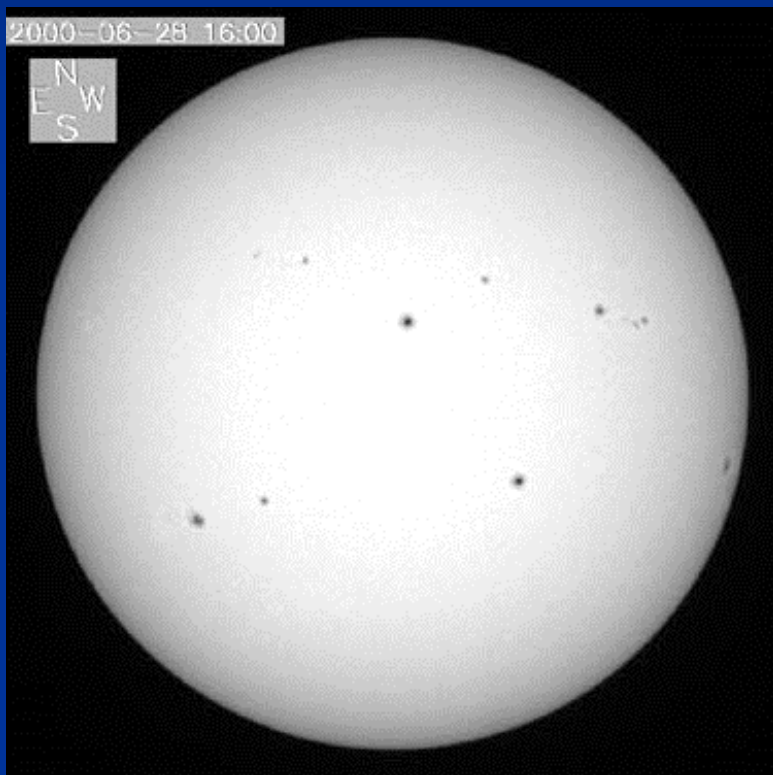
Fotoni rodas Saules visdziļākajā daļā un mijiedarbojas ar ļoti blīvo vielu šajā apgabalā. Fotonam, kas veidojas Saules kodolā, nepieciešams līdz 1 miljona gadu, lai sasniegtu fotosfēru.

Saules spektrs: necaurredzamība

Saules iekšējā daļa ir necaurspīdīga (notiek daudz mijiedarbību, tāpat kā cietā vielā).

Ārējā daļa ir caurspīdīga.

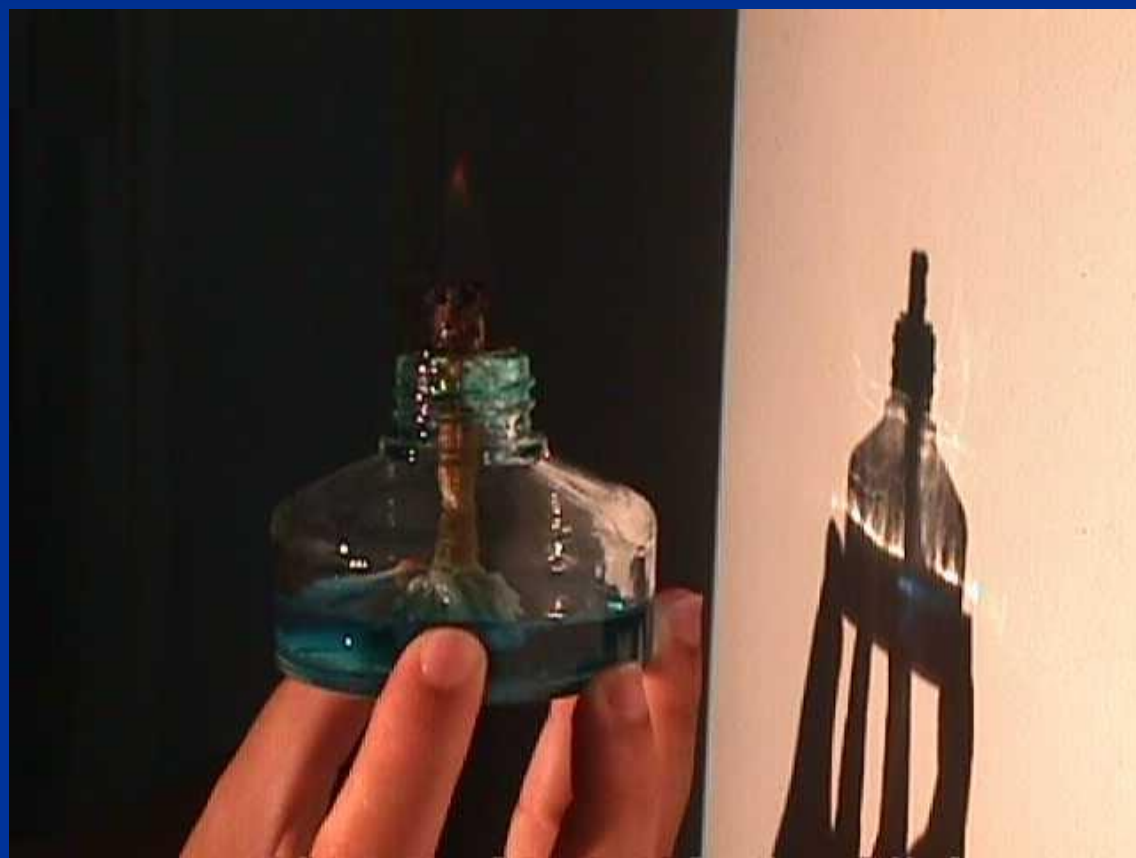
Pierādījumi: diska malas satumšana — diska malās Saule ir mazāk spoža, jo tā ir caurspīdīgāka.



6. aktivitāte:

caurspīdīgums un necaurredzamība

Caurspīdīgs nav tas pats, kas neredzams!



Spektrs



Fuente: Deutsche Bundespost 1993



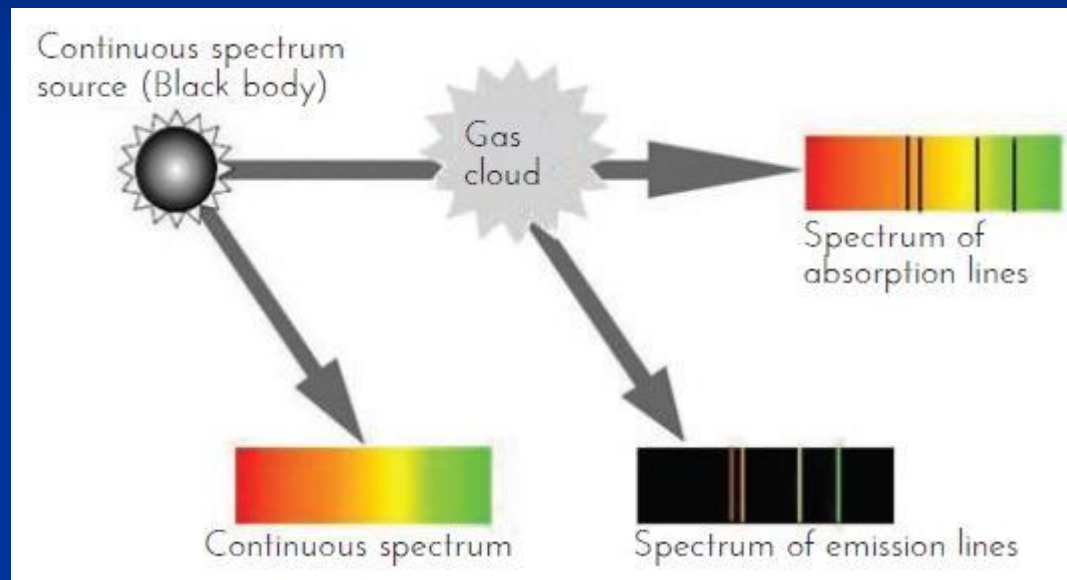
1701. gadā Ņūtons izmantoja prizmu un sadalīja Saules gaismu krāsās.

Jebkuru gaismu var sadalīt spektrā ar prizmu vai difrakcijas režģi.

Kirhhofa un Bunzena likumi

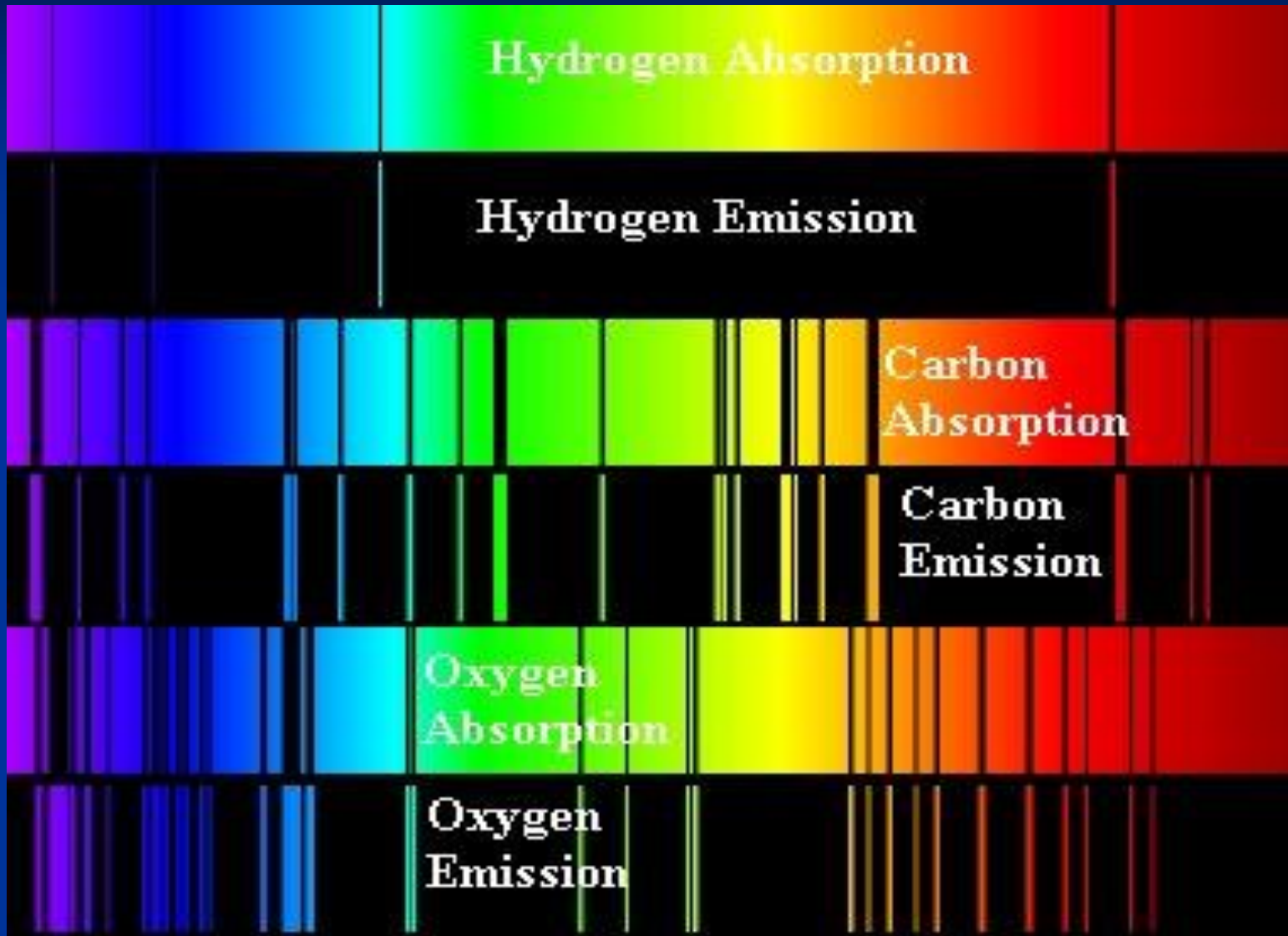
1. likums – kvēlojošs ciets objekts rada gaismu ar nepārtrauktu spektru.

2. likums – karsta retināta gāze rada gaismu tikai noteiktos viļņu garumos, kas ir atkarīgi no šīs gāzes ķīmiskā sastāva.

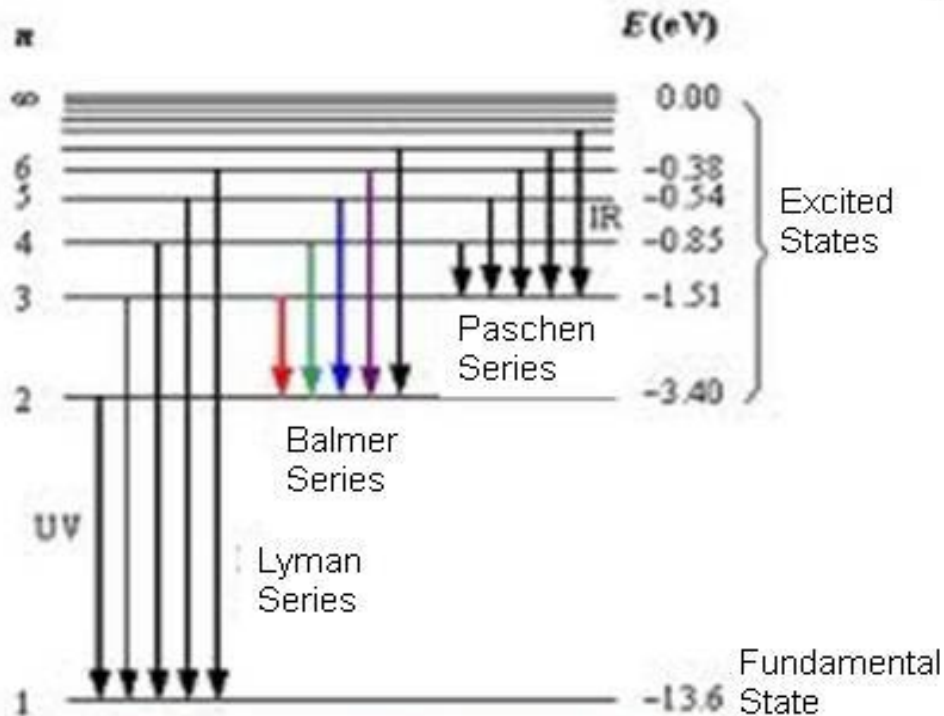


3. likums — kvēlojošs ciets objekts, ko ieskauj retināta gāze, rada nepārtrauktu spektru ar spraugām viļņu garumos, kuru pozīcijas atbilst 2. likuma pozīcijām.

Spektrs



Spektrs



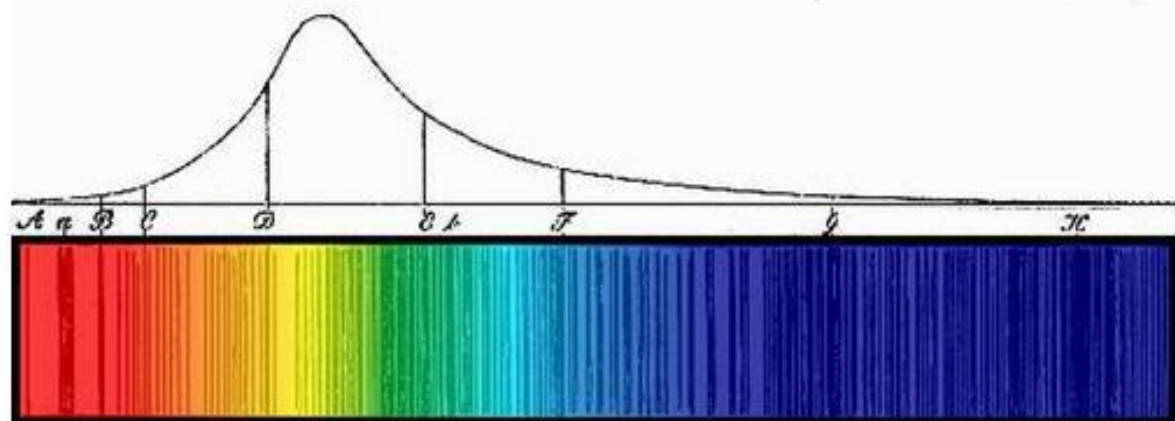
Energy levels of the hydrogen atom, with some of the transitions which produce the spectral lines indicated

Emisijas un absorbcijas līnijas veidojas, tapēc, ka notiek elektronu pāreja starp diviem kvantētiem enerģijas līmeņiem.

Saules spektrs: absorbcijas spektrs

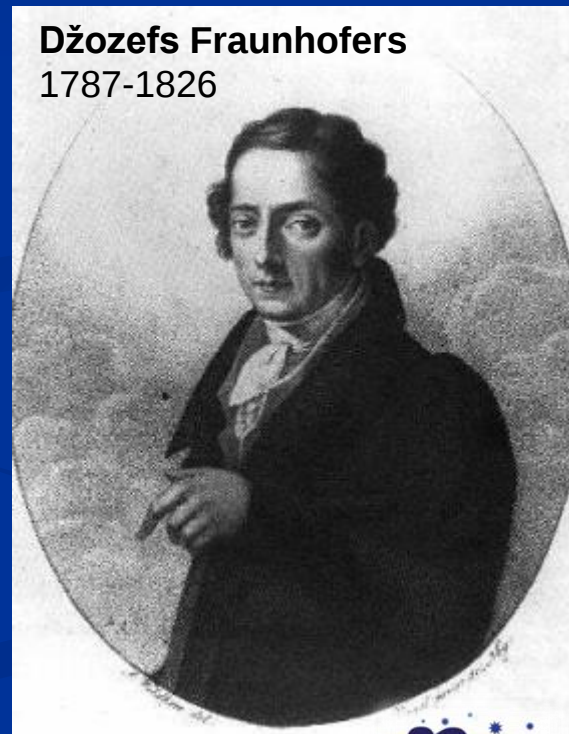
1802. gadā Viljams Volastons novēroja melnas līnijas Saules spektrā.

1814. gadā Jozefs Fraunhofers sistemātiski pētīja Saules spektru un atklāja apmēram 700 tumšas līnijas.

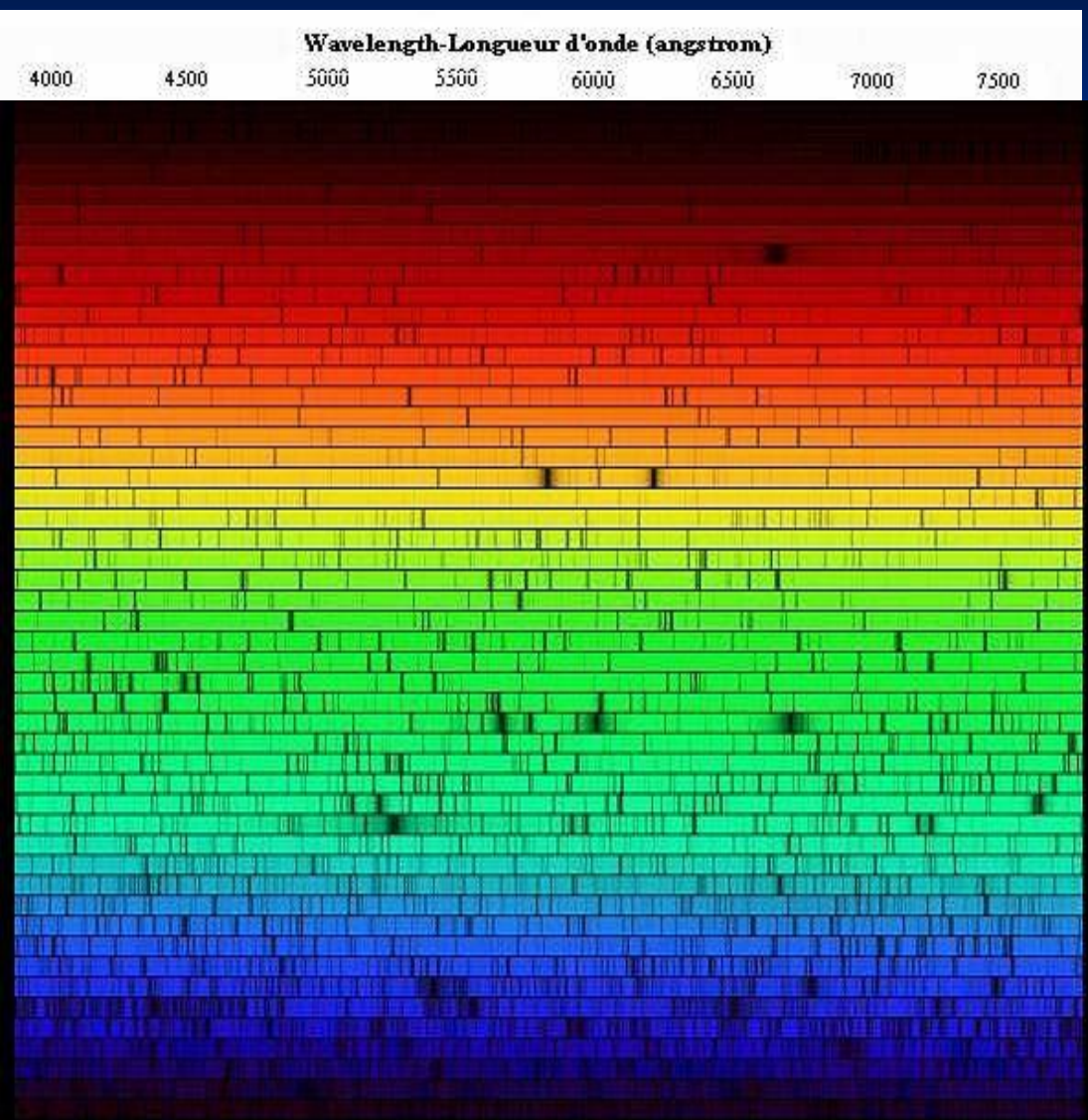


Zu Fraunhofer's Abh. Denkschr. 1814-15.

Džozefs Fraunhofers
1787-1826



Saules spektrs: absorbcijas spektrs



- Tumšās līnijas parādās tapēc, ka tieši virs Saules virsmas ir vēsākas gāzesu.
- Mēs varam uzzināt, no kā sastāv Saule, nepētot tās iekšpusi.
- Mūsdienās augstas izšķirtspējas spektri parāda daudz vairāk līniju.

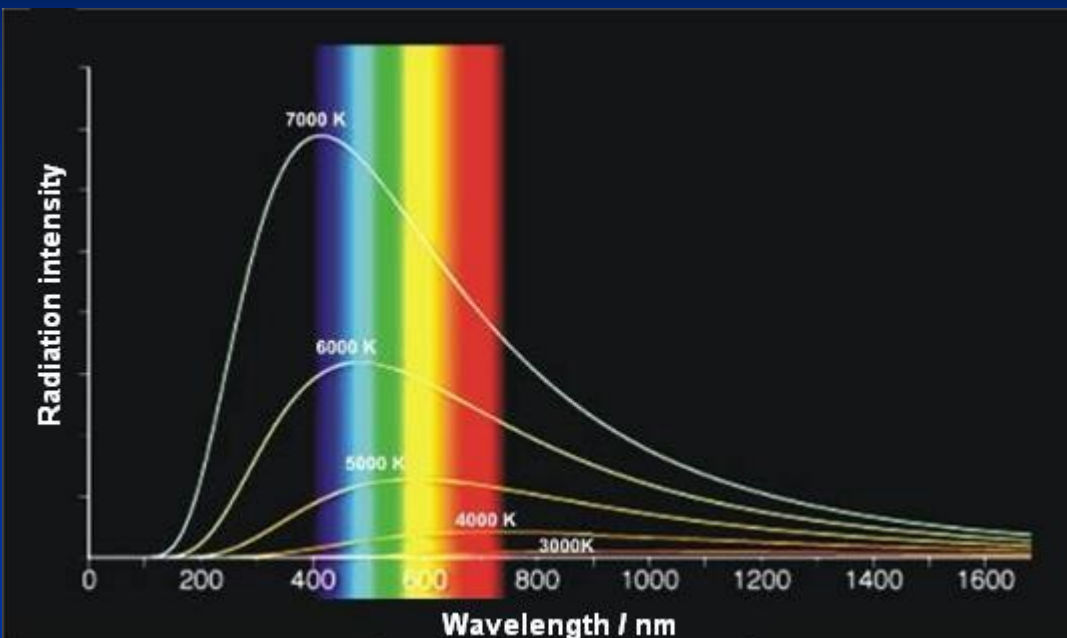
Melna ķermeņa starojums



Dzelzij uzsilstot
krāsnī, tā izstarotā
gaisma maina krāsu
šādi:

- sarkans
- dzeltens
- balts
- zilgans

Melnā ķermeņa starojums



Jebkurš sakarsēts “melns ķermenis” izstaro gaismu daudzos viļņu garumos.

Ir $\lambda_{\max}$, pie kura enerģija ir maksimāla.

Šis $\lambda_{\max}$ atkarīgs no temperatūras T :

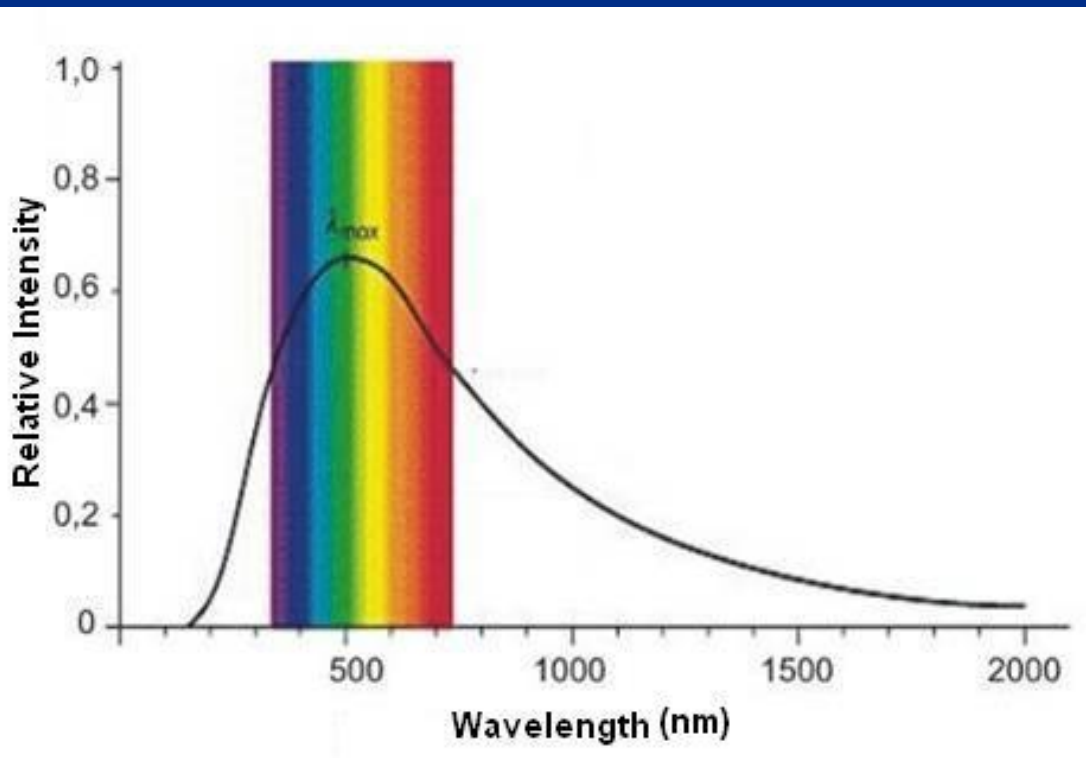
Pētot tāla objekta starojumu, mēs varam izmērīt tā temperatūru bez nepieciešamības turp doties.

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

Vīna likums



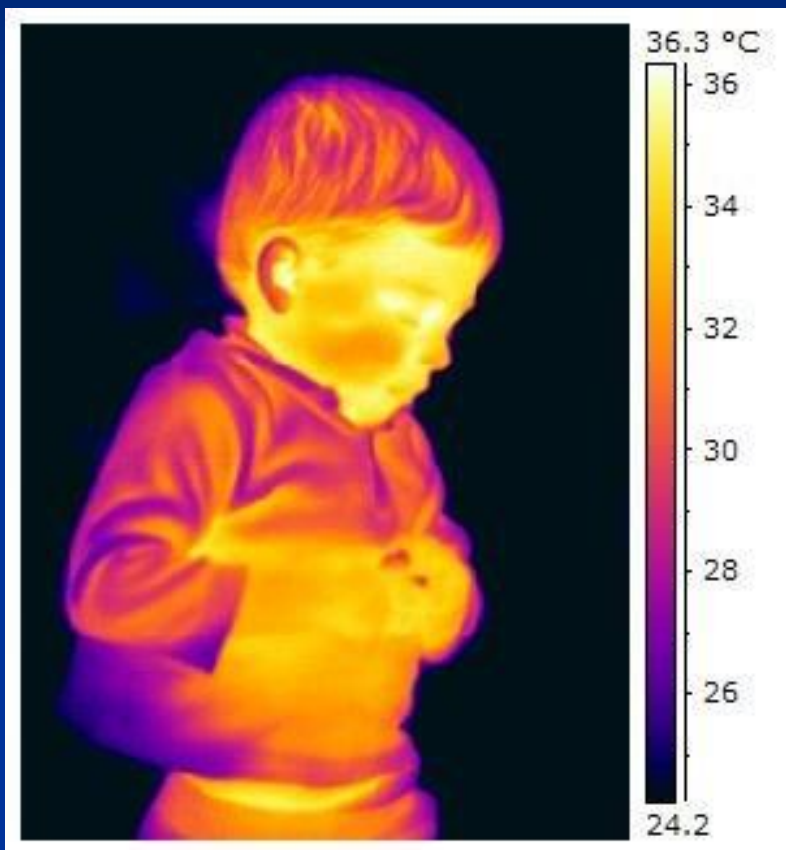
Melna ķermeņa starojums



Saules λ_{max} ir 500 nm.

Tas nozīmē, ka tās virsmas temperatūra ir 5800 K.

Melna ķermeņa starojums



Cilvēka ķermeņa temperatūra ir

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

Cilvēka ķermenis izstaro visvairāk enerģijas pie $\lambda_{\text{max}} = 9300 \text{ nm}$. Tas ir tālais infrasarkanā starojuma diaazons.

Nakts redzamības ierīces izmanto šo viļņa garumu



Gaismas izkliede



- Ja baltā gaisma iziet cauri gāzei ar lielām daļiņām, visas gaismas krāsas būs vienādi izkliedētas (balts mākonis).
- Ja daļiņu izmēri ir daudz mazāki par krītošo fotonu viļņa garumu, īsāka viļņa garuma fotoni tiek izkliedēti vairāk nekā fotoni ar lielāku viļņa garumu (Releja izkliede).
- Zemes atmosfērā zilie fotoni tiek izkliedēti vairāk nekā sarkanie, un tie nāk no visiem virzieniem:
Tāpēc mēs redzam zilas debesis.

Saulrietā gaisma iziet cauri biezākam atmosfēras slānim, tāpēc tā ir vairāk dzeltensarkana.



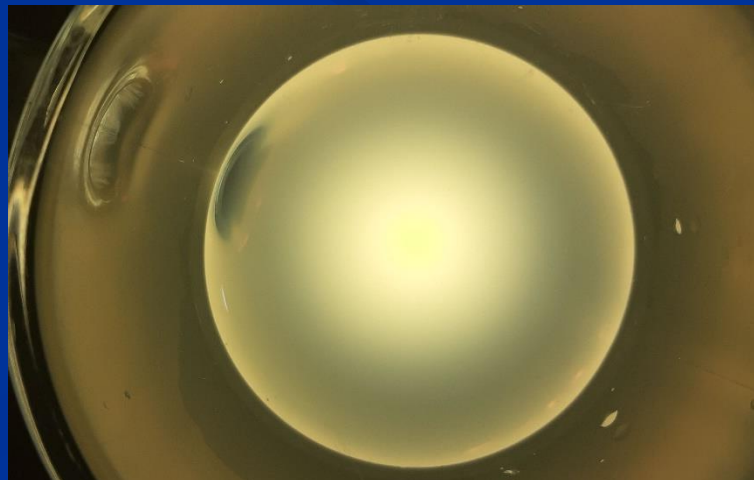
7. aktivitāte: Gaismas izkliede

- Augsta glāze ar ūdeni, kurā iepilināti daži pilieni piena un lukturītis. Kad gaismas iet cauri šim šķidrumam:



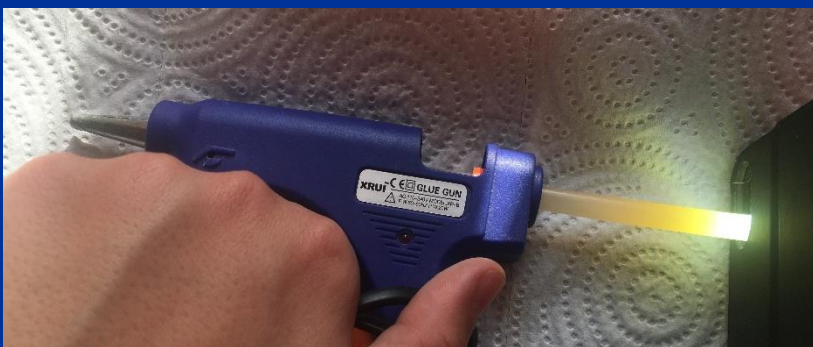
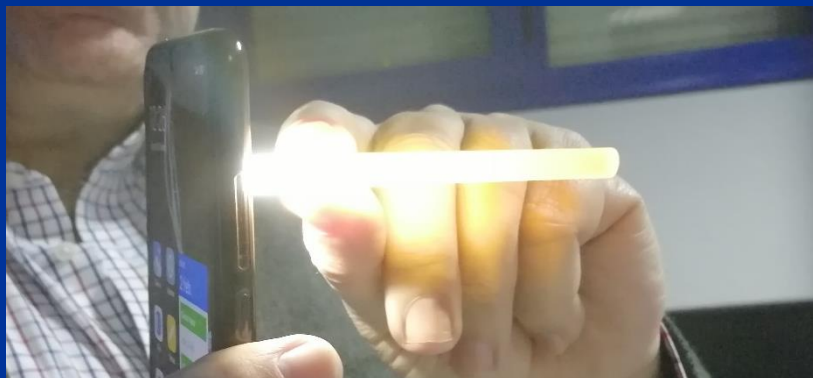
- Ja gaismas iet cauri glāzei un mēs uz to skatāmies no sāniem, gaismas izskatās zilgana.

- Ja gaismas iet cauri visai glāzei un mēs skatāmies no glāzes augšdaļas, gaismas ir sarkanīga.



7. aktivitāte: Gaismas izkliede

- Silikona stienītis, ko karstās līmes pistolē izmanto līmēšanai.
- Mobilā tālruņa lukturītis.



- Stienīša daļa pie gaismas avota ir zilganā krāsā.
- Stienīša daļa, kas atrodas tālāk no gaismas avota, izskatās dzeltenīga un sarkanīga.

Liels paldies
par uzmanību!

