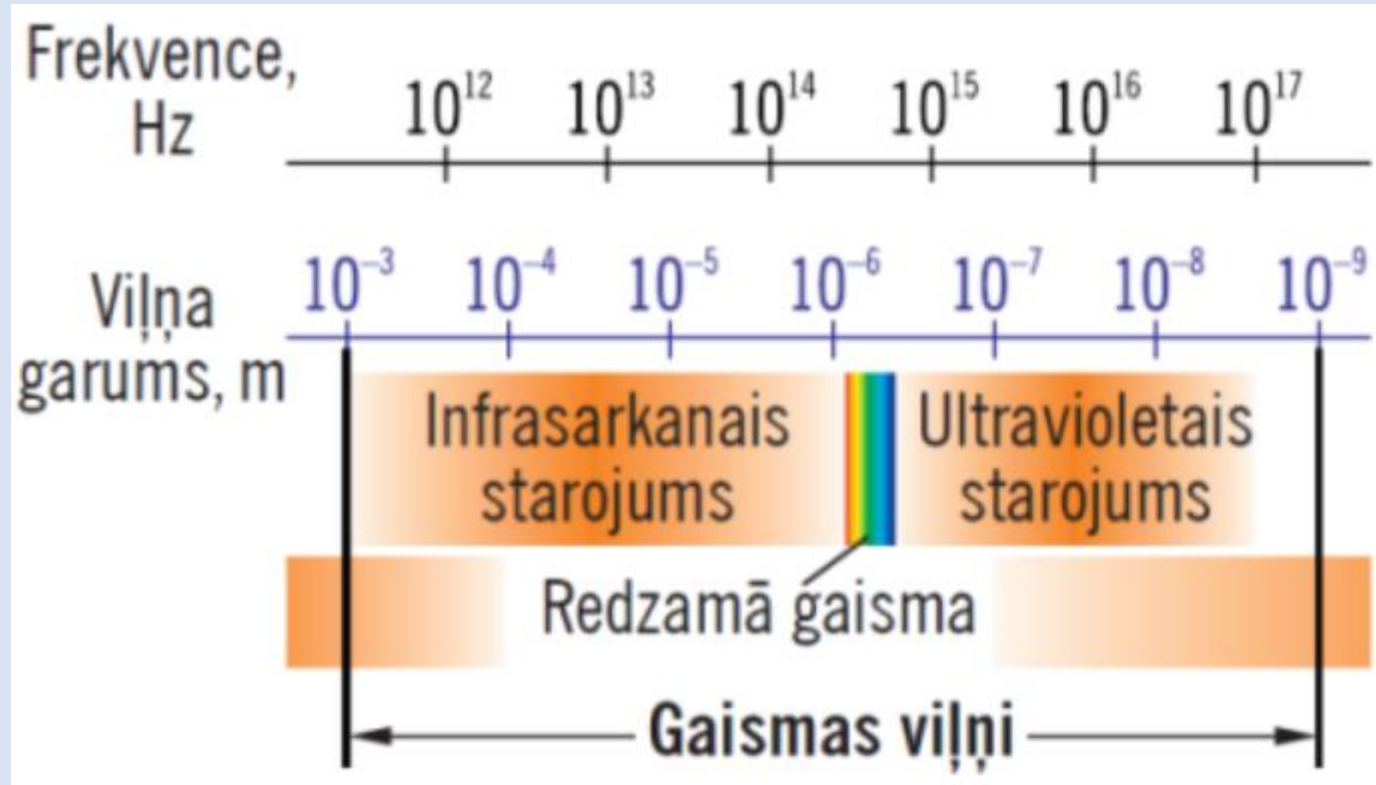


## Gaismas viļņi

Gaismas viļņu diapazonā ietilpst infrasarkanais starojums (IS), redzamā gaisma un ultravioletais starojums (UV).



Gaismas viļņiem, tāpat kā jebkuriem citiem elektromagnētiskiem viļņiem, **ātrums vakuumā ir**

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 300000 \text{ km/s}$$

Savukārt ātrums dažādās vidēs ir atkarīgs no gaismas laušanas koeficienta. Jebkurā materiālā gaismas viļņu ātrums ir mazāks nekā vakuumā.

Gaismas viļņiem bez viļņu garuma un ātruma ir vēl viens svarīgs raksturlielums - frekvence. Gaismas **ātrumu**  $c$ , **viļņu garumu**  $\lambda$  un **frekvenci**  $\nu$  apvieno formula

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Ejot cauri vielai, gaismas viļņi maina savu ātrumu un viļņa garumu, bet frekvence paliek nemainīga!

$$\nu = \frac{c}{n}; \quad \lambda = \frac{\lambda_{vak}}{n}$$

**Ātrums vielā  $\nu$**  ir vienāds ar gaismas ātruma  $c$  un gaismas laušanas koeficienta  $n$  dalījumu. **Viļņa garums vielā  $\lambda$**  ir vienāds ar viļņa garumu vakuumā  $\lambda_{vak}$  un gaismas laušanas koeficienta  $n$  dalījumu.

Piemērs:

Dots gaismas viļņu garums stiklā 550 nm. Stikla laušanas koeficients ir 1,6.

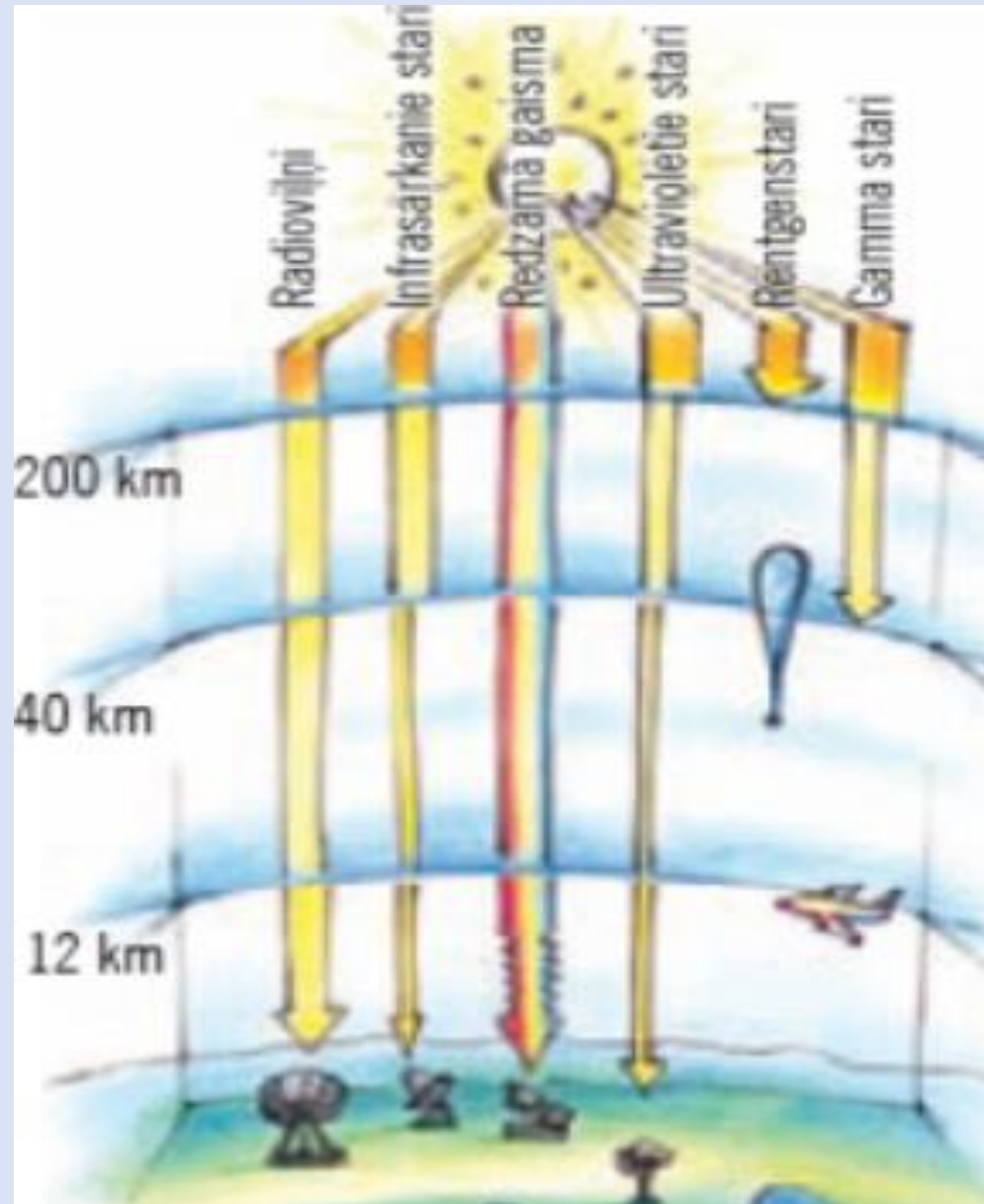
Pēc gaismas viļņu diapazona 550 nm atbilst zaļajās krāsas redzamai gaismai.

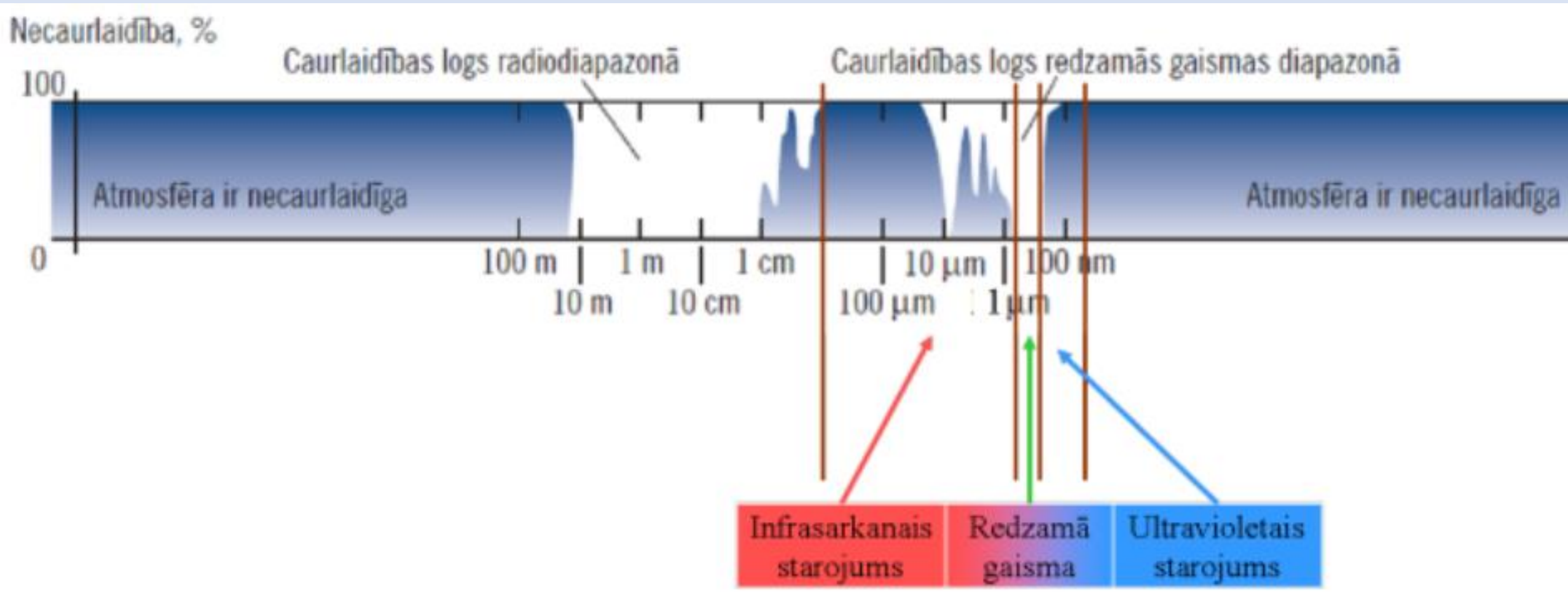
Bet tabulā ir doti viļņa garumi vakuumā!

Pārrēķinot sanāk, ka dotās gaismas viļņa garums ir 880 nm, kas atbilst infrasarkanajam starojumam.

$$\lambda_{vak} = \lambda \cdot n = 550 \cdot 1,6 = 880 \text{ nm}$$

Katru no gaismas viļņiem dažādi materiāli laiž cauri atšķirīgi, jeb dažādiem materiāliem piemīt atšķirīga caurlaidība dažādiem gaismas viļņiem. **Atmosfēra** pilnībā laiž cauri redzamo gaismu, bet infrasarkano un ultravioleto gaismu laiž cauri daļēji, kā tas ir redzams attēlā.





Atmosfēra **pilnībā** laiž cauri **redzamo gaismu**.

Atmosfēra **pilnībā** laiž cauri **infrasarkanā starojumu** ar **viļņa garumu ap 10 mikrometriem** un 0,8 mikrometriem.

**Infrasarkanā starojumu** ar viļņa garumu 8-15 mikrometri izmanto siltumstarojuma attēlu iegūšanai.

Pārējo **infrasarkanā starojumu** ar viļņa garumu mazāku par 50 mikrometriem atmosfēra laiž cauri daļēji.

**Infrasarkanā starojumu** virs 50 mikrometriem atmosfēra pilnībā **absorbē**.

Atmosfēra daļēji laiž cauri **ultravioletos starus**, kuru viļņu garums ir tuvs violetās gaismas viļņa garumam (ap 380 nanometriem), bet lielāks par 100 nanometriem. Šie **ultravioletie stari** ir noderīgi fotosintēzes procesiem augos un D vitamīna sintēzē cilvēka organismā.

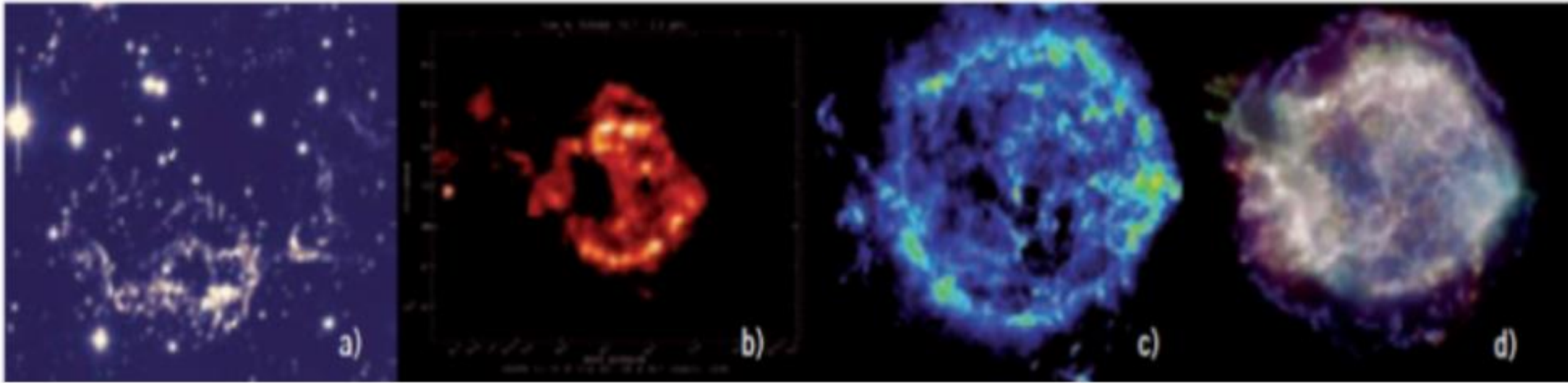
Atmosfēra nelaiž cauri **ultravioletos starus**, kuru viļņu garums ir mazāks par 100 nanometriem. Šiem **ultravioletajiem stariem** ir **liela frekvence un arī enerģija, tādēļ tie ir bīstami dzīvo organismu tai skaitā arī cilvēka veselībai.**

Visus trīs gaismas viļņus izmanto **kosmosa izpētē**, kur katrs viļņu veids dod noteiktu informācijas veidu par kosmosa apgabalu. Šādā situācijā ir svarīgi ievērot, ka **IS un UV teleskopus** ir jānovieto ārpus atmosfēras, lai tie varētu reģistrēt pilnībā visu starojumu. **Redzamās gaismas teleskops** var uztvert gaismu arī caur Zemes atmosfēru, un ir nepieciešama tikai korekcija gaismas izkliedei atmosfērā.

Visiem gaismas viļņiem piemīt tādas pašas īpašības kā visiem viļņiem.

**Difrakcija.** Tie spēj apliekties ap šķērsli, ja šķēršļa izmēri ir līdzīgi viļņa garumam.

**Interference.** **Koherenti** gaismas viļņi spēj viens otru pastiprināt vai pavājināt.



Attēlā:

Pārnovas miglāja Kasiopējs A izskats dažādu elektromagnētisko viļņu diapazonā:

- a) redzamā gaisma,
- b) infrasarkanais starojums;
- c) radioviļņi,
- d) rentgenstari.



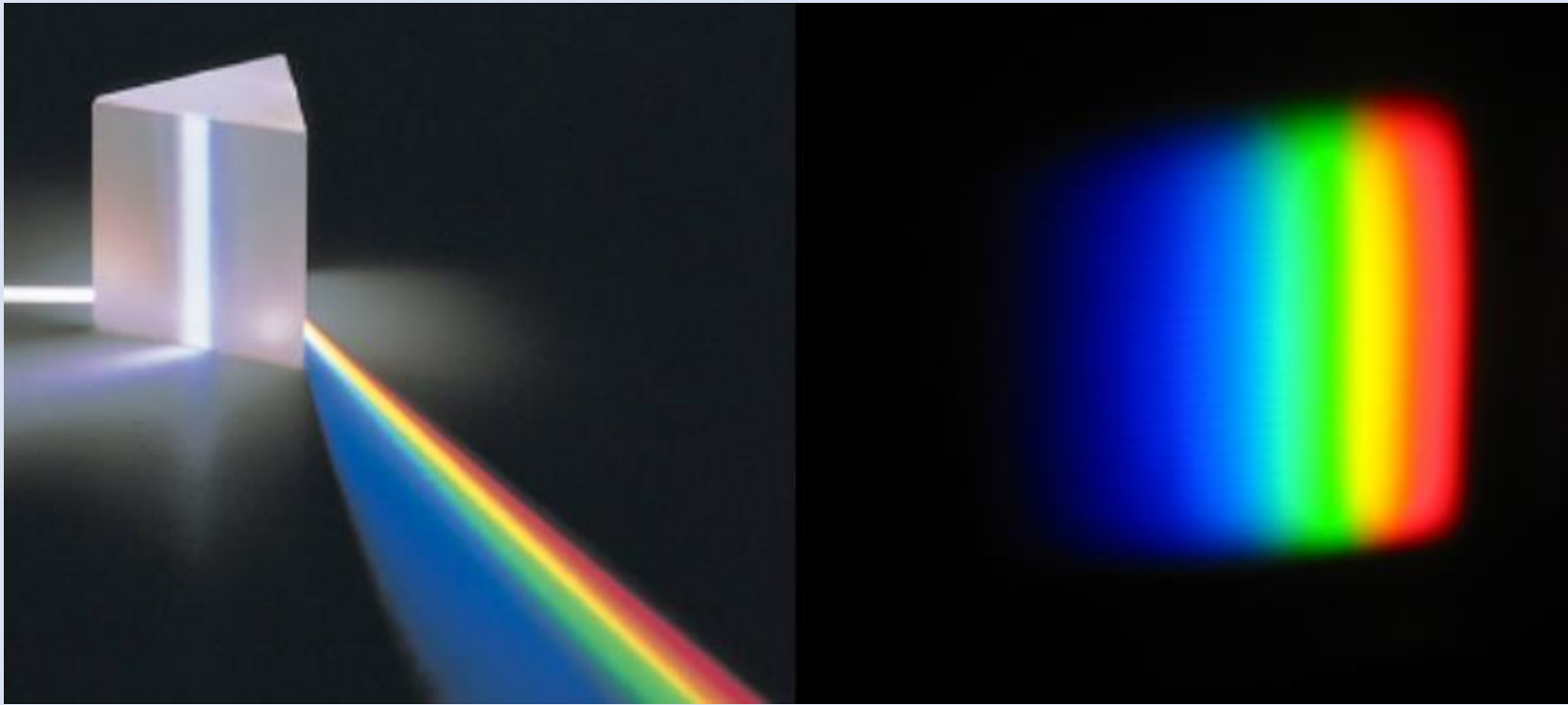
Redzamā gaisma ir tas elektromagnētisko viļņu diapazons, kuru ikdienā mēs saucam par gaismu.

Cilvēks ar savu redzi spēj uztvert daudz mazāk nekā 1% no visiem elektromagnētiskiem viļņiem. Tikai redzamā gaisma mūsu acīs rada gaismas un krāsu uztveri. Jebkuru citu elektromagnētisko starojumu cilvēks ar acīm neredz. Citu elektromagnētisko viļņu uztveršanai cilvēkam palīdz dažādas tehniskas ierīces.

**Redzamā gaisma** ir ļoti šaurs elektromagnētisko viļņu diapazons no **380 - 760 nm**. Redzamo gaismu iedala 7 pamatkrāsās atkarībā no cilvēka redzes uztveres.

Gaismas krāsa	Viļņa garums, nm
sarkana	620 - 760
oranža	590 - 620
dzeltena	560 - 590
zaļa	500 - 560
gaiši zila	480 - 500
zila	450 - 480
violeta	380 - 450

**Baltā gaisma**, kura nāk no Saules, ir visu gaismas krāsu "maisījums". 17. gadsimtā I. Ņūtons bija pirmais, kurš mākslīgi ar stikla prizmu balto gaismu sadalīja un ieguva gaismas krāsu spektru.



Redzamo gaismu var iegūt dažādos veidos. Parasti to iegūst **ķermeņus sakarsējot**. Ja ķermeņu temperatūra ir no 600 Celsija grādiem kvēlojošām oglēm līdz 6000 Celsija grādiem Saules virsmas temperatūrai, tad ķermeņi **izstaro redzamo gaismu**. Protams, 6000 grādi nav augšējā robeža, jo citām zvaigznēm kosmosā ir vēl lielāka temperatūra. **Intensīvas siltumkustības sadursmēs vielas atomi iegūst enerģiju, kuru atdod starojuma veidā.** Palielinoties ķermeņa temperatūrai, palielinās izstarotās gaismas enerģija un frekvence. Šādā veidā redzamā gaisma rodas kvēlspuldzēs, kurās ar elektrisko strāvu tiek sakarsēts volframa diegs, kurš izstaro gaismu.



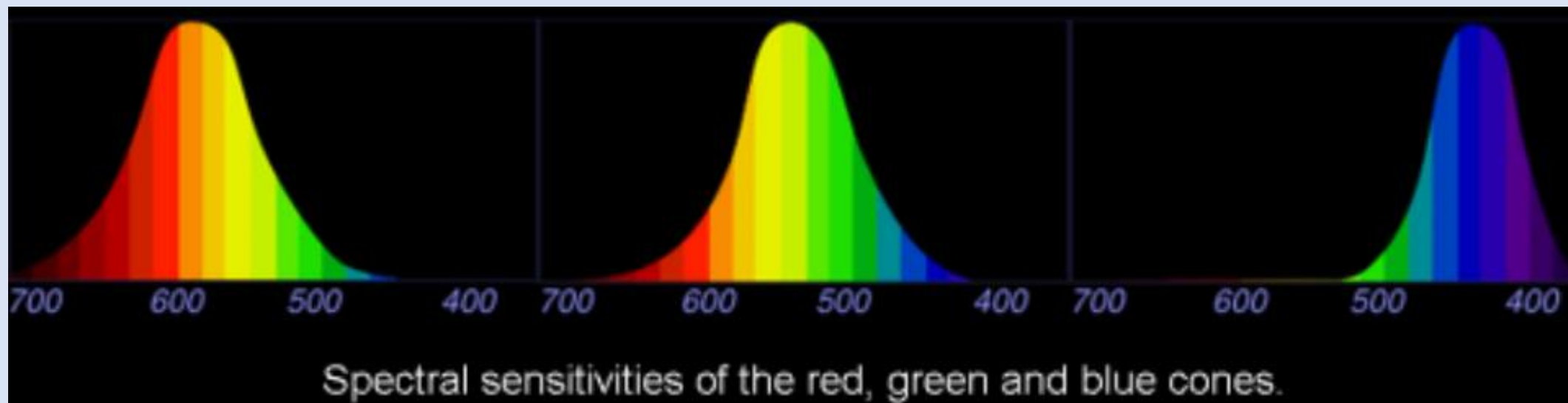
Otrs plaši izplatīts redzamās gaismas iegūšanas veids ir **luminiscence**. Vienas atomi iegūst enerģiju ar temperatūru nesaistītā veidā un iegūto enerģiju atdod starojuma veidā. **Atomiem var piešķirt enerģiju ar cita veida starojumu, piemēram, ultravioletiem stariem, ar ķīmiskām reakcijām, ar katodstariem u.c.** Šādā veidā redzamā gaisma rodas **luminiscentās spuldzēs, televizorā** un jāņtārpiņos.

Cilvēka krāsu uztvere un krāsu sistēmas. Cilvēka acī uz tīklenes ir 2 veidu šūnas:

1. nūjiņas - uztver gaismas intensitāti un nodrošina ķermeņa kontūru un formu uztveri.

2. vāļītes - uztver krāsas un nodrošina ķermeņa krāsas uztveri.

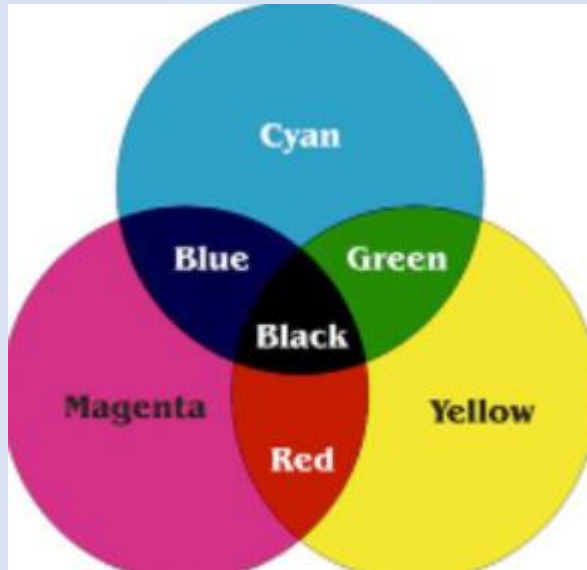
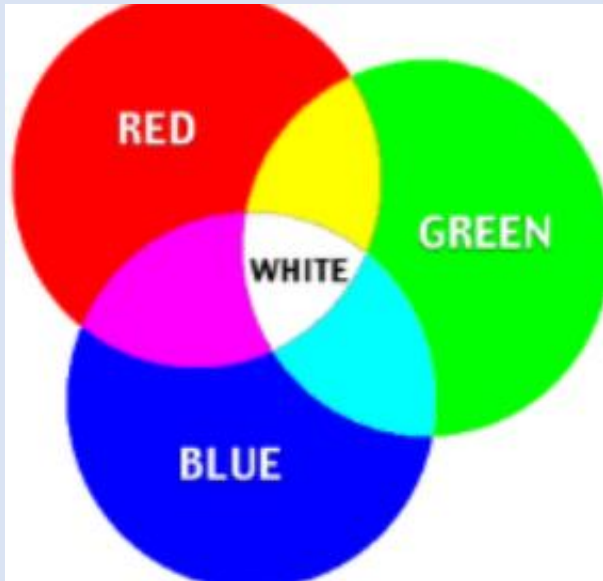
Gaismas stari ar dažādu viļņu garumu izraisa tīklenes vāļītēs fotoķīmiskus procesus, kas kairina redzes nervu. Krāsu redze pamatojas uz tīklenes vāļīšu spēju novērtēt krītošās gaismas enerģijas sadalījumu 3 starojuma frekvenču spektra apvidos, jo šajās šūnās ir 3 dažādas pigmentvielas, kuru absorbcijas maksimumi atbilst īsiem, vidējiem un gariem gaismas viļņiem jeb 3 pamatkrāsām - zilai, zaļai un sarkanai. Attēlā ir parādīta vāļīšu pigmentu spektrālā jūtība.



Ja uz aci vienlaikus iedarbojas dažāda garuma redzamās gaismas viļņi vienādā intensitātē, rodas baltās gaismas sajūta.

Balstoties uz cilvēka redzes īpatnībām ir izveidotas **2 krāsu sistēmas**:

- 1) RGB (**Red-Green-Blue**), kuru izmanto **televizoros, datoros, projektoros u.c.**
- 2) CMYK (**Cyan-Magenta-Yellow-Key** (Black)), kuru izmanto **krāsainajos printeros u.c.**



Televizora un datora ekrānā katrs pikselis sastāv no 3 pamatkrāsām - sarkanās, zaļās un zilās. Lai iegūtu kādu gaismas krāsu, tad katras RGB pamatkrāsas krāsas intensitāte tiek regulēta tā, lai cilvēkam rastos daudzu miljonu krāsu toņu izjūta.

Lai iegūtu dzelteno krāsas izjūtu, tad jābūt ieslēgtām zaļās un sarkanās pamatkrāsas pikseļa laukumiem, bet zilās krāsas pikseļa laukumam ir jābūt izslēgtam.

Ikdienā **infrasarkanais starojums** sauc arī par **siltuma starojumu**. Angļu valodā ir sastopami atbilstoši jēdzieni "infrared light" vai "thermal radiation". Infrasarkanā starojuma viļņa garums ir no 1 mm līdz 780 nm. Infrasarkanais starojums iedala 3 daļās:

- 1) **tuvais infrasarkanais starojums**, kura viļņa garums ir 0.78–3  $\mu\text{m}$ ;
- 2) **vidējais infrasarkanais starojums**, kura viļņa garums ir 3–50  $\mu\text{m}$ ;
- 3) **tālais infrasarkanais starojums**, kura viļņa garums ir 50–1000  $\mu\text{m}$ .

Infrasarkanais starojums izstaro jebkurš ķermenis, kura temperatūra ir augstāka par 0 Kelvina grādiem.

Katrs no mums arī izstaro siltuma starojumu. Cilvēks ar normālu ķermeņa temperatūru izstaro galvenokārt 12  $\mu\text{m}$  garus infrasarkanos viļņus.

**Jo karstāks ir ķermenis, jo īsākus viļņus tas izstaro.** Karsējot dzelzs priekšmetu tas sākumā kļūst tumši sarkans, tad koši sarkans un visbeidzot žilbinoši balts. Arī karstākās zvaigznes vairāk izstaro elektromagnētiskos viļņus īso viļņu diapazonā. Tieši šo siltuma starojumu reģistrē bezkontakta termometrs un parāda attiecīgo ķermeņa temperatūru.

**Ar infrasarkanajām kamerām var viegli ieraudzīt temperatūru atšķirību dažādiem materiāliem**, kuru citādāk ir pavisam grūti konstatēt. IS kameras attēlā var redzēt bildi pa kreisi bildētu redzamās gaismas diapazonā un pa labi infrasarkanā starojuma diapazonā.



IS kameras var izmantot, lai noteiktu siltuma noplūdi dzīvojamā mājā.

**Siltumnoplūdes apskate ar infrasarkano staru kameras palīdzību dod iespēju savlaicīgi konstatēt problēmzonas:**

- 1) nekvalitatīvi veiktus būvniecības vai remonta darbus;
- 2) avārijas vietas, kuras radušās dzīvojamo un ražošanas ēku ekspluatācijas gaitā;
- 3) bojājumus siltuma un elektroinstalācijas tīklos;
- 4) kondensēšanās vietas;
- 5) elektrisko un siltumtehniko ierīču (transformatoru, elektroģeneratoru, katlu agregātu u.c.) bojājumus;
- 6) oderējuma un siltumizolācijas defektus u.c.

**Vēl pazīstami infrasarkanā starojuma pielietojumi ir nakts redzamības ierīces un telpu sildītāji.**

Piemēram, čūskām ir labi attīstīta infrasarkanā redze un tās var viegli atrast siltasiņu dzīvnieku. Arī apsargājamajos objektos bez redzamās gaismas kamerām labi noder arī IS kameras.

**Infrasarkanā starojuma sildītājus** ir ērti izmantot dažādu telpu apsildei. Atšķirībā no citiem sildītājiem tie ātri iesilst un apsildīšanas efekts ir jūtams īsā laikā pēc to ieslēgšanas.

IS starojumu **vēl izmanto:**

- 1) Bezvadu informācijas pārraidei nelielā attālumā, kur viena no biežāk lietotajām ierīcēm ir **televīzijas pults**.
- 2) Spektroskopijā, kuru izmanto lai noteiktu **ķīmiskajās analīzēs** vielu koncentrāciju noteikšanai.
- 3) **Laikapstākļu prognozēšanai**, kad ar satelītu palīdzību iegūst IS attēlus un nosaka mākoņu veidus un augstumu, kā arī ūdens virsmas temperatūru.
- 4) **Kosmosa pētniecībā** IS teleskopiem ir viena priekšrocība attiecībā pret redzamās gaismas teleskopiem. Ar tiem ir iespējams redzēt cauri Visuma putekļu mākoņiem, kamēr redzamās gaismas teleskopiem šie mākoņi ir milzīgs šķērslis.

**Ultravioletā starojuma** viļņa garums ir mazāks nekā violetās krāsas redzamai gaismai, bet garāks nekā rentgenstariem. **UV starojuma** viļņu garums vakuumā ir robežās 380 nm līdz 10 nm. UV starojumu iedala 2 daļās:

**tuvais ultravioletais starojums**, kura viļņa garums ir 200 - 380 nm;

**tālais ultravioletais starojums**, kura viļņa garums ir 10 - 200 nm.

Savukārt **tuvo** ultravioleto starojumu iedala vēl trīs daļās:

**UV-A** viļņa garums ir 320 - 380 nm;

**UV-B** viļņa garums ir 290 - 320 nm;

**UV-C** viļņa garums ir 200 - 290 nm.

**Samazinoties viļņu garumam, gaismas viļņu frekvence un enerģija palielinās.**

Jo mazāks kļūst UV starojuma viļņu garums, jo vairāk to absorbē Zemes atmosfēra. **Tālais UV starojums ir ļoti bīstams** dzīvīem organismiem, bet līdz Zemes virsmai tas nenonāk, jo to absorbē atmosfēra. Tādēļ tālo UV starojumu sauc arī par vakuuma UV stariem.

UV-C starojums arī ir bīstams dzīvīem organismiem. Lielāko daļu UV-C starojuma absorbē ozons un skābeklis, tādēļ līdz Zemes virsmai tas nonāk vietās, kur ir ozona caurumi.

Atmosfēra mūs pasargā pret lielāko daļu bīstamā UV starojuma.



UV-A ir vienīgais ultravioletais starojums, kuru atmosfēra neabsorbē. UV-A starojums veicina ādas iedeguma rašanos.

UV-B starojumu atmosfēra absorbē daļēji. UV-B starojums cilvēka organismā iespiežas dziļāk nekā UV-A starojums un rezultātā veicina ādas novecošanos un grumbu veidošanos. Ir sauļošanās krēmi, kas vairāk aizsargā no UV starojuma ar īsāku viļņa garumu un mazāk aiztur UV-A. UV-B starojums ir tomēr cilvēkam vajadzīgs, jo tas veicina D vitamīna sintēzi cilvēka organismā (D vitamīns nodrošina kalcija uzsūkšanos organismā, kas, savukārt, ietekmē zobu un kaulu veselību). Pārāk liela UV starojuma nonākšana uz ādas vai acs tīklenes izraisa attiecīgi ādas vai acs tīklenes apdegumu. Lai pasargātu acis no pārmērīga UV starojuma, ir ieteicams lietot attiecīgas saulesbrilles, kuras var aizturēt līdz pat 100% UV starojuma.

UV starojums ar īsāku viļņu garumu spēj iekļūt dziļāk ādā un izmainīt DNS ķēdi šūnās. Ādas iedegums rodas, palēnām veidojoties melanīnam, kas ir dabisks šūnu kodolu aizsargs pret UV radiāciju.

**Ir bīstami sevi pakļaut lielai UV devai, kamēr nav izveidojusies dabiskā aizsardzība. Ja cilvēks solārijā izvēlas pārāk ilgu apstarošanas laiku, tad viņš sevi pakļauj riskam saslimt ar melanomu jeb ādas vēzi.**

UV starojumam piemīt lielāka enerģija nekā redzamai gaismai un infrasarkanajam starojumam, tādēļ tas izraisa ne tikai dzīvo organismu novecošanos, bet arī polimēru materiālu noārdīšanos. Lai pasargātu materiālu novecošanu, tad plastmasām un pārklājumu materiāliem pievieno UV filtrus - vielas, kuras mazina UV staru iedarbību.

UV stari veicina polimēra molekulu struktūru sairšanu, tādēļ gumija un plastmasa zaudē savu elastību UV staru ietekmē.

UV staru iegūšana un izmantošana.

Melnās gaismas lampas tiek izgatavotas tāpat kā parastās fluoriscentās lampas, tikai tām stikla apvalks ir zili-violets ar speciālu sastāvu un tās izstaro galvenokārt UV-A starus un ļoti maz redzamas gaismas.



UV stari izraisa materiālu luminiscenci, tādēļ visās luminiscējošās spuldzēs iekšā rada UV gaismu, kas, savukārt, izraisa spuldzes iekšpusē ieklātās luminoforās vielas spīdēšanu.

Materiālu **luminiscenci UV gaismā** izmanto:

dokumentu un naudaszīmju slēpto zīmju izgatavošanai

dekoratīvo elementu un zīmējumu veidošanā

minerālu analīzē

kriminālistikā organisku sekrētu atrašanai

**UV-B, UV-C un tālā UV starojuma lampas** var būt izgatavotas no speciāla stikla vai arī vienkārši neizmantojot fosfora pārklājumu lampas iekšpusē. Šīs lampas radītais starojums izmaina un izjauc DNS struktūru, radot šūnu neatgriezeniskus funkcionēšanas bojājumus un pat izraisot vēzi. Pētījumi rāda, ka visnāvējošākie stari 254 nm – 185 nm, jo tos vislabāk absorbē DNS un rezultātā mainās DNS struktūra. Šos starus izmanto telpu un ūdens dezinfekcijai.

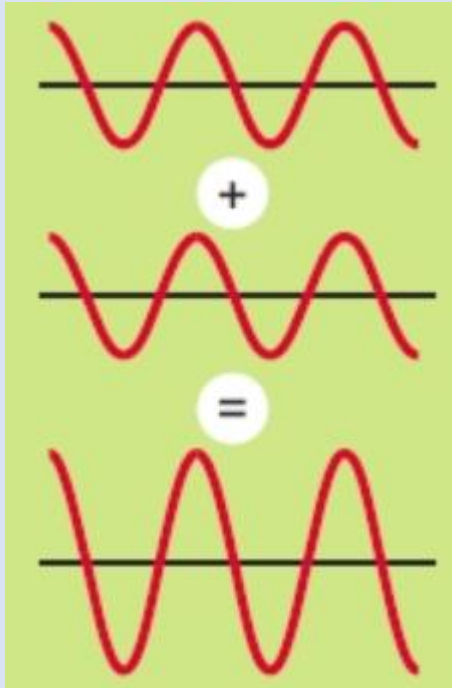
Vēl ultravioleto starojumu izmanto UV/VIS spektroskopijā vielu analīzē un kosmiskajā izpētē.

## Interference

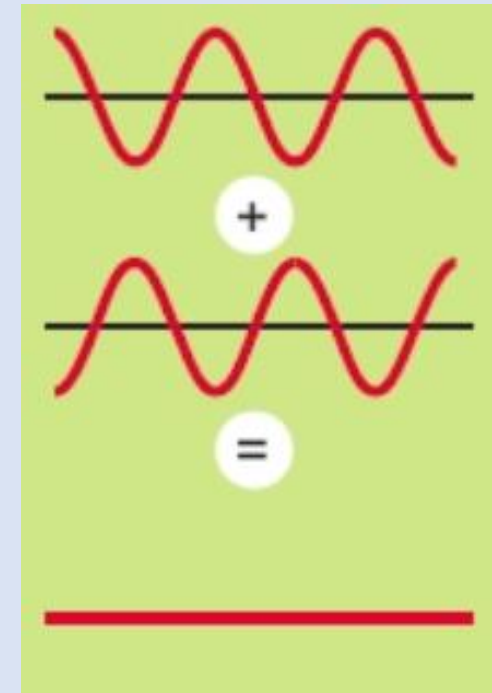
**Interference** ir viļņu savstarpējā mijiedarbība, kad viļņi sastopas. Fizikā parasti interferenci apskata, kad **sastopas divi vienādi viļņi.**

Viļņus, kuriem ir vienāds viļņu garums, sauc par **koherentiem viļņiem**.

Atkarībā no viļņu savstarpējās **fāžu nobīdes**, viļņi var viens otru **pastiprināt** vai **pavājināt**.



Ja divi vienādi viļņi sastopas vienādās fāzēs, tad **viļņi viens otru pastiprina** un novērojama rezultējošās amplitūdas palielināšanās.



Ja viļņi sastopas pretējās fāzēs, tad **viļņi viens otru pilnībā dzēš** un rezultējošā viļņa amplitūda ir vienāda ar nulli.

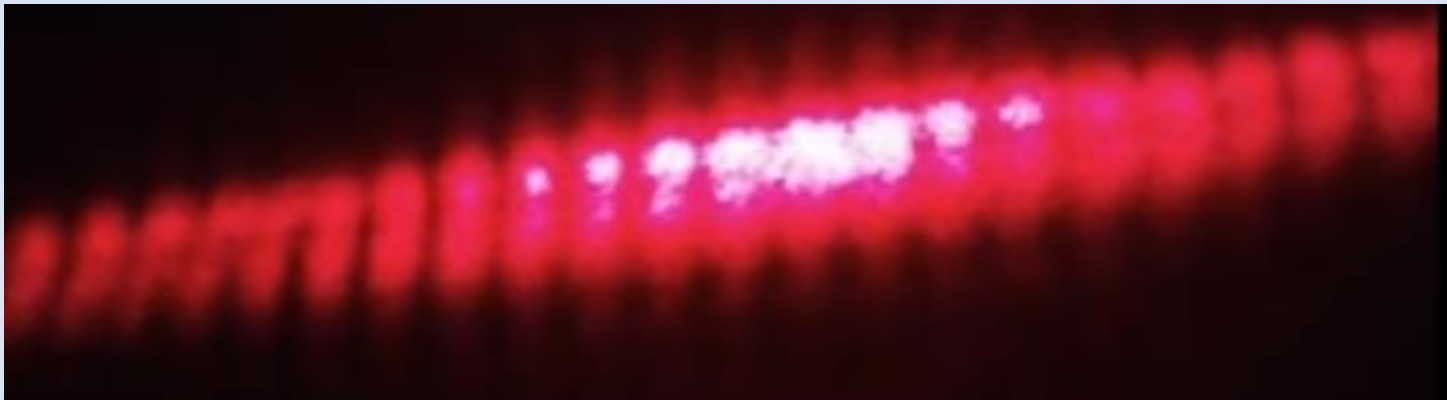
Interferences rezultātā noteiktā telpas punktā rodas **stāvviļņi**. Ja viļņiem ir dažādas amplitūdas, tad nav iespējams novērot situāciju, kad divi viļņi viens otru pilnībā dzēš.

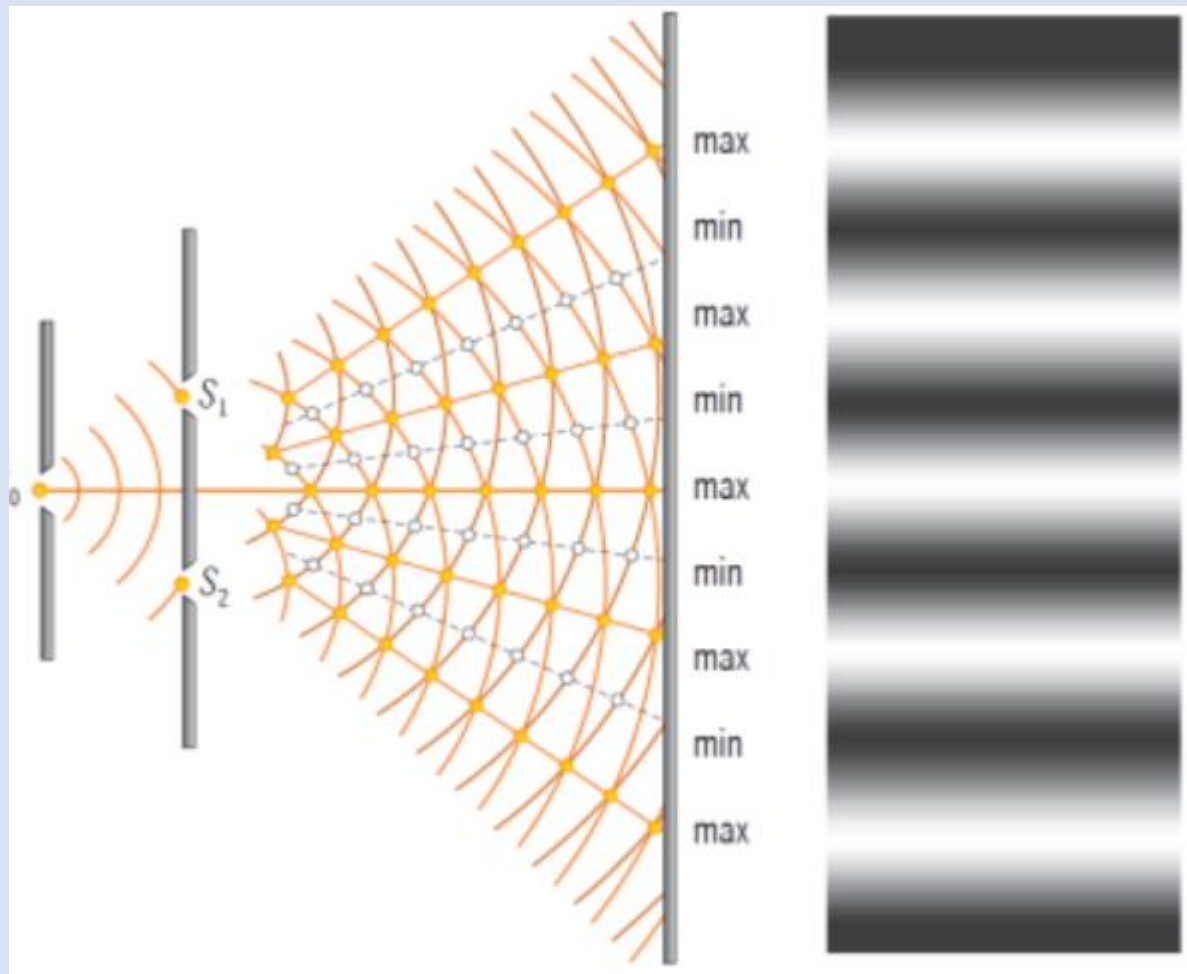
Baseinā uz ūdens virsmas radītie viļņi atstarojas no šķēršļa un interferē savā starpā. Brīdī, kad viļņu fāzes sakrīt, rezultējošā viļņa augstums ir 2 reizes lielāks nekā katra atsevišķa viļņa augstums. Brīdī, kad viļņu fāzes ir pretējas, viļņi viens otru dzēš un viļņi uz ūdens virsmas nav novērojami.

**Piemērs:** Ja caurulē laiž skaņu, tad skaņas viļņi atstarojas no šķēršļa un notiek interference un veidojas stāvviļņi. Skaņas viļņi izplatās kā spiediena viļņi. Ja cauruli piepilda ar propāna-butāna gāzi, tad stāvviļņus var novērot ar gāzes liesmām. Kur viļņi pastiprina viens otru, tur ir lielāks gāzes spiediens un liesmas ir augstākas. Kur viļņi viens otru pavājina, tur spiediens ir mazāks un liesmas ir mazas.



Arī gaisma ir vilnis. 19. gs. Tomass Jangs ar slaveno dubultspraugas eksperimentu pierādīja, ka gaisma interferē savā starpā. No viena avota nākošās gaismas plūsmai priekšā novieto šķērsli ar 2 spraugām un rezultātā katra sprauga kļūst par jaunu gaismas avotu, un abu avotu viļņi ir koherenti. Gaismas viļņu pārklāšanās rezultātā viļņu svārstības savstarpēji pastiprinās un pavājinās. Uz ekrāna gaismas viļņu interference izpaužas kā secīga virsmas apgaismojuma maiņa, kurā novēro tā sauktos interferences maksimumus un minimumus.





Gaismas viļņiem, ar vienādu viļņu garumu, pārklājoties, to rezultējošais vilnis veidojas kā atsevišķu viļņu summa. Šo parādību sauc par viļņu interferenci. Rezultējošā viļņa amplitūda ir atkarīga no atsevišķo viļņu amplitūdām un fāžu starpībām.

## Difrakcija un Difrakcijas režģis

Difrakcija ir viļņu apliekšanās ap ceļā sastapto šķērsli. Piemēram, ūdens viļņi apliecas ap ceļā sastaptiem akmeņiem un skaņu mēs dzirdam arī tad, ja skaņas avots ir otrpus sienai.

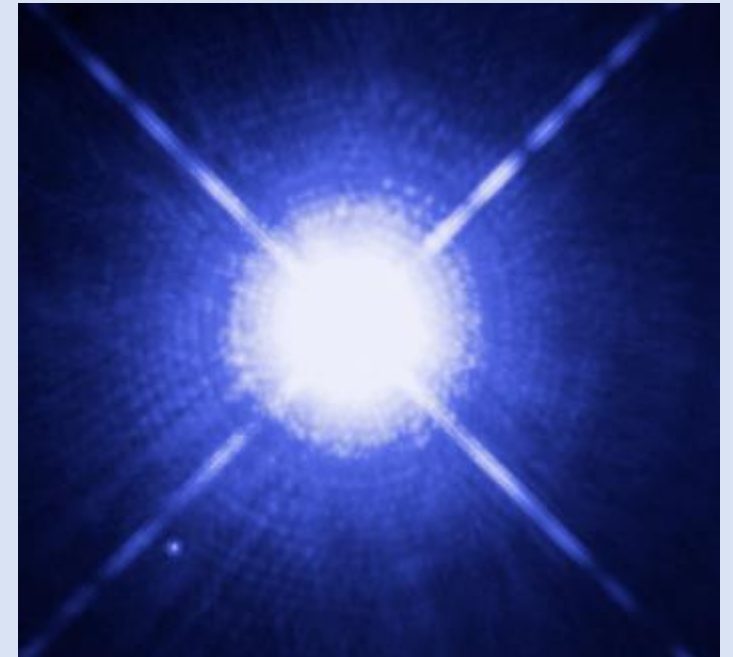
Par **gaismas difrakciju** sauc parādības, kad gaismas viļņiem savā ceļā sastopot šķērsli, novēro atkāpšanos no gaismas taisnvirziena izplatīšanās.

Difrakcija un gaismas laušana ir dažādas parādības.

Difrakcijas gadījumā gaisma maina savu izplatīšanās virzienu šķēršļa dēļ, bet gaismas laušanās gadījumā gaisma maina izplatīšanās virzienu tādēļ, ka dažādām vidēm piemīt atšķirīgs optiskais blīvums.

Gaismas difrakcija ierobežo acs un optisko instrumentu (teleskopu, mikroskopu) izšķiršanas spēju. Difrakcijas dēļ spīdošs punkts redzams nevis kā punkts, bet kā spožs izplūdis plankums.

Gaismas difrakcijai izmanto difrakcijas režģus. Par difrakcijas režģi sauc periodisku struktūru, kas sastāv no daudzām šaurām spraugām. Difrakcijas režģa spraugas mēdz dēvēt arī par difrakcijas režģa svītrām. Mazāko attālumu starp spraugām sauc par difrakcijas režģa periodu jeb difrakcijas režģa konstanti.







Difrakcijas periods  $d$  parāda cik plata ir viena difrakcijas režģa sprauga.

Difrakcijas režģa periods ir ļoti mazs un ir mērāms mikrometros. Vienā milimetrā var būt vairāki simti spraugu.

Difrakcijas režģi tāpat kā prizmu arī iespējams izmantot baltas gaismas sadalīšanai spektrā. Ja notiek baltās gaismas difrakcija, tad veidojas krāsu spektrs.

