

Gaismas spiediens

Polarizācija

Dispersija

Interference

Enerģijas pārnese

- Pointinga vektora lielums ir saistīts ar momentāno ātrumu, kādā elektromagnētiskais vilnis enerģiju transportē noteiktā virmas laukumā.
- Momentānā jauda uz laukuma vienību ir :

$$S = |\vec{S}| = \left(\frac{\text{Jauda}}{\text{laukums}} \right)_{\text{momentānā}}$$

- Mērvienības ir W/m^2 .
- Elektromagnētiskajam vilnim, kurā B ir perpendikulārs E , mēs varam rakstīt :

$$S = \frac{1}{\mu_0} EB$$

Energijas pārnese

- Mēs zinām, ka elektriskā lauka un magnētiskā lauka lielums ir tieši saistīts ar $E / B = c$.
- Mēs varam izteikt momentāno jaudu uz elektromagnētiskā viļņa laukuma vienību elektriskā lauka vai magnētiskā lauka lieluma izteiksmē.
- Tomēr elektrisko lauku ir vieglāk izmērīt, tāpēc momentāno jaudu uz laukuma vienību izsakām kā :

$$S = \frac{1}{c\mu_0} E^2$$

- Tagad mēs varam aizstāt sinusoidālo formu ar elektrisko lauku un iegūt nodotās jaudas izteiksmi uz laukuma vienību :

$$E = E_{\max} \sin(\kappa x - \omega t)$$

Enerģijas pārnese

- Parastā elektromagnētiskā viļņa jaudas uz laukuma vienību aprakstīšanas metode ir viļņa intensitāte I :

$$I = S_{vid} = \left(\frac{Jauda}{laukums} \right)_{vid} = \frac{1}{c\mu_0} [E_{\max}^2 \sin^2(kx - \omega t)]_{vid}$$

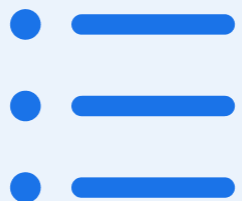
- Intensitātes mērvienības ir vienādas ar Pointinga vektora vienībām, W/m^2 .
- Vidējā vērtība $\sin^2(kx - \omega t)$ laikā ir $1/2$.
- Tātad mēs varam izteikt intensitāti kā:

$$I = \frac{1}{c\mu_0} E_{\text{rms}}^2 \quad \left(E_{\text{rms}} = E_{\text{max}} / \sqrt{2} \right)$$



Kas dod vislielāko vidējo intensitāti un tādējādi kvalitatīvi vislabāko apgaismojumu?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



Vidējā saules gaismas intensitāte uz Zemes virsmas ir aptuveni 1400 W/m², ja Saule atrodas tieši virs galvas.

Vidējais attālums starp Zemi un Sauli ir 1.50 e11 m.

Kāda ir vidējā Saules izstarotā jauda?

- Elektriskā lauka un magnētiskā lauka lielums ir saistīts $E = cB$
- Enerģijas ir vienādas :
 - Elektriskā lauka blīvums
 - $W_E = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2$
 - Magnētiskā lauka blīvums
 - $W_B = \frac{1}{2} \mu_0 B^2$

EM viļņu mijiedarbība ar vidi

EM viļņa un viļņa spiediena lineārais impulss.

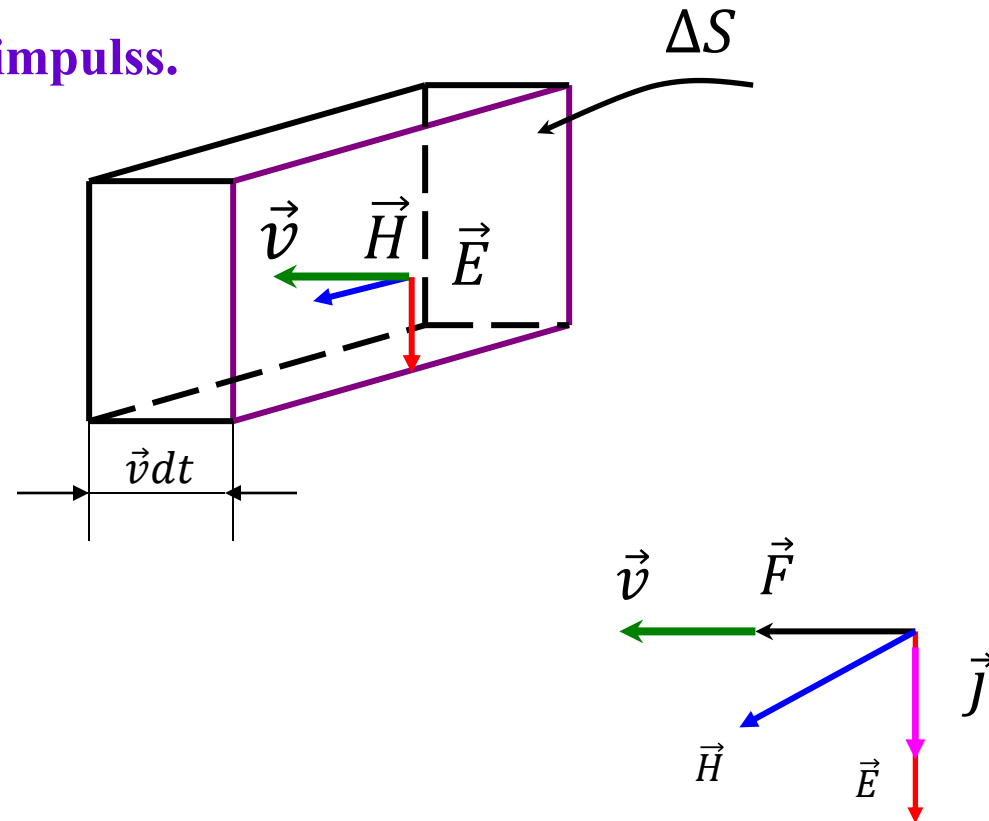
$$\varepsilon = \text{const}, \mu = \text{const}. \quad \vec{j} = \gamma \cdot \vec{E}$$

$$dF = dI \ell B = j dS \ell B = j dV \mu_0 \mu H$$

$$F_V = \mu_0 \mu \gamma E H$$

$$dF = F_V S dx$$

$$dp = dF dt = \mu_0 \mu \gamma E H S dx dt$$



No Džoula likuma:

$$dW = \gamma E^2 A dx dt \quad - \text{ enerģija, izkliedēta tilpumā } dV \text{ laikā } dt.$$

$$\frac{dK}{dW} = \mu_0 \mu \frac{H}{E}; \quad \frac{H}{E} = \frac{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon}}{\sqrt{\mu_0 \mu}} \quad \frac{dK}{dW} = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu} = \frac{1}{v}$$

$$K = \frac{W_{ABS}}{v}$$

- *Absorbētais vilnis nodod objektam enerģiju W_{ABS} un lineārais impulss K .*

Atstarotais vilnis:

$$K' = 2 \frac{W_{REF}}{v}$$

Spiediens : $dW_{ats} = r \cdot dW; \quad dW_{ABS} = (1 - r)dW$

$$dK = 2 \frac{rdW}{v} + (1 - r) \frac{dW}{v} = (1 + r) \frac{dW}{v}$$

$$F = \frac{dK}{dt} \quad \text{un} \quad p = \frac{F}{S}$$

$$p = \frac{(1 + r)dW}{vAdt}$$

$$p = (1 + r) \frac{S}{v}$$

Starojuma spiediens

- Ja tiek atstarots elektromagnētiskais vilnis, tas rada Starojuma spiedienu:

$$p_r = \frac{2I}{c}$$

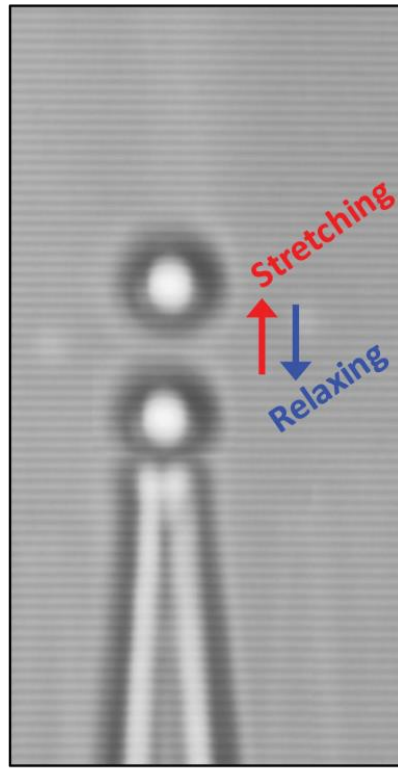
- Saules gaismas intensitāte ir ap 1400 W/m^2 .
- Maksimālais Starojuma spiediens kas tiek pilnībā

absorbēts

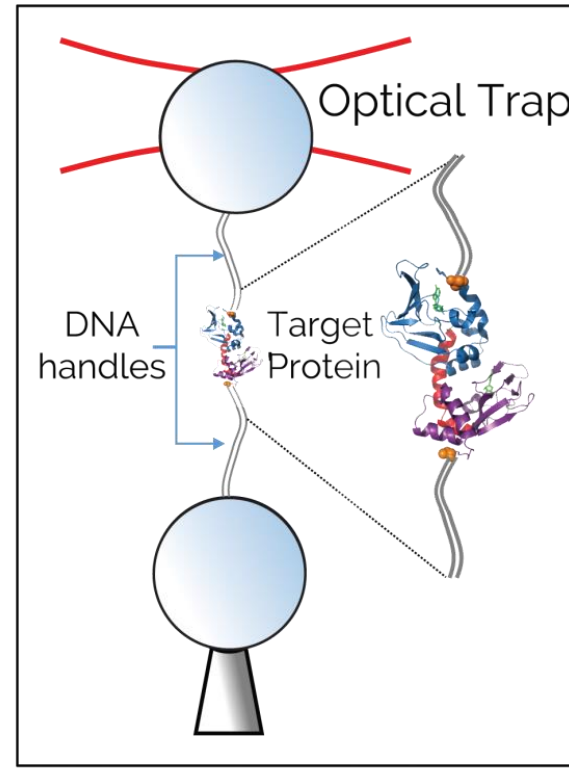
$$p_r = \frac{I}{c} = \frac{1400 \text{ W/m}^2}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 4.67 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$$

- Saules starojuma spiediens ir gaužām neliels.
- Ir iespējams fokusēt gaismu ļoti mazās vietās un radīt ievērojamu spiedienu:

08.11.2023 “Optisko pinceti” izmantojot starojuma spiedienu no



Real Experiment



Schematic Representation

<https://www.physicscentral.com/explore/action/tweezers.cfm>

https://blocklab.stanford.edu/optical_tweezers.html

<https://www.youtube.com/watch?v=XjXLJMUrNBo>



Kādu starojuma spiedienu rada saules gaisma uz ideāli absorbējošu virsmu , kuras normāles vektors ir 70° pret krītošo gaismu?



Kāds ir maksimālais Starojuma spiediens saules gaismas dēļ uz perfekti atstarojošas virsmas?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Starojuma spiediens no lāzer rādītāja

- Zaļā lāzera rādītāja jauda ir 1.00 mW.
- Mēs spīdinām lāzera rādītāju perpendikulāri uz baltas papīra lapas, kas atstaro gaismu.
- Punkts ir 2.00 mm diametrā.

Kādu spēku lāzera punkta gaisma iedarbojas uz papīru?

Risinājums:

- Intensitāte ir :

$$I = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2} = 318 \text{ W/m}^2$$

Starojuma spiediens from a Laser Pointer

- Starojuma spiediens ir vienāds ar gaismas iedarbības spēku, dalītu ar laukumu, uz kuru tā darbojas :

$$p = \frac{\textit{spēks}}{\textit{laukums}} = \frac{2I}{c}$$

- Tādējādi lāzera rādītāja gaismas iedarbības spēks ir :

$$\textit{spēks} = \textit{laukums} \cdot \frac{2I}{c}$$

$$F = \pi(1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2 \cdot \frac{318}{3 \cdot 10^8} = 6,66 \cdot 10^{-12} N$$

Polarizācija un dispersija

Iespējams difrakcija arī

slido



Kur tiek pielietota polarizācija?

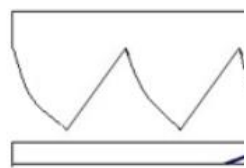
ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

slido

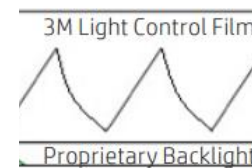
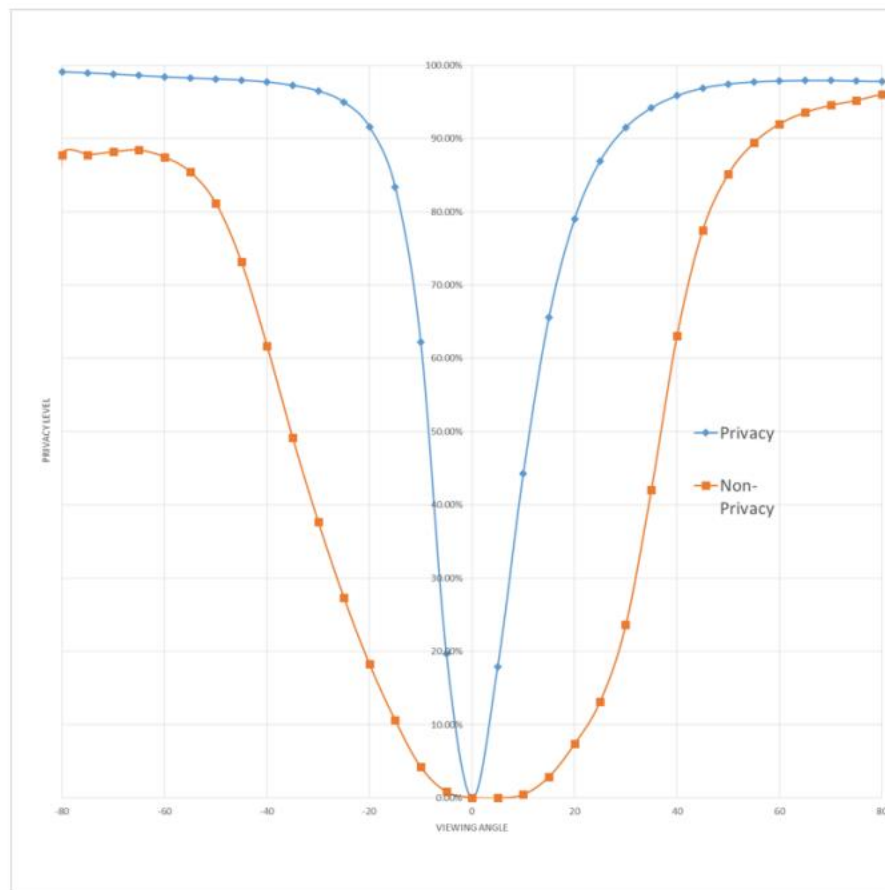


**Kādās dabas parādībās mēs novērojam
dispersiju?**

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

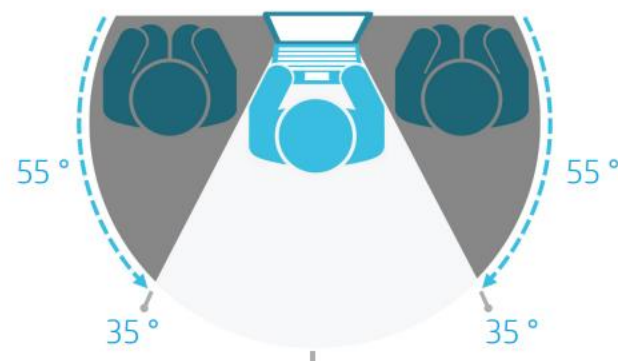


Privacy ON: Light f

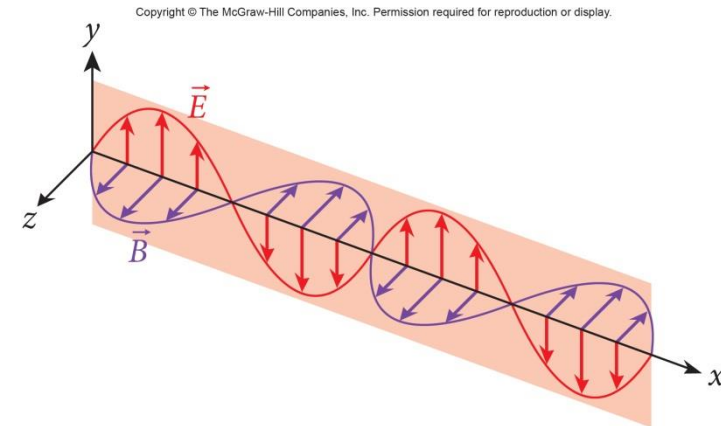


across display

FIGURE 5 USER VIEWING CONE VS PRIVACY REGION



Polarizācija

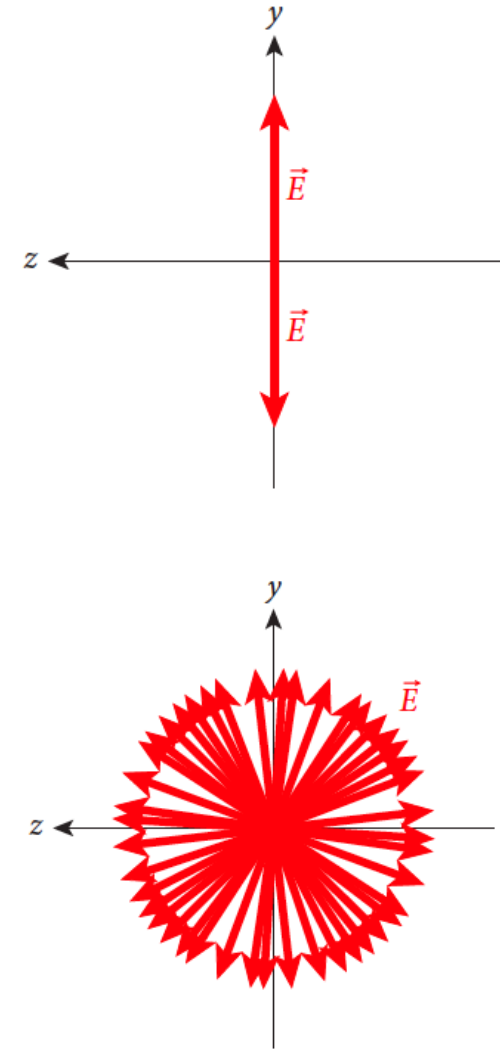


- Apskatīsim EM vilni kā redzams attēlā.
- Šī elektromagnētiskā viļņa elektriskais **lauks** vienmēr svārstās(norāda) gar y asi.
- Ņemot x asi kā virzienu, kādā vilnis virzās, mēs varam noteikt elektromagnētiskā viļņa elektriskā lauka svārstību plakni, kā parādīts.
- Šāda veida viļņus sauc par **lineāri polarizētu** y virzienā.
- Mēs attēlojam elektromagnētiskā viļņa Polarizāciju, aplūkojot elektriskā lauka vektoru x-z plaknē, kas ir **perpendikulāra viļņa pārvietošanās virzienam**.

Polarizācija

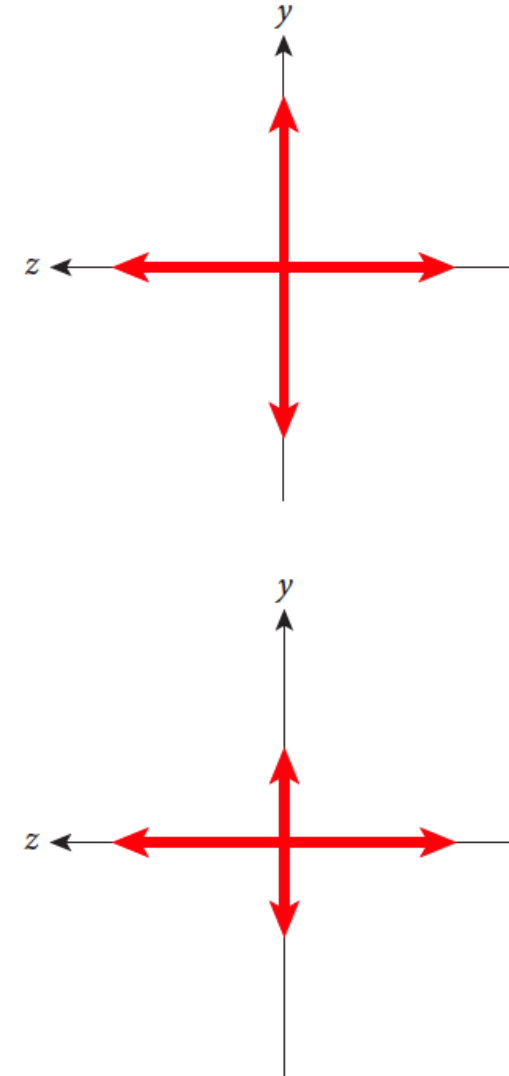
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc.
Permission required for reproduction or display.

- Plakanai polarizētai gaismai elektriskais lauks svārstās y virzienā.
- Elektromagnētiskie viļņi, kas veido visbiežāk izplatīto gaismas avotu, piemēram, kvēlspuldzes, izstarotā gaisma, ir ar **nejaušu** Polarizāciju.
- Katram vilnim tā elektriskā lauka vektors svārstās citā plaknē.
- Šo gaismu sauc par **nepolarizētu gaismu**.
- Mēs varam attēlot gaismas polarizāciju no nepolarizēta avota, uzzīmējot daudz viļņu ar nejaušām orientācijām.



Polarizācija

- Mēs varam attēlot gaismu ar daudzām polarizācijām, summējot y komponentes un summējot z komponentes, lai iegūtu neto y un z komponentes.
- Nepolarizētai gaismai mēs iegūstam vienādas komponentes y un z virzienos.
- Ja neto Polarizācija y virzienā ir mazāka nekā z virzienā, tad mēs sakām, ka gaisma ir daļēji polarizēta z virzienā.





Kuras no šīm parādībām var novērot elektromagnētiskajiem viļņiem, bet ne skaņas viļņiem?

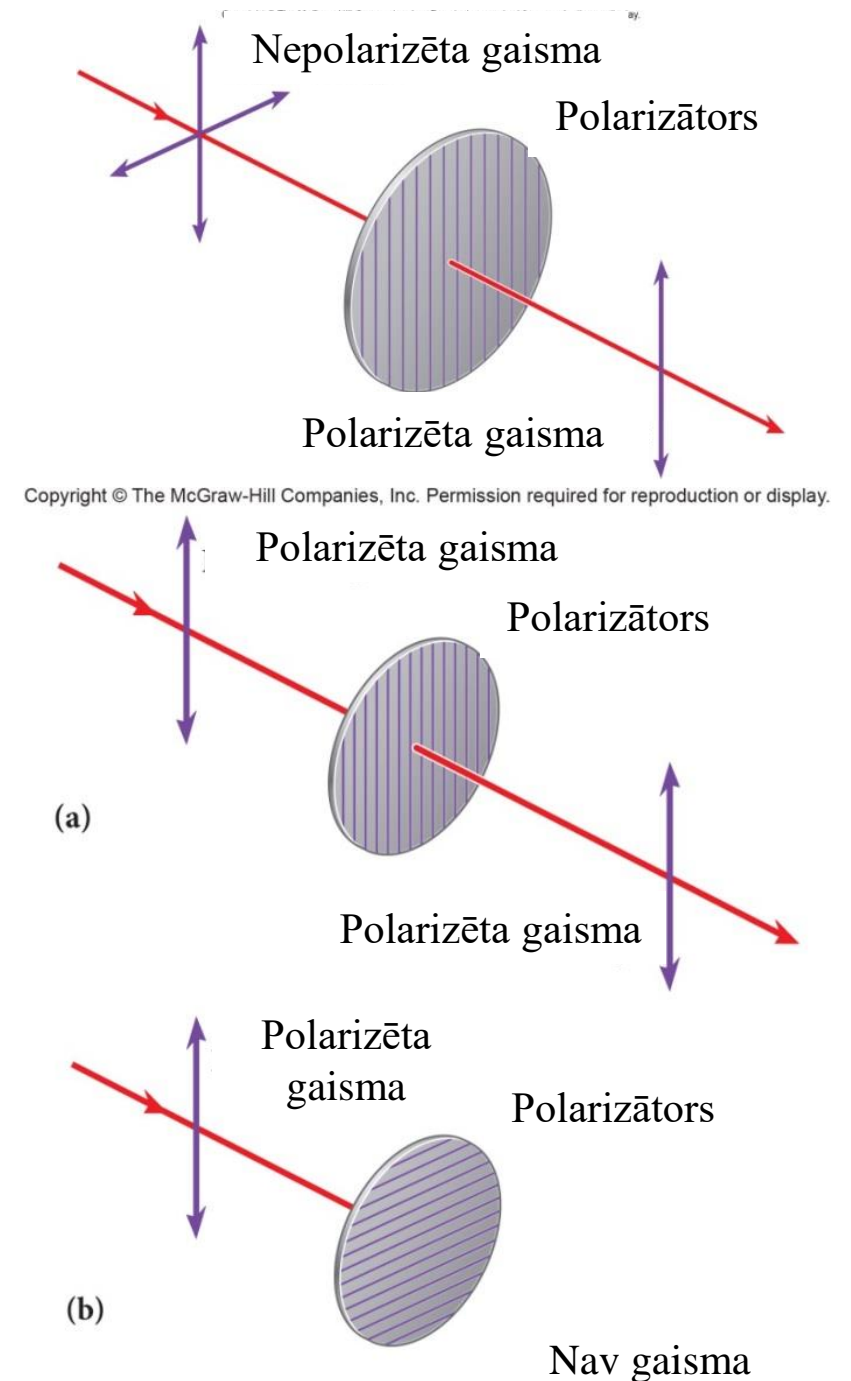
ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Polarizātors

- Mēs varam mainīt **nepolarizētu** gaismu uz **polarizētu** gaismu, izlaižot to caur **polarizatoru**.
- Polarizators ļauj **iziet** cauri **tikai** vienai **gaismas Polarizācijas** sastāvdaļai.
- Viens no veidiem, kā izgatavot **polarizatoru**, ir izmantot **materiālu**, kas sastāv no **garām paralēlām molekulu ķēdēm**, kas efektīvi **izlaiž** gaismu tikai tad, ja tai ir **noteikts Polarizācijas virziens**, un bloķē to, ja tai ir Polarizācija perpendikulārā virzienā.
- Mēs apspriedīsim polarizatorus, neņemot vērā molekulārās struktūras detaļas.
- Mēs raksturosim polarizatoru ar polarizācijas virzienu.
- Nepolarizētā gaisma, kas iet caur polarizatoru, parādīsies kā polarizēta ar polarizācijas virzienu.

Polarizātors

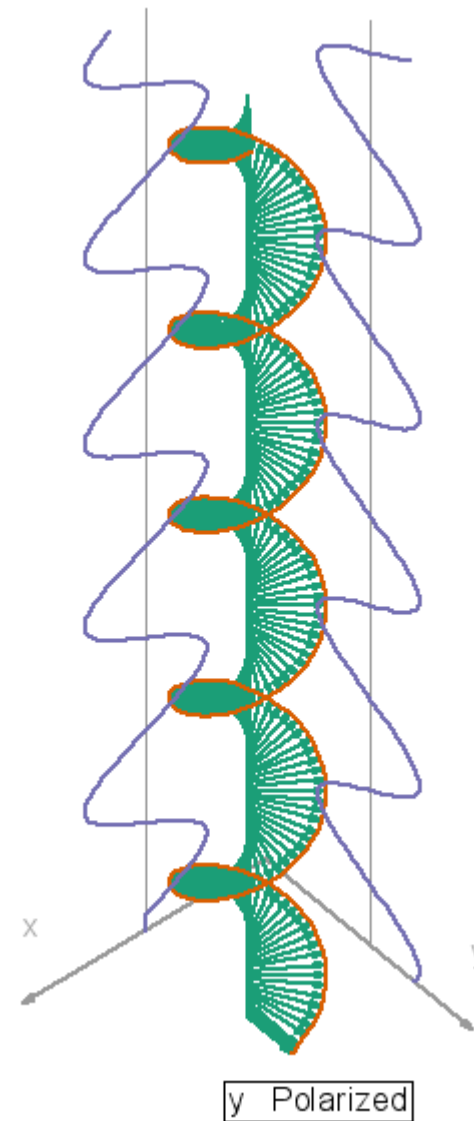
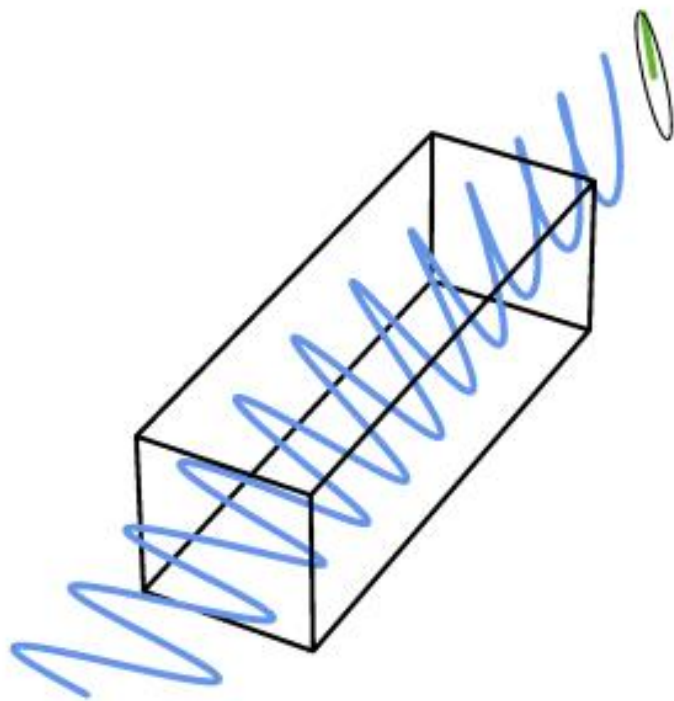
- Tiek **pārraidītas** nepolarizētās gaismas **komponentes**, kurām ir **tāda pati Polarizācija** kā polarizatoram, bet tiek **absorbēti** tie, kuru polarizācija ir **perpendikulāra polarizatoram**.
- Ja uz polarizatora ir vērsta gaisma, kuras Polarizācija ir paralēla polarizācijas leņķim, visa gaisma iet cauri.
- Ja gaisma ar polarizāciju, kas ir perpendikulāra polarizācijas leņķim, ir vērsta uz polarizatoru, neviena no gaismām netiek pārraidīta.



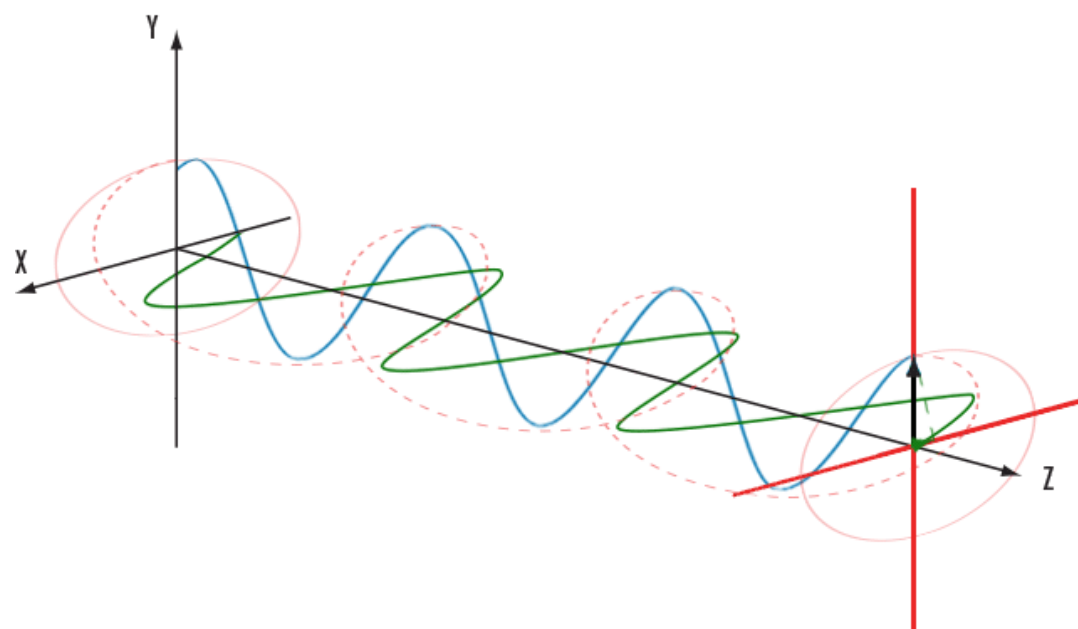
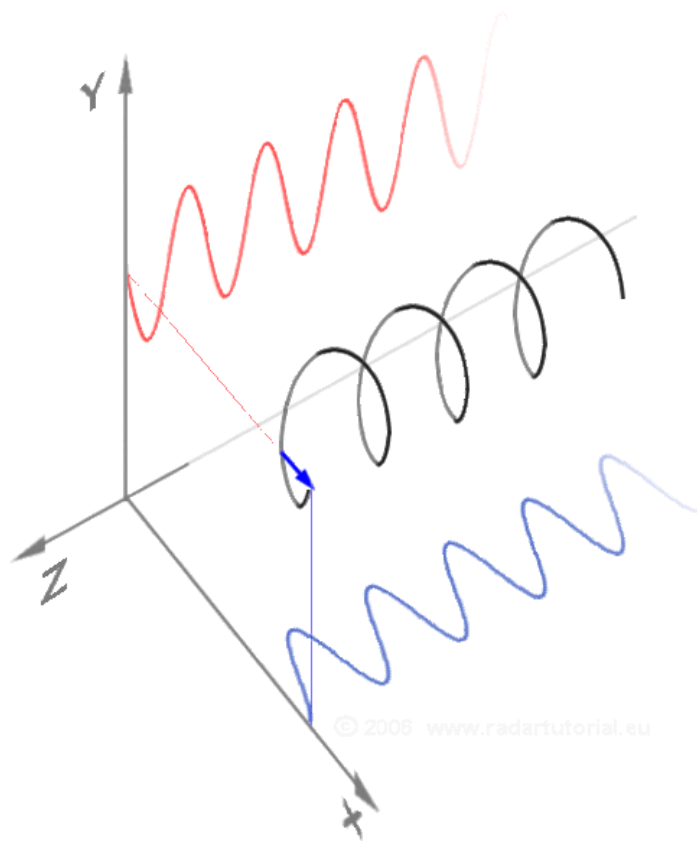




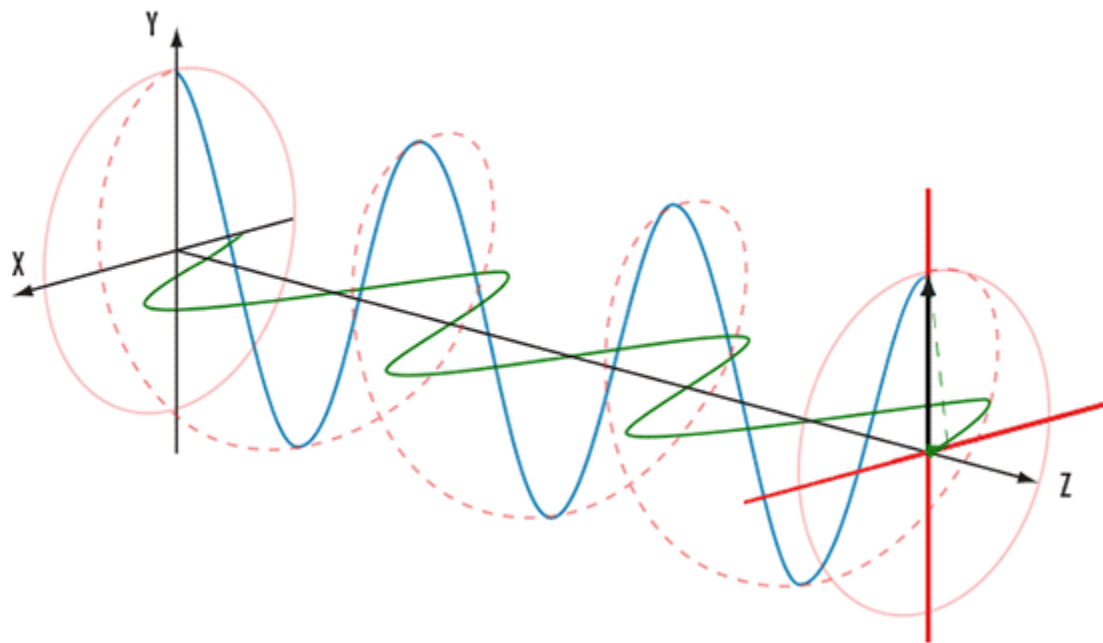
Lineāra polarizācija



Eliptiska Polarizācija



Cirkulāra Polarizācija



Intensitāte

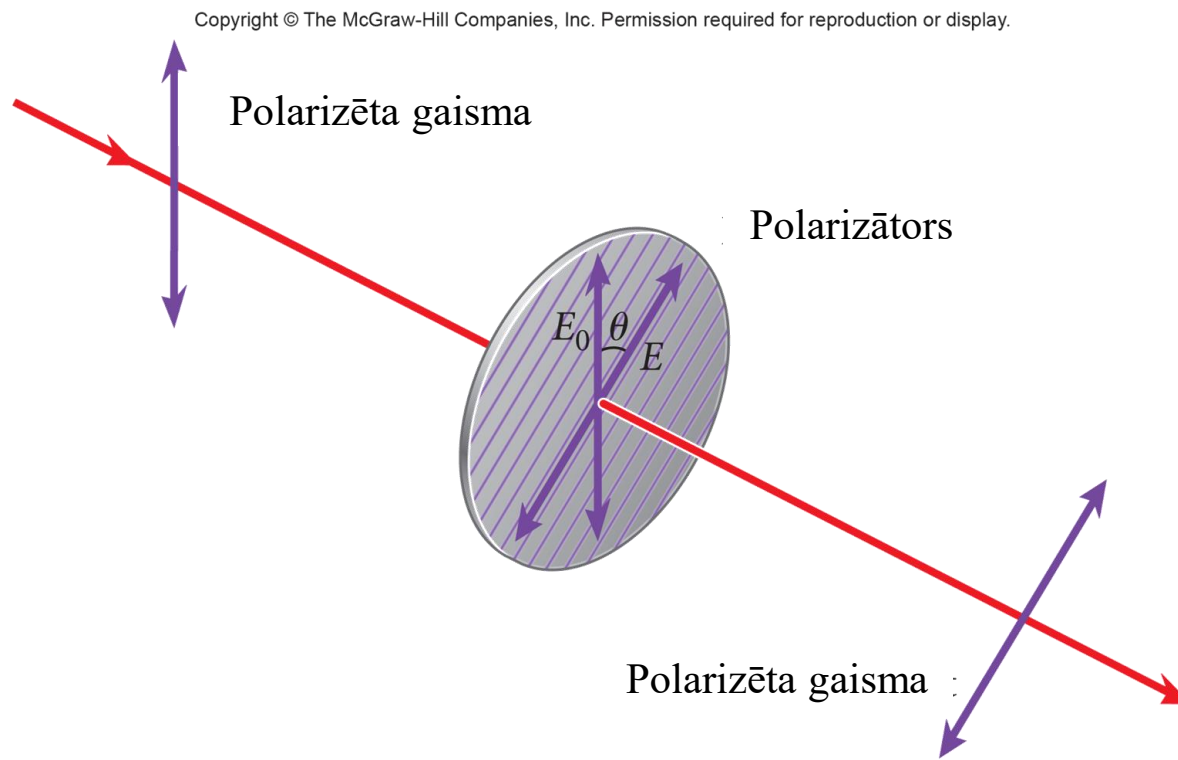
- Tagad apskatīsim gaismas intensitāti, kas iet caur **Polarizātoru**.
- Mēs sākam ar nepolarizētu gaismu ar Intensitāti I_0 .
- Nepolarizētajai gaismai ir vienādas Polarizācijas daļas y un z virzienos.
- Pēc vertikālā Polarizatora iziešanas paliek tikai Polarizācijas y komponente.
- Gaismas intensitāti I , kas iet caur Polarizātoriem, dod :

$$I = \frac{1}{2} I_0$$

- Nepolarizētai gaismai bija vienāds y un z komponentes ieguldījums, un vertikālie Polarizātori pārraida tikai **y komponentes**.

Intensitāte

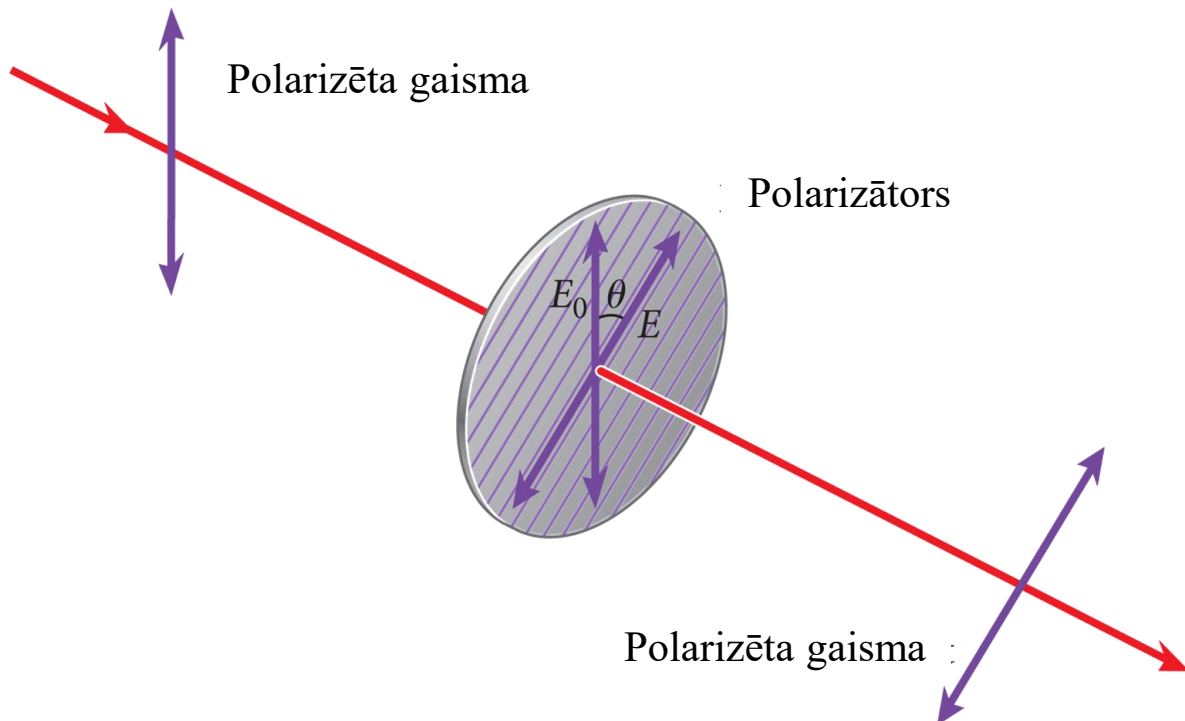
- Pieņemsim, ka polarizētā gaisma iet cauri Polarizātoram un šai gaismai ir Polarizācija, kas nav paralēla vai perpendikulāra Polarizātora polarizācijas virzienam.
- Leņķis starp krītošo polarizāciju un polarizētu gaismu ir θ .



Intensitāte

- Caurlaidošās gaismas elektriskais lauks E ir :
$$E = E_0 \cos \theta$$
- E_0 ir krītošās polarizētās gaismas elektriskais lauks.
- Gaismas I_0 intensitāti pirms Polarizātorā dod :

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



$$I_0 = \frac{1}{c\mu_0} E_{\text{rms}}^2 = \frac{1}{2c\mu_0} E_0^2$$

Intensitāte

- Pēc tam, kad gaisma iet cauri Polarizātoram, Intensitāte I is:

$$I = \frac{1}{2c\mu_0} E^2$$

- Nosūtītā Intensitāte sākotnējā Intensitāte izteiksmē ir :

$$I = \frac{1}{2c\mu_0} E^2 = \frac{1}{2c\mu_0} (E_0 \cos \theta)^2 = I_0 \cos^2 \theta$$

- Šo rezultātu sauc par **Malī likumu**.
- Šis vienādojums attiecas tikai uz gadījumiem, kad polarizētā gaisma krīt uz Polarizātoru.



Kad gaisma krīt uz diviem Polarizātoriem ar perpendikulāri orientētām asīm, gaisma netiek pārraidīta. Ja starp šiem diviem polarizatoriem tiek ievietots trešais Polarizātors ar tā Polarizācijas asi 50° , vai kāda gaisma iziet cauri?

Trīs polarizātori

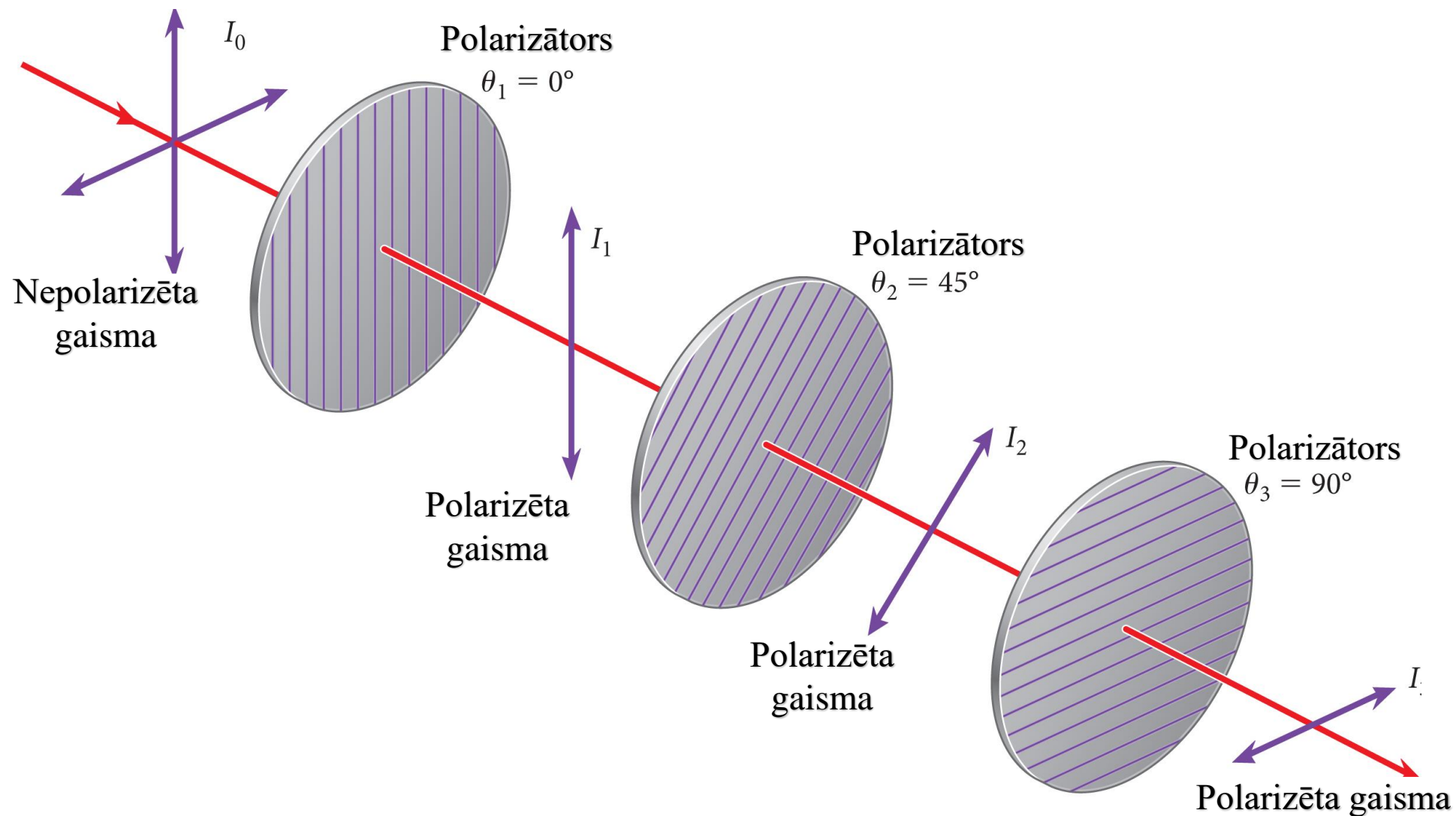
- Apskatot nepolarizētās gaismas gadījumu ar Intensitāti I_0 krītošu uz Trīs polarizatoriem.
- Pirmajam polarizatoram ir vertikāls polarizācijas virziens, $\theta_1 = 0^\circ$.
- Otrajam Polarizatoram polarizācijas virziens ir $\theta_2 = 45.0^\circ$ pret vertikāli.
- Trešajā Polarizatora polarizācijas leņķis ir $\theta_3 = 90.0^\circ$ attiecībā pret vertikāli.

Uzdevums:

- Kāda ir gaismas intensitāte, kas iziet cauri visiem Polarizatoriem attiecībā pret intensitāti **pirms** pirmā polarizatora?

Trīs polarizatori

Tas izskatās šādi



Trīs polarizatori

- Intensitāte nepolarizētai gaismai I_0 .
- Intensitāte pēc pirmā Polarizatora :

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0$$

- Intensitāte pēc otrā Polarizatora:

$$I_2 = I_1 \cos^2(45^\circ - 0^\circ) = I_1 \cos^2(45^\circ) = \frac{1}{2} I_0 \cos^2(45^\circ)$$

- Intensitāte pēc trešā Polarizatora:

$$I_3 = I_2 \cos^2(90^\circ - 45^\circ) = I_2 \cos^2(45^\circ) = \frac{1}{2} I_0 \cos^4(45^\circ) = I_0 / 8$$

- Tātad cauri visus sistēmu iziet 1/8 no sākotnējās Intensitātes **neskatoties** uz to, ka **Polarizatori 1 un 3 ir perpendikulāri** viens otram.



Vairāki polarizatori

- Pieņemsim, ka gaisma ir polarizējusies vertikālā virzienā un vēlaties pagriezt Polarizāciju horizontālā virzienā ($\theta = 90.0^\circ$).
- Ja gaisma ar vertikālu polarizāciju tiek laista uz Polarizātoru, kura leņķis ir horizontāls, visa gaisma tiks bloķēta.
- Ja tā vietā izmanto virkni ar 10 Polarizātoriem, kur katram polarizācijas leņķis ir par $\theta = 9.00^\circ$ lielāks kā iepriekšējam un pirmajam polarizātoram $\theta = 9.00^\circ$, tad polarizātorus var pagriezt par 90.0° .

Vairāki polarizatori

Piemēram:

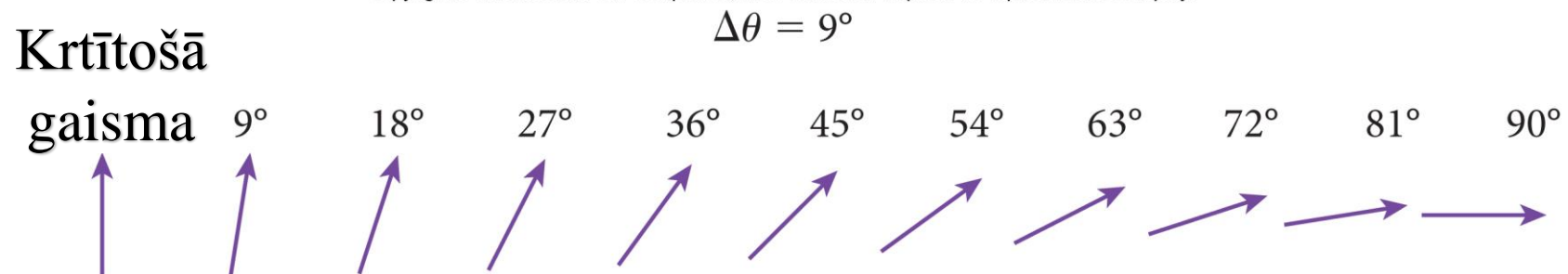
- Kāda krītošās gaismas intensitātes daļa tiek cauri desmit Polarizātoriem?

Risinājums:

Katrs polarizātors tiek pagriezts par $9,00^\circ$ pret iepriekšējo polarizatoru.

- Tādējādi katrs Polarizātors pārraida Intensitātes daļu, kas vienāda ar $f = \cos^2 9^\circ$.
- Izgājusī daļa tad ir f^{10} .

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Vairāki polarizatori

- Polarizētās gaismas Intensitāte, I , kas iet caur polarizatoriem, kuru polarizācijas virziens veido leņķi θ ar krītošās gaismas Polarizāciju, dod: :

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

- I_0 ir krītošās polarizētās gaismas intensitāte.
- Katra nākamā Polarizatora polarizācijas virziens tiek pagriezts $\Delta\theta = 9^\circ$ attiecībā pret iepriekšējo Polarizatoru virzienu.
- Katrs Polarizators samazina Intensitāti par koeficientu : $\frac{I}{I_0} = \cos^2 \theta$

Vairāki polarizatori

- Intensitātes samazinājums pēc gaismas iziešanas cauri 10 Polarizātoriem, katrs ar tā Polarizācijas virzienu, kas atšķiras no iepriekšējiem Polarizatoriem ar $\Delta\theta$, ir :

$$\frac{I_{10}}{I_0} = \left(\cos^2 \Delta\theta \right)^{10}$$

Skaitliski

- Skaitlisko vērtību ievadīšana mums dod :

$$\frac{I_{10}}{I_0} = \left(\cos^2 9^\circ \right)^{10} = 0.780546$$

Vairāki polarizatori

- Noapaļojo: $\frac{I_{10}}{I_0} = 0.781 = 78.1\%$

Pārbaudām

- Mēs pagriežām Polarizāciju par 90° , izmantojot 10 Polarizātorus, un mēs pārraidījām 78.1% gaismas.
- Ja mēs izmantotu n Polarizātoru, kas katrs pagriezts ar $\Delta\theta = \theta_{max}/n$, katrs Polarizātors Intensitāti samazinātu par :

$$\frac{I_1}{I_0} \approx \left(1 - \frac{(\Delta\theta)^2}{2}\right)$$

Vairāki polarizatori

- Intensitāte, kas iet caur n Polarizātoriem, ir :

$$\frac{I_n}{I_0} \approx \left(1 - \frac{(\theta_{\max} / n)^2}{2} \right)^{2n} = \left(1 - \frac{(\theta_{\max})^2}{2n^2} \right)^{2n}$$

- Lieliem n :
$$\frac{I_n}{I_0} \approx 1 = 100\%$$

- Izmantojot 10 Polarizātoru, ļāva izlaist cauri 78.1% gaismas.
- Izmantojot lielu skaitu Polarizātoru, tuvu 100% gaismas var iziet cauri, tāpēc mūsu atbilde šķiet pamatota.

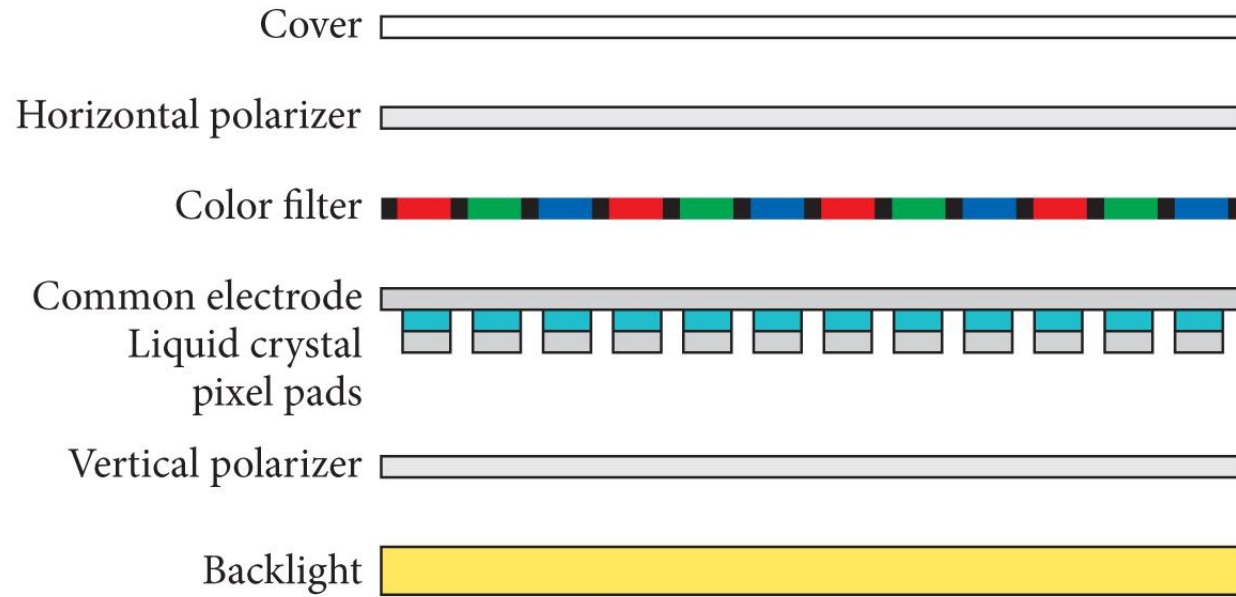
Cirkulāra Polarizācija

- Lineārajai Polarizācijai ir divas šķirnes: horizontāla un vertikāla.
- Cirkulāra Polarizācijai ir divi veidi: labā un kreisā.
- Var izgatavot cirkulārus Polarizācijas filtrus.
 - Tie strādā tā pat kā lineāri polarizātori.
 - Cirkulāra Polarizācija ir tikusi izmantots 3D filmām (Avatar,...) un 3D televizoriem.
- Plakani spoguļi atstaro pretēji vērstus cirkulāru Polarizācijas virzienam (bet atstāj nemainītu lineāro Polarizācijas virzienu).
 - Cirkulāra Polarizācija tiek izmantota āra LCD displejos (bankomātos utt.), Lai samazinātu / novērstu atspīdumu no atstarotās saules gaismas.

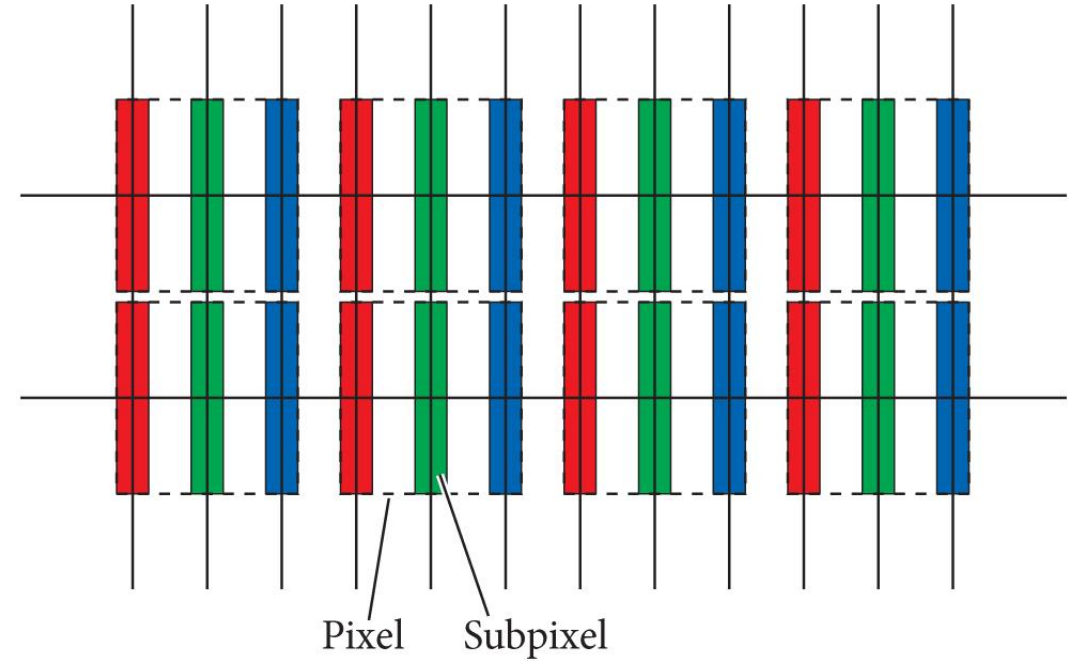


LCD

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a)



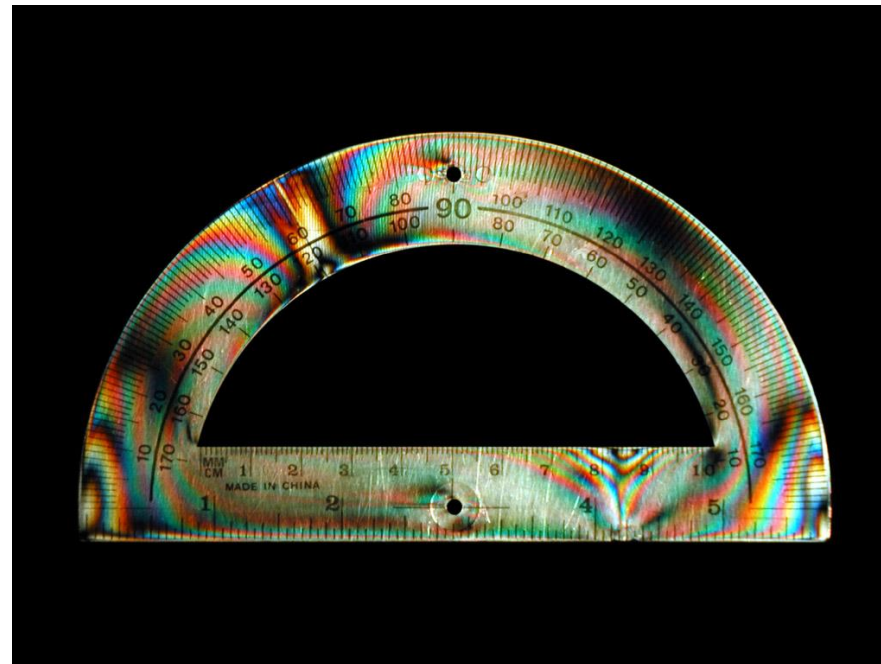
(b)

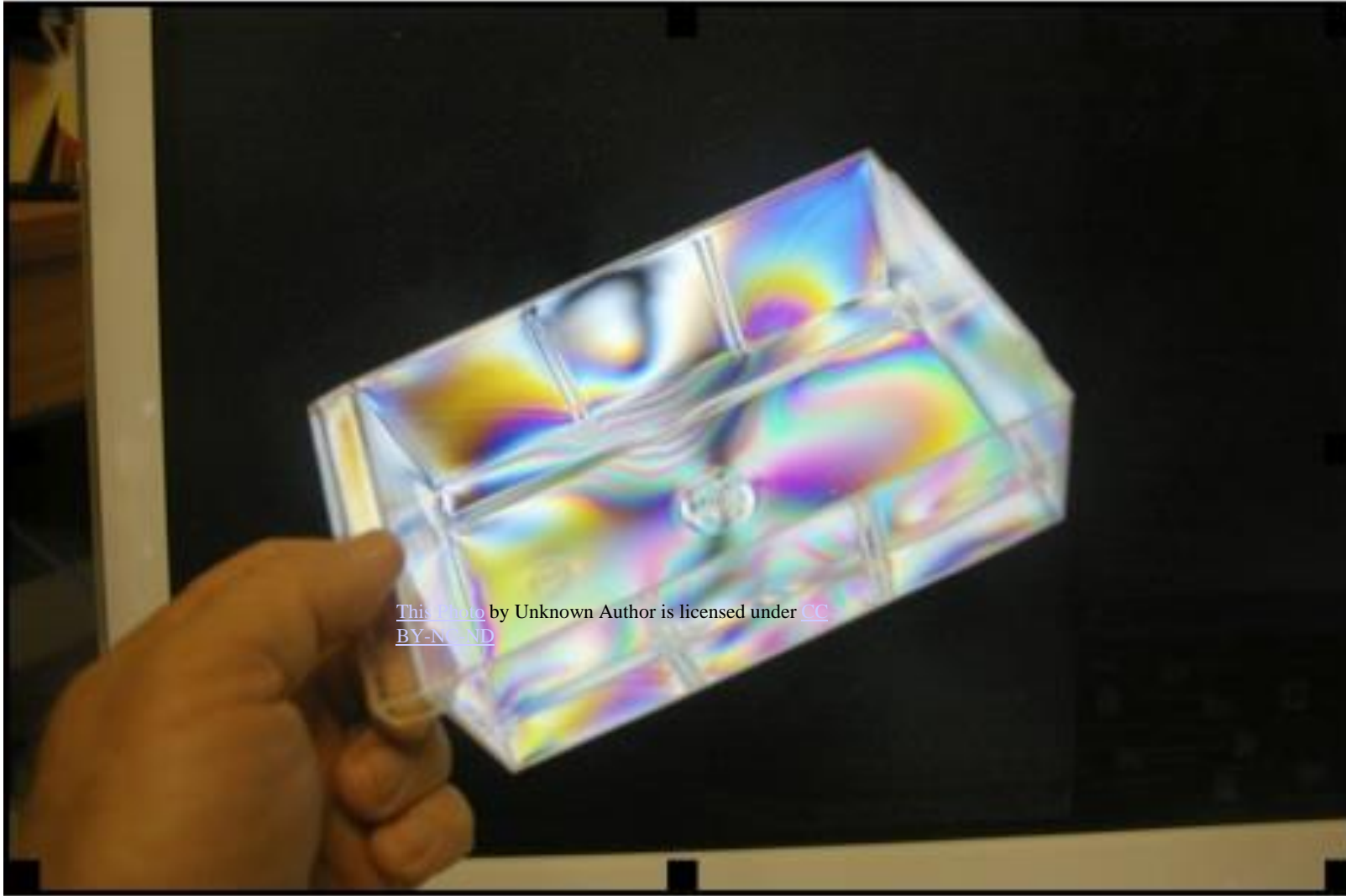
**You
Need
These
Glasses
To see
the
Screen....**



Invisible

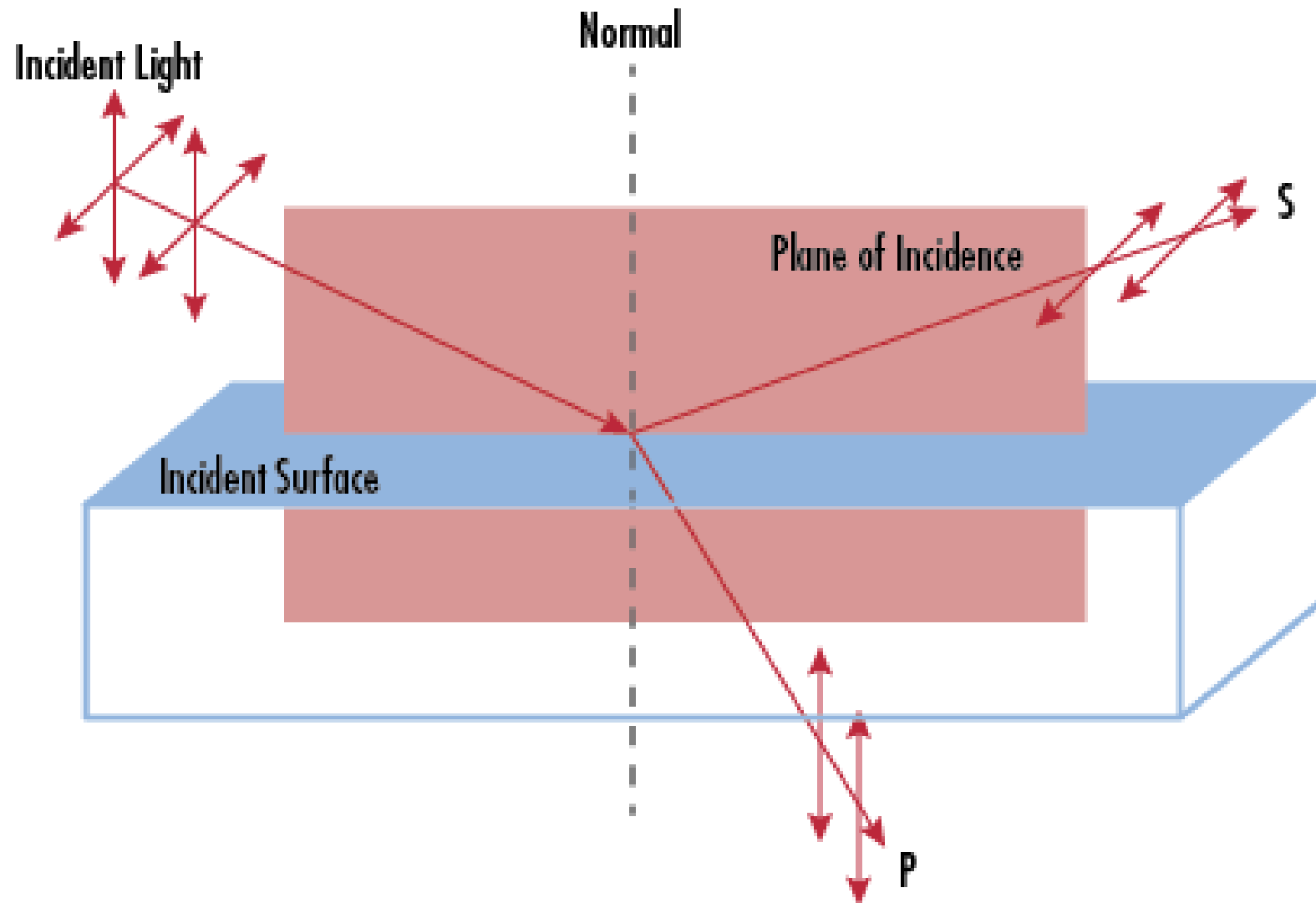
Polarizācija

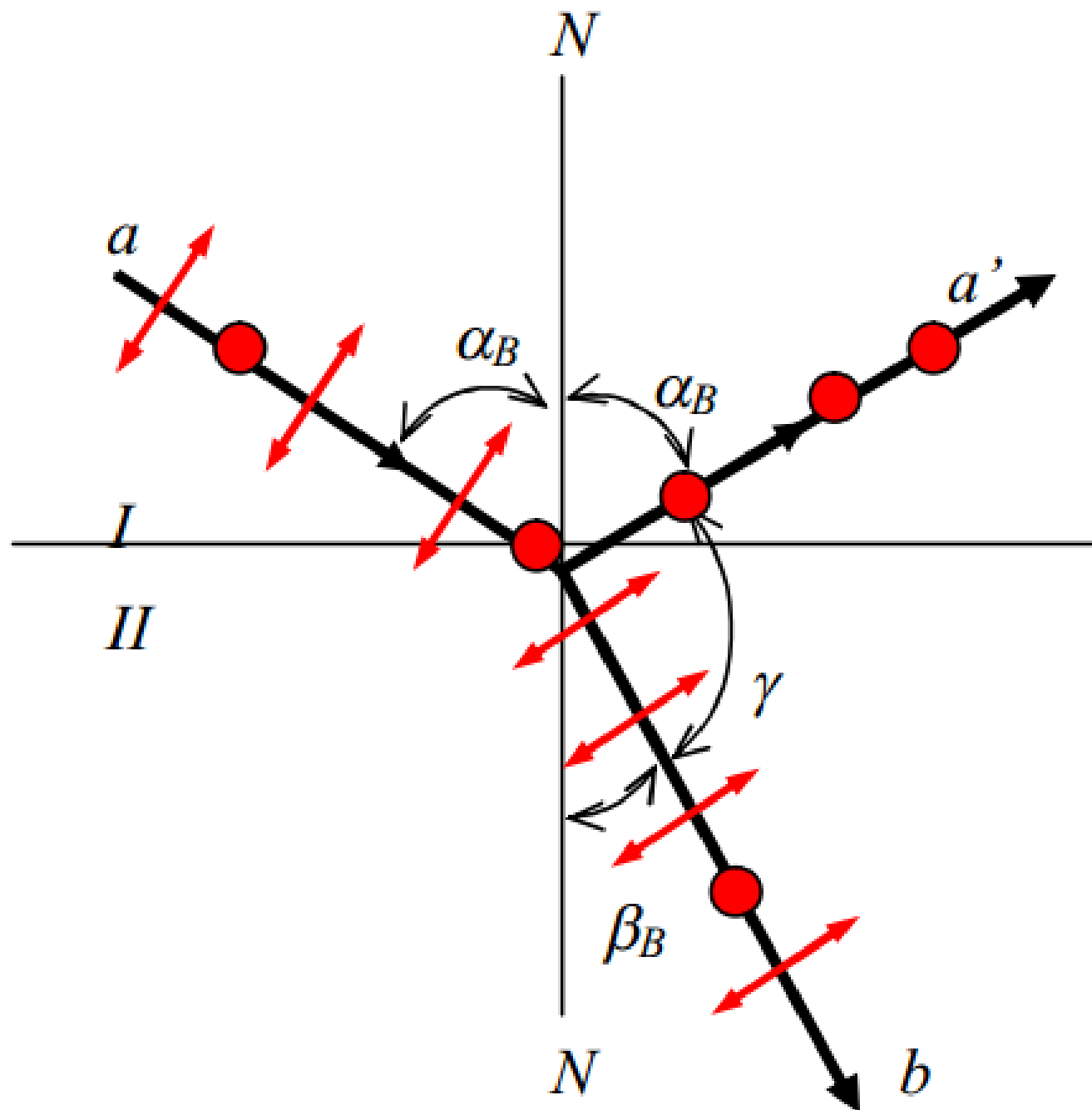


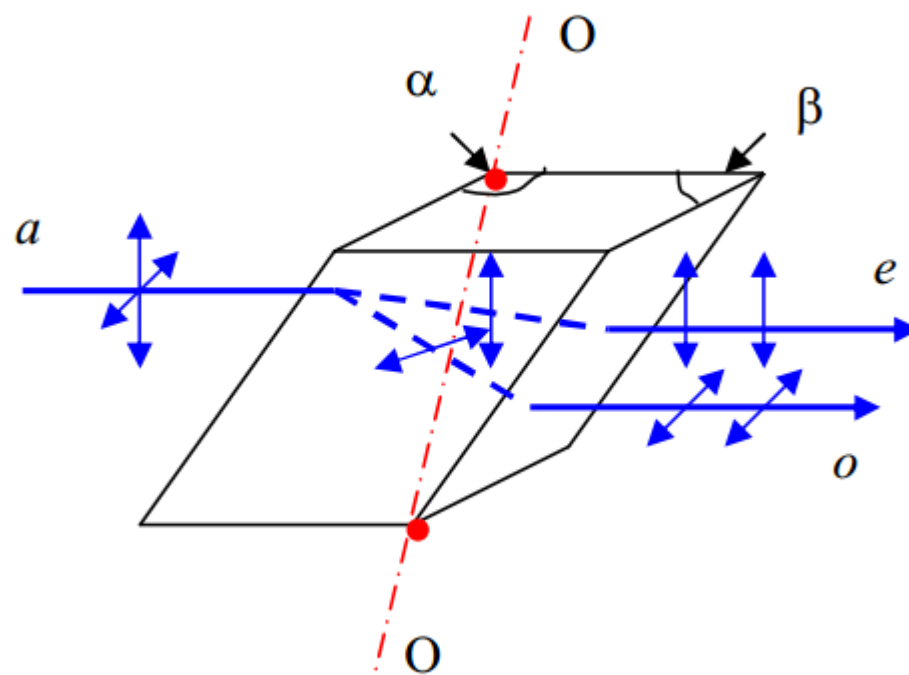
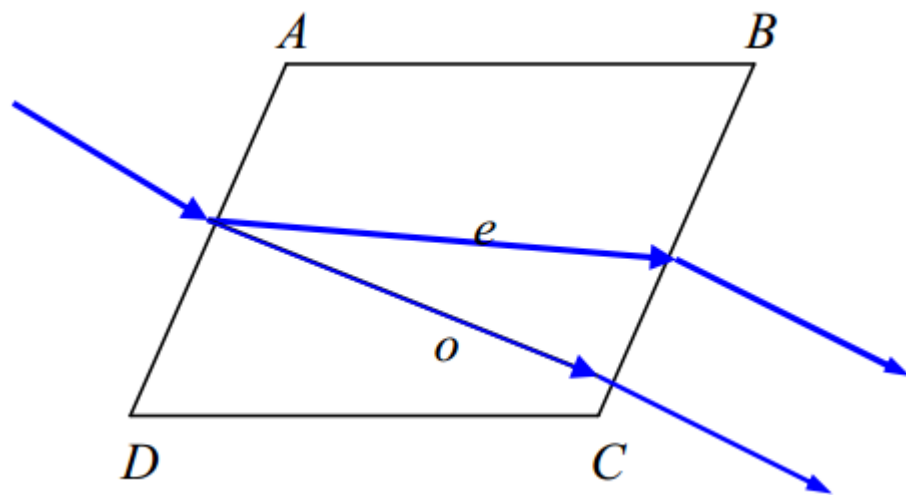


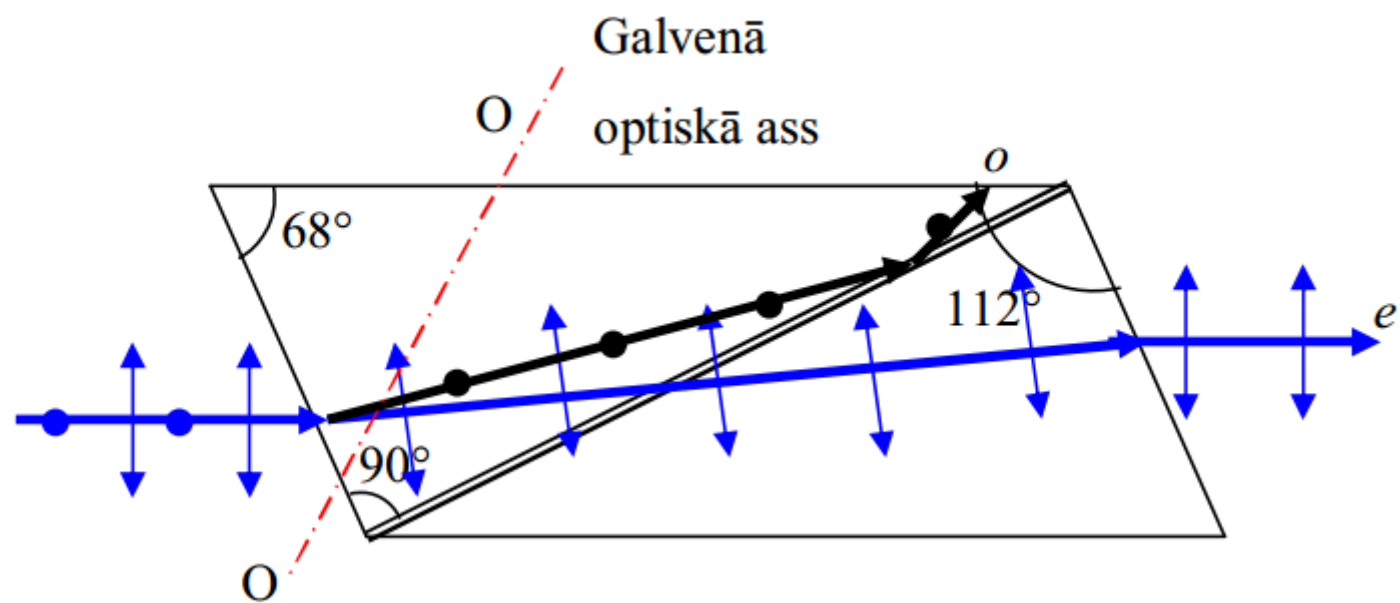
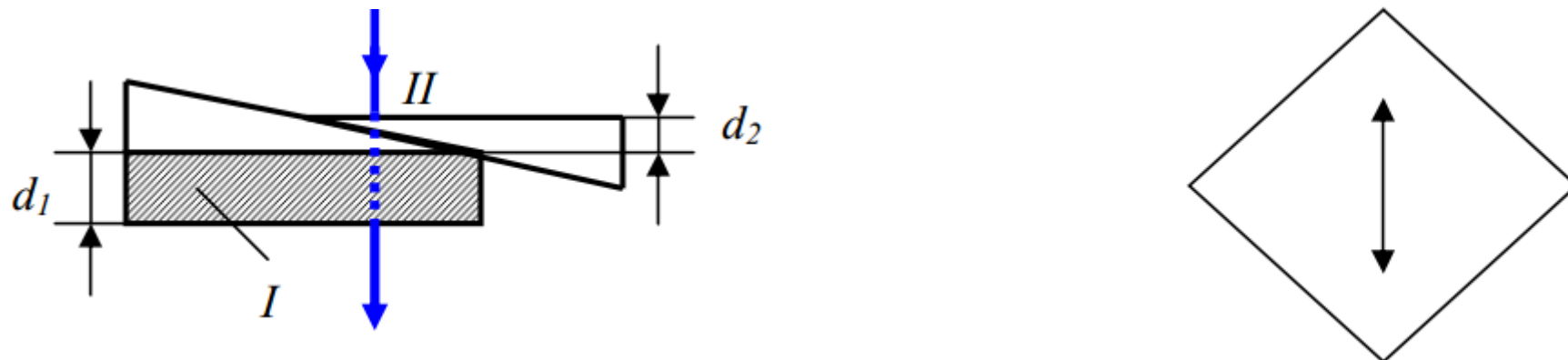
[This photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-NC-ND](#)

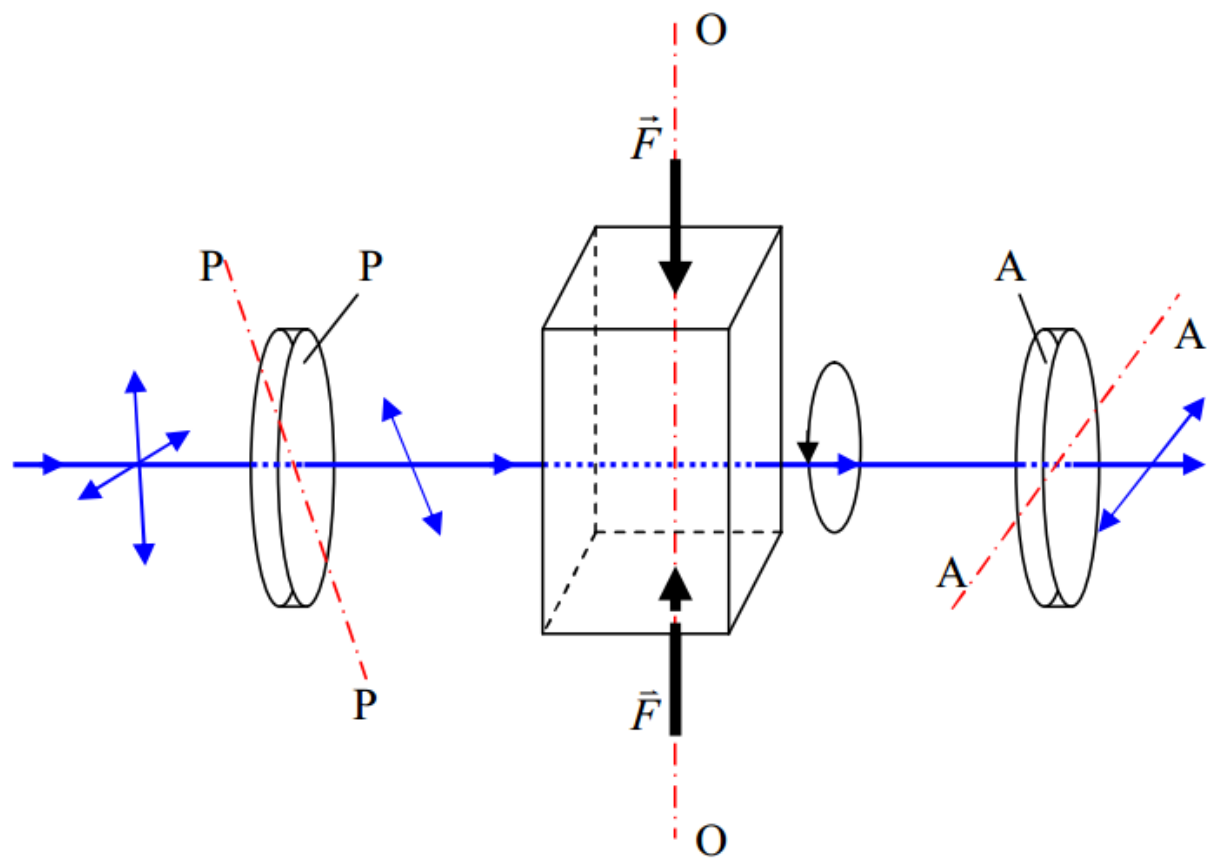
Polarizācija atstarotai gaismai



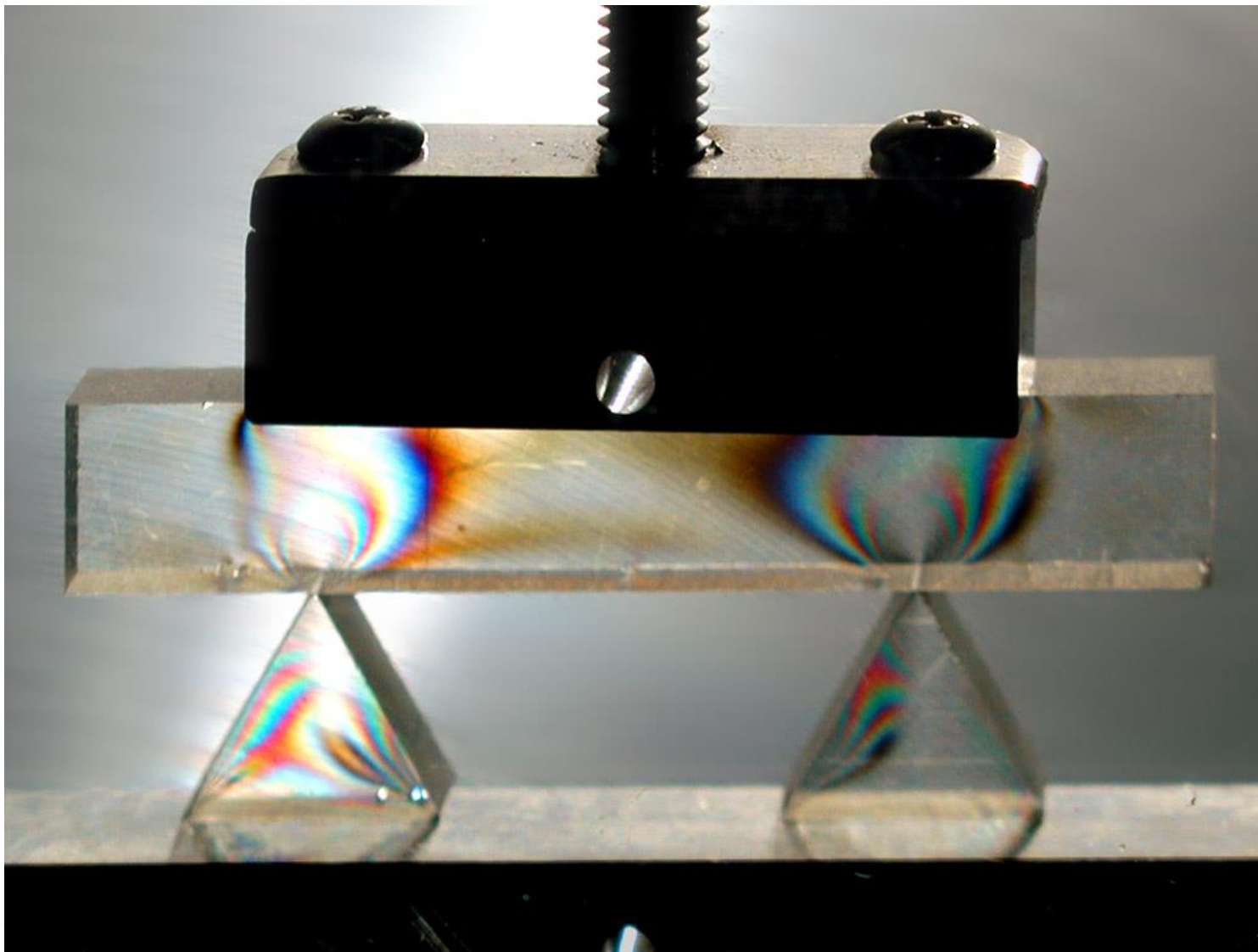


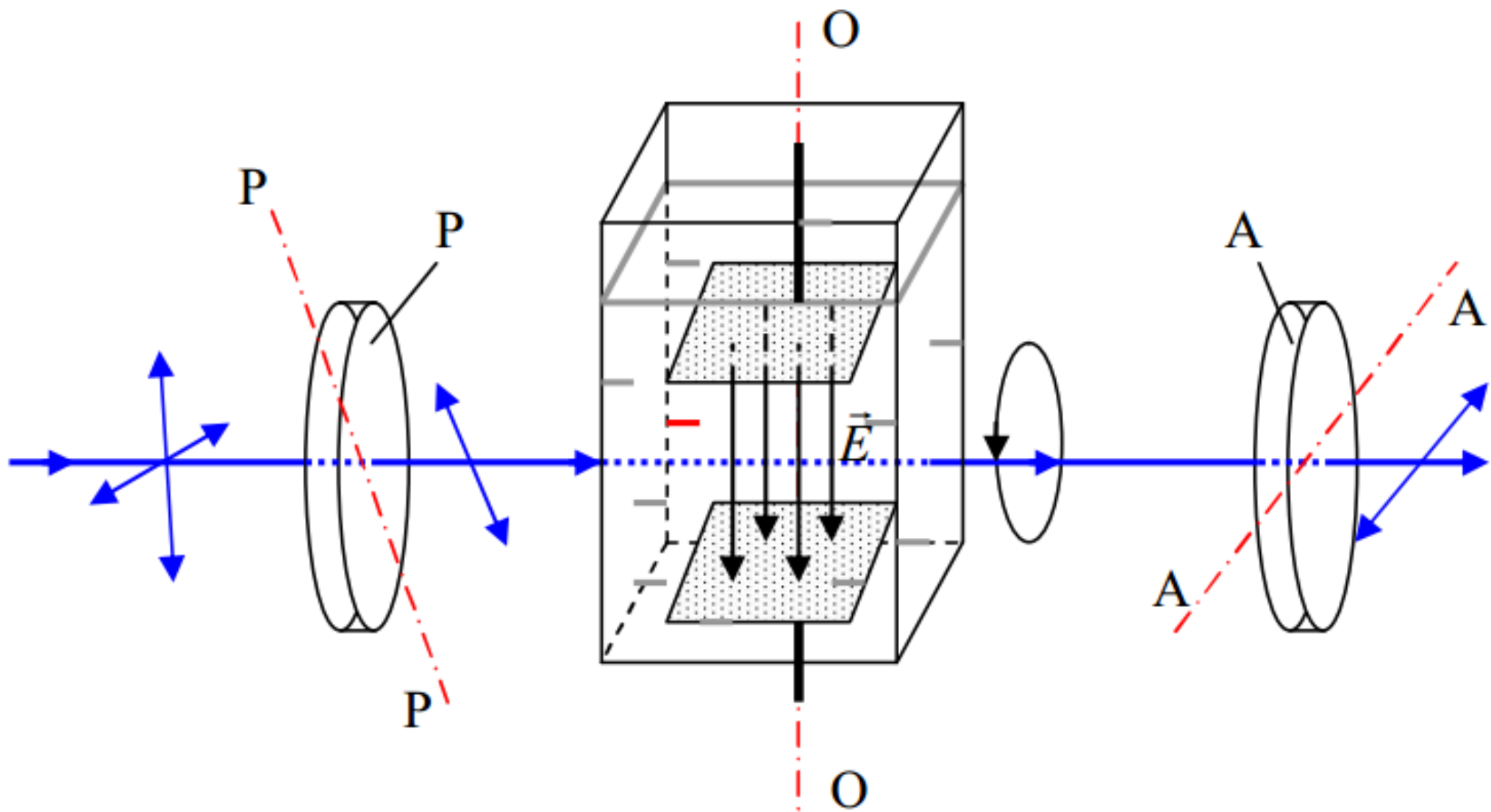


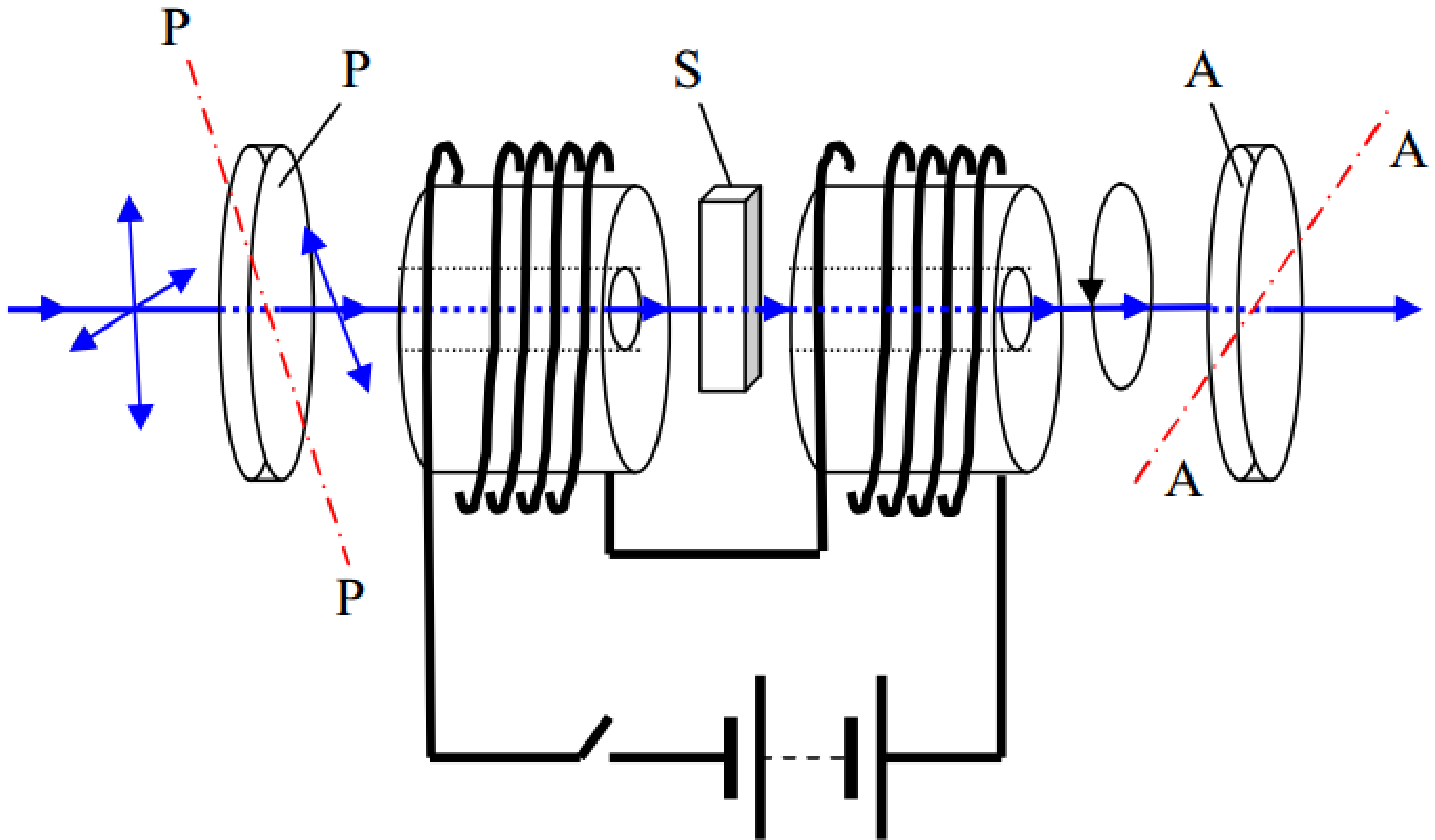


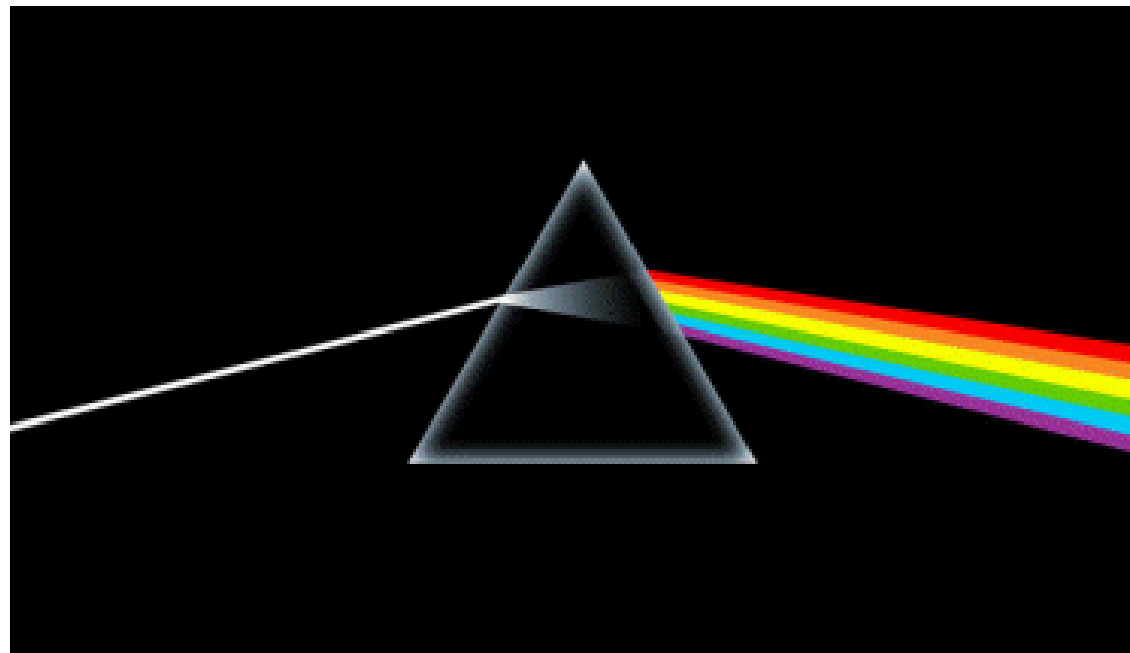


Polarizācija un spriegumi



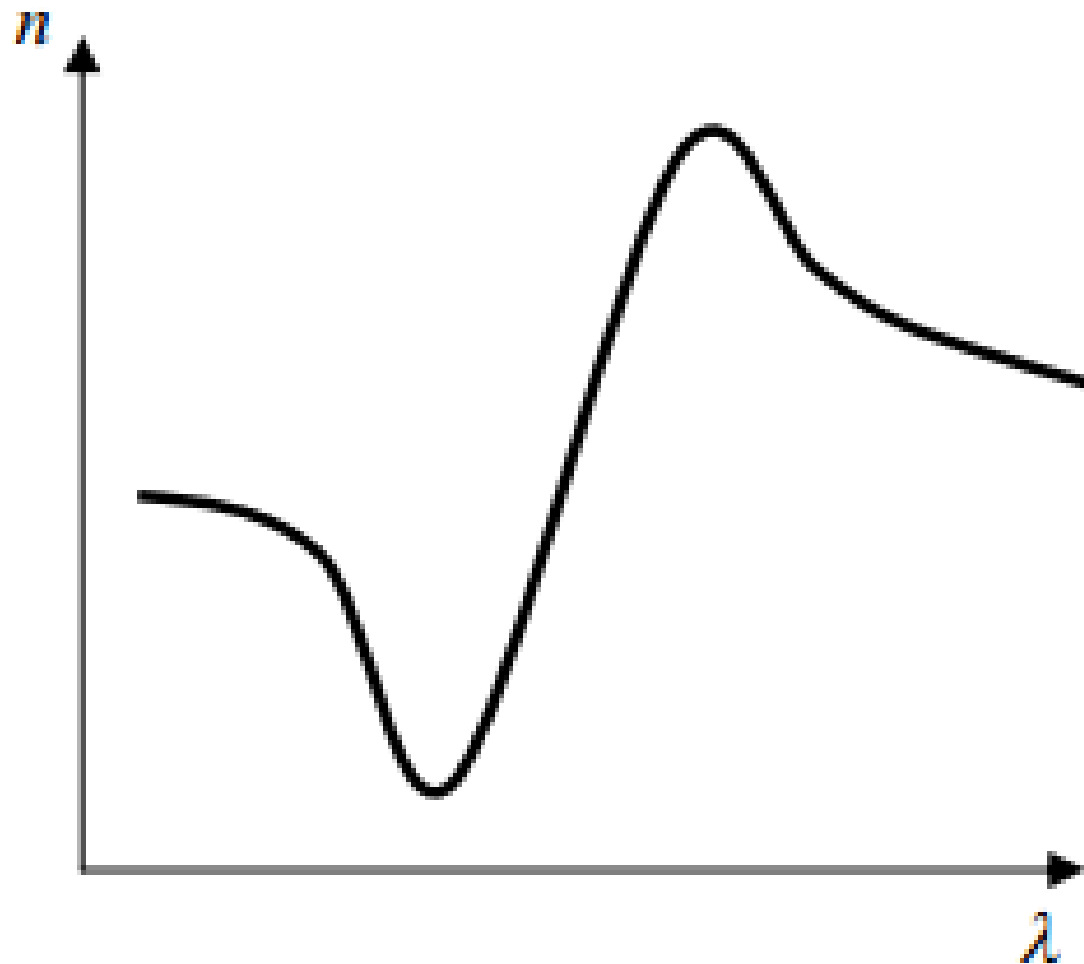






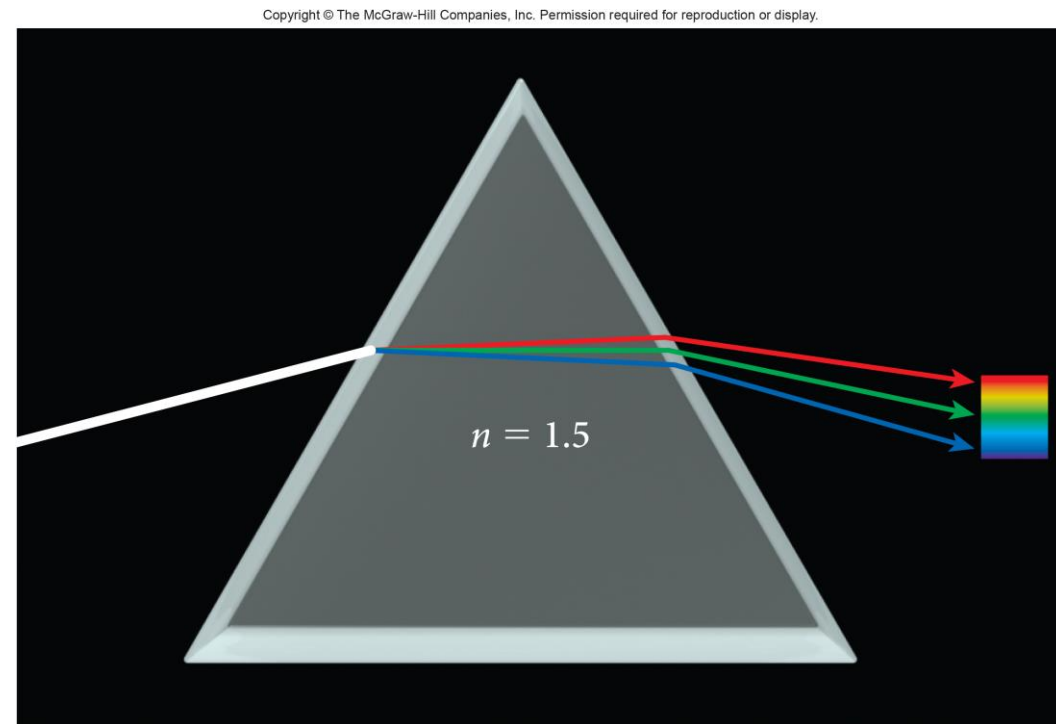


Dispersija – gaismas laušanas koeficienta kā viļņa garuma funkcija



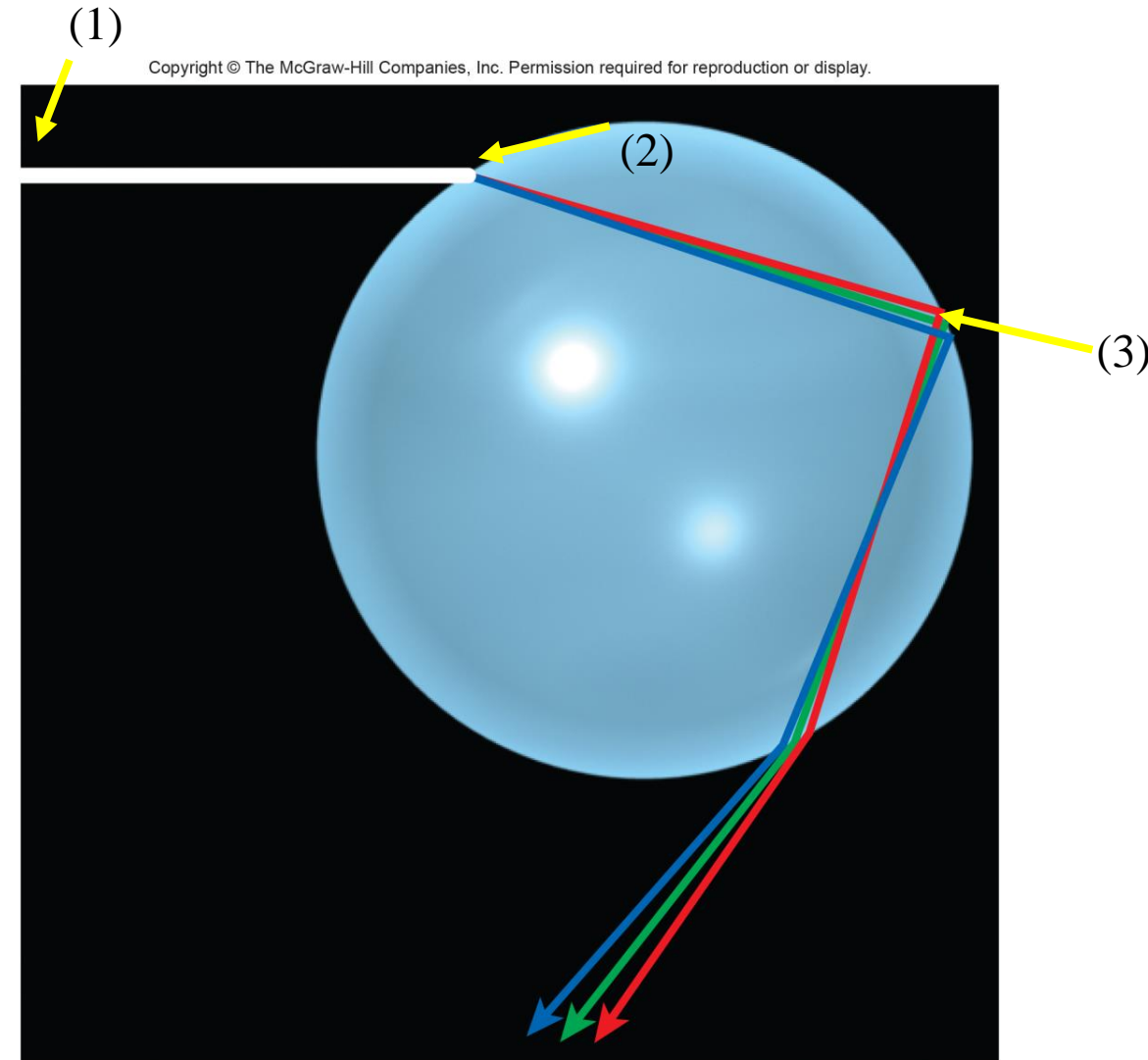
Hromatiska dispersija

- Balta gaisma sastāv no superpozīcijas starp visiem redzamiem viļņu garumiem.
- Ja mēs projicējam baltas gaismas staru uz stikla prizmu, kā parādīts pa labi, mēs varam atdalīt krītošo balto gaismu dažādos redzamos viļņu garumos, kas tiek laužti dažādos leņķos.
- Ikdienas Hromatiskas dispersija piemērs ir varavīksne.



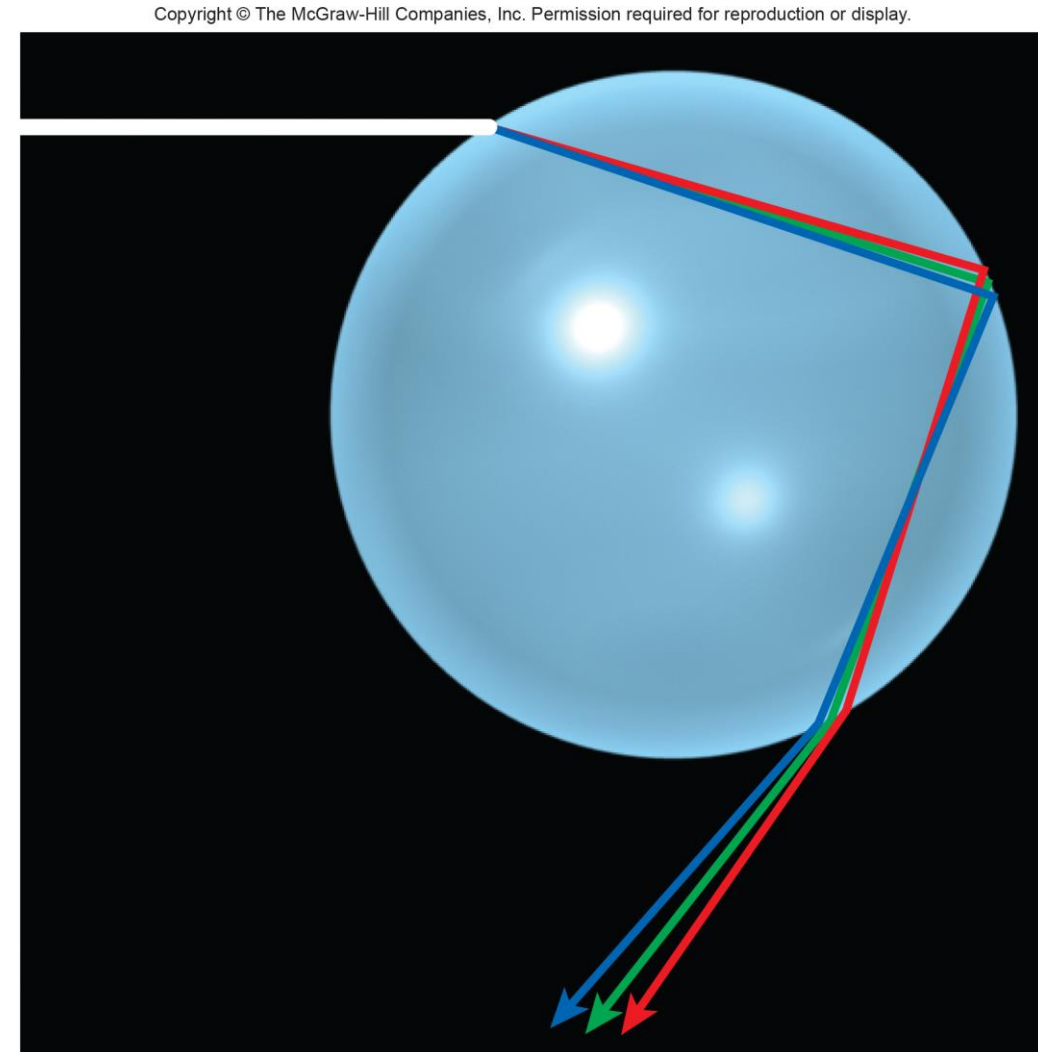
Varavīksne

- Svērīks ūdens pilieni, kurā lūzt un atstarojas saules gaismu, **rada varavīksni.**
- Varavīksne rodas, kad ūdens **pilieni** ir gaisā, un mēs novērojam šos ūdens pilienus, kad saule ir aizmuguras.
- Saules gaisma nonāk pilienos, uz to **virsmas tie tiek lauhti (1)**
- Iziet caur ūdeni uz tā malu, kur tas **atstarojas (2)**
- atkal pāriet uz piliena otru virsmu, kur tā iziet no piliena un **atkal tiek lauhti (3).**



Varavīksne

- **Zaļās** gaismas gaismas laušanas koeficients ūdenī ir **1,333**,
- bet **zilās** gaismas atstarošanās koeficients ir **1.337**,
- Sarkanai gaismai tas ir 1.331.
- Gaismas laušanas koeficientu izmaiņa notiek visām krāsām.

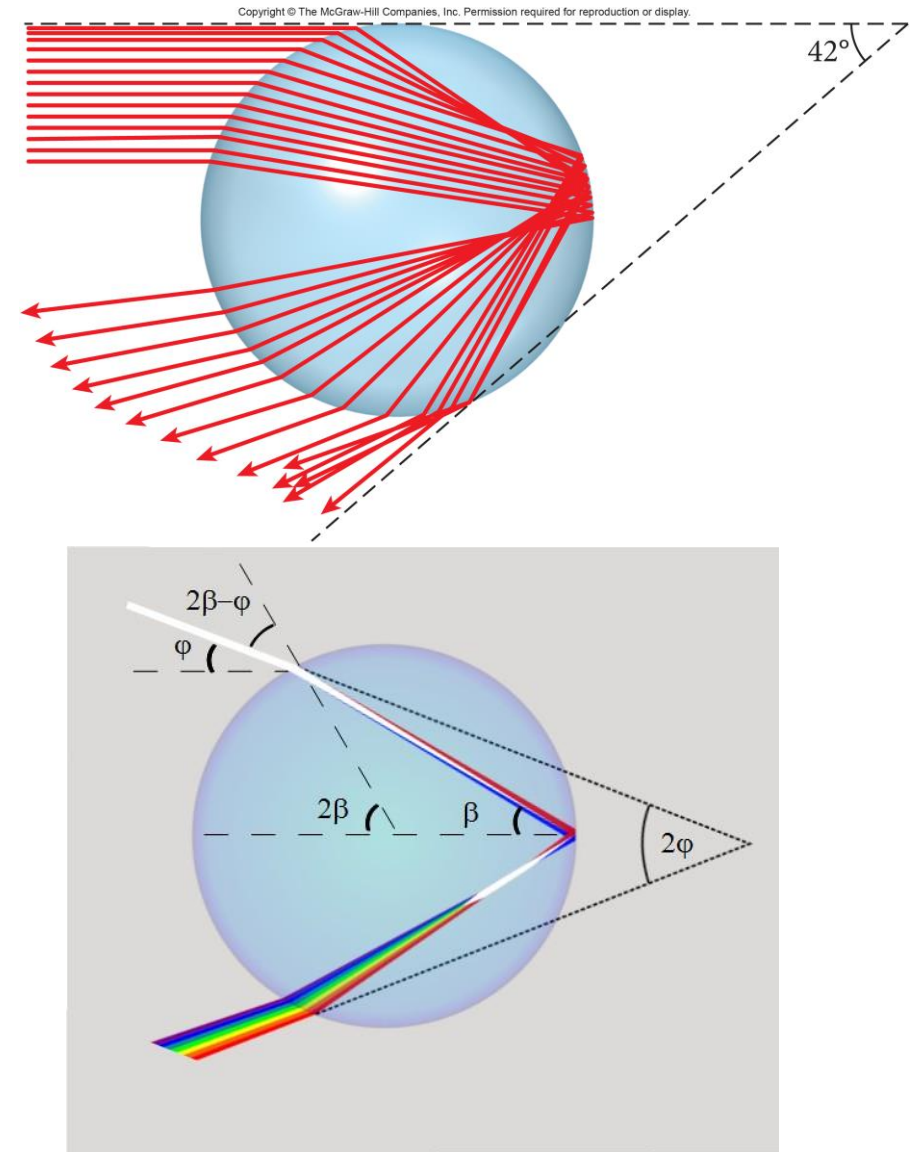


Varavīksne

- Labajā pusē tiek parādīta varavīksne.
- Varavīksnes iekšējā daļā var redzēt zilo gaismu un varavīksnes ārpusi - sarkano.
- Varavīksnes loks atspoguļo vidējo 42° leņķi no saules gaismas virziena.

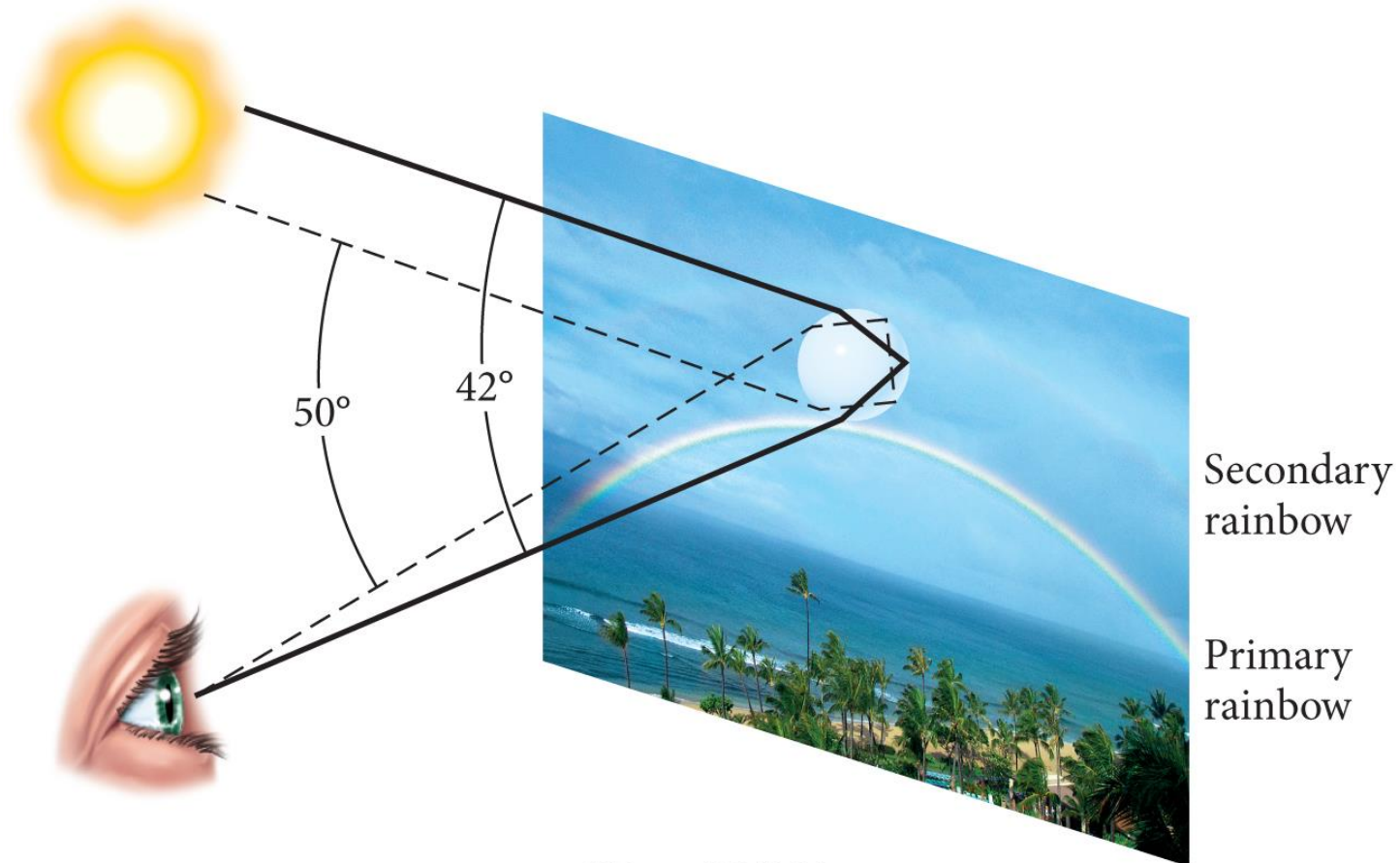


- Mēs varam saprast šo Varavīksne fenomenu, aplūkojot ceļu, kādā gaismas stari iet, kad tie tiek lauhti un atspoguļoti
- No šīs diagrammas var redzēt, ka lielākajai daļai gaismas, kas tiek laužta un atstarota atpakaļ novērotājam, leņķis ir mazāks par 42° .
- **Lielākos leņķos gaisma novērotājam nenonāk skatītāja acīs jo netiek sūtīta atpakaļ.**



Varavīksne

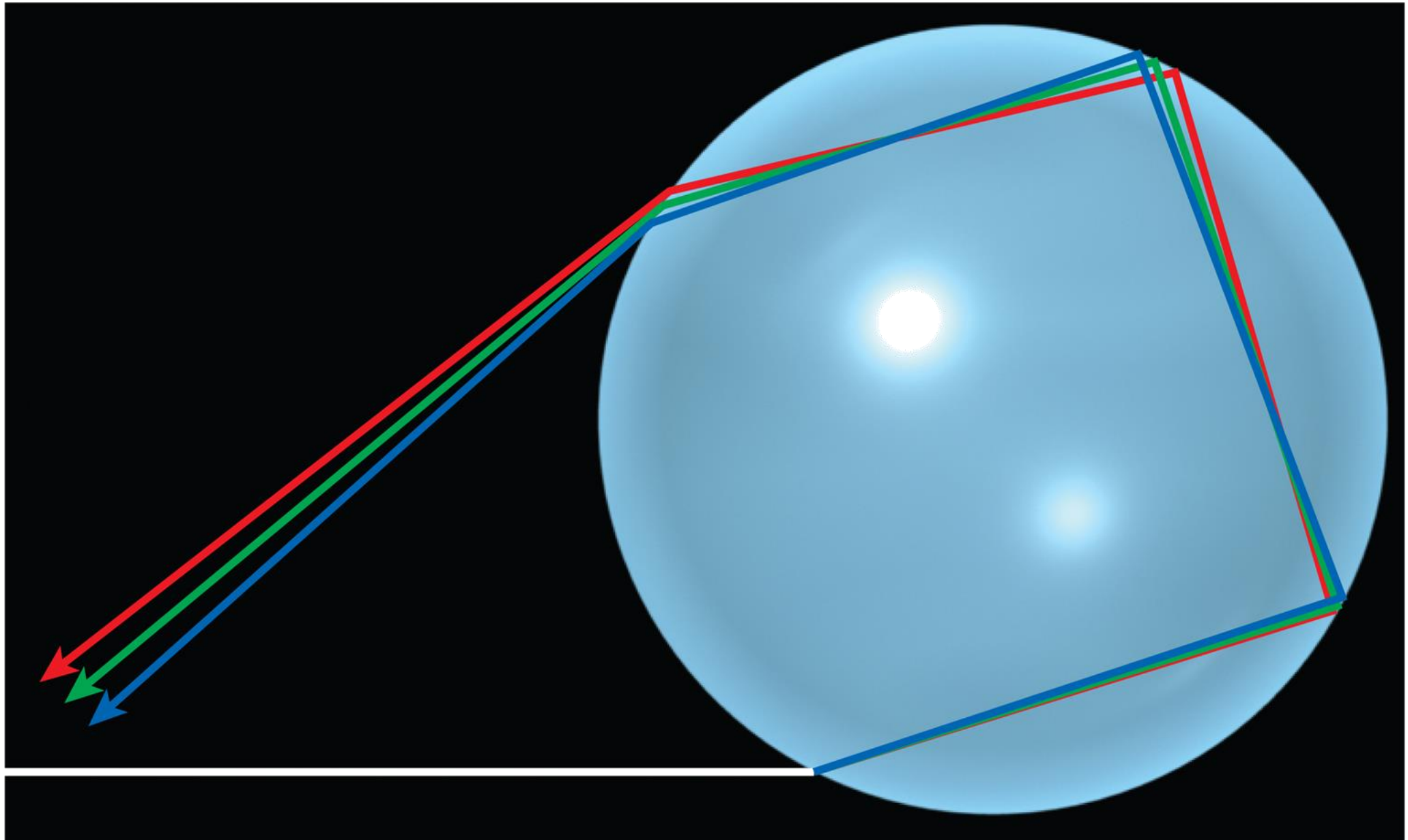
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



© W. Bauer and G. D. Westfall



Labā varavīksnes dienā var redzēt otru varavīksni, ko izraisa gaisma, kas katrā ūdens pilienā atstarojas divreiz. Kur atrodas otrā varavīksne un kāda ir tās krāsu secība?



Pieturpunkts



Viļņu optika

- Gaisma ir EM vilnis.
- Parasti mēs neuzskatām gaismu par **vilni**, jo tās **viļņa garums** ir ļoti īss.
- Mēs apspriedām gaismu kā starus, kas ir piemērots visām fiziskām situācijām, kur mēs varam atstāt novārtā gaismas viļņa garumu salīdzinājumā ar visām pārējām fiziskajām dimensijām.
- Šie stari pārvietojas taisnās līnijās, izņemot gadījumus, kad tie ir **atstaroti vai lauhti**.
- Tagad mēs pievērsamies fizikālajām situācijām, kad mēs vairs nevaram neievērot gaismas viļņa garumu.
- Dažreiz tas novedīs pie diezgan pārsteidzošiem rezultātiem, taču visus šos rezultātus var pārbaudīt eksperimentāli.

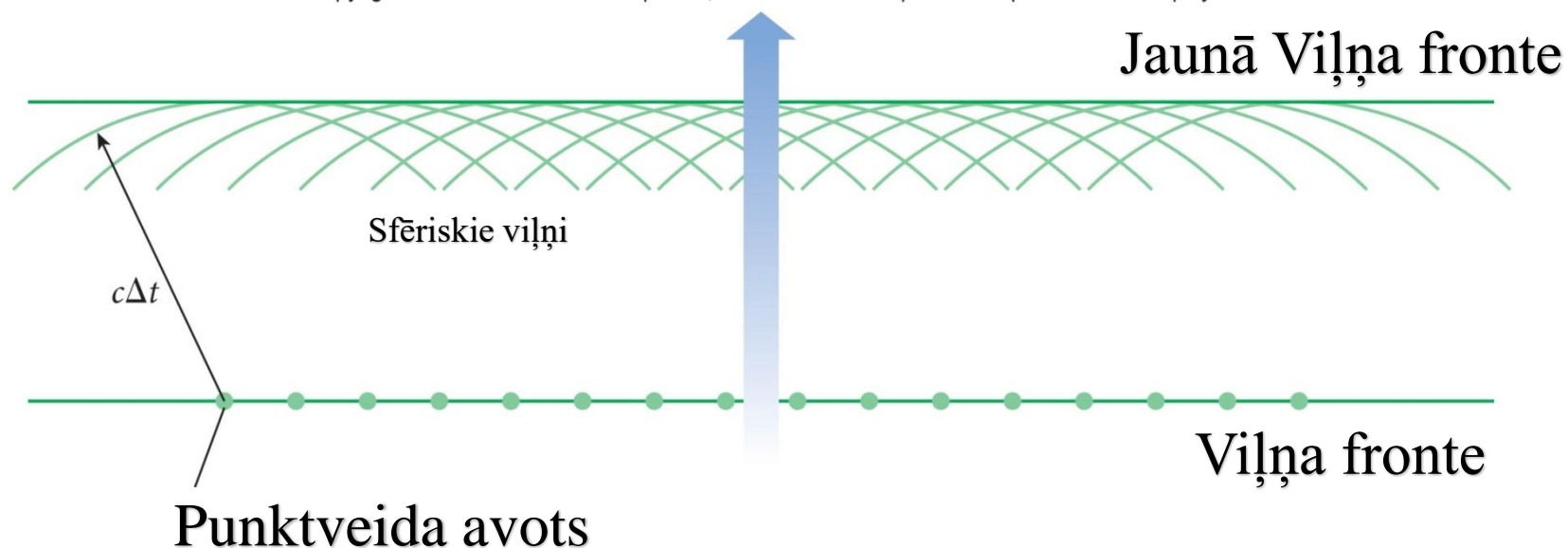
Heigensa princips

- Viens no veidiem, kā saskaņot gaismas viļņu dabu ar gaismas ģeometriskajām optiskajām īpašībām, ir izmantot Heigensa principu, kuru izstrādājis holandiešu fiziķis Kristians Heigenss, kurš 1678. gadā ierosināja gaismas viļņu teoriju, pirms Maksvels izstrādāja savu gaismas teoriju.
- Šis princips **nosaka**, ka **katrs** izplatīšanās **viļņu frontes punkts** kalpo kā **sfērisku sekundāro viļņu avots**.
- Vēlāk šo sekundāro viļņu aploks kļūst par viļņu fronti.
- Ja sākotnējam viļnim ir frekvence f un ātrums v , sekundārajiem viļņiem ir tādi paši f un v .
- Diagrammas, kuru pamatā ir Heigensa princips, sauc par Heigensa konstrukcijām.

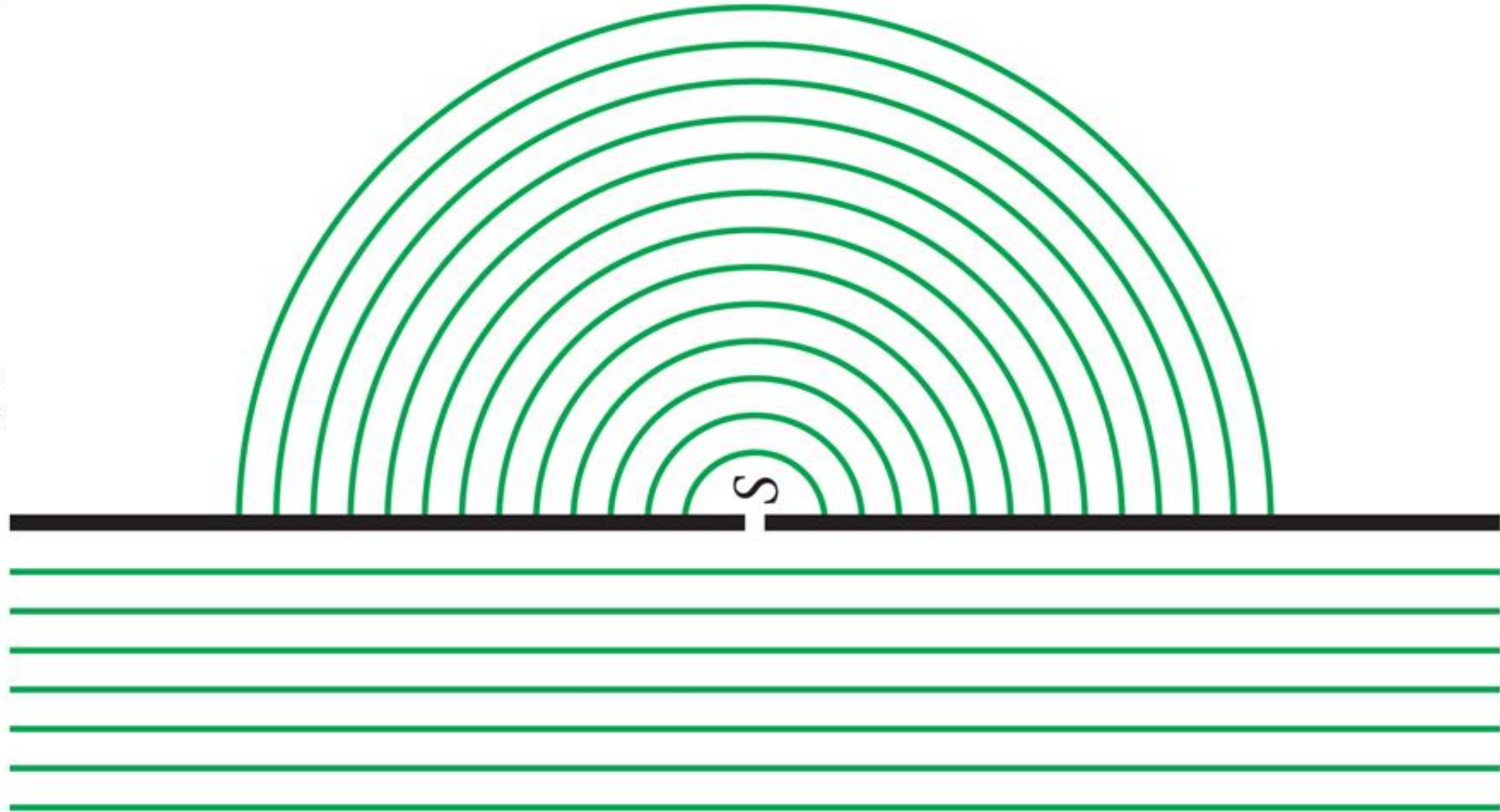
Heigens Konstrukcijas

- Heigensa konstrukcija gaismas viļņiem, kas pārvietojas taisnā līnijā, parādīta zemāk.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

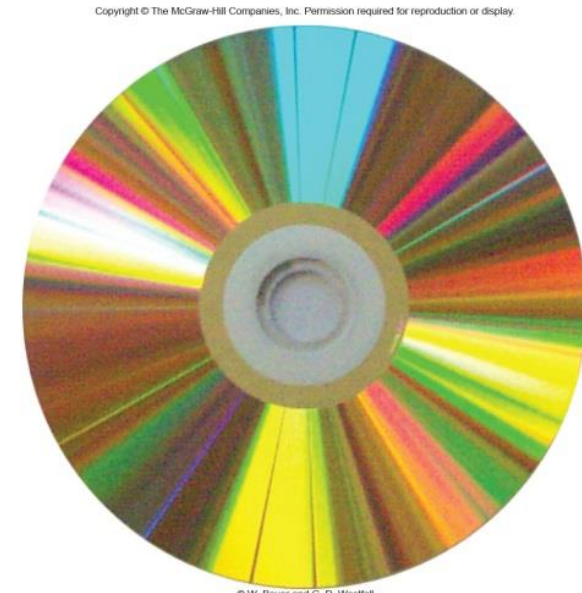


- Izmantojot šo ģeometrisku konstrukciju, mēs varam pateikt, kur konkrētā viļņu fronte būs nākotnē.



Interference

- **Koherentā** gaisma ir gaisma, ko veido **viļņi** ar **vienādu** viļņa **garumu**, kas atrodas **fāzē** viens ar otru.
- Lielisks **koherents** gaismas avots ir **lāzers**.
- Savukārt, spuldžu vai saules gaismas gaisma ir nekoherenta, tas nozīmē, ka viļņiem **var būt atšķirīgs** viļņu garums un **fāžu** attiecības savā starpā.
- Varavīksnē mēs bieži redzam dažādas krāsas, kas atdalītas no saules gaismas ar dispersiju.
- Mēs arī dažreiz redzam dažādas krāsas no saules gaismas, pateicoties konstruktīvām un destruktīvām interferences parādībām uz DVD virsmas, plānās eļļas vai ūdens kārtās vai ziepju burbuļos.

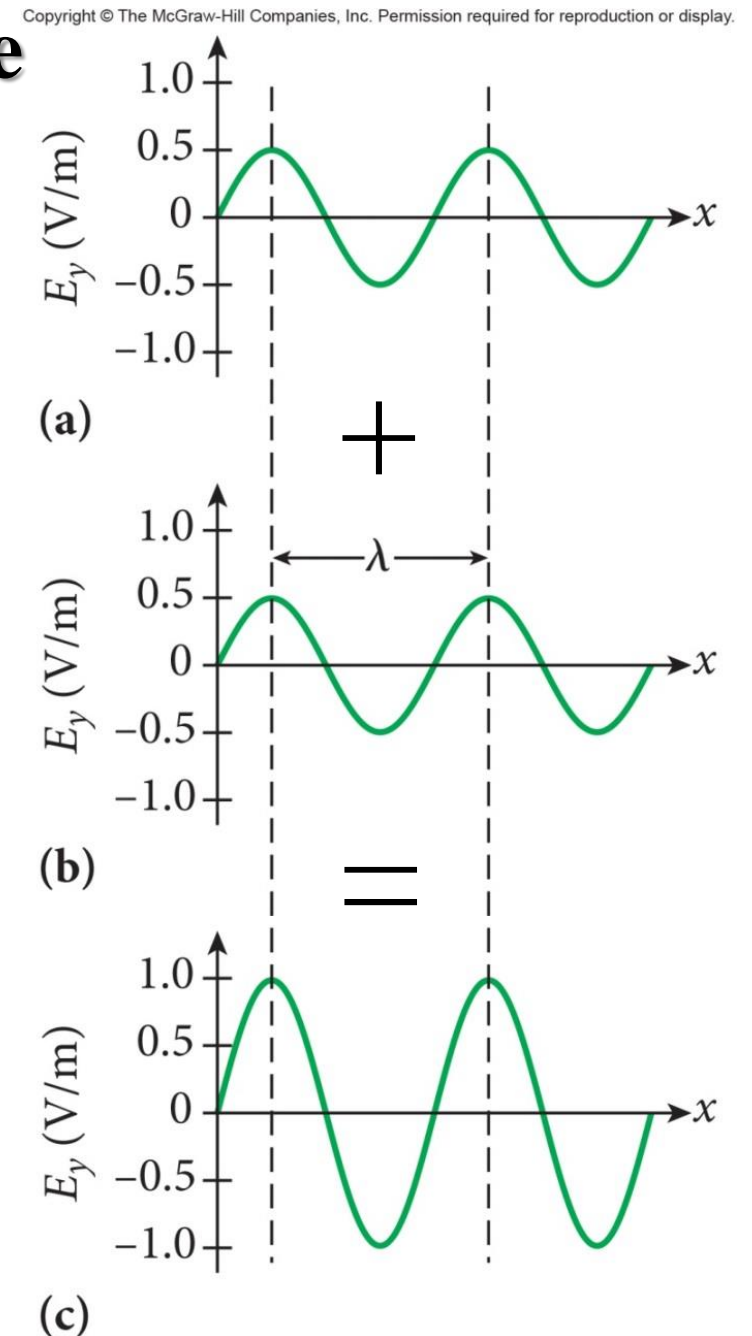


Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

© W. Bauer and G. D. Westfall

Konstruktīvā interference

- Ģeometrisku optiku nevar izmantot, lai izskaidrotu **interferenci**.
- Lai saprastu šīs interferējošās parādības, mums jāņem vērā gaismas **viļņu daba**.
- interference notiek,
 - kad **pārklājas** viena viļņa garuma gaismas viļņi.
- Ja gaismas viļņi atrodas fāzē, tie konstruktīvi interferē, kā parādīts pa labi.



Konstruktīvā interference

- Apgalvojums, ka abi viļņi interferē **konstruktīvi**, ir tas pats, kas teikt, ka abi viļņi **atrodas fāzē**.
- Fāzu starpība 2π radiāni, 360° (viens viļņa garums) radīs arī divus viļņus, kas atrodas fāzē.
- Ja gaismas viļņi virzās no kāda kopēja punkta, tad fāžu starpību var saistīt ar ceļu starpību starp abiem viļņiem.
- Konstruktīvā interference kritēriju dod ceļa starpība Δx , ko dod :

$$\Delta x = m\lambda \quad (m = 0, m = \pm 1, m = \pm 2, \dots)$$

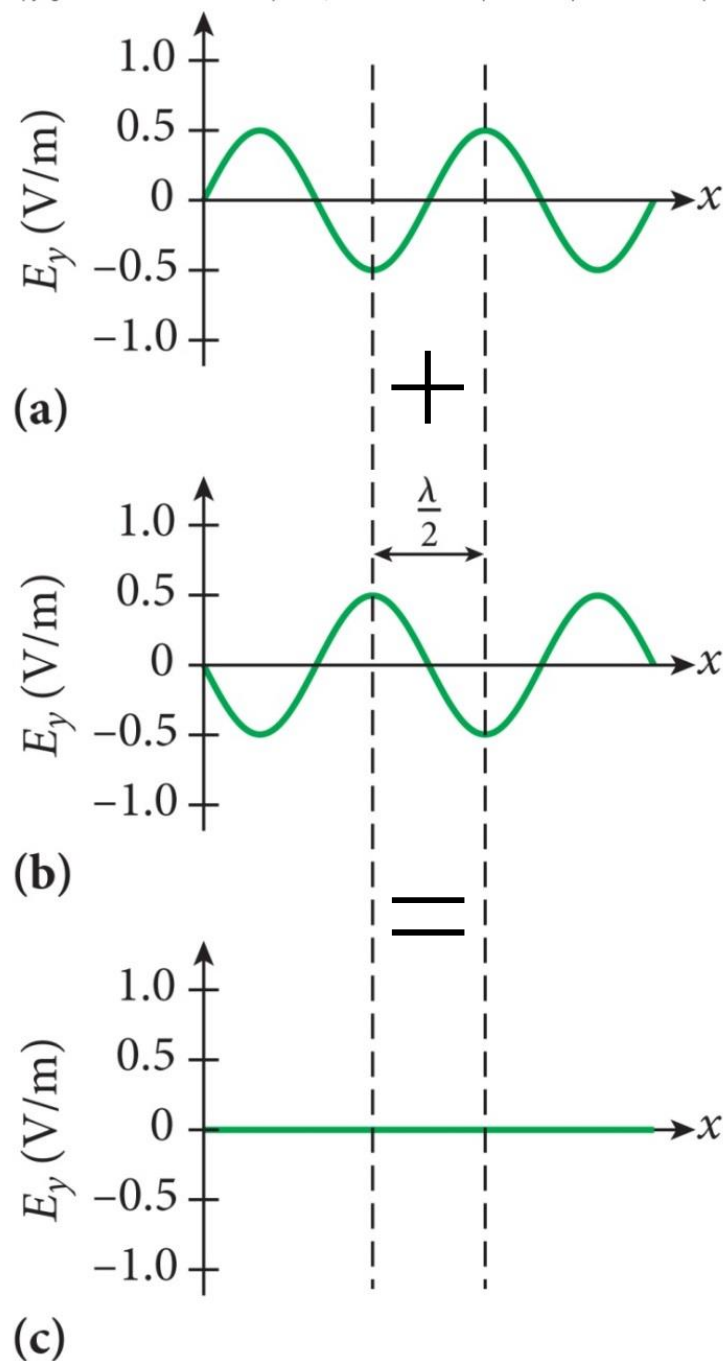
- Divu viļņu amplitūda rada viļņa radīšanu ar tādu pašu frekvenci un viļņa garumu, bet divreiz lielāku **amplitūdu**.

Destruktīvā Interference

- Ja abi gaismas viļņi ir ārpus fāzes, viļņu amplitūdas visur tiks saskaitītas ar nulli un abi viļņi destruktīvi interferēs.
- Fāžu starpība starp abiem viļņiem ir π radiāni, $|180^\circ$ vai $\lambda / 2$.
- Ja abi gaismas viļņi tiek izstaroti no viena avota, mēs varam redzēt, ka Destruktīvā Interference notiks, ja :

$$\Delta x = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda \quad (m = 0, m = \pm 1, \dots)$$

- Amplitūda ir vienāda ar 0 , tātad tumšs attēls/vieta.



Interference - Intensitāte

$$\lambda : (390 \div 750) \cdot 10^{-9} m$$

$$x_1 = A_1 \cos \varphi_1(t) \qquad x_2 = A_2 \cos \varphi_2(t)$$

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi(t); \qquad \Delta\varphi(t) = \varphi_1(t) - \varphi_2(t)$$

I – gaismas intensitāte; $I \sim A^2$, un

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi(t)$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi(t)$$

I. Ja $\Delta\varphi(t) = \text{const}$,

Tad $I = \text{const}$;

$$I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$$

(kad $\cos\Delta\varphi = +1$) — **max.**

$$I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$$

(kad $\cos\Delta\varphi = -1$) — **min.**

II. Ja $\Delta\varphi(t) \neq \text{const}$; Tad $I \neq \text{const}$;

$$\langle I \rangle = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \langle \cos \Delta\varphi \rangle$$

bet $\langle \cos \Delta\varphi \rangle = 0$ un

$$\langle I \rangle = I_1 + I_2.$$

slido



Atgriezeniskā saite - Polarizācija, Dispersija

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.