

OPTIČNI POSKUSI PRI POUKU

primerni tudi za izvedbo na daljavo

MOJCA VILFAN

Institut "Jožef Stefan" - Odsek za kompleksne snovi F7
Fakulteta za matematiko in fiziko UL

SSS, 14. 4. 2022

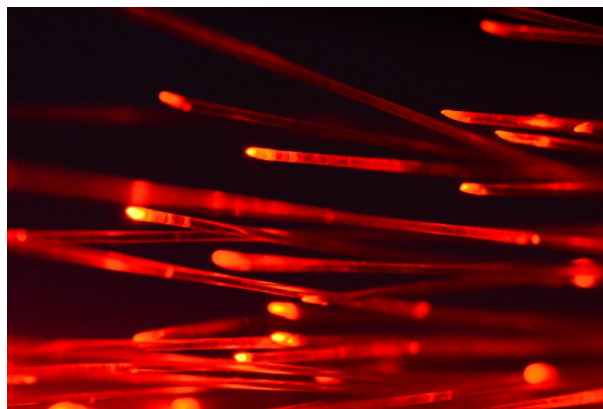
OPTIKA JE VSE, KAR VIDIMO ... in še več

Optika je

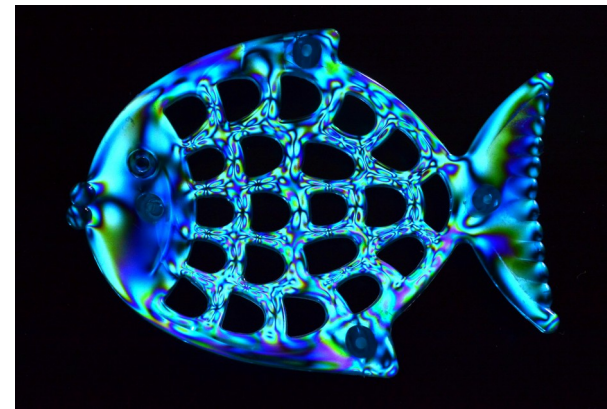
zanimiva



uporabna



lepa.



ZA OPTIKO ZMANJKA ČASA

“Kaj obsega srednješolska fizika?” A. Mohorič, Obzornik mat. fiz. **60**, 143 (2013).

ZA OPTIKO ZMANJKA ČASA

“Kaj obsega srednješolska fizika?” A. Mohorič, Obzornik mat. fiz. **60**, 143 (2013).

Velikost črk nakazuje priporočeno število ur po učnem načrtu.

1. Merjenje, fizikalne količine in enote

2. Premo in krivo gibanje

3. Sila in navor

4. Newtonovi zakoni in gravitacija

5. Izrek o gibalni količini – posebna znanja in izbirne vsebine

6. Izrek o vrtilni količini – izbirno poglavje

7. Delo in energija

8. Tekočine – izbirno poglavje

9. Zgradba snovi in temperatura

10. Notranja energija in toplota

11. Električni naboj in električno polje

12. Električni tok

13. Magnetno polje

14. Indukcija

15. Nihanje

16. Valovanje

17. Svetloba

18. Atom

19. Polprevodniki – izbirno poglavje

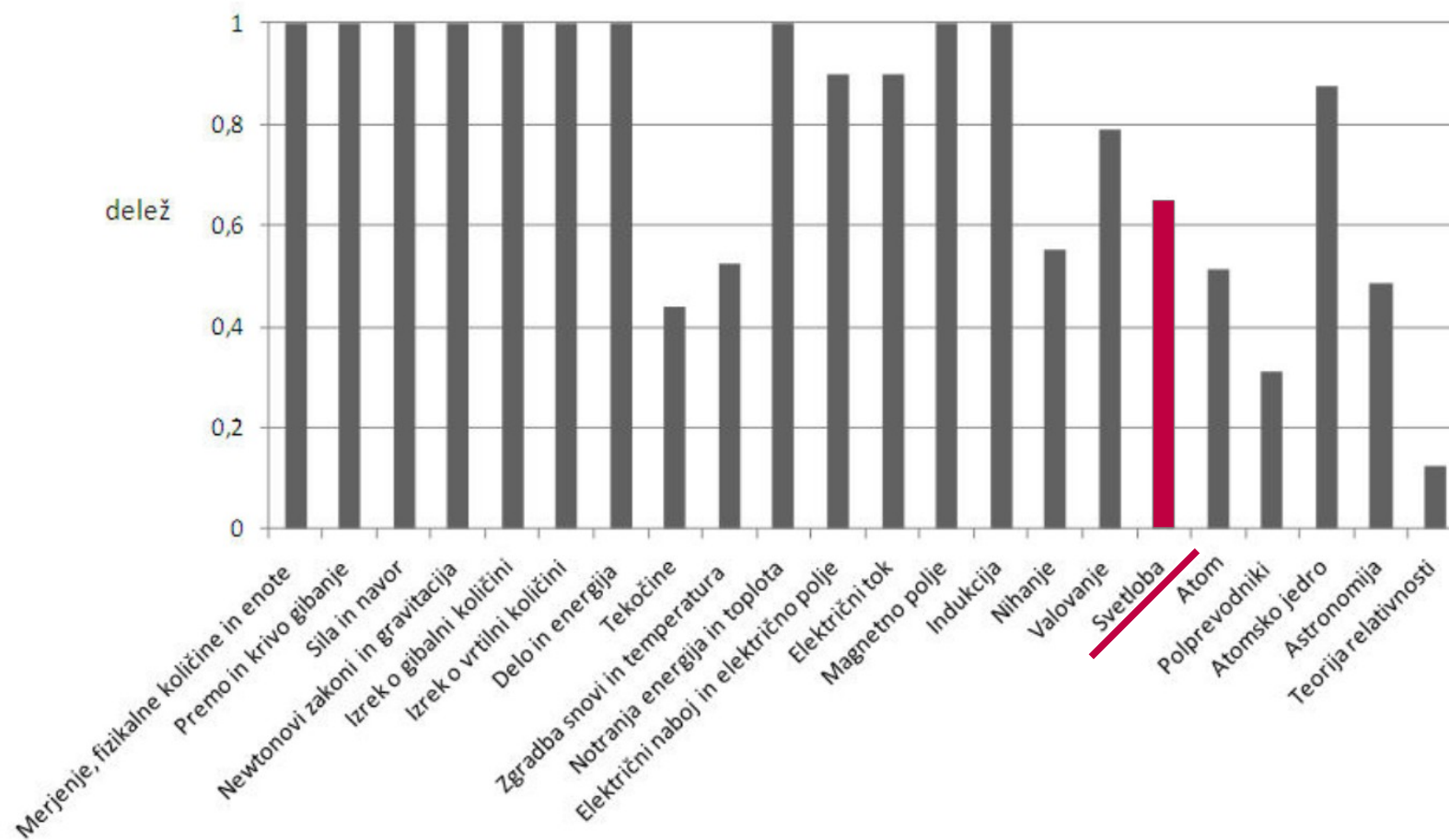
20. Atomsko jedro

21. Astronomija

22. Teorija relativnosti – izbirno poglavje

ZA OPTIKO ZMANJKA ČASA

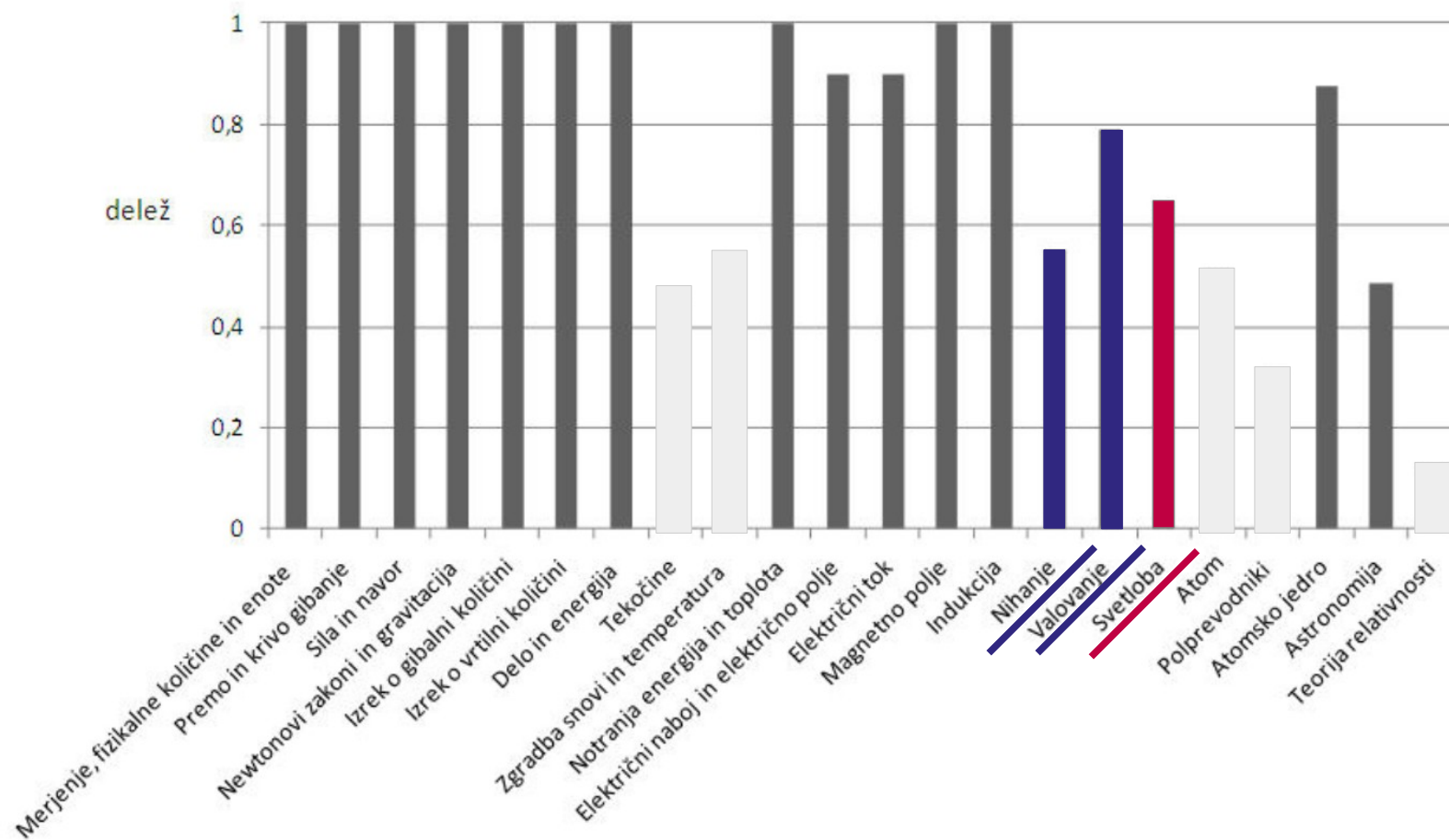
“Kaj obsega srednješolska fizika?” A. Mohorič, Obzornik mat. fiz. **60**, 143 (2013).



Slika 3. Histogram deležev učiteljev, ki obravnavajo določena poglavja.

ZA OPTIKO ZMANJKA ČASA

“Kaj obsega srednješolska fizika?” A. Mohorič, Obzornik mat. fiz. **60**, 143 (2013).



Slika 3. Histogram deležev učiteljev, ki obravnavajo določena poglavja.

ZA OPTIKO ZMANJKA ČASA

“Kaj obsega srednješolska fizika?” A. Mohorič, Obzornik mat. fiz. **60**, 143 (2013).

Učitelji si do neke mere lahko izberejo svojo pot. Zgled je npr. geometrijska optika, ki zahteva najmanj matematičnega predznanja in jo lahko obravnavamo že na začetku. Tematsko sodi za poglavji o valovanju in o svetlobi, ki pa za samo obravnavo nista nujni.

Optika lahko “preskakuje vrsto”:

kot delavnice, plakati, naravoslovni dan, delo na daljavo, delo doma.

OKOLICA : LABORATORIJ

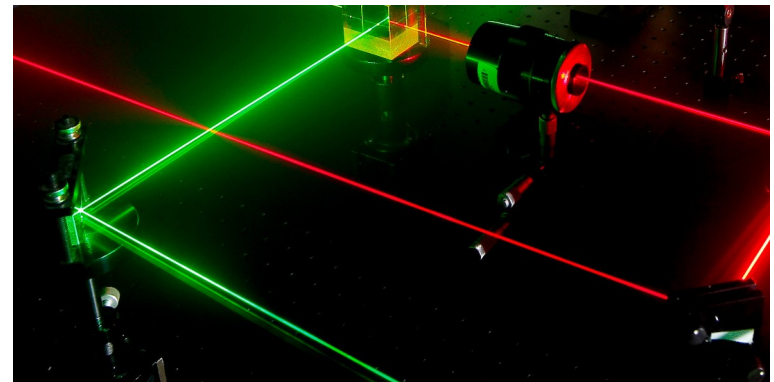
Okolica:

- + naravni pojavi
- + pestrost
- +/- spremenljivost
- nenadzorovanost



Laboratorij:

- + nadzorovanost
- + ponovljivost
- + ustvarimo nove pojave
- specifična oprema



IZZIV: nadzorovana optika doma ali v šoli

Doma:

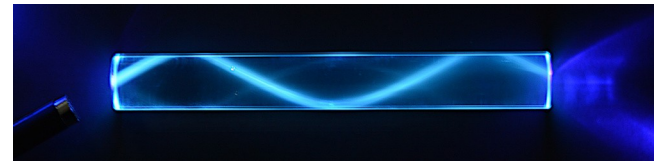
- kaj imajo vsi doma?
- ali vsaj dostopno?



- kaj je varno?
- kaj ni vezano na zunanje okoliščine?

Šola:

- dovoljeni učni pripomočki



- je vidno iz zadnjih klopi?
- ali prek Zooma?

DANAŠNJE DELAVNICE

I) Optika z želatino

II) Linearno polarizirana svetloba

III) Mavrica v kozarcu

IV) Optična aktivnost sladkorja

I) Optika z želatino

Potrebščine: lističi želatine (priprava 2x manj vode kot po receptu),
rezilo,
izvor svetlobe.

Cilji: določiti lomni količnik želatine
izdelava optičnih elementov
lastnosti narejenih elementov

Izziv: ujemanje s teoretično napovedjo?

I) Optika z želatino (naloga)

- določite lomni količnik želatine
- izdelajte različne optične elemente
- skicirajte pot svetlobe skozi elemente
- ujemanje s teorijo?

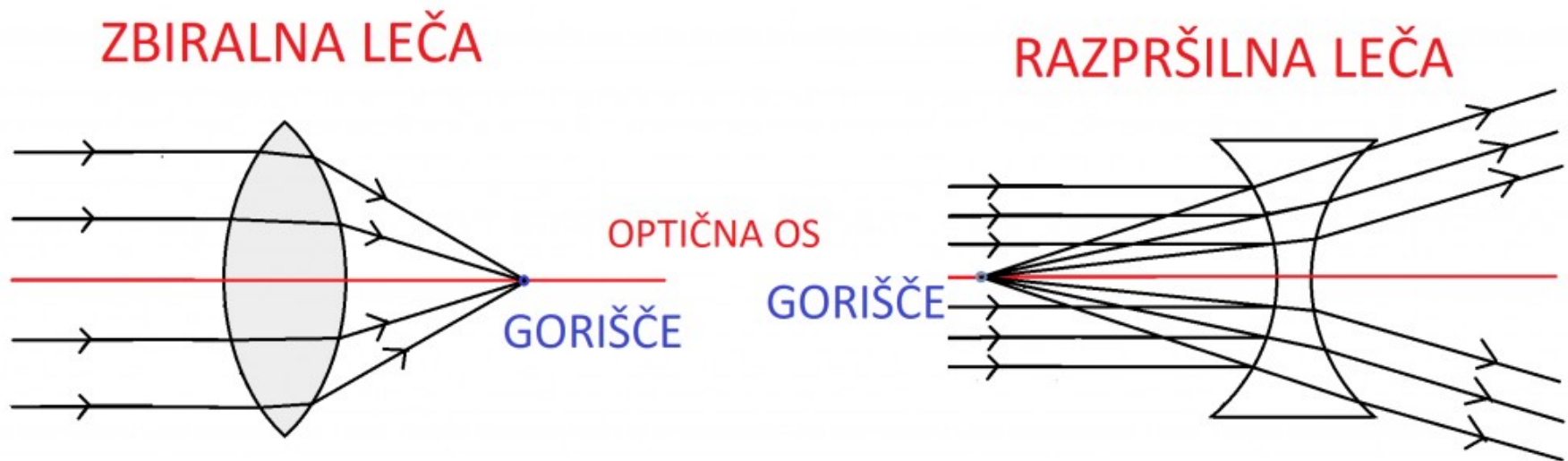
I) Optika z želatino

- določite lomni količnik želatine
 - lomni kot;
 - premik žarka skozi plast želatine;
 - totalni odboj;
 - lom skozi polkrog ...

- izdelajte različne optične elemente
 - zbiralna leča;
 - razpršilna leča;
 - polkrog;
 - krog;
 - optično vlakno ...

I) Optika z želatino

- skicirajte potek žarkov



Vir: svetloba.splet.arnes.si
Avtorici: Manca Cerar in Vida Jurečič

I) Optika z želatino

- ujemanje s teorijo

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right),$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}.$$

bikonveksna $R_1 > 0$ in $R_2 < 0$

bikonkavna $R_1 < 0$ in $R_2 > 0$

- in morebitna utemeljitev odstopanja (npr. debela leča).

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n - 1)d}{nR_1R_2} \right]$$

II) Linearno polarizirana svetloba

Potrebščine: različni izvori svetlobe
linearni polarizatorji (ali polarizacijska sončna očala)

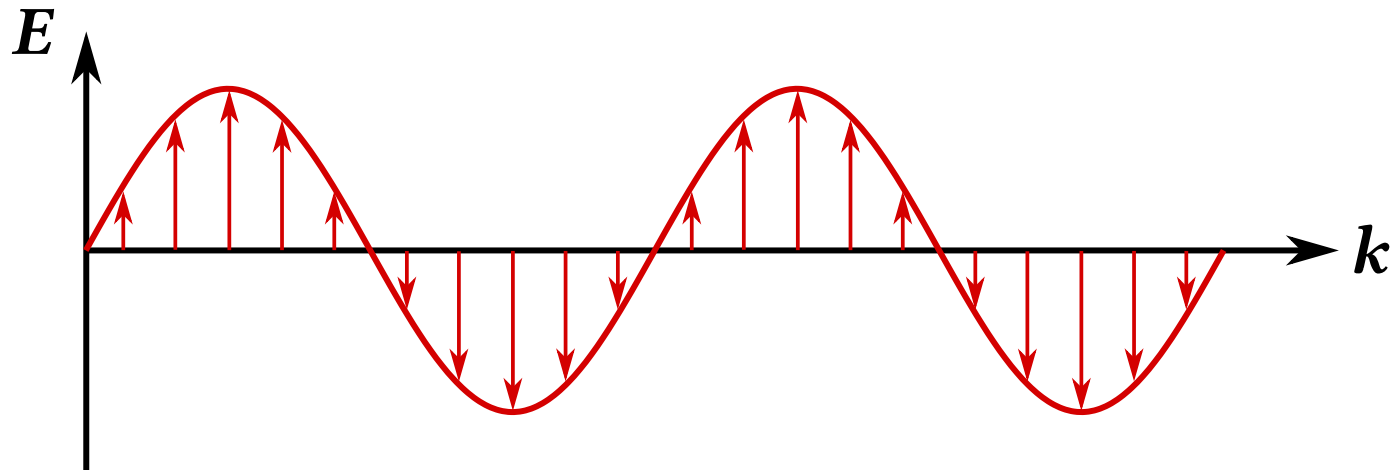
Cilji: spoznati polarizacijo svetlobe
spoznati delovanje linearnih polarizatorjev
določiti polarizacijo svetlobe iz različnih svetil
spoznati odboj polarizirane svetlobe

Izziv: določiti, ali je svetloba polarizirana brez polarizatorja

II) Linearno polarizirana svetloba

Svetloba je elektromagnetno valovanje.

V praznem prostoru sta smeri E in B pravokotni na smer širjenja svetlobe.

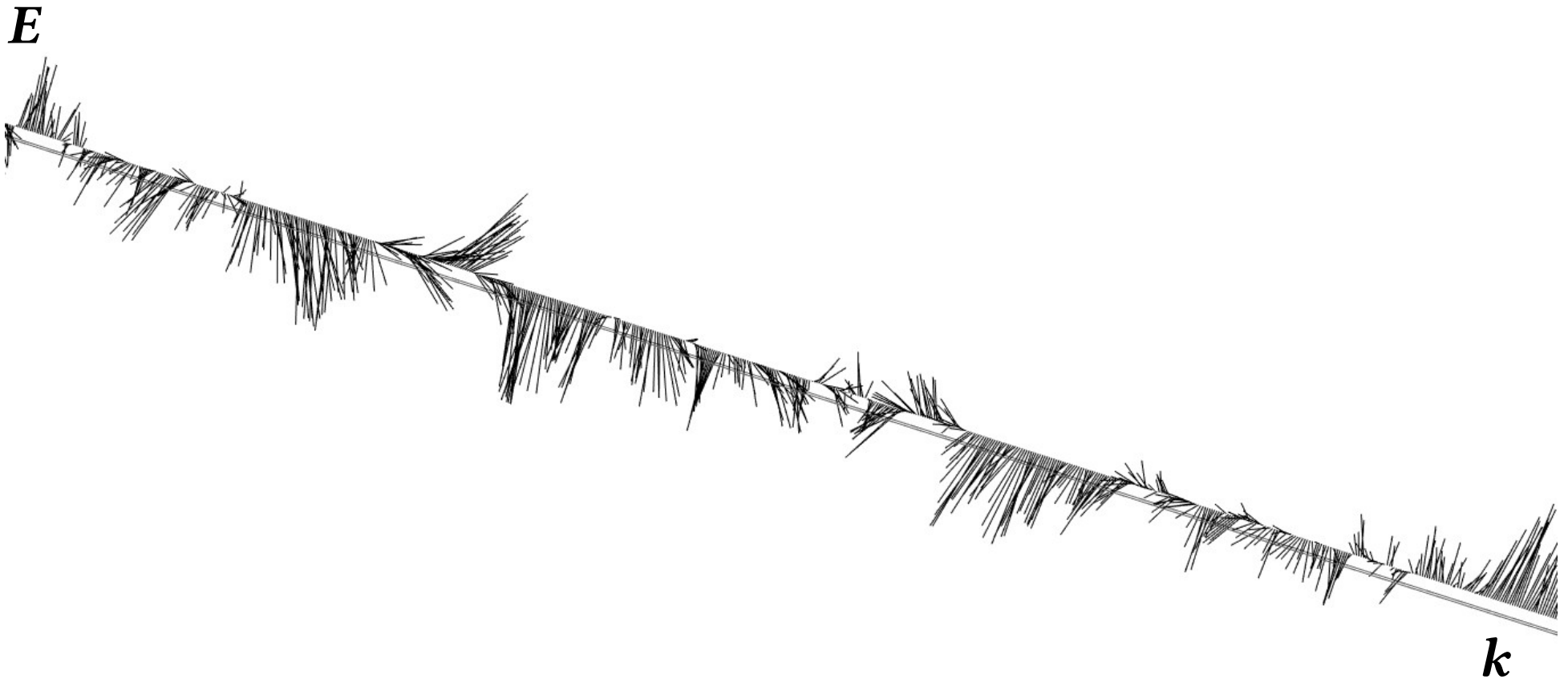


Kadar E niha v eni sami ravnini, je svetloba linearno polarizirana.

Smer vektorja E določa polarizacijo svetlobe.

II) Linearno polarizirana svetloba

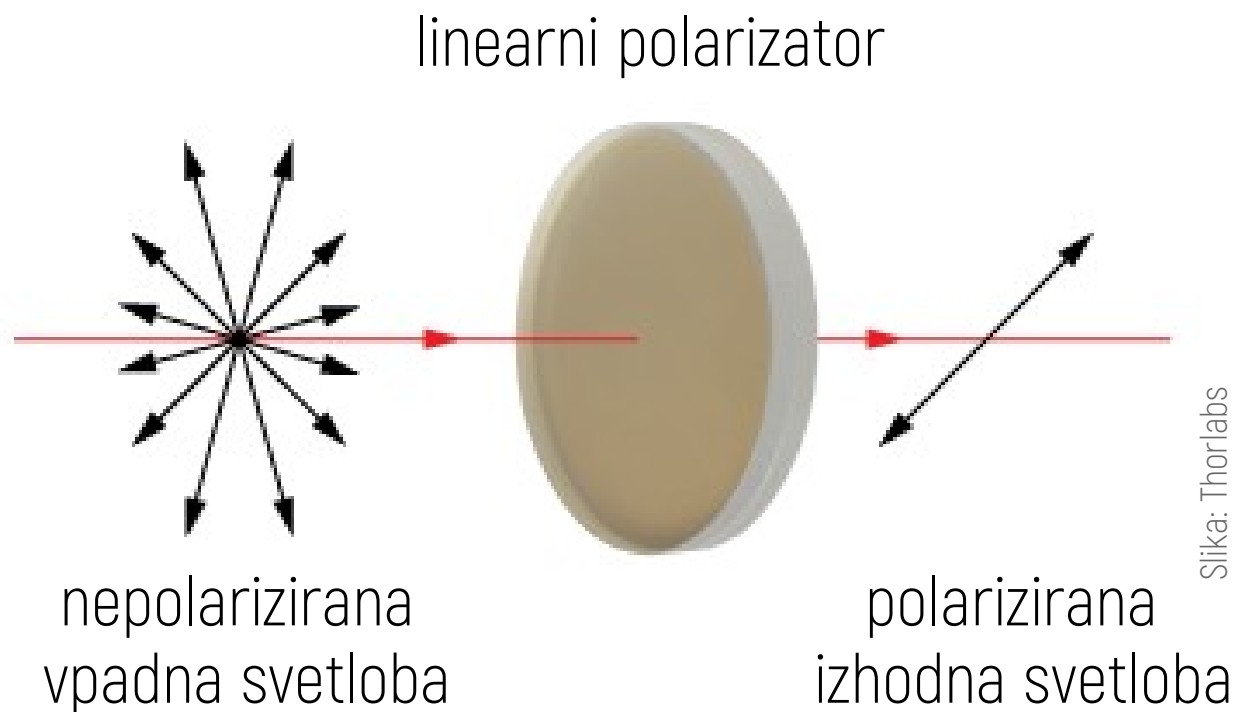
Kadar se smer E hitro spreminja, je svetloba nepolarizirana.



Nepolarizirana svetloba vsebuje vse polarizacije ("obe polarizaciji").

II) Linearno polarizirana svetloba

Linearni polarizator iz nepolarizirane svetlobe naredi polarizirano.



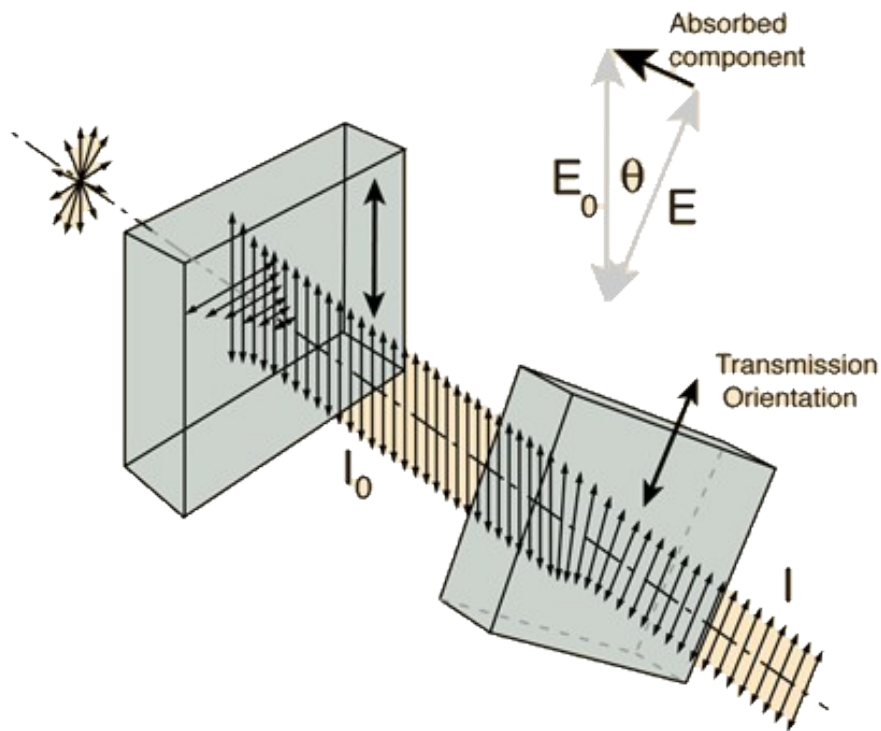
Sukanje polarizatorja povzroči različno polarizirano izhodno svetlobo.
Polarizatorji niso idealni.

II) Linearno polarizirana svetloba (naloga)

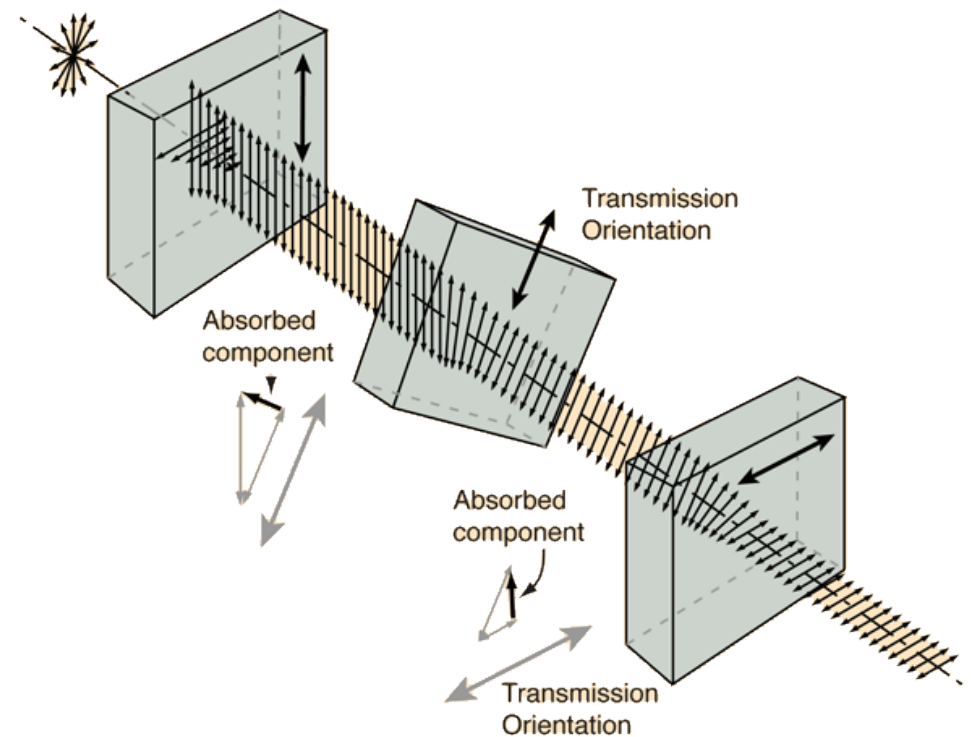
- poiščite čim več izvorov svetlobe v učilnici
in proučite njihovo polarizacijo
- vzemite drug polarizator in
proučujte svetlobo, ki prehaja skozi oba polarizatorja
- vzemite tretji polarizator in
proučujte svetlobo, ki prehaja skozi tri polarizatorje
- proučujte polarizacijo odbite svetlobe

II) Linearno polarizirana svetloba

Prehod skozi dva polarizatorja
(Malusov zakon):

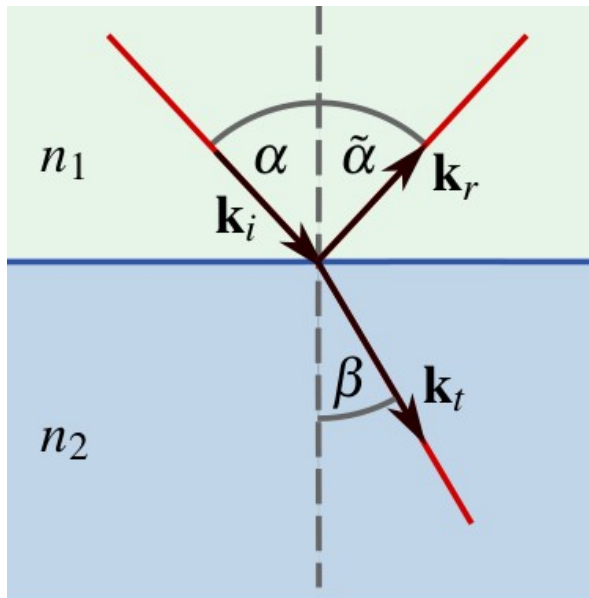


Prehod skozi tri polarizatorje:



II) Linearno polarizirana svetloba

Odboj in lom svetlobe



Odbojni zakon

$$\tilde{\alpha} = \alpha.$$

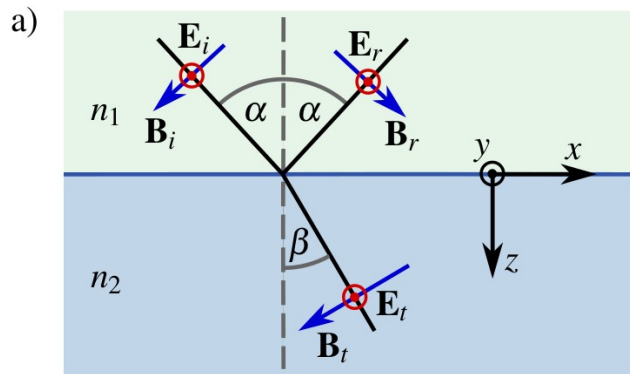
Lomni zakon

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta.$$

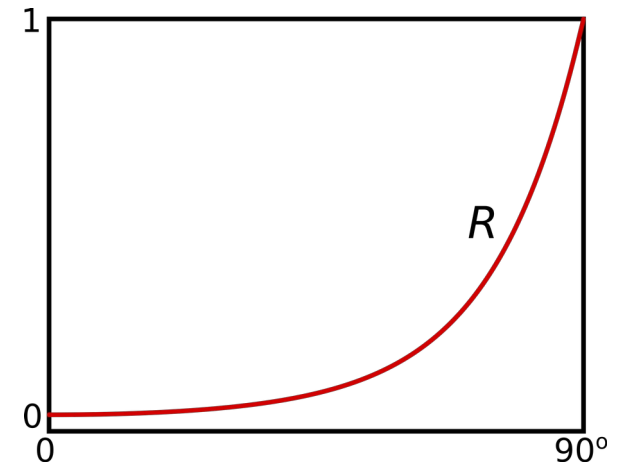
Ni informacije o intenziteti odbite svetlobe, ni informacije o polarizaciji.

II) Linearno polarizirana svetloba

Polarizacijo svetlobe razstavimo na dve ortogonalni komponenti

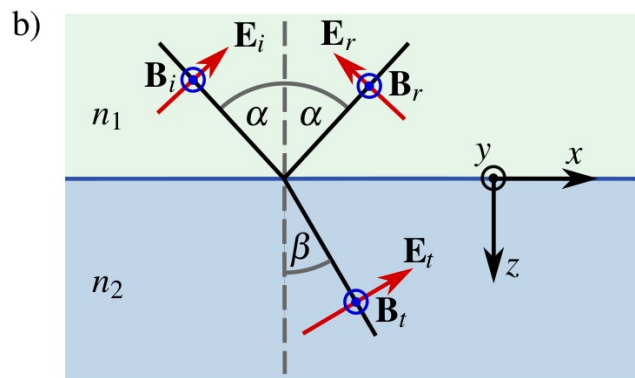


$$r = -\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

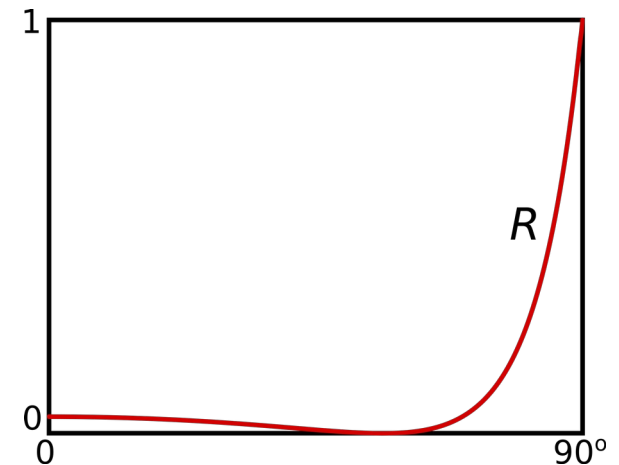


II) Linearno polarizirana svetloba

Polarizacijo svetlobe razstavimo na dve ortogonalni komponenti



$$r = \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)}$$



$$\tan \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$

Brewstrov kot: odbojnost ene polarizacije je enaka nič!

Primer: iz zraka v steklo je Brewstrov kot 56° , iz zraka v vodo pa 53° .

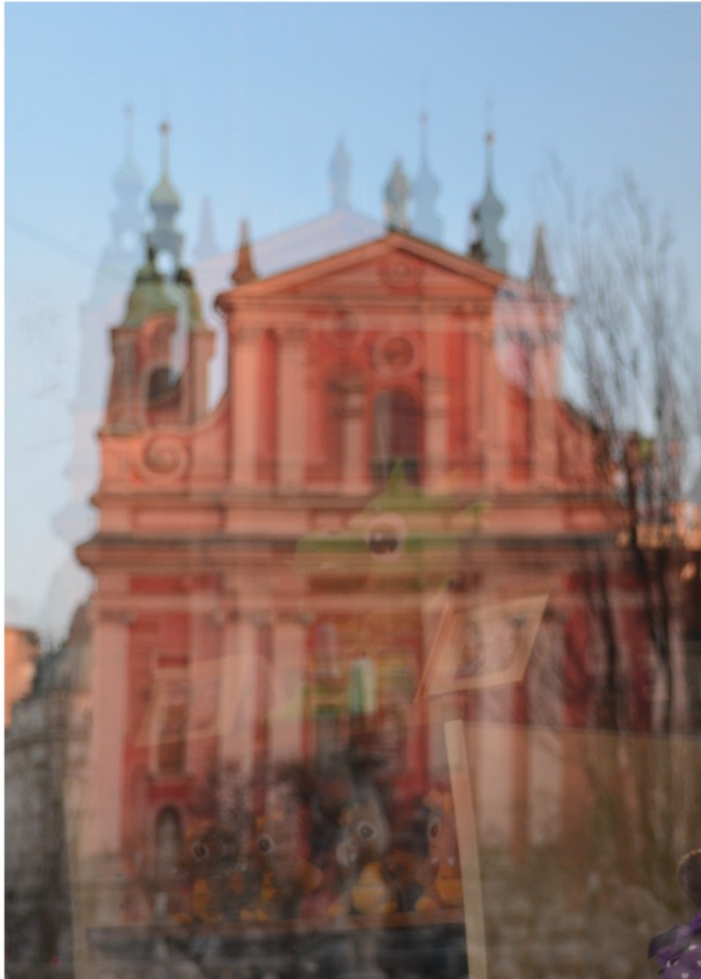
II) Linearno polarizirana svetloba

Brewstrov kot: odbojnost ene polarizacije je enaka nič!

Vsa odbita svetloba je linearno polarizirana!



II) Linearno polarizirana svetloba



Kako torej določimo, ali je izvor svetlobe linearno polariziran ali ne?

III) Mavrica v kozarcu

Potrebščine: izvor svetlobe
kozarec
?

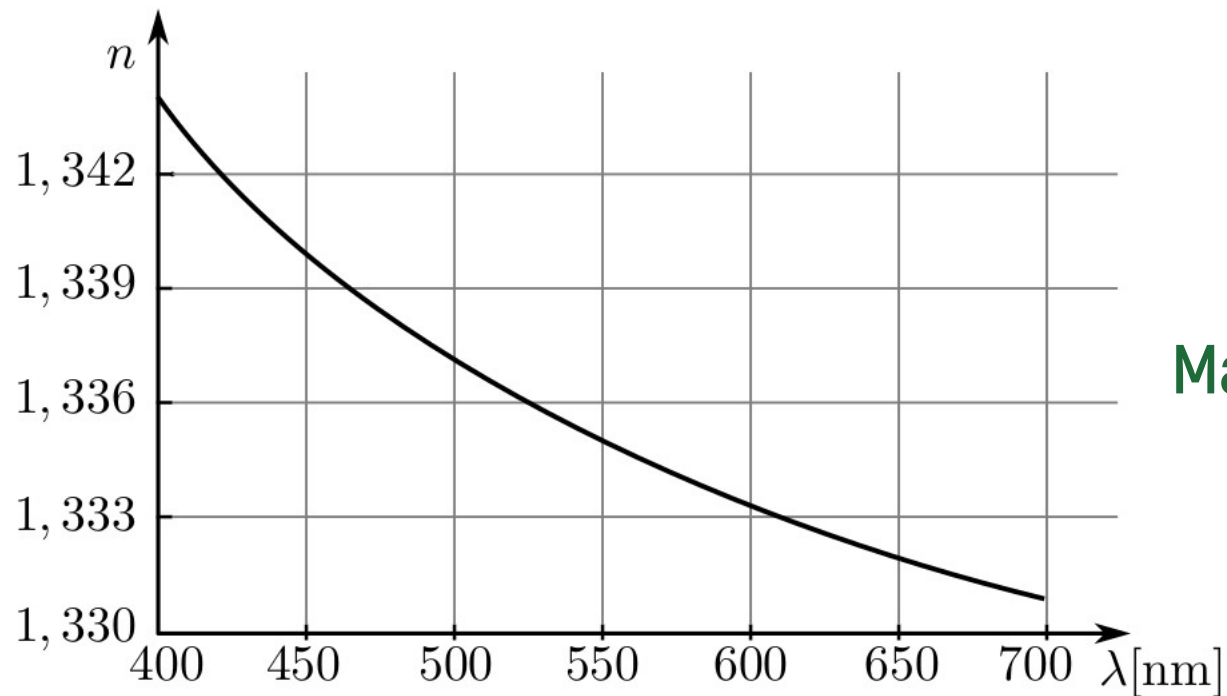
Cilji: ustvariti mavrico
proučiti lastnosti mavrice

Izziv: kako narediti čim bolj realistični model mavrice

III) Mavrica v kozarcu

Mavrica nastane v vodnih kapljicah zaradi disperzije lomnega količnika.

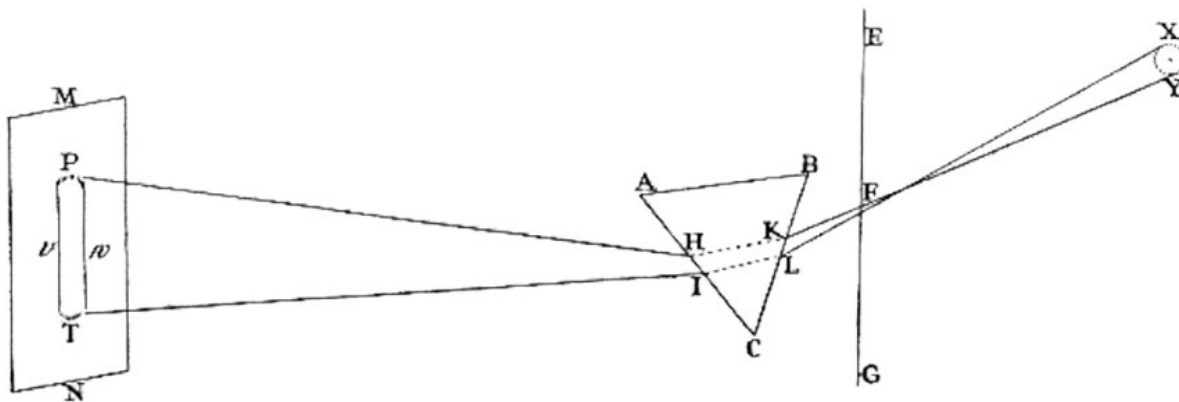
Disperzija pomeni, da je lomni količnik odvisen od valovne dolžine svetlobe.



Majhne razlike!

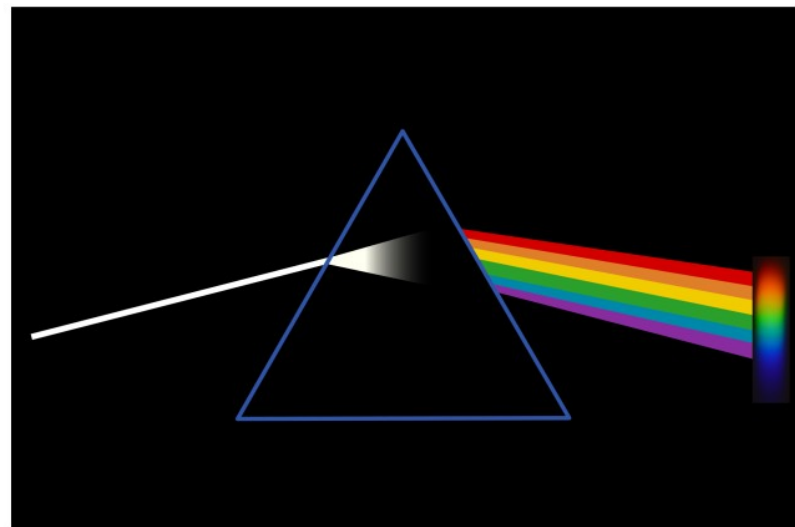
III) Mavrica v kozarcu

Posledično je lomni kot odvisen od valovne dolžine (barve) svetlobe.



Newton: Optika

Vir: www.gutenberg.org



III) Mavrica v kozarcu

Mavrica nastane po odboju v kapljici. Barve se lomijo pod različnimi koti.

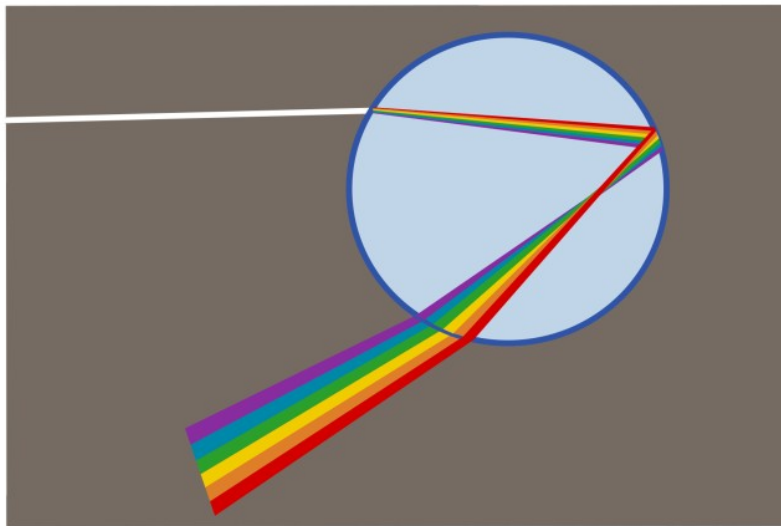


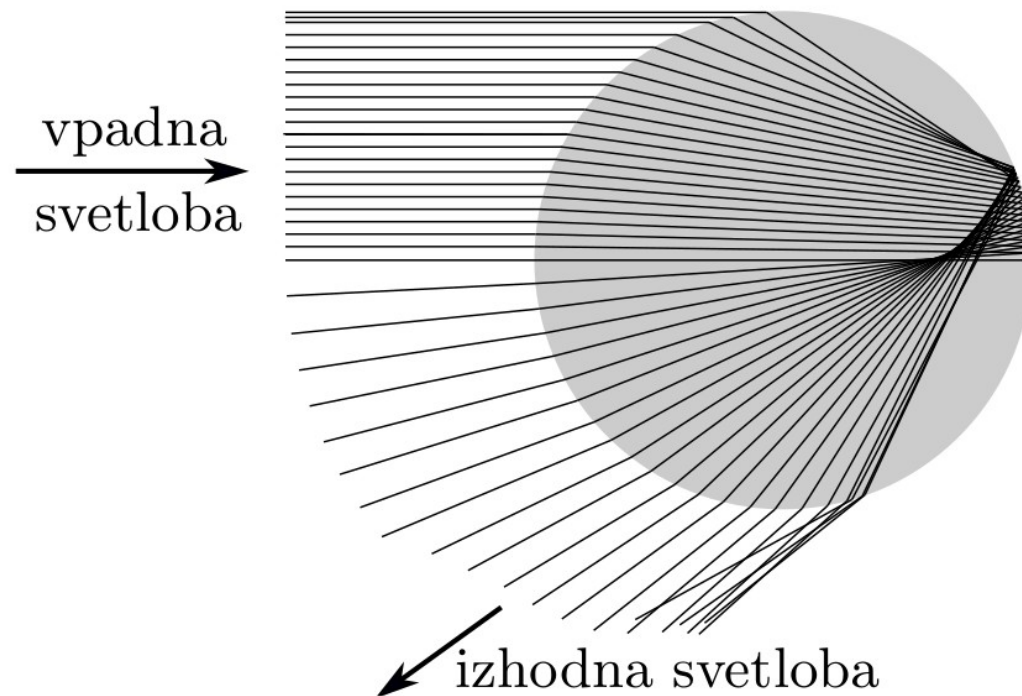
Foto: Alenka Mertelj

Ker so razlike v n majhne, so razlike v kotih zelo majhne:

- rdeča (625-750 nm) med kotoma $42,15^\circ$ in $42,22^\circ$
- vijolična (380-450 nm) med kotoma $40,36^\circ$ in $41,07^\circ$.

III) Mavrica v kozarcu

Natančnejša obravnava je bolj zapletena...



Vpadni žarki (dane valovne dolžine) se zgostijo pri nekem izhodnem kotu. Pod tem kotom vidimo ojačeno izbrano svetlobo.

III) Mavrica v kozarcu (naloga)

- poustvarite mavrico v kozarcu
- opišite, kaj opazite

III) Mavrica v kozarcu

Opazovanje: na zunanji strani mavričnega loka je 'tema'.

Temni pas zunaj mavrice imenujemo **Aleksandrov pas**,

po starogrškem mislecju Aleksandru Afrodizijskem (~200).



III) Mavrica v kozarcu

Opazovanje: mavrica je skoraj polarizirana!

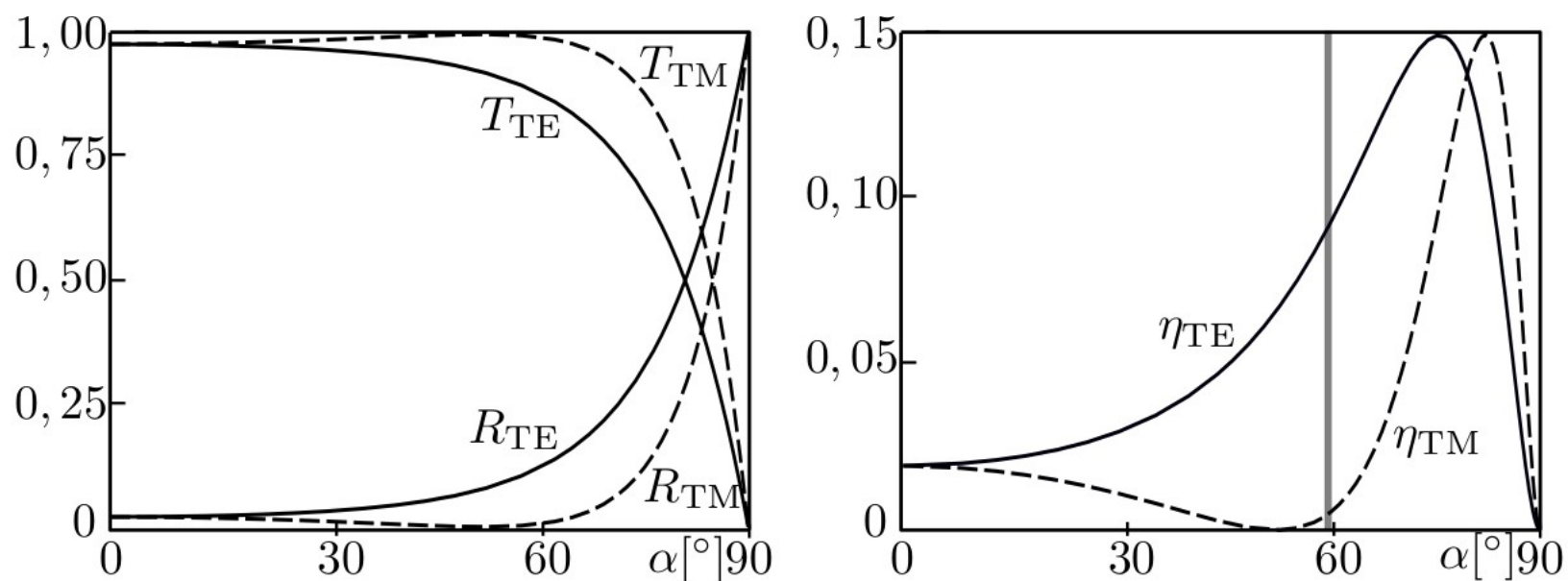


Figure 6: Odvisnost odbojnosti R in prepustnosti T (a) ter produkta $T^2 R$ (b) od vpadnega kota α za ortogonalni polarizaciji TE in TM.

Delež odbite TE polarizirane svetlobe $\sim 0,085$.

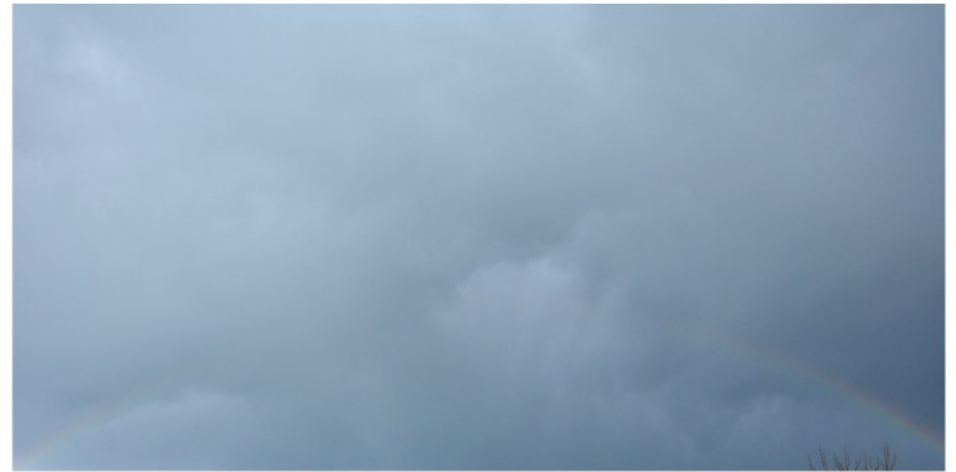
Delež odbite TM polarizirane svetlobe $\sim 0,0027$.

Stopnja polariziranosti

$$\frac{\eta_{TE} - \eta_{TM}}{\eta_{TE} + \eta_{TM}} \approx 94\%.$$

III) Mavrica v kozarcu

Opazovanje: mavrica je skoraj polarizirana!



Mavrica skozi linearni polarizator.

Kakšna je torej prepustna smer polarizatorja na levi in kakšna na desni sliki?

Dodatno: ali znamo v kozarcu/vazi razkloniti svetobo »s prizmo«?

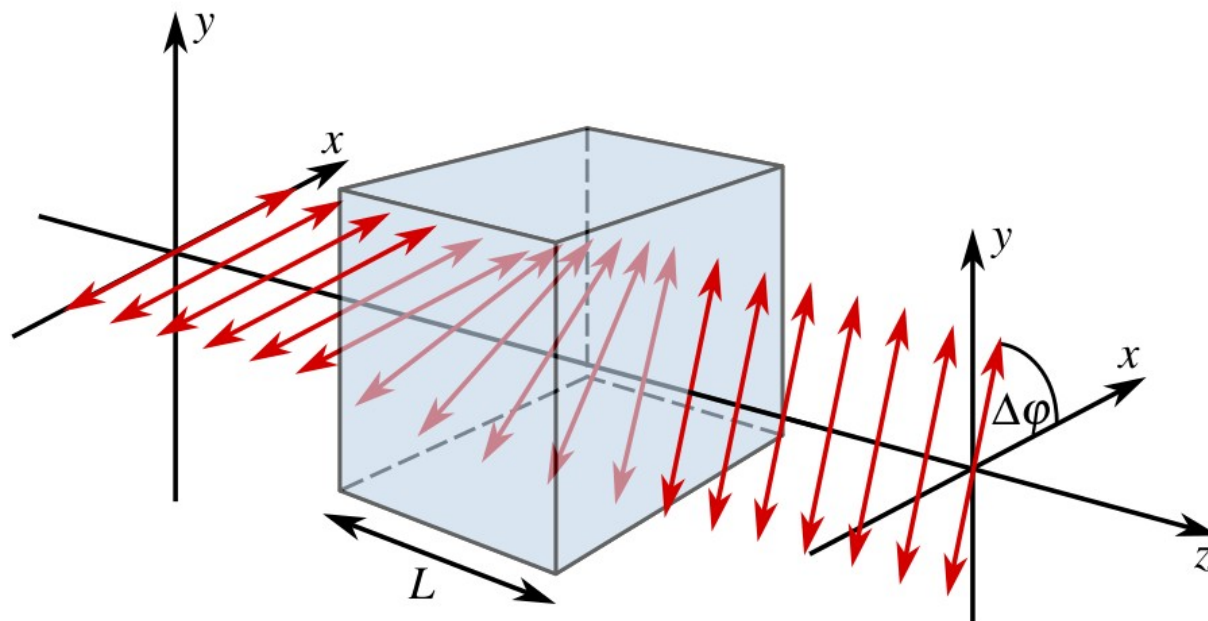
IV) Optična aktivnost sladkorja

Potrebščine: izvor polarizirane svetlobe
kozarec ali vaza
analizator (=polarizator)

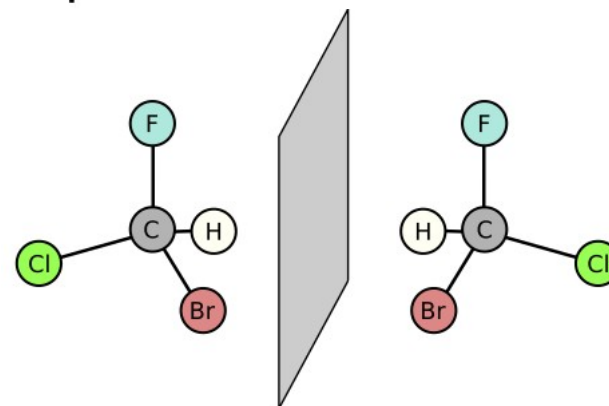
Cilji: spoznati pojav optične aktivnosti
opazovanje optične aktivnosti v sladkorju

IV) Optična aktivnost sladkorja

Optična aktivnost je sukanje ravnine linearno polarizirane svetlobe.



Zgolj kiralne snovi,
na primer sladkor, aminokisljine, kremen ...



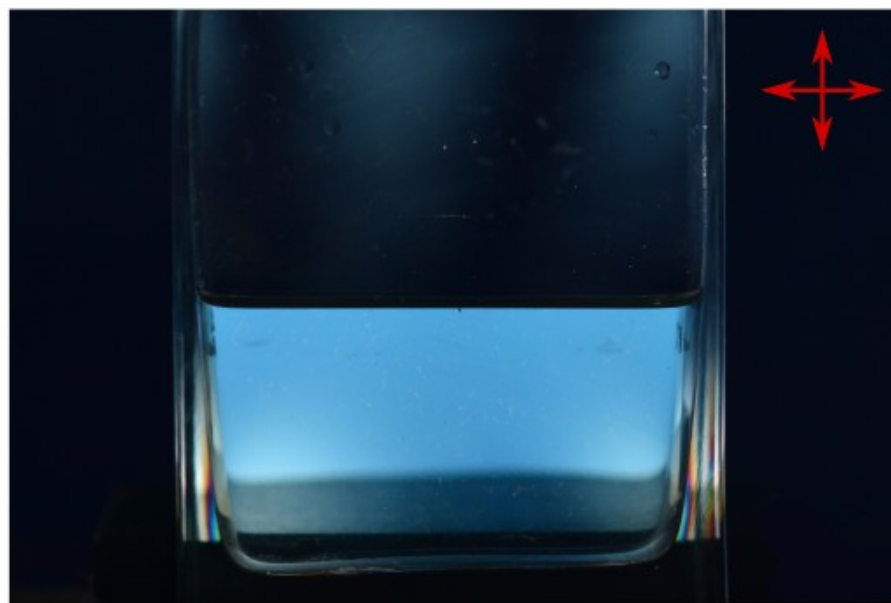
IV) Optična aktivnost sladkorja

Kot zasuka je sorazmeren z dolžino prepotovane snovi in obratno sorazmeren z valovno dolžino svetlobe.

Lahko vpeljemo specifično sučnost snovi β (pri 589 nm, 1 g/cm³ in 20 °C):

$$\Delta\varphi = \beta L$$

Npr za glukozo: 53°/dm.



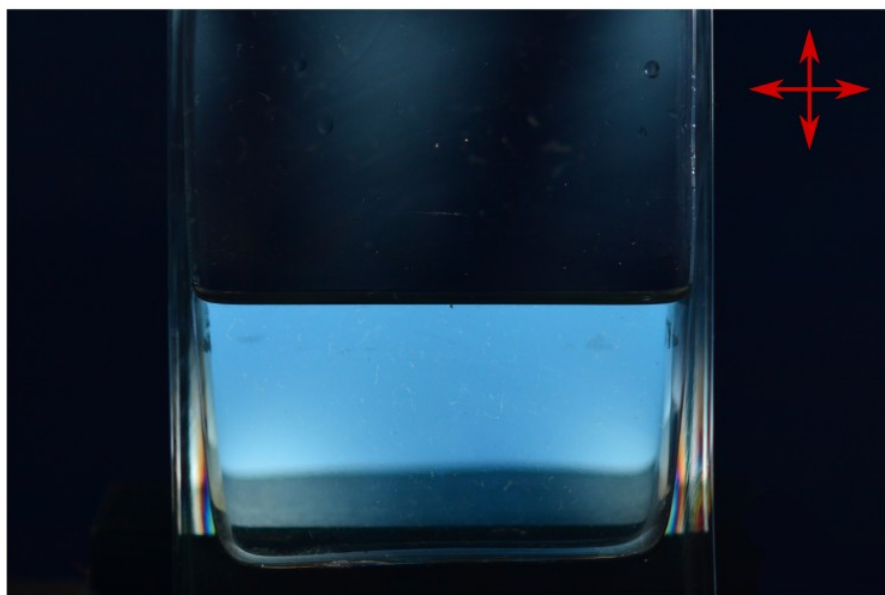
IV) Optična aktivnost sladkorja (naloga)

- določite smer in ocenite kot zasuka v raztopini sladkorja
- ocenite specifično sučnost
- sučite analizator in opazujte prepuščeno svetlobo
- opazujte prepuščeno svetlobo v odvisnosti od dolžine poti skozi snov

IV) Optična aktivnost sladkorja

Saharoza je desno sučna; $\beta \sim 66^\circ/\text{dm}$.

Sukanje analizatorja pomeni različno intenziteto enobarvne svetlobe
oziroma različno barvo prepuščene bele svetlobe.



IV) Optična aktivnost sladkorja

Daljšanje poti skozi raztopino sladkorja pomeni večanje kota zasuka:
enobarvna svetloba spreminja intenziteto
bela svetloba spreminja barvo



ZAKLJUČEK

Optika je vsepovsod okoli nas.

Samo odprimo oči.