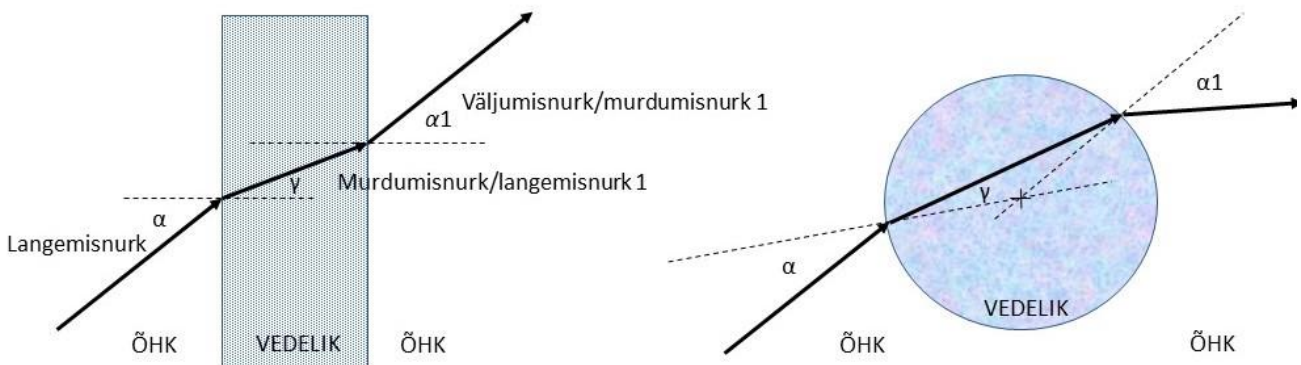


**KLAASEHTE PEITMINE: HAKKAME MÄÄRAMA MURDUMISNÄITAJAID!**

Eksperimentaalse töö juhendi ja jooniste koostajad: Kadri Veende, Ülle Kikas ja Viktoria Sorokina  
Tartu Ülikool, Teaduskool

**TEADUSLIK TAUST**

Valguskiir muudab suunda (murdub) kahe erineva keskkonna piiril. Kui kiir liigub optiliselt hõredamast keskkonnast tihedamasse (nt õhust vette) siis kiire **murdamisnurk** on väiksem kui **langemisnurk**. Kiire murdamisnurk on suurem kui langemisnurk, kui kiir murdub optiliselt tihedamast keskkonnast hõredamasse (nt veest õhku).



Õhust vedelikku murduva kiire langemisnurga ja murdamisnurga järgi saame määrata vedeliku murdamisnäitaja õhu suhtes, mis avaldub valemiga:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$$

Murdumisnäitaja õhu suhtes iseloomustab seda, mitu korda valgus levib vedelikus aeglasemalt kui õhus. Kuna õhus levib valgus praktiliselt sama kiiresti kui vaakumis, siis on meie määratav murdamisnäitaja üsna lähedane absoluutsele murdamisnäitajale, mis näitab, mitu korda uuritavas vedelikus valgus levib aeglasemalt kui vaakumis. Seega saame lihtsa nurkade mõõtmise katsega teada valguse kiiruse muutumisest erinevates ainetes.

Mõnikord võib valguskiir kahe aine lahutuspinnast ka otse läbi minna. Sel juhul me ei näe silmaga kahe keskkonna erinevust. Valguskiir ei muuda suunda, kui see langeb kahe keskkonna lahutuspinnale ristsirge sihis. Samuti ei muuda kiir suunda, kui see läbib kahe erineva aine lahutuspinda, mille murdamisnäitajad on võrdsed.

### Ülesande kirjeldus

Katses tuleb uurida laserikiire murdumist kolmes vedelikus (vees, õlis ja siirupis), et määrata nende murdumisnäitajad. Katse põhjal tuleb otsustada, millises vedelikus saab nähtamatuks muuta (ära peita) klaasehet, mille murdumisnäitaja on teada.

### Vajalikud vahendid:

- A3 formaadis aluspaber skeemiga;
- roheline laser;
- statiiv laseri kinnitamiseks;
- väike paberileht (ekraan) laserikiire „jälitamiseks“;
- kolm 250 ml keeduklaasi vee, siirupi ja õliga;
- plasttops;
- kontoritarbed: mall, joonlaud, terav pliiaats;
- maalriteip;
- sülearvuti;
- klaasehte peitmiseks saad pärast murdumisnäitajate määramist.

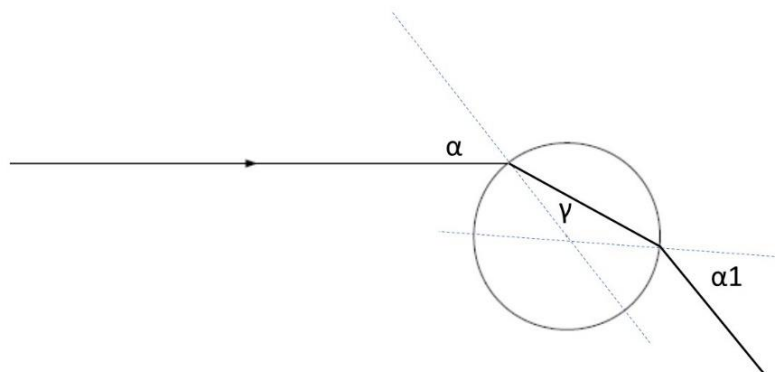
**NB! OHUTUSNÕUE: Laserisse ei tohi vaadata! Vajuta laser tööle ainult siis, kui midagi möödad!**

### Töö käik:

#### **LASERIKIIRE SUUNAMINE JA LANGEMISNURGA MÄÄRAMINE**

1. Aluspaberile on eelnevalt joonistatud sirge ja keeduklaasi põhja suurune ringjoon (vt joonist 1). Noolega sirge kujutab laserikiire liikumist ning lõikub ringjoonega kohas, kus laserikiir siseneb vedelikuga täidetud keeduklaasi. (Keeduklaasi seina paksuse jätame selles katses arvestamata.)
2. Kinnita aluspaber nurkadest maalriteibiga lauale. Joonista ringjoone ja sirge lõikumispunktile katkendliku joonega **ristsirge**, mis ulatuks ca 8 cm mõlemale poole kiire langemispunkti.

**NB!** Ringjoone ristsirge on ringjoone mistahes punkti ja ringi keskpunkti (aluspaberi tähistatud täpiga) ühendav sirge. Nurka mõõdetakse kiire ja kiire langemispunkti joonistatud pinna ristsirge vahel!



Joonis 1 Laserikiire käik (täisjoon), langemisnurk  $\alpha$ , murdumisnurk  $\gamma$ , ristsirged ja murdumisnurk  $\alpha_1$

3. Mõõda malliga laserikiire langemisnurk  $\alpha$  ja märgi see **arvutiprotokoll**i ning kirjuta ka aluspaberile!

**NB!** Aseta väikse malli alumine serv piki mõõdetava nurga üht haara nii, et malli nullpunkt asub täpselt nurga tipus! Loe nurga teise haara järgi malli skaalalt nurga suurus.

**Juhis õpetajale:** valmistage ette Exceli fail mõõdetud nurkade sisestamiseks ning kirjutage faili valemid, mis arvutavad murdumisnäitaja. Kui Teil on heade IT-oskustega õpilased, paluge neil endal fail näidise järgi valmis teha.

4. Kinnita laser ettevaatlikult statiivi külge (võimalikult madalale). Veendu, et laser on kindlalt paigal. Paiguta statiiv aluspaberi suhtes nii, et laser oleks suunatud piki aluspaberil olevat sirget.
5. Oluline on tagada, et laseri kiir kulgeks täpselt aluspaberile joonistatud sirge kohal. **Kuidas seda teha?**
- 5.1. Laseri kiire „jälitamisel“ on abiks väike paber (ekraan). Joonista sellele peene pliitsi ja joonlaua abil joon, mis on risti paberi pikema küljega.
- 5.2. Hoia ekraani **püstiselt** ringjoone lähedal, nii et ekraanile joonistatud joon on kohakuti aluspaberil oleva joonega.
- 5.3. Lülita laser sisse ja liiguta laserit või statiivi nii, et laseri valgustäpp langeks täpselt ekraanil olevale joonele.
- 5.4. Nüüd liiguta ekraani piki sirget ja kontrolli, kas laseritäpp on joonel. Kui mitte, siis vii täpp joonega kohakuti ja kontrolli uuesti täpi asendit ekraani varasemas asukohas.
- 5.5. Korda toodud tegevusi seni, kuni laseri kiir on täpselt sirgele joondatud (sõltumata ekraani asukohast sirgel on laseritäpp ekraani joone peal).

## KIIRE MURDUMINE ERINEVATES VEDELIKES

6. Järgnevalt hakkame uurima, kuidas laserikiire teele asetatud erinevad vedelikud muudavad kiire liikumise suunda ja määrame uuritavate vedelike murdumisnäitajad. Selleks tuleb mõõta õhust vedelikku liikuva laserikiire murdumisnurk  $\gamma$  (lisaks juba mõõdetud langemisnurgale  $\alpha$ ).
7. Aseta veega keeduklaas ringi peale, võimalikult täpselt ringi keskele. Klaasi asendit saad kontrollida, kui eemaldad keeduklaasilt fooliumi ja vaatad klaasi ülalt.
- NB!** Kui klaas või laser paigast nihkuvad, siis tuleb langev kiir uuesti sirgele joondada ja klaas ringile asetada ning punktide määramist korrata!
8. Lülita laser tööle ja jälgi ekraani abil kiire teed pärast keeduklaasist väljumist. Otsi ekraani abil üles kiire väljumiskoht ning aseta ekraan **püstiselt** katseklaasi najale nii, et täpp on joone peal. Märgi joone lõikumiskohas aluspaberile (võimalikult keeduklaasi lähedale) kiire väljumispunkt. Järgi ekraani joone abil klaasist väljunud kiirt ja märgi aluspaberile veel kaks punkti, mida klaasist väljunud kiir läbib – esimene keeduklaasi lähedale ja teine kaugemale. Kui täpp on hajunud laiguks, siis märgi aluspaberile laigu keskkohat.

9. Tõsta keeduklaas aluspaberilt ära ja tõmba läbi saadud punktide joonlaua ja peene pliiatsi abil sirge, mis ulatub paberi servast ringjooneni. Kirjuta selle joone juurde **VESI**. See joon kujutab veest väljunud kiire liikumist.
10. Tähistä aluspaberil kiire väljumisnurk veest  $\alpha_1$ , mis tekib väljunud kiire ja väljumispunktis joonistatud ringjoone ristsirge vahele. Mõõda nurga suurus malliga ja märgi see **arvutiprotokoll** ning kirjuta aluspaberile!
11. Teades, et valgus levib sirgjooneliselt ka vedeliku sees, saad nüüd joonistada laserikiire tee läbi veega täidetud keeduklaasi. Selleks joonista ringi sisse sirge, mis ühendab laserikiire sisenemis- ja väljumispunkte. Nüüd on aluspaberil terviklik laserikiire teekond läbi vee!
12. Tähistä aluspaberil õhust vette murdunud **laserikiire murdumisnurk  $\gamma$  (gamma)**. See on nurk vette murdunud kiire ja pinna ristsirge vahel. Mõõda nurk  $\gamma$  malliga ja märgi see arvutiprotokoll ning kirjuta aluspaberile!
13. Korda siirupi ja õliga punktides 7 – 9 kirjeldatud tegevusi, et joonistada aluspaberile laserikiire teekonnad läbi siirupi ja õli. Kirjuta saadud joonte juurde (paberi serva lähedale) **SIIRUP** ja **ÕLI**.
14. Joonista kiire teekonnad läbi siirupi ja õli (korda punkti 11) ning mõõda laseri **kiire murdumisnurgad ( $\gamma$ )** siirupis ja õlis (korda punkti 12). Märgi murdumisnurgad arvutiprotokoll ning aluspaberile!

## JÄRELDUSED JA ANALÜÜS

15. Suurema murdumisnäitajaga aine muudab laseri kiire suunda rohkem. Vaata oma jooniselt, millisel vedelikul on kõige suurem murdumisnäitaja – kas veel, siirupil või õlil?
16. Võrdle arvutiprotokollis valemiga arvutatud vee, siirupi ja õli murdumisnäitajaid. Kas need on kooskõlas eelmises punktis tehtud järeldusega?
17. Võrdle arvutiprotokollis vee jaoks saadud langemisnurka  $\alpha$  ja väljumisnurka  $\alpha_1$ . Kirjelda, kuidas nende nurkade erinevus on seotud mõõtmistäpsusega.
18. Küsi õpetajalt klaasist ehte murdumisnäitaja väärtus, et otsustada, millises vedelikus saab ehet kõige paremini peita! Märgi oma hüpotees arvutiprotokoll!
19. Pärast murdumisnäitajate leidmist saad oma hüpoteesi kontrollida, katsetades ehte peitmist erinevatesse vedelikesse!

**NB!** Enne veest siirupisse panekut tuleb klaasehe paberkäterätikuga kuivatada, enne siirupist õlisse panekut kraani all pesta ja uuesti kuivatada! Lõpuks jäta ehe õlisse!