



Mælingar í ljósfræði

Í þessari tilraun munum við mæla ljósfræðilega eiginleika með sem mestri nákamni (miðað við búnaðinn sem við notum).

Athugaðu: undir borðinu þínu eru tvær stórar vatnsflöskur sem þú þarft að nota fyrir seinni tilraunina - **ekki drekka vatnið!**

Í hluta A munum við nota tvær mismunandi aðferðir til þess að mæla brotstuðulinn fyrir gegnsæjan disk. Fyrsta aðferðin er hefðbundin en seinni aðferðin er mjög frumleg og gerir okkur kleift að mæla brotstuðullinn með mun minni óvissu heldur en fyrri aðferðin.

Í hluta B mælum við hlutfallið $\frac{\lambda}{d}$ þar sem λ er bylgjulengd leysigeislans d er raufabil raufaglersins.

Í hluta C munum við mæla brotstuðullinn fyrir þríhyrningslaga prisma.

Slökkt verður á ljósunum í 100 mínútur eftir að 20 mínútur hafa liðið af próftímanum (þú mátt nota lampann á borðinu ef þú þarft þess). Það er þægilegra að framkvæma mælingarnar í hluta A í myrkrinu. Það verður hinsvegar enn mögulegt að framkvæma mælingarnar í hluta A þegar ljósin hafa verið kveikt.

Þú mátt nota veggina á klfanum þínum sem skjá til að framkvæma tilraunina. Þú mátt einnig fest lím-band við vegg klfans.

Í þessari tilraun ertu að nota díóðuleysigeisla (e. *diode laser*) sem ljósgjafa.

Öryggisráðstafnir fyrir notkun leysigeislans:

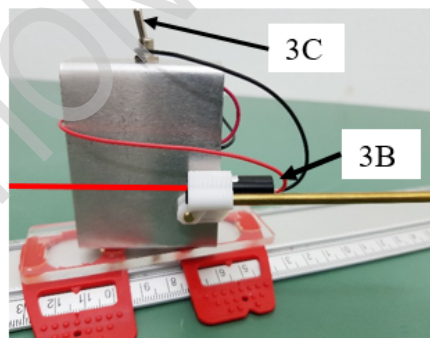
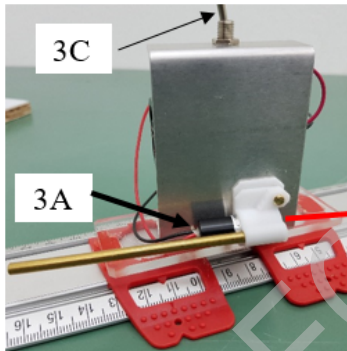
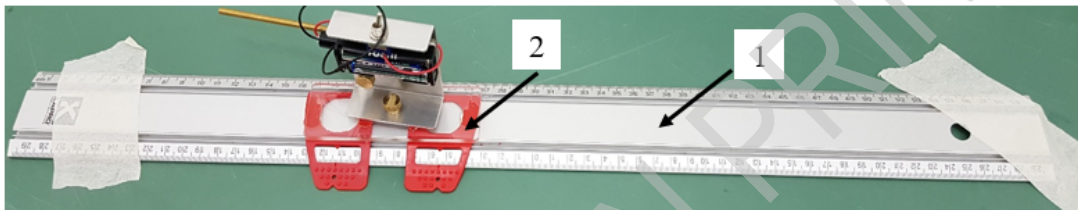
- **ALDREI horfa beint inn í leysigeislann!**
- Í öllum liðum á leysigeislinn að vera láréttur. Þegar þú mælir stöðu leysigeislans á yfirborði **skaltu passa vel upp á að höfuðið þitt sé ALLTAF fyrir ofan plan leysigeislans.**
- Þú skalt aldrei beina leysigeislanum í átt að inngangi tilraunaklfans.
- Slökktu á leysigeislanum með tilheyrandi rofa þegar þú ert ekki að framkvæma mælingar.

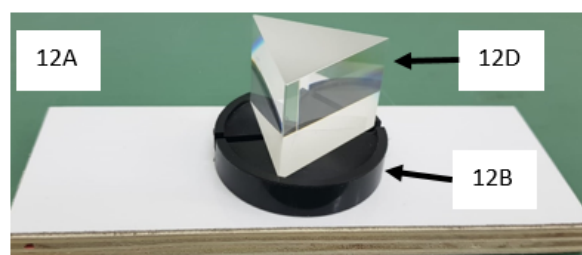
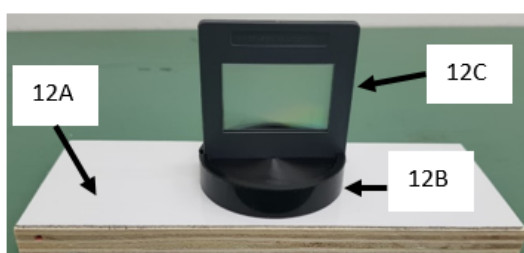
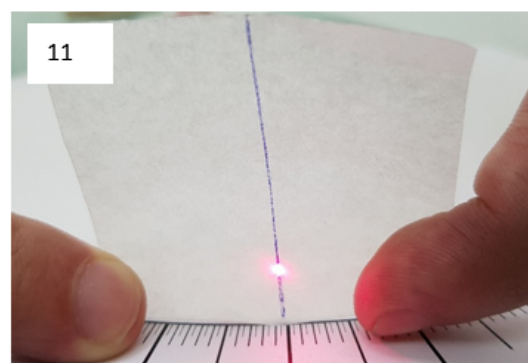
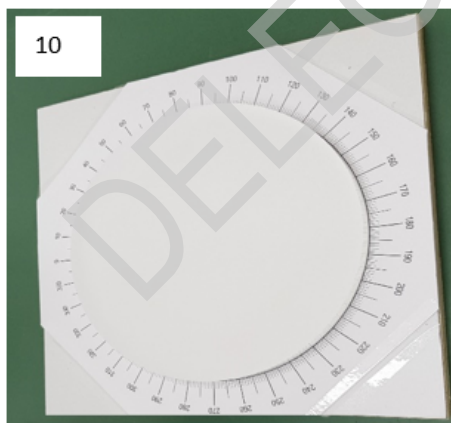
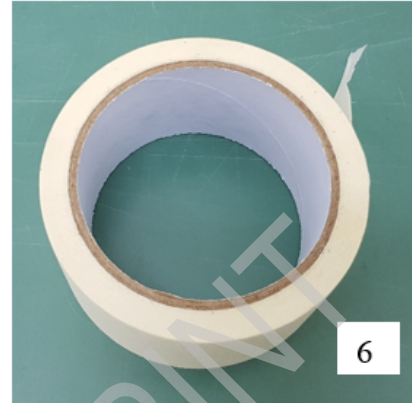
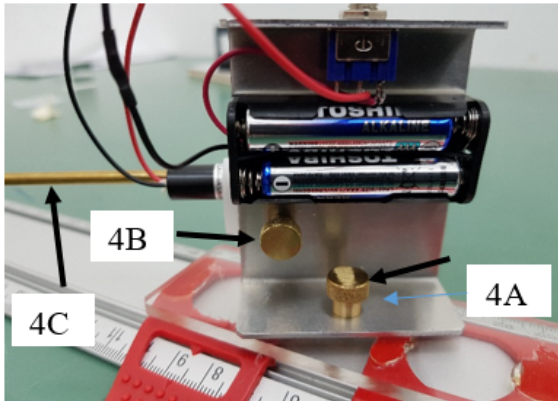
Tilraunataeki

Tilraunataeki merkt 1-9 eru notuð í öllum hlutum verkefnisins. Tilraunataeki merkt 10-12 eru aðeins notuð í ákveðnum, aðskildum hlutum verkefnisins. Þér hafa verið gefin mörg mælitæki - snertu lóðréttar hliðar þeirra varlega svo að þú rispir ekki yfirborð þeirra.

1. Reglustika af lengd 60 cm.
2. Rennibekkur sem má færa eftir reglustikunni.
3. Leysigeisli sem er festur ofan á rennibekkinn. Leysigeislinn hefur tvær hæðarstillingar: Lágstilling (3A) sem er notuð í hluta A og hástilling (3B) sem er notuð hluta B og C. Takkinn til þess að kveikja og slökkva á leysigeislanum er merktur með 3C á myndinni.
4. Skrúfur 4A og 4B stýra stöðugleika tækisins. Notaðu litlu málmstöngina (4C) til þess að breyta stefnu leysigeislans. Snúðu (4C) um 180 gráður til þess að breyta hæð leysigeislans. **Ekki** snúa leysigeislanum um ás geislans þar sem að skautun geislans hefur verið fyrirfram kvörðuð fyrir þetta verkefni.
5. Skjár: þú mátt nota vegg klfans.
6. Límbandsrúlla sem má nota til þess að festa tilraunabúnaðinn við borðið.
7. Málband.
8. Mismunandi reglustikur.
9. Borðlampi.

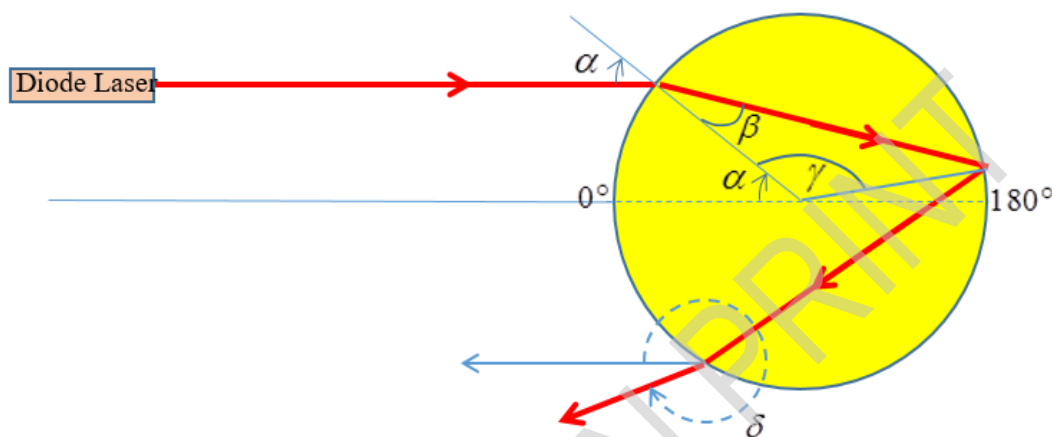
10. Hringlaga, gegnsær diskur með 20,00 cm geisla. Diskurinn er festur ofan á gráðuboga sem er límduð við viðarborð (fyrir hluta A). Þú ættir að fjarlægja hina 4 litlu viðarkubba sem eru festir við viðarborðið.
11. Bökunarpappír. Notaðu hann sem gegnsæjan skjá sem er festur við hlið disksins (tímabundið). Þetta gerir þér kleift (í hluta A) að mæla punktin þar sem geislinn yfirgefur diskinn án þess að skemma fagað yfirborð disksins. Athugaðu að það er nákvæmara að mæla punktin þar sem geislinn yfirgefur diskinn með því að draga línu á bökunarpappírinn eins og sýnt er á myndinni.
12. Viðarkubbur (12A) og sívalningslaga standur (12B) sem má snúa um lóðréttan ás. Hann er notaður til þess að festa annars vegar raufamynstrið (12C) og hinsvegar príhyrningslaga prismað (12D).





Hluti A: Brotstuðull disksins (5,5 stig)

Í þessum hluta munum við mæla brotstuðulinn í gegnsæjum disk með því að fylgjast með leiðinni sem ljósgeislinn fer bæði eftir ljósbrot og endurkast inni í disknum.



Yfirlitsmynd af uppsetningu tilraunarinnar.

Skilgreiningar stærðanna:

α	Innfallshornið milli disksins og leysigeislans.
$2\Delta\alpha$	Horndreifni innfallshornsins; með öðrum orðum stærð bilsins sem gildi α geta tekið.
β	Ljósbrotshornið inni í disknum.
γ	$= 180^\circ - 2\beta$.
n	Brotstuðull disksins.
N	Fjöldi skipta sem leysigeislinn rekst á jaðar disksins áður en hann kemst að lokum úr disknum (á myndinni er $N = 3$).
δ	Hornið, mælt réttshæilis, milli öfugar stefnunnar sem leysigeislinn kom inn í diskinn með og stefnunnar sem leysigeislinn fór út úr disknum með (myndin sýnir δ fyrir $N = 3$).
$2\Delta\delta$	Horndreifni hornsins δ .

Hægt er að sýna fram á eftirfarandi samband milli hornanna α , β og δ :

$$\delta = 2\alpha + (N - 1)(180^\circ - 2\beta) . \quad (1)$$

Festu reglustikuna á borðið (með límbandi) til þess að stjórna innfallshorni leysigeislans. Stilltu geislann þannig að það sé auðvelt fyrir þig að mæla innfallshornið. Festu síðan viðarborðið á vinnuborðið með því að líma yfir horn viðarborðsins. Stilltu hallann með því að nota málmstöngina (4C).

Stilla má geislann á tvær hæðarstillingar: lágstilling fyrir hluta A og hástilling bæði fyrir hluta B og C. Geislinn var stilltur fyrirfram þannig að innfallsgeislinn hefur S-skautun (gefur meira endurkast).



Passaðu þig að breyta ekki skautun innfallsgeislans, þ.e. **ekki snúa geislanum um ás sinn!**

- | | | |
|------------|---|-------|
| A.1 | Teiknaðu mynd sem sýnir reglustikuna ásamt rennibekknum, diskinn og leiðina sem leysigeislinn fer inni í disknum. Sýndu á myndinni innfallshornið α . Framkvæmdu nokkrar mælingar á $15^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$ og skrifaðu gildi α , $\Delta\alpha$, δ , $\Delta\delta$ í töflu 1. | 1.0pt |
| A.2 | Finndu brotstuðulinn, n , ásamt óvissu, Δn , með því að gera viðeigandi graf af stærðum úr liðnum hér á undan. Ef þú þarft á fleiri stærðum að halda skaltu bæta þeim við í töflu dálkana í töflu 1. | 1.0pt |
| A.3 | Gerðu graf af δ sem fall af α miðað við mælingarnar í lið A1. Merktu á hvern mælipunkt tilheyrandi óvissu (gildin á $\Delta\delta$ og $\Delta\alpha$). Gerðu nokkrar mælingar í viðbót (ef þörf þykir) til þess að finna lágmarkshornið δ_{\min} , og tilheyrandi horn α_{\min} . Athugaðu að til þess að bera kennsl á lágmarkspunktinn með sem mestri nákvæmni gætiru þurft að nota veggina á klefnum þínum sem skjá fyrir geislann sem kemur út úr disknum. | 0.5pt |

Önnur aðferð til þess að mæla brotstuðulinn

Í þessum hluta verður ætlast til þess af þér að þú gerir eins nákvæmar mælingar og unnt er. **Hinsvegar er ekki krafist þess af þér að þú framkvæmir óvissureikninga.** Gerðu grein fyrir þeim jöfnum sem þú notar til þess að draga ályktanir þínar og skrifaðu þær á svarblöðin.

- | | | |
|------------|---|-------|
| A.4 | Í samræmi við lögum ferilsins sem sést á grafinu í lið A3 ætlum við að finna aðferð sem leyfir okkur að finna brotstuðulinn út frá mælingu á ljósbrotshorninu. Leiddu út jöfnu sem hægt væri að nota til þess að mæla brotstuðulinn sem nýtir sér lögum grafsins í lið A3. | 0.7pt |
| A.5 | Fyrir $N = 3$ skaltu framkvæma nauðsynlegar mælingar til þess að reikna út brotstuðulinn með mikilli nákvæmni með því að nota niðurstöðuna í A4. <ul style="list-style-type: none"> Teiknaðu mynd af disknum og leið geislans. Gefðu til kynna á myndinni hvaða stærðir þú hefur mælt. Skráðu niður mælingarnar sem þú hefur framkvæmt. Finndu brotstuðulinn, n, með sem mestri nákvæmni með því að nota niðurstöðuna í liðnum hér á undan. Þú mátt nota millimetrapappírinn sem þér var gefin ef þér þykir þörf á því. | 0.8pt |

- A.6** Endurtaktu mælingarnar sem þú gerðir í liðnum á undan fyrir $N = 4$ og $N = 5$ 1.5pt
(það er engin þörf á því að teikna aftur uppsetninguna og leið geislans).
- Skráðu mælingar fyrir $N = 4$.
 - Finndu brotstuðulinn, n , með sem mestri nákvæmni með því að nota mælingar þínar fyrir $N = 4$.
 - Skráðu mælingar fyrir $N = 5$.
 - Finndu brotstuðulinn, n , með sem mestri nákvæmni með því að nota mælingar þínar fyrir $N = 5$.
 - Miðað við niðurstöðurnar á brotstuðlinum, n , sem fengust fyrir $N = 3$, $N = 4$ og $N = 5$, skaltu reikna meðaltalið, $\langle n \rangle$, á brotstuðlinum.

Hluti B: Ákvörðun á einkennisstærðum raufaglersins (2,5 stig)

Í þessum hluta þarftu ekki að framkvæma óvissureikninga.

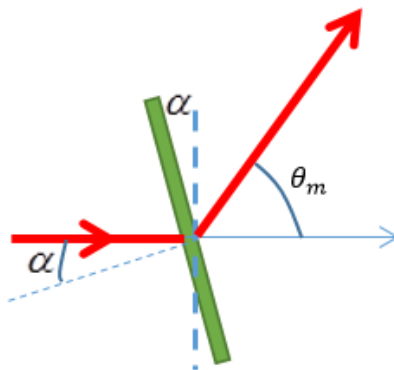
Í þessum hluta munum við finna hlutfallið λ/d þar sem λ er bylgjulengdin á leysigeislanum og d er raufabílið (vegalengdin á milli aðliggjandi ráka í raufaglerinu).

Látum hornið θ_m tákna hornið sem myndast á milli innkomandi leysigeisla og ljóspunkts af stigi m . Um hornið θ_m gildir að:

$$d \cdot (\sin \alpha + \sin(\theta_m - \alpha)) = m\lambda \quad (2)$$

þar sem

m	stig (eða númer) ljóspunkts frá miðju.
α	innfallshornið milli geislans og raufaglersins.
θ_m	hornið milli upphaflegu stefnu geislans og stefnunnar þar sem styrkjandi samliðun af stigi m á sér stað.
d	raufabil glersins; með öðrum orðum fjarlægðin á milli miðjunnar á aðliggjandi rákum í raufaglerinu.





Há stig á raufamynstrinu búa til meiri aðskilnað á bylgjulengdunum. Þess vegna eru mælingar nákvæmari eftir því sem að stig m er hærra því það minnkar hlutfallsóvissuna í stærðinni λ/d .

Losaðu skráfana (4B) og breyttu hæðinni (lóðrétt) á leysigeislanum með því að snúa geislanum um 180 gráður um lárétta ásin sem er hornréttur á stefnu leysigeislans (passaðu þig á vírunum) í stöðuna sem sést á myndinni (3B). Þetta mun leyfa þér að framkvæma mælingarnar í hluta B og C. Notaðu málmsköngina (4C) til þess að fínstilla leysigeislann þannig að hæðin passi við tækið sem notað er fyrir mælingar á raufaglerinu. Komdu leysigeislanum þannig fyrir að hann sé hornréttur á skjáinn. Settu raufaglerið á tilheyrandi stand (12B). Stefna raufaglersins er táknud með límmiða sem er festur á aðra hlið raufaglersins. Sjáðu til þess að hliðin með límmiðanum snúi að leysigeislanum og að límmiðinn sé fyrir ofan raufaglerið. Hvert raufagler hefur einstakt einkennisnúmer (ID) sem er skrifað á límmiðann. **Skrifaðu einkennisnúmerið (ID) á þínu raufagleri í viðeigandi kassa á svarblaðinu.**

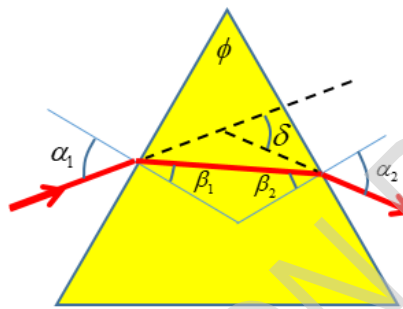
Fyrir restina af þessu verkefni gæti verið sniðugt að nota hugmynd sem svipar til hugmyndarinnar sem nota þurfti í lokin á hluta A.

- B.1**
- Teiknaðu á svarblaðið mynd af uppsetningunni. Á myndinni skaltu sýna leysigeislann á borðinu, raufaglerið, feril leysigeislans, staðsetningu punktana á skjánum og stærðirnar sem þú mældir.
 - Gerðu mælingar fyrir $m = 1$. Skrifaðu niður gildin sem þú hefur mælt. Ályktaðu gildið á hlutfallinu λ/d .
 - Gerðu mælingar fyrir $m = 2$. Skrifaðu niður gildin sem þú hefur mælt. Ályktaðu gildið á hlutfallinu λ/d .
- 0.7pt

- B.2**
- Finndu hlutfallið λ/d með því að nota hærri stig ljóspunkta ($m > 2$).
- Teiknaðu á svarblaðið tvær myndir af uppsetningunni, annars vegar fyrir $m = 3$ og hinsvegar fyrir $m = 4$. Teiknaðu eftirfarandi á myndina: leysigeislann, raufaglerið, feril leysigeislans, punktana sem sjást á skjánum og stærðirnar sem þú mældir.
 - Framkvæmdu mælingar fyrir stigin $m = 3, 4$. Skrifaðu niður gildin sem þú mældir. Fyrir sérhvert m skaltu álykta gildið á hlutfallinu λ/d .
- 1.8pt

Hluti C: Brotstuðull þríhyrningslaga prisma (2,0 stig)

Þú færð jafnhliða, þríhyrningslaga prisma. Hliðar prismans eru mjög vel slípaðar. Horn prismans gætu verið frábrugðin frá 60° en ekki um meira en 0.7° . Þú þarft ekki að mæla hornin á prismanu. Markmiðið í þessum hluta er að mæla brotstuðulinn á prismanu. Til þess að minnka óvissuna á brotstuðlinum er hægt að nota nálgunina fyrir lítil horn ($\sin x \approx x$, $\cos x \approx 1$ þegar x er mælt í radíönum) til þess að leiðrétta fyrir lítil frávik í hornum prismans. Í þessum hluta **þarftu að framkvæma óvissureikninga**. Eftirfarandi mynd sýnir dæmi um geisla sem fer inn um eina hlið prismans og fer út um aðra hlið hans.



Staðsettu reglustikuna með rennibekknunum á viðeigandi stað á borðinu svo að leysigeislinn leyfi þér að mæla með sem mestri nákvæmni.

Staðsettu prismað á viðeigandi stand (sjá 12B).

- C.1** Í samhverfa tilvikinu, $\alpha_1 = \alpha_2$, gilda eftirfarandi vennisl fyrir jafnarma prisma: 0.4pt
 $n = 2\sin(\delta_{\text{sym}}/2 + 30^\circ)$.
- Finndu aðferð sem leyfir þér að finna brotstuðul prismans með sem mestri nákvæmni.
 - Gefðu til kynna á svarblöðunum hvaða jöfnur þú ætlar að nota til þess að finna brotstuðulinn.

- C.2** 1.6pt
- Skráðu niður á svarblöðin stærðirnar sem þú hefur mælt og gildi þeirra (ásamt óvissu).
 - Reiknaðu brotstuðulinn (ásamt óvissu) á prismanu fyrir bylgjulengd leisi-geislans.