

## Optikai mérések

Ebben a mérésben néhány minta optikai tulajdonságait méred meg a rendelkezésedre álló eszközökkel a lehető legnagyobb pontossággal.

**Figyelem!** Az asztalod alatt van két nagy üveg víz, amelyekre a második méréshez van szükséged. **Ne igyad meg őket!**

Az A részben két különböző módszerrel fogod megmérni egy átlátszó korong törésmutatóját. Az első egy hagyományos módszer, míg a második egy nem-hagyományos, amely nagyobb pontosságot tesz lehetővé.

A B részben egy lézer  $\lambda$  hullámhosszának és egy diffrakciós rács  $d$  rácsállandójának hányadosát kell megmérned a lehető legpontosabban.

A C részben egy háromszög alakú prizma törésmutatóját kell megmérned, ismét a lehető legnagyobb pontossággal.

A méréshez a terem a kezdés után 20 perccel 100 perc időtartamra le lesz sötétítve (ha kell, használhatod az asztali lámpádat). Az A rész méréseit könnyebb elvégezni sötétben, de a legtöbb részét világosban is el lehet végezni.

A fülkéd falát használhatod ernyőként, és ragaszthatsz rá ragasztószalaggal.

Ehhez a méréshez félvezető lézert használsz fényforrásként.

### **Biztonsági utasítások a lézerhez:**

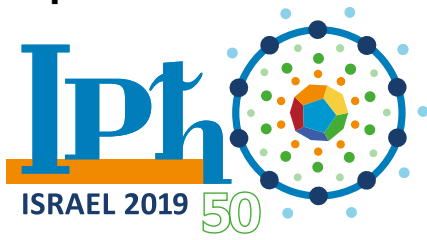
- **SOHA ne nézz közvetlenül a lézersugárba!**
- A lézersugár minden mérésben vízszintes. Amikor a lézersugár helyzetét ellenőrzöd egy felületen, **legyen a fejed MINDIG a lézersugár síkja felett.**
- Ne irányítsd a lézersugarat a mérőfülkéd kijárata felé.
- Ha éppen nem mérsz, kapcsold ki a lézert az erre szolgáló kapcsolóval.

### **Az eszközök jegyzéke**

Az 1-9 elemeket a feladat minden részéhez használni fogod, a 10-12 elemeket viszont csak egyes részekhez. Figyelj arra, hogy az optikai eszközök függőleges oldalaihoz ne érh hozzá, ne piszkítsd össze őket!

1. 60 cm hosszú vonalzó
2. Csúszka, amely tologatható a vonalzón
3. Félvezető lézer (diode laser), a csúszkára szerelve. A lézert két magasságba szerelheted: az alsó 3A szintre az A részhez, a felső 3B szintre a B és C részhez. A lézer ki/bekapcsolóját az ábrán 3C jelöli.
4. A megszorított 4A és 4B csavarok az elfordulás akadályozásával stabilizálják az eszközt. A 4C kis fémrúddal tudod állítani a fénysugár irányát. A 4C rúd 180 fokkal való elforgatásával tudod változtatni a lézer magasságát. Ne forgasd a lézert a fénysugár tengelye körül, mert a lézer polarizációs iránya előre be van állítva!
5. Ernyő: használhatod a fülke falát. Feltehető, hogy a fülke falai párhuzamosak.
6. Egy tekercs ragasztószalag, amit használhatsz az eszközök asztalhoz rögzítésére.
7. Mérőszalag
8. Különböző vonalzők
9. Asztali lámpa

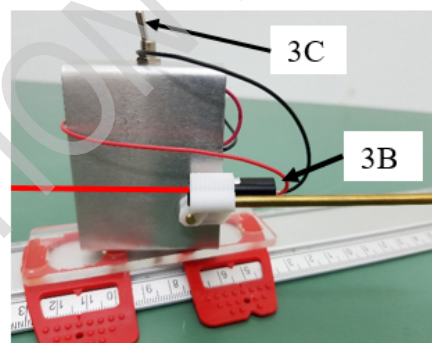
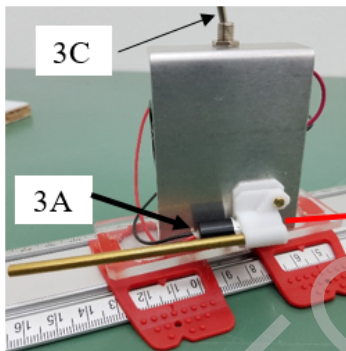
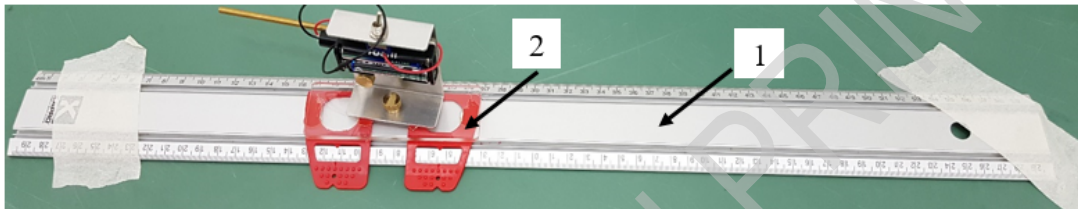
## Experiment



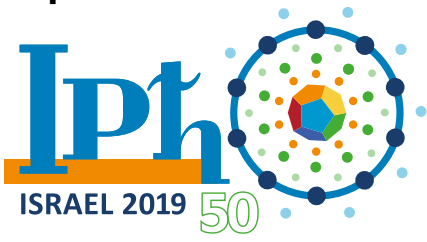
# Q1-2

Hungarian (Hungary)

- 20,00 cm átmérőjű átlátszó, kör alakú korong egy szögmérőre rögzítve, amely egy fa alapra van ragasztva (az A részhez). A 4 kicsi fa kockát, amelyek a fa alaphoz vannak rögzítve, le kell szedned.
- Pergamenpapír, amelyet áttetsző ernyőként használhatsz az A részben úgy, hogy kézzel a korong széléhez érinted, és így le tudod olvasni, hol lép ki a fény - anélkül, hogy összepiszkítanád a korong simára polírozott felületét. Még pontosabb a kilépési pont leolvasása, ha a papírra egy vonalat húzol, ahogy az az ábrán látszik.
- Egy fadarab (12A) és egy hengeres tartó (12B), amely egy függőleges tengely körül foroghat, és amelyre a diffrakciós rácsot (12C) vagy a háromszög alakú prizmat (12D) rögzítheted.

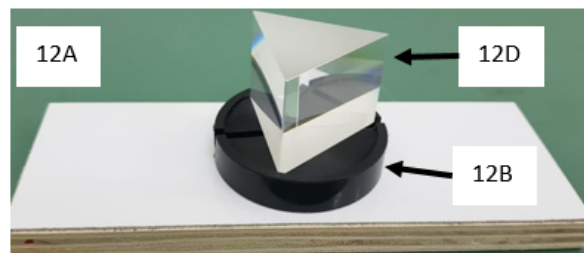
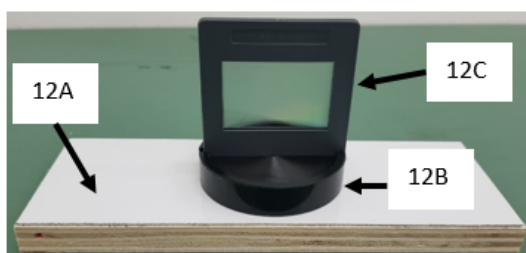
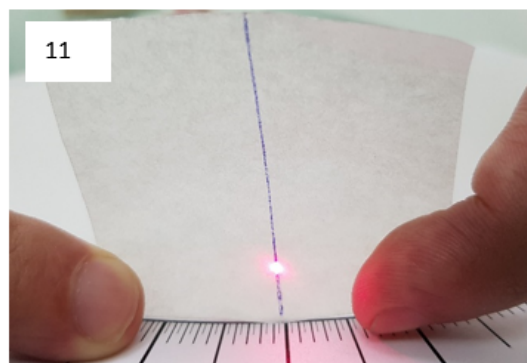
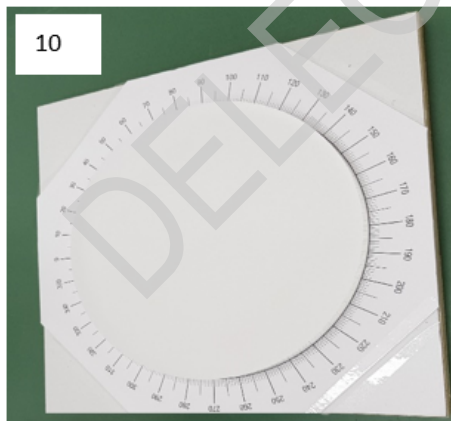
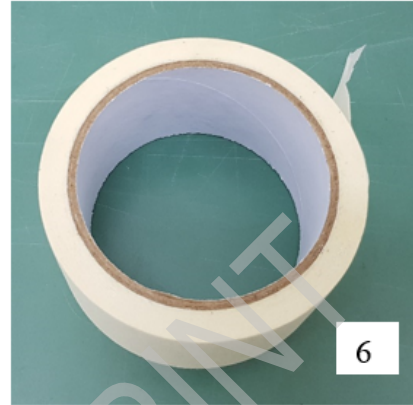
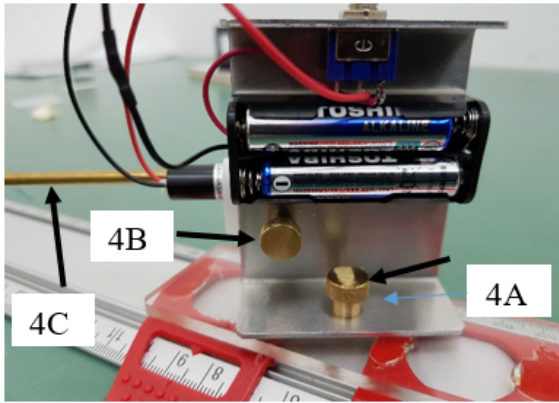


# Experiment



# Q1-3

Hungarian (Hungary)



## Experiment

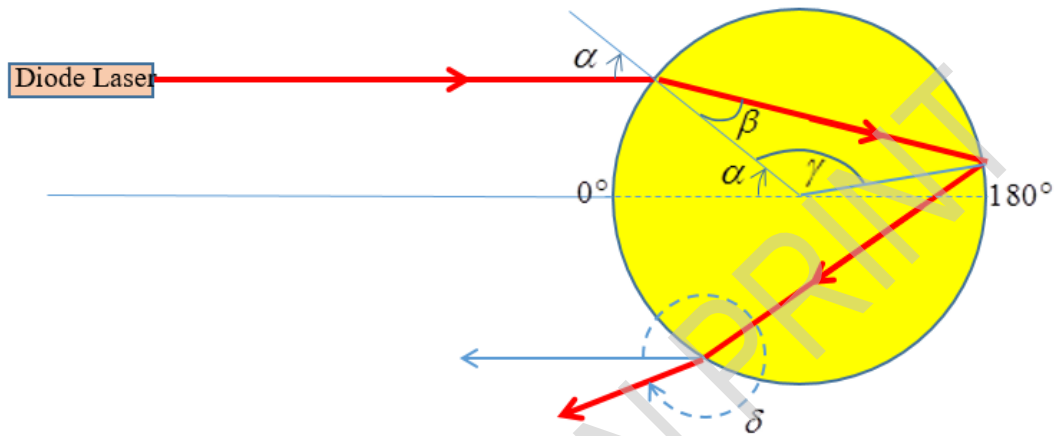


# Q1-4

Hungarian (Hungary)

### A rész: Egy korong törésmutatója (5.5 pt)

Ebben a részben az átlátszó korong törésmutatóját úgy fogod megmérni, hogy megfigyeled a fénysugár útját, ahogy megtörik és visszaverődik a korongban.



A mérés vázlatos képe

### Definíciók és jelölések

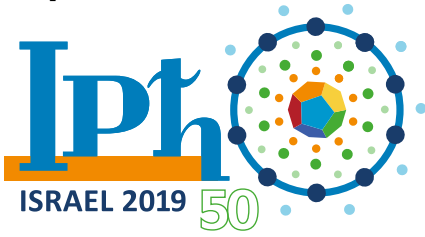
$\alpha$	A korongba belépő fénysugár beesési szöge
$2\Delta\alpha$	A beesési szög kiszélesedése, azaz az $\alpha$ beesési szög értéktartományának mérete.
$\beta$	A törési szög a korongban
$\gamma$	$= 180^\circ - 2\beta$
$n$	A korong anyagának törésmutatója
$N$	Annak a száma, hányszor érinti a fénysugár a korong palástját mielőtt kilép a korongból a levegőbe (a vázlaton $N = 3$ )
$\delta$	A belépő fénysugárral ellentétes irány és a kilépő fénysugár iránya közötti szög, óramutató járásával megegyező irányban mérve (a vázlatrajz a $\delta$ szöget $N = 3$ esetben mutatja)
$2\Delta\delta$	A $\delta$ szög kiszélesedése

Megmutatható, hogy az  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\delta$  szögek kapcsolata:

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

Ezt a kifejezést használhatod anélkül, hogy levezetnéd.

## Experiment



# Q1-5

Hungarian (Hungary)

Rögzítsd a vonalzó az asztalhoz a ragasztószalaggal, hogy beállíthassad a lézersugár beesési szögét, és állítsd be úgy a lézert, hogy a beesési szöget könnyen meg tudjad mérni. Ezután rögzítsd a korongot is az asztalhoz úgy, hogy a fa alap sarkait a ragasztószalaggal az asztalhoz ragaszd. Állítsd be a 4C rúddal a vízszintessel bezárt szöget. A lézer két különböző magasságba szerelhető: az alsó szint az A részhez és a felső a B és C részhez. A lézert a mérés előtt úgy állították be, hogy a belépő sugár S polarizációjú legyen (ebben a polarizációban a visszaverődés erősebb). **Ne változtasd meg a belépő fénysugár polarizációját** (ne forgasd a lézert a sugár tengelye körül)!

**A.1** Rajzolj egy vázlatot az elrendezésedről, amelyen látható a vonalzó a csúszkával, a korong és a fényút. Jelöld be az  $\alpha$  beesési szöget. Végezz egy méréssorozatot a  $15^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$  szögtartományon, és írd be  $\alpha$ ,  $\Delta\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\Delta\delta$  értékeit az 1. táblázatba. Megjegyzés:  $\delta$  mérése helyett sokkal kényelmesebb közvetlenül  $\delta/2$ -t mérni a korongon. 1.0pt

**A.2** Az előző összeállítás mérési adatait használva rajzolj egy megfelelő grafikont, amelyből ki tudod olvasni az  $n$  törésmutatót és annak  $\Delta n$  hibáját. Ha ki kell számolnod további mennyiségeket, akkor ezeket írd be az 1. táblázat üres oszlopaiba. Határozd meg  $n$  és  $\Delta n$  értékét! 1.0pt

**A.3** Az A1 részben elvégzett méréshez ábrázold  $\delta$ -t  $\alpha$  függvényében! Jelöld be minden mérési pontnál  $\Delta\delta$  és  $\Delta\alpha$  értékét kis hiba-szakaszokkal (error bars). Végezz el egy újabb mérést, hogy pontosan meghatározd  $\delta$  minimális értékét és az ehhez tartozó  $\alpha$  értéket! Jelöld ezeket  $\delta_{\min}$ -nel és  $\alpha_{\min}$ -nel. A minimumpont minél pontosabb meghatározásához használhatod a fülke falát ernyőként a kilépő fénysugár detektálására. 0.5pt

### Egy második módszer a törésmutató meghatározására

Ebben a részben ki fogsz fejleszteni egy olyan alternatív módszert, amely nagyon pontos eredményeket tesz lehetővé. Annak ellenére, hogy az elérhető legpontosabb mérést kell elvégezned, **nem kell hibaszámítást végezned**. Az eredményed megszerzéséhez vezető egyenleteket azonban részletezned kell, írd be őket a válaszlapra.

**A.4** Az A3 részben kapott grafikonod viselkedése alapján válaszd ki, hogy mekkora szögnél optimális méréseket végezned a törésmutató meghatározásához. Írd le azt az egyenletet, amelynek segítségével megkapható a törésmutató ezzel a módszerrel! 0.7pt

**A.5**  $N = 3$  esetében végezd el a szükséges méréseket, hogy nagy pontossággal kiszámolhasd a törésmutatót az A4 feladatban kidolgozott módszerrel! 0.8pt

- Rajzolj egy vázlatot a korongról és a fényútról, és jelöld be azokat a mennyiségeket, amiket megmértél.
- Dokumentáld az elvégzett méréseket.
- Végezd el a mérések analízisét, és számítsd ki a korong  $n$  törésmutatóját a lehető legpontosabban. Ha szükséges, használd a rendelkezésre álló milliméterpapírokat.

- A.6** Ismételd meg az előző pontban leírt eljárást  $N = 4$  és  $N = 5$  esetében is (nem kell lerajzolni a korongot és a fényutat) 1.5pt
- Dokumentáld az elvégzett méréseket  $N = 4$  esetében.
  - Végezd el a mérések analízisét  $N = 4$  esetében, és ez alapján számítsd ki az  $n$  törésmutatót a lehető legpontosabban.
  - Dokumentáld az elvégzett méréseket  $N = 5$  esetében.
  - Végezd el a mérések analízisét  $N = 5$  esetében, és ez alapján számítsd ki az  $n$  törésmutatót a lehető legpontosabban.
  - A törésmutatóra az  $N = 3$ ,  $N = 4$  és  $N = 5$  esetekben kapott eredményekből számítsd ki a törésmutató  $\langle n \rangle$  átlagértékét.

## B rész: Egy diffrakciós rács paraméterei (2.5 pt)

Ebben a részben nem kell hibaszámítást végezned.

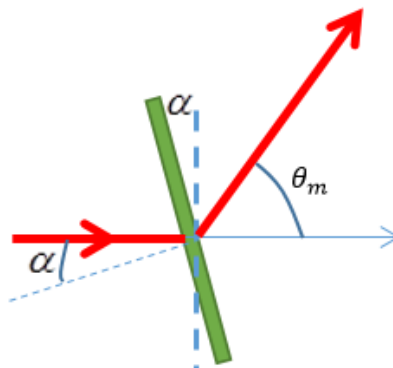
Ebben a részben meghatározod a  $\lambda/d$  hányadost, ahol  $\lambda$  a lézer hullámhossza és  $d$  a rácsállandó (a szomszédos rések távolsága).

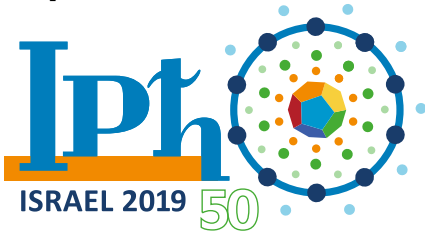
Ha a lézersugár áthalad egy diffrakciós rácson, azt a  $\theta_m$  szöget, amelyet a belépő fénysugár iránya bezár az ( $m$ . rendű) maximális intenzitású fénysugár irányával, ez az összefüggés adja meg:

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

ahol

$m$	a diffrakció rendje
$\alpha$	a fénysugár beesési szöge a rácson
$\theta_m$	a szög a fénysugár eredeti iránya és aközött az irány között, ahol az $m$ . rendű maximum megfigyelhető
$d$	a rácsállandó – a rácspan a szomszédos rések középpontja közötti távolság





A magasrendű diffrakció segítségével jobban elkülöníthetők a hullámhosszak, így egy pontos mérés, amely magas diffrakciós rendeket használ, lecsökkenti  $\lambda/d$  relatív hibáját.

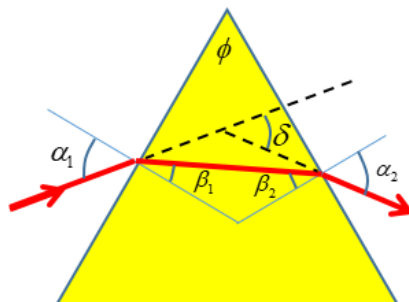
Lazítsd meg a 4B csavart, és változtasd meg a lézer magasságát (a függőleges szintjét) elforgatva a lézert 180 fokkal a fénysugárra merőleges vízszintes tengely körül (vigyázva a drótokra), hogy az ábrán 3B-vel jelölt állapotba kerüljön. Ez lehetővé teszi a B és C részek elvégzését. Használd a 4C fémrudat a lézer finom beállításához, úgy hogy az megfeleljen a diffrakciós rácsot használó mérési elrendezés magasságához. Állítsd be a lézersugarat úgy, hogy merőleges legyen az ernyőre. Helyezd a diffrakciós rácsot a 12B tartó erre szolgáló részébe. A diffrakciós rács irányítottságát egy ráragasztott jel mutatja az egyik oldalán. Győződj meg róla, hogy a jelzett oldal nézzen a lézer felé, és hogy a jel a rács tetején legyen. Minden rácsnak saját ID-je van, ami a jelre van ráírva. **Írd le a rács ID-jét a válaszlap megfelelő mezéjébe!**

Ebben a részben végig hasznos lehet, ha az A rész második felében használt ötlethez hasonlóat használsz.

<b>B.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rajzold le a válaszlapra az elrendezés vázlatát. A vázlatban jelöld be a lézert az asztalon, a diffrakciós rácsot, a lézerfény útját, azt a pontot, ahol eléri az ernyőt, valamint a mért mennyiségeket.</li> <li>Végezz méréseket <math>m = 1</math> esetében! Írd le a mért értékeket. Határozd meg a <math>\lambda/d</math> hányadost.</li> <li>Végezz méréseket <math>m = 2</math> esetében! Írd le a mért értékeket. Határozd meg a <math>\lambda/d</math> hányadost.</li> </ul>	0.7pt
<b>B.2</b>	<p>Határozd meg a <math>\lambda/d</math> hányadost nagyobb (<math>m &gt; 2</math>) diffrakciós rendeknél is.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rajzolj a válaszlapra két vázlatot az elrendezésről <math>m = 3</math> és <math>m = 4</math> estekre! A vázlatban jelöld be a lézert, a diffrakciós rácsot, a lézerfény útját, azt a pontot, ahol eléri a rácsot, valamint a mért mennyiségeket.</li> <li>Végezz méréseket az <math>m = 3, 4</math> rendekre! Írd le a mért értékeket. Határozd meg minden <math>m</math> esetében a <math>\lambda/d</math> hányadost.</li> </ul>	1.8pt

### C rész: Egy háromszög alakú prizma törésmutatója (2.0 pt)

Kaptál egy közelítőleg egyenlő oldalú háromszög alakú prizmat. A prizma három oldala sík és simára polírozott. A prizma szögei eltérhetnek a  $60^\circ$ -tól, de legfeljebb  $0.7^\circ$ -kal. A prizma szögeit nem kell megmérned. Ebben a részben az a cél, hogy megmérjed a prizma anyagának törésmutatóját. A törésmutató hibájának csökkentése érdekében lehetséges korrigálni a prizma szögeinek kis eltérésére, ehhez használni lehet a kis szögekre vonatkozó közelítéseket ( $\sin x \approx x$ ,  $\cos x \approx 1$  ha  $x$  radiánban van). Ebben a részben **hibaszámítást is kell végezned**. Az ábra egy példát mutat arra, hogy a fény belép a prizma egyik oldalán, és kilép a másikon.



Helyezd a csuszkás vonalzó megfelelő helyre az asztalon, hogy a lézer helyzete a legnagyobb pontosságot tegye lehetővé a mérés során.

Helyezd a prizmát az erre szolgáló 12B tartóba.

**C.1** Szimmetrikus esetben, amikor  $\alpha_1 = \alpha_2$ , a következő összefüggés érvényes az egyenlő oldalú prizma:  $n = 2\sin(\delta_{\text{sym}}/2 + 30^\circ)$ . 0.4pt

- Találd meg azt a módszert, amellyel a lehető legpontosabban tudod megmérni a prizma törésmutatóját.
- Részletezd a válaszlapon azokat az összefüggéseket, amelyeket a törésmutató kiszámításához használsz.

**C.2** Írd be a válaszlapba azokat a mennyiségeket, amiket megmértél, valamint a mért értékeket (és a hibájukat). 1.6pt

- Számítsd ki a prizma törésmutatóját a lézer hullámhosszára vonatkozóan, és ennek az értéknek a hibáját.