

E1 - Mágneses inga (10 pont)

Egy inga rezgési frekvenciája módosítható az inga és a tartója közötti mágneses erőkkel. Ebben a kísérletben egy olyan ingamozgást fogsz vizsgálni, amely gravitációs és mágneses kölcsönhatások együttes potenciáljában történik, a 3. ábrán látható mérési elrendezésben.

Eszközök (lásd a 3. ábrát is)

- A Ingatest pontszerű támaszokkal és tükörrel a szögméréshez
- B Ingatorony az inga alátámasztására szolgáló rögzített pontokkal és lézermóduállal a szögméréshez
- C A külső mágneseket tartó sín
- D 2 kis dipólmágnes, amit az ingatestre lehet rögzíteni (lehet **zöld, piros, fehér** vagy **sárga**)
- E 2 egyforma külső dipólmágnes (**fekete**)
- F 2 ismeretlen külső mágnes, F1 és F2 (**kék, F2 fehér** pöttyökkel van megjelölve a végein)
- G Ernyő a lézerfoltnak a szögmérésnél
- H Stopper
- I Ragasztószalag, az ingatorony asztalhoz rögzítéséhez
- J Ceruza és vonalzó

A mágnesek erősek! Legyél óvatos, hogy ne tegyél kárt se magadban se a mágnesekben.

Ne nézz közvetlenül a lézer fényébe, és kapcsold ki mindig a lézert, amikor nem használod!

Amikor az ingával végzel kísérleteket, győződj meg róla, hogy az ingák tartócsavarjai az ingatorony kis mélyedéseiben ülnek!

Ha szükséges, nyugodtan tehetsz jelzéseket az ingára a ceruzáddal.

Task E1.1 - Tömegek (1.0 pont)

Az ingatest (pendulum) és a rá rögzített két kis dipólmágnes teljes tömege $M_{\text{pen}} + M_{\text{mag}} = (52.3 \pm 0.2) \text{ g}$.

Határozd meg M_{pen} és M_{mag} értékét a lehető legpontosabban!

Task E1.2 - Mágneses dipólusmomentumok (4.0 pont)

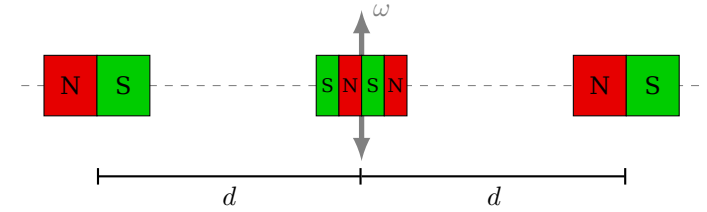
Ha külső mágnesek vannak a közelben, a mágneses inga a gravitációs és mágneses kölcsönhatás együttes potenciáljában mozog. Az inga ilyenkor kialakuló ω frekvenciája felírható az ω_1 sajátfrekvencia és az ω_{mag} „mágneses frekvenciaeltolódás” függvényeként:

$$\omega^2 = \omega_1^2 \pm \omega_{\text{mag}}^2. \quad (1)$$

Abban az esetben, ha a két **fekete** külső dipólmágnes szimmetrikusan van elhelyezve az inga egyensúlyi helyzetétől d távolságra (lásd az 1. ábrát) és a rezgés amplitúdója kicsi, a frekvenciaeltolódás:

$$\omega_{\text{mag}}^2 = \frac{6\mu_0}{I\pi} \cdot j_1 \cdot j_2 \cdot \frac{\ell^2}{d^5}, \quad (2)$$

ahol $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ a vákuum permeabilitása, I a mágneses inga tehetetlenségi nyomatéka a forgástengelyre vonatkoztatva, j_1 az ingán lévő mágnesek összesített mágneses momentuma, j_2 az egyes külső mágnesek mágneses momentuma és ℓ az ingán lévő mágnes távolsága a forgástengelytől. A dipólusmomentumok relatív erősségére vonatkozóan felteheted, hogy $j_2 = 2.4 \cdot j_1$. A nehézségi gyorsulás $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.



1. ábra: Frekvenciaeltolódás külső mágnesek segítségével (felülnézet). d a mágnesek középpontjai közötti távolságot jelöli. A külső mágnesek iránya megfordítható!

a) Mérd meg az inga frekvenciáját a d mágnesek közötti távolság függvényében! Használj nagyon kis amplitúdót. Mérd végig a teljes lehetséges frekvenciatartományt.

b) Határozd meg az ingamágnesek és a külső mágnesek anyagának „átlagos mágnesezettségét” (egységnyi tömegre vonatkoztatott mágneses momentumát)! Ehhez készíts egy megfelelő grafikont. További mérésekre is szükség lehet, hogy minden ismeretlent meghatározzál. A mágnesek nem-mágneses burkolatának vastagságát és tömegét elhanyagolhatod.

Fontos a sín gondos beállítása. Győződj meg arról, hogy az inga egyensúlyi helyzetében az összes mágnes középpontja egy egyenesen fekszik.

Fontos, hogy az elrendezés szimmetrikus legyen, és így az ingára ne hasson a sín irányával párhuzamos erő.

Task E1.3 - Ismeretlen külső mágnesek (3.0 pont)

Mindkét **kék** ismeretlen külső mágnes (F1 és F2) több mágneses dipólusból van összeállítva. F1 belsejében minden dipólus pont fordítva van, mint F2 belsejében. A mágneses frekvenciaeltolódás egy, az 1. ábrának megfelelő elrendezésben hatványfüggést követ:

$$\omega_{\text{mag,F}}^2 \propto d^\alpha. \quad (3)$$

a) Mérd meg az inga frekvenciáját d függvényében! Használj nagyon kis amplitúdót. Olyan elrendezést használj, hogy a mágneses frekvenciaeltolódást a lehető legpontosabban tudjad meghatározni.

b) Határozd meg az α kitevőt!

c) Vázold fel a mágneses dipólusok egy lehetséges elrendezését az F1 és F2 belsejében, és indokold meg a választásod!

Task E1.4 - Nemlineáris inga (2.0 pont)

Térj vissza a Task E1.2 részben használt elrendezéshez a **fekete** külső dipólmágnesekkel, az 1. ábrának megfelelő elrendezésben! Az 1. képlet alapján a kis amplitúdójú inga frekvenciája teljesen eltüntethető, $\omega \rightarrow 0$.

a) Határozd meg a lehető legpontosabban azt a mágnesek közötti d távolságot, amely a teljes eltüntetéshez szükséges!

b) Vizsgáld az inga periódusidejének amplitúdótól való függését abban az esetben, amikor az előbbi eltüntetést a lehető legjobban sikerült beállítanod!

Javasolj egy függvényt a függésre, és igazold ezt a mért adataiddal.

Diszkutáld az esetleges eltérések okát.

E2 - Optikai feketedoboz (10 pont)

FIGYELEM!

Ne nyisd ki és ne is rázd a feketedobozt. Ne érintsd meg az optikai nyílások ablakait. Ha összetöröd a dobozt vagy az ablakokat, vagy megpróbálsz kinyitni a dobozt, kizárnak a versenytől.

Feladatod, hogy meghatározd, egy optikai feketedoboz tartalmát anélkül, hogy kinyitnád azt.

A feketedoboz négy optikai nyílással (A, B, C és D) rendelkezik a megvilágításhoz, és két optikai tengelye van (2. ábra). Az optikai tengelyek merőlegesek egymásra. Mindegyik nyílás mögött legfeljebb egy optikai elem van, valamint egy másik is a doboz közepén. Egy lézert és egy kerékkel ellátott lézertartót (amire ceruzával jelöléseket tehetsz) használhatsz; a lézert a kerékkel tudod forgatni.

Eszközök (lásd a 4. ábrát)

- A Feketedoboz
- B Lézeregység kerékkel ellátott tartóban (mindkét feladathoz használd ugyanazt a lézeregységet, amit az asztalra kell tenni)
- C Átlátszó elem
- D Ragasztószalag, ceruza, vonalzó, papírdarab át-lós skálával (diagonal scale)

Ne nézz közvetlenül a lézernyaládba, és győződj meg arról, hogy másokat sem találsz el vele. Ne nézz a doboz optikai nyílásaiba, ha a lézer be van kapcsolva, és kapcsold ki a lézert, ha nincs rá szükség

Task E2.1 - A középső elem (~0.3 pont)

A két optikai tengely a feketedoboz közepén metszi egymást. A metszéspontban lehet: nincs elem, egy teljesen fényvisszaverő tükör (mindkét oldalon), egy féligáteresztő tükör, vagy egy szabályos háromszög alakú prizma

Határozd meg, melyik elem helyezkedik el a feketedoboz közepén! Add meg az optikai nyílásokhoz (A, B, C és D) képesti elhelyezkedését - például egy vázlatos ábrával. Választásodat indokold.

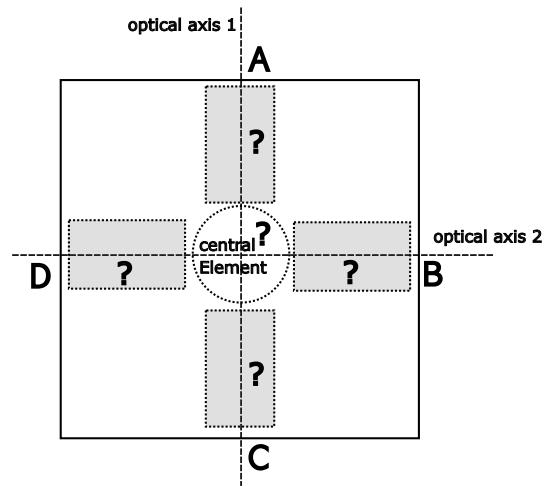
Task E2.2 - A többi helyen lévő elemek (~2.2 pont)

Az A, B, C, D nyílások mögötti négy helyen az 1 táblázatban felsorolt elemek közül külön-külön van egy.

Határozd meg, az egyes helyeken lévő elemek típusát! Választásaidat indokold.

Task E2.3 - Tulajdonságok (~7.5 pont)

Az 1. táblázatban egy második oszlop is található, ami a lehetséges elemeket jellemző tulajdonságokat tartalmazza.



2. ábra: A feketedoboz elrendezése és az ismeretlen elemek helyei

1. táblázat: Lehetséges elemek a feketedobozban

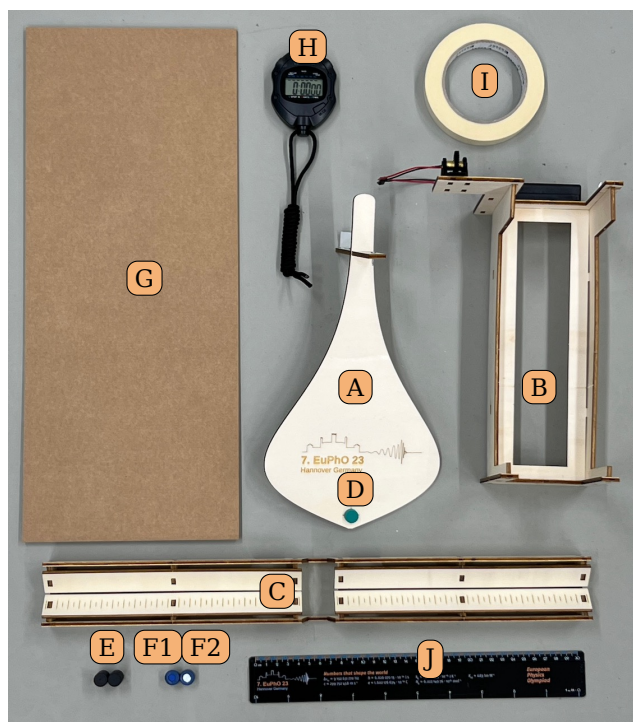
nincs elem	csak levegő van ezen a helyen
tükör	a tükör tengelye és az egyik optikai tengely közötti szög
prizma	a prizma egyik oldala és a feketedoboz egyik optikai tengelye közötti szög, az alakja szabályos háromszög
gyűjtő- vagy szórólencse	doboz közepétől mért távolság, fókusz-távolságának nagysága és előjele. <i>Megjegyzés: A lencsék tengelyei mindig az optikai tengelyek mentén helyezkednek el.</i>
polarizátor	a feketedoboz függőleges tengelyéhez képesti polarizáció szöge
keskeny, egyetlen rés	doboz közepétől mért távolság, rés szélessége
optikai rács	doboz közepétől mért távolság, a csíkok iránya, a csíkok távolsága
tűlyuk	doboz közepétől mért távolság, lyukátmérő

Határozd meg ezeket a jellemző tulajdonságokat azokra az optikai elemekre, amelyek a feketedoboz A, B, C és D helyein vannak **olyan pontosan, amennyire lehetséges!**

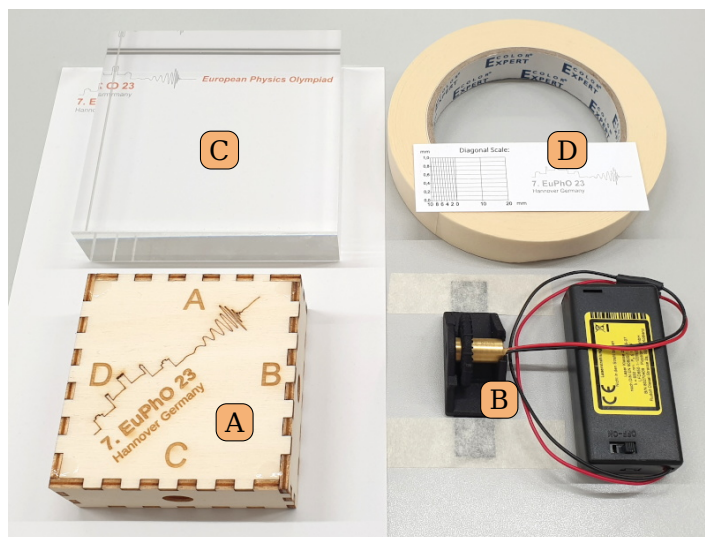
Fontos útmutatások:

- A lézer hullámhossza (650 ± 5) nm.
- Tegyük fel, hogy az átlátszó elem törésmutatója 1.5.

Képek a mérési elrendezésről és az eszközökről



3. ábra: Mérési összeállítás és eszközök az E1. kísérleti feladathoz



4. ábra: Az E2. kísérleti feladat eszközei. *Megjegyzés: A lézeregységet a ragasztószalaggal rögzítheted az asztalhoz - lásd a B-t.*

Megjegyzés: Kezdetben a lézeregység az E1. feladatnak megfelelően van felszerelve. Az E2. feladathoz le kell vened. Vissza tudod tenni, ha vissza szeretnél térni az E1. feladathoz (ekkor figyelj az beállításra).