

E1 - Segulpendúll (10 stig)

Sveiflutíðni pendúls má breyta með segulkraftum. Í þessari tilraun skoðum við sveifluhreyfingu pendúls sem verður bæði fyrir þyngdarkraftum og segulkraftum (sjá uppstillingu á mynd 3).

Búnaðarlisti (sjá mynd 3)

- A Pendúll.** Neðst er hægt að festa pendúlseglana. Ofan á pendúlnum er lítill spegill sem er hægt að nota til að mæla horn.
- B Pendúllturn.** Hægt er að festa á leisinn og viðhlut hans efst. Leisirinn er notaður til að mæla horn.
- C Teinar.** Hér er hægt að setja svörtu og bláu seglana.
- D Pendúlseglar.** 2 seglar sem festast á pendúlinn (geta verið grænir, rauðir, hvítir eða gulir)
- E Seglar.** 2 eins svartir seglar.
- F Seglar.** 2 óþekktir bláir seglar F1, F2 (F2 er merktur með hvítum punktum)
- G Skjár.** T.d. til að mæla horn út frá leisigeisla.
- H Skeiðklukka.**
- I Teip.** T.d. til að festa pendúllturninn við borðið.
- J Reglustika.**

- Ekki meiða ykkur.
- Seglarnir eru mjög sterkir. Ekki skemma.
- Ekki líta beint inn í leisigeislann.
- Slökkvið á leisinum þegar þið eruð ekki að nota hann.
- Passið að skrúfurnar á pendúlnum hvíli ofan í holunum á pendúllturninum.
- Þið megið teikna með blýant á pendúlinn.

Verkefni E1.1 - Massar (1,0 stig)

Látum $M_{\text{pendúll}}$ tákna massa pendúlsins og látum M_{seglar} tákna samanlagðan massa pendúlseglanna. Heildarmassi pendúlsins með áfestum pendúlseglum er $M_{\text{pendúll}} + M_{\text{seglar}} = (52.3 \pm 0.2) \text{ g}$.

Ákvarðið bæði $M_{\text{pendúll}}$ og M_{seglar} eins nákvæmlega og þið getið.

Verkefni E1.2 - Segultvípólsvægi (4,0 stig)

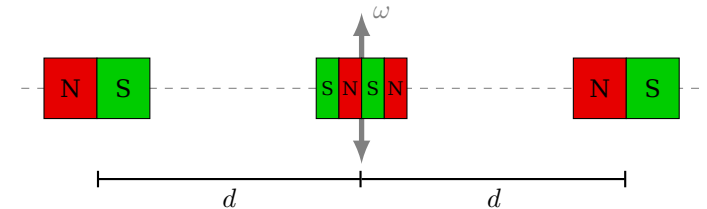
Með hinum seglunum (svörtu og bláu) getið þið breytt sveiflutíðni pendúlsins vegna viðbótaráhrifa segulkrafta. Nýju sveiflutíðnina ω má tákna við venjulegu þyngdarsveiflutíðnina ω_1 og frávikið, ω_{segull} , vegna seguláhrifanna samkvæmt:

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

Sér í lagi gildir eftirfarandi fyrir **svörtu** seglanna. Ef svörtu seglarnir eru staðsettir sitt hvorum megin í fjarlægð d frá jafnvægisstöðu pendúlsins (sjá mynd 1). Þá gildir að frávikið vegna seguláhrifanna er gefið með:

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

þar sem að $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ er segulsvörunarstuðull tómarúms, I er hverfitregða segulpendúlsins um snúningsásinn, j_1 er samanlagt tvíþólsvægi pendúlseglanna, j_2 er tvíþólsvægi hinna seglanna (svartir eða bláir) og ℓ er fjarlægðin frá pendúlseglunum til snúningsássins. Þið megið gera ráð fyrir að $j_2 = 2.4 \cdot j_1$ og að þyngdarhröðun jarðar í Hannover sé $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.



Mynd 1: Uppstilling séð ofan frá. d táknar fjarlægðina milli massamiðju seglanna. Takið eftir að þið getið snúið við svörtu og bláu seglunum!

a) Mælið sveiflutíðnirnar (fyrir lítið útslag) sem fall af fjarlægðinni, d . Reynið að ná sem stærstu bili af sveiflutíðnum.

b) Ákvarðið „meðal-segulumagn“ (þ.e. tvíþólsvægi á massaeiningu) fyrir efnid sem að pendúlseglarnir og hinir seglarnir eru úr. Teiknið viðeigandi graf. Auka mælingar gætu verið nauðsynlegar til þess að ákvarða allar óþekktu stærðirnar. Þið megið hunsu massa og þykkt efnisins sem seglarnir hafa verið húðaðir með.

- Það er mikilvægt að teinarnir snúi rétt. Passið að allir seglarnir liggi í beinni línu þegar pendúllinn er í jafnvægisstöðu.
- Það er mikilvægt að staðsetja seglana samhverft báðum megin í sömu fjarlægð frá pendúlseglunum til að styttta út þann þátt kraftsins sem liggur samsíða teinum.

Verkefni E1.3 - Óþekktu seglarnir (3,0 stig)

Bláu seglarnir tveir (F1, F2) innihalda mörg segultvípólsvægi. Tvíþóplarnir inni í F1 eru öfugir miðað við F2. Frávikið á sveiflutíðninni, ω_F , vegna seguláhrifa í sömu uppstillingu og á mynd 1 fylgir núna eftirfarandi veldislögmáli:

$$\omega_F^2 \propto d^\alpha. \quad (3)$$

a) Mælið sveiflutíðni pendúlsins (fyrir lítið útslag) sem fall af fjarlægðinni, d . Veljið uppstillingu sem leyfir ykkur að ákvarða frávikið eins nákvæmlega og unnt er.

b) Ákvarðið veldisvísinn α .

c) Teiknið mynd sem sýnir hugsanlega samsetningu segultvípólanna inni í F1 og F2. Rökskýðið svarið.

Verkefni E1.4 - Ólínuleg hreyfing (2,0 stig)

Snúið aftur í uppstillinguna í lið E1.2 nema einungis með **svörtu** seglunum setta upp eins og á mynd 1. Athugið að samkvæmt jöfnu 1 er hægt að láta sveiflutíðnina fyrir lítil útslög verða mjög litla, þ.e. $\omega \approx 0$, en þá er sveiflutíminn langur.

a) Ákvarðið eins nákvæmlega og unnt er fjarlægðina, d , sem þarf til þess að stytta út sveiflutíðni pendúlsins þannig að pendúllinn sveiflist hægt.

b) Rannsakið sveiflutíma pendúlsins sem fall af útslagi hans í stöðunni sem var ákvörðuð í liðnum á undan.

Leggið til lögmál sem útskýrir hvernig sveiflutími pendúlsins breytist sem fall af útslagi. Rökstyðjið með gögnunum ykkar.

Útskýrið hvað gæti valdið misræmi.

E2 - Ljósfræðilegur svartur kassi (10 stig)

Viðvörðun!

Ekki opna svarta kassann. Ekki hrista svarta kassann. Ekki snerta glugga ljóshliðanna. Ef þið brjótið svarta kassann eða gluggana eða reynið að opna svarta kassann verðið þið dæmd úr leik.

Verkefnið er að ákvarða innihald svarta kassans án þess að opna hann.

Svarti kassinn hefur fjögur ljóshlið (A,B,C og D) fyrir ljós og tvo ása (Mynd 2). Ásarnir eru hornréttir hvor á annan. Það er í mesta lagi einn ljósfræðilegur hlutur bakvið hvert hlið auk eins í miðju kassans. Þið getið notað leisi og viðhlut hans (sem þið getið sett merki á með blýanti). Á viðhlutum er hjól til að snúa leisinum (Mynd 2).

Tæki (sjá líka mynd 4)

- A **Svartur kassi**
- B **Leisitæki með hjóli** (sama leisitækið er notað í báðum tilraununum). Setjið það á borðið.
- C **Gegnsæ plata**
- D **Teip og millimetrapappír** með nákvæmari lengdarkvarða.

- **Ekki horfa beint inn í leisigeislann**
- **Ekki horfa inn í hliðar kassans ef kveikt er á leisinum.**
- **Slökkvið á leisinum þegar þið eruð ekki að nota hann.**

Verkefni E2.1 - Hluturinn í miðjunni (~0,3 stig)

Ljós-ásarnir tveir skerast í miðju svarta kassans. Í skurðpunktinum geta verið: enginn hlutur, spegill (báðar hliðar), hálfgegnsær spegill eða jafnhliða þríhyrningslaga prisma.

Ákvarðið hvaða hlutur er í miðju kassans. Lýsið (snúnings-)stefnu hlutarins miðað við ljóshliðin (A,B,C,D)- t.d. með skýringarmynd. Rökstyðjið.

Verkefni E2.2 - Hlutir í hinum hólfunum (~2.2 stig)

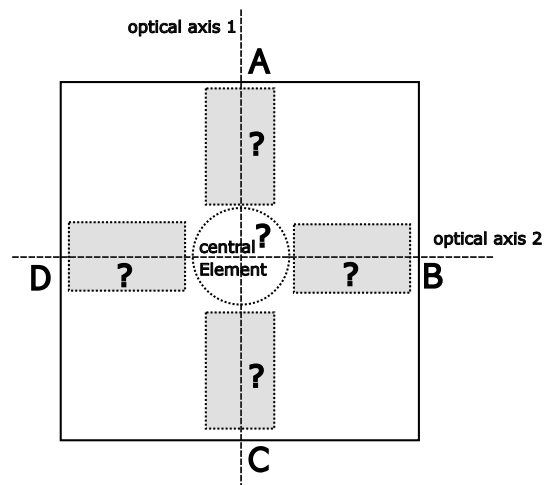
Það er einn hlutur úr Töflu 1 í hverjum af hinum fjórum hólfunum (á bak við ljóshliðin A, B, C, D).

Ákvarðið fyrir hvers konar hlutur er í hverju hólfi. Rökstyðjið val ykkar.

Verkefni E2.3 - Eiginleikar (~7.5 stig)

Í seinni dálknum í Töflu 1, í eru taldir upp eiginleikar hugsanlegra ljósfræðilegra hluta.

Ákvarðið þessa eiginleika fyrir ljósfræðilegu hlutina sem eru í kassanum í hólfunum A, B, C og D **eins nákvæmlega og mögulegt er.**



Mynd 2: Uppstilling sem sýnir svarta kassann og hólfið óþekktu hlutanna.

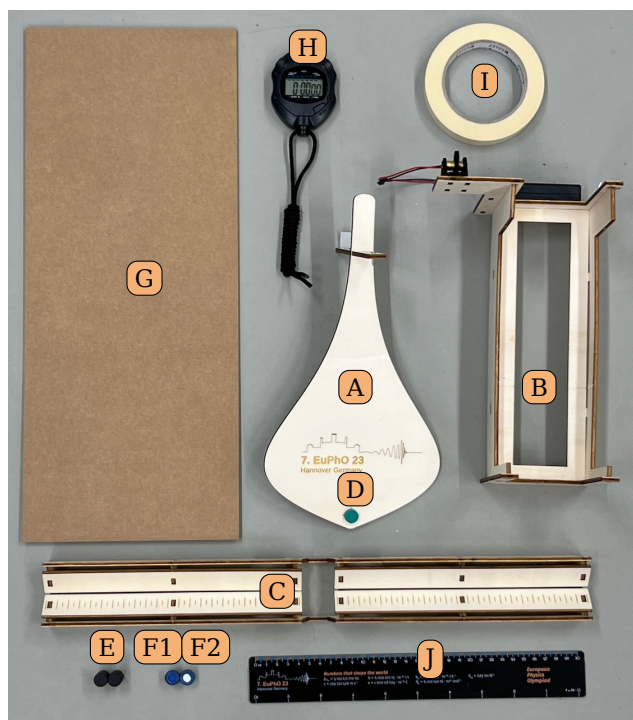
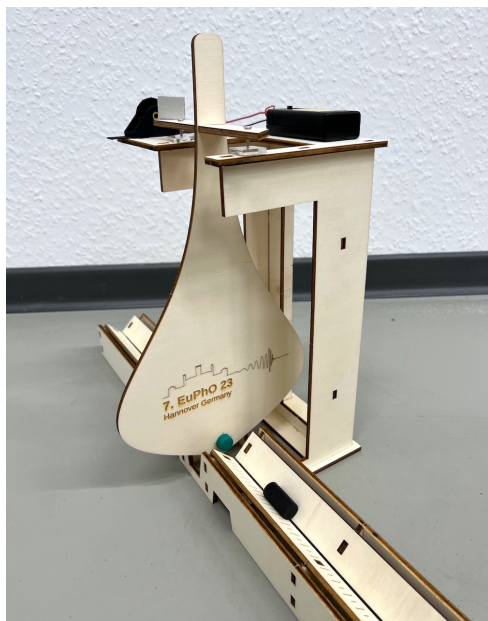
Tafla 1: Hugsanlegir hlutir í hólfunum svarta kassans

enginn hlutur	það er bara loft í hólfinu
spegill	horn milli ásar spegilsins og eins ljósfræðilega ássins
prisma	horn milli einnar hliðar primans og ljósása kassans, í laginu eins og jafnhliða þríhyrningur
dreifi- eða safnlinsa	fjarlægð að miðju kassans, stærð og formerki brennividdar. <i>Ath: Linsuásinn er alltaf samsíða ljósásum kassans</i>
skautunarsía	staðsetningarhorn miðað við lóðréttan ás svarta kassans
ein þunn rauf	fjarlægð að miðju kassans, breidd raufarinnar
raufargler	fjarlægð að miðju kassans, stefna ráka, fjarlægð milli rákanna
lítið gat	fjarlægð að miðju kassans, þvermál gatsins

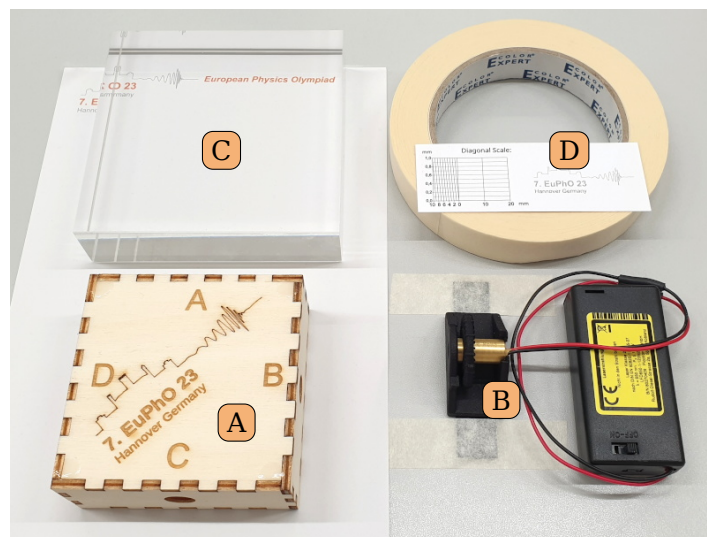
Mikilvægar upplýsingar:

- Bylgjulengd leisisins (650 ± 5) nm.
- Gera má ráð fyrir að brotstuðlar gegnsæju hlutanna séu 1.5.

Myndir sem sýna tilraunauppsetningu og tæki



Mynd 3: Uppsetning og tæki fyrir verkefni E1.



Mynd 4: Uppsetning og tæki fyrir tilraun E2. Athugið: Þið getið fest leisitækið við borðið með því að nota límbandið (D).

Athugið: Leisitækið er upphaflega fest við uppsetninguna fyrir E1. Þið þurfið að losa það af til að geta notað það í E2. Þið getið líka fært það til baka (athugið staðsetninguna) ef þið viljið fara aftur í tilraun E1.