

## E1 — Magnētiskais svārsts (10 p.)

Svārstību frekvence var tikt mainīta, izmantojot magnētiskos spēkus starp svārstu un tā atbalstu. Šajā eksperimentā tu pētīsi svārsta kustību kombinētā potenciālā no gravitācijas un magnētiskā lauka skatpunkta, izmantojot Att. 3 parādīto iekārtu.

### Aprīkojums (skatīt arī Att. 3)

- A Svārsta ķermenis ar punktveida atbalstiem un spoguļi leņķu mērīšanai
- B Svārsta tornis ar fiksētām rievīnām svārsta atbalstam, lāzers leņķu mērīšanai
- C Slīdes ārējo magnētu turēšanai
- D 2 mazi dipola magnēti, piestiprināti pie svārsta ķermeņa (var būt **zaļie, sarkanie, baltie** vai **dzeltenie**)
- E 2 identiski ārējie dipola magnēti (**melnās krāsas**)
- F 2 nezināmie ārējie magnēti F1, F2 (**zilās krāsas**, F2 iezīmēts ar **baltajiem** punktiem tā galos)
- G Ekrāns lāzera punktam leņķu mērīšanai
- H Hronometrs
- I Līmlente, lai, piemēram, piestiprinātu svārsta torni pie galda
- J Zīmulis un lineāls

**Magnēti ir gana spēcīgi. Esi uzmanīgs, lai nesavainotos pašam un nesabojātu magnētus.**

**Neskaties tieši lāzera starā un izslēdz lāzera, kad tas nav nepieciešams.**

**Eksperimentējot ar svārstu, pārliecinies, vai atbalsta skrūves atrodas svārsta torņa rievīnās.**

**Uz svārsta drīkst veikt atzīmēs ar zīmuli, ja tas ir nepieciešams.**

### Uzd. E 1.1 — Masas (1,0 p.)

Ķermeņa svārsta masa kopā ar tām piestiprinātu mazo dipola magnētu ir  $M_{\text{pen}} + M_{\text{mag}} = (52,3 \pm 0,2) \text{ g}$ .

Nosaki abas  $M_{\text{pen}}$  un  $M_{\text{mag}}$  vērtības pēc iespējas precīzāk.

### Uzd. E 1.2 — Magnētiskā dipola moments (4,0 p.)

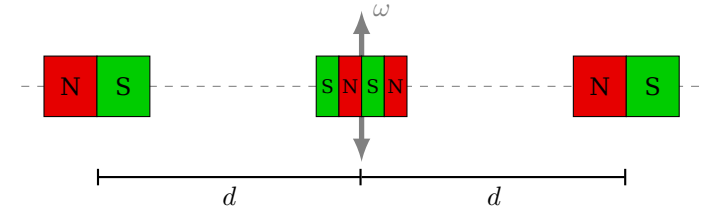
Ārējo magnētu klātbūtnē magnētiskais svārsts kustās kombinētā potenciālā, ko veido gravitācijas un magnētiskā mijiedarbība. Rezultējošā svārsta frekvence  $\omega$  var būt uzrakstīta kā funkcija no pašsvārstību frekvences  $\omega_1$  un „magnētiskās frekvences nobīdes”  $\omega_{\text{mag}}$

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

Gadījumā, ja svārstības notiek divu **melno** ārējo dipola magnētu klātbūtnē, kas novietoti simetriski attālumā  $d$  no svārsta līdzsvara stāvokļa (skat. Att. 1), pie mazām svārstību amplitūdām magnētiskās frekvences nobīde ir

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

kur  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$  ir magnētiskā konstante,  $I$  magnētiskā svārsta inerces moments attiecībā pret rotācijas asi,  $j_1$  svārsta magnētu kombinētais magnētiskais moments,  $j_2$  katra ārējā dipola magnētiskais moments, un  $\ell$  attālums no svārsta magnēta līdz rotācijas asij. Var pieņemt, ka dipola momentu relatīvais stiprums ir  $j_2 = 2,4 \cdot j_1$ . Brīvās krišanas paātrinājums  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .



Att. 1: Frekvences nobīde, izmantojot ārējos dipola magnētus (skats no augšas). Ar  $d$  tiek apzīmēts attālums starp magnētu centriem. Ņemiet vērā, ka ārējo magnētu orientācija var būt apgriezta.

**a)** Izmēri svārsta frekvences dažādiem attālumiem starp magnētu centriem  $d$ , izmantojot ļoti mazas amplitūdas. Pārliecinies, ka ir noklāts viss iespējamo frekvenču diapazons.

**b)** Nosaki svārsta magnēta materiāla un ārējo dipola magnētu materiāla „vidējo magnetizāciju” (masas vienības magnētisko momentu). Konstruējiet atbilstošu grafiku datu analīzei. Lai noteiktu visus nezināmus parametrus, var būt nepieciešami papildu mērījumi. Magnētu nemagnētiskā pārklājuma kārtiņas biezumu un masu var neņemt vērā.

**Ir svarīga renītes sliežu precīza izlīdzināšana. Pārliecinies, ka, svārstam atrodoties līdzsvara stāvoklī, visu magnētu centri atrodas uz vienas taisnes.**

**Noteikti izmantojiet simetriskas konfigurācijas, lai izvairītos no magnētu rādīta kopspēka sliežu virzienā.**

### Uzd. E 1.3 — Nezināmais ārējais magnēts (3,0 p)

Katrs no diviem **zilajiem** nezināmiem ārējiem magnētiem (F1, F2) satur vairākus magnētiskus dipolus. Dipoli magnēta F1 iekšpusē ir apgriezti attiecībā pret attiecīgiem dipoliem magnēta F2 iekšpusē. Iekārtas magnētiskās frekvences nobīde pēc analogijas ar Att. 1 arī atbilst pakāpes funkcijai

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

**a)** Nosaki svārsta frekvenci dažādiem attālumiem  $d$ , izmantojot ļoti mazas amplitūdas. Izvēlies iestatījumus, kas ļauj noteikt magnētiskās frekvences nobīdi pēc iespējas precīzāk.

**b)** Nosaki kāpinātāja  $\alpha$  vērtību izteiksmē (3).

**c)** Uzskicējiet dipola magnētu F1 un F2 iespējamo konfigurāciju un pamatojiet savu skici.

### Uzdevums E 1.4 — Nelineārais svārstis (2,0 p.)

Atgriez iestatījumus uz konfigurāciju, kas tika izmantota uzdevumā E 1.2, novietojot **melnus** ārējos dipola magnētus tā, kā ir parādīts Att. 1. Saskaņā ar izteiksmi (1), mazām amplitūdām svārstu frekvence pilnībā izzūd,  $\omega \rightarrow 0$ .

**a)** Nosaki pēc iespējas precīzāk, pie kāda attāluma  $d$  var uzskatīt, ka svārstu frekvence pilnībā izzūd.

**b)** Izpēti svārstu perioda atkarību no tā amplitūdas, ja svārstis ir noregulēts atbilstoši iepriekšējā punkta rezultātiem, t. i. tā, lai, svārstu frekvence pilnībā izzustu.

Piedāvā savos datus balstīto funkcionālo sakarību un pamato to ar saviem datiem.

Izvērtē jebkuru iespējamo neatbilstību iemeslus.

## E2 — Optiskā melnā kaste (10 p.)

# UZMANĪBU!

**Neatver melno kasti. Nekrati melno kasti. Nepieskaries optisko portu lodziņiem. Ja tu salauzīsi melno kasti vai lodziņus vai arī mēģināsi atvērt melno kasti, tu tiks diskvalificēts.**

Tavs uzdevums ir noteikt optiskās melnās kastes saturu, neatverot to.

Optiskajai kastei ir četri optiskie porti (A, B, C un D) gaismai un divas optiskās asis (Att. 2). Optiskās asis ir perpendikulāras viena otrai. Aiz katra porta ir līdz vienam optiskajam elementam, kā arī vēl viens elements kastes centrā. Tu vari izmantot lāzēri un ietvaru ar rullīti, ar kura palīdzību var pagriezt lāzēri. Uz rullīša drīkst veikt atzīmes ar zīmuli.

### Piederumi (skat. arī Att. 4)

- A Melnā kaste
- B Lāzera modulis ietvarā, kuru var novietot uz galda virsmas (viens un tas pats lāzera modulis ir izmantots abos eksperimentos)
- C Caurspīdīga plāksne
- D Līmlente, zīmulis, lineāls, lapa ar diagonālu skalu

**Neļauj lāzera staram trāpīt acī sev vai citiem. Neskaties kastes optiskajos portos, kad lāzēris ir ieslēgts. Izslēdz lāzēri, kad neizmanto to.**

### Uzd. E2.1 — Centrālais elements (~0,3 p.)

Divas optiskās asis krustojas melnās kastes centrā. Krustpunktā var atrasties: no abām pusēm pilnīgi atstarojošais spogulis, puscaurspīdīgais spogulis, regulārā trijstūra prizma vai arī nekas.

Nosaki, kāds elements atrodas melnās kastes centrā. Apraksti tā orientāciju attiecībā pret optiskajiem portiem (A, B, C, D), piemēram, uzskicējot to. Pamato savu atrisinājumu.

### Uzd. E2.2 — Pārējie elementi (~2,2 p.)

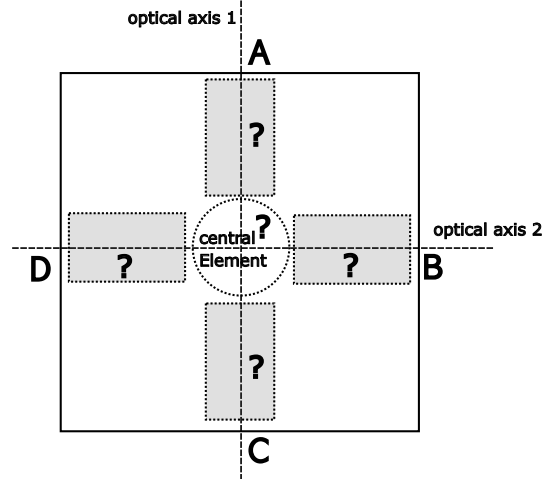
Katrā no pozīcijām aiz optiskajiem portiem A, B, C un D atrodas viens no Tab. 1 pirmajā ailē norādītajiem elementiem.

Nosaki, kāds elements atrodas katrā pozīcijā. Pamato savu izvēli.

### Uzd. E2.3 — Īpašības (~7,5 p.)

Tabulas 1 otrajā ailē ir uzskaitītas iespējamo elementu raksturīgas īpašības.

**Pēc iespējas precīzāk** nosaki norādītās īpašības optiskajiem elementiem, kas atrodas melnās kastes pozīcijās A, B, C un D.



Att. 2: Melnās kastes izkārtojums un nezināmo elementu pozīcijas.

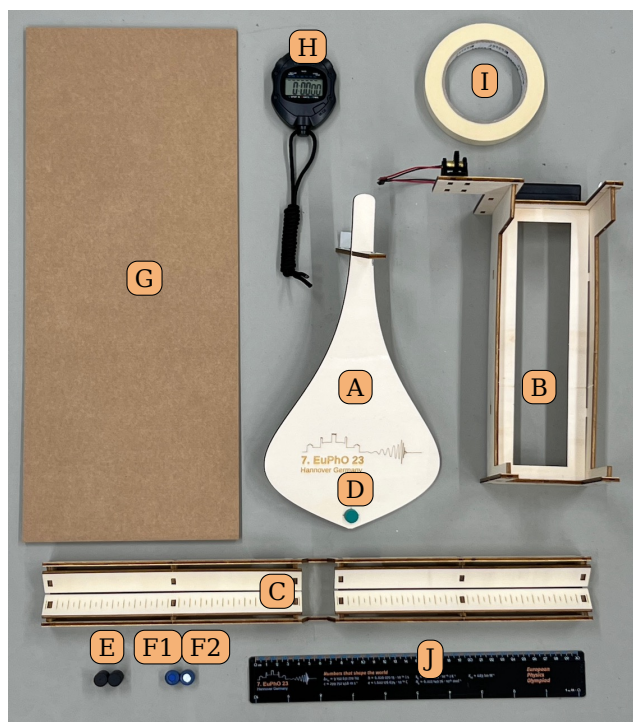
### Svarīgas piezīmes

- Lāzera viļņa garums ir  $(650 \pm 5)$  nm.
- Var uzskatīt, ka caurspīdīgu elementu laušanas koeficients ir 1,5.

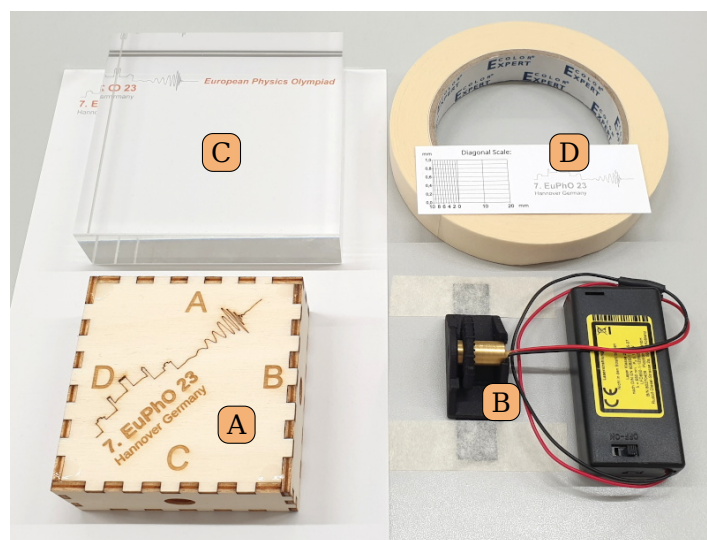
Tabula 1: Iespējamie elementi melnajā kastē

Elements	Īpašības
nav	vienkārši gaiss
spogulis	leņķis starp spoguļa asi un vienu no optiskajām asīm
regulārā trijstūra prizma	leņķis starp vienu no sānskaldnēm un vienu no melnās kastes optiskajām asīm
ieliektā vai izliektā lēca	attālums līdz kastes centram, optiskais stiprums, fokusa attāluma zīme; <i>lēcas galvenā optiskā ass vienmēr sakrīt ar vienu no kastes optiskajām asīm</i>
polarizators	polarizācijas plaknes pagrieziens leņķis attiecībā pret kastes vertikālo asi
atsevišķa šaura sprauga	attālums līdz kastes centram, spraugas platums
difrakcijas režģis	attālums līdz kastes centram, svītru virziens, attālums starp svītrām
apaļš caurums	attālums līdz kastes centram, cauruma diametrs

## Ekspierimentālo iekārtu un piederumu attēli



Att. 3: Iekārta un piederumi ekspierimentālajam uzdevumam E 1.



Att. 4: Piederumi ekspierimentālajam uzdevumam E 2. *Piezīme: lāzera moduli var piestiprināt pie galdā, izmantojot līmlenti (skat. B).*

**Piezīme: lāzera modulis ir sākotnēji ielikts uzdevuma E 1 iekārtā. Lai to izmantotu uzdevumā E 2, tas ir jānoņem no E 1 iekārtas. Ja nepieciešams, to var arī ielikt atpakaļ E 1 iekārtā (pievērš uzmanību izlīdzināšanai).**