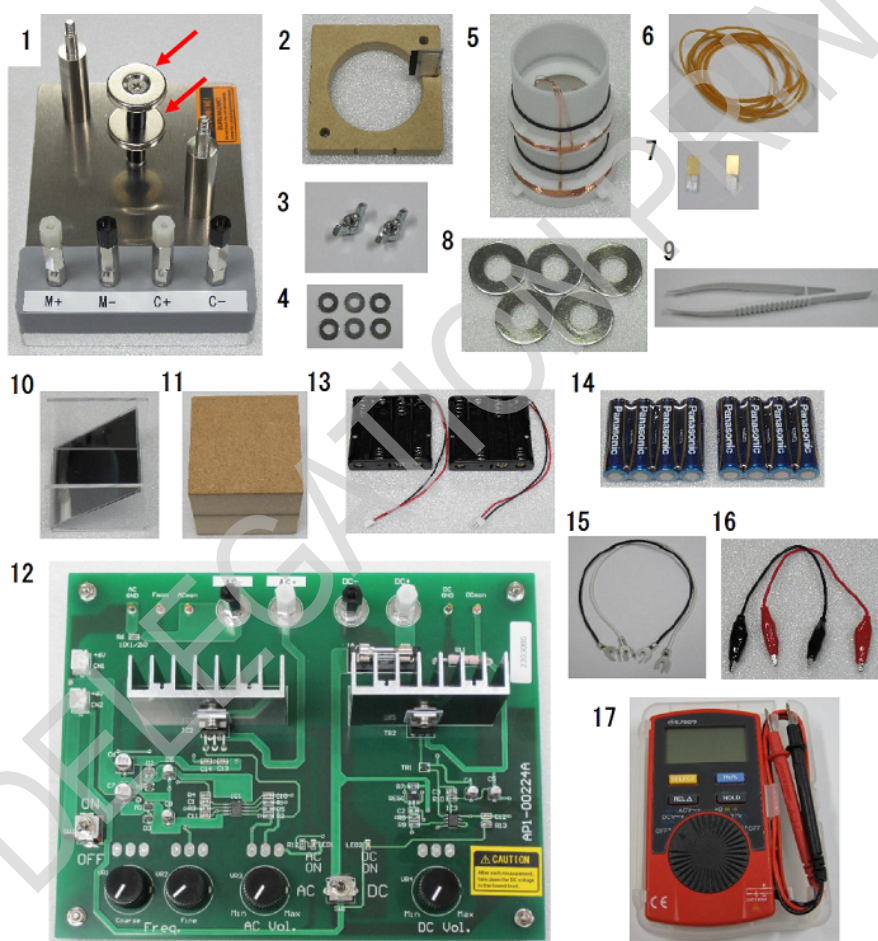


## Masas mērīšana (10 punkti)

Šajā eksperimentālajā uzdevumā tiks mērīta masa, izmantojot harmoniskā oscilatora rezonanses īpašības.

### Eksperimentālais uzstādījums

Zemāk norādīts saraksts ar komponentēm (attēls 1). To skaits ir norādīts kvadrātiņos [ ] tikai tad, ja pieejamas divas vai vairāk šādas komponentes.



Attēls 1: Eksperimentālā iekārtas komplekts.

1. Montāžas pamatne:

**Piezīme:** magnētu bloks uz pamatnes rada radiālu magnētisko lauku, ko var uzskatīt par viendabīgu (no augstuma neatkarīgu) starp magnētiem netālu no magnētu pāra centra  $\pm 3$  mm augstuma robežās.

2. (Oscilatora) atbalsts
3. Spārniņskrūves [2]:

**Piezīme:** Noņem (2) un (3) no pamatnes (1), ko saņēmi komplektā sākumā

4. Paplāksnes [6]
5. Cilindriskis oscilators
6. Gumijas [6]
7. Plāksnītes amplitūdas mērīšanai [2]
8. Atsvari [5]
9. Pincete
10. Spogulis
11. Bloks spoguļa novietošanai
12. Barošanas avots (BA):

Pieejams līdzstrāvas vai maiņstrāvas režīms.

Līdzstrāvas režīmā tas darbojas kā nemainīgas strāvas avots. Lai regulētu strāvu, izmanto kloķi ar norādi "DC Vol". Strāvas lielumu iegūst no sprieguma starp "DCmon" un "DC GND", izmantojot pārejas koeficientu 1.00 A/V (viens ampērs atbilst vienam voltam).

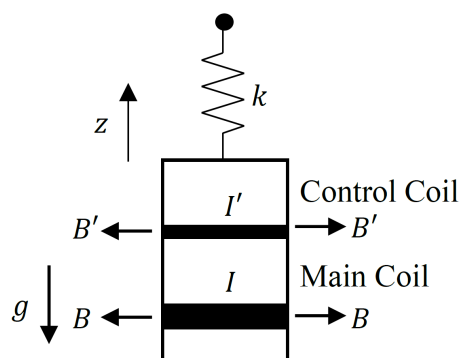
Maiņstrāvas režīmā tas darbojas kā sprieguma avots ar fiksētu amplitūdu. Izmantojiet kloķi "AC Vol", lai regulētu spriegumu. Maiņstrāvas vērtību iegūst no sprieguma starp "ACmon" un "AC GND", izmantojot konversijas pārejas koeficientu 0.106 A/V. Frekvenci (Freq.) var regulēt, izmantojot divus dažāda smalkuma regulēšanas kloķus "Coarse" (rupjai regulēšanai) un "Fine" (smalkai regulēšanai).

13. Bateriju turētāji [2]
14. Baterijas [8]
15. Vadi ar U-veida galiem [2]
16. Vadi ar krokodila spailēm galos [2]
17. Digitālais multimetrs (DMM):

Pagrieziet slēdzi, lai izvēlētos atbilstošu mērīšanas režīmu: "DCV", "ACV" un "Hz". Ņem vērā, ka maiņstrāvas sprieguma uzrādītā vērtība norāda vidējo kvadrātisko vērtību (RMS), t. i., efektīvo vērtību.

### Sistēmas modelēšana

Attēlā 2 parādīts vienkāršots eksperimentālās iekārtas modelis. To var apskatīt kā atsperes svārstu ar uzspiedējspēku.



Attēls 2: Harmoniska oscilatora modelis.

Modeli aprakstošie parametri:

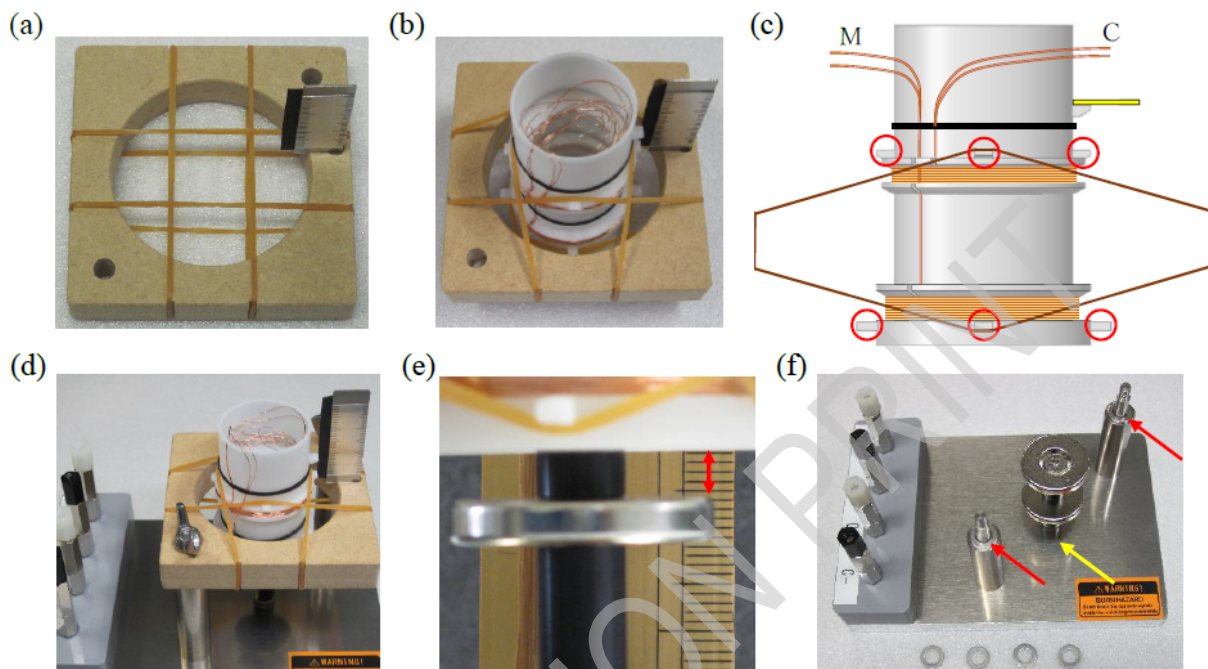
- $M$ : cilindriskā oscilatora masa
- $m$ : masa vienam atsvaram
- $N$ : atsvaru skaits
- $g$ : brīvās krišanas paātrinājums
- $k$ : efektīvais atsperes stinguma koeficients kustībai vertikālā virzienā
- $z$ : oscilatora augstums
- $z_e$ : oscilatora augstums līdzsvara stāvoklī, kad uz to neiedarbojas elektromagnētiskais spēks
- $B(B')$ : magnētiskais lauks, kas iedarbojas uz galveno (kontroles) spoli
- $L(L')$ : galvenās (kontroles) spoles vada garums
- $I(I')$ : strāva, kas plūst cauri galvenajai (kontroles) spolei
- $\alpha$ : pozitīvs pretestības spēka koeficients

Aprakstītās sistēmas kustības vienādojums ir dots pēc šādas formulas

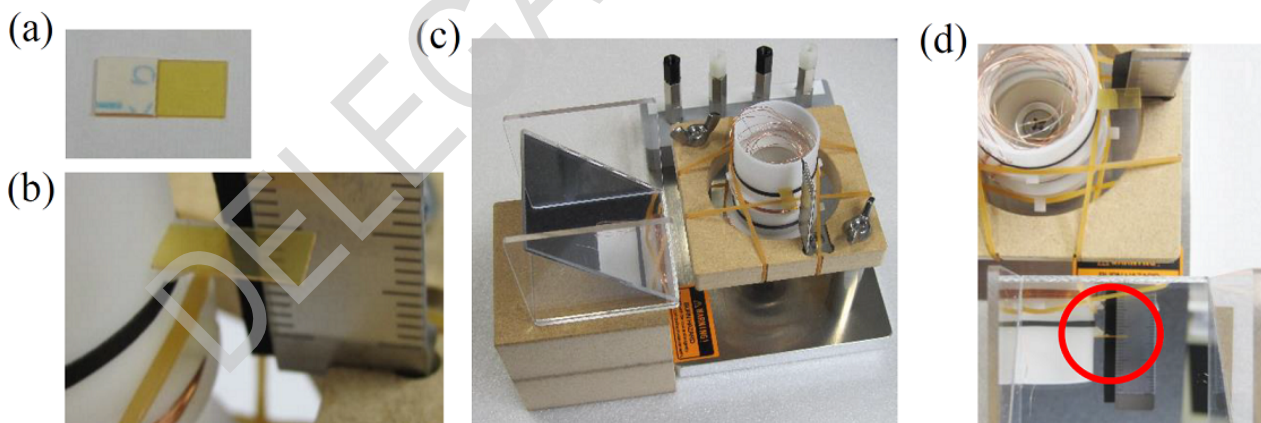
$$(M + Nm) \frac{d^2 z}{dt^2} = -(M + Nm)g - k(z - z_e) + BLI + B'L'I' - \alpha \frac{dz}{dt}. \quad (1)$$

### Oscilatora uzstādīšana

1. Noņem balstu no montāžas pamatnes. Ap to ap četras gumijas režģa veidā (skatīt attēlu 3(a)).
2. No mērīšanas skalas puses ievieto cilindrisko oscilatoru centrā starp šķērsi novietotajām gumijām. Novietojiet spoļu izvadus pretēji skalas pusei (skatīt attēlā 3(b)).
3. Paredzēts, ka oscilators ir iekārts četrās gumijās, kas aizāķētas ap astoņiem maziem āķīšiem. Tās norādītas attēlā 3(c) ar apvilktiem sarkaniem aplīšiem. Pareizi ievietotam oscilatoram, katra gumijas cilpa veido nogrieztu rombveida figūru, skatoties sānskatā.  
**Piezīme:** Šajā eksperimentā varam pieņemt, ka efektīvais spēks, ko rada gumijas, pakļaujas Huka likumam.
4. Ar divām spārniņskrūvēm no jauna piestiprini atbalstu pie diagonāli novietotajiem metāla bastiem (pa vidu atrodas magnēti). Mērīšanas skalai ir jāstāv vertikāli virsū nevis pie balstu sāniem (attēls 3(d)).
5. Novieto oscilatoru vertikāli tā, lai tā ass sakristu ar magnēta bloka asi.
6. Miera stāvoklī galvenajai spolei jāatrodas tuvu abu magnētu vidusdaļai, ko var pārbaudīt, ja attālumš starp apakšējā magnēta augšējo virsmu un oscilatora apakšējo virsmu ir 3 līdz 5 mm (sarkanā bultiņa attēlā 3(e)). Ja tas ir pārāk zemu, starp balstiem un atbalstu ievieto paplāksnes (sarkanās bultiņas attēlā 3(f)). Ja atrodas pārāk augstu, pagriez magnēta bloka balstu, noņem to, un zem tā pievieno paplāksnes (dzeltenās bultiņa attēlā 3(f)) dzeltenā bultiņa).
7. Noņem uz plāksnītes esošās abpusējās līmlentes virskārtu (attēls 4(a)). Pielīmē plāksnīti uz mazā izciļņa oscilatora sānos, lai izmērītu augstumu (attēls 4(b)).
8. Novieto spoguļi uz bloka (attēls 4(c)) tā, lai iegūtu skaidru plāksnītes redzamību no augšas caur spoguļi (sarkanais aplis attēlā 4(d)).



Attēls 3: Oscilatora uzstādīšana.

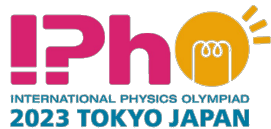


Attēls 4: Plāksnītes un spoguļa uzstādīšana.

### Elektriskais slēgums

1. Atrodi un maigi izvelc vadu pārus, kas tos savieno ar galveno (M) un kontroles (C) spolēm (attēls 3(c)). Pārlicinies, ka vadu brīvajos galos ir nokasīts nevadošais pārklājums.
2. Atskrūvē skrūves kontaktiem M+ un M-. Vadus iestiprini apakšējā atstarpē (attēli 6(a) un 6(b)). Polaritāte tiks pārbaudīta vēlāk.
3. Tāpat pievieno vadus C+ un C- marķētajos kontaktos. (Der jebkura polaritāte)
4. Ievieto baterijas un nostiprini savienojumus ar barošanas avotu (CN1, CN2) (attēls 6(c)).

## Experiment

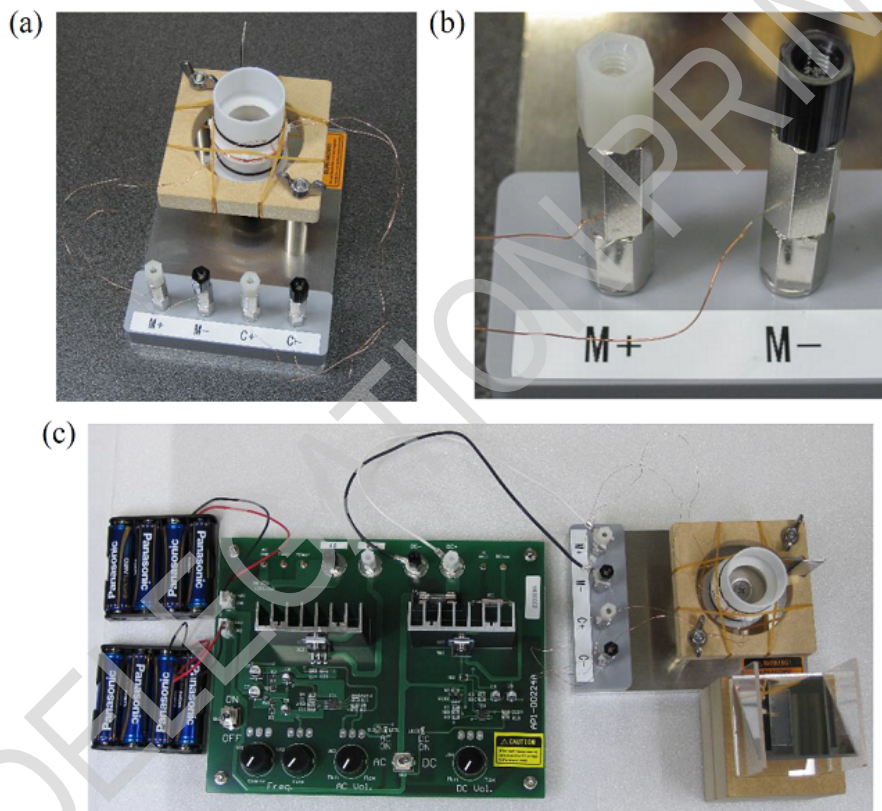


# Q1-5

Latvian (Latvia)

5. Savieno kontaktus M+ un M- ar līdzstrāvas izeju (DC+ un DC-) uz barošanas avota, izmantojot vadus ar U-veida galiem.
6. Pārslēdz slēdzi uz līdzstrāvas režīmu un ieslēdziet barošanas avotu.
7. Izmanto "DC Vol.", lai regulētu strāvu. Pārbaudi, vai oscilators ir spējīgs pārvietoties uz augšu vismaz par 2 mm. Ja pārvietojas uz leju, samaini polaritāti vadus 2. solī un atkārto.

**Uzmanību:** Komponentes uzkarst - uzmanies no spolēm un magnētiem. Katra soļa beigās samazini līdzstrāvu līdz minimumam.



Attēls 5: (a), (b) kontakti, (c) viss slēgums, ieskaitot barošanas avotu un baterijas.

### Oscilatora pārbaude

1. Savieno kontaktus M+ un M- ar maiņstrāvas izeju (AC+ un AC-), izmantojot vadus ar U-veida galiem.
2. Pārslēdz slēdzi uz maiņstrāvas režīmu un ieslēdz barošanas avotu.
3. Pagriez "AC Vol." pulksteņrādītāja virzienā, sākot no minimuma līdz ceturtdaļapgriezienam. Noregulē frekvenci ar "Coarse" kontroles kloķi, lai sāktu svārstības.
4. Noregulē maiņstrāvas izejas spriegumu un frekvenci tā, lai svārstību amplitūda būtu aptuveni  $A = 3$  mm (attēls 6.). Ja svārstības ir nestabilas, pamaini oscilatora iestatījumus.
5. Atvieno M+ un M-, savieno kontaktus C+ un C- ar maiņstrāvas izeju.
6. Ieslēdz barošanas avotu, lai atkal radītu svārstības.

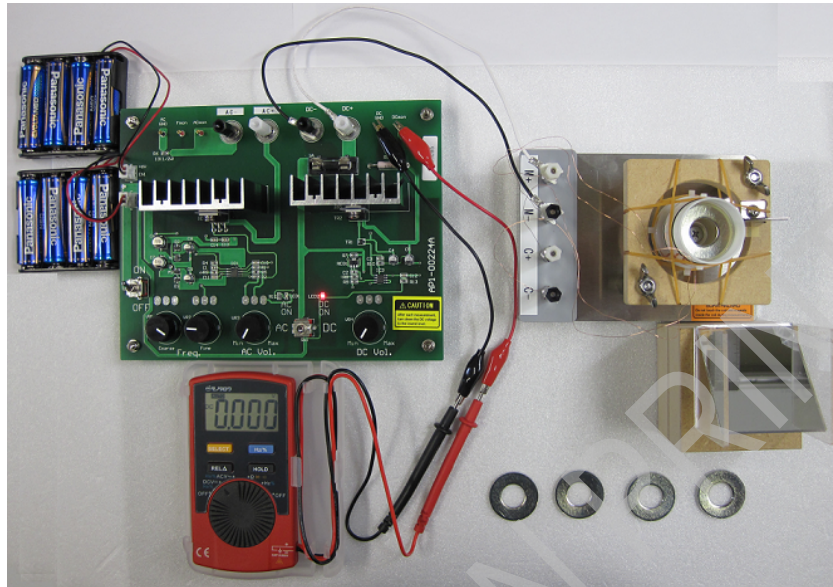


Attēls 6: Svārstību novērošana caur spoguļi.

### A daļa. Huka likums un elektromagnētiskie spēki (2.4 punkti)

**A.1** Atbilžu lapā uzzīmē magnētiskā lauka līnijas, ko rada divi identiski magnēti diska formā, kad to abu N poli ir vērsti viens otram pretī. 0.4 pt

**A.2** Savieno kontaktus M+ un M- ar līdzstrāvas izeju. Pievieno DMM līdzstrāvas izejai strāvas mērīšanai, izmantojot vadus ar krokodila spailēm (attēls 7). Nolasi oscilatora augstumu  $z$ , kad tajā neplūst strāva un nav ievietoti atsvari, t. i.,  $N = 0$ . Ieraksti noteikto lielumu **tabulā A.2**. Tagad novieto vienu atsvaru ( $N = 1$ ) uz apaļā plauktiņa, kas atrodas pie cilindra iekšējās sienas. Nosaki augstumu  $z$ , oscilatoram atrodoties jaunajā līdzsvara stāvoklī. Cik liela līdzstrāva  $I$ , jāpievada galvenajai spoļei, lai atgrieztu oscilatoru atpakaļ vietā, kur tas atradās iepriekš bez atsvara? Atkārti mērījumus, palielinot  $N$  līdz 5, un ieraksti tos **tabulā A.2**. 0.6 pt



Attēls 7: DMM slēgums. Oscilators ar atsvaru labajā pusē.

**A.3** Grafiski attēlo sakarību starp atsvaru skaitu  $N$  un augstumu  $z$ . No grafika nosaki grafika slīpumu  $a = \frac{\Delta z}{\Delta N}$  un novērtē tā kļūdu. 0.7 pt

**A.4** Grafiski attēlo sakarību starp svaru skaitu  $N$  un strāvu  $I$ . No grafika nosaki  $b$  vērtību, kas definēta kā  $b = \frac{I}{N}$ , un novērtē tās kļūdu. 0.7 pt

### B daļa. Inducētais elektrodzinējspēks (3.0 punkti)

**B.1** Pieņemsim, ka kontroles spoļei bez atsvara tiek pievadīta maiņstrāva ar frekvenci  $f$ . Zinot, ka oscilatora augstums mainās sinusoidāli atkarībā no laika 0.2 pt

$$z - z_0 = A \sin(2\pi ft) \quad (2)$$

kur  $z_0$  ir oscilatora augstums līdzsvara stāvoklī un  $A$  ir svārstību amplitūda, uzraksti izteiksmi inducētā elektrodzinējspēka amplitūdai  $V$  galvenajā spoļē.

**B.2** Pievieno kontaktus C+ un C- maiņstrāvas izejai. Pievieno DMM pie "Fmon" un "AC GND" frekvences nolasišanai. 0.5 pt

Noregulē gan maiņstrāvas frekvenci, gan izejas spriegumu, lai radītu vienmērīgas svārstības ar atbilstošu amplitūdu. Izmēri frekvenci  $f_B$  un ieraksti to atbilstu lapā.

Savieno DMM ar kontaktiem M+ un M-. Fiksē frekvenci un, mainot izejas spriegumu, izmēri svārstību amplitūdu  $A$  un maiņstrāvas spriegumu  $V'$  ( $V' = V/\sqrt{2}$ ), kas tiek inducēts galvenajā spoļē.

Aizpildi **tabulu B.2.**, izvēloties atbilstošus mērījumus.

<b>B.3</b>	Grafiski attēlo sakarību starp svārstību amplitūdu $A$ un spriegumu $V'$ . No grafika nosaki $c$ vērtību, kas definēta kā $c = \frac{V'}{A}$ , un novērtē tās kļūdu.	0.7 pt
<b>B.4</b>	Aprēķini $BL$ un novērtē tā kļūdu, izmantojot punktā <b>B.3.</b> iegūtos rezultātus.	0.4 pt
<b>B.5</b>	Izmantojot uzdevumu <b>A.3.</b> , <b>A.4.</b> un <b>B.4.</b> rezultātus, aprēķini $m$ un $k$ vērtības, kā arī novērtē to kļūdas. Vajadzības gadījumā izmanto brīvās krišanas paātrinājumu, $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ .	1.2 pt

### C daļa. Rezonanses frekvence atkarībā no masas (2.3 punkti)

Turpmākajos uzdevumos izmanto galveno spoli, lai svārstītu oscilatoru, kas ir precīzāka metode. Atbilstoši nomaini savienojumus.

<b>C.1</b>	Uzraksti izteiksmi rezonanses frekvencei $f$ oscilatoram ar $N$ atsvariem. Turpmāk izmanto precīzāku atsperes konstanti $k'$ , neizmantojot iepriekš iegūto $k$ .	0.2 pt
<b>C.2</b>	Pieslēdz maiņstrāvas avotu galvenajai spolei, lai radītu uzspiestas svārstības oscilatoram. Izmēri rezonanses frekvenci $f$ , dažādam atsvaru skaitam no $N = 0$ līdz 5. Ierakstiet vērtības <b>tabulā C.2.</b> Izvairies no situācijas, kad atsvari sāk lēkāt.	0.5 pt
<b>C.3</b>	Izmanto punktā <b>C.2.</b> iegūtos rezultātus, uzzīmē grafiku, lai iegūtu $\frac{M}{k'}$ un $\frac{m}{k'}$ . Iegūtās vērtības ieraksti atbilstu lapā. Ja nepieciešams aprēķināt papildu fizikālos lielumus, ieraksti tos <b>tabulas C.2.</b> tukšajās vietās.	1.0 pt
<b>C.4</b>	Kāda ir $\frac{M}{m}$ vērtība? Aprēķini $M$ un $k'$ , izmantojot rezultātus no <b>B.5.</b>	0.6 pt

### D daļa. Rezonanses raksturlielumi (2.3 punkti)

Ja uz oscilatoru bez atsvara iedarbojas periodisks spēks ar amplitūdu  $F_{AC}$  un frekvenci  $f$ , tad svārstību amplitūdu  $A$  raksturo ar rezonanses raksturlielumiem:

$$A(f) = \frac{F_{AC}}{8\pi^2 M f_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{(f - f_0)^2 + (\Delta f)^2}}. \quad (3)$$

Šeit  $\Delta f = \frac{\alpha}{4\pi M}$ . Šis vienādojums ir spēkā frekvenču diapazonā, kur izpildās  $|f - f_0| \ll f_0$ .

Šajā daļā tiks izmantoti šie rezonanses raksturlielumi, lai noteiktu oscilatora masu,  $M$ , pieņemot, ka vienādojums (3) ir vienmēr spēkā.



<b>D.1</b>	Pieslēdz maiņstrāvas avotu spolei un ierosini uzspiestas svārstības. Noregulē frekvenci un izejas spriegumu tā, lai radītu rezonansi ar atbilstošu amplitūdu. Atbilžu lapā ieraksti maiņstrāvas spriegumu $V'_{AC}$ starp "ACmon" un "AC GND". Izmantojot punktā <b>B.4.</b> iegūtos rezultātus un pārejas koeficientu, aprēķini periodiskā elektromagnētiskā spēka amplitūdu $F_{AC}$ , kas iedarbojas uz oscilatoru.	0.4 pt
<b>D.2</b>	<b>Tabulā D.2.</b> ieraksti svārstību amplitūdu $A$ , mainot frekvenci $f$ . Visu mērījuma laiku ir nepieciešams saglabāt nemainīgu pieliktā spēka amplitūdu $F_{AC}$ . Grafiski attēlo sakarību starp frekvenci $f$ un amplitūdu $A$ .	0.9 pt
<b>D.3</b>	Izmantojot rezultātus no <b>D.1</b> un <b>D.2</b> , nosaki $M$ .	1.0 pt

DELEGATION PRINT