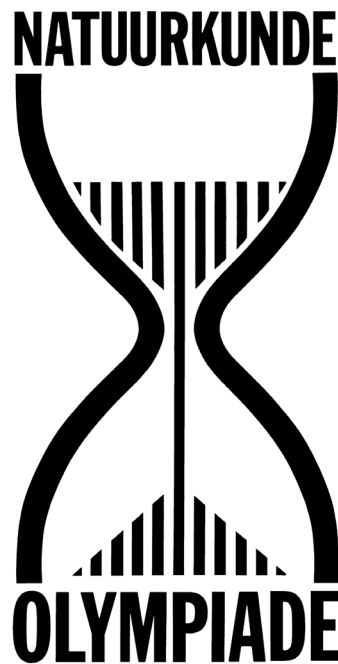


NATUURKUNDE OLYMPIADE

EINDRONDE 2021

PRAKTIKUMTOETS



Opmerkingen

1. Schrijf bovenaan elk papier je naam.
2. Nummer elke bladzijde.
3. Schrijf op de eerste pagina het totale aantal bladen dat je inlevert.
4. Deze toets bestaat uit onderdeel A en B. Voor onderdeel A zijn maximaal 16 punten te behalen, voor onderdeel B maximaal 4.
4. Voor foutenbeschouwingen worden bij onderdeel A geen punten gegeven.
5. Er wordt van je verwacht dat je het juiste aantal significante cijfers gebruikt.

ASML



NVON

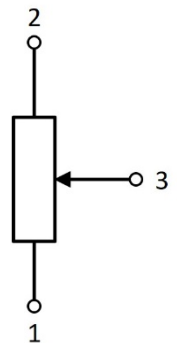
MALMBERG



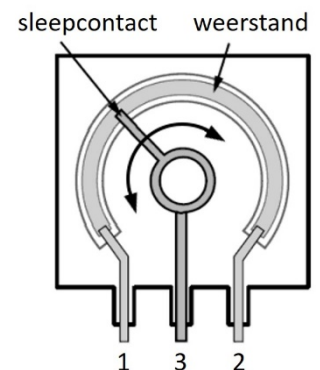
Een blackbox met een weerstand, een lampje en een potmeter

Inleiding

De blackbox heeft vier aansluitpunten en bevat drie onderdelen: een weerstand met een weerstandswaarde R , een lampje en een regelbare weerstand, ook wel potmeter genoemd. Deze potmeter heeft drie aansluitkanten zoals te zien is in de figuur hiernaast. De weerstand tussen aansluitkant 1-2 heeft een vaste waarde, de weerstand tussen 1-3 en 2-3 is afhankelijk van de positie van 3. De weerstandswaarde tussen 1-3 is 0Ω in de laagste stand en maximaal in de hoogste stand. Voor 2-3 is dat net andersom.



In de blackbox zit echter een draaipotmeter, zoals te zien is in de figuur hiernaast. De weerstandswaarde tussen 1-3 is 0Ω in de stand volledig linksom en maximaal in de stand volledig rechtsom. Voor 2-3 is dat net andersom. Daarnaast is de gebruikte potmeter lineair. Dat betekent dat de weerstand tussen 1-3 of 2-3 evenredig is met de draaihoek. De weerstanden en het lampje hebben beide twee aansluitkanten, de potmeter heeft er drie.



Voor deze blackbox gelden de volgende twee restricties:

- (1) De vier aansluitpunten van de blackbox zijn alle met slechts één aansluitkant van een onderdeel verbonden.
- (2) Alle zeven aansluitkanten van de drie onderdelen zijn met iets verbonden.

Materialen

Je hebt de beschikking over de volgende materialen:

- Black box. Een aluminium doosje met vier gekleurde aansluitpunten (rood, wit, blauw en zwart) met daarin de genoemde onderdelen: een weerstand R , een lampje en een potmeter. Bij een spanning hoger dan 7 V kan het lampje doorbranden. Vermijd dus te lange hoge spanningen.
- Een batterij van 9 Volt, inclusief een batterijclip.
- Snoertjes om een schakeling te kunnen maken.
- Een multimeter, te gebruiken als Voltmeter, Ampèremeter of weerstandsmeter. Gebruik wordt als bekend verondersteld.
- Een gradenboog waarmee de hoek van de potmeter op de blackbox kan worden opgemeten.
- Er is een thermometer op de labzaal.

Onderdeel A: De configuratie van de blackbox

Opdrachten A

- A0 Geef op de bijlage aan welke blackbox je hebt. Het nummer staat op de onderkant. Meet vervolgens de spanning van de batterij en de temperatuur in de labzaal en noteer ook deze beide metingen op de bijlage.
- A1 Stel dat de totale weerstand R_{12} van de potmeter op de bijlage $1,0 \text{ k}\Omega$ is. Bepaal voor die situatie de weerstandswaarde R_{13} en R_{23} . Laat duidelijk zien hoe je te werk gaat.
- A2 Geef op de bijlage aan welke wezenlijk verschillende configuraties er voor de blackbox mogelijk zijn, gegeven de twee genoemde restricties. De aansluitpunten op de bijlage zijn bewust niet gekleurd gemaakt omdat rotatie- of lijnsymmetrische configuraties niet wezenlijk verschillend zijn. Teken voor het gemak de potmeter in de rechte variant zoals de eerste figuur in deze instructie. Dat maakt het overzichtelijker. Dat er twaalf lege blackboxes zijn geprint geeft niets aan. Het kunnen er meer of minder zijn.
- A3 De multimeter kan direct weerstand meten (stand Ω) door een heel klein stroompje door de aangesloten schakeling te sturen en bijbehorende spanning te meten. Bepaal door gebruik te maken van deze stand van de multimeter de configuratie in de blackbox. Geef je gevonden configuratie weer op de bijlage en noteer de gevonden/berekende weerstandswaarden bij de drie onderdelen. Dat je hiermee (nog) niet kan weten welke van de gevonden weerstanden het lampje is, mag duidelijk zijn.

Hints voor opdracht A4, lees dit goed!

Je hebt maar 1 multimeter tot je beschikking. Je kan deze het beste als ampèremeter gebruiken. Gebruik verder de methode van opdracht A1.

Maar pas op: de potmeter heeft aan het begin en aan het einde een zgn. **dode gang**. Pas vanaf een bepaalde hoek en tot een zeker hoek is er (lineaire) verandering van weerstand.

- A4 Als het goed is, heb je in A3 de juiste configuratie van 2 weerstanden en een potmeter gevonden. Bepaal welke van de twee weerstanden het lampje is.

Onderdeel B: De temperatuur van de gloeidraad

Hoe groter de aangesloten spanning op een gloeilampje, hoe groter de stroom door het lampje en hoe hoger de temperatuur van de gloeidraad. De weerstand van de gloeidraad in het lampje is afhankelijk van de temperatuur. We nemen nu aan dat voor de weerstand $R(T)$ als functie van de temperatuur T , in K, geldt: $R(T) = \alpha T$

Opdracht B

Bepaal de spanning over het lampje waarbij de gloeidraad van het lampje een temperatuur van 2500 K heeft. Laat duidelijk zien hoe je te werk gaat!

NAAM:



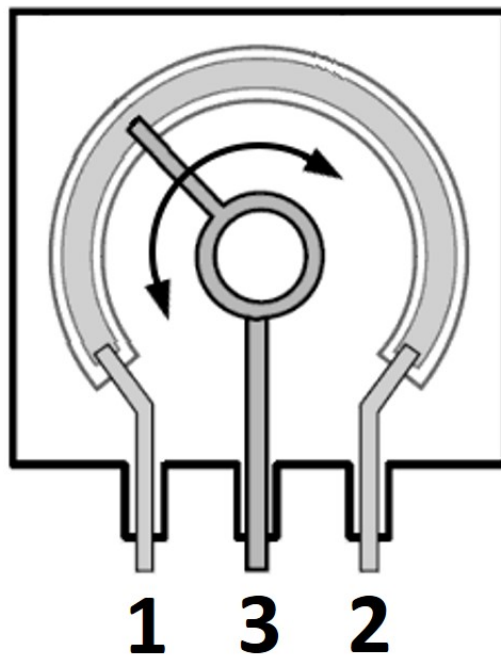
Opdracht A0

Blackboxnummer: 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

Spanning batterij: V

Temperatuur labzaal: K

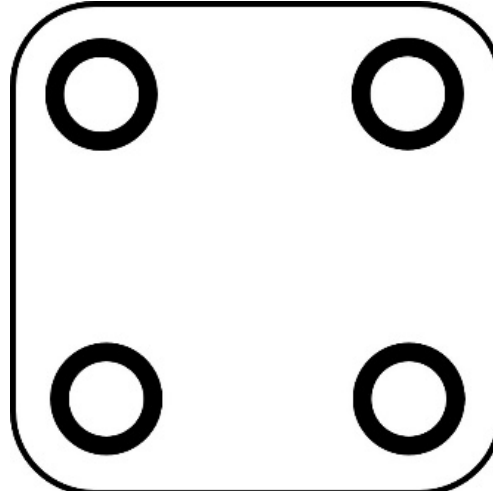
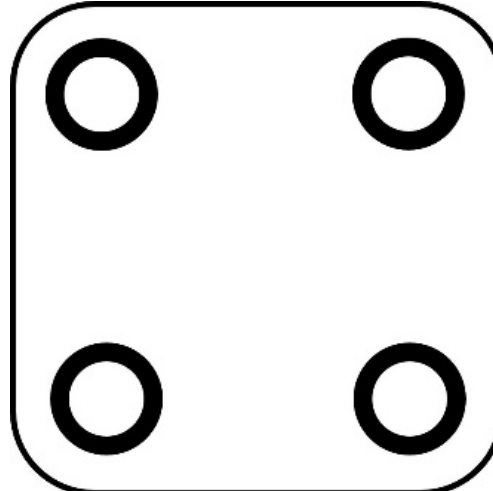
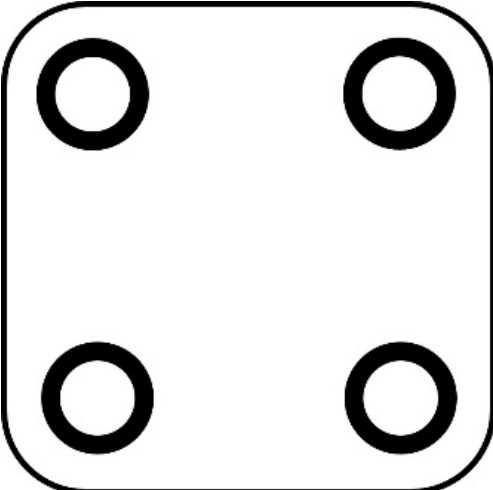
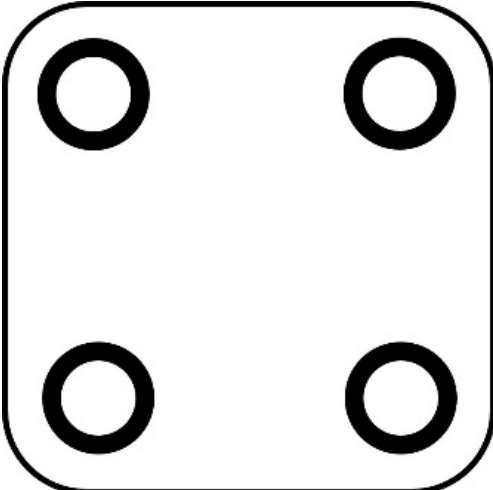
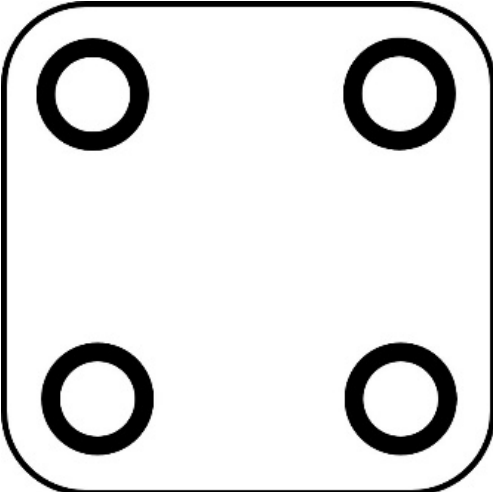
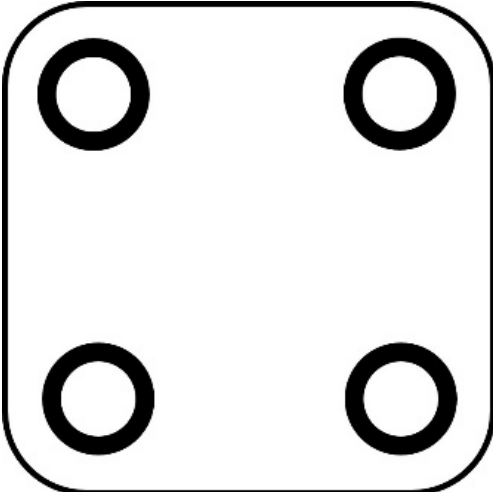
Opdracht A1

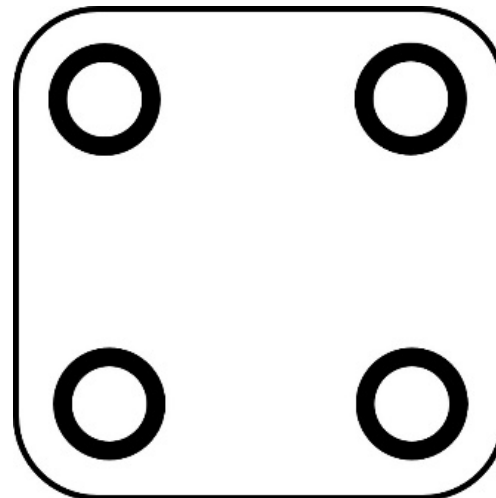
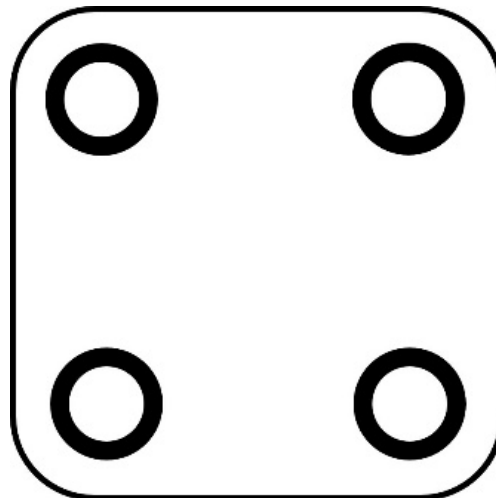
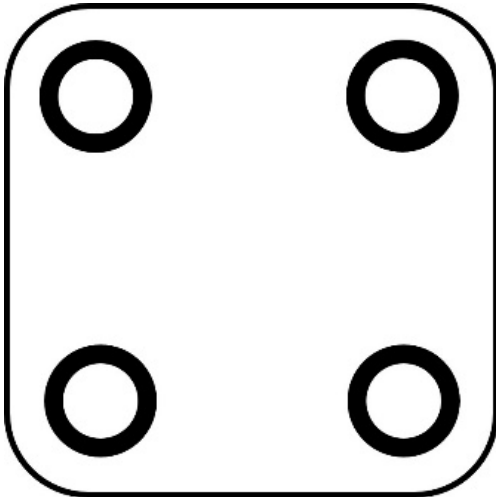
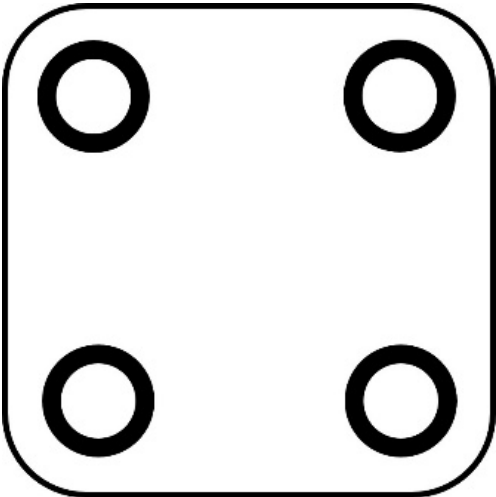
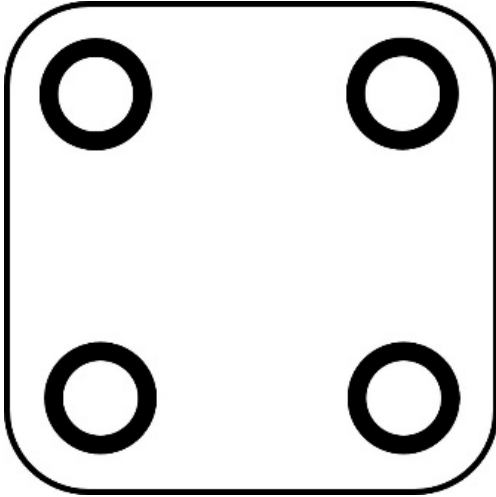
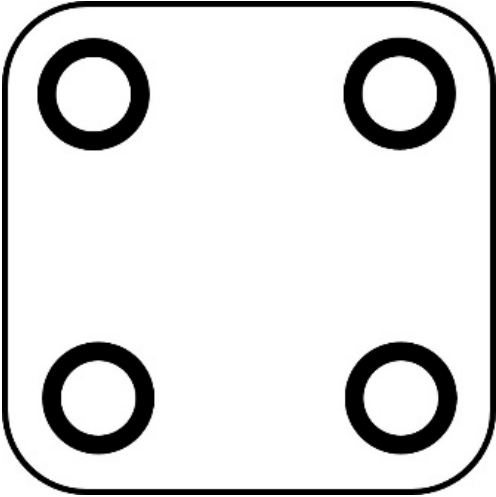


Toelichting/berekening:

NAAM:

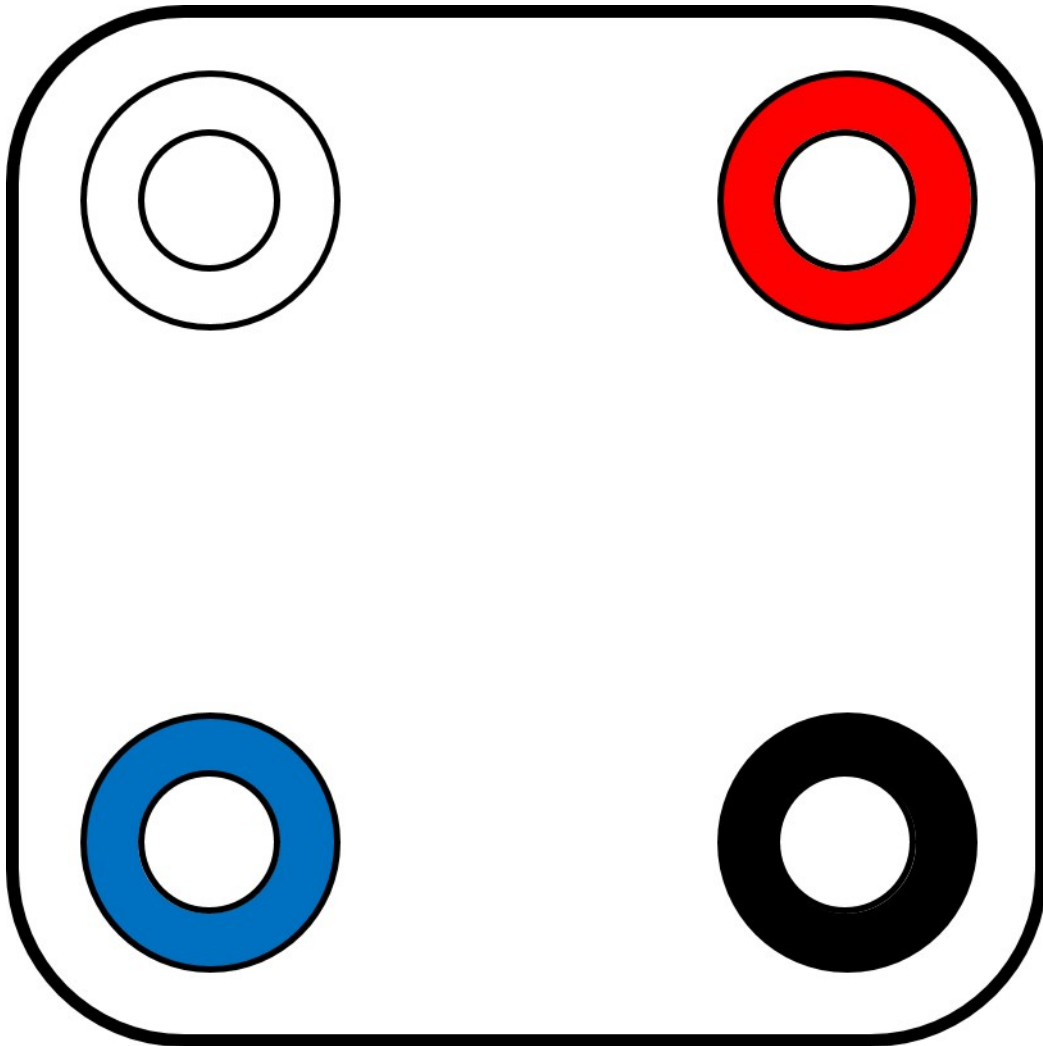
Opdracht A2





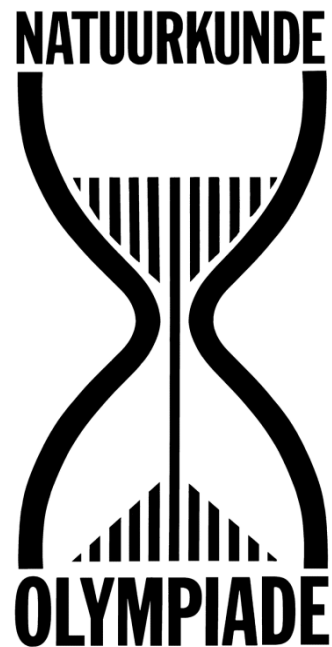
Opdracht A3

Geef je gevonden configuratie hieronder weer en noteer de gevonden/berekende weerstandswaarden bij de drie onderdelen. Dat je nog niet kan weten welke van de gevonden weerstanden het lampje is, mag duidelijk zijn.



Toelichting/metingen:

**Eindronde
Natuurkunde Olympiade
2021**



practicum toets

VOORAF

► *Enkele opmerkingen*

1. Deze proef bestaat uit drie opdrachten. De opdrachten hebben resp. 4, 1 en 3 onderdelen.
2. Voor opdracht 1b moet een grafiek gemaakt worden. Het grafiekpapier is meegeleverd.
3. Voor opdracht 2 moet je gebruik maken van een bijlage. Ook deze is meegeleverd.
4. Schrijf bovenaan elk papier je naam.
5. Nummer elke bladzijde.
6. Schrijf op de voorpagina het totale aantal bladen dat je inlevert.
7. Voor foutenbeschouwingen worden geen punten gegeven met uitzondering van opdracht 3b. Er wordt wel van je verwacht dat je steeds het juiste aantal significante cijfers gebruikt.

DE FYSISCHE SLINGER

► Inleiding

Een fysische slinger is een voorwerp met een willekeurige vorm dat kan roteren om een vaste as. Voor een fysische slinger met een massa M , die met een kleine amplitude slingert om een horizontale as op een afstand l van het zwaartepunt, geldt voor de trillingstijd T :

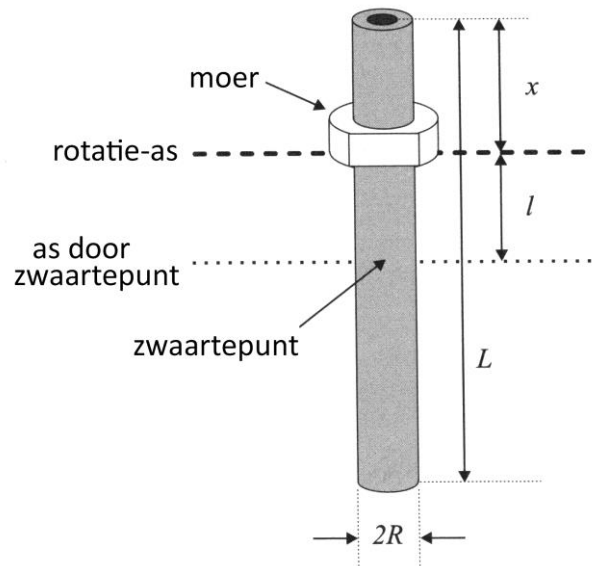
$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{I}{Ml} + l} \quad [1]$$

Hierin is g de valversnelling en I is het traagheidsmoment van de slinger ten opzichte van de as door het zwaartepunt van de totale slinger (massamiddelpunt) evenwijdig aan de rotatie-as. Zie voor een afleiding hiervan de appendix.

► Meetopstelling

In de figuur hiernaast is een schematische tekening van de fysische slinger die je gaat gebruiken. De slinger bestaat uit een lange metalen staaf en tenminste één moer. De staaf is voorzien van schroefdraad en heeft een totale lengte L en een gemiddelde straal R . De waarden van de verschillende grootheden zijn te vinden in tabel 1. Door de moer te draaien kun je het ophangpunt van de slinger verplaatsen.

In de figuur worden tevens de afstanden x en l gedefinieerd: x is de afstand van de rotatie-as tot het einde van de slinger, l is de afstand van de rotatie-as tot het zwaartepunt van de slinger.



Tabel 1: Afmetingen en massa's

Staf	de lengte L	$(400,0 \pm 0,4)$ mm
	de gemiddelde straal R	$(4,4 \pm 0,1)$ mm
	de massa M_{staaf}	$(210 \pm 1) \cdot 10^{-3}$ kg
	de spoed (verplaatsing per omwenteling)	$(1,500 \pm 0,001)$ mm
Moer	de hoogte h	$(7,9 \pm 0,1)$ mm
	de diepte van de groef d	$(0,5 \pm 0,1)$ mm
	de massa M_{moer}	$(11,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$ kg

De opstelling bestaat uit de volgende onderdelen:

- Een houder waarin de slinger opgehangen kan worden
- Een messing staaf met schroefdraad
- Twee moeren met aan één kant twee groeven voor ophanging in het statief
- Een stopwatch
- Een liniaal

De **slinger** moet zo in de houder opgehangen worden dat de messen precies in de groeven van de moer vallen. Op die manier staat de draai-as horizontaal. Pas op voor de messen, ze zijn erg scherp!

- ▶ **Opdracht 1** De slingertijd als functie van de positie van de rotatie-as.
 - a. Meet de slingertijd T als functie van de afstand x . Geef de resultaten weer in een tabel. Geef duidelijk aan hoe je aan je metingen komt.
 - b. Maak een grafiek van T als functie van x . Gebruik de volgende schalen: 1 mm in de grafiek komt overeen met 1 mm van de variabele x en met 1 ms van de variabele T .
 - c. Hoeveel waarden van x geven respectievelijk een slingertijd $T = 950$ ms, $T = 1000$ ms en $T = 1100$ ms ?
 - d. Bepaal de waarde van x en l waarvoor T de minimale waarde bereikt. Geef hierbij duidelijk aan wat je hiervoor gedaan hebt. (Hint: een mesje van de houder kan, als je het beschermstripje er even afhaalt, goed fungeren als balanceersteun voor de staaf.)

▶ **De reversieslinger (1)**

Voor een fysische slinger met een **vast** traagheidsmoment I kan in sommige gevallen **dezelfde** slingertijd T gevonden worden bij twee **verschillende** posities van de rotatie-as. Als in dat geval de afstanden van de rotatie-as tot het zwaartepunt gelijk zijn aan respectievelijk l_1 en l_2 , dan geldt de volgende betrekking:

$$l_1 l_2 = \frac{I}{M} \quad [2]$$

Een afleiding hiervan staat ook in de appendix.

▶ **Opdracht 2**

De figuur op de bijlage toont een fysische slinger met een rotatie-as loodrecht op het vlak van tekening en op een afstand l_1 van het zwaartepunt. Gebruik de informatie in het bijschrift van de figuur om *alle* posities aan te geven van rotatie-assen die evenwijdig zijn aan de oorspronkelijke rotatie-as en die dezelfde slingertijd opleveren als met de gegeven rotatie-as. Geef op de bijlage ook eventuele metingen en berekeningen aan.

▶ **De reversieslinger (2)**

De uitkomst [2] invullen in vergelijking [1] levert op:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{l_1 + l_2}$$

Het valt direct op dat dit onafhankelijk is van I/M !

Worden de slingertijd en de twee lengtes opgemeten dan is de valversnelling te bepalen:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} (l_1 + l_2)$$

▶ **Opdracht 3** Bepaling van g .

- a. Bepaal de valversnelling g in Groningen zo nauwkeurig mogelijk. Geef *duidelijk* aan hoe je te werk bent gegaan en wat voor metingen je doet. (Hint: uit opdracht 1a en 1b kun je, als het goed is, al een globale indruk krijgen voor welke posities van de moer(en) er dezelfde slingertijd is.)
- b. Bepaal de nauwkeurigheid in je metingen en geef de waarde van g met zijn foutengebied (fouteninterval).
- c. Geef aan op welke manier(en) je de nauwkeurigheid van de bepaling van g met behulp van een reversieslinger groter kan maken.

APPENDIX

► *Afleiding van formule [1].*

Stel dat een fysische slinger met massa M kan roteren om een vaste as door het punt O . De afstand l is de afstand van het punt O naar het zwaartepunt Z . Wanneer de slinger een kleine uitwijking ϕ heeft, wordt het terugdrijvende moment τ gegeven door:

$$\tau = -Mgl \sin \phi$$

De bewegingsvergelijking wordt dan:

$$\tau = -Mgl \sin \phi = I_o \alpha = I_o \frac{d^2 \phi}{dt^2}$$

Hierin is I_o het traagheidsmoment van de slinger ten opzichte van het rotatiepunt.

Voor kleine hoeken mag aangenomen worden dat $\sin \phi = \phi$

Dit levert de vergelijking op:

$$\frac{d^2 \phi}{dt^2} + \frac{Mgl}{I_o} \phi = 0$$

Deze heeft als oplossing:

$$\omega = \sqrt{\frac{Mgl}{I_o}}$$

Zodat voor de trillingstijd volgt:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{I_o}{Mgl}}$$

Volgens de regel van Steiner is het traagheidsmoment ten opzichte van punt O ook te schrijven als $I_o = I + Ml^2$. Hierin is I het traagheidsmoment van de slinger ten opzichte van de zwaartepunt. Als dat wordt ingevuld in de vergelijking voor de trillingstijd, dan volgt:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_o}{Mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{I + Ml^2}{Mgl}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{I}{Ml} + l}$$

► *Afleiding van formule [2].*

Stel dat we dezelfde trillingstijd T vinden voor twee afstanden l_1 en l_2 , dan volgt volgens [1]:

$$\frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{I}{Ml_1} + l_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{I}{Ml_2} + l_2}$$

Hieruit volgt:

$$\frac{I}{Ml_1} + l_1 = \frac{I}{Ml_2} + l_2$$

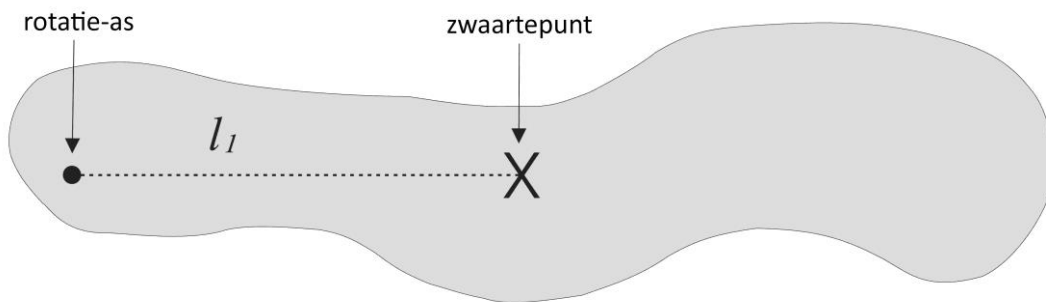
$$\frac{I}{M} \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_2} \right) = l_2 - l_1$$

$$\frac{I}{M} \left(\frac{l_2 - l_1}{l_1 l_2} \right) = l_2 - l_1$$

$$\frac{I}{M} = l_1 l_2$$

BIJLAGE

Naam:



Geef alle posities aan van de rotatie-assen (loodrecht op het vlak van de tekening) die evenwijdig zijn aan de oorspronkelijke rotatie-as en die dezelfde slingertijd opleveren als met de gegeven rotatie-as.

Neem voor deze slinger (met schaal van tekening 1:1) aan dat $I/M = 2100 \text{ mm}^2$.

Geef hieronder eventuele metingen en berekeningen aan.