|  |
| --- |
| Labo: fysische slinger |
| Opstelling 5  Groep: vrijdag 10:30 – 12:30 |
| Bert de Saffel  Xandro Vermeulen |

|  |
| --- |
| **Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur** |
|  |
| Schakelprogramma in de industriële wetenschappen: informatica |

Inhoud

[1 Inleiding 3](#_Toc496788648)

[2 Meetopstelling 3](#_Toc496788649)

[3 Bepaling van het massamiddelpunt van de slinger 4](#_Toc496788650)

[3.1 Theoretische bepaling van het massamiddelpunt 4](#_Toc496788651)

[3.2 Experimentele bepaling van het massamiddelpunt 5](#_Toc496788652)

[4 Bepaling van het traagheidsmoment van de slinger 5](#_Toc496788653)

[5 Bepaling van de periode van de slinger 5](#_Toc496788654)

[5.1 Theoretische bepaling van de periode 5](#_Toc496788655)

[5.2 Theoretische bepaling van de periode zonder puntmassa’s 6](#_Toc496788656)

[5.3 Experimentele bepaling van de periode 7](#_Toc496788657)

[6 Conclusie 7](#_Toc496788658)

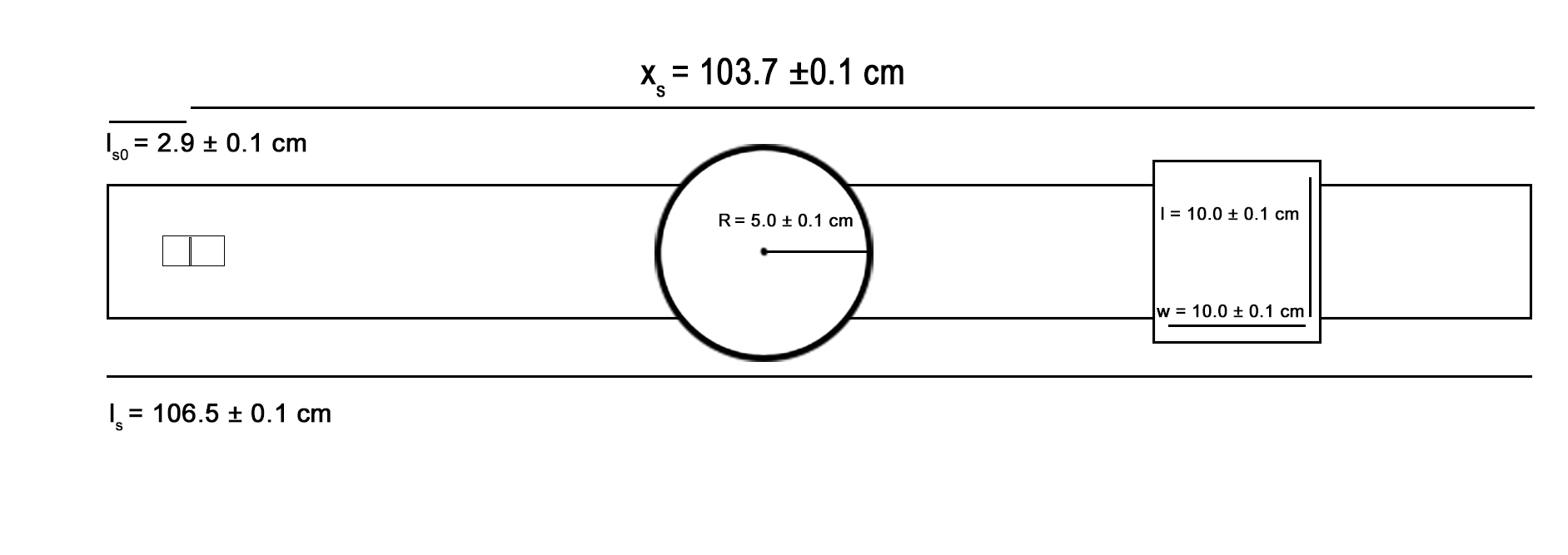
[7 Bijlage 8](#_Toc496788659)

# Inleiding

Bij dit labo wordt er onderzocht wat de periode is van een slinger samengesteld uit meerdere massa’s. Dit wordt experimenteel bepaald door middel van een slinger in een hoek kleiner dan 15° te laten slingeren en de periode vervolgens te berekenen. De uitkomst zal worden vergeleken met een berekende theoretische waarde. Om de periode theoretisch te bepalen moet ook het massamiddelpunt en het traagheidsmoment van de slinger berekend worden.

# Meetopstelling

De slinger wordt opgehangen aan een haak. De slinger bestaat uit een langwerpige rechthoekige dunne plaat waarop twee massa’s vastgemaakt zijn. De eerste massa is een massieve cilinder, de tweede massa is balkvormig. Omdat de slinger wordt losgelaten uit een hoek kleiner dan 15° moet er geen rekening gehouden worden met de oorspronkelijke amplitude. De gebruikte slinger wordt in Figuur 1 geschetst.



Figuur 1: Opstelling van de slinger.

# Bepaling van het massamiddelpunt van de slinger

## Theoretische bepaling van het massamiddelpunt

Bij het bepalen van het massamiddelpunt van de slinger wordt er als oorsprong het ophangstuk van de staaf gekozen aangezien de staaf vanaf dat punt zal opgehangen worden. Voor zowel de cilindervormige als balkvormige massa en de staaf zelf moet:

* de massa van elk voorwerp bepaald worden.
* de afstand van het ophangpunt tot aan het middelpunt van elk voorwerp gemeten worden.

Deze metingen worden weergegeven in Tabel 1: Metingen per staafonderdeel.

Tabel 1: Metingen per staafonderdeel

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | massa (m) van het object  (± 0.01 kg) | Afstand (x) van ophangpunt tot massamiddelpunt voorwerp  (± 0.1 cm) |
| Cilindervormige massa | 1.73 | 32.0 |
| Balkvormige massa | 1.04 | 84.5 |
| Staaf | 0.79 | 50.4 |

De cilindervormige massa zal vanaf nu aangeduid worden met het subscript c, de balkvormige massa met subscript b en de staaf met subscript s.

Aangezien de staaf het voorwerp is dat zal opgehangen worden, wordt xs (= afstand van het ophangpunt tot het massamiddelpunt van de staaf) als volgt berekend:

Hierbij is ls de totale lengte van de staaf en l0 de lengte vanaf het begin van de staaf tot aan het ophangpunt. De foutberekening van deze bewerking is terug te vinden in Bijlage 1.

Aangezien deze 3 voorwerpen met elkaar verbonden zijn is het interessant om het massamiddelpunt van de hele slinger te berekenen. Met de volgende formule kan het massamiddelpunt van meerdere discrete voorwerpen berekend worden.

Bij het invullen van de waarden is de uitwerking als volgt:

De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 2.

Aangezien *C* het massamiddelpunt ten opzichte van het ophangpunt is, kan *d,* de afstand van het massamiddelpunt tot het ophangpunt gelijkgesteld worden aan *C.*

## Experimentele bepaling van het massamiddelpunt

Het massamiddelpunt wordt ook experimenteel bepaald door de slinger op een smalle balans te balanceren. De afstand van het ophangpunt tot aan het balanspunt wordt gemeten:

dexp = 51.2 ± 0.1 cm

Er is een verschil van 0.2 cm met de theoretische waarde. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat het niet eenvoudig was om het exacte balanspunt te vinden op de balans. Bovendien kon er ook niet nauwkeurig gemeten worden terwijl de slinger op de balans lag.

# Bepaling van het traagheidsmoment van de slinger

Voor het bepalen van het totale traagheidsmoment van de slinger moeten eerst de traagheidsmomenten van elk voorwerp apart berekend worden. Het traaagheidsmoment van elk voorwerp wordt berekend ten opzichte van het ophangpunt. De gemeten breedte van de staaf is 1.7 ± 0.1 cm. De twee gewichtjes worden als puntmassa’s aanschouwd. Omdat de gewichten beschouwd worden als puntmassa’s wordt de volgende vergelijking gebruikt: .

* Traagheidsmoment van cilinder

* Traagheidsmoment van balk

* Traagheidsmoment van staaf

De som van deze traagheidsmomenten is het traagheidsmoment van de volledige slinger.

# Bepaling van de periode van de slinger

## Theoretische bepaling van de periode

Via volgende formule kan de periode van de slinger theoretisch bepaald worden:

 ( voor uitwijkingen < 15° )

De theoretische periode voor één slingerbeweging is 1.63 *s.*

## Theoretische bepaling van de periode zonder puntmassa’s

Bij de vorige periodeberekening werden de twee gewichtjes aan de staaf beschouwd als puntmassa’s. Bij de volgende berekening worden deze gewichtjes echter niet meer beschouwd als puntmassa’s. De traagheidsmomenten van de twee gewichtjes worden nu alsvolgt berekend via de stelling van Steiner (:

* Traagheidsmoment gewicht 1

* Traagheidsmoment gewicht 2

Het totale traagheidsmoment van de slinger is nu:

IO = =

De nieuwe periode wordt berekend als:

Er wordt vastgesteld dat . Hieruit kan er worden afgeleid dat de afmetingen van de twee massa’s aan de staaf in dit geval te verwaarlozen zijn. De oorzaak ligt aan het feit dat de gewichten symmetrisch op de staaf liggen. Dit zorgt ervoor dat het massamiddelpunt op de rotatieas van de slinger ligt. Het maakt dus niet uit of de gewichten als puntmassa’s beschouwd worden of niet.

## Experimentele bepaling van de periode

OM de periode experimenteel te bepalen wordt vijf keer de tijd gemeten voor 20 periodes van de slingerbeweging ( met een uitwijking kleiner dan 15° ). Deze metingen met het gemiddelde worden weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: gemeten tijd slingerbeweging

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t1  (± 0.01 s) | t2  (± 0.01 s) | t3  (± 0.01 s) | t4  (± 0.01 s) | t5  (± 0.01 s) | tgem (s) |
| 32.57 | 32.37 | 32.50 | 32.53 | 32.35 | 32.46 |

Voor 20 periodes is de gemiddelde tijd 32.46 s. De tijd voor één periode is dus gelijk aan = . De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 3. Deze waarde komt vrij dicht overeen met beide theoretische waarden (1.63 s).

# Conclusie

De slingerbeweging bij deze samengestelde slinger heeft een traagheidsmoment van en een periode van . Deze experimentele periode komt vrij goed overeen met de theoretische waarde voor zowel de situatie waarbij de gewichten als puntmassa’s beschouwd worden, als wanneer ze niet als puntmassa’s beschouwd worden, namelijk . Hieruit kan afgeleid worden dat als een voorwerp symmetrisch rond de rotatieas ligt, dat het geen impact zal hebben op de periode van de slinger.

# Bijlage

Bijlage 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *grootheid* | *waarde* | *AF* | *RF* |
|  | *106.5* | *0.1* | *0.094 %* |
|  | *2.9* | *0.1* | *3.4 %* |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *Waarde* | *AF* | *RF* |
|  | *53.25* | *0.05* | *0.094 %* |
|  | *50.35* | *0.11* | *0.22 %* |

Bijlage 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *grootheid* | *waarde* | *AF* | *RF* |
|  | *0.79* | *0.01* | *1.3 %* |
|  | *1.73* | *0.01* | *0.58 %* |
|  | *1.04* | *0.01* | *0.96 %* |
|  | *50.35* | *0.11* | *0.22 %* |
|  | *32.0* | *0.1* | *0.31 %* |
|  | *84.5* | *0.1* | *0.12 %* |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Waarde | AF | RF |
|  | 39.78 |  |  |
|  | 55.36 |  |  |
|  | 87.88 |  |  |
|  | 183.02 |  |  |
|  | 3.56 |  |  |
|  | 51.41 |  |  |

Bijlage 3