

Practicum 1: Meetonzekerheid in slingertijd

Practicum uitgevoerd door: R.H.M. Willems

Hoe nauwkeurig is een meting ?

Onderzoeksvragen

Hoe groot is de slingertijd van een 70 cm lange slinger?

Waardoor wordt de meetonzekerheid bepaald?

Proefopstelling

Tekening van je opstelling en beschrijving van de uitvoering van de proef.

Gebruikte meetinstrumenten:

- Stopwatch
Meetonzekerheid van gebruikte stopwatch: 0,01 s
Meetonzekerheid van de tijdmeting is ongeveer 0,2 s (dit is de reactietijd van de persoon die de meting uitvoert)

Gebruikte materialen:

- Slinger met een lengte van 70 cm.

Meetresultaten

Methode 1 (10 afzonderlijke metingen):

Meting Nr.	T (s) $\pm 0,2$ s
1	1,6
2	1,8
3	1,6
4	1,7
5	1,7
6	1,9
7	1,6
8	1,7
9	1,5
10	1,8

Tabel 1

Methode 2 (één meting van tien achtereenvolgende slingerperioden):

$t = 16,8 \pm 0,2$ s.

Verwerking

Methode 1:

In tabel 2 is de gemiddelde slingertijd berekend op basis van de meetresultaten in tabel 1. Verder is voor elke meting de afwijking ten opzichte van dit gemiddelde berekend (ΔT). Deze afwijking wordt vervolgens voor elke meting gekwadrateerd om uiteindelijk ΔT_{gem}^2 te berekenen.

Meting Nr.	T (s)	ΔT (s)	ΔT^2 (s ²)
1	1,6	0,09	0,0081
2	1,8	0,11	0,0121
3	1,6	0,09	0,0081
4	1,7	0,01	0,0001
5	1,7	0,01	0,0001
6	1,9	0,21	0,0441
7	1,6	0,09	0,0081
8	1,7	0,01	0,0001
9	1,5	0,19	0,0361
10	1,8	0,11	0,0121
gemiddeld	1,690		0,0129

Tabel 2

De meetonzekerheid is dus:

$$\sqrt{\Delta T_{\text{gem}}^2} = \sqrt{0,0129} = 0,1136 = 0,1 \text{ s}$$

De gemiddelde afwijking moet worden afgerond op 1 significant cijfer.
Uit de resultaten in tabel 2 volgt:

$$T = 1,7 \pm 0,1 \text{ s}$$

Methode 2

10 slingertijden achter elkaar duren $16,8 \pm 0,2$ s.

Eén slingertijd duurt dus 1,68 s.

De meetonzekerheid in deze slingertijd bedraagt $0,2/10 = 0,02$ s.

Uit deze resultaten volgt:

$$T = 1,68 \pm 0,02 \text{ s}$$

Bespreking

Bij het meten van de slingertijd blijkt steeds weer dat er een meetonzekerheid is. Met andere woorden de meetwaarden zijn nooit steeds allemaal hetzelfde, maar liggen gespreid rond een gemiddelde. De meetonzekerheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de reactietijd bij het indrukken van de stopwatch en voor een kleiner deel door de onnauwkeurigheid van de gebruikte stopwatch.

Door tien afzonderlijke metingen te combineren tot één, is de meetonzekerheid in de slingertijd van $\pm 0,2$ s gereduceerd tot $\pm 0,1$ s.

Door tien slingerperioden aan één stuk te meten is de meetonzekerheid in de slingertijd van $\pm 0,2$ s gereduceerd tot $\pm 0,02$ s.

De beide resultaten $T = 1,7 \pm 0,1$ s en $T = 1,68 \pm 0,02$ s zijn met elkaar in overeenstemming daar de twee gemeten intervallen overlappen.

Conclusie

Bij een meting aan een grootheid treedt altijd een meetonzekerheid op. Deze is onlosmakelijk met het experiment verbonden. In dit experiment wordt de meetonzekerheid veroorzaakt door de reactietijd bij het indrukken van de stopwatch. Daarnaast is er een kleinere bijdrage ten gevolge van de meetonzekerheid in de gebruikte meetapparatuur. Uiteindelijk blijkt de slingertijd van een 70 cm lange slinger volgens methode 1 $1,7 \pm 0,1$ s en volgens methode 2 $1,68 \pm 0,02$ s te zijn.

Bij het schrijven van een verslag moet een duidelijke indeling worden gemaakt.

Punten van aandacht

- Vermeld de meetonzekerheid van de gebruikte meetinstrumenten.
- Op basis van de proefbeschrijving in het verslag moet een ander persoon het practicum kunnen uitvoeren.
Geef niet alleen een volledige beschrijving van het practicum maar geef ook aan waar bij de uitvoering van de proef bijzonder op gelet moet worden. Vaak is het maken van een schets waarin je de te meten grootheden aangeeft geen overbodige luxe.
- Het gebruik van tabelnummers en grafieknnummers maakt het verwijzen naar deze tabellen en grafieken in de rest van het verslag gemakkelijker.
- Maak een duidelijk onderscheid tussen meetresultaten en verwerking. Onder de kop "Meetresultaten" staan alleen grootheden die je gemeten hebt of die waarnemingen die je gedaan hebt. Zaken die berekend worden op basis van de meetresultaten dienen onder de kop "Verwerking" te worden opgenomen.
- Onder de kop "Bespreking" worden de meetresultaten en de resultaten uit de verwerking kort besproken. Eventuele "gekke" uitkomsten moeten worden opgemerkt en eventueel worden verklaard. Als er bij de uitvoering van het practicum dingen misgegaan zijn dan is dit de plek om ze te vermelden.
Dit is ook de plek waar de opdrachten uit de leerlingenhandleiding kunnen worden beantwoord.
Opmerkingen in de trant van "ik vond het wel leuk" of "ik vond het een leerzaam practicum" horen niet in een verslag.
- Onder de kop "Conclusie" staat kort het antwoord op je onderzoeksvraag en eventuele andere dingen die je tijdens het uitvoeren van dit practicum te weten bent gekomen. Onder deze kop staan zeker geen nieuwe feiten. Alles wat onder deze kop staat is een herhaling van wat elders in het verslag reeds is besproken.

Practicum 2: meetonzekerheid in dichtheid

Practicum uitgevoerd door: R.H.M. Willems

Meetonzekerheid

Onderzoeksvragen

Hoe groot is de dichtheid van de kunststof cilinder?

Wat is de invloed van de meetonzekerheid van de gebruikte meetinstrumenten op de hieruit te berekenen dichtheid?

Proefopstelling

Tekening van je opstelling en beschrijving van de uitvoering van de proef.

Gebruikte meetinstrumenten:

- Maatcilinder met meetbereik van 0,0 mL tot 100,0 mL.
Meetonzekerheid van de maatcilinder bedraagt 0,5 mL.
- Schuifmaat met een meetbereik van 0,000 cm tot 20,000 cm.
Meetonzekerheid van de schuifmaat bedraagt 0,005 cm.
- Veerunster met meetbereik van 0,00 N tot 5,00 N
Meetonzekerheid van de veerunster bedraagt 0,05 N

Gebruikte materialen:

- Metalen cilinder

Meetresultaten

Vloeistofniveau zonder cilinder: $50,0 \pm 0,5$ mL

Vloeistofniveau met cilinder: $89,0 \pm 0,5$ mL

Diameter van de cilinder: $2,000 \pm 0,005$ cm

Hoogte van de cilinder: $12,000 \pm 0,005$ cm

Gewicht van de cilinder: $0,80 \pm 0,05$ N

NB: Jullie hebben een aluminium cilinder gebruikt en ik een kunststof van 12 cm lang. Jullie hebben de waarde voor de massa rechtstreeks op een weegschaal met een nauwkeurigheid van $\pm 0,1$ g kunnen meten. Ik heb het gewicht met een veerunster bepaald en zal de massa berekenen.

Verwerking

De massa van de cilinder bedraagt:

$$m_{\min} = F/g = 0,75/9,81 = 0,07645 \text{ kg}$$

$$m_{\max} = F/g = 0,85/9,81 = 0,0866 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow m_{\text{gem}} = 0,081525 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \text{marge} = 0,005075 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \text{meetonzekerheid} = 0,005 \text{ kg}$$

$$\text{Hieruit volgt } m = 0,082 \pm 0,005 \text{ kg}$$

Methode 1 (volume op basis van onderdoppelmethode):

Volumebepaling met behulp van de maatcilinder:

$$V_{\min} = 88,5 - 50,5 = 38 \text{ mL}$$

$$V_{\max} = 89,5 - 49,5 = 40 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow V_{\text{gem}} = 39 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow \text{afwijking} = 1,0 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow \text{meetonzekerheid} = 1 \text{ mL}$$

Hieruit volgt $V = 39 \pm 1 \text{ mL}$

Bepaling van de dichtheid:

$$\rho_{\min} = m_{\min}/V_{\max} = 0,077 / 40 = 1,925 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 = 1,925 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\max} = m_{\max}/V_{\min} = 0,087 / 38 = 2,289 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 = 2,289 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{gem}} = 2,107 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \text{afwijking} = 0,182 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \text{meetonzekerheid} = 0,2 \text{ g/cm}^3$$

Hieruit volgt $\rho = 2,1 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$

Methode 2 (Volumebepaling op basis van wiskundige formule):

Volumebepaling met behulp van wiskundige formule $V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h$:

$$V_{\min} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,995^2 \cdot 11,995 = 37,495 \text{ cm}^3$$

$$V_{\max} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,005^2 \cdot 12,005 = 37,90 \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow V_{\text{gem}} = 37,6975 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow \text{afwijking} = 0,2025 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow \text{meetonzekerheid} = 0,2 \text{ mL}$$

Hieruit volgt $V = 37,7 \pm 0,2 \text{ cm}^3 = 37,7 \pm 0,2 \text{ mL}$

Bepaling van de dichtheid (op basis van volumebepaling met wiskundige formule):

$$\rho_{\min} = m_{\min}/V_{\max} = 0,077 / 37,9 = 2,03166 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 = 2,03166 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\max} = m_{\max}/V_{\min} = 0,087 / 37,5 = 2,32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 = 2,32 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{gem}} = 2,17583 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \text{marge} = 0,14417 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \text{meetonzekerheid} = 0,1 \text{ g/cm}^3$$

Hieruit volgt $\rho = 2,2 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$

Bespreking

De volumebepaling op basis van een relatief onnauwkeurig meetinstrument zoals de maatcilinder resulteert in een relatief grote onzekerheid in het volume van de cilinder. Omgekeerd geldt dat een relatief nauwkeurig meetinstrument zoals een schuifmaat resulteert in een veel nauwkeurigere waarde voor het volume van de cilinder.

De volumebepalingen op basis van beide methoden zijn niet met elkaar in overeenstemming. Met andere woorden er is geen waarde voor het volume die in zowel het interval $39 \pm 1 \text{ mL}$ als in het interval $37,7 \pm 0,2 \text{ mL}$ ligt.

De oorzaak hiervan is waarschijnlijk het haakje aan de cilinder. Dit haakje wordt namelijk in de volumebepaling met de maatcilinder wel meegenomen en in de volumebepaling op basis van de wiskundige formule niet (de waarde voor het volume bepaald met de maatcilinder is groter).

Voor de berekende dichtheid geldt dat de beide methoden wel met elkaar in overeenstemming zijn. Onder het kopje “Verwerking” is uitgelegd hoe de meetonzekerheid in de verschillende grootheden de meetonzekerheid in de dichtheid beïnvloed.

Conclusie

Meetonzekerheden worden niet alleen door de gebruikte meetinstrumenten veroorzaakt, maar kunnen ook door fouten in de meetmethode worden veroorzaakt.

Bij het berekenen van grootheden dient de onnauwkeurigheid in de oorspronkelijke meetwaarden consequent te worden doorberekend.

Uiteindelijk zijn de volgende waarden voor de dichtheid van de kunststof cilinder gevonden:

Dichtheid op basis van volumebepaling met onderdompelmethode: $\rho = 2,1 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$

Dichtheid op basis van volumebepaling met wiskundige formule: $\rho = 2,2 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$

Bij het schrijven van een verslag moet een duidelijke indeling worden gemaakt.

Punten van aandacht

- Vermeld de meetonzekerheid van de gebruikte meetinstrumenten.
- Op basis van de proefbeschrijving in het verslag moet een ander persoon het practicum kunnen uitvoeren.
Geef niet alleen een volledige beschrijving van het practicum maar geef ook aan waar bij de uitvoering van de proef bijzonder op gelet moet worden. Vaak is het maken van een schets waarin je de te meten grootheden aangeeft geen overbodige luxe.
- Het gebruik van tabelnummers en grafieknnummers maakt het verwijzen naar deze tabellen en grafieken in de rest van het verslag gemakkelijker.
- Maak een duidelijk onderscheid tussen meetresultaten en verwerking. Onder de kop “Meetresultaten” staan alleen grootheden die je gemeten hebt of die waarnemingen die je gedaan hebt. Zaken die berekend worden op basis van de meetresultaten dienen onder de kop “Verwerking” te worden opgenomen.
- Onder de kop “Bespreking” worden de meetresultaten en de resultaten uit de verwerking kort besproken. Eventuele “gekke” uitkomsten moeten worden opgemerkt en eventueel worden verklaard. Als er bij de uitvoering van het practicum dingen misgegaan zijn dan is dit de plek om ze te vermelden.
Dit is ook de plek waar de opdrachten uit de leerlinghandleiding kunnen worden beantwoord.
Opmerkingen in de trant van “ik vond het wel leuk” of “ik vond het een leerzaam practicum” horen niet in een verslag.
- Onder de kop “Conclusie” staat kort het antwoord op je onderzoeksvraag en eventuele andere dingen die je tijdens het uitvoeren van dit practicum te weten bent gekomen. Onder deze kop staan zeker geen nieuwe feiten. Alles wat onder deze kop staat is een herhaling van wat elders in het verslag reeds is besproken.

Practicum 3: meetonzekerheid in veerconstante

Practicum uitgevoerd door: R.H.M. Willems

Veerconstante

Onderzoeksvragen

Wat is het verband tussen de kracht uitgeoefend op een veer en de uitrekking tengevolge van deze kracht?

Hoe groot is de veerconstante van de gebruikte veer?

Proefopstelling

Tekening van je opstelling en beschrijving van de uitvoering van de proef.

Gebruikte meetinstrumenten:

- Linaal met een bereik van 0,00 cm tot 20,00 cm.
Meetonzekerheid van de linaal bedraagt 0,05 cm.
Meetonzekerheid van de bepaling van de uitrekking bedraagt 0,1 cm
- Veerunster met een bereik van 0,000 N tot 1,000 N.
Meetonzekerheid van de veerunster bedraagt 0,005 N.

Meetresultaten

Gewichtjes (N) ± 0,005 N	Uitrekking (cm) ± 0,1 cm
0,010	0,2
0,050	1,0
0,100	1,8
0,150	2,7
0,200	3,6

Tabel 1

Verwerking

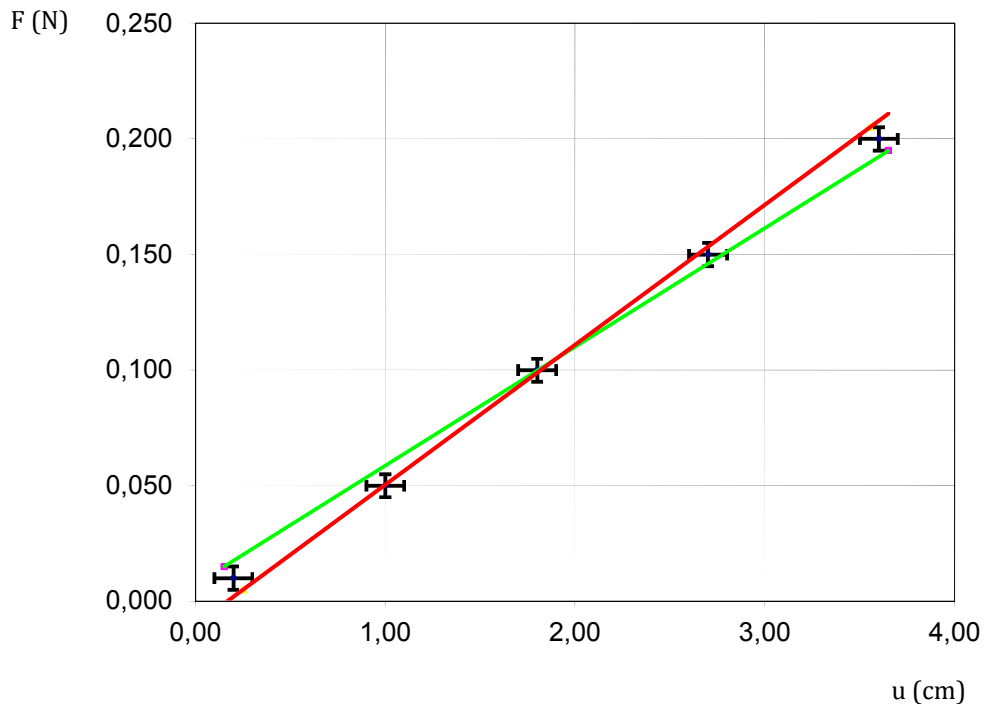


Diagram1

In diagram 1 zijn de meetresultaten uit tabel 1 inclusief de meetonzekerheden tegen elkaar uitgezet.

De veerconstante kan worden bepaald uit de steilheid van de grafiek. Er zijn twee lijnen door de meetresultaten getrokken: één lijn die door alle "punten" (eigenlijk rechthoekjes) gaat en zo vlak mogelijk loopt en één lijn die door alle "punten" (eigenlijk rechthoekjes) gaat en zo steil mogelijk loopt. Zo kan een minimale en een maximale waarde voor de veerconstante worden bepaald, namelijk:

$$C_{\min} = (0,195 - 0,015) / (3,65 - 0,15) \\ = 0,0514 \text{ N/cm}$$

$$C_{\max} = (0,205 - 0,005) / (3,55 - 0,25) \\ = 0,0606 \text{ N/cm}$$

$$\Rightarrow C_{\text{gem}} = 0,056 \text{ N/cm}$$

$$\Rightarrow \text{afwijking} = 0,0046 \text{ N/cm}$$

$$\Rightarrow \text{meetonzekerheid} = 0,005 \text{ N/cm}$$

Eindresultaat is dus:

$$C = 0,056 \pm 0,005 \text{ N/cm} = 5,6 \pm 0,5 \text{ N/m}$$

Bespreking

Uit het diagram blijkt dat er een lineair verband is tussen F en u . Het is tevens mogelijk om binnen de meetnauwkeurigheid een rechte lijn door de "meetpunten" en de oorsprong te trekken, dus is er niet alleen sprake van een lineair verband maar zelfs van een rechtevenredig verband.

Er kan uit dit diagram dus een recht evenredig verband worden afgeleid.

Uit de steilheid van de grafiek is de veerconstante bepaald.

$$C = 0,056 \pm 0,005 \text{ N/cm} = 5,6 \pm 0,5 \text{ N/m}$$

Conclusie

Er is een rechtevenredig verband tussen de kracht en de uitrekking.

De veerconstante van de gebruikte veer bedraagt $5,6 \pm 0,5 \text{ N/m}$.

Bij het schrijven van een verslag moet een duidelijke indeling worden gemaakt.

Punten van aandacht

- Vermeld de meetonzekerheid van de gebruikte meetinstrumenten.
- Op basis van de proefbeschrijving in het verslag moet een ander persoon het practicum kunnen uitvoeren. Geef niet alleen een volledige beschrijving van het practicum maar geef ook aan waar bij de uitvoering van de proef bijzonder op gelet moet worden. Vaak is het maken van een schets waarin je de te meten grootheden aangeeft geen overbodige luxe.
- Het gebruik van tabelnummers en grafieknummers maakt het verwijzen naar deze tabellen en grafieken in de rest van het verslag gemakkelijker.
- Maak een duidelijk onderscheid tussen meetresultaten en verwerking. Onder de kop "Meetresultaten" staan alleen grootheden die je gemeten hebt of die waarnemingen die je gedaan hebt. Zaken die berekend worden op basis van de meetresultaten dienen onder de kop "Verwerking" te worden opgenomen.
- Onder de kop "Bespreking" worden de meetresultaten en de resultaten uit de verwerking kort besproken. Eventuele "gekke" uitkomsten moeten worden opgemerkt en eventueel worden verklaard. Als er bij de uitvoering van het practicum dingen misgegaan zijn dan is dit de plek om ze te vermelden.
Dit is ook de plek waar de opdrachten uit de leerlingenhandleiding kunnen worden beantwoord.
Opmerkingen in de trant van "ik vond het wel leuk" of "ik vond het een leerzaam practicum" horen niet in een verslag.
- Onder de kop "Conclusie" staat kort het antwoord op je onderzoeksvraag en eventuele andere dingen die je tijdens het uitvoeren van dit practicum te weten bent gekomen. Onder deze kop staan zeker geen nieuwe feiten. Alles wat onder deze kop staat is een herhaling van wat elders in het verslag reeds is besproken.