|  |
| --- |
| Labo: Gedempte trilling |
| Groep: vrijdag 10.30 u - 12.30 u |
| Bert de Saffel  Xandro Vermeulen |

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

# Inleiding

Bij dit labo wordt aan de hand van een torsieslinger de gedempte trilling onderzocht. De gedempte trilling kan worden omschreven aan de hand van zijn maximale uitwijkingen, een tijdsconstante en een periode. Bij het onderzoeken van deze beweging wordt ook nagegaan wat de invloed van de beginamplitude van de trilling is. Daarnaast wordt ook bepaald in welke mate de demping invloed heeft op de periode.

# Meetopstelling

Een massa mc wordt opgehangen aan een draad. De massa is cilindervormig en wordt ondergedompeld in olie. De olie zit in een pot dat op een tafeltje staat waarvan de hoogte kan worden aangepast. Aan de slinger hangt ook een schijf met een pijlpunt die de uitwijking aanduid in graden.

## Kalibratie van de torsieslinger

Wanneer de pijlpunt in rust op 0 staat wordt de cilinder 2 cm in olie ondergedompeld. De torsieslinger wordt losgelaten uit een hoek van Θ0 = 180° tegenover de as. De demping wordt aangepast totdat de eerste afwijking (Θ0’) rond -140±15° ligt. De eerste uitwijking Θ0’ is -145±15° en is gelijk aan -140±15° want de foutmarge overlapt.

# Onderzoek van de amplitude op de periode

## Experimentele bepaling van de periode

Om de periode Te te bepalen van de torsieslinger wordt er vijf keer experimenteel de volledige tijd van één oscillatie gemeten bij zowel een grote beginuitwijking als een kleine beginuitwijking.

Eerst wordt de periode Tg onderzocht. Dit stelt de periode voor bij een grote beginuitwijking met Θ0 = 180°. De gemeten perioden worden uitgezet in Tabel 1.

Tabel 1: De gemeten perioden voor een beginuitwijking van 180°

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tg1  (±0.01 s) | Tg2  (±0.01 s) | Tg3  (±0.01 s) | Tg4  (±0.01 s) | Tg5  (±0.01 s) |
| 5.25 | 5.22 | 5.18 | 5.19 | 5.19 |

Met deze gegevens wordt bekomen. De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 1.

Analoog wordt Tk, de periode met beginuitwijking Θ0 = 20°, gemeten. Deze waarden worden uitgezet in Tabel 2: De gemeten perioden voor een beginuitwijking van 20°Tabel 2.

Tabel 2: De gemeten perioden voor een beginuitwijking van 20°

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tk1  (±0.01 s) | Tk2  (±0.01 s) | Tk3  (±0.01 s) | Tk4  (±0.01 s) | Tk5  (±0.01 s) |
| 5.25 | 5.53 | 4.91 | 5.03 | 4.90 |

Hiermee wordt . De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 2.

Er wordt besloten dat want de meetfoutintervallen overlappen niet. Dit is echter niet te verwachten. De torsieslinger zal namelijk een terugroepend krachtmoment uitoefenen dat evenredig is met de grootte van de beginnende uitwijkingshoek Θ0. Hierdoor zou de beginnende uitwijkingshoek geen invloed mogen hebben op de periode. Bij de grote beginnende uitwijkingshoek(Θ0 = 180°) zal het krachtmoment groter zijn dan de kleine beginnende uitwijkingshoek(Θ0 = 20°) met als gevolg dat de versnelling ook groter zal zijn. Meer bepaald zal de versnelling evenredig toenemen met de beginnende uitwijkingshoek.

Aangezien dat er verwacht wordt dat , maar dit niet zo is, is dit te wijten aan een menselijke meetfout. Ten eerste is er de reactietijd van de persoon die de chronometer op het juiste moment moet starten en stoppen. Ten tweede is het moeilijker om de slinger met een kleine beginnende uitwijkingshoek los te laten zonder dat het hand van de persoon extra kracht uitoefent op het moment van loslaten. Aangezien dat de slinger een grotere krachtmoment zal uitoefenen bij een grotere beginnende uitwijkingshoek, kan de kracht die door de hand uitgeoefend wordt tijdens het loslaten verwaarloosd worden bij de grote beginnende uitwijkingshoek.

Indien de torsieslinger perfect losgelaten zou worden (wanneer de hand geen extra kracht uitoefent op het moment van loslaten) en de chronometer op het juiste moment start en stopt kan veronderstelt worden dat aangezien de torsieslinger een terugroepende kracht uitoefent die evenredig is met de beginnende uitwijkingshoek.

## Nauwkeurige experimentele bepaling van de periode

De periode Te wordt nu nauwkeurig gemeten. De tijd die nodig is voor vijf volledige oscillaties wordt vijf keer gemeten en de resultaten worden uitgezet in Tabel 3.

Tabel 3: Nauwkeurige meting van de periode

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5Te1  (±0.01 s) | 5Te2  (±0.01 s) | 5Te3  (±0.01 s) | 5Te4  (±0.01 s) | 5Te5  (±0.01 s) |
| 25.84 | 25.94 | 25.94 | 25.94 | 25.91 |

De tijd nodig voor vijf volledige oscillaties is 25.914 ± 0.019s. De nauwkeurige periode is bijgevolg 5.182 s ± 0.0039 s. De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 3. Met deze periode kan de frequentie worden berekend.

# Onderzoek van de maximale uitwijkingen

Voor het bepalen van de maximale uitwijkingen wordt er voor vijf oscillaties de positieve en negatieve uitwijking uitgezet in Tabel 4 en Tabel 5. Via de nauwkeurige bepaling van de periode Te kan hierbij ook de tijd worden vermeld.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabel 4: Positieve maximale uitwijking.   |  |  |  | | --- | --- | --- | | n | Tijd  (±0.01s) | Θn  (±15°) | | 1 | 0 | 180 | | 2 | 5.18 | 125 | | 3 | 10.36 | 85 | | 4 | 15.55 | 55 | | 5 | 20.73 | 40 | | |  |  |  | | --- | --- | --- | | n | Tijd  (±0.01s) | Θn’  (±15°) | | 1 | 2.59 | -150 | | 2 | 7.77 | -105 | | 3 | 12.92 | -65 | | 4 | 18.14 | -50 | | 5 | 23.32 | -30 |   Tabel 5: Negatieve maximale uitwijking. |

# Bepaling van de tijdsconstante *τ*

Om de tijdsconstante te bereken wordt eerst de absolute waarden van de maximale uitwijkingen van onderdeel 4 in functie van de tijd uitgezet in een grafiek. Deze grafiek wordt weergegeven op Figuur 1.

Figuur 1: De maximale uitwijkingen in functie van de tijd

De functie voor de exponentiële trendlijn komt overeen met volgende formule:

. (1)

Hieruit kan afgeleid worden dat . Als deze vergelijking opgelost wordt naar is het resultaat: . De tijdsconstante wordt gebruikt in sectie 6 om de gedempte trilling theoretisch voor te stellen.

Om de fout op te berekenen wordt de bovenstaande grafiek lineair gemaakt. Om de data te lineariseren wordt van Formule 1 het logaritme genomen. Formule 1 wordt dan:

(2)

Deze grafiek wordt weergegeven in Figuur 2.

Figuur 2: Lineaire representatie van Figuur 1.

De functie van de lineaire trendlijn komt dus overeen met formule 2. Hieruit kan afgeleid worden dat . Hieruit kan afgeleid worden dat .

Om de fout op te berekenen wordt de standaarddeviatie van de lineaire grafiek genomen en wordt dit gedeeld door het aantal meetpunten. Zo wordt 0.19 s als fout bekomen. De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 4. De uiteindelijke waarde van is nu .

# Voorstelling van de beweging

Nu dat alle waarden bekend zijn, kan de beweging voorgesteld worden door een grafiek. Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt:

(3)

De grafiek wordt voorgesteld in Figuur 3.

Op deze grafiek worden de experimentele meetpunten voorgesteld aan de hand van een vierkant. De sinusoïde, op Figuur 3 de blauwe lijn, is de theoretische voorspelling van de beweging. Er wordt vastgesteld dat de experimentele gelijk is aan de theoretische voorspelling aangezien de foutmarge voor het aflezen van de hoek () binnen de grenzen ligt. Er is m.a.w. geen enkel meetpunt dat buiten deze foutmarge ligt.

Figuur 3: Voorstelling van de beweging van de gedempte trilling

# Invloed van de demping op de periode

Om de invloed van de demping te bepalen wordt eerst de periode Ti nauwkeurig bepaald wanneer de cilinder niet in olie zit. Deze waarden worden uitgezet in Tabel 6.

Tabel 6: De perioden voor 5 oscillaties wanneer de massa niet in olie zit.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5Ti1  (±0.01 s) | 5Ti2  (±0.01 s) | 5Ti3  (±0.01 s) | 5Ti4  (±0.01 s) | 5Ti5  (±0.01 s) |
| 25.54 | 25.69 | 25.57 | 25.60 | 25.69 |

De tijd voor vijf periodes is 25.618 ± 0.031 s. Daaruit volgt dat Ti gelijk is aan 5.1236 ± 0.0062 s. De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 5.

Vervolgens wordt de cilinder tot aan de bodem van het oliebad gebracht. Opnieuw wordt de periode gemeten. Deze periode wordt Tolie genoemd.

Tabel 7: De perioden voor 5 oscillaties wanneer de massa volledig in olie zit.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5Tolie1  (±0.01 s) | 5Tolie2  (±0.01 s) | 5Tolie3  (±0.01 s) | 5Tolie4  (±0.01 s) | 5Tolie5  (±0.01 s) |
| 25.69 | 26.06 | 25.97 | 26.07 | 25.97 |

De tijd voor vijf periodes is 25.95 ± 0.0069s dus Tolie is gelijk aan 5.190 ±0.0138s. De foutberekening is terug te vinden in Bijlage 6.

Er wordt vastgesteld dat want de meetfoutintervallen overlappen niet. Uit deze experimentele vaststelling kan er besloten worden dat de demping wel degelijk invloed heeft op de periode van de torsieslinger. Dit is ook te verwachten aan de hand van volgende formule:

(4)

Dit is de combinatie van formule (1) en (3) en beschrijft de gedempte trilling die exponentieel daalt. Hier aan toegevoegd is de dempingsconstante *b* die bij de theoretische benadering weggelaten werd. Aangezien dat groter is dan kan worden verondersteld dat de dempingsconstante van olie groter is dan lucht en zullen bijgevolg de uitwijkingen bij olie kleiner zijn dan die bij lucht. Hieruit kan verwacht worden dat indien de dempingsconstante groot genoeg is, er geen oscillatie meer zal voorkomen. De slinger zal dan zonder een negatieve uitwijking terugdraaien naar haar rustpunt.

# Conclusie

Bij het perfect loslaten van de torsieslinger kan er worden besloten dat de beginuitwijking geen invloed speelt op de periode van de beweging. Met de waarden die bepaald werden voor de beginuitwijkingen, de periode en de tijdsconstante kon er een grafiek worden opgesteld die er als een sinusfunctie uitziet. Bij deze functie daalt de maximale amplitude wanneer de tijd groter wordt. Deze demping is afhankelijk van de dempingsconstante. Dit kon worden besloten door de demping in lucht te vergelijken met de demping in olie.

# Bijlage

Bijlage 1

Bijlage 2

Bijlage 3

Bijlage 4

19 s

Bijlage 5

Bijlage 6