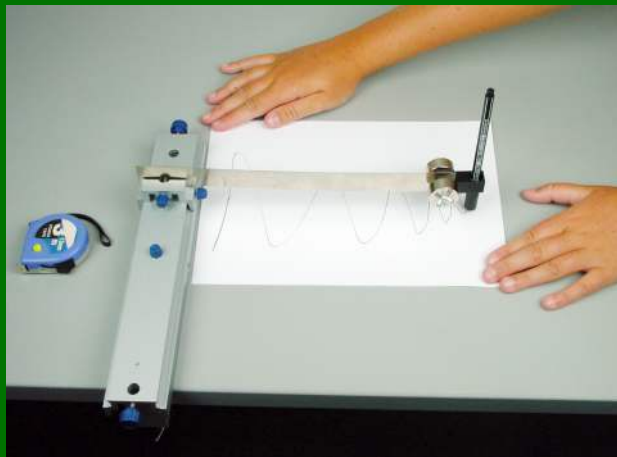


Leerlingexperimenten

HANDLEIDING
TRILLINGEN EN GOLVEN
P9160-4S



INHOUDSOPGAVE

1. Trillingen	3
1.1.1. Trillingstijd van een eenvoudige slinger	3
1.1.2. Trillingstijd van een massa aan een veer	6
1.1.3. Trillingstijd van een bladveer (trillend zaagblad)	9
1.2. Plaats-tijdgrafiek van een harmonische beweging	11
1.3. Meten van valversnelling	13
1.4.1. Resonantie van een enkelvoudige slinger	15
1.4.2. Resonantie van een massa, veer systeem	17
1.4.3. Resonantie van een bladveer	19
1.5. Principe van frequentiebepaling op basis van resonantie	21
1.6. Dynamisch bepalen van de veerconstante	23
 2. GOLVEN	 25
2.1. Staande transversale golf	25
2.2. Staande longitudinale golf	27
2.3. Reflectie van golven bij vaste en losse uiteinden	29

Experimenten van onderdeel 1.1-1.3 kunnen ook met Coach en afstand sensor (€motion of 0664) of draaihoek sensor (013i) of kracht sensor (BT42i) (bij massa, veer experimenten) gedaan worden.

1. TRILLINGEN

1.1.1. TRILLINGSTIJD VAN EEN EENVOUDIGE SLINGER

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4B Mechanica 1

P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Rolmaat, L=300cm

1x Houder voor massaschijven, 10 g

4x Massaschijf, 50 g

1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht

1x Statiefstang, 300mm, NTL

1x Tafelklem, NTL

1x Kopstuk, rond, NTL

2x Kopstuk, universeel, NTL

1x Draagpin

1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

1x Schaar

Aanbevolen uitbreiding:

1x Stopwatch, digitaal, 1/100 s



We onderzoeken de trillingstijd van een slinger.

Voorbereiding: Bouw de opstelling volgens de afbeelding op. We maken de tafelklem met de statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefrail. Eerst maken we het onderste universele kopstuk vast aan de staaf in een parallelle stand t.o.v. de tafelrand. Deze moet de statiefrail raken. We verlengen de staaf door de staaf van 25 cm er aan vast te maken met het ronde kopstuk. Dan klemmen we het bovenste universele kopstuk op zo'n manier vast dat het naar voren wijst. We klemmen de draagpin in het bovenste universele kopstuk, zodanig dat het zo ver mogelijk uitsteekt over de tafelrand heen.

We maken de massahouder vast aan een stukje draad van ongeveer 1 m. Het andere uiteinde van deze draad knopen we met een lus vast en leiden we door het boorgat van de draagpin. We hangen de draad over de gekartelde schroef van het onderste universele kopstuk. Door dit universele kopstuk te draaien kan de lengte van de slinger worden aangepast. De lengte van de slinger is de afstand van de draagpin tot aan het zwaartepunt van het vastgemaakte massablok.

Proef 1:

We plaatsen twee massaschijven met gleuven van 50 g op de massahouder. We passen de lengte van de slinger (l) aan naar 40 cm. We geven de slinger een uitwijking van ongeveer 5 cm vanaf zijn evenwichtsstand, laten hem los, en hij begint te slingeren. We meten de benodigde tijd voor 10 slingerbewegingen (een slingerbeweging bestaat uit een beweging heen en weer) en zodoende kunnen we de tijdsduur van één slingerbeweging (trilling) T bepalen.

Trillingstijd voor 10 slingerbewegingen: s

Tijdsduur T : s

Proef 2:

We halen de slinger weer uit de evenwichtstand, nu echter met ongeveer 10 cm. We meten de benodigde tijd voor 10 trillingen en bepalen de tijdsduur T voor deze trilling.

Benodigde tijd voor 10 trillingen: s

Tijdsduur van één trilling: s

De tijdsduur van de trilling is gelijk aan die van de eerste proef. De uitwijking uit de evenwichtstand heeft vrijwel geen invloed op de trillingstijd, zolang de uitwijking maar klein is.

Proef 3:

We hangen vier massaschijven van 50 g op de massahouder. De lengte van de slinger blijft 40 cm, maar de lengte van de draad moeten we corrigeren vanwege de verandering van de plaats van het zwaartepunt (verplaats het onderste kopstuk). Het zwaartepunt bevindt zich nu ruwweg tussen de tweede en derde massaschijf met gleuf.

We meten de tijdsduur van 10 trillingen en daarmee bepalen we de tijdsduur van 1 trilling.

Benodigde tijd voor 10 trillingen: s

Tijdsduur van één trilling: s

De tijdsduur van de trilling is gelijk aan die van de eerste proef. Dit bewijst dat het niet afhangt van de massa.

Proef 4:

We verkorten de lengte van de slinger tot 20 cm, dat is de helft van de oorspronkelijke lengte (daarom moeten we een tweede lus in de draad knopen). We hangen slechts één massaschijf met gleuf van 50 g aan de massahouder.

Benodigde tijd voor 10 trillingen: s

Tijdsduur van één trilling: s

Proef 5:

We verlengen de slinger tot 80 cm.

Benodigde tijd voor 10 trillingen: s

Tijdsduur van één trilling: s

Als de lengte van de slinger 4 maal langer is, dan is de trillingstijd 2 maal zo lang.

Conclusie:

De duur van een trilling van een enkelvoudige slinger hangt niet af van de uitwijking en van de massa aan de slinger. Als de lengte van de slinger verviervoudigd, dan verdubbelt de trillingstijd.

We vergelijken de resultaten van de proeven met behulp van de formule:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

1.1.2. TRILLINGSTIJD VAN EEN MASSA AAN EEN VEER

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4B Mechanica 1

P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Rolmaat, $L = 300$ cm

1x Houder voor massaschijven, 10 g

2x Massaschijf, 50 g

1x Metalen veer 3 N/m

1x Metalen veer 20N/m

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

1x Tafelklem, NTL

1x Kopstuk, universeel, NTL

1x Draagpin

1x Statiefstang, rond, $L = 500$ mm, $D = 10$ mm

Aanbevolen uitbreiding:

1x Stopwatch, digitaal, 1/100 s



We onderzoeken de trillingstijd van een massa, veer systeem.

Voorbereiding: Bouw de opstelling op volgens de afbeelding. We maken de tafelklem met statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 5 cm verticaal vast aan de statiefrail. We maken het universele kopstuk vast aan de staaf op zo'n manier dat hij naar de voorkant wijst. We klemmen de draagpin in het universele kopstuk, zodat deze zover mogelijk over de tafelrand hangt.

Eerst hangen we de „slappe” veer (3 N/m) aan de draagpin. We hangen de massahouder aan het onderste uiteinde van de veer. We meten de afstand tussen het onderste uiteinde van de massahouder tot aan de onderkant van het universele kopstuk.

1) Afstand massahouder – universeel kopstuk: cm

Proef 1:

Vaststellen van de veerconstante.

Eerst hangen we de massahouder met een massaschijf aan de veer. De massa is dan 0,060 kg, daarom is het gewicht ($F_z = 0,060 \times 9,81 \text{ N}$). De afstand tussen de onderkant van de massahouder en het universele kopstuk is nu toegenomen.

2) Afstand massahouder – universeel kopstuk: cm

Uitrekking van de veer: $u = \text{waarde van 2} - \text{waarde van 1} = \text{..... cm} = \text{..... m}$

De veerconstante k berekenen we met behulp van de formule $F = C \cdot u$.

$C = F/u = \text{..... N/m}$

Proef 2:

We hangen de massahouder met een massaschijf met gleuf van 50 g aan de veer, daarom wordt de massa dan $m = 0,060 \text{ kg}$. De veer moet zodanig gepositioneerd worden dat hij op en neer kan bewegen buiten de tafelrand. We zetten de opstelling in beweging en meten de tijdsduur van 10 trillingen. Daarmee berekenen we de trillingstijd voor een enkele trilling.

Trillingstijd voor 10 slingerbewegingen: s

Tijdsduur T : s

Nu hangen we de massahouder met twee massaschijven van 50 g aan de veer en meten opnieuw. De massa is dan 0,110 kg.

Trillingstijd voor 10 slingerbewegingen: s

Tijdsduur T : s

We vergelijken het resultaat met behulp van de formule:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$$

Als het resultaat van de proef en het resultaat van de berekening niet overeen komen, moeten we overwegen dat er ook massa van de veer oscilleert. Daarom bepalen we de massa van de veer zelf (met de weegschaal) en tellen we $\frac{1}{3}$ van deze massa op bij de massa van 0,11 kg. Dan voeren we de berekening opnieuw uit.

Proef 3:

We herhalen de proeven met de „stuggere” veer.

Conclusie:

De trillingstijd van een massa, veer systeem is _____ van de uitwijking.
afhankelijk / onafhankelijk

De trillingstijd van een massa, veer systeem is _____ van de massa
afhankelijk / onafhankelijk

De trillingstijd van een massa, veer systeem hangt af van de veerconstante.

We kunnen de trillingstijd van een schroefveerslinger berekenen met behulp van de formule:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$$

1.1.3. TRILLINGSTIJD VAN EEN BLADVEER (TRILLEND ZAAGBLAD)

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9901-4B Mechanica 1
P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Rolmaat, L = 300 cm
4x Massaschijf, 50 g
1x Zaagblad, staal, 0,6mm, L = 300 mm
1x Bevestigingsstang
1x Glij klem voor scherm,
veer en aanwijzers
1x Statiefstang, 300 mm, NTL
1x Tafelklem, NTL

Aanbevolen uitbreiding:

1x Stopwatch, digitaal, 1/100s



We onderzoeken waarvan de trillingstijd van een bladveer afhangt.

Voorbereiding: Bouw de opstelling op volgens de afbeelding. We maken de tafelklem met statiefrand vast aan de tafelrand. We plaatsen het glijzadel met schaalverdeling op de statiefrail. We klemmen de bladveer in het glijzadel. We drukken de staaf met schroefdraad door het gat aan het einde van de bladveer. We monteren een massaschijf met gleuf van 50 g aan de linkerkant en een aan de rechterkant van de bladveer en zetten ze vast met een vlindermoer.

Proef 1:

We meten de trillingstijd van de bladveer door de tijdsduur van 10 trillingen te bepalen en daaruit leiden we de tijdsduur van 1 trilling af.

Lengte van de bladveer (naar het zwaartepunt van de massa's): 24 cm

Massa (twee massaschijven met gleuf van 50 g): 0,100 kg

Amplitude: 4 cm

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T: s

Proef 2:

We herhalen de eerste proef maar veranderen de amplitude van de trilling.

Lengte van de bladveer (naar het zwaartepunt van de massa's): 24 cm

Massa (twee massaschijven met gleuf van 50 g): 0,100 kg

Amplitude: 8 cm

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T: s

We vergelijken dit resultaat met het resultaat van de eerste proef.

Proef 3:

We maken nog een massaschijf van 50 g aan de linker- en rechterkant van de bladveer vast. Nu is de massa twee keer de massa van de twee voorgaande proeven.

Lengte van de bladveer (naar het zwaartepunt van de massa's): 24 cm

Massa (4 massaschijven met gleuf van 50 g): 0,200 kg

Amplitude: 4 cm

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T: s

We vergelijken dit resultaat met het resultaat van de eerste proef.

Proef 4:

We maken de bladveer op zo'n manier vast dat de lengte van de bladveer slechts 12 cm is.

Lengte van de bladveer (naar het zwaartepunt van de massa's): 12 cm

Massa (4 massaschijven met gleuf van 50 g): 0,200 kg

Amplitude: 4 cm

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T: s

We vergelijken dit resultaat met het resultaat van de derde proef.

Conclusie:

De trillingstijd hangt niet af van de amplitude van de trilling. De trillingstijd neemt af naarmate de massa toeneemt. Hoe korter de bladveer, hoe korter de trillingstijd.

1.2. PLAATS-TIJDGRAFIEK VAN EEN HARMONISCHE BEWEGING

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9901-4B Mechanica 1
P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

- 1x Rolmaat, L = 300cm
- 2x Massaschijf, 50 g
- 1x Zaagblad, staal, 0,6 mm, L = 300 mm
- 1x Houder voor pen
- 1x Bevestigingsstang
- 1x Glij klem voor scherm,
- veer en aanwijzers
- 1x Statiefstang, 300 mm, NTL
- 1x Tafelklem, NTL

Aanbevolen uitbreiding:

1x Potlood
1x Blad papier



De uitwijking van een trilling over de tijd kan zichtbaar worden gemaakt door de invoering van een tijd-as. In deze proef wordt de tijd as zichtbaar gemaakt door een eenparige beweging van een strook papier tijdens de trilling van de bladveer.

Voorbereiding:

Bouw de opstelling op volgens de afbeelding. We maken de tafelklem met statiefrail vast aan de tafelrand. We plaatsen het glijzadel met schaalverdeling op de statiefrail. We klemmen de bladveer aan het glijzadel vast. We monteren het potlood aan het eind van de bladveerhouder, zodanig dat het boorgat van de houder zich precies boven het boorgat van de bladveer bevindt. We drukken de staaf met schroefdraad door dit boorgat. We plaatsen een massaschijf met gleuf van 50 g aan de linker- en een aan de rechterkant van de bladveer en zetten het vast met de vlindermoer. We doen het potlood in de houder. We klemmen de bladveer op zo'n manier vast dat de afstand van het potlood naar de hoek van het glijzadel met stelschroef 30 cm is.

We leggen een vel papier onder de bladveer. Het potlood moet het papier in het midden raken.

Proef 1:

De veer geven we een uitwijking van ongeveer 4 cm. Hij begint te trillen. Tijdens de trilling geven we het papier een constante snelheid onder het potlood door (van de bladveer af).

Proef 2:

We klemmen de veer op zo'n manier vast dat de afstand van het potlood tot het glijzadel de helft is van de eerste proef (15 cm). We leggen het vel papier onder de veer, op zo'n manier dat het opnemen van de trilling op dezelfde plek kan beginnen als het opnemen van de eerste trilling. De bladveer wordt in trilling gebracht. We verschuiven het papier onder het potlood met ongeveer dezelfde snelheid als tijdens de eerste proef.

Conclusie:

De gemaakte tekeningen van de uitwijking van een trilling van een bladveer noemen we sinusoïde trilling. De frequentie van de trilling hangt af van de lengte van de trilling in de bladveer. Hoe groter de lengte van de bladveer is, hoe lager de frequentie.

Opmerking:

Deze proef is ook uit te voeren met coach en een afstand sensor.

1.3. METEN VAN VALVERSNELLING

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4B Mechanica 1

P9901-4S Trillingen en golven

**Materiaal:**

1x Rolmaat, L = 300 cm

1x Houder voor massaschijven, 10 g

2x Massaschijf, 50 g

1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

1x Tafelklem, NTL

1x Kopstuk, rond, NTL

2x Kopstuk, universeel, NTL

1x Draagpin

1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

1x Schaar

Aanbevolen uitbreiding:

1x Stopwatch, digitaal, 1/100 s



Een heel eenvoudige en zeer precieze meting van de valversnelling op aarde is mogelijk via de formule voor de trillingstijd van een slinger.

Voorbereiding:

Bouw de opstelling op volgens de afbeelding. We maken de tafelklem met statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast in de statiefrail. We maken eerst het onderste universele kopstuk vast, parallel aan de tafelrand. We verlengen deze staaf door de staaf van 25 cm vast te maken met behulp van het ronde kopstuk. We zetten het bovenste universele kopstuk op zo'n manier vast dat hij naar de voorkant wijst. We klemmen de draagpin in het bovenste universele kopstuk, zodat hij zo ver mogelijk uitsteekt over de tafelrand.

We maken de massahouder vast aan een draad van ongeveer 1,70 m. Aan het andere uiteinde van de draad maken we een lus, die we door het boorgat van de draagpin leiden. We hangen de draad in de gekartelde schroef van het onderste universele kopstuk.

We kunnen de lengte van de slinger aanpassen door het universele kopstuk te verschuiven. De lengte van de slinger is de afstand vanaf de draagpin tot het zwaartepunt van het vastgemaakte massaschijf.

We plaatsen twee massaschijven met gleuf van 50 g op de massahouder. Het zwaartepunt van de massa ligt ongeveer in het midden van de twee massaschijven met gleuf. De lengte van de slinger is ongeveer 70 – 90 cm. Deze lengte stellen we vast via meting.

Proef:

We meten de trillingstijd voor 10 slingerbewegingen en leiden daarvan af de tijdsduur T van een enkele trilling.

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T : s

Uit de formule van de trillingstijd

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

kunnen we een uitdrukking voor de valversnelling g afleiden:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

Resultaat: $g = \dots\dots\dots \text{ m/s}^2$

Conclusie:

We kunnen de valversnelling door middel van een veerslinger (de lengte van de slinger is gegeven) uitrekenen. De precieze hoeveelheid is $9,81 \text{ m/s}^2$.

Tip:

Deze methode is veel nauwkeuriger als leerlingen meerdere metingen doen bij verschillende slingerlengten en dan T^2 tegen l uitzetten in een diagram (of T tegen $\sqrt{l}$). Uit de steilheid van de grafiek kan dan zeer nauwkeurig g bepaald worden.

Opmerking:

Deze proef is ook uit te voeren met coach en een afstand sensor.

1.4.1. RESONANTIE VAN EEN EENVOUDIGE SLINGER

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4B Mechanica 1

P9901-4S Trillingen en golven

**Materiaal:**

1x Rolmaat, L = 300 cm

1x Houder voor massaschijven, 10 g

1x Massaschijf, 10 g

1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

1x Tafelklem, NTL

1x Kopstuk, universeel, NTL

1x Draagpin

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

1x Schaar

Aanbevolen uitbreiding:

1x Stopwatch, digitaal, 1/100 s



De voornaamste eigenschap van een resonerende trilling is dat kleine trillingen in de juiste frequentie, grote amplitudes van de trilling veroorzaken.

Voorbereiding:

Bouw de opstelling op volgens de afbeelding. We maken de tafelklem met statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal in de statiefrail. We maken het universele kopstuk vast aan de staaf op zo'n manier dat het naar de voorkant wijst. We klemmen de draagpin in het universele kopstuk, zodat het zo ver mogelijk over de tafelrand uitsteekt.

We maken de massahouder vast aan de draad van ongeveer 0,5 m. We hangen het andere uiteinde van de draad met een lus aan de draagpin.

De lengte van de slinger is de afstand van de draagpin tot het zwaartepunt van de vastgemaakte massa. Dit moet ongeveer 25 – 30 cm zijn. We plaatsen een massaschijf met gleuf van 10 g aan de massahouder.

Proef 1:

We stellen de duur van de trillingstijd T_0 van de slinger vast en noteren hem.

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T_0 : s

We berekenen de natuurlijke trilling f_0 van de slinger.

$$f_0 = 1 / T_0 = \text{..... Hz}$$

Proef 2:

We halen de slinger uit zijn houder zonder zijn lengte te veranderen. We houden het bovenste uiteinde van de slinger tussen duim en wijsvinger, op zo'n manier dat de slinger kan bewegen (trillen). Dan bewegen we de hand die de slinger vasthoudt langzaam 2 – 3 cm heen en weer (een enkele trilling kost meerdere seconden). We laten de frequentie van de beweging van de hand langzaam toenemen en bekijken de amplitude van de slinger.

We bepalen de tijdsduur T_1 van een heen-en-weer beweging van de hand bij de maximale amplitude van de slinger. Probeer de opgelegde frequentie f_1 in te schatten op deze manier.

$$T_1 = \text{..... s}$$

$$f_1 = 1 / T_1 = \text{..... Hz}$$

We herhalen de proef door snelle bewegingen met de hand te maken.

Conclusie:

De opgelegde frequentie van heen en weer bewegen moet gelijk zijn aan de eigenfrequentie van de slinger zodat resonantie ontstaat.

1.4.2. RESONANTIE VAN EEN MASSA, VEER SYSTEEM

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4B Mechanica 1

P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Houder voor massaschijven, 10 g

1x Massaschijf, 10 g

1x Metalen veer 3 N/m

1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

1x Tafelklem, NTL

1x Kopstuk, universeel NTL

1x Draagpin

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

1x Schaar

Aanbevolen uitbreiding:

1x Stopwatch, digitaal, 1/100 s



We willen de eigenfrequentie van een massa, veer systeem ontdekken en daarna opleggen om resonantie te krijgen.

Voorbereiding:

Bouw de opstelling op volgens de afbeelding. We maken de tafelklem met statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal in de statiefrail. We maken het universele kopstuk vast aan de staaf op zo'n manier dat het naar de voorkant wijst. We klemmen de draagpin in het universele kopstuk, zodat het zo ver mogelijk over de tafelrand uitsteekt. We hangen de „zachte“ schroefveer aan de draagpin. We maken de massahouder met de 10g massaschijven met gleuf vast aan het andere uiteinde van de veer door middel van een draadje.

Proef 1:

We bepalen de trillingstijd T_0 van de veer en noteren hem.

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T_0 : s

We berekenen de natuurlijke trilling f_0 van de slinger.

$$f_0 = 1/T_0 = \text{..... Hz}$$

Proef 2:

Dan halen we de veer met de eraan bevestigde massa weg uit zijn houder en houden hem tussen twee vingers, op zo'n manier dat de veer op en neer kan bewegen. We bewegen de hand die de slinger vasthoudt heel langzaam 2 – 3 cm op en neer (enkele seconden voor de gehele beweging). De bewegingsfrequentie voeren we langzaam op. De amplitude van de beweging van de hand moet nog steeds 2 – 3 cm zijn.

We moeten de tijdsduur T_1 voor een complete beweging van de hand (op en neer) bij een maximale amplitude van de slinger vaststellen. Probeer de uitgangsfrequentie f_1 op deze manier te bepalen.

$$T_1 = \text{..... s}$$

$$f_1 = 1/T_1 = \text{..... Hz}$$

We herhalen de proef door te starten met een hele snelle beweging van de hand.

Conclusie:

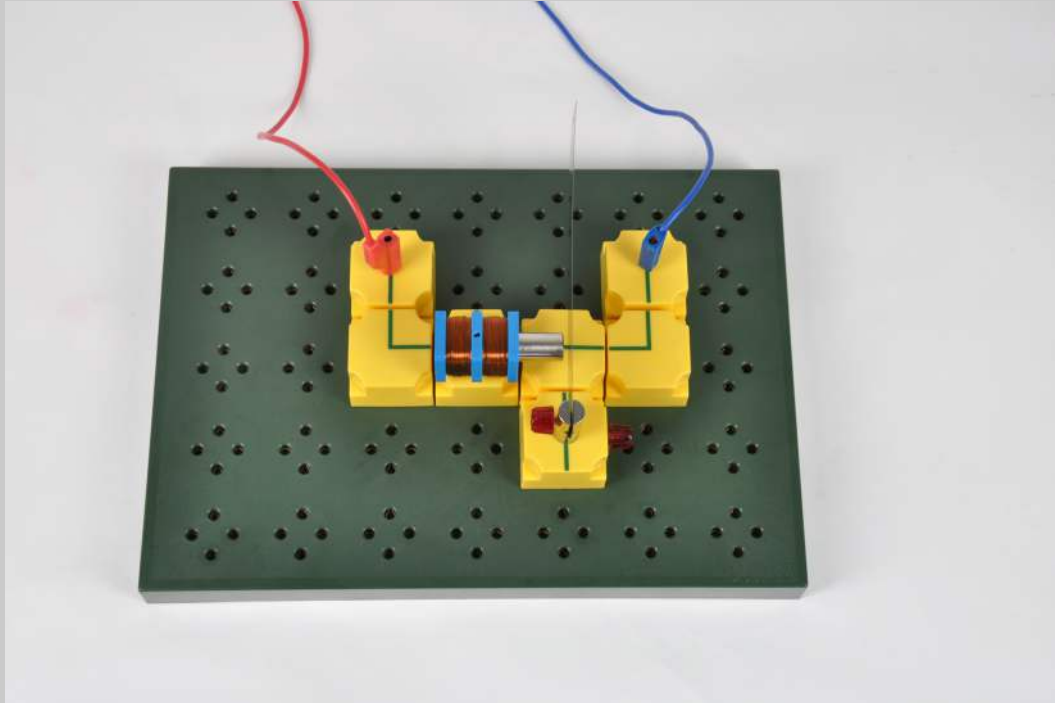
De opgelegde frequentie van heen en weer bewegen moet gelijk zijn aan de eigenfrequentie van de veer zodat resonantie ontstaat.

1.4.3. RESONANTIE VAN EEN BLADVEER

Gebruikte kit:

P9901-4D Elektriciteit 1

P9902-5P Elektromagnetisme



Materiaal:

1x Zaagblad, staal, 0,6 mm, L=300 mm
1x Functiegenerator
1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
1x Steekbord, klein
2x EIC aansluitpunt
1x EIC verbinding, recht
2x EIC verbinding, gehoekt
1x IJzeren kern, massief, L = 50 mm

1x EIC voor spoel met 800 windingen
1x Spoel met 800 windingen, blauw
1x Houder met pen en gat,
1x EIC met aansluitplug

Aanvullende benodigdheden:

1x Snoertje, 75 cm, rood
1x Snoertje, 75 cm, blauw



We gebruiken het magnetisch veld van een spoel als aandrijver voor de bladveer. We kunnen de frequentie aanpassen met behulp van de functiegenerator.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We doen de houder met pen en gat in de EIC-adapter met aansluitplug. We klemmen de korte bladveer aan de houder met pen en gat zodat de lengte 15 cm wordt. We stoppen de EIC voor de spoel met 800 wikkelingen op zo'n manier aan dat de afstand vanaf de EIC-adapter met aansluitplug zo groot mogelijk is. We doen de ijzeren kern in de EIC voor de spoel, maar hij moet er ongeveer 2 cm uitsteken aan de kant tegenover de bladveer.

De signaalgenerator dient als voeding. We gebruiken een wissel spanningsbron van 12 Volt voor de functiegenerator. We stemmen deze af op het 1 Hz bereik en dit moet een sinusachtige trilling genereren. We passen de amplitude aan tot de maximum spanning (van 4 Volt).

Proef:

We zetten de signaalgenerator aan. We voeren de frequentie langzaam op en letten op de bladveer. Deze trilt vooral mee op een bepaalde frequentie (de resonantiefrequentie). We lezen deze frequentie af en zetten hem in de tabel. We veranderen de lengte van de bladveer enkele keren en herhalen de proef. We kunnen het frequentiebereik indien gewenst verhogen tot 10 Hz. De uitkomsten schrijven we op in de tabel.

Lengte van de bladveer - Resonantiefrequentie

15 cm	 Hz
10 cm	 Hz
5 cm	 Hz

Conclusie:

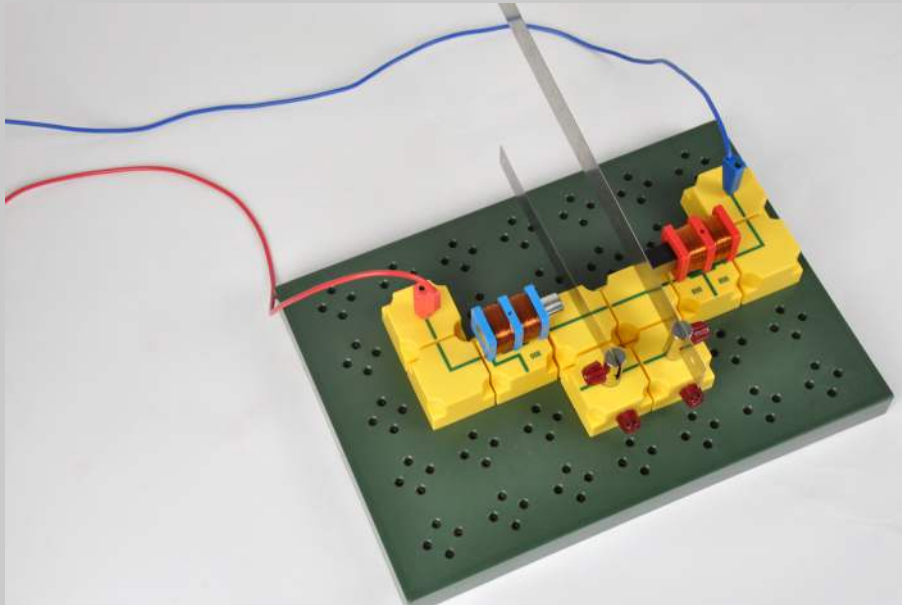
Hoe korter de bladveer is, hoe hoger de resonantie frequentie is.

1.5. PRINCIPE VAN FREQUENTIEBEPALING OP BASIS VAN RESONANTIE

Gebruikte kit:

P9901-4D Elektriciteit 1

P9902-5P Elektromagnetisme

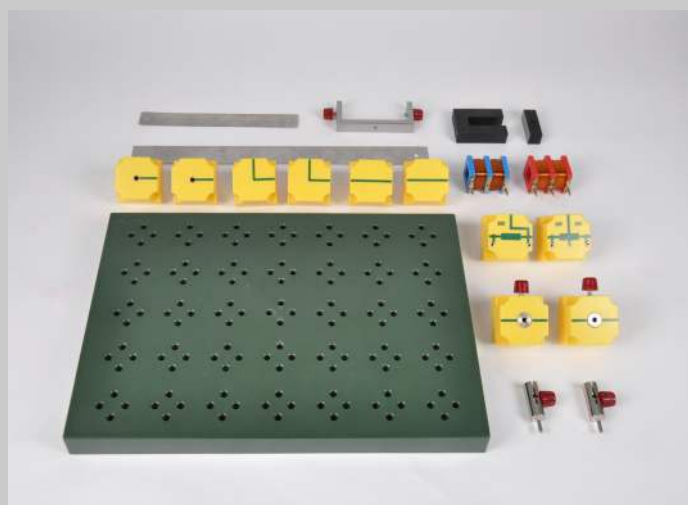


Material:

- 1x Bladveer, staal, 0,2 mm
- 1x Zaagblad, staal, 0,6 mm, L = 300 mm
- 1x Functiegenerator
- 1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
- 1x Steekbord, klein
- 2x EIC aansluitpunt
- 2x EIC verbinding, recht
- 2x EIC verbinding, gehoekt
- 1x IJzeren juk, gelamineerd
- 1x IJzeren kern, massief, L = 50mm
- 1x EIC voor spoel met 800 windingen
- 1x EIC voor spoel met 2x 800 windingen
- 2x 800 windingen
- 1x Spoel met 800 windingen, blauw
- 1x Spoel met 2 x 800 windingen, rood
- 2x Houder met penen gat, SE
- 2x EIC met aansluitplug

Aanvullende benodigdheden:

- 1x snoertje, 75 cm, rood
- 1x snoertje, 75 cm, blauw



Een reed resonantie-/frequentiemeter bevat enkele bladveren met bekende natuurlijke eigen frequenties. Deze proef toont een model van een reed resonantie/frequentiemeter.

Voorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We doen de houder met pen en gat in de EIC-adapter met aansluitplug. We doen de twee korte bladveren in de twee houders, zodat hun lengte 15 cm bedraagt. We stoppen de EIC's voor spoelen met 800 wikkelingen. We doen de massieve ijzeren kern in de EIC voor de spoel, en de U-vormige kern in de EIC-spoel voor 2 x 800 wikkelingen. Op zo'n manier aan dat de afstand vanaf de EIC-adapter met aansluitplug zo groot mogelijk is. Beide ijzeren kernen moeten ongeveer 1 cm uitsteken uit de EIC aan de kant van de bladveer. We draaien de bladveren en hun houders op zo'n manier dat de afstanden tot de ijzeren kernen ongeveer 5 mm bedragen. De signaalgenerator dient als trillingsbron. We passen een wisselspanning van 12 Volt toe. We passen de signaalgenerator aan naar een frequentiebereik van 1 Hz en dit moet een sinusachtige trilling genereren. We passen de amplitude aan tot de maximum spanning (van 4 Volt).

Proef 1:

We zetten de signaalgenerator aan. We starten de frequentie bij 1 Hz en voeren hem langzaam op. We bepalen de resonantiefrequentie voor beide bladveren. Als we de twee bladveren op dezelfde manier invoeren moet de resonantiefrequentie hetzelfde zijn.

Proef 2:

We verkorten de lengte van de linker bladveer tot 12 cm en voeren de frequentie op vanaf 1 Hz.

De kortere bladveer heeft een hogere eigenfrequentie en begint dus te trillen op een hogere frequentie dan de andere bladveer. De langere bladveer trilt niet langer op deze hogere frequentie.

Conclusie:

Als een magnetisch wisselend veld meerdere bladveren van verschillende lengte beïnvloedt, dan veroorzaakt het de sterkste trilling bij de veer waarvan de eigenfrequentie het meest in buurt van de frequentie van het magnetisch veld ligt.

1.6. DYNAMISCH BEPALEN VAN DE VEERCONSTANTE

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9901-4B Mechanica 1
P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Houder voor massaschijven, 10g
3x Massaschijf, 50 g
1x Metalen veer 3 N/m
1x Metalenveer 20 N/m
1x Statiefstang, 300 mm, NTL
1x Tafelklem, NTL
1x Kopstuk, universeel, NTL
1x Draagpin
1x Statiefstang, rond, L=500 mm, D = 10 mm

Aanbevolen uitbreiding:

1x Stopwatch, digitaal, 1/100 s



De veerconstante duidt de kracht aan die nodig is om de veer 1 m uit te rekken. We kunnen de veerconstante uitdrukken volgens zijn definitie door de effectieve kracht en de uitrekking van de veer te meten. We willen hier een tweede mogelijkheid voorstellen om de veerconstante te bepalen.

Voorbereiding:

Bouw de opstelling op volgens de schets. We maken de tafelklem met statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefrail. We maken het universele kopstuk vast aan de staaf op zo'n manier dat hij naar de voorkant wijst. We klemmen de draagpin in het universele kopstuk op zo'n manier dat hij zo ver mogelijk over de tafelrand reikt. Eerst hangen we de „stugge” veer aan de draagpin. We maken de massahouder vast aan de onderkant van de veer. We klemmen drie massaschijven van 50 g met gleuven vast aan de massahouder. De totale massa wordt dan $160 \text{ g} = 0,160 \text{ kg}$.

Proef 1:

We meten de tijdsduur voor 10 slingerbewegingen en kunnen daarmee de T voor een trilling van de veer berekenen.

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T: s

Uit de formule van de trillingstijd

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$$

hieruit verkrijgen we de veerconstante C.

$$C = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$$

C = N/m

Proef 2:

We herhalen de proef met de „slappe” veer. Nu hangen we slechts een massaschijf met gleuf van 50 g aan de massahouder.

Tijdsduur voor 10 trillingen: s

Tijdsduur T: s

Bereken met de formules bij proef 1:

C = N/m

Conclusie:

We kunnen de veerconstante vaststellen aan de hand van de tijdsduur van de slingerbeweging van een spiraalveer.

Tip:

Deze methode is veel nauwkeuriger als leerlingen meerdere metingen doen bij verschillende massa's aan de veer en dan T^2 tegen m uitzetten in een diagram (of T tegen $\sqrt{m}$). Uit de steilheid van de grafiek kan dan zeer nauwkeurig C bepaald worden.

Opmerking:

Deze proef is ook uit te voeren met coach en een afstand sensor. Maak dan een groot oppervlak aan de onderkant van de veer vast.

2. GOLVEN

2.1. STAANDE TRANVERSALE GOLF

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4B Mechanica 1

P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Elastiek, 3 m

1x Motor voor trilling proeven

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

1x Tafelklem, NTL

1x Kopstuk, rond, NTL

2x Kopstuk, universeel, NTL

1x Draagpin

1x Draagstang, rond, L= 250 mm, D = 10 mm

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

Aanvullende benodigdheden:

1x Functiegenerator



Als een transversale golf wordt weerspiegeld, kan er een „staande “ golf met buiken en knopen ontstaan. We veranderen in deze proef de frequentie en we willen ontdekken op welke frequenties staande golven worden geproduceerd.

Voorbereiding: Bouw op volgens de schets. We klemmen de tafelklem met de statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefrail. We maken het universele kopstuk vast aan de staaf. We maken de tweede staaf vast aan de eerste met behulp van het ronde kopstuk. We klemmen er ook nog een universeel kopstuk dat de draagpin vasthoudt. We klemmen de testmotor voor slingertests in de onderste bus met zijn schacht. Maak ongeveer 80 cm elastiek vast aan de slingeruitgang (beugel van de testmotor) met het ene uiteinde en aan de draagpin met het andere uiteinde. We rekken het elastiek ongeveer 5 cm uit.

We sluiten de testmotor aan op de signaalgenerator. We passen een wisselspanning van 12 Volt toe op de signaalgenerator. We passen hem zodanig aan dat hij een sinusöde wisselspanning genereert. Het frequentiebereik is 10 Hz, de uitgangsspanning moet ongeveer de helft van de maximale uitgangsspanning zijn.

Proef: We schakelen de signaalgenerator in en passen de frequentie zo aan dat er een staande golf wordt geproduceerd. Met deze basistrilling zal er alleen in het midden maximale uitwijking zijn (bui). Aan de uiteinden van het elastiek zijn er twee knopen. We noteren de eigenfrequentie f_0 (de grondfrequentie).

$f_0 = \dots\dots\dots$ Hz

We verhogen de frequentie totdat er een staande golf met een knoop in het midden is ontstaan. We zien nu twee buiken. We noteren ook de volgende eigenfrequentie f_1 .

$f_1 = \dots\dots\dots$ Hz

We voeren de frequentie van de signaalgenerator verder op en noteren de eigenfrequenties (boventonen) f_2 , f_3 , enz..

$f_2 = \dots\dots\dots$ Hz

$f_3 = \dots\dots\dots$ Hz

We gaan onderzoeken of de eigenfrequenties die we genoteerd hebben overeenkomen met de gegeven formule:

$f_n = (n + 1) \cdot f_0$, waarin $n = 0, 1, 2, \dots$

Conclusie: Er wordt pas een staande golf geproduceerd als de opgelegde frequentie een veelvoud is van grondfrequentie.

2.2. STAANDE LONGITUDINALE GOLF

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4B Mechanica 1

P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Metalenveer 3 N/m

1x Elastiek, 3m

1x Motor voor trilling proeven

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

1x Tafelklem, NTL

1x Kopstuk, rond, NTL

3x Kopstuk, universeel, NTL

2x Draagpin

1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

1x Elastiek, 3m

Aanvullende benodigdheden:

1x Functiegenerator



De reflectie van een lopende longitudinale golf kan een staande golf met buiken en knopen veroorzaken.

Voorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We klemmen de tafelklem met de statiefrail vast aan de tafelrand. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefrail. We maken twee universele kopstukken vast aan de staaf. Het onderste universele kopstuk houdt een van de draagpinnen vast. We maken de tweede staaf vast aan de eerste met behulp van het ronde kopstuk. We klemmen een ander universeel kopstuk, dat de tweede draagpin vasthoudt, eraan vast. We stoppen de testmotor met zijn schacht in het onderste universele kopstuk. We hangen de spiraalveer aan de bovenste draagpin. We rekken het op tot ongeveer 40 cm en maken het vast aan de beugel aan de onderkant van de testmotor. We fixeren de beugel van de testmotor in horizontale stand met behulp van een elastiek van ongeveer 15 cm dat we vastmaken aan de onderste draagpin. We sluiten de testmotor aan op de signaalgenerator. We voeren een wisselspanning van 12 Volt toe aan de signaalgenerator. We passen deze op zo'n manier aan dat hij een sinusvormige wisselspanning genereert. Het frequentiebereik is 1 Hz, de uitgangsspanning moet minder dan de helft zijn van de maximale uitgangsspanning.

Proef:

We schakelen de signaalgenerator in, en voeren langzaam de frequentie op totdat de veer krachtig vibreert in zijn middenstuk. We noteren deze frequentie als f_0 (grondfrequentie).

$f_0 = \dots\dots\dots$ Hz

We voeren de frequentie langzaam op totdat in de veer opnieuw een staande golf geproduceerd wordt. Nu kunnen we een knoop zien in het midden van de veer. Er bevinden zich buiken boven en onder de knoop. We noteren de eigenfrequentie f_1 (boventoon)

$f_1 = \dots\dots\dots$ Hz

Door de frequentie verder op te voeren worden er opnieuw staande golven geproduceerd en we noteren de bijbehorende eigenfrequenties f_2 , f_3 , enz..

$f_2 = \dots\dots\dots$ Hz

$f_3 = \dots\dots\dots$ Hz

Controleer of de natuurlijke frequenties gelden bij de gegeven formule:

$f_n = (n + 1) \cdot f_0$, waarin $n = 0, 1, 2, \dots$

Conclusie:

Er wordt pas een staande golf geproduceerd als de opgelegde frequentie een veelvoud is van grondfrequentie.

2.3. REFLECTIE VAN GOLVEN BIJ VASTE EN LOSSE UITEINDEN

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9901-4S Trillingen en golven



Materiaal:

1x Elastiek, 3 m

1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht

1x Schaar

De reflectie van golven verschilt afhankelijk van of de reflectie plaatsvindt op een vast of los uiteinde. We willen de reflectie van een halve golflengte („golfdal ") onderzoeken.

Proef 1: Reflectie aan het vaste uiteinde:

We laten een elastiek van ongeveer 2 m aan een uiteinde vasthouden door een groepslid. Deze persoon houdt het vast met de duim op de tafelrand. Een tweede groepslid houdt het andere uiteinde van het elastiek beet en rekt het wat op, verder van de tafel af. Dit tweede groepslid trekt het elastiek met zijn vrije hand ongeveer 20 cm naar beneden en laat het dan los. Er wordt een golf geproduceerd die zich verplaatst langs het elastiek en die wordt gereflecteerd aan het vaste uiteinde. Daarna verplaatst hij zich weer terug naar zijn bron. We kunnen de uitgezonden golven waarnemen die ontstaan bij verschillende maten van strekken en trekken. We willen onderzoeken of een golfdal wordt gereflecteerd als een golfdal of juist als een golftop.

Proef 2: Reflectie aan het flexibele uiteinde:

We maken een draad van ongeveer 1 m vast aan het uiteinde van het elastiek dat werd vastgehouden aan de tafel in de eerste proef. We zetten het flexibele uiteinde van het elastiek vast door het naar de tafelrand te drukken. De proef voeren we verder uit zoals de eerste. Een tweede groepslid rekt het elastiek op en produceert golven door te trekken aan (of te slaan met) het elastiek. We willen ontdekken of een uitgezonden golfdal wordt gereflecteerd als een golfdal of als een golftop.

Conclusie:

Een golfdal wordt gereflecteerd als een golftop, en omgekeerd (faseverschuiving van 180 graden) met reflectie aan het vaste uiteinde. Er vindt geen faseverschuiving plaats aan het flexibele uiteinde.



©Fruhman, GmbH
NTL Manufacturer & WholeSaler
Werner von Siemens Str. 1
A-7343 Neutal, Austria

www.ntl.at



CMA
A.J.Ernststraat 169
1083 GT Amsterdam

www.cma-science.nl