**Spankracht bij een slinger**

[subtitel]Spankracht en middelpuntzoekende kracht

[onderwerpsymbool MS]

[B]

Tijd

20-30 minuten

**Bereik**

Bovenbouw HAVO / VWO

[inleidend kader]

De slingerproef wordt vaak als practicum uitgevoerd om met behulp van een voorschrift *g* te bepalen uit de relatie tussen de lengte en de periode. Deze demonstratie is een variant. Leerlingen zien de gemeten kracht variëren in de tijd. Om de trillingstijd te bepalen moeten leerlingen gaan nadenken hoe de spankracht varieert en hoe de positie van het blokje invloed heeft op de grootte van deze spankracht.

[eind kader]

[NV01\_figuur1]

*Figuur 1. De opstelling met een bal aan de krachtsensor bevestigd.*

[NV01\_figuur2]

*Figuur 2. Metingen van de spankracht van een slinger met een lengte van 0,55 m. Gebruik de optie uitlezen in het diagramvenster van Coach 7 om de uiterste waarden af te lezen.*

[NV01\_figuur3]

*Figuur 3. Krachtenconstructie in de uiterste stand en in de evenwichtsstand.*

**Nodig**

Opstelling met statief en krachtsensor; dun touwtje; rolmaat; massablokje (of bal) en meetinterface.

Deze beschrijving maakt gebruik van Coach 7 als meetprogramma. De benodigde bestanden staan op de NVON-site. Een andere meetinterface herkent Coach 7 automatisch.

**Voorbereiding**

Start Coach 7 op en open de meetactiviteit. Sluit de krachtsensor aan op een interface. Stel de krachtsensor in op het juiste bereik. Hang het touwtje aan de krachtsensor en stel de sensor in op nul. Hang nu het massablokje (of de bal) aan het touwtje.

De krachtsensor geeft een negatieve waarde. Didactisch is het beter om deze een positieve waarde te laten weergeven. Maak daartoe een nieuwe variabele aan in een datatabel waarin je de waarde van de krachtsensor vermenigvuldigd met -1.

**Uitvoering**

1. Laat de leerlingen op basis van de gemeten kracht van het stil hangende blokje de massa uitrekenen.
2. Laat eventueel een grafiek zien van een harmonische trilling (uitwijking tegen tijd).
3. Leg duidelijk uit dat je steeds de spankracht in het touw meet.
4. *Welke richting heeft deze spankracht?*
5. *Hoe zal de grafiek van spankracht tegen de tijd eruitzien als het blokje heen en weer slingert?*
6. Voer de meting uit. Geef het blokje een (kleine) uitwijking en druk op Start in Coach 7.
7. Toon het gemeten diagram (*F*span tegen *t*) vergroot op het digibord.
8. *In welke positie van het blokje is de spankracht minimaal? En in welke positie is de spankracht maximaal?*
9. *Hoe kun je de trillingstijd van deze slinger in het diagram aflezen en waarom moet dat zo?*
10. Laat de leerlingen de krachtenconstructie tekenen of schetsen in de evenwichtstand en in de uiterste stand van de slinger.
11. Laat de leerlingen de uitwijkingshoek uitrekenen in de uiterste stand.
12. De leerlingen berekenen de snelheid in de evenwichtstand met behulp van de middelpuntzoekende kracht.
13. Controlevraag: *Wanneer voel je je het “zwaarst” als je aan het schommelen bent? Waardoor?*

**Natuurkundige achtergrond**

De lengte van de slinger blijft nagenoeg gelijk omdat de lengte van het rekstrookje in de krachtsensor niet verandert bij deze waarden van de spankracht. De slinger voert een harmonische trilling uit mits de uitwijking klein is. De spankracht in het touw is positief en verandert niet van teken zoals de uitwijking wel doet.

In de uiterste standen van de slinger is de spankracht minimaal omdat de snelheid daar gelijk is aan nul. In de evenwichtsstand is spankracht maximaal omdat daar naast het compenseren van de zwaartekracht ook de middelpuntzoekende kracht geleverd moet worden. Door krachtenconstructies (evenwichtstand en uiterste stand) kunnen leerlingen inzien dat de waarde van spankracht verandert als functie van de positie van het blokje. Vanwege de symmetrie van de slinger moeten er dus twee minimale of twee maximale waarden van de spankracht gepasseerd zijn voor het verstrijken van één periode van de slinger. Zie ook Pendrill (2023).

**Tip**

Zorg dat het haakje van de krachtsensor haaks op het lusje van het touw staat zodat het blokje in een vlak blijft slingeren.

**Verder onderzoek**

Gebruik energiebehoudswetten om de snelheid in de evenwichtsstand uit te rekenen. Verifieer deze snelheid met behulp van de middelpuntzoekende kracht die je bepaalt uit de gemeten grafiek.

Maak een videometing van het slingerende blokje en verifieer met videometen in Coach 7 je berekeningen.

**Literatuur:**

Pendrill, A. (2023) *Serious Physics on a Playground Swing—With Toys, Your Own Body, and a Smartphone,* The Physics Teacher 61, 355 (2023)