

# Practicum Gekoppelde veren

## Trillingen

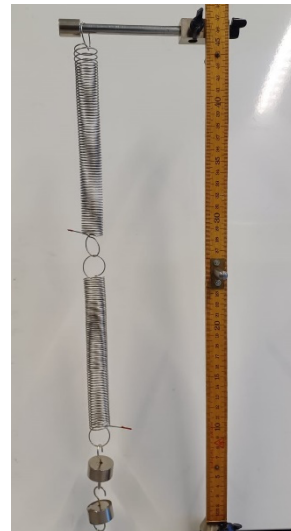
### Algemene beschrijving

#### Omschrijving

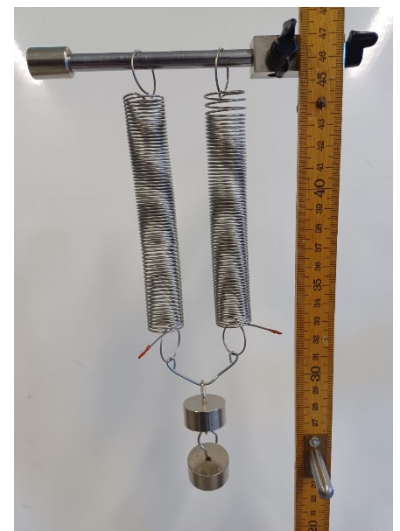
De veerconstante  $C$  is een maat voor de stugheid van een veer. Leerlingen onderzoeken in dit practicum de relatie tussen de veerconstante ( $C_{\text{tot}}$ ) van een nieuwe combinatie van veren (serie en parallel, zie de afbeelding hiernaast) en de veerconstante van de losse veren  $C_1$  en  $C_2$ . Leerlingen leiden daarna het theoretische verband af tussen  $C_1$ ,  $C_2$  en  $C_{\text{tot}}$ .

#### Leerdoelen inhoud

- Wanneer een massa aan een parallel veersysteem wordt gehangen, wordt de kracht die de massa uitoefent verdeeld over de veren.
- Wanneer een massa aan een serieel veersysteem wordt opgehangen, rekken beide veren elk net zoveel uit als wanneer de massa aan één veer zou worden opgehangen. We verwaarlozen hierbij de massa van de veren.
- Begrippenlijst: Veerconstante,  $F = C \cdot u$ ,  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$ .



Veren in serie



Veren parallel

#### Leerdoelen vaardigheid

- Lijst met praktische vaardigheden
  - Nauwkeurig bepalen van de trillingstijd van een massa-veersysteem
  - Nauwkeurig bepalen van de uitrekking van een veer
- Lijst met natuurkundige vaardigheden
  - Leerling stelt relaties vast tussen grootheden
  - Nagaan of het eenmalig bepalen van  $C$  betrouwbaar genoeg is voor het afleiden van een formule

#### Voorkennis

Leerlingen weten hoe ze de veerconstante van een veer kunnen bepalen (met de wet van Hooke ( $F_v = C \cdot u$ ) en met behulp van de trillingstijd ( $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$ )).

## Docentenhandleiding

### Benodigheden

- Twee veren met verschillende veerconstante  $C_1$  en  $C_2$
- Statief met klemmen
- Massa van 100-150 g (of een andere massa die bij de gekozen veerconstante past)
- Meetlint
- Stopwatch

### Tips

Het is aan te raden om het experiment vooraf zelf eerst uit te voeren met de beschikbare veren op de eigen school.

- Om de uitrekking van de parallel geschakelde veren zo nauwkeurig mogelijk te meten, is het aan te raden om een handig ophangstelsel te creëren (zie foto). Wanneer de massa direct aan beide veren wordt gehangen, raken de onderste wikkelingen van de veren elkaar óf rekt de veer 'scheef' uit.
- Veren die qua beginlengte teveel verschillen geven onnauwkeurige waarden bij het meten van de veerconstante van de parallelle veren.
- Om tot een algemene formule te komen voor de parallelschakeling is het aan te raden om twee veren te gebruiken met een andere veerconstante. Wanneer veren met dezelfde veerconstante worden gebruikt, kan dit ook het volgende verband opleveren:



$$C_{tot,parallel} = \frac{C_1 + C_2}{4}$$

### Klassikale introductie van het practicum

- Hang een massa aan een veer. Welke krachten werken op de massa als de veer in rust is? In welke richting werken die krachten? Hoe bepalen we de grootte van die krachten? Label de krachten duidelijk als  $F_{veer\ 1\ op\ massa}$ ,  $F_{veer\ 2\ op\ massa}$  etc.
- Wat bedoelen we met de veerconstante van een veer? Hoe kunnen we deze bepalen?
- Laat zien wat we bedoelen met twee veren in serie en parallel.
- Leerlingen krijgen vervolgens de opdracht om de relatie te onderzoeken tussen de veerconstante van de losse veren én de nieuwe combinatie van veren ( $C_{tot,parallel}$  en  $C_{tot,serie}$ ). De ene helft van de leerlingen bepaalt de veerconstante met behulp van de wet van Hooke, de andere helft met behulp van de trillingstijd.

### Meting leerlingen

Leerlingen twijfelen of ze de uitwijking in cm of m moeten meten/noteren/gebruiken. Sommige leerlingen bepalen de veerconstante met één meetpunt (één massa, één uitwijking), andere leerlingen bepalen een gemiddelde veerconstante.

## Docentenhandleiding

### Korte klassikale aanwijzingen

Ondanks dat het doel niet is om de veerconstante zo nauwkeurig mogelijk te bepalen, moet de gemeten waarde wel zó betrouwbaar zijn dat het verband duidelijk gevonden wordt.  $C$  zou meerdere keren én bij verschillende massa's bepaald kunnen worden.

Sommige leerlingen herkennen de woorden 'serie' en 'parallel' van het onderwerp elektriciteit. Ze zouden dus het vermoeden kunnen hebben dat er een vergelijkbaar verband bestaat tussen de weerstanden in een serie/parallelschakeling en de veerconstanten in een serie/parallelschakeling. Wanneer leerlingen er met het verband niet uitkomen, zou dit ook geponeerd kunnen worden.

De massa's van de veren mogen verwaarloosd worden.

### Klassikale nabespreking

- Leerlingen bestuderen elkaars bord en zoeken naar overeenkomsten en verschillen
- Welk verband komt bij de serieschakeling vaker voor? In hoeverre kunnen we er vanuit gaan dat dit verband klopt? Klopt het verband met wat je hebt gevoeld tijdens het uitrekken van de veren?
- Welk verband komt bij de parallelschakeling vaker voor? In hoeverre kunnen we er vanuit gaan dat dit verband klopt? Klopt het verband met wat je hebt gevoeld tijdens het uitrekken van de veren?
- De veerconstante is met twee verschillende methodes bepaald. Vergelijk uitkomsten en breng een discussie op gang over systematische fouten en nauwkeurigheid. In hoeverre overlappen de metingen? Hoe kunnen we eventuele verschillen verklaren? Wat zijn de sterktes en zwaktes van elke methode?
- Bespreek het belang van het doen van nauwkeurige metingen om een betrouwbaar verband op te kunnen stellen tussen grootheden.
- Welk vervolggexperiment zou je kunnen doen om een meer valide resultaat te verkrijgen?
- Sommige leerlingen nemen ook andere grootheden mee bij het opstellen van hun formule (bijvoorbeeld een zwaartekracht omdat deze op een massa van 100g ongeveer 1N is). Bespreek welk gevolg dit voor dimensies heeft en of deze formule met een andere massa ook valide zou zijn.
- Leerlingen krijgen na de klassikale nabespreking de opdracht het verband tussen  $C_1$ ,  $C_2$  en  $C_{\text{tot}}$  in de serie- en parallelschakeling af te leiden.

### Organisatie

- Benodigde tijd: 50 minuten (introductie, uitvoering, verwerking, discussie, afleiden formules). Het afleiden van de formules kan ook de volgende les worden gedaan.
- Leerlingen werken in groepjes van drie en geven hun resultaten weer op een whiteboard.
- Eén helft van de klas bepaalt de veerconstante met behulp van de wet van Hooke, de andere helft met behulp van de trillingstijd.
- Klassikale kringbespreking met whiteboards. De leerlingen staan achter hun bord.
- Leerlingen die snel klaar zijn, kunnen alvast starten met het theoretisch afleiden van het verband tussen de veerconstanten.

**Voorbeeld resultaten**

Parallele veer

Bij parallelle veren wordt de kracht die wordt uitgeoefend door de massa verdeeld over beide veren:

$$F_{zw} = F_1 + F_2$$

We kunnen de kracht vervangen door de wet van Hooke:

$$C_{tot,parallel} \cdot u_{tot,parallel} = C_1 \cdot u_1 + C_2 \cdot u_2$$

Bij een parallelle veer krijgen beide veren dezelfde uitwijking  $u$ , dus kunnen we alle termen delen door  $u$  en de uitdrukking vereenvoudigen tot:

$$C_{tot,parallel} = C_1 + C_2$$

Seriële veer

Bij veren in serie geldt:

$$u_{tot,serie} = u_1 + u_2$$

We kunnen de uitwijking vervangen door de wet van Hooke:

$$\frac{F_{zw}}{C_{tot,serie}} = \frac{F_1}{C_1} + \frac{F_2}{C_2}$$

Bij de veren in serie worden beide veren door dezelfde kracht  $F$  uitgerekt, dus we kunnen alle termen delen door  $F$  en de uitdrukking vereenvoudigen tot:

$$\frac{1}{C_{tot,serie}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

