

# VEREN

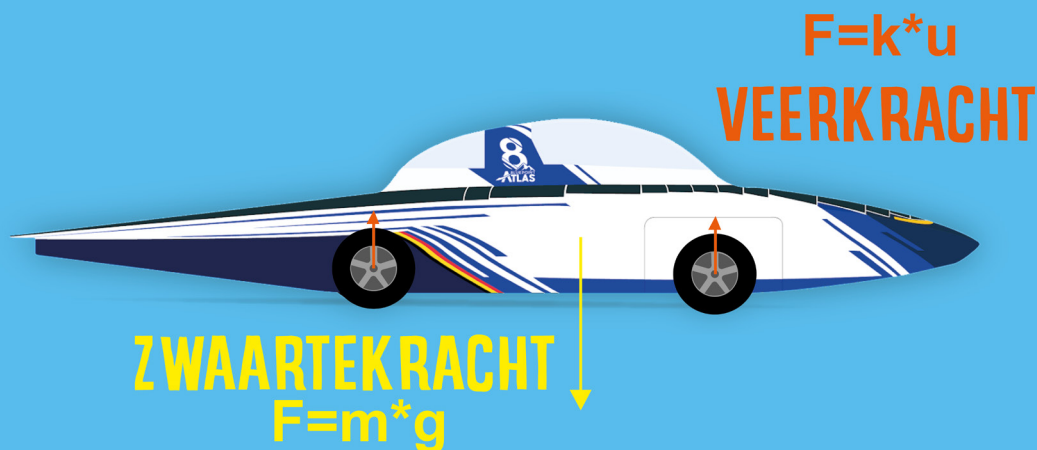
HOE DE ZONNEWAGEN ZONDER SCHADE DOOR EEN PUT KAN RIJDEN ...

## INLEIDING

De zonnwagen van het Belgische Solar Team rijdt tijdens wedstrijden over de openbare weg en dat over de hele wereld. Die komt onderweg dus al eens een put of drempel tegen! Hoe kan de wagen die drempels en putten aan, zonder schade te lijden?

Dat is waar de ophanging in het spel komt. Die bestaat uit een veer en een demper. In deze les nemen we een kijkje naar de veer. Die absorbeert als het ware een deel van schok die de zonnwagen ondergaat wanneer die door een put rijdt en maakt het zo comfortabeler voor de piloot!

## KRACHTEN



### Herinner je: de zwaartekracht

De zwaartekracht is de aantrekkingskracht die onze planeet op ons uitoefent. Die zorgt er dus voor dat we op aarde met de voeten op de grond blijven staan. Dat is ook de reden dat astronauten in de ruimte beginnen zweven: ze zijn er zo ver weg van de aarde, dat de zwaartekracht hen daar niet meer naar de grond kan trekken.

### Zwaartekracht op de zonnwagen

De zwaartekracht ( $F_z$ ) die aangrijpt op een voorwerp dat op de aarde staat, zoals de zonnwagen, wordt bepaald door de massa ( $m$ ) van dat voorwerp vermenigvuldigd met de valversnelling of zwaarteveldsterkte ( $g$ ). Die laatste is een constante en is gelijk aan 9,81 N/kg. Vermenigvuldig je die dus met een massa in kg, dan krijg je voor een voorwerp van 1kg:

$$F_z = m * g = 1\text{kg} * 9,81 \text{ N/kg} = 9,81 \text{ N}$$

De eenheid van de valversnelling is newton per kilogram. N of voluit newton is de eenheid van kracht. De aarde trekt voorwerpen met een massa van 1 kg dus aan met een kracht van 9,81 N.

## Veerkracht

Tussen de wielen van de zonnewagen en de zonnewagen zelf, zitten veren. Die veren zijn deel van de ophanging. Dat wil dus zeggen dat de zonnewagen op die veren rust, of anders gezegd: de veren dragen de zonnewagen. Om de zonnewagen te dragen, die om en bij de 150 kg weegt, hebben we stevige veren nodig. Zij oefenen een kracht uit op de zonnewagen, die even groot is als de zwaartekracht, maar er wel tegengesteld aan is. Zo blijft de zonnewagen wanneer hij stilstaat dus mooi boven de wielen hangen, en zakt hij niet met het koetswerk door tot op het wegdek.

De veerkracht ( $F_v$ ) die aangrijpt op een voorwerp dat die veer ondersteunt, zoals de zonnewagen, wordt bepaald door de uitwijking van de veer ( $u$ ) vermenigvuldigd met de veerconstante ( $k$ ). De veerconstante is een constante voor een specifieke veer en bepaalt hoe gemakkelijk je de veer kan uitrekken. De uitwijking is het verschil tussen de lengte van de veer zonder belasting, dus wanneer je hem gewoon zo op tafel legt, en de lengte van de veer wanneer hij wel belast wordt, bijvoorbeeld wanneer de zonnewagen erop steunt.

$$\text{Bijvoorbeeld: } F_v = u * k = 0,5 \text{ m} * 10 \text{ N/m} = 5 \text{ N}$$

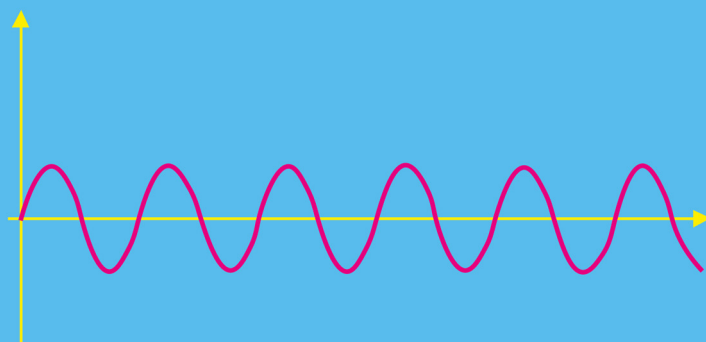
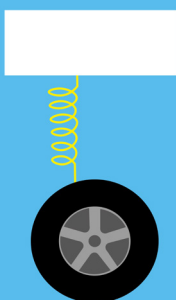
Zoals eerder gezegd en zoals je in bovenstaand voorbeeld ook ziet, geeft de veerconstante aan hoe stijf of soepel een veer is. Het is de veerconstante die bepaalt hoe veel kracht de veer kan uitoefenen op een voorwerp dat de veer uitrekt, en dus hoe veel kracht dat voorwerp moet uitoefenen op de veer om die nog verder uit te rekken. Voor de zonnewagen is het belangrijk dat we een veer met een goede veerconstante kiezen. Zo zal de wagen wanneer die door een put rijdt geen te harde schok ondergaan omdat de veer voldoende meegeeft, maar tegelijkertijd zal de veer niet te veel meegeven zodat het koetswerk van de wagen niet tegen de grond botst.

## HET GEDRAG VAN DE VEER

### Oscillaties

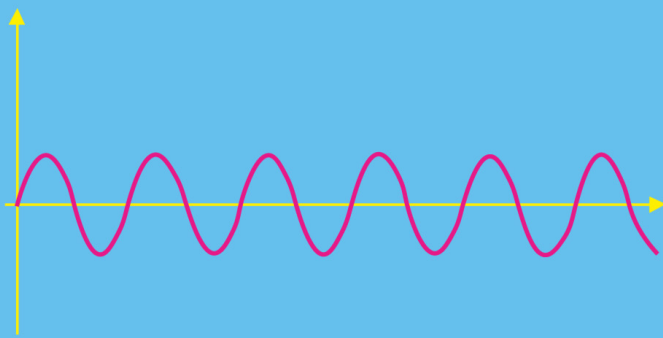
Oscilleren betekent ook wel op en neergaan, en dat is exact wat de veer doet wanneer die in de zonnewagen zit! Laat ons eens kijken naar de veer tussen de wagen en het wiel, zonder rekening te houden met een aantal verliezen. We veronderstellen dus een 'ideale' situatie: de veer zal, wanneer de wagen één keer een duw krijgt, blijven op en neer gaan. Dat noemen we een oscillatie. Het patroon van de bewegingen van de veer en de wagen neemt de vorm aan van een sinusfunctie of cosinusfunctie! Dat zie je getekend op de curve hieronder, waarbij de uitwijking van de veer is uitgezet in functie van de tijd.

Bij de toppen en dalen van de curve is de kracht op de veer het grootste. Op de punten waar de curve de horizontale as snijdt, is de veer met de grootste snelheid aan het uitrekken of aan het inkrimpen.

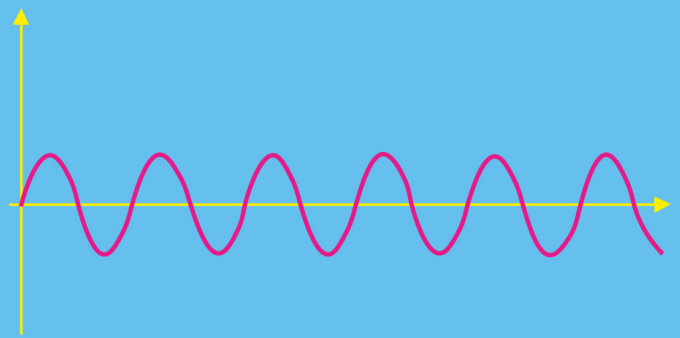


Je ziet op de afbeelding goed dat de veer uitrekt en weer inkrimpt en dat eeuwig blijft herhalen. Maar wat gebeurt er nu als er bijvoorbeeld een ruwer wegdek is met meer putten? In dat geval zal de curve van hierboven veranderen. Bij een ruwer wegdek, met diepere putten, gaat de veer grotere bewegingen maken. De amplitude van de curve die de uitwijking van de veer uitzet ten opzichte van de tijd wordt dus groter!

Glad wegdek  
Kleinere amplitude



Ruw wegdek  
Kleinere amplitude



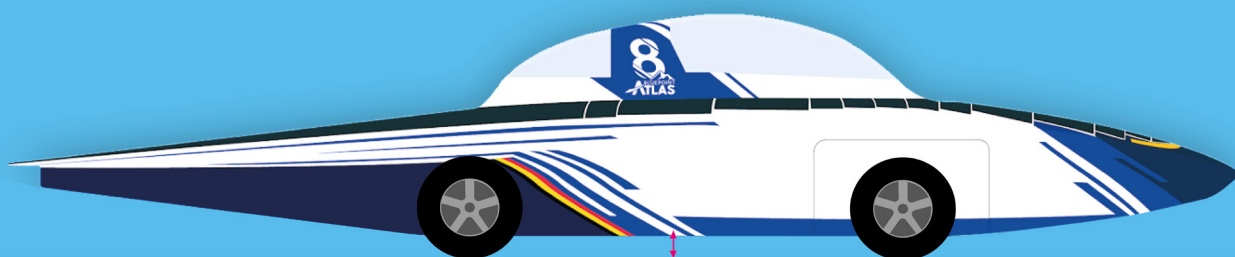
### Amplitude

De amplitude van een grafiek is de afstand tussen het maximum en het minimum van de curve. Met andere woorden: het is de afstand tussen de bovenste top en het onderste dal, of tussen het hoogste en het laagste punt op de curve.

### Een veer kiezen voor de zonnewagen

We kiezen de veer voor de zonnewagen aan de hand van de toppen en dalen van bovenstaande curve: we willen dat op het juiste moment de maximale kracht wordt uitgeoefend en dat die voldoende groot is. Zo kunnen we vermijden dat de zonnewagen met haar koetswerk tegen het wegdek schraapt!

Herinner je dat de veerkracht  $F_v = k * u$ , waarbij  $k$  de veerconstante is en  $u$  de uitwijking. Wanneer de zonnewagen door een put rijdt, komt er een bepaalde kracht op de veer. De veer kan uitrekken aan het begin van de put (plots is de bodem wat lager), maar wordt dan opnieuw ingedrukt. Bij een heel diepe put wordt de ophanging dus door de band van de zonnewagen opnieuw naar boven geduwd wanneer die band opnieuw de bodem raakt. De uitwijking van de veer zal maximaal zijn: hij wordt helemaal ingedrukt. Door de grote kracht die de wagen daarbij uitoefent op de ophanging, is het belangrijk dat ook de reactiekracht die de ophanging – en dus de veer – uitoefent op de wagen even groot is. Alleen zo kan de rijhoogte van de wagen voldoende hoog blijven om niet tegen de grond te schrapen! Om te zorgen dat deze kracht inderdaad juist zit, moeten we een veer kiezen met de juiste veerconstante. Die bepaalt - samen met de uitwijking - namelijk de veerkracht!



RIJHOOGTE

# OEFENINGEN

1. Je hebt een veer met veerconstante  $k$ . Je rekt hem uit met een uitwijking  $u$ . Wat is het symbool en de formule voor de veerkracht?
2. Welke stelling is niet correct?
  - a. Als je een veer verder uitrekt, zal je meer kracht nodig hebben.
  - b. Als je een veer verder indrukt, zal je minder kracht nodig hebben.
  - c. Als je een veer verder indrukt, zal je meer kracht nodig hebben.
  - d. Als je een veer minder ver uitrekt, zal je minder kracht nodig hebben.
3. De zonnwagen weegt met de piloot erbij 225 kg. Hoe groot is de zwaartekracht die aangrijpt op de zonnwagen?
4. Je krijgt een veer met veerconstante 15 N/m. Hoeveel kracht heb je nodig om de veer horizontaal uit te rekken tot een uitwijking van 3 meter? Schrijf je formules en berekeningen uit.
  - a. 5 N
  - b. 15 N
  - c. 18 N
  - d. 45 N
  - e. 54 N
5. Aan een veer die zonder belasting 0,2 meter lang is en die een veerconstante van 15 N/kg heeft, hangt een blok met massa van 10 kg. Wat is de uitwijking van de veer? Wat is de totale lengte van de veer? Schrijf je berekeningen uit.
6. De zonnwagen schraapt op de testbaan telkens tegen de grond bij grote putten. Je wilt echter dat hij diepe putten aankan voor de volgende race. Hieronder staan oplossingen voorgesteld. Welke (1) van deze oplossingen is het meest correct?
  - a. Je maakt de veerconstante groter, zodat de reactiekracht bij maximale uitwijking ook groter wordt en de wagen dus minder ver 'doorzakt'.
  - b. Je maakt de veerconstante kleiner, zodat de reactiekracht bij maximale uitwijking ook groter wordt en de wagen dus minder ver 'doorzakt'.
  - c. Je maakt de veerconstante groter, zodat de reactiekracht bij maximale uitwijking kleiner wordt en de wagen dus verder 'doorzakt'.
  - d. Je maakt de veerconstante kleiner, zodat de kracht bij maximale uitwijking ook kleiner wordt en de wagen dus verder 'doorzakt'.
7. Schets naast elkaar de oscillatiecurves voor volgende situaties, wanneer ze in de opanging van de wagen zitten en één duw krijgen. Veronderstel ene ideale situatie.
  - a. Veer 1 met  $K = 1$  N/m op een glad wegdek
  - b. Veer 2 met  $K = 1$  N/m op een ruw wegdek
  - c. Veer 3 met  $K = 3$  N/m op een glad wegdek
  - d. Veer 4 met  $K = 3$  N/m op een ruw wegdek