

- 20 Kim hangt aan een statief een veer met een veerconstante van $25,0 \text{ Nm}^{-1}$. Daarna hangt ze een blokje van 100 gram aan de veer, en laat het blokje langzaam zakken tot de evenwichtsstand. De veer is dan 3,92 cm uitgerekt.
- a Toon dit aan.
 - b Laat zien dat tijdens het zakken de som van de zwaarte-energie van het blokje en de veerenergie met 0,019 J afneemt.
- Door aan het blokje te trekken verdubbelt Kim de uitrekking.
- c Laat zien dat tijdens het verdubbelen van de uitrekking de som van de zwaarte-energie en de veerenergie met 0,019 J toeneemt.
- De evenwichtsstand is een bijzondere situatie. Een kenmerk daarvan hangt samen met de krachtwerking: de som van de krachten is 0. Je kunt de evenwichtstand ook kenmerken met behulp van de potentiële energie.
- d Geef dat kenmerk.

Opgave 20

- a De uitrekking van de veer bereken je met de formule voor de veerkracht. De veerkracht is gelijk aan de zwaartekracht. De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g \text{ met } m = 100 \text{ g} = 0,100 \text{ kg en } g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$
$$F_{\text{zw}} = 0,100 \times 9,81 = 0,981 \text{ N}$$

$$F_{\text{veer}} = C \cdot u \text{ met } F_{\text{veer}} = F_{\text{zw}} = 0,981 \text{ en } C = 25,0 \text{ N m}^{-1}$$
$$0,981 = 25,0 \cdot u$$
$$u = 3,92 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$
$$u = 3,92 \text{ cm}$$

- b Dat de som van de zwaarte-energie en veerenergie met 0,019 J afneemt, bereken je met de formule voor de veerenergie en de formule voor zwaarte-energie.

Voor de zwaarte-energie geldt: $E_{\text{zw}} = m \cdot g \cdot h$ met $m = 0,100 \text{ kg}$ en $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$. Tijdens het zakken neemt de hoogte af met 3,92 cm = $3,92 \cdot 10^{-2} \text{ m}$. Dus de zwaarte-energie neemt af met $0,100 \times 9,81 \times 3,92 \cdot 10^{-2} = 0,384 \text{ J}$.

Voor de veerenergie geldt: $E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} C \cdot u^2$ met $C = 25,0 \text{ N m}^{-1}$. Tijdens het zakkenrekt de veer uit met 3,92 cm = $3,92 \cdot 10^{-2} \text{ m}$. Dus de veerenergie neemt toe met $E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} \times 25,0 \times (3,92 \cdot 10^{-2})^2 = 0,192 \text{ J}$. Dus de totale energie neemt met $0,384 - 0,192 = 0,192 \text{ J}$ af.

- c Dat de som van de zwaarte-energie en veerenergie met 0,019 J toeneemt, bereken je met de formule voor de veerenergie en de formule voor zwaarte-energie.

Omdat de hoogteverandering weer 3,92 cm is, neemt de zwaarte-energie weer af met 0,384 J.

De uitrekking van de veer is twee keer zo groot. Dus de veerenergie wordt vier keer zo groot.

De veerenergie is dus $4 \times 0,192 = 0,768 \text{ J}$. De toename van de veerenergie is $0,768 - 0,192 = 0,576 \text{ J}$. De totale energie neemt dus toe met $0,576 - 0,382 = 0,192 \text{ J}$.

- d In de evenwichtsstand is de totale potentiële energie minimaal.