

14 Arbeid en energie

Onderwerpen:

- Wet van behoud van energie
- Toepassingen

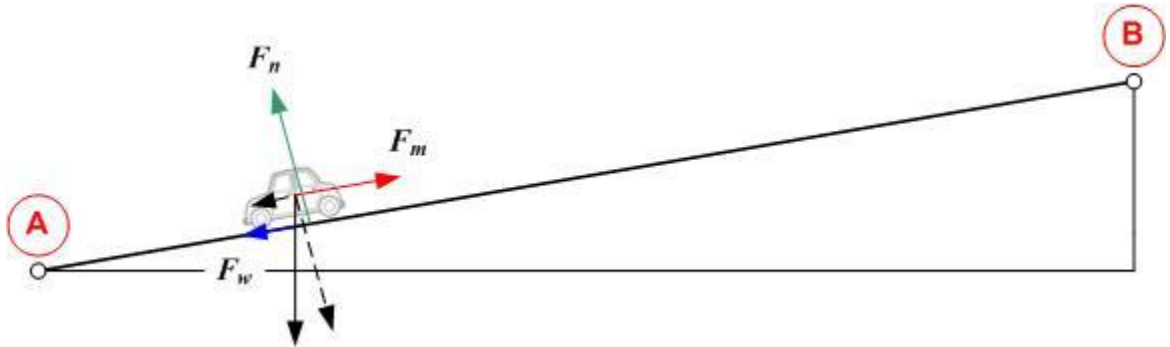
13.1 Wet van behoud van energie

Aan de hand van het volgende voorbeeld gaan we de wet van behoud van energie bespreken.

Voorbeeld

Een auto (massa = 1000 kg) rijdt tegen een helling op. Onderaan de helling staat de auto stil en bovenaan de helling is de snelheid 10 m/s. Tijdens het rijden is er een wrijvingskracht van 200 N. De hoogtetoename is 50 m en de afgelegde weg is 1000 m.

- Bereken de motorkracht die nodig is opdat de auto bovenaan de helling een snelheid heeft van 10 m/s.
- Bereken de warmte die ontstaat door de wrijvingskracht



Door de arbeid van F_m en het verlies door de arbeid van F_w krijgt de auto in B een snelheid van 10 m/s.

energie in het begin (A) + arbeid krachten (excl. F_z) = energie op het eind(B)

We beperken ons in dit hoofdstuk tot mechanische energie bestaande uit zwaarte-energie (E_z) of potentiële energie en kinetische energie (E_k) of bewegingsenergie.

Krachten, uitgezonderd F_z , zijn in dit geval de motorkracht (F_m), de wrijvingskracht (F_w) en de normaalkracht (F_N). De motorkracht verricht positieve arbeid en de wrijvingskracht verricht negatieve arbeid. De normaalkracht verricht geen arbeid.

①

$$E_{z,A} + E_{k,A} + W_{\text{door } F_w} + W_{\text{door } F_m} = E_{z,B} + E_{k,B}$$

$$m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + F_m \cdot s - F_w \cdot s = m \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2$$

a)

$$E_{z,A} + E_{k,A} + W_{\text{door } F_w} + W_{\text{door } F_m} = E_{z,B} + E_{k,B}$$

$$m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + F_m \cdot s - F_w \cdot s = m \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2$$

$$0 + 0 + F_m \cdot 1000 - 200 \times 1000 = 1000 \times 9,81 \times 10 + \frac{1}{2} \times 1000 \times 10^2$$

$$F_m \cdot 1000 = 98100 + 50000 + 200000 = 348100 \rightarrow F_m = 348 \text{ N}$$

b)

$$Q = F_w \cdot s = 200 \times 1000 = 200000 \text{ J} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Opmerking:

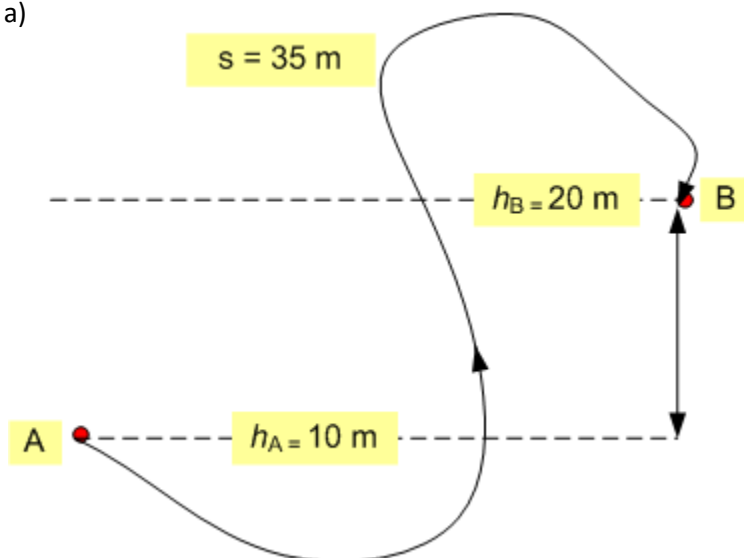
De arbeid, die door de zwaartekracht verricht wordt is niet afhankelijk van de afgelegde weg maar van het hoogteverschil tussen begin en eindpunt. De zwaartekracht is een zogenaamde conservatieve kracht. De arbeid van de wrijvingskracht en de arbeid van de motorkracht zijn wel afhankelijk van de afgelegde weg. Dit zijn niet-conservatieve krachten.

Voorbeeld

Een massa van 2,0 kg wordt van A naar B gebracht. De afgelegde weg is 35 m. Tijdens het verplaatsen werkt er een constante wrijvingskracht van 2,0 N.

- Bereken de arbeid van de zwaartekracht.
- Bereken de arbeid van de wrijvingskracht.
- Bereken de gevormde warmte door de wrijving.
- Bereken de energie die nodig is om de massa van A naar B te brengen.

a)



$$W_{doorF_z} = E_{z,B} - E_{z,A} = m \cdot g \cdot h_B - m \cdot g \cdot h_A = 2,0 \times 9,81 \times 10 = 196,2 \text{ J} \quad \text{afgerond } W_{doorF_z} = 2,0 \cdot 10^2 \text{ J}$$

b) $W_{doorF_w} = -F_w \cdot s = -2,0 \times 35 = -70 \text{ J}$

c) $Q = F_w \cdot s = 70 \text{ J}$

d) $E_{toe} = 196,2 \text{ J} + 70 \text{ J} = 266,2 \text{ J} \quad \text{afgerond } E_{toe} = 2,7 \cdot 10^2 \text{ J}$

In verschillende natuurkundeboeken kom je ook andere vormen tegen van de wet van behoud van energie.

Als de arbeid van de zwaartekracht wordt opgenomen bij de arbeid van de andere krachten dan krijg je:

$$\textcircled{2} \quad E_{k,A} + W_{\text{door } F_w} + W_{\text{door } F_m} + W_{\text{door } F_z} = E_{k,B}$$

of $\Sigma W = E_{k,B} - E_{k,A} = \Delta E_k$

som van de verrichte arbeid = verandering van de kinetische energie

Als je de arbeid van de wrijvingskracht beschrijft als gevormde warmte (Q), dan krijg je:

$$\textcircled{3} \quad E_{z,A} + E_{k,A} + W_{\text{door } F_m} = E_{z,B} + E_{k,B} + Q$$

Bij de uitwerking in dit hoofdstuk kiezen we voor methode ①

Opgave 14.1

Een parachutist ($m = 80 \text{ kg}$) springt van een hoogte van 2,0 km en bereikt de grond met een constante snelheid van 5,0 m/s. Op een hoogte van 500m had de parachutist een snelheid van 300 km/h en op deze hoogte werd de parachute open getrokken.

- Bereken het energieverlies door wrijving is er tijdens de sprong .
- Bereken de gemiddelde wrijvingskracht tijdens het tweede gedeelte van de sprong.
- Bereken de wrijvingskracht bij het op de grond komen.

Opgave 14.2

Een auto ($m = 1200 \text{ kg}$) staat boven aan een helling en wordt door de zwaartekracht in beweging gebracht. Onder aan de helling heeft de auto een snelheid van 80 km/h. Tijdens de afdaling is er sprake van een wrijvingskracht van 250 N. De lengte van de helling is 5,0 km.

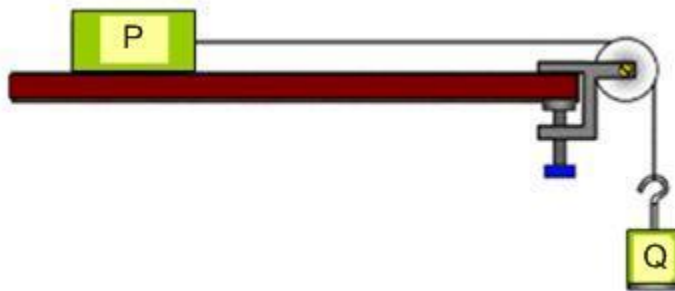
Bereken de hoogte van de helling.

Opgave 14.3

Een massa P van 4,0 kg ligt op een horizontaal vlak en wordt met constante snelheid naar rechts getrokken door de zwaartekracht van de massa Q van 1,0 kg .

Massa P ondervindt een wrijvingskracht van 6,0 N.

Bereken de snelheid van P en Q als A 1,0 m naar rechts is verschoven.



Massa P gaat naar rechts.