

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

8.1 Arbeid**Opgave 1**

- a Arbeid wordt verricht door een kracht en niet door Harm.
De spierkracht van Harm verricht extra arbeid en Harm zelf verbruikt extra energie.
- b De wind oefent een kracht uit op Harm, Jannie en hun fietsen.
De richting van de windkracht is dezelfde als die van de verplaatsing. De windkracht verricht dus (positieve) arbeid.

Opgave 2

Een kracht verricht positieve arbeid als er een verplaatsing is in de richting van de kracht.

Een kracht verricht negatieve arbeid als er een verplaatsing is in de richting tegengesteld aan die van de kracht.

Een kracht verricht geen arbeid als de richting van de verplaatsing loodrecht staat op de richting van de kracht.

Zie tabel 8.1.

vraag	kracht	arbeid
a	spierkracht zwaartekracht luchtweerstandskracht	positief negatief negatief
b	zwaartekracht normaalkracht	nul nul
c	zwaartekracht luchtweerstandskracht	positief negatief
d	spierkracht luchtweerstandskracht rolweerstandskracht zwaartekracht normaalkracht	positief negatief negatief nul nul
e	motorkracht luchtweerstandskracht rolweerstandskracht zwaartekracht normaalkracht	positief negatief negatief nul nul
f	spierkracht zwaartekracht	positief negatief

Tabel 8.1

Opgave 3

De speerwerpster wil de speer een zo groot mogelijke snelheid meegeven. Hiervoor moet haar spierkracht zo veel mogelijk arbeid verrichten. Is haar spierkracht tijdens de beweging hetzelfde, dan hangt de arbeid af van de verplaatsing. Die is bij de beschreven techniek het grootst.

Opgave 4

De arbeid die de spierkracht verricht, bereken je met de formule voor de arbeid.

De spierkracht volgt uit de zwaartekracht.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

Voor Annika:

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$m = 80 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 80 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 784,8 \text{ N}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

De richting van de kracht is gelijk aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is positief.

$$W_A = F_{\text{spier},A} \cdot s$$

$F_{\text{spier},A} = F_{\text{zw}}$ Het optillen is met constante snelheid. Dus de resulterende kracht is 0 N.

$$s = 1,30 \text{ m}$$

$$W_A = 784,8 \times 1,30 = 1,02 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Voor Jennifer:

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 60 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 588,6 \text{ N}$$

De richting van de kracht is gelijk aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is positief.

$$W_J = F_{\text{spier},J} \cdot s$$

$F_{\text{spier},J} = F_{\text{zw}}$ Het optillen is met constante snelheid. Dus de resulterende kracht is 0 N.

$$s = 1,60 \text{ m}$$

$$W_J = 588,6 \times 1,60$$

$$W_J = 9,42 \cdot 10^2 \text{ J} = 9,41 \cdot 10^2 \text{ J}$$

De spierkracht van Annika heeft de meeste arbeid verricht.

Opgave 5

- a De arbeid die de zwaartekracht verricht, leg je uit met de formule voor de arbeid.
De verplaatsing bepaal je met het hoogteverschil tussen begin- en eindpunt van de beweging.

$$W_{\text{zw}} = F_{\text{zw}} \cdot h$$

De zwaartekracht is in alle gevallen even groot.

In figuur 8.8c is het hoogteverschil het kleinst.

In de situatie van figuur 8.8c verricht de zwaartekracht dus de minste arbeid.

- b De arbeid die de luchtweerstandskracht verricht, leg je uit met de luchtweerstandskracht en de totaal afgelegde afstand.

$$W_{\text{w,lucht}} = -F_{\text{w,lucht}} \cdot s$$

De (gemiddelde) luchtweerstandskracht is in alle gevallen even groot.

In figuur 8.8d is de afgelegde afstand het kleinst.

In de situatie van figuur 8.8d is de arbeid verricht door de luchtweerstandskracht het kleinst.

Opgave 6

- a Dat de motorkracht 450 N is leg je uit met de eerste wet van Newton.

De auto rijdt met een constante snelheid. Uit de eerste wet van Newton volgt dan dat de resulterende kracht gelijk is aan nul. De motorkracht is daarom even groot als de wrijvingskracht.

- b De arbeid die de motorkracht verricht bereken je met de formule voor de arbeid.
De verplaatsing bereken je met de snelheid en de tijd.

$$s = v \cdot t$$

$$v = 90 \text{ km h}^{-1} = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m s}^{-1}$$

$$t = 2,5 \text{ min} = 2,5 \times 60 = 150 \text{ s}$$

$$s = 25 \times 150$$

$$s = 3,75 \cdot 10^3 \text{ m}$$

De richting van de kracht is gelijk aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is positief.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

$$\begin{aligned}
 W_{\text{motor}} &= F_{\text{motor}} \cdot s \\
 F_{\text{motor}} &= 450 \text{ N} \\
 s &= 3,75 \cdot 10^3 \text{ m} \\
 W_{\text{motor}} &= 450 \times 3,75 \cdot 10^3 \\
 W_{\text{motor}} &= 1,687 \cdot 10^6 \text{ J} \\
 \text{Afgerond: } W_{\text{motor}} &= 1,7 \cdot 10^6 \text{ J.}
 \end{aligned}$$

Opgave 7

- a De component $F_{\text{trek},y}$ verricht geen arbeid, omdat de richting van de verplaatsing loodrecht staat op de richting van de component $F_{\text{trek},y}$.
- b De grootte van $F_{\text{trek},x}$ bepaal je met de lengte van de krachtpijl en de krachtschaal. De krachtschaal bepaal je met de lengte van een krachtpijl en de grootte van de kracht.

De lengte van de pijl F_{trek} is 2,5 cm.
 $2,5 \text{ cm} \triangleq 50 \text{ N}$
 $1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$

De lengte van de pijl $F_{\text{trek},x}$ is 2,2 cm.
 $F_{\text{trek},x} = 2,2 \times 20 = 44 \text{ N}$

- c De arbeid bereken je met de formule voor de arbeid.
 Alleen de component van de trekkracht in de richting van de verplaatsing verricht arbeid.

De richting van de verplaatsing is gelijk aan die van de component van de trekkracht.
 Dus de arbeid is positief.

$$\begin{aligned}
 W_{\text{trek}} &= F \cdot s \\
 F &= F_{\text{trek},x} = 44 \text{ N} \\
 s &= 60 \text{ m} \\
 W_{\text{trek}} &= 44 \times 60 = 2,64 \cdot 10^3 \text{ J} \\
 \text{Afgerond: } W_{\text{trek}} &= 2,6 \cdot 10^3 \text{ J.}
 \end{aligned}$$

- d De wrijvingsarbeid bereken je met de formule voor de arbeid.
 De schuifwrijvingskracht volgt uit de eerste wet van Newton.

De slee beweegt met constante snelheid. Volgens de eerste wet van Newton is dan de schuifwrijvingskracht gelijk aan de component van de trekkracht.
 $F_{w,\text{schuif}} = F_{\text{trek},x} = 44 \text{ N}$

De richting van de schuifwrijvingskracht is tegengesteld aan die van de verplaatsing.
 Dus de arbeid is negatief.

$$\begin{aligned}
 W_{w,\text{schuif}} &= -F_{w,\text{schuif}} \cdot s \\
 F_{w,\text{schuif}} &= 44 \text{ N} \\
 s &= 60 \text{ m} \\
 W_{w,\text{schuif}} &= -44 \times 60 = -2,64 \cdot 10^3 \text{ J} \\
 \text{Afgerond: } W_{w,\text{schuif}} &= -2,6 \cdot 10^3 \text{ J.}
 \end{aligned}$$

Opgave 8

- a De arbeid die de wrijvingskracht heeft verricht, bereken je met de formule voor de arbeid.

De richting van de wrijvingskracht is tegengesteld aan die van de verplaatsing.
 Dus de arbeid is negatief.

$$\begin{aligned}
 W_w &= -F_w \cdot s \\
 F_w &= 0,40 \cdot 10^3 \text{ N} \\
 s &= 84 \text{ m} \\
 W_w &= -0,40 \cdot 10^3 \times 84 \\
 W_w &= -3,36 \cdot 10^4 \text{ J} \\
 \text{Afgerond: } W_w &= -3,4 \cdot 10^4 \text{ J.}
 \end{aligned}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- b De arbeid die de trekkracht heeft verricht, bereken je met de formule voor de arbeid.

De richting van de trekkracht is gelijk aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is positief.

$$W_{\text{trek}} = F_{\text{trek}} \cdot s$$

$$F_{\text{trek}} = 7,3 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$s = 84 \text{ m}$$

$$W_{\text{trek}} = 7,3 \cdot 10^3 \times 84 = 6,13 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } W_{\text{trek}} = 6,1 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

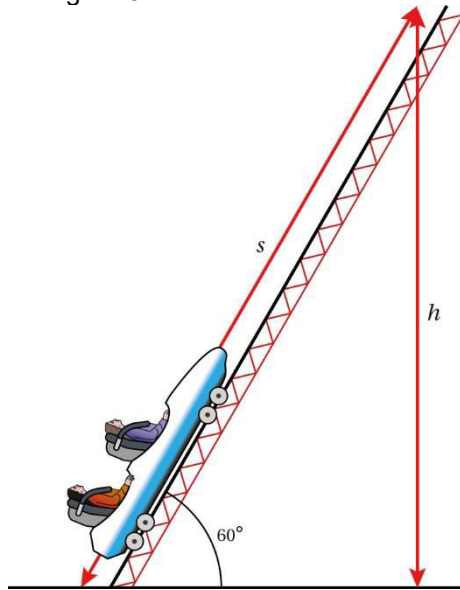
- c De arbeid die de zwaartekracht heeft verricht, bereken je met de formule voor de arbeid.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

De verplaatsing volgt uit het hoogteverschil tussen begin- en eindpunt van de beweging.

Het hoogteverschil bereken je met een goniometrische formule.

Zie figuur 8.1.



Figuur 8.1

$$\sin(\alpha) = \frac{h}{s}$$

$$s = 84 \text{ m}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\sin(60^\circ) = \frac{h}{84}$$

$$h = 72,74 \text{ m}$$

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$m = 250 + 8 \times 70 = 810 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 810 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 7946,1 \text{ N}$$

De richting van de zwaartekracht is omlaag en de kar beweegt omhoog.

De arbeid door de zwaartekracht is dus negatief.

$$W_{\text{zw}} = -F_{\text{zw}} \cdot h$$

$$W_{\text{zw}} = -7946,1 \times 72,74$$

$$W_{\text{zw}} = -5,779 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } W_{\text{zw}} = -5,8 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

8.2 Arbeid en kinetische energie

Opgave 9

Tijdens het slepen van de kist over de vloer ondervindt de kist een weerstandskracht. Deze weerstandskracht verricht negatieve arbeid. Omdat deze negatieve arbeid even groot is als de positieve arbeid die de spierkracht verricht, blijft de snelheid constant.

Opgave 10

- a De kracht die de pompen in totaal moeten leveren om het water met constante snelheid omhoog te pompen, volgt uit de zwaartekracht op het water.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De massa van het water bereken je met de dichtheid.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 0,9982 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \text{ (zie BINAS tabel 11)}$$

$$V = 130 \text{ m}^3$$

$$m = 130 \times 0,9982 \cdot 10^3 = 129,766 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 129,766 \cdot 10^3 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 1,273 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$F_{\text{pomp}} = F_{\text{zw}}$$

$$F_{\text{pomp}} = 1,273 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{pomp}} = 1,27 \cdot 10^6 \text{ N.}$$

- b Het nuttig vermogen van de pompen bereken je met de formule voor vermogen.
De arbeid van de pompen bereken je met de formule voor arbeid.

De richting van de pompkracht is gelijk aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is positief.

$$W_{\text{pomp}} = F_{\text{pomp}} \cdot h$$

$$F_{\text{pomp}} = 1,27 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$h = 6,0 \text{ m}$$

$$W_{\text{pomp}} = 1,27 \cdot 10^6 \times 6,0$$

$$W_{\text{pomp}} = 7,620 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$P = \frac{W_{\text{pomp}}}{t}$$

$$t = 1 \text{ minuut} = 60 \text{ s}$$

$$P = \frac{7,620 \cdot 10^6}{60}$$

$$P = 1,27 \cdot 10^5 \text{ W}$$

$$\text{Afgerond: } P = 1,3 \cdot 10^5 \text{ W.}$$

Opgave 11

- a De luchtweerstandskracht bereken je met de gegeven formule.
De totale weerstandskracht bereken je met de formule voor vermogen.

$$P = F_{\text{w,totaal}} \cdot v$$

$$P = 397 \text{ kW} = 397 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$v = 315 \text{ km h}^{-1} = \frac{315}{3,6} = 87,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$397 \cdot 10^3 = F_{\text{w,totaal}} \cdot 87,5$$

$$F_{\text{w,totaal}} = 4,537 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

$$F_{w,totaal} = F_{w,lucht} + F_{w,rol}$$

$$F_{w,rol} = 8,0 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$4,537 \cdot 10^3 = F_{w,lucht} + 8,0 \cdot 10^2$$

$$F_{w,lucht} = 3,737 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{w,lucht} = 3,7 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- b De luchtweerstandskracht is afhankelijk van de snelheid. Hoe groter de snelheid, des te groter is de luchtweerstand en dus is $F_{w,totaal}$ dan ook groter.

$$\text{Er geldt: } P = F_{w,totaal} \cdot v.$$

Als P zes keer zo groot is en $F_{w,totaal}$ is groter, dan is de snelheid dus minder dan zes keer zo groot.

Opgave 12

De gemiddelde remkracht bereken je met de wet van arbeid en kinetische energie.

De totale arbeid volgt uit de arbeid door de remkracht.

De arbeid door de remkracht bereken je met de formule voor de arbeid.

Het verschil in kinetische energie bereken je met de formule voor de kinetische energie.

$$\Delta E_k = E_{k,eind} - E_{k,begin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{eind}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{begin}^2$$

$$m = 0,15 \text{ kg}$$

$$v_{eind} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{begin} = 50 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta E_k = 0 - \frac{1}{2} \times 0,15 \times (50)^2$$

$$\Delta E_k = -1,875 \cdot 10^2 \text{ J}$$

De richting van de remkracht is tegengesteld aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is negatief.

$$W_{rem} = -F_{rem} \cdot s$$

$$s = 0,10 \text{ m}$$

$$W_{rem} = -F_{rem} \cdot 0,10$$

$$W_{tot} = \Delta E_k$$

$$W_{tot} = W_{rem}$$

$$-F_{rem} \cdot 0,10 = -1,875 \cdot 10^2$$

$$F_{rem} = 1,875 \cdot 10^3$$

$$\text{Afgerond: } F_{rem} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

Opgave 13

- a De bewegingsenergie van de trein bereken je met de formule voor de kinetische energie.
De snelheid bereken je met de formule voor (gemiddelde) versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{eind} - v_{begin}}{\Delta t}$$

$$a = 0,89 \text{ m s}^{-2}$$

$$v_{begin} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta t = 60 \text{ s}$$

$$0,89 = \frac{v_{eind} - 0}{60}$$

$$v_{eind} = 53,4 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_{k,eind} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{eind}^2$$

$$m = 3,69 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

$$E_{k,eind} = \frac{1}{2} \times 3,69 \cdot 10^5 \times 53,4^2$$

$$E_{k,eind} = 5,261 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } E_{k,eind} = 5,3 \cdot 10^8 \text{ J.}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- b De arbeid die de resulterende kracht levert, volgt uit de wet van arbeid en kinetische energie.

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_k$$

$$W_{\text{tot}} = W_{\text{res}}$$

$$\Delta E_k = E_{k,\text{eind}} - E_{k,\text{begin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

De beginsnelheid is 0 m s^{-1} .

$$\text{Dus } \Delta E_k = E_{k,\text{eind}}$$

$$\text{Dus } W_{\text{res}} = 5,3 \cdot 10^8 \text{ J.}$$

- c Dat de motorkracht gedurende de zestigste seconde groter is dan gedurende de eerste seconde leg je uit met de krachten die werken op de magneetzweeftrein tijdens het versnellen. De resulterende kracht van deze krachten beredeneer je met de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

De massa en de versnelling zijn constant. Dus is de resulterende kracht hetzelfde tijdens de eerste en zestigste seconde.

Op de magneetzweeftrein werken de motorkracht en de luchtweerstandskracht.

$$\text{Dus } F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{w,\text{lucht.}}$$

Bij een hogere snelheid is $F_{w,\text{lucht}}$ groter. Dus is $F_{w,\text{lucht}}$ groter tijdens de zestigste seconde dan tijdens de eerste seconde.

Omdat F_{res} in beide perioden hetzelfde is, is F_{motor} tijdens de zestigste seconde groter dan tijdens de eerste seconde.

Opgave 14

De afstand bereken je met de wet van arbeid en kinetische energie.

De totale arbeid bereken je met de arbeid die de motorkracht verricht en de arbeid die de gemiddelde weerstandskracht verricht.

De arbeid die de motorkracht verricht, bereken je met de formule voor arbeid.

De arbeid die de weerstandskracht verricht, bereken je met de formule voor arbeid.

Het verschil in kinetische energie bereken je met de formule voor kinetische energie.

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

$$m = 900 \text{ kg}$$

$$v_{\text{begin}} = \frac{100}{3,6} = 27,77 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_{\text{eind}} = \frac{120}{3,6} = 33,33 \text{ ms}^{-1}$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \times 900 \times 33,33^2 - \frac{1}{2} \times 900 \times 27,77^2$$

$$\Delta E_k = 1,528 \cdot 10^5 \text{ J}$$

De richting van de weerstandskracht is tegengesteld aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is negatief.

$$W_w = -F_w \cdot s$$

$$F_w = 0,55 \text{ kN} = 0,55 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$W_w = -0,55 \cdot 10^3 \times s$$

De richting van de motorkracht is gelijk aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is positief.

$$W_{\text{motor}} = F_m \cdot s$$

$$F_{\text{motor}} = 2,70 \text{ kN} = 2,70 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$W_{\text{motor}} = 2,70 \cdot 10^3 \times s$$

De totale arbeid is de arbeid van de motorkracht en de arbeid van de gemiddelde weerstandskracht:

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

$$W_{\text{tot}} = 2,70 \cdot 10^3 \times s + (-0,55 \cdot 10^3 \times s)$$

$$W_{\text{tot}} = 2,15 \cdot 10^3 \times s$$

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_k$$

$$2,15 \cdot 10^3 \times s = 1,528 \cdot 10^5$$

$$s = 71,0 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 71 \text{ m.}$$

Opgave 15

- a De kracht die op Mark werkt, bereken je met de wet van arbeid en kinetische energie.
De totale arbeid is de arbeid die de remkracht verricht.
Het verschil in kinetische energie bereken je met de formule voor de kinetische energie.

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

$$m = 70 \text{ kg}$$

$$v_{\text{begin}} = 80 \text{ kmh}^{-1} = \frac{80}{3,6} = 22,22 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_{\text{eind}} = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \times 70 \cdot 0^2 - \frac{1}{2} \times 70 \times 22,22^2$$

$$\Delta E_k = -1,728 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_k$$

De richting van de remkracht is tegengesteld aan die van de verplaatsing.

Dus de arbeid is negatief.

$$-F_{\text{rem}} \cdot s_{\text{rem}} = -1,728 \cdot 10^4$$

$$s_{\text{rem}} = 4,0 \text{ cm} = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$-F_{\text{rem}} \cdot 4,0 \cdot 10^{-2} = -1,728 \cdot 10^4$$

$$F_{\text{rem}} = 4,320 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{rem}} = 4,3 \cdot 10^5 \text{ N.}$$

- b Uit het voorgaande volgt: $-F_{\text{rem}} \cdot s_{\text{rem}} = \Delta E_k$.
De beginsnelheid en eindsnelheid veranderen niet. Dus het verschil in kinetische energie ook niet. De remafstand wordt tien keer zo groot.
Dan wordt de remkracht dus tien keer zo klein.
- c Als de gordel te strak zit, geeft hij niet of te weinig mee. Omdat de verplaatsing s_{rem} dan klein is, zal de kracht op Mark nog steeds erg groot zijn.
Zit de gordel te los, dan kom je pas tegen de voorruit tot stilstand.

Opgave 16

- a De versnelling bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$v_{\text{begin}} = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_{\text{eind}} = 97,2 \text{ kmh}^{-1} = \frac{97,2}{3,6} = 27,0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\Delta t = 0,82 \text{ s}$$

$$a = \frac{27,0 - 0}{0,82} = 32,9 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{Afgerond: } a = 33 \text{ ms}^{-2}.$$

- b De gemiddelde kracht die de jan-van-gent levert, bereken je met de tweede wet van Newton.
De resulterende kracht is de som van de zwaartekracht en de gemiddelde kracht die de jan-van-gent levert.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$m = 2,8 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 2,8 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 27,46 \text{ N}$$

$$F_{res} = m \cdot a$$

$$27,46 + F_{vogel} = 2,8 \times 32,9$$

$$F_{vogel} = 64,6 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{vogel} = 65 \text{ N}$.

- c De snelheid waarmee de jan-van-gent in het water terechtkomt, bereken je met de wet van behoud van arbeid en kinetische energie.
De totale arbeid is de arbeid die de zwaartekracht verricht.
De arbeid die de zwaartekracht verricht, bereken je met de formule voor de arbeid.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De verplaatsing volgt uit het hoogteverschil tussen het begin- en eindpunt van de beweging.
Het verschil in kinetische energie bereken je met de formule voor de kinetische energie.

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

$$m = 2,8 \text{ kg}$$

$$v_{\text{begin}} = 27 \text{ m s}^{-1} \text{ (zie vraag a)}$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \times 2,8 \times v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} \times 2,8 \times (27)^2$$

$W_{\text{tot}} = W_{zw}$ want alleen de zwaartekracht verricht arbeid.

De richting van de zwaartekracht is gelijk aan die van de verplaatsing.
Dus de arbeid is positief.

$$W_{zw} = F_{zw} \cdot h$$

$$h = 28 \text{ m}$$

$$F_{zw} = 27,46 \text{ N (zie vraag b)}$$

$$W_{zw} = 27,46 \times 28 = 7,688 \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_k$$

$$7,688 \cdot 10^2 = \frac{1}{2} \times 2,8 \times v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} \times 2,8 \times (27)^2$$

$$v_{\text{eind}} = 35,7 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v_{\text{eind}} = 36 \text{ m s}^{-1}$.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

8.3 Energievormen

Opgave 17

- a De eenheid van E_{zw} leid je af met de eenheden van de andere grootheden in de formule voor de zwaarte-energie.

$$[E_{zw}] = [m] \cdot [g] \cdot [h]$$

$$[m] = \text{kg}$$

$$[g] = \text{m s}^{-2}$$

$$[h] = \text{m}$$

$$[E_{zw}] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}$$

$$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N} \quad (\text{zie BINAS tabel 4 bij kracht})$$

$$[E_{zw}] = \text{N m}$$

- b De eenheid van E_k leid je af met de eenheden van de andere grootheden in de formule voor de kinetische energie.

$$[E_k] = [m] \cdot [v^2] \quad \text{Een getal zoals } \frac{1}{2} \text{ heeft geen eenheid.}$$

$$[m] = \text{kg}$$

$$[v^2] = (\text{m s}^{-1})^2 = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$$

$$[E_k] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}$$

$$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N} \quad (\text{zie BINAS tabel 4 bij kracht})$$

$$[E_k] = \text{N m}$$

Opgave 18

Zie tabel 8.2.

	E_{zw}	E_{kin}	Q	W_{zw}	W_{wr}	E_{chem}
voorbeeld	–	+	+	+	–	nvt
a	–	+	+	+	–	nvt
b	+	–	nvt	–	nvt	nvt
c	nvt	0	+	nvt	–	–
d	–	0	+	+	–	nvt

Tabel 8.2

Opgave 19

- a De toename of afname in zwaarte-energie bepaal je met de formule voor zwaarte-energie.

De zwaarte-energie in het laagste punt stel je op 0 J.

De hoogte bij punt O is dan 0 m.

$$E_{zw} = m \cdot g \cdot h$$

h is het hoogteverschil ten opzichte van O.

Dus voor punten L en R geldt $h = 6,5 \text{ m}$.

Voor punt H geldt $h = 13 \text{ m}$.

I $E_{zw,H} = 58 \times 9,81 \times 13 = 7,39 \cdot 10^3 \text{ J}$

$$E_{zw,O} = 0 \text{ J}$$

De afname in zwaarte-energie is $7,39 \cdot 10^3 \text{ J}$.

Afgerond: afname is $7,4 \cdot 10^3 \text{ J}$.

II L en R liggen op dezelfde hoogte.

Dus er is geen toename of afname in zwaarte-energie.

III $E_{zw,R} = 58 \times 9,81 \times 6,5 = 3,69 \cdot 10^3 \text{ J}$

$$E_{zw,H} = 58 \times 9,81 \times 13 = 7,39 \cdot 10^3 \text{ J}$$

De toename in zwaarte-energie is $3,69 \cdot 10^3 \text{ J}$.

Afgerond: toename is $3,7 \cdot 10^3 \text{ J}$.

IV Bij de beweging van H naar H is het verschil in hoogte 0 m.

Dus er is geen toename of afname in zwaarte-energie.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- b De arbeid die de zwaartekracht verricht, bereken je met de formule voor de arbeid.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De arbeid is positief als het eindpunt lager ligt dan het beginpunt, anders is de arbeid negatief.
De verplaatsing is het verschil in hoogte tussen beginpunt en eindpunt van de beweging.

$$\text{Dus } W_{zw} = 58 \times 9,81 \cdot h.$$

I $h = 13 \text{ m}$

De arbeid is positief, want punt O ligt lager dan punt H.

$$W_{zw} = F_{zw} \cdot h \text{ met } F_{zw} = m \cdot g$$

$$W_{zw,H \rightarrow O} = 58 \times 9,81 \times 13$$

$$W_{zw} = 7,396 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } W_{zw} = 7,4 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

Opmerking

De zwaartekracht verricht positieve arbeid. Daardoor is er een afname van zwaarte-energie.

II $h = 0 \text{ m}$

$$W_{zw} = 0 \text{ J}$$

III $h = 6,5 \text{ m}$

De arbeid is negatief, want punt H ligt hoger dan punt R.

$$W_{zw} = -F_{zw} \cdot h \text{ met } F_{zw} = m \cdot g$$

$$W_{zw,R \rightarrow H} = -58 \times 9,81 \times 6,5$$

$$W_{zw} = -3,698 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } W_{zw} = -3,7 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

Opmerking

De zwaartekracht verricht negatieve arbeid. Daardoor is er een toename van zwaarte-energie.

IV $h = 0 \text{ m}$

$$W_{zw} = 0 \text{ J}$$

- c Als het rad in tegengestelde richting draait, heeft de zwaartekracht dezelfde waarde.
De begin- en eindhoogte liggen op dezelfde plaats. Het hoogteverschil h blijft ook in alle gevallen hetzelfde en het teken van de arbeid blijft ook hetzelfde. De antwoorden op vraag b blijven hetzelfde.

Opgave 20

- a De arbeid verricht door spierkracht beredeneer je met de formule voor de arbeid.
De spierkracht beredeneer je met de eerste wet van Newton.
De zwaartekracht beredeneer je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{zw} = m \cdot g$$

Volgens de eerste wet van Newton is bij constante snelheid de spierkracht gelijk aan de zwaartekracht.

$$F_{spier} = m \cdot g$$

$$W_{spier} = F_{spier} \cdot h$$

Zie tabel 8.3.

	in twee keer	in drie keer
F_{zw} tijdens één keer omhoog gaan	$F_{zw,2keer} = 3m \cdot g$	$F_{zw,3keer} = 2m \cdot g$
F_{spier} tijdens één keer omhoog gaan	$F_{spier,2keer} = 3m \cdot g$	$F_{spier,3keer} = 2m \cdot g$
W_{spier} tijdens één keer omhoog gaan	$W_{spier,2keer} = 3m \cdot g \cdot h$	$W_{spier,3keer} = 2m \cdot g \cdot h$
als alle tegels boven zijn	$W_{spier,tot,2keer} = 2 \times 3m \cdot g \cdot h$	$W_{spier,tot,3keer} = 3 \times 2m \cdot g \cdot h$

Tabel 8.3

Of de tegelzetter de dozen nu in twee keer (2×3 dozen) of in drie keer (3×2 dozen) naar de eerste verdieping brengt, maakt dus niet uit.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- b De tegelzetter moet ook zijn eigen massa omhoog brengen. Dus als hij drie keer omhoog gaat, verricht zijn spierkracht meer arbeid dan als hij twee keer omhoog gaat.

Opgave 21

- a De hoeveelheid energie die ontstaat bij het verbranden van benzine bereken je met behulp van de formule voor chemische energie voor vloeistoffen.

$$E_{\text{in}} = r_V \cdot V$$

$$r_V = 33 \cdot 10^9 \text{ J m}^{-3} \text{ (zie BINAS tabel 28B)}$$

$$V = 5,0 \text{ L} = 5,0 \text{ dm}^3 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$E_{\text{in}} = 5,0 \cdot 10^{-3} \times 33 \cdot 10^9$$

$$E_{\text{in}} = 1,65 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } E_{\text{in}} = 1,7 \cdot 10^8 \text{ J.}$$

- b De rest van deze energie wordt omgezet in warmte van de motor en de verbrandingsgassen.
c De som van de weerstandskrachten bereken je met de eerste wet van Newton.
De motorkracht bereken je met de arbeid die de motorkracht verricht en de verplaatsing.

$$W_{\text{motor}} = F_{\text{motor}} \cdot s$$

$$W_{\text{motor}} \text{ is } 25\% \text{ van de energie die de benzine levert.}$$

$$W_{\text{motor}} = 0,25 \times 1,7 \cdot 10^8 \text{ J} = 4,25 \cdot 10^7 \text{ J}$$

$$s = 100 \text{ km} = 100 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$4,25 \cdot 10^7 = F_{\text{motor}} \times 100 \cdot 10^3$$

$$F_{\text{motor}} = 4,25 \cdot 10^2 \text{ N}$$

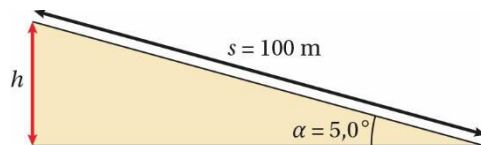
De auto rijdt met een constante snelheid. Uit de eerste wet van Newton volgt dan dat de resulterende kracht gelijk is aan nul. De wrijvingskracht is daarom even groot als de motorkracht.

$$F_w = 4,25 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_w = 4,3 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

Opgave 22

- a De hoogte bereken je met een goniometrische formule. Zie figuur 8.2.

**Figuur 8.2**

$$\sin(\alpha) = \frac{h}{s}$$

$$\sin(5,0) = \frac{h}{100}$$

$$h = 8,71 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } h = 8,7 \text{ m.}$$

- b De zwaarte-energie van Youella en haar fiets bereken je met de formule voor de zwaarte-energie.

$$E_{\text{zw}} = m \cdot g \cdot h$$

$$m = 55 + 10 = 65 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$E_{\text{zw}} = 65 \times 9,81 \times 8,7$$

$$E_{\text{zw}} = 5,54 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } E_{\text{zw}} = 5,5 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- c De kinetische energie bereken je met de formule voor de kinetische energie.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$m = 65 \text{ kg}$$

$$v = 25 \text{ km h}^{-1} = \frac{25}{3,6} = 6,94 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times 65 \times 6,94^2$$

$$E_k = 1,56 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } E_k = 1,6 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

- d De gemiddelde grootte van de weerstandskrachten bereken je met de formule voor warmte die ontstaat tijdens wrijvingsarbeid.

$$Q = F_w \cdot s$$

$$Q = 4,0 \text{ kJ} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$s = 100 \text{ m}$$

$$4,0 \cdot 10^3 = F_w \times 100$$

$$F_w = 40,0 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_w = 40 \text{ N.}$$

- e De som van de weerstandskrachten bestaat uit de rolwrijving- en de luchtweerstandskracht. De snelheid van Youella neemt tijdens de rit naar beneden toe. De rolwrijvingskracht is niet afhankelijk van de snelheid van Youella en blijft tijdens de rit naar beneden gelijk. De luchtwrijvingskracht is wel afhankelijk van de snelheid van Youella. Hoe groter de snelheid, des te groter de luchtwrijvingskracht. De luchtwrijvingskracht neemt dus toe. Daardoor neemt de som van de weerstandskrachten ook toe.

Opgave 23

- a De hoeveelheid (Gronings) aardgas bereken je met de formule voor chemische energie. De totaal geleverde energie bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$$

Rendement is 95%. Hieruit volgt $\eta = 0,95$.

$$E_{\text{nuttig}} = 4,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$0,95 = \frac{4,5 \cdot 10^{10}}{E_{\text{in}}}$$

$$E_{\text{in}} = 5,89 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$E_{\text{in}} = E_{\text{ch}} = r_V \cdot V$$

$$r_V = 32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ (zie BINAS tabel 28B)}$$

$$\text{Invullen levert: } 5,89 \cdot 10^{10} = 32 \cdot 10^6 \times V.$$

$$V = 1,84 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$\text{Afgerond: } V = 1,8 \cdot 10^3 \text{ m}^3.$$

- b Hoeveel procent aardgas wordt bespaard volgt uit het percentage bespaard op warmte. Het percentage bespaard op warmte bereken je met de formule voor soortelijke warmte.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

De waarden van c en m veranderen niet. Dus als de thermostaat $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ lager wordt gezet, is

$$\text{de besparing } \frac{1}{11} \times 100\% = 9,09\%.$$

$$\text{Afgerond: besparing is } 9,1\%.$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- c Het aantal zonnepanelen bereken je met de benodigde elektrische energie en de energieopbrengst per zonnepaneel.
De benodigde elektrische energie bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$$

$$\eta = 3,7$$

De nuttig geleverde energie is gelijk aan het warmteverlies in een stookseizoen.

$$E_{\text{nuttig}} = 4,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$\text{Invullen levert } 3,7 = \frac{4,5 \cdot 10^{10}}{E_{\text{in}}}.$$

$$E_{\text{in}} = 1,21 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \quad (\text{zie BINAS tabel 5})$$

$$\frac{1,21 \cdot 10^{10}}{3,6 \cdot 10^6} = 3,36 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

$$\text{aantal zonnepanelen: } \frac{3,36 \cdot 10^3}{360} = 9,33$$

Afgerond: aantal zonnepanelen is 10.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

8.4 Wet van behoud van energie

Opgave 24

- a De maximale hoogte van het steentje ten opzichte van de grond bereken je met de formule voor de zwaarte-energie.

De zwaarte-energie in de eindsituatie bereken je met de wet van behoud van energie.

Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (weggooien van het steentje)

De hoogte is 1,5 m.

De snelheid is 10 m s^{-1} .

Dus alleen de zwaarte-energie en de kinetische energie zijn van belang.

B (hoogste punt van het steentje)

Het steentje is in het hoogste punt van de beweging en keert om.

Dan is de snelheid 0 m s^{-1} . Dus $E_{k,B} = 0 \text{ J}$.

Alleen de zwaarte-energie is van belang.

$$E_{\text{tot,in,A}} = E_{\text{tot,uit,B}}$$

$$E_{k,A} + E_{zw,A} = E_{zw,B}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A = m \cdot g \cdot h_B$$

$$\frac{1}{2} \cdot v_A^2 + g \cdot h_A = g \cdot h_B \quad (\text{na wegstrepen } m, \text{ want die komt in elke term voor})$$

$$h_A = 1,5 \text{ m}$$

$$v_A = 10 \text{ m s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\frac{1}{2} \times (10)^2 + 9,81 \times 1,5 = 9,81 \cdot h_B$$

$$h_B = 6,59 \text{ m}$$

Afgerond: $h_B = 6,6 \text{ m}$.

- b De luchtweerstand wordt verwaarloosd. Tijdens de beweging is er geen warmteontwikkeling.

Bij de verplaatsing van het steentje van 1,5 naar 6,6 m hoogte wordt de kinetische energie omgezet in een toename van de zwaarte-energie.

Bij de verplaatsing van 6,6 naar 1,5 m hoogte gebeurt het omgekeerde.

De snelheid zal weer 10 m s^{-1} zijn.

- c De maximale hoogte van het steentje ten opzichte van de grond leg je uit met de formule voor de zwaarte-energie.

De zwaarte-energie in de eindsituatie beredeneer je met de wet van behoud van energie.

Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (weggooien van het steentje)

De hoogte is 1,5 m.

De snelheid is 10 m s^{-1} .

Dus alleen de zwaarte-energie en de kinetische energie zijn van belang.

B (hoogste punt van het steentje)

Het steentje is in het hoogste punt van de beweging.

Dan is de snelheid 0 m s^{-1} . Dus $E_{k,B} = 0 \text{ J}$.

Er is luchtweerstandskracht. Dus ontstaat er warmte.

$$E_{\text{tot,in,A}} = E_{\text{tot,uit,B}}$$

$$E_{k,A} + E_{zw,A} = E_{zw,B} + Q$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A = m \cdot g \cdot h_B + Q$$

Een deel van de kinetische en zwaarte-energie wordt nu omgezet in warmte. De toename van de zwaarte-energie is dus kleiner. De hoogte die het steentje bereikt is dan kleiner.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

Opgave 25 $F_{w,tot}$ bereken je met de formule voor de warmte.

De warmte bereken je met de wet van behoud van energie.

Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (snelheid is 80 km h^{-1})De snelheid is 80 km h^{-1} .

Dus de kinetische energie is van belang.

B (snelheid is 20 km h^{-1})De snelheid is 20 km h^{-1} .

De auto remt af. Er is remkracht, waarbij warmte ontstaat.

Dus de kinetische energie en warmte zijn van belang.

$$E_{\text{tot,in,A}} = E_{\text{tot,uit,B}}$$

$$E_{k,A} = E_{k,B} + Q$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + F_{w,tot} \cdot s$$

$$v_A = 80 \text{ km h}^{-1} = \frac{80}{3,6} = 22,22 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_B = 20 \text{ km h}^{-1} = \frac{20}{3,6} = 5,55 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = 65 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 1250 \times 22,22^2 = \frac{1}{2} \cdot 1250 \times 5,55^2 + F_{w,tot} \cdot 65$$

$$F_{w,tot} = 4,45 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{w,tot} = 4,5 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

Opgave 26

De maximale hoogte bereken je met de formule voor de zwaarte-energie.

De zwaarte-energie bereken je met de wet van behoud van arbeid en energie.

Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (raket is op de grond)

De snelheid is $18,2 \text{ m s}^{-1}$.

Dus de kinetische energie is van belang.

B (raket is in het hoogste punt)

De raket bereikt een bepaalde hoogte.

De snelheid is $6,1 \text{ m s}^{-1}$.

Dus de zwaarte-energie en de kinetische energie zijn van belang.

$$E_{\text{tot,in,A}} = E_{\text{tot,uit,B}}$$

$$E_{k,A} = E_{zw,B} + E_{k,B}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2$$

$$\frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot v_B^2 \quad (\text{na wegstrepen } m)$$

$$v_A = 18,2 \text{ m s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$v_B = 6,1 \text{ m s}^{-1}$$

$$\frac{1}{2} \times (18,2)^2 = 9,81 \cdot h_B + \frac{1}{2} \times (6,1)^2$$

$$h_B = 14,98 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } h_B = 15 \text{ m.}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

Opgave 27

Waarom Loes met de sprong in figuur 8.27b hoger komt beredeneer je met de wet van behoud van energie.

Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (de afzet)

In beide situaties heeft Loes een bepaalde snelheid.

In beide situaties bevindt het zwaartepunt van Loes zich op een bepaalde hoogte.

De zwaarte-energie en de kinetische energie zijn dus van belang.

B (boven de lat)

In beide situaties heeft Loes een bepaalde snelheid.

In beide situaties bevindt het zwaartepunt van Loes zich op een bepaalde hoogte.

De zwaarte-energie en de kinetische energie zijn dus van belang.

$$E_{\text{tot,in,A}} = E_{\text{tot,uit,B}}$$

$$E_{\text{zw,A}} + E_{\text{k,A}} = E_{\text{zw,B}} + E_{\text{k,B}}$$

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

In beide gevallen zijn m , g , h_A , v_A en v_B hetzelfde.

De hoogte h_B van het zwaartepunt van Loes is daarom ook in beide gevallen gelijk.

De lat ligt in figuur 8.27b hoger ten opzichte van het zwaartepunt dan in figuur 8.27a.

(Bij de sprong in figuur 8.27b gaat het zwaartepunt onder de lat door.)

Daardoor zal Loes met de sprong in figuur 8.27b hoger springen.

Opgave 28

De hoogte van het zwaartepunt van de springer bereken je met de formule van de zwaarte-energie.

De zwaarte-energie bereken je met de wet van behoud van energie.

Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (vlak voor de afzet)

De zwaartepunten van de atleet en van de stok bevinden zich op 0,90 m boven de grond.

De snelheid van de atleet en de stok is $8,8 \text{ m s}^{-1}$.

De zwaarte-energie en de kinetische energie zijn dus van belang.

B (op het hoogste punt)

De zwaartepunten van de atleet en van de stok bevinden zich op 0,90 m boven de grond.

De snelheid van de atleet en de stok is 0 m s^{-1} .

Alleen de zwaarte-energie is dus van belang.

$$E_{\text{tot,in,A}} = E_{\text{tot,uit,B}}$$

$$E_{\text{k,atleet}} + E_{\text{zw,atleet}} + E_{\text{k,stok}} + E_{\text{zw,stok}} = E_{\text{zw,atleet}} + E_{\text{zw,stok}}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m_{\text{atleet}} \cdot v_{\text{A,atleet}}^2 + m \cdot g \cdot h_{\text{A,atleet}} + \frac{1}{2} \cdot m_{\text{stok}} \cdot v_{\text{A,stok}}^2 + m \cdot g \cdot h_{\text{A,stok}} = m_{\text{atleet}} \cdot g \cdot h_{\text{B,atleet}} + m_{\text{stok}} \cdot g \cdot h_{\text{B,stok}}$$

$$m_{\text{atleet}} = 80 \text{ kg}$$

$$m_{\text{stok}} = 2,3 \text{ kg}$$

$$v_{\text{A,atleet}} = v_{\text{A,stok}} = 8,8 \text{ m s}^{-1}$$

$$h_{\text{A,atleet}} = h_{\text{A,stok}} = 0,90 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

Als de polsstok horizontaal staat, bevindt het zwaartepunt van de stok zich in het midden van de stok: op de helft van 4,80 m.

$$h_{\text{B,stok}} = 2,40 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} \times 80 \times (8,8)^2 + 80 \times 9,81 \times 0,90 + \frac{1}{2} \times 2,3 \times (8,8)^2 + 2,3 \times 9,81 \times 0,90 = 80 \times 9,81 \cdot h_{\text{B,atleet}} + 2,3 \times 9,81 \times 2,40$$

$$h_{\text{B,atleet}} = 4,91 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } h_{\text{B,atleet}} = 4,9 \text{ m.}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

Opgave 29

- a De snelheid waarmee het steentje het water bij K_1 raakt, bereken je met de formule voor de kinetische energie.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$m = 32 \text{ g} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$E_k = 1,42 \text{ J (aflezen in figuur 8.30 van het boek)}$$

$$1,42 = \frac{1}{2} \times 32 \cdot 10^{-3} \times v^2$$

$$v = 9,42 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 9,4 \text{ m s}^{-1}.$$

- b Als de luchtweerstand geen merkbare invloed heeft op het steentje, dan blijft de som van de kinetische energie en de zwaarte-energie op elk moment gelijk.
De totale energie van het steentje op plaats 0 is $1,22 + 0,2 = 1,42 \text{ J}$. De totale energie van het steentje vlak voor K_1 is $1,42 \text{ J}$.
Er is dus geen energieverlies.
Dus heeft de luchtweerstand geen merkbare invloed op het steentje gehad.
- c De energie die het steentje verliest, bereken je met de wet van behoud van energie.

De totale energie voor de botsing is $1,42 \text{ J}$.

Volgens figuur 8.30 van het boek is de totale energie na de botsing $0,36 \text{ J}$.

Het steentje heeft $1,42 - 0,36 = 1,06 \text{ J}$ verloren.

- d De maximale hoogte bepaal je met de maximale zwaarte-energie.

$$E_{zw} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{zw} = 0,15 \text{ J (aflezen in figuur 8.30 van het boek)}$$

$$m = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$0,15 = 32 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times h$$

$$h = 0,477 \text{ m} = 47,7 \text{ cm}$$

$$\text{Afgerond: } h = 48 \text{ cm}.$$

Opgave 30

- a De hoeveelheid benodigde elektrische energie bereken je met de wet van behoud van energie.
Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (onder aan de helling)

De snelheid is $5,0 \text{ km h}^{-1}$.

De elektromotoren draaien op elektrische energie.

Dus de kinetische energie en de elektrische energie zijn van belang.

B (boven aan de helling)

De snelheid is $5,0 \text{ km h}^{-1}$.

De trein bereikt een hoogte van 46 m .

Dus de kinetische energie en de zwaarte-energie zijn van belang.

$$E_{\text{tot, in, A}} = E_{\text{tot, uit, B}}$$

$$E_{k, A} + E_{\text{el, A}} = E_{k, B} + E_{zw, B}$$

Omdat de snelheid constant is, is de kinetische energie in het beginpunt en het eindpunt hetzelfde. De energievergelijking wordt dus:

$$E_{\text{el, A}} = E_{zw, B}$$

$$E_{zw, B} = m \cdot g \cdot h$$

$$m = 14 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$h_B = 46 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } E_{zw} = 14 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 46 = 6,317 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

$$\text{Dus de benodigde energie } E_{\text{el}} \text{ is minimaal } 6,317 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

$$\text{Afgerond: } E_{\text{el}} = 6,3 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- b De hoeveelheid energie die je tijdens de afdaling omzet in warmte, bereken je met de wet van behoud van energie.
Bij de wet van behoud van energie bepaal je eerst de energievormen die van belang zijn.

A (bovenaan de helling)

De snelheid is 0 km h^{-1} .

De trein bevindt zich op een hoogte van 46 m.

Dus de zwaarte-energie is van belang.

B (onderaan de helling)

De snelheid is 106 km h^{-1} .

De hoogte is 0 m.

Er ontstaat warmte.

Dus de kinetische energie en de warmte zijn van belang.

$$E_{\text{tot, in, A}} = E_{\text{tot, uit, B}}$$

$$E_{\text{zw, A}} + E_{\text{k, A}} = E_{\text{k, B}} + Q$$

$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + Q$$

$$m = 14 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$h_A = 46 \text{ m}$$

$$v_B = \frac{106}{3,6} = 29,44 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert: } 14 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 46 = \frac{1}{2} \times 14 \cdot 10^3 \times (29,44)^2 + Q$$

$$Q = 2,50 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 2,5 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

- c De gemiddelde weerstandskracht bereken je met de lengte van de helling en de hoeveelheid warmte die is ontstaan.

$$Q = F_w \cdot s$$

$$Q = 2,5 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$s = 49 \text{ m}$$

$$2,5 \cdot 10^5 = F_w \times 49$$

$$F_w = 5,10 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_w = 5,1 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

8.5 Afsluiting

Opgave 31

- a Als v twee keer zo klein wordt, dan wordt v^3 acht keer zo klein.
 Uit $P = k \cdot v^3$ volgt dat P dan ook 8 keer zo klein wordt. Is de oorspronkelijke waarde 100%, dan blijft er $\frac{1}{8} \times 100\% = 12,5\%$ over. Het vermogen is dan met $100 - 12,5 = 87,5\%$ afgenomen.
- b De constante k hangt onder andere af van de grootte van de wieken, de vorm van de wieken en het rendement van de windmolen.
- c De massa van het verplaatste water bereken je met de formule voor de dichtheid.
 Het volume bereken je met de oppervlakte en het hoogteverschil h .

$$V = A \cdot h$$

$$A = 40 \text{ km}^2 = 40 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

$$h = 40 - 32 = 8 \text{ m}$$

$$V = 40 \cdot 10^6 \times 8 = 3,2 \cdot 10^8 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 1,024 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \text{ (zie BINAS tabel 11)}$$

$$1,024 \cdot 10^3 = \frac{m}{3,2 \cdot 10^8}$$

$$m = 3,27 \cdot 10^{11}$$

$$\text{Afgerond: } m = 3,3 \cdot 10^{11} \text{ kg.}$$

- d De tijd die het duurt om het water van het hoogste naar het laagste niveau te brengen, bereken je met het vermogen van de windmolens.
 De verandering van de zwaarte-energie bereken je met de formule voor zwaarte-energie.
 De hoogte bereken je uit het gemiddelde waterniveau.

Als het waterniveau daalt van 32 naar 40 m onder zeeniveau, ligt het zwaartepunt van het weggepompte water gemiddeld op 36 m onder zeeniveau.

$$E_{zw} = m \cdot g \cdot h$$

$$m = 3,3 \cdot 10^{11} \text{ kg}$$

$$h = 36 \text{ m}$$

$$E_{zw} = 3,3 \cdot 10^{11} \times 9,81 \times 36$$

$$E_{zw} = 1,165 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

$$E = P \cdot t$$

$$P = 75 \times 50 \cdot 10^6 = 3,75 \cdot 10^9 \text{ W}$$

$$1,165 \cdot 10^{14} = 3,75 \cdot 10^9 \times t$$

$$t = 3,107 \cdot 10^4 \text{ s} = \frac{3,107 \cdot 10^4}{3600} = 8,632 \text{ uur}$$

$$\text{Afgerond: } t = 8,6 \text{ uur.}$$

- e Het rendement bereken je met het geleverde en het nuttige vermogen.
 Het nuttige vermogen bereken je met de formule voor rendement.
 Het geleverde vermogen volgt uit de kinetische energie van het water dat de turbine in gaat.
 De kinetische energie bereken je met de formule voor kinetische energie.
 De massa die per seconde door de turbine stroomt, bereken je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 1,024 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \text{ (zie BINAS tabel 11)}$$

$$V = 4,75 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

$$1,024 \cdot 10^3 = \frac{m}{4,75 \cdot 10^3}$$

$$m = 4,864 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v = 26 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times 4,864 \cdot 10^6 \times 26^2$$

$$E_k = 1,644 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Deze hoeveelheid kinetische energie gaat per seconde door de turbine en is gelijk aan het vermogen P_{in} .

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$P_{\text{nuttig}} = 1,5 \cdot 10^9 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{1,5 \cdot 10^9}{1,644 \cdot 10^9} \times 100\%$$

$$\eta = 91,2\%$$

Afgerond: $\eta = 91\%$.

- f Als er te weinig wind is, leveren de molens te weinig energie. Dan kunnen de generatoren de tekorten aanvullen.

Opgave 32

- a De afstand die de parkiet bij deze meting heeft afgelegd, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.
De tijd bereken je met de formule voor het vermogen.
De nuttige energie bereken je met de formule voor het rendement.

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$\eta = 25\%$$

$$E_{\text{in}} = 60 \text{ J}$$

$$25\% = \frac{E_{\text{nuttig}}}{60} \times 100\%$$

$$E_{\text{nuttig}} = 15 \text{ J}$$

$$P_{\text{nuttig}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{t}$$

$$P_{\text{nuttig}} = 0,74 \text{ W bij } v = 8,0 \text{ m s}^{-1} \text{ (aflezen uit figuur 8.34 van het boek)}$$

$$0,74 = \frac{15}{t}$$

$$t = 20,27 \text{ s}$$

$$s = v \cdot t$$

$$v = 8,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = 8,0 \times 20,27 = 1,62 \cdot 10^2 \text{ m}$$

Afgerond: $s = 1,6 \cdot 10^2 \text{ m}$.

- b Het stijgend vermogen leg je uit met de formule voor het vermogen.

Voor het vermogen geldt $P_w = F_w \cdot v$. Als de snelheid van een vogel toeneemt, neemt ook de luchtweerstandskracht toe. Dus het vermogen P_w neemt toe.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- c Vogels moeten de zwaartekracht compenseren. Hiervoor moeten ze een extra kracht en dus een extra vermogen P_k leveren.

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

- d De arbeid per meter bereken je met de arbeid en de afstand.
De afstand bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.
De arbeid bereken je met de formule voor vermogen.

$$P = \frac{W}{t} \text{ en } v = \frac{s}{t}$$

Bij een snelheid van 10 m s^{-1} geldt $P = 0,8 \text{ W}$ (aflezen figuur 8.34 in het boek).
Als $t = 1,0 \text{ s}$ dan geldt $W = 0,8 \text{ J}$ en $s = 10 \text{ m}$.

De arbeid per meter is dan $\frac{0,8}{10} = 0,08 \text{ J per m}$.

Bij een snelheid van $8,0 \text{ m s}^{-1}$ geldt $P = 0,74 \text{ W}$ (aflezen figuur 8.34 in het boek).
Als $t = 1,0 \text{ s}$ dan geldt $W = 0,74 \text{ J}$ en $s = 8,0 \text{ m}$.

De arbeid per meter is dan $\frac{0,74}{8,0} = 0,0925 \text{ J per m}$.

Bij 10 m s^{-1} hoeft de parkiet dus minder arbeid per meter te verrichten.

- e De grootte van de derde kracht bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.
De krachtschaal bepaal je met de lengte van F_{zw} en de grootte van de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

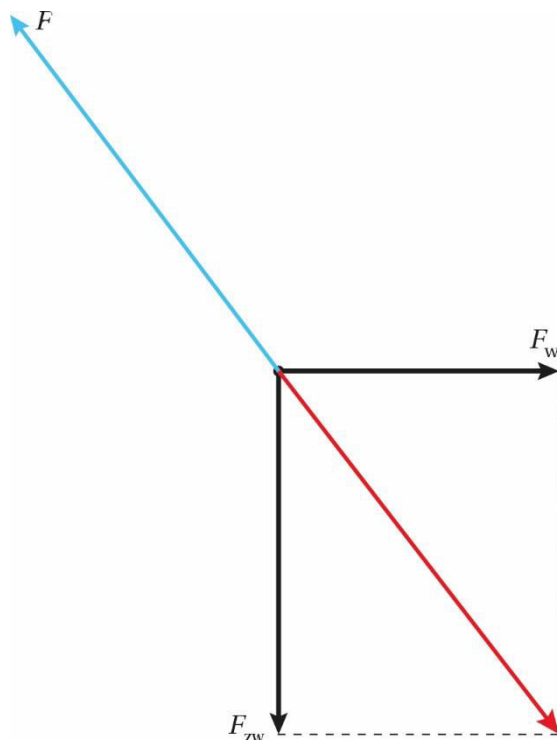
De derde kracht beredeneer je met de eerste wet van Newton en construeer je met de resulterende kracht van F_{zw} en F_w .

De resulterende kracht van F_{zw} en F_w construeer je met de parallelogrammethode.
Zie figuur 8.3.

De rode pijl is de resulterende kracht van F_{zw} en F_w .

Omdat de snelheid constant is, is volgens de eerste wet van Newton $F_{res} = 0 \text{ N}$.

De grootte van de derde kracht F is dus gelijk aan de resulterende kracht van F_{zw} en F_w maar dan tegengesteld gericht.



Figuur 8.3

Havo 5 Hoofdstuk 8 Uitwerkingen

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$m = 36 \text{ g} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

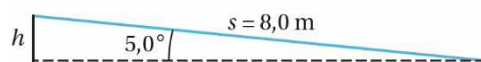
$$F_{zw} = 36 \cdot 10^{-3} \times 9,81$$

$$F_{zw} = 0,353 \text{ N}$$

De lengte van de pijl van F_{zw} is 4,9 cm.
 $4,9 \text{ cm} \hat{=} 0,353 \text{ N}$
 $1 \text{ cm} \hat{=} 7,2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

De lengte van de pijl van F is 6,1 cm.
 $F = 6,1 \times 7,2 \cdot 10^{-2} = 0,439 \text{ N}$
 Afgerond: $F_3 = 0,44 \text{ N}$.

- f De stijging van de parkiet bereken je met een goniometrische formule. Zie figuur 8.4.



Figuur 8.4

$$\sin(\alpha) = \frac{h}{s}$$

$$s = 8,0 \text{ m}$$

$$\alpha = 5,0^\circ$$

$$\sin(5,0^\circ) = \frac{h}{8,0}$$

$$h = 0,697 \text{ m}$$

Afgerond: $h = 0,70 \text{ m}$.

- g Het extra vermogen bereken je met de formule voor vermogen.
 De zwaarte-energie bereken je met de formule voor de zwaarte-energie.

$$E_{zw} = m \cdot g \cdot h$$

$$m = 36 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$h = 0,697 \text{ m}$$

$$E_{zw} = 36 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times 0,697$$

$$E_{zw} = 0,246 \text{ J}$$

$$P_{\text{extra}} = \frac{E_{\text{extra}}}{t}$$

$$E_{\text{extra}} = E_{zw}$$

$$t = 1,0 \text{ s}$$

$$P_{\text{extra}} = 0,246 \text{ W}$$

Afgerond: $P_{\text{extra}} = 0,25 \text{ W}$.