4.1 Verrichten van arbeid

Opgave 4

$W = F \cdot s$
Hierin is F = 12 N en s = 5,0 km = $5{,}0 \cdot 10^3$ m.
Dan is $W = 12 \times 5{,}0 \cdot 10^3 = 6{,}0 \cdot 10^4$ Nm.

Opgave 5

$F_{zw} = m \cdot g = 0{,}245 \times 9{,}81 = 2{,}40$ N
De appel beweegt naar beneden en de richting van de zwaartekracht is ook naar beneden → de verrichte arbeid is positief
→ $W_{zw} = +F_{zw} \cdot s = +2{,}40 \times 1{,}8 = +4{,}3$ Nm

Opgave 6

Karnak: $F_{zw,Karnak} = m_{Karnak} \cdot g = 160 \times 9{,}81 = 1{,}57 \cdot 10^3$ N
Het opheffen vindt plaats met een constante snelheid
→ $F_{spier,Karnak} = F_{zw,Karnak} = 1{,}57 \cdot 10^3$ N
De armen van Karnak bewegen omhoog en de richting van de spierkracht is ook naar boven → de door de spieren verrichte arbeid is positief.
$W_{spier,Karnak} = +F_{spier,Karnak} \cdot s_{Karnak} = +1{,}57 \cdot 10^3 \times 1{,}90 = 2{,}98 \cdot 10^3$ Nm
Boris: $F_{zw,Boris} = m_{KBoris} \cdot g = 150 \times 9{,}81 = 1{,}47 \cdot 10^3$ N
Het opheffen vindt plaats met een constante snelheid
→ $F_{spier,Boris} = F_{zw,Boris} = 1{,}47 \cdot 10^3$ N
De armen van Boris bewegen omhoog en de richting van de spierkracht is ook naar boven → de door de spieren verrichte arbeid is positief.
$W_{spier,Boris} = +F_{spier,Boris} \cdot s_{Boris} = +1{,}47 \cdot 10^3 \times 2{,}10 = 3{,}09 \cdot 10^3$ Nm
→ de spierkracht van Boris heeft de meeste arbeid verricht.

Opgave 7

a Uit het gegeven dat de snelheid constant is, volgt dat de resulterende kracht nul is. De resulterende kracht is samengesteld uit de wrijvingskracht en de voorwaarts gerichte kracht. De voorwaarts gerichte kracht is in grootte gelijk aan de wrijvingskracht, dus 450 N.

b v = 90 km/h = 25 m/s
t = 1 min = 60 s → $s = v \cdot t = 25 \times 60 = 1{,}5 \cdot 10^3$ m
De bewegingsrichting van de auto en de richting van de voorwaartse kracht zijn gelijk
→ de verrichte arbeid door de voorwaartse kracht is positief
→ $W_{voorwaarts} = F_{voorwaarts} \cdot s = 450 \times 1{,}5 \cdot 10^3 = 6{,}8 \cdot 10^5$ Nm

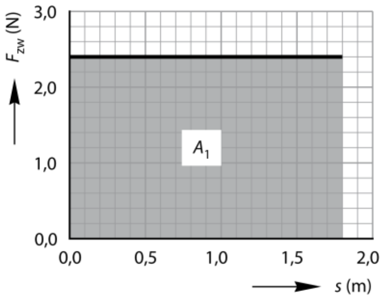
Opgave 8

a De richting van de wrijvingskracht is altijd tegengesteld aan de bewegingsrichting
→ de verrichte arbeid door de wrijvingskracht is negatief
→ $W_{wr} = -F_{wr} \cdot s = -0{,}40 \cdot 10^3 \times 84 = -3{,}4 \cdot 10^4$ Nm

b De trekkracht van de kabel en de bewegingsrichting van de kar zijn beide omhoog gericht
→ de verrichte arbeid door de trekkracht is positief
→ $W_{trek} = F_{trek} \cdot s = 7{,}3 \cdot 10^3 \times 84 = 6{,}1 \cdot 10^5$ Nm

Opgave 9 a De zwaartekracht verandert tijdens het vallen niet. De verplaatsing is gelijk aan de valafstand, dus 1,8 m.

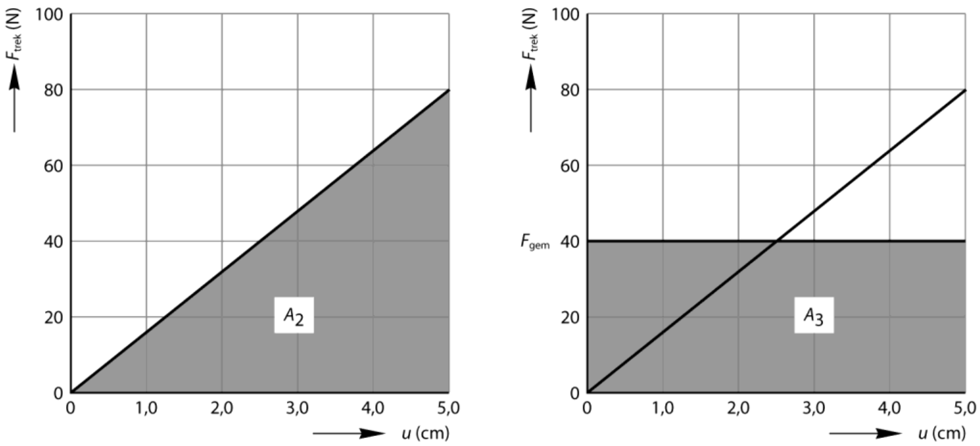
b Zie figuur 4.1.



Figuur 4.1

De oppervlakte A_1 onder de grafiek is gelijk aan 2,4 N × 1,8 m = 4,3 Nm. Deze uitkomst is gelijk aan de uitkomst van vraag 5.

c De arbeid die de trekkracht moet verrichten is gelijk aan de oppervlakte onder de (F,u)-grafiek.
Omdat de richting van de trekkracht en de uitrekking van de veer dezelfde zijn, is deze arbeid positief.
Eerste manier
Zie figuur 4.2a.



Figuur 4.2a **Figuur 4.2b**

$W_{trek} = A_2 = \frac{1}{2} \times 0{,}050 \times 80 = 2{,}0$ Nm
Tweede manier
Zie figuur 4.2b.
De gemiddelde trekkracht: $F_{gem} = 40$ N
$W_{trek} = A_3 = 0{,}050 \times 40 = 2{,}0$ Nm

4.2 Energievormen

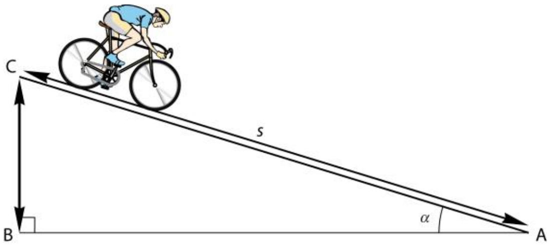
Opgave 12 a De afstand tussen de grond en het stuk lood neemt toe. Dus neemt de zwaarte-energie toe.

b $E_{zw} = m \cdot g \cdot h = 3{,}2 \times 9{,}81 \times 0{,}48 = 15$ J

c Stel $E_{zw,begin} = 0$ J
$\Delta E_{zw} = E_{zw,eind} - E_{zw,begin} = E_{zw,eind} = m \cdot g \cdot h_{eind} = 3{,}2 \times 9{,}81 \times 0{,}80 = 25$ J

Opgave 13 $F_{zw} = m \cdot g = 540 \times 9{,}81 = 5{,}30 \cdot 10^3$ N
Het opheffen van het betonblok vindt plaats met een constante snelheid
$\rightarrow F_{res} = 0$ N
$\rightarrow F_{zw} = F_{motor} = 5{,}30 \cdot 10^3$ N
$\rightarrow W_{motor} = F_{motor} \cdot s = 5{,}30 \cdot 10^3 \times 7{,}0 = 3{,}7 \cdot 10^4$ J
$\rightarrow$ het arbeidsdeel van de chemische energie is $3{,}7 \cdot 10^4$ J

Opgave 14 a Zie figuur 4.3.



Figuur 4.3

In ΔABC is de schuine zijde AC bekend (AC = 100 m).
Je wilt de hoogte h berekenen (h = BC).
Dit is de zijde die ligt tegenover α.

$$\rightarrow \sin\alpha = \frac{\text{BC}}{\text{AC}} = \frac{h}{s} \rightarrow h = s \cdot \sin\alpha = 100 \times \sin 5{,}0° = 8{,}7 \text{ m}$$

b Stel $E_{zw,A} = 0$ J
$E_{zw,B} = m_{totaal} \cdot g \cdot h_B = (55 + 10) \times 9{,}81 \times 8{,}72 = 5{,}6 \cdot 10^3$ J

c
$$\left.\begin{array}{l} E_{kin,A} = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 \\ v_A = 25 \text{ km/h} = 6{,}94 \text{ m/s} \end{array}\right\} \rightarrow E_{kin,A} = \tfrac{1}{2} \times (55+10) \times \ 6{,}94^{\ 2} = 1{,}6 \cdot 10^3 \text{ J}$$

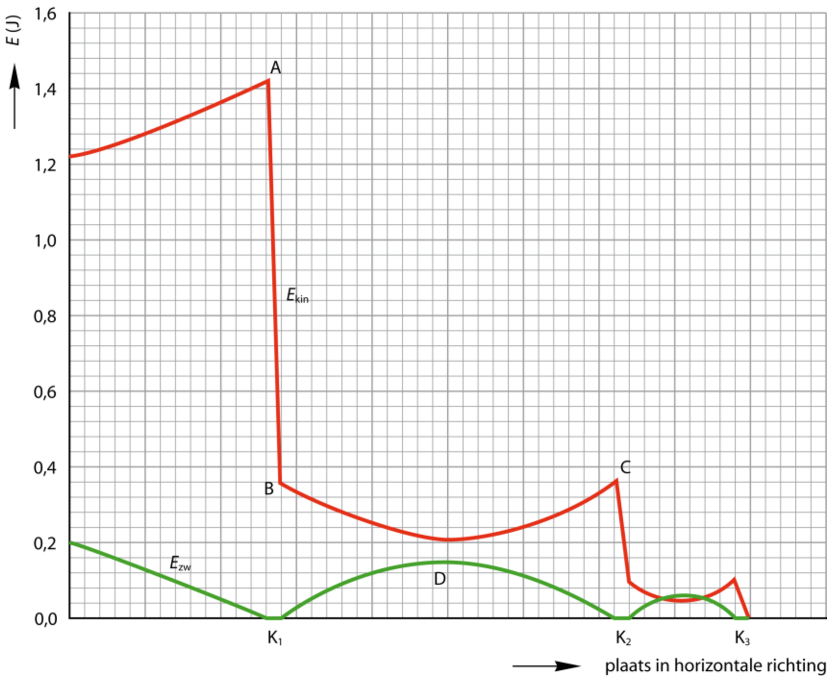
d Warmte $Q = F_{wr,totaal} \cdot s \rightarrow 4{,}0 \cdot 10^3 = F_{wr,totaal} \times 100 \rightarrow F_{wr,totaal} = 40$ N

4.3 Wet van behoud van energie

Opgave 19 Er wordt bij elke energieomzetting door wrijvingskrachten arbeid verricht en dus ontstaat er warmte.

Opgave 20 a Zie figuur 4.4, punt A.
$E_{kin} = 1{,}42$ J

$$\left.\begin{array}{l} E_{kin} = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ m = 32 \text{ g} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \end{array}\right\} \rightarrow \begin{array}{l} 1{,}42 = \tfrac{1}{2} \times 32 \cdot 10^{-3} \times v^2 \\ v^2 = 88{,}8 \\ v = 9{,}4 \text{ m/s} \end{array}$$



Figuur 4.4

b Als de luchtweerstand een rol zou spelen, dan zou de kinetische energie vlak voor de botsing bij K_2 (E_{kin} in punt C) kleiner zijn dan de kinetische energie vlak na de botsing bij K_1 (E_{kin} in punt B). Dit is niet het geval, dus speelt de luchtweerstand geen rol.

c De energiebalans: kinetische energie vlak vóór de botsing bij K_1 = kinetische energie vlak na de botsing bij K_1 + geproduceerde warmte

→ de energiebalans: $E_{\text{kin,vóór bij K}_1} = E_{\text{kin,na bij K}_1} + Q$

$E_{\text{kin,vóór bij K}_1} = 1{,}42$ J (zie figuur 4.4, punt A)

$E_{\text{kin,na bij K}_1} = 0{,}36$ J (zie figuur 4.4, punt B)

→ $Q = 1{,}42 - 0{,}36 = 1{,}06$ J

d De maximale zwaarte-energie $E_{zw,max}$ in het hoogste punt tussen K_1 en K_2 is 0,16 J (zie figuur 4.4, punt D)

$$\left.\begin{array}{l} E_{\text{zw,max}} = m \cdot g \cdot h_{\text{max}} \\ m = 32 \text{ g} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \end{array}\right\} \rightarrow \begin{array}{l} 0{,}16 = 32 \cdot 10^{-3} \times 9{,}81 \times h_{\text{max}} \\ h_{\text{max}} = 0{,}51 \text{ m} \end{array}$$

Opgave 21

De energiebalans:
energie in A = energie in B
zwaarte-energie in A + kinetische energie in A
= zwaarte-energie in B + kinetische energie in B
Stel de zwaarte-energie in A = 0
Zie figuur 4.5.

→ $E_{kin,A} = E_{kin,B} + E_{zw,B}$

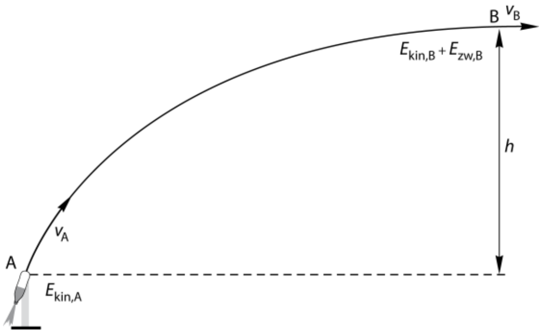
$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot h$

Delen door m levert: $\frac{1}{2} \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} \cdot v_B^2 + g \cdot h$

$v_A = 18{,}2$ m/s; $v_B = 6{,}1$ m/s

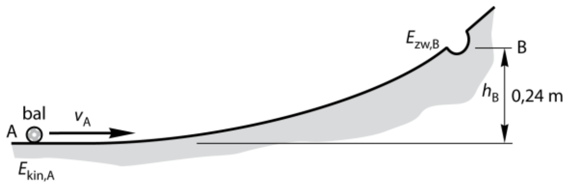
$\rightarrow \frac{1}{2} \times 18{,}2^2 = \frac{1}{2} \times 6{,}1^2 + 9{,}81 \times h$

$\rightarrow h = 15$ m



Figuur 4.5

Opgave 22 Zie figuur 4.6.



Figuur 4.6

Er zijn drie manieren waarop dit vraagstuk gemaakt kan worden.
Stel de zwaarte-energie in A = 0.
Stel de massa van het golfballetje: *m*
Eerste manier (vergelijken van energie in A met de energie in B)
Energie in A = kinetische energie: $E_{\text{kin,A}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{A}}^2 = \frac{1}{2} \times m \times 1{,}9^2 = 1{,}81 \cdot m$
Energie in B = zwaarte-energie: $E_{\text{zw,B}} = m \cdot g \cdot h = m \times 9{,}81 \times 0{,}24 = 2{,}35 \cdot m$
$\rightarrow$ de zwaarte-energie om het golfballetje op 0,24 m hoogte in B te krijgen is $2{,}35 \cdot m$; het golfballetje krijgt in A een bewegingsenergie van $1{,}81 \cdot m$
$\rightarrow$ deze bewegingsenergie is te weinig
$\rightarrow$ Fred kan met deze slag nooit een hole maken.
Tweede manier
Hoe hoog komt een golfballetje als het in A een snelheid heeft van 1,9 m/s?
De energiebalans:
energie in A = energie in C (waarbij C een willekeurig punt is op de helling)
$\rightarrow E_{\text{kin,A}} = E_{\text{zw,C}}$
$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{A}}^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{C}}$
Delen door *m* levert: $\frac{1}{2} \cdot v_{\text{A}}^2 = g \cdot h_{\text{C}}$
$v_{\text{A}} = 1{,}9$ m/s
$\rightarrow \frac{1}{2} \times 1{,}9^2 = 9{,}81 \times h_{\text{C}}$
$\rightarrow h_{\text{C}} = 0{,}18$ m
B ligt op 0,24 m hoogte; het golfballetje komt maar tot een hoogte van 0,18 m
$\rightarrow$ Fred kan met deze slag nooit een hole kan maken.
Derde manier
Welke snelheid moet een golfballetje in A hebben om in B een hole te kunnen maken?
energie in A = energie in B
$\rightarrow E_{\text{kin,A*}} = E_{\text{zw,B}}$
$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{A*}}^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{B}}$

Delen door m levert: $\frac{1}{2}\cdot v_{A*}^2 = g\cdot h_B$

$h_B = 0,24\text{ m} \rightarrow \frac{1}{2}\times v_{A*}^2 = 9,81\times 0,24 \rightarrow v_{A*} = 2,2\text{ m/s}$

Het golfballetje heeft in A een snelheid van 1,9 m/s en heeft een snelheid nodig van 2,2 m/s om in B te komen

→ Fred kan met deze slag nooit een hole maken.

Opgave 23

a De energiebalans:

energie bij de start = energie in hoogste punt

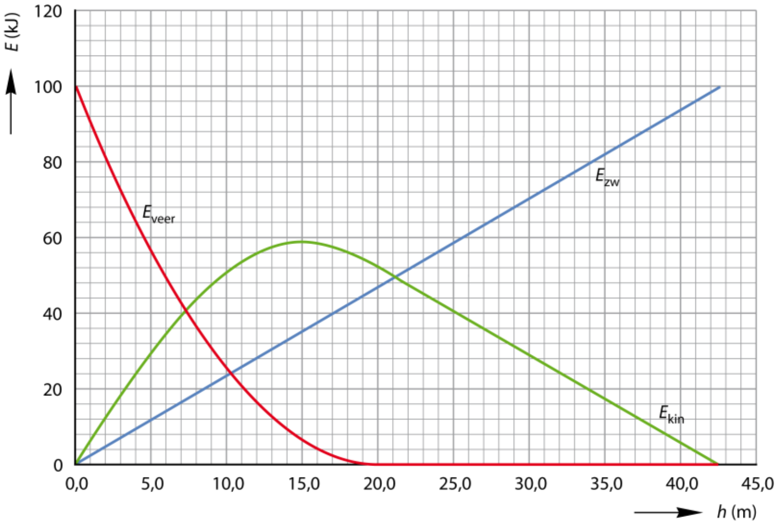
veerenergie bij de start = zwaarte-energie in hoogste punt

$E_{\text{veer,max}} = E_{\text{zw,hoogste punt}}$

Zie figuur 4.7. $E_{\text{veer,max}} = 100\text{ kJ} = 100\cdot 10^3\text{ J}$

$\rightarrow m\cdot g\cdot h_{\text{hoogste punt}} = 100\cdot 10^3$

$\rightarrow 240\times 9,81\times h_{\text{hoogste punt}} = 100\cdot 10^3 \rightarrow h_{\text{hoogste punt}} = 42\text{ m}$



Figuur 4.7

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

De zwaarte-energie bij de start = 0.

De zwaarte-energie in het hoogste punt = 100 kJ.

Zie figuur 4.7 (blauwe lijn).

c De energiebalans:

$E_{\text{totaal}} = E_{\text{veer,max}} = E_{\text{veer}} + E_{\text{kin}} + E_{\text{zw}}$

$E_{zw} = m\cdot g\cdot h = 240\times 9,81\times h = 2354\cdot h\text{ (J)} = 2,354\cdot h\text{ (kJ)}$

$E_{\text{totaal}} = E_{\text{veer,max}} = 100\text{ kJ}$

$\rightarrow E_{\text{kin}} = E_{\text{totaal}} - E_{\text{veer}} - E_{\text{zw}} = 100 - E_{\text{veer}} - E_{\text{zw}}\text{ (kJ)}$

h (m)	E_{totaal} (kJ)	E_{veer} (kJ)	E_{zw} (kJ)	E_{kin} (kJ)
0	100	100	0	0
4	100	64	9,4	27
8	100	36	19	45
12	100	16	28	56
16	100	4	38	58
20	100	0	47	53
24	100	0	56	44
28	100	0	66	34
32	100	0	75	25
36	100	0	85	15
40	100	0	94	6

Zie figuur 4.7.

Opgave 24

a Zie figuur 4.8.

Figuur 4.8

De energiebalans:
$E_{zw,A} + E_{kin,A} = E_{zw,B}$
$m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot h_B$
Delen door m levert: $g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot h_B$
$9{,}81 \times 35 + \frac{1}{2} \times 22^2 = 9{,}81 \times h_B \rightarrow h_B = 60$ m

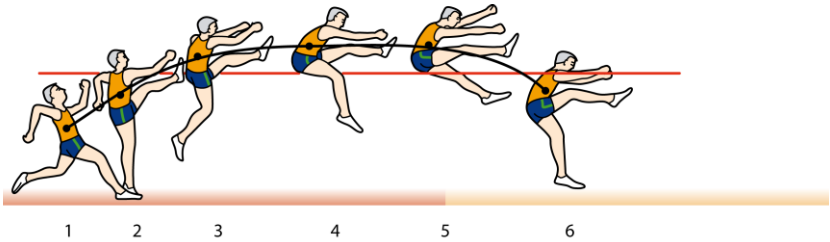
b De wet van behoud van energie zegt dat de totale hoeveelheid energie niet verandert. Op het moment dat het kogeltje het dak passeert, is de hoogte gelijk aan die bij het vertrek. Er is geen wrijvingskracht, dus is er geen warmte geproduceerd. Als je de energiebalans opstelt voor de omhooggaande beweging in A en de omlaaggaande beweging in A, komt links en rechts van het =-teken alleen de kinetische energie te staan. Dus moet de snelheid in beide gevallen in grootte gelijk zijn.

c De energiebalans: $E_{zw,A} + E_{kin,A} = E_{zw,max} + Q$.
De maximale hoogte hangt samen met de maximale zwaarte-energie $E_{zw,max}$.
Door de wrijving wordt een deel van de beschikbare energie in warmte Q omgezet
→ de maximale zwaarte-energie $E_{zw,max}$ is dus kleiner dan bij vraag a
→ h_{max} is kleiner dan 60 m.

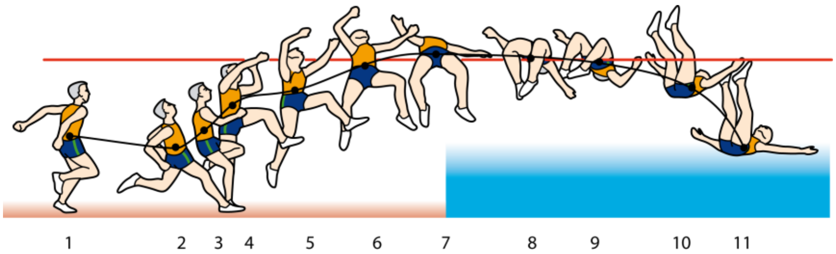
Opgave 25 Om de hoogte van de lat te bepalen moet je kijken naar:

1 het zwaartepunt van Eef op het moment dat hij over de lat gaat, en
2 de hoogte van de lat.

De hoogte van het zwaartepunt wordt bepaald door de afzet en de hoeveelheid bewegingsenergie van Eef. Deze is bij de twee sprongen gelijk. Dat betekent dat bij beide sprongen het zwaartepunt dezelfde maximale hoogte krijgt: $h_{Z,A} = h_{Z,B} = h_Z$. Uit de figuren blijkt dat bij sprong B de afstand tussen het zwaartepunt en de lat kleiner is dan bij sprong A, dus is $h_Z - h_B < h_Z - h_A$. Dan is $h_B > h_A$. Bij B ligt de lat dus hoger.
Zie figuur 4.9a en b.



Figuur 4.9a



Figuur 4.9b

4.4 Arbeid en kinetische energie

Opgave 29

a In figuur 4.28 in het kernboek staat de kinetische energie van het steentje als functie van de afstand waarover het steentje is gevallen. Als het steentje over een afstand van 10 m is gevallen, bereikt het de grond.

s = 10 m → h = 0 m → $E_{kin}(0)$ = 2,0 J

$$\left.\begin{aligned} E_{kin} &= \tfrac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 \\ m &= 0{,}020 \text{ kg} \end{aligned}\right\} \rightarrow \begin{aligned} 2{,}0 &= \tfrac{1}{2}\times 0{,}020\times v^2 \\ v^2 &= 200 \\ v &= 14 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b $s(t) = \tfrac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 \rightarrow 10 = \tfrac{1}{2}\times 9{,}81\times t^2 \rightarrow t^2 = 2{,}04 \rightarrow t = 1{,}43$ s

$v(t) = g\cdot t = 9{,}81 \times 1{,}43 = 14$ m/s

c De energiebalans:

$E_{zw,begin} = E_{kin,eind}$

$m\cdot g\cdot h_{begin} = \tfrac{1}{2} m\cdot v_{eind}^2$

Delen door m levert: $g\cdot h_{begin} = \tfrac{1}{2}\cdot v_{eind}^2$

$9{,}81 \times 10 = \tfrac{1}{2}\cdot v_{eind}^2$

→ v_{eind} = 14 m/s

Opgave 30 Xander fietst over een horizontale weg met een snelheid van 36 km/h
→ v_{begin} = 36 km/h = 10 m/s.
De massa van Xander en zijn fiets is m_{totaal} = 75 kg.

Op t = 0 s houdt Xander op met trappen en begint hij te remmen. De luchtweerstand en de remkracht leveren samen een gemiddelde wrijvingskracht $F_{wr,gem}$. Hierdoor neemt de snelheid regelmatig af. Na 15 m staat Xander stil
$\rightarrow$ remweg s = 15 m en v_{eind} = 0 m/s
$\rightarrow \Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{eind}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 75 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 75 \times 10^2 = -3{,}75 \cdot 10^3$ J
$\rightarrow W_{wr} = 3{,}75 \cdot 10^3$ J
$W_{wr} = F_{wr,gem} \cdot s$
$\rightarrow 3{,}75 \cdot 10^3 = F_{wr,gem} \times 15 \rightarrow F_{wr,gem} = 2{,}5 \cdot 10^2$ N

Opgave 31

a De snelheid is constant, dus de versnelling is nul. Dan is de resulterende kracht nul. Er is een wrijvingskracht, dus er moet een voortbewegende kracht zijn die even groot maar tegengesteld is aan de wrijvingskracht. Dus $F_{voortbeweging}$ = 14 N.

b Anita fietst over een horizontale weg met een constante snelheid van 20 km/h
$\rightarrow v_{begin}$ = 20 km/h = 5,56 m/s
De massa van Anita en haar fiets is m_{totaal} = 75 kg.
De gemiddelde wrijvingskracht is $F_{wr,gem}$ = 14 N
$\rightarrow \Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{eind}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 75 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 75 \times 5{,}56^2 = -1{,}16 \cdot 10^3$ J
$W_{wr} = F_{wr,gem} \cdot s$
$\rightarrow 1{,}16 \cdot 10^3 = 14 \times s \rightarrow s = 83$ m

Opgave 32

v_{begin} = 100 km/h = 27,78 m/s
De auto bezit een bewegingsenergie
$E_{kin,begin} = \frac{1}{2} \cdot m_{auto} \cdot v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 900 \times 27{,}78^2 = 3{,}473 \cdot 10^5$ J
De auto gaat versnellen met een kracht
$F_{res} = F_{motor} - F_{wr}$ = 2,70 – 0,55 = 2,15 kN
De totale verrichte arbeid door deze kracht
$W_{totaal} = F_{res} \cdot s = 2{,}15 \cdot 10^3 \times 74 = 1{,}59 \cdot 10^5$ J
$\rightarrow$ de toename van de kinetische energie $\Delta E_{kin} = 1{,}59 \cdot 10^5$ J
De auto bezit na het versnellen een bewegingsenergie
$E_{kin,eind} = E_{kin,begin} + \Delta E_{kin} = 3{,}473 \cdot 10^5 + 1{,}59 \cdot 10^5$ J = $5{,}06 \cdot 10^5$ J
$\rightarrow E_{kin,begin} = \frac{1}{2} \cdot m_{auto} \cdot v_{begin}^2 = 5{,}06 \cdot 10^5$ J $\rightarrow \frac{1}{2} \times 900 \times v_{eind}^2 = 5{,}06 \cdot 10^5$
$\rightarrow v_{eind}$ = 33,5 km/h = $1{,}2 \cdot 10^2$ km/h

Opgave 33

v_{begin} = 50 m/s; v_{eind} = 0 m/s
De massa van de bal m_{bal} = 0,15 kg.
De remafstand s = 10 cm = 0,10 m
$\Delta E_{kin} = F_{rem} \cdot s$
$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m_{bal} \cdot v_{eind}^2 - \frac{1}{2} \cdot m_{bal} \cdot v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}15 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 0{,}15 \times 50^2 = -187{,}5$ J
$\rightarrow F_{rem} \times 0{,}10 = 187{,}5$
$\rightarrow F_{rem} = 1{,}9 \cdot 10^3$ N $= 1{,}9$ kN

Opgave 34

v_{begin} = 120 km/h = 33,33 m/s; v_{eind} = 80 km/h = 22,22 m/s
$E_{kin,begin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 980 \times 33{,}33^2 = 5{,}44 \cdot 10^5$ J
$E_{kin,eind} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{eind}^2 = \frac{1}{2} \times 980 \times 22{,}22^2 = 2{,}42 \cdot 10^5$ J
$\Delta E_{kin} = E_{kin,eind} - E_{kin,begin} = 2{,}42 \cdot 10^5 - 5{,}44 \cdot 10^5 = -3{,}12 \cdot 10^5$ J
$\rightarrow W_{res} = -3{,}12 \cdot 10^5$ J

$W_{res} = F_{res} \cdot s \rightarrow F_{res} \times 100 = 3{,}12 \cdot 10^5$
$\rightarrow F_{res} = 3{,}1 \cdot 10^3$ N

4.5 Vermogen

Opgave 37

$$P = \frac{\Delta E_{zw}}{t}$$
$$\Delta E_{zw} = m \cdot g \cdot \Delta h = 60 \times 9{,}81 \times 5{,}0 = 2{,}94 \cdot 10^3 \text{ J}$$
$$\rightarrow P = \frac{2{,}94 \cdot 10^3}{6{,}0} = 4{,}9 \cdot 10^2 \text{ W}$$

Opgave 38

$P = F_{vogel} \cdot v$
$F_{zw} = m \cdot g = 40 \cdot 10^{-3} \times 9{,}81 = 0{,}392$ N
Deze vogel stijgt met een constante snelheid
$\rightarrow F_{vogel} = F_{zw} = 0{,}392$ N
$\rightarrow P = 0{,}392 \times 1{,}33 = 0{,}52$ W

Opgave 39

$$P = \frac{\Delta E_{zw}}{t}$$
$\Delta E_{zw} = m \cdot g \cdot \Delta h$
De massa van het per minuut verplaatste water:
$m = \rho \cdot V = 0{,}998 \cdot 10^3 \times 130 = 1{,}30 \cdot 10^5$ kg
$\Delta E_{zw} = 1{,}30 \cdot 10^5 \times 9{,}81 \times 6{,}0 = 7{,}65 \cdot 10^6$ J
$$\rightarrow P = \frac{7{,}65 \cdot 10^6}{60} = 1{,}3 \cdot 10^5 \text{ W}$$

Opgave 40

v = 315 km/h = 87,5 m/s
$P = F_{wr,totaal} \cdot v \rightarrow 397 \cdot 10^3 = F_{wr,totaal} \times 87{,}5$
$\rightarrow F_{wr,\ totaal} = 4{,}54 \cdot 10^3$ N
$F_{wr,\ totaal} = F_{wr,rol} + F_{wr,\ lucht}$
$\rightarrow 4{,}54 \cdot 10^3 = 0{,}80 \cdot 10^3 + F_{wr,\ lucht}$
$\rightarrow F_{wr,\ lucht} = 3{,}7 \cdot 10^3$ N

Opgave 41

De luchtweerstand is afhankelijk van de snelheid van de auto. Als de snelheid van de auto toeneemt, neemt de luchtweerstand toe. Dat betekent dat de motorkracht ook moet toenemen. In de formule $P = F \cdot v$ wordt behalve v dus ook F groter. Als het vermogen zes keer zo groot wordt, dan wordt een deel van die toename veroorzaakt door de toename van de motorkracht en het andere deel door de snelheidstoename. Hierdoor kan de snelheid niet zes keer zo groot worden.

4.6 Rendement

Opgave 43

Zie figuur 4.10.
Een goed getrainde hardloper produceert per seconde 0,30 kJ arbeid en 1,20 kJ warmte
→ de energie uit het voedsel is per seconde 1,50 kJ

$$E = \frac{P}{t}$$

→ $P_{in} = P_{voedsel} = 1{,}50$ kW
→ $P_{nuttig} = 0{,}30$ kW
→ het rendement $\eta = \frac{P_{nuttig}}{P_{in}} \cdot 100\% = \frac{0{,}30}{1{,}50} \times 100\% = 20\%$

Figuur 4.10

Opgave 44

$\Delta E_{zw} = m \cdot g \cdot \Delta h = 1530 \times 9{,}81 \times 10 = 1{,}50 \cdot 10^5$ J

$$\rightarrow P_{nuttig} = \frac{\Delta E_{zw}}{t} = \frac{1{,}50 \cdot 10^5}{6{,}0} = 2{,}50 \cdot 10^4 \text{ W}$$

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

$$\rightarrow P_{in} = \frac{P_{nuttig}}{\eta} \cdot 100\% = \frac{2{,}50 \cdot 10^4}{90\%} \cdot 100\% = 2{,}8 \cdot 10^4 \text{ W}$$

Opgave 45

$\Delta E_{zw,totaal} = m_{totaal} \cdot g \cdot \Delta h = (60 + 15) \times 9{,}81 \times 5{,}8 = 4{,}27 \cdot 10^3$ J

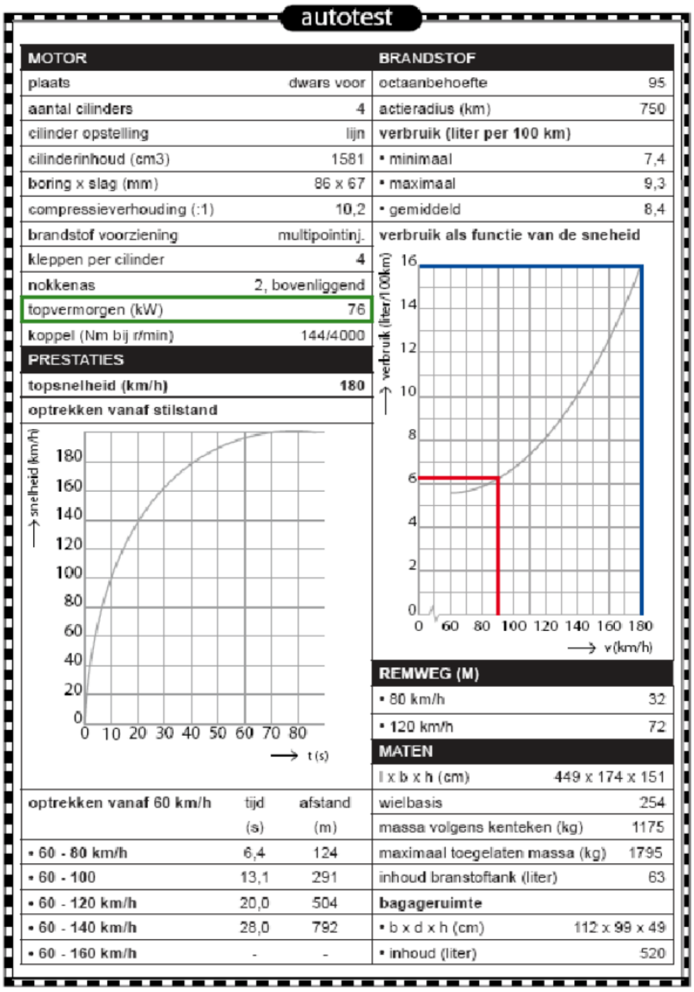
$$\eta = \frac{E_{nuttig}}{E_{in}} \cdot 100\% = \frac{\Delta E_{zw,totaal}}{E_{sjouwen}} \cdot 100\%$$

$$\rightarrow E_{sjouwen} = \frac{\Delta E_{zw,totaal}}{\eta} \cdot 100\% = \frac{4{,}27 \cdot 10^3}{20\%} \times 100\% = 21{,}3 \cdot 10^3 \text{ J}$$

De energie die Inges lichaam in 1,1 minuut in rust omzet:
$E_{rust} = 65 \times 1{,}1 \times 60 = 4{,}29 \cdot 10^3$ J
De totale energie die Inges lichaam moet leveren:
$E_{tot} = E_{rust} + E_{sjouwen} = 21{,}3 \cdot 10^3 + 4{,}29 \cdot 10^3 = 2{,}6 \cdot 10^4$ J

Opgave 46

a $v_{auto} = 90$ km/h → de auto legt in één uur een afstand af van 90 km
Zie figuur 4.11.
Bij een snelheid van 90 km/h is het benzineverbruik 6,0 liter per 100 km
→ het aantal liters nodig om 90 km te rijden = $\frac{90}{100} \times 6{,}0 = 5{,}4$
→ het benzineverbruik in 1 uur = 5,4 liter
→ het benzineverbruik in 1 seconde = $\frac{5{,}4}{3600} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ liter



autotest

MOTOR	
plaats	dwars voor
aantal cilinders	4
cilinder opstelling	lijn
cilinderinhoud (cm3)	1581
boring x slag (mm)	86 x 67
compressieverhouding (:1)	10,2
brandstof voorziening	multipointinj.
kleppen per cilinder	4
nokkenas	2, bovenliggend
topvermorgen (kW)	76
koppel (Nm bij r/min)	144/4000
PRESTATIES	
topsnelheid (km/h)	180
optrekken vanaf stilstand	

optrekken vanaf 60 km/h	tijd (s)	afstand (m)
• 60 - 80 km/h	6,4	124
• 60 - 100	13,1	291
• 60 - 120 km/h	20,0	504
• 60 - 140 km/h	28,0	792
• 60 - 160 km/h	-	-

BRANDSTOF	
octaanbehoefte	95
actieradius (km)	750
verbruik (liter per 100 km)	
• minimaal	7,4
• maximaal	9,3
• gemiddeld	8,4
verbruik als functie van de sneheid	

REMWEG (M)	
• 80 km/h	32
• 120 km/h	72
MATEN	
l x b x h (cm)	449 x 174 x 151
wielbasis	254
massa volgens kenteken (kg)	1175
maximaal toegelaten massa (kg)	1795
inhoud branstoftank (liter)	63
bagageruimte	
• b x d x h (cm)	112 x 99 x 49
• inhoud (liter)	520

Figuur 4.11

b De chemische energie van de benzine per seconde:
$E_{chem} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \times 33 \cdot 10^{6} = 4{,}95 \cdot 10^{4}$ J

$$\rightarrow P_{in} = \frac{E_{chem}}{t} = \frac{4{,}95 \cdot 10^{4}}{1{,}00} = 4{,}95 \cdot 10^{4}\ \text{W}$$

c $v_{auto} = 90$ km/h
→ de auto legt in één uur een afstand af van 90 km.
Zie figuur 4.42 in het kernboek.
Bij een snelheid van 180 km/h is het benzineverbruik 16,0 liter per 100 km

→ het aantal liters nodig om 180 km te rijden = $\frac{180}{100} \times 16{,}0 = 28{,}80$

→ het benzineverbruik in 1 uur = 28,8 liter

→ het benzineverbruik in 1 seconde = $\frac{28{,}8}{3600} = 8{,}00 \cdot 10^{-3}$ liter

De chemische energie van de benzine per seconde:
$E_{chem} = 8{,}00 \cdot 10^{-3} \times 33 \cdot 10^{6} = 2{,}64 \cdot 10^{5}$ J

$$\rightarrow P_{in} = \frac{E_{chem}}{t} = \frac{2{,}64 \cdot 10^{5}}{1{,}00} = 2{,}64 \cdot 10^{5}\ \text{W}$$

Het topvermogen $P_{top} = 76$ kW (zie figuur 4.11)

$$\rightarrow \eta = \frac{P_{top}}{P_{in}} \cdot 100\% = \frac{76 \cdot 10^{3}}{2{,}64 \cdot 10^{5}} \times 100\% = 29\%$$

4.7 Toepassingen in het verkeer

Opgave 48

a De wet van arbeid en kinetische energie: $W_{\text{rem}} = \Delta E_{\text{kin}}$.
Een auto rijdt met een snelheid van 30 km/h → v_{begin} = 30 km/h = 8,33 m/s.
De bestuurder remt tot de auto stilstaat → v_{eind} = 0 m/s.
De remkracht F_{rem} = 4,0 kN = $4{,}0 \cdot 10^3$ N.
De massa van de auto + bestuurder m_{totaal} = 680 kg.

$$E_{\text{kin,begin}} = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \tfrac{1}{2} \times 680 \times 8{,}33^2 = 2{,}359 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$E_{\text{kin,eind}} = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2 = \tfrac{1}{2} \times 680 \times 0^2 = 0 \text{ J}$$

$\Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin,eind}} - E_{\text{kin,begin}} = 0 - 2{,}359 \cdot 10^4 = -2{,}36 \cdot 10^4$ J
$W_{\text{rem}} = -F_{\text{rem}} \cdot s$
$\rightarrow -2{,}36 \cdot 10^4 = -4{,}0 \cdot 10^3 \times s$
$\rightarrow s = 5{,}9$ m

b *Eerste manier* (met verhoudingen)
De wet van arbeid en kinetische energie: $W_{\text{rem}} = \Delta E_{\text{kin}}$
$W_{\text{rem}} = -F_{\text{rem}} \cdot s$

$$\Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin,eind}} - E_{\text{kin,begin}} = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2 = 0 - \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2 = -\tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

$$\rightarrow -F_{\text{rem}} \cdot s = -\tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

$$\rightarrow s = \frac{\tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2}{F_{\text{rem}}} = \frac{m \cdot v_{\text{begin}}^2}{2 \cdot F_{\text{rem}}}$$

$$\left.\begin{aligned} & v_1 = 30 \text{ km/h} \\ & \rightarrow s_1 = \frac{\tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2}{F_{\text{rem}}} = \frac{m \cdot v_1^2}{2 \cdot F_{\text{rem}}} \\ & v_2 = 90 \text{ km/h} = 3 \cdot v_1 \\ & \rightarrow s_2 == \frac{m \cdot v_2^2}{2 \cdot F_{\text{rem}}} = \frac{m \cdot (3v_1)^2}{2 \cdot F_{\text{rem}}} = \frac{m \cdot (9v_1^2)}{2 \cdot F_{\text{rem}}} \end{aligned}\right\} \rightarrow \frac{s_1}{s_2} = \frac{\dfrac{m \cdot v_1^2}{2 \cdot F_{\text{rem}}}}{\dfrac{m \cdot (9v_1^2)}{2 \cdot F_{\text{rem}}}} = \frac{v_1^2}{9v_1^2} = \frac{1}{9}$$

De remafstand bij 90 km/h is 9,0 keer (dus 3^2) zo groot als bij 30 km/h.
Tweede manier (via berekening)
Bij 30 km/h is de remweg s_1 = 5,9 m (zie vraag a).
Bij 90 km/h: $v_{\text{begin,2}}$ = 90 km/h = 25,0 m/s; $v_{\text{eind,2}}$ = 0 m/s.
De remkracht F_{rem} = 4,0 kN = $4{,}0 \cdot 10^3$ N.
De massa van de auto + bestuurder m_{totaal} = 680 kg.

$$E_{\text{kin,begin,2}} = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin,2}}^2 = \tfrac{1}{2} \times 680 \times 25{,}0^2 = 21{,}25 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$\Delta E_{\text{kin,2}} = E_{\text{kin,eind,2}} - E_{\text{kin,begin,2}} = 0 - 21{,}25 \cdot 10^4 = -21{,}25 \cdot 10^4$ J
$W_{\text{rem,2}} = -F_{\text{rem}} \cdot s_2$
$\rightarrow -21{,}25 \cdot 10^4 = -4{,}0 \cdot 10^3 \times s_2$
$\rightarrow s_2 = 53$ m

$$\rightarrow s_2 = \frac{53}{5{,}9} \cdot s_1 = 9{,}0 \cdot s_1$$

De remafstand bij 90 km/h is 9,0 keer (dus 3^2) zo groot als bij 30 km/h.

Opgave 49

a De wet van kinetische energie en arbeid: $W_{\text{rem}} = \Delta E_{\text{kin}}$
Kies in figuur 4.52 van het kernboek een bepaalde beginsnelheid:
v_{begin} = 30 m/s

Lees bij deze snelheid de bijbehorende waarde voor de remweg af:
s_{rem} = 66 m
$\Delta E_{kin} = E_{kin,eind} - E_{kin,begin} = \frac{1}{2} m v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m v_{begin}^2$
v_{eind} = 0 m/s en v_{begin} = 30 m/s
$\rightarrow \Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \times 800 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 800 \times 30^2 = -3{,}6 \cdot 10^5$ J
$W_{rem} = F_{rem} \cdot s_{rem}$
$\rightarrow -3{,}6 \cdot 10^5 = -F_{rem} \times 66$
$\rightarrow F_{rem} = 5{,}5 \cdot 10^3$ N

b De stopafstand = de afstand afgelegd in de reactietijd + remafstand.
De stopafstand is de blauwe lijn in figuur 4.53 van het kernboek.
De remafstand is de rode lijn in figuur 4.53 van het kernboek
$\rightarrow$ het verschil in afstand tussen de blauwe en de rode lijn is de afstand die wordt afgelegd in de reactietijd.
Kies in figuur 4.53 van het kernboek een bepaalde beginsnelheid:
v_{begin} = 30 m/s
Bepaal het verschil tussen afstanden afgelegd in de reactietijd: s_{extra} = 11,0 m
$\rightarrow$ de reactietijd $t_{reactie} = \dfrac{11{,}0}{30} = 0{,}37$ s

c $s_{stop} = s_{rem} + s_{reactie}$
v_{begin} = 120 km/h = 33,3 m/s
$s_{reactie} = v_{begin} \cdot t_{reactie}$ = 33,3 × 0,36 = 12,3 m
De wet van kinetische energie en arbeid: $W_{rem} = \Delta E_{kin}$
$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} m v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 800 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 800 \times 33{,}3^2 = -4{,}44 \cdot 10^5$ J
$\rightarrow -F_{rem} \cdot s_{rem} = -4{,}44 \cdot 10^5$
$\rightarrow -5{,}4 \cdot 10^3 \times s_{rem} = -4{,}44 \cdot 10^5$
$\rightarrow s_{rem}$ = 82,1 m
$\rightarrow s_{stop} = s_{rem} + s_{reactie}$ = 82 + 12 = 94 m

d De twee-secondenregel bij normale omstandigheden:
$s_{veilig} = v \cdot t$ = 33,3 × 2 = 67 m

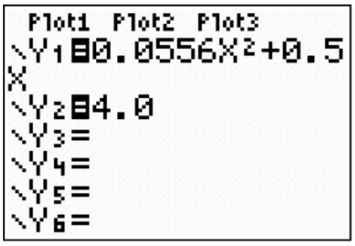
Opgave 50

a De remafstand is afhankelijk van de grip van de banden op het wegdek. Van belang hierbij zijn: de grootte van het contactoppervlak van de band met het wegdek, het profiel van de band en de temperatuur van de band.

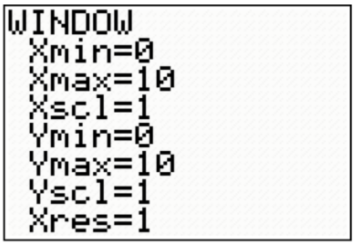
b De wet van kinetische energie en arbeid: $W_{rem} = \Delta E_{kin}$
$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} m v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 1000 \times v_{begin}^2 = -500 \cdot v_{begin}^2$
In woonerven bestaat het wegdek meestal uit klinkers.
Lees in figuur 4.54 van het kernboek af bij klinkers:
F_{wr} = 9,0 kN = $9{,}0 \cdot 10^3$ N
$W_{rem} = \Delta E_{kin}$
$\rightarrow -F_{rem} \cdot s_{rem} = -500 \cdot v_{begin}^2$
$\rightarrow -9{,}0 \cdot 10^3 \times s_{rem} = -500 \cdot v_{begin}^2$
$\rightarrow s_{rem} = 0{,}0556 \cdot v_{begin}^2$
$s_{veilig} = s_{rem} + s_{reactie}$
$s_{reactie} = v_{begin} \cdot t_{reactie} = v_{begin} \times 0{,}50 = 0{,}50 \cdot v_{begin}$
$\rightarrow s_{veilig} = 0{,}0556 \cdot v_{begin}^2 + 0{,}50 \cdot v_{begin}$
$s_{rem} + s_{reactie} = s_{veilig} \rightarrow 0{,}0556 \cdot v_{begin}^2 + 0{,}5 \cdot v_{begin} = 4{,}0$

Los deze vergelijking met behulp van de GR grafisch op:
Y_1 = 0.0556X^2 + 0.5X
Y_2 = 4.0

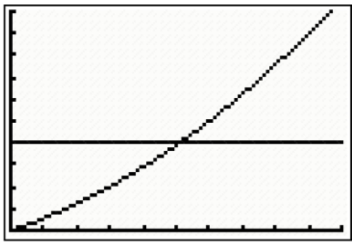
Met de GR van TI en Intersection
Druk op $\boxed{\text{Y=}}$. Voer beide vergelijkingen in (zie figuur 4.12a).
Druk op $\boxed{\text{WINDOW}}$ en pas het scherm aan (zie figuur 4.12b).
Druk op $\boxed{\text{GRAPH}}$ (zie figuur 4.12c).
Druk op $\boxed{\text{2ND}}$ $\boxed{\text{CALC}}$ en vervolgens op $\boxed{5}$.
Druk drie keer op $\boxed{\text{ENTER}}$ (zie figuur 4.12d).
De veilige snelheid is dus: *v* = 5,1 m/s = 18 km/h.

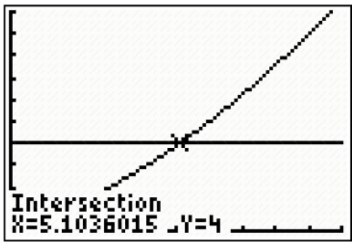


Figuur 4.12a



Figuur 4.12b


Figuur 4.12c



Figuur 4.12d

Figuur 4.16a **Figuur 4.16b** **Figuur 4.16c**

d De snelheid in vraag c was 5,1 m/s → de snelheid wordt de helft
→ v = 2,55 m/s
De wet van kinetische energie en arbeid: $W_{\text{rem}} = \Delta E_{\text{kin}}$
$\Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2}\times 1000\times 0^2 - \frac{1}{2}\times 1000\times 2{,}55^2 = -3{,}25\cdot 10^3$ J
De klinkers zijn nu nat geworden
→ lees in figuur 4.54 van het kernboek af bij natte klinkers:
F_{wr} = 4,5 kN = 4,5 · 10^3 N
$W_{\text{rem}} = \Delta E_{\text{kin}}$
→ $-F_{\text{rem}} \cdot s_{\text{rem}} = -500 \cdot v_{\text{begin}}^2$
→ $-4{,}5 \cdot 10^3 \times s_{\text{rem}} = -3{,}25 \cdot 10^3$ J
→ s_{rem} = 0,723 m
$s_{\text{reactie}} = v_{\text{begin}} \cdot t_{\text{reactie}}$ = 2,55 × 0,50 = 1,28 m
$s_{\text{stop}} = s_{\text{rem}} + s_{\text{reactie}}$ = 0,723 + 1,28 = 2,0 m
→ de snelheid mag groter zijn dan de helft van 5,1 m/s als men binnen dezelfde afstand (4,0 m) tot stilstand wil komen.

Opgave 51 a De wet van kinetische energie en arbeid: $W_{\text{rem}} = \Delta E_{\text{kin}}$

v_{begin} = 20 m/s; v_{eind} = 5,0 m/s → de remweg: s_{rem} = 8,0 cm = $8{,}0 \cdot 10^{-2}$ m

$\Delta E_{kin} = E_{kin,eind} - E_{kin,begin} = \frac{1}{2}mv_{eind}^2 - \frac{1}{2}mv_{begin}^2$

$\rightarrow \Delta E_{kin} = \frac{1}{2}\times 4{,}2\times 5{,}0^2 - \frac{1}{2}\times 4{,}2\times 20^2 = -787{,}5$ J

$W_{rem} = -F_{rem} \cdot s_{rem} \rightarrow -787{,}5 = -F_{rem} \times 8{,}0 \cdot 10^{-2}$

$\rightarrow F_{rem} = 9{,}8 \cdot 10^3$ N = 9,8 kN

b De veiligheidsgordel dient om de kracht tijdens de botsing te verkleinen.
Om dit te bereiken wordt getracht de remweg te verlengen.

$W_{rem} = \Delta E_{kin} = \frac{1}{2}mv_{eind}^2 - \frac{1}{2}mv_{begin}^2$

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

Bij een bepaalde beginsnelheid wordt W_{rem} bepaald door de remkracht en de remweg. Maak je de remweg langer, dan wordt de remkracht dus kleiner.

c Bij het uitrekken van een autogordel wordt een deel van de bewegingsenergie van de bestuurder omgezet in veerenergie van de veiligheidsgordel.

d De remkracht op de pop is $F_{rem} = m \cdot a = 72 \times 260 = 1{,}87 \cdot 10^4$ N.
De totale verplaatsing van de pop is:

$s_{totaal} = s_{botssimulator} + s_{pop} = 50 + 20 = 70$ cm = 0,70 m

→ de arbeid verricht door de remkracht:

$W_{remkracht} = -F_{rem} \cdot s_{totaal} = -1{,}87 \cdot 10^4 \times 0{,}70 = -1{,}31 \cdot 10^4$ J

$W_{rem} = \Delta E_{kin}$

$\rightarrow \Delta E_{kin} = -1{,}31 \cdot 10^4$ J

$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2}mv_{eind}^2 - \frac{1}{2}mv_{begin}^2$

$v_{eind} = 0$ m/s

$\rightarrow \Delta E_{kin} = -\frac{1}{2}mv_{begin}^2$

$$\rightarrow -1{,}31 \cdot 10^4 = -\frac{1}{2}\times 72 \times v_{begin}^2$$

$$\rightarrow v_{begin} = 19 \text{ m/s} = 69 \text{ km/h}$$

4.8 Verkeer en milieu

Opgave 58

a Als het dimlicht brandt, moet de motor een extra vermogen leveren van 100 W
→ de extra geleverde energie voor het licht is 100 J per seconde.
Het rendement van de energieomzetting in de motor is 20%.

$$\eta = \frac{E_{licht}}{E_{in,extra}} \cdot 100\% \rightarrow 20\% = \frac{100}{E_{in,extra}} \cdot 100\% \rightarrow E_{in,extra} = 500 \text{ J}$$

→ de brandstof moet per seconde 500 J meer leveren om de lampen te laten branden; dit is een toename van $\frac{500}{55 \cdot 10^3} \times 100\% = 0{,}91\%$

b *Eerste manier*
De auto rijdt $15 \cdot 10^3$ km per jaar met dimlicht aan → $s = 15 \cdot 10^3$ km.
De gemiddelde snelheid v_{gem} over het gehele jaar bedraagt 60 km/h.
De tijd die nodig is om $15 \cdot 10^3$ km af te leggen is

$$t = \frac{s}{v_{gem}} = \frac{15 \cdot 10^3}{60} = 250 \text{ uur} = 9{,}00 \cdot 10^5 \text{ s.}$$

Per seconde heeft het dimlicht een energie nodig van 100 J
→ per jaar heeft het dimlicht dus een energie nodig van

$100 \times 9{,}00 \cdot 10^5 = 9{,}00 \cdot 10^7$ J.
Het rendement van de energieomzetting is 20%.

$$20\% = \frac{9{,}00 \cdot 10^7}{E_{\text{in,extra}}} \cdot 100\% \rightarrow E_{\text{in,extra}} = 45 \cdot 10^7 \text{ J}$$

Het aantal liters benzine dat hiervoor nodig is: $n = \dfrac{45 \cdot 10^7}{33 \cdot 10^6} = 14$ liter.

Tweede manier
De auto rijdt $15 \cdot 10^3$ km per jaar met dimlicht aan $\rightarrow s = 15 \cdot 10^3$ km.
De gemiddelde snelheid v_{gem} over het gehele jaar bedraagt 60 km/h.
De tijd die nodig is om $15 \cdot 10^3$ km af te leggen is

$$t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} = \frac{15 \cdot 10^3}{60} = 250 \text{ uur} = 9{,}00 \cdot 10^5 \text{ s.}$$

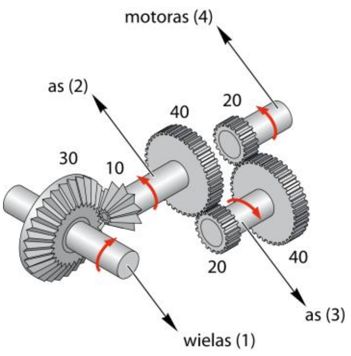
De motor van de auto verbruikt per jaar aan energie:
$9{,}00 \cdot 10^5 \times 55 \cdot 10^3 = 4{,}95 \cdot 10^{10}$ J.

Het aantal liters benzine dat hiervoor nodig is: $n = \dfrac{4{,}95 \cdot 10^{10}}{33 \cdot 10^6} = 1{,}5 \cdot 10^2$ liter.

In het krantenartikel staat: ‘Dimlicht overdag kost ongeveer 1% meer brandstof’
$\rightarrow$ de hoeveelheid extra benzine nodig voor het dimlicht is
$0{,}01 \times 1{,}5 \cdot 10^2 = 15$ liter.

Opgave 59

a Zie figuur 4.17.



Figuur 4.17

De overbrengingsverhouding is de verhouding tussen het aantal omwentelingen van de motoras en het aantal omwentelingen van de wielas. Bedenk daarbij dat de tandwielen die contact met elkaar hebben een gelijk aantal tanden verdraaien.
Als wielas (1) één keer ronddraait, dan draait as (2) drie keer rond. Als as (2) drie keer ronddraait, dan draait as (3) zes keer rond.
Als as (3) zes keer ronddraait, dan draait de motoras (4) 12 keer rond
$\rightarrow$ aantal omwentelingen motoras : aantal omwentelingen wielas = 12 : 1

b De motorkracht verandert niet. Als wrijvingskrachten buiten beschouwing worden gelaten, dan is de arbeid bij de motoras gelijk aan de arbeid bij de wielas: $F_{\text{motoras}} \cdot s_{\text{motoras}} = F_{\text{wielas}} \cdot s_{\text{wielas}}$
Als de overbrenging kleiner wordt, dan wordt het aantal omwentelingen van de wielas groter bij gelijkblijvend aantal omwentelingen van de motoras. Dat betekent dat s_{wielas} groter wordt, en daarmee dat F_{wielas} kleiner wordt.

c Zie figuur 4.61 in het kernboek.

Bij 50 km/h is het benzineverbruik in de derde versnelling: 8,4 liter per 100 km.
Bij 50 km/h is het benzineverbruik in de tweede versnelling: 14,4 liter per 100 km.
$\rightarrow$ het verschil in verbruik: 6,0 liter
$\rightarrow$ de procentuele toename: $\frac{6,0}{8,4} \times 100\% = 71\%$

d Figuur 4.61 in het kernboek is gemaakt door een auto op een rollenbank te plaatsen.
De auto blijft dan op zijn plaats staan. De enige wrijvingskracht die dan optreedt, is de rolwrijving. Er treedt geen luchtwrijving op. Normaal neemt de luchtwrijving toe bij hogere snelheden, en dit heeft een groter brandstofgebruik tot gevolg.

Opgave 60

a Auto 1 rijdt met een *constante* snelheid van 100 km/h
$\rightarrow$ de motorkracht is even groot als de wrijvingskracht.
v_1 = 100 km/h = 27,8 m/s
De totale weerstand bij deze snelheid (zie figuur 4.62 in het kernboek):
F_{wr} = 580 N
$\rightarrow F_{motor}$ = 580 N
$\rightarrow$ het vermogen van de auto
$P_{auto,1} = F_{wr} \cdot v_1 = 580 \times 27,8 = 1,60 \cdot 10^4$ W = 16,0 kW

b Als de snelheid groter wordt, dan neemt de totale weerstand verhoudingsgewijs meer toe.
Als de snelheid bijvoorbeeld twee keer zo groot wordt, wordt de luchtweerstand vier keer zo groot. Hierdoor zal bij een vermogen van 45 kW de snelheid minder dan 280 km/h zijn.

c De auto rijdt met een constante snelheid van 100 km/h
$\rightarrow$ auto 1 legt een afstand van 100 km af in 1 uur = 3600 s
$P_{auto,1} = 1,60 \cdot 10^4$ W $= 1,60 \cdot 10^4$ J per seconde
De nuttig verbruikte energie in 1 uur:
$E_{nuttig} = 1,60 \cdot 10^4 \times 3600 = 5,76 \cdot 10^7$ J
Het rendement = 21%
De totaal verbruikte energie in 1 uur:
$$E_{totaal} = \frac{E_{nuttig}}{\eta} \cdot 100\% = \frac{5,67 \cdot 10^7}{21} \times 100\% = 2,74 \cdot 10^8 \text{ J}$$
$\rightarrow$ het aantal liters benzine dat nodig is om die energie te leveren:
$$n = \frac{2,74 \cdot 10^8}{33 \cdot 10^6} = 8,3 \text{ per } 100 \text{ km}$$
$\rightarrow$ het benzineverbruik is dus 8,3 liter per 100 km.

d De snelheid wordt vergroot van 80 km/h tot 120 km/h
$\rightarrow \Delta v$ = 40 km/h = 11,1 m/s.
De versnelling van auto 2: a = 1,0 m/s^2
$$\rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{11,1}{1,0} = 11,1 \text{ s}$$
v_{begin} = 80 km/h = 22,22 m/s; v_{eind} = 100 km/h = 33,33 m/s
$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} m v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m v_{begin}^2 = \frac{1}{2} \times 900 \times 33,33^2 - \frac{1}{2} \times 900 \times 22,22^2 = 2,78 \cdot 10^5$ J

$\rightarrow\ P = \dfrac{\Delta E_{\text{kin}}}{\Delta t} = \dfrac{2,78 \cdot 10^5}{11,1}$ = 2,50 · 10⁴ W = 25,0 kW

Het vermogen bij 80 km/h vinden we als volgt.

De totale weerstand bij deze snelheid (zie figuur 4.62 in het kernboek):

F_{wr} = 430 N

→ F_{motor} = 430 N

→ $P_{\text{motor bij 80 km/h}}$ = 430 × 22,22 = $9,56 \cdot 10^4$ W = 9,56 kW

De toename van het vermogen = 25,0 – 9,56 = 15,44 kW

De procentuele toename: $\dfrac{15,44 \cdot 10^3}{9,56 \cdot 10^3} \times 100\% = 1,6 \cdot 10^2\%$

e De totale weerstand bij 80 km/h (zie figuur 4.62 in het kernboek):

$F_{\text{wr,80}}$ = 430 N

→ $F_{\text{motor,80}}$ = 430 N

De nuttig verbruikte energie bij 80 km/h gedurende een half uur:

$E_{80} = F_{\text{motor,80}} \times 40 \cdot 10^3 = 1,72 \cdot 10^7$ J

De totale weerstand bij 100 km/h (zie figuur 4.62 in het kernboek):

$F_{\text{wr,120}}$ = 800 N

→ $F_{\text{motor,120}}$ = 430 N

De nuttig verbruikte energie bij 120 km/h gedurende een half uur:

$E_{120} = F_{\text{motor,120}} \times 60 \cdot 10^3 = 4,80 \cdot 10^7$ J

→ de in totaal nuttig verbruikte energie over 100 km:

$E_{\text{nuttig}} = E_{80} + E_{120} = 1,72 \cdot 10^7 + 4,80 \cdot 10^7 = 6,52 \cdot 10^7$ J

Het rendement = 21%

De totaal verbruikte energie in een half uur:

$$E_{\text{totaal}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{\eta} \cdot 100\% = \frac{6,52 \cdot 10^7}{21} \times 100\% = 3,10 \cdot 10^8 \text{ J}$$

→ het aantal liters benzine dat nodig is om die energie te leveren:

$$n = \frac{3,10 \cdot 10^8}{33 \cdot 10^6} = 9,4 \text{ liter}$$

De toename van het aantal liters = 9,4 – 8,3 = 1,1 liter

→ de procentuele toename: $\dfrac{1,1}{8,3} \times 100\% = 13\%$