Uitwerkingen opgaven hoofdstuk 4

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

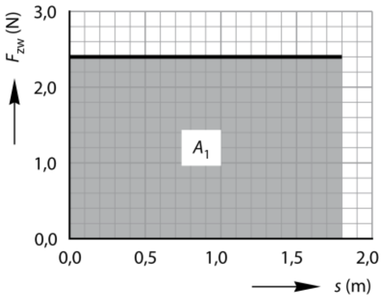
Opgave 8

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.

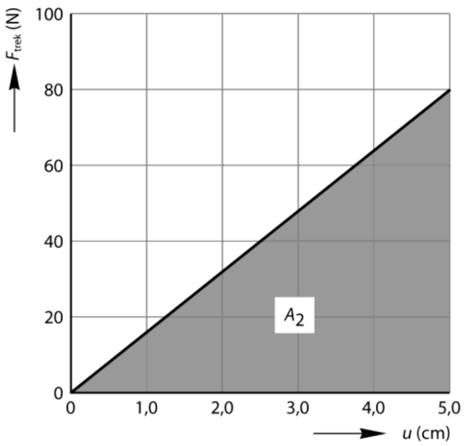
b Zie figuur 4.1.



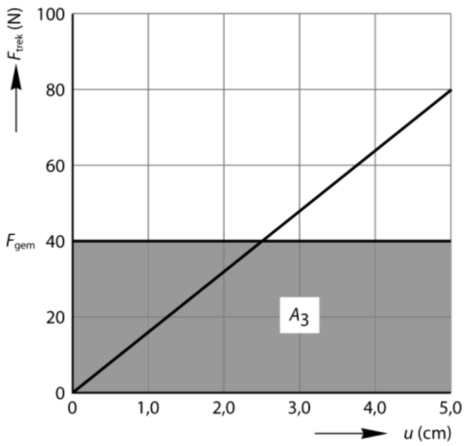
Figuur 4.1

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

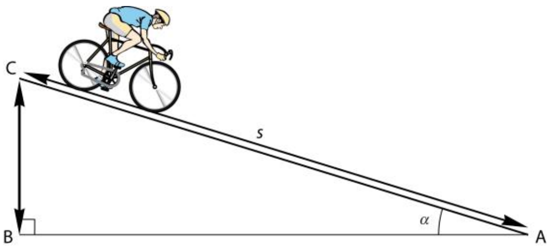
c Stel $E_{zw,begin} = 0$ J
$\Delta E_{zw} = E_{zw,eind} - E_{zw,begin} = E_{zw,eind} = m \cdot g \cdot h_{eind} = 3{,}2 \times 9{,}81 \times 0{,}80 = 25$ J

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.

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

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

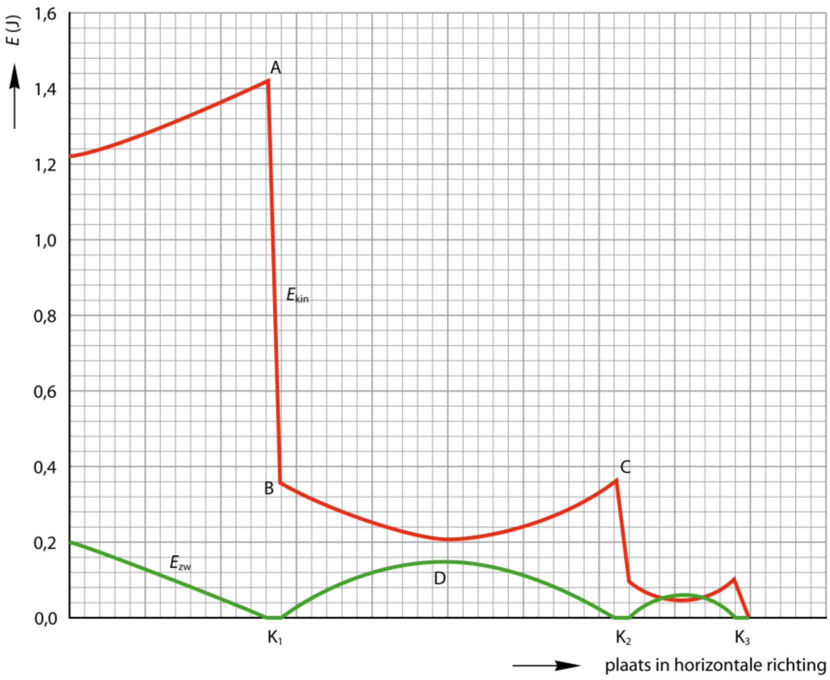
Opgave 19

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

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

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

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

$\rightarrow Q = 1,42 - 0,36 = 1,06\text{ J}$

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)

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

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.

$\rightarrow E_{kin,A} = E_{kin,B} + E_{zw,B}$

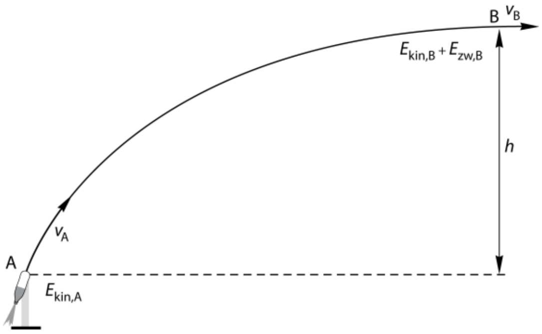
$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot h$

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

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

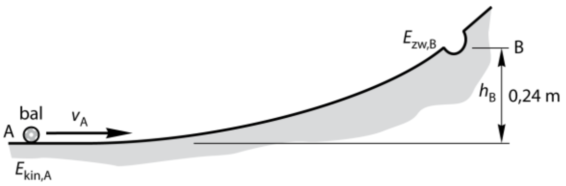
$\rightarrow \frac{1}{2} \times 18,2^2 = \frac{1}{2} \times 6,1^2 + 9,81 \times h$

$\rightarrow h = 15\text{ m}$



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: $E_{\text{kin,A}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} \times m \times 1{,}9^2 = 1{,}81 \cdot m$
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)
$\rightarrow E_{\text{kin,A}} = E_{\text{zw,C}}$
$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot h_C$
Delen door *m* levert: $\frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot h_C$
$v_A = 1{,}9$ m/s
$\rightarrow \frac{1}{2} \times 1{,}9^2 = 9{,}81 \times h_C$
$\rightarrow h_C = 0{,}18$ 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
$\rightarrow E_{\text{kin,A*}} = E_{\text{zw,B}}$
$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_{A*}^2 = m \cdot g \cdot h_B$

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

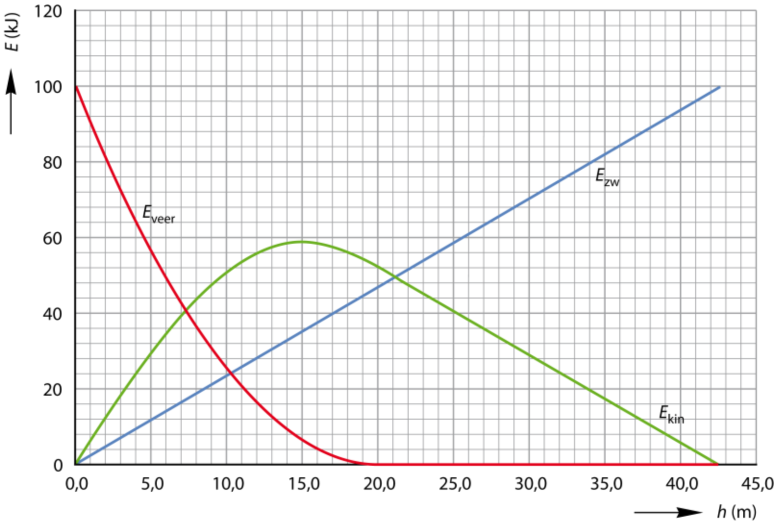
$h_B = 0,24 \text{ m} \rightarrow \frac{1}{2} \times v_{A*}^2 = 9,81 \times 0,24 \rightarrow v_{A*} = 2,2 \text{ m/s}$

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

$\rightarrow$ 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
$E_{veer,max} = E_{zw,hoogste\ punt}$
Zie figuur 4.7. $E_{veer,max} = 100 \text{ kJ} = 100 \cdot 10^3 \text{ J}$
$\rightarrow m \cdot g \cdot h_{hoogste\ punt} = 100 \cdot 10^3$
$\rightarrow 240 \times 9,81 \times h_{hoogste\ punt} = 100 \cdot 10^3 \rightarrow h_{hoogste\ punt} = 42 \text{ m}$



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:
$E_{totaal} = E_{veer,max} = E_{veer} + E_{kin} + E_{zw}$
$E_{zw} = m \cdot g \cdot h = 240 \times 9,81 \times h = 2354 \cdot h \text{ (J)} = 2,354 \cdot h \text{ (kJ)}$
$E_{totaal} = E_{veer,max} = 100 \text{ kJ}$
$\rightarrow E_{kin} = E_{totaal} - E_{veer} - E_{zw} = 100 - E_{veer} - E_{zw} \text{ (kJ)}$

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.

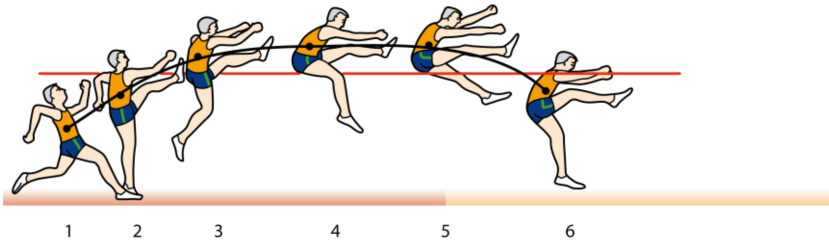
c De energiebalans: $E_{zw,A} + E_{kin,A} = E_{zw,max} + Q$.
De maximale hoogte hangt samen met de maximale zwaarte-energie $E_{zw,max}$.
Door de wrijving wordt een deel van de beschikbare energie in warmte Q omgezet
$\rightarrow$ de maximale zwaarte-energie $E_{zw,max}$ is dus kleiner dan bij vraag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

Opgave 25

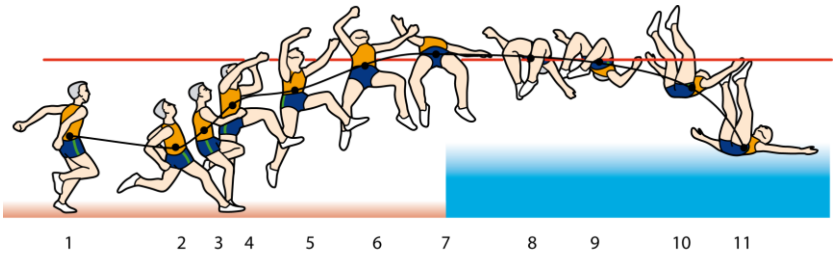
Om de hoogte van de lat te bepalen moet je kijken naar:

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

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

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: $g\cdot h_{begin} = \tfrac{1}{2}\cdot v_{eind}^2$
$9{,}81 \times 10 = \tfrac{1}{2}\cdot v_{eind}^2$
$\rightarrow v_{eind} = 14$ m/s

Opgave 30

Xander fietst over een horizontale weg met een snelheid van 36 km/h
$\rightarrow v_{begin} = 36$ 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

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