Als je een ander antwoord vindt, zijn er minstens twee mogelijkheden:
óf dit antwoord is fout, óf jouw antwoord is fout.
Als je er (vrijwel) zeker van bent dat een antwoord fout is, stuur dan een briefje naar www.stevin.info. Alvast bedankt.

Opgaven 5.1 – Kinetische energie en zwaarte-energie

1 a $E_z = m \cdot g \cdot h = 0{,}400 \cdot 9{,}81 \cdot 100 = 392{,}4 = 392$ J — 392 J

b $g_{maan} = 1{,}63$ m/s^2 Binas tabel 31
$E_z = m \cdot g \cdot h = 0{,}400 \cdot 1{,}63 \cdot 100 = 65{,}2 = 65{,}2$ J — 65,2 J

2 a W = 1,8 J.
De arbeid die jij verricht hebt, vind je terug als zwaarte-energie van de stuiterbal. — 1,8 J

b $W = F_z \cdot h = m \cdot g \cdot h$
$\Rightarrow 1{,}8 = 0{,}040 \cdot 9{,}81 \cdot h = 0{,}3924 \cdot h \Rightarrow h = 4{,}58.. = 4{,}6$ m — 4,6 m

c $E_z \rightarrow E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
$1{,}8 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}040 \cdot v^2 = 0{,}020 \cdot v^2 \Rightarrow v = 9{,}48.. = 9{,}5$ m/s — 9,5 m/s

3 a $W = F \cdot s = 0{,}80 \cdot 0{,}60 = 0{,}48 = 0{,}48$ J — 0,48 J

b $W \rightarrow E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
$0{,}48 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}400 \cdot v^2 = 0{,}200 \cdot v^2 \Rightarrow v = 1{,}54.. = 1{,}5$ m/s — 1,5 m/s

4 a $W \rightarrow E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
$v = 40$ km/h $= (\div 3{,}6)\ 11{,}1..$ m/s
$W = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot (11{,}1..)^2 = 49{,}3.. \cdot 10^3 = 49 \cdot 10^3$ J — 49 kJ

b $W = F_{motor} \cdot s$
$49{,}3.. \cdot 10^3 = F_{motor} \cdot 20 \Rightarrow F_{motor} = 2469{,}.. = 2{,}5 \cdot 10^3$ N — 2,5 kN

5 a $\Delta E_k = \frac{1}{2} m \cdot v_2{}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1{}^2$
$\Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot \left(\frac{70}{3{,}6}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot \left(\frac{50}{3{,}6}\right)^2 = 74{,}0.. \cdot 10^3 = 74 \cdot 10^3$ J — 74 kJ

b $W = F_{motor} \cdot s \rightarrow \Delta E_k$
$74{,}0.. \cdot 10^3 = F_{motor} \cdot 50 \Rightarrow F_{motor} = 1481{,}.. = 1{,}5 \cdot 10^3$ N — 1,5 kN

c $$\left.\begin{array}{l} s = v_{gem} \cdot t \\ v_{gem} = \frac{50+70}{2} = 60 \text{ km/h} = (\div 3{,}6)\ 16{,}6.. \text{ m/s} \end{array}\right\} \Rightarrow 50 = 16{,}6.. \cdot t \Rightarrow t = 3{,}0 \text{ s}$$ — 3,0 s

6 a $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}120 \cdot 8{,}0^2 = 3{,}84 = 3{,}8$ J — 3,8 J

b $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_z = m \cdot g \cdot h$
$3{,}84 = 0{,}120 \cdot 9{,}81 \cdot h = 1{,}1772 \cdot h \Rightarrow h = 3{,}26.. = 3{,}3$ m — 3,3 m

7 $E_{totaal} = E_{k,0} = \frac{1}{2} m \cdot v_0{}^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}025 \cdot 10{,}0^2 = 1{,}25$ J

a Alle (kinetische) energie wordt omgezet in zwaarte-energie.
$E_{totaal} = E_{z,1} = m \cdot g \cdot h_1$
$\Rightarrow 1{,}25 = 0{,}025 \cdot 9{,}81 \cdot h_1 = 0{,}245.. \cdot h_1 \Rightarrow h_1 = 5{,}09.. = 5{,}1$ m — 5,1 m

	b1	$E_{z,2} = m \cdot g \cdot h_2 = \frac{1}{2} E_{\text{totaal}}$ $\Rightarrow 0{,}025 \cdot 9{,}81 \cdot h_2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \Rightarrow h_2 = 2{,}54.. = 2{,}5$ m	2,5 m
	b2	$E_{k2} = \frac{1}{2} m \cdot v_2{}^2 = \frac{1}{2} E_{\text{totaal}}$ $\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 0{,}025 \cdot v_2{}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \Rightarrow v_2{}^2 = 50 \Rightarrow v_2 = 7{,}07.. = 7{,}1$ m/s	7,1 m/s
	c1	$E_{k,3} = \frac{1}{2} m \cdot v_3{}^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}025 \cdot 5{,}0^2 = 0{,}3125 = 0{,}31$ J	0,31 J
	c2	$E_{\text{totaal}} = E_{k,3} + E_{z,3}$ $\Rightarrow 1{,}25 = 0{,}312.. + E_{z,3} \Rightarrow E_{z,3} = 0{,}937.. = 0{,}94$ J	0,94 J
	c3	$E_{z,3} = m \cdot g \cdot h_3$ $0{,}9375 = 0{,}025 \cdot 9{,}81 \cdot h_3 \Rightarrow h_3 = 3{,}82.. = 3{,}8$ m	3,8 m
8	***a***	$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ is altijd positief, ongeacht de richting van de snelheid, dus het teken van v is onbepaald, want v^2 is altijd positief.	–
	b	$E_{k,1} = \frac{1}{2} m \cdot v_1{}^2$ $\Rightarrow 7{,}00 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}250 \cdot v_1{}^2 \Rightarrow v_1{}^2 = 56 \Rightarrow v_1 = 7{,}483.. = 7{,}48$ m/s	7,48 m/s
	c	Op het hoogste punt is $v_2 = 0 \Rightarrow E_{k,2} = \frac{1}{2} m \cdot v_2{}^2 = 0$ $E_{z,1} + E_{k,1} = E_{z,2} + E_{k,2}$ $m \cdot g \cdot h_1 + E_{k,1} = m \cdot g \cdot h_2 + 0$ $\Rightarrow 0{,}250 \cdot 9{,}81 \cdot 4{,}00 + 7{,}00 = 0{,}250 \cdot 9{,}81 \cdot h_2$ $\Rightarrow 16{,}81 = 2{,}4525 \cdot h_2 \Rightarrow h_2 = 6{,}854.. = 6{,}85$ m	6,85 m
	d	Op dezelfde hoogte op de terugweg is de zwaarte-energie $E_z = m \cdot g \cdot h$ even groot als op de heenweg. Dan is ook de kinetische energie, dus de vaart, even groot als op de heenweg. Want $E_{\text{totaal}} = E_z + E_k$ blijft gelijk.	–
	e	Op de grond $E_{z,0} = m \cdot g \cdot h_0 = 0$ $E_{z,1} + E_{k,1} = E_{z,0} + E_{k,0}$ $m \cdot g \cdot h_1 + E_{k,1} = \frac{1}{2} m \cdot v_0{}^2 + 0$ $\Rightarrow 0{,}250 \cdot 9{,}81 \cdot 4{,}00 + 7{,}00 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}250 \cdot v_0{}^2$ $\Rightarrow 16{,}81 = 0{,}125 \cdot v_0{}^2 \Rightarrow v_0{}^2 = 134{,}48 \Rightarrow v_0 = 11{,}59.. = 11{,}6$ m/s	11,6 m/s
9	***a***	Bij S is $v_S = 0 \Rightarrow E_{k,S} = 0$ $E_{z,S} + E_{k,S} = E_{z,A} + E_{k,A}$ $m \cdot g \cdot h_S + 0 = m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} m \cdot v_A{}^2$ De onbekende massa m kun je wegdelen! $\Rightarrow g \cdot h_S = g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot v_A{}^2$ $\Rightarrow 9{,}81 \cdot h_S = 9{,}81 \cdot 2{,}50 + \frac{1}{2} \cdot 4{,}0^2 = 32{,}525 \Rightarrow h_S = 3{,}31.. = 3{,}3$ m	3,3 m
	b	Bij B is $h_B = 0 \Rightarrow E_{z,B} = 0$ $E_{z,B} + E_{k,B} = E_{z,A} + E_{k,A}$ $0 + \frac{1}{2} m \cdot v_B{}^2 = m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} m \cdot v_A{}^2$ Je kunt de onbekende massa m weer wegdelen. $\Rightarrow \frac{1}{2} v_B{}^2 = g \cdot h_A + \frac{1}{2} v_A{}^2$ $\Rightarrow \frac{1}{2} v_B{}^2 = 9{,}81 \cdot 2{,}50 + \frac{1}{2} \cdot 4{,}0^2 = 32{,}525 \Rightarrow v_B{}^2 = 65{,}05 \Rightarrow v_B = 8{,}06.. = 8{,}1$ m/s	8,1 m/s

C ligt even hoog als A.
$E_{z,C} = E_{z,A} \Rightarrow E_{k,C} = E_{k,A} \Rightarrow v_C = v_A = 4{,}0$ m/s

4,0 m/s

---

c

$E_{z,D} + E_{k,D} = E_{z,A} + E_{k,A}$

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

Je kunt de onbekende massa *m* weer wegdelen.

$\Rightarrow g \cdot h_D + \frac{1}{2} \cdot v_D{}^2 = g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot v_A{}^2$

$\Rightarrow 9{,}81 \cdot h_D + \frac{1}{2} \cdot 5{,}0^2 = 9{,}81 \cdot 2{,}50 + \frac{1}{2} \cdot 4{,}0^2 \Rightarrow 9{,}81 \cdot h_D = 20{,}025 \Rightarrow h_D = 2{,}04.. = 2{,}0$ m

2,0 m

Opgaven 5.2 – Energieomzettingen en arbeid

10

	a1 Kracht	***a2*** Energie	***b*** Arbeid
1	$F_{spier}(\uparrow)$ $F_z(\downarrow)$	E_k	$W_{spier} > 0$ want E_k neemt toe ($\vec{F}_{spier}$ en $\vec{s}$ gelijk gericht)
2	$F_z(\downarrow)$ $F_w(\downarrow)$	E_k E_z	$W_z < 0$ want E_k neemt af ($\vec{F}_z$ en $\vec{s}$ tegengesteld gericht) $W_w < 0$ want versterkt de afname van E_k ($\vec{F}_w$ en $\vec{s}$ tegengesteld gericht)
3	$F_z(\downarrow)$	E_z	–
4	$F_z(\downarrow)$ $F_w(\uparrow)$	E_z E_k	$W_z > 0$ want E_k neemt toe ($\vec{F}_z$ en $\vec{s}$ gelijk gericht) $W_w < 0$ want verzwakt de toename van E_k ($\vec{F}_w$ en $\vec{s}$ tegengesteld gericht)
5	$F_{spier}(\uparrow)$ $F_z(\downarrow)$	E_k	$W_{spier} < 0$ want E_k neemt af ($\vec{F}_{spier}$ en $\vec{s}$ tegengesteld gericht)
6	$F_{spier}(\uparrow)$ $F_z(\downarrow)$	–	–

11 ***a*** In de figuur zijn vier hokjes gearceerd.
Samen stellen zij voor een arbeid van $10\cdot10^3$ (N)$\cdot 0{,}5$ (m) $= 5\cdot10^3$ Nm $= 5\cdot10^3$ J — 5 kJ

b Oppervlak onder de grafiek: 33 hokjes
$W_{rem} = -\frac{33}{4}\times 5\cdot10^3 = -41250 = -41\cdot10^3$ Nm — −41 kJ

c Blijkbaar kwam hij op het kussen met $E_k = \frac{1}{2}m\cdot v^2 = 41250$
$\Rightarrow \frac{1}{2}\cdot 80\cdot v^2 = 41250 \Rightarrow v^2 = 1031{,}.. \Rightarrow v = 32{,}1.. = 32$ m/s — 32 m/s
Hierbij is aangenomen dat F_{rem} de resultante is van $F_{veer,kussen}$ en F_z.

d $E_z \to E_k$
$m\cdot g\cdot h = E_k$
$\Rightarrow 80\cdot 9{,}81\cdot h = 41250 \Rightarrow h = 52{,}5.. = 53$ m — 53 m

12 ***a*** $E_v \to E_k$, maar niet geheel
$E_k = \frac{1}{2}m\cdot v^2 = 0{,}90\cdot E_v$
$\Rightarrow \frac{1}{2}\cdot 0{,}050\cdot v^2 = 0{,}90\cdot 14$
$\Rightarrow 0{,}025\cdot v^2 = 12{,}6 \Rightarrow v^2 = 504 \Rightarrow v = 22{,}4.. = 22$ m/s — 22 m/s

b $E_z = m\cdot g\cdot h = 0{,}050\cdot 9{,}81\cdot 16{,}0 = 7{,}848 = 7{,}8$ J — 7,8 J

c Als je de wrijving verwaarloost:
$(E_k + E_z)_{top} = (E_k + E_z)_{start}$
$\Rightarrow \frac{1}{2}\cdot 0{,}050\cdot v^2 + 7{,}848 = 12{,}6 + 0$
$\Rightarrow 0{,}025\cdot v^2 = 4{,}752 \Rightarrow v^2 = 190{,}08 \Rightarrow v = 13{,}7.. = 14$ m/s — 14 m/s

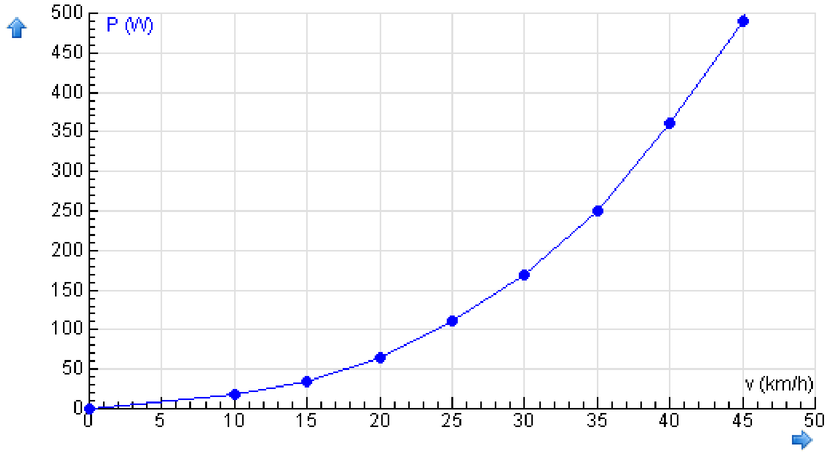
13		Het verbranden van het stukje appel levert 2000·0,38·4,18 = 3,17.. kJ. Dat is 3,17 kJ / 1,5 g = 2,11 kJ per gram ⇒ 211 kJ per 100 g. Helaas is de voedingswaarde van appel niet meer in de nieuwe *Binas* te vinden. In de vorige blauwe *Binas* tabel 82A of op internet kun je vinden: 211 kJ / 100 g. Dit komt goed overeen.	211 kJ / 100 g
14	***a***	$E_{in} = P_{in} \cdot t = 2{,}0 \cdot 10^3 \cdot 15 = 30$ kJ. $E_{nuttig} = mgh = 80 \cdot 9{,}81 \cdot 30 = 23{,}5..$ kJ $\eta = E_{nuttig} / E_{in} = 23{,}5.. / 30 = 0{,}78$ (ofwel 78 %)	0,78 (= 78%)
	b	$E_{nuttig} = 8{,}0 \cdot 10^7$ J $= 0{,}80 \cdot 10^8$ J en $E_{in} = 1{,}0 \cdot 10^8$ J $\eta = E_{nuttig} / E_{in} = 0{,}80 / 1{,}0 = 0{,}80$ (= 80 %)	0,80 (= 80%)
15	***a***	$P_{lamp} > 30 \cdot 10^3/600 = 50$ W	50 W
	b	Je hebt die 93% niet nodig, want die zit al verwerkt in die 30 kW. Met andere woorden: $P_{badgeiser} = P_{in}$. $E = 30 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 60 = 1{,}8 \cdot 10^7$ J De stookwaarde van (Gronings) aardgas is $32 \cdot 10^6$ J/m³ (zie tabel 28B van *Binas*) $V = \dfrac{1{,}8 \cdot 10^7}{32 \cdot 10^6} = 0{,}56 \text{ m}^3 = 5{,}6 \cdot 10^2 \text{ dm}^3$	$5{,}6 \cdot 10^2$ dm³

Opgaven 5.3 – Energie in het verkeer / vermogen

16		Je spierarbeid wordt omgezet in zwaarte-energie. $W_{spier} \to E_z$. En $P = \frac{W_z}{t} = \frac{E_z}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$ Je moet meten je massa *m*, de hoogte *h* van de trap en de tijd *t* waarin je boven komt.	–
17	***a***	De arbeid, die de motor verricht, vind je terug als zwaarte-energie van de last. $W \to E_z = m \cdot g \cdot h$ $W = 80 \cdot 9{,}81 \cdot 12 = 9417{,}.. = 9{,}4 \cdot 10^3$ J	9,4 kJ
	b	$W = P \cdot t$ $9417{,}.. = 200 \cdot t \Rightarrow t = 47{,}0.. = 47$ s	47 s
	c	Als de hijssnelheid constant is, is $F_{motor} = F_z$. $P = F_{motor} \cdot v$ $\Rightarrow 200 = (80 \cdot 9{,}81) \cdot v = 784{,}8 \cdot v \Rightarrow v = 0{,}254..$ m/s $h = v \cdot t$ $\Rightarrow 12 = 0{,}254.. \cdot t \Rightarrow t = 47{,}0.. = 47$ s	47 s
18	***a***	$W = P \cdot t \to \Delta E_k$ $W = 34{,}0 \cdot 10{,}0 = 340 \text{ J} = \Delta E_k$	340 J
	b	$E_{k,2} = E_{k,1} + \Delta E_k$ $\frac{1}{2} m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + \Delta E_k$ $\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 72{,}5 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 72{,}5 \cdot (12{,}1)^2 + 340$ $\Rightarrow 36{,}25 \cdot v_2^2 = 5647{,}.. \Rightarrow v_2^2 = 155{,}78.. \Rightarrow v_2 = 12{,}48.. = 12{,}5$ m/s	12,5 m/s
19		$P = \frac{F_z \cdot h}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{75 \cdot 9{,}81 \cdot 1}{1} = 735{,}.. = 7{,}4 \cdot 10^2$ W Volgens Binas tabel 5: 1 pk = $7{,}355 \cdot 10^2$ W *N.B. De niet afgeronde waarden van de uitkomst verschilt van die Binas. Dat komt doordat volgens een oude definitie voor de Binas-waarde gebruik is gemaakt van g = 9,80665 m/s². Dit is de gemeten waarde van g op 45° NB op zeeniveau*	$7{,}4 \cdot 10^2$ W
20	***a***	Aflezen in grafiek $F_w = F_r + F_L = 10 + 29 = 39$ N	39 N
	b	$P = F \cdot v = 39 \cdot \frac{45}{3{,}6} = 487{,}.. = 4{,}9 \cdot 10^2$ W	$4{,}9 \cdot 10^2$ W

c

v (km/h)	v (m/s)	F_r (N)	F_L (N)	$F_{w,\text{totaal}}$ (N)	P (W)
15	4,16..	5,5	3,0	8,5	35
30	8,33..	7,0	13,1	20,1	$1{,}7 \cdot 10^2$



–

21 a Als de snelheid constant is, is $F_{motor} = F_w$

$$\left.\begin{array}{l} v = 100 \text{ km/h} = 27{,}7.. \text{ m/s} \\ F_{motor} = 16 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array}\right\}$$

$$\Rightarrow P = F_{motor} \cdot v = 16 \cdot 10^3 \cdot 27{,}7.. = 4{,}44.. \cdot 10^5 = 4{,}4 \cdot 10^5 \text{ W}$$

$4{,}4 \cdot 10^5$ W

b Eerst de duur van de rit uitrekenen.

$x = v \cdot t$

$\Rightarrow 50 \text{ (km)} = 100 \text{ (km/h)} \cdot t \Rightarrow t = 0{,}5 \text{ h} = 1{,}8 \cdot 10^3 \text{ s}$

$E = P \cdot t$

$\Rightarrow E = 4{,}44.. \cdot 10^5 \cdot 1{,}8 \cdot 10^3 = 8{,}0 \cdot 10^8 \text{ J}$

$8{,}0 \cdot 10^8$ J

22

$$E_{k,\text{trein}} = \tfrac{1}{2} m \cdot v^2 = \tfrac{1}{2} \cdot 142 \cdot 10^3 \cdot \left(\tfrac{140}{3{,}6}\right)^2 = 1{,}07.. \cdot 10^8 \text{ J}$$

Na 8x remmen is teruggeleverd

$8 \times 0{,}50 \cdot 1{,}07.. 10^8 = 4{,}29.. \cdot 10^8 = 429{,}.. \cdot 10^6 = 429{,}.. \text{ MJ}$

De besparing is

$429{,}.. \times €0{,}03 = €12{,}885.. = €12{,}89$

€ 12,89

23 W_z = 0, want de verplaatsing en zwaartekracht staan loodrecht op elkaar.

$W_s = F_s \cdot s \cdot \cos\alpha = 120 \cdot 50 \cdot \cos 40 = 4596{,}.. = 4{,}6 \cdot 10^3 \text{ J}$

0 J
4,6 kJ

24 a Oppervlak onder *(F,s)*−grafiek

$1{,}0 \cdot 10^5 \cdot 0{,}15 = 15 \cdot 10^3 \text{ J}$

15 kJ

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

$15 \cdot 10^3 = \tfrac{1}{2} \cdot 850 \cdot v^2$

$\Rightarrow v^2 = \frac{15 \cdot 10^3}{425} = 35{,}2.. \Rightarrow v = 5{,}94.. \text{ m/s} = 21{,}3.. = 21 \text{ km/h}$

21 km/h

c Geabsorbeerd moet worden:

$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 850 \cdot \left(\frac{50}{3,6}\right)^2 = 81,9.. \cdot 10^3$ J

zone	F (10^5 N)	x (m)	absorptie (kJ)
1	1,0	0,15	15
2	1,5	0,05	7,5
3	2,0	0,10	20
4	3,0	0,10	30
samen		0,40	72,5
5	3,5	?	rest
	Totaal	?	81,9..

43 cm

De rest, $81,9.. - 72,5 = 9,48..$ kJ , wordt geabsorbeerd door zone 5.

$9,48.. \cdot 10^3 = 3,5 \cdot 10^5 \cdot x \Rightarrow x = 0,027..$ m

De auto wordt 0,40 + 0,027..= 0,427..= 0,43 m korter.

d Door de kreukelzones moet geabsorbeerd worden

$(1 - 0,60) \cdot 81,9.. \cdot 10^3 = 32,7.. \cdot 10^3$ J

zone	F (10^5 N)	x (m)	absorptie (kJ)
1	1,0	0,15	15
2	1,5	0,05	7,5
samen		0,20	22,5
3	2,0	?	rest
	Totaal	?	32,7..

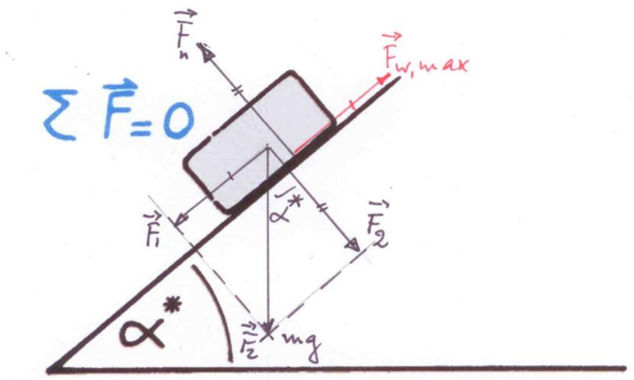
25 cm

De rest, $32,7.. - 22,5 = 10,2..$ kJ , wordt geabsorbeerd door zone 3.

$10,2.. \cdot 10^3 = 2,0 \cdot 10^5 \cdot x \Rightarrow x = 0,051..$ m

De auto wordt 0,20 + 0,051..= 0,251..= 0,25 m korter.

25



–

$F_{w,max} = F_1 = mg \cdot \sin\alpha^*$ en $F_n = F_2 = mg \cdot \cos\alpha^*$

$\mu = F_{w,max}/F_n \Rightarrow \mu = \tan\alpha^*$

Opgaven Hoofdstuk 5

26 Er raakt niets uitgeput. Tijdens het uitrijden werkt voortdurend de wrijvingskracht. Wel 'verdwijnt' de kinetische energie, maar die wordt omgezet in thermische energie. –

27 ***a***

$E_{k,1} + W = E_{k,2}$

$0 + F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$

$F \cdot 0{,}75 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}040 \cdot 600^2 = 7200 \Rightarrow F = 9600 = 9{,}6 \cdot 10^3$ N

9,6 kN

b1 $v_{gem} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{0 + 600}{2} = 300$ m/s

300 m/s

b2

$s = v_{gem} \cdot t$

$0{,}75 = 300 \cdot t \Rightarrow t = 0{,}0025 = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ s

2,5 ms

c Als de kracht werkt over een langere afstand, is de verrichte arbeid op de kogel groter. Daarmee ook de toename van zijn kinetische energie, dus de eindsnelheid. –

28 ***a***

$E_{k,1} + W = E_{k,2}$

$\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - F_{rem} \cdot s_{rem} = 0$

$\frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 40^2 - F_{rem} \cdot 200 = 0 \Rightarrow F_{rem} = 8000 = 8{,}0 \cdot 10^3$ N

8,0 kN

b Neem aan dat de massa van held ongeveer 80 kg is, dus $F_z \approx 800$ N

$\frac{F_{rem}}{F_z} = \frac{8000}{800} \approx 10$

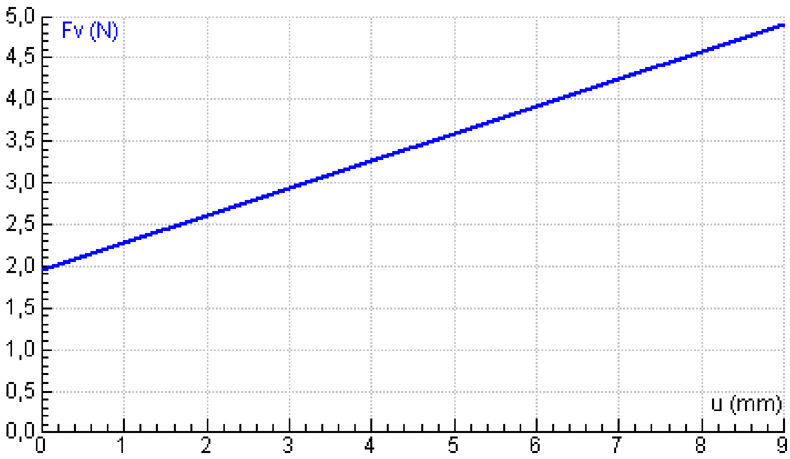
10 : 1

c

$$\left.\begin{array}{l} s = v_{gem} \cdot t \\ v_{gem} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{40 + 0}{2} = 20 \text{ m/s} \end{array}\right\} \Rightarrow 200 = 20 \cdot t \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

10 s

29 ***a***



–

b

$E_{z,pen} \rightarrow E_{k,pen} \rightarrow E_{v,veer}$

$E_{z,pen} = m \cdot g \cdot h = 0{,}021 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}65 = 0{,}133..$ J als je de pen los laat.

$E_{v,veer} = F_{gem} \cdot u = (\frac{0{,}200 + 0{,}500}{2} \cdot 9{,}81) \cdot 0{,}009 = 3{,}43.. \cdot 0{,}009 = 0{,}0309..$ J als de pen is in geklikt.

$\Rightarrow \frac{E_{v,veer}}{E_{z,pen}} = \frac{0{,}0309..}{0{,}133..} = 0{,}230.. = 0{,}23 = 23\%$

23%

30 ***a*** $E_v = \frac{1}{2} C \cdot u^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (0{,}130)^2 = 0{,}169 = 0{,}17$ J

0,17 J

b

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

$0{,}169 = \frac{1}{2} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot v^2 \Rightarrow v^2 = 56{,}33.. \Rightarrow v = 7{,}50.. = 7{,}5 \text{ m/s}$

7,5 m/s

c

$W_z = -F_z \cdot h = -m \cdot g \cdot h$

$W_z = -6{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot 13{,}0 \cdot 10^{-2} = -0{,}00765.. = -7{,}7 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

−7,7 mJ

d

1e *manier:* vanaf de grootste uitrekking van de veer:

$E_v \rightarrow E_z = m \cdot g \cdot h$

$0{,}169 = 6{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot h \Rightarrow h = 2{,}871.. = 2{,}9 \text{ m}$

2,9 m

2e manier: vanaf het moment van loslaten:
Pas op: een deel van de veerenergie is dan al omgezet in zwaarte-energie , dus

$$\left.\begin{array}{l} E_k = 0{,}169 - 0{,}00765.. = 0{,}1613.. \text{ J} \\ E_k \rightarrow E_z = m \cdot g \cdot h \end{array}\right\}$$

$\Rightarrow 0{,}1613.. = 6{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot h \Rightarrow h = 2{,}741.. = 2{,}7 \text{ m}$

Deze uitkomst is inderdaad 13 cm kleiner dan bij de 1e manier.

2,7 m

31

$$\left.\begin{array}{l} E_{k,\text{ aanloop}} \rightarrow E_{z,\text{ sprong}} \\ \frac{1}{2} m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{1}{2} v^2 = g \cdot h$$

want je kunt de onbekende massa wegdelen.

Neem $v = \frac{100}{10} = 10 \text{ m/s} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 10^2 = 9{,}81 \cdot h \Rightarrow h = 5{,}096.. = 5{,}1 \text{ m}$

Opmerking:
Je berekent hier het hoogteverschil van het zwaartepunt van de springer.
Je zou bij de te behalen spronghoogte, gemeten vanaf de grond, nog ongeveer de halve lichaamslengte kunnen optellen.
Bovendien gebruikt de atleet tijdens de sprong ook nog de spierkracht van zijn armen om zich extra naar boven af te zetten.
Het wereldrecord (mannen) ligt boven de 6 meter.

5,1 m

32 a1

$E_z = E_{z,\text{ afzet}} + E_{z,\text{ vlucht}}$

$E_z = m \cdot g \cdot h = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}60 = 0{,}0176.. = 0{,}018 \text{ J}$

0,018 J

a2

Na de afzet wordt snelheid omgezet in hoogte:

$E_k \rightarrow E_{z,\text{ vlucht}} = m \cdot g \cdot h_{\text{vlucht}}$

$\Rightarrow E_k = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}56 = 0{,}0164.. = 0{,}016 \text{ J}$

0,016 J

a3

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

$0{,}0164.. = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot v^2 \Rightarrow v^2 = 10{,}98.. \Rightarrow v = 3{,}31.. = 3{,}3 \text{ m/s}$

3,3 m/s

b

$W = F_{\text{afzet,gem}} \cdot s \rightarrow E_k$

$F_{\text{afzet,gem}} \cdot 0{,}04 = 0{,}0164 \Rightarrow F_{\text{afzet,gem}} = 0{,}412.. = 0{,}41 \text{ N}$

Deze kracht bij de afzet is de resultante van de normaalkracht en de zwaartekracht.

0,4 N

c

$$\left.\begin{array}{l} s = v_{gem} \cdot t \\ v_{gem} = \frac{0+3{,}31..}{2} = 1{,}65.. \text{ m/s} \end{array}\right\} \Rightarrow 0{,}04 = 1{,}65.. \cdot t \Rightarrow t = 0{,}024.. = 0{,}02 \text{ s}$$

0,02 s

d

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3{,}31..}{0{,}024..} = 137{,}.. \text{ m/s}^2$

$\frac{a}{g} = \frac{137{,}..}{9{,}81} = 13{,}9.. = 14$

$14 \cdot g$

33 a

$\frac{v_2}{v_1} = \frac{40 \text{ (km/h)}}{30 \text{ (km/h)}} = \frac{4}{3} = 1{,}33..$

1,3

b

$\frac{E_{k,2}}{E_{k,1}} = \frac{\frac{1}{2} m \cdot {v_2}^2}{\frac{1}{2} m \cdot {v_1}^2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \left(\frac{4}{3}\right)^2 = \frac{16}{9} = 1{,}77..$

1,8

	c	$E_{k,\text{begin}} + W = E_{k,\text{eind}}$ $E_{k,\text{begin}} - F_{\text{rem}} \cdot s_{\text{rem}} = 0 \Rightarrow F_{\text{rem}} \cdot s_{\text{rem}} = E_{k,\text{begin}}$ Dus s_{rem} evenredig met $E_{k,\text{begin}}$ als F_{rem} gelijk blijft. $\frac{s_{\text{rem},2}}{s_{\text{rem},1}} = \frac{E_{k,2}}{E_{k,1}} = \frac{16}{9} = 1{,}77..$	1,8
	d	Die is evenredig met de kinetische energie, dus in het meest ongunstige geval bijna twee keer zo groot.	–
34	**a**	$E_{k,1} + \Sigma W = E_{k,2}$ De kracht van de propeller en de wrijvingskracht remmen beide de snelheid. $\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - \left(F_{\text{propeller}} + F_w\right) \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$ $\frac{1}{2} \cdot 0{,}600 \cdot 0{,}90^2 - \left(0{,}40 + 0{,}15\right) \cdot 0{,}30 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}600 \cdot v_2^2$ $\Rightarrow 0{,}300 \cdot v_2^2 = 0{,}243 - 0{,}165 = 0{,}078 \Rightarrow v_2^2 = 0{,}26 \Rightarrow v_2 = 0{,}509.. = 0{,}51 \text{ m/s}$	0,51 m/s
	b	$E_{k,1} + \Sigma W = E_{k,2} = 0$ $\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - \left(F_{\text{propeller}} + F_w\right) \cdot s = 0$ $\frac{1}{2} \cdot 0{,}600 \cdot 0{,}90^2 - \left(0{,}40 + 0{,}15\right) \cdot s = 0$ $\Rightarrow 0{,}55 \cdot s = 0{,}243 \Rightarrow s = 0{,}441.. = 0{,}44 \text{ m}$	0,44 m
	c	Start deze berekening vanuit stilstand links. De kracht van de propeller laat de snelheid toenemen, de wrijvingskracht remt hem af. $\Sigma W = E_{k,3}$ $\left(F_{\text{propeller}} - F_w\right) \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_3^2$ $\left(0{,}40 - 0{,}15\right) \cdot 0{,}441.. = \frac{1}{2} \cdot 0{,}600 \cdot v_3^2$ $\Rightarrow 0{,}300 \cdot v_3^2 = 0{,}110.. \Rightarrow v_3^2 = 0{,}368.. \Rightarrow v_3 = 0{,}606.. = 0{,}61 \text{ m/s}$	0,61 m/s
	d	Naar links $v_{\text{gem}} = \frac{0{,}90+0}{2} = 0{,}45 \text{ m/s}$ $s = v_{\text{gem}} \cdot t_1 \Rightarrow 0{,}441.. = 0{,}45 \cdot t_1 \Rightarrow t_1 = 0{,}98.. \text{ s}$ Naar rechts $v_{\text{gem}} = \frac{0+0{,}606..}{2} = 0{,}303.. \text{ m/s}$ $s = v_{\text{gem}} \cdot t_2 \Rightarrow 0{,}441.. = 0{,}303.. \cdot t_2 \Rightarrow t_2 = 1{,}45.. \text{ s}$ Totaal: $t = 0{,}98.. + 1{,}45.. = 2{,}43.. = 2{,}4 \text{ s}$	2,4 s
35	**a**	$E_{z,A} = m_A \cdot g \cdot h_A = 0{,}200 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}80 = 1{,}56.. = 1{,}6 \text{ J}$	1,6 J
	b	$m = m_A + m_B = 0{,}200 + 0{,}700 = 0{,}900 \text{ kg}$, want beide massa's komen in beweging.	0,900 kg
	c	$E_{z,A} \rightarrow E_{k,A+B} = \frac{1}{2}\left(m_A + m_B\right) \cdot v^2$ $1{,}56.. = \frac{1}{2} \cdot 0{,}900 \cdot v^2$ $\Rightarrow 0{,}450 \cdot v^2 = 1{,}56.. \Rightarrow v^2 = 3{,}48.. \Rightarrow v = 1{,}86.. = 1{,}9 \text{ m/s}$	1,9 m/s

36	***a***	*1^e^ manier: met $F = ma$* $\Delta v = 36 - 108 = -72$ km/h $= -20$ m/s $a = \Delta v / \Delta t = -20 / 8{,}0 = -2{,}5$ m/s^2 $F_{rem} = ma = 1200 \cdot (-2{,}5) = -3{,}0$ kN 2e manier: met $Fs = ½mv_2^2 - ½mv_1^2$ $v_1 = 108/3{,}6 = 30$ m/s en $v_2 = 36/3{,}6 = 10$ m/s $v_{gem} = ½(30 + 10) = 20$ m/s $s = v_{gem}t = 20 \cdot 8{,}0 = 160$ m $F_{rem} \cdot 160 = ½ \cdot 1200 \cdot 10^2 - ½ \cdot 1200 \cdot 30^2 \Rightarrow F_{rem} = -3{,}0$ kN	3,0 kN
	b	$F_N = F_z = mg = 1200 \cdot 9{,}81 = 11{,}8$ kN $\mu = F_{w,max} / F_N = 3{,}0 \cdot 10^3 / 11{,}8 \cdot 10^3 = 0{,}25$	0,25
	c	Men probeert de invloed van de helling uit te middelen. Bij ‘helling-af’ zal de tijd natuurlijk groter zijn dan nok ‘helling-op’. Maar als de helling zo steil is, dat je een constante snelheid krijgt, wordt t_{af} oneindig. In gedachten overdrijven levert dus $t_{af} >> t_{op}$. Dan krijg je na rekenkundig middelen $t_{gem} \approx t_{af}$. Tijdmiddelen is dus geen goede methode.	–
37	***a***	$v_{gem} = \frac{50+0}{2} = 25 \text{ km/h} = (\div 3{,}6)\, 6{,}94.. = 6{,}9 \text{ m/s}$	6,9 m/s
	b	$s_{rem} = v_{gem} \cdot t = 6{,}94.. \cdot 0{,}08 = 0{,}555.. = 0{,}56 \text{ m}$	0,56 m
	c	$E_{k,1} + W_{rem} = E_{k,2}$ $\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - F_{rem} \cdot s_{rem} = 0$ $\frac{1}{2} \cdot 900 \cdot \left(\frac{50}{3{,}6}\right)^2 - F_{rem} \cdot 0{,}555.. = 0 \Rightarrow F_{rem} = 1{,}56.. \cdot 10^5 = 1{,}6 \cdot 10^5 \text{ N}$	$1{,}6 \cdot 10^5$ N
	d1	De remweg van de bestuurder is met gordel $0{,}555.. + 0{,}12 = 0{,}675..$ m $E_{k,1} + W_{rem} = E_{k,2}$ $\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - F_{rem} \cdot s_{rem} = 0$ $\frac{1}{2} \cdot 80 \cdot \left(\frac{50}{3{,}6}\right)^2 - F_{rem} \cdot 0{,}675.. = 0 \Rightarrow F_{rem} = 1{,}14.. \cdot 10^4 = 1{,}1 \cdot 10^4 \text{ N}$	$1{,}1 \cdot 10^4$ N
	d2	De remweg van de bestuurder zou dan even lang zijn als die van de auto. $\frac{1}{2} \cdot 80 \cdot \left(\frac{50}{3{,}6}\right)^2 - F_{rem} \cdot 0{,}555.. = 0$ $\Rightarrow F_{rem} = 1{,}38.. \cdot 10^4 = 1{,}4 \cdot 10^4 \text{ N}$	$1{,}4 \cdot 10^4$ N
38	***a***	Bij 260 s zie je een scherpe knik in de grafiek. De snelheid is daarna veel kleiner.	–
	b	$F_{w,L} = ½\rho c_w A v^2$ en $F_{w,L} = mg$ Alles invullen leidt tot: $c_w = 2{,}75.. \cdot 10^{-2} = 3 \cdot 10^{-2}$ Controleren van de eenheid: $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot [c_w] \Rightarrow c_w$ heeft geen eenheid.	$3 \cdot 10^{-2}$
39	***a***	$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$ α is de hoek tussen de richting van de kracht en de richting van de verplaatsing. $F_{trek,x} = 240 \text{ N} \rightarrow W > 0$ want $\alpha = 0$, kracht en verplaatsing hebben dezelfde richting $F_w = 185 \text{ N} \rightarrow W < 0$ want $\alpha = 180$, kracht en verplaatsing zijn tegengesteld gericht F_n, F_z en $F_{trek,y} = 181 \text{ N} \rightarrow W = 0$ want $\alpha = 90$, de krachten staan loodrecht op de verplaatsing	–

b

$E_{k,1} + \Sigma W = E_{k,2}$

$\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + (F_{trek,x} - F_w) \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$

$\frac{1}{2} \cdot 50 \cdot (0{,}60)^2 + (240 - 185) \cdot 2{,}5 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot v_2^2$

$\Rightarrow 25 \cdot v_2^2 = 9 + 137{,}5 = 146{,}5 \Rightarrow v_2^2 = 5{,}86 \Rightarrow v_2 = 2{,}42.. = 2{,}4 \text{ m/s}$

Antwoord: 2,4 m/s

c

In verticale richting is $\Sigma F = 0 \Rightarrow F_n + F_{trek,y} - F_z = 0 \Rightarrow F_n = F_z - F_{trek,y}$

Tijdens het trekken: $F_n = 490 - 181 = 309 \text{ N}$

Na het trekken: $F_n = 490 \text{ N}$, dus $\frac{490}{309} \times$ zo groot.

Dan is ook F_w $\frac{490}{309} \times$ zo groot, dus dan $F_w = \frac{490}{309} \cdot 185 = 293{,}3.. = 293 \text{ N}$

Antwoord: 293 N

d

$E_{k,2} + W = 0$

$\frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - F_w \cdot s_{rem} = 0$

$\frac{1}{2} \cdot 50 \cdot (2{,}42..)^2 - 293,.. \cdot s_{rem} = 0 \Rightarrow s_{rem} = 0{,}499.. = 0{,}50 \text{ m}$

Antwoord: 0,50 m

40 ***a***

v constant $\Leftrightarrow F_{motor} = F_w$

v wordt $\frac{120}{100} = 1{,}2 \times$ zo groot.

$\Rightarrow F_{motor} = F_w \sim v^2$ wordt $1{,}2^2 = 1{,}44 \times$ zo groot.

Voor dezelfde 100 km is dan nodig $1{,}44 \cdot 7{,}7 = 11{,}0.. = 11 \text{ L}$

Antwoord: 11 L

b

Volgens Binas tabel 28B is uit 1 m^3 (= 1000 L) $33 \cdot 10^9$ J te halen.

Hier is nuttig uit 1 L $0{,}23 \cdot \frac{1}{1000} \cdot 33 \cdot 10^9 = 7{,}59.. \cdot 10^6 = 7{,}6 \cdot 10^6 \text{ J}$

Antwoord: $7{,}6 \cdot 10^6$ J

c

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

$E_{ch} = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot \left(\frac{100}{3{,}6}\right)^2 = 3{,}086.. \cdot 10^5 \text{ J}$

Dit wordt geleverd door $\frac{3{,}086.. \cdot 10^5}{7{,}59.. \cdot 10^6} = 0{,}0406.. = 0{,}041 \text{ L}$

Antwoord: 41 cm^3

41 ***a***

$F_{w,max} = \mu \cdot F_N = \mu \cdot F_z = \mu \cdot mg$

$F_{w,max} \cdot s = ½mv^2 \Rightarrow s = ½mv^2 / F_{w,max}$

$s = ½\cancel{m}v^2 / \mu \cancel{m}g = v^2 / 2\mu g$.

De m valt eruit, dus s is onafhankelijk van de massa.

Antwoord: -

b1

Uit **a** volgt dat $s \sim {}^1/_\mu$ (bij dezelfde v); dus als μ 2x zo klein, dan wordt s 2x zo groot.

Antwoord: 2x zo groot

b2

$s = v_{gem} \cdot t$ en v_{gem} is gelijk gebleven, dus t ook twee keer zo groot.

Antwoord: 2x zo groot

42

$F_n \sim 8$ bollen $F_w \sim 4$ bollen $\Rightarrow \mu = F_{w,max} / F_N = 4/8 = 0{,}5$

Antwoord: 0,5

43 ***a***

$$\left.\begin{array}{l} s = v_{gem} \cdot t \\ v_{gem} = \frac{0+14}{2} = 7{,}0 \text{ m/s} \end{array}\right\} \Rightarrow 55 = 7{,}0 \cdot t \Rightarrow t = 7{,}85.. = 7{,}9 \text{ s}$$

Antwoord: 7,9 s

b

1^e^ manier: arbeid en kinetische energie

$\Sigma W = E_{k,2}$

$F_{totaal} \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$

$F_{totaal} \cdot 55 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}0 \cdot 10^4 \cdot 14^2 = 9{,}8 \cdot 10^5 \Rightarrow F_{totaal} = 1{,}78.. \cdot 10^4 = 1{,}8 \cdot 10^4 \text{ N}$

2^e^ manier: kracht en versnelling

$v = a \cdot t$

$14 = a \cdot 7{,}85.. \Rightarrow a = 1{,}78.. \text{ m/s}^2$

$\Rightarrow F_{totaal} = m \cdot a = 1{,}0 \cdot 10^4 \cdot 1{,}78.. = 1{,}78.. \cdot 10^4 = 1{,}8 \cdot 10^4 \text{ N}$

Antwoord: $1{,}8 \cdot 10^4$ N

	c	$E_{k,2} \rightarrow E_z + E_{k,3}$ $\frac{1}{2} m \cdot v_2^2 = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v_3^2$ Je kunt de berekening vereenvoudigen door de massa *m* weg te delen. $\frac{1}{2} v_2^2 = g \cdot h + \frac{1}{2} v_3^2$ $\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 14^2 = 9{,}81 \cdot 7{,}0 + \frac{1}{2} \cdot v_3^2 \Rightarrow v_3^2 = 58{,}66.. \Rightarrow v_3 = 7{,}65.. = 7{,}7$ m/s	7,7 m/s
44	**a**	$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 5{,}75 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{300}{3{,}6}\right)^2 = 1{,}996.. \cdot 10^8 = 2{,}00 \cdot 10^8$ J	$2{,}00 \cdot 10^8$ J
	b	$P_{gem} = \frac{E}{t} = \frac{1{,}996.. \cdot 10^8}{2} = 0{,}998.. \cdot 10^8 = 1{,}0 \cdot 10^8$ W	$1{,}0 \cdot 10^8$ W
	c	$\left.\begin{array}{l} s = v_{gem} \cdot t \\ v_{gem} = \frac{0+300}{2} = 150 \text{ km/h} \end{array}\right\} \Rightarrow s = \left(\frac{150}{3{,}6}\right) \cdot 2 = 83{,}3.. = 83$ m	83 m
45	**a**	De 800 J warmte is een verlies en wordt niet nuttig gebruikt. $E_{in} = P_{in} \cdot t = 400 \cdot 10 = 4000$ J $E_{nuttig} = 4000 – 800 = 3200$ J $\eta = E_{nuttig} / E_{in} = 3200 / 4000 = 0{,}80$ (= 80 %)	0,80 (= 80%)
	b	$\eta_{totaal} = 0{,}90 \cdot 0{,}40 \cdot 0{,}90 = 0{,}32$ (= 32 %)	32 %
	c	$E_{nuttig} = 0{,}93 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{13} = 5{,}58 \cdot 10^{13}$ J $t = E_{nuttig} / P_{nuttig} = 5{,}58 \cdot 10^{13} / 50 \cdot 10^6 = 1{,}1.. \cdot 10^6$ s = 310 uur = $3{,}1 \cdot 10^2$ uur	$3{,}1 \cdot 10^2$ uur