

4 Energie

vwo

4.1 Arbeid en energie

1*

a Ben je het met Jan eens? Licht je antwoord toe.

- de piano is niet verplaatst $\rightarrow s = 0$ meter
- $W = F \cdot s \rightarrow W = F \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$
- Jan heeft geen gelijk

b Heeft de gewichtheffer arbeid verricht bij zijn poging?

- het gewicht is niet verplaatst $\rightarrow s = 0$ meter
- $W = F \cdot s \rightarrow W = F \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$
- de gewichtheffer heeft geen arbeid verricht

2*

a Hoeveel arbeid verricht de gewichtheffer in deze tien seconden?

- het gewicht is niet verplaatst $\rightarrow s = 0$ meter
- $W = F \cdot s \rightarrow W = F \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$
- de gewichtheffer heeft geen arbeid verricht

b Heeft de gewichtheffer arbeid verricht om het gewicht vanaf de vloer boven zijn hoofd te krijgen?

- er is kracht uitgeoefend én het gewicht is verplaatst
- $W = F \cdot s$
- bij het optillen heeft de gewichtheffer arbeid verricht.

c Welke kracht verricht er arbeid als het gewicht valt?

- de zwaartekracht veroorzaakt de beweging en verricht arbeid

d Is de energie nog ergens aanwezig als het gewicht stil op de mat ligt?

- energie gaat nooit verloren en is dus nog ergens aanwezig
De energie zit in het indrukken van de mat en in het warmer worden van de mat.

3**

a Bereken de afstand waarover je de slee hebt verplaatst.

- $F = 25 \text{ N} \mid W = 10000 \text{ N} \cdot \text{m} \mid s = \dots \text{m}$
- $W = F \cdot s$
- $10000 = 25 \cdot s \rightarrow s = 400 = 4,0 \cdot 10^2 \text{ m}$

b Wie heeft er volgens jou gelijk, Emma, Klaas of geen van beiden?

- de slee beweegt met een constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- de wrijvingskracht moet gelijk zijn aan de trekkracht van 25 N
- Emma heeft gelijk

c Bereken de arbeid die de wrijvingskracht levert.

- $F_w = 25 \text{ N} \mid s = 400 \text{ m} \mid W = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
- $W = F \cdot s$
- $W = 25 \cdot 400 = 10000 = 10 \text{ kJ}$

4**

a Bereken de grootte van je spierkracht.

- $W = 1,0 \cdot 10^4 \text{ J} \mid s = 500 \text{ m} \mid F_x = \dots \text{ N}$
- $W = F_x \cdot s$ met $F_x = F \cdot \cos \alpha$
- $1,0 \cdot 10^4 = F_x \cdot 500 \rightarrow F_x = 20 \text{ N}$
- $20 = F \cdot \cos 25 \rightarrow F = 22,07 = 22 \text{ N}$

b Bereken de arbeid die de wrijvingskracht levert.

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0 \rightarrow F_w = F_x = 20 \text{ N}$
- $F_w = 20 \text{ N} \mid s = 500 \text{ m} \mid W_{\text{wrijving}} = \dots \text{ J}$
- $W_{\text{wrijving}} = F_w \cdot s \rightarrow W_{\text{wrijving}} = 20 \cdot 500 = 1,0 \cdot 10^4 \text{ J}$

c Bereken de arbeid die de zwaartekracht levert.

- er is geen verticale beweging
- F_z verricht geen arbeid

5**

a Hoeveel kracht heb je gebruikt bij het verschuiven van de kast?

- $s = 4 \text{ m} \mid W = 3200 \text{ N} \cdot \text{m} \mid F = \dots \text{ N}$
- $W = F \cdot s$
- $3200 = F \cdot 4 \rightarrow F = 800 = 8,0 \cdot 10^2 \text{ N}$

b Hoever kun je de kast over stokken verplaatsen als je hierbij 4000 J energie gebruikt?

- $F = 0,5 \cdot 800 = 400 \text{ N} \mid W = 4000 \text{ N} \cdot \text{m} \mid s = \dots \text{ m}$
- $W = F \cdot s$
- $4000 = 400 \cdot s \rightarrow s = 10 \text{ m}$

6**

a Wordt er tijdens het rollen arbeid op de bal verricht?

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- er wordt geen arbeid op de bal verricht

- b** Wordt er bij de botsing arbeid op de bal verricht?
- de snelheid van de bal neemt af
 - bij het afremmen werkt er een kracht op de bal
 - deze kracht verricht arbeid op de bal
- c** Waarom gebeurt dit?
- de energie van de rollende bal wordt overgedragen op de kegels

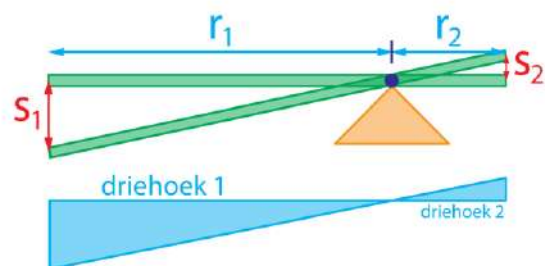
Hefbomen

7**

- a** Leg dit uit en maak daarbij gebruik van de figuur hiernaast.
- de afstand van de kracht die je uitoefent s_{in} is groter dan de afstand s_{uit} die de kist omhooggaat
 - omdat arbeid behouden blijft geldt: $F_{in} \cdot s_{in} = F_{uit} \cdot s_{uit}$
 - als s_{in} groter is dan s_{uit} moet F_{in} kleiner zijn dan F_{uit}
- b** Hoeveel kracht heeft Charlotte nodig om de kist zonder hefboom op te tillen?
- dan moet haar kracht gelijk zijn aan de zwaartekracht
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 150 \cdot 9,81 = 1471,5 \text{ N}$
- c** Hoeveel meter gaat Charlotte naar beneden als de kist 40 cm omhoog is gegaan?
- de zwaartekracht op Charlotte is $\frac{150}{40} = 3,75$ keer kleiner dan die op de kist
 - Charlotte oefent 3,75 keer minder kracht uit en moet dus 3,75 keer meer afstand afleggen
 - $3,75 \cdot 0,2 = 0,75 \text{ m}$

8***

- a** Wat wordt er bedoeld met een recht evenredig verband tussen r en s ?
- recht evenredig betekent dat als r met factor x groter (of kleiner) wordt s dan met dezelfde factor x groter (of kleiner) wordt
- b** Hoe zie je dit recht evenredige verband in de figuur?
- driehoek 1 is gelijkvormig aan driehoek 2
 - de verhouding tussen r_1 en s_1 is hetzelfde als de verhouding tussen r_2 en s_2
 - dit betekent $\frac{r_1}{s_1} = \frac{r_2}{s_2}$
 - dus als r_1 groter wordt moet s_1 met dezelfde factor groter of kleiner worden want anders blijft de breuk niet gelijk



Katrollen

9**

- a** Hoeveel meter touw moet je inhalen (naar beneden trekken) als je met een vaste katrol (zie figuur links) een kist 1,0 m omhoog moet hijsen?
- dan moet je ook 1,0 m touw inhalen

- b** Hoeveel meter touw moet je inhalen (naar boven trekken) als je met een losse katrol (zie figuur midden) een kist 1,0 m omhoog moet hijsen?
- dan moet je 2,0 m touw inhalen, want de kist hangt aan twee touwen
- c** Hoeveel meter touw moet je inhalen (naar beneden trekken) als je met een vaste en losse katrol (zie figuur rechts) een kist 1,0 m omhoog moet hijsen?
- dan moet je 2,0 m touw inhalen, want de kist hangt aan twee touwen
- d** Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **vaste katrol** gebruikt?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$
 - $W_{\text{in}} = W_{\text{uit}} \rightarrow F_{\text{in}} \cdot s_{\text{in}} = F_{\text{uit}} \cdot s_{\text{uit}} \text{ met } s_{\text{in}} = s_{\text{uit}} = 1,0 \text{ m}$
 - $F_{\text{in}} \cdot 1 = 784,8 \cdot 1 \rightarrow F_{\text{in}} = 784,8 \text{ N}$
- e** Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **losse katrol** gebruikt?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$
 - $F_{\text{in}} \cdot s_{\text{in}} = F_{\text{uit}} \cdot s_{\text{uit}} \text{ met } s_{\text{in}} = 2,0 \text{ m en } s_{\text{uit}} = 1,0 \text{ m}$
 - $F_{\text{in}} \cdot 2 = 784,8 \cdot 1 \rightarrow F_{\text{in}} = \frac{784,8}{2} = 392,4 \text{ N}$
- f** Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **vaste en losse katrol** gebruikt?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$
 - $F_{\text{in}} \cdot s_{\text{in}} = F_{\text{uit}} \cdot s_{\text{uit}} \text{ met } s_{\text{in}} = 2,0 \text{ m en } s_{\text{uit}} = 1,0 \text{ m}$
 - $F_{\text{in}} \cdot 2 = 784,8 \cdot 1 \rightarrow F_{\text{in}} = \frac{784,8}{2} = 392,4 \text{ N}$

10**

- a** Welke katrollen zijn los zijn en welke zijn vast?
- A → vaste katrol
 - B → boven vast, onder los
 - C → bovenste twee vast, onderste los
 - D → bovenste twee vast, onderste twee los
- b** Bereken hoeveel kracht je nodig hebt bij het gebruik van takel A, B en C.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 60 \cdot 9,81 = 588,6 \text{ N}$
 - beredeneer hoeveel meter touw je moet inhalen om de kist één meter omhoog te takelen
 - deze lengte wordt verdeeld over het aantal touwen waaraan de kist is opgehangen
 - A → 1 meter | B → 2 meter | C → 3 meter | D → 4 meter
 - A → 589 N | B → $\frac{588,6}{2} = 294 \text{ N}$ | C → $\frac{588,6}{3} = 196 \text{ N}$ | D → $\frac{588,6}{4} = 147 \text{ N}$

4.2 Energievormen

Chemische energie

1**

- a** Hoeveel chemische energie is er nodig om 100 km te rijden?
- opzoeken 1,0 liter benzine heeft een verbrandingswarmte van $33 \cdot 10^9$ J
 - $1 \text{ liter} = \frac{1}{1000} \text{ m}^3 \rightarrow 5 \text{ liter} = \frac{5}{1000} = 0,005 \text{ m}^3$
 - $0,005 \cdot 33 \cdot 10^9 = 1,65 \cdot 10^8$ J
- b** Hoe groot is de gemiddelde kracht tijdens het rijden?
- $W = 0,3 \cdot 1,65 \cdot 10^8 = 4,95 \cdot 10^7$ J
 - $W = 4,95 \cdot 10^7$ J | $s = 100.000$ m | $F = \dots$ N
 - $W = F \cdot s \rightarrow 4,95 \cdot 10^7 = F \cdot 100.000 \rightarrow F = 495 = 5,0 \cdot 10^2$ N

2**

- a** Hoeveel energie levert het verbranden van 1500 m^3 aardgas?
- opzoeken $1,0 \text{ m}^3$ aardgas heeft een verbrandingswarmte van $32 \cdot 10^6$ J
 - $1500 \cdot 32 \cdot 10^6 = 4,8 \cdot 10^{10}$ J
- b** Hoeveel euro bespaar je per jaar als je de verwarming 1 graad lager zet?
- besparing gas 7% van 1500 $\rightarrow 0,07 \cdot 1500 = 105 \text{ m}^3$
 - besparing euro's $105 \cdot 2,1 = 220,5$ euro

3**

- a** Hoeveel joule is 2200 kcal?
- opzoeken 1 calorie = 4,184 J $\rightarrow 1 \text{ kcal} = 1000 \text{ calorie} = 4184$ J
 - $2200 \cdot 4184 = 9,2048 \cdot 10^6 = 9,205 \cdot 10^6$ J
- b** Stel dat je alleen gekookte aardappelen zou eten, hoeveel gram aardappel moet je dan op een dag eten om op gewicht te blijven?
- 100 gram heeft $346 \cdot 10^3$ J $\rightarrow 1,0$ kg is 10×100 g geeft $346 \cdot 10^4$ J
 - $\frac{9,196 \cdot 10^6}{346 \cdot 10^4} = 2,6578 = 2,66$ kg per dag
- c** Stel dat je alleen frites zou eten, hoeveel porties mag je dan maximaal op een dag eten als je op gewicht wilt blijven?
- 100 gram heeft $1205 \cdot 10^3$ J $\rightarrow 250$ gram is $2,5 \times 100$ g geeft $3,0125 \cdot 10^6$ J
 - $\frac{9,196 \cdot 10^6}{3,0125 \cdot 10^6} = 3,0523 = 3$ porties frites per dag

d Hoeveel kilometer moet je hardlopen om te zorgen dat je niet aankomt.

- 250 gram frites geeft $3,0125 \cdot 10^6$ J
- dit is $\frac{3,0125 \cdot 10^6}{4180} = 720,694$ kcal
- je moet $\frac{720,694}{600} = 1,2$ uur hardlopen
- in 1,2 uur leg je $1,2 \cdot 12 = 14,4$ km af

Zwaarte energie

4**

a Bereken de arbeid die de motor van de hijskraan verricht.

- $F = F_z = 800 \cdot 9,81 = 7848$ N | $s = 15$ m | $W = \dots$ N·m
- $W = F \cdot s$
- $W = 7848 \cdot 15 = 117720 = 1,2 \cdot 10^5$ N·m

b Bereken de zwaarte energie die de steen heeft gekregen.

- $m = 800$ kg | $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | $h = 15$ m
- $E_z = m \cdot g \cdot h$
- $E_z = 800 \cdot 9,81 \cdot 15 = 117720 \text{ J} = 1,2 \cdot 10^5$ J

c Bereken hoe hoog de steen is opgetild.

- $E_z = 200 \cdot 10^3$ J | $m = 800$ kg | $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | $h = \dots$ m
- $E_z = m \cdot g \cdot h$
- $200 \cdot 10^3 = 800 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 25,484 = 25,5$ m

5**

a Bereken de hoogte die de kar heeft gekregen.

- $E_z = 1000$ J | $m = 20$ kg | $h = \dots$ m
- $E_z = m \cdot g \cdot h$
- $1000 = 20 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 5,0968 = 5,1$ m

b Hoeveel meter heb je afgelegd als je 1000 J arbeid verricht?

- 25 cm stijging per meter $\rightarrow$ voor iedere meter stijging leg je 4,0 m af
- $h = 5,0968$ m $\rightarrow s = 4 \cdot 5,0968 = 20,387 = 20$ m

c Bereken de kracht die je nodig hebt om de kar de helling op te trekken.

- $W = 1000$ N·m | $s = 20,387$ m | $F = \dots$ N
- $W = F \cdot s$
- $1000 = F \cdot 20,387 \rightarrow F = 49,05 = 49$ N

Kinetische energie

6**

a Toon met deze wet aan dat de eenheid newton N gelijk is aan $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

- $[m] = \text{kg} \quad | \quad [a] = \text{m} / \text{s}^2 = \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- $[F] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

b Toon aan dat de eenheid van kinetische energie N·m is.

- $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- $[E_k] = \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- $[E_k] = (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}) \cdot \text{m} \rightarrow [E_k] = \text{N} \cdot \text{m}$

7**

a Bereken de topsnelheid van de trein in meter per seconde.

- km per uur $\rightarrow$ meter per seconde: deel door 3,6
- $v = \frac{160}{3,6} = 44,44444 = 44,4 \text{ m/s}$

b Hoeveel kinetische energie heeft de trein als hij op topsnelheid rijdt?

- $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot 44,444^2 \rightarrow E_k = 3,45679 \cdot 10^8 \text{ J} = 3,46 \cdot 10^8 \text{ J}$

c Hoeveel kinetische energie heeft de trein als hij een snelheid heeft van 80 km/h.

- $v = \frac{80}{3,6} = 22,2222 \text{ m/s}$
- $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot 22,222^2 \rightarrow E_k = 8,64198 \cdot 10^7 = 8,6 \cdot 10^7 \text{ J}$

OOK GOED

- de snelheid is twee keer zo klein
- het kwadraat van de snelheid is vier keer zo klein

- $E_k = \frac{3,45679 \cdot 10^8}{4} = 8,64198 \cdot 10^7 = 8,6 \cdot 10^7 \text{ J}$

8**

a Bereken de kinetische energie van de bal tijdens het rollen.

- $s = 18,3 \text{ m} \quad | \quad t = 3,4 \text{ s} \quad | \quad v_{\text{gem}} = \dots \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 18,3 = v_{\text{gem}} \cdot 3,4 \rightarrow v_{\text{gem}} = 5,38235 \text{ m/s}$
- $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 4,5 \cdot (5,38235)^2 \rightarrow E_k = 65,1818 = 65 \text{ J}$

b Hoe is de bowlingbal aan deze energie gekomen?

- bij het werpen van de bal is er arbeid verricht door de spierkracht
- deze arbeid is in de bal gebleven als kinetische energie

c Hoe groot is de gemiddelde kracht op de bowlingbal tijdens het afremmen?

- $E_k = 65,1819 \text{ J} \quad | \quad s = 0,5 \text{ m} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
- $\Delta E_k = W = F \cdot s$
- $65,1819 = F \cdot 0,5 \rightarrow F = 130,364 = 1,3 \cdot 10^2 \text{ N}$

9***

a Bereken de kinetische energie van de olietanker.

- $11,2 \text{ knopen} = 11,2 \cdot 1,852 = 20,7424 \text{ km/h}$
- $v = \frac{20,7424}{3,6} = 5,761778 \text{ m/s}$
- $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $m = 280.000 \cdot 1000 \text{ kg} = 2,8 \cdot 10^8 \text{ kg}$
- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot 10^8 \cdot (5,761778)^2 \rightarrow E_k = 4,64773 \cdot 10^9 = 4,65 \cdot 10^9 \text{ J}$

b Hoeveel dagen moet de man kracht op de olietanker uitoefenen om het een snelheid van 11,2 knopen te geven?

- in één seconde levert de man 600 J energie
- om $4,64773 \cdot 10^9 \text{ J}$ te leveren heeft hij $\frac{4,64773 \cdot 10^9}{600} = 7,74622 \cdot 10^6 \text{ s}$ nodig
- in 1 dag zitten $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86.400 \text{ s}$
- de man moet $\frac{7,74622 \cdot 10^6}{86400} = 89,6553 = 90 \text{ dagen}$ (dag en nacht) duwen

10***

a Bereken de kinetische energie van de auto.

- $v = 90/3,6 = 25 \text{ m/s} \quad | \quad m = 1500 \text{ kg} \quad | \quad E_k = \dots \text{ J}$
- $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot 25^2 = 4,6875 \cdot 10^5 = 4,7 \cdot 10^5 \text{ J}$

b Is de kinetische energie in de bebouwde kom de helft, meer dan de helft of minder dan de helft als bij 90 km/h?

- $v = 45/3,6 = 12,5 \text{ m/s} \quad | \quad m = 1500 \text{ kg} \quad | \quad E_k = \dots \text{ J}$
- $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot 25^2 = 1,171875 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $\frac{1,171875 \cdot 10^5}{4,6875 \cdot 10^5} = 0,25$
- er is nog maar een kwart van de kinetische energie over $\rightarrow$ minder dan de helft
OOK GOED
- $v_{\text{oud}} = 90 \text{ km/h} \quad | \quad v_{\text{nieuw}} = 45 \text{ km/h}$
- $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ en $v_{\text{nieuw}} = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{oud}} \rightarrow v_{\text{nieuw}}^2 = \frac{1}{4} \cdot v_{\text{oud}}^2$
- er is nog maar een kwart van de kinetische energie over $\rightarrow$ minder dan de helft

- c** Leg uit waar de verdwenen E_K is gebleven.
- de verdwenen E_K is warmte geworden
 - deze warmte ontstaat bij het remmen
- d** Leg uit of hierdoor E_K van de auto groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
 - de massa wordt kleiner en de snelheid blijft gelijk
 - E_K wordt kleiner

11** **a** Bereken het verschil in kinetische energie tussen Edgar en Lotte.

- $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- Edgar: $E_K = \frac{1}{2} \cdot 65 \cdot (7/3,6)^2 = 122,878 \text{ J}$
- Lotte: $E_K = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot (7/3,6)^2 = 94,5216 \text{ J}$
- verschil: $122,878 - 94,5216 = 28,3564 = 28 \text{ J}$

OOK GOED

- $\Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v^2 \rightarrow \Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot (65 - 50) \cdot (7/3,6)^2 = 28,356 = 28 \text{ J}$

b Bereken hoeveel km/h Lotte moet gaan rennen om net zoveel kinetische energie te hebben als Edgar.

- Edgar: $E_K = \frac{1}{2} \cdot 65 \cdot 1,9444^2 = 122,878 \text{ J}$
- Lotte: $E_K = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot v^2 = 122,878 \text{ J} \rightarrow v = 2,217 \text{ m/s}$
- $2,217 \text{ m/s} = 2,217 \cdot 3,6 = 7,9912 = 7,9 \text{ km/h}$

12*** **a** Toon dit aan.

- $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot t^2 / a$
- $s = \frac{1}{2} \cdot (a \cdot t)^2 / a \rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot v^2 / a$

b Toon dit aan.

- $W = \Sigma F_x \cdot s \rightarrow W = m \cdot a \cdot s \rightarrow W = m \cdot a \cdot (\frac{1}{2} \cdot v^2 / a) \rightarrow W = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

c Toon dit aan.

- arbeid door F is: $W = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ en dit is gelijk aan $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

Zwaarte energie en kinetische energie

13** **a** Hoe hoog vliegt de vogel boven de grond?

- $E_Z = 60 \text{ J} \mid m = 0,15 \text{ kg} \mid h = \dots \text{ m}$
- $E_Z = m \cdot g \cdot h$
- $60 = 0,15 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 40,7747 = 41 \text{ m}$

b Met welke snelheid vliegt de vogel?

- $E_{\text{totaal}} = E_Z + E_K \rightarrow 80 = 60 + E_K \rightarrow E_K = 20 \text{ J}$
- $E_Z = 20 \text{ J} \mid m = 0,15 \text{ kg} \mid v = \dots \text{ m/s}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $20 = \frac{1}{2} \cdot 0,15 \cdot v^2 \rightarrow v^2 = 266,6667 \rightarrow v = 16,3299 = 16 \text{ m/s}$

Veerenergie

14**

a Bereken de veerconstante van de veer.

- $u = 0,25 \text{ m} \mid E_{\text{veer}} = 3,0 \text{ J} \mid C = \dots \text{ N/m}$
- $E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} C \cdot u^2$
- $3 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot 0,25^2 \rightarrow C = 96 \text{ N/m}$

b Bereken de arbeid die nodig is om deze veer 40 cm uit te rekken.

- $u = 0,40 \text{ m} \mid C = 96 \text{ N/m} \mid E_{\text{veer}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} C \cdot u^2 \rightarrow E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} \cdot 96 \cdot 0,4^2 = 7,68 = 7,7 \text{ J}$

c Bereken zonder rekenmachine de arbeid die nodig is om deze veer 50 cm uit te rekken.

- 25 cm uitrekken kost 3,0 J energie
- 50 cm uitrekken $\rightarrow u$ wordt twee keer zo groot
- u^2 wordt vier keer zo groot $\rightarrow E_{\text{veer}}$ wordt vier keer groter
- $E_{\text{veer}} = 4 \cdot 3 = 12 \text{ J}$

Wet van behoud van energie

15**

a Bereken de snelheid waarmee de balpen op de grond valt.

- $E_{\text{begin}} = E_Z \mid E_{\text{eind}} = E_K \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $E_Z = E_K \rightarrow m \cdot 9,81 \cdot 0,75 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot 0,75 = \frac{1}{2} \cdot v^2 \rightarrow v = 3,836 = 3,8 \text{ m/s}$

16**

a Hoe hoog komt de bal.

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $E_K = E_Z \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot 8^2 = m \cdot 9,81 \cdot h$ m wegstrepen
- $32 = 9,81 \cdot h \rightarrow h = 3,26198 = 3,3 \text{ m}$

b Met welke snelheid valt de bal op de grond?

- energie gaat niet verloren (wet van behoud van energie)
- de bal komt met dezelfde snelheid op de grond $\rightarrow 8,0 \text{ m/s}$

c Hoe hoog is het dak van de schuur?

- neem als begin wanneer de bal op het hoogste punt is (antwoord vraag a)
- $E_{\text{begin}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $m \cdot 9,81 \cdot 3,26198 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 4^2 + m \cdot 9,81 \cdot h$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot 3,26198 = \frac{1}{2} \cdot 4^2 + 9,81 \cdot h \rightarrow 32 = 8 + 9,81 \cdot h$
- $24 = 9,81 \cdot h \rightarrow h = 2,44648 = 2,4 \text{ m}$

17***

a Bereken E_{uit} (de arbeid van de wrijvingskracht).

- $E_{\text{uit}} = W = F_w \cdot s$
- $E_{\text{uit}} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ J}$

b Bereken de snelheid waarmee de steen op de grond valt.

- $E_{\text{begin}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = F_w \cdot s$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $2 \cdot 9,81 \cdot 5 - 3 \cdot 5 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot v^2 \rightarrow v^2 = 98,1 - 15 = 83,1 \rightarrow v = 9,11592 = 9,1 \text{ m/s}$

18**

a Hoeveel is zijn zwaartepunt hierbij omhoog gegaan?

- $E_Z = m \cdot g \cdot h$
- $1000 = 98 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 1,04017 = 1,0 \text{ m}$

b Hoeveel kinetische energie had hij toen hij los kwam van de grond?

- $E_{\text{begin}} = E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} \rightarrow E_K = E_Z = 1000 \text{ J}$

c Met welke snelheid kwam hij los van de grond?

- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = 1000 \text{ J}$
- $\frac{1}{2} \cdot 98 \cdot v^2 = 1000 \rightarrow v = 4,51754 = 4,5 \text{ m/s}$

d Beredeneer met welke snelheid hij weer op de grond landt.

- als hij landt heeft hij evenveel kinetische energie als bij het loskomen
- hij landt met een snelheid van 4,5 m/s

19**

a Hoeveel kinetische energie heeft het steentje als het loskomt?

- bij loskomen: $E_{\text{begin}} = E_K = 16 \text{ J}$

b Met welke snelheid komt het steentje los?

- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow 16 = \frac{1}{2} \cdot 0,08 \cdot v^2 \rightarrow v = 20 \text{ m/s}$

c Hoe hoog komt het steentje?

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \rightarrow E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} = 16 \text{ J}$
- $m \cdot g \cdot h = 16 \rightarrow 0,080 \cdot 9,81 \cdot h = 16 \rightarrow h = 20,387 = 20 \text{ m}$

d Op welke hoogte heeft het steentje 8,0 J kinetische energie?

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K = E_Z + 8 \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} \rightarrow 16 = E_Z + 8 \rightarrow E_Z = 8 \text{ J}$
- $0,08 \cdot 9,81 \cdot h = 8 \rightarrow h = 10,19368 = 10 \text{ m}$

e Op welke hoogte heeft het steentje de helft van zijn beginsnelheid?

- $v = \frac{20}{2} = 10 \text{ m/s} \rightarrow E_K = \frac{1}{2} \cdot 0,08 \cdot 10^2 = 4,0 \text{ J}$
- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K = E_Z + 4 \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} \rightarrow 16 = E_Z + 4 \rightarrow E_Z = 12 \text{ J}$
- $E_Z = m \cdot g \cdot h \rightarrow 12 = 0,08 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 15,29 = 15 \text{ m}$

20***

a Op welke hoogte heeft de bal een snelheid van 8,0 m/s?

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $\frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ **m wegstrepen**
- $\frac{1}{2} \cdot 14^2 = 9,81 \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} \cdot 8^2 \rightarrow 98 = 9,81 \cdot h_{\text{eind}} + 32 \rightarrow h_{\text{eind}} = 6,7278 = 6,7 \text{ m}$

b Hoe groot is de snelheid van de bal op 8,0 m hoogte?

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $\frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ **m wegstrepen**
- $\frac{1}{2} \cdot 14^2 = 9,81 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow 98 = 9,81 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 6,2482 = 6,2 \text{ m/s}$

c Hoe hoog komt de bal?

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $\frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$ **m wegstrepen**
- $\frac{1}{2} \cdot 14^2 = 9,81 \cdot h_{\text{eind}} \rightarrow 98 = 9,81 \cdot h_{\text{eind}} \rightarrow h_{\text{eind}} = 9,9898 = 10 \text{ m}$

21*****a** Bereken de maximale hoogte $h_{\max}$ die de kogel bereikt.

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} \quad \text{m wegstrepen}$
- $9,81 \cdot 60 + \frac{1}{2} \cdot 40^2 = 9,81 \cdot h_{\text{eind}} \rightarrow h_{\text{eind}} = 141,5494 = 1,4 \cdot 10^2 \text{ m}$

b Bereken de arbeid die de zwaartekracht verricht bij de beweging van h tot $h_{\max}$.

- $F = -F_Z = -m \cdot g = -0,73575 \text{ N} \quad \text{minteken want } F_Z \text{ remt de kogel af}$
- $F = -0,73575 \text{ N} \quad | \quad s = 141,5494 - 60 = 81,5494 \text{ m} \quad | \quad W = \dots \text{ J}$
- $W = F \cdot s \rightarrow W = -0,73575 \cdot 81,5494 = -60 \text{ J}$

c Bereken de arbeid die de zwaartekracht verricht bij de beweging van $h_{\max}$ tot de grond.

- $F = F_Z = m \cdot g = 0,73575 \text{ N} \quad \text{plusteken want } F_Z \text{ versnelt de kogel}$
- $F = 0,73575 \text{ N} \quad | \quad s = 141,5494 \text{ m} \quad | \quad W = \dots \text{ J}$
- $W = F \cdot s \rightarrow W = 0,73575 \cdot 141,5494 = 104,145 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ J}$

d Bereken de arbeid die de zwaartekracht verricht tussen het begin en einde van de beweging.

- $W_{\text{totaal}} = W_{\text{ophoog}} + W_{\text{omlaag}}$
- $W_{\text{totaal}} = -60 + 104,145 = 44,145 = 44 \text{ J}$

e Leg uit waarom de arbeid die de zwaartekracht tussen het begin en einde van de beweging verricht alleen wordt bepaald door h en niet door v_{begin} of $h_{\max}$.

- omhoog van h tot $h_{\max}$ wordt later in de andere richting afgelegd
- tussen h_{begin} en $h_{\max}$ is de arbeid van de zwaartekracht -60 J
- tussen $h_{\max}$ en h_{begin} is de arbeid van de zwaartekracht $+60 \text{ J}$
- als de kogel terug is op 60 m heeft de zwaartekracht geen netto arbeid verricht
- tussen hoogte 60 m en de grond verricht de zwaartekracht 44 J positieve arbeid

f Bereken de snelheid waarmee de kogel op de grond valt.

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 \quad \text{m wegstrepen}$
- $9,81 \cdot 60 + \frac{1}{2} \cdot 40^2 = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 52,699 = 53 \text{ m/s}$

22*****a** Bereken de motorkracht.

- $m = 400 \cdot 10^3 \text{ kg} \quad | \quad a = 0,50 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_{\text{res}} = \dots \text{ N}$
- $F_{\text{motor}} = F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{motor}} = 400 \cdot 10^3 \cdot 0,5 = 200 \cdot 10^3 = 2,0 \cdot 10^5 \text{ N}$

b Bereken de arbeid die de motor in de eerste seconde verricht.

- $\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}} = a \cdot t \rightarrow v_{\text{eind}} = 0,5 \cdot 1 = 0,50 \text{ m/s}$ $v_{\text{begin}} = 0$
- $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2} v_{\text{eind}} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{1}{2} \cdot 0,50 = 0,25 \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ m}$
- $W = F \cdot s \rightarrow W = 2,0 \cdot 10^5 \cdot 0,25 = 5,0 \cdot 10^4 \text{ J}$

c Bereken de arbeid die de motor in de tweede seconde verricht.

- $\Delta v = a \cdot t \rightarrow \Delta v = 0,5 \cdot 2 = 1,0 \text{ m/s}$
- $v_{\text{gem}} = \frac{v_1 + v_2}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{0,5 + 1,0}{2} = 0,75 \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 0,75 \cdot 1 = 0,75 \text{ m}$
- $W = F \cdot s \rightarrow W = 2,0 \cdot 10^5 \cdot 0,75 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ J}$

d Leg uit waarom de motor in de tweede seconde meer arbeid verricht dan in de eerste seconde.

- in de tweede seconde legt de trein drie keer zoveel afstand af
- de kracht blijft hetzelfde
- in de tweede seconde wordt er drie keer meer arbeid verricht

e Bereken de verplaatsing van de trein in de 10^e seconde (tussen $t=9,0 \text{ s}$ en $t=10 \text{ s}$).

- na 9 s $\rightarrow \Delta v = a \cdot t \rightarrow \Delta v = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \text{ m/s}$
- na 10 s $\rightarrow \Delta v = a \cdot t \rightarrow \Delta v = 0,5 \cdot 10 = 5,0 \text{ m/s}$
- $v_{\text{gem}} = \frac{v_1 + v_2}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{4,5 + 5}{2} = 4,75 \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 4,75 \cdot 1 = 4,75 = 5,0 \text{ m}$

f Bereken de arbeid die de motorkracht verricht in de 10^e seconde.

- $F = 2,0 \cdot 10^5 \text{ N} \mid s = 4,75 \text{ m} \mid W = \dots \text{ J}$
- $W = F \cdot s \rightarrow W = 2,0 \cdot 10^5 \cdot 4,75 = 9,5 \cdot 10^5 \text{ J}$

23***

a Bereken hoeveel meter je bent gestegen als je 1,0 km hebt gefietst.

- $\sin \alpha = \frac{\text{overstaand}}{\text{schuin}}$
- $\sin 15 = \frac{\text{overstaand}}{5000} \rightarrow \text{overstaand} = 1294,095 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ m}$

b Bereken de arbeid die je moet verrichten om 5,0 km af te leggen.

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \mid E_{\text{in}} = W \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- constante snelheid $\rightarrow E_{K \text{ begin}} = E_{K \text{ eind}} \rightarrow E_K$ **wegstrepen**
- $W = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} \rightarrow W = 75 \cdot 9,81 \cdot 1294,095 = 9,5213 \cdot 10^5 = 9,5 \cdot 10^5 \text{ J}$

- c Hoeveel kracht moeten je remmen minimaal uitoefenen om op de helling stil te staat.
- de minimale remkracht om stil te staan is gelijk aan de kracht om met constante snelheid de berg op te rijden want in beide gevallen geldt $F_{\text{res}} = 0$
 - $s = 5000 \text{ m} \quad | \quad W = 9,5213 \cdot 10^5 \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
 - $W = F \cdot s \rightarrow 9,5213 \cdot 10^5 = F \cdot 5000 \rightarrow F = 1,90426 \cdot 10^2 = 1,9 \cdot 10^2 \text{ N}$

24***

a Op welke hoogte is de wagen losgelaten?

- $E_{\text{begin}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $E_{Z \text{ begin}} = E_{Z \text{ eind}} + E_{K \text{ eind}} \rightarrow m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot h_{\text{begin}} = 9,81 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 15^2 \rightarrow h_{\text{begin}} = 17,46789 = 17 \text{ m}$

b Bereken de hoogte van plaats B.

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ neem plaats A als begin
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 15^2 = 9,81 \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} \cdot 10^2 \rightarrow h_{\text{eind}} = 12,37105 = 12 \text{ m}$

c Bereken de snelheid waarmee de wagen in plaats C aankomt.

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ neem plaats A als begin
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 15^2 = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 18,5127 = 19 \text{ m/s}$

d Ben je het met Johan eens? Geef uitleg.

- aan de berekening zie je dat alleen de energie in het begin bij punt A er toe doet
- hoe de wagen van A naar C gaat is niet belangrijk
- Johan heeft geen gelijk als er wrijving is maakt de afstand wél uit

25***

a Voor de snelheid v waarmee de kogel op de grond komt geldt: $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
Toon dit aan.

- $E_{\text{begin}} = E_Z = m \cdot g \cdot h$ begin $v = 0 \rightarrow E_{K \text{ begin}} = 0$
- $E_{\text{eind}} = E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ eind $h = 0 \rightarrow E_{Z \text{ eind}} = 0$
- $E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ m wegstrepen
- $v^2 = 2 \cdot g \cdot h \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

26***

a Met welke snelheid raakt de kogel de grond?

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot 25 + \frac{1}{2} \cdot 40^2 = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 45,72199 = 46 \text{ m/s}$

b Bereken hoek α .

- de snelheid in horizontale richting is constant want er is geen wrijving
- horizontaal: $v_x = 40 \text{ m/s}$
- $\cos \alpha = \frac{v_x}{v_{\text{eind}}} \rightarrow \cos \alpha = \frac{40}{45,722} = 0,87485 \rightarrow \alpha = \cos^{-1} 0,87485 = 29^\circ$

27***

a Met welke snelheid valt het steentje op de grond?

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 20^2 = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 22,75346 = 23 \text{ m/s}$

b Welke gegevens zijn overbodig?

- de massa is overbodig want wordt weggestreept
- de hoek waarmee je het steentje gooit gebruik je niet in de berekening

c Als je het steentje met twee keer zoveel snelheid weggooit komt hij dan ook met twee keer zo veel snelheid op de grond?

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen
- $9,81 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 40^2 = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 41,44539 = 41 \text{ m/s}$
- 41,45 is minder dan twee keer 22,75 dus nee

28****

a Voor de grootte van snelheid v waarmee de kogel de grond raakt geldt:

- $v_{\text{eind}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + v_{\text{begin}}^2}$. Toon dit aan.
- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ met $E_{\text{in}} = 0$ en $E_{\text{uit}} = 0$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen en vermenigvuldigd met 2
- $v_{\text{eind}}^2 = 2 \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + v_{\text{begin}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + v_{\text{begin}}^2}$

b Leg uit wie van hen gelijk heeft.

- $E_{\text{tot}} = m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$ de totale aanwezige mechanische energie
- op ieder tijdstip geldt: $m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{begin}}^2$ m wegstrepen
- $g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} \cdot v_{\text{begin}}^2$
- op ieder tijdstip zijn h en v onafhankelijk van de massa
- omdat op ieder moment h en v onafhankelijk zijn van de massa is de totale afgelegde afstand en de totale tijd ook onafhankelijk van de massa
- Emma heeft dus gelijk

c Leg uit wie van hen gelijk heeft.

- als de kogel (schuin) omhoog wordt geschoten is zijn baan langer dan wanneer hij (schuin) omlaag wordt geschoten.
- de eindsnelheid is in beide gevallen gelijk
- de tijd zal voor een (schuin) omhoog geschoten kogel langer zijn dan van een (schuin) omlaag geschoten kogel → Anouk heeft gelijk

4.3 Energie afstaan door wrijving

1**

a Bereken de snelheid waarmee de steen op de grond valt.

- $E_{\text{begin}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = F_W \cdot s$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \rightarrow E_{\text{begin}} - F_W \cdot s = E_{\text{eind}}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} - F_W \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$
- $2 \cdot 9,81 \cdot 5 - 3 \cdot 5 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 9,11592 = 9,1 \text{ m/s}$

2**

a Hoeveel afstand leg je op het horizontale stuk af voor je tot stilstand komt?

- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = F_W \cdot s$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \rightarrow E_{\text{begin}} - F_W \cdot s = E_{\text{eind}}$
- $h_{\text{begin}} = h_{\text{eind}} \rightarrow E_Z \text{ verandert niet} \rightarrow E_Z \text{ wegstrepen}$
- $\frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 - F_W \cdot s = 0$
- $\frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 10^2 = 40 \cdot s \rightarrow s = 75 \text{ m}$

b Hoe groot is je snelheid na 50 m?

- $\frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 - F_W \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$
- $\frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 10^2 - 40 \cdot 50 = \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 5,7735 = 5,8 \text{ m/s}$

c Op welke afstand is je snelheid 3,0 m/s?

- $\frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 - F_W \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$
- $\frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 10^2 - 40 \cdot s = \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 3^2 \rightarrow s = 68,25 = 68 \text{ m}$

3***

a Bereken de snelheid van Jeroen onder aan de helling als er geen wrijvingskrachten zijn.

- $E_{\text{begin}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad m \text{ wegstrepen}$
- $g \cdot h = \frac{1}{2} v^2 \rightarrow 9,81 \cdot 8 = \frac{1}{2} v^2 \rightarrow v = 12,52837 = 13 \text{ m/s}$

b Bereken opnieuw de snelheid van Jeroen onder aan de helling.

- omdat er geen wrijving is speelt de lengte van de helling geen rol
- $v = 13 \text{ m/s}$

c Hoe groot is de gemiddelde remkracht die hij moet uitoefenen om onderaan de helling een snelheid van 36 km/h te hebben.

- $E_{\text{begin}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = 0 \quad | \quad E_{\text{uit}} = F_W \cdot s = F_W \cdot 50$

- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $65 \cdot 9,81 \cdot 8 - F_W \cdot 50 = \frac{1}{2} 65 \cdot 10^2 \rightarrow 5101,2 - F_W \cdot 50 = 3250 \quad 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$
- $F_W \cdot 50 = 5101,2 - 3250 = 1851,2 \rightarrow F_W = \frac{1851,2}{50} = 37,024 = 37 \text{ N}$

4***

a Bereken de arbeid die je moet verrichten om 1,0 km af te leggen

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \mid E_{\text{in}} = W_{\text{in}} \mid E_{\text{uit}} = F_W \cdot s$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow E_K \text{ verandert niet} \rightarrow E_K \text{ wegstrepen}$
- $W_{\text{in}} - F_W \cdot s = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$
- in 1,0 km stijg je $1000 \cdot 0,2 = 200 \text{ m}$
- $W_{\text{in}} - 50 \cdot 1000 = 70 \cdot 9,81 \cdot 200 \rightarrow W = 1,8734 \cdot 10^5 = 1,9 \cdot 10^5 \text{ J}$

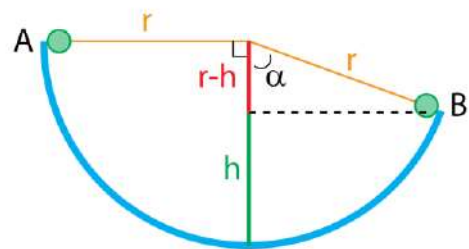
b Bereken de kracht van je voet op de trapper als je de berg op fietst.

- $W = F_{\text{spier}} \cdot s \text{ met } W = 1,8734 \cdot 10^5 \text{ J}$
- afstand voet is $0,5 \cdot 1000 = 500 \text{ m}$
- $1,8734 \cdot 10^5 = F_{\text{spier}} \cdot 500 \rightarrow F_{\text{spier}} = 3,7468 \cdot 10^2 = 3,7 \cdot 10^2 \text{ N}$

5****

a Toon dit aan.

- $\cos \alpha = \frac{r-h}{r}$
- $r-h = r \cdot \cos \alpha \rightarrow h = r - r \cdot \cos \alpha$



b Bereken de snelheid waarmee de kogel de goot bij B verlaat.

- $E_{\text{begin}} = E_Z \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \text{ met } E_{\text{in}} = 0 \text{ en } E_{\text{uit}} = 0$
- $h_{\text{begin}} = r = 0,50 \text{ m} \mid h_{\text{eind}} = 0,5 - 0,5 \cdot \cos 70 = 0,32899 \text{ m}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 \quad m \text{ wegstrepen}$
- $9,81 \cdot 0,5 = 9,81 \cdot 0,32899 + \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 1,83173 = 1,8 \text{ m/s}$

c Bereken de snelheid waarmee de kogel de goot bij B verlaat als de wrijvingskracht 30 mN is.

- $E_{\text{begin}} = E_Z \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \mid E_{\text{in}} = 0 \mid E_{\text{uit}} = F_W \cdot s$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \text{ met } E_{\text{in}} = 0 \text{ en } E_{\text{uit}} = F_W \cdot s \rightarrow E_{\text{begin}} - F_W \cdot s = E_{\text{eind}}$
- $h_{\text{begin}} = r = 0,50 \text{ m} \mid h_{\text{eind}} = 0,5 - 0,5 \cdot \cos 70 = 0,32899 \text{ m}$
- $s = \text{booglengte} = \frac{90 + \alpha}{360} \cdot 2\pi \cdot r \rightarrow s = \frac{90 + 70}{360} \cdot 2\pi \cdot 0,5 = 1,39626 \text{ m}$
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} - F_W \cdot s = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$

- $7,0 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81 \cdot 0,5 - 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot 1,39626 = 7,0 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81 \cdot 0,32899 + \frac{1}{2} \cdot 7,0 \cdot 10^{-2} \cdot v_{\text{eind}}^2$
- $0,34335 - 4,18878 \cdot 10^{-2} = 0,22592 + 3,5 \cdot 10^{-2} \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 1,46913 = 1,5 \text{ m/s}$

d Bereken hoe groot de wrijvingskracht moet zijn om er voor te zorgen dat de kogel precies bij B tot stilstand komt.

- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ met $E_{\text{in}} = 0$ en $E_{\text{uit}} = F_W \cdot s$
- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow E_K$ verandert niet E_K wegstrepen
- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} - F_W \cdot s = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$
- $s = \text{booglengte} = \frac{90 + \alpha}{360} \cdot 2\pi \cdot r \rightarrow s = \frac{90 + 70}{360} \cdot 2\pi \cdot 0,5 = 1,39626 \text{ m}$
- $7,0 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81 \cdot 0,5 - F_W \cdot 1,39626 = 7,0 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81 \cdot 0,32899$
- $F_W = 8,4105 \cdot 10^{-2} = 8,4 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

4.4 Arbeid en kinetische energie

Gebruik waar mogelijk de wet van arbeid en kinetische energie.

1***

a Hoeveel arbeid heeft de motor verricht?

- $F = 1,0 \text{ N} \quad | \quad s = 0,80 \text{ m} \quad | \quad W = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
- $W = F \cdot s$
- $W = 1 \cdot 0,8 = 0,80 \text{ N} \cdot \text{m}$

b Hoe groot is de eindsnelheid van het treintje?

- $W_{\text{tot}} = \Delta E_K \rightarrow W_{\text{tot}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $0,8 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 2,82843 = 2,8 \text{ m/s}$

c Na hoeveel meter heeft de speelgoedtrein een snelheid van 2,0 m/s?

- $m = 0,20 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 0 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 2,0 \text{ m/s} \quad | \quad F = 1,0 \text{ N} \quad | \quad s = \dots \text{ m}$
- $W_{\text{tot}} = \Delta E_K \rightarrow F_{\text{res}} \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $1 \cdot s = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 2^2 \rightarrow s = 0,40 \text{ m}$

d Welke afstand legt de trein af om zijn snelheid van 1,0 m/s tot 2,0 m/s te laten toenemen?

- $m = 0,20 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 1,0 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 2,0 \text{ m/s} \quad | \quad F = 1,0 \text{ N} \quad | \quad s = \dots \text{ m}$
- $W_{\text{tot}} = \Delta E_K \rightarrow F_{\text{res}} \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $1 \cdot s = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 2^2 - \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 1^2 \rightarrow s = 0,30 \text{ m}$

2**

a Hoeveel afstand legt ze tijdens het remmen af?

- $m = 70 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 6,0 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 0 \text{ m/s} \quad | \quad F = 150 \text{ N} \quad | \quad s = \dots \text{ m}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $-150 \cdot s = 0 - \frac{1}{2} \cdot 70 \cdot 6^2 = -1260 \rightarrow s = 8,4 \text{ m}$ minteken want remkracht

b Na hoeveel meter is haar snelheid afgenomen tot 3,0 m/s?

- $m = 70 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 6,0 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 3,0 \text{ m/s} \quad | \quad \Sigma F_x = 150 \text{ N} \quad | \quad s = \dots \text{ m}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $-150 \cdot s = \frac{1}{2} \cdot 70 \cdot 3^2 - \frac{1}{2} \cdot 70 \cdot 6^2 = -945 \rightarrow s = 6,3 \text{ m}$

c Hoeveel remkracht moet ze geven om vlak voor de kat tot stilstand te komen?

- $m = 70 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 6,0 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 0 \text{ m/s} \quad | \quad s = 4,0 \text{ m} \quad | \quad \Sigma F_x = \dots \text{ N}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$ $v_{\text{eind}} = 0 \rightarrow E_{K \text{ eind}} \text{ wegstrepen}$
- $F \cdot 4 = -\frac{1}{2} \cdot 70 \cdot 6^2 = -1260 \rightarrow F = -315 = -3,1 \cdot 10^2 \text{ N}$

3***

a Met welke snelheid passeert Jan het stoplicht?

- $s = 100 \text{ m} \quad | \quad t = 10 \text{ s} \quad | \quad v_{\text{gem}} = \dots \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 100 = v_{\text{gem}} \cdot 10 \rightarrow v_{\text{gem}} = 10 \text{ m/s}$
- $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow 10 = \frac{7 + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow v_{\text{eind}} = 13 \text{ m/s}$

b Bereken de noodzakelijke versnelling van de scooter.

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13 - 7}{10} = 0,60 \text{ m/s}^2$

c Bereken de arbeid die de motor verricht tijdens de versnelling met $\Sigma W = \Delta E_K$.

- $m = 250 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 7 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 13 \text{ m/s} \quad | \quad \Sigma W = \dots \text{ J}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $\Sigma W = \frac{1}{2} \cdot 250 \cdot 13^2 - \frac{1}{2} \cdot 250 \cdot 7^2 \rightarrow \Sigma W = 1,5 \cdot 10^4 \text{ J}$

d Bereken de arbeid die de motor verricht tijdens de versnelling met $\Sigma F = m \cdot a$.

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 250 \cdot 0,6 = 150 \text{ N}$
- $W = F \cdot s = 150 \cdot 100 = 1,5 \cdot 10^4 \text{ J}$

4***

a Bereken de kracht op deze auto.

- $m = 1200 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 50/3,6 = 13,888 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 0 \text{ m/s} \quad | \quad s = 0,30 \text{ m}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \quad \Sigma F_x = F$
- $F \cdot 0,3 = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 0^2 - \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 13,888^2 = -1,15741 \cdot 10^5$
- $F = -3,85802 \cdot 10^5 = -3,9 \cdot 10^5 \text{ N} \quad \text{minteken want remkracht}$

b Bereken de vertraging van deze auto.

- $m = 1200 \text{ kg} \quad | \quad \Sigma F = 3,85802 \cdot 10^5 \text{ N} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 3,85802 \cdot 10^5 = 1200 \cdot a \rightarrow a = 3,21502 \cdot 10^2 = 3,2 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$

c Na hoeveel seconden staat deze auto stil?

- $\Delta v = 13,888 \text{ m/s} \quad | \quad a = 3,21502 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2 \quad | \quad t = \dots \text{ s}$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 13,888 = 3,21502 \cdot 10^2 \cdot t \rightarrow t = 4,32 \cdot 10^{-2} = 4,3 \cdot 10^{-2} \text{ s}$

5***

a Bereken de afstand die het karretje tijdens het remmen aflegt.

- $v_{\text{begin}} = 18 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 3,0 \text{ m/s} \quad | \quad F_{\text{res}} = -2500 \text{ N} \quad | \quad m = 200 \text{ kg} \quad | \quad s = \dots \text{ m}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \quad \Sigma F \text{ krijgt minteken want remkracht}$
- $-2500 \cdot s = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 3^2 - \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 18^2 \rightarrow -2500 \cdot s = 900 - 32400 = -31500$
- $s = \frac{31500}{2500} = 12,6 = 13 \text{ m} \quad \text{mintekens wegstrepen}$

b Hoe groot is de remkracht in de aankomsthal?

- $m = 200 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 3,0 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 0 \text{ m/s} \quad | \quad s = 1,5 \text{ m} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \quad \Sigma F_x = F$
- $F \cdot 1,5 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 0^2 - \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 3^2 = -900 \rightarrow F = -600 = -6,0 \cdot 10^2 \text{ N} \quad \text{remkracht}$

c Hoe groot is de vertraging in de aankomsthal?

- $m = 200 \text{ kg} \quad | \quad F = 600 \text{ N} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 600 = 200 \cdot a \rightarrow a = 3,0 \text{ m/s}^2$

6****

a Leg uit waarom je dit mag concluderen.

- bij het dalen oefent de zwaartekracht arbeid uit
- als er geen weerstandskracht is veroorzaakt deze arbeid een toename van de kinetische energie
- als de snelheid constant is neemt E_K niet toe en moet er dus nog een kracht werken
- deze kracht is de weerstandskracht op het zweefvliegtuig

b Bereken de weerstandskracht.

- $m = 350 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} = 90/3,6 = 25 \text{ m/s} \quad | \quad s_{\text{verticaal}} = 0,80 \text{ m}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow \Sigma W = \Delta E_K = 0$
- $\Sigma W = W_Z + W_W = 0 \rightarrow F_Z \cdot s_{\text{verticaal}} + F_W \cdot s = 0 \quad \text{gebruik afstand per seconde}$
- $350 \cdot 9,81 \cdot 0,8 + F_W \cdot 25 = 0 \rightarrow F_W = -109,872 = -1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$

7****

a Hoeveel is de vrachtauto na 1,0 km gestegen?

- $m = 20 \cdot 10^3 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} = 60/3,6 = 16,666 \text{ m/s} \quad | \quad s = 1000 \text{ m}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow \Sigma W = \Delta E_K = 0$
- $W_{\text{motor}} + W_Z = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} \cdot s + F_Z \cdot s_{\text{verticaal}} = 0$
- $1,0 \cdot 10^4 \cdot 1000 - 2,0 \cdot 10^4 \cdot 9,81 \cdot s_{\text{verticaal}} = 0 \rightarrow s_{\text{verticaal}} = 50,9684 = 51 \text{ m}$

b Bereken de benodigde remkracht.

- $m = 20 \cdot 10^3 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{begin}} = 80/3,6 = 22,222 \text{ m/s} \quad | \quad v_{\text{eind}} = 30/3,6 = 8,333 \text{ m/s}$
- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F_x \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $\Sigma W = \frac{1}{2} \cdot 2,0 \cdot 10^4 \cdot 8,333^2 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 \cdot 10^4 \cdot 22,222^2 \rightarrow \Sigma W = -4,243827 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $s_{\text{verticaal}} = 40 \text{ m} \quad | \quad s = 200 \text{ m} \quad | \quad F_Z = 2,0 \cdot 10^4 \cdot 9,81 = 1,962 \cdot 10^5 \text{ N}$
- $\Sigma W = W_Z - W_{\text{rem}} \rightarrow \Sigma W = F_Z \cdot s_{\text{verticaal}} - F_{\text{rem}} \cdot s$
- $-4,243827 \cdot 10^6 = 1,962 \cdot 10^5 \cdot 40 - F_{\text{rem}} \cdot 200 \rightarrow F_{\text{rem}} = 6,0459 \cdot 10^4 = 6,0 \cdot 10^4 \text{ N}$

4.5 Vermogen

1**

a Hoeveel pk(hp) is dit?

- opzoeken: 1 pk (hp) = 745,7 W
- aantal pk (hp): $\frac{7500}{745,7} = 10,058 = 10 \text{ pk (hp)}$

b Met welke snelheid kan de hijskraan een last van 1000 kg ophijzen?

- $P = 7500 \text{ W} \quad | \quad F = 1000 \cdot 9,81 = 9810 \text{ N} \quad | \quad v = \dots \text{ m/s}$
- $P = F \cdot v$
- $7500 = 9810 \cdot v \rightarrow v = 0,7645 = 0,76 \text{ m/s}$

c Hoeveel dakpannen worden per keer omhoog gebracht?

- $s = 25 \text{ m} \quad | \quad t = 13 \text{ s} \quad | \quad v_{\text{gem}} = \dots \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 25 = v_{\text{gem}} \cdot 13 \rightarrow v_{\text{gem}} = 1,92308 \text{ m/s}$
- $P = 7500 \text{ W} \quad | \quad v = 1,92308 \text{ m/s} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
- $P = F \cdot v \rightarrow 7500 = F \cdot 1,92308 \rightarrow F = 3900 \text{ N}$
- gewicht van één dakpan: $5 \cdot 9,81 = 49,05 \text{ N}$
- aantal dakpannen: $\frac{3900}{49,05} = 79,51$ afronden op 79 of op 80 dakpannen

2**

a Bereken het vermogen van één roeier.

- constante snelheid $\rightarrow F_{\text{res}} = 0 \rightarrow F = F_{\text{w}} = 240 \text{ N}$
- $F = 240 \text{ N} \quad | \quad v = 5,5 \text{ m/s} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $P = F \cdot v \rightarrow P = 240 \cdot 5,5 = 1320 \text{ W}$
- vermogen van één roeier: $P = \frac{1320}{3} = 440 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ W}$

b Bereken hoeveel arbeid een roeier verricht in een wedstrijd over 2,0 km.

- $s = 2000 \text{ m} \quad | \quad v = 5,5 \text{ m/s} \quad | \quad t = \dots \text{ s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 2000 = 5,5 \cdot t \rightarrow t = 363,6363 \text{ s}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 440 \cdot 363,6363 = 1,6 \cdot 10^5 \text{ J}$

OOG GOED

- kracht per roeier: $F = \frac{240}{3} = 80 \text{ N}$
- $W = F \cdot s \rightarrow W = 80 \cdot 2000 = 1,6 \cdot 10^5 \text{ J}$

3**

a Hoeveel cm gaat je zwaartepunt omhoog bij een push up?

- zwaartepunt halverwege je schouders en je voeten
- je schouders gaan 34 cm omhoog $\rightarrow$ je zwaartepunt gaat $34/2 = 17 \text{ cm}$ omhoog

b Hoeveel kracht moet iedere arm zetten bij een push up?

- $E_{\text{begin}} = 0 \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z \quad | \quad E_{\text{in}} = F_{\text{spier}} \cdot s \quad | \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow E_K \text{ verandert niet} \rightarrow E_K \text{ wegstrepen}$
- $F_{\text{spier}} \cdot s = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$
- $F_{\text{spier}} \cdot 0,34 = 60 \cdot 9,81 \cdot 0,17 \rightarrow F_{\text{spier}} = 294,3 \text{ N}$
- twee armen $\rightarrow F_{\text{arm}} = \frac{294,3}{2} = 147,15 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ N}$

c Hoeveel push ups moet je hiervoor doen?

- $W = 20 \cdot 10^3 \text{ J} \quad | \quad F = 294,3 \text{ N} \quad | \quad s = \dots \text{ m}$
- $W = F \cdot s \rightarrow 2,0 \cdot 10^4 = 294,3 \cdot s \rightarrow s = 67,9579 \text{ m}$
- $0,34 \text{ m}$ per push up
- aantal push ups: $\frac{67,9579}{0,34} = 199,876 = 200 \text{ push ups}$

d Hoeveel vermogen lever je?

- arbeid van één push up: $W = F \cdot s \rightarrow W = 294,3 \cdot 0,34 = 100,062 \text{ J}$
- $W = 100,062 \text{ J} \quad | \quad t = 1,2 \text{ s} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $W = P \cdot t \rightarrow 100,062 = P \cdot 1,2 \quad | \quad P = 83,385 = 83 \text{ W}$

4**

a Hoeveel chemische energie bevat één lucifer?

- inhoud van één lucifer: $V = \ell \cdot b \cdot h \rightarrow V = 55 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$
- $\rho = 420 \text{ kg/m}^3 \quad | \quad V = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \quad | \quad m = \dots \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 420 = \frac{m}{2,2 \cdot 10^{-7}} \rightarrow m = 9,24 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$
- opzoeken stookwaarde hout: $16 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
- één lucifer bevat $16 \cdot 10^6 \cdot 9,24 \cdot 10^{-5} = 1478,4 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ J}$ chemische energie

b Wat is het vermogen van de vlam?

- $E = P \cdot t \rightarrow 1478,4 = P \cdot 40 \rightarrow P = 36,96 = 37 \text{ W}$

5**

a Hoeveel uur kan een waxinelichtje branden?

- inhoud: $V = \pi r^2 \cdot h \rightarrow V = \pi \cdot (19 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 1,47435 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
- opzoeken dichtheid van paraffine: $\rho = 0,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- $\rho = 0,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad | \quad V = 1,47435 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \quad | \quad m = \dots \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 0,85 \cdot 10^3 = \frac{m}{1,47435 \cdot 10^{-5}} \rightarrow m = 1,2532 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$
- stookwaarde paraffine: $40 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

- één waxinelichtje bevat $40 \cdot 10^6 \cdot 1,2532 \cdot 10^{-2} = 5,012788 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 5,012788 \cdot 10^5 = 40 \cdot t \rightarrow t = 1,253197 \cdot 10^4 \text{ s}$
- $t = \frac{1,253197 \cdot 10^4}{3600} = 3,4811 = 3,5 \text{ uur}$

6***

a Hoeveel is de kinetische energie toegenomen?

- $m = 800 \text{ kg} \mid v_{\text{begin}} = 0 \text{ m/s} \mid v_{\text{eind}} = 50/3,6 = 13,888 \text{ m/s} \mid \Delta E_K = \dots \text{ J}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_K = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot 13,888^2 = 7,716 \cdot 10^4 = 7,7 \cdot 10^4 \text{ J}$

b Wat is het vermogen van de motor?

- $E = 7,716 \cdot 10^4 \text{ J} \mid t = 4,0 \text{ s} \mid P = \dots \text{ W}$
- $E = P \cdot t$
- $7,716 \cdot 10^4 = P \cdot 4 \rightarrow P = 1,929 \cdot 10^4 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ W}$

c Hoeveel pk(cv) is dit?

- opzoeken 1pk (cv) = 735,5 W
- $1,929 \cdot 10^4 \text{ W} = \frac{1,929 \cdot 10^4}{735,5} = 26,227 = 26 \text{ pk(cv)}$

d Hoeveel meter heeft de auto nodig om van 50 km/h naar 100 km/h te gaan?

- $m = 800 \text{ kg} \mid v_{\text{begin}} = 50/3,6 = 13,888 \text{ m/s} \mid v_{\text{eind}} = 100/3,6 = 27,778 \text{ m/s}$
- $\Delta E_K = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$
- $\Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot 27,778^2 - \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot 13,888^2 = 2,3148 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 2,3148 \cdot 10^5 = 1,929 \cdot 10^4 \cdot t \rightarrow t = 12 \text{ s}$
- $v_{\text{gem}} = \frac{50 + 100}{2} = 75 \text{ km/h} = 75/3,6 = 20,8333 \text{ m/s} \mid t = 12 \text{ s} \mid s = \dots \text{ m}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 20,8333 \cdot 12 = 250 = 2,5 \cdot 10^2 \text{ m}$

7***

a Bereken de arbeid die Willem verricht om de piano omhoog te duwen.

- $E_{\text{begin}} = E_K \mid E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \mid E_{\text{in}} = W_{\text{in}} \mid E_{\text{uit}} = F_W \cdot s$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow E_K \text{ verandert niet} \rightarrow E_K \text{ wegstrepen}$
- $W_{\text{in}} - F_W \cdot s = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$
- $\sin \alpha = \frac{h}{s} \rightarrow \sin 10 = \frac{h_{\text{eind}}}{5,0} \rightarrow h_{\text{eind}} = 0,86824 \text{ m}$
- $W_{\text{in}} - 180 \cdot 5 = 250 \cdot 9,81 \cdot 0,86824 \rightarrow W_{\text{in}} = 3,02936 \cdot 10^3 = 3,0 \cdot 10^3 \text{ J}$

b Bereken het vermogen van Willem.

- $E = 3029,36 \text{ J} \quad | \quad t = 30 \text{ s} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $E = P \cdot t$
- $3029,36 = P \cdot 30 \rightarrow P = 100,9796 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ W}$

c Bereken de kracht die Willem op de piano uitoefent.

- $E_{\text{in}} = 3,02936 \cdot 10^3 \text{ J} \quad | \quad s = 5,0 \text{ m} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
- $E_{\text{in}} = W = F \cdot s$
- $3,02936 \cdot 10^3 = F \cdot 5 \rightarrow F = 605,872 = 6,1 \cdot 10^2 \text{ N}$

8***

a Toon aan dat de eenheid van k gelijk is aan kg/m^3 .

- eenheid van kracht is $\text{N} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- vul de eenheden in bij de formule $F_{\text{W lucht}} = k \cdot A \cdot v^2$
- $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [\text{k}] \cdot \text{m}^2 \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = [\text{k}] \cdot \text{m}^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad [\text{k}] \text{ is de eenheid van } k$
- $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [\text{k}] \cdot \text{m}^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow \text{kg} \cdot \text{m} = [\text{k}] \cdot \text{m}^4 \rightarrow [\text{k}] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

b Bereken $F_{\text{W lucht}}$ als je 20 km/h rijdt.

- $k = 0,65 \text{ kg/m}^3 \quad | \quad A = 0,60 \text{ m}^2 \quad | \quad v = 20/3,6 = 5,55555 \text{ m/s} \quad | \quad F_{\text{W lucht}} = \dots \text{ N}$
- $F_{\text{W lucht}} = k \cdot A \cdot v^2$
- $F_{\text{W lucht}} = 0,65 \cdot 0,6 \cdot 5,55555^2 = 12,037 = 12 \text{ N}$

c Bereken het vermogen als je 20 km/h rijdt.

- $F = 12,037 \text{ N} \quad | \quad v = 5,55555 \text{ m/s} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $P = F \cdot v \rightarrow P = 12,037 \cdot 5,555 = 66,8724 = 67 \text{ W}$

d Leg uit wie er gelijk heeft, Julia, Maaïke of geen van beiden.

- als de snelheid halveert wordt $F_{\text{W lucht}}$ 4 keer zo klein
- $P = F \cdot v$
- F wordt 4x zo klein en v wordt 2x zo klein
- P wordt 8x zo klein $\rightarrow$ geen van beiden hebben gelijk

e Hoe groot is haar vermogen als ze met 10 km/h fietst?

- $k = 0,65 \text{ kg/m}^3 \quad | \quad A = 0,60 \text{ m}^2 \quad | \quad v = 10/3,6 = 2,77778 \text{ m/s} \quad | \quad F_{\text{W lucht}} = \dots \text{ N}$
- $F_{\text{W lucht}} = k \cdot A \cdot v^2$
- $F_{\text{W lucht}} = 0,65 \cdot 0,6 \cdot 2,77778^2 = 3,00926 = 3,0 \text{ N}$
- $P = F \cdot v \rightarrow P = 3,00926 \cdot 2,77778 = 8,35905 = 8,4 \text{ W}$

f Klopt je antwoord op vraag d?

- 66,8724 W bij 20 km/h en 8,35902 W bij 10 km/h

- $\frac{66,8724}{8,35902} = 8,00 \rightarrow$ het antwoord op vraag d klopt
- g** Toon aan dat je bij 20 km/h vier keer zoveel arbeid verricht als bij 10 km/h.
- 10 km/h: $W = F \cdot s \rightarrow W = 3,00926 \cdot 2000 = 6,0 \cdot 10^3 \text{ J}$
 - 20 km/h: $W = F \cdot s \rightarrow W = 12,037 \cdot 2000 = 2,4074 \cdot 10^4 = 24 \cdot 10^3 \text{ J}$
 - bij 20 km/h verricht je vier keer zoveel arbeid als bij 10 km/h

4.6 Rendement

1**

a Bereken het nuttig vermogen van de waterpomp.

- $m = 25 \cdot 10^3 \text{ kg}$ | $h = 6,0 \text{ m}$ | $t = 1,8 \cdot 10^3 \text{ s}$ | $P_{\text{nut}} = \dots \text{ W}$
- $E_{\text{nut}} = E_z = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{\text{nut}} = 25 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 6 = 1,4715 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 1,4715 \cdot 10^6 = P \cdot 1,8 \cdot 10^3 \rightarrow P = 817,5 = 8,2 \cdot 10^2 \text{ W}$

b Bereken het rendement van de waterpomp.

- $E_{\text{nut}} = 1,4715 \cdot 10^6 \text{ J}$ | $E_{\text{in}} = 3,0 \cdot 10^6 \text{ J}$ | $\eta = \dots$
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow \eta = \frac{1,4715 \cdot 10^6}{3,0 \cdot 10^6} = 0,4905 = 0,49 \text{ (= 49\%)}$

2**

a Hoe lang heeft Simon nodig om boven te komen?

- hoogte per minuut: $90 \cdot 0,2 = 18 \text{ m}$
- $\frac{81}{18} = 4,5$ minuten heeft Simon nodig

b Hoeveel nuttige energie hebben Simons spieren geleverd?

- $m = 62 \text{ kg}$ | $h = 81 \text{ m}$ | $E_{\text{nut}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{nut}} = E_z = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{\text{nut}} = 62 \cdot 9,81 \cdot 81 = 4,926582 \cdot 10^4 = 4,9 \cdot 10^4 \text{ J}$

c Hoeveel energie hebben Simons spieren gebruikt?

- $E_{\text{nut}} = 4,926582 \cdot 10^4 \text{ J}$ | $\eta = 0,23$ | $E_{\text{in}} = \dots \text{ J}$
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}}$
- $0,23 = \frac{4,926582 \cdot 10^4}{E_{\text{in}}} \rightarrow E_{\text{in}} = \frac{4,926582 \cdot 10^4}{0,23} = 2,142 \cdot 10^5 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ J}$

d Is één pizzapunt genoeg om de verbruikte energie weer aan te vullen?

- totaal verbruikte energie: $1,5 \cdot 2,142 \cdot 10^5 = 3,213 \cdot 10^5 \text{ J}$
- één pizza is $250 \cdot \frac{350}{100} = 875 \text{ kcal}$
- opzoeken: 1 calorie is 4,184 joule
- $875 \text{ kcal} = 875 \cdot 10^3 \cdot 4,184 = 3,661 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $\frac{1}{8} \text{ pizza is } \frac{3,661 \cdot 10^6}{8} = 4,576 \cdot 10^5 = 4,6 \cdot 10^5 \text{ J}$
- een pizzapunt ($\frac{1}{8}$ pizza) is genoeg

3**

a Is de energie één chicken-nugget genoeg voor Usain Bolt om zijn topsnelheid te bereiken?

- $m = 93 \text{ kg} \quad | \quad v = 12 \text{ m/s} \quad | \quad E_K = \dots \text{ J}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_K = \frac{1}{2} \cdot 93 \cdot 12^2 = 6,696 \cdot 10^3 \text{ J}$
- $E_{\text{nut}} = E_K = 6,696 \cdot 10^3 \text{ J} \quad | \quad \eta = 0,20 \quad | \quad E_{\text{in}} = \dots \text{ J}$
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,20 = \frac{6,693 \cdot 10^3}{E_{\text{in}}} \rightarrow E_{\text{in}} = \frac{6,693 \cdot 10^3}{0,2} = 3,348 \cdot 10^4 \text{ J}$
- een portie chicken-nuggets bevat $3 \cdot 1,25 \cdot 10^6 = 3,75 \cdot 10^6 \text{ J}$
- 1 chicken-nugget bevat $\frac{3,75 \cdot 10^6}{20} = 1,875 \cdot 10^5 \text{ J}$
- dit is meer dan $3,348 \cdot 10^4 \text{ J} \rightarrow$ één chicken-nuggets is genoeg

4***

a Bereken je gemiddelde vermogen.

- $E_{\text{begin}} = E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z + E_K \quad | \quad E_{\text{in}} = W_{\text{in}} \quad | \quad E_{\text{uit}} = F_W \cdot s$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$
- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow E_K$ verandert niet $\rightarrow E_K$ wegstrepen
- $W_{\text{in}} - F_W \cdot s = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$
- $W_{\text{in}} - 50 \cdot 21 \cdot 10^3 = 80 \cdot 9,81 \cdot 1576 \rightarrow W_{\text{in}} = 2,28684 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 21 = 9 \cdot t \rightarrow t = 2,33333 \text{ h} \rightarrow t = 8400 \text{ s}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 2,28684 \cdot 10^6 = P \cdot 8400 \rightarrow P = 2,72243 \cdot 10^2 = 2,7 \cdot 10^2 \text{ W}$

b Hoeveel kracht moet je uitoefenen om het stuk tussen 6,0 en 7,0 km met een snelheid van 9,0 km/h af te leggen?

- $v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \rightarrow E_K$ verandert niet $\rightarrow E_K$ wegstrepen
- $W_{\text{in}} - F_W \cdot s = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$
- $W_{\text{in}} - 50 \cdot 1000 = 80 \cdot 9,81 \cdot 120 \rightarrow W_{\text{in}} = 1,44176 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $W_{\text{in}} = F_{\text{spier}} \cdot s_{\text{voet}}$ met $s_{\text{voet}} = 1000 \text{ m}$
- $1,44176 \cdot 10^5 = F_{\text{spier}} \cdot 1000 \rightarrow F_{\text{spier}} = 1,44176 \cdot 10^2 = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

c Hoeveel energie verbruik je om de Mont Ventoux te beklimmen?

- $E_{\text{tot}} = E_{\text{nut}} = 2,2868 \cdot 10^6 \text{ J} \quad | \quad \eta = 0,21 \quad | \quad E_{\text{in}} = \dots \text{ J}$
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,21 = \frac{2,28684 \cdot 10^6}{E_{\text{in}}} \rightarrow E_{\text{in}} = \frac{2,2969 \cdot 10^6}{0,21} = 1,08897 \cdot 10^7 = 1,1 \cdot 10^7 \text{ J}$

d Hoeveel Big Macs moet je eten om de energie die je gebruikt hebt om de Mout Ventoux op te klimmen aan te vullen.

- totaal verbruikte energie: $E_{\text{in}} = 1,08897 \cdot 10^7 \text{ J}$
- één Big Mac is $2,3 \cdot 228 = 524,4 \text{ kcal}$
- opzoeken: 1 calorie is 4,184 joule

- $524,4 \text{ kcal} = 524,4 \cdot 10^3 \cdot 4,184 = 2,19409 \cdot 10^6 \text{ J}$
- aantal Big Macs nodig $\frac{1,08897 \cdot 10^7}{2,19409 \cdot 10^6} = 4,9632 = 5,0 \text{ Big Macs}$

5***

a Hoeveel ton steenkool gebruikt deze centrale per jaar als hij continu op vol vermogen werkt?

- $1 \text{ jaar} = 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s}$
- $P = 1,560 \cdot 10^9 \text{ W} \quad | \quad t = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s} \quad | \quad E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 1,560 \cdot 10^9 \cdot 3,1536 \cdot 10^7 = 4,919616 \cdot 10^{16} \text{ J}$
- $E_{\text{nut}} = 4,919616 \cdot 10^{16} \text{ J} \quad | \quad \eta = 0,46 \quad | \quad E_{\text{in}} = \dots \text{ J}$
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,46 = \frac{4,919616 \cdot 10^{16}}{E_{\text{in}}} \rightarrow E_{\text{in}} = \frac{4,919616 \cdot 10^{16}}{0,46} = 1,06948 \cdot 10^{17} \text{ J}$
- opzoeken stookwaarde steenkool: $29 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
- aantal kg steenkool: $\frac{1,06948 \cdot 10^{17}}{29 \cdot 10^6} = 3,687868 \cdot 10^9 \text{ kg}$
- $1 \text{ ton} = 1000 \text{ kg} \rightarrow \frac{3,687968 \cdot 10^9}{1000} = 3,687868 \cdot 10^6 = 3,7 \cdot 10^6 \text{ ton}$

b Hoeveel vrachtauto's zijn er per dag nodig?

- aantal ton steenkool per jaar: $3,687868 \cdot 10^6 \text{ ton}$
- aantal vrachtauto's per jaar: $\frac{3,687868 \cdot 10^6}{40} = 9,21967 \cdot 10^4$
- aantal vrachtauto's per dag: $\frac{9,21967 \cdot 10^4}{365} = 252,5937 = 2,5 \cdot 10^2 \text{ vrachtauto's}$

c Hoeveel zeeschepen zijn er per jaar nodig?

- aantal ton steenkool per jaar: $3,687868 \cdot 10^6 \text{ ton}$
- $\frac{3,687868 \cdot 10^6}{2,0 \cdot 10^5} = 18,43934 = 18 \text{ zeeschepen per jaar}$

6***

a Schat de frontale oppervlakte van de auto.

- de auto is ongeveer 1,3 m breed en 1,5 m hoog
- de frontale oppervlakte is $1,3 \cdot 1,5 = 1,95$ dus ongeveer $2,0 \text{ m}^2$ (marge $0,5 \text{ m}^2$)

b Bereken de kracht die de motor levert bij een constante snelheid van 120 km/h.

- opzoeken dichtheid van lucht: $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$
- $c_w = 0,40 \quad | \quad \rho = 1,293 \text{ kg/m}^3 \quad | \quad A = 2,0 \text{ m}^2 \quad | \quad v = 120/3,6 = 33,333 \text{ m/s}$
- $F_w = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$
- $F_w = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 1,293 \cdot 2 \cdot 33,333^2 = 5,74667 \cdot 10^2 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_w = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} = F_w = 5,7 \cdot 10^2 \text{ N}$

c Bereken de nuttige energie per kilometer.

- $F = 574,667 \text{ N}$ | $s = 1000 \text{ m}$ | $E_{\text{nut}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{nut}} = W = F \cdot s$
- $E_{\text{nut}} = 5,74667 \cdot 10^2 \cdot 1000 = 5,74667 \cdot 10^5 = 5,7 \cdot 10^5 \text{ J}$

d Bereken het energieverbruik per kilometer.

- benzineverbruik is 6,0 liter per 100 km
- verbruik per kilometer: $6 / 100 = 0,060 \text{ liter / km}$
- opzoeken stookwaarde benzine: $33 \cdot 10^9 \text{ J / m}^3$
- 1 liter is $10^{-3} \text{ m}^3 \rightarrow$ energie per liter: $33 \cdot 10^6 \text{ J / liter}$
- energie per kilometer: $0,060 \cdot 33 \cdot 10^6 = 1,98 \cdot 10^6 \text{ J / km}$

e Bereken het rendement van de benzinemotor.

- $E_{\text{in}} = 1,98 \cdot 10^6 \text{ J}$ | $E_{\text{nut}} = 5,7 \cdot 10^5 \text{ J}$ | $\eta = \dots$
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow \eta = \frac{5,74667 \cdot 10^5}{1,98 \cdot 10^6} = 0,29 \text{ (= 29\%)}$

Examenvragen havo

Roeien

- 3p 1 Bereken de arbeid die de roeier daarbij in één minuut verricht.
- gebruik $W = F \cdot s$ 1
 - per slag: $W = 320 \cdot 1,5 = 480 \text{ J}$ 1
 - per minuut: $28 \cdot 480 = 1,344 \cdot 10^4 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ J}$ 1
- 4p 2 Bereken, uitgaande van deze gegevens, de gemiddelde wrijvingskracht op de boot tijdens deze race.
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 2000 = v_{\text{gem}} \cdot (6 \cdot 60 + 40) \rightarrow v_{\text{gem}} = 5,0 \text{ m/s}$ 1
 - gebruik: $P = F \cdot v$ 1
 - één roeier: $450 = F \cdot 5 \rightarrow F = 90 \text{ N}$ 1
 - 8 roeiers: $F_{\text{roeiers}} = 8 \cdot 90 = 720 \text{ N} \rightarrow F_{\text{W}} = F_{\text{roeiers}} = 720 \text{ N}$ 1
- 4p 3 Leg met behulp van een berekening uit welke boot het eerst de finish bereikt als hun snelheid niet meer verandert.
- boot A: $s = 600 \text{ m} \mid v = 5,0 \text{ m/s} \rightarrow t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} \rightarrow t = \frac{600}{5} = 120 \text{ s}$ 1
 - boot B: $s = 600 - 30 - 19 = 551 \text{ m}$ 1
 - boot B: $s = 551 \text{ m} \mid v = 4,7 \text{ m/s} \rightarrow t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} \rightarrow t = \frac{551}{4,7} = 117,23 \text{ s}$ 1
 - boot B wint want die heeft minder tijd nodig om de finish te bereiken 1

Autotest

- 3p 1 Leg met een berekening uit met welk van de drie genoemde brandstofverbruiken de actieradius bepaald is.
- aflezen: actieradius = 750 km en inhoud van de tank = 63 liter 1
 - per 100 km is het verbruik: $\frac{63}{750} \cdot 100 = 8,4 \text{ liter}$ 1
 - de actieradius is met het gemiddelde verbruik bepaald 1
- 3p 2 Noem nog drie factoren die van invloed zijn op de remweg van een auto.
- soort banden
 - soort wegdek
 - massa auto (+ inzittenden)
 - remkracht
- 1 punt per goede factor, alleen de eerste 3 genoemde factoren worden beoordeeld
- 4p 3 Bereken, gebruikmakend van het testrapport, de totale wrijvingskracht op de auto als deze met topsnelheid rijdt.
- aflezen topsnelheid: $180 \text{ km/h} = 180 / 3,6 = 50 \text{ m/s}$ 1
 - gebruik: $P = F \cdot v$ 1

- inzicht: $\Sigma F = 0 \rightarrow F = F_W$ 1
- $P = F_W \cdot v \rightarrow 76 \cdot 10^3 = F_W \cdot 50 \rightarrow F_W = 1,52 \cdot 10^3 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1

- 3p 4 Wie van beiden heeft gelijk? Licht je keuze toe.
- inzicht: $F_{W \text{ lucht}} = k \cdot v^2$ (dus niet recht evenredig) 1
 - bij een hogere snelheid verbruikt de auto voor elke afgelegde km meer benzine 1
 - Annabel heeft gelijk 1

Erasmusbrug

- 4p 1 Bereken op basis van deze informatie het gemiddelde vermogen dat de elektromotor moet leveren om de brug van de gesloten in de geopende stand te krijgen.
- E_{Z1} neemt toe met: $E_{Z1} = m_1 \cdot g \cdot h_1$ en E_{Z12} neemt af met: $E_{Z2} = m_2 \cdot g \cdot h_2$ 1
 - $W_{\text{motor}} = \Delta E = 1560 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 28 - 1050 \cdot 9,81 \cdot 11 = 3,15195 \cdot 10^8 \text{ J}$ 1
 - gebruik: $P = \frac{W}{t}$ 1
 - $P = \frac{3,15195 \cdot 10^8}{120} = 2,62663 \cdot 10^6 = 2,6 \cdot 10^6 \text{ W}$ 1

Trampolinespringen

- 3p 1 Bepaal het functievoorschrift dat bij de grafiek van figuur 2 hoort.
- de grafiek is een rechte lijn door de oorsprong $\rightarrow h_1 = C \cdot h_v$ (C is constant) 1
 - inzicht: C is de helling van de lijn $\rightarrow C = \frac{1,62}{2,0} = 0,81$ 1
 - completeren $h_1 = 0,81 \cdot h_v$ 1
- 4p 2 Toon dit aan met behulp van bovenstaande definitie.
- definitie: $\eta = \frac{E_{K \text{ na}}}{E_{K \text{ voor}}}$ 1
 - wet behoud van energie $\rightarrow E_{K \text{ voor}} = E_{Z \text{ begin}} = m \cdot g \cdot h_v$ 1
 - wet behoud van energie $\rightarrow E_{K \text{ na}} = E_{Z \text{ eind}} = m \cdot g \cdot h_1$ 1
 - $\frac{E_{K \text{ na}}}{E_{K \text{ voor}}} = \frac{m \cdot g \cdot h_1}{m \cdot g \cdot h_v} = \frac{h_1}{h_v}$ 1
- 2p 3 Geef aan hoe ze dit kunnen onderzoeken.
- twee personen met verschillende massa laten zich van dezelfde hoogte vallen 1
 - meet de terugveerhoogte 1
- 1p 4 Bepaal met behulp van figuur 4 van welke hoogte h_v hij zich in deze situatie heeft laten vallen.
- aflezen bij $h_2 = 1,0 \text{ m} \rightarrow h_v = 0,80 \text{ m}$ (marge 0,01 m) 1

- 4p **5** Bepaal hoeveel arbeid hij tijdens het afzetten minstens verricht. Verwaarloos daarbij wrijvingskrachten.
- $W_{\text{afzet}} = E_{\text{Z eind met afzet}} - E_{\text{Z eind zonder afzet}} = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$ 1
 - aflezen zonder afzet: $h_1 = 0,90 \text{ m}$ 1
 - aflezen met afzet: $h_2 = 1,4 \text{ m}$ 1
 - $W_{\text{afzet}} = 70 \cdot 9,81 \cdot (1,4 - 0,9) = 343,35 = 3,4 \cdot 10^2 \text{ J}$ 1

Windenergie

- 2p **1** Leg met behulp van figuur 1 uit waarom men voor een windmolenpark in zee gekozen heeft.
- de windsnelheid boven zee is groter 1
 - daardoor is de energieopbrengst boven zee groter 1

- 3p **2** Bereken P voor deze situatie.
- $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot 30^2 = 2,82743 \cdot 10^3 \text{ m}^2$ 1
 - gebruik $P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$ met $v = 43 / 3,6 = 11,9444 \text{ m/s}$ 1
 - $P = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \cdot 2,82743 \cdot 10^3 \cdot 11,9444^3 = 3,107774 \cdot 10^6 = 3,1 \cdot 10^6 \text{ W}$ 1

- 3p **3** Bereken dit percentage met behulp van de boven gegeven formule.
- v is 3 keer zo klein $\rightarrow P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \rightarrow P = 3^3 = 27$ keer zo klein 1
 - percentage van aan de wind onttrokken kinetische energie is: $\left(1 - \frac{1}{27}\right) \cdot 100\%$ 1
 - $\left(1 - \frac{1}{27}\right) \cdot 100\% = 96,296 = 96\%$ 1

OOK GOED

- $P_{\text{voor}} = 3,108 \cdot 10^6 \text{ W}$ 1
 - $P_{\text{na}} = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \cdot 2,82743 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{11,9444}{3}\right)^3 = 1,151 \cdot 10^5 \text{ W}$ 1
 - onttrokken: $\frac{P_{\text{voor}} - P_{\text{na}}}{P_{\text{voor}}} \cdot 100\% = \frac{3,108 \cdot 10^6 - 1,151 \cdot 10^5}{3,108 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 96,296 = 96\%$ 1
- 3p **4** Bereken hoeveel huishoudens volgens deze schatting op dit windmolenpark zouden kunnen worden aangesloten.
- gemiddeld verbruik huishouden: $3,0 \cdot 10^3 \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ J}$ 1
 - inzicht: aantal huishoudens = $\frac{\text{energieopbrengst per jaar}}{\text{verbruik per jaar}}$ 1
 - aantal huishoudens = $\frac{1,1 \cdot 10^{15}}{1,08 \cdot 10^{10}} = 1,0185 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5$ 1

- 2p **5** Noem twee argumenten waarom het de voorkeur heeft om de huizen op het elektriciteitsnet aan te sluiten en niet rechtstreeks op het windmolenpark.
- als er weinig wind staat produceert het windmolenpark te weinig energie 1
 - als er veel vraag is (piekuren) produceert het windmolenpark te weinig energie 1

Fietsen

2p **1** Karakteriseer de beweging van de fiets in de delen B en D. Gebruik daarvoor de tabel.

- Deel B juist 1
- Deel D juist 1

	stilstand	constante snelheid	eenparig versneld	niet- eenparig versneld	eenparig vertraagd	niet- eenparig vertraagd
Deel A			X			
Deel B				X		
Deel C		X				
Deel D						X

4p **2** Bepaal de resulterende kracht die op de fiets werkt in deel A.

- a volgt uit steilheid van de grafiek in deel A 1
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{4,5}{10} = 0,45 \text{ m/s}^2$ 1
- gebruik $\Sigma F = m \cdot a$ 1
- completeren $\Sigma F = 72 \cdot 0,45 = 32,4 = 32 \text{ N}$ 1

4p **3** Bepaal de grootte van de wrijvingskracht die ze dan ondervindt.

- aflezen: $v = 7,75 \text{ m/s}$ 1
- $P = F \cdot v$ 1
- $1,5 \cdot 10^2 = F \cdot 7,75 \rightarrow F = 19,3548 = 19 \text{ N}$ 1
- $v = \text{constant} \rightarrow \Sigma F = 0 \rightarrow F = F_w = 19 \text{ N}$ 1

4p **4** Bepaal de afstand die ze aflegt tijdens het uitrijden.

- afgelegde afstand is oppervlakte onder (v, t)-grafiek 1
- tussen 70 en 160 s is de oppervlakte 25 (grote) hokjes 1
- een hokje correspondeert met $1,0 \cdot 10 = 10 \text{ m}$ 1
- Jeanette legt $10 \cdot 25 = 250 = 2,5 \cdot 10^2 \text{ m}$ 1

4p **5** Beredeneer uit de vorm van deel D van de grafiek dat de luchtweerstand kleiner wordt als de snelheid afneemt.

- in deel D wordt bij afnemende snelheid de steilheid van de grafiek kleiner 1
- de steilheid van de grafiek is gelijk aan de versnelling $a \rightarrow a$ neemt af 1
- $\Sigma F = F_{W \text{ lucht}} + F_{W \text{ rol}} = m \cdot a$ met $F_{W \text{ rol}} = \text{constant}$ 1
- a neemt af en $F_{W \text{ rol}}$ is constant $\rightarrow F_{W \text{ lucht}}$ wordt kleiner 1

Springen vanuit stand

2p **1** Bereken de tijd tussen beeldje 1 en beeldje 6. Verwaarloos daarbij de belichtingstijd van elk beeldje.

- tussen beeldje 1 en beeldje 6 zitten 5 periodes 1
- tijd tussen 2 beeldjes is $\frac{1}{25} = 0,040 \text{ s}$ 1
- 5 periode $\rightarrow 5 \cdot 0,04 = 0,20 \text{ s}$ 1

- 2p **2** Bepaal met behulp van de figuur hoever het zwaartepunt van de springer hierbij is gedaald.
- het hoogteverschil tussen $t = 0$ en $t = 0,6$ s is $1,26 - 0,96 = 0,30$ m 1
 - dus het zwaartepunt is $0,30$ m gedaald 1
- 3p **3** Bepaal met behulp van de figuur zo nauwkeurig mogelijk de snelheid op dat tijdstip.
- teken een lange raaklijn op $t = 0,9$ s 1
 - inzicht $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ 1
 - $v = \frac{1,8 - 0,6}{1,09 - 0,66} = 2,79 = 2,8$ m / s (marge $0,4$ m/s) 1
- 5p **4** Bepaal met behulp van de figuur het gemiddelde vermogen van de springer tijdens de afzet. Geef de uitkomst in twee significante cijfers.
- tussen $t = 0,6$ en $t = 0,9$ s zet de springer zich af $\rightarrow \Delta t = 0,30$ s 1
 - aflezen $h_{\text{begin}} = 0,96$ m | $h_{\text{eind}} = 1,70$ m $\rightarrow \Delta h = 0,74$ m 1
 - $W = E_{\text{in}} = m \cdot g \cdot \Delta h \rightarrow W = 76 \cdot 9,81 \cdot 0,74 \rightarrow W = 5,51714 \cdot 10^2$ J 1
 - gebruik $P = \frac{W}{t}$ 1
 - $P = \frac{5,51714 \cdot 10^2}{0,30} = 1,83905 \cdot 10^3 = 1,8 \cdot 10^3$ W 1
- 3p **5** Leg uit waarom het verstandig is dat hij dan door zijn knieën zakt. Baseer je uitleg op de relatie $F \cdot s = \Delta E_K$.
- een hoeveelheid E_K moet worden opgenomen 1
 - remkracht F moet klein zijn $\rightarrow s$ moet groot zijn 1
 - als hij door de knieën zakt wordt s groter en wordt de remkracht kleiner 1

Stuiteren

- 3p **1** Voldoet haar voetbal aan de officiële eisen? Licht je antwoord toe met een berekening.
- aflezen $h = 2,0$ m en $h_s = 1,24$ m (marge $0,02$ m) 1
 - $S = \sqrt{\frac{1,24}{2,0}} = 0,7874$ 1
 - de bal voldoet dus aan de eisen 1
- 2p **2** Hoe kun je aan de (v,t) -grafiek zien dat de bal zich op $t = 1,15$ s in een hoogste punt bevindt?
- in het hoogste punt gaat de snelheid van een positieve naar een negatieve waarde 1
 - dat is het geval op $t = 1,15$ s 1

- 2p **3** Hoe blijkt dat uit de grafiek van figuur 2? Licht je antwoord toe.
- $a = \frac{-5,0 - 5,0}{1,65 - 0,65} = -10 \text{ m/s}^2 = -g$ minteken niet verplicht 1
 - de versnelling is (ongeveer) gelijk aan $9,81 \rightarrow$ de luchtweerstand is te verwaarlozen 1
- OOK GOED
- de grootte van de snelheid waarmee de bal na een stuit omhoog gaat is gelijk aan de snelheid waarmee de bal daarna de grond raakt 1
 - bij luchtweerstand zou er snelheidsverlies zijn 1
- 4p **4** Bepaal de (gemiddelde) kracht van de grond op de bal tijdens de eerste stuit.
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{5,0 - (-6,0)}{6,9 \cdot 10^{-3}} = 1,5942 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$ 2
 - gebruik $\Sigma F = m \cdot a$ 1
 - $\Sigma F = 0,43 \cdot 1594,2 = 6,85507 \cdot 10^2 = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1
- 2p **5** Hoe blijkt uit de grafiek van figuur 3 dat de luchtweerstand op de bal te verwaarlozen is? Licht je antwoord toe.
- als de bal door de lucht beweegt blijft de mechanische energie constant 1
 - bij luchtweerstand neemt de mechanische energie af (want er ontstaat warmte) 1
- 4p **6** Controleer met een berekening het energieverlies bij de tweede stuit. Maak daartoe gebruik van de (v,t)- of van de (h,t)-grafiek.
- aflezen energie verlies bij tweede stuit: $5,5 - 3,5 = 2,0 \text{ J}$ 1
 - aflezen (v, t)-grafiek: $v_1 = 5,0 \text{ m/s}$ en $v_2 = 4,0 \text{ m/s}$ (marge $0,1 \text{ m/s}$) 1
 - inzicht $\Delta E_k = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$ 1
 - $\Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,43 \cdot 5^2 - \frac{1}{2} \cdot 0,43 \cdot 4^2 = 1,935$ en dit is ongeveer gelijk aan $2,0$ 1
- OOK GOED
- aflezen energie verlies bij tweede stuit $\rightarrow 5,5 - 3,5 = 2,0 \text{ J}$ 1
 - aflezen (h, t)-grafiek: $h_1 = 1,24 \text{ m}$ en $h_2 = 0,80 \text{ m}$ (marge $0,02 \text{ m}$) 1
 - inzicht $\Delta E_z = m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2$ 1
 - $\Delta E_z = 0,43 \cdot 9,81 \cdot 1,24 - 0,43 \cdot 9,81 \cdot 0,8 = 1,856$ en dit is ongeveer gelijk aan $2,0$ 1

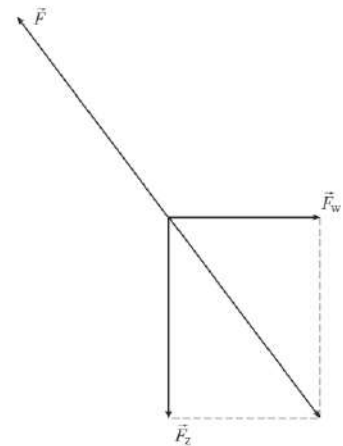
Het parkietje van Tucker

- 5p **1** Bepaal de 'afstand' die de parkiet bij deze meting heeft afgelegd.
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,25 = \frac{E_{\text{nut}}}{60} \rightarrow E_{\text{nut}} = 15 \text{ J}$ 1
 - $8,0 \text{ m/s} \rightarrow$ aflezen figuur 2 $\rightarrow P = 0,74 \text{ W}$ 1
 - gebruik $E = P \cdot t \rightarrow 15 = 0,74 \cdot t \rightarrow t = 20,2703 \text{ s}$ 1
 - gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 8 \cdot 20,2703 = 1,62162 \cdot 10^2 = 1,6 \cdot 10^2 \text{ m}$ (marge $0,1 \cdot 10^2 \text{ m}$) 1

- 2p **2** Beantwoord de volgende vragen:
- Leg uit waarom P_w een stijgende functie is.
 - Leg uit waarom vogels het vermogen P_k moeten leveren en lopende dieren niet.
 - de luchtweerstand neemt toe als de snelheid toeneemt 1
 - vogels hebben vermogen nodig om in de lucht te blijven / de zwaartekracht te overwinnen 1

- 3p **3** Toon dat aan met behulp van figuur 2 en een berekening.
- $v = 10 \text{ m/s} \rightarrow P = 0,81 \text{ W}$ en $v = 8 \text{ m/s} \rightarrow P = 0,74 \text{ W}$ (marge 0,02 W) 1
 - inzicht $W_{\text{per meter}} = P \cdot t_{\text{per meter}}$ met $t_{\text{per meter}} = \frac{1}{v_{\text{gem}}}$ 1
 - $8 \text{ m/s} \rightarrow 1,0 \text{ m}$ in $0,125 \text{ s} \rightarrow W_{\text{per meter}} = 0,74 \cdot 0,125 = 0,0925 \text{ J/m}$
 - $10 \text{ m/s} \rightarrow 1,0 \text{ m}$ in $0,10 \text{ s} \rightarrow W_{\text{per meter}} = 0,81 \cdot 0,1 = 0,081 \text{ J/m}$ dit is minder 1
- OOK GOED
- $v = 10 \text{ m/s} \rightarrow P = 0,81 \text{ W}$ en $v = 8 \text{ m/s} \rightarrow P = 0,74 \text{ W}$ (marge 0,02 W) 1
 - inzicht dat arbeid per meter gelijk is aan $\frac{P}{v}$ 1
 - $8 \text{ m/s} \rightarrow W_{\text{per meter}} = \frac{0,74}{8} = 0,0925 \text{ J/m}$
 - $10 \text{ m/s} \rightarrow W_{\text{per meter}} = \frac{0,81}{10} = 0,081 \text{ J/m}$ dit is minder dan W bij $8,0 \text{ m/s}$ 1

- 5p **4** Construeer in figuur 4 de vector $\vec{F}$ en bepaal de grootte van deze kracht in newton.
- teken de vectorsom $\vec{F}_z + \vec{F}_w$ **parallelogram** 1
 - teken $\vec{F}$ **even groot in tegengestelde richting** 1
 - opmeten: $\vec{F}$ is $5/4$ keer de lengte van $\vec{F}_z$ 1
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,036 \cdot 9,81 = 0,35316 \text{ N}$ 1
 - $F = \frac{5}{4} \cdot 0,35316 = 0,44145 = 0,44 \text{ N}$ 1



- 4p **5** Controleer dit extra vermogen met een berekening. Bereken daartoe eerst hoeveel meter het parkietje stijgt in één seconde.
- in $1,0 \text{ s}$ legt de parkiet $8,0 \text{ m}$ schuin omhoog af $\rightarrow \Delta h = 8,0 \cdot \sin 5 = 0,69725 \text{ m}$ 1
 - gebruik $E_z = m \cdot g \cdot h$ 1
 - inzicht dat ΔP de toename van E_z in één seconde is 1
 - $E_{z \text{ per seconde}} = 0,036 \cdot 9,81 \cdot 0,69725 = 0,24624 = 0,25 \text{ J} \rightarrow P = 0,25 \text{ W}$ 1

Highland Games

- 2p **1** Leg uit hoe je dit aan de (h,t) -grafiek kunt zien.
- inzicht dat de kinetische energie maximaal is als de snelheid maximaal is 1

- inzicht dat de snelheid op $t = 0,35$ s maximaal is omdat de raaklijn aan de (h, t) -grafiek daar het steilst is 1

3p **2** Toon met behulp van de wet van behoud van energie aan dat de maximale kinetische energie gelijk is aan 0,81 kJ. Bepaal hiervoor eerst de maximale waarde van de zwaarte-energie E_Z .

- inzicht $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \rightarrow (E_Z + E_K)_{\text{begin}} = (E_Z + E_K)_{\text{eind}}$ 1
- $E_{Z \text{ begin}} + E_{K \text{ begin}} = E_{Z \text{ eind}} \rightarrow m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + E_{K \text{ begin}} = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$ 1
- $25 \cdot 9,81 \cdot 1,7 + E_{K \text{ begin}} = 25 \cdot 9,81 \cdot 5,0 \rightarrow E_{\text{begin}} = 8,09325 \cdot 10^2 = 0,81 \text{ kJ}$ 1

Als je E_K berekent met behulp van de snelheid als helling van de raaklijn aan de (h, t) -grafiek: maximaal 1 punt.

3p **3** Bepaal het (gemiddelde) mechanische vermogen dat de deelnemer levert tussen $t = 0,15$ s en $t = 0,35$ s.

- inzicht $E_{Z \text{ begin}} + E_{\text{in}} = E_{Z \text{ eind}} \rightarrow E_{\text{in}} = E_{Z \text{ eind}} - E_{Z \text{ begin}}$ 1
- $E_{\text{in}} = 25 \cdot 9,81 \cdot 5 - 25 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 1,12815 \cdot 10^3 \text{ J}$ 1
- $E = P \cdot t \rightarrow 1,12815 \cdot 10^3 = P \cdot (0,35 - 0,15) \rightarrow P = 5,64075 \cdot 10^3 = 5,6 \cdot 10^3 \text{ W}$ 1

3p **4** Geef in de tabel in het werkboek voor elk gegeven tijdstip aan, welke kracht (of krachten) er op het blok werkt (of werken). Als je denkt dat er geen kracht op het blok werkt, schrijf dan op: geen kracht. [werkboek](#)

- één punt per juiste regel

	Welke kracht/krachten werken er?
$t = 0,05$ s (vlak voor de worp)	spierkracht (of spankracht) en zwaartekracht
$t = 1,10$ s (op het hoogste punt)	zwaartekracht
$t = 10$ s (het blok ligt op de grond)	zwaartekracht en normaalkracht

2p **5** In welke grafiek wordt de volledige beweging van het blok juist weergegeven?

- grafiek b

De snelheid is gelijk aan de helling van de raaklijn aan de (h, t) -grafiek.

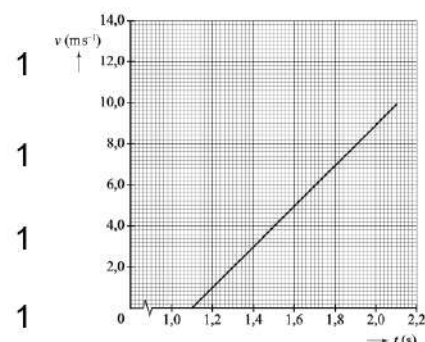
Grafiek A is fout want bij het vallen is de snelheid niet constant.

Grafiek C is fout want bij het vallen is de snelheid niet nul.

Grafiek D is fout want bij het vallen neemt de snelheid niet af.

4p **6** Teken in het werkboek de (v, t) -grafiek van het blok vanaf $t = 1,1$ s tot het tijdstip waarop het blok de grond raakt. Licht je antwoord toe met behulp van een berekening. [werkboek](#)

- $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow 9,81 \cdot 5 = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}^2$
 $v_{\text{eind}} = 9,90454 = 9,9 \text{ m/s}$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 9,90454 = 9,81 \cdot t$
 $t = 1,00964 = 1,0 \text{ s}$
- indeling van de verticale en de horizontale as waarbij meer dan de helft van de as wordt gebruikt
- tekenen van een rechte lijn vanaf 1,1 s ($v = 0 \text{ m/s}$) tot 2,1 s ($v = 9,9 \text{ m/s}$)



Mürrenbaan

- 3p **1** Bepaal met behulp van figuur 2 de gemiddelde snelheid in verticale richting over de hele rit.
- gebruik $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ met $\Delta x = \Delta h$ 1
 - aflezen: $\Delta h = 1500 - 860 = 640 \text{ m}$ (marge 10 m) 1
 - completeren $v_{\text{gem}} = \frac{640}{210} = 3,04762 = 3,05 \text{ m/s}$ 1
- 3p **2** Bepaal de arbeid die de motor in traject 2 heeft verricht.
- $W = F \cdot s$ met $s = \Delta h = 1420 - 955 = 465 \text{ m}$ (marge 10 m) 1
 - inzicht $F = F_z = m \cdot g$ met $m = 23,6 \cdot 10^3 \text{ kg}$ 1
 - completeren $W = 23,6 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 465 = 1,07655 \cdot 10^8 = 1,08 \cdot 10^8 \text{ J}$ 1
- 4p **3** Bepaal de hellingshoek die de kabelbaan maakt met het horizontale vlak. Gebruik hierbij ook figuur 2.
- afstand in verticale richting $\Delta h = 1420 - 955 = 465 \text{ m}$ 1
 - gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 7,5 \cdot (170 - 50) = 900 \text{ m}$ 1
 - inzicht $\sin \alpha = \frac{\text{verticale afstand}}{\text{afstand langs de baan}} = \frac{\Delta h}{s}$
 - completeren $\sin \alpha = \frac{465}{900} = 0,516667 \rightarrow \alpha = \sin^{-1} 0,516667 = 31,1089 = 31^\circ$ 1

Road-train

- 3p **1** Bepaal met behulp van de kaart in het werkboek hoeveel uur een reis van Port Augusta naar Port Lincoln minstens zal duren.
- gebruik de schaal $\rightarrow$ de afstand tussen Port Augusta en Port Lincoln is 300 km (marge 60 km) 1
 - gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ 1
 - completeren $300 = 90 \cdot t \rightarrow t = 3,33333 = 3,3 \text{ h}$ 1
- 4p **2** Bereken hoeveel extra vermogen de motor van deze road-train op traject ab moet leveren.
- inzicht $E_{\text{in}} = E_{Z\text{eind}} - E_{Z\text{begin}} = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}} - m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} = m \cdot g \cdot (h_{\text{eind}} - h_{\text{begin}})$ 1
 - aflezen $h_{\text{eind}} = 15 \text{ m}$ en $h_{\text{begin}} = 13 \text{ m} \rightarrow \Delta h = 2,0 \text{ m}$ 1
 - gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ en $P = \frac{W}{t}$ 1
 - completeren 1
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 1000 = (90/3,6) \cdot t \rightarrow t = 40 \text{ s}$
- $W = 160 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 2 = 3,1392 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $P = \frac{W}{t} \rightarrow P = \frac{3,1392 \cdot 10^6}{40} = 7,84 \cdot 10^4 = 7,8 \cdot 10^4 \text{ W}$

2p **3** Geef in het werkboek van elke bewering aan of die juist of onjuist is.

- 3 antwoorden goed 2
- 2 antwoorden goed 1
- 1 of 0 antwoorden goed 0

bewering	juist	onjuist
Op traject ab is de zwaartekracht op de road-train het grootst.		x
De normaalkracht op de road-train is het grootst op traject bc.		x
De tijd die nodig is om traject cd af te leggen is het langst.		x

De zwaartekracht is niet afhankelijk van de helling.

Hoe steiler de helling hoe kleiner de normaalkracht.

Traject ab is langer (1000 km) dan traject cd (750 km) en de snelheid is hetzelfde.

4p **4** Geef in het werkboek aan of deze beweringen juist of onjuist zijn. Bereken hiervoor eerst de ontbrekende waarden voor de kracht en de kinetische energie van de road-train van 160 ton.

- gebruik $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ en $\Sigma F = m \cdot a$ 1

- $a_{\text{gem}} = \frac{7,09}{28,2} = 0,2514 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res}} = 160 \cdot 10^3 \cdot 0,2514 = 4,0227 \cdot 10^4 = 40,2 \text{ kN}$

bewering 1 is juist 1

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

- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 160 \cdot 10^3 \cdot 7,09^2 = 4,02145 \cdot 10^6 = 4,02 \text{ MJ} \rightarrow$ bewering 2 is juist 1

OOK GOED

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

- $E_k = \frac{1}{2} \cdot 160 \cdot 10^3 \cdot 7,09^2 = 4,02145 \cdot 10^6 = 4,02 \text{ MJ} \rightarrow$ bewering 2 is juist 1

- gebruik $F \cdot s = \Delta E_k$ 1

- $F \cdot 100 = 4,02145 \cdot 10^6 \rightarrow F = 4,02145 \cdot 10^4 = 40,2 \text{ kN} \rightarrow$ bewering 1 is juist 1

bewering	juist	onjuist
De motor van de road-train van 160 ton levert over deze 100 m meer kracht dan de motor van de vrachtwagen van 40 ton.	x	
De road-train van 160 ton heeft na 100 m meer kinetische energie dan de vrachtwagen van 40 ton.	x	

3p **5** Bepaal met behulp van figuur 4 het verschil in remweg tussen de twee voertuigen.

- inzicht dat de remweg de oppervlakte onder de (v, t)-grafiek is 1

- inzicht $\Delta s_{\text{rem}} = s_{160 \text{ ton}} - s_{40 \text{ ton}}$ 1

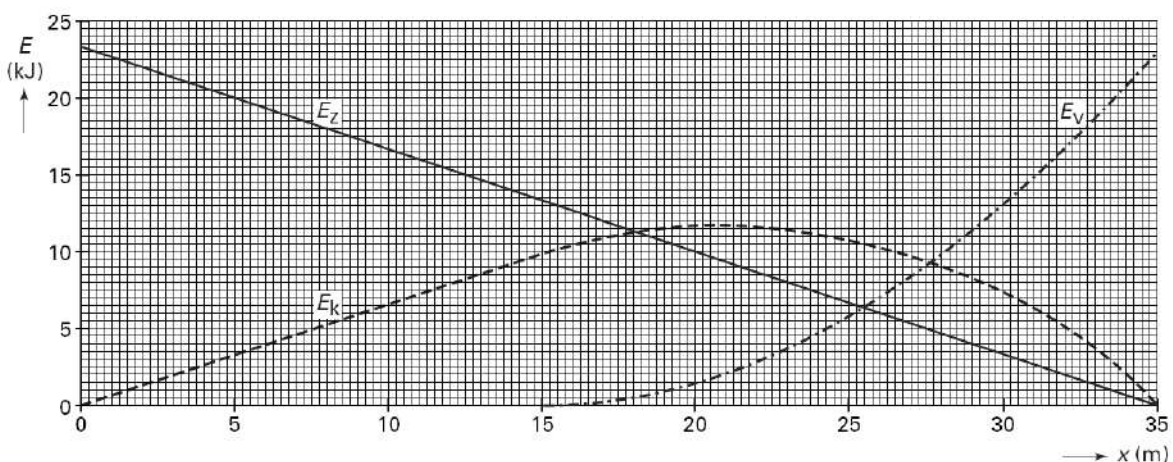
- completeren $s_{160 \text{ ton}} = \frac{1}{2} \cdot 16,667 \cdot 7,2 = 60 \text{ m} \quad | \quad s_{40 \text{ ton}} = \frac{1}{2} \cdot 16,667 \cdot 6,0 = 50 \text{ m}$

$\Delta s_{\text{rem}} = 60 - 50 = 10 \text{ m}$ 1

Examenvragen vwo

Bungee jump (aangepast)

- 2p **1** Beredeneer of Joop op het traject van R naar E versnelt of vertraagt. Verwaarloos wrijvingskrachten.
- tussen R en E is F_Z groter dan $F_{\text{veer}} \rightarrow \Sigma F$ is omlaag gericht 1
 - tussen R en E versnelt Joop 1
- 3p **2** Toon aan dat de massa van Joop 67 kg is.
- E_Z neemt over een afstand van 35 m af met 23 kJ 1
 - gebruik $E_Z = m \cdot g \cdot h$ 1
 - $23 \cdot 10^3 = m \cdot 9,81 \cdot 35 \rightarrow m = 66,987 = 67 \text{ kg}$ 1
- 3p **3** Bereken de snelheid na 15 m vallen. Verwaarloos wrijvingskrachten.
- $E_{\text{begin}} = E_Z = m \cdot g \cdot h$ en $E_{\text{eind}} = E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2$ 1
 - $E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} \rightarrow m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{eind}}^2$ m wegstrepen 1
 - $v_{\text{eind}}^2 = 2 \cdot g \cdot h \rightarrow v_{\text{eind}}^2 = 2 \cdot 9,81 \cdot 15 \rightarrow v_{\text{eind}} = 17,15517 = 17 \text{ m/s}$ 1
- 4p **4** Teken in figuur 2 de grafiek voor de kinetische energie van Joop als functie van de valafstand x . Verwaarloos wrijvingskrachten.



- inzicht dat de som van E_Z , E_V en E_K constant is 1
 - na 15 meter begint de veer uit te rekken $\rightarrow$ tussen 0 en 15 meter is E_K een rechte lijn recht, want de afname van E_Z is gelijk aan de toename van E_K 1
 - op het begin en aan het eind is E_K nul, want $v = 0$ 1
 - teken de grafiek, tussen $x = 15 \text{ m}$ en $x = 35 \text{ m}$ schets een kromme lijn 1
- 3p **5** Bepaal de veerconstante van het elastisch koord als de uitrekking maximaal is. Verwaarloos wrijvingskrachten.
- als $x = 35 \text{ m}$ geldt: $E_V = 23 \cdot 10^3 \text{ J}$ | $u = 20 \text{ m}$ | $C = \dots \text{ N/m}$ 1
 - $E_V = \frac{1}{2} C \cdot u^2$ 1
 - $23 \cdot 10^3 = \frac{1}{2} C \cdot 20^2 \rightarrow C = 115 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ N/m}$ 1

- 2p **6** Leg uit waaraan je dat kunt zien.
- als er geen wrijvingskrachten waren zou de bungee jumper niet tot stilstand komen 1
 - in werkelijkheid komt de bungee jumper wel tot stilstand 1

Steppen

- 4p **1** Bepaal hoe vaak Arie een afzetbeweging maakt om 200 m af te leggen.
- $v_{\text{gem}} = \frac{4,0 + 3,4}{2} = 3,7 \text{ m/s}$ (marge 0,1 m/s) 1
 - aflezen: de tijdsduur van één stepbeweging is 3,5 s (marge 0,1 s) 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 3,7 \cdot 3,5 = 12,95 \text{ m}$ 1
 - om 200 m af te leggen zijn $\frac{200}{12,95} = 15,444 = 15$ afzetbewegingen nodig 1
- 3p **2** Leg uit dat het met deze formule bepaalde vermogen maximaal is aan het einde van de afzet.
- aan het einde van de afzet is de snelheid maximaal 1
 - aan het einde van de afzet is de steilheid van de (v, t)-grafiek en dus de versnelling maximaal 1
 - P is maximaal want m blijft gelijk en a en v zijn maximaal 1
- 2p **3** Leg uit dat Arie bij het gebruik van deze formule de wrijvingskracht verwaarloost.
- $\Sigma F = m \cdot a$, maar in de formule gebruiken ze $F_{\text{afzet}} = m \cdot a$ 1
 - $\Sigma F = F_{\text{afzet}} - F_{\text{w}} = m \cdot a \rightarrow$ alleen als $F_{\text{w}} = 0$ geldt $\Sigma F = F_{\text{afzet}} = m \cdot a$ 1
- 4p **4** Bepaal aan de hand van de figuur op de uitwerkbijlage het maximale vermogen dat Arie door het gebruik van deze formule vindt.
- aflezen: aan het einde van de afzet is de snelheid 4,0 m/s 1
 - teken lange raaklijn bij $t = 3,5$ of bij $t = 7,0 \text{ s}$ 1
 - $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} \rightarrow a = \frac{1,2}{0,5} = 2,4 \text{ m/s}^2$ (marge 0,2 m/s²) 1
 - $P = m \cdot a \cdot v \rightarrow P = 67 \cdot 2,4 \cdot 4,0 = 643,2 = 6,4 \cdot 10^2 \text{ W}$ 1
- 2p **5** Beschrijf hoe Arie en Bianca met gebruikmaking van een krachtmeter de waarde voor de rolwrijvingskracht kunnen bepalen.
- Bianca trekt met de krachtmeter de step met Arie met een constante snelheid vooruit 1
 - bij een kleine snelheid is de trekkracht gelijk aan de rolweerstand 1

SoloTrek

- 5p **1** Bereken met de wet van arbeid en kinetische energie de hiervoor benodigde stuwkracht.
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 5 = v_{\text{gem}} \cdot 4 \rightarrow v_{\text{gem}} = 1,25 \text{ m/s}$ 1
 - $\Delta E_{\text{K}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ met $v_{\text{eind}} = 2 \cdot v_{\text{gem}} = 2,5 \text{ m/s}$ 1

- $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F \cdot 5 = \frac{1}{2} \cdot 255 \cdot 2,5^2 \rightarrow \Sigma F = 159,375 \text{ N}$ 1
- $\Sigma F = F_{\text{stuw}} - F_Z = 159,375 \text{ N}$ 1
- $F_{\text{stuw}} = 159,375 + 255 \cdot 9,81 = 2,660925 \cdot 10^3 = 2,66 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1

- 5p **2** Bereken hoe lang je op dit vermogen kunt vliegen als je met een volle tank begint. Gebruik de paardenkracht (CV) in je berekening.
- opzoeken 1 pk (CV) = 735,499 W 1
 - stookwaarde benzine: $= 33 \cdot 10^9 \text{ J/liter} \rightarrow E_{\text{in}} = 47 \cdot 10^{-3} \cdot 33 \cdot 10^9 = 1,551 \cdot 10^9 \text{ J}$ 1
 - $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow 0,30 = \frac{120 \cdot 735,499}{P_{\text{in}}} \rightarrow P_{\text{in}} = 2,942 \cdot 10^5 \text{ W}$ 1
 - gebruik $E_{\text{in}} = P_{\text{in}} \cdot t$ 1
 - $1,551 \cdot 10^9 = 2,942 \cdot 10^5 \cdot t \rightarrow t = 5,27193 \cdot 10^3 = 5,3 \cdot 10^3 \text{ s} \quad (=1,5 \text{ h})$ 1

Jan-van-gent

- 4p **1** Toon met behulp van energiebehoud aan dat deze snelheid in een vrije val over 30 m niet gehaald wordt.
- inzicht $E_{\text{begin}} = E_Z$ en $E_{\text{eind}} = E_K$ 1
 - $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow g \cdot h = \frac{1}{2} v^2$ **m wegstrepen** 1
 - $9,81 \cdot 30 = \frac{1}{2} v^2 \rightarrow v = 24,261 \text{ m/s}$ 1
 - $v = 3,6 \cdot 24,261 = 87,34 \text{ km/h}$ dus 100 km/h wordt niet gehaald 1
- 4p **2** Bereken met de wet van arbeid en kinetische energie de gemiddelde kracht die de Jan-van-gent tijdens dit gedeelte van zijn duik levert.
- $\Delta E_K = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 \rightarrow \Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot 27^2 = 1020,6 \text{ J}$ 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = \frac{27}{2} \cdot 0,82 = 11,07 \text{ m}$ 1
 - $\Sigma W = \Delta E_K \rightarrow \Sigma F \cdot 11,07 = 1020,6 \rightarrow \Sigma F = 92,1951 \text{ N}$ 1
 - $\Sigma F = F_{\text{vleugel}} + F_Z \rightarrow 92,195 = F_{\text{vleugel}} + 2,8 \cdot 9,81 \rightarrow F_{\text{vleugel}} = 64,727 = 65 \text{ N}$ 1
- 3p **3** Bereken met behulp van energiebehoud met welke snelheid hij in het water terecht komt. Verwaarloos daarbij de luchtweerstand.
- $E_{\text{begin}} = E_Z + E_K$ en $E_{\text{eind}} = E_K$ 1
 - $m \cdot g \cdot h_{\text{begin}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2$ **m wegstrepen** 1
 - $9,81 \cdot 28 + \frac{1}{2} \cdot 27^2 = \frac{1}{2} v_{\text{eind}}^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 35,754 = 36 \text{ m/s}$ 1

Bungee-trampoline

- 4p **1** Bereken de arbeid die de elektromotor hiervoor moet verrichten.
- inzicht dat: $W = E_{\text{veer}} + E_{Z, \text{Lisa}}$ 1
 - twee veren $\rightarrow E_{\text{veer}} = 2 \cdot \frac{1}{2} C \cdot u^2 \rightarrow E_{\text{veer}} = 120 \cdot 3,1^2 = 1153,2 \text{ J}$ 1
 - gebruik: $E_{Z, \text{Lisa}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{Z, \text{Lisa}} = 48 \cdot 9,81 \cdot 2,3 = 1083,024 \text{ J}$ 1

- $W = 1153,2 + 1083,024 = 2236,224 = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J}$

1

4p **2** Bepaal met behulp van een constructie in figuur 2 de grootte van de kracht in één elastisch koord.

- bereken en teken F_z

$$F_z = 48 \cdot 9,81 = 470,88 \text{ N}$$

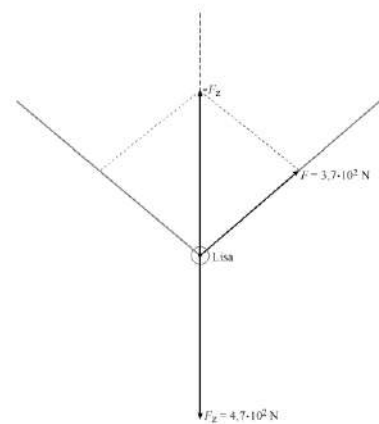
1

- construeer één van de spankrachten

2

- opmeten en omrekenen: $F_{\text{span}} = 3,7 \cdot 10^2 \text{ N}$
(marge $0,2 \cdot 10^2 \text{ N}$)

1

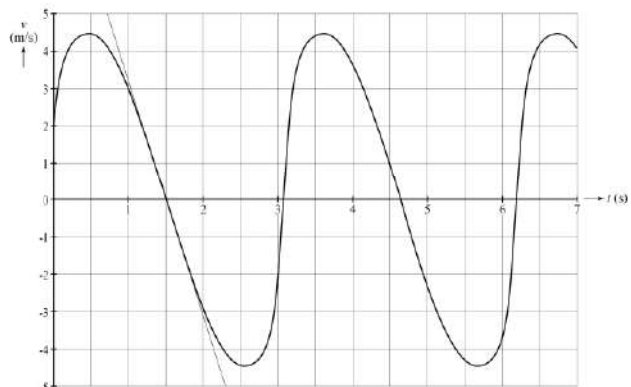


3p **3** Bepaal met behulp van de figuur 3 het maximale hoogteverschil van het zwaartepunt van Lisa tijdens één sprong.

- inzicht: de hoogte is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek 1
- hokjes tellen (9,2 hokjes) of v_{gem} schatten ($v_{\text{gem}} = 2,9 \text{ m/s}$) tussen twee nuldoorgangen 1
- $\Delta h = 4,6 \text{ m}$ (marge $0,4 \text{ m}$) 1

4p **4** Ga met behulp van een bepaling in de figuur 3 na of in het hoogste punt van de beweging de elastieken nog krachten uitoefenen op Lisa.

- hoogste punt: $v = 0$ 1
- teken raaklijn op $t=1,5$ of $t=4,7 \text{ s}$ 1
- $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{10}{1,6} = 6,25 \text{ m/s}^2$ 1
- dit is kleiner dan $9,81 \text{ m/s}^2$
dus de elastieken oefenen nog een kracht uit 1



3p **5** Vul in onderstaande tabel in hoe bovengenoemde energieën corresponderen met de grafieken 1 tot en met 5.

- alle energieën correct 3
- vier of drie correct 2
- twee correct 1
- één of nul correct 0

Grafiek	Energie
1	E_{tot}
2	E_z
3	$E_{\text{v-el}}$
4	E_k
5	$E_{\text{v-lr}}$

Strategiebepaling bij wielrennen

5p **1** Bepaal het vermogen dat Alberto levert. Hint: Schat de gemiddelde kracht in één omwenteling van één voet.

- gebruik $P = \frac{W}{t}$ en $W = F \cdot s$ 1
- schat $F_{\text{gem}} = 190 \text{ N}$ (marge 40 N) 1
- inzicht $s = 2\pi \cdot r$ 1

- aflezen $T = 0,71 \text{ s}$ (marge 0,03 s) 1
- completeren voor 2 voeten $P = \frac{2 \cdot 190 \cdot 2\pi \cdot 0,175}{0,71} = 5,9 \cdot 10^2 \text{ W}$ 1

OOK GOED

- schat $F_{\text{gem}} = 190 \text{ N}$ (marge 40 N) 1
- inzicht $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- aflezen $T = 0,71 \text{ s}$ (marge 0,03 s) 1
- gebruik $P = F \cdot v$ 1
- completeren voor 2 voeten $P = 2 \cdot 190 \cdot \frac{2\pi \cdot 0,175}{0,71} = 5,9 \cdot 10^2 \text{ W}$ 1

4p 2 Bepaal op welke afstand van de top van de berg Alberto op zijn topvermogen moet gaan rijden.

- inzicht dat de snelheid afgelezen moet worden waarbij de som van de vermogens gelijk is aan 600 W 1
- snelheid aflezen $P_{\text{hoogte}} + P_{\text{wrijving}} = 600 \text{ W} \rightarrow v = 6,5 \text{ m/s}$ (marge 0,3 m/s) 1
- gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ 1
- completeren $s = 6,5 \cdot 7,5 \cdot 60 = 2,925 \cdot 10^3 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ m}$ 1

Ontspannen lopen

2p 1 Leg uit of het verband tussen P en m dan recht evenredig of omgekeerd evenredig is.

- inzicht dat $\tilde{P}$ onafhankelijk is van de massa 1
- conclusie dat P dan recht evenredig moet zijn met de massa 1

3p 2 Leg dit uit.

- inzicht dat $\tilde{P} = \frac{P_{\text{bewegen}}}{m} + \frac{P_{\text{stilstaan}}}{m} \rightarrow c_2 = \frac{P_{\text{stilstaan}}}{m}$ 1
- gebruik $P = F \cdot v$ en $F = c \cdot v \rightarrow P = c \cdot v^2$ *c is een constant getal* 1
- conclusie $\frac{P_{\text{bewegen}}}{m} = \frac{c \cdot v^2}{m} = c_1 \cdot v^2 \rightarrow \tilde{P} = c_1 \cdot v^2 + c_2$ 1

5p 3 Bepaal aan de hand van figuur 3 hoeveel chemische energie deze proefpersoon daarvoor volgens het model aan voedsel moet binnenkrijgen.

- $v^2 = \left(\frac{7,0}{3,6}\right)^2 = 3,78 \text{ m}^2 / \text{s}^2$ 1
- aflezen $\tilde{P} = 3,9 \text{ W/kg}$ (marge 0,2 W/kg) 1
- $P = m \cdot \tilde{P} \rightarrow P = 80 \cdot 3,9 = 312 \text{ W}$ 1
- $E_{\text{nut}} = P \cdot t \rightarrow E_{\text{nut}} = 312 \cdot 60 \cdot 60 = 1,1232 \cdot 10^6 \text{ J}$ 1
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,2 = \frac{1,1232 \cdot 10^6}{E_{\text{in}}} \rightarrow E_{\text{in}} = 5,616 \cdot 10^6 \text{ J}$ 1

3p

4 Bepaal met behulp van de figuren 4a en 4b de optimale stapgrootte van een proefpersoon die de minimale energie per afgelegde meter R levert.

- bij het minimum van R: $v = 1,25$ m/s en bij deze snelheid $f = 1,65$ Hz 1

- $f = \frac{v}{S} \rightarrow S = \frac{v}{f}$ 1

- $S = \frac{1,25}{1,65} = 0,75758 = 0,76$ m 1