

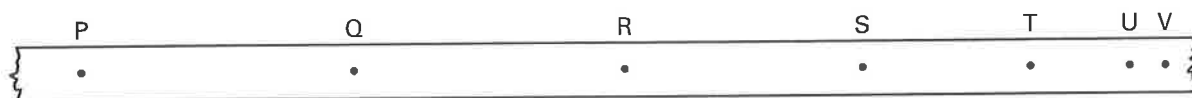
## 4 Veiligheid en verkeer

### Gepantserde auto

- 1 Sommige belangrijke mensen worden vervoerd in gepantserde auto's. Deze auto's worden bij dezelfde botsing minder ingedeukt dan gewone auto's. Heb je in zo'n gepantserde auto ook veiligheidsriemen nodig?
- A Ja, er is geen verschil met een gewone auto.
  - B Ja, vooral in een gepantserde auto heb je zo'n riem nodig.
  - C Ja, maar in een gepantserde auto is dat minder belangrijk.
  - D Nee, in een gepantserde auto zijn geen veiligheidsriemen nodig.

### Tikkerband

Hieronder zie je op ware grootte een papierstrook uit een tijdtikker.



- 2 De strook was bevestigd aan een rijdend wagentje. Het wagentje had een constante snelheid voordat het begon te remmen. Neem aan dat het wagentje in R begon te remmen.
- Neem aan dat het afremmen met een constante vertraging gebeurde en dat de laatste stip gezet werd op het moment dat het wagentje tot stilstand kwam.
- De tijdtikker zet puntjes om de 0,02 s.
- Bereken de remvertraging van het wagentje.

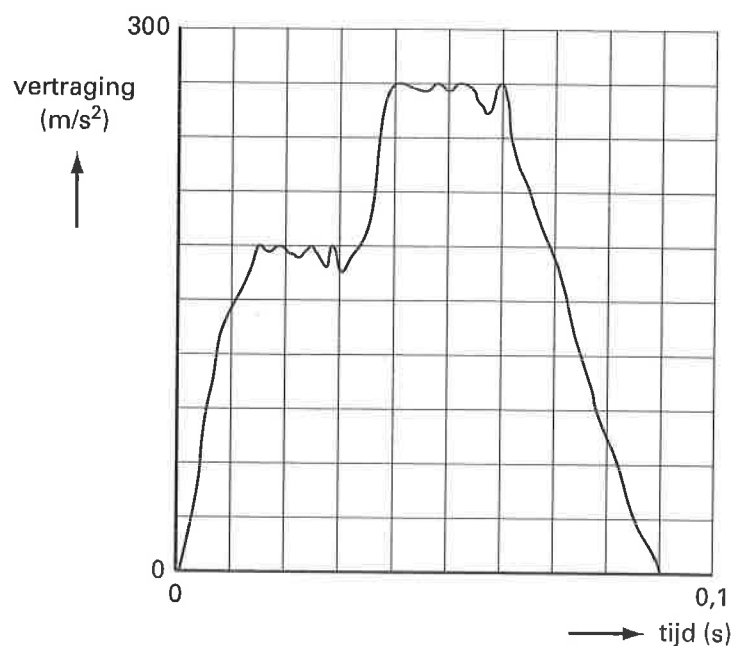
## Botsproef

Een auto met een pop erin heeft een totale massa van 800 kg.  
Men laat de auto met een snelheid van 50 km/h tegen een muur botsen.  
Zie de onderstaande foto.



overgenomen uit: 'Natuurkunde met leerlingen' NIB (1982)

In het rapport van het onderzoek is de gemeten vertraging van de auto uitgezet als functie van de tijd.



- 3 Hoe lang duurt het tot de auto stilstaat?
  - A 0,015s
  - B 0,04 s
  - C 0,09 s
  - D 0,15 s
  - E 0,4 s
  - F 0,9 s
  
- 4 Bereken de maximale kracht die de auto bij de botsing heeft ondervonden.  
Gebruik hiervoor ook de grafiek.
  
- 5 Bekijk de foto. Bij de botsing verliest de auto zijn bewegingsenergie.  
→ Geef twee soorten energie die tijdens de botsing ontstaan.

## Effecten bumperkleven

Bumperkleven houdt in dat een auto erg dicht op zijn voorganger rijdt.

Als de bestuurder in de voorste auto dan plotseling remt, heb je te weinig tijd om te reageren en op tijd tot stilstand te komen.

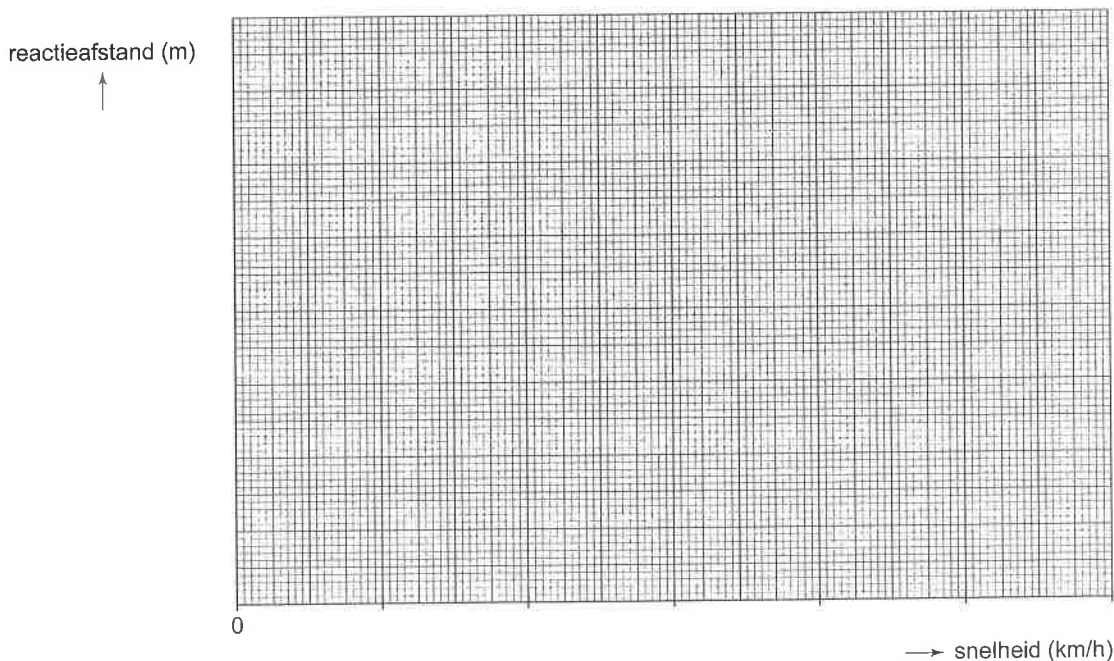
Bumperklevers worden soms verplicht tot het volgen van een gedragscursus. Ze worden daarbij bewust gemaakt van de gevolgen van het te dicht rijden op een voorganger.



In de tabel zie je de reactieafstanden bij verschillende snelheden onder ideale omstandigheden.

snelheid (km/h)	30	50	70	80	100	120
reactieafstand (m)	9	15	21	24	30	36

6 Teken in het diagram een grafiek van de reactieafstand tegen de snelheid.



7 Wat verstaan we onder de reactieafstand?

8 Welk van de volgende factoren heeft invloed op de reactieafstand?

- A staat van de banden
- B staat van de bestuurder
- C staat van de remmen
- D staat van het wegdek

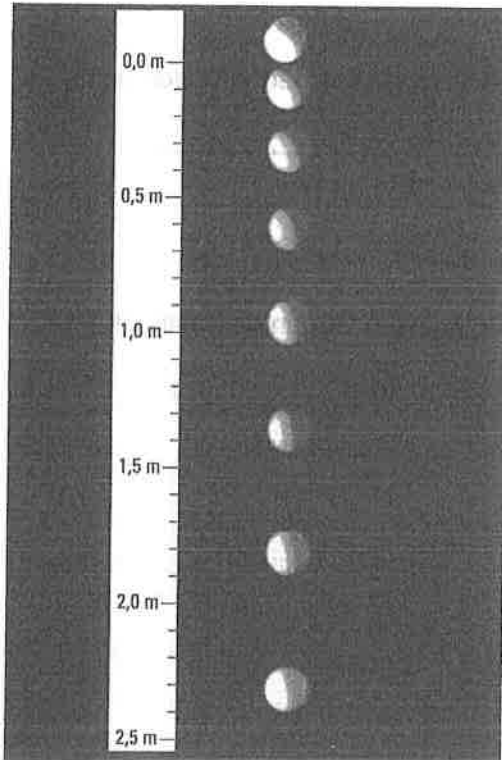
- 9 Bereken met de gegevens uit de tabel de reactietijd onder ideale omstandigheden.

Bij een remtest krijgt een auto met een massa van 1120 kg een vertraging van  $4,5 \text{ m/s}^2$ .

- 10 Bereken de remkracht op de auto tijdens het remmen.

## Vallende kogel

Hieronder zie je de stroboscopische foto die is gemaakt van een vallende kogel om daaruit de versnelling te bepalen. Naast deze kogel zie je een schaalverdeling afgebeeld.



- 11 De tijd tussen twee flitsen van de stroboscoop is  $0,10 \text{ s}$ .  
 Neem aan dat de bovenste opname samenvalt met het loslaten van de kogel.  
 De onderkant van deze kogel ligt voor het loslaten gelijk met de stand  $0,0$  van de schaalverdeling.  
 → Bereken uit deze proef de versnelling.

## Remmen

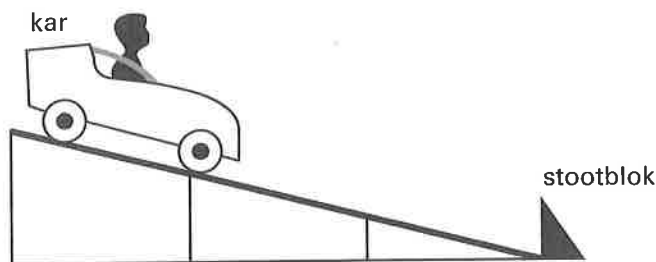
- 12 Jan leest in een artikel dat de remvertraging van zijn bromfiets minimaal  $5 \text{ m/s}^2$  moet zijn. Jan wil controleren of de remmen van zijn bromfiets aan die eis voldoen. Bij een snelheid van  $10 \text{ m/s}$  remt hij tot hij stilstaat. Neem aan dat de remvertraging daarbij  $5 \text{ m/s}^2$  is.  
 → Bereken de afstand die Jan tijdens het remmen aflegt als zijn bromfiets nog juist die minimale remvertraging van  $5 \text{ m/s}^2$  heeft.

- 13 Stel je voor dat Jan daarna remt met iemand achterop. Neem aan dat de kracht die de bromfiets tot stilstand brengt even groot is gebleven. De remvertraging blijkt nu kleiner te worden.  
→ Leg uit hoe dat komt. Gebruik een formule bij je uitleg.

## Botssimulator

Tot begin 1990 werd een botssimulator gebruikt om mensen te laten ervaren hoe het voelt als je een botsing krijgt.

De botssimulator bestond uit een kar waarop een autostoel met een stugge gordel was bevestigd. De kar met een persoon in de gordel liet men van een helling afrijden. Onderaan botste de kar tegen een stootblok.



- 14 Onderaan de helling had de kar een snelheid van 9 km/h. Bij de botsing voelde de persoon de kracht van de gordel op zijn lichaam. Men beweerde dat die kracht overeen kwam met de kracht bij een autobotsing met ongeveer 50 km/h. De massa van de kar met een persoon erin schatten we op 220 kg.  
→ Bereken, zonder rekening te houden met wrijving, van welke hoogte  $h$  de kar met de persoon moet worden losgelaten, om onderaan een snelheid te krijgen van 9 km/h (= 2,5 m/s).
- 15 De vertraging van de kar met de persoon erin onderaan tegen het stootblok is  $125 \text{ m/s}^2$ .  
→ Bereken de grootte van de kracht die de persoon en de kar samen tot stilstand brengt.

## Bommetje

**NIJMEGEN, maandag 7 augustus 2006**

De medewerkers van het Goffertbad waren zaterdag voorbereid op een spectaculaire ochtend bij de voorronde van het Nederlands Kampioenschap 'Bommetje'.



De knie omhoog en zo dicht mogelijk bij de borst houden, handen eromheen en springen maar. Dat is de ideale positie voor een flink bommetje.

*Lees het krantenartikel hierboven.*

Bij het Nederlandse kampioenschap 'Bommetje' is het de bedoeling om vanaf de driemeterplank in het water te vallen en het water zo hoog mogelijk te laten opspatten.

Hiervoor neemt een springer geen gestrekte houding aan, maar de zogenaamde bommetjeshouding (zie figuur).

**gestrekte houding**



**bommetjeshouding**



- 16 De bommetjeshouding heeft ook als voordeel dat de springer niet achterovervalt.  
→ Omcirkel in de onderstaande zinnen over de houdingen de juiste mogelijkheid.  
In een gestrekte houding bevindt het zwaartepunt zich

bij het hoofd in	het midden van het lichaam	bij de voeten
------------------	----------------------------	---------------

In de bommetjeshouding bevindt het zwaartepunt zich

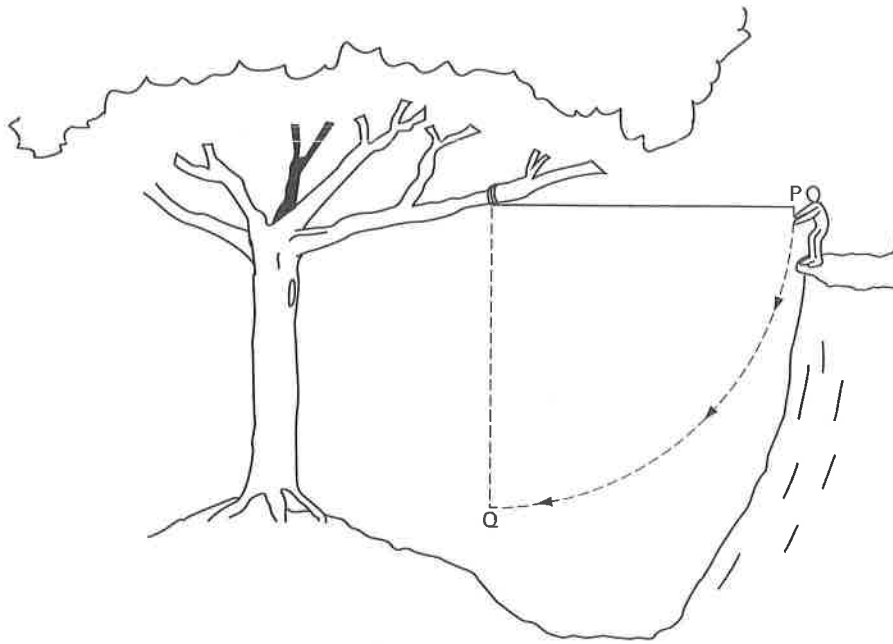
meer aan de voorkant	meer aan de achterkant
----------------------	------------------------

 van het lichaam.

- 17 Bij het neerkomen in het water is de kracht op de springer in de bommetjeshouding groter dan in de gestrekte houding.  
→ Geef hiervoor een reden.
- 18 Een van de deelnemers was Dorus. Dorus stapte van de driemeterplank. Deze plank bevindt zich precies 3 meter boven het wateroppervlak. Dorus heeft een massa van 72 kg.  
→ Bereken hoe groot de snelheid is waarmee Dorus met zijn voet het water raakt. Ga ervan uit dat alle zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie.
- 19 In Duitsland wordt in zwembaden gesprongen van grotere hoogten. In een zwembad in Frankfurt is een springtoren van 6 meter hoogte. Drie leerlingen discussiëren over de snelheid waarmee een springer het water raakt.  
Aad zegt: 'De snelheid waarmee de springer het water raakt bij een sprong van 6 meter is **minder dan twee maal** zo groot als bij een sprong van 3 meter.'  
Bas zegt: 'De snelheid waarmee de springer het water raakt bij een sprong van 6 meter is **precies twee maal** zo groot als bij een sprong van 3 meter.'  
Cees zegt: 'De snelheid waarmee de springer het water raakt bij een sprong van 6 meter is **meer dan twee maal** zo groot als bij een sprong van 3 meter.'  
Wie heeft er gelijk?  
**A** Aad  
**B** Bas  
**C** Cees

## Survival

Tijdens een survival moeten Jan en Piet achtereenvolgens van een steile heuvel afdalen. Ze gebruiken daarbij hetzelfde touw dat aan een boom vastzit.



- 20 Als Jan en Piet in P van de heuvel afstappen hebben ze geen beginsnelheid. We verwaarlozen de wrijvingskracht. Piet is 5 kg zwaarder dan Jan. Wie van beiden heeft de grootste snelheid als hij beneden in Q aankomt?
- A Jan
  - B Piet
  - C de snelheid van Jan en Piet is gelijk



## Hints bij hoofdstuk 4

- 1 De auto heeft geen kreukelzone.
- 2 Gebruik een formule voor de snelheid van een éénparig vertraagde beweging.
- 3 Dit is een  $a,t$ -diagram. Ga na wanneer de versnelling ongelijk is aan nul.
- 4 Gebruik de formule die het verband tussen  $F$ ,  $m$  en  $a$  weergeeft. Lees de maximale versnelling af uit de figuur.
- 5 Welke veranderingen zie je op de foto?
- 6 Gebruik minimaal 2/3 deel van de assen. Trek een vloeiende lijn door de meetpunten. Ga na of de oorsprong ook tot de grafiek behoort.
- 9 Gebruik de formule voor de beweging met constante snelheid (Binas tabel 7) en één punt uit de bij de vraag gegeven tabel.
- 10 Gebruik de formule voor kracht uit Binas tabel 7.
- 11 Bepaal uit de figuur welke afstand (de onderkant van) de vallende kogel heeft afgelegd na een bepaald aantal flitsen. Uit het aantal flitsen bepaal je ook de verstreken tijd.
- 12 Gebruik de formules voor een éénparige vertraagde beweging.
- 13 Gebruik de formule die het verband tussen  $F$ ,  $m$  en  $a$  weergeeft.
- 14 Gebruik de formules voor de bewegingsenergie en zwaarte-energie uit Binas tabel 7.
- 15 Gebruik de formule die het verband tussen  $F$ ,  $m$  en  $a$  weergeeft.
- 18 Gebruik de formules voor de zwaarte- en bewegingsenergie uit Binas tabel 7.
- 20 Gebruik de formules voor de bewegingsenergie en zwaarte-energie uit Binas tabel 7.

**Gepantserde auto**

- 1 **B** De gepantserde auto heeft geen kreukelzone. De remweg van de passagiers wordt daardoor niet vergroot. De remkracht op de passagiers wordt dus niet verkleind. Die remkracht op het lichaam moet dus *vooral* met behulp van veiligheidsriemen worden opgevangen.

**Tikkerband**

- 2 De remvertraging bereken je met de formule:

$$v_t = v_0 - a \times t$$

Hierin is  $v_t$  de snelheid op tijdstip  $t$  in m/s

$v_0$  de snelheid op tijdstip  $t = 0$  s in m/s

$a$  de vertraging in  $\text{m/s}^2$

$t$  de tijd in s

Het wagentje begon in R te remmen. Daarvoor had het wagentje een constante snelheid. Die snelheid is  $v_0$ . De afstand van Q naar R is 3 cm (= 0,03 m). Deze afstand legt het wagentje in 0,02 s af.

$$\text{De snelheid } v_0 = \frac{0,03}{0,02} = 1,5 \text{ m/s.}$$

De remweg van R naar V is 6 cm = 0,06 m. De tijd nodig voor het remmen is  $4 \times 0,02 = 0,08$  s. De eindsnelheid  $v_t = 0$  m/s.

Invullen van de formule  $v_t = v_0 - a \times t$  levert:  $0 = 1,5 - a \times 0,08$

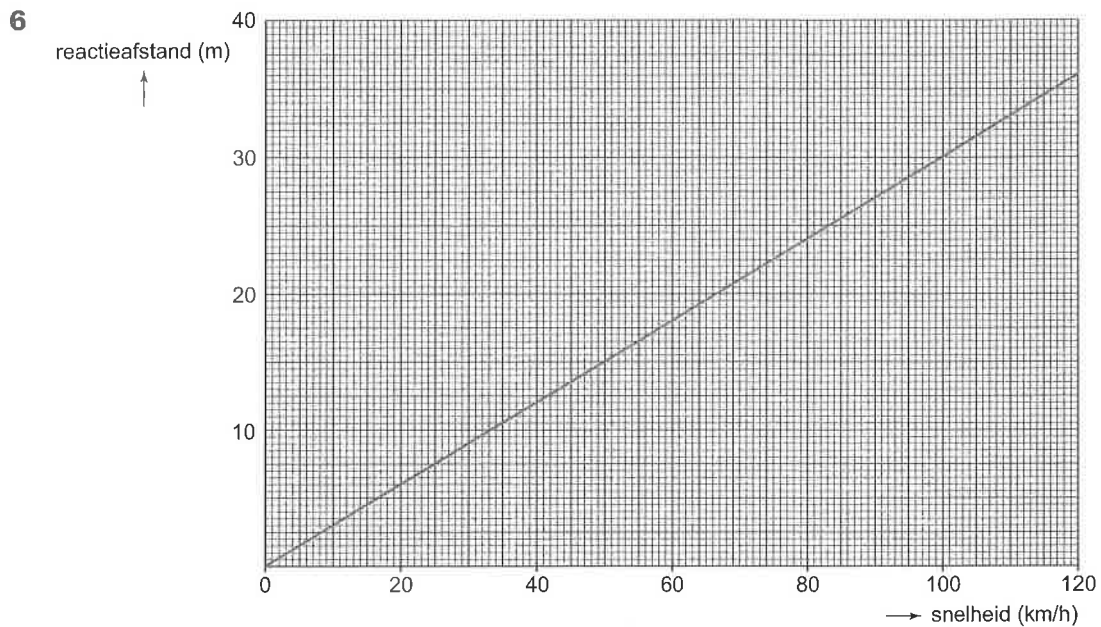
$$0,08 a = 1,5$$

$$a = \frac{1,5}{0,08} = 18,75 \text{ m/s}^2$$

**Botsproef**

- 3 **C** In de grafiek is de gemeten vertraging uitgezet als functie van de tijd. De vertraging is 0,09 seconde ongelijk aan nul. Het vertragen duurt dus 0,09 s.
- 4 De maximale kracht kun je berekenen met de formule:
- $$F = m \times a$$
- Hierin is  $F$  de kracht in newton (N)  
 $m$  de massa in kilogram (kg)  
 $a$  de versnelling (vertraging) in  $\text{m/s}^2$
- $m = 800$  kg, de maximale vertraging  $a = 270 \text{ m/s}^2$  kun je uit de grafiek aflezen.  
 $F = 800 \times 270 = 216000$  N  
 De maximale kracht die de auto bij de botsing heeft ondervonden is afgerond  $2,2 \cdot 10^5$  N.
- 5 De bewegingsenergie van de auto wordt omgezet in warmte (thermische energie) en zwaarte-energie (de auto komt omhoog). Bij een botsing ontstaat ook geluid. De bewegingsenergie wordt ook omgezet in geluidsenergie.  
*Je hoeft maar twee soorten energie te noemen.*

## Effecten bumperklever



7 De reactieafstand is de afstand die afgelegd wordt in de tijd die je nodig hebt om te reageren. Dat is de tijd tussen het zien van het gevaar en het indrukken van het rempedaal.

8 **B** Alle andere genoemde factoren (staat van banden, remmen en wegdek) hebben invloed op de remweg. De *stopafstand* = *reactieafstand* + *remweg*. De reactieafstand hangt af van de bestuurder en dus van de staat waarin de bestuurder verkeert.

9 De grafiek is een rechte lijn. Het is dus een beweging met constante snelheid. Hiervoor geldt de formule (Binas tabel 7):

$$s = v \times t$$

Hierin is  $s$  de afstand in m  
 $v$  de snelheid in m/s  
 $t$  de tijd in s

Neem een punt van de lijn, bijvoorbeeld  $s = 30$  m en  $v = 100$  km/h.

Dit komt overeen met een snelheid van  $v = \frac{100}{3,6} = 27,8$  m/s.

Invullen geeft:  $30 = 27,8 \times t$  Hieruit volgt  $t = \frac{30}{27,8} = 1,08$  s.

10 De remkracht bereken je met de formule voor kracht (Binas tabel 7):

$$F = m \times a$$

Hierin is  $F$  de kracht in N  
 $m$  de massa in kg  
 $a$  de versnelling in  $\text{m/s}^2$

$m = 1120$  kg en  $a = 4,5$   $\text{m/s}^2$

Invullen geeft:  $F = 1120 \times 4,5 = 5040$  N

**Vallende kogel**

- 11** Als je de stroboscopische foto van de vallende kogel bekijkt, zie je dat de onderkant van kogel op tijdstip  $t_0$  op 0,0 m zit. Zeven flitsen later (dus na  $7 \times 0,1 = 0,7$  s) bevindt de onderkant van de vallende kogel zich op 2,4 meter. De versnelling bereken je met de formule:

$$s = \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

Hierin is  $s$  de afgelegde weg in m  
 $a$  de versnelling in  $\text{m/s}^2$   
 $t$  de tijd in s

$$s = 2,4 \text{ m}, t = 0,7 \text{ s}$$

$$2,4 = \frac{1}{2} \times a \times (0,7)^2. \text{ Dus } 2,4 = 0,245 \times a$$

$$\text{Hieruit volgt dat } a = \frac{2,4}{0,245} \approx 9,8 \text{ m/s}^2$$

*Je kunt de afgelegde weg ook op een ander moment aflezen uit de foto en dan met die gegevens de versnelling berekenen. Bijvoorbeeld na 6 flitsen is de afgelegde weg ongeveer 1,88 m.*

**Remmen**

- 12** De remtijd bereken je met de formule:

$$v_t = v_0 - a \times t$$

Hierin is  $v_t$  de snelheid op tijdstip  $t$  in m/s  
 $v_0$  de snelheid op tijdstip  $t = 0$  s in m/s  
 $a$  de vertraging in  $\text{m/s}^2$   
 $t$  de tijd in s

De beginsnelheid  $v_0 = 10$  m/s. De vertraging  $a = 5$   $\text{m/s}^2$ . De eindsnelheid  $v_t = 0$  m/s (stilstand).

Invullen in de formule levert:  $0 = 10 - 5 \times t$

$$5 t = 10$$

$$\text{De remtijd } t = \frac{10}{5} = 2 \text{ s.}$$

De remafstand bereken je met de formule:

$$s_t = v_0 \times t - \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

Hierin is  $s_t$  de afgelegde op tijdstip  $t$  s in m  
 $v_0$  de snelheid op tijdstip  $t = 0$  s in m/s  
 $a$  de vertraging in  $\text{m/s}^2$   
 $t$  de tijd in s

$$s_t = 10 \times 2 - \frac{1}{2} \times 5 \times 2^2$$

$$s_t = 20 - 10 = 10 \text{ m}$$

- 13** De remvertraging is afhankelijk van de remkracht en van de massa.

De formule voor de remkracht  $F$  is:  $F = m \times a$

Dit kun je schrijven als:  $a = \frac{F}{m}$

De remkracht is in beide situaties gelijk. De massa is in de tweede situatie (met iemand achterop) groter. Hieruit volgt dat de vertraging  $a$  kleiner wordt.

**Botssimulator**

- 14**
- De bewegingsenergie bereken je met de formule:

$$E_{\text{beweging}} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Hierin is  $E_{\text{beweging}}$  de bewegingsenergie in J  
 $m$  de massa in kg  
 $v$  de snelheid in m/s

De zwaarte-energie bereken je met de formule:

$$E_{\text{zwaarte}} = m \times g \times h$$

Hierin is  $E_{\text{zwaarte}}$  de zwaarte-energie in J  
 $m$  de massa in kg  
 $g$  de versnelling van de zwaarte-  
kracht in  $\text{m/s}^2$   
 $h$  de hoogte in m

De bewegingsenergie die de kar heeft bij de botsing is gelijk aan de zwaarte-energie van de kar als hij zich boven aan de helling bevindt.  $E_{\text{beweging}} = E_{\text{zwaarte}}$ .

$$\text{Dus } \frac{1}{2} \times m \times v^2 = m \times g \times h$$

Aan beide kanten van het gelijkteken  $m$  wegdelen levert:  $\frac{1}{2} \times v^2 = g \times h$   
 $v = 2,5 \text{ m/s}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$\frac{1}{2} \times (2,5)^2 = 10 \times h$$

$$10 h = 3,1$$

$$h = 0,31 \text{ m}$$

In plaats van het wegdelen van  $m$  aan beide kanten van het gelijkteken, kun je ook  $m = 220 \text{ kg}$  invullen.

- 15**
- De grootte van de kracht bereken je met de formule:

$$F = m \times a$$

Hierin is  $F$  de kracht in N  
 $m$  de massa in kg  
 $a$  de versnelling in  $\text{m/s}^2$

$$m = 220 \text{ kg}, a = 125 \text{ m/s}^2$$

$$F = 220 \times 125 = 27500 \text{ N}$$

**Bommetje**

- 16**
- In een gestrekte houding bevindt het zwaartepunt zich
- in het midden van het lichaam**
- .

In de bommetjeshouding bevindt het zwaartepunt zich **meer aan de voorkant** van het lichaam.

Bij de bommetjeshouding bevindt zich meer massa voor de buik.

Hierdoor verschuift het zwaartepunt naar voren.

- 17**
- Bij de bommetjeshouding is het contactoppervlak met het water veel groter. Hierdoor is de wrijvingskracht op het lichaam groter en wordt het sneller afgeremd.

- 18** De formules voor de zwaarte-energie en bewegingsenergie staan in Binas tabel 7.

De zwaarte-energie bereken je met de formule:

$$E_z = m \times g \times h$$

Hierin is  $E_z$  de zwaarte-energie in J  
 $m$  de massa in kg  
 $g$  de valversnelling (= 10 m/s<sup>2</sup>)  
 $h$  de hoogte in m

De bewegingsenergie (kinetische energie) bereken je met de formule:

$$E_k = 0,5 \times m \times v^2$$

Hierin is  $E_k$  de kinetische energie in J  
 $m$  de massa in kg  
 $v$  de snelheid in m/s

Je hoeft de zwaarte-energie niet eens uit te rekenen. De zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie, oftewel  $E_z = E_k$ .

Dus  $m \times g \times h = 0,5 \times m \times v^2$  Dit kun je schrijven als:  $g \times h = 0,5 \times v^2$

Hieruit volgt:  $v^2 = 2 \times g \times h$

$g = 10 \text{ m/s}^2$  en  $h = 3,00 \text{ m}$

Invullen levert:  $v^2 = 2 \times 10 \times 3,00 = 60$ . Dus  $v = \sqrt{60} = 7,7 \text{ m/s}$ .

- 19 A** Er is sprake van een versnelde beweging. De springer doet langer over de eerste drie meter dan over de tweede drie meter. De snelheid bereken je met

$$v = g \times t$$

Als de tijd die de springer over de tweede drie meter doet, kleiner is (omdat zijn snelheid hoger is), dan zal de snelheid niet verdubbelen.

Je kunt de snelheid natuurlijk ook als volgt berekenen:

$$g \times h = 0,5 \times v^2$$

Hieruit volgt:  $v^2 = 2 \times g \times h$

$g = 10 \text{ m/s}^2$  en  $h = 6,00 \text{ m}$

Dus  $v^2 = 2 \times 10 \times 6,00 = 120$ . Dus  $v = \sqrt{120} = 11,0 \text{ m/s}$ .

De snelheid is dus niet verdubbeld.

### Survival

- 20 C** In punt P bezitten Jan en Piet zwaarte-energie.

De zwaarte-energie bereken je met de formule:

$$E_z = m \times g \times h$$

Hierin is  $E_z$  de zwaarte-energie in joule (J)  
 $m$  de massa van het voorwerp in kg  
 $g$  de valversnelling 10 m/s<sup>2</sup>  
 $h$  de hoogte waarop het voorwerp zich bevindt in m

In punt Q is zwaarte-energie omgezet in bewegingsenergie.

De bewegingsenergie bereken je met de formule:

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

Hierin is  $E_k$  de bewegingsenergie in joule (J)  
 $m$  de massa in kg  
 $v$  de snelheid in m/s

Er wordt dus zwaarte-energie omgezet in bewegingsenergie. Dus  $E_k = E_z$ .

$$\text{Dus } \frac{1}{2} \times m \times v^2 = m \times g \times h$$

Dit kun je schrijven als:  $\frac{1}{2} \times v^2 = g \times h$

$g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $h =$  lengte van het touw in m

Deze waarde zijn voor Jan en Piet hetzelfde. Als Jan en Piet beneden in punt Q aankomen, hebben ze dezelfde snelheid.