

## BEWEGING – HAVO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton)

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in de videolessen:

[Eenparige beweging](#)

[Raaklijnmethode](#)

[Vallen](#)

[Versnelde beweging](#)

[Hokjesmethode](#)



### 1 Stroboscoop

Gerben en Lea onderzoeken met een stroboscoop de beweging van een bal. Ze laten de bal van links naar rechts over de tafel rollen en maken een foto van de bewegende bal (zie hieronder). De bal had een diameter van 12 cm en de stroboscoop stond ingesteld op 10 flitsen per seconde.

- Hoeveel tijd zit er tussen de beeldjes?
- Hoe lang heeft het maken van de foto minimaal geduurd?
- Bepaal uit de afbeelding de maximale snelheid die de bal had.
- Gerben en Lea zijn het niet eens over het moment dat de bal stil ligt. Volgens Gerben is het meest rechter beeldje de stilliggende bal. Volgens Lea kun je dit aan de foto niet zien. Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.



### 2 Trajectcontrole

Op de snelweg A2 geldt op de 40 km tussen Amsterdam en Utrecht een maximumsnelheid van 100 km/h. De snelheid wordt gecontroleerd met automatische trajectcontrole. Om 9:44 wordt een auto door een camera geregistreerd in Amsterdam. Om 10:12 wordt dezelfde auto geregistreerd in Utrecht.

- Bereken de gemiddelde snelheid van de auto en laat zien dat de chauffeur niet bang

hoeft te zijn voor een boete wegens te hard rijden.

- b Een andere chauffeur rijdt met gemiddeld 120 km/h, maar hij stopt onderweg tussen Amsterdam en Utrecht om te tanken. Bereken hoe lang hij minimaal over het tanken moet doen om zeker te weten dat hij geen boete zal krijgen.

### 3 Onweersbui

*Gebruik bij deze vraag BINAS tabel 15A*

Bij een onweersbui hoor je de donder 2,0 s nadat je de bliksem ziet.

- a Bereken de afstand tussen jou en de bliksem. Ga hierbij uit van een temperatuur van 20 °C (293 K).
- b Hoeveel tijd zou er tussen de donder en de bliksem zitten als de temperatuur 0 °C (273 K) zou zijn?

### 4 Naar school

Marije vertrekt van huis naar school en fietst met een constante snelheid van 15 km/h. Zij doet in totaal 12 minuten over haar ritje en is precies op tijd op school.

- a Bereken de afstand tussen het huis van Marije en haar school.
- b Wouter, de broer van Marije, zit op dezelfde school. Hij vertrekt 5,0 minuten na zijn zus en fietst met een snelheid van 18 km/h. Wouter komt helaas te laat. Bereken hoeveel minuten hij te laat komt.
- c Met welke snelheid zou Wouter hebben moeten fietsen om nog op tijd op school te zijn?

### 5 Rondje aarde

Een modern straalvliegtuig vliegt met een gemiddelde snelheid van 900 km/h.

- a Bereken hoeveel uur een vliegtuig erover zou doen om non-stop een rondje om de aarde te vliegen. Ga hierbij uit van de omtrek van de aarde rond de evenaar.
- b Het International Space Station (ISS) vliegt op een hoogte van 320 km boven het aardoppervlak. Hij doet 91 minuten over één rondje aarde. Bereken de snelheid van het ISS in km/h.
- c Hoeveel keer sneller beweegt het ISS dan een vliegtuig?

### 6 Inhaalmanoeuvre

Een auto rijdt achter een vrachtauto op de snelweg. De vrachtauto rijdt 95 km/h en de auto 105 km/h. Als de afstand tussen de voorkant van de auto en de achterkant van de vrachtauto 12 m bedraagt gaat de auto naar de linker rijbaan en haalt in. De auto gaat weer terug naar de rechterrijbaan als de afstand tussen de voorkant van de vrachtauto en de achterkant van de auto 8,0 m is. De lengte van de vrachtauto en de auto zijn 9,5 m en 3,4 m, respectievelijk.

- a Hoe groot is de relatieve snelheid van de auto ten opzichte van de vrachtauto?

- b Bereken hoe veel de auto ten opzichte van de vrachtauto is opgeschoven tijdens de hele inhaalmanoeuvre.
- c Bereken met behulp van je antwoord op de vorige twee vragen hoe lang het inhalen in totaal duurt.
- d Bereken hoeveel afstand de auto aflegt tijdens het inhalen.

### 7 Lichtsnelheid

Het licht van de zon doet er ongeveer 8 minuten over de aarde te bereiken. Je ziet de zon dus zoals hij er 8 minuten geleden uitzag en je kijkt dus altijd terug in het verleden.

- a Ga dit na met een berekening. Zoek eerst de lichtsnelheid en afstand tussen zon en aarde op in BINAS.
- b Ook als je in de klas naar het schoolbord kijkt, kijk je terug in het verleden. Stel dat je op een afstand van 6,5 m van het schoolbord zit. Bereken hoe lang het licht van het schoolbord erover doet om je ogen te bereiken.
- c Waarom merk je hier in de praktijk nooit iets van?

### 8 Versnelling

Een auto trekt vanuit stilstand eenparig versneld op met een versnelling van  $1,1 \text{ ms}^{-2}$ .

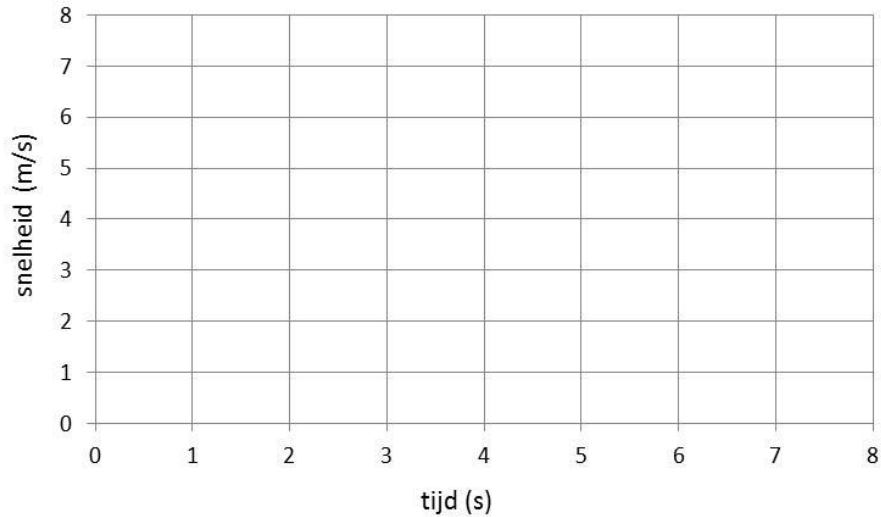
- a Leg in je eigen woorden uit wat 'eenparig versnelling' betekent.
- b Bereken de snelheid die de auto heeft na 3,0 s.
- c Hoeveel tijd heeft de auto nodig om op een snelheid van 50 km/h te komen.

### 9 Afremmen

Een fietser rijdt met een snelheid van 20 km/h als hij op  $t=2,0 \text{ s}$  plotseling moet remmen. Hij remt eenparig vertraagt met een remvertraging bedraagt  $1,8 \text{ ms}^{-2}$ . Dit betekent dat zijn snelheid per seconde afneemt met  $1,8 \text{ ms}^{-1}$ .

- a Bereken op welk tijdstip de fietser tot stilstand is gekomen.
- b Teken in het diagram hieronder het v,t-diagram van de fietser.
- c Wat is zijn gemiddelde snelheid tijdens het remmen?
- d Bereken m.b.v. je antwoorden op vraag a en c de remweg van de fietser.

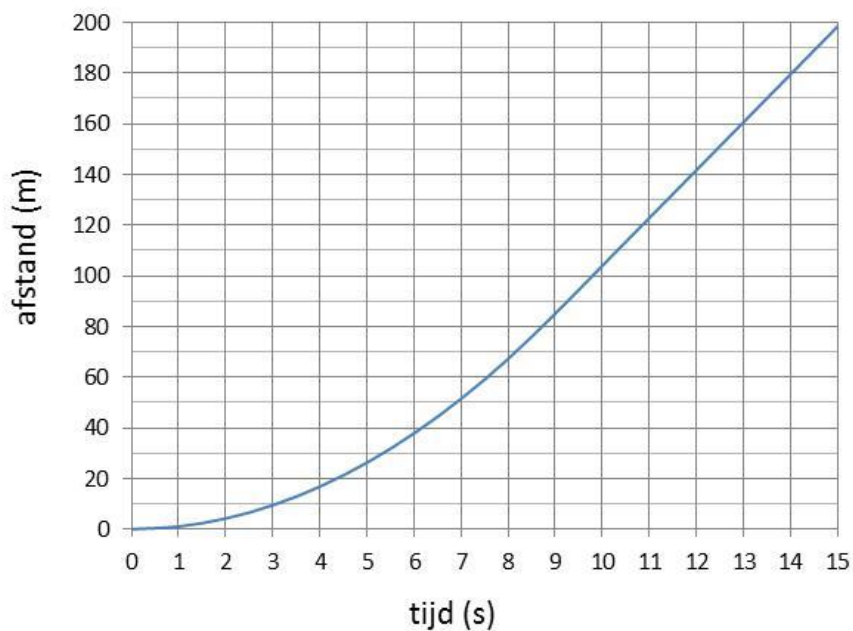
## BEWEGING-HAVO

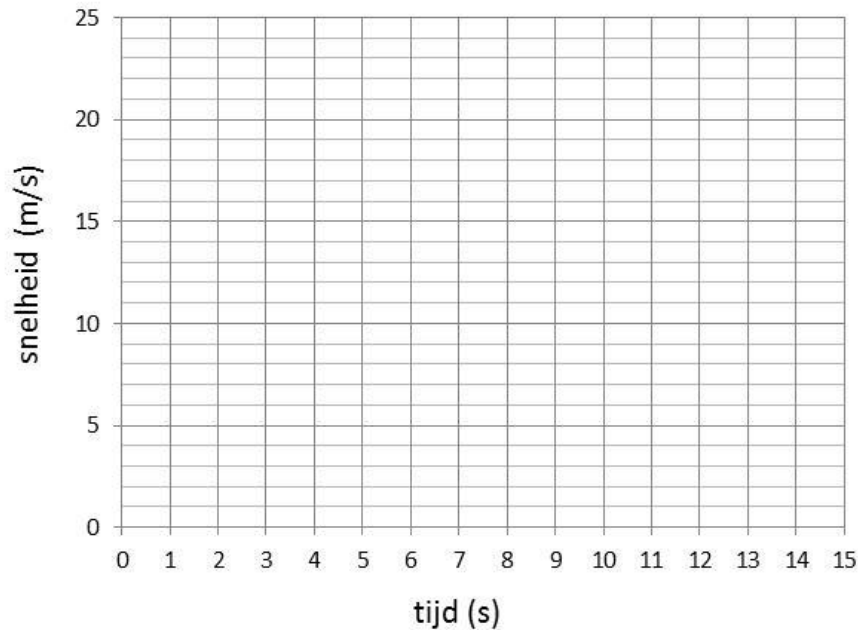


### 10 Optrekkende auto

Een auto trekt eenparig versneld vanuit stilstand op. Na 9,0 s neemt de snelheid niet meer toe en blijft de snelheid constant. Hieronder staat het bijbehorende x,t-diagram.

- Hoe kun je aan het x,t-diagram zien dat de auto na 9,0 s met constante snelheid rijdt?
- Bepaal de snelheid van de auto na  $t = 9,0$  s.
- Bereken de versnelling van de auto tussen  $t = 0,0$  en  $9,0$  s.
- Teken in de figuur hieronder de v,t-grafiek behorende bij de auto.





### 11 Landingsbaan

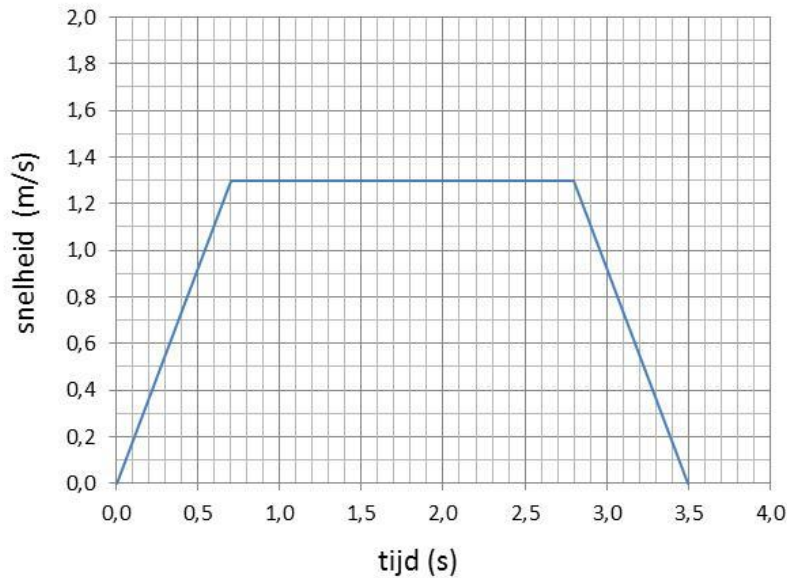
Een vliegtuig landt met een snelheid van 250 km/h op een landingsbaan met een totale lengte van 1,2 km. Het vliegtuig raakt de baan op 200 m vanaf het begin van de baan en begint meteen te remmen met een constante vertraging van  $2,8 \text{ m/s}^2$ .

- Bereken hoe lang het duurt voordat het vliegtuig tot stilstand is gekomen.
- Bereken hoeveel afstand er nog zit tussen het vliegtuig en het eind van de baan als het vliegtuig tot stilstand is gekomen. Maak hierbij gebruik van het feit dat de gemiddelde snelheid van het vliegtuig tijdens het remmen de helft is van de beginsnelheid.
- De maximale remvertraging van dit type vliegtuig bedraagt  $3,5 \text{ m/s}^2$ . Wat is de maximale snelheid waarmee dit vliegtuig zou kunnen landen op deze landingsbaan? Ga er hierbij van uit dat het vliegtuig de landingsbaan helemaal aan het begin raakt.

### 12 Lift

Een lift vertrekt van de begane grond naar de eerste verdieping. Hieronder staat een grafiek van de stijgsnelheid tijdens de rit.

- Op welke tijden is de beweging van de lift eenparig?
- Bepaal uit de grafiek de versnelling van de lift direct na vertrek.
- Bereken de afstand die de lift heeft afgelegd tijdens de hele rit.
- Hoe lang zou de lift erover hebben gedaan als hij niet één maar vier verdiepingen omhoog was gegaan? Ga er hierbij vanuit dat de verdiepingshoogte overal hetzelfde is.



### 13 Botsing

Twee auto's rijden achter elkaar op de snelweg met een snelheid van 100 km/h. Plotseling moet de voorste auto remmen. Om een botsing te voorkomen moet de achterste auto ook vol in de remmen. De chauffeur van de achterste auto heeft een reactietijd van 0,40 s. Beide auto's remmen met een remvertraging van  $5,2 \text{ m/s}^2$ . Op het moment dat de achterste auto begint met remmen is de afstand tussen de auto's 10 m.

- Bereken de relatieve snelheid waarmee de achterste auto op de voorste auto afrijdt.
- Laat met een berekening zien dat de auto's tegen elkaar aan zullen botsen.

### 14 Vallen

*Bij deze opgave mag je de luchtwrijving verwaarlozen.*

Vallen een eenparig versnelde beweging met een versnelling van  $9,81 \text{ ms}^{-2}$ .

- Bereken welke snelheid je bereikt als je 2,9 s naar beneden valt.
- Hoe lang moet je vallen om een snelheid van 60 km/h te bereiken?
- Wanneer iets van een hoogte van 50 m naar beneden valt komt het op de grond terecht met een snelheid van  $31 \text{ ms}^{-1}$ . Bereken de valtijd.

### 15 Katapult

*Bij deze opgave mag je de luchtwrijving verwaarlozen.*

Met een katapult schiet je een steen met een snelheid van 20 m/s recht omhoog. De katapult bevindt zich op een hoogte van 1,60 m boven de grond als de steen de katapult verlaat.

- Hoe lang duurt het voordat de steen het hoogste punt bereikt?
- Hoe hoog bevindt het hoogste punt zich boven de grond?

## 16 Maansprong

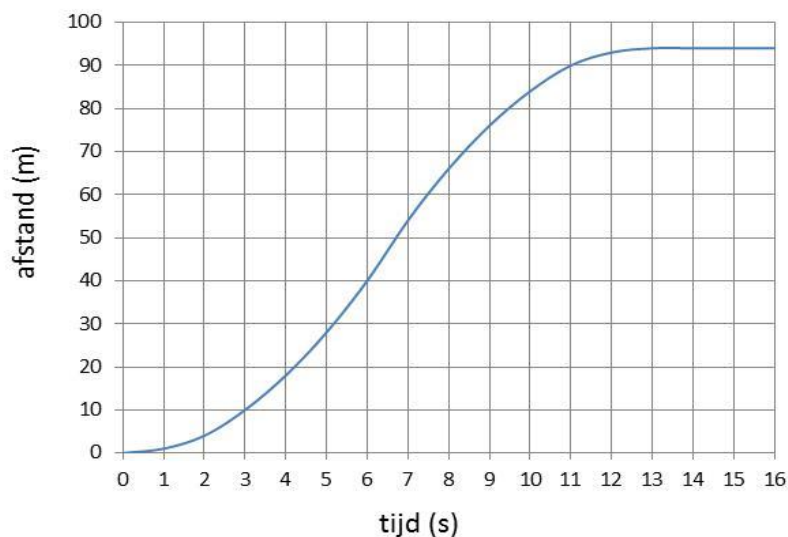
De meeste mensen durven nog wel vanaf een hoogte van 1,5 m op de grond te springen. Je komt dan op de grond met een snelheid van  $5,4 \text{ ms}^{-1}$ . We nemen in deze opgave aan dat dit de snelheid is waarmee je nog veilig kunt landen. Een grotere snelheid kan gevaarlijk zijn.

- Bereken de valtijd als je met een snelheid van  $5,4 \text{ ms}^{-1}$  op de grond terecht komt.
- Op de maan is de valversnelling een stuk lager dan op aarde. Zoek in BINAS tabel 31 op wat de valversnelling op de maan is.
- Bereken hoe groot de valtijd is die nodig is om op de maan met een snelheid van  $5,4 \text{ ms}^{-1}$  op de grond te komen.
- Vanaf welke hoogte zou je op de maan veilig naar beneden kunnen springen?

## 17 Sprint

Een wielrenner maakt een korte sprint vanuit stilstand waarin hij 94 m aflegt. Hieronder staat een x,t-diagram van de sprint.

- Hoe lang heeft de sprint in totaal geduurd?
- Wat is de gemiddelde snelheid van de wielrenner geweest tijdens de sprint?
- Wat voor soort beweging is de sprint? Eenparig, eenparig versneld, eenparig vertraagd of geen van allen?
- Bepaal uit de grafiek de maximale snelheid die de wielrenner tijdens zijn sprint bereikt heeft.

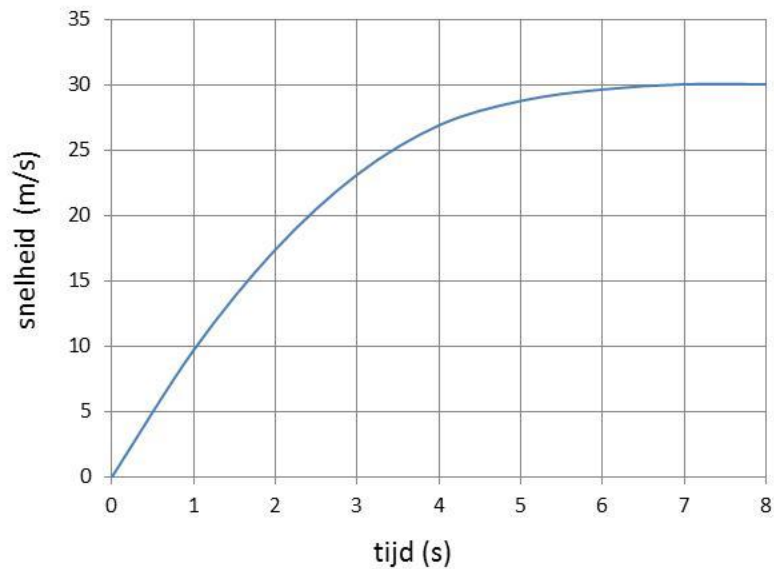


## 18 Vallende bal

Een bal valt in 8,0 s vanaf een hoge toren op de grond. Hieronder staat een v,t-diagram van deze val. Door luchtweerstand wordt de snelheidstoename steeds kleiner. Uiteindelijk wordt de snelheid constant.

- Hoe groot is de snelheid waarmee de bal de grond raakt?

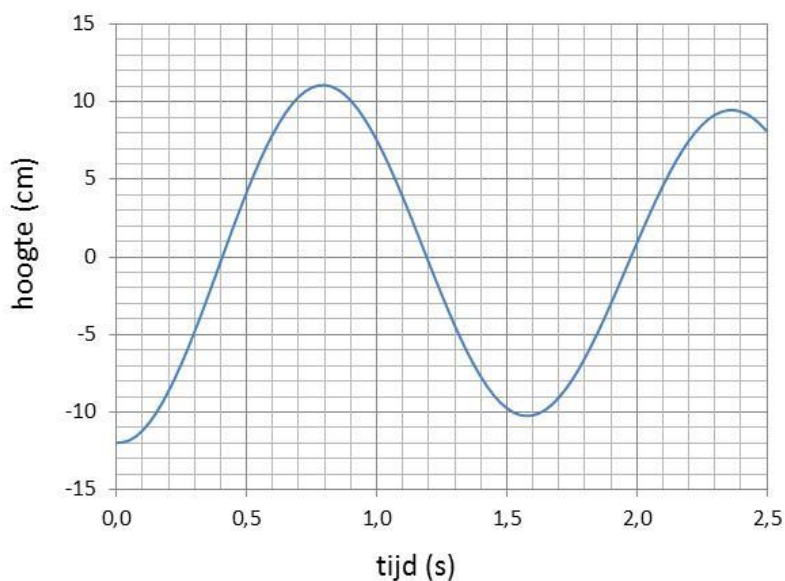
- b Ga aan de hand van de grafiek na dat de versnelling aan het begin van de val gelijk is aan de normale valversnelling op aarde.
- c Bepaal m.b.v. de hokjesmethode de hoogte van de toren.
- d Wat zou de valtijd van de bal geweest zijn als er géén luchtwrijving geweest zou zijn?



### 19 Trilling

Een gewicht wordt aan een lang elastiek opgehangen. Op  $t = 0$  wordt het gewicht 12 cm naar beneden getrokken en losgelaten. Het gewicht gaat een op en neer gaande beweging uitvoeren. Hieronder staat een grafiek van de hoogte van het gewicht direct na het loslaten.

- a Hoe groot is de snelheid direct na het loslaten?
- b Bepaal de maximale snelheid van het gewicht.
- c Laat zien dat de maximale snelheid tijdens elke periode steeds afneemt.





## 20 Jan-van-Gent

*Je mag bij deze opgave de luchtwrijving verwaarlozen.*

De jan-van-gent is een zeevogel die leeft van vis die hij door middel van een duikvlucht vanaf grote hoogte vangt. Vanaf een hoogte van 30 m duikt hij recht naar beneden en raakt het wateroppervlak met een snelheid van 100 km/h.

- a Laat met een berekening zien dat hij deze snelheid niet kan bereiken als hij zich gewoon laat vallen vanaf 30 m hoogte.
- b In werkelijkheid gebruikt de jan-van-gent de eerste twee meter van zijn duikvlucht zijn vleugels om extra snelheid te krijgen. Na 2,0 m heeft hij voldoende beginsnelheid en laat hij zich de resterende 28 m vallen. Bereken welke beginsnelheid hij moet hebben om het wateroppervlak met 100 km/h te raken.

**ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN**

Uitwerkingen met uitleg zijn te vinden op

[natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

**1 Stroboscoop**

- a 0,10 s
- b 0,90 s
- c

**2 Traject controle**

- b 4,0 min

**3 Onweersbui**

- a  $6,9 \cdot 10^2$  m
- b 2,1 s

**4 Naar school**

- a 3,0 km
- b 3,0 min
- c 26 km/h

**5 Rondje om de aarde**

- a 44,5 uur
- c  $28 \cdot 10^3$  kmh<sup>-1</sup>
- d 31 keer

**6 Inhaalmanoeuvre**

- a  $2,8 \text{ ms}^{-1}$
- b 33 m
- c 12 s
- b  $3,5 \cdot 10^2$  m

**7 Lichtsnelheid**

- b  $2,2 \cdot 10^{-8}$  s

**8 Versnelling**

- b  $3,3 \text{ ms}^{-1}$
- c 13 s

**9 Afremmen**

- a  $t = 5,1$  s
- b  $10 \text{ kmh}^{-1} / 2,8 \text{ ms}^{-1}$
- c 8,6 m

**10 Optrekkende auto**

- b  $19 \text{ ms}^{-1}$
- c  $2,1 \text{ ms}^{-2}$

**11 Landingsbaan**

- a 25 s
- b  $1,4 \cdot 10^2$  m
- c  $92 \text{ ms}^{-1} / 3,3 \cdot 10^2 \text{ kmh}^{-1}$

**12 Lift**

- a tussen 0,7 en 2,8 s
- b  $1,9 \text{ ms}^{-2}$
- c 3,6 m
- d 12 s

**13 Botsing**

- a  $2,1 \text{ ms}^{-1}$

**14 Vallen**

- a  $28 \text{ ms}^{-1}$
- b 1,7 s

- c 3,2 s

**15 Katapult**

- a 2,0 s
- b 22 m

**16 Maansprong**

- a 0,55 s
- b  $1,62 \text{ ms}^{-2}$
- c 3,3 s
- d 8,7 m

**17 Sprint**

- a 13 s
- b  $7,5 \text{ ms}^{-1}$  of  $27 \text{ kmh}^{-1}$
- c  $14 \text{ ms}^{-1}$  of  $50 \text{ kmh}^{-1}$

**18 Vallende bal**

- a  $30 \text{ ms}^{-1}$
- c  $1,8 \cdot 10^2$  m
- d 6,0 s

**19 Trilling**

- a  $0,0 \text{ ms}^{-1}$
- b  $0,46 \text{ ms}^{-1}$

**20 Jan-van-gent**

- b  $15 \text{ ms}^{-1}$