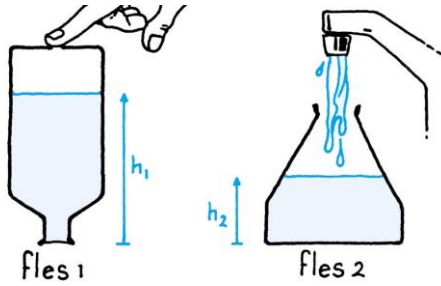
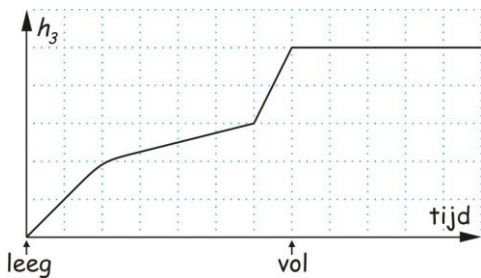


**Drie flessen**

Je haalt je vinger weg en fles 1 loopt leeg.

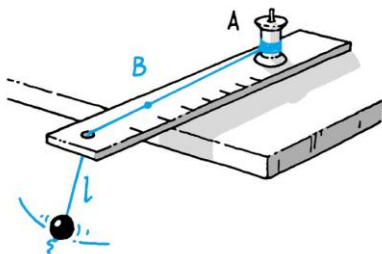


- a Schets de  $h_1(t)$ -grafiek.  
 ► Je vult fles 2 met een constante straal water.
- b Schets de  $h_2(t)$ -grafiek.  
 ► Het vullen van fles 3 levert deze  $h_3(t)$ -grafiek op.
- c Schets de vorm van fles 3.



**De polsfrequentiemeter**

Galilei gebruikte bij zijn proeven een polsfrequentiemeter (pulsilogium).



Volgens Huygens geldt voor zo'n slinger  $T = 2\sqrt{\ell}$ .

- a Bereken  $T$  als je 50 slagen per minuut vindt.
- b Bereken de slingerlengte als B bij 50 slagen per minuut staat.
- c Hoeveel moet je B opzij schuiven als je wilt instellen op 100 slagen per minuut?  
 ► Eigenlijk moeten we de formule van Huygens schrijven als:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad \text{met } g = 9,81$$

- d Bereken  $T$  als  $l = 2,50$  m.
- e Bereken  $l$  als  $T = 1,65$  s.

**Klokken uit de VS**

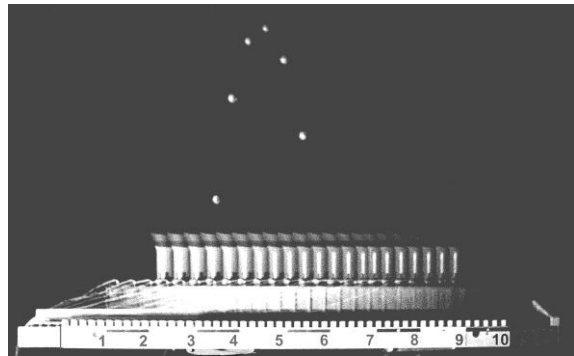
In de Verenigde Staten is de frequentie van het lichtnet 60 Hz, bij ons 50 Hz.

Een Amerikaanse elektrische klok wordt hier om 12 uur in de middag gelijk gezet met een Nederlandse klok.

- a Hoeveel loopt de Amerikaanse klok na één uur voor of achter?
- b Hoe laat is het als die klok voor het eerst op 8 uur staat?
- c Na hoeveel uur wijzen beide klokken weer hetzelfde aan?

**Een kogel lanceren**

Een kogel wordt gelanceerd vanaf een rijdende kar. We maken een foto terwijl een stroboscoop 10 flitsen per seconde geeft.

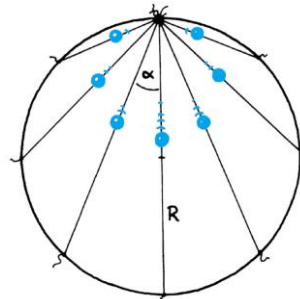


- a Bepaal de snelheid van de kar ten opzichte van de tafel.
- b Bepaal de snelheid van de kogel in zijn bovenste punt ten opzichte van de tafel.
- c Hoe groot is de snelheid van de kogel in zijn bovenste punt ten opzichte van de kar?

**Langs een helling omlaag**

Een velg is gespannen met nylondraden, ieder voorzien van een kraal. Als je alle kralen in het bovenste punt verzamelt en tegelijk loslaat, komen ze ook tegelijk aan, want je hoort één tik. Galilei heeft dit al bewezen.

- Leid uit deze proef af hoe de versnelling  $a$  langs een draad afhangt van  $g$  en  $\alpha$ .  
 (De tijd  $t$  volgt uit  $2R = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$  en voor een draad met lengte  $\ell$  geldt  $\ell = \frac{1}{2} a t^2$ .)



**In de file**

Met welke snelheid moeten auto's in een file rijden om zo snel en veilig mogelijk thuis te komen? Allemaal 80 km/h? Dat schiet wel op, maar is alleen veilig als er grote afstanden tussen de auto's zitten. Allemaal een slakkengang is veilig, maar dan kom je nooit thuis. De auto's moeten op remafstand van elkaar rijden. Ga uit van een reactietijd van 0,3 s en van een 'versnelling' van  $-5,0 \text{ m/s}^2$ . De auto's hebben een eigen lengte  $\ell$  van gemiddeld 4,0 m.



a Toon aan dat voor de onderlinge afstand  $d$  als functie van  $v$  kan worden geschreven:

$$d(v) = 0,3v + 0,1v^2.$$

► Voor  $W$  die langs de kant staat, is  $T$  de tijd tussen twee passages en  $f$  de frequentie waarmee de auto's hem passeren.

b Maak voor je verder gaat een schatting van de snelheid die de grootste  $f$  oplevert.

c Stel formules op voor  $T(v)$  en  $f(v)$ .

d Differentieer  $f(v)$  en bereken de snelheid waarbij  $f$  maximaal is.

**Stoppen of doorrijden?**

Een automobilist nadert met 72 km/h een stoplicht dat ieder moment op oranje kan springen.

a Toon aan dat de remweg 80 m is als de auto remt met  $-2,5 \text{ m/s}^2$ .

► Het stoplicht staat 3,0 s op oranje en de kruising is 10 m breed.

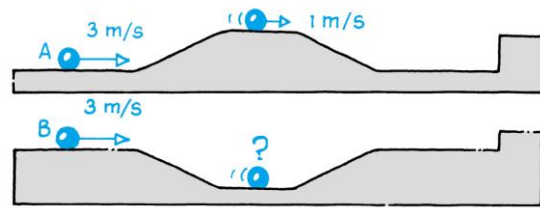
b Toon aan dat het op 50 m van het stoplicht nog juist lukt om de kruising vrij te maken als op dat moment het licht op oranje springt.

► Het twijfelgebied tussen de 80 m en de 50 m is in feite wat kleiner omdat de automobilist gas kan geven. Stel dat de auto bij die snelheid kan optrekken met  $2,0 \text{ m/s}^2$ .

c Hoe breed is dan het twijfelgebied?

**Welke kogel wint?**

Twee kogels rollen zonder wrijving door goten die elkaars spiegelbeeld zijn.



- a Schets de  $v(t)$ -grafiek van kogel A.
- b Toon aan:  $v_B(t) < 5 \text{ m/s}$  voor elke  $t$ .
- c Welke kogel komt het eerst rechts aan?

**Afremmen na opgooien**

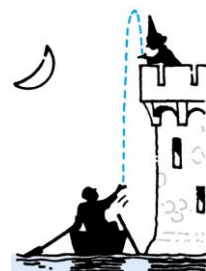
Hiernaast staat een stroboscopische foto van een kogel die omhoog gegooid is. Je kunt hieraan niet zien of de kogel links omhoog ging of rechts. Blijkbaar heb je bij het stijgen met dezelfde  $g$  te maken als bij het dalen, alleen wordt de *vaart* dan  $9,8 \text{ m/s}$  per seconde *kleiner*. Na de top neemt de vaart weer toe.



Het is mogelijk om stijgen en dalen als één doorlopende beweging te beschrijven. We kiezen daarbij omhoog als de positieve richting.

Stel dat een edelsteentje omhoog gegooid wordt met  $20 \text{ m/s}$  en dat dit  $17 \text{ m}$  hoger wordt opgevangen. Dan krijgen we deze formules voor  $v(t)$  en  $h(t)$ :

$$v(t) = 20 - 9,8 \cdot t \quad \text{en} \quad h(t) = 20 \cdot t - 4,9 \cdot t^2$$



- a Controleer dat deze formules bij elkaar horen door de afgeleide te nemen van de  $h(t)$ -formule.
- b Bereken het tijdstip waarop het steentje op zijn top is ( $v = 0 \text{ m/s}$ ).
- c Bereken de hoogte van de top.
- d Bereken het tijdstip waarop het steentje wordt opgevangen.
- e Bereken de snelheid die het dan heeft.
- f Teken de  $v(t)$ -grafiek en de  $h(t)$ -grafiek van het steentje vanaf  $t = 0 \text{ s}$  tot aan het tijdstip waarop het opgevangen wordt.

**De remweg van een auto**

Personenwagens moeten kunnen remmen met  $6 \text{ m/s}^2$  als de weg droog is.

**a** Bereken de remtijd en de remweg als  $v(0) = 50 \text{ km/h}$  en als  $v(0) = 100 \text{ km/h}$ .

**b** Schets de twee  $v(t)$ -grafieken.

**c** Bewijs met deze grafieken:

$$t_{\text{rem}} \sim v(0) \quad \text{en} \quad x_{\text{rem}} \sim v(0)^2$$

**d** Hoeveel meter heeft de bestuurder nodig als je de reactietijd op  $0,5 \text{ s}$  stelt?

► De politie houdt als vuistregel aan:

$$x_{\text{rem}} = \left( \frac{v(0)}{10} \right)^2$$

(de remweg in m en de snelheid in km/h.

**e** Kloppen de waarden van vraag **d** hiermee?

**f** Hoe groot was de snelheid volgens deze vuistregel als het remspoor  $50 \text{ m}$  lang is?

► In een ver land geldt de eis dat bij  $15 \text{ mijl}$  per uur het remspoor hoogstens  $60 \text{ passen}$  lang mag zijn.

**g** Hoe groot was de vaart bij  $80 \text{ passen}$ ?

**Galilei en da Vinci**

Volgens Galilei geldt langs een helling met de hoek  $\alpha$  voor de versnelling  $a = g \cdot \sin \alpha$ .

Zie **Doen** en **Smaakmaker 5**. In werkelijkheid geldt echter  $a = \frac{5}{7} g \sin \alpha$  omdat de kogel *rollend* omlaag gaat.

Je kunt zijn proef zelf doen met een grote stalen kogel in een lange aluminium goot. Als je daar papiertjes in legt, belemmeren die het rollen niet, maar hoor je duidelijk dat de kogel over zo'n minieme 'hobbel' gaat.

Om een vast ritme te horen bij het passeren van de papiertjes moeten hun posities  $x$  zich volgens Galilei zo verhouden:

$$x_1 : x_2 : x_3 : \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots$$



**a** Bereken  $a$  als  $\alpha = 20^\circ$ .

**b** Met welke frequentie hoor je de kogel de papiertjes passeren als  $x_1 = 20 \text{ cm}$ ?

**c** Bewijs dat voor de afstanden  $\Delta x$  tussen de papiertjes geldt dat zij zich verhouden als  $1 : 3 : 5 : 7 \dots$

► Volgens da Vinci geldt voor die  $\Delta x$  de verhouding  $1 : 2 : 3 : 4 \dots$ . Dit levert echter geen vast ritme op. Ga maar na:

**d** Bereken de tijden tussen de passages; de afstand  $x_1$  is weer  $20 \text{ cm}$ .