Zwevingen

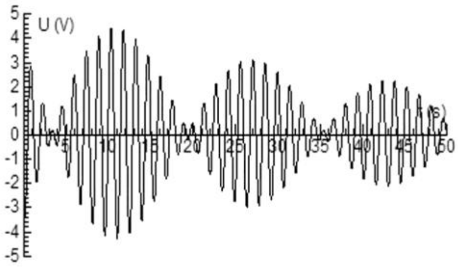
Neem twee gelijke stemvorken en verzwaar de een met een gewichtje zodat zijn toonhoogte wat daalt. Als je ze daarna beide aanslaat, hoor je *zwevingen*.

Bij het stemmen van muziekinstrumenten wordt gelet op zwevingen. Als bijvoorbeeld twee fluiten niet precies dezelfde toon geven, hoor je dat direct.

Stel dat je twee tonen hebt: $f_1 = 440$ Hz en $f_2 = 434$ Hz en dat beide tonen op zeker moment in de pas lopen, zodat ze elkaar versterken.

Toon 1 maakt per seconde zes trillingen meer dan nummer 2. Dus na $\frac{1}{6}$ s lopen ze weer in de pas. Dat gebeurt zes keer per seconde. De zwevingsfrequentie is dus 6 Hz. Als het frequentieverschil groter is dan 10 Hz, hoor je geen zweving meer maar twee aparte tonen.

Laat twee slingers in bakken water zwaaien zoals bij opgave **13** op p. 22 en meet de spanning tussen de twee heen-en-weer zwaaiende contacten.



►De tijdas is hier 50 s lang.

a Op welke tijdstippen liepen de slingers met elkaar in de pas?

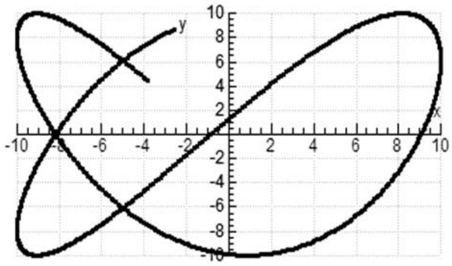
►De langste slinger had een lengte van 62 cm.

b Bepaal $T_{zweving}$ en bereken $f_{zweving}$.

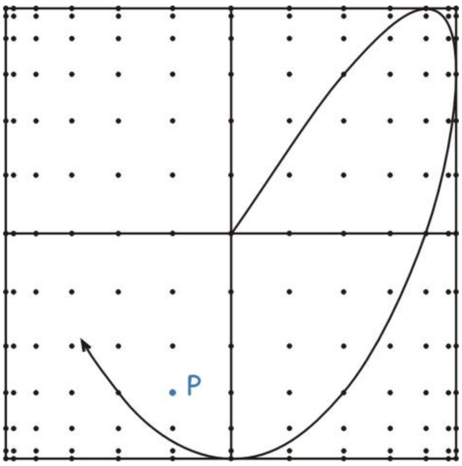
c Bereken de lengte van de andere slinger.

Lissajousfiguren

Op p. 125 zie je hoe een kogel twee trillingen tegelijkertijd uitvoert: hij danst en hij zwaait. De figuur die je dan krijgt, heet een *lissajousfiguur*. Hoe je deze figuur zelf kunt maken en veranderen, kun je vinden op de site bij de practica met Coach.



Ook kun je daar dit lissajousraster met de bijbehorende instructies ophalen.



a Maak de figuur hierboven af; $f_x : f_y = 2 : 3$.

b Teken zo'n figuur als je in P begint met een zelfgekozen richting en frequentieverhouding.

c Bij welk beginpunt en frequentieverhouding krijg je een cirkel?

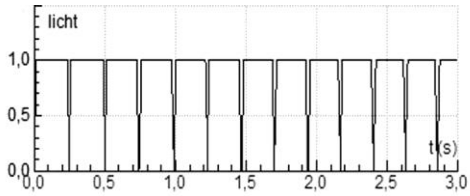
►Er is een beginpunt en frequentieverhouding waarbij je een parabool krijgt.

d Zoek dat uit.

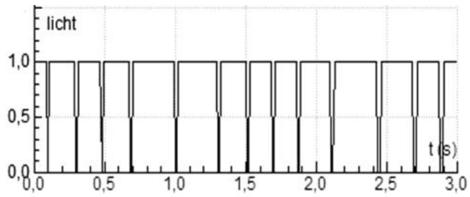
Zwaaien en dansen

Volgens het *equivalentieprincipe* van Einstein is een versneld coördinatensysteem niet te onderscheiden van een veranderde waarde van g. Dat heeft tot gevolg dat de periode van een slinger verandert als hij in een versnelde lift is opgesteld. In de formule voor de slinger moet je dan g vervangen door ($g \pm a$), waarin a de versnelling van de lift is.

Een staafje zwaait heen-en-weer in een beugel die op-en-neer danst aan een veer. Tijdens het zwaaien blokkeert het staafje twee keer per periode een lichtstraal die op een lichtsensor gericht is. Als de beugel stil hangt, is dit het signaal van de lichtsensor:



Tijdens het dansen, zien we dit:



a Is de waarde van g groter of kleiner dan 9,8 m/s^2 als de 'lift' versneld omhoog gaat?

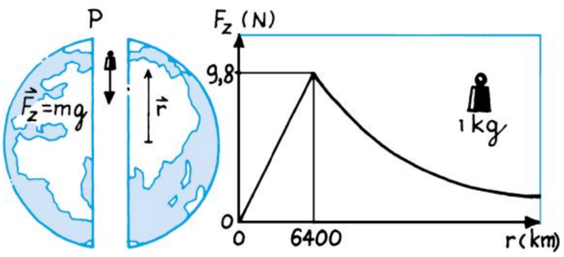
b Waar bevindt de beugel zich op t = 1,0 s: helemaal boven, helemaal beneden of in de evenwichtsstand?

c Bepaal de gemiddelde waarde van T omstreeks t = 1,0 s.

d Bereken daarmee 'g' en a.

Een tunnel door de aarde

Stel we graven een tunnel dwars door de aarde. De zwaartekracht op 1 kg hangt als volgt samen met de afstand r tot het middelpunt:



►Je laat bij P een steen van 1 kg vallen.

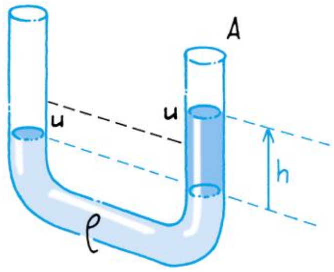
a Toon aan dat deze steen een harmonische trilling gaat uitvoeren.

b Toon aan dat voor de 'veerconstante' van dit systeem geldt: $C = 1{,}5 \cdot 10^{-6}$ N/m.

c Hoelang moet je wachten voor de steen terug is?

Vloeistof in een U-buis

De vloeistof in een U-buis heeft de lengte ℓ en dichtheid ρ. Het oppervlak van de doorsnede van de buis is A. De terugdrijvende kracht bij de uitwijking u wordt geleverd door de zwaartekracht op de donkere kolom.



- Geef een uitdrukking voor:

a^1 het volume van alle vloeistof in de buis;

a^2 de massa van de vloeistof;

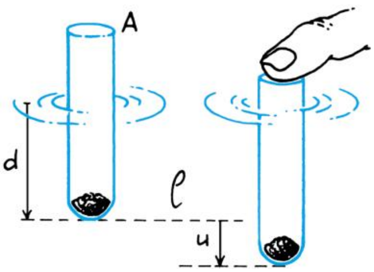
b de terugdrijvende kracht.

c Leid voor de periode waarmee de vloeistof in de buis kan schommelen af:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{2g}}$$

Een dobberende reageerbuis

Volgens Archimedes is de opwaartse kracht in een vloeistof gelijk aan het gewicht van de verplaatste vloeistof. Links drijft de reageerbuis in rust in een vloeistof met dichtheid ρ; de massa m van de buis is dus gelijk aan de massa van de verplaatste vloeistof. Rechts is de buis een afstand u omlaag geduwd en is er een terugdrijvende kracht.



a Toon aan: $m = dA\rho$.

b Bepaal de massa van de vloeistof die rechts extra verplaatst is.

c Bepaal de C van dit 'verende' systeem.

d Leid een formule af voor T.

Een belemmerde trilling

Zie ook opgave **30**. Een bol hangt aan een veer en trilt met T = 2,00 s. We brengen hem tot stilstand en verhinderen met een touwtje dat de onderste helft verder kan uitrekken. De veerconstante van een veer is omgekeerd evenredig met zijn lengte. We tillen de bol 4,0 cm op en laten hem los op t = 0 s.

a Toon aan dat één complete periode nu 1,71 s duurt.
b^1 Bereken de maximale snelheid van de bol.
b^2 Bereken de amplitude van het onderste deel van de trilling.
c^1 Teken de $u(t)$-grafieken van de beweging zonder touwtje en mét touwtje.
c^2 Schets ook de twee $v(t)$-grafieken.

Hooke en harmonisch trillen

Op p. 121 wordt beweerd dat een trilling harmonisch is als de wet van Hooke geldt.

- Toon dat aan met een Coach-model.