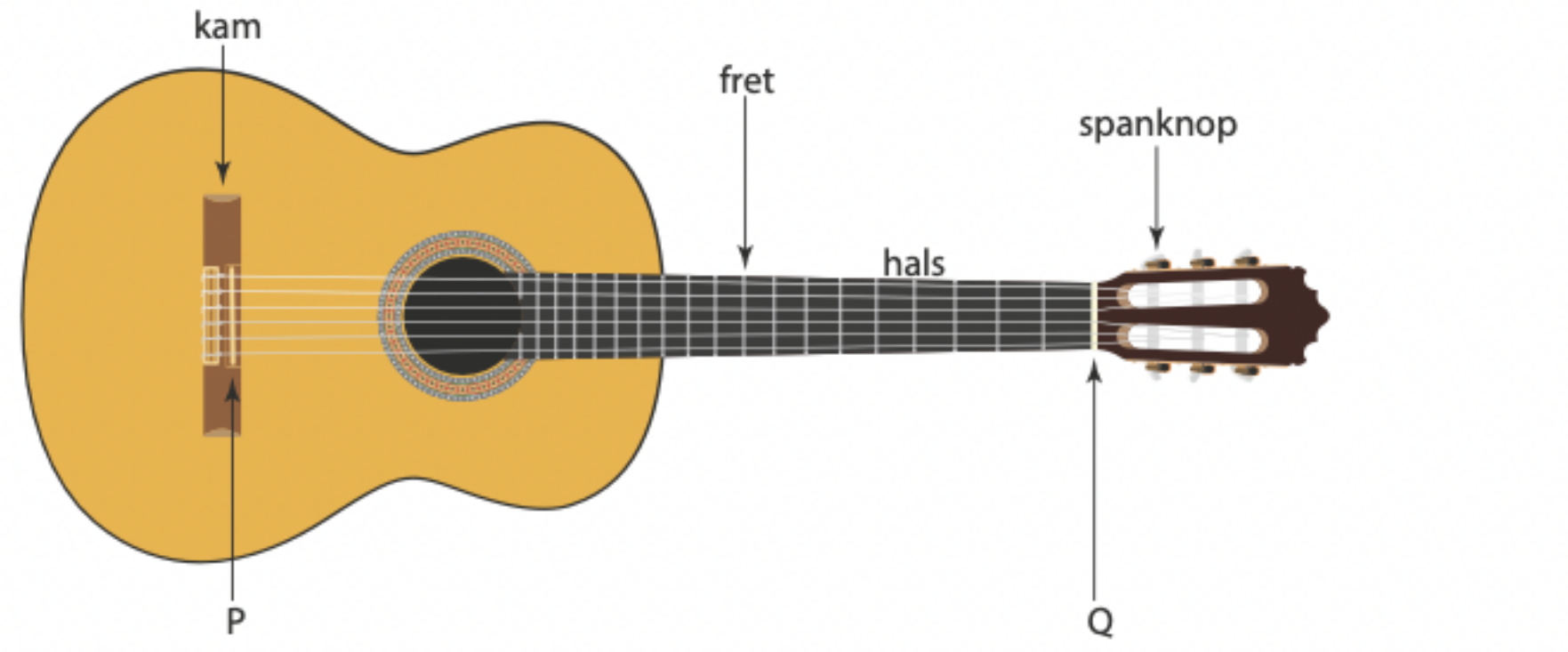


- 28 Een gitaar heeft zes snaren. Elke snaar is gespannen tussen de kam op de klankkast en een van de spanknoppen aan het eind van de hals. Zie figuur 9.55.



Figuur 9.55

Als een snaar een toon voortbrengt, ontstaat een staande golf in de snaar. Dit komt omdat lopende golven elkaar beïnvloeden. In figuur 9.56a zie je een naar rechts lopende golf en in figuur 9.56b een staande golf.

- a Teken in figuur 9.56a en b de grafiek van de golf een kwart trillingstijd later.



Figuur 9.56

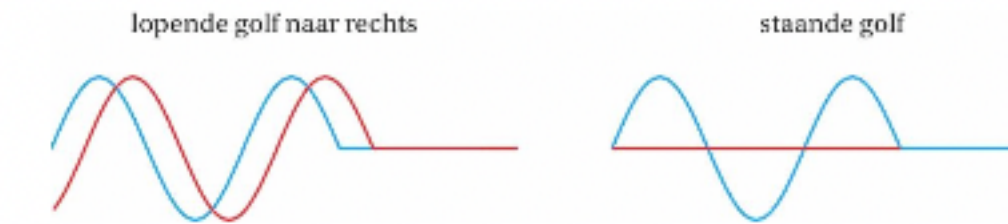
De bovenste snaar in figuur 9.55 is de E-snaar. Die wordt zo gespannen dat hij bij aanslaan een toon voortbrengt met een frequentie van 330 Hz. Van deze snaar komt het gedeelte PQ in trilling. De afstand PQ = 65,0 cm. Neem steeds aan dat de snaar uitsluitend in de grondtoon trilt.

- b Toon aan dat de trilling zich in de E-snaar voortplant met een snelheid van  $429 \text{ m s}^{-1}$ . Door de snaar met de vingers tegen een fret aan te drukken, verklein je de lengte van het trillende deel van de snaar. De spankracht in de snaar verandert daarbij niet, zodat de voortplantingssnelheid van de trillingen ook niet verandert.
- c Leg uit of de toonhoogte van de snaar hierdoor hoger of lager wordt. Bij het aanslaan van een snaar kunnen ook in andere snaren staande golven ontstaan.
- d Hoe heet het natuurkundig verschijnsel dat hiervoor verantwoordelijk is? Dit verschijnsel treedt zowel op bij het aanslaan van de snaar die de laagste toon voortbrengt als bij het aanslaan van de snaar die de hoogste toon voortbrengt.
- e Leg dit uit. Gebruik in je uitleg het begrip boventonen.

#### Opgave 28

- a Bij een lopende golf gaan de punten na elkaar door de evenwichtsstand. Een kwart trillingstijd later heeft de kop van de golf zich een kwart golflengte verplaatst. Bij een staande golf gaan de punten tegelijkertijd door de evenwichtsstand. Een kwart trillingstijd later heeft elk punt zich vanuit de uiterste stand verplaatst naar de evenwichtsstand.

Zie figuur 9.7.



Figuur 9.7

#### Toelichting

Bij de lopende golf schuift de golf een kwart golflengte naar rechts. Bij de staande golf zie je een horizontale lijn. Alle punten gaan op dat moment door de evenwichtsstand.

- b De snelheid waarmee de trilling zich in de E-snaar voortplant, bereken je met de formule voor de golfsnelheid. De golflengte bereken je met de lengte van de snaar.

Voor de grondtoon van een snaar geldt  $\ell = \frac{1}{2} \lambda$ .

$\ell = 65,0 \text{ cm} = 65,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Invullen levert  $65,0 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{2} \lambda$

$\lambda = 1,30 \text{ m}$

$v = f \cdot \lambda$

$f = 330 \text{ Hz}$

Invullen levert  $v = 330 \times 1,30$ .

$v = 429 \text{ m s}^{-1}$

- c De toonhoogte hangt samen met de frequentie. De frequentie volgt uit de formule voor de golfsnelheid. De golflengte volgt uit de lengte van de snaar. Door de snaar tegen een fret te drukken, wordt het trillende deel  $\ell$  kleiner en daardoor ook de golflengte  $\lambda$ .

$v = f \cdot \lambda$

De voortplantingssnelheid blijft gelijk. Als de golflengte kleiner wordt, wordt dus de frequentie groter. Een hogere frequentie hoort bij een hogere toon. Dus door de snaar tegen een fret te drukken, wordt de toon hoger.

- d Dit verschijnsel heet resonantie.
- e Komt de trilling in een snaar overeen met de eigentrilling van een andere snaar, dan gaat deze snaar meetrillen. De frequentie van de aangeslagen snaar moet dan overeenkomen met de grondtoon of met een van de boventonen van de meetrillende snaar. Sla je de snaar met de hoogste toon aan, dan kan deze overeenkomen met boventonen in andere snaren waardoor ze gaan meetrillen. Sla je de snaar met de laagste toon aan, dan ontstaan er ook boventonen in deze snaar. Zo'n boventoon kan overeenkomen met de grondtoon van andere snaren waardoor ze gaan meetrillen.