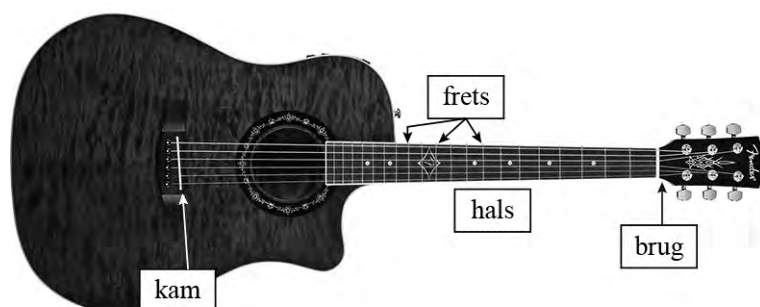


## Gitaar

In figuur 1 zie je een gitaar. De snaren zijn gespannen tussen de **brug** en de **kam**. Op de hals zijn zogenoemde **frets** (smalle metalen strips) te zien.

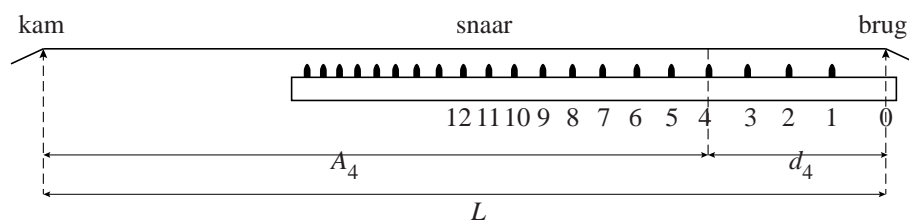
figuur 1



Als je een snaar aanslaat zonder op een fret te drukken, gaat de hele snaar tussen de brug en de kam trillen. Door een snaar tegen een fret aan te drukken, wordt de gebruikte snaarlengte korter. Je krijgt dan een andere toon. Om de goede tonen te krijgen, moet bij het bouwen van een gitaar de juiste plaats van de frets berekend worden.

Figuur 2 geeft een schematisch zijaanzicht van de hals. De eerste 12 frets zijn daarin vanaf de brug genummerd.

figuur 2



De lengte van een snaar in cm tussen de brug en de kam noemen we  $L$ .  $A_n$  is de afstand in cm tussen de fret met nummer  $n$  en de kam, en  $d_n$  is de afstand in cm tussen de fret met nummer  $n$  en de brug.

In figuur 2 zijn  $A_4$  en  $d_4$  aangegeven. Voor  $A_n$  geldt de volgende formule:

$$A_n = L \cdot 0,9439^n$$

Van een bepaalde gitaar is de afstand tussen fret nummer 6 en de brug gelijk aan 20 cm.

- 4p 15 Bereken de lengte  $L$  van een snaar van deze gitaar. Rond je antwoord af op hele cm.

De groeifactor in de formule is berekend op basis van de volgende uitgangspunten:

- er is een exponentieel verband tussen  $A_n$  en  $n$ ;
- de 12e fret ligt precies midden tussen de brug en de kam.

- 4p 16 Bereken met behulp van deze twee uitgangspunten de groeifactor in vijf decimalen nauwkeurig.

De formule  $A_n = L \cdot 0,9439^n$  is een directe formule bij een rij. Bij deze rij kan ook een recursieve formule opgesteld worden.

- 3p 17 Geef deze formule.

In het dagblad *Trouw* van 6 november 2010 stond een artikel over de gitaarbouwer Yuri Landman. Hij gebruikt voor de plaats van een aantal frets de vuistregels in de onderstaande tabel.

**tabel**

fret	3e fret	5e fret	7e fret	12e fret
afstand tussen brug en fret ten opzichte van de afstand tussen brug en kam	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

Ga uit van een afstand tussen brug en kam van 65 cm.

- 4p 18 Onderzoek bij welke van bovenstaande frets de afstanden tussen brug en fret die met deze vuistregels berekend worden, meer dan 1 mm verschillen met de afstanden volgens de formule.

Het is mogelijk om de tabel met vuistregels uit te breiden. We willen een nieuwe vuistregel toevoegen waarbij de afstand tussen brug en fret  $\frac{2}{3}$  is ten opzichte van de afstand tussen brug en kam. Hierbij willen we dat het verschil in berekende afstand volgens de nieuwe vuistregel en de formule zo klein mogelijk is.

- 4p 19 Onderzoek welke fret dan hoort bij deze nieuwe vuistregel.