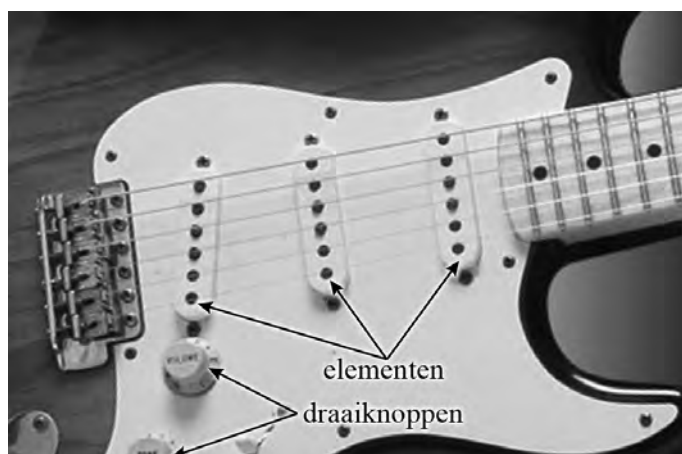


## Elektrische gitaar

Het geluid van een elektrische gitaar wordt versterkt weergegeven via een luidspreker. Op de gitaar zijn zogenaamde elementen gemonteerd, die de mechanische trillingen van de snaren omzetten in elektrische trillingen. Ook zijn er twee draaiknoppen op de elektrische gitaar gemonteerd. Zie figuur 1.

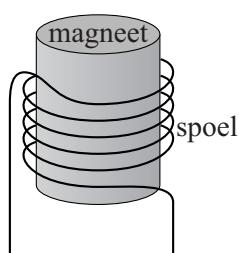
**figuur 1**



De drie elementen zijn met een pijl aangeduid. Een element bestaat uit zes permanente magneten die elk in een spoel geplaatst zijn. Boven elke magneet bevindt zich een snaar. Zie figuur 2.

**figuur 2**

snaar



De snaren op een elektrische gitaar zijn gemaakt van roestvrij staal. In de situatie van figuur 2 zal de snaar gemagnetiseerd worden. Op de uitwerkbijlage zijn de snaar en de magneet uit figuur 2 schematisch en sterk vergroot weergegeven.

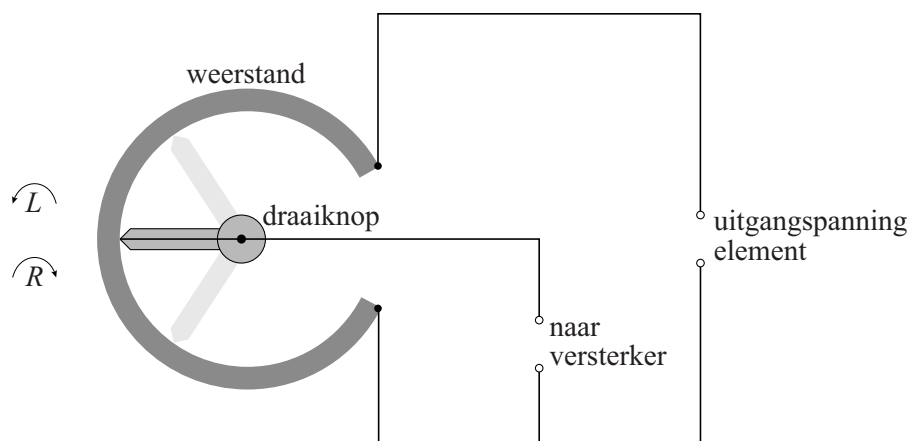
- 2p **8** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage in elk cirkeltje aan of er op die plaats sprake is van een noordpool of een zuidpool.

Als de gemagnetiseerde snaar in trilling wordt gebracht, ontstaat er een spanning over de spoel. Dit is de uitgangsspanning van het element. Een van de draaiknoppen op de gitaar is de volumeknop. Onder die draaiknop zit een onderdeel, weergegeven in figuur 3a. Dit onderdeel is opgenomen in een schakeling zoals weergegeven in figuur 3b.

figuur 3a



figuur 3b



Door aan de knop te draaien kan de gitarist de grootte van de spanning regelen die naar de versterker gaat.

- 3p 9 Leg uit in welke richting, linksom (*L*) of rechtsom (*R*), de knop gedraaid moet worden, zodat een kleinere spanning naar de versterker gaat.

Het verband tussen de golfsnelheid en de spankracht in een snaar wordt gegeven door:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ met } \mu = \frac{m}{\ell}$$

Hierin is:

- *v* de golfsnelheid (in  $\text{m s}^{-1}$ );
- *F* de spankracht (in N);
- $\mu$  de massa per lengte-eenheid (in  $\text{kg m}^{-1}$ );
- *m* de massa (in kg);
- $\ell$  de lengte van de snaar (in m).

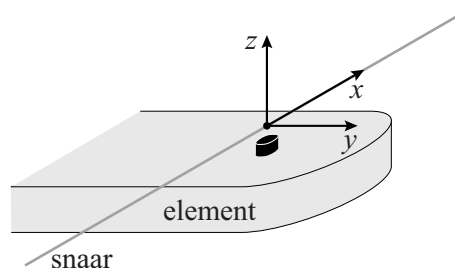
De lengte van de laagst klinkende gitaarsnaar (de E-snaar) is 64,5 cm. De snaar is cilindervormig en massief en heeft een diameter van 1,42 mm. De spankracht in de snaar is  $1,5 \cdot 10^2$  N.

De frequentie van de grondtoon van de E-snaar van deze gitaar is 85 Hz.

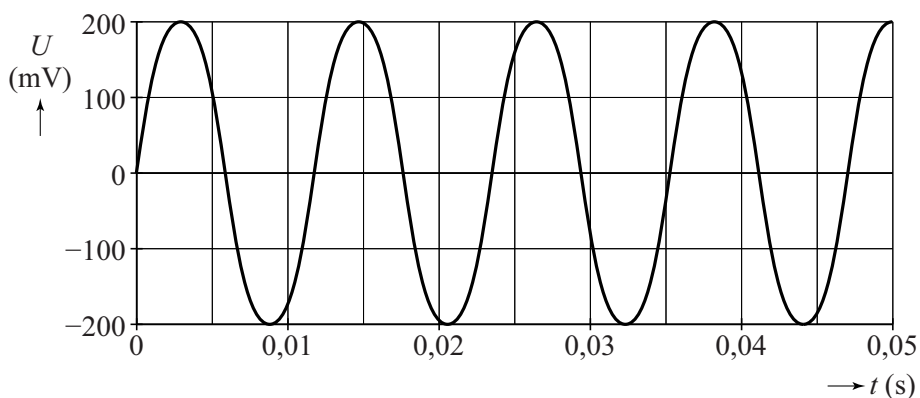
- 5p 10 Toon dit aan.

Een snaar kan in twee richtingen gaan trillen als deze wordt aangeslagen: een richting evenwijdig aan het element (de  $y$ -richting) en een richting loodrecht op het element (de  $z$ -richting). Zie figuur 4. Luc bouwt een opstelling waarmee hij een snaar kan laten trillen in alleen de  $z$ -richting of alleen de  $y$ -richting. Allereerst laat hij de E-snaar alleen in de  $z$ -richting trillen en meet hij de spanning die het element levert. Het resultaat van de meting in de  $z$ -richting is weergegeven in figuur 5.

**figuur 4**



**figuur 5**

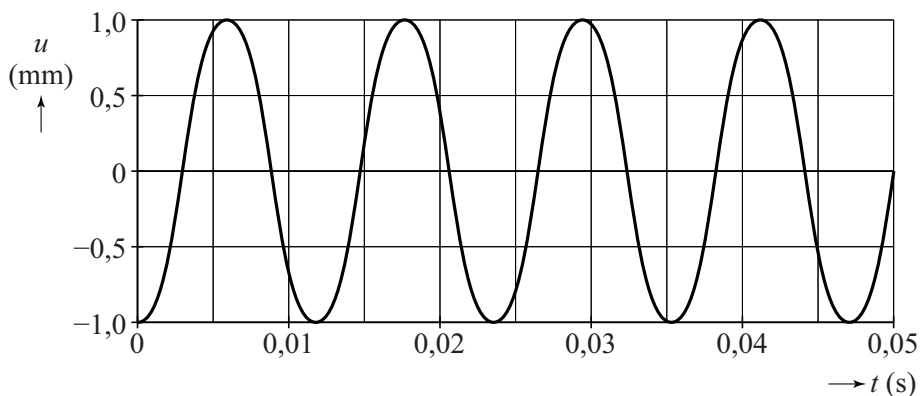


De frequentie van de spanning als de E-snaar trilt in de  $z$ -richting, komt overeen met de frequentie van de grondtoon van de E-snaar.

2p 11 Toon dit aan.

Luc legt met een bewegingssensor ook de beweging van de E-snaar in de  $z$ -richting vast. Dit levert het meetresultaat zoals weergegeven in figuur 6.

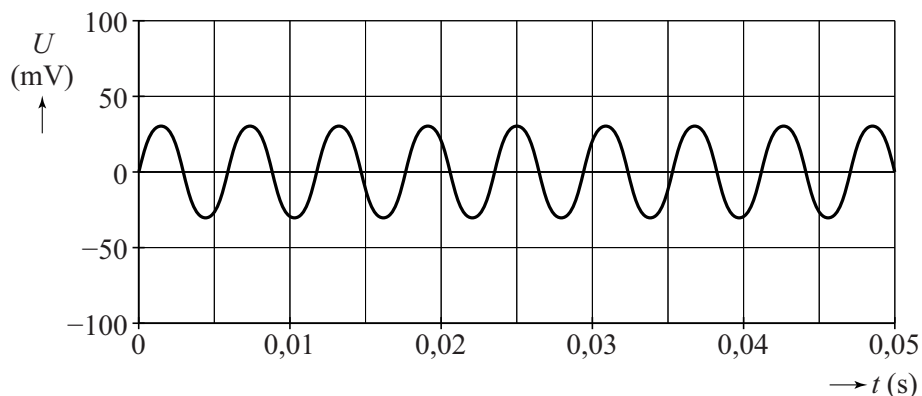
**figuur 6**



2p 12 Leg uit waarom een maximale waarde van de spanning optreedt op het moment dat de snaar door de evenwichtsstand beweegt.

Hierna laat Luc de E-snaar alleen in de  $y$ -richting trillen en meet hij de spanning die het element levert. Het resultaat van deze meting in de  $y$ -richting is weergegeven in figuur 7.

**figuur 7**



De frequentie van de spanning bij trillen in de  $y$ -richting is 2 maal zo groot als de frequentie van de spanning bij trillen in de  $z$ -richting.

3p 13 Leg uit hoe dat komt.

In figuur 8 is een elektrische gitaar weergegeven. De snaren trillen tussen de brug en de topkam. Element 1 bevindt zich verder van de brug dan element 2. Met behulp van een schakelaar kiest de gitarist welk element hij gebruikt. Figuur 8 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

**figuur 8**



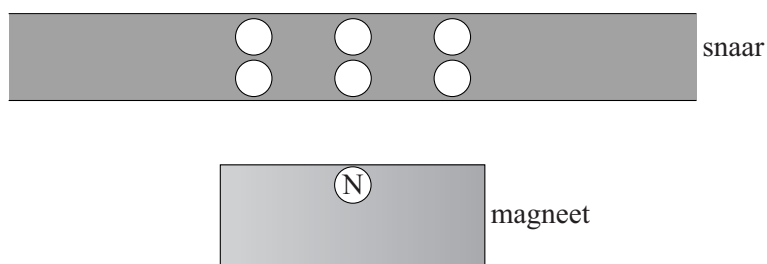
De klank die de elektrische gitaar geeft, is anders bij gebruik van element 1 dan bij gebruik van element 2. Dit wordt veroorzaakt door een verschil in de sterkte van de boventonen. Dat komt doordat een element sommige boventonen niet (of nauwelijks) detecteert. Bij element 1 zijn dat andere boventonen dan bij element 2.

3p 14 Geef aan met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage wat de laagste boventoon is die element 1 niet (of nauwelijks) detecteert. Licht je antwoord toe met een bepaling.

- a tweede boventoon
- b derde boventoon
- c vierde boventoon
- d vijfde boventoon
- e zesde boventoon

uitwerkbijlage

- 8 Geef in elk cirkeltje aan met een letter N of Z of er daar sprake is van een noordpool of een zuidpool.



14

