

Vleugel

Een vleugel is een muziekinstrument met toetsen en snaren, zie figuur 1. Als een toets wordt ingedrukt slaat een houten hamertje (bekleed met vilt) tegen een strak gespannen snaar die vervolgens gaat trillen.

figuur 1



- 2p 1 De klank die je hoort bestaat uit de grondtoon en enkele boventonen. Op de uitwerkbijlage is een snaar getekend die trilt in de grondtoon. Geef in de figuur op de uitwerkbijlage de plaats van de knopen en de buiken op deze snaar aan als de snaar trilt in de tweede boventoon.

Afhankelijk van de plek waar het hamertje de snaar raakt, zullen de verschillende boventonen wel of niet meeklinken. Stel dat het hamertje neerkomt op $\frac{1}{8}$ deel van de lengte van de snaar.

- 1p 2 De boventoon die op deze plek een knoop heeft, klinkt dan **niet** mee. Welke boventoon klinkt dan niet mee?
- A vierde boventoon
 - B zevende boventoon
 - C achtste boventoon
 - D negende boventoon
 - E zestiende boventoon

Aan de vorm van het instrument is te zien dat niet alle snaren even lang zijn. Zie figuur 1. De snaar die de hoogste toon voortbrengt heeft een lengte van 40 cm. De hoogste toon van de vleugel heeft een frequentie van 4186 Hz, de laagste frequentie is 32,70 Hz.

Veronderstel dat alle snaren even strak gespannen zijn, even dik zijn, en van hetzelfde materiaal zijn.

- 3p 3 Toon met een berekening aan dat de lengte die de langste snaar dan zou moeten hebben niet in een vleugel past.

De toonhoogte van een snaar hangt, behalve van de lengte, ook af van de spankracht in de snaar. Voor de voortplantingssnelheid v van de golven in de snaar geldt:

$$v = \sqrt{\frac{F_s \cdot \ell}{m}}$$

Hierin is:

- F_s de spankracht in de snaar;
- m de massa van de snaar;
- ℓ de lengte van de snaar.

Om ervoor te zorgen dat de snaren die de lage tonen moeten voortbrengen toch in de vleugel passen, kun je verschillende maatregelen nemen. Op de uitwerkbijlage staan hierover twee beweringen.

2p 4 Geef van elke bewering aan of deze bewering juist of onjuist is.

Eén van de snaren heeft een lengte van 90 cm en een massa van 5,7 g. De grondtoon van deze snaar is 220 Hz.

4p 5 Bereken de spankracht in deze snaar.

Het is belangrijk dat een vleugel goed gestemd is. Een pianostemmer kan daarvoor elke snaar precies de juiste spankracht geven. Voor de spankracht waarmee de snaar moet worden gespannen geldt:

$$F_s = \pi \rho \ell^2 d^2 f^2$$

Hierin is:

- ρ de dichtheid van het materiaal van de snaar;
- ℓ de lengte van de snaar;
- d de diameter van de snaar;
- f de frequentie waarmee de snaar moet trillen.

In tabel 15C van Binas is gegeven welke frequenties horen bij welke toetsen van een vleugel. Zo is te zien dat bij de noot a1 een frequentie hoort van 440 Hz.

Eén van de snaren is 80 cm lang, heeft een diameter van 0,94 mm en is gemaakt van roestvrij staal (zie Binas tabel 9). De spankracht in deze snaar is 949 N.

4p 6 Ga met een berekening na welke noot van de vleugel bij deze snaar hoort.

uitwerkbijlage

- 1 Geef de plaats van de knopen en de buiken aan op de snaar als deze trilt in de tweede boventoon.



2-de boventoon

- 4 Geef van elke bewering aan of deze juist of onjuist is.

	bewering	juist	onjuist
1	De grondtoon van een snaar wordt lager als je de snaar strakker spant.		
2	Als een snaar van roestvrij staal vervangen wordt door een snaar van koper, wordt de grondtoon lager. (De spankracht en de diameter veranderen niet.)		