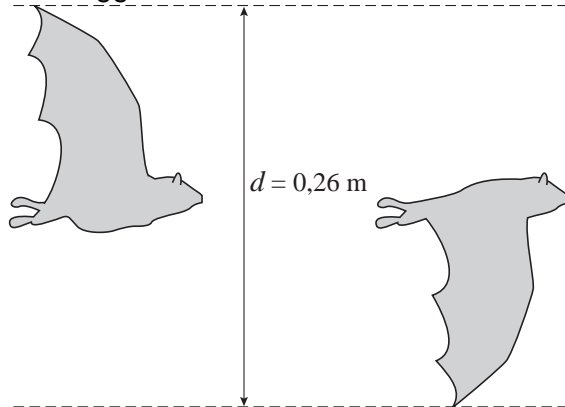


## Vliegen en zwemmen

Uit biologisch onderzoek blijkt dat vogels, vleermuizen en insecten op een vergelijkbare manier met hun vleugels bewegen als vissen met hun staartvin. Onderzoekers hebben een verband ontdekt tussen de **slagfrequentie** (het aantal slagen per seconde van de vleugels of staartvin), de **slag grootte** (de afstand tussen de uiterste staartvin- of vleugelstanden tijdens een slag, zie figuur 4) en de **kruissnelheid** (de gemiddelde snelheid).

**figuur 4**

De slag grootte van een vleermuis



Voor dieren als vissen, dolfinen, vogels en insecten is het verband hetzelfde. Er geldt namelijk:

$$\frac{f \cdot d}{v} = 0,3$$

Dit wordt wel de formule van Strouhal genoemd.

In deze formule is:

- $f$  de slagfrequentie (het aantal slagen per seconde van de vleugels of staartvin);
- $d$  de slag grootte (in meter);
- $v$  de kruissnelheid (in meter per seconde).

De kolibrie is een klein vogeltje dat vliegt met een hoge slagfrequentie.

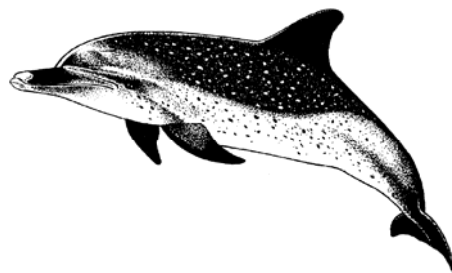
Een kolibrie heeft een slag grootte van 8 cm en een kruissnelheid van 13,5 meter per seconde.



- 3p **10** Toon aan dat een kolibrie een slagfrequentie van ruim 50 heeft.

De tuimelaar (een dolfijnensoort) heeft een kruissnelheid van 15 meter per seconde. Voor de tuimelaar kan  $f$  worden uitgedrukt in  $d$ :

$$f = \frac{4,5}{d}$$



3p **11** Laat zien hoe deze formule ontstaat uit de formule van Strouhal.

De formule van  $f$  is ook te schrijven als:

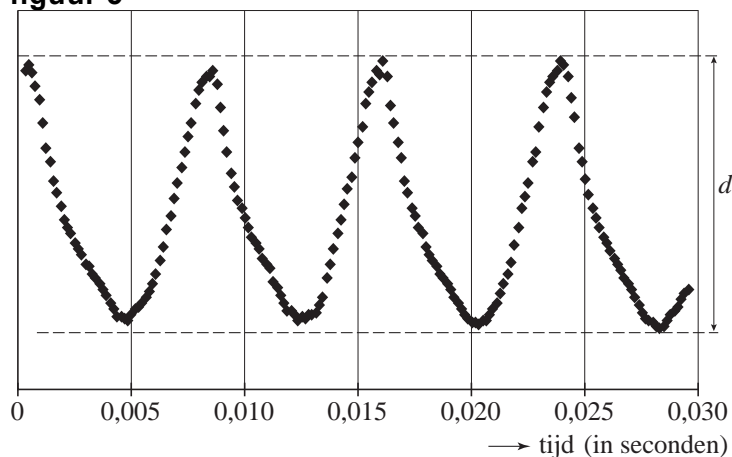
$$f = 4,5 \cdot d^{-1}$$

Tijdens de groei van de tuimelaar groeit ook zijn staartvin. Daardoor wordt zijn slag grootte groter en bereikt hij met een kleiner aantal slagen per seconde de kruissnelheid van 15 meter per seconde.

4p **12** Toon dit met behulp van de afgeleide aan.

De gewone huisvlieg is ook onderzocht. De slag grootte van de huisvlieg is kleiner dan die van de vleermuis (zie figuur 4). De punten in figuur 5 geven de hoogte aan van het uiteinde van de vleugels van de vlieg tijdens de vlucht. In figuur 5 is ruim  $3\frac{1}{2}$  slag te zien. Als je weet hoe lang één slag duurt, kun je natuurlijk uitrekenen hoeveel slagen er in één seconde passen en heb je precies de slagfrequentie gevonden.

**figuur 5**



Verder is gegeven dat de slag grootte van een huisvlieg 6,5 mm is.

5p **13** Bereken de kruissnelheid van de huisvlieg. Licht je antwoord toe.