**Balletje in een buis**

[subtitel]

[onderwerpsymbool GS]

[B]

Tijd

30 minuten

Bereik

Bovenbouw/onderbouw

[inleidend kader]

Een demonstratie die zijn entree waarschijnlijk in de onderbouw en bovenbouw zal maken. In de onderbouw om geluid als trilling inzichtelijk te maken en de begrippen frequentie en amplitude uit te leggen. In de bovenbouw om te dienen als een analogie voor het foto-elektrisch effect. Het maakt grootheden als uittree-energie, kinetische energie en grensfrequentie aanschouwelijk.

[eind kader]

[NV32\_figuur\_1]

*Figuur 1. Stuiterend balletje in een buis boven een JBL speaker.*

**Nodig**

Kraal of pingpongballetje; doorzichtige buis; speaker (bijvoorbeeld een JBL-variant); toongenerator.

**Voorbereiding**

Plaats de doorzichtige buis over de speaker en verbind een geluidsbron met de speaker. Zorg dat de buis geen contact maakt met de conus van de speaker.

Kies in de onderbouw een liedje, dat rustig begint en waar de bass na een tijdje lekker opkomt. Gebruik daarna de toongenerator met een frequentie die een mooie stuiter van het balletje tot gevolg heeft.

De voorbereiding in de bovenbouw (analogie met het foto-elektrisch effect) is dat je een veelvoud aan frequenties moet instellen. Noteer de geluidssterkte waarbij het balletje redelijk hoog komt bij 100 Hz.

**Uitvoering onderbouw**: Geluid is een trilling met frequentie en amplitude.

1. Plaats het balletje in de doorzichtige buis op de speaker. Speel muziekje af. Laat de leerlingen waarnemen.
2. *Waardoor stuitert het balletje?*
3. Speel een zuivere frequentie door de speaker. Bekijk de bal in de buis. Verander de frequentie naar hoger of lager en laat leerlingen verschillen en overeenkomsten noteren.
4. Neem een frequentie waar de bal goed stuitert en verhoog of verlaag de amplitude (geluidssterkte) van de speaker. Laat de leerlingen voorspellen wat ze gaan zien.
5. Controlevraag: *Wat gebeurt er met het balletje, als de speaker met een heel hoge (onhoorbaar) frequentie trilt?*

**Uitvoering bovenbouw**: foto-elektrisch effect analogie

1. Kies een aantal frequenties (bij een vaste geluidssterkte) en zet een streepje bij de maximale hoogte die bal of kraal bereikt.
2. Noteer de meetwaarden in een tabel en teken de grafiek in een diagram met verticaal de hoogte en horizontaal de frequentie.
3. Bespreek de analogie met het foto-elektrisch effect. Zie natuurkundige achtergrond.
4. Controlevraag: *Waarom gaat de analogie niet op als de geluidssterkte niet constant zou zijn per frequentie?*

**Natuurkundige achtergrond onderbouw**

De speaker trilt en geeft deze trilling door aan het balletje, dat op en neer gaat bewegen. De amplitude van het geluid bepaalt hoe heftig de conus van de speaker heen en weer trilt en dus de geluidsterkte, dit zien we terug in hoe hoog het balletje gemiddeld komt.

De frequentie is hoe vaak de conus trilt en bepaalt de toonhoogte van het geluid, het balletje zal bij hogere tonen sneller op en neer gaan bewegen.

**Natuurkundige achtergrond bovenbouw**

Barretto (2022) heeft deze proef bedacht en uitgevoerd en ook duidelijk de analogie met het foto-elektrisch effect beschreven. Het dansende balletje bevindt zich in een gebonden toestand in de buis net als geleidingselektronen in een metaal. Bij hogere frequenties zal het balletje hoger komen. De hoogte is dus een maat voor de kinetische energie van het balletje. De geluidsfrequentie is dus analoog aan de lichtfrequentie (de energie die geabsorbeerd wordt) en de geluidssterkte analoog aan de intensiteit van het licht (hoeveelheid fotonen). De analogie gaat niet op als je lage frequenties van geluid met hoge amplitude gebruikt. Dan zou het balletje toch kunnen ‘ontsnappen’. Bij het foto-elektrisch effect kan er geen stroom onder de grensfrequentie ontstaan. De gemeten data geven een analoge grafiek aan de grafiek van de kinetische energie tegen frequentie van het foto-elektrisch effect (zie figuur 2).

[NV32\_figuur\_2]

*Figuur 2. Diagram naar Barretto (2022): een analoge grafiek aan het foto-elektrisch effect. Wijs de leerlingen op de as-afsnijdingen en de analoge as-afsnijdingen bij het diagram van het foto-elektrisch effect. Wijs de leerlingen er ook op waar de analogie niet meer opgaat.*

**Tips**

* Let op de verhouding kraal/balletje en buisdiameter. De buis moet redelijk nauw zijn zodat de kraal of het balletje zoveel mogelijk verticaal springt.
* Het gaat om een analogie met het foto-elektrisch effect, maar let op waar de analogie afwijkt van het concept.

**Bron:**Jerry T Barretto (2022) *A physical model to simulate the photoelectric effect* Physics. Education. 57 053003