

Krzysztof Pawłowski
Centrum Fizyki Teoretycznej PAN
Warszawa

Julia Budziszewska
Wydział Biologii UW
Warszawa

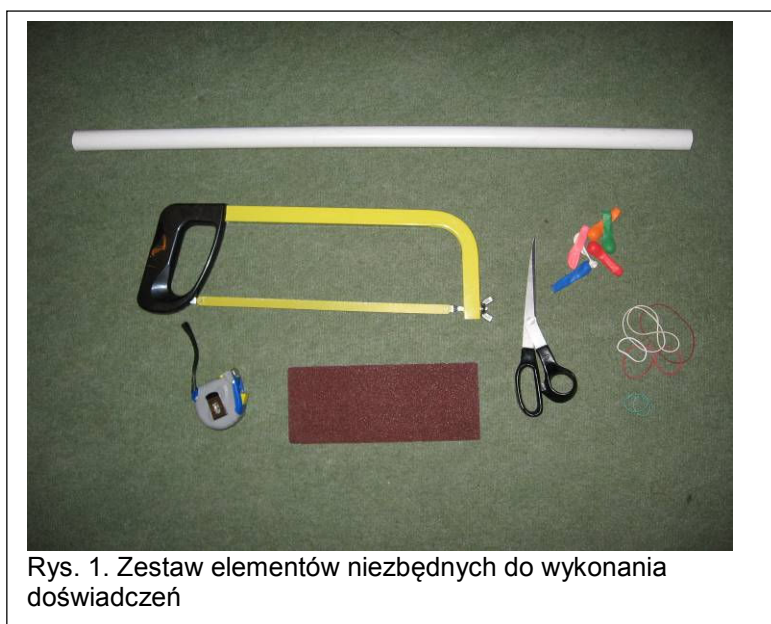
Grające rurki

Chcesz wiedzieć jak działają organy? Dzięki temu doświadczeniu możesz to łatwo sprawdzić. Eksperyment jest zarówno barwną ilustracją do lekcji o akustyce jak i ciekawą zabawką zachwycającą najmłodszych. Czas przygotowania – ok. 40 min, koszt około 10 zł.

1. Potrzebne materiały

Do wykonania doświadczeń potrzebne będą:

- 2 metrowa rura PCV o średnicy ok. 2-3 cm, do kupienia np. w markecie budowlanym
- papier kolorowy do oklejania rurek
- kolorowe balony,
- piła do cięcia plastiku lub metalu,
- drobny papier ścierny,
- gumki recepturki,
- miarka.



2. Wykonanie

Zbudowanie instrumentu polega na pocięciu długiej rury PCV na rurki o ściśle ustalonych długościach, tak aby można było ich użyć do wzmacniania dźwięków z muzycznej gamy. Poniżej przedstawiamy tabelkę długości rurek dla dźwięków gamy:

Tabela 1. Długości rurek dla kolejnych dźwięków gamy.

dźwięk	częstotliwość[Hz]	długość rurki[cm]	kolor
c ¹	261,6	31,68	
d ¹	293,7	28,22	red
e ¹	329,6	25,11	orange
f ¹	349,6	23,70	yellow
g ¹	391,9	21,15	green
a ¹	440,0	18,84	magenta
h ¹	493,9	16,75	blue
c ²	523,3	15,84	black

Po ucięciu rurek odpowiedniej długości warto „wypolerować” końcówki papierem ściernym i przykleić pasek papieru w odpowiednim kolorze. Już w tym momencie instrumenty są gotowe do grania – dźwięki wydobywamy uderzając otwartą dłoń w wylot rurki, tak jak na rysunku 2.



Rys. 2. Wydobywanie dźwięków z rurki bez balonika.



Rys. 3. Wydobywanie dźwięków z rurek z balonikami.

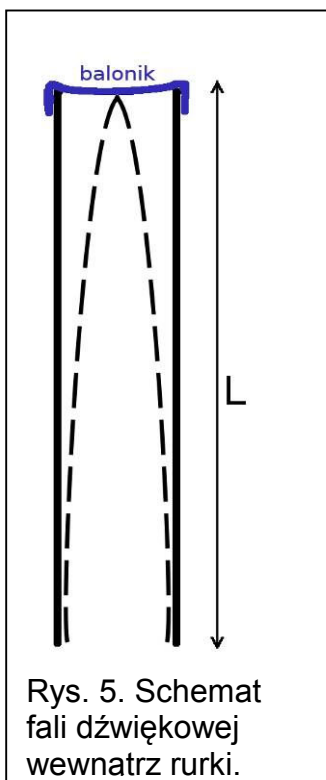
Kolorowe baloniki służą jedynie do usprawnienia instrumentów. Baloniki należy pociąć na mniejsze kawałki i naciągnąć na rurki mocując gumkami recepturkami, bądź gumowymi pierścieniami wyciętymi z ustnika balonu. Teraz aby wydobyć dźwięk wystarczy lekko uderzyć palcem w naciągniętą gumę, tak jak na rysunku 3. Sugerujemy użyć takich barw baloników jak w tabeli 1. Wszystkie rurki można spiąć razem tworząc model organów tak jak na rysunku 4. Ciekawe może być wykonanie doświadczenia całą klasą. Rurki z oznaczonymi kolorami należy rozdać uczniom, a na tablicy umieścić kolorową transkrypcję melodii. Kiedy nauczyciel pokazuje kolejne kolorowe pola, zadaniem uczniów jest uderzenie w rurki im odpowiadające. W załącznikach umieszczamy kilka transkrypcji popularnych melodii.



Rys. 4. Gotowy instrument.

3. Wyjaśnienie teoretyczne

Uderzając w wylot rurki wypychamy z jej wnętrza trochę powietrza. Ciśnienie w rurce jest przez moment mniejsze niż ciśnienie atmosferyczne wokół niej i chwilę potem powietrze jest 'zasysane' z otoczenia, powodując jednak powstanie nadciśnienia wewnątrz rurki. Proces wielokrotnie się powtarza ze słabnącą amplitudą. Rozchodzące się od drugiego wylotu rurki zagęszczenia i rozrzedzenia powietrza odbieramy jako dźwięk. Opisany proces jest najefektywniejszy (trwa najdłużej z dużą amplitudą) w przypadku rezonansowym, czyli gdy fala powietrza poruszającego się wewnątrz rurki tworzy fale stojące zgodnie ze schematem na rysunku obok. Przy uderzanym końcu rurki wahania ciśnienia są najmniejsze co symbolizuje węzeł fali na Rys. 5.. Zgodnie z wcześniejszym opisem przy drugim wylocie rurki jest strzałka fali, tzn. powietrze porusza się tam z największą prędkością, a wahania gęstości powietrza są tam największe. Ze schematu obok wynika, że rurka jest cztery razy krótsza niż długość fali dźwiękowej, która się z niej wydobywa.



Rys. 5. Schemat fali dźwiękowej wewnątrz rurki.

fali λ :

$$V_{\text{dźwięk}} = f \lambda.$$

Aby obliczyć długość rurek należy posłużyć się częstotliwościami dźwięków gamy podanymi w tabeli 1. oraz wzorem, wiążącym prędkość fali dźwiękowej $V_{\text{dźwięk}}$ z jej częstotliwością f oraz długością

W obliczeniach przyjęto $V_{\text{dźwięk}} = 331,5 \text{ m/s}$. Rurki są cztery razy krótsze niż długość fali dźwiękowej, którą wywołują, więc z powyższego wzoru można wyznaczyć ich długość:

$$L = V_{\text{dźwięk}} / (4f).$$

Program nauczania

Szkoła podstawowa (klasy IV-VI)

Podstawa programowa:

PRZYRODA: Podstawowe zjawiska akustyczne.
MUZYKA: Obserwacja i tworzenia świata dźwięku.

Gimnazjum:

Podstawa programowa:

FIZYKA: Fale dźwiękowe.
MUZYKA: Wiedza niezbędna do rozumienia muzyki.

Tematy lekcji: Akustyka.
Skąd się bierze dźwięk?