WP3
Rozdział:
DŹWIĘK

European Science and Technology in Action Building Links with Industry, Schools and Home

Pakiet nr 3
ROZDZIAŁ: DŹWIĘK
Zeszyt Ćwiczeń

Główny partner: **C.M.A.**

Projekt ESTABLISH otrzymał dofinansowanie w ramach 7. Programu Ramowego Wspólnoty Europejskiej [FP7/2007-2013] na podstawie umowy o grant nr 244749
Data rozpoczęcia: 1 stycznia 2010 r. Czas trwania: 48 miesięcy

B. Zeszyt ćwiczeń

Spis treści

B. ZESZYT ĆWICZEŃ 2

SPIS TREŚCI 2

ĆWICZENIE 3

PODROZDZIAŁ NR 1 – BADANIE DŹWIEKU 3
Ćwiczenie: Jak powstają dźwięki? (Część I) 4
Ćwiczenie: Jak powstają dźwięki? (Część II) 5
Ćwiczenie: Zobaczyć dźwięk (Część I) 7
Ćwiczenie: Zobaczyć dźwięk (Część II) 8
Ćwiczenie: Analiza głosu ludzkiego (Część I) 10
Ćwiczenie: Analiza głosu ludzkiego (Część II) 11
Ćwiczenie: Jak przemieszcza się dźwięk? (Część I) 12
Ćwiczenie: Jak przemieszcza się dźwięk? ((Część II) 13
Ćwiczenie: Jak szybko przemieszcza się dźwięk? (Część I) 14
Ćwiczenie: Jak szybko przemieszcza się dźwięk? (Część II) 15
Ćwiczenie: Słyszenie 16
Ćwiczenie: Co to znaczy *za głośno?* (Część I) 18
Ćwiczenie: Co to znaczy *za głośno?*(Część II) 20

ĆWICZENIA
PODROZDZIAŁ NR 2 – INSTRUMENTY STRUNOWE I DĘTE 21
Ćwiczenie: Rezonans 21
Ćwiczenie: Częstotliwość podstawowa, kontrabas 23
Ćwiczenie: Częstotliwość podstawowa, gitara 25
Ćwiczenie: Doświadczenie Meldego 26
Ćwiczenie: Flażolety na gitarze 28
Ćwiczenie: Fale stojące w powietrzu, słup powietrza zamknięty w przestrzeni rezonansowej 29
Ćwiczenie: Fale stojące w powietrzu, saksofon sopranowy 30
Ćwiczenie: Brzmienie 32
Ćwiczenie: Dudnienia 33
Ćwiczenie: Strojenie gitary 34

ĆWICZENIA 35

PODROZDZIAŁ 3 – MOWA LUDZKA 35
Ćwiczenie: Spektrogramy 36
Ćwiczenie: Model mowy 39
Ćwiczenie: Analiza sygnałów dźwiękowych 42
Ćwiczenie: Analiza sygnałów dźwiękowych 43
Ćwiczenie: Synteza sygnałów dźwiękowych 44

Ćwiczenia

PODROZDZIAŁ 1 – BADANIE DŹWIEKU

Ćwiczenie: Jak powstają dźwięki? (Część I)

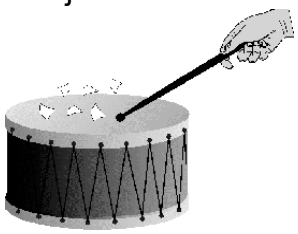
Tworzenie dźwięków nie jest trudne. Czasami jednak trudno zobaczyć co dzieje się kiedy powstają dźwięki. Spróbuj pograć na otrzymanych od Nauczyciela przedmiotach. Przygotuj odpowiedzi na każde z poniższych pytań w odniesieniu do każdego używanego przedmiotu:

- Co robię, aby uzyskać dźwięk?
- Co się dzieje z przedmiotem, kiedy wydaje z siebie dźwięk?
- Jak długo trwa ten dźwięk?
- Jak można go przerwać?
- Czy jestem w stanie go modyfikować, np. zmieniać jego natężenie lub wysokość? Jak?

Zapoznaj się z pomocniczymi doświadczeniami przedstawionymi poniżej.

DŹWIĘK BĘBENKA

Na bębenku można umieścić małe kawałki papieru. Co się dzieje, kiedy uderzamy w bęben? Co sprawia, że papierki się poruszają?



_____

DŹWIĘK KAMERTONU

Uderz w kamerton małym patykiem. Słyszysz dźwięk. Delikatnie dotknij palcem końców kamertonu. Co czujesz?

_____

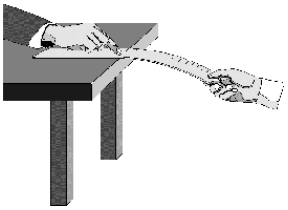
Teraz jeszcze raz uderz kamertonem, a następnie wsadź jego końce do szklanki z wodą. Co zaobserwowałeś? Spróbuj to wyjaśnić.

_____

_____

DŹWIĘK LINIJKI

Przytrzymaj jeden koniec linijki na brzegu stołu. Wygnij w dół drugi koniec i puść. Powtórz tę czynność kilka razy, zmieniając położenie linijki tak, aby raz większa, a raz mniejsza jej część leżała na stole. Co zaobserwowałeś/aś?



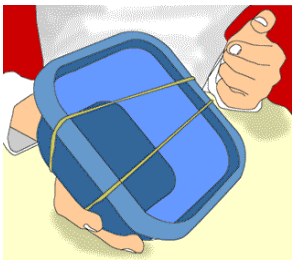
_____

_____

DŹWIĘK GUMKI

Strzel gumką naciągniętą wokół pudełka. Słuchaj i obserwuj uważnie. Połóż ołówek w poprzek na pudełku, pod gumką i strzel gumką ponownie. Czy słyszysz lub widzisz

różnicę? Dlaczego/Dlaczego nie?



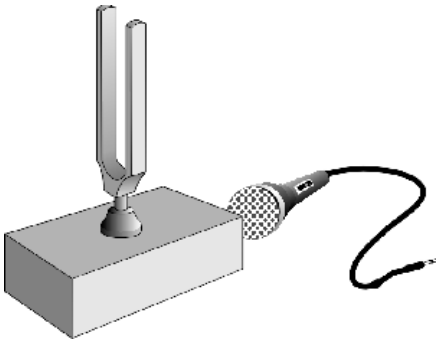
Ćwiczenie: Jak powstają dźwięki? (Część II)

To są zdjęcia kilku instrumentów muzycznych. Określ, co zostaje wprawione w drgania, aby powstał dźwięk.

Ćwiczenie: Zobaczyć dźwięk (Część I)

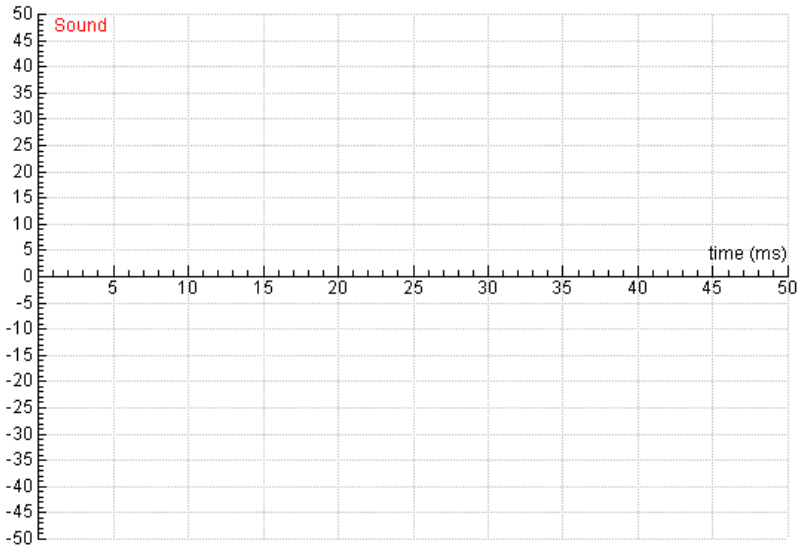
DOŚWIADCZENIE KOMPUTEROWE

Za pomocą czujnika dźwięku podłączonego do komputera, można sprawić, że dźwięk będzie widoczny.



Podłącz czujnik dźwięku do interfejsu.

1. Włącz zadanie "Zobacz dźwięk" (ang. Make sound visible)
2. Połóż kamerton blisko czujnika dźwięku.
3. Uderz kamertonem i nagraj dźwięk
4. Przedstaw swój wynik poniżej



5. Popatrz na wykres. Widać, że fala wznosi się i opada. Są to drgania zarejestrowane przez czujnik dźwięku. W tym przypadku kamerton wibruje i wprawia również powietrze w drganie. Kształty te przemieszczają się w powietrzu i wprawiają w drganie również czujnik. Drgania są rejestrowane przez komputer i wyświetlane na monitorze. Spójrz na powtarzalny kształt wykresu i opisz go. Zapisz, ile razy ten kształt pojawia się na wykresie.

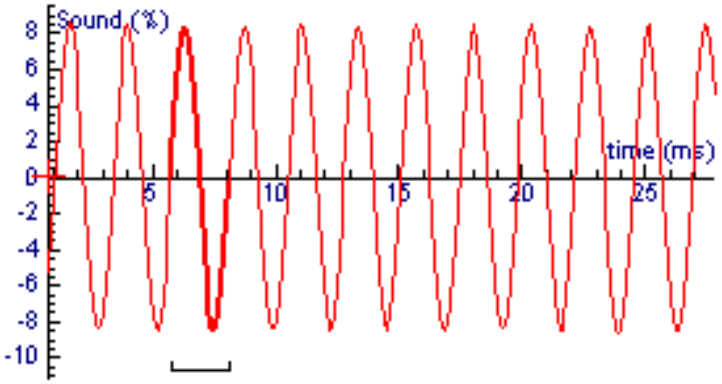
_____

_____

_____

Ćwiczenie: Zobaczyć dźwięk (Część II)

Wykres przedstawia jedno, wybrane drganie. Czas trwania jednego drgania nazywa się okresem drgań.



To, jak często występuje drganie nazywa się częstotliwością.

$$\textit{częstotliwość} = \frac{1}{\textit{okres}}$$

Jednostką częstotliwości jest Hertz (Hz). Wskazuje liczbę drgań na sekundę.
Częstotliwość 1 Hz oznacza jedno drganie na sekundę.
Za pomocą komputera, zarejestruj czas kilku drgań oraz oblicz okres drgania.

Okres drgania = _____ s (pamiętaj, że komputer podaje czas w milisekundach)

Częstotliwość = _____ Hz

DOŚWIADCZENIE 1.
Uderz delikatnie kamertonem i zarejestruj wykres fali. Następnie uderz kamertonem mocniej i nagraj dźwięk ponownie. Który element wykresu wskazuje głośność dźwięku?

_____

Sprawdź prawdziwość postawionej przez Ciebie hipotezy zmieniając głośność dźwięku.

DOŚWIADCZENIE 2.

Użyj kamertonu ustawionego na inną wysokość dźwięku. Uderz nim z taką samą siłą jak poprzednio. Który element wykresu uległ zmianie?

_____

Sprawdź swoją hipotezę nagrywając dźwięk kamertonu o innej wysokości dźwięku.

Porównaj częstotliwości dla każdej wysokości.

Ćwiczenie: Analiza głosu (Część I)

OBSERWACJA
Przyłóż palce do gardła i zaśpiewaj dowolną samogłoskę. Co czujesz?

_____

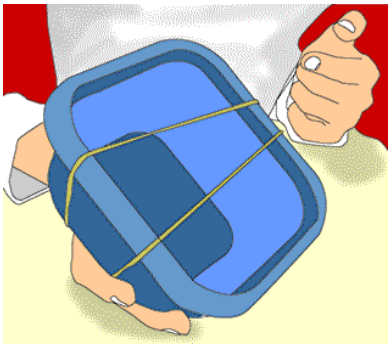
Teraz wsadź do uszy stopery i stań za kolegą/koleżanką. Przyciśnij lekko palcami jego/jej gardło.
Poproś partnera, żeby wydawał z siebie różne dźwięki, podczas gdy Ty będziesz badać, co wyczuwasz palcami. Opisz, co zabserwowałeś/aś.

_____

_____

DOŚWIADCZENIE

1. Naciągnij gumkę na pudełko tak jak przedstawiono na obrazku obok.
2. Strzel gumką. Jak widzisz, gumka dra. Opisz dźwięk, który było słychać

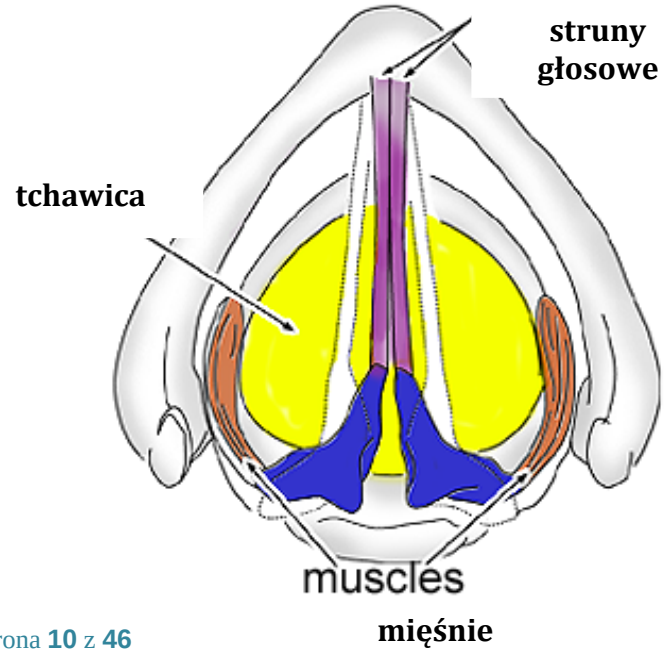


_____

3. Zbadaj dźwięk wydawany przez gumkę, kiedy jest mniej i bardziej napięta. Kiedy gumka wydaje wyższy dźwięk?

_____

4. Mięśnie gardła pociągają struny głosowe w taki sam sposób jak palce gumkę w poprzednim ćwiczeniu.
   Mięśnie ciągną słabiej kiedy śpiewasz niską nutę, a mocniej kiedy śpiewasz wysokie dźwięki. Obrazek przedstawia struny głosowe. Żółty obszar to tchawica, która przeprowadza powietrze z płuc do jamy ustnej.



Ćwiczenie: Analiza głosu (Część II)

DOŚWIADCZENIE KOMPUTEROWE

Teraz nagrasz głos za pomocą komputera i czujnika dźwięku.

1. Włącz zadanie “Analiza głosu” (ang. ‘Analysis of voice sounds’)
2. Powiedz *AAAAA* oraz równocześnie rozpocznij pomiar.
3. Spójrz na wykres. Jak widzisz, kształt ten różni się od tego uzyskanego w ćwiczeniu z kamertonem. Czy widzisz jakieś powtarzalne kształty na wykresie? Kamerton wydaje z siebie czysty dźwięk, podczas gdy głos ludzki ma bardziej skomplikowany przebieg drgań, bo bardziej wibruje. Przerysuj kształt jednego z drgań z wyniku ostatniego pomiaru.

4. Zbadaj różne dźwięki, które możemy z siebie wydawać

   - Różne samogłoski, np.: powiedz *aaaaa* lub *ooooo* lub *eeeee* itp.
   - Wysokie i niskie dźwięki,
   - głosy dziewczyn i chłopców, itp.

   Porównaj wykresy. W czym są podobne, a czym się różnią?
   Spisz wyniki swoich badań poniżej.
   (aby porównywanie wyników miało sens, pamiętaj, aby zachować stałą odległość pomiędzy czujnikiem a ustami).

Ćwiczenie: Jak przemieszcza się dźwięk? (Część I)

W jaki sposób energia dźwięku przechodzi ze źródła dźwięku do ucha? Czy masz jakieś przypuszczenia? Jakie masz dowody na potwierdzenie swojej teorii? Eksperymenty przeprowadzone podczas zajęć dostarczą dowodów na teorię dotyczącą przemieszczania się dźwięku.

OBSERWACJE

1. Czy potrafisz wyjaśnić, w jaki sposób dźwięk z zewnątrz dostaje się do uszu?

_____

_____

2. Czy słyszysz przez ściany??

_____

_____

3. Zapukaj w jeden koniec stołu. Twój kolega/koleżanka będzie słuchać z uchem przyłożonym do drugiego końca stołu. Czy słyszy on/ona pukanie? Dlaczego?

_____

_____

4. Gdyby zastąpić całe powietrze w klasie wodą, to czy nadal byśmy słyszeli?

_____

_____

Ćwiczenie: Jak przemieszcza się dźwięk? (Część II)

DOŚWIADCZENIE

Pytania badawcze:

- Czy dźwięk przechodzi przez różne materiały?
- Przez jaki materiał dźwięk przenika najlepiej?

Zaplanuj i opisz doświadczenie, które może pomóc znaleźć odpowiedź na powyższe pytania.

Możesz wykorzystać materiały otrzymane od Nauczyciela, jak również przedmioty i materiały znajdujące się w klasie.

Opisz swoje doświadczenie poniżej z wyszczególnieniem tego, co i jak będziesz mierzyć.

Dane:

Odpowiedź na pytania badawcze. Odpowiedzi uzasadnij.

Ćwiczenie: Jak szybko przemieszcza się dźwięk? (Część I)

OBSERWACJA

Dźwięk potrzebuje czasu, żeby przenieść się z jednego miejsca w drugie. Można to zaobserwować na przykładzie fajerwerków lub błyskawicy. Najpierw widzimy błysk na niebie, a dopiero później słyszymy grzmot, mimo, iż tak naprawdę dzieje się to równocześnie.

Spróbuj wyjaśnić, dlaczego dźwięk słyszymy z opóźnieniem.

Ćwiczenie: Jak szybko przemieszcza się dźwięk? (Część II)

DOŚWIADCZENIE KOMPUTEROWE

W tym ćwiczeniu będziemy mierzyć prędkość dźwięku. Będziesz potrzebować czujnika dźwięku oraz metrowego kartonu lub rury plastikowej. W ćwiczeniu tym będziemy wykorzystywać tzw. metodę echa.

Pstrykaj palcami blisko otworu tuby. Dźwięk przenosi się przez tubę i „wychodzi" drugim końcem. Czujnik rozpoznaje najpierw pierwszy dźwięk, a następnie jego odbicie. Na podstawie czasu i odległości można obliczyć prędkość dźwięku.

1. Podłącz czujnik dźwięku do interfejsu.
2. Włącz zadanie "Jak szybko przemieszcza się dźwięk" (ang. How fast sound travels)
3. Ustaw czujnik przy otworze tuby, tak jak widać na zdjęciu.
4. Rozpocznij pomiar wciskając *Start*. Nagrywanie rozpocznie się automatycznie.
5. Pstryknij palcami przy otworze tuby.
6. Na ekranie komputera powinien pokazać się wykres. Pierwszy wierzchołek to pierwszy dźwięk, a drugi to jego odbicie.

Czas: _____ s (pamiętaj, że komputer pokazuje czas w milisekundach)

Odległość pomiędzy czujnikami: _____ m.

7. Oblicz prędkość dźwięku stosując następujący wzór: prędkość = odległość/czas

Prędkość dźwięku w powietrzu wynosi _____ m/s.

Teraz już wiesz jaka jest prędkość światła w powietrzu.

Używając internetu lub innych źródeł sprawdź prędkość dzwięku w innych materiałach.

Przykłady:

Aluminium _____

Żelazo _____

Szkło _____

Woda (morska) _____

Woda (destylowana) _____

Alkohol metylowy _____

Hel _____

Tlen _____

…. _____

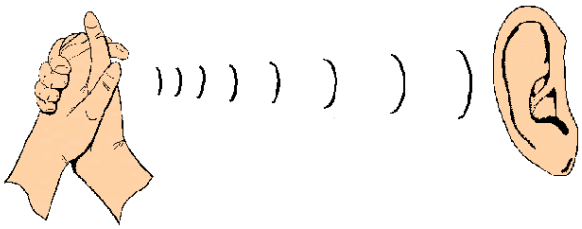
…. _____

Ćwiczenie: Słyszenie

Wiesz już, że dźwięki biorą się z drgań fal dźwiękowych w medium (jak np. woda, drewno, powietrze). Aby zakończyć temat dźwięku trzeba jeszcze zbadać, w jaki sposób słyszymy dźwięki.

OBSERWACJE

1. Popatrz na obrazek i wyjaśnij, dlaczego słyszymy odgłos klaśnięcia.



_____

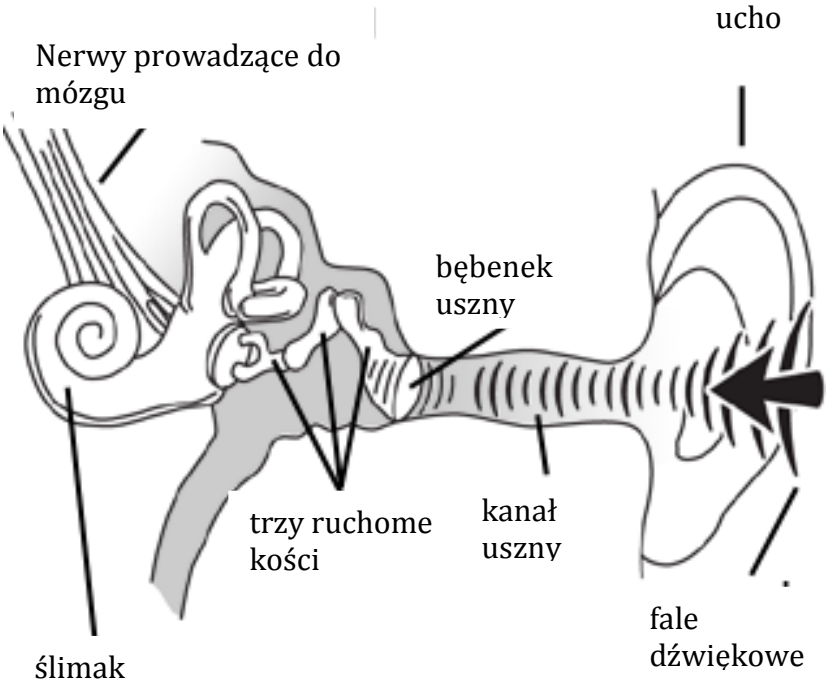
_____

_____

2. Jaką funkcję Twoim zdaniem pełni ucho zewnętrzne?

_____

3. Bębenek uszny to kawałek skóry przypominający napięty balon. Dochodzące dźwięki wprawiają go w drgania. Kości dotykające bębenka przenoszą drgania do ucha wewnętrznego, gdzie są one rozpoznawane i przekształcane na sygnały do mózgu. Oto schemat ucha.



Pytania do przemyślenia:

- Kiedy fala dźwiękowa zagęszcza się w powietrzu i dociera do bębenka usznego,

w którą stronę porusza się bębenek?
- W którą stronę porusza się bębenek kiedy fale dźwiękowe się rozrzedzają?
- Kiedy słyszysz śpiew ptaka o częstotliwości 2000 drgań na sekundę, ile razy na sekundę wibruje bębenek?
- W jaki sposób ucho reaguje na głośny dźwięk, a jak na cichy?
- W jaki sposób ucho reaguje na wysoki dźwięk, a jak na niski?
- Dlaczego dźwięki są cichsze, kiedy zatkamy uszy?
- W jaki sposób ucho wzmacnia fale dźwiękowe, aby były wystarczająco silne, by oddziaływać na płyn w uchu wewnętrznym?

4. Czy słyszymy wszystkie dźwięki?
   Czy jeżeli gwiżdżesz na psa specjalnym gwizdkiem do tresury to czy słyszysz gwizd? Czy wiesz dlaczego tak jest?

Ucho ludzkie słyszy dźwięki pochodzące ze źródeł, których wibracje mają częstotliwość od 20 drgań na sekundę do takich o 20 000 drganiach na sekundę. Wszystkie odgłosy poniżej 20 drgań na sekundę nazywamy infradźwiękami, a te powyżej 20 000 drgań na sekundę ultradźwiękami. Wiele zwierząt ma inny zakres słyszenia niż człowiek (patrz tabela poniżej).

Zwierzę	**Zakres słyszenia**
Pies	40 Hz do 46 000 Hz
Królik	360 Hz do 42 000 Hz
Kot	45 Hz do 64 000 Hz
Krowa	23 Hz do 35 000 Hz
Mysz	1000 Hz do 91 000 Hz
Nietoperz	2000 Hz do 110 000 Hz
Delfin	70 Hz do 150 000 Hz
Słoń	16 Hz i 12 000 Hz

- Które zwierzę(ta) słyszą wyższe dźwięki niż człowiek?

- Które zwierzę ma największy zakres słyszenia?

- Wyjaśnij, dlaczego człowiek nie słyszy gwizdka ultradźwiękowego do tresury psów?

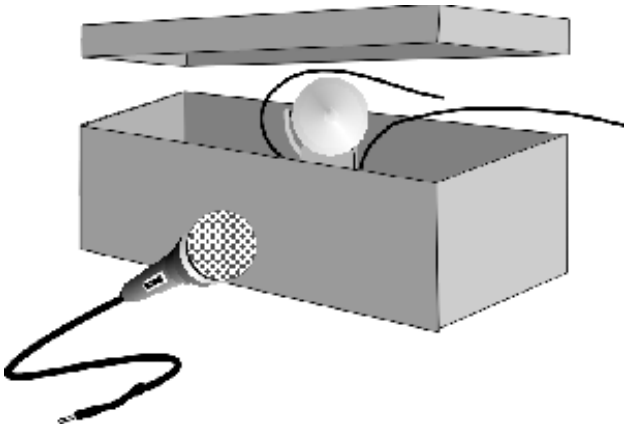
Ćwiczenie: Co to znaczy *za głośno*? (Część I)

DOŚWIADCZENIE KOMPUTEROWE
W tym zadaniu będziesz mierzyć głośność dźwięku za pomocą czujnika dźwięku. Pomiarów takich dokonuje się za pomocą sonometru. Na potrzeby tego zadania będziesz używać czujnika dźwięku ustawionego na podobieństwo sonometru I mierzyć głośność w decybelach.

1. Podłącz czujnik do interfejsu.
2. Włącz zadanie „Jak głośno” (ang.‘How loud’).
3. Zmierz poziom głośności dźwięków pochodzących z różnych źródeł.
4. Zapisz wyniki pomiarów w tabeli poniżej.

Źródło dźwięku	Poziom głośności (dB)

5. Teraz będziecie badać, jaki jest najlepszy sposób na przerwanie dźwięku.
6. Włącz zadanie „Jak najlepiej przerwać dźwięk?” (ang. ‘What is the best way to stop sound’)
7. Najpierw wykonasz pomiar kontrolny. Wszystkie inne pomiary będziesz porównywać z tym pierwszym.
8. Umieść czujnik dźwięku wewnątrz pudełka na buty i rozpocznij pomiar. Pamiętaj, by zachować absolutną ciszę podczas pomiaru!



9. Przykryj źródło dźwięku różnymi materiałami (np. bawełną, różnymi tkaninami, opakowaniami po jajkach, gazetą, itp.) i za każdym razem nagrywaj ten sam dźwięk. Zapisz wyniki pomiarów w tabeli poniżej.

Izolacja	Poziom głośności (dB)
Bez izolacji	

10. Co się dzieje, kiedy używasz materiałów izolujących?

_____

11. Który materiał tłumi najlepiej?

_____

12. Który materiał tłumi najgorzej?

_____

13. Przygotuj dwa źródła dźwięku: jedno wydające wysokie dźwięki, a drugie wydające niskie dźwięki. Który odgłos jest łatwiej wytłumić?

_____

Ćwiczenie: Co to znaczy *za głośno*? (Część II)

Czy dźwięki mogą być niebezpieczne?
Kiedy mogą stanowić zagrożenie?

W jaki sposób możemy chronić się przed zbyt głośnym odgłosami?

Praca samodzielna: Co to znaczy *za głośno?*

Głośne odgłosy i głośna muzyka mogą spowodować trwałe uszkodzenie narządów słuchu. Spróbuj dowiedzieć się jakie dźwięki i w jaki sposób mogą uszkodzić słuch. Przedstaw poniżej informacje, które udało Ci się znaleźć.

Ćwiczenia
PODROZDZIAŁ 2 – INSTRUMENTY STRUNOWE I DĘTE

Ćwiczenie: Rezonans

Wiadro pełne piasku (lub inny ciężki przedmiot) wisi na suficie (jak widać na zdjęciu). Pracując w grupie spróbujcie go jak najmocniej rozhuśtać. Nie można dotykać wiadra/przedmiotu. Macie 60 sekund by wywołać drgania.

1. Spróbujcie osiągnąć jak największe wahania przedmiotu.

2. Spróbujcie określić z jaką częstotliwością drga przedmiot. Częstotliwość ta nazywa się częstotliwością drgań własnych i jest to częstotliwość oscylacji po wprawieniu w drganie.

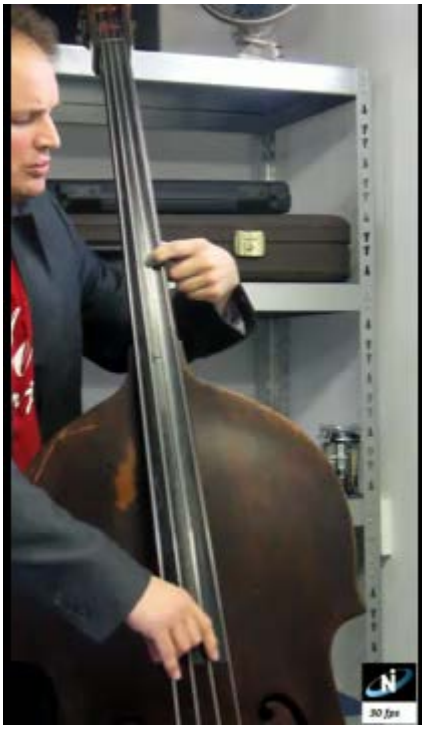
3. Jak sądzisz, co by się działo z przedmiotem, gdybyś w niego dmuchał w następującą częstotliwością:
   $f = 0.5\ f_{natural}$
   $f = 1.5\ f_{natural}$
   $f = 2\ f_{natural}$
   $f = 0.834\ f_{natural}$
   Uzasadnij każdą odpowiedź..

4. Podczas eksperymentu na pewno zauważyłeś/aś, że niektóre sposoby dmuchania są bardziej skuteczne niż inne. Zjawisko to, możliwe wtedy, gdy przedmiot wibruje w ramach częstotliwości naturalnej nazywa się rezonansem.
   Możesz wyobrazić sobie, że rezonans to dopasowanie naturalnej częstotliwości drgań przedmiotu z częstotliwością Twojego dmuchania.

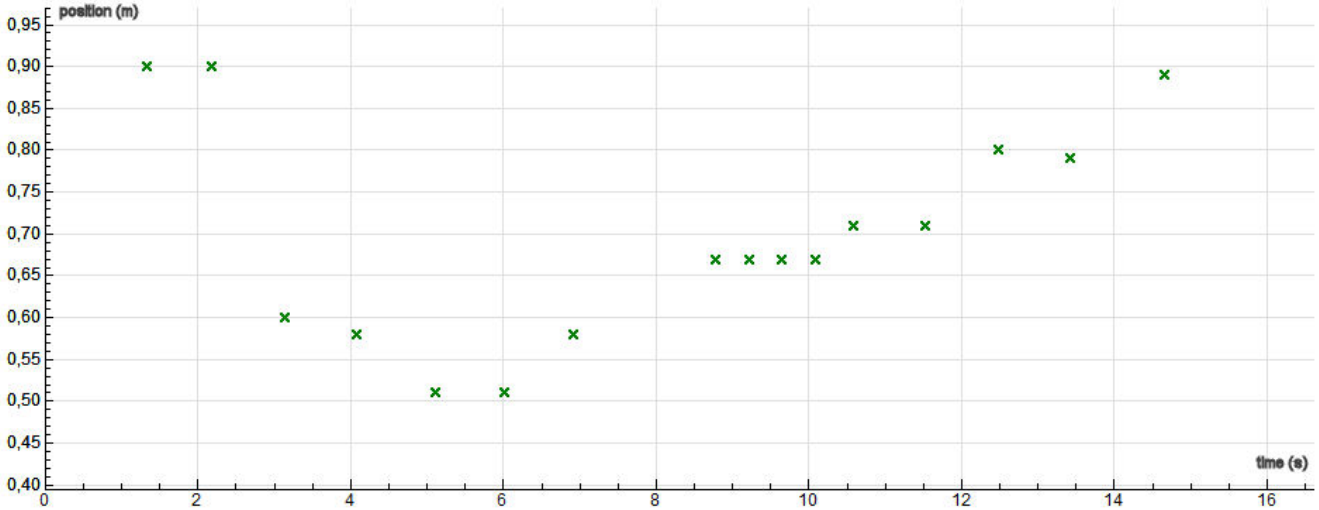
5. Pojęcie rezonansu występuje w bardzo różnych dziedzinach nauki i sferach życia. Przytocz trzy inne przykłady rezonansu.

Ćwiczenie: Częstotliwość podstawowa, kontrabas

W muzyce, niektóre częstotliwości są często używane, podczas gdy innych się unika. Niektóre instrumenty operują tylko wybranymi częstotliwościami (np. dobrze nastrojone pianino lub gitara). Na innych instrumentach (np. skrzypcach lub kontrabasie) możliwe jest uzyskanie wszystkich częstotliwości. Kontrabasista musi bacznie pilnować, by grać tylko określone nuty. Oznacza to układanie palców w określonych miejscach na strunach tak, aby trafiać we właściwe dźwięki.



Oglądając film wideo obserwujemy pozycję palca lewej ręki kontrabasisty. Palcem tym kontrabasista skraca strunę i w ten sposób określa częstotliwość wykonywanej nuty. Fragment struny poniżej palca można szarpnięciem wprawić w drganie (wibrację). Oznacza to, że wyższe punkty na wykresie dotyczą dłuższej części struny, która może wibrować. Na wykresie poniżej przedstawione są pozycje palca lewej ręki w momencie, gdy palce prawej szarpią struny. Każdy krzyżyk na wykresie to jeden dźwięk..



Wykres przedstawia pozycje lewej ręki (oś y) w czasie (oś x); każdy krzyżyk oznacza jeden dźwięk. Współrzędne y związana jest z częstotliwością dźwięku.

1. Większość dźwięków się powtarza. Ile różnych nut występuje w tej melodii?

2. Jeden dźwięk delikatnie nie stroi. Kontrabasista zwrócił na to uwagę i przesunął palec, aby poprawić intonację. Kiedy ponownie pojawia się ten dźwięk, gra go czysto. Gdzie na wykresie widać ten *fałszywy* dźwięk?

3. Jak już wspomniano, śledzimy pozycję palca kontrabasisty. Im niższa wartość na

wykresie, tym krótszy odcinek struny wibruje. Odpowiedz na pytanie: czy fałszywa nuta wspomniana w pytaniu nr 2 była za wysoka czy za niska?

4. Strunę skraca się etapami. W języku muzycznym, odcinki te nazywa się interwałami. Od 5. sekundy melodia porusza się wyłącznie całymi tonami i półtonami. Cały ton jest większym interwałem niż półton. Pomiędzy 5. a 16. sekundą występuje jeden półton. Czy widzisz w którym momencie?

5. Do teraz stosowałeś wyłącznie analizę kwalitatywną. W tym zadaniu, dokonasz prostych obliczeń i dokonasz analizy kwantytatywnej.
   Pierwszy duży skok w melodii (pomiędzy drugą a trzecią nutą 0:02-0:03) nazywany jest kwintą. To interwał, który oznacza, że częstotliwość drugiego dźwięku jest 1,5 razy wyższa niż częstotliwość pierwszego (np. 100Hz i 150Hz lub 220Hz i 330Hz). Wykorzystując te informacje spróbuj obliczyć długość wibrującego odcinka struny w momencie t=2.0s.

6. Czy wiesz jaka to melodia? Spójrz na interwały, prześledź rytm. Czy jesteś pewny swojej odpowiedzi? Czy ta melodia jest znana w Twoim kraju?

   Odpowiedź znajdziesz na stronie: http://youtu.be/yihwasEckfQ?hd=1 .

Ćwiczenie: Częstotliwość podstawowa, gitara

Kiedy szarpiesz strunę, wibruje ona w ramach swojej częstotliwości podstawowej (naturalnej). W poprzednim zadaniu mieliście okazję poobserwować kontrabasistę,

który palcami skraca strunę i w ten sposób uzyskuje określone wysokości dźwięków. W grze na gitarze jest to prostsze, ponieważ na gryfie znajdują się progi w stałych miejscach. W tym eksperymencie będziesz mierzyć długości struny gitary na różnych progach oraz odpowiadające im częstotliwości podstawowe drgań. Spróbuj odkryć zależność pomiędzy tymi dwoma zmiennymi.

1. Ułóż palce na gryfie na jednym z progów. Szarpnij za strunę i zmierz częstotliwość podstawową jej wibracji.

2. Zmierz długość struny poniżej palca.

3. Zapisz wyniki pomiaru w tabeli.

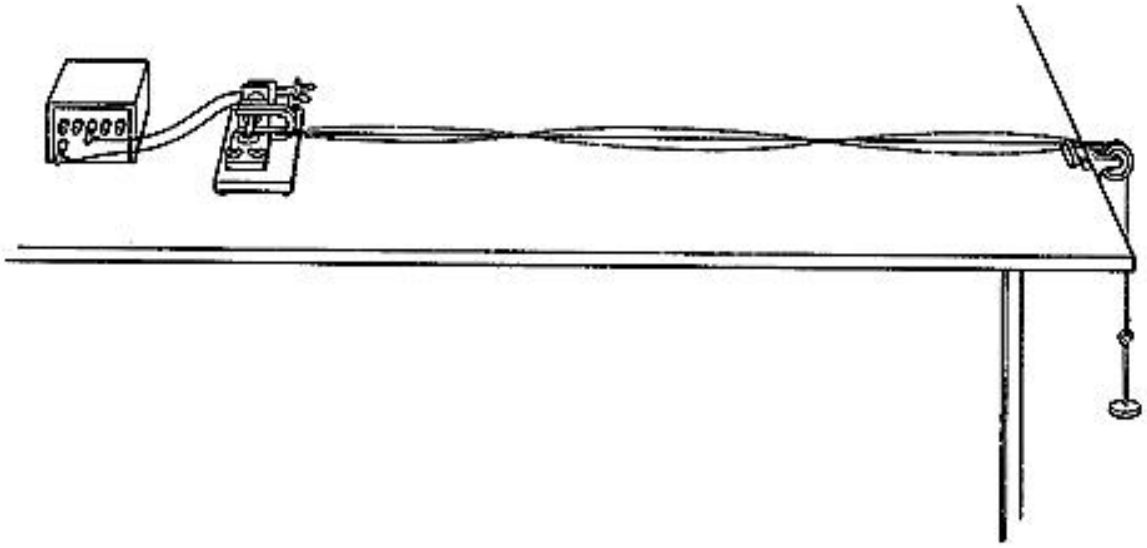
4. Powtórz pomiar na różnych długościach struny. Użyj kilku różnych progów.

5. Przedstaw na wykresie dane dotyczą częstotliwości i odpowiednie długości strun.

6. Określ zależność pomiędzy częstotliwością podstawową wibracji struny a jej długością.

Ćwiczenie: Doświadczenie Meldego

W poprzednich eksperymentach odkryłeś/aś, że każdy przedmiot ma swoją podstawową częstotliwość drgań. Na przykładzie kontrabasu i gitary nauczyłeś/aś się, że częstotliwość podstawowa drgań struny zależy od długości struny. Czy struna może jednak wibrować z innymi częstotliwościami niż podstawowa? W tym zadaniu będziesz obserwować strunę wibrującą z różnymi częstotliwościami. Będziesz używać do tego urządzenie, które widać na obrazku poniżej.



Generator funkcji napędza wibrator mechaniczny. Struna jednym końcem przymocowana jest do wibratora oraz drugim do ciężarka, rozciągniętym na krążku linowym przytwierdzonym do stołu. Struna, przymocowana z dwóch stron jest napędzana z taką samą częstotliwością jak częstotliwość generatora funkcji. Eksperyment nazywa się doświadczeniem Meldego, ponieważ po raz pierwszy przeprowadził go niemiecki fizyk Franz Melde.

1. Rozpocznij eksperyment. Włącz generator oraz wibrator.

2. Stopniowo zwiększaj częstotliwość drgań i obserwuj kształt wibracji struny.

3. Dla niektórych częstotliwości kształt wibracji będzie stały i będzie składał się z powtarzalnych fragmentów. Drgania te nazywa się falami stojącymi. Jak sądzisz, jak powstają te fale?

4. Określ częstotliwości wymagane do uzyskania różnych schematów wibracji. Narysuj kształty drgań – rezonujących fal stojących – oraz zapisz odpowiadające im częstotliwości.

5. Zmień poziom napięcia struny oraz powtórz eksperyment. Ponownie określ częstotliwości wymagane do uzyskania czterech różnych kształtów drgań. Porównaj wyniki tych dwóch doświadczeń.

Najniższa częstotliwość drgań fali stojącej to częstotliwość podstawowa (zwana również pierwszym alikwotem). Wyższe częstotliwości drgań fal stojących są zwane alikwotami (drugi, trzeci, czwarty alikwot).

1. Który z narysowanych przez Ciebie kształtów drgań przedstawia falę stojącą o częstotliwości podstawowej?

2. Wskaż węzły i antywęzły tej fali stojącej. Jaka odległość dzieli dwa węzły?

3. Określ zależność pomiędzy długością struny L, a długością fali dźwiękowej λ drgań dla tej fali stojącej.

4. Który z narysowanych przez Ciebie kształtów drgań przedstawia falę stojącą z drugim, trzecim i czwartym alikwotem? Wskaż węzły i antywęzły na każdym z rysunków fali stojącej.

5. Dla każdej fali stojącej określ zależność pomiędzy długością struny L oraz długością fali drgań λ.

6. Dla każdego alikwotu podaj stosunek częstotliwości f do częstotliwości podstawowej f_0. Jak opiszesz tę zależność?

Ćwiczenie: Flażolety na gitarze

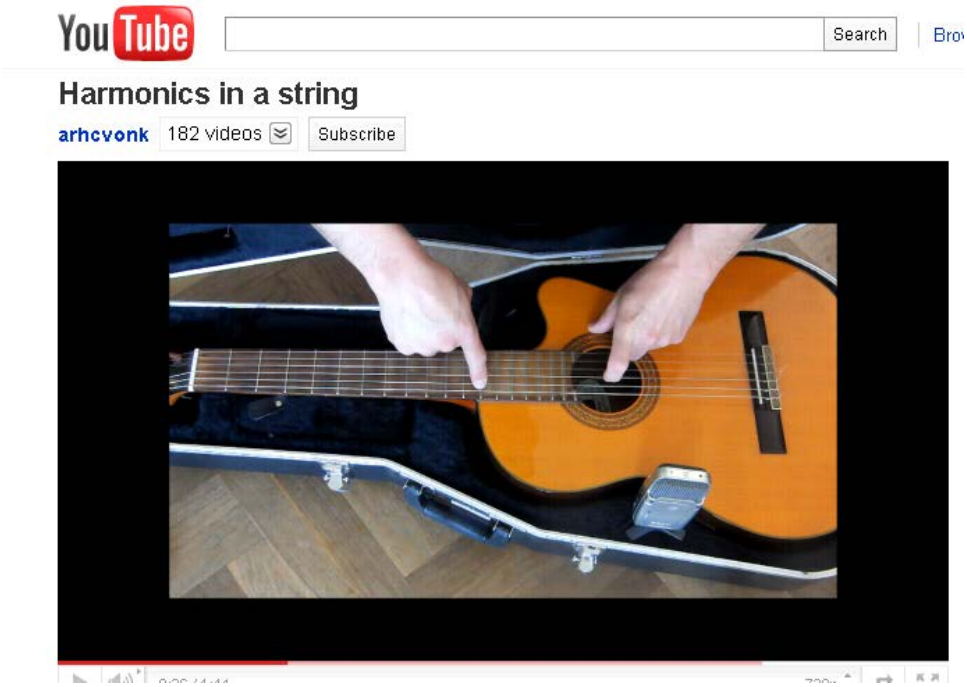
Kiedy gitarzysta przyciska strunę, w tym miejscu powstaje węzeł. Wibruje tylko pewna część struny. W efekcie pojedyncza struna wibruje z częstotliwością podstawową oraz wszystkimi jej alikwotami.

1. Załóż, że prędkość fal na pewnej strunie gitarowej wynosi 425 m/s. Podaj częstotliwość podstawową oraz częstotliwość drugiego, trzeciego I czwartego alikwotu jeżeli długość struny to 76,5 cm.

2. Narysuj odpowiednie kształty fal stojących.

3. Obejrzyj film na stronie: http://youtu.be/4NFljc5mi-s?hd=1.
Obserwuj gitarzystę, a następnie spróbuj wyjaśnić, w jaki sposób gitarzysta gra flażolety.

4. Spróbuj w podobny sposób zagrać parę flażoletów na gitarze, delikatnie przyciskając strunę w określonym miejscu.



Ćwiczenie: Fale stojące w powietrzu, ograniczone przestrzenią rezonansową

Przy doświadczeniu Meldego obserwowałeś/aś zjawisko rezonansu na przykładzie instrumentów strunowych oraz badałeś/aś różne typy drgań. W tym zadaniu będziesz badać częstotliwości drgań słupa powietrza. Do eksperymentu należy się przygotować tak jak przedstawiono na zdjęciu poniżej. Głośnik podłączony jest do generatora funkcji. Rura połączona jest z butelką i obie są napełnione wodą.

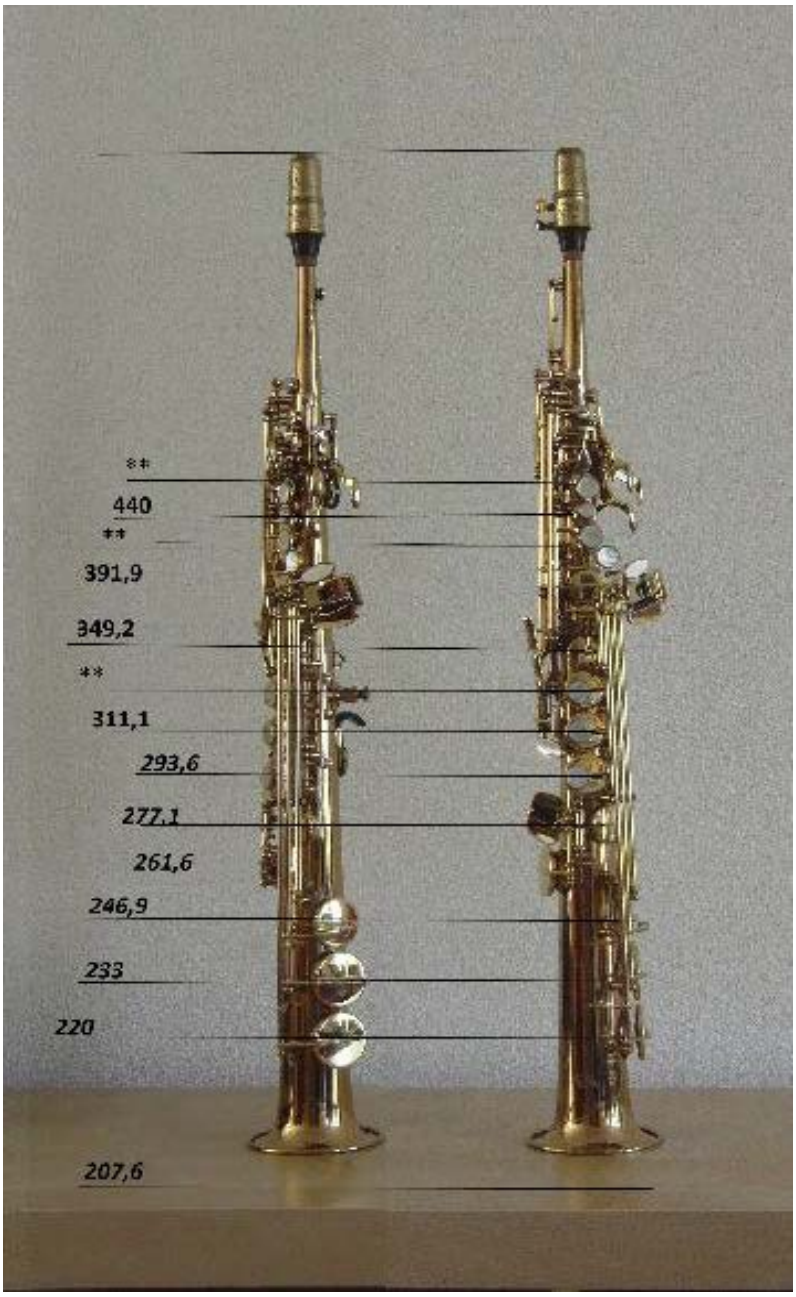
1. Wyjaśnij jak można zmienić poziom wody w rurze.
2. Zbadaj przy jakich częstotliwościach pojawia się określona wysokość słupa powietrza (poziom wody)
3. Zapisz wysokość słupa powietrza I częstotliwości przy których słychać jak słup powietrza rezonuje.
4. Jaka jest częstotliwość podstawowa jakie są jej alikwoty?
5. Narysuj kilka kształtów fal przedstawiających rezonujące fale stojące, które mogą pojawić się w słupie powietrza. To musisz sobie wyobrazić!
6. Dla każdego kształtu określ długość słupa powietrza L i długość fali stojącej λ.
7. Dla każdego alikwotu określ stosunek częstotliwości f do częstotliwości podstawowej f_0. Jak opisał(a)byś wzajemny stosunek tych częstotliwości.
8. Porównaj te stosunki z wynikami doświadczenia Meldego. Są podobne czy różne?
9. Zmień długość słupa powietrza i sprawdź czy taki sam stosunek można zaobserwować teraz przy rezonujących częstotliwościach.

1.

Ćwiczenie: Fale stojące w powietrzu, saksofon sopranowy

Większość instrumentów dętych składa się z rur, których długość można zmieniać. Jest to możliwe dzięki klapom, zaworom i suwakom. Dmuchając w instrument dęty uzyskujemy pewien stosunek długości rury do częstotliwości. W tym zadaniu przyjrzymy się saksofonowi sopranowemu.

Zdjęcie poniżej przedstawia saksofon sopranowy. Długość rury to 72 cm. Jeżeli wszystkie jego klapy są zamknięte powietrze wychodzi z rury dopiero po przejściu 72cm[1].



[1] Jak widać na zdjęciu linia wskazująca zakończenie rury znajduje się nieco pod saksofonem. Bierze się to stąd, iż długość rury można wydłużyć o połowę jej średnicy. Można porównać to z otworami. Mierzymy odległość pomiędzy ustnikiem a środkiem otworu (a nie górną częścią otworu).

Jeżeli klapa jest otwarta, powietrze może wydobyć się z rury po przemierzeniu krótszego dystansu. Nazywa się to długością rezonansową/rzeczywistą rury. Długość rzeczywista obejmuje odcinek od miejsca, w którym powietrze wchodzi do rury do pierwszego miejsca, gdzie może się ulotnić. Na zdjęciu zaznaczono klapy i można odczytać częstotliwości w Hz odpowiadające długości rury (jeżeli zaznaczona klapa to pierwsza otwarta klapa od góry). Saksofon przedstawiono w dwóch ujęciach, aby lepiej było widać klapy.

1. Odczytaj wartości częstotliwości ze zdjęcia i zmierz odległość pomiędzy ustnikiem a klapą.

2. Zapisz dane w tabeli.

3. W trzeciej kolumnie tabeli oblicz długość rezonansową/rzeczywistą rury saksofonu. Zwróć uwagę, że całkowita długość rury od ustnika do czary wynosi 72 cm.

4. Stwórz wykres ukazujący stosunek długości rzeczywistej do częstotliwości.

5. Długość rzeczywista może być zaskakująca. Wynika to z tego, że saksofon sopranowy zbudowany jest z rury stożkowej, a nie cylindrycznej.

   Poszukaj w tekstach informacji o stosunku długości rzeczywistej do częstotliwości w rurach stożkowych.

6. Sprawdź czy dane na zdjęciu zgadzają się z teorią rur stożkowych.

Ćwiczenie: Brzmienie

Kiedy wydobywamy dźwięk z instrumentu struna lub słup powietrza wibruje z częstotliwością podstawową oraz jej wielokrotnościami. Uzyskana fala dźwiękowa jest superpozycją fal o tych wszystkich częstotliwościach i to właśnie ta “mieszanka” nadaje jakość brzmieniu danej nuty. Połączenie częstotliwości podstawowej i alikwotów, gdzie każdy ma inną intensywność określa dźwięk instrumentu, zwany brzmieniem. Z tego powodu trąbka brzmi zupełnie inaczej niż wiolonczela.

1. Zbadaj częstotliwość podstawową i alikwoty na przykładzie jednego instrumentu.

2. Wyjaśnij skąd w dźwięku biorą się różne alikwoty.

Ćwiczenie: Dudnienia

Jeżeli dwa dźwięki o podobnych częstotliwością brzmią razem, mogą wystąpić dudnienia.

1. Na podstawie przeczytanych tekstów wyjaśnij na czym polega zjawisko dudnienia.

2. Używając instrumentów, zaprezentuj zjawisko dudnienia.

3. Podaj przykłady dudnienia niezwiązane z instrumentami muzycznymi.

Ćwiczenie: Strojenie gitary

Są dwa sposoby strojenia gitary. Jeden sposób to używanie flażoletów na sąsiadujących ze sobą strunach. Innym sposobem jest wykorzystanie rezonowania strun (jedna struna pusta plus druga skrócona)

1. Opisz różne sposoby strojenia gitary.

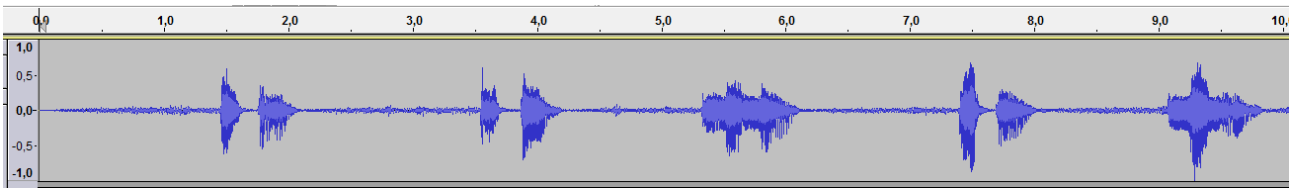
2. Zaprezentuj te sposoby pozostałym uczniom. Użyj klipu wideo lub fotografii.

Ćwiczenia

PODROZDZIAŁ 3 – MOWA LUDZKA

Ćwiczenie: Spektrogramy

1. Uważa się, że słowa *mama* i tata to pierwsze słowa, które wypowiadamy. Poniższy obrazek przedstawia wykres nagrania osoby wypowiadającej słowa mama i *papa.* Zwróć uwagę, że wzdłuż pionowej osi wyświetla się amplituda a wzdłuż poziomej czas. Jak widać, nagrywana osoba wypowiedziała pięć słów.



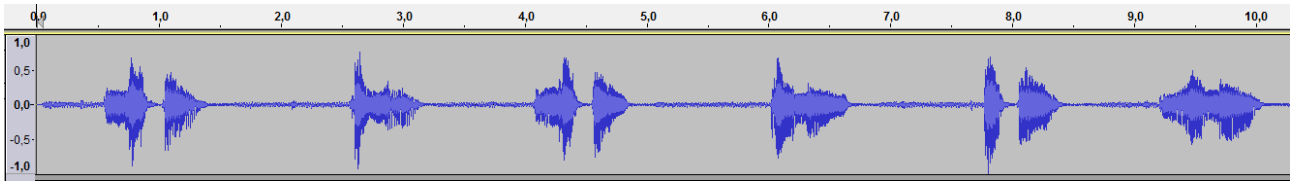
- Czy jesteś w stanie stwierdzić, które słowa są te same? Skąd wiesz?

- Czy jesteś w stanie odróżnić słowo *mama* i *papa* na wykresie?

  Odtwórz plik dźwiękowy ‘sound1.mp3’ , żeby sprawdzić odpowiedź.

2. Z tych dwóch sylab można utworzyć inne słowa. Ile różnych słów można utworzyć z sylab „pa” i „ma”?

Na spektrogramie poniżej zarejestrowano nowe słowa (być może niektóre się powtarzają).



- Na podstawie spektrogramu nazwij sześć słów (w kolejności, w której się pojawiają).

Aby sprawdzić odpowiedź, odtwórz plik ‘sound2.mp3.

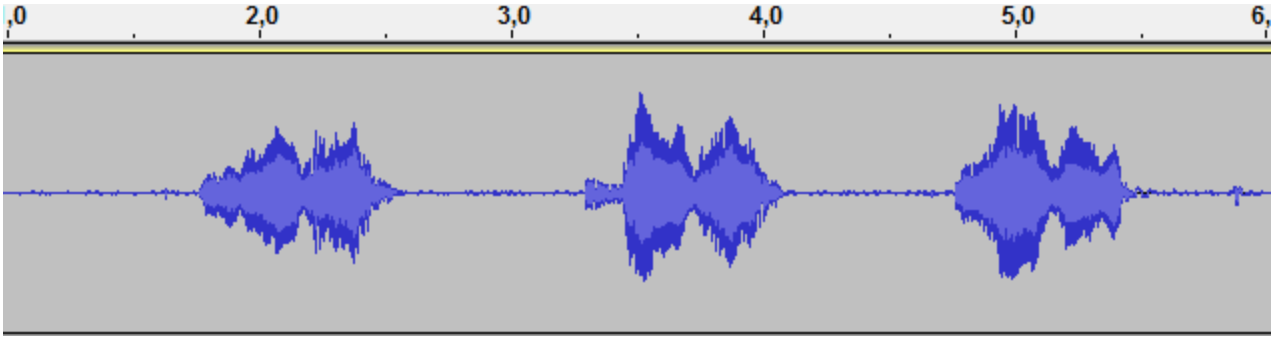
3. Stwórz własne nagranie słów *mama* i *papa* i dokonaj jego analizy w programie Audacity. Wypróbuj też kombinacje *pama* i *mapa.*

4. Spróbuj wymyślić dwa inne słowa, które można by łatwo zanalizować. Nagraj te słowa i sprawdź czy jest możliwe ich rozpoznanie na spektrogramie.

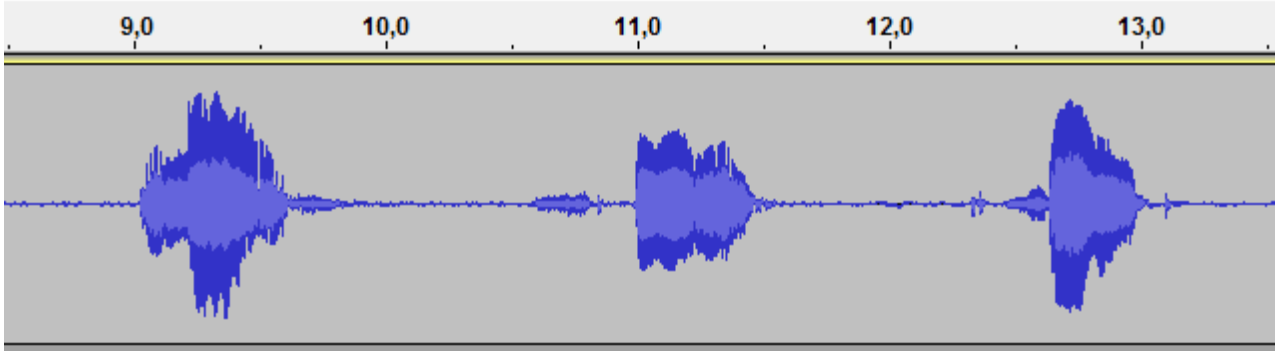
5. Przybliż fragment Twojego spektrogramu. Jak byś go opisał(a)?

6. Poniżej widzisz wynik czterech nagrań. W każdym wypowiedziano trzy słowa. Powyżej spektrogramów podano te słowa, jednak niekoniecznie we właściwej kolejności. Podpisz słowami spektrogram w odpowiednich miejscach.

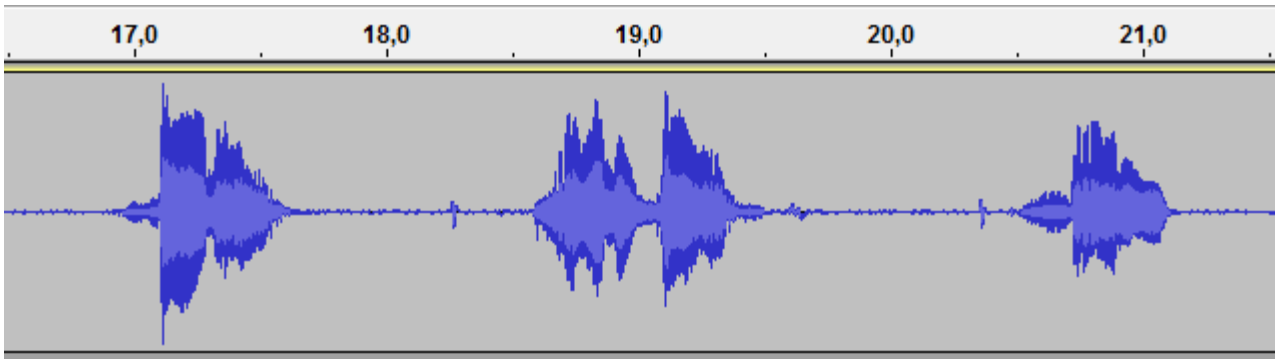
Huey, Dewy, Louie



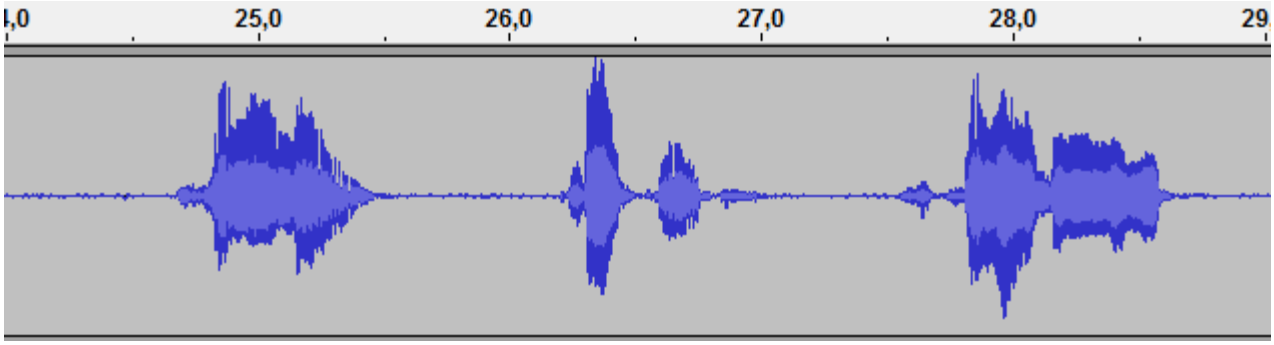
Knife, Fork, Spoon



Father, Son, Holey Ghost



Chocolate, Vanilla, Strawberry



Możesz sprawdzić swoje odpowiedzi odtwarzając plik dźwiękowy sound 3.mp3.

Nie musisz rozpoznać wszystkich słów, ale na pewno uda Ci się poznać niektóre słowa po ich charakterystycznych cechach.

- Zapisz cechy charakterystyczne dwóch wybranych liter lub słów.
- Podaj dwie pary liter, pomiędzy którymi trudno jest zauważyć różnicę.

Ćwiczenie: Model mowy

Głos jest instrumentem, na który składa się:

- zasilacz (płuca)
- wibrator (struny głosowe),
- wzmacniacz (the vocal track).

Główną funkcją płuc jest wytwarzanie nadmiaru ciśnienia powietrza czyli generowanie strumienia powietrza. Powietrze przechodzi przez krtań, powodując drgania strun głosowych. Częstotliwość drgań zależy od ciśnienia powietrza w płucach oraz napięcia mięśni, które sterują strunami głosowymi (duże napięcie zwiększa częstotliwość czyli podwyższa dźwięk), a także od masy tkanki (mężczyźni mają zazwyczaj większe struny głosowe, stąd niższy głos)[2].

Wibracje strun głosowych uwalniają powietrze, które powoduje wibracje w aparacie głosowym (krtani, tchawicy i jamie ustnej), czyli inaczej mówiąc dźwięki. Głos to skomplikowany dźwięk składający się z częstotliwości podstawowej (zależnej od częstotliwości drgań strun głosowych) oraz dużej liczby alikwotów.

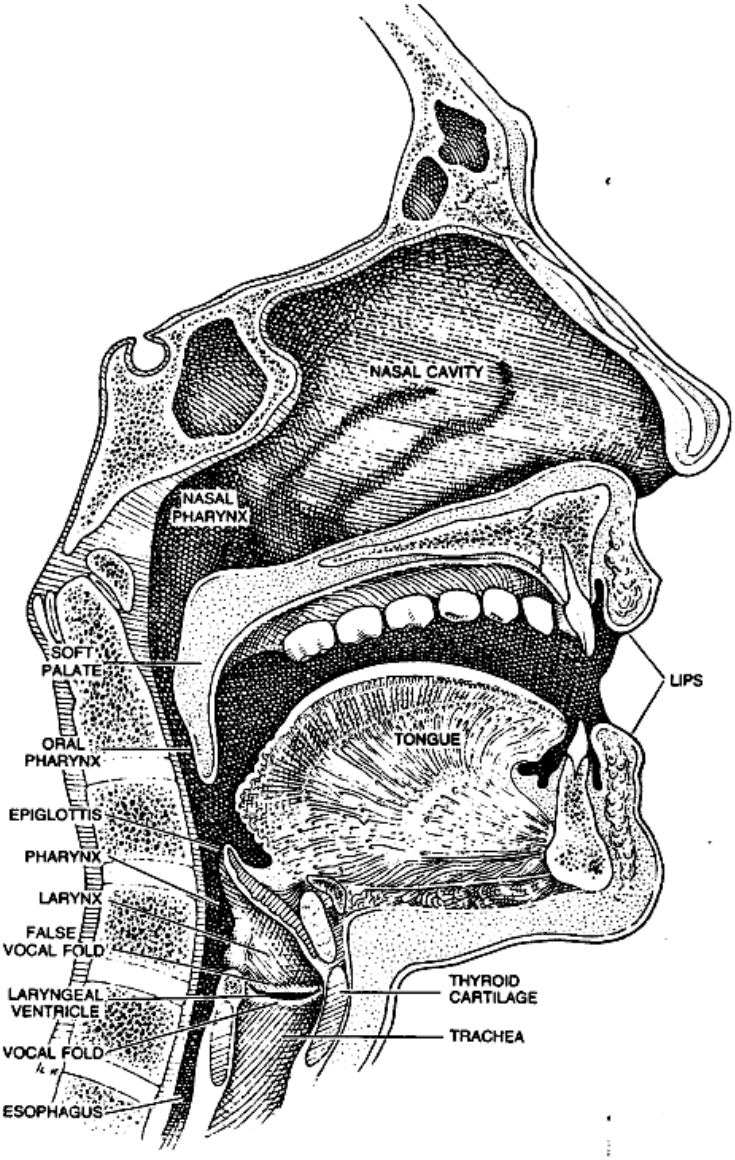


Figure 1. Aparat głosowy

Aparat głosowy stanowi pudło rezonansowe. Właściwości akustyczne głosu zależą od kształtu narządów, położenia artykulatorów: warg, szczęki, języka i krtani. W niektórych przypadkach rezonują tylko niektóre częstotliwości, a inne są stłumione. Częstotliwości te nazywamy formantami (wykres b).

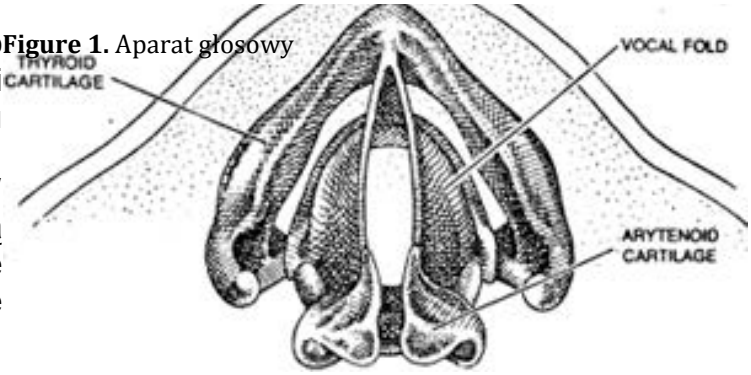
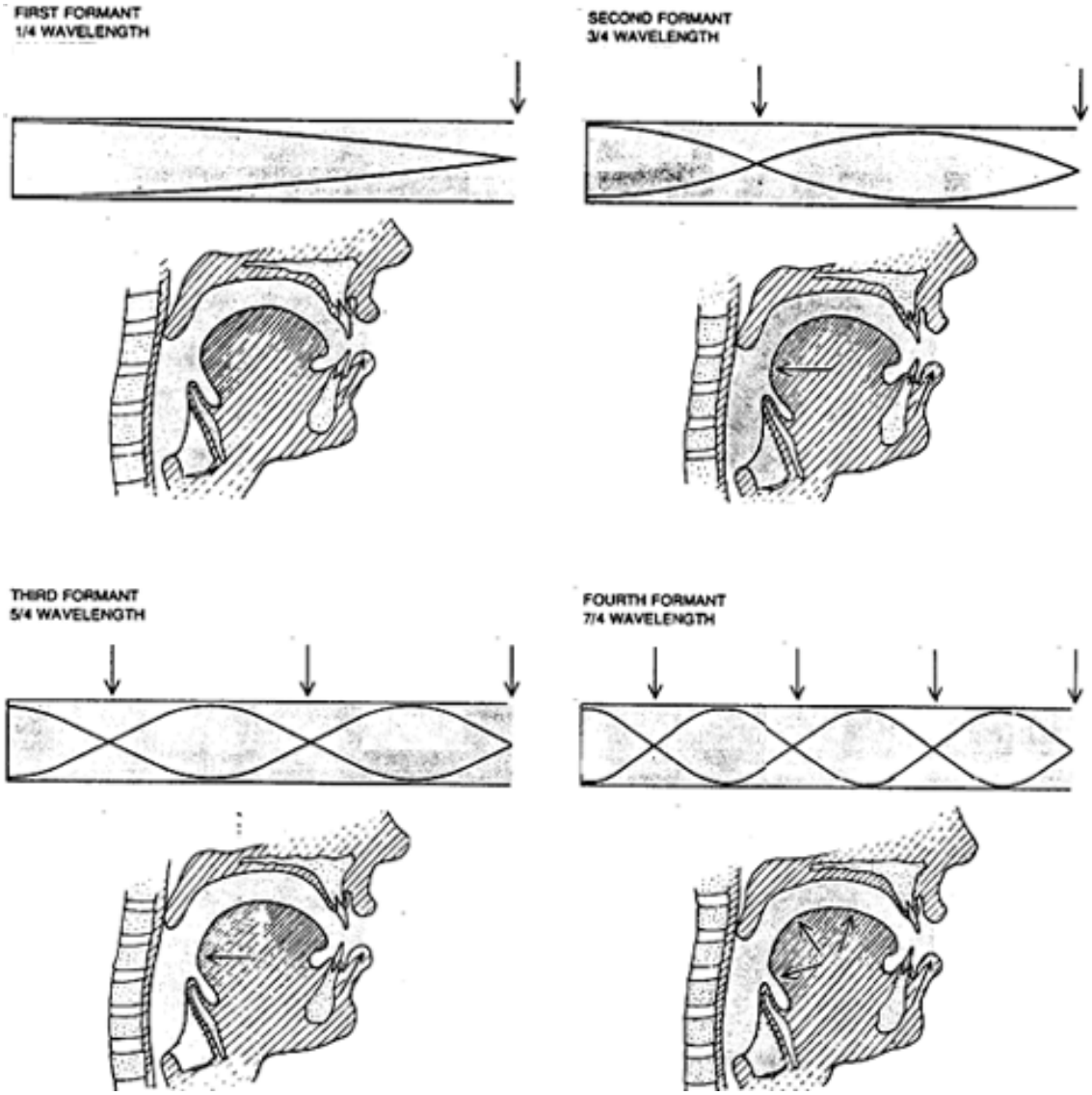


Figure 2. Struny głosowe.

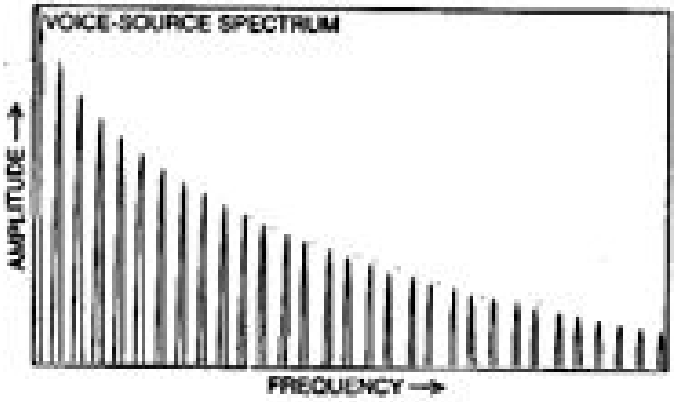
Najprostszy model aparatu głosowego to obrazek przedstawiający cylindryczną rurę zamkniętą od strony głośni i otwartą od strony jamy ustnej. W takim modelu częstotliwości formantowe odpowiadają częstotliwościom fal stojących w rurze. Poniżej pierwsze cztery formanty

[2] U dorosłego mężczyzny fałdy głosowe mają 17-23mm długości, a u kobiety 12.5-17mm. Mogą rozciągać się o 3 lub 4 milimetry dzięki działaniu mięśni krtani. Mężczyzna mówi ze średnią częstotliwością 125Hz, a kobieta 210Hz. Głosy dzieci mają średnią 300 Hz.

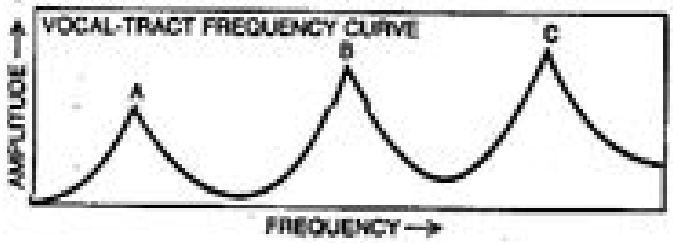
przedstawiono jako fale stojące w rurach cylindrycznych wraz ze schematycznym odpowiednikiem aparatu głosowego.



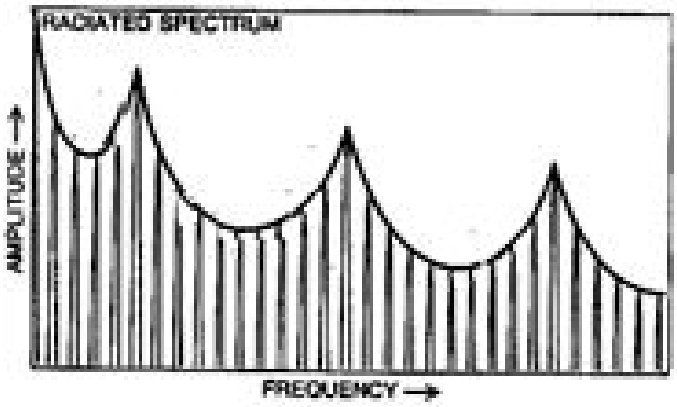
Częstotliwości formantowe ukazują się w widmie dźwięku jako wierzchołki, co jest typowe dla samogłosek.



a) widmo częstotliwości mowy



b) częstotliwości rezonansowe krtani – formanty (A,B,C)



c) ostateczny sygnał dźwiękowy skierowany do jamy ustnej (widmo samogłoski)

Ćwiczenie: Analiza sygnału dźwiękowego

W tym doświadczeniu będziesz analizować głos. Potrzebujesz czujnika dźwięku, interfejsu oraz oprogramowania wyświetlającego fale dźwiękowe oraz dokonującego analizy dźwięków.

1. Rozpocznij pomiar i zamrucz dźwięk “ahhh” do mikrofonu.

2. Jak sadzisz, czy stworzona przez Twoje mruczenie fala dźwiękowa ma określoną przyporządkowaną do niej częstotliwość? Opinię uzasadnij.

3. Teraz nagraj dźwięk kamertonu. Porównaj falę sinusoidalną z falą dźwiękową Twojego mruczenia.

Matematyczne sposoby, jak np. transformacja Foureira lub Linera Prediction dostarczają informacji o częstotliwościach obecnych w sygnale okresowym. Zastanów się, jak możne te sposoby wykorzystać przy analizie sygnałów dźwiękowych.

4. Używając narzędzi do analizy sygnałów dowiedz się jakie częstotliwości obecne są w sygnale kamertonu.

5. W podobny sposób określ które częstotliwości przeważają w dźwięku Twojego mruczenia.

6. Zaintonuj jeszcze raz nie zmieniając wysokości głosu, tym razem na samogłosce „aaaa”. Co się stało z częstotliwościami?

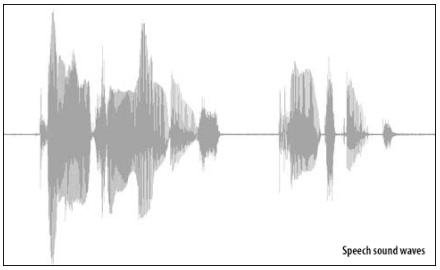
7. Nagraj dźwięki różnych samogłosek, używając odpowiednich narzędzi określ ich formanty.

8. W jaki sposób można rozpoznać która to samogłoska?

9. Używając dostępnych materiałów zrób własne doświadczenie. Opisz jego wyniki.

Ćwiczenie: Analiza sygnału dźwiękowego

Co sprawia, że natychmiast rozpoznajemy głos prezydenta Obamy, nawet kiedy go nie widzimy? Najwidoczniej dźwięki, które wydobywa z siebie mówiąc są wystarczająco charakterystyczne. Płeć, wiek, wykształcenie, dialekt, nastrój rozmówcy itd. – te informacje jesteśmy w stanie wywnioskować choćby podczas rozmowy telefonicznej. Co na temat tak powszechnie wiadomych faktów ma do powiedzenia nauka? Czym jest „speech print" i czy rzeczywiście jest tak niepowtarzalny jak DNA lub odciski palców?



Historia analizy ludzkiej mowy sięga połowy XX wieku, od tamtej pory jest to prężnie rozwijająca się dziedzina nauki. Instytucje rządowe (armia, policja i psychologia sądowa, wywiad) wykorzystywały i wykorzystują jej osiągnięcia. Od niedawna analiza mowy znajduje zastosowanie na rynku komercyjnym, dzięki pracom nad komputerami produkującymi i rozpoznającymi mowę, rozwojowi robotyki, automatyzacji, oraz technologii zabezpieczeń.

To jest doświadczenie otwarte. Należy sformułować pytanie badawcze związane z analizą sygnałów dźwiękowych, nad którym chcemy się skupić. Doświadczenie należy przeprowadzić w oparciu o postawione wcześniej pytanie. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia należy zaprezentować klasie.

Ćwiczenie: Synteza mowy

Od początku XVIII wieku, kiedy to Wolfgang von Kempele zbudował „maszynę mówiącą" naukowcy szukali sposobu odtwarzania ludzkiej mowy. W latach 70. XX wieku technologia cyfrowa umożliwiła stworzenie pierwszych systemów teach-to-speech o szerokim zastosowaniu.
Twórcy tych systemów próbowali bezpośrednio wpływać na procesy mowy używając stosunkowo niewielu parametrów. Udało im się uzyskać zrozumiałą, choć nieco mechaniczną mowę. Pojawienie się komputerów nowej generacji i metod przechowywania danych w późnych latach 90.umożliwiło stworzenie nowoczesnych zaawansowanych systemów syntezy mowy.
(*"Making Computer Talk", A. Aaron, E. Eide, J. Pitrelli, Scientific American, 2003*).

Stephen Hawkins to jedna z najbardziej znanych osób używających syntezator mowy.

To jest doświadczenie otwarte. Należy sformułować pytanie badawcze związane z analizą i syntezą mowy, nad którym chcemy się skupić.
Doświadczenie należy przeprowadzić w oparciu o postawione wcześniej pytanie. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia należy zaprezentować klasie