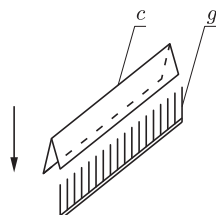




Jeden herc (Hz) to jedno drganie na sekundę.

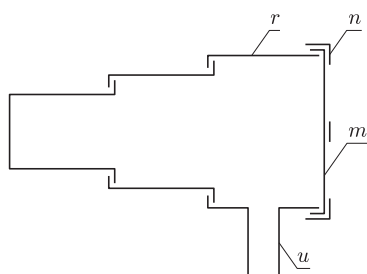
Z wiekiem upośledzeniu ulega odbieranie dźwięków o najwyższych częstotliwościach. Pomysłowi przedsiębiorcy sprzedają „odstraszacze młodzieży” emitujące przenikliwe dźwięki o częstościach słyszalnych statystycznie jedynie dla obywateli w wieku poniżej dwudziestu kilku lat. Urządzenia te montowane bywają np. w barach.



Rys. 1. Przygotowanie grzebienia do wytwarzania dźwięków; *g* – grzebień, *c* – celofan.



Fot. Tak wygląda trąbka fanfarowa przy średniej długości rury.



Rys. 2. Wygląd trąbki fanfarowej w przekroju osiowym; *r* – rura teleskopowa, *n* – nasadka, *m* – membrana, *u* – ustnik.

Dźwięki słyszalne przez człowieka są to drgania mechaniczne o częstotliwości w granicach od 20 Hz do 20 000 Hz. Wraz z wiekiem granice te ulegają zawężeniu. Niektóre zwierzęta słyszą dźwięki spoza tego przedziału. Nietoperze i psy odbierają dźwięki o częstotliwościach wyższych od 20 000 Hz – tzw. ultradźwięki. Z kolei delfiny słyszą również dźwięki o częstotliwościach poniżej 20 Hz, nazywane infradźwiękami. Dźwięki stanowią dla człowieka obszerne i ważne źródło informacji o otaczającym go świecie. Pogorszenie się słuchu, następujące wraz z wiekiem, jest dotkliwą niepełnosprawnością. W dzisiejszych doświadczeniach zajmiemy się badaniem niektórych właściwości dźwięków.

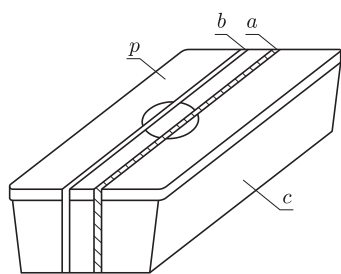
Do pierwszego doświadczenia potrzebna będzie plastikowa linijka oraz imadło lub ścisk stolarski. Zamiast linijki możemy do doświadczenia użyć brzeszczotu piłki do metalu. Chwyćmy linijkę ręką za jeden z końców i poruszajmy ją możliwie jak najszybciej tam i z powrotem. Czy linijka wydaje przy tym jakiś dźwięk? Okazuje się, że żadnego dźwięku nie słyszemy, ponieważ ruch linijki jest zbyt powolny – nie jesteśmy w stanie wykonywać ruchu tam i z powrotem z częstotliwością większą niż 20 razy w ciągu jednej sekundy.

Teraz jeden koniec linijki zamocujemy w imadle przykręconym do stołu lub przyciśniemy go do stołu ściskiem stolarskim. Jeżeli nie mamy żadnego z tych przyrządów, możemy koniec linijki przycisnąć do stołu palcami jednej ręki. Nieprzymocowany koniec linijki wprawiamy w ruch przez odgięcie go ku dołowi i swobodne puszczenie. Czy w tym przypadku linijka wydaje dźwięk? Okazuje się, że tak, ponieważ swobodny ruch drgający linijki odbywa się z dostatecznie dużą częstotliwością. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że źródłem dźwięku są ciała drgające z odpowiednią częstotliwością.

Wzbudzanie drgań ciał wydających dźwięki może się odbywać w bardzo różny sposób. Przekonają nas o tym następujące doświadczenia. Weźmy plastikowy grzebień oraz kawałek celofanu, używanego do pakowania kwiatów lub artykułów spożywczych. Zamiast celofanu możemy użyć kawałka cienkiej folii wyciętej z torebki do pakowania produktów w sklepach. Zegnijmy celofan na pół i nałóżmy go na zęby grzebienia w sposób pokazany na rysunku 1. Przyciśniemy końce celofanu do grzebienia palcami obu rąk i, trzymając grzebień przed sobą, przyłożmy go do ust. Dmuchaemy na celofan. Czy słyszemy przy tym jakieś dźwięki? Okazuje się, że tak. Ustami wyczuwamy przy tym drgania celofanu.

Do budowy instalacji elektrycznych używa się często plastikowych, karbowanych rurek. Kawałek takiej rurki o długości kilkudziesięciu centymetrów możemy kupić w sklepie z artykułami elektrotechnicznymi. Dmuchnijmy w koniec takiej rurki. Czy słyszemy przy tym jakieś dźwięki? Jeżeli do sklepu z artykułami elektrotechnicznymi mamy zbyt daleko, to w sklepach z zabawkami lub w kiosku można czasami spotkać tzw. grającą rurkę – kosztuje kilka złotych. Jest to również plastikowa, karbowana rurka zakończona z jednej strony prostopadłościenną, cienką komorą. Dmuchnijmy w tę komorę lub w drugi koniec rurki. Czy rurka wydaje jakieś dźwięki? Okazuje się, że zarówno rurka do budowy instalacji elektrycznej, jak i grająca rurka podczas dmuchania wydają dźwięki. Jest to spowodowane drganiami przepływającego przez rurki powietrza, które wytwarzane są, gdy powietrze trafia na karby. W obu rurkach dźwięki możemy wytworzyć jeszcze w inny, interesujący sposób. Jeden koniec rurki chwyćmy dłonią i wprawmy rurkę w ruch obrotowy, tak żeby drugi jej koniec zataczał okrąg. W tej sytuacji powietrze przepływa przez rurkę pod działaniem siły odśrodkowej i jest również wprawiane w drgania na karbach, wydając dźwięki.

Również w sklepach z zabawkami lub w kiosku można za kilka złotych kupić trąbkę fanfarową (fotografia). Budowę wewnętrzną w przekroju osiowym można zobaczyć na rysunku 2. Teleskopowa, trzyczęściowa rura o średnicy kilku centymetrów jest z jednej strony otwarta, z drugiej zaś strony jest zamknięta nasadką, pod którą znajduje się sprężysta, plastikowa membrana. Do zewnętrznej części rury przymocowany jest prostopadle ustnik. Opisana trąbka bardzo dobrze nadaje się do doświadczeń dotyczących wytwarzania dźwięków. Dmuchnijmy w ustnik



Rys. 3. Przyrząd do badania barwy dźwięku; c – prostokątne pudełko od margaryny, p – pokrywka pudełka, a – skręcona gumka aptekarska, b – gumka aptekarska prosta.

Wysokość dźwięku możemy również w prosty sposób zbadać za pomocą małych cymbałków używanych jako zabawka lub do nauki podstaw muzyki. Są one dostępne w sklepach muzycznych lub w sklepach z zabawkami. Składają się z szeregu metalowych sztabek o coraz mniejszej długości, przymocowanych luźno do plastikowej ramki. Do kompletu dołączone są dwie drewniane lub plastikowe pałeczki. Uderzmy jedną pałeczką w najdłuższą sztabkę, a następnie, po pewnym czasie, w najkrótszą. Co słyszymy w pierwszym i drugim przypadku? Czym różnią się oba dźwięki? Podobnie jak w przypadku trąbki fanfarowej, dźwięk uzyskany przy mniejszej długości jest wyższy niż przy długości większej. Dlaczego tak się dzieje? Zarówno w trąbce fanfarowej, jak i w cymbałkach powstają drgania. W trąbce są to drgania słupa powietrza i membrany, a w cymbałkach drgania metalowych sztabek. Im dłuższy jest słup powietrza lub sztabka, tym mniejsza jest częstotliwość ich drgań i niższy dźwięk.

Cymbałki mogą posłużyć nam także do wykrycia kolejnej właściwości dźwięku. Uderzmy lekko młoteczkiem w jedną sztabkę, najlepiej w jedną ze środkowych, i posłuchajmy wytworzonego dźwięku. Gdy uciwnie, uderzmy w tę samą sztabkę, ale mocno, i także posłuchajmy dźwięku. Czym różnią się oba dźwięki? Potocznie mówimy, że pierwszy dźwięk jest cichy, a drugi głośny. Fizycznie pierwszy dźwięk ma małe natężenie, co znaczy, że przenosi ze sobą małą energię w jednostce czasu – czyli moc – na jednostkę powierzchni. Drugi dźwięk ma duże natężenie, co oznacza, iż moc na jednostkę powierzchni przenoszona przez ten dźwięk jest duża. Głośność dźwięku też jest używana w fizyce, ale w innym znaczeniu. Będzie ona przedmiotem następnego, nieco trudniejszego, doświadczenia.

Uderzmy pałeczką w jedną ze sztabek cymbałków położoną blisko ich środka z umiarkowaną siłą i wsłuchajmy się uważnie w wytworzony dźwięk. Spróbujmy ocenić słuchem jego natężenie. Uderzmy następnie z możliwie taką samą siłą w najdłuższą sztabkę i dokonajmy ponownej oceny natężenia otrzymanego dźwięku. Powtórzmy jeszcze to doświadczenie z najkrótszą sztabką. Czy udało nam się usłyszeć jakąś różnicę w natężeniach? Natężenia trzech wytworzonych dźwięków są w przybliżeniu takie same, ale dźwięk ze środkowej sztabki wydaje się nieco głośniejszy niż pozostałe. Dlaczego tak się dzieje? Jest to spowodowane tym, że czułość ucha ludzkiego na dźwięki o tych samych natężeniach, ale o różnych częstotliwościach,

trąbki. Co słyszymy? Dotknijmy przy tym lekko membrany opuszką palca. Co wyczuwamy? Okazuje się, że trąbka podczas dmuchania wydaje donośny dźwięk. Dotykając membrany, czujemy drgania.

Trąbka fanfarowa posłuży nam do kolejnego doświadczenia. Wyciągnijmy wszystkie trzy części rury teleskopowej, tak żeby jej długość była maksymalna. Dmuchiemy w ustnik. Następnie wsuńmy do wewnątrz wszystkie części rury tak, aby uzyskać jej minimalną długość. Ponownie dmuchiemy z taką samą siłą w ustnik. Czym różnią się dźwięki wydawane przez trąbkę w pierwszym i drugim przypadku? W pierwszym przypadku dźwięk wydawany przez trąbkę był bardziej basowy, a w drugim przypadku bardziej piskliwy. Częstotliwość dźwięku w pierwszym przypadku była niższa niż w drugim, dlatego dźwięk pierwszy nazywa się niskim, a drugi wysokim. Jedną z cech, charakteryzujących dźwięk, jest jego wysokość. Jest to cecha do pewnego stopnia subiektywna. Jej obiektywną miarą jest częstotliwość dźwięku.

nie jest jednakowa. Przeciętne ucho największą czułość wykazuje dla dźwięków o częstotliwości około 3000 Hz.

Dźwięki wykazują jeszcze jedną właściwość, która nazywana jest... barwą. Żeby ją wyjaśnić, zbudujemy prosty przyrząd złożony z prostokątnego pudełka od margaryny lub masła roślinnego i dwóch gumek aptekarskich, pokazany na rysunku 3. W pokrywce pudełka wycinamy nożyczkami okrągły otwór o średnicy około 3 cm. Zamykamy pudełko pokrywką i naciągamy na nie dwie jednakowe gumki aptekarskie. Obie gumki powinny być tak samo naprężone i zajmować położenie symetryczne względem otworu. Wprawmy po kolei gumki w drgania przez potrącenie palcem z taką samą siłą i w tym samym miejscu ich odcinków znajdujących się nad otworem. Czy słyszymy jakąś różnicę w wytwarzanych dźwiękach? Następnie jedną z gumek skręćmy kilkanaście razy wokół jej podłużnej osi i wprawmy po kolei gumki w drgania w poprzednio opisany sposób. Wsłuchajmy się uważnie w wytwarzane dźwięki. Czy tym razem uda nam się usłyszeć jakąś różnicę? O ile w pierwszej części doświadczenia słyszeliśmy jednakowe dźwięki, to w drugiej części brzmiały one nieco inaczej, ponieważ różniły się barwą.

Barwa dźwięku polega na występowaniu w nim dodatkowych drgań o częstotliwości wyższej niż częstotliwość podstawowa, decydująca o wysokości dźwięku. W naszym doświadczeniu te dodatkowe drgania występowały w wyniku skręcenia gumki. Dzięki barwie możemy odróżnić dźwięki o tej samej wysokości wydawane przez różne instrumenty muzyczne lub różne osoby. Mówi się czasem, że ktoś ma „miękki” lub „ciepły” głos. Łatwo dostępnym instrumentem jest flet prosty, używany w nauczaniu podstaw muzyki już w przedszkolu. Wykonany z plastiku lub z drewna, dostępny jest w sklepach muzycznych lub sklepach z zabawkami, z pamiątkami ludowymi albo na aukcjach internetowych. Postarajmy się o flety plastikowy i drewniany o tej samej długości i takim samym rozmieszczeniu otworów. Czy wsłuchując się uważnie w dźwięki o tej samej wysokości, potrafimy na podstawie ich barwy odpowiedzieć, który z nich jest wydawany przez flet plastikowy, a który przez drewniany? Spróbujmy opisać, czym charakteryzują się barwy dźwięku pochodzące z obu instrumentów.