

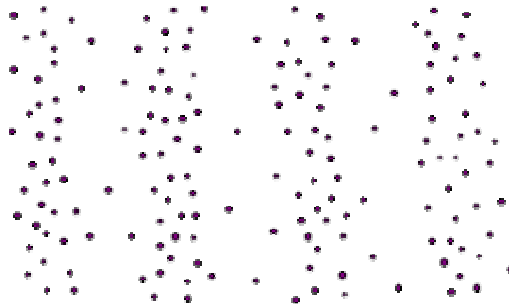
Wykorzystanie programu komputerowego Audacity do badania dźwięku na lekcjach fizyki

Andrzej Kowalski
Zespół Szkół w Raciążu

Wstęp

Akustyka to dział fizyki, który obejmuje zjawiska związane z powstawaniem i rozchodzeniem się dźwięków. Szeroki wachlarz zjawisk akustycznych oraz znaczenie dźwięku w życiu człowieka i funkcjonowaniu przyrody jest niewątpliwie ważną częścią wiedzy o otaczającym świecie, przekazywanej na lekcjach przedmiotów przyrodniczych uczniom gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych. Podstawa programowa wyraźnie wskazuje na konieczność zapoznania uczniów tych szkół z tematyką fal dźwiękowych.

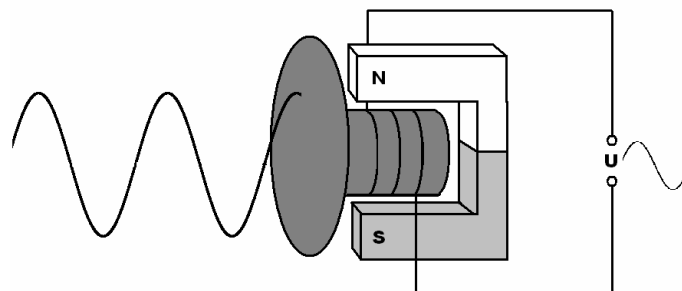
Jak powszechnie wiadomo dźwięk jest falą, a fala to zaburzenie jakiejś wielkości fizycznej - w przypadku dźwięku, w powietrzu – gęstości i ciśnienia. Gdyby fali dźwiękowej w powietrzu przyjrzeć się dokładnie, to dałoby się zobaczyć cykliczne zagęszczenia i rozrzedzenia powietrza (rys.1). [1]



Rys. 1. Rozkład cząsteczek powietrza podczas rozchodzenia się fali dźwiękowej

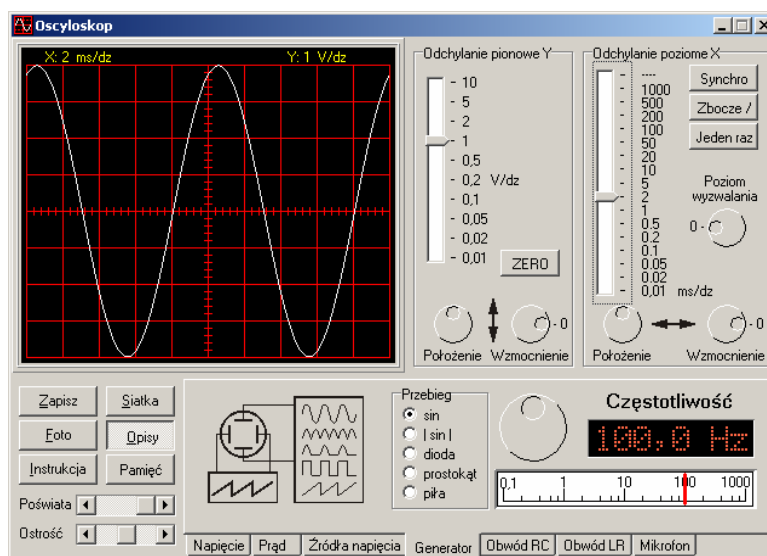
Oczywiście obserwowanie dźwięku w praktyce przebiega nieco inaczej. Pomocny jest tu fakt, że drgania cząsteczek powietrza udzielają się innym obiektom np. membranie mikrofonu.

W tradycyjnych mikrofonach dynamicznych fale dźwiękowe powodują drgania takiej membrany wraz z cewką, która jest do niej przymocowana. Drgania cewki, która umieszczona jest między biegunami magnesu, wzbudzają zmienny prąd elektryczny o częstotliwości odpowiadającej częstotliwości drgań fal dźwiękowych. W wyniku tego na wyjściu mikrofonu otrzymuje się przebieg elektryczny odpowiadający przebiegowi akustycznemu [2] (rys. 2).



Rys. 2. Schemat działania mikrofonu.

Sygnal elektryczny można dalej wzmacniać oraz dokonywać różnorodnej obróbki w celu poprawienia jakości. Można skierować go również na wejście oscyloskopu i zobaczyć na ekranie dźwięk, który dociera do mikrofonu. Oscyloskop to jednak drogie urządzenie i raczej rzadko spotykane w pracowniach fizycznych polskich szkół. Nie mniej jednak zamiast oscyloskopu można wykorzystać jego wirtualny odpowiednik, czyli odpowiedni program komputerowy. Działanie takiego programu oparte jest zazwyczaj na przetwarzaniu sygnałów z wejścia mikrofonowego karty dźwiękowej na obraz wyświetlany na monitorze komputera. Bardzo dobrą aplikacją tego typu jest program Oscyloskop, dostępny na płycie CD dołączanej do podręcznika „Fizyka i astronomia – podręcznik dla liceum ogólnokształcącego” wydawnictwa WSIP. (rys. 3). Od kilku lat wykorzystuję ten program na lekcjach fizyki w liceum do wizualizacji dźwięku kamertonu szkolnego, struny gitary, głosu ludzkiego, itp.



Rys. 3. Program Oscyloskop.

Do demonstrowania zjawisk związanych z rozchodzeniem się fal dźwiękowych oraz prostych pomiarów związanych z dźwiękiem można wykorzystać również inne programy dostępne w wersji freeware, niekoniecznie pierwotnie przeznaczone do celów edukacyjnych. Jednym z nich jest bardzo popularny program Audacity.

Ogólna charakterystyka programu komputerowego Audacity

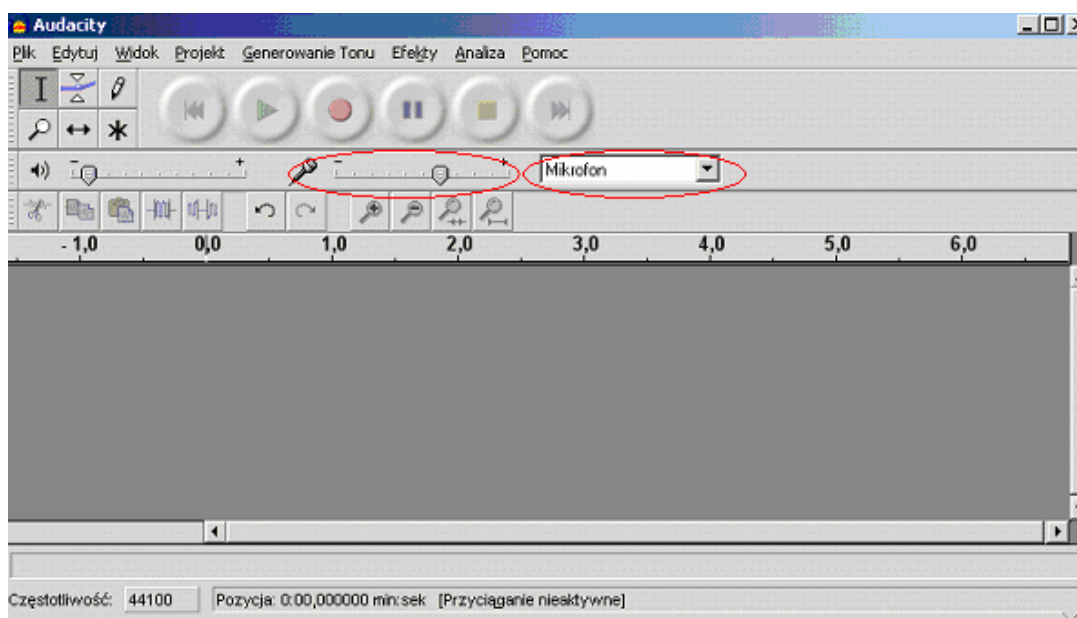
Audacity jest darmowym edytorem audio stanowiącym bezpłatną alternatywę dla takich programów jak Cool Edit Pro i WaveLab. Program umożliwia nagrywanie i odtwarzanie sygnałów audio, importowanie i eksportowanie plików w formatach MP3, WAV, AIFF, Ogg Vorbis i innych, edycję dźwięków z wykorzystaniem wycinania, kopiowania i wklejania (z możliwością dowolnego cofania wykonanych operacji), miksowanie ścieżek oraz dodawanie efektów. Program dysponuje także wbudowanym edytorem obwiedni/amplitudy oraz regulowanym modułem do wyświetlania spektrogramów. Posiada m.in. wbudowane efekty echa, zmiany tempa, usuwania szumu, a także umożliwia korzystanie z wtyczek efektowych VST i LADSPA. [4]

Z punktu wykorzystania tego programu na lekcji ważnym jest przede wszystkim możliwość nagrania badanego dźwięku na dysk, zapisania go w formacie umożliwiającym późniejsze odtworzenie i edycję (np. wave) oraz edycji w skali amplitudowo-czasowej.

Praca z programem Audacity

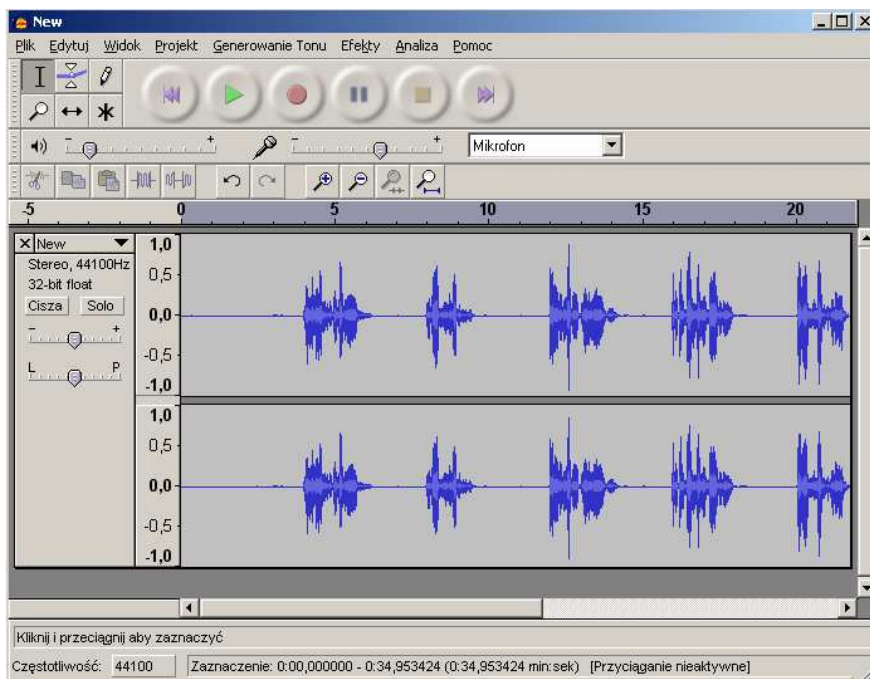
Na początku należy oczywiście zainstalować program na komputerze. Program pojawia się bardzo często na płytach dołączanych do czasopism komputerowych jak również można pobrać go z wielu serwerów dostępnych w sieci, np. z serwisu dobreprogramy.pl. Proces instalacji jest standardowy, więc nie będę go opisywał. Jeżeli będziemy potrzebowali zapisywać późniejsze nagrania w formacie mp3, niezbędny będzie plik `lame_enc.dll`, który jest biblioteką Open Source umożliwiającą eksport i import plików mp3 (do ściągnięcia np. z: http://pl.unidownload.com/filedownload-LAME-Mp3-Encoder_545.html). Plik należy po ściągnięciu umieścić np. w folderze Audacity. Gdy będzie później konieczność eksportu nagrania do formatu mp3, program Audacity poprosi o wskazanie tej biblioteki. Wiedząc, gdzie się ona znajduje, zrobimy to bez problemu.

Po zainstalowaniu programu uruchamiamy go i przygotowujemy do nagrywania dźwięku z zewnętrznych źródeł, które później będzie można wykorzystać do prostych pomiarów. Oczywiście należy podłączyć również do odpowiedniego gniazda mikrofon komputerowy. Przykładowe ustawienia przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Ustawienia poziomu nagrywania sygnału ze źródła zewnętrznego.

Suwak regulujący poziom sygnału z mikrofonu należy dobrać dokonując wstępnych próbnych nagrań. Dokonujemy tego poprzez kliknięcie przycisku „nagrywanie” i wypowiedzeniu kilku słów do mikrofonu. Nagranie kończymy klikając przycisk „stop”. Poziom sygnału nie może być zbyt niski, gdyż mały stosunek sygnału do szumu pogorszy czytelność przebiegu. Poziom nagrywanego sygnału nie może być również zbyt wysoki, ponieważ spowoduje to obcięcie grzbietów przebiegu, choć akurat to zjawisko można wykorzystać, aby pokazać, jak obcięcie sygnału wpływa na jakość odtwarzanego dźwięku. Prawidłowo nagrany sygnał mowy przedstawia rys. 5.



Rys. 5. Widok nagrania dźwięku mowy ludzkiej.

W przypadku, gdy regulacja w programie Audacity nie przynosi spodziewanych rezultatów należy wyregulować poziom głośności w ustawieniach systemu Windows i zwrócić uwagę, czy któreś z urządzeń nie jest wyciszone.

Program Audacity nagrywa domyślnie na dwóch kanałach, czyli dźwięk stereofoniczny, ale fakt ten nie ma w tym przypadku większego znaczenia. W pomiarach będziemy brać pod uwagę tylko jeden kanał.

Widok nagrania nie jest od razu czytelny, dlatego też należy go wstępnie przygotować do bardziej szczegółowej analizy. W tym celu pomocne będą przyciski dostępne w programie na pasku narzędzi, z których korzystanie jest bardzo intuicyjne i nie powinno sprawić problemu przeciętnemu użytkownikowi komputera. Najczęściej wykorzystywanymi przyciskami będą: powiększ-pomniejsz, dopasuj do zawartości okna i wytnij. Nagranie można za każdym razem odtworzyć wykorzystując przycisk „odtwórz” oraz zapisać w formacie wav lub mp3.

Audacity można wykorzystać również jako prosty generator przebiegów sinusoidalnych i dzięki temu zaprezentować takie zjawiska, jak dudnienia czy powstawanie wielotonów harmoniczných.

Scenariusz lekcji fizyki z wykorzystaniem programu Audacity v1.2.6.

1. Przykładowe sformułowanie tematu: „Badanie dźwięków z wykorzystaniem programu Audacity”

2. Założenia wstępne

Aby móc efektywnie posłużyć się na lekcji programem Audacity musimy założyć, że lekcja ma charakter powtórzeniowo-utrwalający i uczeń potrafi:

- wyjaśnić, co to jest dźwięk,
- opisać właściwości fali dźwiękowej,
- określić pojęcia charakteryzujące ruch falowy: długość fali, okres, częstotliwość, amplituda, faza,
- opisać związki między wielkościami charakteryzującymi falę mechaniczną,

- obliczać wielkości charakterystyczne dla ruchu falowego,
- wyjaśnić mechanizm rozchodzenia się dźwięków,
- wyjaśnić powstawanie echa, pogłosu, dudnień,
- opisać zjawisko interferencji fal,
- wyjaśnić, co to są harmoniczne oraz dlaczego dźwięki różnią się barwą.

3. Cel główny

Celem głównym lekcji jest powiązanie teorii z praktyką z jednoczesnym uświadomieniem istnienia różnych możliwości wykorzystania komputera do wykonywania eksperymentów badawczych na przykładzie działu „Fale dźwiękowe”.

4. Cele szczegółowe

Uczeń:

- dokonuje prostych pomiarów akustycznych,
- ćwiczy wykonywanie obliczeń,
- interpretuje otrzymane wyniki pomiaru,
- doskonali umiejętność formułowania wniosków,
- kształtuje zmysły obserwacyjne,
- konfrontuje poznaną teorię z wynikami pomiarów,
- dostrzega związki między obserwowanymi zjawiskami a ich zastosowaniami praktycznymi,
- poznaje inne zastosowania komputera.

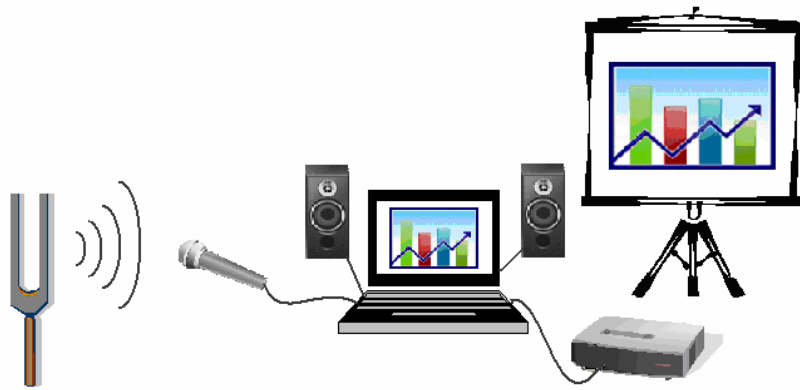
5. Formy i metody pracy

Jako formy i metody pracy można wykorzystać: obserwacje indywidualne lub w grupach podczas pokazu przeprowadzanego przez nauczyciela lub pracę w zespołach dwuosobowych w szkolnej pracowni komputerowej, jeżeli istnieje taka możliwość. W tym przypadku uczniowie mogą badać różne źródła dźwięku i wymieniać się nimi a zakres i ilość ćwiczeń należy dobrać według uznania i ilości posiadanego czasu. Oczywiście należy w tym przypadku na lekcji poprzedniej zapoznać uczniów ze specyfiką problemu i działaniem programu Audacity.

6. Środki dydaktyczne

Środki dydaktyczne przewidziane na tej lekcji są ogólnodostępne w każdej szkole i obejmują: komputer wyposażony w kartę dźwiękową, mikrofon komputerowy, głośniki komputerowe lub słuchawki (przy założeniu, że ćwiczenia będą odbywać się w zespołach dwuosobowych w pracowni komputerowej), projektor multimedialny i ekran, kamerton, monochord lub gitarę, flet prosty lub inny rodzaj piszczałki, kartę pracy – zał. 1 (uczniowie mogą również notować w zeszytach). Dobór źródeł dźwięku może być bardziej lub mniej różnorodny i przede wszystkim dostosowany do konkretnych warunków danej pracowni szkolnej.

Schemat pomiarowy wykorzystywany w każdym z ćwiczeń przedstawiony jest na rys.6.



Rys. 6. Schemat pomiarowy. Kamerton jest tu oczywiście przykładowym źródłem dźwięku.

W przypadku zastosowania programu Audacity jako generatora, mikrofon i źródło dźwięku nie są potrzebne.

7. Przebieg zajęć.

7.1. Wprowadzenie do problemu, zapisanie tematu, pytania sprawdzające wiedzę z zakresu fal dźwiękowych.

7.2. Zapoznanie z planem dalszego przebiegu zajęć (tu w zależności od formy pracy – dzielimy lub nie dzielimy klasę na grupy oraz rozdajemy karty pracy bądź zlecamy notowanie spostrzeżeń i wykonywanie obliczeń w zeszytach).

7.3. Zapoznanie ze sprzętem pomiarowym oraz krótkie scharakteryzowanie programu Audacity (tego punktu nie realizujemy, jeżeli uczniowie pracują w zespołach dwuosobowych - musimy zrealizować go na lekcji poprzedniej).

7.4. Propozycje ćwiczeń do wykonania.

Ćwiczenie nr 1. Rejestrowanie i obserwowanie dźwięków z różnych źródeł

Przebieg czynności:

- nagrać dźwięk z dowolnego źródła,
- powiększyć wybrany fragment tak, aby zobaczyć wyraźny kształt fali,
- powtórzyć powyższe czynności dla innych źródeł,
- uzupełnić kartę pracy bądź wykonać notatkę według pkt.1 z karty pracy.

Ćwiczenie nr 2. Wyznaczanie częstotliwości czystego tonu harmonicznego kamertonu

Przebieg czynności:

- nagrać dźwięk kamertonu oraz powiększyć wybrany fragment,
- odczytać przedziały czasu odpowiadające sąsiadującym punktom o jednakowej fazie,
- obliczyć okres oraz częstotliwość,
- uzupełnić kartę pracy bądź wykonać notatkę według pkt.2 z karty pracy.

Ćwiczenie nr 3. Pokaz zjawiska dudnień

Przebieg czynności:

- wygenerować ton sinusoidalny o częstotliwości 440Hz,
- wygenerować ton o częstotliwości 441Hz,
- odtworzyć nagranie,
- uzupełnić kartę pracy (pkt.3) lub sporządzić notatkę w zeszycie.

Ćwiczenie nr 4. Badanie zjawiska interferencji

Przebieg czynności:

- a) wygenerować ton sinusoidalny o częstotliwości 440Hz i amplitudzie 0,5,
- b) wygenerować drugi ton sinusoidalny o częstotliwości 440Hz i amplitudzie 0,5,
- c) odsłuchać tony pojedynczo i jednocześnie,
- d) wyeksportować nagranie jako wav,
- e) dodać ścieżkę audio z tym nagraniem tak, aby na ekranie były widoczne trzy przebiegi,
- f) zanotować obserwacje, zapisać wnioski (pkt.4, karta pracy lub zeszyt),
- g) powtórzyć punkty a) i b),
- h) odwrócić w pionie drugi przebieg,
- i) powtórzyć punkty c), d), e), f).

Ćwiczenie nr 5. Pokaz wpływu harmonicznych na barwę dźwięku

Przebieg czynności:

- a) wygenerować ton sinusoidalny o częstotliwości 100Hz i amplitudzie 0,4,
- b) wygenerować 5 kolejnych harmonicznych o amplitudach 0,2,
- c) odtwarzać dźwięk wyciszając kolejne harmoniczne pojedynczo lub grupami,
- d) zanotować wnioski,
- e) zapisać nagranie jako plik wav lub mp3,
- f) otworzyć plik i zwrócić uwagę na kształt przebiegu,
- g) czynności z punktów e) i f) powtórzyć, usuwając wcześniej 2, 3 i 5 harmoniczną
- h) zapisać wnioski (pkt.5, karta pracy lub zeszyt).

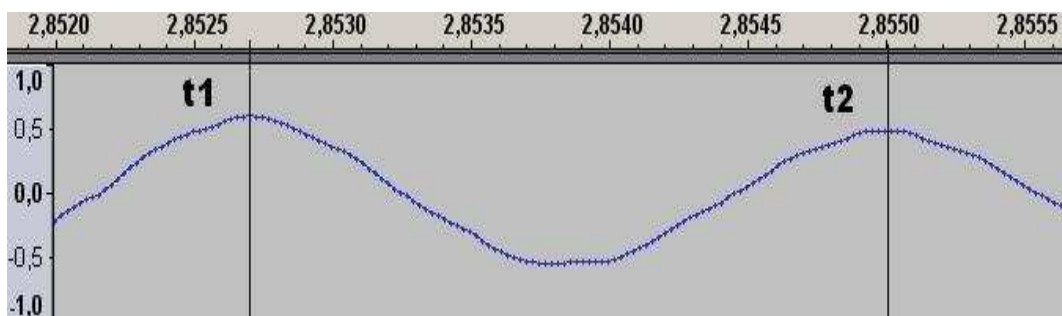
7.5. Podsumowanie lekcji – sprawdzenie notatek i wyników obliczeń.

Ponieważ lekcja ma charakter podsumowujący przerobioną partię materiału przed sprawdzianem, nie przewidziano pisemnej pracy domowej z tej lekcji.

8. Opis przebiegu wybranych ćwiczeń – wskazówki dla nauczyciela.

8.1. Wyznaczanie częstotliwości czystego tonu harmonicznego kamertonu (ćwiczenie 2).

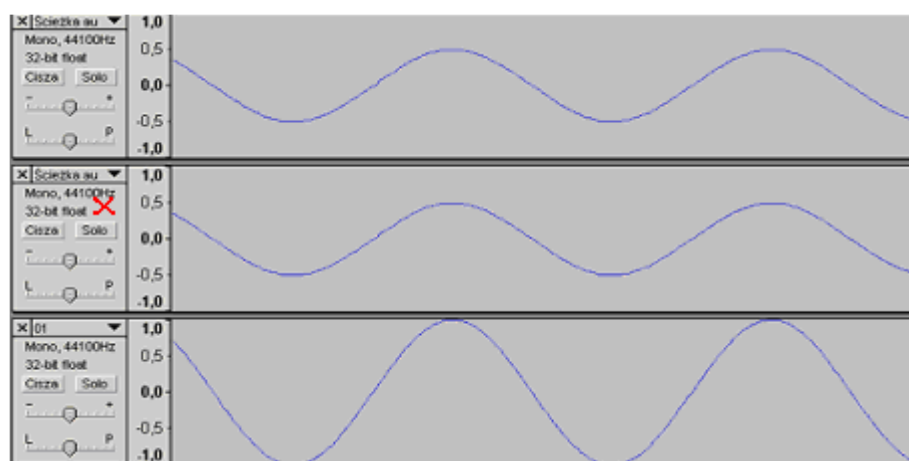
- dokonać podłączenia zestawu badawczego według rys. 6,
- uruchomić program Audacity,
- wybrać źródło sygnału wejściowego – mikrofon,
- ustawić suwak czułości mikrofonu na ok. 30%,
- kliknąć przycisk „nagrywanie”,
- pobudzić do drgań kamerton,
- odczekać ok. 3s i kliknąć przycisk „stop”,
- jeżeli przebieg będzie miał zbyt małą amplitudę lub będzie przesterowany należy wyregulować czułość mikrofonu albo ustawić kamerton w innej odległości,
- zaznaczyć przebieg w przedziale ok. 0,5s,
- kliknąć przycisk „wytnij poza zaznaczeniem”,
- kliknąć przycisk „dopasuj zaznaczenie do okna”,
- kliknąć przycisk „powiększ” kilka razy aż do uzyskania czytelnego obrazu przebiegu (rys. 7),
- odczytać przedział czasowy dla, np. dwóch sąsiednich maksymalnych wychyleń (z rys. 7: $t_1=2,8527s$, $t_2=2,8550s$),
- obliczyć okres (z rys. 7: $T=t_2-t_1=0,0023s$),
- obliczyć częstotliwość dźwięku kamertonu (z rys. 7: $f=1/T=434,78Hz$).



Rys. 7. Przebieg drgań kamertonu z zaznaczonym przedziałem czasu między sąsiednimi maksymalnymi wychyleniami.

8.2. Badanie zjawiska interferencji (ćwiczenie 4).

- uruchomić program Audacity,
- wygenerować ton sinusoidalny o częstotliwości 440Hz i amplitudzie 0,5,: Generowanie tonu > ton (tu zmienić tylko amplitudę na 0,5) > Generowanie tonu,
- klikając wielokrotnie na przycisk „Powiększ” doprowadzić przebieg do postaci dobrze widocznej sinusoidy,
- kliknąć na szary obszar poniżej ścieżki, co spowoduje, że będzie ona nieaktywna,
- w identyczny sposób wygenerować drugi ton sinusoidalny o częstotliwości 440Hz i amplitudzie 0,5,
- odsłuchać tony pojedynczo i jednocześnie (tu wykorzystujemy odpowiednią kombinację przycisku „solo”), zwracając uwagę na ich głośność,
- odznaczyć „solo” na ścieżkach i wyeksportować nagranie jako wav: Plik > Eksportuj jako wave (tu wybrać lokalizację i wpisać nazwę pliku),
- dodać ścieżkę audio z tym nagraniem tak, aby na ekranie były widoczne trzy przebiegi: Projekt > Importuj plik audio (tu wskazujemy na zapisany wcześniej plik wav), powiększyć obraz do uzyskania dobrze widocznych sinusoid (rys. 8).



Rys. 8. Interferencja fal dźwiękowych w programie Audacity – przypadek wzmocnienia.

Chcąc uzyskać wygaszenie postępujemy podobnie. Jedyna różnica polega na tym, że po wygenerowaniu drugiego przebiegu należy odwrócić go w fazie. Realizujemy to poprzez zaznaczenie całej ścieżki (kliknięcie na miejsce zaznaczone krzyżykiem na rys. 8) a następnie wybierając: Efekty > Odwróć w pionie.

Jeżeli przebieg czynności związanych z wykonaniem powyższych dwóch ćwiczeń nie będzie sprawiał problemów, to wykonanie pozostałych stanie się tylko formalnością.

Uwagi końcowe

Lekcja przeprowadzona z wykorzystaniem programu komputerowego Audacity może być ciekawym sposobem na utrwalenie wiadomości o falach dźwiękowych. Pojawiające się na lekcji elementy wizualizacji oraz dodatkowe rekwizyty w postaci np. instrumentów muzycznych, są na pewno czynnikiem absorbującym uwagę ucznia i niewątpliwie sprzyjają efektywniejszemu zapamiętywaniu wiadomości. Zamieszczone propozycje ćwiczeń mogą ulegać dowolnym modyfikacjom. Lekcję przeprowadzałem w liceum ogólnokształcącym, w klasach o profilu podstawowym, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby po niewielkich korektach przeprowadzić ją w gimnazjum.

Myślę, że wykorzystywanie na lekcjach przedmiotów przyrodniczych powszechnie dostępnych pomocy oraz darmowych i jednocześnie prostych w obsłudze programów komputerowych może korzystnie wpłynąć na zmysły poznawcze, pogłębić wiedzę i rozbudzić głębsze zainteresowania uczniów.

Literatura

- [1] <http://www.fizykon.org/>
- [2] <http://pl.wikipedia.org/>
- [3] <http://www.dobreprogramy.pl>
- [4] <http://pl.unidownload.com/>

Karta pracy – zał. 1

Ćwiczenie nr 1. Rejestrowanie i obserwowanie dźwięków z różnych źródeł
Uzupełnij tabelę

Nazwa źródła dźwięku	Przybliżony kształt fali

Ćwiczenie nr 2. Wyznaczanie częstotliwości czystego tonu harmonicznego kamertonu

Wartości odczytanych wielkości z wykresu:

Obliczenie okresu drgań

Obliczenie częstotliwości

Wniosek:
.....
.....

Ćwiczenie nr 3. Badanie zjawiska dudnień.

Na podstawie obserwacji uzupełnij poniższe zdania.

Dudnienia jest to zjawisko polegające na
.....
.....

Zjawisko dudnień słyszymy jako
.....

Zjawisko dudnień można wykorzystać do
.....

Ćwiczenie nr 4. Badanie zjawiska interferencji

Obserwacje:
.....
.....

Wnioski:
.....
.....

Ćwiczenie nr 5. Pokaz wpływu harmoniczných na barwę dźwięku

Uzupełnij tabelę:

Kształt harmoniczných i przebiegu wypadkowego (na- szkicuj)	Częstotliwości harmoniczných i przebiegu wypadkowego (za- pisz)
Kształt harmoniczných i przebiegu wypadkowego (na- szkicuj)	Częstotliwości harmoniczných i przebiegu wypadkowego (za- pisz)

Wnioski:
.....
.....