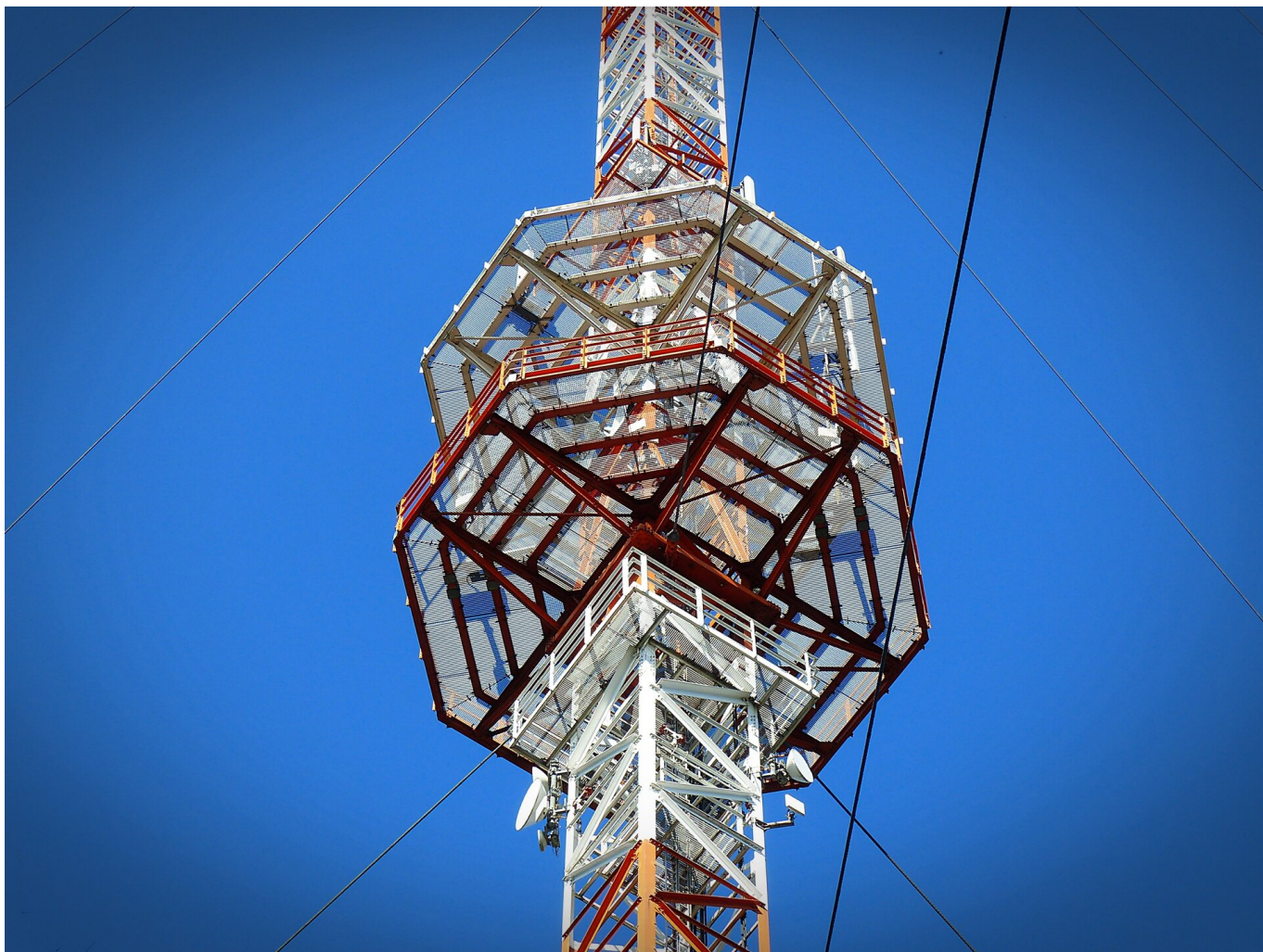




Metody przesyłania informacji - modulacja amplitudy i modulacja częstotliwości

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

Metody przesyłania informacji - modulacja amplitudy i modulacja częstotliwości

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/1041288> [dostęp 29.05.2022 r.].

Czy to nie ciekawe?

Wiesz, być może, już sporo o fali radiowej – jak jest wytwarzana i odbierana, jaką ma strukturę, w jaki sposób się rozprzestrzenia. Ale jak to jest z tym przekazywaniem informacji – dźwięku i obrazu za pomocą takiej fali? W jaki sposób informacje są zapisywane (kodowane) w fali?

Rys. a. Dawny polski odbiornik radiowy „Pionier”.

Źródło: Wojciech Pysz, dostępny w internecie: https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Radio_Diora_Pionier_U2_1.jpg [dostęp 29.05.2022 r.], licencja: CC BY-SA 2.5.

W tym e-materiale będzie o tym mowa. Rozważymy przykład radia. Telewizja analogowa działa na tej samej zasadzie, tylko jest bardziej skomplikowana technicznie. (W Polsce od 20 maja 2013 roku audycje telewizyjne nadawane są tylko w zapisie cyfrowym.)

Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się, na czym polega idea przekazu informacji za pomocą fali elektromagnetycznej,
- zapoznasz się ze schematem blokowym radiofonii,
- zrozumiesz, na czym polega modulacja amplitudowa i modulacja częstotliwościowa,
- dowiesz się o zaletach i wadach poszczególnych rodzajów modulacji.

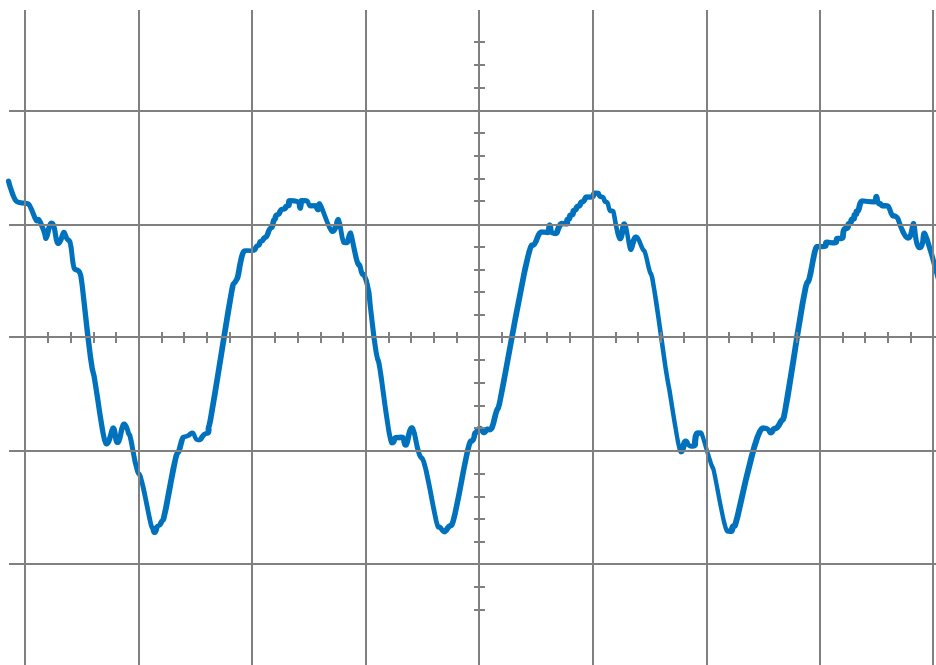
Przeczytaj

Warto przeczytać

Heinrich Hertz odkrywając w 1887 r. [fale radiowe](#) nie zdawał sobie sprawy z wagi swojego odkrycia; nie sądził, że może ono mieć praktyczne zastosowanie. Ale już niewiele lat później, w roku 1896, niezależnie od siebie, Nikola Tesla i Aleksandr Popow wysłali informację posługując się alfabetem Morse'a. Był to tak zwany telegraf bez drutu. Tym tropem poszło następnie wielu wynalazców i szybko wymyślili, jak wykorzystać falę elektromagnetyczną do przenoszenia informacji na odległość.

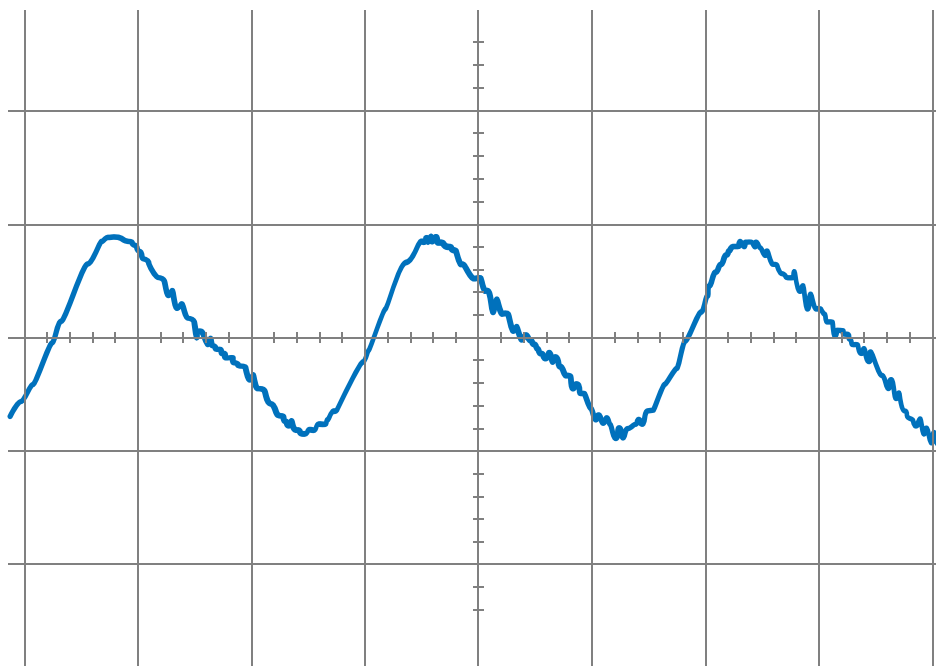
Jeśli chcemy dokonać takiej sztuki, to musimy sygnał elektryczny, który chcemy przesłać, sprytnie zapisać w fali. Musimy zakodować nasz sygnał poprzez dokonanie modyfikacji fali.

Co to jest ów tajemniczy sygnał? To po prostu przebieg napięcia uzyskany w mikrofonie. Mikrofon, jako [przetwornik elektroakustyczny](#), zamienia mechaniczne drgania [fali akustycznej](#) w zmienne napięcie - tzw. sygnał audio. Można taki przebieg obejrzyć na ekranie oscyloskopu, i wtedy można „zobaczyć” dźwięk. Rysunki 1a. i 1b. przedstawiają odpowiednio sygnały audio samogłosek „a” oraz „i”.



Rys. 1a. Sygnał audio samogłoski "a"

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.



Rys. 1b. Sygnał audio samogłoski 'i'

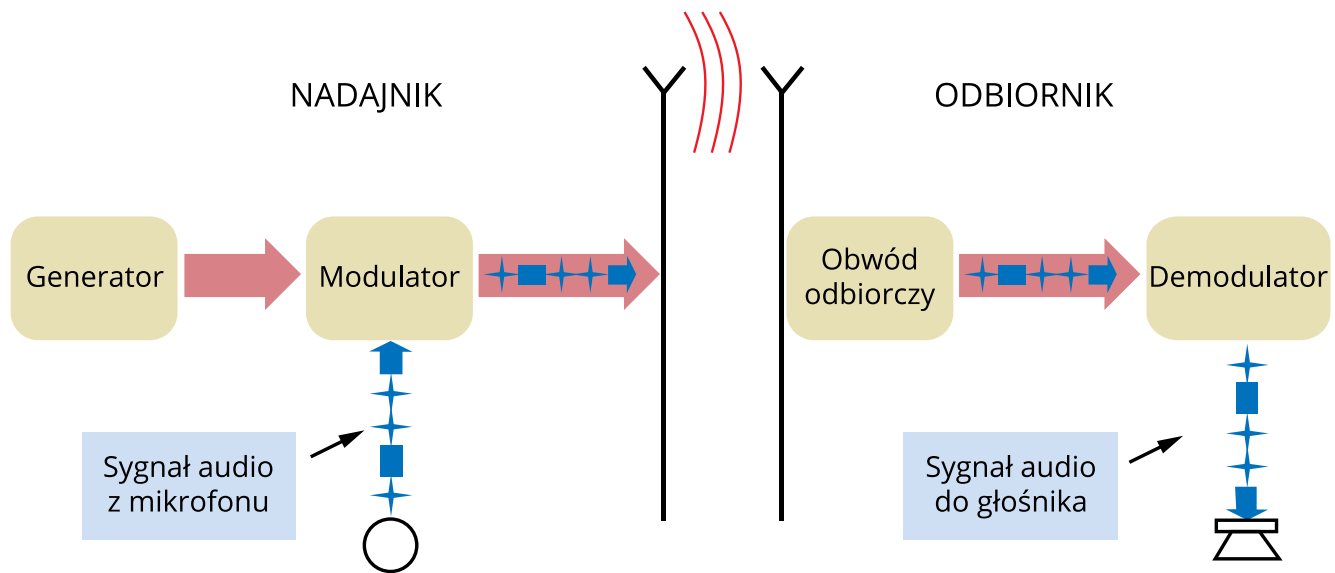
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Jeśli sygnał audio „podamy” do głośnika, to usłyszymy dźwięk odpowiadający temu sygnałowi, czyli dźwięk, jaki trafił do mikrofonu (przy idealnej pracy mikrofonu i głośnika).

I teraz, ten sygnał należy przenieść w przestrzeni drogą bezprzewodową. Uczyni to [fala radiowa](#), nie bez powodu nazwana falą nośną.

Poniżej narysowany uproszczony schemat blokowy radia (Rys. 2.) przedstawia ideę przekazywania dźwięku za pośrednictwem fali radiowej. Uproszczenie schematu polega na pominięciu wszechobecnych, zarówno w nadajniku, jaki i odbiorniku, wzmacniaczy.

W nadajniku do układu elektronicznego modulatora podawany jest sygnał wysokiej częstotliwości wytworzony w generatorze (dokładniej można o nim przeczytać w materiale „W jaki sposób wytwarzane są fale elektromagnetyczne radiowe?”) oraz sygnał audio pochodzący z mikrofonu. W modulatorze następuje „wmontowanie” drgań elektrycznych niskiej (akustycznej) częstotliwości w drgania wysokiej częstotliwości. Antena nadawcza emituje falę elektromagnetyczną, zgodną z tymi wypadkowymi drganiami.



Rys. 2. Schemat blokowy radia

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

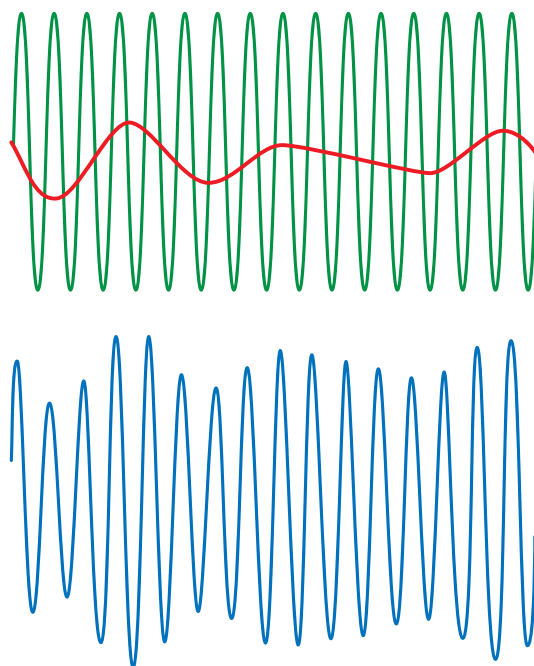
Odbiornik dostrojony do częstotliwości fali nośnej odbiera drgania wysokiej częstotliwości z zakodowanym sygnałem akustycznym. Po czym, w demodulatorze, sygnał ten zostaje odseparowany od drgań wysokiej częstotliwości i podany do głośnika. Słyszymy dźwięk zarejestrowany przez mikrofon.

Pozostaje jeszcze powiedzieć o tym, w jaki sposób kodujemy sygnał niskiej częstotliwości w sygnale wysokiej częstotliwości. Zwróćmy uwagę, że częstotliwości tych sygnałów znacznie się różnią. Dźwięk ma częstotliwość w zakresie 20–20 000 Hz ($2 \cdot 10^4$ Hz), zaś **fale radiowe** stosowane w radiofonii mają częstotliwości znacznie większe – od $1,5 \cdot 10^5$ Hz do $3 \cdot 10^8$ Hz (zakres częstotliwości jest różnie podawany przez różne źródła, np. od 3 kHz do 3 THz).

Sygnał foniczny można zapisać analogowo (o cyfrowym zapisie tu nie powiemy) na dwa sposoby:

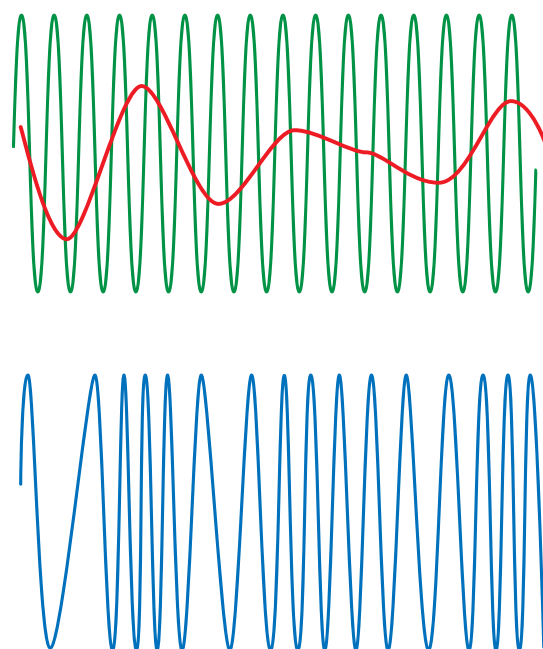
1. Zmieniając w rytm zmian sygnału audio **amplitudę** sygnału wysokiej częstotliwości;
2. Zmieniając w rytm zmian sygnału audio **częstotliwość** sygnału wysokiej częstotliwości.

Obie metody zilustrowano na Rys. 3a. i 3b.



Rys. 3a. Modulacja amplitudowa (AM – ang. **A**mpiltude **M**odulation). Czerwona linia odpowiada sygnałowi audio, zielona – fali nośnej, a granatowa – zmodyfikowanej fali nośnej.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.



Rys. 3b. Modulacja częstotliwościowa (FM – ang. **F**requency **M**odulation). Czerwona linia odpowiada sygnałowi audio, zielona – fali nośnej, a granatowa – zmodyfikowanej fali nośnej.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Czerwona linia odpowiada sygnałowi audio, zielona – fali nośnej, a granatowa – zmodyfikowanej fali nośnej. W przypadku AM (Rys. 3a.) **amplituda fali nośnej zmienia się zgodnie z sygnałem audio**, częstotliwość pozostaje stała. W przypadku FM (Rys. 3b.),

zgodnie z sygnałem audio zmienia się częstotliwość sygnału nośnego, amplituda pozostaje stała.

W przypadku FM odchylenie częstotliwości od przypisanej częstotliwości nośnej w dowolnym momencie jest wprost proporcjonalne do amplitudy sygnału wejściowego, określając chwilową częstotliwość nadawanego sygnału.

Druga metoda modulacji (FM) ma taką przewagę nad pierwszą (AM), że zapis jest odporny na zakłócenia amplitudy przesyłanej fali, które mogą mieć miejsce w wyniku pochłaniania, odbić i interferencji rozchodzącej się fali w atmosferze. W dodatku zapis ten (FM) jest zdecydowanie wierniejszym zapisem sygnału audio. Ale za to zapis FM wymaga fali nośnej o wysokiej częstotliwości (co najmniej 30 MHz), czyli leży w dziedzinie fal ultrakrótkich (UKF). Tu problem jest z zasięgiem. Fale UKF słabo ulegają dyfrakcji na przeszkodach, np. krzywiznie Ziemi i wymagają w związku z tym dużej liczby stacji przekąźnikowych. Jedna z takich stacji przedstawiona jest na zdjęciu (Rys. 4.).



Rys. 4. 123-metrowy maszt Radiowego Ośrodka Nadawczego Malczewskiego w Krakowie. W latach 90. XX wieku wyłączono nadajnik średnioletkowy (AM) pracujący na częstotliwości 1368 kHz, dla którego to nadajnika maszt był anteną nadawczą (taką dużą, bo długość anteny jest rzędu długości emitowanej przez nią fali). Obecnie maszt ten służy jako konstrukcja nośna dla półfalewowych dipoli nadawczych nadajników radiowych w paśmie UKF oraz anten stacji bazowej telefonii komórkowej.

Źródło: Zygmunt Put Zetpe0202, dostępny w internecie:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radio_mast_ROM_Malczewskiego,_45_Malczewskiego_street,_Krakow,_Poland.jpg [dostęp 29.05.2022 r.].

Słowniczek

Fala radiowa

(ang.: *radio wave*) – fala elektromagnetyczna stosowana w radiofonii o częstotliwościach w zakresie: od $1,5 \cdot 10^5$ Hz do $3 \cdot 10^8$ Hz; tradycyjnie dzielimy fale radiowe na długie, średnie, krótkie i ultrakrótkie (UKF). Zakres częstotliwości jest różnie podawany przez różne źródła, np. od 3 kHz do 3 THz. Według dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady są to fale elektromagnetyczne o częstotliwości mniejszej niż 3000 GHz, rozchodzące się w przestrzeni bez pomocy sztucznego przewodnika.

Fala akustyczna

(ang.: *acoustic wave*) – rozchodzące się w przestrzeni w postaci fali podłużnej zaburzenie gęstości i ciśnienia ośrodka sprężystego.

Przetwornik elektroakustyczny

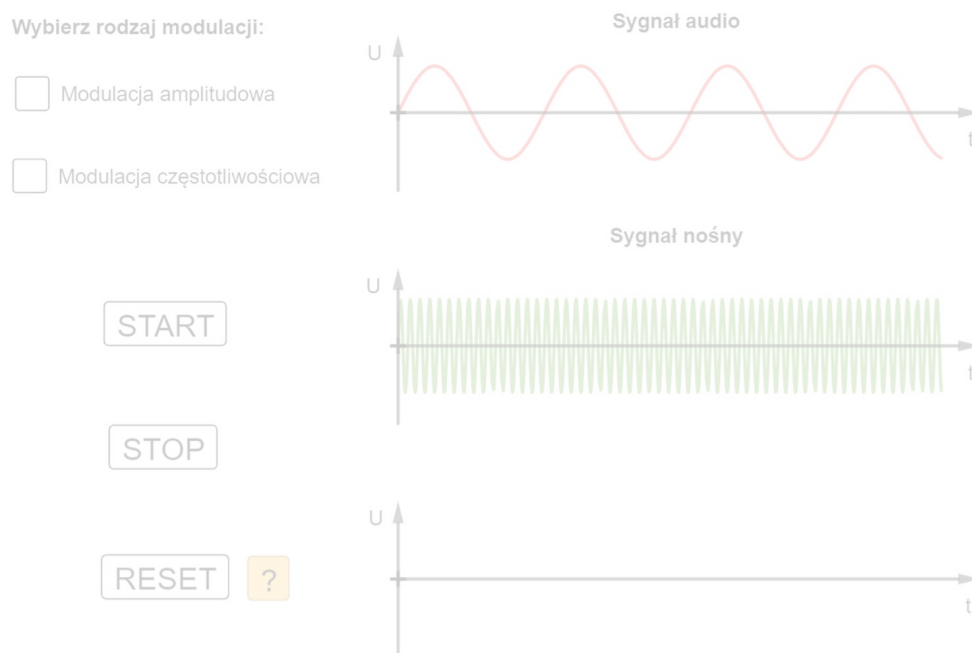
(ang.: *electro-acoustic transducer*) – urządzenie przetwarzające prąd elektryczny na fale akustyczne lub odwrotnie. Do przetworników elektroakustycznych zalicza się m.in. głośniki, mikrofony, słuchawki, sejsmografy.

Symulacja interaktywna

Metody przesyłania informacji - modulacja amplitudy i modulacja częstotliwości

Symulacja pozwoli Ci lepiej zrozumieć, na czym polegają dwa rodzaje modulacji: amplitudowa AM i częstotliwościowa FM. Zapoznaj się z symulacją i wykonaj polecenia.

Uwaga: Praca z symulacją jest wygodniejsza po przełączeniu na widok pełnoekranowy.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DSbm83TfL>

Polecenie 1

Uzupełnij tekst wstawiając odpowiednie elementy.

W przypadku AM fali nośnej zmienia się zgodnie z sygnałem audio, pozostaje stała.

W przypadku FM zgodnie z sygnałem audio zmienia się sygnału nośnego, pozostaje stała. Odchylenie częstotliwości zmodulowanego sygnału od przypisanej częstotliwości nośnej w dowolnym momencie jest proporcjonalne do amplitudy sygnału audio. Gdy ma wartość dodatnią - częstotliwość sygnału zmodulowanego jest , a gdy ma wartość ujemną - niż częstotliwość fali nośnej.

amplituda

amplituda

sygnał audio

sygnał nośny

wyższa

częstotliwość

częstotliwość

wprost

niższa

Polecenie 2

Co się stanie, jeśli podczas przesyłania fali radiowej z zakresu fal długich zostanie zniekształcona jej amplituda? (To może się zdarzyć poprzez pochłanianie, odbicia, interferencję.)

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij tekst wstawiając odpowiednie elementy.

Modulacja amplitudowa (AM) polega na zmianie amplitudy fali w rytm zmian sygnału . W przypadku modulacji częstotliwościowej (FM), zgodnie z sygnałem audio częstotliwość sygnału nośnego, amplituda .

pozostaje stała

zmienia się

akustycznej

audio

maleje

rośnie

elektromagnetycznej

Ćwiczenie 2



W refrenie piosenki reklamującej pewną stację radiową powtarzał się zwrot: „100 i jeden efem”, co raczej powinno być zapisane tak: 100,1 FM. Wyglądało to tak jakby FM oznaczało jednostkę pewnej wielkości fizycznej. Wiemy, że nie jest tak, FM oznacza modulację częstotliwościową. Jaka wobec tego jednostka powinna występować po 100,1?

Odp.:

Ćwiczenie 3



Dokończ zdanie.

Fala elektromagnetyczna radiowa, za pomocą której przesyłamy informacje na odległość nazywana jest falą .

Ćwiczenie 4



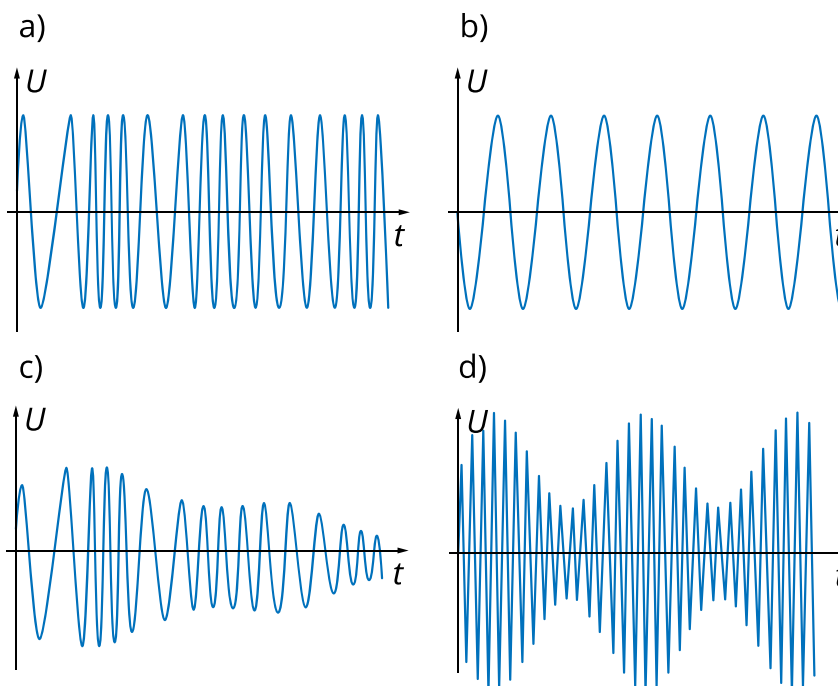
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Do przesyłania muzyki lepiej nadaje się modulacja ☐ częstotliwościowa (FM) /
☐ amplitudowa (AM) .

Ćwiczenie 5



Z poniżej podanych wykresów wybierz sygnał zmodulowany typu FM i AM.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

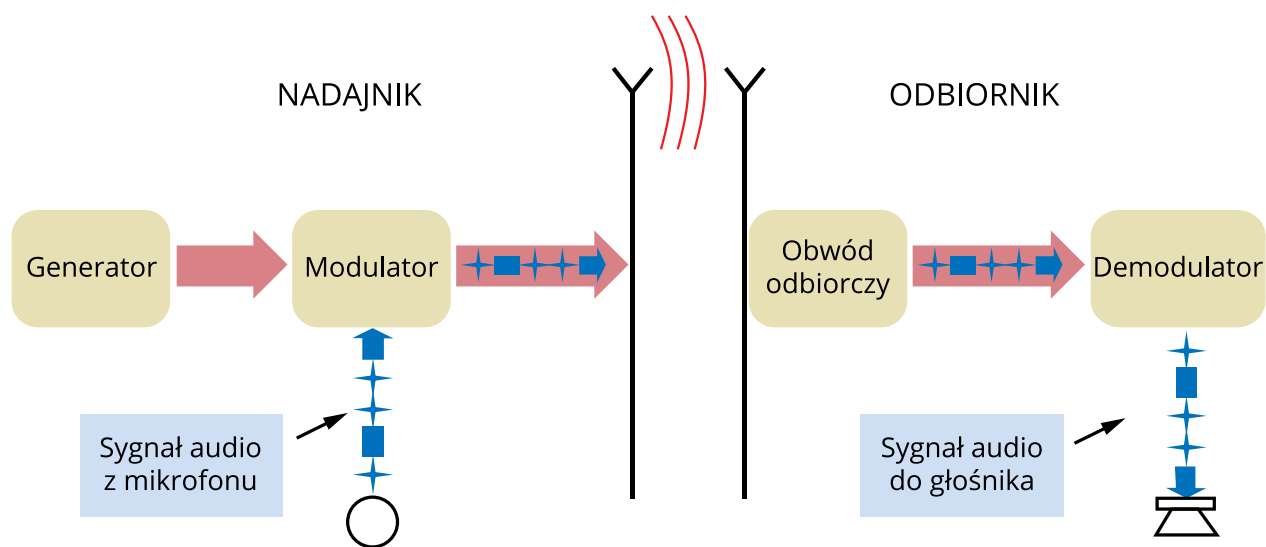
Odp.:

FM – Rys.

AM – Rys.

c a d b

Ćwiczenie 6



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Spójrz na schemat blokowy radia. Czym będzie różnił się ten ogólny schemat, gdybyśmy chcieli przekazywać **obraz** nie dźwięk, czyli sygnał video?

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, dlaczego pomiędzy częstotliwościami nośnymi stacji radiowych UKF muszą być zachowane odstępy (międzynarodowy standard to 75 kHz z obu stron).

Ćwiczenie 8



Poniżej znajduje się lista cech radiofonii opartej na modulacji amplitudowej (AM) i modulacji częstotliwościowej (FM). Przypisz symbole FM i AM odpowiednim cechom przekazu w tabeli.

Cecha przekazu	Rodzaj modulacji
Duży zasięg przekazu od nadajnika	
Odporność na zakłócenia	
Największa wierność przekazu dźwięku	
Zastosowanie w stacjach informacyjnych, nie muzycznych o dużym zasięgu	
Problem z odbiorem w górzysty terenie	
Bardzo duże rozmiary (długości) anteny nadawczej	
Konieczność stosowania stacji przekaźnikowych	

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Metody przesyłania informacji - modulacja amplitudy i modulacja częstotliwości
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony. Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. IX. Magnetyzm. Uczeń: 14) opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. opíše, na czym polega idea przekazu informacji za pomocą fali elektromagnetycznej; 2. przedstawi schemat blokowy radiofonii; 3. objaśni, na czym polega modulacja amplitudowa i modulacja częstotliwościowa; 4. wskaże zalety i wady poszczególnych rodzajów modulacji.
Strategie nauczania:	blended-learning
Metody nauczania:	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
Formy zajęć:	praca w zespole klasowym
Środki dydaktyczne:	niniejszy e-materiał + komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel przeprowadza z uczniami rozmowę na temat historii radiofonii. Mówi o tym, że prawdziwym wynalazcą radia jest Tesla (i Popow), wcale nie Marconi, który ukradł pomysł Tesli (sąd w USA 1946 roku przyznał rację Tesli).	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel omawia schemat blokowy radia i mówi o konieczności zakodowania sygnału audio w sygnale nośnym, a po przesłaniu sygnał musi być „odzyskany” z zapisu. Nauczyciel mówi o dwóch rodzajach zapisu – AM i FM. Następnie mówi o zaletach i wadach każdego typu modulacji. Uczniowie wspólnie z nauczycielem zapoznają się z symulacją, wyjaśniającą modulację amplitudową i częstotliwościową. Następnie wykonują powiązane z animacją polecenia.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie, wykorzystując zdobytą wiedzę, rozwiązują zadania: 2, 4, 6, 8 z zestawu ćwiczeń. Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.	
Praca domowa:	
Uczniowie powtarzają i utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie w domu zadań, których nie rozwiązyali na lekcji : 1, 3, 5, 7 z zestawu ćwiczeń.	

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Można zastosować nauczanie wyprzedzające (zwłaszcza w „silniejszej” grupie) i zadać przestudiowanie symulacji przed lekcją w domu.
---	--