

Konrad Zacharski

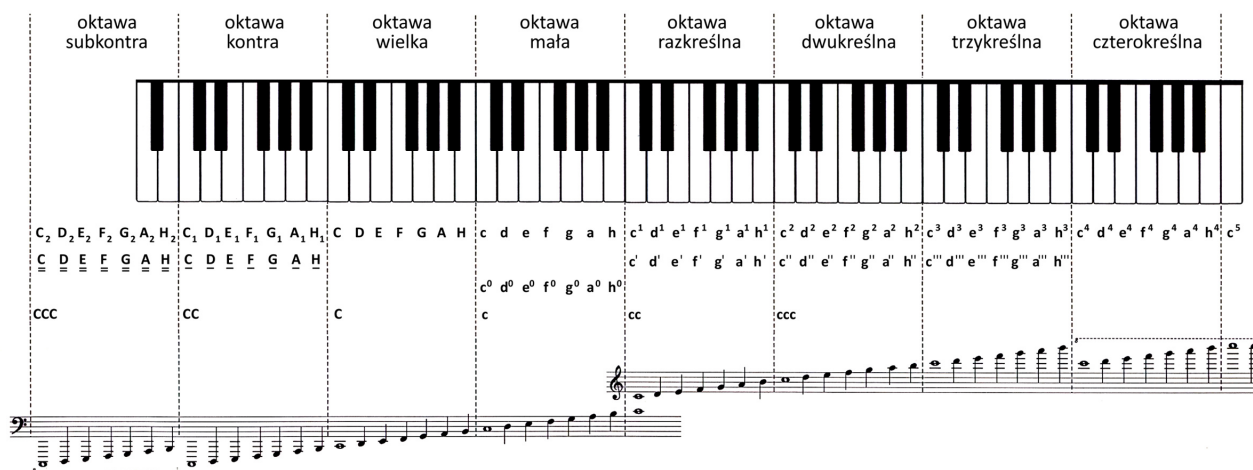
Octavus znaczy ósmy

Termin ‘oktawa’ (z łac. octo=osiem, octavus=ósmy) ma wiele znaczeń. My jednak zajmiemy się tutaj tylko tym, które interesujące jest z punktu widzenia muzyczno-akustycznego. Interwał oktawy większość z nas rozumie i „czuje”. Potrafimy sobie zagrać bądź zaśpiewać dwa dźwięki odległe o oktawę. Interwał oktawy przywoływany jest w bardzo wielu przypadkach. I tak, mówimy często na przykład o rozpiętości klawiatury czy o skali jaką dysponuje instrument albo też wokalista (-stka), czasem mówi się również o transponowaniu o jakiś interwał, itd. I bardzo często operujemy tutaj pojęciem ‘oktawa’, np. manual 5-oktawowy, klawiatura pedałowa 2 i pół oktawy, głos śpiewaczki o rozpiętości 4 oktaw, głos organowy transponujący o oktawę w dół, itp. Oktawa z wielu względów jest interwałem dość szczególnym, a w kwestiach związanych z organami piszczałkowymi jest to, powiedziałbym, „szczególność do kwadratu”. A to choćby z tego względu, że oktawa właśnie, a także transponowanie o ten interwał (o oktawę bądź kilka oktaw) w górę lub w dół, ściśle powiązane są z wieloma kwestiami typowo organowymi, takimi na przykład jak: powstawanie fal o określonej długości w piszczałkach różnych typów, nazewnictwo głosów (a dokładniej: oznaczanie wysokości brzmienia głosów czyli tzw. stopaź), czy też działanie połączeń typu Sub i Super (połączeń suboktawowych i superoktawowych czyli rozwiązań spotykanych tylko w instrumentach organowych).

Cały materiał dźwiękowy wykorzystywany w muzyce podzielony jest na oktawy. Materiał dźwiękowy to nic innego jak dźwięki, którymi posługuje się muzyka. Podział na oktawy ma oczywiście sens po uprzednim uporządkowaniu tych dźwięków i uszeregowaniu ich od najniższego do najwyższego (lub, jak mawiają dzieci, od najgrubszego do najcieńszego 😊 :-)). Podział

na oktawy dla nas, w zdecydowanej większości wychowanych na systemie dur-moll, jest dość oczywisty i intuicyjny. Od dziecka przecież śpiewamy jedynie słuszną gamę do-re-mi-fa-sol-la-si-do. Oktawa w tym przypadku to - jakkolwiek to zabrzmie - od 'do' do 'do' 😊;-) (czyli od 'c' do 'c'). To odległość między kolejnymi ośmioma stopniami (między pierwszym a ósmym stopniem) skali diatonicznej (naturalny szereg diatoniczny tworzą te tzw. „białe klawisze”). W stroju równomiernie temperowanym oktawa zawiera 12 równych półtonów (półton to odległość między dwoma sąsiadującymi ze sobą klawiszami np. w fortepianie czy organach). Oczywiście możemy się spotkać i z mniejszymi interwałami, np. ćwierćtonami. Dla określania wielkości interwałów mniejszych niż półton, albo do dokładnego określania rozpiętości interwałów w systemach nierównomiernie temperowanych stosuje się niekiedy jednostkę 'cent'. Jeden półton to 100 centów.

Podział materiału muzycznego na oktawy, z których każda ma swoją nazwę, opiera się na granicach wyznaczanych przez dźwięki 'c'. Każdy kolejny dźwięk 'c' będący powtórzeniem dźwięku 'c' o oktawę niższego daje początek nowej oktawie.



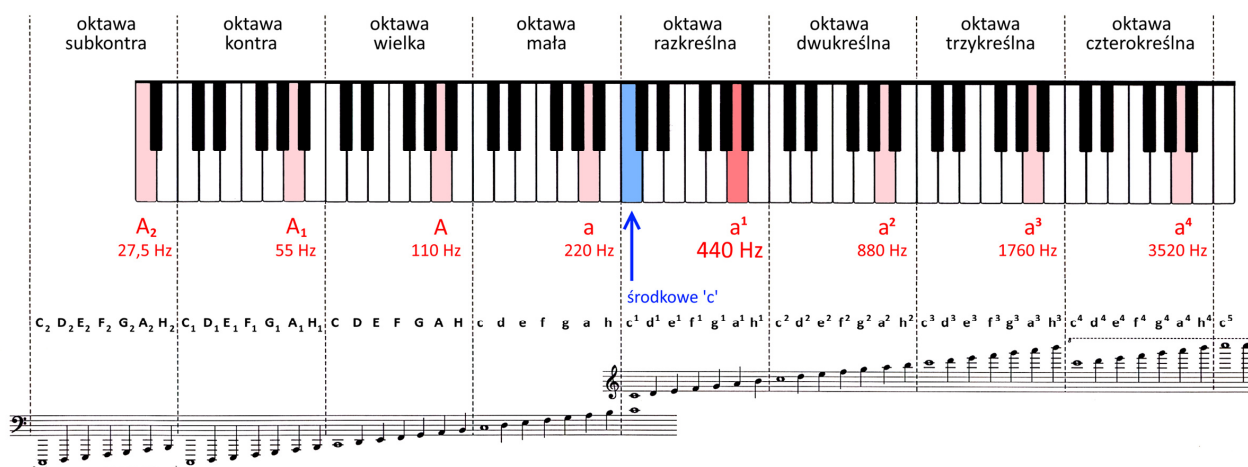
■ **il.1.** Podział materiału dźwiękowego na oktawy z odniesieniem do układu klawiatury fortepianu (z nazwami oktaw i oznaczeniami dźwięków).

Na powyższym rysunku przedstawiono typowy układ klawiatury fortepianu z zaznaczeniem poszczególnych oktaw. Każda z oktaw ma swoją nazwę, a dźwięki przynależne do każdej z nich są odpowiednio oznaczane (małe i duże litery, indeksy, podkreślenia, powtórzenia). Przykłady takich właśnie oznaczeń zamieszczono na powyższej ilustracji pomiędzy pięcioliniami a klawiaturą. Uściślenie wysokości dźwięku (określenie przynależności do konkretnej oktawy) z muzycznego punktu widzenia jest niezbędne, nie wystarczy bowiem samo literowe oznaczenie dźwięku, bo nie określa ono jednoznacznie wysokości dźwięku (co do oktawy). Oznaczenia dźwięków w poszczególnych oktawach, tj. indeksy, podkreślenia, itp. mogą się nieco różnić w zależności od systemu notacji przyjętego np. w danym kraju. Spotyka się również rozmaite kompilacje systemów oznaczeń czyli np. podkreślenia w oznaczeniach dźwięków poniżej oktawy małej, a indeksy górne od oktawy razkreslonej w górę, itp.

Zakres klawiatury fortepianu zbliża się na swoich krańcach do granic słyszalności dźwięków, choć oczywiście ich nie osiąga. Zarówno poza „dolną” jak i „górną” granicą klawiatury fortepianu znajdują się dźwięki („od góry” jest ich zdecydowanie więcej), które nadal są w granicach słyszalności, a które możemy wydobyć np. z organów. Przypomnijmy, że człowiek słyszy dźwięki o częstotliwościach ok. 16Hz - 20kHz (granice te są płynne i zależą od indywidualnej czułości słuchu i wieku człowieka).

Na kolejnej ilustracji zaznaczono wszystkie dźwięki ‘a’ na klawiaturze i podano odpowiadające im częstotliwości. Dlaczego akurat dźwięki ‘a’? Dlatego, że to właśnie częstotliwość dźwięku ‘a’, a dokładniej ‘a1’ (czyli ‘a’ z oktawy razkreślonej) jest powszechnie używanym wyznacznikiem wysokości stroju. Chyba najczęściej używaną wysokością stroju jest ta definiowana jako $a_1=440\text{Hz}$ (lub po prostu $a=440\text{Hz}$). Definicja ta pojawia się nawet w odpowiedniej normie ISO przyjętej w 2. połowie XX wieku. Co oznacza ten zapis ($a_1=440\text{Hz}$)? Oznacza, że w tym przypadku dźwięk a_1 ma częstotliwość dokładnie 440Hz, a częstotliwości wszystkich pozostałych dźwięków (tworzących tzw. materiał dźwiękowy) ściśle wynikają z tej wzorcowej częstotliwości. W każdym przypadku (w każdym stroju) częstotliwości wszystkich dźwięków ściśle powiązane są między sobą, zatem gdy jasno i precyzyjnie określimy częstotliwość jednego z nich, to tym samym pośrednio definiujemy również i wszystkie pozostałe (częstotliwości pozostałych dźwięków). I właśnie jako ten wzorec podawana jest zwykle częstotliwość dźwięku ‘a’. Zatem w przypadku $a_1=440\text{Hz}$ mamy zdefiniowany dźwięk a_1 , który jest bazą do wyznaczenia częstotliwości pozostałych dźwięków skali. Jak już wspomniano, strój $a_1=440\text{Hz}$ jest stosowany powszechnie, ale, jak się okazuje, preferencje bywają różne i nie zawsze powyższy standard jest w pełni respektowany. Niektóre orkiestry korzystają na przykład ze strojów $a_1=442\text{Hz}$ albo 445Hz. Zespoły specjalizujące się w wykonawstwie muzyki z dawnych epok również grają często w innych strojach, np. $a_1=438\text{Hz}$ lub 430 Hz czy nawet 415Hz (to strój o około pół tonu niższy od standardu $a_1=440\text{Hz}$). Dlaczego jednak to akurat dźwięk ‘a’ został w pewnym momencie wybrany na swego rodzaju “strażnika” stroju? A nie na przykład ‘c’, skoro to przecież dźwięki ‘c’ wyznaczają granice oktaw? Nie jest to łatwe pytanie i sam nie odnalazłem jednoznacznej na nie odpowiedzi. Wydaje się, że zaważyło tutaj wiele względów, z których ja przytoczę dwa - te najbardziej do mnie przemawiające. Po pierwsze więc (choć niekoniecznie najważniejsze), dźwięk ‘a1’ jest mniej więcej w środku skali dostępnej dla sporej grupy instrumentów muzycznych (jest więc dla nich dość łatwo “osiągalny”). I po drugie: dźwięk ‘a’ odpowiada jednej ze strun w instrumentach smyczkowych; dźwięk ten można więc uzyskać na tzw. “pustej” strunie czyli nieskracanej palcem w żadnym miejscu, a to jest bardzo wygodne przy strojeniu instrumentów tego typu. Swego rodzaju ciekawostką (kończącą już tę dygresję) dotyczącą “panowania” stroju $a=440\text{Hz}$ niech będzie informacja, jaką odnaleźć możemy w “Podstawach fizyki” Hallidaya, Resnicka i Walkera; piszą Oni: *“W tak muzycznym mieście jak Wiedeń wzorcowy ton A (440 Hz) dostępny jest dla wielu mieszkańców w tym mieście muzyków - zarówno profesjonalistów, jak i amatorów - jako usługa telefoniczna.”*

Wracając do częstotliwości dźwięków 'a', które znajdziemy w kolejnych oktavach, przyjrzyjmy się ilustracji poniżej.



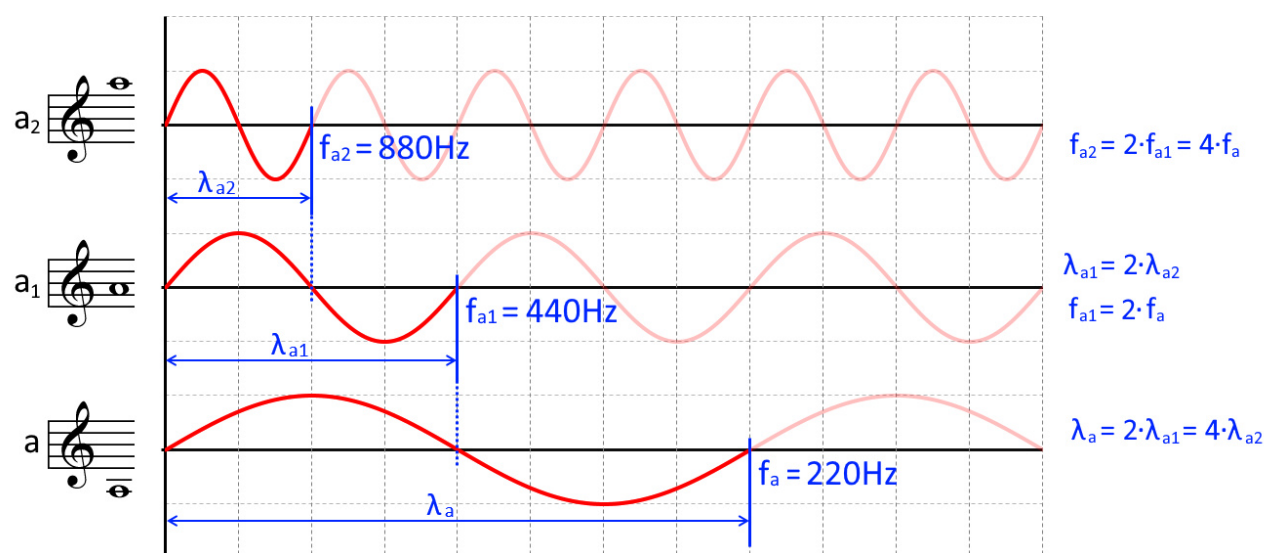
■ **il.2.** Materiał dźwiękowy z zaznaczeniem częstotliwości dźwięków 'a' w poszczególnych oktavach.

Jak widać dźwięk 'a' z oktawy subkontra (oznaczany np. jako A₂ lub AAA) jest już całkiem blisko granicy 16Hz (dolnej granicy słyszalności dźwięków). Od góry granica słyszalności pojawia się dopiero ok. dwie oktawy powyżej końca zakresu klawiatury fortepianu.

Uważny obserwator zauważył z pewnością ciekawą i dość prostą zależność między częstotliwościami dźwięku 'a' w kolejnych oktavach. Zależność ta prowadzi nas do sposobu rozumienia 'oktawy' z punktu widzenia fizyki i akustyki. Okazuje się, że również z tej perspektywy to interwał bardzo charakterystyczny. Jeśli bowiem weźmiemy dwa dźwięki, z których jeden jest wyższy od drugiego o oktawę, to ten wyższy będzie miał dwukrotnie większą częstotliwość od niższego. Czyli skok wysokości o oktawę w górę to podwojenie częstotliwości. Każde kolejne 'a' na klawiaturze (w górę skali), to dwa razy większa częstotliwość (wyraźnie to widać na powyższej ilustracji). To bardzo charakterystyczna zależność, która niekiedy nawet może służyć do zdefiniowania pojęcia 'oktawy'. Bo 'oktawa' to podstawowy interwał muzyczny odpowiadający stosunkowi częstotliwości drgań 2:1.

Z długością fali jest podobnie, choć na odwrót. Wiemy, że częstotliwość i długość fali związane są relacją: $\lambda = v/f$. Przy założeniu że prędkość fali (v) jest stała, otrzymujemy zależność odwrotnie proporcjonalną, a to oznacza, że im większa częstotliwość tym mniejsza długość fali (krótsza fala) i na odwrót, im mniejsza częstotliwość tym większa długość fali (dłuższa fala). Większa częstotliwość to szybsze drganie, a to wywołuje krótszą falę. Z kolei mniejsza częstotliwość to wolniejsze drganie, a temu towarzyszy powstanie dłuższej fali. Przy skoku wysokości dźwięku o oktawę w górę mamy więc podwojenie częstotliwości, co przy założeniu stałej prędkości dźwięku w powietrzu przekłada się na dwukrotne zmniejszenie długości fali. Czyli każde kolejne 'a' na klawiaturze (przy przesuwaniu się w górę skali) to dwukrotnie większa częstotliwość, a tym

samym dwukrotnie mniejsza długość fali (częstotliwość mnożymy przez dwa, a długość fali dzielimy przez dwa). Skok o oktawę w dół natomiast to sytuacja odwrotna czyli podwojenie długości fali oraz dwukrotne zmniejszenie częstotliwości. Poniżej przedstawiono konkretny przykład zastosowania tych reguł. Przykład dotyczy dźwięków 'a' w trzech kolejnych oktavach: małej, razkreślnej i dwukreślnej. Łatwo teraz zauważyć podwojenie częstotliwości przy zmianie wysokości o oktawę w górę oraz podwojenie długości fali przy zmianie wysokości o oktawę w dół.



■ **il.3.** Przebiegi fal odpowiadających trzem kolejnym dźwiękom 'a' (ze wskazaniem zależności między częstotliwościami i długościami fal).

Częstotliwość dźwięku a₁ ('a' razkreślonego) to $f_{a_1} = 440$ Hz, jest to dwa razy więcej niż częstotliwości dźwięku a ('a' małego) czyli dźwięku o oktawę niższego $f_a = 220$ Hz. To skok o oktawę w górę. Drugi, analogiczny skok: częstotliwość a₂ ('a' dwukreślonego) oznaczonego f_{a_2} równa jest 880 Hz - to dwa razy więcej niż częstotliwość $f_{a_1} = 440$ Hz. I tak dalej...

Jeśli przyjrzymy się teraz tym samym skokom oktawowym, ale popatrzymy na nie przez pryzmat zmiany długości fal, to zauważymy dość podobne zależności, tyle że działające jakby w drugą stronę. Długość fali dla a₁ (λ_{a1}) to połowa długości fali dźwięku a (λ_a) czyli dźwięku o oktawę niższego (λ_{a1} = λ_a/2). To skok o jedną oktawę w górę. Kolejny skok o oktawę w górę: długość fali λ_{a2} to połowa długości fali λ_{a1}. I tak dalej...

Zatem poruszając się w górę skali (w prawą stronę na klawiaturze), częstotliwości kolejnych dźwięków oddalonych o oktawę mnożymy przez dwa, zaś odpowiadające im długości fal dzielimy przez dwa. Gdy natomiast poruszamy się skokami oktawowymi w dół skali (w lewą stronę na klawiaturze) częstotliwości dźwięków dzielimy przez dwa, a długości fal mnożymy przez dwa.

Zależności te trzeba dobrze zrozumieć i zapamiętać, bo bez nich ciężko będzie pojąć zasady generowania fal o określonych długościach w piszczałkach różnych typów akustycznych, że nie wspomnę już o kwestiach bardziej skomplikowanych. Ale o tym już niebawem...

Źródła ilustracji:

nagłówek: K. Zacharski, wykorzystano grafikę: https://www.pngfind.com/pngs/m/308-3082030_children-drawing-png-running-girl-cartoon-drawing-transparent.png [dostęp: 07.11.2019]

il.1-2. K. Zacharski, na podstawie ilustracji z: *Zarys nauki o muzyce, Zasady muzyki*

il.3. K. Zacharski

Bibliografia:

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy Fizyki 2*, Warszawa 2006
- T. Halmrast, *Tune in to ISO 16! The long and oscillating history of standard tuning frequency*, "ISO Focus+" 2012, Nov-Dec, <http://tor.halmrast.no/HistoryTuningPitch%20ISO16.pdf> [dostęp: 03.11.2019]
- Z. Lissa, *Zarys nauki o muzyce*, Kraków 1987
- F. Wesołowski, *Zasady muzyki*, Kraków 1986

27 LISTOPADA 2019

Copyright © 2019 Konrad Zacharski. Wszelkie prawa zastrzeżone.