

# Psychologia Muzyki

Agata Zywert

27 marca 2019

## 1. Teoria muzyki

### Wysokość dźwięku

- Właściwość dźwięku odbierana przez nasze umysły, *mająca związek* z częstotliwością fali akustycznej
- Nasz narząd słuchu odbiera bodźce o różnych częstotliwościach
- Jeśli częstotliwości są ułożone w pewnym stopniu **harmonicznie** (są wielokrotnościami jakiejś częstotliwości podstawowej), nasze umysły odbierają taki dźwięk jako posiadający wysokość
- W zachodnioeuropejskiej tradycji muzycznej najczęściej wysokość dźwięku oznacza się za pomocą nut oznaczających wysokości dźwięku w systemie równomiernie temperowanym, gdzie dźwięk **A razkreslne ma fundamentalną składową 440Hz** (norma ISO 16:1975)
- Dźwięk o dwukrotnie wyższej fundamentalnej częstotliwości będzie oddalony o **oktawę** w górę
- W obrębie oktawy mieści się dwanaście tonów chromatycznych - tak też podzielona jest klawiatura fortepianu

### Rytm

- Rozmieszczenie dźwięków w czasie
- Np. w *Sto lat!* mamy pięć dźwięków dłuższych (*sto lat sto lat niech...*), cztery dwa razy krótsze (*ży-je ży-je*) i na koniec jeden dłuższy (...naaaam!)
- Najczęściej to rozmieszczenie jest w jakiś sposób regularne

### Tempo

- Jak szybki jest dany utwór
- Jeśli tupiesz nogą, jak szybko to robisz
- Tempo mierzy się w muzyce za pomocą BPM (*beats per minute*) albo określeń klasycznych (*largo, moderato, allegro, presto...*)
- Bardzo proste pojęcie, jednak sprawiające ogromne kłopoty badaczom

### Kontur

- Czy dźwięki następujące po sobie *unoszą się* (w sensie wysokości) czy *opadają*
- Mówiąc o konturze nie analizujemy tego **jak bardzo** (o jaki interwał) unoszą się bądź opadają

### Barwa

- *Charakter dźwięku*, to co sprawia, że rozróżniamy różne instrumenty (albo różnych ludzi po głosie)
- Nie do końca wiadomo czym jest barwa
- Definicja ASA: "*that attribute of auditory sensation which enables a listener to judge that two nonidentical sounds, similarly presented and having the same loudness and pitch, are dissimilar. Timbre depends primarily upon the frequency spectrum, although it also depends upon the sound pressure and the temporal characteristics of the sound*"

### Głośność

- Odczucie związane z amplitudą fali akustycznej, ale nie dokładnie i nie wprost (będziemy o tym mówić)
- Ludzki słuch ma olbrzymi **zakres dynamiki**: nagleśniejszy bodziec jaki możemy usłyszeć jest **trylion razy ( $10^{12}$ ) głośniejszy** niż najcichszy
- Skala logarytmiczna, decybele - 0dB to próg słyszenia, każde +20dB to wzrost o jeden rząd wielkości

### Pogłos, otoczenie akustyczne

- Fala akustyczna dociera do nas nie tylko wprost od źródła, ale też najczęściej odbija się od obiektów w otoczeniu
- Od każdego obiektu odbija się w inny sposób
- Nasze mózgi potrafią rozpoznawać te informacje i na tej podstawie wnosić o otoczeniu akustycznym
- Levitin mówi, że pogłos ma duże znaczenie dla tego, czy dźwięk instrumentu wydaje nam się przyjemny

### Właściwości wyższego rzędu

#### Melodia

- Ułożenie dźwięków w czasie
- O melodii nie decyduje bezwzględna częstotliwość dźwięku a raczej różnice względne pomiędzy poszczególnymi dźwiękami - interwały

#### Metrum

- Odzwierciedla regularności w rytmie
- Decydują proporcje pomiędzy *mocniejszymi* (głośniejszymi) a *słabszymi* (cichszymi) dźwiękami, ale nie tylko
- Np. walc ma metrum 3/4, marsz 2/4, muzyka rockowa, hip-hop, rnb 4/4, blues shuffle 12/8, jazz swing 4/4 synkopowany

#### Tonacja, centrum tonalne

- Zwłaszcza w tradycji zachodnioeuropejskiej - jeden dźwięk do którego *zmierza* kompozycja
- Również podział na tonacje durowe (wesołe?) i molowe (smutne?)
- Duża rola czynników kulturowych w kojarzeniu emocji z tonacją (będziemy o tym mówić)

#### Harmonia

- Obecność **akordów** i ich progresja
- Akord to co najmniej dwa dźwięki zagrane razem

## 2. Neurofizjologia słyszenia

### Charakterystyczne cechy systemu słuchowego

- Selektywność częstotliwości (*frequency selectivity*)
- Kompresja amplitudy (*amplitude compression*)
- *Phase locking*

### Selektywność częstotliwości

- Ślimak to zestaw filtrów środkowoprzepustowych (*band-pass filters*), czułych na wybrane częstotliwości
- Zakresy tych filtrów łącznie dają spektrum słyszanych częstotliwości (20Hz-20 000Hz)
- Zjawisko to nazywa się *tonotopią*
- Im wyższa częstotliwość, tym szerszy zakres filtrów
- Dlatego gorzej różnicujemy wyższe częstotliwości

### Kompresja amplitudy

- Aktywacja w odpowiedzi na cichsze dźwięki jest wyższa niż można by sądzić po aktywacji w odpowiedzi na głośniejsze dźwięki
- Ludzki słuch odbiera olbrzymi zakres dynamiki (co najmniej 100dB czyli 5 rzędów wielkości), jednak odpowiedzi ze ślimaka różnicują głośność tylko na 2 rzędach wielkości
- Kompresja pomaga w słyszeniu cichych bodźców, jednocześnie umożliwiając słyszenie zmian w głośności bodźców głośniejszych

- Kompresja spowodowana jest charakterystyką drgań błon narządu Cortiego i ruchem zewnętrznych komórek rzęsatych
- Często w uszkodzeniu słuchu następuje spadek poziomu kompresji

### Phase locking

- Peak aktywacji neuronów w nerwie słuchowym pokrywa się z peakiem fali akustycznej
- Jeden z dodatkowych mechanizmów rozpoznawania częstotliwości
- *Phase locking* jest obecny tylko dla częstotliwości < 4kHz
- Akurat powyżej 4kHz zupełnie tracimy zdolność oceny wysokości dźwięku

### Modulacja amplitudy i obwiednie

#### Co to jest obwiednia (envelope)?

- Obwiednie mają zwykle formę określaną akronimem ADSR:
- *Attack* – czas narastania amplitudy od zera do poziomu maksymalnego,
- *Decay* – czas opadania amplitudy od poziomu maksymalnego do poziomu podtrzymania (sustain),
- *Sustain* – amplituda, poziom podtrzymania (wybrzmiewania),
- *Release* – czas opadania amplitudy od poziomu podtrzymania do zera (wybrzmiewanie końcowe, zanikanie).

### Kora słuchowa

#### Wzrastający poziom skomplikowania układu

- 3500 komórek rzęskowych na ucho
- 30000 włókien w nerwie słuchowym
- 60 mln neuronów w pierwszorzędowej korze słuchowej (?)

#### Pierwszorzędowa kora słuchowa

- Zakręt Heschla
- Pola Broadmanna 41 i 42
- Jednostronne uszkodzenie - problemy ze słuchem
- Obustronne uszkodzenie - głuchota korowa

#### Właściwości pierwszorzędowej kory

- Modulacja spektralna - wykrywanie zmian głośności tylko w obrębie określonych częstotliwości
- Tonotopia

### 3. Lokalizacja źródeł dźwięku. Metafora wysokości dźwięku

#### Determinizm językowy, hipoteza Sapira-Whorfa

- Nasze myśli i zachowania są kształtowane, przynajmniej do pewnego stopnia, przez język jakiego używamy.
- *Determinizm językowy* - język **determinuje** nasz sposób myślenia (bardzo kontrowersyjna, silniejsza wersja hipotezy Sapira-Whorfa)

#### Metafora wysokości dźwięku

- Metafora jest starsza niż odkrycie, że wysokość dźwięku jest powiązana z częstotliwością
- Metafora jest starsza niż zapis nutowy
- Ptaki wydają wysokie dźwięki i siedzą *u góry*, słonie *na dole*...
- Podnosimy głowę śpiewając wysokie dźwięki

- Wiele kontrprzykładów (kobiety/mężczyźni, dorośli/dzieci)

### W innych językach mamy inne metafory na wysokość dźwięku

- W większości języków mamy dźwięki wysokie/niskie
- W kilku językach *wysoki* oznacza dźwięki o niskiej częstotliwości
- W tych kulturach dominującym instrumentem jest instrument, w którym niskie dźwięki są *na górze* instrumentu
- W indonezyjskim i kilku innych mamy metaforę wielkości - dźwięki duże i małe

### Pratt (1930)

- Wiele głośników, rozmieszczonych w różnych miejscach za kotarą
- Badani mieli wskazać, skąd pochodzi źródło dźwięku
- Gdy z głośnika w środku odtwarzane były **wysokie** dźwięki, ludzie oceniali je jako dobiegające z **góry**
- Gdy z głośnika w środku odtwarzane były **niskie** dźwięki, ludzie oceniali je jako dobiegające z **dołu**

### Potwierdzenie determinizmu językowego?

- Nie do końca
- Efekt ten replikuje się u dzieci, które nie miały wykształconej metafory wysokości dźwięku

### Problem z życia wpływa na rozwój nauki

- Nagrania lądujących i startujących samolotów
- *Na żywo* słyszeć różnicę pomiędzy startem i lądowaniem
- Na nagraniu nie słyszeć różnicy
- Jak to?

### Rozwiązanie zagadki - mikrofony nie mają uszu

- Kształt ludzkiej małżowiny usznej zmienia barwę dźwięku
- Dźwięki dobiegające z **góry** mają bardziej uwypuklone **górne** częstotliwości
- Dźwięki dobiegające z **dołu** mają bardziej uwypuklone **dolne** częstotliwości

### Lokalizacja źródła dźwięku - azymut

- *Intra-aural time differences* - wynika z prędkości dźwięku
- *Intra-aural amplitude differences* - wynika z kształtu naszego ciała
- Te dane wskazują dokładnie to samo dla wielu możliwych lokalizacji dźwięku (*cone of confusion*)
- Tu przydają się małżowiny uszne

### Małżowiny a lokalizacja - Hofman & Van Opstal (1998)

- Zmieniono kształt małżowin ochotnikom przy użyciu implantów
- Uczestnicy dalej dobrze lokalizowali azymut
- Uczestnicy nie byli w stanie lokalizować wysokości dźwięku
- Fundamentalna rola małżowin w percepcji lokalizacji wysokości dźwięku
- Uczestnicy byli proszeni o noszenie implantów przez ok. 5 tygodni
- Po czasie uczestnicy *nauczyli się* rozpoznawania wysokości dźwięków używając “nowych uszu”

### Co z azymutem? Hofman, Vlaming, Termeer & Van Opstal (2002)

- Zastosowano “przeciwnie przepięte” aparaty słuchowe
- Dźwięk dochodzący do lewego ucha był wzmacniany w prawym uchu
- Dźwięk dochodzący do prawego ucha był wzmacniany w lewym uchu
- Procedura odwraca percepcję azymutu
- Uczestnicy **nie adaptowali się do tej zmiany**

- Percepcja wysokości **wyuczona**
- Percepcja azymutu **wrodzona**

### Jak to się ma do determinizmu?

- Wydaje się, że w przypadku metafory wysokości dźwięku percepcja zdeterminowała język, a nie na odwrót

### Jak przebiega uczenie się lokalizacji wysokości dźwięku? Walker (2010)

- Niewidomi i widzący badani słyszeli dźwięk o opadającej bądź wzrastającej częstotliwości
- *Wyobraź sobie, że masz trochę pieniędzy. Ten dźwięk oddaje to co stało się z twoimi oszczędnościami. Posłuchaj go i powiedz, czy masz teraz więcej czy mniej pieniędzy?*

### Jak przebiega uczenie się lokalizacji wysokości dźwięku? Walker (2010)

- Osoby widzące słysząc dźwięk o wzrastającej  $f$  mówiły, że mają **więcej pieniędzy**
- Osoby niewidome w większości mówiły, że mają **mniej pieniędzy**
- Część osób niewidomych mówiła, że ma więcej pieniędzy. Były to osoby, które utraciły wzrok w trakcie życia.
- Osoby niewidome od urodzenia mówiły, że mają **mniej**

### Dlaczego?

- Niewidomi od urodzenia użyli drugiej metafory wysokości dźwięku
- Duże przestrzenie produkują rezonans w niższych częstotliwościach - dźwięki **duże**
- Małe przestrzenie produkują rezonans w **wyższych** częstotliwościach - dźwięki **małe**

### To jak przebiega uczenie się lokalizacji wysokości dźwięku?

- Uczenie się przebiega wskutek wskazówek wzrokowych
- Oczy "kalibrują" uszy
- Niewidomi od urodzenia nie mogą tego zrobić - używają drugiej metafory