



MAREK PILCH, MAREK TOPOROWSKI

Dawne temperacje

Podstawy akustyczne i praktyczne wykorzystanie

red. Marek Toporowski



Akademia Muzyczna

im. Karola Szymanowskiego
w Katowicach

MAREK PILCH, MAREK TOPOROWSKI

Dawne temperacje

Podstawy akustyczne i praktyczne wykorzystanie

red. Marek Toporowski



Akademia Muzyczna

im. Karola Szymanowskiego
w Katowicach

Korekta: Piotr Maculewicz, Barbara Świdarska

Recenzja wydawnicza: Ewa Piasecka

Streszczenie angielskie: Mark Caudle

Projekt, skład, współwydawca:

Frodo, Bytom

Wydawca:

Akademia Muzyczna

im. Karola Szymanowskiego w Katowicach



NARODOWE CENTRUM NAUKI

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji nr DEC-2011/01/B/HS2/02351.

ISBN: 978-83-933403-8-5

ISBN: 978-83-85679-84-4

Katowice 2014

pamięci Moniki Raczyńskiej
(1963-2012)

Niniejsza praca wynika z naszych doświadczeń jako klawesynistów, nauczycieli akademickich oraz muzyków-kameralistów. Konieczność strojenia własnego instrumentu, wymuszająca zdobycie potrzebnych umiejętności jest jedną z cech najmocniej odróżniających klawesynistę od pianisty. Odkrycie świata dawnych temperacji oraz poznanie podstawowych reguł rządzących problematyką intonacji i strojenia może (choć nie musi) pociągnąć za sobą jeszcze jedną konsekwencję – zmianę sposobu słuchania i słyszenia muzyki w ogóle.

Wiedza dotycząca strojów muzycznych jest współcześnie opracowana w stopniu wystarczającym by stać się przedmiotem akademickim. Dostępne publikacje naukowe, popularnonaukowe, strony internetowe, narzędzia elektroniczne czy odpowiedni software do komputerów i urządzeń mobilnych umożliwiają szybkie dotarcie do wielu informacji związanych z temperacjami. Zagadnienia te nazywane są w różny sposób w zależności od przeznaczenia danego materiału. Będzie więc mowa o budowie skal, systemach strojenia, temperacjach historycznych, strojach równomiernych i nierównomiernych, mikrotonalności, zjawiskach akustycznych, o interpretacji muzyki, praktyce strojenia itp. Już z tych wybiórczo sformułowanych haseł wyłania się istota problemu. Mamy do czynienia z zagadnieniem interdyscyplinarnym łączącym takie dziedziny jak: akustyka (z jej matematyczno-fizycznym zapleczem), teoria i historia muzyki, praktyka wykonawcza oraz rzemiosło stroicielskie. Wspomniany problem polega na tym, że opisywanie systemów strojenia (lub skal, temperacji) odmienne będzie w zależności od tego czy rozpatruje je fizyk (akustyk), matematyk, historyk muzyki, teoretyk muzyki, wykonawca, czy stroiciel. Praktyka pokazuje, że nawet bardzo dobry stroiciel fortepianów najczęściej nie dysponuje wiedzą dotyczącą historii strojenia, podczas gdy dysponujący taką wiedzą teoretyk muzyki nie używa jej do celów praktycznych. Również nauczyciele kształcenia słuchu nie widzą najczęściej związku między problematyką świadomej intonacji interwałów a wykładaną przez nich dziedziną. Problemem jest zatem wielość zagadnień i różnorodność sposobów podejścia do tematu, który ze swej natury stwarza silną pokusę oddalania się od praktyki na rzecz ujęcia teoretycznego. Wraz z rozwojem „historycznie poinformowanego” wykonawstwa muzyki dawnej oraz zagadnień związanych z konserwacją i rekonstrukcją dawnych instrumentów muzycznych, a także zmianą

świadomości w nauczaniu muzyki minionych epok, ta interdyscyplinarna wiedza znalazła swe praktyczne zastosowanie.

Od początku lat osiemdziesiątych XX wieku następuje bardzo dynamiczny postęp w badaniach zagadnień strojów historycznych oraz ich zastosowania w konserwacji instrumentów, budowaniu kopii instrumentów historycznych oraz w sztuce wykonawczej. Szkolnictwo muzyczne nie nadąża za tym rozwojem, przynajmniej nie w Polsce, gdzie ten obszar wiedzy pozostaje wielkim nieobecnym. Wiedzę na temat problematyki historycznego strojenia oraz jej praktycznego zastosowania można zdobyć tylko poza oficjalnym programem nauczania i wyłącznie w językach obcych.

Punktem wyjścia dla proponowanej tu metody czy – inaczej ujmując – poradnika jest wieloletnia praktyka związana ze strojeniem klawesynów (ale i innych instrumentów klawiszowych: pozytywów, fortepianów historycznych) oraz konfrontacja systemów strojenia z repertuarem poszczególnych epok i ośrodków. Nie chodzi tu zatem o przedstawienie kompletnej, usystematyzowanej wiedzy na ten temat. Zostało to już zrobione przez autorów, do których prac odsyłamy i które rekomendujemy. Zależy nam na pokazaniu – naszym zdaniem ważnych – obszarów tematycznych, które przedstawiamy w sposób możliwie prosty i praktyczny.

Podręcznik złożony został z dwóch niezależnie pisanych części: pierwszej odnoszącej się do wybranych zagadnień związanych z akustyką i teorią muzyki (budowa dźwięku, tworzenie interwałów czystych i temperowanych, podział komatów, tworzenie skal muzycznych, ich charakterystyka i zastosowanie) oraz drugiej zawierającej opisy poszczególnych temperacji wraz z charakterystyką ich walorów estetycznych i zastosowania w praktyce muzycznej. W trakcie dalszych prac zdecydowaliśmy się jednak zmienić nieco układ łącząc w jedną część napisane przez nas niezależnie fragmenty pracy dotyczące budowy skal tak w aspekcie teorii, jak i praktycznego ich zastosowania. Powstała w ten sposób osobna część *Budujemy skale muzyczne*. Dopelnieniem pracy są dodatkowe ćwiczenia pomagające w pracy nad intonacją opartą na systemie mezotonicznym oraz subiektywnie opracowana bibliografia rekomendująca polecane przez nas materiały. Książce towarzyszą również nagrane na dwóch płytach CD materiały dźwiękowe – przykłady i ćwiczenia.

Naszym zdaniem – co podkreślamy w tytule projektu – wiedza i umiejętności w zakresie intonacji i strojenia należą do obszaru kształcenia słuchu oraz teorii i historii muzyki. Pozwala to na „odideologizowanie” tego zagadnienia i przeniesienie go do sfery wiedzy obiektywnej. Dlatego niniejszy podręcznik adresujemy właśnie w pierwszym rzędzie do obecnych i przyszłych nauczycieli przedmiotów teoretycznych. Mamy nadzieję, że stanie się również użytecznym narzędziem dla klawesynistów (pomocą w obowiązkowych zajęciach strojenia), wykonawców tzw. muzyki dawnej (nie tylko w duchu ściśle historycznym), organmistrzów; wreszcie wszystkich zainteresowanych. Traktuje bowiem o problemie w naszym rozumieniu zasadniczym dla estetyki i jakości wykonania.

Kiedy muzyk gra czysto?

MAREK TOPOROWSKI

Pracę nad niniejszym podręcznikiem poprzedziły prowadzone przez autorów warsztaty w szkołach muzycznych, poświęcone teoretycznym i praktycznym zagadnieniom związanym ze strojem muzycznym i intonacją. Przeprowadzane na początku zajęć anonimowe testy wiedzy ukazały pilną potrzebę organizowania tego typu spotkań zarówno z uczniami, jak nauczycielami oraz konieczność wprowadzenia elementów wiedzy o akustyce i historii strojów muzycznych do programów nauczania.

Już pierwsze pytanie testu: „Kiedy muzyk gra czysto?” było źródłem pewnego zakłopotania. Ankietowani uczniowie nie wiedzieli z czym kojarzyć ten problem i rozumieli pytanie zazwyczaj jako „granie zgodnie z tekstem”, „granie właściwych nut”. Tak naprawdę odpowiedź na to pytanie stanowi treść i podstawowy cel naszych badań. I choć w pełni zgadzamy się z opinią jednej z naszych respondentek: „to nie jest obiektywne”, podejmujemy się w niniejszym poradniku udzielenia częściowej przynajmniej odpowiedzi.

Wydaje się, że dla większości ankietowanych sprawa wydaje się prostsza niż jest w rzeczywistości. Wyobrażają sobie oni dostępny świat dźwięków jako zamknięty zbiór 12 dźwięków w oktawie o ustalonej, przyjętej przez ogół wysokości. Dopuszczają możliwość jakiegoś sztucznego podziału półtonów na mniejsze jednostki; w powszechnym mniemaniu podział ten musi być równy – na ćwierćtony. W skrajnych wypadkach uczniowie podejmując próby strojenia usiłowali stroić pojedynczy dźwięk bez odniesienia do innego.

Jest to oczywisty wpływ pokutującej nadal ideologii słuchu absolutnego zakładającej słyszenie i szybką słuchową identyfikację konkretnych wysokości dźwięku możliwych do wyobrażenia na klawiaturze fortepianu. Podejście to zapewnia fantastyczną efektywność realizacji ćwiczeń typu: dyktanda, wykrywanie błędów itp., jest jednak bezużyteczne dla muzyka zespołowego bądź orkiestrowego, którego celem jest relatywna interakcja z innymi i **kreowanie barwy dźwięku poprzez świadome kształtowanie charakterystyki poszczególnych interwałów**.

Granie czysto rzeczywiście nie jest obiektywne. Przynajmniej nie w ramach jednego muzycznego systemu, jednego stylu. Istotne są różnice między instrumentami, również muzycy grający na instrumentach o możliwości płynnej intonacji konstruuje strojenie wokół jakiegoś, wybranego przez siebie – świadomie

lub nieświadomie – systemu. Muzyka jazzowa, romantyczna, renesansowa czy średniowieczna powstawały z myślą o różnych systemach dźwiękowych.

Nie jesteśmy w stanie obiektywnie „nauczyć” gry w każdym z tych stylów. Można jednak zdefiniować akustyczne punkty odniesienia stanowiące drogowskazy ułatwiające orientację w tym gąszczu.

Dlaczego właściwie strojenie jest takie trudne? Odpowiedź jest bez mała filozoficzno-ontologiczna. Cała akustyka oparta jest na niemożnościach i paradoksach matematycznych. Być może w nich właśnie leży całe bogactwo muzycznych środków ekspresji. Wszystko to sprawia, że problem strojenia (w różnorodnych aspektach) stanowi zarówno przedmiot zainteresowania muzycznej matematyki, jak i przedmiot poszukiwania praktycznych rozwiązań przez muzyków.

Granie czysto to zatem przede wszystkim zgodność z obowiązującym w danym „środowisku muzycznym” (np. muzyka średniowieczna, renesansowa, intuicyjny sposób strojenia danego kwartetu, czy orkiestry) systemem dźwiękowym. Zakłada to dokonanie pewnego wyboru estetycznego; bardzo pomocna okazuje się zatem świadomość sposobu, w jaki możemy zbliżyć się do pożądanego rezultatu.

BHP

Ponieważ proponowanym narzędziem pracy jest jedna z odmian klawesynu (ze wskazaniem na instrumenty małych rozmiarów i łatwe w obsłudze) pozwalamy sobie zwrócić uwagę na kilka istotnych kwestii związanych z bezpieczeństwem i komfortem pracy.

Struna klawesynowa jest najczęściej kawałkiem wysokogatunkowego drutu (żelazo, stal, mosiądz), który w wyniku przekroczenia dopuszczalnego naprężenia (bądź wady materiału) może się zerwać. Dlatego instytucja prowadząca zajęcia powinna dysponować strunami zapasowymi. Niedopuszczalne jest obwinianie uczącego się o „zniszczenie instrumentu”; wielu początkujących w strojeniu klawesynistów pamięta zerwanie pierwszej w życiu struny (czasem strojonego po kryjomu szkolnego klawesynu) jako traumę. Praca nad strojeniem powinna przebiegać w komforcie dopuszczającym możliwość błędu!

Struna klawesynowa jest kawałkiem drutu. Zastępuje się ją innym kawałkiem drutu. Zerwanie struny nie jest zniszczeniem instrumentu.

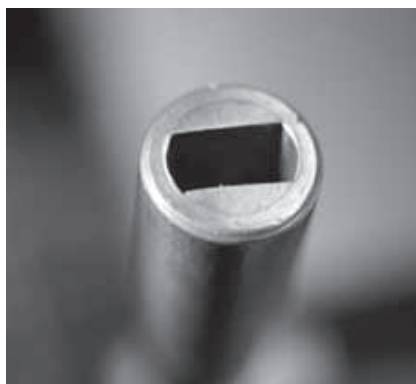
Ważne jest jednak, aby **podczas strojenia nie wkładać głowy do środka instrumentu**. Dotyczy to przede wszystkim obserwatorów często zaciekawionych procesem strojenia. Zrywająca się struna posiada ogromną siłę kinetyczną.

W projektowanym przez nas instrumencie zastosowaliśmy struny o jednokowej menzurze, co bardzo ułatwia postępowanie w wypadku konieczności wymiany. Warto też zwrócić uwagę, że wiele klawesynów o niehistorycznej konstrukcji wyposażonych jest w struny stalowe o znacznie większej odporności na zerwanie (przy jednakowej menzurze), przez to zapewniające większą tolerancję na nadmierne rozciągnięcie.

Alternatywą dla klawesynu (klawikordu) może być mały (bądź bardzo mały) pozytyw. Strojenie drewnianych piszczałek polega na manewrowaniu drewnianymi szpuntami i jako takie nie niesie ze sobą niebezpieczeństwa dla instrumentu. Stały dźwięk organów ułatwia słuchową percepcję dudnień; w wypadku instrumentów gorszej klasy czynnikiem utrudniającym może być jednak syczenie. Klawesyny wyposażone są zazwyczaj w jeden z dwóch rodzajów kołków strojeniowych – koniczny (wymagający klucza gwiazdkowego):



oraz płaski (wymagający klucza prostokątnego):



Najczęstszym błędem przy strojeniu jest kręcenie niewłaściwym kołkiem. Stąd zasadą jest, że najpierw powoli spuszczaamy strunę badając efekt. Jeśli dudnienia się uspokajają to znaczy, że kręcimy w dobrą stronę. Jeśli są coraz szybsze musimy próbować w stronę przeciwną.

Strojenie na zasadzie wyżej-niżej jest często nieefektywne i nieskuteczne w wypadku niewielkiego odchylenia od prawidłowej wysokości dźwięku.

Dla większości osób wygodne jest trzymanie klucza prawą ręką, przy jednoczesnym uderzaniu dźwięków lewą. Istotne jest, aby wyobrazić sobie, że kołek wkręcamy (a nie kręcimy wokół) skierowując siłę w dół. Pozwala to na osiągnięcie ła-

godniejszych zmian napięcia struny i uniknięcie gwałtownego kręcenia kołkiem na wszystkie strony.

Łokieć dobrze oprzeć na bocznej ścianie instrumentu.

W początkowym okresie problemem jest koordynacja ruchów. Wielu początkujących stroicieli najpierw wsłuchuje się w interwał, a następnie kręci kołkiem. Powinny być to jednak czynności jednoczesne, przy czym warto opanować spokojne i stałe uderzanie interwału zapewniające stały dźwięk na podobieństwo dźwięku organowego.

Dźwięk stroimy zawsze do innego dźwięku, a nie „do siebie” !

Dobrym początkowym ćwiczeniem dla opanowania ruchów klucza jest dostrajanie klawesynu do elektronicznego tunera bądź innego instrumentu (np. fortepianu lub keyboardu). W wypadku innego instrumentu problemem może być tempo podawanego dźwięku; powinien on być (w wypadku dźwięku zanikającego) powtarzany z odpowiednią, nie nazbyt nerwową szybkością. W wypadku tunera ustawiamy opcję „sound” i stroimy bezdudnieniowe unisony. Strojenie do wskaźnika może dawać dobre efekty, jako ćwiczenie słuchowe jest jednak bezużyteczne

Oznaczenia szybkości dudnień interwałów

Szybkość dudnień oznacza się w cyklach/sekundę. To znana nam skądinąd jednostka pomiaru częstotliwości – herc (Hz). Z powodów praktycznych stosujemy czasem bardziej obrazowe określenie: 1,2.../sek.; niektóre rysunki podpisane zostały angielskim odpowiednikiem bps (beats per second).

Dudnienia powstałe na skutek rozszerzenia lub zwężenia interwału od jego postaci czystej oznaczamy : „+” (np. +1 Hz, lub +1/sek., lub +1 bps) i odpowiednio „-” (np. -1 Hz itd.) ...

Nazwy oktav i dźwięków

W podręczniku przyjęliśmy system używany w polskiej nomenklaturze: $c' = c$ raz-kreślne, itd. W wypadku braku odniesienia do konkretnej oktawy stosowane są zazwyczaj oznaczenia pisane dużymi literami: np. C, D itd.

Przykłady nutowe

Nuta pusta (cała nuta) oznacza dźwięk już nastrojony, nuta wypełniona (ćwierćnuta) dźwięk, który należy nadać.

CZĘŚĆ I

Podstawowe wiadomości z dziedziny akustyki i ćwiczenia wstępne

MAREK PILCH

Wysokość i barwa dźwięku

MAREK PILCH

Wysokość dźwięku określana jest w akustyce jako **częstotliwość**. Jednostką miary częstotliwości jest **herc** (Hz). Jednak każdy dźwięk nagrany na instrumencie akustycznym składa się z wielu częstotliwości, czyli z wielu tonów składowych. Najniższa częstotliwość to **ton podstawowy**. Wysokość dźwięku, jaką rozpoznajemy to właśnie częstotliwość tonu podstawowego, natomiast pozostałe składowe stapiają się z nim decydując o jego barwie.

Składowe występują jako harmoniczne i nieharmoniczne.¹ Harmoniczne to wielokrotności tonu podstawowego. Jego częstotliwość mnożona jest przez kolejne liczby: 1, 2, 3, 4 itd. Począwszy od drugiego tonu składowego uzyskujemy szereg **aliquotów**. Na przykład kolejne aliquoty dźwięku o częstotliwości 130 Hz to: 260, 390, 520 Hz, itd.

Mówiąc o budowie i barwie dźwięku często posługujemy się numeracją składowych lub określamy je jako parzyste lub nieparzyste. Nie należy mylić numeracji składowych z numeracją aliquotów. Pierwszy aliquot to drugi **ton składowy** dźwięku. Aby uniknąć nieporozumień lepiej używać pojęcia **składowa harmoniczna**, gdzie ton podstawowy stanowi pierwszą składową.

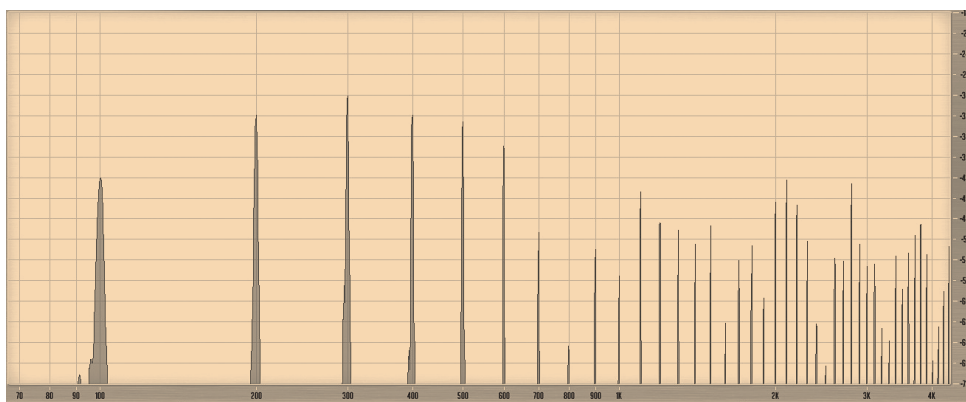
Dźwięk można nie tylko usłyszeć, ale także zobaczyć. Do zobrazowania dźwięku służy analizator widma. W zależności od rodzaju analizy i jej parametrów, zobaczyć możemy dynamikę poszczególnych składowych oraz ich zmiany w czasie.

Każdy z tonów składowych ma własną dynamikę zależną od zmieniającej się w czasie amplitudy.

O barwie decyduje suma wszystkich parametrów: ilość składowych, ich amplitudy oraz zmiany w czasie jego trwania. Rodzaj dźwięku opisywany jest zwykle za pomocą trzech kategorii składowych: tony harmoniczne nieparzyste, parzyste oraz tony nieharmoniczne. Dominacja nieparzystych powoduje dźwięk jasny, parzystych – dźwięk ciemny, ale bardziej charakterystyczny, zaś duża liczba nieharmonicznych wpływa na barwę, ale powoduje problemy z identyfikacją wysokości.

Większość instrumentów akustycznych projektowana jest tak, aby wydawać dźwięki zawierające w sobie składowe, które są harmoniczne (lub im bliskie) z niewielką tylko ilością nieharmonicznych. W takim przypadku łatwo identyfikujemy

1 Ze względów praktycznych w niniejszym opisie ograniczamy się do składowych harmonicznych.

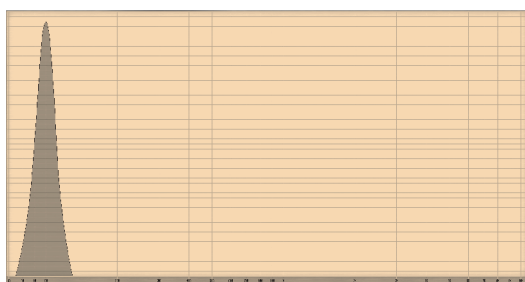


Rys. 1. Przykładowa wizualizacja widma dźwięku o wysokości 100 Hz. Nagrywany był dźwięk drugiego manualu klawesynu typu francuskiego. Charakterystyczną jego cechą jest niższa amplituda tonu podstawowego w stosunku do drugiej i trzeciej składowej. Skala pozioma to zakres częstotliwości (ok 80-4000 Hz), pionowa pokazuje amplitudę: głośność poszczególnych składowych uchwyconą w początkowym momencie brzmienia. Widać, iż wzmacnione są tony harmoniczne: wielokrotności tonu podstawowego (200, 300, 400 itd. Hz).

wysokość poszczególnych dźwięków. Niektóre instrumenty (np. talerz, gong) posiadają jednak dźwięk bogaty w nieharmoniczne w takim stopniu, że nie da się określić wysokości ich brzmienia.

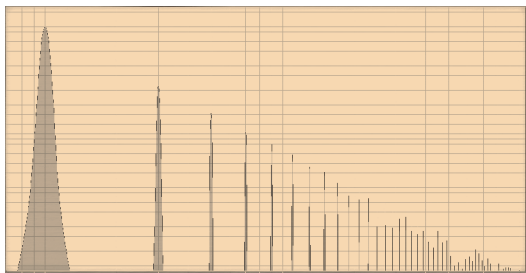
Do strojenia instrumentów akustycznych i pracy nad intonacją używa się różnego rodzaju urządzeń elektronicznych. W zależności od typu, urządzenia te wytwarzają dźwięki o różnej zawartości składowych harmoniczných. Czasami istnieje możliwość wyboru rodzaju fali generowanego dźwięku lub tonu. Ze względu na ilość i amplitudę składowych wyróżniamy cztery główne typy fali: sinusoidalna, trójkątna, kwadratowa i piłokształtna.

Fala sinusoidalna (ang. *sine wave*) teoretycznie pozbawiona jest alikwotów, a więc składa się tylko z jednej częstotliwości. Tego typu dźwięk (ton) wytworzyć można jedynie w warunkach studyjnych. W praktyce, podczas odtwarzania, ton zawsze zostaje wzbogacony w jakąś część alikwotów. W porównaniu z dźwiękiem bogatym w alikwoty ton brzmi cicho i ma ciemną barwę.



Rys. 2. Widmo dźwięku powstałego jako fala sinusoidalna (100 Hz).

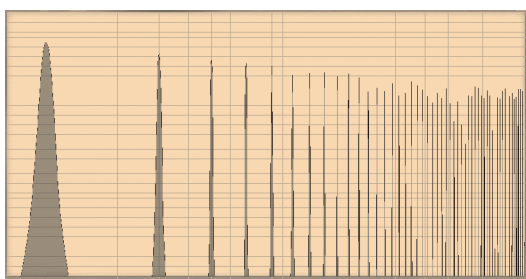
Fala trójkątna (ang. *triangle wave*) to częstotliwość podstawowa plus składowe nieparzyste. Relacja amplitudy dźwięku podstawowego do składowych: $1/N^2$ gdzie N oznacza numer składowej. Oznacza to, że kolejne składowe (tylko nieparzyste) są coraz słabsze. W porównaniu z tonem (falą sinusoidalną), dźwięk taki jest jaśniejszy i zdecydowanie wyraźniejszy.



Rys. 3. Widmo dźwięku powstałego jako fala trójkątna.

Fala kwadratowa (ang. *square wave*) częstotliwość podstawowa plus składowe nieparzyste. Relacja amplitudy dźwięku podstawowego do składowych: $1/N$, gdzie N oznacza numer składowej.

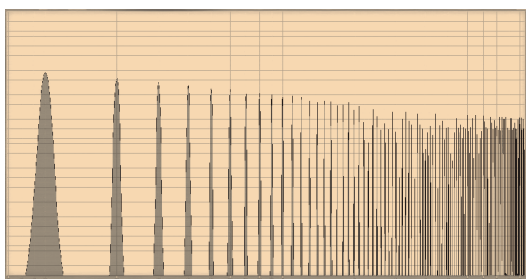
Od dźwięku o fali trójkątnej różni się tym, że sprawia wrażenie głośniejszego. Wynika to z faktu, że amplituda składowych równa jest amplitudzie dźwięku podstawowego.



Rys. 4. Widmo dźwięku powstałego jako fala kwadratowa.

Fala piłokształtna (ang. *sawtooth wave*) to częstotliwość podstawowa plus wszystkie składowe. Relacja amplitudy dźwięku podstawowego do składowych: $1/N$, gdzie N oznacza numer składowej.

Obecność wszystkich składowych o amplitudzie równej dźwięku podstawowemu sprawia, że dźwięk taki brzmi nieco jak „przesterowany”. Jest bardzo głośny i – w subiektywnym odbiorze – nieprzyjemny.



Rys. 5. Widmo dźwięku powstałego jako fala piłokształtna.

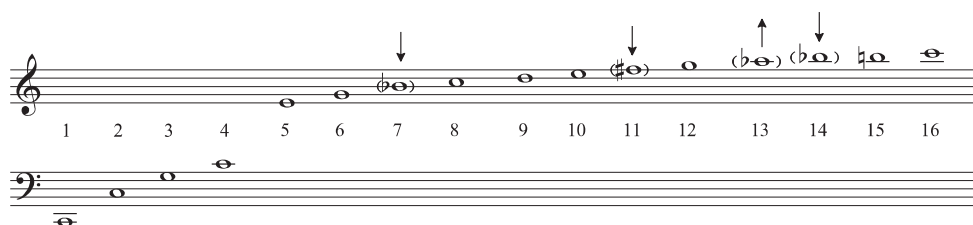
W przypadku instrumentów akustycznych barwa dźwięku (czyli proporcje zaistniałe pomiędzy ilością i amplitudą – inaczej głośnością – składowych) jest ustalona i raczej nie podlega zmianie, ewentualnie tylko w stosunkowo niewielkim zakresie. Instrumenty, które w pełni wykorzystują możliwości manipulacji składowymi to syntezatory. Dzięki generatorom fal dźwiękowych, ich różnorodnemu filtrowaniu, wzmacnianiu i innym możliwościom wpływania poszczególnych parametrów na siebie, stały się wszechstronnymi instrumentami używanymi w różnych gałęziach muzyki współczesnej.

Inną ciekawą gałęzią współczesnej muzyki jest elektroniczne modelowanie dźwięku poszczególnych instrumentów akustycznych. Samplery to instrumenty, które odtwarzają próbki (sample) stworzone w wyniku analizy widma dźwiękowego nagranego oryginału.

Zajmując się strojeniem instrumentów, prędzej czy później zetkniemy się z problemem wpływu barwy dźwięku na jakość strojenia. O tym czy, lub w jakim stopniu interwał jest konsonansowy, decyduje zależność pomiędzy pierwszymi ich wspólnymi alikwotami.² Np. za akustyczną jakość kwinty odpowiada współbrzmienie trzeciej składowej dźwięku niższego z drugą dźwięku wyższego. Jeśli w dźwięku wyższym brak drugiej składowej (jak np. w przypadku fali trójkątnej czy kwadratowej, rys. 3, 4), wówczas możemy mieć problemy z usłyszeniem dudnień właściwych danemu interwałowi. Z problemem tym spotykamy się czasem, gdy próbujemy zestroić dwa instrumenty o różnej barwie. Dwa zupełnie różne źródła dźwięku i różne ich charakterystyki powodują, że niejako nie słyszymy czy dźwięki stroją, czy nie. Dźwięki o niestabilnej barwie również trudno dostroić do pozostałych. Przykładem może być struna brząca „niespokojnie”, którą trudno zestroić w chorze z innymi. Dalszy problem wpływu brzmienia na jakość strojenia widoczny jest w stosowaniu danej temperacji na instrumentach o różnej barwie lub o różnej długości czasu trwania dźwięku. Np. stroje nierównomierne raczej nie nadają się do fortepianów, zaś różna barwa odmiennych typów klawesynów powoduje, że ten sam rodzaj temperacji jest inaczej odbierany na każdym z nich. Znakomicie intonowane głosy organowe mogą dobrze zabrzmieć w stroju równomiernym, podczas gdy zastosowanie stroju nierównomiernego sprawia czasem, że nawet głosy przeciętnej jakości brzmią interesująco. Są to w dużej mierze wrażenia subiektywne, ale spotykamy się z nimi na co dzień.

Każdy dźwięk składa się z pewnej ilości składowych harmonicznnych. Decydujący wpływ na barwę brzmienia ma pierwszych kilkanaście. Ich znajomość będzie potrzebna do zrozumienia zasad strojenia interwałów, a proporcje powstałe pomiędzy składowymi są podstawą tworzenia niektórych skal muzycznych.

2 Por. *Dudnienia pierwszego i wyższego rzędu* (rozdz. 2) oraz *Interwał czysty* (rozdz. 3), str. 23-24.



Rys. 6. Szereg szesnastu pierwszych składowych harmonicznych.

Przedstawiony powyżej szereg alikwotów tylko w przybliżeniu można podporządkować dźwiękom nastrojonego równomiernie fortepianu, a tym samym przełożyć na obowiązującą dziś notację. Część składowych (umieszczonych w nawiasie) zwykle oznacza się jako leżące poza skalą. W rzeczywistości, wszystkie składowe oprócz oktaw mają nieco inną wysokość niż dźwięki systemu równomiernie temperowanego.

Alikwoty można usłyszeć! W tym kontekście często podawany jest przykład eksperymentu wykonywanego na fortepianie. Naciskamy powoli któryś z klawiszy odpowiadających alikwotowi danego dźwięku. Trzymając podniesione tłumiki tego klawisza należy mocno uderzyć ton podstawowy i zaraz go puścić. W tle usłyszymy bardzo delikatny dźwięk wybranego alikwotu, który pobudził nietłumioną strunę do rezonansu. W praktyce eksperyment ten nie zawsze się powiedzie, zwłaszcza gdy chcemy uzyskać wyższe alikwoty.

Bardziej skutecznym sposobem jest wydobywanie kolejnych składowych danego dźwięku na zasadzie flażoletu. Flażolet powstaje, gdy lekko stłumimy drgającą strunę w miejscach kolejnych węzłów fali ($1/2$, $2/3$, $3/4$ itd. długości struny). Wydobyte w ten sposób dźwięki odpowiadają kolejnym składowym. Eksperyment można wykonać na fortepianie lub na instrumentach smyczkowych, a także szarpanych (flażolety świetnie słychać na gitarze czy lutni).

CD 1 – 1

W synteźatorze wygenerowanych zostało 16 pierwszych składowych harmonicznych dźwięku o częstotliwości 65,5 Hz. Kolejne częstotliwości zajmują przestrzeń czterech oktaw.

Alikwoty od dawna były wzorcem do tworzenia struktury brzmieniowej organów piszczałkowych. Kolejne głosy budowane są na zasadzie proporcji pomiędzy alikwotami. W strukturę brzmienia organów wchodzi więc głosy $8'$ (ośmiestopowe) – nietransponujące oraz szereg głosów transponujących: $4'$, $2 \frac{2}{3}'$, $2'$, $1 \frac{3}{5}'$, $1 \frac{1}{3}'$, $1'$. Ich wysokość brzmienia odpowiada kolejnym alikwotom. Jeśli organy oparte są

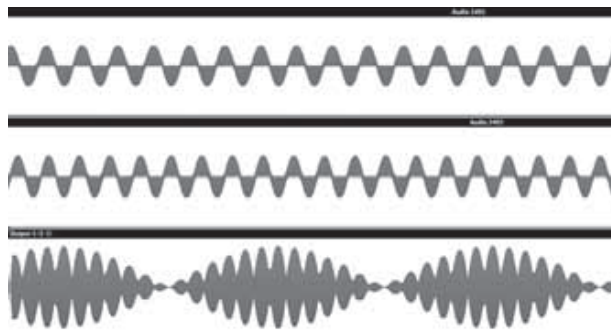
na głosie 16' (transponującym w dół o oktawę) wówczas piramida brzmieniowa musi odpowiadać alikwotom tej wysokości. Powstaje zatem następujący szereg: 16', 8', 5 1/3', 4', 2 2/3' itd.³ Jednak w zależności od stylu spotkamy tu różne koncepcje wykorzystania struktury składowych. Zasada tworzenia brzmień w oparciu o kolejne składowe harmoniczne wykorzystana została również w organach Hammonda. Istnieje tu możliwość dobierania dynamiki poszczególnych głosów (aliquotów) za pomocą specjalnych włączników (*drawbars*) pozwalających na osobne regulowanie poziomu głośności poszczególnych składowych.

Zarówno organy piszczałkowe, jak i organy Hammonda budują swe brzmienie w oparciu o tylko kilka pierwszych składowych harmonicznych. Instrumentem pozwalającym na wszechstronną manipulację wieloma składowymi dźwięku jest wspomniany już syntezator. Pozwala on uzyskać paletę barw, jakiej nie posiada żaden instrument akustyczny. Sposób postępowania zależy tu od rodzaju instrumentu. Zabawa, a może głębsze poznanie syntezatorów jest znakomitą sposobem na wniknięcie w świat dźwięku (barwy) i manipulowanie nim w sposób bardziej kreatywny niż pozwalają na to instrumenty akustyczne.

3 Nomenklatura pochodzi od porównywania długości piszczałek. Zakładając, że najniższa z nich ma 16' (stóp) długości otrzymujemy: 16/2 dla piszczałki wyższej o oktawę (8'), 16/3 dla wyższej o oktawę i kwintę (5 1/3'), 16/4 – o dwie oktawy (4') itd.

Współbrzmienia dwóch dźwięków

Gdy zabrzmiały równocześnie dwa dźwięki o tej samej wysokości, wówczas ich składowe harmoniczne pokrywają się (Rys. 8). Gdy jeden z nich zaczniemy lekko modyfikować (czyli podnosić lub obniżać jego wysokość), powstaje zjawisko zwane **dudnieniami**. Słyszymy efekt pulsowania. Owo pulsowanie to wychylenia natężenia (amplitudy) dźwięku. Dudnienia powstają, gdy w jednym kierunku przesuwają się dwie fale o bardzo zbliżonych częstotliwościach.

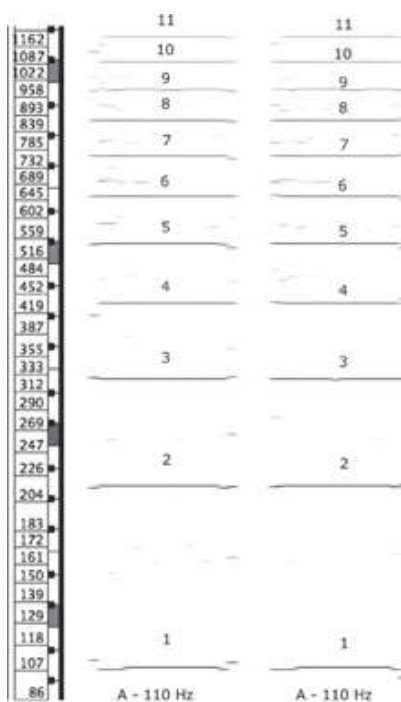


Rys. 7. Zjawisko dudnienia. Dwa pierwsze rzędy pokazują fale sinusoidalne, różniące się wysokością 2 Hz. W trzecim rzędzie pokazana jest suma tych dwóch sygnałów.

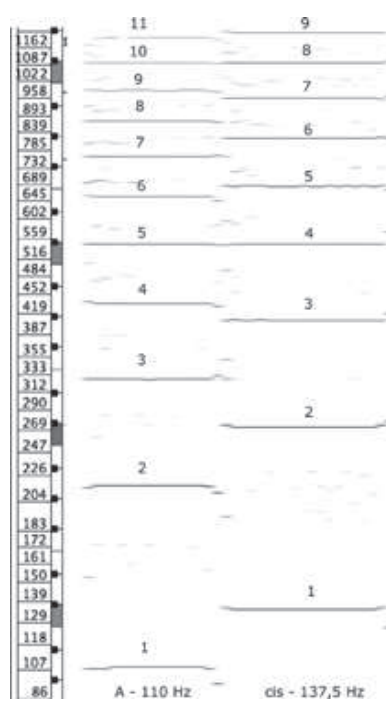
Dudnienia można łatwo wytworzyć i wizualizować w komputerze (Rys. 7). Generujemy dwa dźwięki (np. w postaci fali sinusoidalnej – tonu) oddalone od siebie np. o 2 Hz i odtwarzamy oba dźwięki na raz. Łącząc obie ścieżki doprowadzimy do powstania fali wykazującej dudnienia o częstotliwości 2/sek. (czyli: 2 Hz).

Porównanie spektrum dźwięków następujących interwałów: unison, tercja wielka, kwarta, kwinta. Nagrano dźwięk klawesynu o częstotliwości 110 Hz (A). Kolejne interwały zostały nastrojone jako akustycznie czyste (bez dudnień). Widoczne są pokrywające się wspólne składowe harmoniczne.

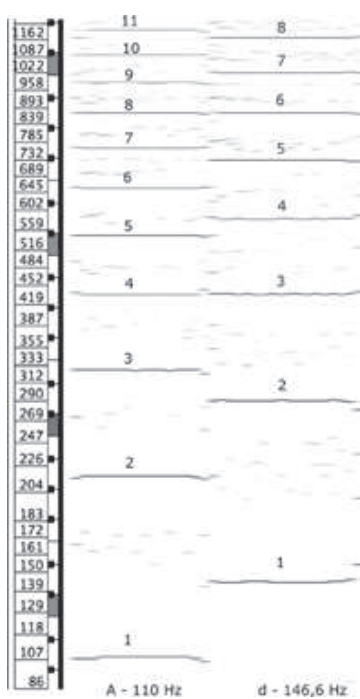
Ilość wspólnych alikwotów jest różna dla różnych interwałów. Aby uzyskać interwał w postaci akustycznie czystej, koncentrujemy się na zlikwidowaniu dudnień



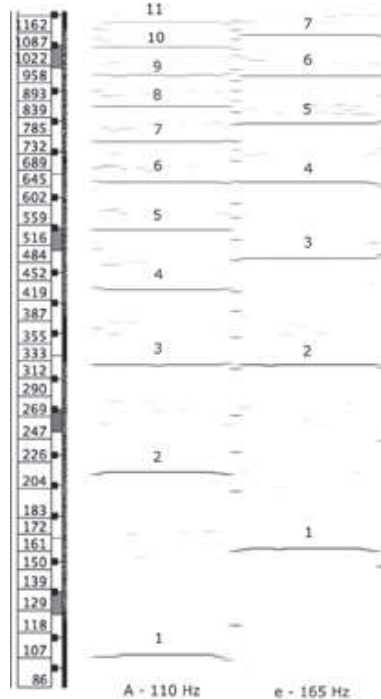
Rys. 8a – unison



Rys. 8b – tercja wielka



Rys. 8c – kwarta czysta



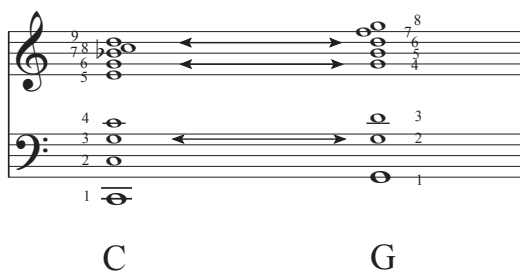
Rys. 8d – kwinta czysta

powstałych między **pierwszymi wspólnymi alikwotami**. Dla kolejnych interwałów są to:

- dla oktawy: druga składowa dźwięku niższego z pierwszą składową wyższego,
- dla kwinty: trzecia składowa dźwięku niższego z drugą składową wyższego (rys. 8d),
- dla kwarty: czwarta z trzecią (rys. 8c)
- dla tercji: piąta z czwartą itd. (rys. 8b)

W przypadku unisonu (rys. 8a) – są to dudnienia powstałe między tonami podstawowymi czyli pierwszymi składowymi harmonicznymi.

Inna wizualizacja tego samego zjawiska (rys. 9): interwał kwinty wraz z niższymi składowymi. Wspólne częstotliwości powstają między 3, 6 i 9 składową tonu niższego a 2, 4 i 6 składową wyższego:



Rys. 9. Wspólne składowe harmoniczne interwału kwinty.

Aby obliczyć dudnienia interwału, musimy znać częstotliwość obu dźwięków i proporcję właściwą dla postaci czystej interwału. Mnożymy częstotliwość wyższą przez mianownik proporcji, zaś częstotliwość niższą przez jej licznik, następnie otrzymane wartości odejmujemy. Otrzymany wynik to szukana przez nas ilość dudnień. Na przykład: ilość dudnień tercji wielkiej w stroju równomiernie temperowanym [różniąc ją od tercji wielkiej czystej o proporcji 5/4] przy wysokości $a=440$ Hz: $c'=263.2$ Hz, $e'=331.6$ Hz.

$$\begin{array}{r}
 (331,6 \times 4 = 1326,4) \\
 - (263,2 \times 5 = 1316,0) \\
 \hline
 10,4 \text{ Hz}
 \end{array}$$

W przypadku dudnień dwóch dźwięków składających się na unison odejmujemy po prostu częstotliwość niższą od wyższej.

CD 1 – 2

Dudnienia – ilustracja dźwiękowa.

Kolejno porównywany jest efekt dudnień powstały w wyniku współbrzmienia dźwięków o częstotliwościach: 100 i 102 Hz (unison), 100 i 148 Hz (kwinta) oraz 100 i 126 Hz (tercja). Użyto trzech różnych źródeł dźwięku – kolejno: sztucznie wygenerowana fala trójkątna, fortepian stołowy, klawesyn.

Ćwiczenia

Strojenie podstawowych interwałów (unison, oktawa, kwinta, tercja wielka).

Celem ćwiczenia jest umiejętność rozpoznania interwału w postaci czystej akustycznie od interwału w którym powstają dudnienia oraz umiejętność rozpoznania (w przybliżeniu) ilości dudnień.

Ćwiczenia najlepiej rozpocząć od strojenia unisonów i oktaw. W tym przypadku dudnienia są najlepiej słyszalne.

Następnie należy próbować stroić pozostałe zasadnicze dla procesu strojenia interwały: kwintę czystą, tercję wielką, potem kwartę oraz tercję małą.

Jako unison, stroić można kolejne dźwięki oktawy małej i razkreślnej, dostrajając jeden głos klawesynu do drugiego lub do tunera elektronicznego. Należy najpierw próbować nastroić interwał czysty, tzn. bez dudnień, a następnie zmieniać jeden z dźwięków tak, aby kontrolować szybkość dudnień (ilość dudnień na sekundę).

CD 1 – 3

Ćwiczenie z przykładem dźwiękowym⁴.

Celem tego ćwiczenia jest prawidłowe rozpoznanie dudnień powstałych pomiędzy pierwszymi wspólnymi alikwotami danego interwału. Ćwiczenie to można wykonać posługując się przykładem dźwiękowym lub samodzielnie – na klawesynie.

W przykładzie dźwiękowym nagrane zostały kolejno: tercja mała, tercja wielka, kwarta, kwinta, seksta wielka (rys. 10) tworzone od dźwięku c o częstotliwości 131 herców. Każdy z interwałów został czterokrotnie powtórzony. W dwóch pierwszych powtórzeniach wspólna składowa harmoniczna jest „podpowiedziana” przez wprowadzenie sygnału dźwiękowego odpowiadającego jej częstotliwości. Dwa pozostałe powtórzenia podane są bez żadnych ułatwień.

4 Przykład podany za Claudio di Veroli, *Unequal Temperaments. Theory History and Practice*, s. 182.



Rys. 10. Ćwiczenie służące rozpoznawaniu pierwszych wspólnych składowych poszczególnych interwałów. Na górnej pięciolinii zaznaczono dźwięki odpowiadające pierwszemu wspólnemu składowemu harmonicznym.

Wykonując to ćwiczenie przy instrumencie można najpierw krótko zagrać dźwięk odpowiadający wspólnej składowej danego interwału (górna pięciolinia), a następnie zagrać dany interwał (dolna pięciolinia) i spróbować składową odszukać słuchowo. Ćwiczenie można wykonywać w oparciu o interwały budowane od innych niż podane w rys. 10 dźwięków, najlepiej jednak w oktawie małej. W zależności od barwy danego instrumentu (klawesynu czy fortepianu) zadanie może być łatwiejsze lub trudniejsze.

Uwaga! W praktyce spotkać się możemy z faktem, iż w dźwięku klawesynu nie zawsze pierwsza harmoniczna jest najgłośniejsza. Stąd czasem lepiej słyszymy dudnienia szybsze, powstałe pomiędzy dalszymi alikwotami.

Słyszenie dudnień jest w pewnym sensie ćwiczeniem rytmicznym. Przy pomocy metronomu lub sekundnika możemy stosunkowo dokładnie zmierzyć ich szybkość. Posługiwanie się ilością dudnień pozwala wytrenowanym stroicielom na bardzo precyzyjne wyznaczanie żądanej wielkości interwału. Należy jednak liczyć się z pewnymi ograniczeniami. Przedział percepcji mieści się w granicach od ok. ½ /sek. do maks. 15/sek. Są to jednak wartości ekstremalne niedostępne dla większości osób nie trenujących tej specyficznej umiejętności. W praktycznym strojeniu (tak profesjonalnym, jak i amatorskim) często używa się metody **porównywania interwałów**. Jest to nie tyle liczenie szybkości dudnień mierzonej w odniesieniu do sekundy lub odpowiednio nastawionego metronomu, ale raczej zapamiętanie konkretnego efektu brzmieniowego (wrażenia) wykazywanego przez interwał o danej ilości dudnień. Ów efekt brzmieniowy należy wyćwiczyć na pamięć. Metodę ćwiczenia tej umiejętności znajdzie czytelnik w rozdziale: *Praktyczne sposoby dzielenia komatu*.

Dudnienia pierwszego i wyższego rzędu⁵

Dudnienia powstałe między unisonami (zwane dudnieniami pierwszego rzędu) powstają między dwoma tonami podstawowymi. Strojenie unisonów obarczone jest ryzykiem pewnej niedokładności. Powstałe dudnienia mogą być tak powolne, iż niejako „już ich nie słyszymy”. W zestawieniu z innymi interwałami dudnienia te sumują się jednak i powodują, że instrument nie stroi precyzyjnie. Problem ten widoczny jest np. wtedy, gdy stroimy oktawę wyznaczając oba dźwięki osobno za pomocą urządzenia elektronicznego. Okazuje się, że uzyskana w ten sposób oktawa jest często niedokładna. Użyteczne okazują się w takim wypadku metody weryfikacji polegające na porównywaniu dudnień wyższego rzędu. Metody te dokładnie omówione zostały w rozdziale 4: *Zasada komplementarności i test oktawy*.

5 Pojęcie zapożyczone z: Juan G.Roederer, *The Physics and Psychophysics of Music*. Springer, 2008, s. 43-49.

Tworzenie i przekształcanie interwałów

Interwał czysty

Interwał akustycznie czysty powstaje, gdy relacja częstotliwości dwóch dźwięków oparta jest o małe liczby całkowite⁶ (np. 2:1, 3:2 itp.). Interwały te odnajdziemy w szeregu pierwszych składowych harmonicznym.⁷ W języku polskim istnieje problem terminologiczny polegający na tym, że pojęcie „interwał czysty” nieco inaczej rozumiane jest z punktu widzenia akustyki, a inaczej z punktu widzenia teorii muzyki. W tym ostatnim przypadku klasyfikacja interwału zależy od kontekstu muzycznego.⁸ Przykładem tej rozbieżności jest np. zasadnicza różnica jakości interwału tercji wielkiej w wariacie czystym akustycznie i tym spotykanym w systemie równomiernie temperowanym. W tym drugim wypadku z punktu widzenia akustyki mamy właściwie do czynienia z dysonansem, współczesna teoria muzyki definiuje go jednak jako konsonans. O ile pojęcie *interwał czysty* możemy doprecyzować za pomocą określenia *czysty akustycznie ew. naturalny* o tyle definiowanie pojęcia *konsonans* i *dysonans* jest trudniejsze, ponieważ problem percepcji interwału jako konsonansu – dysonansu podlega w dużym stopniu ocenie subiektywnej, stąd też był zmienny historycznie.⁹ W praktyce strojenia rozróżnienie interwału *czystego* – akustycznie czystego (czyli: bez dudnień) od interwału pomniejszonego lub powiększonego o określoną ilość dudnień jest jednak niezbędne. Dotyczy to przede wszystkim tych interwałów, za pomocą których tworzone są systemy dźwiękowe: tercji, kwinty, oktawy oraz ich ew. przewrotów.

Interwał jako relacja dwóch częstotliwości

Interwał opisać można na dwa sposoby: jako stosunek częstotliwości lub (historycznie) jako proporcja dwóch długości struny.

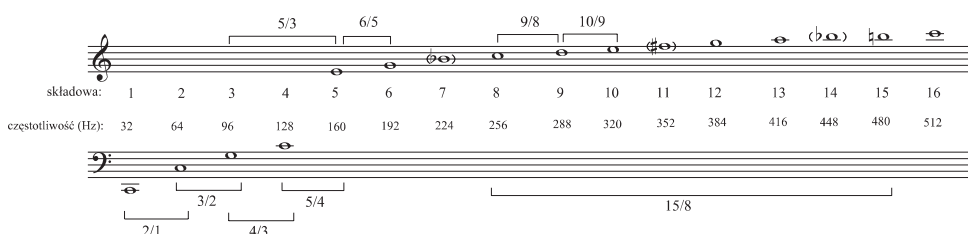
6 The New Grove Dictionary of Music and Musicians, ed. by Stanley Sadie, Macmillan 1980, *Consonance*

7 Więcej informacji w kolejnym rozdziale.

8 Carol L. Krumhansl, Music Psychology: Tonal Structures in Perception and Memory, Annual Review of Psychology, Cornell University, Ithaca, New York 1991

9 Patrz rozdział „Kiedy muzyk gra czysto”.

Wzorcem do tworzenia interwałów mogą być relacje częstotliwości, które w naturalny sposób wynikają z szeregu składowych harmonicznych. Proporcje powstałe w oparciu o szereg alikwotów stały się podstawą tworzenia systemów nietemperowanych: pitagorejskiego i naturalnego.



Rys. 11. Kolejne składowe dźwięku C z zaznaczeniem wybranych proporcji oraz przykładową częstotliwością wyjściową (32 Hz).

Każdej składowej przyporządkować możemy kolejną częstotliwość będącą wielokrotnością dźwięku podstawowego. Jeśli pierwsza składowa wynosi np. 32 Hz (= CC) to kolejne składowe wyniosą: 64 (C), 96 (G), 128 (c), 160 (e), 192 (g), Hz itd. Aby obliczyć interwał, dzielimy częstotliwość wyższą przez niższą. Wynikiem tego działania jest proporcja częstotliwości pomiędzy tymi dźwiękami. Czyli kolejno: $64:32=2:1$, $96:64=3:2$, $128:96=4:3$ itd.

Chcąc utworzyć interwał akustycznie czysty od dowolnego dźwięku mnożymy jego częstotliwość przez odpowiednią proporcję wynikającą z układu tonów harmonicznych. Jeżeli częstotliwość dźwięku CC (C kontra) wynosi 32 Hz, wówczas chcąc otrzymać dźwięk leżący oktawę wyżej mnożymy tę częstotliwość przez 2:1. Zatem: $32 \cdot 2 = 64$ Hz. Aby otrzymać kwintę, mnożymy częstotliwość przez 3:2 ($64 \cdot 3:2 = 96$ Hz). Tak samo postępujemy z kolejnymi interwałami. Najprostsze proporcje powstają pomiędzy pierwszymi harmonicznymi: Oktawa=2/1, kwinta=3/2, kwarta=4/3, tercja wielka (czysta)=5/4, tercja mała (czysta)=6/5.

Interwały powstałe w oparciu o rząd składowych harmonicznych są **akustycznie czyste**. Określa się je też jako **naturalne**, ponieważ powstają w oparciu o naturalne dźwięki, jakimi są tony składowe. Stąd bierze się też określenie: skala lub strój naturalny.¹⁰

¹⁰ Por. rozdz. 13

CD 1 – 4

Składowe harmoniczne wygenerowane dla dźwięku o częstotliwości 65,4 Hz, ułożone w następujące grupy:

- trójdźwięk durowy i septymowy: składowe 4, 5, 6, 7
- akustycznie czysty trójdźwięk molowy: składowe 6, 7, 9
- trójdźwięk durowy: składowe 6, 8, 10
- trójdźwięk zwiększony: składowe 7, 9, 11
- grupy: 8, 10, 12 – 9, 11, 13 – 10, 12, 14 – 9, 12, 15.

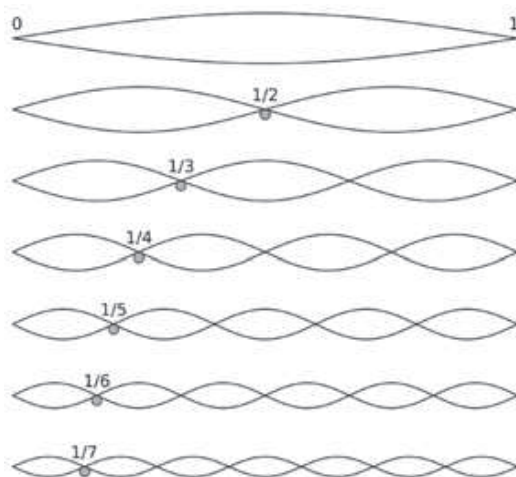
Interwał jako relacja długości struny

Z przedstawionej w poprzednim rozdziale definicji wynika, że za podstawę proporcji możemy wziąć również podział generatora dźwięku np. struny czy słupa powietrza w piszczałce. Gdy skrócimy strunę do połowy jej długości, wówczas otrzymamy dźwięk brzmiący oktawę wyżej. Jeśli podzielimy ją na trzy i skrócimy jej drgającą powierzchnię do dwóch trzecich, wówczas uzyskamy dźwięk wyższy o kwintę. Skracać jej powierzchnię drgającą według kolejnych proporcji ($3/4$, $4/5$, $5/6$ itd. długości) tworzymy dźwięki, których wysokość odpowiada kolejnym składowym harmonicznym (rys. 12). Zauważmy, że stosunek częstotliwości jest odwróceniem proporcji długości struny. To znaczy, że dla znalezienia częstotliwości dźwięku położonego o tercję wielką (czystą) wyżej od danej częstotliwości musimy ją pomnożyć przez proporcję $5/4$. Aby uzyskać taki interwał za pomocą drgającej struny musimy skrócić jej drgającą długość do $4/5$.

Zależność tę możemy przedstawić za pomocą następującego schematu:

Jeśli x to częstotliwość lub długość struny dźwięku **niższego**, zaś y częstotliwość lub długość struny dźwięku **wyższego**, wówczas:

- interwał xy = częstotliwość y : częstotliwość x lub
- interwał xy = długość struny x : długość struny y



Rys. 12. Drgająca struna. Skracając strunę w miejscach kolejnych węzłów fali, uzyskujemy dźwięki odpowiadające kolejnym składowym harmonicznym.

Dodawanie i odejmowanie interwałów

Interwały można też dodawać i odejmować otrzymując w ten sposób kolejne interwały.

Aby **dodać interwały**, mnożymy przez siebie ich proporcje. Aby dodać np. dwie kwinty, mnożymy ich proporcje ($3/2$) przez siebie. Np. kwinta + kwinta = $3/2 \cdot 3/2 = 9/4$. Jeśli dla C o częstotliwości 65,2 Hz chcemy w drodze dodania kwint obliczyć dźwięk d uzyskamy następujące równanie:

$$65,2 \cdot 9/4 = 146,7 \text{ Hz (dźwięk d)}$$

Odejmowanie interwałów polega na dzieleniu ich proporcji. Jeśli chcemy obliczyć dźwięk leżący cały ton wyżej, np. od dźwięku C (65,2 Hz) – czyli D, wówczas dodajemy dwie kwinty i odejmujemy jedną oktawę (skrótowy zapis: 2kw – 1ok):

$$3/2 \cdot 3/2 : 2/1 = 9/4 \cdot 1/2 = 9/8.$$

Aby obliczyć częstotliwość dźwięku D, mnożymy $65,2 \cdot 9/8 = 73,35 \text{ Hz}$.

Cent – miara wielkości interwałów

Umowną jednostką wyrażającą odległość między dźwiękami i pokazującą wielkość interwałów jest **cent**, wprowadzony do nauk akustycznych przez Alexandra Johna Ellisa w II poł. XIX w. Jest to miara logarytmiczna równa jednej setnej półtonu równomiernie temperowanego, lub $1/1200$ część oktawy. Stosunek częstotliwości wysokości dźwięku odległych o cent wyraża wzór:

$$\sqrt[1200]{2} \approx 1,0006.$$

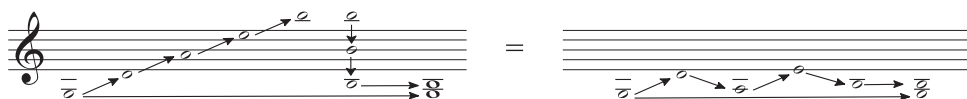
Nie należy go mylić z jednostką częstotliwości: **herc** – Hz. Nie jest możliwe przeliczenie herców na centy. Można natomiast obliczyć częstotliwość dźwięku zmie-

nioną (podwyższoną lub obniżoną) o daną ilość centów. Herc określa wysokość dźwięku w sposób absolutny, zaś cent jest miarą odległości pomiędzy dźwiękami. Dowolny interwał posiada tę samą ilość centów niezależnie od oktawy. Np. sekunda c'-d' w systemie równomiernie temperowanym ma wartość 200 centów. Każda inna sekunda C-D w tym systemie, w dowolnej oktawie np. c"-d" ma również 200 centów. Ilość herców podwaja się natomiast z każdą oktawą. Jeśli np. c wynosi 130 Hz, to c' wynosi $2 \cdot 130 = 260$ Hz.

Interwały a praktyka strojenia

Matematyczne sposoby tworzenia i przedstawiania interwałów służą celom analitycznym, są również podstawą działania urządzeń elektronicznych oraz różnego rodzaju instrumentów wirtualnych. Pozwalają one określić żądane wielkości w sposób bardzo precyzyjny. Nie podlega dyskusji fakt, iż elektronika i szybkie sposoby obliczeń znacznie ułatwiły pracę muzyka związaną ze strojeniem czy intonacją. Niemniej jednak dla świadomie kształtowanej intonacji potrzebny jest wyrobiony słuch. Tworzenie interwałów może się odbywać bez udziału obliczeń matematycznych. Wymaga to jednak wyćwiczenia umiejętności posługiwania się interwałami akustycznie czystymi oraz modyfikowanymi (temperowanymi) według określonych zasad. Dużą rolę odgrywa tu technika strojenia – odmienna dla każdego instrumentu. Oprócz zawsze czystych unisonów i oktaw posługiwać się będziemy kwintą i tercją oraz ich przewrotami – używanymi w praktyce tak w czystym, jak i temperowanym wariacie. Kwinta czysta będzie zazwyczaj zmniejszana a tercja wielka czysta powiększana (choć zdarzają się wyjątki od tej zasady).

W praktyce strojenia istnieje możliwość skorzystania z przewrotów interwałów; umożliwia nam to zastąpienie strojenia szeregu kwint naprzemiennym strojeniem kwint i kwart. Metoda ta pozwala na utrzymanie się w średnicy klawiatury. Poniżej wizualizacja omawianego zagadnienia:



Rys. 13. Praktyczny sposób strojenia szeregu kwint.

Zasada komplementarności i test oktawy

Test oktawy to sprawdzanie jej czystości (dokładności strojenia) za pomocą porównania dwóch mniejszych interwałów składających się na nią. Jeżeli nastroimy kwartę czystą np. g-c', a następnie dodamy do niej czystą kwintę c'-g', możemy być pewni, że nastrojona oktawa g-g' jest czysta.

Zasady uzupełnień do oktawy dla interwałów czystych:

- kwarta + kwinta = oktawa
- kwinta + kwarta = oktawa
- tercja wielka + seksta mała = oktawa
- seksta mała + tercja wielka = oktawa

Podobna zależność dotyczy też kwinty:

- tercja mała + tercja wielka = kwinta
- tercja wielka + tercja mała = kwinta

Sytuacja komplikuje się nieco w wypadku interwałów temperowanych. Zależności są tu następujące:

- kwarta powiększona o daną ilość dudnień + kwinta (leżąca powyżej) pomniejszona o **tę samą** ilość dudnień, daje nam oktawę idealnie czystą.
 - kwinta pomniejszona o pewną ilość dudnień + (leżąca powyżej) kwarta powiększona o **dwukrotną** ilość dudnień kwinty daje oktawę.
 - Zasada ta dotyczy również innych interwałów, np. tercji i jej przewrotu – seksty.
- Powyższe zależności wypływają z układu wspólnych alikwotów.

g'' - wspólny ton
harmoniczny

↓

0 bps	+	0 bps	=	0 bps
[+]1 bps	+	[-]1 bps	=	0 bps

Rys.14. Test oktawy wykonywany za pomocą interwałów: kwarta + kwinta i tercja mała + seksta wielka. Widoczna wspólna składowa harmoniczna wszystkich trzech dźwięków. Por. Przykład dźwiękowy CD 1, 5.

W wypadku prawidłowo nastrojonej oktawy (czystej) kwarta $g-c'$ i kwinta $c'-g'$ mające tę samą pierwszą wspólną składową harmoniczną będą miały jednakową ilość dudnień. Z tym, że jeden z interwałów jest pomniejszony, drugi powiększony. W wypadku sumowania dwóch pomniejszonych lub dwóch powiększonych interwałów (np. oktawa uzyskana przez zsumowanie kwarty o częstotliwości dudnień $+1\text{Hz}$ oraz kwinty dudniącej z częstotliwością $+1\text{Hz}$) nie otrzymamy interwału czystego!¹¹

g'' i g''' - wspólne tony harmoniczne

$0\text{ bps} + 0\text{ bps} = 0\text{ bps}$
 $[-]1\text{ bps} + [+2\text{ bps}] = 0\text{ bps}$

Rys. 15. Test oktawy wykonany za pomocą układu: kwinta + kwarta i tercja wielka + seksta mała.

Widać tu, iż dwukrotnie wyższa ilość dudnień interwału wyższego wynika ze wspólnej składowej leżącej oktawę wyżej niż wspólna składowa pierwszej pary dźwięków (por. Przykład dźwiękowy 5).

Zasadę uzupełnień do oktawy wykorzystujemy również w strojeniu szeregu kwint (gdzie zazwyczaj posługujemy się zamianą kwinty na kwartę). Zamiast (rys. 16) pomniejszyć kwintę $d'-a'$ o $-2/\text{sek. (bps)}$, możemy powiększyć kwartę $d'-a$ o $+2/\text{sek. (bps)}$. Pozwala nam to jednocześnie na sprawdzenie poprawności czystości oktawy $a-a'$.

Rys. 16. Test oktawy wykorzystany do weryfikacji wielkości przy strojeniu szeregu kwint.

CD 1 – 5

Test oktawy.

Przykłady ilustrujące rys. 14 i 15.

¹¹ W praktyce, mając do czynienia z małą ilością dudnień, trudno rozróżnić czy wysokość dźwięku znajduje się poniżej, czy powyżej wartości czystej.

Ćwiczenia

Test oktawy. Strojenie oktaw za pomocą metod wykorzystujących komplementarność interwałów.

Celem ćwiczenia jest uzyskanie biegłości w porównywaniu dudnień interwałów komplementarnych oraz umiejętność sprawdzania jakości oktawy.

a. Kolejność wykonywania ćwiczenia jest następująca: wybieramy początkowy dźwięk. Niech będzie to d. Najpierw stroimy kwartę d-g, a następnie kwintę g-d'. Dopiero teraz sprawdzamy oktawę d-d'. Możemy również pracować w układzie: kwinta d-a, kwarta a-d'.

Najpierw należy stroić interwały czyste, a następnie modyfikowane o dowolną ilość dudnień. Ilość dudnień powinna być kontrolowana. Powinniśmy założyć konkretną (ok. 2, 3 lub inną) ilość dudnień, próbować uzyskać ją na pierwszym interwale a potem na drugim.

b. Następne ćwiczenie polega na porównywaniu interwałów. Nie staramy się liczyć dudnień, a jedynie porównywać szybkość.

Wybieramy dowolny dźwięk na klawiaturze (najlepiej między oktawą małą a razkreślną). Stroimy czystą kwintę w górę, np. g-d'. Następnie obniżamy d' tak, aby pojawiło się wolne dudnienie o szybkości do kilku razy na sekundę. Od tego dźwięku stroimy czystą kwartę w dół a następnie delikatnie obniżamy dźwięk a, porównując kwintę g/d' z kwartą d'/a. Por. rys. 28.

c. Podobne ćwiczenie dotyczy metody uzupełniania do oktawy.

Od dowolnego dźwięku stroimy czystą kwartę w górę, np. a/d'. Następnie podwyższamy d' w ten sposób aby usłyszeć wolne dudnienie (2-4/sek.). Następnie od dźwięku d' stroimy kwintę czystą w górę, którą z kolei obniżamy tak, aby uzyskać ilość dudnień taką samą, jak w kwarcie. Obniżając dźwięk a' musimy cały czas na przemian porównywać kwartę z kwintą. Po skończeniu ćwiczenia sprawdzamy oktawę a-a'. Powinna być czysta!

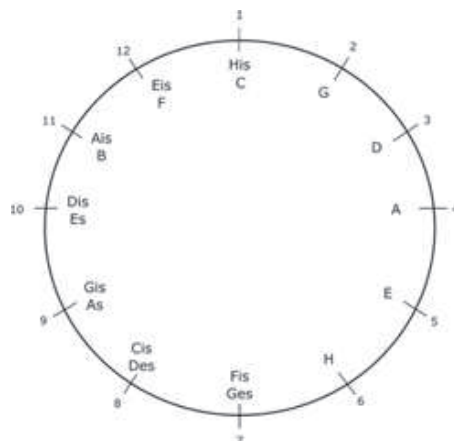
Ćwiczenie to różni się od ćwiczenia pierwszego jedynie innym ustawieniem priorytetów. W pierwszym staramy się uzgodnić konkretną ilość dudnień pomiędzy interwałami uzupełniającymi, w drugim słuchamy tylko efektu brzmieniowego i porównujemy efekt.

Rodzaje komatów

Komat to niewielki (od 21,5 do 41 centów) interwał wynikający z różnicy nastrojenia nominalnie tego samego dźwięku w różnych systemach. Zaobserwowany już przez teoretyków starogreckich stanowi jeden z centralnych problemów związanych z muzycznymi strojami. O ile opisywana w dalszej części pracy skala naturalna (skonstruowana w oparciu o interwały akustycznie czyste) nie wymaga temperacji, o tyle skomplikowane struktury muzyczne wymagają „rozłożenia” jednego z komatów pomiędzy różną liczbę kwint lub innych interwałów. Stąd szczególnie ważne dla techniki strojenia jest właściwe zrozumienie istoty tego zjawiska. W niniejszym rozdziale poznamy trzy komaty: **pitagorejski**, **syntoniczny** i **enharmoniczny**.

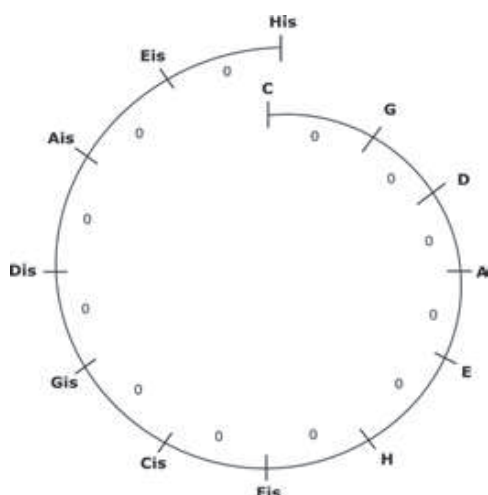
Komat pitagorejski

Rys. 17 pokazuje klasyczne koło kwintowe rozpoczynające się od dźwięku C. Widzimy na nim dźwięki enharmonicznie równoważne. W dzisiejszej praktyce muzycznej zakładamy, że jest to oczywiste, ale tak naprawdę w pełni zjawisko to ma miejsce tylko we współcześnie używanym stroju równomiernie temperowanym. Wraz z dwunastą kwintą otrzymujemy dźwięk His równoważny dźwiękowi C. His=C. Wszystkie pozostałe dźwięki są zresztą również enharmonicznie wymienne (np. F=Eis=Geses=Disisis...itp.)



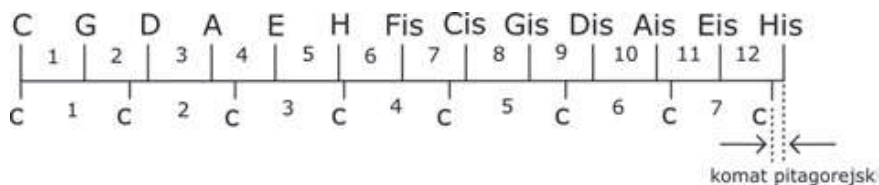
Rys. 17. Koło kwintowe w systemie równomiernym.

Gdy jednak nastroimy rząd dwunastu akustycznie czystych kwint uzyskamy dźwięk wyższy niż początkowy. Najlepiej zilustruje to spirala:



Rys. 18. Szereg dwunastu kwint czystych. Dźwięk dwunasty nie pokrywa się z pierwszym.

Różnica wysokości powstała pomiędzy dźwiękiem wyjściowym, a końcowym to **komat pitagorejski**. Zależność tę przedstawić możemy również za pomocą wykresu:



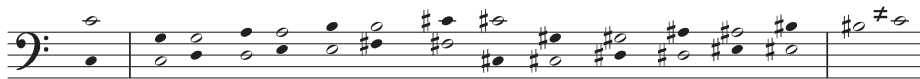
Rys. 19. Schematyczne przedstawienie komatu pitagorejskiego.

Ćwiczenie

Używając znanej już metody kwintowo-kwartowej możemy łatwo zrobić następujący eksperyment:

- stroimy 12 kwint czystych,
- na drugim manuale (lub wykorzystując niepotrzebny nam w ćwiczeniu wyższy klawisz cis na tym samym manuale) stroimy czystą oktawę,
- porównujemy His i C.

Ćwiczenie



Rys. 20. Sposób strojenia komatu pitagorejskiego.

CD 1 – 6

Ilustracja dźwiękowa komatu pitagorejskiego.

Sposób obliczania, wielkość komatu pitagorejskiego.

Komat pitagorejski w ujęciu matematycznym to interwał otrzymany poprzez dodanie 12 kwint i odjęcie 7 oktaw. Chcąc komat usłyszeć (patrz przykład dźwiękowy nr 6) możemy sytuację uprościć i wykorzystać znaną nam już technikę naprzedmiennego strojenia kwinta-kwarta.¹² W ujęciu matematycznym przedstawia się to następująco :

$$12 \text{ kw} - 7 \text{ ok} = (3/2)^{12} : 2^7 = 3^{12} : 2^{19} = 531441 : 524288$$

Obliczanie wartości komatu pitagorejskiego w centach odbywa się w następujący sposób¹³:

$$12 \text{ kw} - 7 \text{ ok} = 12 \cdot 701,955 \text{ (centów)} - 7 \cdot 1200 \text{ (centów)} \approx 23,46$$

Aby domknąć koło kwintowe (praktycznie używane systemy i temperacje wymagają przecież czystych oktaw) interwał komatu pitagorejskiego powinien zostać rozłożony między kwinty. Najprostszym sposobem jest pomniejszenie jednej z dwunastu kwint o cały komat. Jest to stosunkowo proste do wykonania: posiadając nastrojony już rząd kwint (jak wyżej) dostrójmy dźwięk His do początkowego C, a następnie posłuchajmy kwinty F-C. Kwinta zmniejszona o pełen komat jest bardzo dysonansowa i zwana jest wilczą kwintą.

Jest to jeden z historycznie udokumentowanych systemów strojenia opartych na skali pitagorejskiej.¹⁴

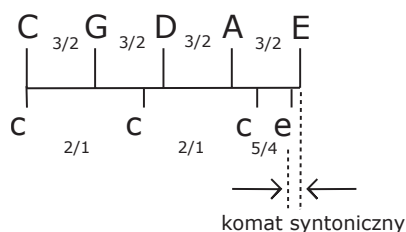
12 Por. *Dodawanie i odejmowanie interwałów*. Rozdz. 3.

13 Można też wielkość tę przedstawić jako różnicę dwóch wariantów półtonu istniejących w systemie pitagorejskim: *limma* i *apotome*. Komat pitagorejski to *apotome* – *limma* = 113,69 – 90,23 ≈ 23,46 centów.

14 Patrz: *Budujemy skale dźwiękowe*, część II.

Komat syntoniczny

Po nastrojeniu szeregu czterech kwint (np. od C- jak wyżej) uzyskujemy dźwięk E. Przenosząc dźwięk E o dwie oktawy w dół otrzymujemy bardzo szeroką tercję C-E tzw. **tercję pitagorejską**. Jest ona znacznie większa od czystej (inaczej: naturalnej) tercji wielkiej o stosunku częstotliwości dźwięków składowych 5:4. Różnica tych dwóch interwałów to **komat syntoniczny**.



Rys. 21. Schemat przedstawiający komat syntoniczny.

Ćwiczenie

1. Począwszy od dźwięku C, stroimy czystą tercję wielką – E
2. Od tego samego C, stroimy szereg czystych kwint, w górę koła kwintowego (korzystamy z metody kwinta-kwarta). Ostatni dźwięk – E stroimy na drugim manuale klawesynu (lub przestrajamy dźwięk F).
3. Porównujemy oba dźwięki E oraz porównujemy tercje pitagorejską z tercją czystą.



Rys. 22. Metoda strojenia komatu syntonicznego i porównania tercji pitagorejskiej z tercją czystą.

Mała nutka e' oznacza tercję czystą (mniejszą), zaś duża nutka oznacza tercję pitagorejską.

CD 1 – 7

Komentowana demonstracja komatu syntonicznego.

Sposób obliczania, wielkość komatu.

Komat syntoniczny to różnica powstała pomiędzy tercją pitagorejską a czystą akustycznie tercją wielką.

Tercja czysta = $5:4 = 1,25$

Tercja pitagorejska = $4kw - 2ok$. Zatem: $(3:2)^4 : 2^2 = 3^2 : 2^6 = \mathbf{81:64} = 1,265625$

(tercję pitagorejską możemy też obliczyć sumując dwa pitagorejskie całe tony: $(9:8) \cdot (9:8) = \mathbf{81:64}$)

zatem:

Komat syntoniczny: $4kw - 2ok - t$: $(81:64) : (5:4) = (81:64) : (5:4) = \mathbf{81:80} = 1,0125$.

Obliczenie wielkości komatu w centach:

$701,955 \text{ (centów)} \cdot 4 - 2400 - 386,31 = 2807,82 - 2400 - 386,31 \approx \mathbf{21,51 \text{ centów}}$

(kwinta czysta=701,955 centów, tercja czysta=386,31, oktawa=1200).

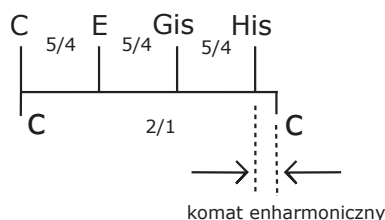
Komat syntoniczny jest nieco mniejszy od komatu pitagorejskiego; dlatego w systemach posługujących się podziałem tego komatu, a wymagających domknięcia w ramach koła kwintowego wystąpi jeszcze zjawisko tzw. **schizmy** (różnica między komatem pitagorejskim a syntonicznym).

Schizma = $23,46 - 21,51 = 1,95 \text{ centów}$.

Schizma jest mikrointerwałem, który w praktycznym strojeniu czasem może zostać pominięty. Precyzyjne rozróżnienie obu komatów stało się możliwe dopiero w XIX wieku. Jeszcze w XVIII wieku teoretycy używali jednego pojęcia: komat (łac. *comma*).

Komat enharmoniczny

Po nastrojeniu trzech kolejnych tercji wielkich czystych dźwięków końcowy nie jest równoważny z oktawą od dźwięku wyjściowego.



Rys. 23. Schematyczne przedstawienie komatu enharmonicznego.
Powstały dźwięk his jest niższy od oktawy c.

Ćwiczenie

Od dźwięku C stroimy kolejne tercje czyste: E, Gis, His

Porównujemy His-C



Rys. 24. Sposób strojenia komatu enharmonicznego.

CD 1 – 8

Ilustracja dźwiękowa komatu enharmonicznego.

Sposób obliczania, wielkość komatu.

Komat enharmoniczny to oktawa minus trzy tercje wielkie:

$$1ok - 3t = 2 : (5:4)^3 = 2 : (125:64) = 2 \cdot (64:125) = 128:125 = 1,024$$

Wielkość komatu wyrażona w centach:

$$1200 - 3 \cdot 386,314 \approx 41,058 \text{ centów.}$$

Praktyczne sposoby dzielenia komatu. Rozkładanie komatu na dwie kwinty.

Temperować znaczy lekko zmieniać wielkość kwart i kwint w taki sposób, aby uzyskać interwały wyższe lub niższe w stosunku do akustycznie czystych.¹⁵ Pierre Yves Asselin proponuje metodę,¹⁶ której celem jest ćwiczenie podziału komatu bez konieczności dokładnego liczenia ilości dudnień. Interwały są dostosowywane do siebie w sposób względny na zasadzie porównywania efektu brzmieniowego powstałego pod wpływem dudnień i wykształceniu słuchowym swego rodzaju **skali porównawczej**.

*Aby temperować, ucho powinno być zdolne do usłyszenia dudnień powstałych wskutek zmian wielkości dźwięków tworzących kwinty i kwarty oraz postępować na podstawie porównywania efektu tych dudnień.*¹⁷

Asselin stwierdza, iż słuch ludzki nie jest stworzony do precyzyjnego liczenia dudnień, jednak za pomocą porównywania ma zdolność łatwej oceny jakości dwóch interwałów.

Zmiany wysokości dokonywane na dźwiękach interwału należy zawsze oceniać względem kontekstu, w którym interwał ten występuje. Praktyka strojenia historycznego wymaga modyfikowania wysokości dźwięków tworzących interwał kwinty, w przedziale od pół do dwunastu części komatu; ucho powinno więc znać na pamięć efekt wywołany takim lub innym podziałem komatu.

W rozdziale 5 omawialiśmy powstawanie komatu pitagorejskiego. W wyniku wpisania 11 czystych kwint w koło kwintowe otrzymaliśmy kwintę wilczą ”biorącą na siebie” całość komatu. Zadanie to nie wymaga umiejętności temperacji – wystarczy umiejętność nastrojenia rzędu jedenastu czystych kwint.

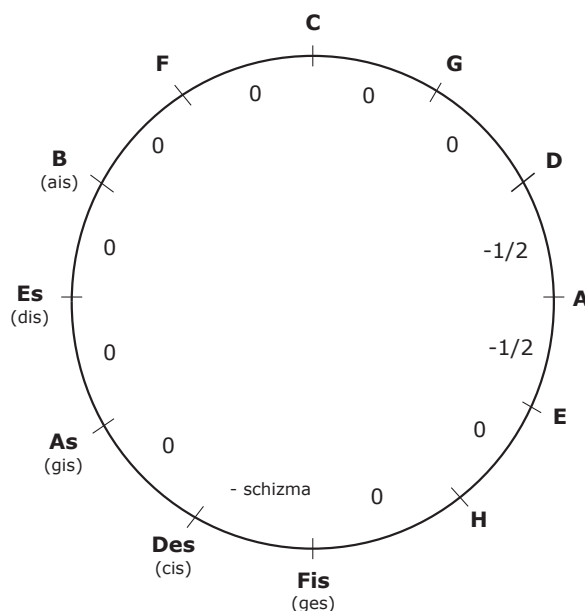
Skalę porównawczą można wyrobić sobie rozpoczynając ćwiczenia od podziału komatu syntonicznego na dwie części. Rozłożenie komatu pomiędzy dwie kwinty powoduje powstanie łatwego do zapamiętania „efektu maksimum” (szybciej dudni już tylko kwinta zmieniona o całą wartość komatu). Podział komatu na 3 i 4 części daje w rezultacie coraz wolniejsze dudnienia temperowanych przez nas kwint.

15 Pierre-Yves Asselin: *Musique et Temperament*, str.43 (cytaty w tłum. M. Pilcha)

16 Jest to jedyna znana mi, tak szczegółowo opisana metoda ćwiczenia podziału komatu. W niniejszym rozdziale zamieszczone zostały jej obszernie fragmenty. (przyt MP)

17 Pierre-Yves Asselin: *Musique et Temperament*, str. 43

Podział komatu (syntonicznego) na 2 części wykorzystany został m.in. w prostej w realizacji niemieckiej temperacji z XVIII wieku (Kirnberger II, 1766), która posłuży nam do ćwiczenia techniki rozkładania komatu.

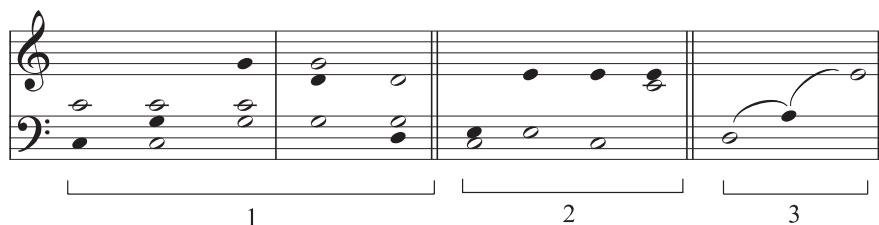


Rys. 25. Schemat temperacji Kirnberger II.

Strojenie rozpoczynamy od dźwięku c' .¹⁸ Wysokość dźwięku wyjściowego ustalamy według kamertonu lub urządzenia elektronicznego.¹⁹ Następnie wyznaczamy granice dźwięków, między którymi dokonamy temperacji czyli (w tym przypadku) pomniejszenia kwinty o połowę komatu. Na schemacie widać, że temperowane będą kwinty leżące między dźwiękami d-e'. Począwszy od wyznaczonej od c' oktawy c, stroimy dwie kwinty czyste w górę koła (c-g, g-d'), a następnie za pomocą czystej oktawy uzyskujemy dolną granicę – dźwięk d. Następnie stroimy tercję czystą (c' -e') uzyskując górną granicę: e'. Praktyczną realizację opisanego postępowania obrazuje poniższy przykład nutowy. Nuty „białe” oznaczają dźwięki już nastrojone zaś „czarne” – te, które należy nastroić.

18 Ćwiczenie podajemy za: Asselin P.Y., op.cit. str. 44-47

19 Jeśli rozpoczynamy procedurę strojenia od c' i chcemy osiągnąć np. $a'=440$ Hz musimy odpowiednio wyznaczyć wartość dźwięku wyjściowego. W przypadku stroju Kirnberger II jest to wartość + 4,9 centa dla c' . (przyp. aut.)



Rys. 26. Metoda podziału komatu syntonicznego na dwie części.

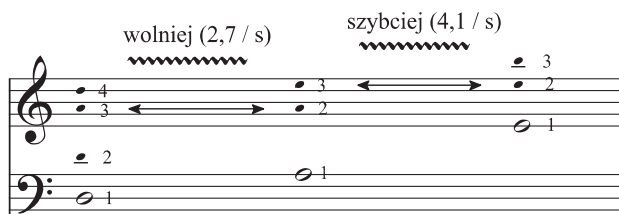
W etapie 1. możemy zastosować metodę uzupełnienia do oktawy, dzięki której lepiej skontrolujemy precyzję strojenia. Stroimy dźwięki g i g' po to, aby precyzyjnie nastroić dźwięk d'. Nastrojony dźwięk d' możemy porównać zarówno z g jak i g'. Podobnie w etapie 2: porównanie dźwięków e i e' do c i c' daje nam pewność że tercja nastrojona jest czysto.

W etapie trzecim, czyli w momencie dzielenia komatu na dwie części, manipulujemy już tylko dźwiękiem a, porównując naprzemiennie kwintę d-a z kwintą a-e'. Postępowanie to może tu wyglądać następująco:

1. Stroimy a jako kwintę czystą w stosunku do d. W tym momencie cały komat znajduje się na kwincie a-e'. Jest to kwinta wilcza.
2. Obniżamy dźwięk a tak, aby uzyskać czystą kwintę a-e'. Teraz wilcza kwinta znajduje się na dźwiękach d-a. Zauważmy że d-a dudni nieco wolniej niż nastrojone poprzednio a-e'!
3. Naszym dalszym celem będzie teraz wyrównanie szybkości dudnień pomiędzy tymi dwiema kwintami. Musimy więc stale manipulować dźwiękiem słuchając naprzemiennie obu kwint i porównując szybkość ich dudnień. Ostatecznie jednak prawidłowa szybkość dudnień obu kwint nie będzie taka sama. Dlaczego? Wiemy, że częstotliwości dźwięków podwajają się z oktawy na oktawę. Kwinta a-e' leży mniej więcej w połowie drogi między kwintą d-a i leżącą oktawę wyżej kwintą: d'-a'. Dlatego kwinta a-e' powinna dudnić nieco szybciej niż d-a. Obie kwinty mają wprawdzie tą samą wielkość (biorąc pod uwagę ich proporcje i ich wartość w centach), ale ich różne położenie przekłada się na różną ilość dudnień.
4. Po nastrojeniu dźwięku a w taki sposób, że obie kwinty dudnią z tą samą prędkością podnosimy lekko dźwięk a tak aby dudnienia kwinty a-e' były tylko delikatnie szybsze niż d-a. Nie powinna to być jednak szybkość dwukrotnie większa (w przybliżeniu szybkość dudnień odpowiada relacji duole – triole).

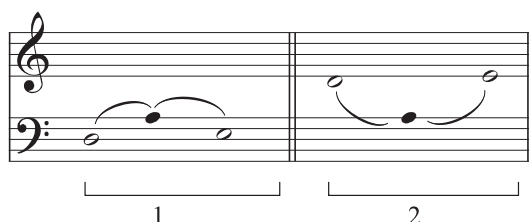
Jak pamiętamy, możliwe jest wyliczenie dokładnej szybkości dudnień każdego interwału. W naszym przykładzie (przyjmując dla a' 440 Hz) dla kwinty d-a wynosi ona 2,7/sek., a dla kwinty d-e' 4,1/sek. W praktyce wielkości tych nie musimy znać. Powinniśmy natomiast słuchać relacji dudnień powstałych między pierwszymi

wspólnymi harmonicznymi²⁰. Dla kwinty d-a będzie to składowa harmoniczna odpowiadająca (w przybliżeniu) dźwiękowi a'. Dla kwinty a-e' składowa harmoniczna odpowiadająca dźwiękowi e''.



Rys. 27. Dudnienia powstałe pomiędzy wspólnymi składowymi harmonicznymi dla dźwięków tworzących interwał kwinty: d-a i a-e'.

Powyżej opisany został sposób porównywania dwóch kolejnych kwint. Ambitus powstały pomiędzy dźwiękiem początkowym (d) a końcowym (e') wynosi nonę. Aby uprościć to postępowanie, stosujemy zasadę przewrotu interwału, zamieniając kwintę na kwartę.²¹



Rys. 28. Sposoby podziału komatu pomiędzy dwie kwinty. Zamiana kwinty na kwartę umożliwia manipulację dźwiękami w dowolnym regionie klawiatury.

W pierwszym przypadku kwinta a-e' została zamieniona na kwartę e-a. W stosunku do poprzedniego sposobu szybkość dudnień nie zmienia się, ponieważ kwarta e-a dudni z tą samą częstotliwością co a-e'.

W przypadku drugim, zamieniona została kwinta d-a na kwartę a-d'. Ponieważ kwarta a-d' dudni dwa razy szybciej niż kwinta d-a, dudnienia kwarty a-d' powinny być nieco szybsze niż kwinty a-e'.

Eksperymentując, musimy cały czas pamiętać, że w danym wypadku dudnienia kwarty powstają z jej rozszerzania zaś dudnienia kwinty z jej zwężania.

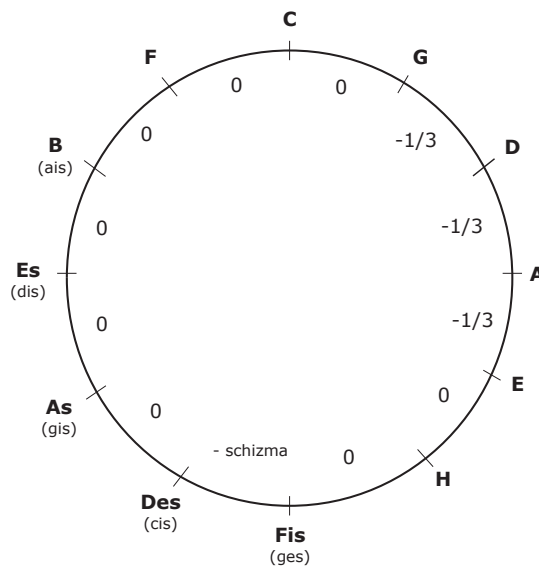
Podział komatu syntonicznego na dwie części pozwala na wyrobienie orientacji dotyczącej szybkości dudnień. Poznana tutaj szybkość dudnień będzie stanowiła skalę porównawczą dla dalszych podziałów.

²⁰ Patrz: ćwiczenia w rozdziale 2

²¹ Por. Rozdział 3: *Interwały a praktyka strojenia*

Rozkładanie komatu na trzy kwinty

Podział komatu na trzy części wymaga zmiany granic podziału. Podział nastąpi między dźwiękami G a E:



Rys. 29. Struktura koła kwintowego z podziałem komatu syntonicznego na trzy części.

Rozpoczynamy od nastrojenia dźwięku G jako czystej kwinty (kwarty) w stosunku do C. Następnie stroimy tercję C-E i dzielimy komat między kwinty: G-D-A-E:



Rys. 30. Podział komatu na trzy części.

Kolejność postępowania w przypadku dzielenia komatu na trzy części²²:

1. Wyznaczenie granic podziału.
2. Temperacja kwint leżących pomiędzy dźwiękami G-E.

Jak widać, temperacji podlegają dwie sąsiadujące kwinty: G-D i A-E. Analogiczny interwał położony wyżej dudni trochę szybciej, ale nigdy nie wolniej.

Sposób postępowania (etap 2, po wyznaczeniu granic podziału):

1. Stroimy a do e' jako kwintę czystą, następnie podwyższamy lekko a tak, aby powstała kwinta dudniąca nieco wolniej, niż w przypadku podziału komatu między dwie kwinty.
2. Stroimy dźwięk d' jako kwintę czystą do g. Następnie obniżamy nieco d' tak, aby otrzymana kwinta (g-d') była podobna do sąsiadującej: a-e'.
3. Weryfikujemy otrzymaną kwartę a-d'. Powinna ona dudnić 1,5 raza szybciej niż kwinty g-d' i a-e'.

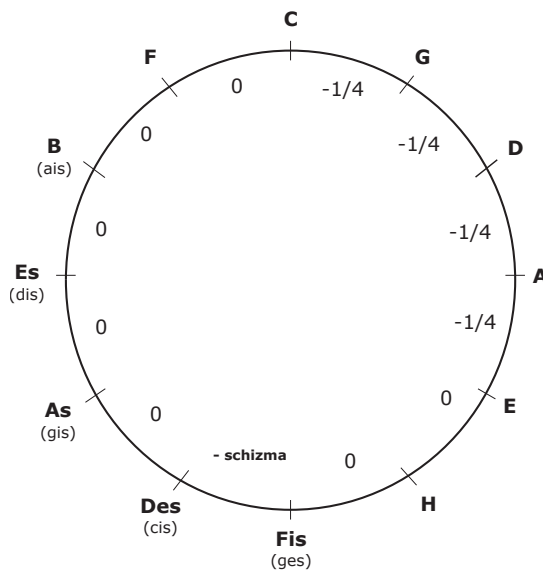
Metody sprawdzenia prawidłowości wykonanej operacji:

- Jeżeli kwinty nie dudnią w sposób podobny, należy zmodyfikować dźwięk d' i powrócić do weryfikacji kwarty.
- Jeśli kwarta d'-a dudni za szybko, oznacza to, że kwinty są za duże, czyli a jest za nisko, natomiast d' za wysoko. Należy podwyższyć a i obniżyć d', a następnie zweryfikować podobieństwo kwint.
- Jeśli kwarta d'-a dudni za wolno oznacza to, że kwinty są za małe (dudnią za szybko) czyli a jest za wysoko, a d' za nisko. Należy obniżyć a i podwyższyć d', a następnie sprawdzić podobieństwo kwint.

22 Asselin, op.cit., str. 47-49

Rozłożenie komatu na cztery kwinty

Podział ten jest podstawą tworzenia stroju mezotonicznego (średniotonowego) z tercją czystą; również częścią struktury stroju Kirnberger III.



Rys. 31. Struktura koła kwintowego z podziałem komatu syntonicznego na cztery części (Kirnberger III).

Temperację tę realizujemy w następujących etapach:²³

1. Ustalenie granic podziału. W tym przypadkach podział następuje między dźwiękami c'-e'. Dźwięk c' kopiujemy z kamertonu i do niego stroimy czystą tercję e'.
2. Stroimy g – jako kwartę czystą do c', następnie lekko opuszczamy g, tak aby kwarta g-c' dudniła odrobinę wolniej niż a-d' – którą pamiętamy z podziału komatu na trzy części.
3. Stroimy dźwięk d' do dźwięku g, najpierw jako kwintę czystą, a następnie nieco obniżamy dźwięk d'. Szybkość dudnień weryfikujemy w stosunku do

²³ za: Asselin, op.cit., str. 49-50

kwarty g-c'. Zgodnie z zasadą uzupełnienia do oktawy kwinta d'-g powinna dudnić 1,5 raza wolniej od kwarty g-c'.

4. Stroimy dźwięk a do dźwięku d' nieco obniżając a, tak aby powstała kwarta dudniła porównywalny sposób do kwarty g-d' (raczej szybciej niż wolniej).
5. Weryfikujemy temperacje: a-e' powinna dudnić podobnie do g-d' (na pewno nie wolniej).



Rys. 32. Kolejność postępowania w przypadku dzielenia komatu na cztery części.

1. Ustalenie granic podziału
2. Temperacja kwint leżących pomiędzy dźwiękami c'-e'.

Jeśli rezultat jest niezadowalający musimy sprawdzić dwie możliwości:

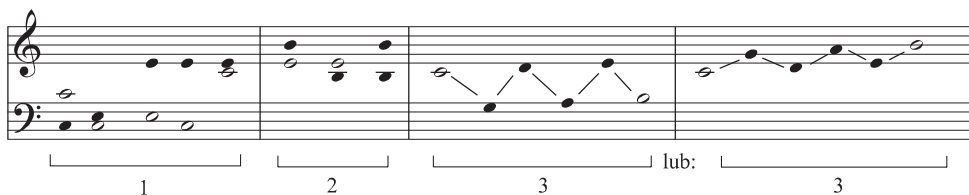
1. Jeśli a-e' dudni za wolno, oznacza to, że trzy pierwsze interwały dudnią za szybko i należy rozpocząć etap podziału od nowa zwalniając nieco ilość dudnień.
2. Jeśli a-e' dudni za szybko, wówczas poprzednie interwały nastrojone zostały ze zbyt dużą ilością dudnień i należy powtórzyć temperację przyspieszając ich dudnienia.

W momencie weryfikacji końcowej należy zwrócić uwagę na następujące zależności: kwinty (g-d', a-e') powinny dudnić z częstotliwością porównywalną, trochę mniejszą niż kwarty (g-c', a-d'), które między sobą też powinny być porównywalne.

Mając problemy z jednoznacznym określeniem szybkości dudnień, należy skorzystać z zasady uzupełnienia do oktawy i zamiast słuchać dudnień np. kwarty g-c', posłuchać odpowiednika: kwinty c'-g'.

Rozłożenie komatu syntonicznego na większą ilość kwint. Podział komatu pitagorejskiego.

Aby podzielić komat syntoniczny na więcej części musimy zwiększyć granice podziału, a następnie próbować zmniejszać kwinty wzorem wyżej opisanego postępowania. Aby wyznaczyć granice podziału komatu na 5 części, stroimy interwał tercji czystej np.: C-E. Dźwięk E nastrojony jest tylko tymczasowo. Następnie dodajemy czystą kwintę: E-H. Podział następuje zatem pomiędzy dźwiękami C i H. Upřednio nastrojone E ulega zmianie. Oto schemat postępowania:



Rys. 33. Podział komatu (syntonicznego) na 5 części.

W przypadku podziału komatu na 6 części, rozszerzamy granicę podziału między dźwięki C a Fis. W tym przypadku tymczasowo nastrojone są dwa dźwięki: E, H. W momencie dzielenia komatu zostaną odpowiednio zmienione.

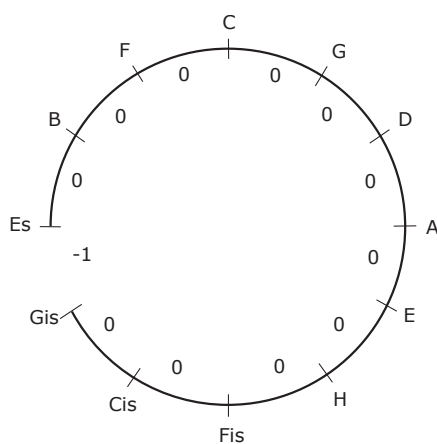
Podział komatu pitagorejskiego oraz podział na większą niż 6 ilość kwint.

Część systemów powstaje w oparciu o podział komatu pitagorejskiego. Sposób ćwiczenia może być analogiczny do ćwiczenia podziału komatu syntonicznego. Odmienny jest sposób wyznaczenia granicy podziału – tu stosujemy strojenie serii czystych kwint. Jeśli podział ma mieć 6 części, wówczas stroimy 6 kwint czystych, np. C-F-B-Es-As-Des-Ges, a następnie temperujemy kwinty leżące między C-Ges. Im więcej kwint podlega temperacji, tym trudniej jest stroić precyzyjnie. Większość osiemnastowiecznych późnych temperacji posiada jednak przynajmniej część kwint pomniejszych o $\frac{1}{4}$ komatu, co ułatwia strojenie.

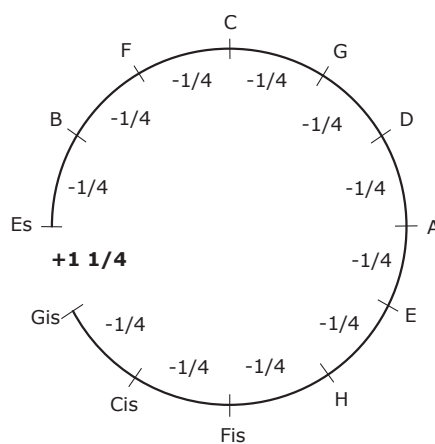
Istotnym elementem jest tu słuchowe doświadczenie. W wypadku konieczności osiągnięcia bardzo wielkiej precyzji można skorzystać również z tabel i arkuszy kalkulacyjnych ukazujących szybkości dudnień dla różnych interwałów w różnych systemach. Prościej jest jednak posłużyć się specjalnym tunerem kopiując lub tylko sprawdzając dźwięki interwałów temperowanych (lub ich części), pozostałe strojąc zaś na słuch.

Sposoby przedstawiania skal i temperacji

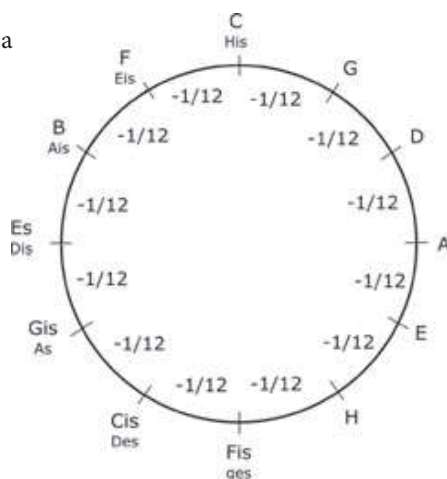
Systemy dźwiękowe – skale i temperacje przedstawiane są w różny sposób w zależności od tego, jakiemu celowi służy dany opis. Najczęściej przedstawia się system za pomocą koła kwintowego. Dla kolejnych kwint pokazana jest korekta ich wielkości w odniesieniu do komatu syntonicznego lub pitagorejskiego.



Rys. 34 a



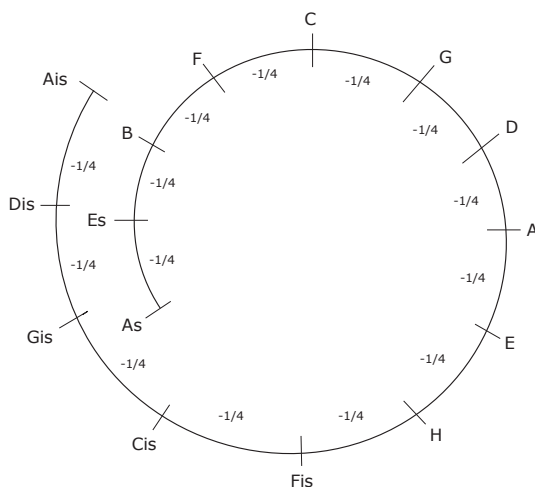
Rys. 34 b



Rys. 34 c

Rys. 34 a-c. Przedstawia trzy koła kwintowe obrazujące kolejno system pitagorejski (klasyczny), mezotoniczny (klasyczny), równomiernie temperowany.

Koło kwintowe jest naturalnym narzędziem przedstawiania systemów zamkniętych.²⁴ W przypadku systemów otwartych, nie zakładających konieczności wymienności enharmonicznej stosowana bywa wizualizacja typu spirali. Ponieważ systemy takie stosowano również na instrumentach klawiszowych z ograniczoną do 12 liczbą klawiszy w oktawie²⁵ systemy często przedstawiane bywają jednak również w postaci koła z zaznaczonym miejscem „niedomykania się” systemu (wilcza kwinta)



Rys. 35. System mezotoniczny w postaci spirali.

Spirala umożliwia w przedstawionym powyżej przypadku również graficzną wizualizację sytuacji, w której dopuszczamy możliwość większej ilości dźwięków w oktawie. Przekładając to na konstrukcję klawiatury potrzebować będziemy również większej ilości klawiszy; w danym wypadku osobnych klawiszy dla As/Gis, Es/Dis, B/Ais.



Zdj. 1. Klawesyn z dzielonymi klawiszami dis/es, gis/as i ais/b.

²⁴ ang. *circular temperaments*

²⁵ Zakłada to oczywiście dokonanie wyboru najbardziej potrzebnych dźwięków i rezygnację z innych.

W pracach teoretycznych najczęściej spotykany jest sposób tabelarycznego przedstawienia proporcji. Każdemu dźwiękowi przypisana jest proporcja w odniesieniu do dźwięku podstawowego oraz do sąsiedniego. Często wprowadza się wartości w centach, dla zobrazowania wielkości interwałów:

1	C	9/8	D	10/9	E	16/15	F	9/8	G	10/9	A	9/8	H	16/15	C
2	1		9/8		5/4		4/3		3/2		5/3		15/8		2
3	264		297		330		352		396		440		495		528
4		204		182		112		204		182		204		112	

Rys. 36. Skala naturalna diatoniczna w postaci tabelarycznej.

Wiersz 1: kolejne dźwięki skali wraz z proporcjami powstałymi pomiędzy nimi.

Wiersz 2: proporcje w stosunku do wyjściowego dźwięku skali.

Wiersz 3: przykładowe częstotliwości wyrażone w hercach.

Wiersz 4: odległości pomiędzy dźwiękami wyrażone w centach.

Inny sposób polega na podaniu odchyłeń od systemu równomiernie temperowanego, który w czasach współczesnych ma znaczenie normatywne. Każdy półton podzielony jest w nim na 100 centów. Inne systemy można zatem przedstawić podając dla każdego dźwięku wartość odchyłeń ilości centów w stosunku do systemu równomiernie temperowanego. Bardzo dokładne wyniki uzyskać można podając wartość z dokładnością do dziesiątej lub nawet do setnej centa. Za pomocą korekcji centów możliwe jest np. strojenie instrumentów elektronicznych. Jeśli urządzenie czy oprogramowanie na to pozwala, można bardzo łatwo stworzyć własną skalę lub skopiować inną, wprowadzając odpowiednie wartości odchyłeń w centach.

c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	b	h
0,0	-14,3	-5,1	+5,7	-9,2	+2,1	-12,4	-3,4	-17,4	-7,9	+3,1	-11,5

Rys. 37. System mezotoniczny przedstawiony w postaci tabelarycznej. W wierszu drugim przedstawione zostały wartości odchyłeń od stroju równomiernie temperowanego.

Notacja „wielopoziomowa” stosowana jest natomiast w przypadku tzw. „systemów wybiórczych” zawierających pewną ilość czystych akustycznie kwint i czystych akustycznie tercji wielkich. Poszczególne poziomy przesunięte są w stosunku do siebie o wartość komatu (syntonicznego).²⁶

26 ang. *just intonation*

	Cis ⁻²	Gis ⁻²	...	
	A ⁻¹	E ⁻¹	H ⁻¹	Fis ⁻¹
F ⁰	C ⁰	G ⁰	D ⁰	
...		Es ⁺¹	B ⁺¹	

Rys. 38. Strój naturalny (*just intonation*) z zakresem dźwięków Es-Gis przedstawiony w postaci notacji "wielopoziomowej".

Indeks ⁰ oznacza, że dźwięk nie jest modyfikowany, tzn. zostaje uzyskany na podstawie interwału czystego. Indeks ⁻¹ oznacza że dźwięk został obniżony (lub ⁺¹ – podwyższony) o wartość komatu syntonicznego. Notacja ta ułatwia szybką identyfikację współbrzmień czystych oraz sprawdzenie jakości tercji durowych i molowych. Na przykład w zestawie: C⁰-E⁻¹-G⁰, E – musi być mniejsze niż w systemie pitagorejskim o cały komat (dlatego ⁻¹) po to, aby utworzyć czystą tercję do dźwięku C i czystą tercję małą do dźwięku G. Z kolei w akordzie C⁰-Es⁺¹-G⁰, Es musi być o komat syntoniczny wyższe niż w intonacji pitagorejskiej (dlatego: ⁺¹). Możemy też zaobserwować, że D nie posiada ani czystej tercji małej, ani kwinty (leżącej powyżej). Dysonansami są tu: D⁰-F⁰ i D⁰-A⁻¹. Ponadto; mamy tu dwa rodzaje całych tonów: wielki (np. C⁰-D⁰=9/8) i mały (np. D⁰-E⁻¹ = 10/9). Niektóre całe tony powstają przez dodanie dwóch czystych kwint (C-G-D) a niektóre zawierają jedną kwintę zmniejszoną o komat (D⁰-A⁻¹-E⁻¹).²⁷

²⁷ Przykład wraz z wyjaśnieniem zaczerpnięty z: Barbieri Patrizio: *Enharmonic Instruments and Music 1470-1900*, 2008.

CZĘŚĆ II

Budujemy skale dźwiękowe

MAREK PILCH, MAREK TOPOROWSKI

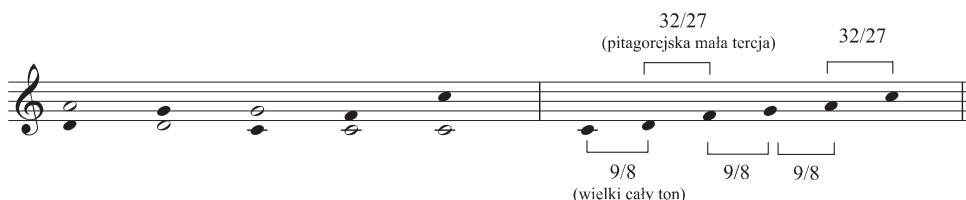
Systemy dźwiękowe europejskiej muzyki artystycznej możemy podzielić na takie, które oparte są na skalach budowanych bez potrzeby temperacji interwałów oraz takie, w których temperacja jest potrzebna. Skale należące do pierwszej grupy stanowią punkt wyjścia dla konstruowania temperacji w ścisłym znaczeniu tego słowa. Konieczność temperacji wynika zresztą bezpośrednio z ograniczeń związanych ze szczególnymi właściwościami skal pitagorejskiej i naturalnej. Stąd poświęcamy im w naszej pracy stosunkowo dużo uwagi.

Do praktycznej realizacji takich systemów możemy przystąpić zaraz po opanowaniu umiejętności strojenia czystych akustycznie oktav, kwint, kwart i tercji wielkich.

System pitagorejski²⁸

System ten utworzymy za pomocą jednego tylko interwału: kwinty czystej.

Począwszy od dźwięku a' stroimy szereg czterech kwint czystych: a'-d'-g'-c'-f'. Na koniec uzupełnimy jeszcze dźwięk c". Otrzymujemy skalę zwaną p e n t a t o - n i k ą a n h e m i t o n i c z n ą (bezpółtonową).



Rys. 39. Pentatonika. Skala pięciostopniowa powstała po nastrojeniu czterech czystych kwint.

Skalę tą znamy dziś z układu „czarnych klawiszy” fortepianowych, co jest jednak pewnym uproszczeniem ponieważ rzeczywista struktura interwałów różni się trochę od tej, z którą mamy do czynienia we współczesnej równomiernej temperacji. Skala ta posiada 5 stopni i tylko dwa rodzaje interwałów: wielkie całe tony: C-D, F-G, G-A (w proporcji 9/8) oraz małą tercję pitagorejską (w proporcji 32/27).

C	9/8	D	32/27	F	9/8	G	9/8	A	32/27	C
1		9/8		4/3		3/2		27/16		2
0		203,9		498,0		702,0		905,9		1200,0

Rys. 40. Schemat pentatonicznej skali pitagorejskiej. Wiersz 1: kolejne dźwięki i proporcje powstałe pomiędzy nimi. Wiersz 2: proporcje powstałe w stosunku do dźwięku podstawowego (C), Wiersz 3: miary w centach, w stosunku do dźwięku podstawowego.

²⁸ Wykorzystano informacje zawarte w nast.: publikacjach: <http://www.medieval.org/emfaq/harmony/pyth.html>, Patrizio Barbieri, *Enharmonic Instruments and Music 1470-1900*, 2008.

Jeśli do powyższego rzędu kwint dodamy dwie kolejne (dźwięki: E-H), otrzymamy pitagorską siedmiostopniową skalę diatoniczną: h e p t a t o n i k ę. Przykładowy sposób postępowania:

począwszy od dźwięku a' stroimy cztery kwinty czyste w dół koła kwintowego, następnie dwie kwinty w górę koła:



Rys. 41. Heptatonika. Skala powstała z nastrojenia sześciu kwint czystych. Skala ta składa się z siedmiu dźwięków i kolejno tworzy tylko dwa typy interwałów: cały ton ($9/8$) oraz pitagorejski diatoniczny półton $256/243$ ($=90,2$ centy). Ponadto powstają pitagorejskie tercje wielkie zwane „ditonos” (dwa całe tony).

C	$9/8$	D	$9/8$	E	$256/243$	F	$9/8$	G	$9/8$	A	$32/27$	H	$256/243$	C
1		$9/8$		$81/64$		$4/3$		$3/2$		$27/16$		$243/128$		2
0		203,9		407,8		498,0		702,0		905,9		1109,8		1200,0

Rys. 42. Heptatonika pitagorejska przedstawiona w postaci tabeli. Pokazuje proporcje interwałów pomiędzy kolejnymi dźwiękami, w odniesieniu do dźwięku podstawowego (C) oraz wielkości interwałów w centach – liczone do dźwięku podstawowego.

Charakterystyczne cechy tej skali:

- kwinty czyste
- wielkie całe tony
- pitagorejski diatoniczny półton
- wielka tercja pitagorejska ($81/64$)

Ćwiczenie

Nastroić dźwięki skali diatonicznej według rys. 41, a następnie rozszerzyć skalę o kilka dźwięków strojąc czyste oktawy (do dźwięków, którymi już dysponujemy) tak, aby otrzymać zasób dźwięków g-f² (potrzebny do wykonania prostych melodii).

Ćwiczenie



Rys. 43. Diatoniczna skala pitagorejska (heptatonia). Kolejność strojenia dźwięków w zakresie $g-f^2$

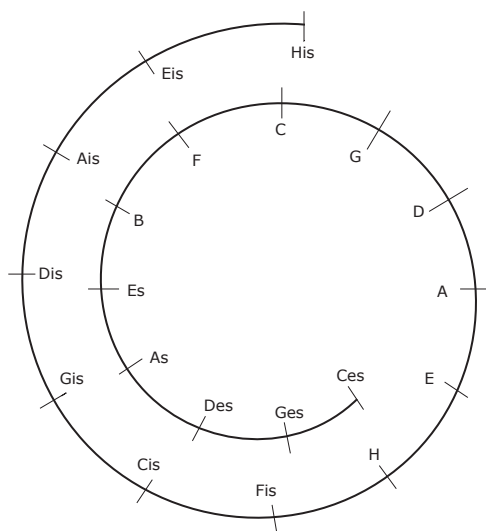
Otrzymujemy zakres dźwięków wystarczający do wykonania chorału gregoriańskiego i prostych melodii modalnych.

CD 1 – 9

Charakterystyka skali pitagorejskiej.

System modalny stopniowo uzupełniany był o dźwięki chromatyczne. Dźwięki te można uzyskiwać na różne sposoby. Najprostszym jest dodawanie kolejnych kwint. W ten sposób otrzymujemy tzw. p i t a g o r e j s k ą s k a ł ę c h r o m a t y c z n ą²⁹. Do istniejącego szeregu diatonicznego dodajemy kolejnych pięć kwint. Możemy to zrobić „w dół” koła kwintowego lub „w górę”. W zależności od kierunku dodawania kwint otrzymamy skalę z krzyżykami lub bemolami:

Ces Ges Des As Es B F C G D A E H Fis Cis Gis Dis Ais Eis His



Rys. 44. Spirala – niedomknięte koło kwintowe, ilustruje połączone pitagorejskie skale chromatyczne. Dźwięki chromatyczne występują tu zarówno w postaci krzyżkowej jak i bemolowej.

²⁹ Por. Tabela interwałów, rys. 50

Półtony powstałe pomiędzy dźwiękami np. Fis-G czy Cis-D mają tę samą wielkość co znane nam już półtony powstałe pomiędzy E-F i H-C. Półton taki – łączący dwa dźwięki o różnej nazwie – to półton diatoniczny (l i m m a). Półtony powstałe przez podwyższenie lub obniżenie tego samego dźwięku to półtony chromatyczne (a p o t o m e) np. D-Des, G-Gis itp. Gdy połączymy obie skale uzyskamy również interwał enharmoniczny równy komatowi pitagorejskiemu np. Cis-Des.

Warto zauważyć, że w omawianym przypadku Cis leży wyżej niż Des (w systemie mezotonicznym zależność ta będzie odwrotna!).

W większości systemów tonowych istnieje różnica między półtonami diatonicznymi i chromatycznymi. W temperacji pitagorejskiej półtony chromatyczne są większe od diatonicznych; w średnionowej (mezotonicznej) odwrotnie. Tylko w systemie równomiernie temperowanym półtony są równe.

Co ciekawe, w takim systemie osiągnęte przez nas „kwarty zmniejszone” mają wybitnie konsonansowy charakter i są bardzo bliskie wielkim tercjom czystym!³⁰ Aby skorzystać z wszystkich dźwięków tego systemu potrzebny byłby jednak instrument z podziałem oktawy na 20 części.

Mając do dyspozycji tradycyjną klawiaturę 12 tonową, pitagorejską skalę chromatyczną możemy zrealizować tylko częściowo – rezygnując z niektórych dźwięków. Tradycyjnie więc stroimy następujące kwinty:

Es B F C G D A E H Fis Cis Gis

Choć tak naprawdę nie dokonujemy temperacji to wartości użytkowe takiego systemu możemy rozpatrywać w podobny sposób do analizy innych właściwych dla instrumentów o ograniczonej ilości dźwięków w oktawie systemów. Charakterystyczne dla omawianego systemu są szerokie tercje tzw. tercje pitagorejskie (to te, które osiągamy poprzez nastrojenie czterech czystych kwint). Tercja używana w stroju równomiernie temperowanym ma 400 centów, akustycznie czysta 386,3, zaś pitagorejska aż 408 centów!

Paradoksalnie to właśnie cztery „kwarty zmniejszone” są stosunkowo bliskie tercjom naturalnym (ok. 386 centów) – 384,4 centy.³¹ Napotykamy tu, jak widać, na swojego rodzaju problem terminologiczny!

Istotną decyzją wpływającą na to, na jakich dźwiękach uzyskamy takie interwały jest wybór kwinty, którą pozostawimy jako wilczą. W pierwotnym układzie komat umieszczano na kwincie Es-Gis, co powodowało powstanie konsonansowych tercji między dźwiękami H-Es, Fis-B, Cis-F, Gis-C.

³⁰ W dalszym ciągu pracy nazywać je będziemy tercjami.

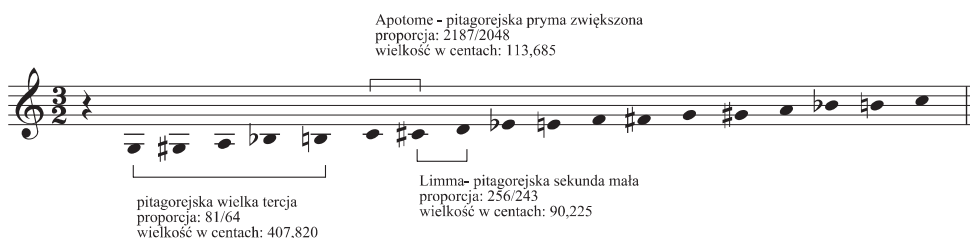
³¹ Warto dokonać porównania ze strojem mezotonicznym, w którym to właśnie kwarty zmniejszone są dysonansowe, a tercje wielkie czyste.

Strojenie pełnej pitagorejskiej skali chromatycznej:

1. Stroimy szereg czystych kwint leżących pomiędzy dźwiękami A-Es w dół koła kwintowego, uzupełniając odpowiednio oktawy tak, aby zyskać wybrany zasób dźwięków (w tym przypadku g-c").
2. Stroimy szereg czystych kwint w górę koła: A-Cis.



Rys. 45. Sposób strojenia pitagorejskiej skali chromatycznej Es-Gis. Zakres dźwięków: g-c”.



Rys. 46. Pitagorejska skala chromatyczna. Zaznaczone wybrane charakterystyczne interwały.

Użycie pitagorejskiego systemu strojenia nadaje wykonywanym utworom z kręgu muzyki średniowiecznej niezmiernie ciekawy i egzotyczny koloryt, co doskonale widać w przykładach dźwiękowych.

Benedicamus Domino

Anonim ca. 1300

6

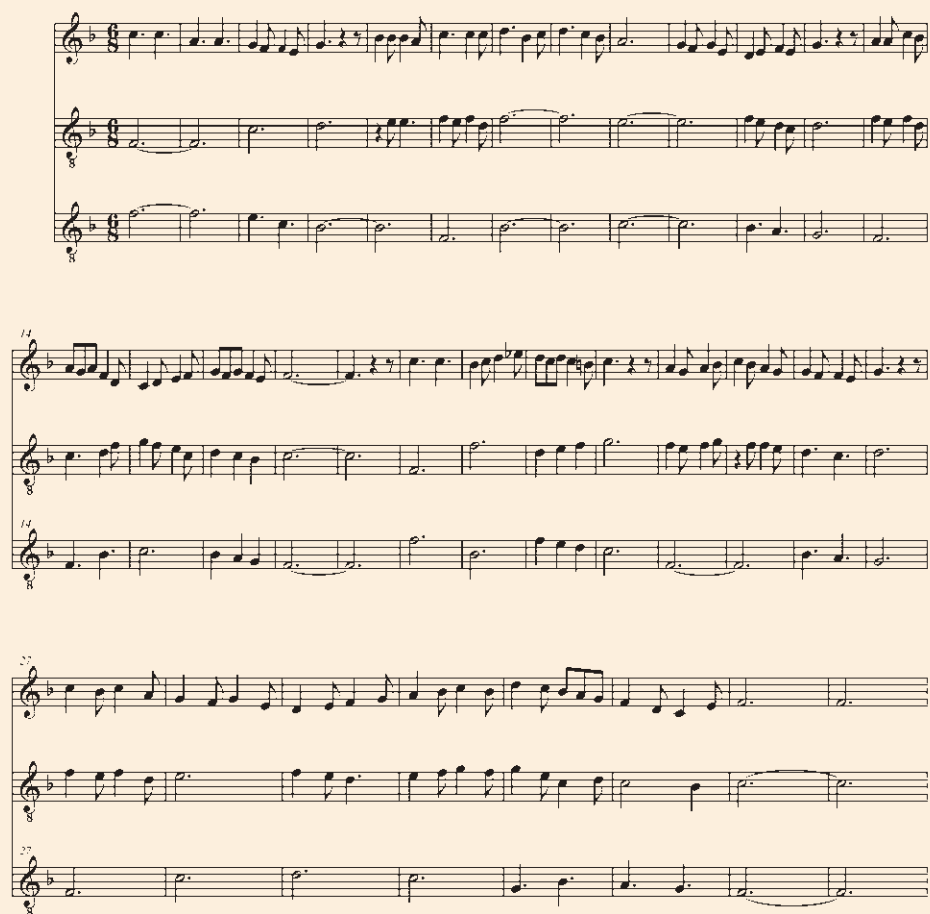
11

17

Przykł. nut. 1. *Benedicamus Domino* – dwugłosowe organum oparte na kwintach, kwartach i tercjach.

Dodatkowo – dla oswojenia się ze specyficznym kolorytem pitagorejskiego systemu strojenia proponujemy utwór nagrany na szpiniecie.

 CD 1 – 11



The musical score is presented in three systems, each consisting of three staves. The first system (measures 1-13) is followed by a second system (measures 14-26) and a third system (measures 27-39). The notation includes various note values, rests, and bar lines, with measure numbers 14, 14, and 27 indicated at the start of the second, third, and fourth systems respectively.

Przykł. nut. 2. Anon. – *Cracovia civitas*

Tabela zawierająca wybrane interwały systemu pitagorejskiego³². Informacje z kolumny piątej (sposób tworzenia) można wykorzystać w celu ćwiczenia.

Interwał	W odniesieniu do dźwięku C	Stosunek częstotliwości	Miara w centach	Sposób tworzenia	Nazwa interwału
Cis-Des	Deses	524288/531441	-23,460	-12kw+7ok	pitagorejska zmniejszona sekunda – komat pitagorejski
E-F	Des	256/243	90,225	-5kw+3ok	limma = pitagorejska sekunda mała
C-Cis	Cis	2187/2048	113,685	7kw-4ok	apotome = pitagorejska zwiększona pryma
Cis-Es	Eses	65536/59049	180,450	-10kw+6ok	pitagorejska tercja zmniejszona
C-D	D	9/8	203,910	2kw-ok	duży cały ton = pitagorejska sekunda
D-F	Es	32/27	294,135	-3kw+2ok	pitagorejska tercja mała
C-E	E	81/64	407,820	4kw-2ok	ditonos = pitagorejska tercja wielka
C-F	F	4/3	498,045	-kw+ok	kwarta
C-G	G	3/2	701,955	kw	kwinta

Rys. 47. Wybrane interwały systemu pitagorejskiego

Ćwiczenie

Tworzenie wybranych interwałów systemu pitagorejskiego.

Celem ćwiczenia jest wyrobienie sprawności strojenia interwałów oraz ich analiza słuchowa.

Korzystając z tabeli interwałów (rys. 47 i 53) można stroić wybrane interwały systemu pitagorejskiego.

Każdy interwał można przedstawić jako sumę lub różnicę dwóch podstawowych interwałów: kwinty (kw) i oktawy (ok). Kolumna piąta (sposoby tworzenia interwału) pokazuje jak uzyskać dany interwał. Strojąc szereg kwint, należy skorzystać z opisanej wyżej metody zamiany kwinty na kwartę. Aby nastroić np. *apotome* (tzn. pitagorejski półton chromatyczny) od dźwięku C, postępujemy w następujący sposób:

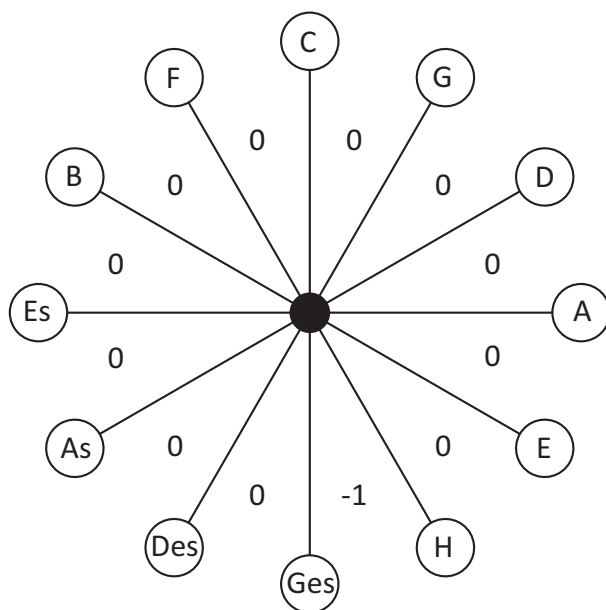


Rys. 48. Przykład praktycznej realizacji interwału *apotome* (7kw-4ok).

32 Pełna lista interwałów: [http://de.wikipedia.org/wiki/Tonstruktur_\(mathematische_Beschreibung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Tonstruktur_(mathematische_Beschreibung)) lub http://kilchb.de/muslekt_intervalle.html

Pitagorejski strój naturalny

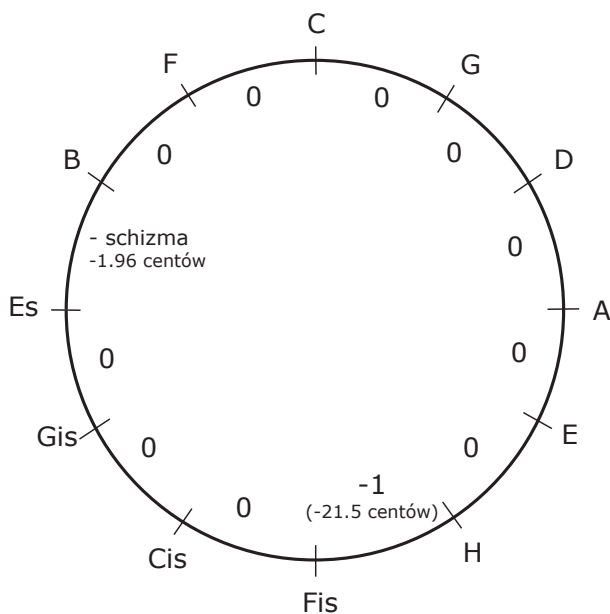
W opisywanym przez nas pierwotnym układzie temperacji pitagorejskiej (ograniczonej do 12 dźwięków w ramach oktawy) dobrze brzmiące tercje³³ umieszczano na dźwiękach: H, Fis, Cis i Gis (wynika to z umiejscowienia wilczej kwinty pomiędzy dźwiękami Es-Gis). Teoretycznie miejsce wilczej kwinty może być jednak dowolne. Od początku XV wieku wilczą kwintę umieszczano chętniej pomiędzy H-Fis lub D-A czy D-G. Przesunięcie wilczej kwinty powoduje również przesunięcie „dobrych” tercji bliżej środka koła kwintowego. Dla najbardziej typowego układu z wilczą kwintą na dźwiękach H-Fis (H-Ges) dobrej jakości tercje powstaną na dźwiękach: A, H, D, E. Grając w tak ułożonym stroju pitagorejskim można oprócz charakterystycznych czystych kwint eksponować właśnie te „dobre” tercje.



Rys. 49. Temperacja pitagorejska jako „koło kwintowe” z wilczą kwintą umieszczoną między dźwiękami H-Fis (Ges).

³³ Jak pamiętamy, w systemie pitagorejskim są to kwarty zmniejszone.

Interesującą modyfikację odnajdziemy u hiszpańskiego teoretyka Ramosa de Pareja (1482)³⁴, który postuluje umieszczenie wilczej kwinty na dźwiękach G-D. Różnica pomiędzy systemem pitagorejskim a pitagorejskim strojem naturalnym polega tu jednak nie tylko na przesunięciu wilczej kwinty, ale i na nastrojeniu „dobrych” tercji wielkich jako realnie akustycznie czystych, co oznacza dokonanie podziału komatu syntonicznego zamiast pitagorejskiego.



Rys. 50. Pitagorejski strój naturalny przedstawiony za pomocą koła kwintowego.



Rys. 51. Sposób realizacji pitagorejskiego stroju naturalnego.

Kolejne etapy:

1. Strojenie kwint czystych leżących między B-H (7 kwint)
2. Czysta tercja D-Fis
3. Strojenie czystych kwint leżących między Fis-Dis (Es)

34 za: Veroli, op. cit., str. 51-53

CD 1 – 12 Anonim XVw. – Chwała Tobie Gospodzinie

Przykład nagrany w pitagorejskiej skali naturalnej z komatem umieszczonym między Es-Gis. Sama wilcza kwinta nie występuje, jednak wszystkie trójdźwięki oparte są o tercje pitagorejskie.

CD 1 – 13

Wersja z komatem umieszczonym na kwincie D-A.

Tu wilcza kwinta d-a pojawia się w taktach 6 i 9 (w głosach dolnych). Jednak akordy C-dur, F-dur i G-dur słyszymy w wersji akustycznie czystej.

Chwała tobie, Gospodzinie

Autor nieznany
ca 1452



Przykł. nut. 3. Chwała Tobie Gospodzinie³⁵

35 Zachowana w rkp. Biblioteki Kórnickiej pieśń powstała prawdopodobnie przed rokiem 1452.

W pitagorejskim systemie strojenia (patrz: poprzedni rozdział) wyrażona stosunkiem liczbowym 81:64 tercja jest bardzo szeroka i ma wyraźnie dysonujący charakter.

Czysta akustycznie tercja wielka wyraża się natomiast stosunkiem liczbowym 5:4³⁶.

O ile skala pitagorejska tworzona była za pomocą jedynie kwinty czystej, o tyle w tworzeniu skali naturalnej uwzględniamy również inne czyste interwały (m.in., a może przede wszystkim wspomnianą czystą akustycznie tercję wielką). Co więcej: jest to skala zbudowana w oparciu również o przewroty wyżej wymienionych interwałów. Mamy tu zatem : tercję C-E, kwartę C-F, kwintę C-G, sekstę C-A. Zgodnie z zasadą komplementarności interwałów czyste będą również tercje małe E-G i A-C. Problem pojawia się jednak w wypadku dźwięków D i H. Można to doskonale sprawdzić doświadczalnie strojąc D do G (nie stroi z A) i D do A (nie stroi do A). Potrzebujemy zatem dwóch dźwięków D! Dalsze konstruowanie interwałów czystych powoduje podobne problemy.³⁷

Praktyczna realizacja podstawowej wersji skali naturalnej wygląda następująco: począwszy od dźwięku c' każdy kolejny dźwięk osiągnany jest bądź za pomocą tercji, bądź kwinty czystej (lub ich przewrotów).

Sposób tworzenia skali naturalnej

I II III lub: III

5/4 4/3 3/2 2/1 5/4 5/4 (3/2 + 3/2 - 2/1) lub: (3/2 - 4/3) = 9/8

Rys. 52. Skala naturalna

³⁶ Przypominamy, że chodzi tu o stosunek długości strun, piszczałek bądź dwóch częstotliwości dźwięków.

³⁷ Dobrze przedstawienie tego problemu czytelnik znajdzie w: Arthur H. Benade – *Fundamentals of Musical Acoustics, Second Revised Edition*, New York 1990

Proces strojenia w kolejnych krokach:

1. E, F, G i C stroimy do dźwięku wyjściowego
2. dźwięki A i H stroimy do już nastrojonych (F i G)
3. dźwięk D otrzymujemy za pomocą dodania dwóch kwint i odjęcia oktawy lub za pomocą odjęcia kwarty od kwinty C-G.

Przy nastrojeniu D do G otrzymujemy skalę z 5 kwintami czystymi (3:2, 702 centy), kwinta D-A jest mniejsza (40:27, 680 centów).

Diatoniczna skala naturalna zawiera trzy rodzaje kroków interwałowych: duży cały ton (9:8, 204 centy), mały cały ton (10:9, 182 centy) oraz duży półton (16:15, 112 centów).³⁸ To ostatnie zjawisko istotne jest dla zrozumienia wielu zagadnień związanych z ogólnie rozumianą intonacją.

Jeżeli czystą akustycznie wielką tercję podzielilibyśmy na 2 równe całe tony – otrzymamy dwa uśrednione kroki po ok. 193 centy. To zasada konstrukcji omawianego później (i kluczowego dla proponowanej przez nas metody uwrażliwiania słuchu) stroju mezotonicznego.

Jeśli równomiernego podziału całych tonów dokonamy natomiast w ramach oktawy otrzymamy półtony o wielkości 100 centów i całe tony o wielkości 200 centów. Taka jest zasada współcześnie stosowanego stroju równomiernie temperowanego.

Usłyszenie akordu durowego zbudowanego wyłącznie z czystych kwint i tercji jest doświadczeniem niemalże mistycznym. Subiektywny odbiór i ocena muzycznej przydatności takiego akordu może być jednak różna; dla większości uprawianej przez nas obecnie muzyki kolor taki może okazać się po prostu monotony i nużący. Natomiast we wcześniejszej muzyce – średniowiecza i renesansu – strój taki znajdzie zastosowanie.

Niewątpliwie jest to jednak również ważne i cenne doświadczenie słuchowe, istotne szczególnie na początku zdobywania kompetencji w zakresie strojenia.

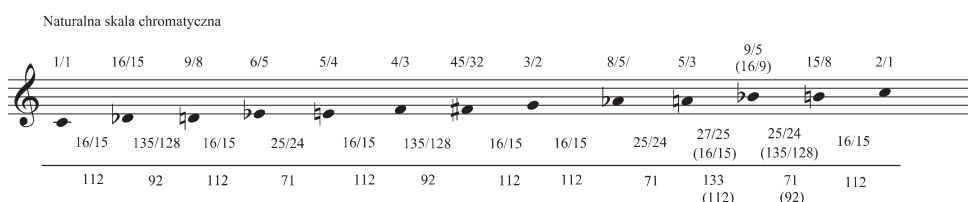
Zrealizowaną przez nas diatoniczną skalę naturalną możemy uzupełnić do postaci chromatycznej za pomocą czystych akustycznie wielkich i małych tercji:

38 W skali pitagorejskiej mamy dwa całe tony 9:8 dające w rezultacie tercję pitagorską 81:64.



Rys. 53. Sposób uzupełnienia skali naturalnej o dźwięki chromatyczne.

Utworzona została jedna z wersji skal chromatycznych. Możliwe są też inne rozwiązania, ponieważ dźwięki chromatyczne można uzyskać na różne sposoby. Można np. klawisz Cis/Des nadać nie jako tercję czystą do dźwięku F, lecz jako tercję czystą do dźwięku A. Otrzymamy wówczas dźwięk Cis. Również w skali naturalnej Cis i Des będą dźwiękami o różnej wysokości. Do realizacji rozszerzonej w ten sposób skali naturalnej potrzebny jest również instrument z większą niż 12 liczbą klawiszy w oktawie.



Rys. 54. Skala naturalna zrealizowana na tradycyjnej dwunastodźwiękowej klawiaturze. Proporcje znajdujące się nad pięciolinia oznaczają relację do dźwięku wyjściowego (c'). Pod pięciolinia, pomiędzy dźwiękami pokazane zostały proporcje w odniesieniu do dźwięku sąsiedniego a poniżej wielkość tych relacji wyrażona w centach.

Charakterystyka skali:

- czyste akordy durowe zbudowane na stopniach I, IV i V
- wilcza kwinta D-A
- bardzo charakterystyczna gama chromatyczna.

CD 1 – 14 Demonstracja dźwiękowa skali naturalnej.

Poniżej zamieszczone zostało zestawienie wybranych interwałów skali naturalnej³⁹. Niektóre dźwięki są tu obniżone lub podwyższone w stosunku do skali pitagorej-skiej o cały komat syntoniczny⁴⁰. Dźwięki obniżone, oznaczone zostały w następu-jący sposób: dźwięk [x] obniżony = [,x]; dźwięk podwyższony = [ˈx]. Wystąpią też

³⁹ Pełna lista interwałów: [http://de.wikipedia.org/wiki/Tonstruktur_\(mathematische_Beschreibung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Tonstruktur_(mathematische_Beschreibung)) lub http://kilchb.de/muslekt_intervalle.html

⁴⁰ Patrz rozdział 5: Rodzaje komatów.

dźwięki zmienione o dwa [°x] i trzy [°°x] komaty. Każdy interwał można przedstawić jako sumę trzech podstawowych interwałów: kwinty (kw), tercji wielkiej (t) i oktawy (ok).

Interwał	W odniesieniu do dźwięku C	Stosunek częstotliwości	Miara w centach	Sposób tworzenia	Nazwa interwału
Des-,Cis	„HIS	32805/32768	1,954	t+8kw-5ok	schizma – septyma mała zwiększona – oktawa,
„Cis-°Des	°Deses	2048/2025	19,553	-2t-4kw+3ok	diaschisma – (mniejsza) zmniejszona sekunda,
„Dis-°Es	°°Deses	128/125	41,059	-3t+ok	mała diesis (większa) zmniejszona sekunda,
D-„Dis	„Cis	25/24	70,672	2t-kw	mała chroma, (mniejsza) zwiększona pryma, mały chromatyczny półton
C-,Cis	„Cis	135/128	92,179	t+3kw-2ok	duża chroma, (większa) zwiększona pryma, duży chromatyczny półton
„E-F	°Des	16/15	111,731	-t-kw+ok	sekunda mała, półton diatoniczny
„A-°B	°Des	27/25	133,238	-2t+3kw-ok	wielka limma, (większa) sekunda mała
°Des-„Dis	„„Cisis	1125/1024	162,851	3t+2kw-2ok	podwójnie zwiększona pryma
D-,E	„D	10/9	182,404	t-2kw+ok	mały cały ton
C-D	D	9/8	203,910	2kw-ok	duży cały ton = pitagorejski cały ton
„E-°Ges	°Eses	256/225	223,463	-2t-2kw+2ok	(mniejsza) zmniejszona tercja
„Gis-°B	°°Eses	144/125	244,969	-3t+2kw	(większa) zmniejszona tercja
C-„Dis	„Dis	75/64	274,582	2t+kw-ok	sekunda zwiększona
D-F	Es	32/27	294,135	-3kw+2ok	pitagorejska tercja mała (nieczysta tercja II. Stopnia)
C-°Es	°Es	6/5	315,641	-t+kw	tercja mała

Rys. 55. Wybrane interwały skali naturalnej

Różne koncepcje skali naturalnej. Systemy wybiórcze.

Skala naturalna, lub systemy zbudowane w oparciu o nią zwane były: *just intonation* lub *pure tuning* (ang.), *reine Stimmung* (niem.), *gamme naturelle* (fr.). Spotkamy też określenie: system ptolemejski.

Literatura przedmiotu nieco komplikuje rozumienie pojęcia *just intonation*, ponieważ w ten sam sposób nazywane są zarówno koncepcje realizacji systemu dźwiękowego, jak i praktyka, czy wręcz pewna „ideologia” intonacji. Pod terminem *just intonation* czy *strój naturalny* autorzy mogą więc rozumieć różne zjawiska zakładające częściową tylko realizację ideału akordów zawierających wyłącznie czyste interwały.

Muzyka wykonywana na instrumentach o zmiennej wysokości dźwięków (zespół śpiewaków czy instrumentów smyczkowych) teoretycznie może wykorzystywać wyłącznie interwały czyste. Jednak kształtowana w ten sposób intonacja spowoduje, że po kilku krokach harmonicznym znajdziemy się w innej tonacji. Efekt ten ma zgrabną i obrazową nazwę angielską: *pitch shift*. Jednym z często przywoływanych przykładów jest pochod: C-G-D-A-E-C. Taką sekwencję zawierającą wyłącznie naturalne akordy (z czystymi tercjami wielkimi i kwintami) możemy wygenerować komputerowo bądź posłużyć się dwiema klawiaturami klawesynu. W wypadku konsekwentnego utrzymania akustycznej czystości tercji i kwint otrzymujemy w konsekwencji zmianę punktu odniesienia tj. wyjściowego C (położone wyżej niż początkowe).



Rys. 56. „Pitch shift”



CD 1 – 15 Pitch shift

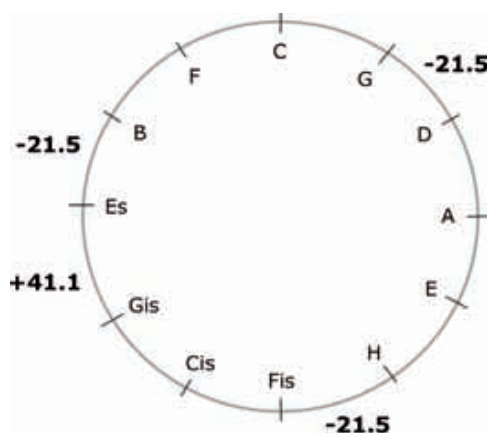
Wskazane jest porównanie realizacji w stroju naturalnym z realizacją w stroju mezotonicznym, gdzie poświęcając (tzn. pomniejszając) kwinty udaje nam się zachować jakość tercji oraz stały punkt odniesienia.

Systemy wybiórcze

W praktyce strojenia instrumentów klawiszowych możemy zbudować – wzorem teoretyków XV wieku (Hugo z Reutlingen, Bartolomeo Ramis de Pareja) – kilka serii czystych kwint połączonych ze sobą interwałem tercji czystej. System taki określany przez Duponta mianem „systemu wybiórczego”⁴¹ nie zamknie się jednak w kole kwintowym. W standardowej wersji tego systemu osiągnąć to poprzez ułożenie kolejnych kwint w grupy składające się z czterech. Każda czwarta kwinta w grupie zmniejszona była o komat syntoniczny, czyli 21.5 centa. W ten sposób w systemie uzyskano 8 tercji czystych. Niestety powstałe nieczyste kwinty były całkowicie bezużyteczne tak, że niemożliwa stała się nawet najprostsza modulacja. System był zatem niepraktyczny. Poniższe koło kwintowe pokazuje wybiórczy strój naturalny z wilczymi kwintami umiejscowionymi na kwintach: G-D, H-Fis, B-Es. Wersja dla skali dwunastodźwiękowej wygląda następująco:

	Fis ⁻¹	C ^{#-1}	G ^{#-1}	
D ⁰		A ⁰	E ⁰	H ⁰
B ^{b+1}	F ⁺¹	C ⁺¹	G ⁺¹	
...			E ^{b+2}	

Rys. 57. Strój naturalny w notacji poziomej. Wersja dla skali 12-dźwiękowej. Dźwięki umieszczone w jednym rzędzie strojone są czystymi kwintami. Tercje „na skos” są czyste akustycznie. Użyte trójkąty np. B-D-F; czy F-A-C to właśnie „doskonałe” akordy zawierające wyłącznie czyste akustycznie interwały. Widzimy jednak, że w systemie tym problematyczna jest kwinta G-D!



Rys. 58. Strój naturalny jako koło kwintowe.

⁴¹ *Auswahlssystem*

Dla potrzeb niniejszego podręcznika wybraliśmy anonimowy XV-wieczny utwór *Angelus ad virginem*. W realizacji warto zwrócić uwagę na zastosowany w trzech *clausulae* wysoko położony niezmiernie ekspresyjny *tonus fictus* cis i porównać go z kadencją z wykorzystaniem dźwięku h (tu z kolei mamy do czynienia z czystą tercją). Godny uwagi przez swoje piękno brzmieniowe jest również pochodz czystych akordów w takcie 7.

CD 1 – 16

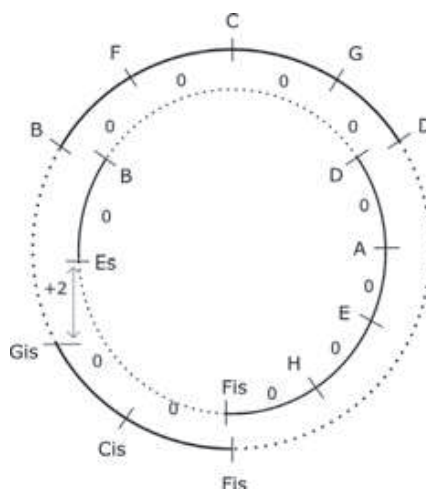
Przykł. nut. 4. Anon. *Angelus ad virginem*

Jednym ze sposobów obejścia tego problemu było dodanie dodatkowych dźwięków w oktawie. Propozycje realizacji tego rodzaju systemów różniły się w zależności od tego, gdzie wilcze kwinty zostały umieszczone. Jednym z pierwszych autorów proponujących zastosowanie dźwięków uzupełniających był Lodovico Fogliano (*Musica theoretica*, 1529). Wilcze kwinty (Es-B, G-D i B-Fis) zniwelowane zostały za pomocą dźwięków podwójnych: H, D, Fis. W ten sposób możliwe było tworzenie czystych kwint, a tym samym molowych i durowych triad.

	Fis ⁻¹	C# ⁻¹	G# ⁻¹	
D ⁰	A ⁰	E ⁰	H ⁰	F# ⁰
B $\flat$ ⁺¹	F ⁺¹	C ⁺¹	G ⁺¹	D ⁺¹
...		E $\flat$ ⁺²	B $\flat$ ⁺²	

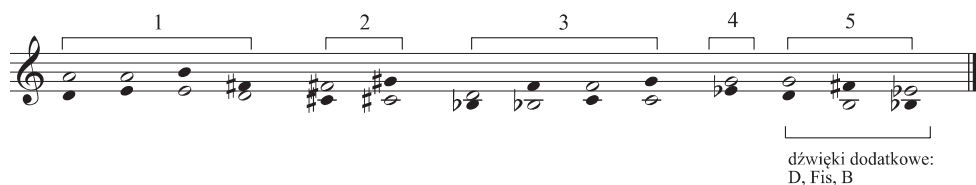
Rys. 59. Schemat systemu *just intonation* (wg Fogliano) w postaci notacji wielopoziomowej.

System ten posiada 15 dźwięków. Jego realizacja na instrumencie klawiszowym wymaga podwójnych klawiszy: B, D, Fis.



Rys. 60. Schemat systemu *just intonation* (wg Fogliano) z piętnastoma dźwiękami w oktawie.

Realizacja takiego systemu wydaje się abstrakcyjna z punktu widzenia jego przydatności w praktyce wykonawczej. Bardzo ciekawym doświadczeniem jest jednak wykonywanie w ten sposób nieskomplikowanych struktur harmoniczych np. czterogłosowych chorałów. Doświadczenie takie można wykonać posiadając klawesyn z dzielonymi klawiszami chromatycznymi lub wykorzystując drugi manual standardowego klawesynu.



Rys. 61. Propozycja realizacji *just intonation* w pięciu etapach:

- Począwszy od dźwięku a' stroimy trzy kwinty czyste: A-D, A-E, E-H, oraz tercję czystą D-Fis.
- Stroimy kwinty czyste: Fis-Cis, Cis-Gis
- Stroimy tercję czystą D-B oraz kwinty: B-F, F-C, C-G
- Stroimy tercję czystą: G-Es
- Dźwięki dodatkowe (D, B, Fis) stroimy bądź na drugim manuale klawesynu, bądź za pomocą dzielonych klawiszy (w wypadku dysponowania takim instrumentem), bądź przestrajając dźwięki sąsiednie.

🎵 CD 1 – 17 Hanns Leo Hassler – O Mensch beweine dein Sünde Gross (skala naturalna z 15 dźwiękami w oktawie wg Fogliano)

O Mensch beweine dein Sünde gross

Hanns Leo Hassler
Kirchengesänge 1608

Przykł. nut. 5. Hanns Leo Hassler – O Mensch beweine dein Sünde Gross

CD 1 – 18 Hanns Leo Hassler – Christ ist erstanden
(skala naturalna jw.)

Christ ist erstanden

Hanns Leo Hassler
Kirchengesänge 1608

The image displays a musical score for the hymn 'Christ ist erstanden' by Hanns Leo Hassler. The score is written for two staves, treble and bass, in a 3/4 time signature. The key signature is one sharp (F#), indicating the key of D major. The score is divided into four systems, with measures 1 through 10 numbered. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and bar lines, with some measures containing complex chordal structures. The score is presented on a light beige background.

Przykł. nut. 6. Hanns Leo Hassler – *Christ ist erstanden*

CZĘŚĆ III

Sposoby strojenia oraz charakterystyka mezotonicznych i „dobrych” temperacji

MAREK TOPOROWSKI

Systemy otwarte i zamknięte

Jedną z większych trudności niniejszego podręcznika jest dobranie odpowiedniej terminologii. Polskie piśmiennictwo dotyczące praktycznej realizacji różnych sposobów strojenia jest stosunkowo ubogie, a zajmujący się tematyką praktycy opierają się w głównej mierze na źródłach obcojęzycznych.

Terminu **temperacja** używano od średniowiecza aż po czasy dzisiejsze jako synonimu słowa „strojenie”. W węższym znaczeniu oznacza ona jednak pomniejszanie lub powiększanie („temperowanie”) niektórych interwałów konieczne ze względu na prawa matematyki nie pozwalające na skonstruowanie bardziej skomplikowanych skal muzycznych wyłącznie w oparciu o interwały opierające się na prostych stosunkach liczbowych – pitagorejskie i naturalne.⁴² Omówienie problemów związanych z konstruowaniem skal oraz różnymi komatami czytelnik znajdzie w poprzedniej części pracy.

Zamieszczenie terminologiczne wprowadza też fakt, że wielu muzyków używa potocznie zupełnie nieprawidłowego określenia „strój nietemperowany” dla określenia wszelkich sposobów strojenia innych niż temperacja równomierna. Dlatego – tam gdzie to możliwe – staramy się używać również bardziej precyzyjnych terminów: system otwarty i system zamknięty.

System otwarty to system dźwiękowy nie zamykający się w kole kwintowym. Typowym przykładem może być kwintowy system pitagorejski bądź tercjowy system oparty na akustycznie czystych tercjach wielkich odpowiadający w praktyce strojowi mezotonicznemu $\frac{1}{4}$ komatu⁴³ (taki system zamknie nam się w przybliżeniu po 31 krokach)⁴⁴. Oczywiście w wypadku praktycznej realizacji na instrumencie akordowym o ograniczonej liczbie klawiszy dokonamy w takim wypadku wyboru potrzebnych nam wysokości. Podobnie wygląda to w wypadku wariantów stroju

42 Teoria muzyki definiuje interwał pitagorejski jako interwał o stosunku (proporcji) częstotliwości odpowiadającej podniesionej do potęgi liczbie 2 dzielonej przez podniesioną do potęgi liczbę 3 (lub odwrotnie). Np. czysta akustycznie kwinta o stosunku 3:2 odpowiada $3^1:2^1$, a czysta akustycznie kwarta o stosunku 4:3 odpowiada $2^2:3^1$. Interwały pitagorejskie są szczególnym przypadkiem interwałów naturalnych wyrażających się prostym stosunkiem częstotliwości.

43 Omawiany szczegółowo w dalszej części pracy.

44 Jest to jednak tylko przybliżenie, choć mające zastosowanie praktyczne. Istnieje również temperacja równomierna oparta na podziale oktawy na 31 równych części. (przyp. aut.)

mezotonicznego – np. strój mezotoniczny $\frac{1}{5}$ komatu odpowiada (w przybliżeniu) podziałowi oktawy na 41 części, a $\frac{1}{6}$ komatu na 53. Daje nam to (teoretycznie) możliwość wyboru większej ilości dźwięków w oktawie np. zapewnienia alternatywnych wysokości dla dźwięków Gis/As/Fisis/Bebebe itp. Stroje typu „mezotonicznego” posiadają przynajmniej **jedną kwintę większą od czystej**, co dobitnie ukazuje ich „niedomknięcie”.

System zamknięty to system, w którym z założenia przyjmujemy ramy koła kwintowego i dokonujemy takiej redukcji kwint (i innych interwałów), która zapewnia nam zrealizowanie tego założenia. Angielska terminologia posługuje się tu wdzięcznym terminem *circular temperaments*, który nie daje się jednak z równym wdziękiem spolszczyć. Niemieckie piśmiennictwo używa raczej terminu *Wohltemperierung*⁴⁵, który historycznie pasuje przede wszystkim do modeli przekazanych przez autorów niemieckich. W naszej pracy w wielu miejscach używamy jednak analogicznego do piśmiennictwa niemieckojęzycznego terminu **dobra temperacja** ze względu na to, że dość mocno zakorzenił się on również w polskiej terminologii.

Granica między systemami otwartymi a zamkniętymi jest często dość płynna. Widać to doskonale na przykładzie wariantów stroju mezotonicznego używanych we Francji. Niektórzy spośród autorów używają nawet określeń *French circular temperaments* lub *French irregular temperaments*. Dość wcześnie zaczęto tam modyfikować strój mezotoniczny poprzez rozszerzanie kwint idących od dźwięku c (lub f) w dół koła kwintowego pomniejszając w ten sposób wilczą kwintę (nazywaną: *défaut de la partition* lub *quinte déféctueuse*). W ciągu XVIII wieku proces ten doprowadził w praktyce do zamknięcia się koła kwintowego (dobrym przykładem jest tu omawiana w dalszej części podręcznika temperacja Marpurga).

Istnieje jeszcze jedno użyteczne kryterium podziału. Stroje możemy podzielić na regularne i nieregularne. Interwały w stroju regularnym są pomniejszone lub powiększone (bądź nie) o taką samą część komatu. Oznacza to, że np. w stroju mezotonicznym każda kwinta pomniejszona jest o $\frac{1}{4}$ komatu syntonicznego niezależnie od tego, w jakim miejscu schematu (koła kwintowego) się znajduje. Pomijamy tu oczywiście „kwintę wilczą”, która *de facto* kwintą nie jest. To zmniejszona seksta większa od czystej akustycznie kwinty o $1\frac{3}{4}$ komatu syntonicznego. Niezależnie od tego, czy umieścimy ją między Cis-As, Gis-Es, czy Dis-B itd. ta seksta zmniejszona zawsze będzie powiększona w stosunku do kwinty czystej o $1\frac{3}{4}$ komatu.

Uwaga! Parametru powiększenia/pomniejszenia o pewną część komatu nie należy mylić z szybkością dudnień interwału. Te bowiem wzrastają wraz ze wzrostem częstotliwości obu dźwięków składowych. Na przykład: kwinta c-g o szybko-

⁴⁵ Termin pochodzi od Werckmeistra porównującego tradycyjny i wciąż żywotny w XVIII w. strój mezotoniczny do „fałszywej wiary chrześcijańskiej”.

ści dudnień 2/sek; przeniesiona oktawę wyżej (od dźwięków stroimy czyste oktawy) jako c^1 - g^1 dudni z szybkością 4/sek., a w kolejnej oktawie już 8/sek.⁴⁶ Natomiast interwał o danym pomniejszeniu/powiększeniu lub czysty będzie miał zawsze taką samą ilość centów np. kwinta czysta – 702 centy, kwinta w stroju równomiernie temperowanym 700 centów, tercja wielka w stroju równomiernie temperowanym – 400 centów, tercja czysta – 386 centów.

Skrajnym przykładem stroju regularnego jest oczywiście ponownie temperacja równomierna. Warto również dodać, że współczesna teoria muzyki zna również temperacje równomierne o innym podziale oktawy niż na 12 części.⁴⁷ Nie mają one jednak większego znaczenia dla naszych rozważań skoncentrowanych raczej na wartościach użytkowych temperacji historycznych w interpretacji muzyki tonalnej. Strój nieregularny natomiast to taki, w którym mamy do czynienia z różnymi pod względem rozłożenia komatu interwałami. Do tej grupy logicznie kwalifikują się „dobre temperacje”, ale również *tempérament ordinaire* i francuskie modyfikacje stroju mezotonicznego.

46 Jest to jeden z powodów, dla którego niektórzy autorzy i praktycy zalecają delikatne rozszerzanie oktaw w dyszkancie. Drugim z powodów jest niezgodny z teoretycznym przebiegiem rozkład składowych alikwotowych w wypadku bardzo sztywnych strun. To odnosi się przede wszystkim do fortepianu. (przyp. aut.)

47 Są to podziały odmienne również od wspomnianej możliwości PRZYBLIŻONEGO zamknięcia strojów mezotonicznych.

Strój mezotoniczny (średniotonowy)⁴⁸ ¼ komatu

Najbardziej słuszną jest opinia, aby każdej kwincie odjąć ćwierć komatu. W ten sposób Tertiae majores i Sextae minores pozostaną czystymi, przy czym nigdzie nie powstanie Excess i Defekt większy od jednej czwartej komatu. To najlepsza temperacja.

(Wolfgang Caspar Printz)⁴⁹

komat do podziału: syntoniczny
rozłożony: na 4 kwinty

Opisana przez nas w poprzedniej części podręcznika skala naturalna posiada dwa rodzaje całych tonów: mały (stosunek częstotliwości 10:9; 182 centy) i duży (stosunek 9:8; 204 centy). Takie małe i duże całe tony występują również w szeregu alikwotowym. Nazwa stroju mezotonicznego bierze się stąd, że w jego pierwotnej, podstawowej wersji zastosowana jest wyśrodkowana wersja całego tonu.

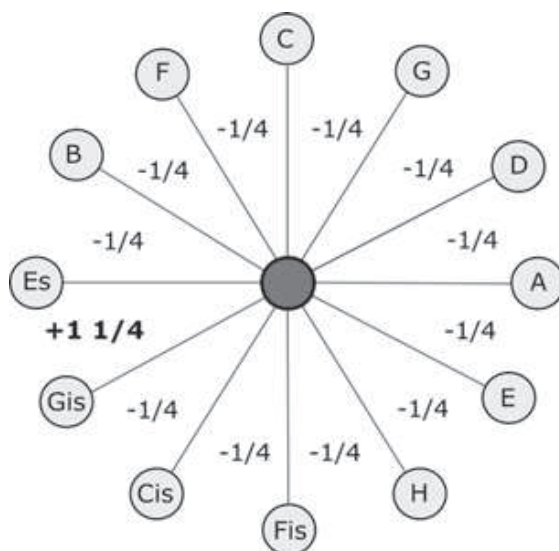
Różnica między wielkim i małym całym tonem to komat syntoniczny (didymejski). Ten mikrointerwał jest również różnicą między tercją pitagorską (powstałą w wyniku nastrojenia czterech kwint czystych) i czystą akustycznie.

Strój mezotoniczny stanowi doskonały przykład systemu otwartego, niezamykającego się w kole kwintowym (z zadowalającym przybliżeniem system zamknie nam się dopiero po 31 krokach).⁵⁰ Zredukowany do standardowej ilości 12 klawiszy w oktawie system wygląda następująco:

48 Określenie średniotonowy i mezotoniczny może być używane wymiennie!

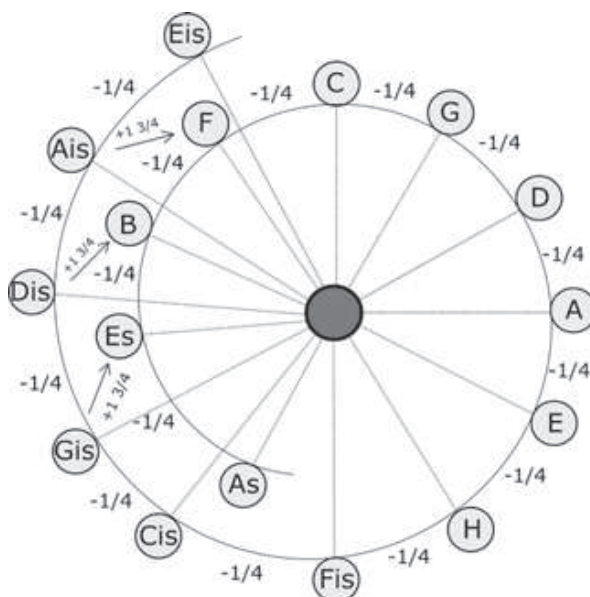
49 *Dritte musikalische Kunstübung* §63, str. 24, 1687. Cyt. za: Dupont W., 1935. Tłum.: MT

50 Należy pamiętać, że jest to ważne z punktu widzenia praktyki, ale jednak tylko przybliżenie.



Rys. 62. Strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu z użyciem 12 dźwięków w oktawie.

Warto pamiętać o tym, że dokonując wpisania tego typu systemu regularnego i otwartego w koło kwintowe dokonujemy wyboru pewnej ilości dźwięków (znacznie mniejszej od możliwej teoretycznie do otrzymania). Przy większej niż 12 ilości dostępnych dźwięków (klawiszy) otrzymamy więcej seksta zmniejszonych (czyli tzw. wilczych kwint). Wilcza kwinta to seksta zmniejszona możliwa do ustawienia w każdym miejscu koła kwintowego.



Rys. 63. Strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu przedstawiony za pomocą spirali.

W związku z powyższym (jak można się spodziewać) w XVI i XVII wieku częste stało się przełamywanie klawiaturowego ograniczenia poprzez budowanie skomplikowanych instrumentów chromatycznych (typowy wariant to *clavicembalo cromatico* o 19 klawiszach w oktawie, ale stosowano również bardziej rozbudowane instrumenty).⁵¹

Wyjątkowe zalety tego stroju dla muzyki wokalne (łagodne brzmienie przebiegów diatonicznych dobrze współgrające z muzyką wokalną operującą w systemie *modi* kościelnych) oraz preferowanie czystej akustycznie (naturalnej) tercji wielkiej sprawiają, że przez kilka stuleci system ten uważany był za podstawowy punkt odniesienia dla strojenia i słyszenia. Badania Ibo Ortgiesa dotyczące europejskiego instrumentarium organowego (szczególnie w Niemczech) dowodzą, że wiele instrumentów strojonych było mezotonicznie aż do początku XIX wieku.⁵² Również w naszej dydaktyce stanowi on podstawowy model dla wykształcenia alternatywnego względem równomiernej temperacji rozwinięcia świadomości interwałowej.

Jak wiemy z poprzedniego rozdziału, pogodzenie systemu tercjowego i kwintowego w wykraczającym poza diatonikę systemie nie jest możliwe. W omawianych wcześniej systemach wybiórczych problem rozwiązywany jest poprzez przerwanie łańcucha czystych akordów w kilku wybranych miejscach. W stroju mezotonicznym poświęcona zostaje natomiast jakość kwint. Wybór ten Jean Philippe Rameau uzasadnia następująco:

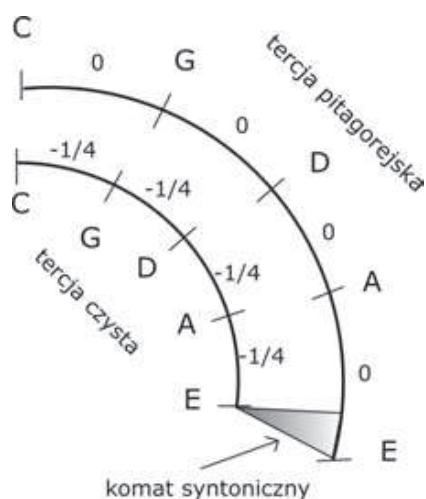
...łatwiej znieść alterację kwint niż wielkich tercji, a ten ostatni interwał nie powinien być bardziej alterowany niż oktawa!⁵³

Ponowny rzut oka na wycinek koła kwintowego uzmysłowi nam wzajemną współzależność tych dwóch interwałów:

51 Zainteresowanym polecamy pracę magisterską Magdaleny Żuradzkiej-Koumentakou będącą podsumowaniem informacji na temat chromatycznych instrumentów : *Clavicembalo cromatico w kontekście teorii i praktyki muzycznej*, Katowice, 2010. Dobry opis systemu Vicentina czytelnik znajdzie również u Lindleya: *Chromatic Systems (or Non-Systems) from Vicentino to Monteverdi*, 1984 s. 377-404. Bardzo ważną pracą jest również: Barbieri, Patrizio *Enharmonic Instruments and Music 1470-1900*, Il Levante Libreria Editrice, Latina, 2008., dużo informacji również u Duponta – op. cit.

52 Ibo Ortgies, 2005-7

53 *Nouveau Système de musique theorique*. Paris 1726 Cyt. za: Dupont, W., 1935



Rys. 64. Komat syntoniczny. Współzależność tercji i kwint.

W praktyce strojenia temperację mezotoniczną realizujemy w następujący sposób:

1. Stroimy wyjściową tercję czystą; najczęściej f-a bądź c'-e'. W naszym przykładzie będzie to tercja c'-e'.
2. Wyznaczamy dźwięki znajdujące się w kole kwintowym pomiędzy dźwiękami c'-e' (g, d, a'). Jak pamiętamy z pierwszej części podręcznika, oznacza to pomniejszenie każdej z kwint (powiększenie każdej z kwart) o $\frac{1}{4}$ komatu syntonicznego.⁵⁴ Dokładniejsze wskazówki dotyczące podziału komatu, techniki strojenia naprzemiennego kwinta-kwarta oraz sposobów weryfikacji czystości interwałów za pomocą testu oktawy czytelnik znajdzie w pierwszej części podręcznika.
3. Od uzyskanych dźwięków stroimy kolejne tercje czyste (np. od G tercję G-H, od D tercje D-Fis i D-B); niektóre dźwięki uzyskamy strojąc tercje od dźwięków uzyskanych w tym kolejnym etapie (np. od uzyskanego dźwięku B możemy uzyskać tercję Ges-B, a od dźwięku Fis tercję Fis-Ais. Przy okazji warto przypomnieć, że uzyskane dźwięki Ges/Fis i B/Ais nie są równoważne enharmonicznie!).

Często spotyka się opinię, że strój mezotoniczny jest tylko kompromisem stosowanym dla instrumentów klawiszowych, na których niemożliwe jest uzyskanie stroju naturalnego. Możliwość strojenia w pełni naturalnego jest jednak mitem. Aby się o tym przekonać powróćmy jeszcze raz do przedstawionej w rozdziale 13 „Skala naturalna” basowej (lub harmonizowanej) sekwencji C-G-D-A-E-C. Strojąc czyste

⁵⁴ W pierwszej części podręcznika podane są sposoby ćwiczenia sprawności w dzieleniu komatu syntonicznego.

akustycznie kwinty/kwarty, a następnie tercję czystą zauważamy, że końcowe C (lub akord C-dur) jest wyższe od wyjściowego. Użycie stroju mezotonicznego rozwiązuje ten problem.

CD 1 – 15



Przykł. nut. 7

CD 1 – 19

Reasumując warto podać podstawowe „cechy użytkowe” stroju :

- brak równoważności enharmonicznej
- znakomita jakość przebiegów interwałowych w ramach skal diatonicznych
- znakomita jakość tercji wielkich (chodzi oczywiście o rzeczywiste tercje)
- występowanie kwart zmniejszonych (*tertiae fictae*) możliwych do zastosowania w celach ekspresyjnych
- istnienie małych (chromatycznych) i dużych (diatonicznych) półtonów warunkujących możliwość ekspresyjnego wykorzystywania pochodów chromatycznych

Powyższe fenomeny ujęliśmy w formę komentowanych przykładów dźwiękowych.

Szczególne walory stroju mezotonicznego w przykładach muzycznych

Pierwszy przykład dźwiękowy eksponuje podkreślane już przez nas zalety stroju mezotonicznego : dobrą jakość przebiegów diatonicznych i tercji wielkich.

🎵 CD 1 – 20 nagranie z komentarzem

🎵 CD 1 – 21 całość



Przykł. nut. 8. J. J. Froberger – *Lamento sopra la dolorosa perdita ...di Ferdinando IV*

Pochodząca z 1649 roku *Toccata II* – to utwór eksponujący większość podstawowych „manierystycznych” cech stroju mezotonicznego. Kompozytor szczególnie chętnie wykorzystuje tu kwarty zmniejszone oraz zawierające kwarty zmniejszone akordy zwiększone np. w trzecim taktie *Toccaty*:

🎵 CD 1 – 22 wersja z komentarzem

🎵 CD 1 – 23 całość



Przykł. nut. 9a. J. J. Froberger – *Toccata II*

Kwarta zmniejszona pojawia się niekiedy w bardzo eksponowanych miejscach; uzupełnia również diatoniczne przebiegi:



Przykł. nut. 9b. J. J. Froberger – *Toccata II*

We fragmencie imitacyjnym kompozytor nakłada na siebie diatoniczne i chromatyczne *soggetti*.



Przykł. 9c. J. J. Froberger – *Toccata II*

Finał utworu jest apoteozą chromatyki oraz wysmakowanych, dysonansowych akordów.

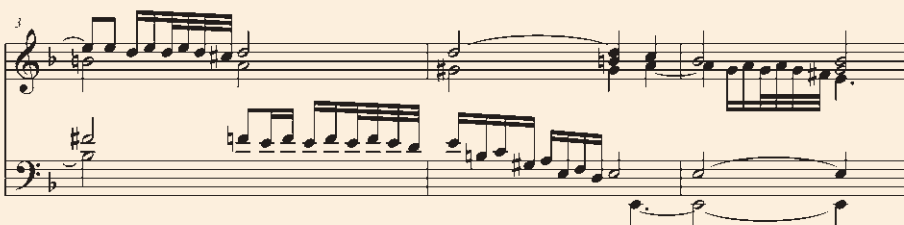


Przykł. nut. 9d. Froberger – Toccata II

Wykonywana na organach *Toccata per la Levazione* Frobergera to doskonały przykład „manierystycznego” wykorzystania ubocznych efektów stroju mezotonicznego. Styl toccat na podniesienie, registracja z użyciem wibrującego rejestru *voce umana* sprawia, że możliwe staje się użycie niecodziennych współbrzmień i dysonansów. W pierwszym fragmencie mamy do czynienia z wilczą kwintą (2 takt), ciekawymi pochodami chromatycznymi oraz wprowadzoną w przebieg kwartą zmniejszoną. Drugi przebieg zawiera dźwięk dis” (nastrojone mamy es”); w trzecim pojawia się nawet dźwięk des’:

🎵 CD 1 – 24 wersja z komentarzem (strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu)

🎵 CD 1 – 27 całość



Przykł. 10 a-c. J. J. Froberger – *Toccata per la Levazione*

Zachęcamy również do porównania przykładu z realizacjami w złagodzonej wersji stroju mezotonicznego $\frac{1}{5}$ i $\frac{1}{6}$ komatu omawianymi w następnej lekcji.

 **CD 1 – 25-26**

Dobrym przykładem związanych z przebiegami chromatycznymi problemów intonacyjnych może być również środkowa część concerto *Chromatica* Adama Jarzębskiego. Wykonawca chcący stroić ten fragment według zasad mezotonicznych zmuszony jest każdorazowo odnosić tercję do jej podstawy bądź konsekwentnie stroić się do instrumentu klawiszowego realizującego partię *basso continuo*.



Przykł. nut. 11. A. Jarzębski – Concerto *Chromatica*

Dalsze ćwiczenia na strojenie chromatyki w stroju mezotonicznym zamieszczamy w III części podręcznika.

Sposób wykorzystania dźwięków chromatycznych może przynieść nam cenne informacje na temat uwarunkowań wykonawczych utworu. *Audite mortales* Pękiela to utwór zakładający użycie ekwiwalentów enharmonicznych (gis/as, cis/des). Wydaje się to wykluczać użycie w partii *basso continuo* organów i wskazuje być może na instrumenty typu lutniowego.⁵⁵

Wykonanie mezotoniczne możliwe jest w wypadku posiadania instrumentu zaopatrzonego w dzielone klawisze (*tasti spezzati*).

55 Instrumenty progowe strojono bowiem często równomiernie (przyp. aut.).

The musical score is written for a single melodic line in the treble clef and a supporting bass line in the bass clef. The key signature is G major (one sharp, F#). The time signature is 4/4. The first system contains measures 1 through 5. The second system, starting at measure 6, contains measures 6 through 8. The third system, starting at measure 12, contains measures 12 through 15, ending with a double bar line. The melody is characterized by a mix of eighth and sixteenth notes, often beamed together, and some longer note values. The bass line consists of sustained notes and moving lines that provide harmonic support.

Przykł. nut. 12. B. Pękiel – *Piange ergo z Audite mortales*

Modyfikacje stroju mezotonicznego

Opanowanie stroju mezotonicznego jako wzorca jest ważne z jednego jeszcze punktu widzenia. Strój ten może bowiem stanowić dobry punkt wyjścia do zrozumienia, w jaki sposób strojący może wpływać na ostateczny kształt temperacji. Strojenie „żywego” instrumentu odbywa się bowiem według innych nieco zasad niż tworzenie teoretycznego, „idealnego” modelu i może uwzględniać jednostkowe cechy brzmieniowe danego instrumentu. Ponadto rozmaite modyfikowane formy stroju mezotonicznego mają duże zastosowanie w muzycznej praktyce.

Jak wiemy z poprzedniego rozdziału, jedną z podstawowych wad stroju mezotonicznego jest zła jakość kwint. Hiszpański teoretyk Tomas de Santa María mówi nawet, że mezotoniczna kwinta „jest i nie jest kwintą”. W kontekście muzykowania kameralnego (na przykład z instrumentami smyczkowymi) taka jakość kwint może być poważną przeszkodą. Strojący może być również zainteresowany złagodzeniem radykalnej różnicy między czystymi tercjami wielkimi i kwartami zmniejszonymi.

Wiele opisów procesu strojenia stroju mezotonicznego ogranicza się do podania wyłącznie kolejności strojenia. Nasuwa się pytanie, czy w takim wypadku domyślnie strojono czyste tercje, czy też pozwalano sobie na ich lekkie rozszerzanie (a co za tym idzie: łagodzenie kwint). Taki uproszczony przepis zawierający wyłącznie kolejność poszczególnych kroków znajdziemy m.in. u Jana Aleksandra Gorczyńskiego⁵⁶: autora polskiego XVII-wiecznego wykładu zasad muzyki.⁵⁷

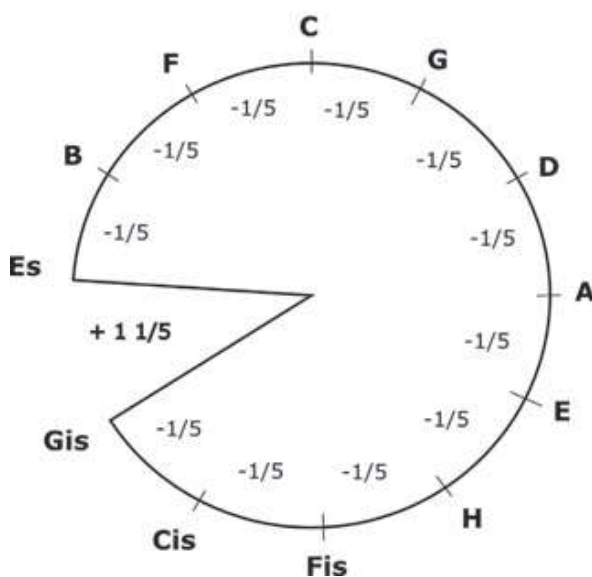
Cennym dla strojącego modelem jest strój mezotoniczny $\frac{1}{5}$ komatu. Bardzo prosty sposób uzyskania takiego podziału polega na nastrojeniu tercji czystej np. C-E i kwinty czystej E-H dla wyznaczenia limitu C-H w ramach którego dokonujemy podziału 5 kwint (C-G-D-A-E-H). Oczywiście – pierwotne E w trakcie rozkładania komatu przestrajamy. Dokładniej sposób ten podajemy w rozdziale o komatach. W dalszym ciągu postępowania stroimy kolejne czyste akustycznie kwinty idąc w obu kierunkach koła kwintowego sprawdzając jednocześnie jakość uzyskiwanych

56 Gorczyński, Jan Aleksander. *Tabulatura muzyki albo zaprawa muzyczna*. wyd. pod red. Jerzego Morawskiego, PWM Kraków, 1990

57 Podobną niejednoznaczność odnajdziemy również w wielu XVIII i XIX-wiecznych opisach wykonania temperacji równomiernej, pozostawiających wątpliwość czy autor miał na myśli rzeczywistą temperację równomierną, czy też tylko zbliżoną do równomiernej.

tercji. Co ciekawe, w tym stroju tercja wielka zbudowana od tego samego dźwięku co kwinta będzie miała jednakową ilość dudnień (np. f-a i f-c – ok. 3/sek.) Musimy pamiętać również o tym, że jedną kwintę pozostawiamy jako „wilczą”.

Uzyskujemy strój o podobnie regularnej budowie, co strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu; mniej jednak wyrazisty.



Rys. 65. Strój mezotoniczny $\frac{1}{5}$ komatu

Inny wariant to strój mezotoniczny $\frac{1}{6}$ komatu ważny m.in. z powodu jego prawdopodobnego częstego zastosowania w intonacji zespołowej⁵⁸. Istotne jest również to, że wg relacji Johanna Andreasa Sorge⁵⁹ był to sposób strojenia organów stosowany przez Gottfrieda Silbermanna, najslawniejszego niemieckiego organmistrza doby Jana Sebastiana Bacha.

Proponujemy wysłuchanie realizacji *Toccaty VI (per Elevazione)* Johanna Jakoba Frobergera w trzech wariantach stroju mezotonicznego. Utwór ten analizowaliśmy już w rozdziale zawierającym przykłady wpływu temperacji mezotonicznej na wyraz i ekspresję kompozycji. Porównanie realizacji w $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ i $\frac{1}{6}$ komatu ukazuje stop-

58 szczególnie w XVIII i na pocz. XIX w.; por. Ross W. Duffin. Jest on zwolennikiem tezy o podstawowym znaczeniu tego systemu dla intonacji zespołowej, co spotkało się z ostrą krytyką I. Ortgiesa przekonanego o żywotności zasad wynikających z użycia stroju mezotonicznego $\frac{1}{4}$ komatu, a co za tym idzie zastosowania bezkompromisowych czystych tercji.

59 por. Vier, Peter *Die Orgelstimmung Gottfried Silbermanns nach Georg Andreas Sorge*
<http://www.orgelbau-vier.com/silbermannstimmung.html>

niowe łagodzenie radykalności dysonansowych współbrzmień przy jednoczesnym zachowywaniu strukturalnych cech stroju.

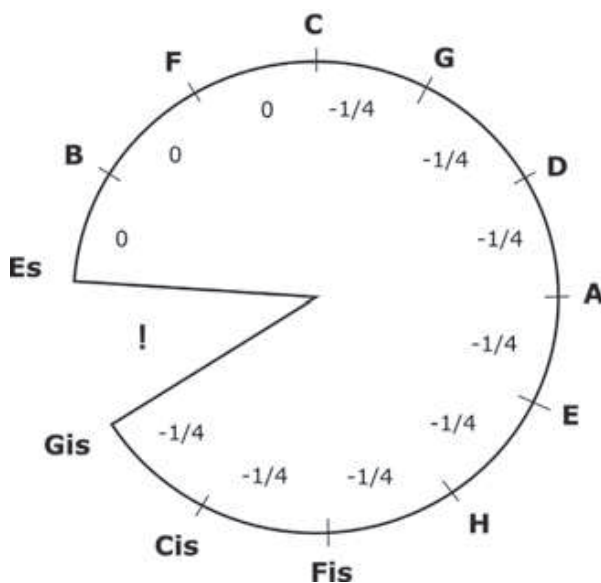


CD 1 – 24-26

Interesującą modyfikacją jest również rezygnacja z konsekwencji w małym wycinku koła kwintowego charakterystyczna dla francuskiego *tempérament ordinaire*. Ta grupa strojów zasługuje jednak na osobny rozdział.

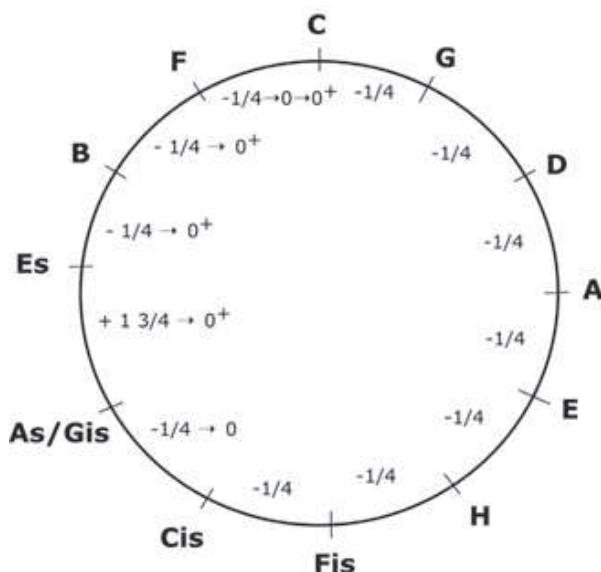
Tempérament ordinaire

Francuski *tempérament ordinaire* zachowuje strukturę mezotoniczną w większości koła kwintowego (najczęściej zachowanych zostaje 5 tercji czystych). Aby zapewnić wymienną używalność dźwięków Dis/Es oraz Ais/B należy jednak zdeformować część struktury koła. Począwszy od C stroimy w dół koła kwintowego kwinty czyste lub nawet większe od czystych.



Rys. 66. *Tempérament ordinaire*

Postępowanie to pokazuje istotny sposób pozwalający czasem skorygować drobne błędy wykonane podczas strojenia również innych temperacji. Błąd korygujemy poprzez podejście do niego (czyli jego rozłożenie) przez kilka kwint. Ta umiejętność pozwala czasem uratować błędnie wykonaną temperację.



Rys. 67. Modyfikacja stroju mezotonicznego $\frac{1}{4}$ komatu w kierunku *tempérament ordinaire*

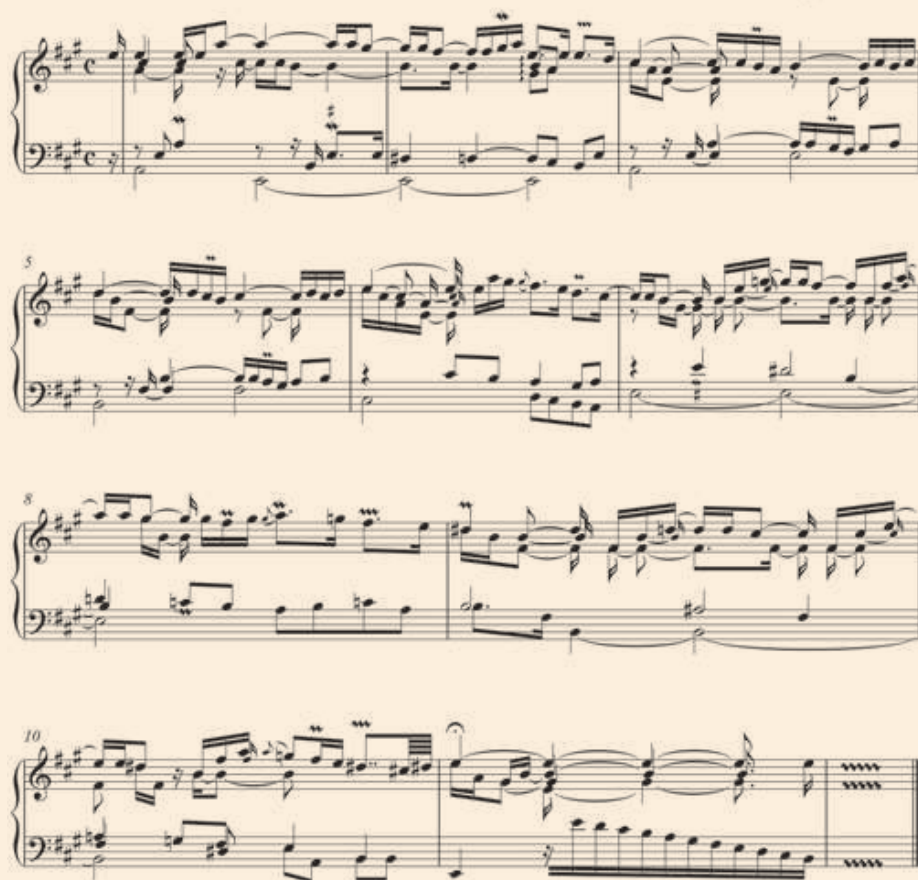
Francuska temperacja posiada kilka istotnych zalet. Przede wszystkim daje słuchaczowi złudzenie stroju mezotonicznego (pozostaje 5 czystych tercji!). Zapewnia jednak pewną wymiennność enharmoniczną dwóch kluczowych dla praktyki muzycznej klawiszy – Es/Dis i B/Ais.

Jest to oczywiście temperacja, którą możemy uznać już za – przynajmniej częściowo – temperację nieregularną. Di Veroli⁶⁰ używa tu nawet określenia *French irregular temperament*.

W XVIII wieku pojawiło się wiele temperacji biorących za punkt wyjścia *tempérament ordinaire* i próbujących ulepszyć jego właściwości. Jean-Philippe Rameau starał się połączyć poszerzanie kwint w dół koła kwintowego z rozłożeniem skumulowanego błędu (*défaut de la partition*) na dwie kwinty. Jeden z wariantów proponowanej przez niego temperacji wykorzystaliśmy w przykładzie dźwiękowym.

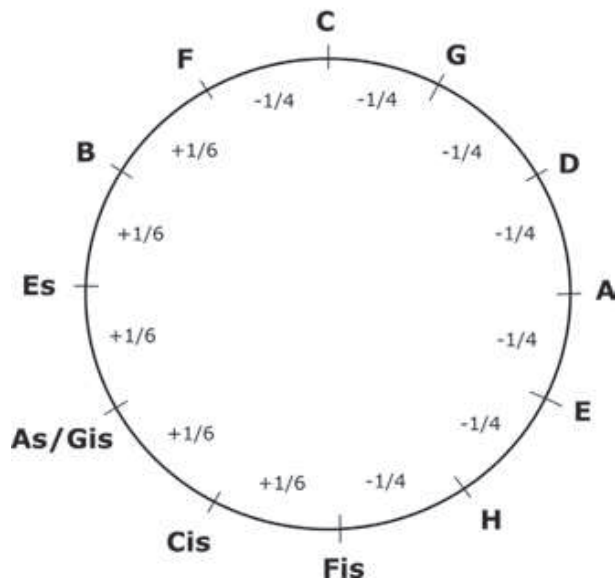
60 Di Veroli – op. cit., str. 100

 CD 2 – 1 realizacja w wariacie temperacji Rameau



Przykł. nut. 13. F. Couperin – Allemande *La Logivière*

Jeszcze dalej poszedł Friedrich Wilhelm Marpurg, który niweluje wilczą kwintę. To bardzo ciekawa temperacja, której autorowi za pomocą użycia pięciu poszerzonych kwint udaje się zachować 4 tercje czyste i doprowadzić do pełnego zamknięcia temperacji w kole kwintowym.



Rys. 68. Schemat temperacji Marpurga

Sposób wykonania tej temperacji jest stosunkowo prosty: kopiujemy sposób postępowania właściwy dla wycinka stroju mezotonicznego $\frac{1}{4}$ komatu zawartego między dźwiękami F-Fis w kierunku wznoszącym. Kwinty łączące te dźwięki w kierunku przeciwnym: Fis-Cis-Gis-Es-B rozkładamy równomiernie.

Kirnberger III/D'Alembert

”Eine Temperatur, die gut seyn soll, muß leichte zu stimmen seyn, sie muß der Mannigfaltigkeit der Töne nicht schaden, und endlich alle Intervalle, so viel möglich ist, so angeben, wie die reinen Fortschreitungen der Melodie sie hervorbringen.”⁶¹
(“Temperacja, która chce uchodzić za dobrą, musi być łatwa w strojeniu, nie powinna szkodzić różnicowaniu tonacji, a wreszcie tak kształtować wszystkie interwały aby, na ile to możliwe, odpowiadały one naturalnemu przebiegowi melodii.”)⁶²

Kirnberger III**komat do podziału: syntoniczny****rozłożony: na 4 kwinty (C-G-D-A-E)**

Przez długi czas temperacja ta była uważana – obok tej znanej pod nazwą „Werckmeister III”⁶³ za idealną dla wykonywania muzyki Jana Sebastiana Bacha.⁶⁴ Bardzo duże różnicowanie poszczególnych tercji oraz pewna „siermiężność” sprawiają, że temperacja ta – przedstawiona przez samego Kirnbergera jako pochodząca od samego J. S. Bacha – była ostro krytykowana przez współczesnych (Sorge, Marpurg). Jej konstrukcja (obecność jednej tercji czystej i wielu kwint czystych) wykazuje jednak sprzeczność z innym przekazem Kirnbergera, który zapewniał, że Bach zalecał strojenie wszystkich kwint nieco niżej przy jednoczesnym zawyżaniu wszystkich tercji.⁶⁵

Temperacja ta stanowić może jednak idealny punkt wyjścia dla początkujących do studiowania problematyki temperacji nieregularnych zamykających koło kwintowe określanych w Niemczech mianem „dobrych”. Po pierwsze – jest to system

61 Kirnberger, *Die Kunst des Reiner Satzes*, cyt. za: H.Kelletat, *Zur musikalischen Temperatur*, Kassel 1980, str. 61.

62 tłum. MT

63 opisanej w następnym rozdziale

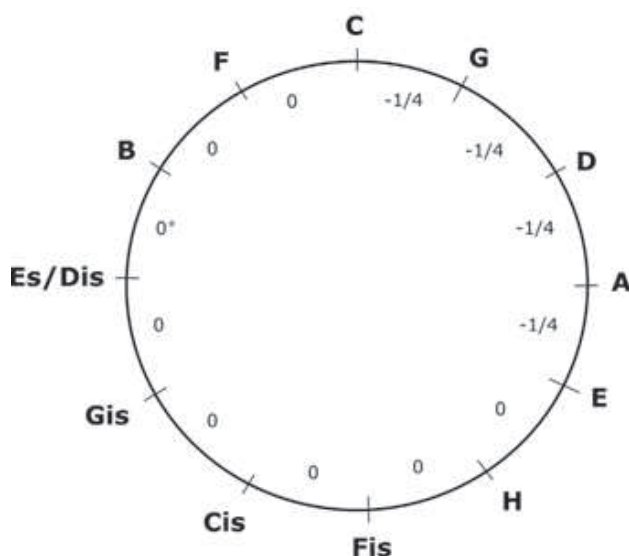
64 Jej gorącym zwolennikiem jest Herbert Kelletat, *Zur musikalischen Temperatur*, Kassel 1980 (cz. I i II)

65 Zwolennicy stosowania równomiernej temperacji u Bacha powołują się często na ten cytat jako opis równego podziału; większość autorów widzi tu raczej wskazanie na jedną z późniejszych „dobrych temperacji” bliskich już równomiernej.

niezmiernie prosty w realizacji. Po drugie – z temperacją mezotoniczną ($\frac{1}{4}$ komatu) pokrywają się cztery wyjściowe dźwięki; dopiero dalsza procedura jest odmienna. Kirnberger III doskonale ilustruje również istotne cechy „dobrych temperacji”:

- operowanie zróżnicowanymi jakościowo tercjami
- rozkładanie jednego z komatów⁶⁶ na diatoniczne kwinty
- zróżnicowanie brzmieniowe poszczególnych tonacji (konsekwencja zróżnicowanych tercji i kwint)
- domykalność w kole kwintowym
- używalność 24 tonacji koła kwintowego

Poniżej ideowy schemat temperacji; pewnym niuanssem jest to, że operujemy komatem syntonicznym, a nie pitagorejskim. To sprawia, że na jednej z kwint – tu : Fis-Cis musi pojawić się w konsekwencji tzw. schisma⁶⁷.



Rys. 69. Kirnberger III

Praktyczna realizacja będzie najłatwiejsza przy przyjęciu dźwięku c lub c' za wyjściowy i rozpoczęciu procedury od tercji C-E. Podobnie jak w temperacji mezotonicznej kolejnym krokiem jest ustawienie kwint znajdujących się w obrębie koła kwintowego w ramach tej tercji.

Dalsze postępowanie polegać będzie na strojeniu czystych kwint w obu kierunkach koła kwintowego; na wybranej kwincie pojawia nam się dodatkowo wolne i spokojne dudnienie (wynik wspomnianej *schizmy*).

66 syntonicznego lub pitagorejskiego

67 tj. różnica między komatem pitagorejskim i syntonicznym

W wypadku konieczności strojenia od dźwięku a proponujemy rozpoczęcie procedury od nastrojenia tercji czystej f-a i podziale komatu syntonicznego na 4 kwinty. Następnie stroimy kwintę a-e' bądź kwartę a-e (i porównujemy ją z g-d'; sprawdzianem jest również otrzymana przez nas tercja czysta c'-e'. Oczywiście możemy również najpierw od otrzymanego c nastrój tercję czystą i sprawdzić ją kwintą/kwartą. Dalsza procedura jest analogiczna. Nie zapominamy w dalszym ciągu o przestrojeniu dźwięku f!

Pewne cechy wspólne z opisywaną temperacją Kirnbergera⁶⁸ wykazuje propozycja Jeana le Rond d'Alemberta. Autor zaleca – po wykonaniu pierwszego kroku (podział tercji C-E) – strojenie kwint odpowiedzialnych za brzmienie tonacji krzyżykowych (tj. w górę koła kwintowego E-H-Fis-Cis-Gis) jako mniejszych niż czyste, a tych wpływających na tonacje bemolowe (tj. w dół koła) jako znacząco powiększonych (C-F-B-Es).

Propozycja ta ukazuje nam dobry sposób modyfikowania temperacji i osiągania zróżnicowanych efektów. Możemy zatem np. (chcąc np. zbliżyć temperację do francuskiego *tempérament ordinaire*) stroić kwinty „krzyżykowe” podobnie jak w mez. $\frac{1}{4}$ komatu (ew. z lekkim rozszerzeniem w stosunku do stroju mezotonicznego), jednocześnie powiększając kwinty „bemolowe”.

Możemy zachować również koncepcję prawie czystych kwint (tak jak w Kirnberger III) i zastosować bardziej subtelną modyfikację kirnbergerowskiego schematu.

Prostota temperacji Kirnberger III pozwala na jej łatwe przekształcanie i eksperymentowanie.

68 choć o innej, mezotonicznej genezie

Przykłady dźwiękowe :

🎵 **CD 2 – 2 porównanie tercji w stroju Kirnberger III**

🎵 **CD 2 – 3-4 J. S. Bach – Preludia C-dur BWV 870. Fis-dur BWV 882**

The image displays a musical score for the first 15 measures of J.S. Bach's Prelude in C major, BWV 870. The score is written for piano in C major (one sharp, F#) and 4/4 time. It consists of two staves: a treble staff and a bass staff. The music features a continuous eighth-note pattern in the right hand and a more complex, syncopated eighth-note pattern in the left hand. The key signature is C major, indicated by one sharp (F#) on the treble staff. The score is divided into measures, with measure numbers 4, 7, 10, 13, and 15 marked at the beginning of their respective lines. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and accidentals.

Przykł. nut. 14. J. S. Bach – Preludium C-dur BWV 870

Przykł. nut. 15. J. S. Bach – Preludium Fis -dur BWV 882

Werckmeister III

„Miałem zamiar wydrukować również temperację opartą na $\frac{1}{12}$ komatu⁶⁹, ponieważ jednak grawer (któremu w rzeczywistości brakowało biegłości) uskarżał się na to, że musi podzielić szczupłą część na 12 (mniejszych) części, musiałem obyć się bez tego, ponieważ mój cały monochord⁷⁰ ma tylko 2 stopy długości. W rzeczywistości uważam – i nalegam na to – aby pozostawić niektóre diatoniczne tercje nieco czystsze niż inne, rzadziej używane. To zapewnia dobrą różnorodność⁷¹”

Werckmeister III

Komat do podziału: pitagorejski (syntoniczny ?)

rozłożony na: 4 kwinty (C-G-D-A, H-Fis)

Przez długi okres temperacja „Werckmeister III” była obok tej znanej jako „Kirnberger III” jedną z dwóch najpopularniejszych w praktyce muzyków wyspecjalizowanych w interpretacji muzyki dawnej. Z racji częstego jej zastosowania w koncertowych i nagraniowych wykonaniach muzyki dawnej zasługuje ona na omówienie.

Warto zwrócić uwagę, że omawiana temperacja – podobna pod względem prostoty realizacji do „Kirnberger III” – jest od tej drugiej znacznie wcześniejsza i pochodzi już z 1681 roku.

Jest to również najbardziej znany spośród kilku przedstawionych Andreeasa Werckmeistra sposobów strojenia. Warto przy okazji zauważyć, że w ostatnim swoim dziele *Paradoxal Discourse* (1702) Werckmeister opisuje temperację równomierną⁷² jako pewien rodzaj teologiczno-filozoficznego ideału; w sferze praktycznej zaleca jednak dyskretnie różnicowanie tercji. Warto pamiętać, że dla muzyków końca XVII wieku „dobra temperacja” zapewniająca wymiennność enharmoniczną, używalność wszelkich tercji mogła wydawać się bardzo bliska równomiernej, a jednocześnie

69 Werckmeister ma tu na myśli temperację równomierną.

70 Większość badań i eksperymentów dokonywana była za pomocą wyznaczania proporcji strun na monochordzie (przyp. autorów).

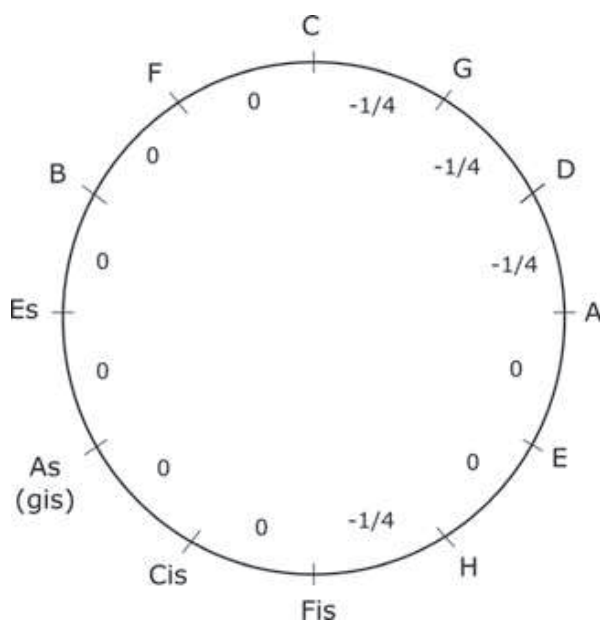
71 *Musicalische Paradoxal-Discourse* (Quedlinburg, 1707) cyt. za: Lindley, 1985; tłum. MT

72 Jeszcze raz podkreślamy fakt, że temperacja równomierna nie jest wynalazkiem czasów Bacha, a stałym elementem muzycznego dyskursu o idealnej temperacji opisywanym przez wielu przedbachowskich autorów.

odległa od przyjmowanej jako standard mezotonicznej $\frac{1}{4}$ komatu. A właśnie przeciw tej ostatniej Werckmeister niezwykle ostro występuje określając ją jako „falsche Temperatur” i przyrównując do fałszywej wiary chrześcijańskiej. Przedstawienie równości jako ideału⁷³ było być może wzmocnieniem argumentów przeciw „fałszywej” temperacji mezotonicznej; odzwierciedla być może również późniejsze poglądy Werckmeistera.

Nazwisko Werckmeistera często wiązane jest z nazwiskiem Dietericha Buxtehude; po części z racji poetyckiej dedykacji Buxtehudego dołączonej do dzieła Werckmeistera *Harmonologia musica* z roku 1702. Swobodne utwory klawiszowe Buxtehudego mogą stanowić zresztą dobrą ilustrację potrzeby nowej temperacji⁷⁴.

Poniżej schemat temperacji Werckmeister III:



Rys. 70. Werckmeister III

73 „...jeżeli temperacja nastrojona jest tak, że kwinty biją (dudnią) na $\frac{1}{12}$ komatu, wielkie tercje na $\frac{2}{3}$, a małe na $\frac{3}{4}$, a akuraty słuch potrafi tego dokonać, to powstaje dobrze temperowana Harmonia całego koła kwintowego i wszystkich tonacji (alle Clavis), co w takim wypadku może służyć za przykład jak wszyscy błogosławieni i dobrze temperowani ludzie żyją z Bogiem w ... wiecznej harmonii...(*Harmonologia musicae*, 1702) cyt. za : Rozanow, 2010

74 choć powtarzana przez wiele źródeł teza Kerali Snyder o przestrojeniu organów w Lubece na dobrą temperację została przekonywująco zakwestionowana przez Ibo Ortgiesa (patrz: Ortgies, 2005-7). W świetle tej pracy literatura ta wykonywana była na strunowych instrumentach klawiszowych.

Sam Werckmeister opisał temperacje za pomocą znaków $\wedge$ i v , wskazujących na pomniejszenie bądź powiększenie kwint.⁷⁵

Kwinta	Temperacja	Tercja	Temperacja
C-G	$\wedge$	C-E	1 v
G-D	$\wedge$	Cis-F	4 v
D-A	$\wedge$	D-Fis	2 v
A-E	-	Dis-G	3 v
E-B	-	E-Gis	3 v
B-Fis	$\wedge$	F-A	1 v
Fis-Cis	-	Fis-B	4 v
Cis-Gis	-	G-H	2 v
Gis-Dis	-	Gis-C	4 v
Dis-B	-	A-Cis	3 v
B-F	-	B-D	2 v
F-C	-	B-Dis	3 v

76

Większość autorów przyjmuje, że Werckmeister miał na myśli podział komatu pitagorejskiego, a nie syntonicznego. Nie jest to jednak pewne.

Ten drugi wypadek jest prostszy w realizacji, pozwala bowiem na procedurę będącą jedynie modyfikacją temperacji Kirnberger III. Różnica polega na przestrojeniu dźwięków E i H (A-E-H jako dwie kwinty czyste) i przesunięciu pomniejszonej kwinty A-E na pozycję H-Fis.

W pierwszym wypadku procedura jest nieco bardziej skomplikowana. Jak zwykle najprościej jest wyjść od dźwięku c. Wtedy możemy poczynić następujące kroki :

- nastroić idąc w dół koła kwintowego serię czystych kwint C-F-B-Es-As(Gis)-Cis-Fis-H-E
- dokonać podziału uzyskanej – mniejszej nieco od czystej (!) tercji C-E; uzyskujemy w ten sposób dźwięki C,G,D i A
- przestroić dźwięki E i H (patrz wyżej)

75 Dwie z pozostałych proponowanych przez Werckmeistera temperacji zawierają również powiększone kwinty.

76 Tabelę cytujemy za bardzo dobrym hasłem *Werckmeister_Temperament* z Wikipedii: http://en.wikipedia.org/wiki/Werckmeister_temperament (dostępność: grudzień 2013).

W wypadku rozpoczynania do dźwięku a (podaję receptę od dźwięku a małego) zalecana procedura jest następująca:

- Stroimy czystą kwartę w dół a-e
- Stroimy dźwięk c w taki sposób, otrzymując na tercji c-e i sekście c-a dudnienia o szybkości ok. $1\frac{1}{2}$ /sek. (przy wysokości stroju $a'=415$, przy $a'=440$ ok. 2 /sek.)
- Możemy podzielić teraz sekstę c-a otrzymując dźwięki g i d. Sprawdzamy kwinty pod względem szybkości dudnień (pamiętając o zasadzie porównywania kwart i kwint: kwarta d-g będzie dudniła ok. 1,5 raza szybciej od blisko położonej kwinty c-g⁷⁷ – muzycznie możemy sobie wyobrazić relację triole – duole (3:2).
- Następnie stroimy kwinty czyste w dół od c (c-f-b-es-as(gis)-cis-fis oraz w górę e-h; powinniśmy otrzymać pomniejszoną kwintę h-fis (porównać z a-e, przy czym h-fis wykazuje nieznacznie szybszą częstotliwość dudnień)

Pomimo prostoty temperacja Werckmeister III posiada bardzo dobre walory brzmieniowe.

Dla skrzypków zaletą jest pozostawienie czystej kwinty A-E (jako najwyższa na skrzypcach kwinta ta źle znosi radykalne pomniejszenie).

Warto zauważyć, że dwoje spośród katowickich organów (organy kościoła św. Rodziny na Brynowie oraz znajdujący się w Sali Kameralnej Akademii Muzycznej mały XVIII-wieczny instrument) z powodzeniem nastrojone zostały⁷⁸ w tej właśnie temperacji. Są to jedne z pierwszych prób zastosowania historycznych strojów w polskim budownictwie organowym.

Dobłą ilustracją słów Werckmeistra odnoszących się do pożądaných cech temperacji (Werckmeister wydaje się rozumieć postulowaną nominalnie równomierność jedynie jako zapewnienie pełnej możliwości modulacyjnej. Jednocześnie ze względów estetycznych preferuje ekspresyjne zróżnicowanie tercji) jest realizacja jednego z najsławniejszych utworów organowych J. S. Bacha – *Fantazji g-moll* BWV 542.

⁷⁷ Przypominamy, że wynika to z zasady podwajania się szybkości dudnień co oktawę (kwinta c-g o dudnieniach 1/sek. będzie oktawę wyżej dudniła z szybkością 2/sek.) oraz zasady, że w ramach oktawy podzielonej na kwartę i kwintę (kwarta na dole) np. g-c-g dolna kwarta dudni z jednakową szybkością co górna kwinta. Stąd jeżeli mamy dwie pomniejszone o jednakową porcję komatu kwinty np. c-g i g-d' to ta druga znajduje się „pół oktawy” wyżej i będzie dudniła o 1,5 raza szybciej. Jeżeli weźmiemy dolny przewrót tej kwinty – kwartę d-g i porównujemy ją z kwintą c-g to musimy pamiętać, że dudnienia d-g są takie jak dla kwinty g-d1. Stąd rozkładanie komatu – które realizujemy zazwyczaj porównując naprzemiennie kwinty i kwarty – musi uwzględniać opisywany fenomen.

⁷⁸ dzięki inicjatywie prof. Juliana Gembalskiego

 CD 2 – 5-6 (realizacja w temperacji Werckmeister III i temperacji równomiernej)

To jeden z najbardziej „śmiały” utworów pod względem harmoniki; niezwykle inspirujący również dla późniejszych kompozytorów romantycznych.



Przykł. nut. 16a. Bach – *Fantazja g-moll* BWV 542, t. 21-24

Wykonanie tego dzieła w „dobrej temperacji – umożliwiającej użycie wszystkich tonacji, a jednocześnie „kolorującej” modulacje bardzo zwiększa dramatyczno-retoryczną wymowę utworu.

Użyta przez Bacha modulacja enharmoniczna jest niemalże demonstracją możliwości nowego systemu strojenia:



Przykł. nut. 16b. Bach – *Fantazja g-moll*, t. 36-38

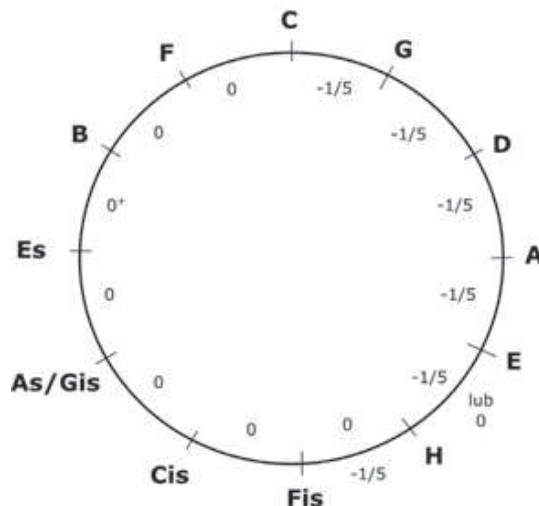
Porównanie nagrania utworu w temperacji Werckmeister III oraz w temperacji równomiernej jest ciekawym doświadczeniem. Mimo niewiarygodnego skomplikowania harmonii i efektów enharmonicznych utwór brzmi bardziej ekspresyjnie i „ciekawiej” w temperacji nierównomiernej.

Bach – Kellner**komat do podziału: syntoniczny****rozłożony: na 5 kwint (C-G-D-A-E, H-Fis)**

Mogłoby się wydawać, że rozłożenie komatu syntonicznego na pięć (jak ma to miejsce w poprzednio omawianych temperacjach Kirnberger III i Werckmeister III) zamiast na cztery kwinty nie da znaczącej różnicy.

Zaproponowany w 1970 roku strój Herberta Antona Kellnera – oparta na rozważaniach matematyczno-teologicznych propozycja rekonstrukcji stroju bachowskiego – to temperacja łącząca prostotę praktycznej realizacji z bardzo dobrymi walorami brzmieniowymi.

Strojenie rozpoczynamy od podziału komatu syntonicznego na 5 części. Stroimy tercję czystą C-E oraz kwintę czystą E-H. W ramach limitu C-H dokonujemy równomiernego podziału kwint. Kwintę E-H modyfikujemy na czystą, przez co uzyskujemy pomniejszoną kwintę H-Fis (analogicznie jak w stroju Werckmeister III). Następnie stroimy pozostałe kwinty jako czyste.



Rys. 71. Bach-Kellner

Tartini – Vallotti

Komat do podziału: pitagorejski (Tartini-Vallotti / Young)

Komat do podziału: syntoniczny (Barca)

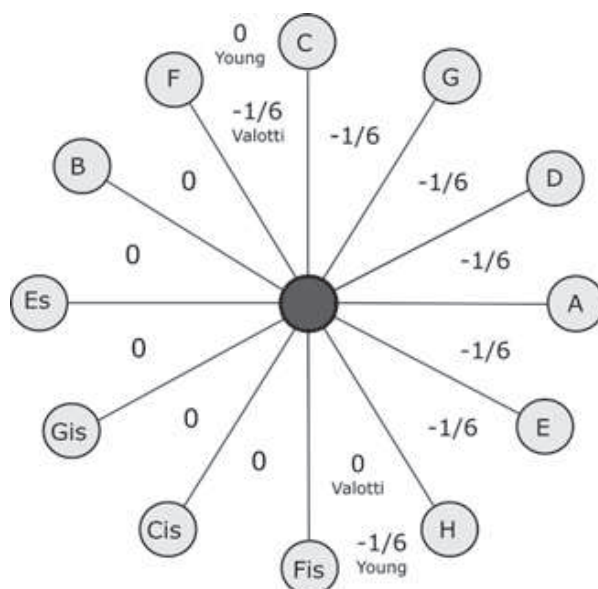
**Rozłożony na: 6 kwint (Tartini-Vallotti F-C-G-A-E-H, Young,
Barca C-G-D-A-E-H-Fis)**

Mamy tu do czynienia z grupą strojów stosunkowo łatwych do realizacji; tonacje są tu dość mało zróżnicowane. Zaletą jest rozłożenie komatu na większą, niż w wypadku temperacji takich jak „Kirnberger III” czy „Werckmeister III” ilość kwint, przez co kwinty ważne z punktu widzenia instrumentów smyczkowych nie są nadmiernie pomniejszone i dobrze odpowiadają opisywanemu przez niektórych autorów sposobowi strojenia instrumentów smyczkowych bliskiego systemowi mezotonicznemu $\frac{1}{6}$ komatu.⁷⁹ We współczesnej praktyce koncertowej strój Tartini-Vallotti uzyskał chyba jeszcze większe niż w XVIII-wieku rozpowszechnienie.

Prostota struktury sprawia również, że temperacje te nie są tak wyraziste, zróżnicowane, kolorowe jak niemieckie „dobre temperacje”. Ceną jest jednak przeciętna jakość tonacji o małej liczbie znaków i słaba jakość tercji w wielu tonacjach dalszych.

79 por. Bruce Haynes 1991, Ibo Ortgies 2005-7 i in.

Poniżej schematy omawianych temperacji:



Rys. 72. Young, Tartini-Vallotti

Stroje te należy opanować również z tego powodu, że umiejętność uzyskania kwint pomniejszonych o $\frac{1}{6}$ komatu stanowi podstawę strojenia dużej ilości innych dobrych temperacji, szczególnie tych, które obecnie konkurują ze sobą o miano temperacji bachowskiej (Neidhardt, Sorge, Bach-Barnes, Bach-Lehman, Bach-O'Donell).

Pierwszym krokiem jest rozłożenie komatu na 6 kwint. W wypadku temperacji Barca jest to najprostsze; możemy bowiem za pomocą sposobu opisanego w rozdziale dotyczącym dzielenia komatu syntonicznego wyznaczyć limit C-Fis.⁸⁰ W wypadku stroju Tartini-Vallotti procedura będzie nieco bardziej skomplikowana. Najwygodniej będzie wyjść od tercji f-a (w oktawie małej) o szybkości trzech dudnień na sekundę (3 Hz). Następnym krokiem będzie nastrojenie kwint (kwart) f-c-g-d'-a. W dalszej kolejności musimy uzupełnić koło kwintowego o czyste kwinty (pamiętajmy o tym, że w wypadku temperacji „Barca” będziemy musieli uwzględnić różnicę między komatem syntonicznym, a pitagorejskim tj. schizmę). Za każdym razem⁸¹ zalecamy słuchową weryfikację jakości uzyskiwanych tercji.

80 Stroimy ciąg czystych interwałów: dwóch kwint-kwart C-G-D i tercję czystą D-Fis; dźwięki C-Fis stanowią potrzebny nam limit.

81 również w wypadku pozostałych dobrych temperacji

Dobre temperacje

„To, że 12 półtonów powinno być równych nie jest ani celem, ani źródłem przyjemności w muzyce; raczej każdy z nich powinien cieszyć ucho przyjemnie, ekspresyjnie i ze słodyczą.”⁸²

Cechy charakterystyczne :

- pozwalają na domknięcie koła kwintowego (w odróżnieniu od systemów mezotonicznych, w których punktem odniesienia jest jakość tercji i kwint, a nie koło kwintowe);
- pozwalają na użycie wszystkich tonacji koła kwintowego;
- są strojami o nieregularnej strukturze

Porównując system mezotoniczny, równomiernie temperowany i XVIII-wieczne temperacje nieregularne moglibyśmy obrazowo powiedzieć, że o ile strój mezotoniczny jest czarno-biały (małe i duże półtony, tercje czyste – kwarty zmniejszone itp.), a równomiernie temperowany szary (wszystkie znaczące interwały równie rozstrojone); o tyle dobre temperacje wprowadzają nas w świat wielobarwny. W każdej z tych ostatnich znajdziemy bowiem kilka rodzajów kwint i tercji. Początkujący adept strojenia może być z początku nawet przerażony ilością różnorakich, używanych w XVIII wieku systemów. Niepokój mogą wzbudzić również bardzo ożywione dyskusje dotyczące zalet poszczególnych systemów i ogromne zaangażowanie emocjonalne specjalistów. W szczególności dotyczy to dyskusji dotyczących hipotetycznej temperacji bachowskiej. Z drugiej strony daje się zauważyć przepaść między wspomnianą bardzo szczegółową dyskusją a codzienną praktyką koncertową. Wielu wykonawców standardowo zamawia obecny we wszystkich elektronicznych maszynkach do strojenia bezpieczny strój „Tartini-Vallotti” nie wdając się zbytnio w szczegóły.

Niektóre spośród temperacji są bardzo trudne do odróżnienia nawet dla specjalistów. Ponadto, doświadczony stroiciel jest w stanie sam modelować temperację biorąc pod uwagę potrzeby i specyfikę wykonywanego repertuaru oraz dopasowanie do konkretnego instrumentu. Dokładniej zdefiniowana temperacja jest konieczna w wypadku strojenia organów; w wypadku strunowych instrumentów klawiszowych

82 Johann Mattheson, *Grosse Generalbass-Schule*, Hamburg 1732 (tłum. MT)

spojrzeć można na teoretyczne modele bardziej jako punkt odniesienia dla stroiciela. Co ciekawe, analizując modele Neidhardta, widzimy, że różnicował on temperacje również w zależności od miejsca przeznaczenia – w kolejności bliskości do temperacji równomiernej mamy zatem: dwór- wielkie miasta – małe miasta – wieś. Dla „dworu” proponowana jest temperacja równomierna. Poniższa tabela jest również interesująca z tego względu, że ukazuje ewolucję stylu muzycznego i stopniowe przyjmowanie sposobów strojenia coraz bliższych równomiernej temperacji.⁸³

1724	Największe i najmniejsze półtony (jednostka : centy) ⁸⁴	1732
	108-94	Dorf
Dorf (wieś)	108-94	kleine Stadt
kleine Stadt (małe miasto)	106-96	grosse Stadt
grosse Stadt (wielkie miasto)	104-96	
Hof (dwór)	100-100	
Temperacja równomierna		

Interesującym zagadnieniem jest kwestia postrzegania dobrych temperacji jako pewnego rodzaju ekwiwalentu temperacji równomiernej. Ta ostatnia jest bowiem niezwykle niewygodna w strojeniu, ponadto nienajlepsza akustycznie. Na tle klasycznej temperacji mezotonicznej każda inna zapewniająca dostępność wszystkich tonacji koła kwintowego postrzegana była jako równomierna, choć *de facto* równomierną nie była. Jest to bardzo czytelne we wspomnianych już tekstach Werckmeistra, który temperację równomierną przedstawia jako pewien ideał teologiczno-filozoficzny jednocześnie nadmieniając, że preferuje strojenie niektórych tercji jako lepszych.

Złe parametry akustyczne zrealizowanej precyzyjnie temperacji równomiernej przeszkadzały muzykom XVIII wieku w jej akceptacji. Jednocześnie zauważano wady temperacji nieregularnych. Zwracano uwagę na trudności we współpracy instrumentalistów-nieklawiszowców (potrzebujących bardziej regularnego stroju) z instrumentami klawiszowymi. Trudności te potęgowane były często różnicą relacyjnego a'; w wielu ośrodkach organy strojone były najczęściej w Chortonie, a instrumenty w Kammertonie⁸⁵. Tak sytuacja przedstawiała się w Lipsku czasów J. S. Bacha (partia organów w kantatach notowana jest o cały ton niżej); podobnie było również w Polsce. Johann Andreas Sorge pisze o niezgodności temperacji – na

⁸³ Lindley M., *J. S. Bach's Tunings*, 1995, s. 722

⁸⁴ Przypominamy, że półton w stroju równomiernie temperowanym ma 100 centów; cent jest zatem jednostką używaną dla pokazania odchyłań od temperacji równomiernej poszczególnych interwałów.

⁸⁵ W uproszczeniu: Chorton – ok. pół tonu wyżej od współczesnego stroju (ok. 465 Hz), Kammerton – pół tonu niżej (ok. 415 Hz). Szczegółowe przedstawienie problemu zob. Bruce Haynes, *History of Performing Pitch: The Story of "A"*, Scarecrow Press, 2002.

przykład w utworze w często używanej tonacji B-dur organy musiały grać w As-dur – zazwyczaj z szeroką tercją As-C (a w wypadku stroju Silbermanna tj. mezotonicznego $\frac{1}{4}$ komatu z wilczą kwintą As-Es!) Sorge proponuje zresztą nawet specjalną temperację uwzględniającą konieczność współpracy organów (strojonych w Chortonie) z innymi instrumentami.⁸⁶

Jeśli któryś z teoretyków pozwalał sobie na cieplejsze słowa w odniesieniu do temperacji równomiernej to działało się tak zazwyczaj przy okazji podkreślania jej „przewidywalności” dla innych instrumentalistów, a nie zalet brzmieniowych.

Podkreślając swobodę, jaką dysponuje doświadczony stroiciel, warto przytoczyć zdanie Forkela o J. S. Bachu:

”Nawet J. S. Bach, tak uczony w sztuce matematyki podążał w tych sprawach za Naturą, a nie zasadami; to całe matematyzowanie nigdy nie zapewniało powodzenia we wprowadzeniu właściwej temperacji.”

Dla temperacji preferowanych w I poł. XVIII wieku priorytetem było zapewnienie bardzo dobrych, bliskich czystej tercji wielkich w tonacjach z mniejszą ilością znaków. W dalszych tonacjach stosowane są tercje szersze, a nawet pitagorejskie (łagodzone zazwyczaj przez czyste akustycznie kwinty). Aby to osiągnąć, autorzy sugerują pomniejszanie niewielkiej ilości kwint i pozostawienie pozostałych czystymi.

Pozwala to na stosunkowo bezproblemową współpracę z innymi instrumentami w kręgu najczęściej stosowanych tonacji i zapewnia używalność pozostałych. (We współpracy kameralnej organista czy klawesynista realizując partię *basso continuo* nie powinien eksponować źle brzmiących tercji tonacji z większą ilością znaków np. umieszczając je w najwyższym głosie realizacji. Rozwiązaniem bywa umieszczenie tego typu „problematycznych” dźwięków w jednym ze środkowych głosów (bądź opisanie ich za pomocą figuracji).

W muzyce solowej temperacje takie pozwalają na znaczne zróżnicowanie kolorystyczne poszczególnych tonacji; stąd rozpowszechniona w wieku XVIII symbolika tychże.

We współczesnej praktyce temperacje takie często pozwalają na połączenie w jednym programie utworów muzyki siedemnasto- (wymagających teoretycznie stroju mezotonicznego) i osiemnastowiecznej. Jednak w wypadku bardziej odległych od centrum tonacji i akordów np. A-dur, E-dur, H-dur, Es-dur itp. może to już być problematyczne; stąd konieczność uważnego dobierania utworów w takich „łączonych” programach.

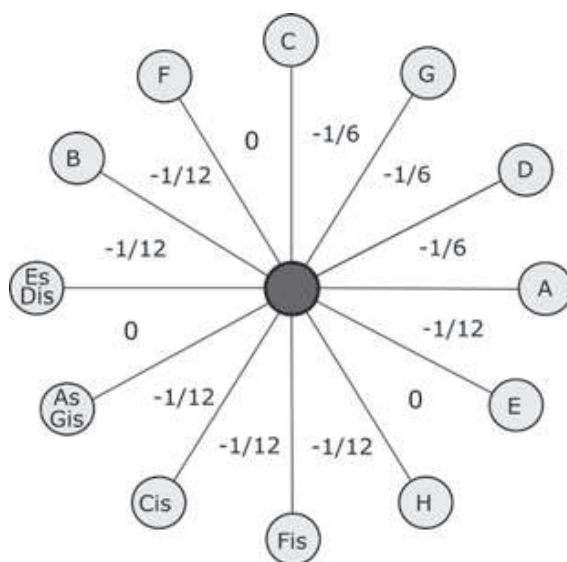
Zwracamy zatem uwagę na trudność wykonywania na jednym koncercie literatury XVII-wiecznej wymagającej stroju mezotonicznego i XVIII-wiecznej wymagającej dobrej temperacji.

86 grającymi w Kammertonie

Na przykład chromatyka – choć niezupełnie wyrównana w dobrych temperacjach – stopniowo traci walory ekspresyjne charakterystyczne dla stroju mezotonicznego. Z punktu widzenia większości literatury XVII-wiecznej problemem może być też odczuwalny brak regularności stroju.

W II połowie XVIII wieku priorytetem staje się bezproblemowa modulacyjność; dalsze tonacje zyskują na znaczeniu nie tylko w solowej muzyce klawiszowej. Niektórzy autorzy zalecają stosowanie temperacji równomiernej, przy czym należy podkreślić, że wiele wzmianek nie pozwala na jednoznaczne stwierdzenie czy autor miał na myśli dosłowne wprowadzenie w czyn równomiernej temperacji, czy też dopuszcza użycie temperacji bliskiej równomiernej, choć mniej problematycznej pod względem akustycznym.⁸⁷ Warto odwołać się w tym miejscu do wielu przekazów z końca XIX wieku.⁸⁸ Późniejsi autorzy – Neidhardt, Sorge, Mercadier i in. zalecają „dobre temperacje”, w których błąd rozłożony jest na większą ilość kwint niż 4-6 (typowym rozwiązaniem postulowanym w pierwszym rzędzie przez Neidhardta jest pomniejszanie niektórych kwint o $\frac{1}{6}$, niektórych o $\frac{1}{12}$). Znacząco obniża to jakość tercji w tonacjach z niewielką ilością znaków, poprawia jednak „uniwersalność” stroju i możliwość jego zastosowania w dalszych tonacjach. Wartości użytkowe tego typu temperacji są już bardzo bliskie tym, które daje nam temperacja równomierna. Wzajemny stosunek tercji i kwint jest natomiast korzystniejszy akustycznie.

Poniżej – jedna z najczęściej stosowanych temperacji tego typu – Neidhardt „Grosse Stadt” (1732).



Rys. 73. Neidhardt „Grosse Stadt”

87 Patrz wyżej

88 Pełna informacja na ten temat w: Rozanow I. W., 2010

Późne „dobre temperacje” są znacznie trudniejsze w strojeniu od mniej skomplikowanych wcześniejszych; prawdopodobnie to właśnie było przyczyną, że dopiero ostatnio wracają do łask i są na nowo odkrywane jako cenny element muzycznej praktyki.

Rezygnujemy z podawania dokładnych przepisów realizacji; czytelnik z łatwością odnajdzie odnośne wskazówki w literaturze bądź internecie.⁸⁹ Kluczem w większości przypadków jest jednak umiejętność podziału komatu na 6 części (tj. umiejętność strojenia temperacji Tartini-Vallotti).

Na przykład w podanym wyżej przykładzie procedura polega (po nastrojeniu Tartini-Vallotti) na:

- przestrojeniu dźwięku F i równomiernym podziale kwint znajdujących się między dźwiękami F i Es.
- podwyższeniu dźwięku E tak aby kwinta A-E była pomniejszona o $\frac{1}{12}$ komatu (porównujemy ją z kwintą F-B)
- nastrojeniu kwinty czystej E-H
- pozostają nam jeszcze 3 kwinty pomniejszone o $\frac{1}{12}$ komatu; H-Fis możemy osiągnąć przez porównanie z A-E, następnie pomniejszamy równomiernie kwinty Fis-Cis-Gis.

Łatwo chyba domyślić się, że autorzy niniejszego podręcznika uzależniają wybór konkretnego systemu od potrzeb. Niewątpliwie w świecie „dobrych temperacji” na znaczeniu zyskuje indywidualny smak i preferencje oraz wyczucie stroiciela. Warto to podkreślić, gdyż zdominowana przez bardzo dogmatyczne podejście dyskusja na temat zalet poszczególnych temperacji zazwyczaj pomija fakt, że doświadczony artysta świadomy jest konieczności dopasowania artykulacji, uderzenia, sposobu wykonania do zastanej bądź wykonanej przez siebie temperacji. Za pomocą środków muzycznych można sprawić, że w subiektywnym odbiorze (decydującym dla percepcji koncertu jako całości) gorzej brzmiące tonacje staną się ekspresyjnym atutem. W analogicznym wypadku u mniej uważnego wykonawcy odniesiemy tylko wrażenie niestrojności. Osobiście uważam również późniejsze temperacje za znacznie bardziej stosowne dla spektrum alikwotowego fortepianu (niż temperacje z I poł. XVIII w.).

Nie ma „temperacji” idealnej; każda decyzja stroiciela pociąga za sobą pozytywne, jak i negatywne skutki. To zawsze kompromis.

Zapalnym punktem dyskusji, toczącej się od wielu lat, jest dyskusja na temat idealnej temperacji stosownej dla muzyki Bacha, w szczególności *Das Wohltemperierte*

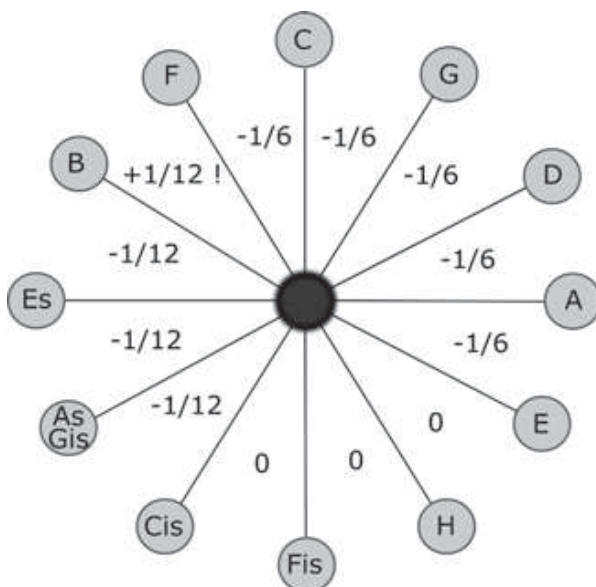
89 Polecamy strony Carey’a Beebe i Bradleya Lehmana

Klavier. Dyskusja bardzo nasiliła się po opublikowaniu przez Bradleya Lehmana⁹⁰ interpretacji grafu zamieszczonego na tytułowej stronie dzieła jako stenogramu systemu strojenia.



Rys. 74. Graf z tytułowej strony *Das Wohltemperirte Klavier*

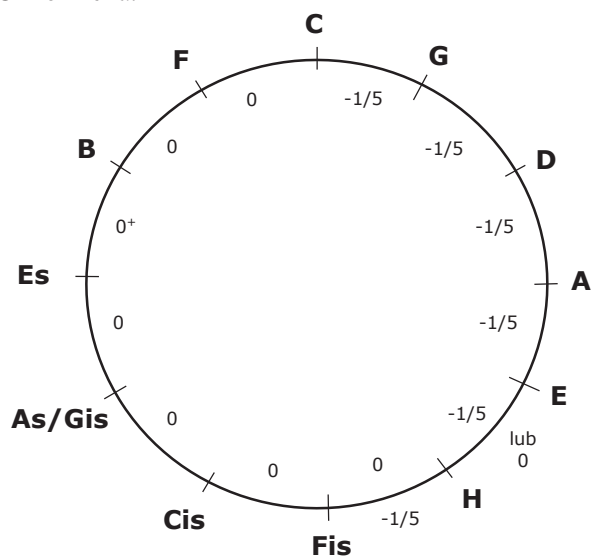
Lehman zinterpretował ów graf następująco:



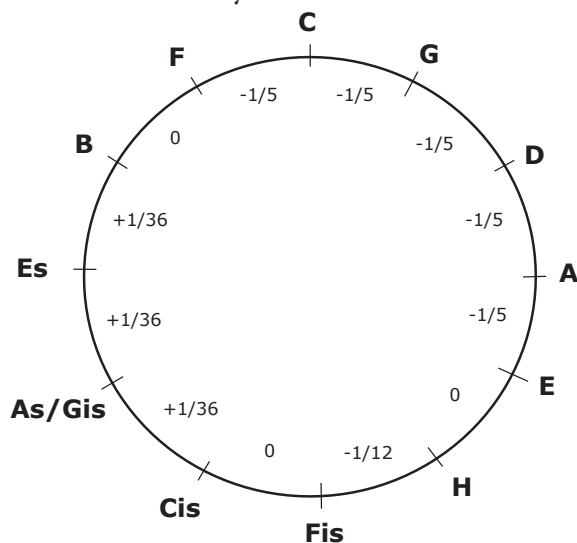
Rys. 75. Bach-Lehman

90 Lehman, B., *Bach's Extraordinary Temperament: Our Rosetta Stone*; Early Music Vol. 33, 2005

Propozycja wywołała ożywioną dyskusję – niektórzy autorzy (Ibo Ortgies, Mark Lindley) mocno skrytykowali propozycję wskazując na świadectwa świadczące o pragmatycznym podejściu Bacha⁹¹; inni zaproponowali alternatywne sposoby odczytania grafu (m.in.: Swich, O'Donell, Hill). Poniżej przedstawiamy schematy Swicha oraz O'Donnella:



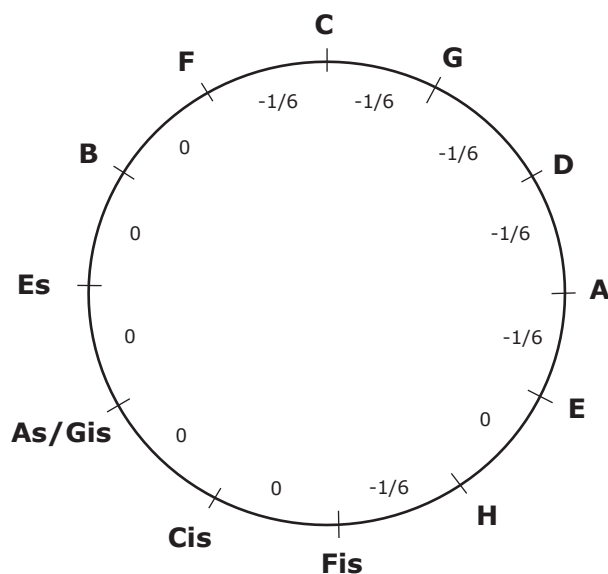
Rys. 76. Bach-Swich



Rys. 77. Bach – O'Donell

91 Spitta Ph., *J. S. Bach* 2.Band VI Buch, s. 502-505. Na str. 503 znajdziemy sławne zdanie: „Es war eine bekannte Thatsache, daß Bach sich um das Verhältniß der Mathematik zur Tonkunst keine grauen Haare wachsen ließ.” („Było ogólnie wiadomym, że Bach nie zaprzętał sobie głowy stosunkiem matematyki do sztuki muzycznej”).

oraz dla uzupełnienia wcześniejszą „bachowską” temperację zaproponowaną przez Barnes’a i bardzo zbliżoną do temperacji Tartini-Vallotti. Oczywiście propozycja jest znacznie więcej (Billeter, di Veroli czy wspomniany już Hill).



Rys. 78. Bach-Barnes

Dyskusję taką można oczywiście prowadzić w nieskończoność. Zastanawianie się nad cechami różnych systemów teoretycznych stanowi niewątpliwie niezwykle płodny grunt dla refleksji muzycznej i znakomitą metodę uwrażliwiania słuchu. Warto jednak pamiętać, że nawet najbardziej dopasowana do danego utworu temperacja nie zastąpi świadomej interpretacji. Doświadczony klawesynista świadomie i nieświadomie uwypukla pożądane cechy danego stroju, ukrywając inne (np. grając problematyczne dźwięki krócej, bardziej miękko itp.)

Naszym czytelnikom proponujemy jeszcze jeden punkt widzenia. Potraktujmy przedstawiane przez teoretyków modele jako modele właśnie. Modele teoretyczne, które użytkownik ma prawo przysposobić do własnego użytku. Listę recept i zasad postępowania, na podstawie których artysta, stroiciel, wykonawca sporządza własne danie dopasowane do brzmienia konkretnego instrumentu, wykonywanego programu i własnego smaku.

Istnieje grupa źródeł (m.in. Fritz, na którego powołuje się Carl Philip Emanuel Bach⁹²), które podają wskazówki dotyczące strojenia na zasadzie kolejności wykonywania działań, bez jednoznacznego precyzowania rozmiarów poszczególnych interwałów. Oznacza to, że strojenie może odbywać się na zasadzie empirycznej,

92 Fritz B., *Anweisung, wie man Claviere, Clavecins und Orgeln, nach ein mechanischer Art., in Allen zwölf Tönen gleich rein stimmen könne.*, Leipzig 1756; za: Rozanow I.W., 2002

a nie sztywnej realizacji modelu. Lindley twierdzi za Forkelem⁹³, że właśnie takie podejście do temperacji mógł mieć Jan Sebastian Bach. Zatem – temperacja tworzona jest *à la carte*, z uwzględnieniem walorów użytkowych istotnych w danej chwili, a nie zgodności z matematycznym modelem.

Oczywiście, początkujący muzyk-praktyk musi zacząć od przyswojenia sobie kilku podstawowych teoretycznych schematów. W wielu rozdziałach staraliśmy się jednak zwracać uwagę, według jakich zasad daje się modyfikować poszczególne schematy. Wskazówki znajdzie czytelnik m.in. w rozdziałach: „Modyfikacje stroju mezotonicznego”, „Tempérament ordinaire...”, czy „Kinberger III/D’Alembert”. Sugerujemy jednak – już na wczesnym etapie nauki – eksperymentowanie i dopuszczanie do głosu własnego smaku i empirycznego podejścia do procesu strojenia.

93 odrzucając tym samym rozumowanie Lehmana

CZĘŚĆ IV

Dodatkowe ćwiczenia na intonację w stroju mezotonicznym

MAREK TOPOROWSKI

Zamieszczone w tej części ćwiczenia przeznaczone są do wykonywania głosem bądź na instrumentach dających możliwość swobodnego kształtowania intonacji.

ĆWICZENIA NA POCHODY DIATONICZNE W STROJU MEZOTONICZNYM

Ćwiczenie

Ćwiczenie intonacji w stroju mezotonicznym proponujemy rozpocząć od prostych pochodów diatonicznych.

Przykł. nut. 17 Pochody diatoniczne – ćwiczenie intonacji mezotonicznej

CD 2 – 7

W poniższym przykładzie, będącym prostą wersją *Passè mezzo antico primo* opracowaną na podstawie wersji Antonia Gardane z roku 1551, materiałem do ćwiczenia jest umieszczona w sopranie regularna dyminucja (tak w terminologii XVI i XVII wiecznej określa się figurację) oparta na podobnych przebiegach diatonicznych przeznaczonych do wykonania w stroju mezotonicznym. Posłuchaj uważnie przykładu, a następnie spróbuj go grać i śpiewać razem z nagraniem. Usłyszysz zarówno wersję zawierającą wszystkie głosy kompozycji, jak i nagrany osobno głos sopranowy. Pa-

miętaj, że w przebiegach tego typu całe tony są nieco mniejsze, a wszystkie półtony są półtonami diatonicznymi tj. większymi od chromatycznych (prym zwiększonych).

Przy okazji zwróć uwagę na homofoniczną strukturę. W tym stylu akompaniament nie podlega kontrapunktycznym regułom prowadzenia głosów; stąd liczne paralelizmy, również kwintowo-oktawowe!

Ćwiczenie

The musical score is presented in four systems. Each system consists of a treble staff with a melody and a bass staff with a homophonic accompaniment. The key signature is one flat (B-flat), and the time signature is common time (C). The melody is written in eighth and quarter notes, and the accompaniment is written in chords and dyads. The systems are numbered 1, 5, 9, and 14 at the beginning of the melody line.

Przykł. nut. 18 Antonio Gardane – *Passè mezzo*

🎵 CD 2 – 8 wszystkie głosy

🎵 CD 2 – 9 sopran

Drugi przykład oparty na skróconym i uproszczonym basie Foli⁹⁴ zawiera podobne problemy. Przykład ten jest jednocześnie dobrym ćwiczeniem na strojenie akordów zawierających czyste tercje wielkie w zespole instrumentalnym lub wokalnym (chórze).

Podajemy go również w układzie 4-głosowym.

Ćwiczenie

Przykł. nut. 19-20 Antonio Gardane – *La cara cossa*

🎵 CD 2 – 10 ostatnia kadencja; wszystkie głosy osobne, potem razem

🎵 CD 2 – 11 wersja szybka

🎵 CD 2 – 12 wersja wolna (do pracy w zespole)

94 Inna nazwa tego modelu basowego to *La cara cossa del Berdolin*.

ĆWICZENIE Z KWARTĄ ZMNIEJSZONĄ

Jeśli w pierwszym takcie uda nam się precyzyjnie intonować czyste akustycznie tercje a-cis i f-a to między cis i f uzyskamy dysonującą kwartę zmniejszoną. Ćwiczenie to może również służyć do pracy nad intonacją typowej dla muzyki XVI i XVII wieku kadencji.

Ćwiczenie



Przykł. nut. 21. Ćwiczenie na kwartę zmniejszoną

 CD 2 – 13

ĆWICZENIA NA POCHODY CHROMATYCZNE

Jak wynika z naszych dotychczasowych rozważań istotnym elementem „manierystycznego” wykorzystywania stroju mezotonicznego jest eksponowanie pochodów chromatycznych składających się naprzemiennie z małych (pryma zwiększona) i wielkich (sekunda mała) półtonów – inaczej: półtonów diatonicznych i chromatycznych.

Nauczenie się intonowania takich pochodów w stroju mezotonicznym może być dość trudne zważywszy, że jest to efekt bardzo odległy od naszych przyzwyczajeń słuchowych.

W wersji $\frac{1}{4}$ komatu półtony duże i małe są bardzo mocno zróżnicowane. W wersji $\frac{1}{8}$ różnica jest nadal wyraźna.

Zrozumienie tego fenomenu wpływa nie tylko na intonację. Nawet wykonując utwór w stroju równomiernie temperowanym możemy środkami interpretacyjnymi

zbudować stosunkowo wyraziste napięcia. Świadomość zamierzonego przez kompozytora efektu, ściśle związanego ze specyfiką pochodów chromatycznych w stroju mezotonicznym jest tu jednak zasadnicza.

Nasze ćwiczenia bazują na jednym z najsławniejszych (i najbardziej typowych) utworów tego gatunku – *Fantazji chromatycznej* Jana Pieterszooona Sweelincka.

Proponujemy uważne wysłuchanie realizacji pierwszej części tego utworu zawierającej w stroju mezotonicznym $\frac{1}{4}$ komatu, a następnie w temperacji równomiernej:

CD 2 – 14-15

Jako ćwiczenia – do grania bądź śpiewania – sugerujemy wyabstrahowane typowe miejsca.

Ćwiczenie



Marek Toporowski

Przykł. nut. 22 a-c. Ćwiczenia wg *Fantazji chromatycznej* Sweelincka

PSALMY MIKOŁAJA GOMÓŁKI

Doskonały materiał dla dalszych ćwiczeń ze strojenia mogą stanowić Psalmy Mikołaja Gomółki.⁹⁵ Do pracy z nagraniem wybraliśmy psalm XXIX *Nieście chwałę mocarze* o prostszej strukturze oraz psalm XVI *O, który siedzisz*, o bardziej ruchliwym przebiegu głosów i efektownej ilustracji tekstu (patrz ruch sopranu i basu na słowach „na wysokim niebie”. Nagraliśmy każdy głos osobno oraz całość kompozycji. W drugim wypadku nagraliśmy również pary głosów (sopran-alt, tenor-bas).

W psalmie XVI zwróć uwagę na bardzo charakterystycznie brzmiącą septymę zmniejszoną na słowie „litości”.

Ćwiczenie

Nie - ście chwa - łę mo - ca - rze, Pa - nu mo - cniej - sze - mu Nie - ście chwa - łę

Kró - lo - wie Kró - lo - wi wzięt - sze - - -

⁹⁵ Transkrypcja pod red. Mirosława Perza; Wrocław, Kraków 1983. Podłożenie tekstu zmodyfikowane w stosunku do w/w wydania.

2_s

mu. Je - go ze wszechnej - święt - sze i - mię wy - zna - waj - cie, Je - muwko - ście le świę - tym Je -

15

go się kła - niaj - cie

Przykł. nut. 23. – Gomółka – Nieście chwałę

- 🎵 CD 2 – 16-19 głosy osobno
- 🎵 CD 2 – 20 wszystkie głosy razem

Ćwiczenie

O, któ - ry sie - - dzisz na wy - - - so -

O, któ - ry sie dzisz na wy - so -

O, któ - ry sie - dzisz na wy - so -

O, któ - ry sie - dzisz na wy - so - kim

kim nie - - - bie, Ja nie mam in - szej na - dzie - je krom

kim nie - - - bie, Ja nie mam in - szej na - dzie - je krom

kim nie - - - bie, Ja nie mam in - szej na - dzie - je krom

nie - - - - - bie Ja nie mam in - szej na - dzie - je krom

J. S. BACH – ARIA z III SUITY ORKIESTROWEJ BWV 1068

Rzut oka na tzw. *Arię na strunie G* (w rzeczywistości *Air z III Suty orkiestrowej*) Jana Sebastiana Bacha pozwoli nam uzmysłowić sobie różnicę między mezotonicznym systemem strojenia, a zamkniętymi systemami „dobrej” temperacji.

Jak pamiętamy, istotnym czynnikiem kwalifikującym utwór do wykonania w stroju mezotonicznym jest kwestia równoważności enharmonicznej: jeśli w kompozycji występują równocześnie dźwięki enharmoniczne, np. B i Ais (a nie dysponujemy instrumentem z podwójnymi klawiszami chromatycznymi) to fakt ten stanowi przeciwwskazanie do grania w stroju mezotonicznym. *Aria* Bacha jest natomiast możliwa do wykonania w stroju mezotonicznym przy założeniu, że stroimy Dis (a nie Es) i Ais (a nie B).

Dwa pierwsze przykłady dźwiękowe zrealizowane zostały w odmianach stroju mezotonicznego: w „klasycznej” wersji $\frac{1}{4}$ komatu, oraz w złagodzonej wersji $\frac{1}{8}$ komatu.⁹⁶

Oczywiście może się zdarzyć, że w programie koncertu mamy również kompozycje napisane w innych tonacjach uniemożliwiające nastrojenie instrumentu klawiszowego w stroju mezotonicznym. Klawesyn musimy w takim wypadku nastroić w jednej z „dobrych” (nieregularnie zbudowanych) temperacji. Takie tercje jak: H-Dis czy Fis-Ais będą wtedy znacząco rozszerzone, co jest ciekawym i ekspresyjnym efektem. Takie nastrojenie może choć nie musi wpływać na intonację zespołową. Rozwiązaniem może być również np. schowanie takich tercji w środkowych głosach klawesynowej realizacji continuo.

Dla naszych potrzeb zarejestrowaliśmy wersję w jednej z „dobrych temperacji” – „Bach-Barnes”.



⁹⁶ Przypominamy, że zdaniem wielu autorów taka wersja odpowiada prawdopodobnemu modelowi intonacji zespołowej w XVIII wieku.

Przykł. nut. 25. Bach – Air

- 🎵 CD 2 – 24 strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu
- 🎵 CD 2 – 25 strój mezotoniczny $\frac{1}{6}$ komatu
- 🎵 CD 2 – 26 temperacja Bach-Barnes

ANEKS

Instrumenty wykorzystywane przez nas podczas realizacji projektu

MAREK PILCH, MAREK TOPOROWSKI

Projekt prowadzony był w oparciu o różnego rodzaju instrumenty klawiszowe. Oprócz instrumentów zamówionych specjalnie z myślą o prowadzonych badaniach wykorzystane zostały instrumenty prywatne oraz instrumenty, jakimi dysponuje klasa klawesynu Akademii Muzycznej im. K. Szymanowskiego w Katowicach. Postanowiliśmy opisać ich zalety i specyficzne możliwości wychodząc z założenia, że kontakt ze zróżnicowanym i czasem bardzo oryginalnym instrumentarium stanowił dodatkową wartość realizowanego przez nas projektu.

Klawesyn typu włoskiego z dzielonymi klawiszami

Zbudowany przez Martina Schwabe w Lipsku w 2010-2011 roku. Jego zalety to piękne brzmienie, łatwość w transporcie oraz łatwość strojenia. Dla potrzeb badań i prowadzonych przez nas demonstracji postanowiliśmy wyposażyć go w dzielone klawisze chromatyczne: w środkowych oktawach są to : Dis/Es, Gis/As i Ais/B (w oktawach skrajnych ilość *tasti spezzati* została ograniczona)

Myśląc o kupnie nowego klawesynu typu włoskiego warto rozważyć możliwość zlecenia budowniczemu wykonania kilku podwójnych klawiszy chromatycznych. Od razu powstaje pytanie: które klawisze powinny być dzielone?

Podpowiedzi udzieli praktyczne zastosowanie instrumentu. Repertuar muzyki klawiszowej XVI i XVII wieku powstawał w oparciu o system mezotoniczny. Zasób dźwięków w oktawie był powiększany na zasadzie rozszerzania koła kwintowego. Jeśli za punkt wyjścia przyjmiemy dźwięk C, wówczas standardowy zasób

dwunastu dźwięków (kwinty leżące pomiędzy Gis a Es) uzyskamy strojąc trzy kwinty w dół koła kwintowego (dźwięki C-F-B-Es) oraz osiem kwint w górę koła (dźwięki C-G-D-A-E-H-Fis-Gis). Chcąc rozszerzyć zasób dźwięków dodajemy po prostu kolejne kwinty w obu kierunkach: w dół As, Des itd, w górę: Dis, Ais. W ten sposób możemy podzielić wszystkie dźwięki chromatyczne. Instrumenty tego typu stosowane były dość powszechnie choć są swego rodzaju luksusem (robi się je na



Zdj. 2

specjalne zamówienie) a gra z użyciem klawiszy dzielonych wymaga ćwiczenia dodatkowych elementów techniki gry.

Na instrumentach z dzielonymi klawiszami można demonstrować system mezotoniczny oraz elementy systemu pitagorejskiego i wybiórczych systemów opartych na stroju naturalnym. Możliwości w tym zakresie oczywiście zależą od ilości dzielonych klawiszy, ale nawet jeden czy dwa dzielone klawisze dają już duże możliwości demonstracji i ćwiczeń budowy interwałów.

Instrument posiada dwa rejestry (czyli dwa naciągi strun o różnej barwie). Daje to możliwość np. przygotowania dwóch różnych temperacji na potrzeby zajęć lub zostawienie jednego naciągu strun dla eksperymentów ze studentami a drugiego, nastrojonego – jako wzorzec.

Klawesyn – hybryda

Zbudowany przez firmę Martina Schwabe z Lipska i przebudowany dla naszych potrzeb w 2011 roku. Jest to w pewnym sensie nawiązanie do tradycji budowania instrumentów łączonych. W przeszłości chętnie łączono pozytyw z klawesynem (claviorganum), klawesyn z fortepianem (sławny XVIII-wieczny instrument *vis-a-vis* Steina), fisharmonię z fortepianem, a nawet fisharmonię z organami (system Parabrahm firmy Weigle). Pewnej analogii można doszukać się we współczesnych instrumentach wykorzystujących rozwiązania elektroniczne i software'owe. Nasz instrument to połączenie tradycyjnego klawesynu (kopii klawesynu Michaela Mietke) z klawiaturą sterującą MIDI pozwalającą na komunikację z cyfrowymi bazami dźwięków m.in. samplami brzmień konkretnych organów historycznych.

Instrumenty-hybrydy cechuje zazwyczaj skomplikowana konstrukcja i kłopotliwa obsługa. Dlatego zwróciliśmy uwagę na następujące elementy:

- możliwość niezależnego użycia klawesynu jako „zwykłej” kopii instrumentu historycznego
- takie użycie elektroniki, aby nie stanowiła ona ingerencji w substancję instrumentu.

Instrument posiada specjalną, alternatywną listwę oporową skoczków z wbudowanymi złączami midi (zbudowaną tak, aby grający miał wrażenie kontaktu z mecha-



Zdj. 3

niką organów) oraz klawiaturę nożną. Po podłączeniu do komputera instrument taki może być wykorzystany na kilka sposobów:

- Jako organy. Wyłączamy rejestry klawesynowe i gramy za pomocą próbkowanych brzmień autentycznych organów.
- Jako claviorganum. Rejestry klawesynu łączymy z barwą odtwarzaną z programu. Oczywiście instrumenty należy przedtem dobrze zestroić.
- Jako zwykły klawesyn z pedałem. Możemy zrezygnować z brzmień samplingowych. Pedał połączony jest mechanicznie z niskimi dźwiękami klawesynu i gra na zasadzie połączenia man I/ped.

Do odtwarzania sampli wykorzystujemy program Hauptwerk. Odtwarzać na nim można dostępne jako tzw. samplesety⁹⁷ kompletne zestawy próbek dźwiękowych konkretnych instrumentów. Program jest wszechstronny i oferuje dużo możliwości ustawiania parametrów dotyczących korekcji wysokości stroju, co jest przydatne gdy musimy szybko dostroić organy do klawesynu. Posiada również wybrane temperacje historyczne. Korzystając z osobnego generatora temperacji można dowolnie zdefiniować rodzaj stroju i dołączyć go do programu, a następnie grać w oparciu o ten system. Zmiana temperacji to dwa kliknięcia. Możliwości w zakresie prezentacji systemów czy prowadzenia zajęć poglądowych są więc bardzo duże.

Należy też wspomnieć, że program Hauptwerk posiada również możliwość dokonywania nagrań audio, co bardzo ułatwia przygotowanie np. przykładów do wykładów i demonstracji.

Jest to więc narzędzie o bardzo wszechstronnym zastosowaniu.

Elektroniczny klawesyn Roland

Obecnie to już instrument starego typu. Posiada jednak możliwość płynnej regulacji wysokości stroju, kilka wybranych temperacji, brzmienia klawesynu (w różnych wariantach registracji), brzmienia organowe oraz kilka efektów. Jest mały, łatwo przenośny i nadaje się do szybkich prezentacji, do grania z drugim instrumentem klawiszowym i do prób (np. intonacyjnych) z zespołem smyczkowym lub wokalnym.

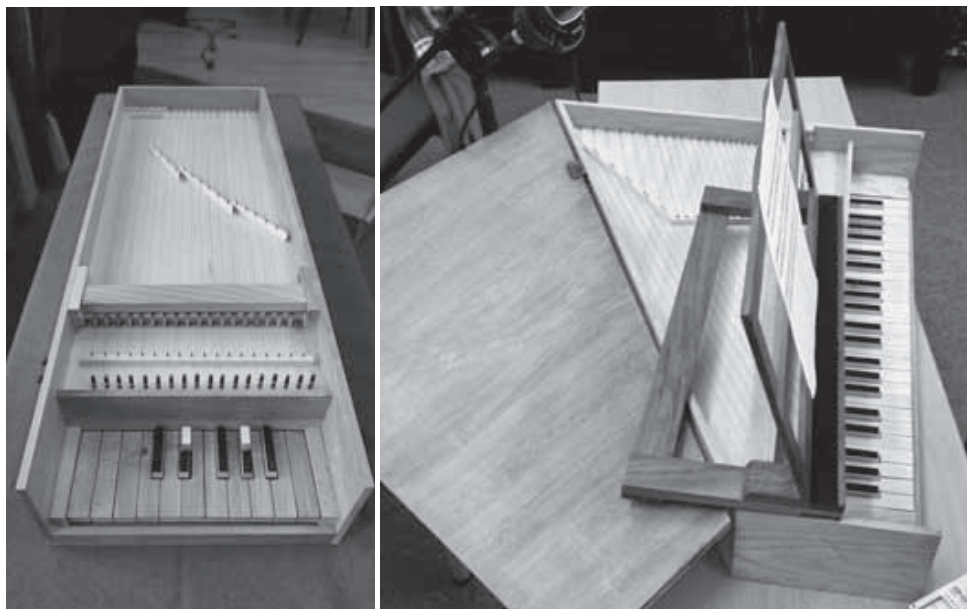
Tradycyjne klawesyny dwumanuałowe

Wykorzystywane były różne posiadane przez nas klawesyny różnego typu. Ogólnie możemy powiedzieć, że dwa manuały dają możliwość nastrojenia jednego dźwięku na dwa sposoby i zapewniają szybką oraz skuteczną prezentację.

Instrumenty ze zbiorów prywatnych

Szpinet oraz **klawiatura jednooktawowa** z dzielonymi klawiszami zbudowane przez Marka Toporowskiego wspólnie z Irminą Obońską-Toporowską według projektu Johanna Gottfrieda Schmidta z Rostocku w 2013 roku.

97 Niektóre z nich udostępnione są również nieodpłatnie w Internecie.



Zdj. 4-5

Tak małe instrumenty mają wiele zalet w dydaktyce strojenia, są łatwe w transporcie i obsłudze.

Jednooktawowa klawiatura pomyślana została jako nasza modelowa propozycja dla szkół; stąd opisujemy ją w osobnym rozdziale.

Organy samplingowe

To instrumenty ćwiczebne organistów. Posiadają mniejszą ilość możliwości w porównaniu np. z używanym przez nas programem Hauptwerk; ich zaletą jest jednak prostota obsługi (nie ma tu konieczności precyzyjnego ustawiania parametrów programu komputerowego; przełączanie poszczególnych temperacji możliwe jest „od ręki”. Niektóre modele pozwalają na wprowadzanie własnych korekt wysokości dźwięków w centach.

Niektóre z oferowanych modeli mogą być również użytecznym narzędziem do nauki strojenia, choć wielokrotnie podkreślaliśmy znaczenie możliwości bezpośredniego porównywania dwóch dźwięków i fizycznego, holistycznego odczuwania procesu strojenia zapewniane przez akustyczne instrumenty.

Łatwość przełączania temperacji nie zawsze jest zresztą zaletą; autorzy wielokrotnie obserwowali testowanie poszczególnych temperacji bez znajomości zasad ich stosowania i uwarunkowań historycznych, co skutkowało kuriozalnymi czasem efektami.

Propozycja taniego i łatwego w obsłudze instrumentu dla szkół

Jakie są największe przeszkody dla wprowadzenia elementów pracy nad strojeniem i temperacjami do programów dydaktycznych? Jedną z nich, o zasadniczym prawdopodobnie znaczeniu jest brak narzędzi: instrumentów (i umiejętności ich budowy), na których można by pracować oraz przekonanie, że są to rzeczy drogie.

Postanowiliśmy zbudować przykładowy instrument zawierający tylko elementy niezbędne dla nauczania procesu strojenia. W budowie pomógł nam budowniczy klawesynów – Johann Gottfried Schmidt, który opracował według naszych wskázówek projekt, zamówił materiały oraz wstępnie przygotował bardziej złożone części. Budowa oraz regulacja instrumentu zrealizowana została w trakcie kursu budowy instrumentów w Monachium (18-24 sierpnia 2013 roku).



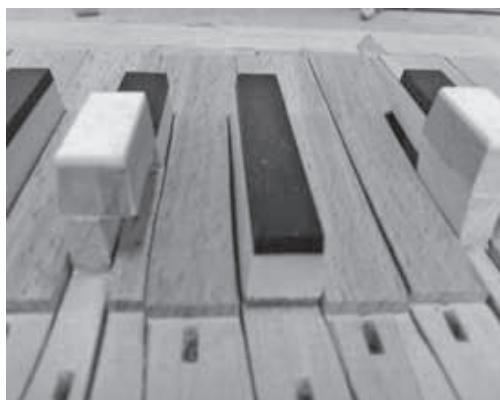
Instrument posiada zakres jednej oktawy (c1-c2). Ponieważ nauczanie temperacji wymaga demonstrowania możliwych różnic enharmonicznych

Zdj. 6

zdecydowaliśmy się (wzorem omawianego wcześniej klawesynu włoskiego na zbudowanie dzielonych klawiszy chromatycznych dis/es; gis/as. Za każdym razem są to osobne klawisze wyposażone we własne struny i skoczki.

Dodatkowo wyposażyliśmy instrument w trzy struny w basie nastrojone na jedną wysokość.

Za pomocą ruchomych prozków można demonstrować, w jaki sposób skracanie struny wpływa na wysokość dźwięku. Można powiedzieć, że jest to odpowiednik podstawowego, używanego już od czasów Pitagorasa narzędzia do badania strojów – monochordu.



Instrument wyposażony został w struny mosiężne CuZn30 o jednakowym przekroju (0.30 mm, ew. 0.27 mm)

Zdj. 7

Użycie jednakowej menzury ułatwia wymianę w wypadku zerwania struny; wystarczy zakup jednej tylko zapasowej szpulki.

Całość instrumentu wygląda przyjaźnie i estetycznie, a cena budowy prototypu wyniosła ok. 3000 zł.⁹⁸



Zdj. 8

⁹⁸ Informacja podana orientacyjnie. W wypadku produkcji, zamawiania większej ilości instrumentów cena będzie niewątpliwie niższa. Oprócz zyskania instrumentu warsztatowego zależało nam na pokazaniu, że jest możliwa budowa taniego narzędzia do prowadzenia zajęć.

Osobista refleksja Marka Toporowskiego

Stopniowe odkrywanie (począwszy od XIX poprzez XX wiek) tajemnic muzyki dawniejszych epok bardzo dobitnie uświadomiło nam fałszywość tezy o nieprzerwanym postępie i doskonaleniu sztuki. Obserwujemy oczywiście zjawisko zastępowania pewnych technologii przez inne – najczęściej bardziej wydajne pod względem ilościowym. Jednocześnie jednak, odrzucenie wielu, zdawałoby się drugorzędnych, cech dawnych technik, często okazuje się z perspektywy czasu stratą. Na szczęście historia sztuki to historia wiecznych powrotów; sięgania po dawniejsze idee i twórcze ich przekształcanie. Doskonałym przykładem może tu być renesansowa idea powrotu do ideałów antyku, która zaowocowała powstaniem gatunku opery (nieznanej przecież w starożytności!) oraz fascynującymi eksperymentami związanymi z konstruowaniem skomplikowanych systemów tonowych.

Z kolei odrzucanie tradycji, a z takim zjawiskiem mamy w pewnym stopniu do czynienia w przypadku powszechnego przyjęcia równomiernej temperacji, wynika często z potrzeby upraszczania prowadzącej do zubożenia otaczającego nas świata. Otóż: temperacja równomierna – z początku jedynie praktyczny kompromis dla instrumentów klawiszowych (zakładano jedynie jej przewidywalność dla pozostałych partnerów kreacji muzycznej niezbędną w wypadku muzyki ruchliwej modularyjnie, a nie dopasowywanie do niej własnego słyszenia i intonowania) stała się z czasem ogólnie obowiązującą zasadą słyszenia. Zasadą, która, w konsekwencji, doprowadziła do zaniku świadomości istnienia innych systemów i do zmiany sposobu słuchania muzyki.

Niniejsza praca nie jest oczywiście krucjatą przeciwko systemowi równomiernej temperacji. Ma ona swoje miejsce we współczesnej praktyce muzycznej i w świecie różnych systemów tonowych. Każde strojenie jest kompromisem. Usłyszenie jednak muzyki średniowiecza wykonywanej w systemie pitagorejskim czy naturalnym, muzyki renesansu wykonywanej w systemie mezotonicznym bywa niezwykle i głębokim przeżyciem o znamionach doświadczenia mistycznego. Takie przeżycie estetyczne obejmuje nie tylko percepcję szlachetności i elegancji konstrukcji utworu, mistrzostwa wykonania, ale również fizyczno-akustyczny aspekt piękna samych interwałów.

Z kolei wniknięcie w świat symboliki tonacji *Das Wohltemperierte Klavier* Bacha, czy fortepianowych sonat i innych kompozycji Beethovena⁹⁹ jest wspaniałym doświadczeniem słuchowym kształtowania wrażliwości poprzez subtelne różnicowanie klasyfikacji poszczególnych interwałów różniących się mikrotonowo między sobą.

Studiując świat dawnych temperacji wracamy do jednego z pierwszych źródeł artystycznego uprawiania muzyki: do konstruowania skali. Źródła, o którym dziś, po tylu stuleciach tworzenia muzyki artystycznej, zbyt łatwo zapominamy.

Myślę, że dla słuchacza zafascynowanego muzyką dawną ten sensualny aspekt piękna poszczególnych interwałów – czasem doskonałych pod względem matematycznym, czasem lekko „podkolorowanych” – jest niezmiernie ważny niezależnie od tego czy jest on w stanie (będąc np. profesjonalnym muzykiem) uświadomić sobie przyczyny takiej percepcji. Badanie problematyki skal – intonacji – temperacji zmusza nas do pokory względem muzycznego tworzywa. Jakże naturalną dla malarza czy rzeźbiarza, dla którego piękno i szlachetność samego materiału (drewno z własną strukturą słoików, kolorem, zapachem; farby o różnej gęstości, nasyceniu) jest niezwykle istotne.

Niniejsza praca wynika z przekonania, że budzenie wrażliwości, również w sensie wykształcania poczucia piękna tworzywa jest jednym z pierwszych i najważniejszych zadań „nauczyciela muzyki” (niezależnie od poziomu szkoły i wykładanego przedmiotu).

Jestem głęboko przekonany, że ta wrażliwość na materię muzyki ma swój wymiar ogólnoludzki. Uprawiając muzykę w ten sposób rozwijamy nie tylko nasze słyszenie, ale również to, co nadaje muzyce najgłębszy humanistyczny wymiar.

Dlatego – studiuje temperaturę!

99 Patrz: Lindley, M. – *Nuances of Intonation: Technical and Historical Background w: Beethovens Klaviervariationen* op. 34, Mainz 2007

Podziękowania

Autorzy pracy składają szczególne podziękowania :

Markowi Caudle – za sporządzenie streszczenia angielskiego

Katarzynie Drogoz – za współpracę i pomoc w redagowaniu, wielokrotne uważne i wnikliwe czytanie pracy oraz sugestie korekt

Piotrowi Maculewiczowi – za konsultację pracy i cenne uwagi

Ewie Piaseckiej – za recenzję oraz zaproponowanie dodatkowych poprawek

Barbarze Świdorskiej – za konsultację pracy i ogromny wkład w jej ostateczny kształt językowy

Annie Wiśniewskiej – za konsultację części technicznej

mgr Jiřiemu Źřrkowi (projekt: „Sonus Paradisi”) z Instytutu Studiów Klasycznych Czeskiej Akademii Nauk – za możliwość wykorzystania w nagraniach organowych przepięknych sampli (komputerowej symulacji brzmienia konkretnych instrumentów historycznych)

Bibliografia subiektywna

KSIĄŻKI	
Asselin, Pierre-Yves. <i>Musique et tempérament</i> , Éditions Costallat, Paris 1985; wyd. II, Édition Jobert, Paris, 2000	Podstawowa praca w języku francuskim. Bardzo proste wskazówki dotyczące praktycznych sposobów strojenia, przejrzyste schematy, klarowny wykład dotyczący podstaw akustycznych. Wadą jest brak uwzględnienia późniejszych temperacji. Wydanie z roku 1985 zawiera przykłady dźwiękowe (kasety MC!) ilustrujące różnice między wykonaniem przykładów w adekwatnej historycznie temperacji i stroju równomiernie temperowanym. Do wydania drugiego nagrania nie zostały dołączone.
Barbieri, Patrizio. <i>Enharmonic Instruments and Music 1470-1900</i> , Il Levante Libreria Editrice, Latina, 2008.	Kompedium wiedzy na temat instrumentów enharmonicznych (tzn. konstruowanych z większą niż 12 liczbą dźwięków w oktawie) i teorii muzyki mikrotonalnej na przestrzeni wieków. Bardzo dobry opis powstawania systemu pitagorejskiego i naturalnego. Zawiera płytę CD z przykładami muzycznymi.
Barbieri, Patrizio. <i>Violin intonation: a historical survey</i> . <i>Early Music</i> Vol. 19; Oxford University Press, 1991	Ważny artykuł dotyczący praktyki strojenia w historycznej grze skrzypcowej.
Barbour, James Murray. <i>Tuning and Temperament. A Historical Survey</i> . Michigan State Press, 1951	Referencyjna praca dotycząca problemów historii temperacji; bardzo kompletny przegląd systemów. Dokładne schematy. Wadą jest rozpatrywanie historii z punktu widzenia systemu równomiernie temperowanego jako punktu odniesienia; w szczególności anachroniczne jest przyjęcie odchylenia od stroju równomiernie temperowanego jako podstawowego kryterium oceny i analizy.
Beebe, Carey ; http://www.hpschd.nu/	Bardzo dokładny opis podstawowych systemów temperacji wraz z praktycznymi wskazówkami dotyczącymi ich realizacji praktycznej. Polecamy!
Benade, Artur H. <i>Fundamentals of Musical Acoustics</i> , Dover, Reprint. Originally published: New York: Oxford University Press, 1976, Second Revised Edition Dover, New York 1990	Tę ogólną pracę będącą kompendium wiedzy akustycznej umieszczamy w tej części ze względu na jej wyjątkowe walory poznawcze oraz znakomitą klarowność wykładu. Zawiera również jeden z najlepszych opisów dot. problematyki tworzenia skal.

Billeter, Bernhard. <i>Anweisung zum Stimmen von Tasteninstrumenten in verschiedenen Temperaturen, Merseburger</i> , Kassel, 1979; dritte, verbesserte Auflage 1989.	Opis techniki strojenia kilku podstawowych temperacji.
Geller, Doris. <i>Praktische Intonationslehre für Instrumentalisten und Sänger. Mit Übungsteil.</i> Bärenreiter, Kassel 1997	Znakomity podręcznik prezentujący w przystępny sposób podstawy akustyki dla muzyków; propozycja metod pracy nad ogólnie rozumiana intonacją.
Golachowski, Stanisław; Drobner, Mieczysław. <i>Akustyka muzyczna.</i> PWM Kraków, 1953	Bardzo rzetelny opis podstaw akustycznych z dobrym uwzględnieniem problemów związanych z komatami, systemami dźwiękowymi itp. Typowy dla tamtego czasu brak świadomości, że ta wiedza może mieć jakiegokolwiek zastosowanie w praktyce muzycznej.
Gorczyn, Jan Aleksander. <i>Tabulatura muzyki albo zaprawa muzyczna.</i> wyd. pod red. Jerzego Morawskiego, PWM 1990	Zawiera opis strojenia klawikordu. Interesujące XVII-wieczne źródło polskie.
Haynes, Bruce. <i>A History of Performing Pitch: The Story of "A".</i> Scarecrow Press, 2002	Kompedium wiedzy na temat wysokości stroju w różnych okresach i różnych ośrodkach muzycznych.
Haynes, Bruce. <i>Beyond temperament: non-keyboard intonation in the 17th and 18th centuries.</i> Early Music, Oxford 1991	Artykuł dotyczący problematyki intonacji na instrumentach dętych w świetle wiedzy o historycznych temperacjach.
Isacoff, Stuart. <i>Temperament. How Music Became a Battleground for the Great Minds of Western Civilization,</i> New York, 2001	Książka popularnonaukowa (niekoniecznie dla profesjonalnych muzyków, ciekawa również dla „przeciętnego” czytelnika) oparta na ciekawym pomysle przedstawienia problematyki temperacji na tle ogólnego rozwoju nauki)
Jira, Martin. <i>Musikalische Temperaturen in der Klaviermusik des 17. und frühen 18. Jahrhunderts,</i> Verlag Hans Schneider, Tutzing 1997	Obszerne omówienie zagadnień dotyczących relacji pomiędzy kompozycjami na instrumenty klawiszowe a systemem strojenia w XVII i XVIII wieku. Dołączona płyta CD z objaśnieniami i utworami.
Neuwirth, Erich. <i>Musical Temperaments,</i> Springer-Verlag, Wien, 1997	Broszura. W prosty sposób tłumaczone są tu zagadnienia budowy skal: pitagorejskiej, naturalnej, mezo-tonicznej i równomiernej oraz proporcji matematycznych. Praca dostępna w języku angielskim i niemieckim. CD-rom z programem do nauki i przykładami dźwiękowymi. Instalacja programu przewidziana dla systemów Windows 3x i Windows 95.

Lang, Hans. <i>Auf Wohlklangswellen durch der Töne Meer. Temperaturen und Stimmungen zwischen dem 11. und 19. Jahrhundert</i>; BEM 10; Graz Beiträge zur Elektronischen Musik. Graz, 1999 http://iem.kug.ac.at/fileadmin/media/iem/altdaten/projekte/publications/bem/bem10/bem10.pdf	Najbardziej chyba kompletne wyszczególnienie poszczególnych temperacji. Kompletny wykład dotyczący zjawisk akustycznych.
Lindley, Mark. <i>A Quest for Bach's ideal style of organ temperament</i>. http://www.academia.edu/1504065/A_Quest_for_Bachs_ideal_style_of_organ_temperament	Propozycja idealnej z punktu widzenia Bacha temperacji dla organów oparta na szczegółowej analizie muzyki i informacji źródłowych.
Lindley, Mark. <i>Chromatic Systems (or Non-Systems) from Vicentino to Monteverdi</i>, w: <i>Early Music History</i> Vol. 2 (1984) s. 377-404	Znakomity opis systemu strojenia archicembalo Vicentina i problematyki stroju w muzyce przełomu XVI i XVII wieku.
Lindley, Mark. <i>Nuances of Intonation: Technical and Historical Background</i> w: <i>Beethovens Klaviervariationen op. 34</i>. Schott Mainz 2007	Analiza wpływu nierównomiernej temperacji na wykonanie <i>Wariacji op. 34</i> Beethovena. Porównawcze przykłady dźwiękowe na dołączonej płycie CD.
Menke, David. <i>Musikalische Aspekte von Intonation</i>, Diplomica Verlag, Hamburg 2009	Praca poświęcona analizie praktyki intonacyjnej na przykładzie Bacha, Brahmsa i muzyki jazzowej. Ciekawy przykład zastosowania wiedzy o temperacjach do analizy wykonania na instrumentach o niezafiksowanej wysokości stroju. Podstawową wadą jest zupełne pominięcie praktyki wykonawczej na instrumentach historycznych, co prowadzi do zniekształconych i tendencyjnych wniosków.
Nedden, Martin zur. <i>Musikalische Temperatur. Stimmungslehre</i>. Berlin, Humboldtuniversität, 2003	Bardzo dobry opis działań matematycznych w celu policzenia np. częstotliwości i dudnień poszczególnych interwałów.
Ortgies, Ibo. <i>Die Praxis der Orgelstimmung in Norddeutschland im 17. und 18. Jahrhundert und ihr Verhältnis zur zeitgenössischen Musikpraxis</i>. Göteborg, 2005-7	Podstawowa praca dotycząca zagadnień związanym tak ze strojeniem organów, jak i intonacją zespołową w Niemczech na przełomie XVII i XVIII wieku.
Ross, Duffin W. <i>How Equal Temperament Ruined Harmony (and Why Should You Care)</i>. Norton, New York 2008	Praca popularyzatorska pisana z misjonarskim zacięciem. Ważna dla uświadomienia sobie znaczenia historycznych temperacji dla praktyki gry na instrumentach nie-klawiszowych.

Rozanoff I. W. ; Sankt-Petersburg, 2010 Розанов И. В. , <i>Равномерная и «хорошая» темпериции</i> , Издательство Политехнического Университета, Petersburg 2010	Duży zasób tekstów źródłowych (w tłumaczeniu rosyjskim).
Sadie Stanley (wydawca). <i>The New Grove Dictionary of Music and Musicians</i> , Macmillan, London 1980.	Oczywiste i pierwsze źródło informacji.
Swich, Luigi . <i>Further thoughts on Bach's 1722 temperament</i> . "Early Music", Oxford University Press, 2011	Interesująca alternatywna koncepcja odczytania grafu ze strony tytułowej <i>Das Wohltemperierte Klavier</i>
Trinkewitz, Jürgen . <i>Historisches Cembalospiele</i> , Carus Verlag, Stuttgart, 2009 (rozdział 2.5.3. <i>Historische Übersicht über die Temperaturen</i>)	Zwięzły przegląd problematyki historycznych temperacji. Objasnienie podstawowych zagadnień niezbędnych dla klawesynistów. Zawiera wiele ważnych tekstów źródłowych.
Veroli, Claudio di . <i>More on Tempered Fifths</i> . "Early Music", Vol. 19, No. 3; Oxford University Press 1991	Uwagi dot. w/w artykułu Patrizia Barbieri'ego
Veroli, Claudio di . <i>Unequal Temperaments and their Role in the Performance of Early Music</i> . Bray, Ireland 2008 (publikacja rozprowadzana jako plik pdf.)	Bardzo kompletna praca – dostępna w internecie. Godne zauważenia jest odniesienie się do problemów intonacji instrumentów strunowych – progowych i bezprogowych oraz dętych. Ważną zaletą części prezentującej poszczególne temperacje jest przedstawienie metod strojenia z uwzględnieniem szybkości dudnień poszczególnych interwałów. Przykłady dźwiękowe dostępne (dla osób, którzy kupili publikację) na stronie internetowej autora.
Volkonskij, Andrej . <i>Osnovy temperacji</i> . Kompozitor, Moskwa 1998	Praca wtórna pod względem zawartości; rodzaj podsumowania dostępnej wiedzy dla rosyjskojęzycznego czytelnika. Cenna praca popularnonaukowa.

Strony internetowe (dostępność: grudzień 2013)

Lehman, Bradley; http://www-personal.umich.edu/~bpl/	Bardzo bogate źródło informacji na temat różnorodnych aspektów problematyki temperacji; propozycje rekonstrukcji temperacji Bacha, Frobergera i in.; dokładne informacje dotyczące praktycznych sposobów strojenia. Informacje znajdują się na różnych stronach autora; sugerowana przez nas autorska strona może stanowić punkt wyjścia.
Bremner, Bill; <i>Achieving 21st Century Standards of Excellence in Tuning</i>, Wisconsin 2007 http://www.billbremner.com/articles/	Wskazówki dotyczące realizacji stroju równomiernej temperowanego na fortepianie z uwzględnieniem sposobu rozszerzania oktav oraz pseudorównomiernej temperacji Marpurga. Doskonały materiał dla profesjonalnych strojców.
http://www.medieval.org/emfakw/harmony/pyth.html	Część serwisu: Medieval Music & Arts Foundation Wyczerpujące źródło informacji dotyczących muzyki gotyku i renesansu. Opis stroju pitagorejskiego i renesansowych systemów strojenia.
http://kilchb.de/muslekt0.html	Stronę prowadzi dr Joachim Mohr. W formie kolejnych lekcji przedstawione zostały różne systemy dźwiękowe. Zagadnienia matematyczne tłumaczone w możliwie przystępny sposób. Do pobrania oprogramowanie komputerowe (windows) TTMusik. Wiele przydatnych materiałów, tabel i przykładów dźwiękowych.
http://www.sengpielaudio.com/calculator-centsratio.htm lub http://www.sengpielaudio.com/Suchmaschine.htm	Część większego serwisu www.sengpielaudio.com dotyczącego zagadnień akustycznych. Serwis prowadzi Eberhard Sengpiel. Autor stworzył bardzo przydatne kalkulatory dokonujące obliczeń interwałów na centy, stosunków częstotliwości na centy itp. Wyjaśnienie wielu pojęć akustycznych. Obliczanie częstotliwości składowych harmoniczných.

Polska literatura przedmiotu

Na wstępie warto zaznaczyć, że dwa istotne z punktu widzenia temperacji opisy strojenia znajdują się w polskich źródłach – w *Tabulaturze Jana z Lublina* (interesującą interpretację opisu przedstawił w czasopiśmie „Ars Organi” Sebastian Adamczyk) oraz w *Tabulaturze Jana Aleksandra Gorczyńskiego*. W pierwszym wypadku opis jest niekompletny i wymaga interpretacji; w drugim jest to niedokładny opis kolejności strojenia temperacji mezotonicznej (dopuszczający jednak prawdopodobnie możliwość zastosowania rozszerzonych tercji). Przegląd współczesnej polskiej literatury przedmiotu należy rozpocząć od klasycznej pozycji z dziedziny akustyki muzycznej- pracy *Akustyka muzyczna* Drobnera z roku 1953 (patrz tabela poniżej). Praca ta zawiera bardzo kompetentny opis podstaw akustycznych dotyczących problematyki strojenia, bez żadnych odniesień do praktyki muzycznej oraz historii strojów. Warto jednak nadmienić, że w owym czasie nie zdawano sobie sprawy z możliwości wykorzystania praktycznego tej wiedzy, dobitnie świadczy o tym również praca Jamesa M. Barboura (Barbour, 1951) stanowiąca ówczesne kompendium wiedzy na ten temat.

Problematyką temperacji zajmowali się również Dymitr Olszewski (patrz tabela) oraz Jerzy Markiewicz z Uniwersytetu Zielonogórskiego (o ile mi wiadomo jego praca na ten temat nie została opublikowana). Pośrednio również Magdalena Żuradzka-Koumentakou, która w pracy magisterskiej (AM Katowice, 2010) dokonała podsumowania dostępnej wiedzy na temat instrumentów o innej, niż dwanaście liczbie klawiszy w oktawie.

Ważną rolę w akceptacji dawnych temperacji odegrała również działalność organistów, organmistrzów – autorów projektów nowobudowanych i rekonstruowanych instrumentów. Prekursorem zastosowania historycznych strojów był ks. prof. Jan Chwałek. Podjęta próba rekonstrukcji stroju opisanego w tabulaturze organowej Jana z Lublina w rekonstrukcji organów Hansa Hummla/Jerzego Nitrowskiego w Olkuszu dokonanej przez krakowskie PKZ nie została jednak uwieńczona powodzeniem. Historyczne stroje z powodzeniem zastosował prof. Julian Gembalski z Akademii Muzycznej w Katowicach w instrumentach Kościoła Opatrzności Bożej w Katowicach-Zawodziu, św. Rodziny w Katowicach-Brynowie oraz w zabytkowych XVIII-wiecznych organach ustawionych w II Sali Kameralnej Akademii Muzycznej w Katowicach. Cenne są również dokonania dr Tomasza Orłowa, który zaprojektowaną przez siebie nierównomierną temperację zastosował w kościele św. Jana Nepomucena w Brennej-Leśnicy, a strój Tartini-Vallotti w kościele św. Doroty w Trzcinicy. Temperacja „Bach-Kellner” zastosowana została w rekonstrukcji organów kościoła św. Trójcy w Gdańsku (nadzór merytoryczny – Andrzej Szadejko).

Powyższy opis pomija instrumenty zbudowane przez firmy zagraniczne.¹⁰⁰ Warto jednak uczynić wyjątek dla niezwykle znaczącej rekonstrukcji XVII-wiecznych organów kościoła św. Krzyża w Krakowie dokonanej przez Ekkehardta Grossa. W organach tych powrócono do koncepcji rekonstrukcji systemu opisanego przez Jana z Lublina; tym razem opierając się jednak na dociekaniach Sebastiana Adamczyka (patrz tabela poniżej).

Poniżej zestaw prac, do których udało nam się dotrzeć:

Adamczyk Sebastian. <i>Das Stimmungssystem des Johannes von Lublin</i> (1540). „Ars Organi”, 2003	Autorska rekonstrukcja systemu temperacji opisanego w <i>Tabulaturze Jana z Lublina</i> . Praca istotna, będąca autonomicznym wkładem w badania nad historią temperacji.
Fijałkowska, Joanna Ewa. <i>Historyczne systemy strojenia instrumentów klawiszowych od XVI do XVIII wieku ze szczególnym uwzględnieniem stroju mezotonicznego w teorii i praktyce</i> . Poznań, 2006	Praca magisterska pisana pod kierunkiem ad. Marii Banaszkiewicz-Bryły.
Golachowski, Stanisław; Drobner, Mieczysław. <i>Akustyka muzyczna</i> . PWM Kraków, 1953	Uwzględniona w ogólnej bibliografii.
Maculewicz, Piotr. <i>Właściwości brzmieniowe dawnych systemów stroju muzycznego</i> . w „Prace Zakładu powszechnej historii muzyki. Zeszyt 4. Z zagadnień barokowej teorii muzyki”. Instytut Muzykologii UW, Warszawa 1994	Praca nie wnosząca nowych elementów; stanowiąca w zamierzeniu autora otwarcie dyskusji i zakwestionowanie powtarzanych w polskich pracach schematów myślowych niezgodnych z aktualną wiedzą na temat przedmiotu.
Olszewski, Dymitr. <i>Pomiędzy strojami: pitagorejskim, naturalnym i równomiernie temperowanym – próba analizy zjawiska temperacji</i> , Poznań 2007	Praca magisterska pisana pod kierunkiem prof. Jana Stęszewskiego.
Orłow, Tomasz. <i>Problematyka wykonawstwa muzyki dawnej na podstawie wybranych przykładów z europejskiej literatury organowej okresu od XVI do XVIII wieku kręgu niderlandzkiego, niemieckiego i włoskiego. Powtórne narodziny zabytkowych organów kościoła św. Doroty w Trzcinicy</i> . Astraia, Kraków 2013.	Tomasz Orłow jest organistą i organmistrzem; w rekonstruowanych przez siebie instrumentach wykorzystuje nierównomierne temperacje. Omawiana praca w dwóch rozdziałach zawiera informacje dot. historycznych temperacji, a w aneksie 18 diagramów strojów (od pitagorejskiego po równomiernie temperowany).

100 m.in. w Warszawie w kościołach św. Anny i ewangelicko-augsburskim św. Trójcy

Pilch, Magdalena. <i>Kompleksowa wizja fletu romantycznego w zakresie budowy, brzmienia, techniki gry i praktyki wykonawczej według „Die Kunst...von A. B. Fürstenau...”</i> . UNUM, Kraków 2011	Praca nie jest poświęcona temperacjom. Zawiera jednak cenne informacje dotyczące przemian praktyki intonacji na instrumentach dętych w XIX wieku.
Sitarz, Natalia. <i>Temperacje historyczne – teoria i praktyka</i> , Wrocław 2001	Praca magisterska pisana pod kierunkiem prof. Marty Kaczmarskiej.
Żuradzka-Koumentakou, Magdalena. <i>Clavicembalo cromatico w kontekście teorii i praktyki muzycznej</i> . Katowice, 2010	Praca magisterska pisana pod kierunkiem prof. Marka Toporowskiego. Zbiór informacji dotyczących problematyki klawesynów o większej niż 12 ilości klawiszy w oktawie, archicembalo i muzyki pisanej na te instrumenty.

Ogólne prace dotyczące akustyki

Benade, Artur H. *Fundamentals of Musical Acoustics*, Dover, Reprint. Originally published: New York: Oxford University Press, 1976, Second Revised Edition Dover, New York 1990

Golachowski, Stanisław; Drobner, Mieczysław. *Akustyka muzyczna*. PWM Kraków, 1953

Roederer, Juan G.. *The Physics and Psychophysics of Music*. Springer, New York 2008

Sztekmler, Krzysztof. *Podstawy nagłośnienia i realizacji nagrań. Podręcznik dla akustyków*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009

Szlifirski, Krzysztof. *Pro audio. Angielsko - polski słownik terminologii nagrań dźwiękowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.

Wróblewski, Tomasz (red.). *Synteza: poradnik dla każdego*. Wydanie specjalne magazynu „Estrada i Studio”. AVT, Warszawa 2013

Spis przykładów dźwiękowych

Przykł.	Track	Nazwa	Skrótowy opis nagrania
CD 1			
1	1	16 składowych harmonicznych	Szereg szesnastu kolejnych składowych harmonicznych wygenerowanych w syntezatorze dla częstotliwości 65,5 Hz
2	2	Dudnienia	Przykłady dudnień powstałych pomiędzy wybranymi częstotliwościami dla: unisonu (100 i 102 Hz), kwinty (100 i 148 Hz) oraz tercji wielkiej (100 i 126 Hz)
3	3	Wspólne alikwoty	Ćwiczenie mające na celu słuchanie wspólnych alikwotów dla interwałów: tercji małej, tercji wielkiej, kwarty, kwinty, seksty. Dźwięk wyjściowy – c=131 Hz.
4	4	Zestawienia składowych tonów harmonicznych	Kombinacje współbrzmień składowych wygenerowanych dla dźwięku CC (65,4 Hz).
5	5	Test oktawy	Test oktawy
6	6	Komat pitagorejski	Komentowana demonstracja problematyki komatu pitagorejskiego
7	7	Komat syntoniczny	Komentowana demonstracja problematyki komatu syntonicznego
8	8	Komat enharmoniczny	Komentowana demonstracja problematyki komatu enharmonicznego
9	9	Skala pitagorejska	Komentowana charakterystyka skali pitagorejskiej.
10	10	Anonim (ca 1300) – Benedicamus Domino (organum)	wyk. Marek Pilch (organy). Komat umieszczony między Es-Gis
11	11	Anonim (ca 1425) – Cracovia civitas	wyk. Marek Toporowski (szpinet)
12	12	Anonim – Chwała Tobie Gospodzinie (ca 1452.)	Pitagorejska skala naturalna. Wersja z komatem umieszczonym na kwincie Gis-Es wyk. Marek Pilch (organy)
13	13		Wersja z komatem umieszczonym na kwincie D-A. wyk. Marek Pilch (organy)
14	14	Skala naturalna	Komentowana charakterystyka skali naturalnej.

15	15	„Pitch Shift”	Sekwencja harmoniczna grana w skali naturalnej, potem tylko linia basowa (w stroju naturalnym), sekwencja harmoniczna w stroju mezotonicznym.
16	16	Anonim – Angelus ad virginem	wyk. Marek Toporowski (szpinet)
17	17	Hanns Leo Hassler – O Mensch beweine Dein Sünde gross	Skala naturalna z 15 dźwiękami w oktawie (wg Fogliano). wyk. Marek Pilch (klawesyn włoski)
18	18	Hanns Leo Hassler – Christ ist erstanden	Skala naturalna z 15 dźwiękami w oktawie (wg Fogliano). wyk. Marek Toporowski (klawesyn włoski)
19	19	Strój mezotoniczny	Komentowana prezentacja.
20	20	Johann Jakob Froberger – Lamento sopra la doloroso perdita di...	Fragmenty z komentarzem.
21	21	Ferdinando IV Ré di Romani etc.	Całość wyk. Marek Toporowski (klawesyn włoski)
22	22	Johann Jakob Froberger – Toccata II	Fragmenty z komentarzem.
23	23	(1626)	Całość utworu wyk. Marek Toporowski (klawesyn włoski)
24	24	Johann Jakob Froberger – Toccata VI per la Levazione	Komentowane fragmenty – strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu.
25	25		Komentowane fragmenty – strój mezotoniczny $\frac{1}{3}$ komatu
26	26		Komentowane fragmenty – strój mezotoniczny $\frac{1}{6}$ komatu
27	27		Wersja w całości - strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu. wyk. Marek Toporowski (organy)
28	28	Adam Jarzębski – Chromatica	Strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu wyk. Marek Toporowski (pozytyw organowy)
29	29	Bartłomiej Pękiel – Piange ergo z „Audite mortales”	Strój mezotoniczny $\frac{1}{4}$ komatu wyk. Marek Toporowski (klawesyn włoski)

CD 2			
30	1	François Couperin – Allemande La Logivière	Tempérament ordinaire (wersja wg Rameau). a' =390.4 Hz
31	2	Tercje w temperacji Kirnberger III	Komentowana charakterystyka
32	3	J.S. Bach – Preludium C-dur_BWV 870	a'=415, Kirnberger III wyk. Marek Pilch (klawesyn)
33	4	J.S. Bach – Preludium Fis-dur BWV 882	idem
34	5	J.S.Bach – Fantazja g-moll BWV 542	Werckmeister III wyk. Marek Toporowski (organy)
35	6		równom. temp. wyk. Marek Toporowski (organy)
36	7	Pochody diatoniczne	Ćwiczenie
37	8	Antonio Gardane – Passè mezzo	Całość
38	9		Tylko sopran – powoli
39	10	Antonio Gardane – Cara cossa	Końcowa kadencja – poszczególne głosy i całość wyk. Marek Toporowski (klawesyn włoski)
40	11		szybko
41	12		wolno
42	13	Kwarta zmniejszona	Ćwiczenie
43	14	Jan Pieterszoon Sweelinck – Fantasia chromatica	Strój mezotoniczny ¼ komatu wyk. Marek Toporowski (organy)
44	15		Strój równomiernie temperowany wyk. Marek Toporowski (organy)
45	16	Mikołaj Gomółka – Nieście chwałę	sopran
46	17		alt
47	18		tenor
48	19		bas
49	20		wszystkie głosy wyk. Marek Toporowski (organy)
50	21	Mikołaj Gomółka – Ty który siedzisz	sopran + alt
51	22		tenor + bas
52	23		wszystkie głosy wyk. Marek Toporowski (organy)
53	24		Strój mezotoniczny ¼ komatu wyk. Marek Pilch (organy)
54	25	J.S.Bach – Aria D	Strój mezotoniczny ⅙ komatu wyk. Marek Pilch (organy)
55	26		Strój Bach-Barnes wyk. Marek Pilch (organy)

Marek Pilch, Marek Toporowski

Ed. Marek Toporowski

Early Temperaments – Acoustic Theory and Practical Application

Introduction

The harpsichord differs from the piano in the need for the player to tune their own instrument.

Understanding historical temperaments may even change the way of listening.

In general, academic and practical aspects of the study of temperaments are separated. A piano tuner may have little knowledge of the history of tuning methods. Ear-training teachers do not take account of the tuning of intervals in their teaching.

The methodology of musical education has not absorbed recent developments in the historical understanding of instruments, temperaments and performance practice in general.

This guide is divided into 4 parts:

1. Acoustics and theory
2. Constructing the scale
3. Tuning methods, and characteristics of meantone and “well-tempered” temperaments application
4. Extra exercises to practise aspects of meantone tuning for ensembles

There follows a select bibliography and a CD with examples and exercises.

Marek Toporowski

Musical intonation is not objective. The characteristics of sound colour are defined by the size of intervals.

The basics of the mechanics of tuning harpsichords can be learned using specially designed instruments with strings of equal

gauge throughout the compass. Spare strings must be available and institutions must understand that breaking strings during the learning process is not damaging to instruments. An alternative is the use of a small organ where wooden pipe stoppers may be moved without damage.

When tuning or observing tuning of a harpsichord it is important not to put one's head inside the instrument. The correct type of tuning hammer must be used and adjustment should begin by lowering the pitch of a string before bringing it up to the correct pitch.

Counting beats/second.

Part I

Basic Acoustical Theory and Introductory Exercises

MAREK PILCH

Chapter 1

Frequency and sound colour.

Theory of fundamental tones and characteristics of the harmonic series.

Electronically generated tones and sampled acoustic instruments.

The relations between different tones and interaction of non-fundamental elements of the harmonic series. Problems arising in the organ.

Chapter 2

Two tones sounding together and beats generated. The rate of beating of intervals at different pitches. Beating between higher elements of the harmonic series. Exercise in

tuning intervals using beats. One may also learn to memorise the sound of certain intervals without using beats. The risk of inaccuracy in tuning unisons and octaves.

Chapter 3

The nature of intervals.

In the process of tuning, acoustically pure intervals are described as consonant and no beats are generated by them. This mainly concerns 3rds and 5ths and their inversions, and octaves.

Proportions as the basis for untempered tuning systems – Pythagorean and “just”. Acoustically pure intervals are also called “just”.

Pitches defined by the length of a string in vibration and its divisions.

Frequencies of pitches calculated by the multiplication and division of the proportions of intervals.

Cents and Hz cycles. Hz are absolute and cents are relative units.

Electronic aids supplement practice and the ability to hear tempered and untempered intervals.

5ths are normally narrowed and 3rds widened in tempered tuning systems.

The use of inverted intervals.

Chapter 4

Testing octaves and other intervals.

Testing the purity of octaves by checking pure intervals within which together add up to the octave.

$4^{\text{th}} + 5^{\text{th}} = \text{octave}$

$5^{\text{th}} + 4^{\text{th}} = \text{octave}$

$\text{maj } 3^{\text{rd}} + \text{minor } 6^{\text{th}} = \text{octave}$

$\text{minor } 6^{\text{th}} + \text{major } 3^{\text{rd}} = \text{octave}$.

With tempered intervals it is necessary to add and subtract equal numbers of beats from intervals which make up the octave. For example a 4^{th} widened by a number of beats + the 5^{th} above narrowed by the same number of beats gives a pure octave

OR a 5^{th} narrowed by a number of beats + the 4^{th} above widened by twice that number of beats gives the octave.

Smaller intervals than the octave can be tested in a similar way by dividing them into intervals within themselves. For example a 5^{th} into a major and minor 3^{rd} .

Chapter 5

Types of comma.

The Pythagorean comma and setting a Pythagorean temperament. The size of the comma and its placement in the scale.

The syntonic comma is the difference between the Pythagorean major 3^{rd} and a pure major 3^{rd} .

The enharmonic comma.

Chapter 6

Practical treatment of the comma – division into two parts by tempering two 5ths. The example of how to tune Kirnberger II where this technique is used.

Chapter 7

Dividing the comma into three parts.

Chapter 8

Dividing the comma into four parts – the basis of the Kirnberger III tuning.

Chapter 9

Dividing the comma into five, six and more than six parts.

Chapter 10

Setting the scale and temperament – the circle of 5ths corrected by the amount of the syntonic or Pythagorean comma. The following systems are used to set the circle of 5ths: Pythagorean, meantone and equal.

The meantone system results in an open circle or spiral of 5ths allowing more intervals within the octave. These normally comprise Ab/G#, Eb/D# and Bb/A#. An enharmonic keyboard is illustrated.

The size of intervals is defined in terms of proportions and also cents.

Part II

Constructing the scale

Chapter 11

The Pythagorean system.

Constructing a scale using pure 5ths, 3rds and octaves. The position of the wolf and good thirds.

The pentatonic and heptatonic scale.

Characteristic are pure 5ths, large whole-tones, the Pythagorean diatonic semitone and wide Pythagorean 3rds. Chromatic semitones are wider than diatonic.

The Pythagorean system of tuning using pure 5ths to form diatonic scales which are the basis of the medieval modal (ecclesiastical) scales which evolved through the renaissance and baroque into the major/minor scale system.

Adding chromatic notes by joining further 5ths to the cycle (circle) to form a Pythagorean chromatic enharmonic scale requiring twenty tones to the octave. This scale contains four practically pure consonant major 3rds. The position of the wolf is discussed.

Chapter 13

Just tuning

A just scale using entirely pure 5ths and 3rds.

Chapter 14

Various concepts of the just scale.

Historical concepts of the idea and techniques of tuning this scale.

The concept of “pitch shift” to allow tuning a scale with pure intervals.

Various techniques can be employed, for example the system according to Fogliano with fifteen tones to the octave using double keys for Bb, D and F#, or use of a two manual keyboard where pitches are set differently on each manual.

Part III

Tuning methods and characteristics of meantone and “well-tempered” systems.

Chapter 16

Closed and open systems and terminology.

From the middle-ages to today tuning has been a synonym for temperament.

More exactly, temperament is the need to temper certain intervals to construct a working scale.

There is a tendency to use the term untempered to refer to all tuning systems apart from equal-tempered. So the more precise terms, open and closed systems are used here.

Open systems are not closed by a circle of 5ths. Examples are the Pythagorean system with pure 5ths or a system based on pure major 3rds. In systems like $\frac{1}{4}$ comma meantone the circle is closed by dividing the octave into thirty-one parts. Variants such as $\frac{1}{5}$ th comma meantone divide the octave into forty one parts.

Closed systems are circular temperaments where 5ths and other intervals are tempered in order to produce a closed octave circle, also called “well-tempered”. There are also other criteria for example regular and irregular. In a regular temperament each interval is adjusted by the same amount. In $\frac{1}{4}$ comma meantone tuning each interval of a 5th is narrowed by $\frac{1}{4}$ of a syntonic comma etc. Of course this does not mean that the number of beats is the same between each 5th.

Chapter 16

$\frac{1}{4}$ comma meantone where the syntonic comma is spread between four 5ths. To allow this temperament to be used fully, in the XVIth and XVIIth centuries chromatic keyboards were constructed comprising nineteen keys to the octave.

This tuning was widely used for several centuries up to the beginning of the XIXth. It is easier to set using narrowed 5ths than widened 3rds. A practical method for setting

this tuning is presented. It is a myth that this is a temperament only useable by keyboard instruments where other instruments use only just intonation.

Chapter 17

The qualities of meantone tuning are illustrated in music examples from works by Froberger, Jarzębski and Pękiel.

Chapter 18

Modified meantone temperaments – $\frac{1}{5}$ th and $\frac{1}{6}$ th comma (favoured by Silbermann?) attempt to combat the problem of narrow 5ths for bowed stringed instruments of the violin family.

French tempérament ordinaire.

Chapter 19

Tempérament ordinaire usually has five pure 3rds. To make D#/Eb and A#/Bb useable some 5ths in the cycle descending from C are enlarged to be pure or even wider than pure. Versions by Rameau and Marpurg are discussed.

Chapter 20

Kirnberger/ D'Alembert. Here the syntonic comma is spread over four 5ths c-g-d-a-e. This is a simple system and is adaptable as suggested by D'Alembert using small modifications to move it in the direction towards temperament ordinaire.

Chapter 21

Werckmeister III where the syntonic (pythagorian?) comma is spread between four 5ths, c-g-d-a-b-f#. Werckmeister also proposed equal temperament. D. Buxtehude wrote a dedication to Werckmeister's *Harmonologia musica*, 1702 exemplifying his apparent association. A method is given for setting the temperament. Its qualities include a pure 5th a-e which is comfortable for the violin, matching the two top open strings.

The enharmonic modulations of an example of organ music by J.S. Bach show the good possibilities of this system.

Chapter 22

Bach/Kellner. Here the syntonic comma is divided between five 5ths, c-g-d-a-e-b-f#. Kellner's 1970 proposal is not greatly different in effect to Kirnberger III.

Chapter 23

Tartini/Valotti (Young). Here the comma is spread between six 5ths and in general the character of the keys is rather similar.

Chapter 24

Well-tempered systems.

- Allow completion of the cycle of 5ths
- All keys in the cycle can be used
- Irregular tunings with various sized 5ths and 3rds

A comparison is made with meantone systems. There are problems with transposing instruments in performance where problematic 3rds need to be accommodated.

Various interpretations of the temperament indicated by J.S. Bach's superscription to his *Das Wohltemperierte Klavier* are proposed.

It is suggested that the described temperament systems give a foundation allowing the individual performer to devise their own systems fitted to the sound of a particular instrument, musical programme or taste. Other historical instructions exist, for example that of Forkel who suggests that J.S. Bach set his temperament according to taste rather than following a particular mathematical model.

Part IV

MAREK TOPOROWSKI

Extra exercises are provided to develop and practise various aspects of tuning in meantone for ensembles.

The instruments used in this project are described with illustrations. These include

harpichords (some with split accidental keys), pedal harpichord, Roland electronic keyboard, electronic sampling organ. The electronic instruments have good facility for setting various temperaments.

Use of a special instrument to be used in schools for the study of tuning and temperaments is proposed and an example was constructed as part of the project. This instrument is simple in design, construction and use; the construction process and completed instrument is illustrated. Features include a one octave compass, a single gauge of wire (27 or 30mm gauge brass) for all strings and divided sharps d#/eb and g#/ab. The present cost is around 3000PLN.

MAREK TOPOROWSKI

Personal afterword

Research into early music has debased the concept that old music is always superseded and improved by new. Technological advances are made but loss of old techniques often turn out to be regrettable. Returning to the past can be fruitful, as the renaissance returned to antiquity for the concepts that gave birth to opera (unknown in antiquity) and the construction of complicated tonal systems.

Equal temperament, whose compromise allows all modulations, has led to the disappearance of all other systems and a change in the way of listening to music.

This is not a polemic against equal temperament as this system has its own value

and every tuning system involves compromise. But hearing medieval music in Pythagorean tuning or renaissance music in a meantone tuning can be an experience in the perception of the qualities of the music and the beauty of the intervals alone bordering the mystical. Hearing the works of Bach or Beethoven in historical tunings builds sensitivity to subtle differences between intervals.

Studying temperaments takes us back to one of the first fundamentals of music – the construction of the scale. For a listener, one fascination in listening to early music is the sensual aspect of the beauty of certain intervals, sometimes mathematically perfect, sometimes rather colourful, which can be significant both for professional musicians and others. Maybe because of the lack of this quality contemporary music is sometimes perceived as ‘dry’ or ‘inhuman’. Music exists not just as the notes on paper but in the beauty of its sound in the way that the beauty of materials themselves may be important to an artist or sculptor.

This work attempts to awaken a sensitivity which is one of the first and most important duties of a ‘music teacher’.

I am convinced that this sensitivity is a universal human attribute and its awakening enriches, not only listening, but also that which gives music its deepest human quality.

This is why we study temperaments.

Spis treści

Wstęp (MAREK PILCH, MAREK TOPOROWSKI)	5
Kiedy muzyk gra czysto? (MAREK TOPOROWSKI)	7
BHP	8
Oznaczenia szybkości dudnień interwałów/ Nazwy oktav i dźwięków /	
Przykłady nutowe	10

CZĘŚĆ I: Podstawowe wiadomości z dziedziny akustyki i ćwiczenia

wstępne (MAREK PILCH)

ROZDZIAŁ 1: Wysokość i barwa dźwięku	12
ROZDZIAŁ 2: Współbrzmienia dwóch dźwięków	18
ROZDZIAŁ 3: Tworzenie i przekształcanie interwałów	24
Interwał czysty / Interwał jako relacja dwóch częstotliwości	24
Interwał jako relacja długości struny	26
Dodawanie i odejmowanie interwałów/ Cent – miara wielkości interwałów	27
Interwały a praktyka strojenia	28
ROZDZIAŁ 4: Zasada komplementarności i test oktawy	29
ROZDZIAŁ 5: Rodzaje komatów	32
Komat pitagorejski	32
Sposób obliczania, wielkość komatu pitagorejskiego	34
Komat syntoniczny	35
Sposób obliczania, wielkość komatu syntonicznego / Komat enharmoniczny	36
Sposób obliczania, wielkość komatu enharmonicznego	37
ROZDZIAŁ 6: Praktyczne sposoby dzielenia komatu.	
Rozkładanie komatu na dwie kwinty	38
ROZDZIAŁ 7: Rozkładanie komatu na trzy kwinty	42
ROZDZIAŁ 8: Rozłożenie komatu na cztery kwinty	44
ROZDZIAŁ 9: Rozłożenie komatu syntonicznego na większą ilość kwint.	
Podział komatu pitagorejskiego	46
ROZDZIAŁ 10: Sposoby przedstawiania skal i temperacji	47

CZĘŚĆ II: Budujemy skale dźwiękowe (MAREK PILCH, MAREK TOPOROWSKI)

ROZDZIAŁ 11: System pitagorejski	52
ROZDZIAŁ 12: Pitagorejski strój naturalny	60
ROZDZIAŁ 13: Skala naturalna	63
ROZDZIAŁ 14: Różne koncepcje skali naturalnej. Systemy wybiórcze.	67
Systemy wybiórcze	68

CZĘŚĆ III: Sposoby strojenia oraz charakterystyka mezotonicznych i „dobrych” temperacji (MAREK TOPOROWSKI)

ROZDZIAŁ 15: Systemy otwarte i zamknięte	74
ROZDZIAŁ 16: Strój mezotoniczny (średniotonowy) ¼ komatu	77
ROZDZIAŁ 17: Szczegółne walory stroju mezotonicznego w przykładach muzycznych	82
ROZDZIAŁ 18: Modyfikacje stroju mezotonicznego	89
ROZDZIAŁ 19: Tempérament ordinaire	92
ROZDZIAŁ 20: Kirnberger III/D’Alembert	96
ROZDZIAŁ 21: Werckmeister III	101
ROZDZIAŁ 22: Bach – Kellner	107
ROZDZIAŁ 23: Tartini – Vallotti	108
ROZDZIAŁ 24: Dobre temperacje	110

CZĘŚĆ IV: Dodatkowe ćwiczenia na intonację w stroju mezotonicznym

(MAREK TOPOROWSKI)

Ćwiczenia na pochody diatoniczne w stroju mezotonicznym	120
Ćwiczenia z kwartą zmniejszoną / Ćwiczenia na pochody chromatyczne	123
Psalmy Mikołaja Gomółki	126
J. S. Bach – Aria Z III Suity Orkiestrowej Bwv 106	130

ANEKS

Instrumenty wykorzystane przez nas podczas realizacji projektu

(MAREK PILCH, MAREK TOPOROWSKI)	134
Propozycja taniego i łatwego w obsłudze instrumentu dla szkół	138
Zamiast zakończenia (osobista refleksja Marka Toporowskiego)	140
Podziękowania	142
Bibliografia subiektywna	143
Polska literatura przedmiotu	148
Ogólne prace dotyczące akustyki	150
Spis przykładów dźwiękowych	151
Summary	154

To miała być kolorowa, lekka, atrakcyjna w formie graficznej broszurka. Temat jednak okazał się zbyt obfity – powstał gęsty podręcznik o naukowym, choć równocześnie praktycznym charakterze. Nie ilustrują go co prawda liczne zdjęcia i jaskrawe rysunki, pełen jest za to treści dotyczącej zarówno akustyki muzycznej, techniki strojenia instrumentów klawiszowych, jak i sposobów budowania poszczególnych temperacji. Mamy tu aspekt matematyczny: wzory, wykresy i tabele. Mamy elementy historyczne: cytaty z traktatów i opracowań. Eseje i ćwiczenia. Wszystko to zbudowane na podstawach wszechstronnej wiedzy i doświadczenia dwóch wybitnych artystów: prof. Marka Toporowskiego i dr Marka Pilcha. A do tego dwie płyty CD: nie tylko przykłady muzyczne do podręcznika, lecz swoisty audiobook stanowiący odrębną, autonomiczną część publikacji.

Z recenzji prof. Ewy Piaseckiej:

„... adresowana do muzyków klawesynistów, organistów, pianistów, a także do stroicieli. Ze względu na bardzo bogate źródło wiadomości na temat różnorodnych aspektów problematyki temperacji, dokładne informacje dotyczące praktycznych sposobów strojenia, książka ta stanowić będzie wspaniałą i bardzo potrzebną lekturę dla artystów wykonujących muzykę dawną.”

ISBN: 978-83-933403-8-5

ISBN: 978-83-85679-84-4