Hudba očima fyzika

M. Hejtmánek, P. Hašek, P. Hnilica
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
Břehová 7
115 19 Praha 1
prejetakocka@seznam.cz

Abstrakt

Cílem této práce je podívat se na umění z odlišného pohledu, než je obyčejně běžné, a propojit tak dvě oblasti lidské činnosti, totiž hudbu a vědu.

1 Úvod

Každý z nás se jistě s hudbou setkává denně, buď ji poslouchá v soukromí domova, na koncertě, při práci či dokonce i v supermarketu při nákupech. Hudba nás dokáže naplnit pocity spokojenosti i vyvolat příjemné napětí, uklidňuje když jsme rozrušení, burcuje když jsme nesmělí. Málokdo si však dnes uvědomí, jak velkou cestu musela hudba urazit od té doby, co člověk vzal poprvé do ruky dva kameny a začal jimi mlátit o sebe k církevním chorálům, odlehčené klasicistní hudbě přes jazz až k dnešní moderní „popové scéně“. Nejen že prošla vývojem díky měnícímu se lidskému vkusu, ale významnou úlohu sehrál rovněž rozvoj vědy, díky objevování nových poznatků v oblasti fyziky přestala být hudba intuitivní lidskou potřebou, ale změnila se v seriózní vědu založenou na matematickém a fyzikálním podkladě. Tato práce se zabývá základními otázkami okolo tvoření tónu a hudby stejně jako o hodně novější problematikou záznamu a reprodukce hudby.

2 Ladění

Co vlastně znamená, že je tón falešný? Z fyzikálního hlediska nemá správnou frekvenci, tj. počet kmitů za sekundu.

Tón totiž vzniká periodickým chvěním objektu (struny nebo vzduchového sloupce). Málokdo z nás má ovšem takový sluch, aby „nesrovnalost“ osamoceného tónu dokázal odhalit. Porovnat dva tóny je ovšem snadnější. Již Pythagoras ze Sámu se tímto problémem zabýval a zjistil, že uchu nejlépe zní sled tónů, jejichž frekvence jsou v poměru malých celých čísel. Těmito jednoduchými poměry jsou dány intervaly (viz tabulka). Je ovšem složité sestavit takovou škálu tónů, aby každý s každým k sobě „sedly“. Proto, ve snaze se s tímto problémem vyrovnat, vznikaly v historii různé systémy ladění.

Intervaly seřazené podle libozvučnosti	
Interval	Poměr frekvencí
prima	1:1
oktáva	2:1
kvinta	3:2
kvarta	4:3
velká tercie	5:4
velká sexta	5:3
malá tercie	6:5
malá sexta	8:5
sekunda	9:8

Pythagorejské ladění
Je odvozeno z dvou základních intervalů přírodního souzvuku, tedy z čisté oktávy a čisté kvinty. Základní tón, ke kterému se dostaneme řadou 12 kvint (např. řada 12 kvint od tónu c: c g d a e h f# c# g# d# a# e# h# - což je opět c) a řadou 7 oktáv však není stejný. Rozdíl se nazývá **pythagorejské koma** a tvoří asi ¼ půltónu. Toto ladění je zvláště nepraktické kvůli své neschopnosti modulace do jiných tónin. Tóny odvozené touto cestou rovněž neodpovídají alikvotním tónům.

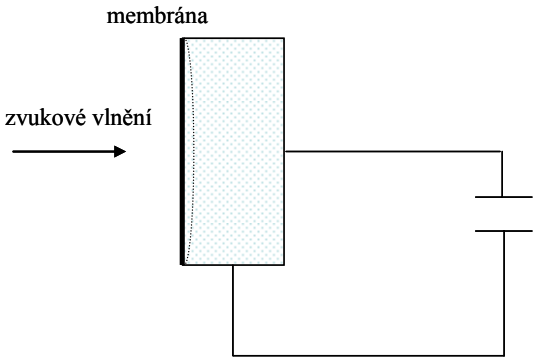
Temperované ladění
Jeho velkým propagátorem byl J. S. Bach, který zkonstruoval první temperovaný klavír. Oktávu rozděluje na 12 stejných půltónů, frekvence následujícího půltónu je $\sqrt{2}$ násobkem frekvence předchozího. Čisté jsou pouze oktávy, všechny ostatní intervaly jsou mírně rozladěné. To je ovšem nahrazeno velkou univerzálností, která dovoluje modulaci do všech tónin a je řešením pro hráče nanejvýš pohodlným. Spolu čistou intonací se užívá dodnes.

Čistá intonace
Omezuje se na jedinou tóninu a všechny tóny přizpůsobuje tónům alikvotním. Tím vytváří intervaly, které jsou uchu nejpříjemnější. Ačkoliv se na první pohled zdá tento systém nepoužitelný, dá se s úspěchem aplikovat na nástrojích, kde je hudebník schopen frekvenci ovlivnit přímo, tedy na nástrojích smyčcových a některých dechových.

3. Záznam a reprodukce zvuku

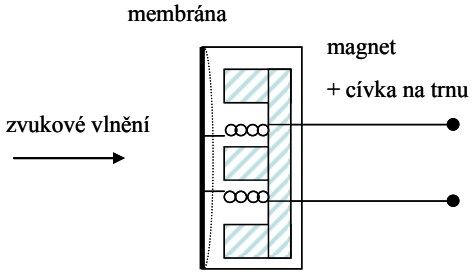
Záznam zvuku se uskutečňuje pomocí mikrofonů. Samozřejmě existuje spousta druhů, ale jejich princip je v zásadě stejný.

Uhlíkový mikrofon



Je to nejjednodušší mikrofon, který se používal ve starých telefonech. Uvnitř uhlíkového mikrofonu jsou umístěna zrnka drceného uhlíku. Zvukové vlnění způsobuje chvění membrány, která stlačuje zrnka a mění tak odpor mikrofonu. Tudíž se mění i proud procházející obvodem a dochází k přeměně akustického signálu na elektrický.

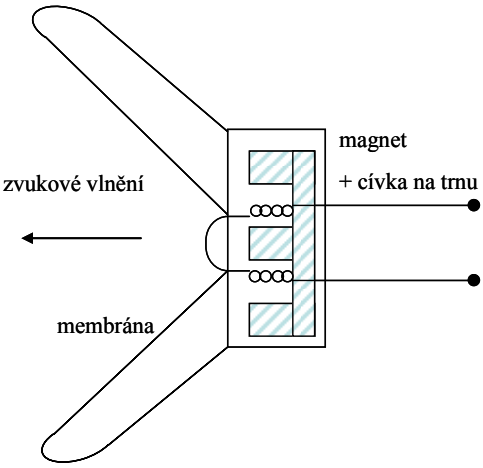
Elektrodynamický mikrofon



Je kvalitnější a má tu výhodu, že není zapotřebí průchodu proudu obvodem, aby fungoval. Obsahuje permanentní magnet, v jehož blízkosti je na trnu umístěna cívka, která je spojena s membránou. Chvění membrány způsobí pohyb cívky, v které se tak indukuje proud, jenž je opět „obtiskem“ akustického signálu.

K reprodukci zvuku je zapotřebí elektrický signál převést na akustický.

Elektrodynamický reproduktor



Funguje obdobně jako elektrodynamický mikrofon, ovšem s opačným efektem. Proměnný proud způsobí, že se cívka vlivem magnetického pole hýbe. Membrána je s cívkou spojena.

4 Shrnutí

I když předchozí řádky popsaly jen minimum ze všeho zajímavého kolem této problematiky, ukázaly, že je docela přínosné zjišťovat, jak které věci fungují, jaký vývoj zastihl nejrůznější oblasti lidské činnosti.

5 Poděkování

Poděkování patří všem, kdo pozorně shlédli naši ústní prezentaci, případně se zastavili před naším posterem.

Reference:

[1] E. SVOBODA & KOL., *Přehled středoškolské fyziky,* Prometheus, Praha, 1998

[2] F: PÍCHA, *Všeobecná nauka o hudbě,* Melantrich, Praha, 1949

[3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Temperovan%C3%A9_lad%C4%9Bn%C3%AD

[4] http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-testy/Dithering-z-teorie-zpracovani-digitalniho-zaznamu~15~cervenec~2004/