

Chladniho obrazce

T. Nohavová*, T. Ježková**, H. Vlašic***

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

* proverejnost@seznam.cz ** tereza.jez@seznam.cz

*** HonzaVlasic@seznam.cz

Abstrakt

Pokus s Chladniho obrazci dokazuje, že zdrojem zvuku jsou chvějící se tělesa. Desku uprostřed upevněnou do svěrky posypeme krupicí nebo pískem a smyčcem přejedeme po jejím okraji. Zrnka krupice začnou odskakovat z kmitajících míst a hromadí se v uzlech. Tím vznikají na desce zajímavé a krásné obrazce. Také jsme se věnovali speciálním využitím infrazvuku a ultrazvuku.

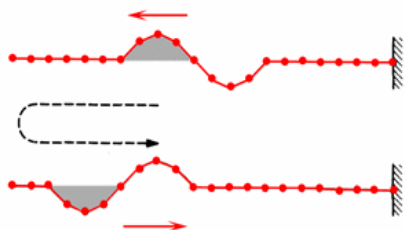
1 Úvod

„Mechanické vlnění vzniká v látkách všech skupenství a jeho příčinou je existence vazebných sil mezi částicemi prostředí, kterým se vlnění šíří. Kmitání jedné částice se vzájemnou vazbou přenáší na další částici. Současně se tak na tuto částici přenáší energie kmitavého pohybu. Takové prostředí nazýváme pružné prostředí.“ [1] Cílem naší práce bylo dokázat toto tvrzení. Posloužil nám k tomu důkaz pomocí Chladniho obrazců při jehož provedení jsme použili poznatku o šíření vln v pevném prostředí.

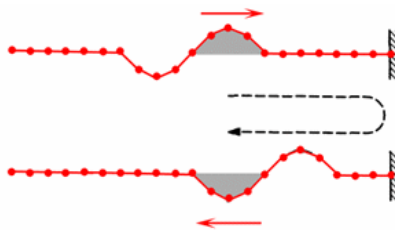
2 Mechanické vlnění a zvuk

Zvuk se šíří také jako postupné vlnění, konkrétně ve vzduchu vlnění podélné. To znamená, že částice kmitají ve směru šíření vlny.

Vlny se v prostoru šíří nezávisle na sobě, lámou se, ohýbají, odrážejí a interferují (skládají). Pro vznik Chladniho obrazců je nejdůležitější tzv. stojaté vlnění. To vzniká složením dvou proti sobě jdoucích vln se stejnou frekvencí, proto se s ním nejčastěji setkáváme při odrazu. Pokud vlna narazí na pevnou překážku, odrazí se s opačnou fází, pokud narazí na volnou, odrazí se stejnou fází.



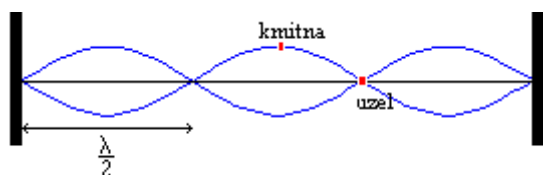
Obr. 1: Odraz od volné překážky



Obr. 2: Odraz od pevné překážky

Stojaté vlnění se od vlnění podélného liší v několika věcech. Při postupném vlnění kmitají všechny body se stále stejnou největší výchylkou (amplitudou), ale s různou fází. Každý bod dosáhne amplitudy později, než ten předcházející. Podélným vlněním se přenáší energie. Při stojatém vlnění kmitají všechny body se stejnou fází, ale s různou amplitudou,

kteřá závisí na poloze bodu. Body s největší výchylkou se nazývají kmitny. Jsou tu ovšem i body, které mají výchylku nulovou, takže nekmitají. Ty nazýváme uzly. Stojatým vlněním se energie nepřenáší, pouze se periodicky mění potenciální energie kmitajících bodů. Příčné stojaté vlnění nazýváme také chvění (např. struna).



Obr. 3: Schéma vlny

Chvění těles je zdrojem zvuku, což dokazují právě Chladniho obrazce. Chvějící se těleso přenáší vlny do vzduchu (či jiné látky) a může vznikat zvuk zachytitelný naším zvukem. (Dobře si to představíme na struně či ladičce.)

3 Chladniho obrazce

Chladniho obrazce vznikají na kovové desce posypané jemným pískem, kterou rozezvučíme smyčcem, případně reproduktory. Od místa rozezvučení se šíří vlny deskou všemi směry, odrážejí se od okrajů a různě skládají. Tím v desce vzniká stojaté vlnění, zrnka písku odskakují z kmitajících se částí a hromadí se v uzlech. Tím vznikají na desce různé obrazce, které závisí na tvaru a vlastnostech desky, na místě rozezvučení a především na frekvenci tónu. Čím vyšší frekvence, tím je obrazec složitější. Chladniho obrazce tak dokazují, že zdrojem zvuku jsou chvějící se tělesa.

4 Historie Chladniho obrazců

Obrazce poprvé pozoroval anglický fyzik Robert Hook na skleněných deskách. Proslavil je ovšem německý fyzik Ernst Chladni (1756-1827), který prováděl pokusy s tenkými kovovými deskami posypanými pískem, které rozezníval smyčcem. Když byly poprvé představeny v Paříži v Akademii věd, císař Napoleon slíbil kilogram zlata tomu, kdo je dokáže zdůvodnit.

5 Využití Chladniho obrazců

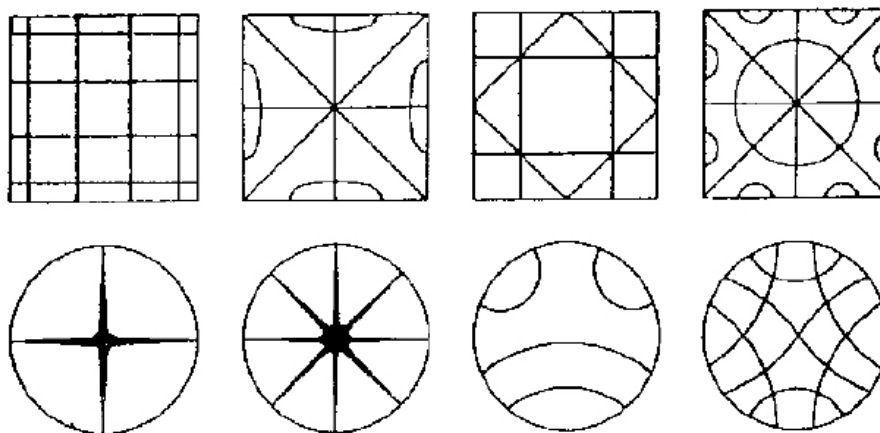
Chladniho obrazce se používají především při fyzikálních demonstracích a při výrobě hudebních nástrojů (kytar, houslí), kdy obrazce ukazují vlastnosti desek.

6 Příprava pokusu

K pokusu potřebujeme především kovovou či dřevěnou desku, kterou uchytíme horizontálně do držáku. Snažíme se, aby plocha, již je deska sevřena, byla co nejmenší, protože pak obrazce vznikají snáz. Dále potřebujeme krupici (lze použít i jemnozrnný písek nebo hladkou mouku), která nám poslouží k indikaci kmiten a uzlů, tím se následně vytvoří tzv. Chladniho obrazce. K rozezvučení je vhodné použít smyčec či výkonné reproduktory.

7 Problémy pokusu s Chladniho obrazci

Je potřeba dbát na to, aby deska byla přímo v horizontální poloze. Pokud je vychýlena, krupice se neusazuje přímo v uzlech. Obrazce potom nejsou příliš zřetelné nebo vůbec nevznikají. Dále je třeba dbát na to, aby se deska po smyčci nesmýkala nárazově ale postupně. Musíme na ni takzvaně hrát.



Obr. 4: Ukázky obrazců na čtvercových a kulatých deskách

8 Infrazvuk a jeho využití

Vzhledem k omezenému dosahu infrazvuku není jeho využití velké. Uplatnění našel především ve vojenském průmyslu, kde se využívají jeho účinky fyziologické i mechanické - například akustické dělo Dora vyvíjené Němci za 2. světové války schopné sestřelit i letadlo.

Dnešní zbraně jsou označovány jako „bezpečné akustické zbraně“ sloužící k rozhánění davů a k ochraně objektů. V principu má jít o zbraně s velmi silným akustickým impulzem, který několikrát převyšuje práh bolesti, čímž v zasaženém člověku vyvolá pocity neklidu, úzkosti a bolesti hlavy. Při vysoké intenzitě infrazvuk ovšem způsobuje silné halucinace, narušuje dýchání a srdeční rytmus. Může tak způsobit i smrt, proto bezpečnost akustických není jednoznačná.

10 Ultrazvuk a jeho využití

Ultrazvuk se uplatňuje v technickém průmyslu a lékařství - např. ve stomatologii k odstraňování zubního kamene, v chirurgii k operacím a kosmetickým zákrokům, v porodnictví jako sonograf, dále pak k masážním technikám, desinfikaci či nejrůznějším čistícím metodám.

Ve strojírenství je využíván k hloubkovému měření (sonary), ultrazvukové defektoskopii (měření homogenity materiálů), měření hladiny vody, přenášení velké energie, barvení tkanin, vytváření emulzí apod.

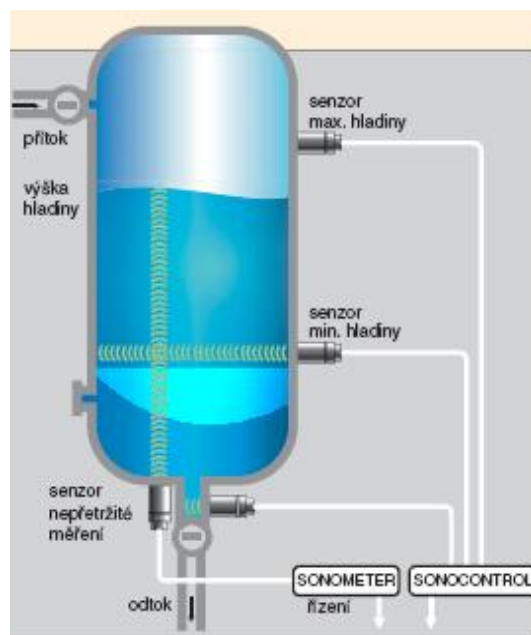
11 Ultrazvukové měření přes stěnu nádrže

Využívá se nejvíce v chemickém průmyslu kvůli velmi agresivním vlastnostem kapalin uvnitř nádrží, ve kterých klasická čidla selhávají (korodují). Ultrazvukové senzory ovšem mohou být umístěna vně nádrže, čímž nedojde ke kontaktu s obsahem.

Snímač vyšle krátké ultrazvukové pulsy, které prochází přes stěnu nádrže (právě zde se uplatňuje náš experiment, který ukazuje, že mech. vlnění se šíří v pevných látkách) a vstupují do kapaliny v nádrži. Prostupují kapalinou, nakonec se odrazí od její hladiny zpět do snímače. Ten následně určí výšku hladiny podle časového intervalu, který uplynul mezi vysláním a přijatým signálem a podle rychlosti šíření ultrazvukových vln v dané kapalině.

Z funkčního principu snímačů vyplývají ale i různá omezení. Stěny nádrže musí být vyrobeny ze zvukově vodivého materiálu a nelze měřit kapaliny s velkým obsahem pevných částic či plynů.

Ultrazvukový princip měření je jedním z mála, kde vývoj nenarazil na hranice svých fyzikálních omezení, z čehož lze do budoucna očekávat další rozvoj snímačů.



Obr. 5: Schéma měření přes stěnu nádrže

12 Poděkování

Panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, Csc. za poskytnutí šance zkoumat Chladního obrazce a zapůjčení smyčce, Filipu Čaklovi a Jakubu Kákonovi za poskytnutí desek pro Chladního obrazce.

13 Reference

[1] O. Lepil, *Fyzika pro gymnázia – Mechanické kmitání a vlnění*, Prometheus, Praha, 1994, str. 50

J. Vesecká, *Kmitání, vlnění a akustika*, Karolinum, Praha, 2005

http://home.vsb.cz/petr.bernat/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm

http://www.cmail.cz/cpe/av_index.htm

<http://utf.mff.cuni.cz/vyuka/OFY016/F2001/Potrusil/Kytarova.htm>

<http://www.steiner.cz/david/akustika/#defin>

<http://209.85.129.132/search?q=cache:Ych9R45lNH0J:skorda.wz.cz/fyz/fyz20.doc+chladniho+obrazce&hl=cs&ct=clnk&cd=39&gl=cz>

<http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=946&mark>

Obr. 1, 2: <http://mfweb.wz.cz/fyzika/141.htm>

Obr. 3: <http://fyzika.smoula.net/grafika/fyz/stojate.bmp>

Obr. 5: http://www.automatizace.cz/images/article/2972_beznzvu28.jpg