

Audacity aneb jak zviditelnit zvuk

TOMÁŠ JERJE

Základní škola Chrastava, Univerzita Hradec Králové

Není to tak dlouho, kdy žáci seděli v přeplněné třídě a přijímali poznatky od autoritativních vyučujících. Už J. A. Komenský a J. J. Rousseau vedli své svěřence k metodám, které v nich vyvolávaly neustálou touhu poznávat, přemýšlet a tvořit závěry. Dnešní moderní doba opět směřuje k aktivizujícím metodám, které by žáky přiměly více nad jednotlivými fyzikálními jevy a zákony přemýšlet. Jednou z aktivizujících metod je experiment. Experiment někdy tak zatracovaný a někdy naopak stavěn jako základní pilíř tématu.

Co přináší dnešní doba za možnosti?

Učitelé nemají oblast fyziky týkající se akustiky příliš rádi. Je to i z důvodu, že často na školách chybí demonstrační pomůcky. Učitelé často nevědí, jaké možnosti pokusů mají. Pro žáky je tato látka mnohdy nezábavná a neprůhledná. Při tom stačí málo a vše může být jinak. Žáci mohou jednoduše provádět (i vymýšlet) pokusy doma, bez složitých pomůcek. Stačí jim běžné PC nebo notebook s mikrofonom a vhodným softwarem. Pravděpodobně nejjednodušší a nejpřehlednější uživatelské rozhraní nabízí program Audacity [1]. Je volně stažitelný z internetu. Není náročný na HW konfiguraci PC, běží na operačních systémech Windows, Mac OS X a GNU/Linux. Umožňuje i spektrální analýzu zvuku.

Příručka Experimenty se zvukem na 20 způsobů

Příručka motivačních pokusů, z oblasti akustiky pro základní a střední školy s názvem Experimenty se zvukem na 20 způsobů, by měla pomoci vyučujícím v hledání inspirace pro pokusy v dané oblasti. Obsahuje známé experimenty doplněné o nové prvky, inovované experimenty i nové náměty na pokusy. Každá karta je opatřena hlavičkou zařazující experiment, najdeme v ní seznam pomůcek. Součástí každého experimentu je uvedení do problému, kdy z běžného života popisuje příklad, kde by se s daným jevem mohli žáci potkat. Popis pokusu vede detailně vyučující a žáky k jeho realizaci. Vysvětlení pokusu objasňuje z fyzikálního hlediska jeho podstatu. Překvapivé informace a novinky se můžete dočíst v zajímavostech, které rozšiřují uvedení do problému.

Ukázka pokusů z příručky Experimenty se zvukem na 20 způsobů

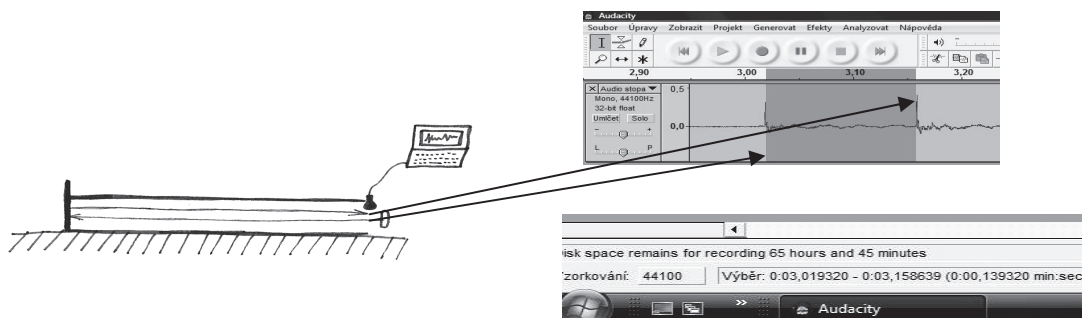
Nyní představím čtyři ukázkové experimenty z motivační příručky Experimenty se zvukem na 20 způsobů.

Rychlost zvuku

Ročník: 8.–9., základní škola

Pomůcky: počítač se softwarem, mikrofon, trubka o dané délce, zdroj krátkého zvuku, překážka na uzavření trubky

Potřebný čas předvedení: 10 minut



Uvedení do problému: To, že zvuk je pomalejší než světlo a šíří se tedy určitou rychlostí, jsme poznali již jako malí, když jsme sledovali bouřku. Po záblesku trvá určitou dobu, než dojde k hromu. I když obě události nastaly ve stejný čas v určité vzdálenosti od pozorovatele, oba jevy se nám zdají být od sebe časově posunuté. Jak daleko bychom tedy museli od sebe stát, abychom se slyšeli s časovou prodlevou jedné sekundy?

Popis pokusu: Změříme si s přesností na cm délku používané roury. Na jeden konec roury umístíme překážku, od které se zvuk v rouře odrazí zpět. Umístíme mikrofon na začátek otevřené části roury. Zdrojem zvuku (stačí lusknutí prstů) vydáme na začátku roury zvukový impuls. Mikrofon ho zaznamená, zvuk se šíří rourou, na konci se odrazí a pokračuje ven z trubky. Tento okamžik opět zaznamená mikrofon. V programu odečteme časový rozdíl mezi dvěma peaky zaznamenaného zvuku. Ze znalosti času a délky roury vypočítáme průměrnou rychlost zvuku pro vzduch za určitých vlastností (nezapomeň, že se zvuk v rouře šíří tam i zpět, proto je potřeba počítat s dvojnásobnou vzdáleností, než je délka roury). V případě, že budeme při měření důslední, vychází rychlost zvuku téměř shodně s tabulkovou hodnotou (při měření s žáky vzcházela vždy v rozmezí 335–342 m/s).

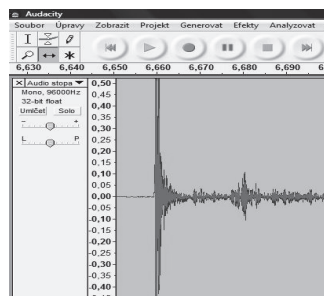
Vysvětlení pokusu: Aby se zvuk šířil nějakou rychlostí, je potřeba, aby prostředí bylo pružné, respektive aby obsahovalo částice, které se podílejí na vedení zvuku. Rychlost zvuku je pak závislá na teplotě, hustotě a druhu materiálu.

Měření vzdálenosti pomocí zvuku

Ročník: 8.–9., základní škola

Pomůcky: PC se softwarem pro vizualizaci vlnění a mikrofon, deštník, izolepa, odrazná deska

Potřebný čas předvedení: 15 minut



Uvedení do problému: Mnozí z nás jsme se setkali s přístrojem, který dokáže určovat vzdálenost, aniž bychom ji museli měřit metrem. Stačilo namířit a na přístroji naskočila vzdálenost předmětu od měřidla. Ovšem využití je různé, některé automobily mají parkovací senzory, které řidiči hlásí, jakou vzdálenost ještě může couvat. V mnoha aplikacích moderního průmyslu je využíváno bezdotykového snímání vzdálenosti.

Popis pokusu: Deštník nám v této úloze pomůže k usměrnění vyslaného zvuku a k následnému zachycení odraženého zvuku při příjmu. K držadlu deštníku připevníme snímací mikrofon tak, aby byl, pokud možno, v přibližném ohnisku. To je v polovině křivosti deštníku. Podobně, jako v úloze měření rychlosti zvuku, využijeme zvukový impuls u mikrofonu k tomu, abychom ho vyslali kupředu, ten se od překážky odrazil a vrátil se zpět, abychom ho snímali. Opět zjistíme časovou prodlevu mezi vyslaným a přijatým pulsem. Nyní ovšem budeme vycházet z tabulkové rychlosti zvuku, která je 340 m/s. Měření je pouze orientační s přesností na decimetry, v běžných třídních podmínkách nemá cenu uvažovat závislost rychlosti zvuku na teplotě. Z rychlosti zvuku a časového intervalu jsme schopni vypočítat přibližnou vzdálenost deštníku od překážky. Musíme si ovšem uvědomit, že vzdálenost, která nám vyjde, je celková dráha, kterou zvuk urazil (mikrofon-deštník-překážka-deštník-mikrofon). Proto je potřeba tento údaj vydělit dvěma a odečíst vzdálenost deštníku od mikrofonu. Při experimentálním měření se žáky byla vzdálenost měřitele a měřené zdi 5,38 m. Experimentem byla změřená vzdálenost 5,29 m.

Vysvětlení pokusu: Zvuk, který dopadne na překážku, se částečně pohltí, částečně překážkou projde a část zvuku se odrazí zpět. Tohoto jevu využíváme při tomto experimentu, kdy zjistíme prodlevu mezi vyslaným a přijatým signálem. Ze znalosti rychlosti zvuku a času můžeme prostým součinem $v \cdot t$ vypočítat dráhu s , kterou zvuk urazil. Vzdálenost od překážky je tedy poloviční:

$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

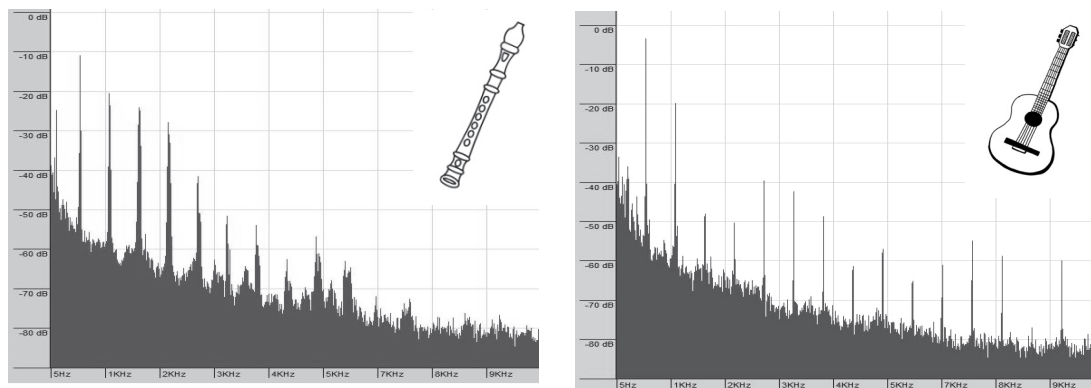
Zajímavost: V praxi se používá k měření vzdálenosti stejného principu, jen s tím rozdílem, že se využívá zvuku v neslyšitelném frekvenčním pásmu (v tomto případě ultrazvuku, zvuku nad 20 kHz).

Frekvenční spektrum zvuku

Ročník: střední škola

Pomůcky: PC se softwarem pro vizualizaci vlnění a mikrofon, flétna, kytara, zvonkohra

Potřebný čas předvedení: 10 minut



Uvedení do problému: Už víme, že vnímání zvuku záleží na výšce zvuku, na hlasitosti, ale proč je lidské ucho schopno rozlišit zvuky o stejné frekvenci a intenzitě z houslí, klavíru či saxofonu? Bude se jednat o takzvanou barvu tónu, který se nějakým způsobem promítne do průběhu zaznamenaného zvuku.

Popis pokusu: Experiment není náročný, ale je potřeba být důsledný. V první řadě je potřeba najít alespoň dva hudební nástroje, na kterých najdeme tóny o stejných frekvencích. Např. *komorní a* na 440 Hz najdeme na kytáře, zvonkohře, flétně, popřípadě na ladičce. Provedeme zvukové záznamy všech zvuků a porovnáme, že základní frekvence zvuků různých nástrojů jsou shodné. Nyní je potřeba provést frekvenční analýzu zaznamenaných zvuků, kterou udělá software. Nyní můžeme porovnat amplitudy jednotlivých frekvencí u všech zvuků.

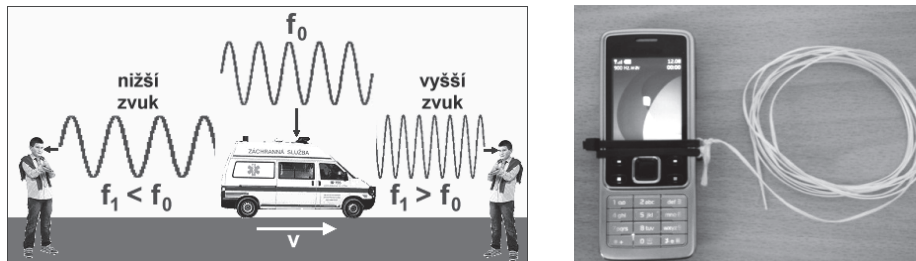
Vysvětlení pokusu: Skutečnost, že každý hudební nástroj má pro naše ucho zcela charakteristický zvuk, způsobuje obsah vyšších harmonických tónů ve složeném tónu. Tuto vlastnost zvuků označujeme jako **barva tónu**. Je určena amplitudami vyšších harmonických kmitočtů (tedy kmitočtů, které jsou násobky základního kmitočtu). Právě barva tónu umožňuje sluchem odlišit dva složené tóny, které mohou mít stejnou absolutní výšku a které jsou vydávány dvěma různými zdroji zvuku. Rozdílná barva zvuku různých zdrojů zvuku je dána odlišným způsobem vzniku zvuku v rezonátorech, které se liší tvarem, velikostí, materiálem, ... (viz [2]).

Dopplerův jev aneb mobil na provázku

Ročník: střední škola

Pomůcky: mobilní telefon se záznamem tónu o dané frekvenci, provázek

Potřebný čas předvedení: 10 minut



Pozn.: Obrázek byl převzat z [3].

Uvedení do problému: Každý, kdo jel vlakem okolo železničního přejezdu se zvukovou signalizací, si mohl všimnout zajímavé věci. Zvuk, který slyšel před tím, než vlak kolem signalizace přešel, měl jinou výšku než zvuk, který slyšel, když se vlak od signalizačního zařízení oddaloval. Ani nemusel vlak jet velkou rychlostí, aby tento jev byl slyšitelný. Stejný efekt lze zažít na pouťových atrakcích, např. na kolotoči.

Popis pokusu: Experiment není náročný na přípravu ani na provedení. Stačí vlastnit mobilní telefon, který dokáže v hlasitém režimu přehrávat zvuky. Je potřeba do telefonu nahrát zvuk o frekvenci 500–1000 Hz (pro pokus nejhodnější). Ten získáme nejlépe vygenerováním z nějakého zvukového SW a uložení ve formátu mp3 nebo wav. Poté bezpečně připevníme mobilní telefon na přibližně dva až tři metry dlouhý (pevný!) provázek. Po roztočení mobilního telefonu budou pozorovatelé slyšet kolísavý zvuk, který není způsoben zrychleným (zpomaleným) pohybem telefonu, nýbrž Dopplerovým jevem. Zvuk je možno v další fázi nahrát a analyzovat v softwaru a tím ověřit platnost obou vzorečků.

Vysvětlení pokusu: Dopplerův jev popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného oproti vysílanému signálu, způsobenou nenulovou vzájemnou rychlostí vysílače a přijímače. Pohybuje-li se zdroj vysílající signál s frekvencí f_0 směrem k přijímači (pozorovateli), pak stojící pozorovatel jej přijímá s frekvencí f ; v je rychlost zvuku v daném prostředí a v_z rychlost zdroje zvuku:

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_z}$$

Pohybuje-li se zdroj vysílajícího signálu s frekvencí f_0 směrem od přijímače (pozorovatele), pak stojící pozorovatel jej přijímá s frekvencí f :

$$f = f_0 \frac{v}{v + v_z}$$

Zajímavost: Dopplerova jevu využívá řada měřicích přístrojů a zařízení, např. radary pro měření rychlosti vozidel nebo lékařské fonografy (viz [4]).

Závěrem

Všechny experimenty byly vyzkoušeny při výuce fyziky na základní a střední škole. Jsou průběžně zařazovány do výuky a ohlasy na ně z řad žáků a studentů jsou pozitivní.

Zdroje

- [1] Audacity. [online]. 2005, 2012 [cit. 2012-07-11]. Dostupné z:
<http://audacity.sourceforge.net/?lang=cs>
- [2] Encyklopedie fyziky. [online]. 2006, 2012 [cit. 2012-07-11]. Dostupné z:
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/195-barva-tonu=cs>
- [3] <http://www.army.cz> [online]. [cit. 2012-06-15]. Dostupné z:
http://www.army.cz/images/id_8001_9000/8753/radar/k14.htm .
- [4] Medical ultrasonography. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-09-14]. Dostupné z:
http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_ultrasonography