

## EXPERIMENTS IN EDUCATION OF ACOUSTICS

Miroslav Němec

*Technical University in Zvolen, Faculty of Wood Science and Technology,  
Department of Physics, Electrical Engineering and Applied Mechanics, T. G. Masaryka 24, 960 53  
Zvolen, Slovak Republic  
E-mail: mnemec@acoustics.sk,*

**Abstract:** In the article dealing with the status of ICT in teaching physics and acoustics. We accent the use of experiments in physics teaching. Physics is an experimental science, and experiment in the education has a very important function. Motivate students and increase their attention. We prepared a set of video experiments from acoustics. We have prepared a methodic and student sheet to every video. Some experiments can be used as laboratory work. At the conclusion of this paper we provide our expertise with the inclusion of acoustic experiments in the education process.

### 1 Úvod

Akustika je na našej škole súčasťou povinnej fyziky na každom študijnom odbore. Keďže jej predchádza učivo o kmitaní a vlnení, študenti sa práve v tejto časti stretnú s najnáročnejším matematickým aparátom a je veľmi potrebné im dané učivo priblížiť aj iným prístupnejším spôsobom. V rámci odbornej profilácie si študenti môžu vo vyšších ročníkoch štúdia vybrať predmety postavené na akustickom základe: Fyzika hudobného nástroja, Experimentálne nedeštrukčné metódy, Akustika, Vybrané kapitoly z priestorovej a stavebnej akustiky a Hudobná psychoakustika. Napriek nedostatočnej časovej dotácii je našou snahou čo najprístupnejšie študentom vysvetliť základné princípy fyzikálnych a akustických poznatkov s orientáciou na praktické aplikácie.

Správne zaradenie IKT do vzdelávania podporuje originálne myslenie a tvorivú činnosť študentov. Jedným z problémov, ktoré ovplyvňujú súčasný stav vyučovacieho procesu v predmete fyzika je používanie tradičných didaktických metód, vyučovacích foriem a materiálnych didaktických prostriedkov. Dôraz sa stále kladie na výkladovo ilustratívne metódy s nízkym stupňom využitia aktivity žiakov, samostatná práca študentov je minimálna, ako učebné pomôcky sa takmer výlučne používa učebnica. Ako teda z pasívneho študenta urobiť študenta aktívneho a samostatnejšieho, smerujúceho k samostatnej tvorivej práci? Mnohí odborníci sa prikláňajú k odpovedi, že nastolenú otázku možno riešiť zavedením a využívaním IKT vo vyučovaní fyziky [1].

Experiment je vo fyzike nenahraditeľný a vytvára u študentov reálnu predstavu o danom jave, respektíve jeho aplikáciách. Preto je v tomto trende nutné pokračovať aj na vysokých školách a nechať študentov aj experimentovať, či už v základnom kurze fyziky v rámci laboratórnych cvičení alebo na odborných predmetoch. V poslednom období sa do popredia dostávajú aj počítačom podporované experimenty, či počítačové simulácie i animácie ale aj video experimenty. Počítačom podporované experimenty je možné použiť v ktorejkoľvek časti hodiny – pri vysvetľovaní nového učiva, opakovaní atď [2].

Ďalším z novších trendov vo vyučovaní fyziky je používanie výpočtovej techniky na prednáškach. K jednotlivým predmetom postupne vytvárame počítačové prezentácie, do ktorých je možné zahrnúť rôzne grafy, animácie, simulácie, audio a video ukážky. Tento

spôsob prezentácie umožňuje trochu urýchliť vyučovací proces a zamerať sa na podstatné veci z preberanej problematiky. Keďže prezentácie budú postupne zverejňované na internete, študenti si počas prednášok nemusia toľko vecí zapisovať a môžu viac spolupracovať.

## **2 Experimenty z akustiky**

Uvádzané experimenty sú podporované informačnými technológiami a väčšina z nich je realizovaná aj ako video experiment. V prípade, že na školách nie je dostatočné materiálne a technické vybavenie, je možné experiment premietnuť ako video. Spomínané videá sú súčasťou CD nosiča. Pri video experimente je veľmi dôležitá činnosť učiteľa, ktorý môže do deja vstupovať svojim komentárom, niektoré pasáže zastaviť a niekoľkokrát zopakovať. Preto sme pre jeho ľahšiu orientáciu do metodických listov vsunuli časový rozpis videa.

Experimenty sme pripravili vo forme videí a ich opis vo forme metodických listov pre učiteľa a študentských listov pre študenta. Pri niektorých experimentoch sme použili aj zvukové záznamy, ktoré sú taktiež súčasťou metodických listov. Táto štruktúra je odskúšaná na Katedre fyziky FPV UMB v Banskej Bystrici a keďže autor sa podieľa na spolupráci pri tvorbe experimentov, tak sme použili túto štruktúru aj pri našich experimentoch.

Všetky experimenty sú pre potreby učiteľa prezentované pomocou metodických listov podľa jednotnej štruktúry. Uvádzame príklad metodického a študentského listu pre experiment Ako rýchlo sa šíri zvuk vo vzduchu?

### **Metodický list: Ako rýchlo sa šíri zvuk vo vzduchu?**

#### **Tematické zaradenie experimentu**

- stojaté vlnenie, rezonancia
- akustika, šírenie zvuku vo vzduchu
- rýchlosť zvuku vo vzduchu

#### **Cieľ experimentu**

Cieľom experimentu je pomocou U-trubice demonštrovať vznik stojatého vlnenia, určiť rýchlosť šírenia zvuku vo vzduchu a porovnať ju s hodnotou vypočítanou podľa empirického vzťahu závislosti rýchlosti zvuku vo vzduchu od jeho teploty.

#### **Poznámky k realizácii experimentu**

Tento experiment je spracovaný aj v podobe video experimentu a je vhodné ho použiť na školách, ktoré nemajú dostatočné materiálne vybavenie na jeho praktickú realizáciu.

Pri video experimente môžu študenti podľa uvedeného postupu sami rátať jednotlivé veličiny až sa dopracujú k rýchlosti zvuku vo vzduchu, ktorú môžu porovnať s tabuľkovou hodnotou.

Experiment je v prípade dostatočného materiálneho zabezpečenia vhodné realizovať aj ako laboratórnu prácu.

Je nutné pracovať opatrne, aby sa voda nevyliala a aby nedošlo k zraneniu.

V trubici je potrebné vhodné množstvo vody, aby sa nevyliala a ani jej nebolo málo v extrémnych polohách.

Experiment je možné opakovať aj s inými frekvenciami ako 1 000 Hz.

### **Experimentálne dáta**

Časový rozpis videa s metodickými poznámkami:

0:00 – 0:14 Použité pomôcky.

0:14 – 0:28 Nastavenie meracej zostavy.

0:28 – 2:13 Postup merania a jeho praktická realizácia – dvíhanie trubice a hľadanie maxím.

1:06 Prvé maximum 21 cm.

1:49 Druhé maximum 4 cm.

Nasledujúce výpočty, ktoré sú zaznamenané v ďalšej časti filmu by mohli študenti robiť sami a po ich výpočte môže učiteľ prehrať príslušnú časť filmu s výsledkami i odôvodnením.

2:13 – 2:29 Vzdialenosť maxím stojatého vlnenia 17 cm.

2:29 – 2:36 Vlnová dĺžka 34 cm.

2:36 – 2:41 Vzťah pre rýchlosť zvuku  $c = \lambda \cdot f$ .

2:41 – 2:47 Rýchlosť zvuku  $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

2:47 – 2:57 Vzťah na výpočet rýchlosti zvuku vo vzduchu v závislosti od teploty  $c' = (331,82 + 0,61\{t\})\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

2:57 – 3:20 Výpočet rýchlosti pomocou tohto vzťahu – vychádza  $346,89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a porovnanie hodnôt.

### **Pomôcky a schéma experimentu**

Tónový generátor, reproduktor, spojovacie vodiče, rezonančná trubica, dĺžkové meradlo, teplomer

### **Postup a spracovanie hodnôt**

Z videozáznamu je možné odčítať vzdialenosť hladiny od zdroja zvuku pri prvom a druhom zosilnení signálu. Tieto 2 maximá sú vo vzdialenosti polovice vlnovej dĺžky.

Pomocou vzťahu  $c = \lambda \cdot f$  je možné dopočítať rýchlosť zvuku vo vzduchu a porovnať ju s rýchlosťou určenou empirickým vzťahom  $c' = (331,82 + 0,61\{t\})\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

## **Závery z experimentu**

Experiment demonštruje vznik stojatého vlnenia, ktoré vzniká interferenciou vlnenia z generátora a vlnenia odrazeného od vodnej hladiny. Toto vlnenie vzniká pri vhodnej výške vzduchového stĺpca nad hladinou vody rovnej celočíselnému násobku štvrtiny vlnovej dĺžky. Pri reproduktore sa vytvorí kmitňa, prípadne uzol akustického tlaku.

Vzdialenosť dvoch po sebe nasledujúcich maxím je polovica vlnovej dĺžky, čo počut' na zosilnení signálu. Vtedy nastáva rezonancia.

Je vhodné poukázať, že experiment sa zaoberá šírením zvuku vo vzduchu a nie vo vode. Voda slúži len na odraz vlnenia.

## **Študentské aktivity**

Samostatné počítanie počas video experimentu

Porovnanie postupného a stojatého vlnenia

Odôvodnenie rozdielov vo veľkosti rýchlosti vypočítaných obidvoma metódami a poukázanie na možné nepresnosti pri danom experimente.

## **Súvisiace experimenty**

Ako rýchlo sa šíri zvuk v kovových tyčiach?

Chladniho obrazce

## **Študentský list: Ako rýchlo sa šíri zvuk vo vzduchu?**

Prirodzeným prostredím človeka je vzduch. Potrebuje ho na dýchanie ale aj na dorozumievanie. Vzduch je prostredie cez ktoré sa v prevažnej väčšine šíria akustické vlny od zdroja k uchu.

Rýchlosť zvuku približne určili v 17. storočí pozorovaním výstrelu z dela zo známej vzdialenosti. Rýchlosť bolo možné vypočítať na základe merania času, ktorý uplynul medzi zábleskom a zvukom výstrelu.

Akou rýchlosťou sa šíri zvuk vo vzduchu?

## **Trochu teórie na úvod**

Pre zvukové vlny šíriace sa od zdroja v danom prostredí rýchlosťou  $c$  platí

$$c = \lambda \cdot f,$$

kde  $\lambda$  je dĺžka vlny a  $f$  frekvencia kmitov zdroja vln.

Rýchlosť šírenia zvuku, ktorý je mechanickým vlnením, je pri danej teplote vzduchu konštantná. Frekvenciu zdroja zvuku – v prípade, že týmto zdrojom je tónový generátor –

môžeme jednoducho z neho odčítať. Pri postupnom vlnení by sme vlnovú dĺžku ako druhý údaj potrebný na určenie rýchlosti zvuku merať nemohli. Tento problém môžeme však prekonať vytvorením podmienok pre vznik stojatého vlnenia. Stojaté vlnenie vznikne zložením dvoch proti sebe postupujúcich vlnení s rovnakou vlnovou dĺžkou (resp. frekvenciou) a rovnakou amplitúdou. Stojaté vlnenie je charakteristické vytvorením kmitní (miest s maximálnou amplitúdou, rovnajúcou sa dvojnásobku amplitúdy postupujúceho vlnenia) a uzlov (miest s nulovou amplitúdou). Stojaté vlnenie môže vzniknúť teda aj zložením postupujúceho vlnenia a vlnenia odrazeného od rozhrania dvoch prostredí, ku ktorému postupujúce vlnenie dospelo. V tomto experimente

určíme rýchlosť zvuku vo vzduchu rezonančnou metódou. Ak nad sklenenou trubicou, v ktorej je voda (s meniteľnou výškou hladiny), podržíme reproduktor pripojený na výstup tónového generátora, dôjde v prípade, že výška vzduchového stĺpca nad hladinou je celistvým násobkom  $1/4$  vlnovej dĺžky, k rezonancii. V stĺpci dochádza k stojatému vlneniu. Na konci vzduchového stĺpca pri reproduktore sa v takomto prípade vytvorí kmitňa akustickej výchylky vlnenia, zároveň aj akustickej rýchlosti (resp. uzol akustického tlaku), na úrovni hladiny uzol výchylky vlnenia (resp. kmitňa akustického tlaku). Ak zmeníme výšku hladiny, vzduchový stĺpec nebude v rezonancii (so zdrojom). Vzďialenosť dvoch po sebe nasledujúcich maxim rezonancie je  $1/2$  vlnovej dĺžky.

### Čo potrebujete

Tónový generátor, reproduktor, spojovacie vodiče, rezonančná trubica, dĺžkové meradlo, teplomer

### Schéma experimentu



Obrázok 1. Schéma experimentu

### Ako budete postupovať

1. K okraju trubice priložte reproduktor vysielaajúci tón frekvencie 1 000 Hz.
2. Meňte výšku hladiny vody (pri hornom okraji trubice), kým nedôjde k rezonancii (čo sa prejaví nápadným zosilnením počutého tónu). Polohu hladiny si zaznamenávajúte.

3. Výšku hladiny znižujte, pokiaľ dôjde k rezonancii v inej polohe. Z rozdielov týchto úrovní ( $\Delta h$ ) zistíte vlnovú dĺžku. Táto vzdialenosť je rovná  $1/2$  vlnovej dĺžky.
4. Rýchlosť šírenia zvuku vypočítajte pomocou rovnice  $c = \lambda \cdot f$ .
5. Meranie podľa bodov (1) až (4) zopakujte aj pri frekvenciách 900 a 800 Hz a zapíšte do tabuľky.
6. Odmerajte teplotu v rezonančnej trubici, ktorá je rovná teplote vzduchu v miestnosti.
7. Určte priemer rýchlostí, ktoré ste dosiahli pri jednotlivých frekvenciách.

### **Spracovanie nameraných dát**

1. Získanú hodnotu porovnajte s vypočítanou hodnotou rýchlostí vo vzduchu pri danej teplote podľa vzťahu  $c' = (331,8 + 0,61\{t\}) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### **Porozmýšľajte**

Môže delostrelecký náboj predbehnúť zvuk výstrelu?

Prečo vystrelenie náboja z pušky sprevádza svišťanie a náboj hodený rukou letí prakticky nehlučne?

Prečo hrom počuť až niekoľko sekúnd po blesku? Ako je možné z tohto časového rozdielu určiť vzdialenosť búrky?

### **Súvis so životom, prírodou a praxou**

Rýchlosť zvuku vo vzduchu je konečná. To má veľký vplyv na akustiku priestorov, čo je potrebné vziať do úvahy pri stavbe budov na rôzne účely a taktiež pri ozvučovaní priestorov. Okrem konečnej rýchlosti zvuku je potrebné uvažovať aj s odrazmi v uzavretom priestore, s pohltivosťou materiálov. Jeden zo základných parametrov, ktorý sa meria v uzavretom priestore a využíva konečnú hodnotu rýchlosti zvuku je doba dozvuku.

### **Súvisiace experimenty**

Ako rýchlo sa šíri zvuk v kovových tyčiach?

Chladniho obrazce

## **3 Záver**

Niektoré z experimentov sme vyskúšali už aj vo vyučovaní fyziky. Ukazuje sa, že experimenty z akustiky vo vyučovaní zvyšuje názornosť prebraného učiva, zvyšuje pozornosť študentov, núti ich samostatne pracovať a myslieť a pomáha poukazovať na prepojenie fyzikálnej teórie s každodenným životom v prírode, technike i spoločnosti. Niektoré experimenty boli vykonané reálne, niektoré boli použité ako video experimenty. Pri všetkých experimentoch mali študenti k dispozícii študentský pracovný list a učitelia metodický list. Študenti boli aktívne zapájaní vo všetkých fázach experimentovania a pri video

experimentoch učiteľ vhodne zastavoval projekciu, dopĺňal vlastným komentárom, prípadne diskutoval so študentmi.

Z pozorovania vyplýva, že študenti sú pri experimentoch, najmä tých, ktoré sú úzko spojené s praxou a každodenným životom, pozornejší a aktívnejší. Do ich riešenia sa zapájajú aj študenti, ktorí nemajú o fyziku veľký záujem.

## **PodĎakovanie**

Táto štúdia je publikovaná s podporou Grantovej agentúry MŠ SR, Grant č. 1/0841/08 – Charakteristiky dreva určujúce jeho kvalitu pri využití na výrobu špeciálnych výrobkov.

## **References**

- [1] Hockicko, P. - Tarjányiová, G. - Dirner, A.: Podnety pre tvorbu e-študijných materiálov s využitím multimédií vo fyzikálnom vzdelávaní, Zborník príspevkov z eLearn 2007, Žilina 5. - 6. február 2007, s. 241 - 246. ISBN 978-80-8070-645-6.
- [2] Krišťák, L. – Spodniaková, P.M.: Computer based experiments in oscillation and in nuclear physics at secondary school. In: Proceedings of the 2006 ICTE Annual Conference, University of Ostrava 2006, p. 115 – 119, ISBN 80-7368-199-4.