

POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ DOPPLEROVA JEVU V MATLABU A NĚKTERÉ MOŽNÉ APLIKACE VE VÝUCE FYZIKY

P. Bartoš a J. Tesař

Katedra fyziky, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, Jeronýmova 10, České Budějovice

Abstrakt:

V učebně nelze vzhledem k některým limitujícím faktorům (velikost učebny, dodržení pravidel bezpečnosti atp.) běžným způsobem předvést některé zajímavé fyzikální jevy, jako je například Dopplerův jev. Pak je nutno k demonstraci fyzikálního jevu využít jiných možností – například použít výpočetní techniku. V tomto příspěvku popíšeme některé možnosti, které nám dává výpočetní technika při vyučování Dopplerova jevu. V programovém prostředí MATLAB jsme vytvořili počítačový model, který lze při výuce Dopplerova jevu využít. Tento program je také porovnán s výsledkem obdržným v programovacího jazyku DELPHI.

Klíčová slova:

Dopplerův jev, počítačové modelování, výuka fyziky, GUI.

Úvod

Akustice, i když nás provází každodenním životem, je na středních školách věnováno pouze několik vyučovacích hodin. Tento trend bude zřejmě pokračovat i po realizaci Rámcových vzdělávacích programů [1] do našeho vzdělávacího systému. Přesto považujeme za důležité seznámit alespoň studenty středních škol, kteří projevují hlubší zájem o fyziku, s některými zajímavými akustickými jevy – jako je např. Dopplerův jev.

Tento jev lze v podmínkách běžné učebny vzhledem k jejím malým rozměrům, poměrně těžko realizovat. Možností, jak tento problém řešit, je několik – od využití videa, které odsuzuje studenta pouze k pasivnímu sledování předtočeného dokumentu, přes časově náročnou výpravu mimo školní budovu až po použití počítače s vhodným výukovým programem, při němž se student může stát aktivním účastníkem svého vlastního vzdělávání. Tato třetí varianta také umožňuje využít mezipředmětové vztahy fyzika – informatika a může studenty nenásilnou formou upozornit na možnosti v současnosti značně se rozmáhající vědní disciplíny – počítačové fyziky. Na našem trhu s výukovými programy lze však jen stěží nalézt vhodný software, který lze k demonstraci Dopplerova jevu použít. Připravili jsme proto několik variant počítačových modelů v programovacím jazyku DELPHI a programovém prostředí MATLAB.

Popis modelu – varianta DELPHI

První jednoduchá varianta, vytvořená v programovacím jazyku DELPHI, je určena pro prvotní seznámení s daným jevem. Program je koncipován tak, aby zcela jednoduchou formou umožňoval demonstrovat platnost vztahu:

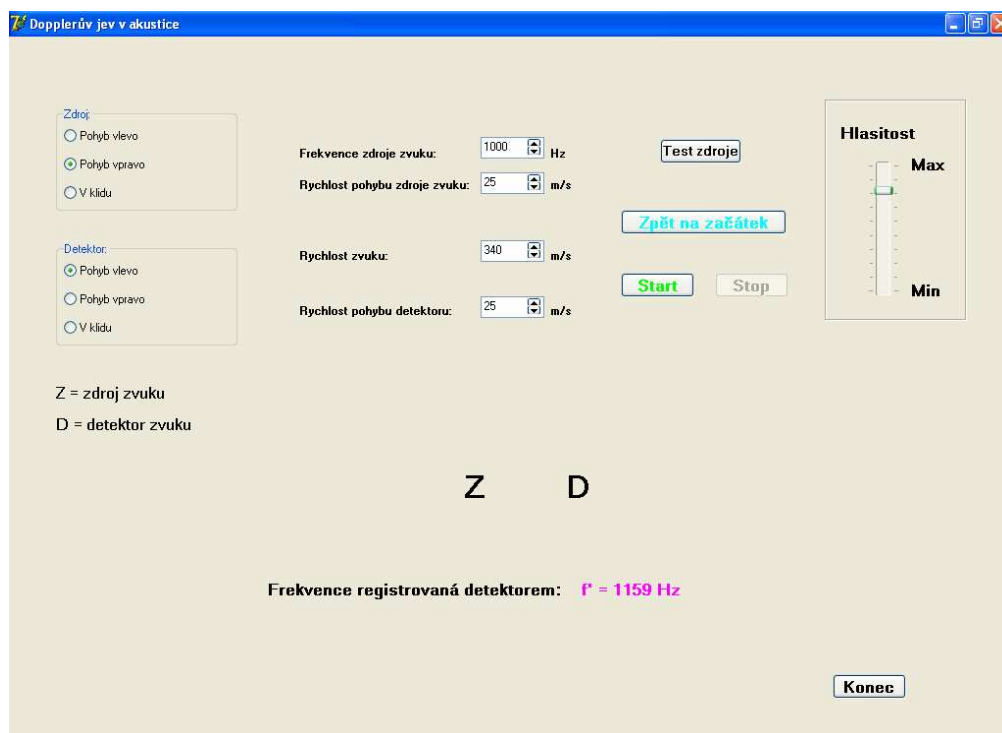
$$f' = f_0 \cdot \frac{c \pm v}{c \pm w} \quad (1)$$

a vliv vzdálenosti zdroje a detektoru na intenzitu vnímaného zvuku - viz [2].

Význam veličin v uvedeném vztahu:

f'	frekvence zvuku vnímaná detektorem
f_0	frekvence vydávaná zdrojem
c	velikost rychlosti šíření zvuku ve vzduchu (340 m.s^{-1})
v	velikost rychlosti pohybu detektoru
w	velikost rychlosti pohybu zdroje zvuku.

Výhodou programu je, že je to .exe file a není tudíž potřeba mít na počítači vybaveném OS Windows a zvukovou kartou nainstalován jiný software. Na obrázku 1 je vidět grafické rozhraní tohoto programu.



Obrázek 1.: Grafické rozhraní programu vytvořeného v jazyku DELPHI

Nevýhodou tohoto provedení je to, že se jedná pouze o jednorozměrný model, který má problémy s vytvořením přesného zvuku v okamžiku míjení zdroje zvuku a detektoru (v tomto okamžiku nastává trochu nepřirozený skok v registrované frekvenci, který je způsoben nereálným předpokladem nulové vzdálenosti zdroj zvuku – detektor). Proto jsme vytvořili v programovacím jazyku MATLAB s využitím Graphical User Interface (GUI) model dvourozměrný. Zde je již nereálný efekt nulové vzdálenosti potlačen. Vstupními parametry jsou: poloha zdroje a detektoru, frekvence zdroje, rychlost pohybu zdroje a detektoru a její směr.

Popis modelu – varianta v MATLABu

a) Zvukový výstup

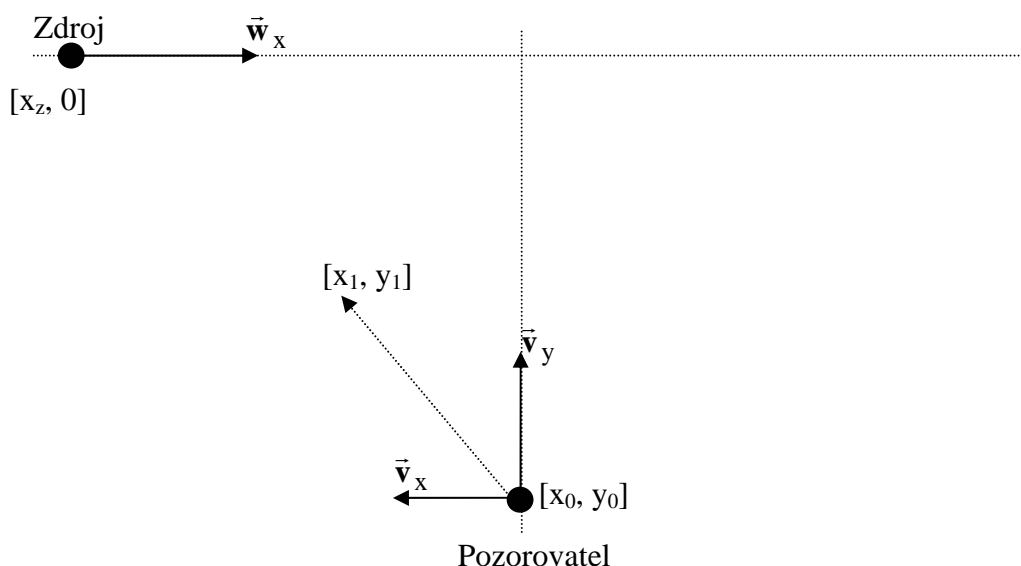
V modelu je nejprve počítána doba t_1 , za kterou se rozšíří zvukový impuls o frekvenci f vydaný zdrojem zvuku v čase t k detektoru (viz obrázek 2). Dále označme x_0 x-ovou souřadnici detektoru, y_0 y-ovou souřadnici detektoru, x_{z0} x-ovou souřadnici zdroje, v_x a v_y velikosti rychlosti detektoru ve směrech os x a y, w x-ovou souřadnici rychlosti zdroje a c velikost rychlosti zvuku. Pak lze pro časovou prodlevu t_1 odvodit vztah

$$t_1 = \frac{-(v_x \cdot a + v_y \cdot b) - \sqrt{(v_x \cdot a + v_y \cdot b)^2 - (v_x^2 + v_y^2 - c^2) \cdot (a^2 + b^2)}}{v_x^2 + v_y^2 - c^2} \quad (2)$$

kde pro konstanty a a b platí

$$a = x_0 + v_x \cdot t - x_{z0} - w \cdot t \quad (3)$$

$$b = y_0 + v_y \cdot t \quad (4)$$



Obrázek 2.: Schématické znázornění uspořádání experimentu

Intenzita vnímaného zvuku závisí na vzdálenosti zdroje zvuku a detektoru – její poměrnou velikost ukládáme do matice *intenzita* a násobíme jí okamžité hodnoty výchylek.

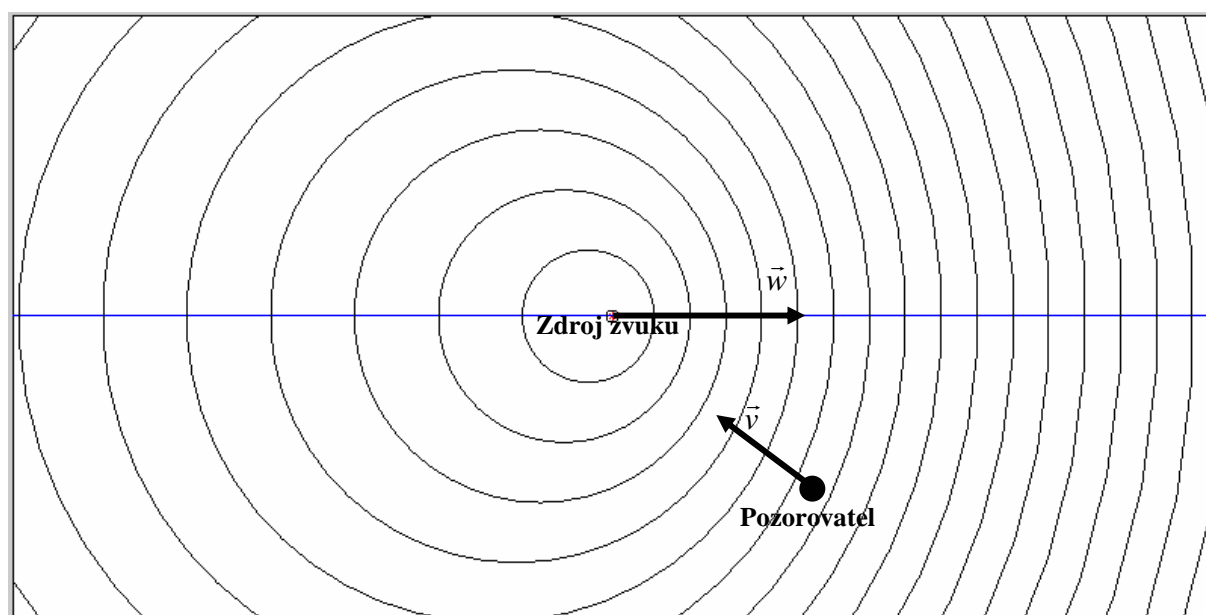
Takto získanou matici hodnot nyní interpolujeme funkcí *interp1*, abychom získali hodnoty právě vnímané výchylky v ekvidistantně vzdálených uzlech - v čase $t+t_1$ detekujeme výchylku, kterou má generovaný zvuk v čase t , zápis v MATLABu má tedy tvar:

$$u = \text{interp1}(2 \cdot \pi \cdot f \cdot (t+t_1), \text{intenzita} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t), 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t). \quad (5)$$

Tyto interpolované hodnoty použijeme k vytvoření zvukového výstupu pomocí funkce *wavplay*. Tato funkce také umožňuje bez přerušení pokračovat v provádění grafického výstupu.

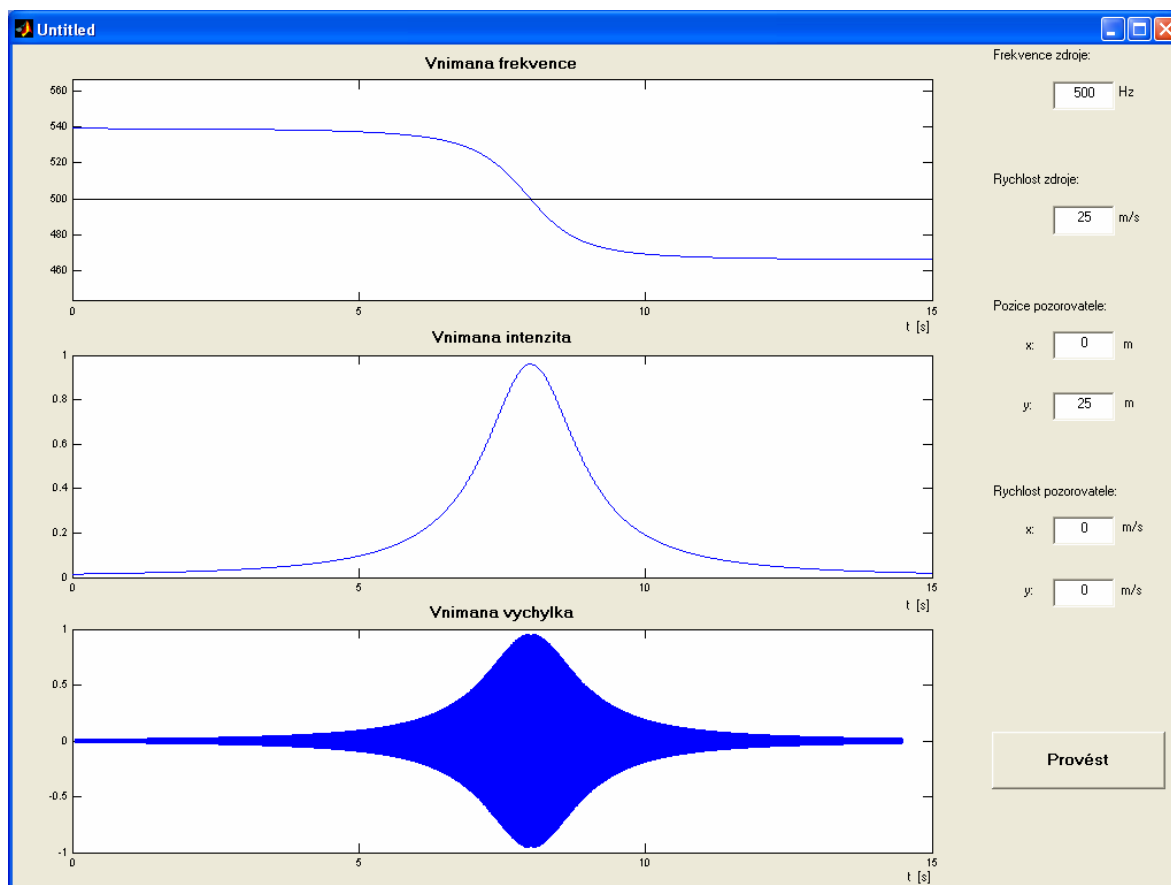
b) Grafický výstup

Součástí programu je i grafické provedení experimentu. Grafický výstup je realizován pomocí uživatelsky velice příjemného prostředí GUI. První možností je vykreslení pohybu zdroje a pozorovatele a aktuální poloha jednotlivých vlnoploch – viz. obrázek 3. Pomocí tohoto zobrazení můžeme detailně rozebrat všechny speciální případy (především případy, kdy je buď zdroj zvuku nebo detektor v klidu). Druhou možností je vykreslení časových závislostí frekvence a intenzity zvuku a závislost okamžité výchylky na čase. Hodnoty volených konstant lze dle potřeby měnit v pravé části okna (obrázek 4.). Jak je z obrázků patrné, bude u žáků vytvořena názorná a lépe zapamatovatelná představa, než kdybychom se spokojili pouze s uvedením základního vztahu (1). Grafický výstup ve formě časových závislostí jednoznačně podporuje vnímaný zvukový signál – závislost intenzity zvuku v závislosti na vzdálenosti od pozorovatele a zvyšování či snižování frekvence vnímaného zvuku v závislosti na směru pohybu zdroje zvuku a detektoru .



Obrázek 3.: Záchyt pracovního okna modelujícího rozložení vlnoploch s vyznačením směru pohybu pozorovatele a zdroje zvuku

Výslednému programu lze vytknout to, že k jeho spuštění je nutná běžící instance MATLABu, protože výsledný soubor je typu .m, nikoliv .exe. Tento nedostatek by však mohl být odstraněn v nových verzích tohoto programového balíku.



Obrázek 4.: Grafický výstup – graf frekvence zvuku, intenzity zvuku a okamžité výchylky

Závěr

Programové prostředí MATLAB je velice silný nástroj, který lze s úspěchem použít při výuce fyziky na středních a vysokých školách. O tom, že si tyto možnosti uvědomují i budoucí učitelé, kteří se na své povolání připravují na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity, svědčí i poměrně veliký zájem o přednášky a cvičení z předmětu MATLAB pro fyziku, který je naší katedře vyučován. Nezbyvá než doufat, že s rostoucími počítačovými dovednostmi studentů středních a vysokých škol se také program MATLAB postupně rozšíří na střední školy a přispěje k hlubšímu porozumění všech dějů, které lze popsat vhodným matematickým modelem.

Použitá literatura:

- [1] <http://www.vuppraha.cz>
- [2] Horák, Z., Krupka, F.: Fyzika (příručka pro VŠ technického směru) SNTL Praha 1981
- [3] Dušek, F.: MATLAB a SIMULINK - úvod do používání, Univerzita Pardubice, Pardubice, 2002

Kontakt:

Bartoš Petr
 bartos-petr@seznam.cz
 PF Jihočeské univerzity v Č. Budějovicích
 Jeronýmova 10
 371 15, České Budějovice.

Jiří Tesař
 raset@pf.jcu.cz
 PF Jihočeské univerzity v Č. Budějovicích
 Jeronýmova 10
 371 15, České Budějovice