

## ICT A MODERNÍ TECHNOLOGIE VE FYZIKÁLNÍCH POKUSECH – ZAJÍMAVĚ A TĚMĚŘ ZADARMO

LEOŠ DVOŘÁK

*Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze, ČR*

*For use of computers and modern technologies in physics classes it is not always necessary to use specialized systems and expensive tools. The article presents some possibilities how to use an ordinary computer with a sound card and the program Soundcard Scope that is free for educational purposes in simple but interesting physics experiments. Several types of experiments are described using the fact that the program enables:*

- 1) To show time profiles of periodic sound signals and to measure their periods (e.g. of vowels sung by human voice).*
- 2) To record and present a non-periodic signal. (A non-traditional experiment for rough measurement of gravitational acceleration is described.)*
- 3) To show and analyze the frequency spectrum of the signal. (A simple demonstration and measurement of resonant frequencies of an air column in a tube is presented.)*

*In all above mentioned experiments a cheap microphone was used. It is also possible:*

- 4) To connect a phototransistor to a microphone input of a computer. This enables to show time profiles of the light signals e.g. of light bulbs, fluorescent tubes, monitors etc.*
- 5) The last example can do without any computer. It is a very simple amplifier containing just one transistor that can be easily built by pupils themselves.*

### **1 Úvod: proč potřebujeme i levné pokusy využívající ICT**

Na tom, že pokusy mají ve výuce fyziky nezastupitelnou úlohu, se asi shodne převážná většina pracovníků v oblasti fyzikálního vzdělávání. Žáci a studenti si zařazování pokusů přejí, dobří učitelé pokusy ve své výuce často využívají. Tyto skutečnosti jsou potvrzovány i různými výzkumy.

Žáci a studenti také pozitivně reagují na to, když se ve výuce využívají počítače a vůbec moderní technologie. Ve fyzice by se konec konců s těmito technologiemi měli také seznamovat. Zde ale někdy můžeme narazit na to, že na nákup moderního vybavení nemají školy peníze. Vybavení počítači již sice přestalo či přestává být zásadním problémem, ovšem ne všechny školy mají možnost zakoupit k počítačům například systémy pro měření, jako jsou ISES, IP Coach nebo LabQuest. Případně nemají tyto systémy ve větším počtu.

Z uvedených důvodů stojí za to uvádět i příklady, jak lze v experimentech využít počítač jen s volně dostupnými programy a minimálním dalším hardwarovým vybavením. Případně, jak lze jednoduše a levně využít pro výuku fyziky i další předměty z našeho okolí, které jsou příklady moderních technologií.

Pokusy, které nevyžadují zvláštní měřicí zařízení, ale vystačí téměř jen se samotným počítačem, mohou mít i další výhodu. Protože počítač začíná být vybavením i mnoha domácností (rozhodně běžnějším, než je třeba osciloskop), mohou si žáci a studenti mnohé pokusy sami vyzkoušet, zkusit si je modifikovat, vymýšlet jejich varianty apod. – například v rámci menších i větších projektů.

## 2 Lacný a dostupný hardware a software

Základním nástrojem pro většinu dále popsaných pokusů a námětů na pokusy je počítač se zvukovou kartou. Ten sice není „téměř zadarmo“, ale stává se už běžně dostupným vybavením (a svého druhu jednoduchou pomůckou).

„Měřicím hardwarem“, který k němu budeme připojovat, je běžný levný mikrofon. Může jít o některý z mikrofonů prodávaných k počítačům. Pro řadu pokusů se hodí mít malý mikrofon bez stojánku, jen na kabelu. V prodejnách pro elektroniku nabízejí levné elektretové mikrofony, jejichž průměr a délka nepřesáhnou 1 cm. (Například typ GME100 stojí méně než 10,- Kč.) Je vhodné připojit jej stíněným kablíkem; pro zapojení do mikrofonního vstupu počítače musí být kablík zakončen konektorem 3,5 mm, slangově zvaným „jack“. Osvědčilo se zakoupit propojovací kablík (např. v délce 3 m), který má na obou koncích stereofonní konektory uvedeného typu, a v půlce jej přeštipnout. Získáme tak kablík pro připojení mikrofonů; druhým můžeme připojit fototranzistor, jak bude popsáno dále v kap. 3.4. Na vývod mikrofonu spojený s jeho pláštěm připájíme drát spojený s „tyčinkou“ na uvedeném konektoru. Další dva přívody spojené se „špičkami“ konektoru spojíme dohromady a připájíme na druhý přívod mikrofonu.

K pokusům a k měření budeme dále potřebovat software. Pro práci se zvukem a nejen s ním jsou vhodnými programy *Soundcard Scope* německého autora Ch. Zeitnitze a program *Audacity* vyvíjený a nabízený v rámci licence GNU. Oba programy jsou, minimálně pro osobní a pro vzdělávací použití, zadarmo.

Program *Soundcard Scope*, který, zhruba řečeno, dělá z počítače se zvukovou kartou osciloskop, lze stáhnout na webových stránkách autora [1]. Od září 2008 je k dispozici ve verzi 1.30, která má některá nová vylepšení – a v jazycích, do nichž ji lze přepnout, je již i čeština. (Český překlad pořídili pracovníci KDF MFF UK Praha Jakub Jermář a autor tohoto příspěvku; odbornou konzultací přispěl Peter Žilavý.)

Program *Audacity* je „editor zvuku“. Není speciálně určen pro výuku ani měření, ale pro nahrávání, mixování a úpravy zvuku. Přesto jej lze, zejména pro nahrávání a analýzu delších či jednorázových zvuků dobře využít. V tomto příspěvku se však soustředíme na využití programu *Soundcard Scope*.

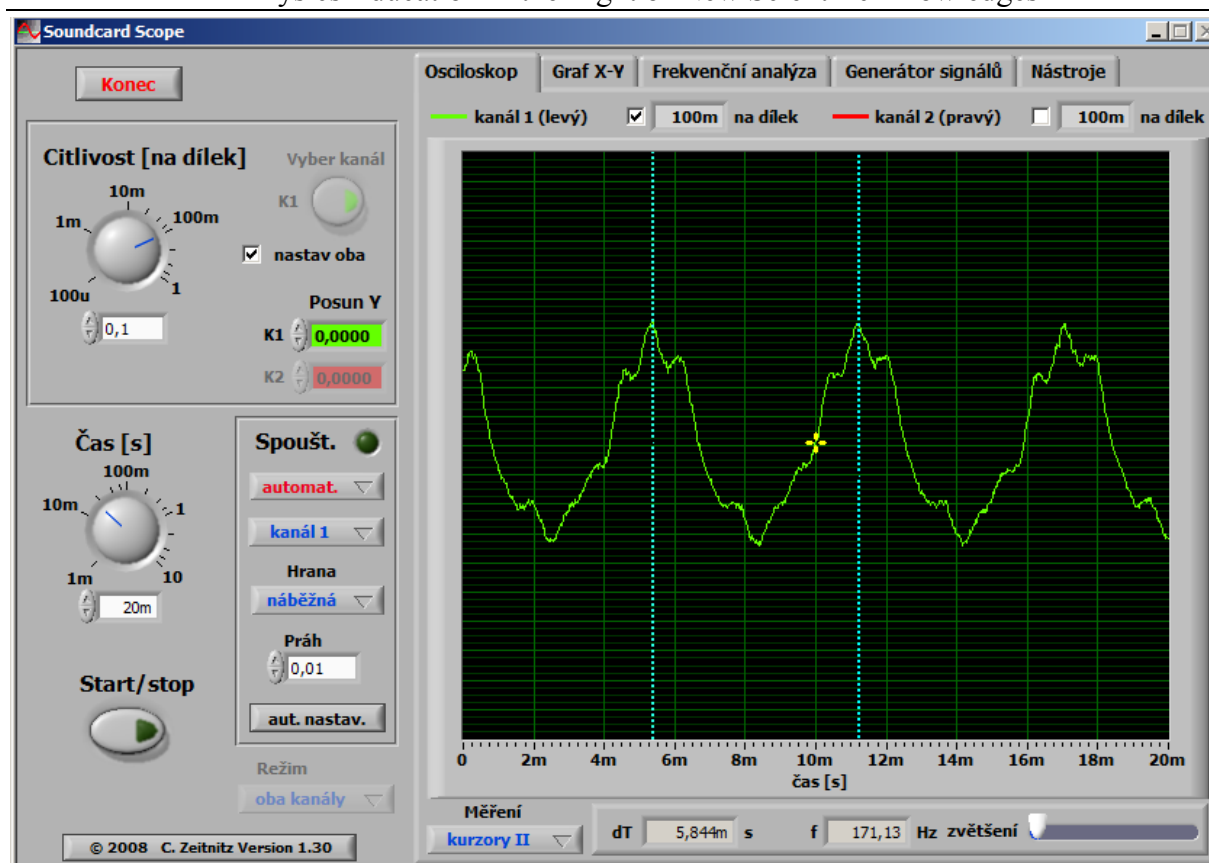
## 3 Příklady experimentů využívajících program Soundcard Scope

Nebudeme zde popisovat ovládání tohoto programu. (Na příslušných webových stránkách je k dispozici manuál v angličtině; snad i ten bude časem přeložen do češtiny.) Nebudeme tu popisovat ani všechny možnosti daného programu, i když některé z nich jsou rovněž velmi dobře využitelné ve výuce – například signální generátor.

Dále popsané pokusy jsou spíše jakousi „ochutnávkou“ námětů, které snad budou inspirací pro další využití na školách. Některé pokusy, byť v jiné formě (resp. s jiným software) byly již popsány dříve – viz [3], kde lze najít i další náměty.

### 3.1 Časový průběh zvukových signálů, měření periody a frekvence

Jak ukazuje obrázek 1, *Soundcard Scope* může jednouše zobrazovat časový průběh signálu. Záznam signálu lze pozastavit a měřit periodu signálu. (Je zobrazena jako  $dT$ , symbol „m“ za číselným údajem značí „mili“.) Program současně vypisuje hodnotu odpovídající frekvence.



Obr. 1 Časový průběh signálu (jde o zpívanou samohlásku „á“) a měření jeho periody

Takto lze demonstrovat, jak vypadá časový průběh různých samohlásek, tónů hudebních nástrojů apod. Současně je názorně vidět, co je to perioda signálu. Můžeme také například změřit periodu kmitu ladičky a přesvědčit se, že frekvence jejích kmitů odpovídá údaj, který je na ní napsán. Přitom je vhodné žáky upozornit, že program sice vypisuje hodnotu frekvence na setiny Hz, ale reálná přesnost jejího určení je výrazně nižší.

### 3.2 Jednorázové děje (a jedno netradiční měření tíhového zrychlení)

Přepneme-li spouštění na volbu „normální“ nebo „jednorázové“, zaznamená se signál, až když překročí nastavenou hodnotu. (Hodnota se nastavuje posunem kurzoru ve tvaru křížku.) Signál se ve skutečnosti v programu zaznamenává souvisle, takže se pak vykreslí i průběh v určitém časovém intervalu před „spuštěním“.

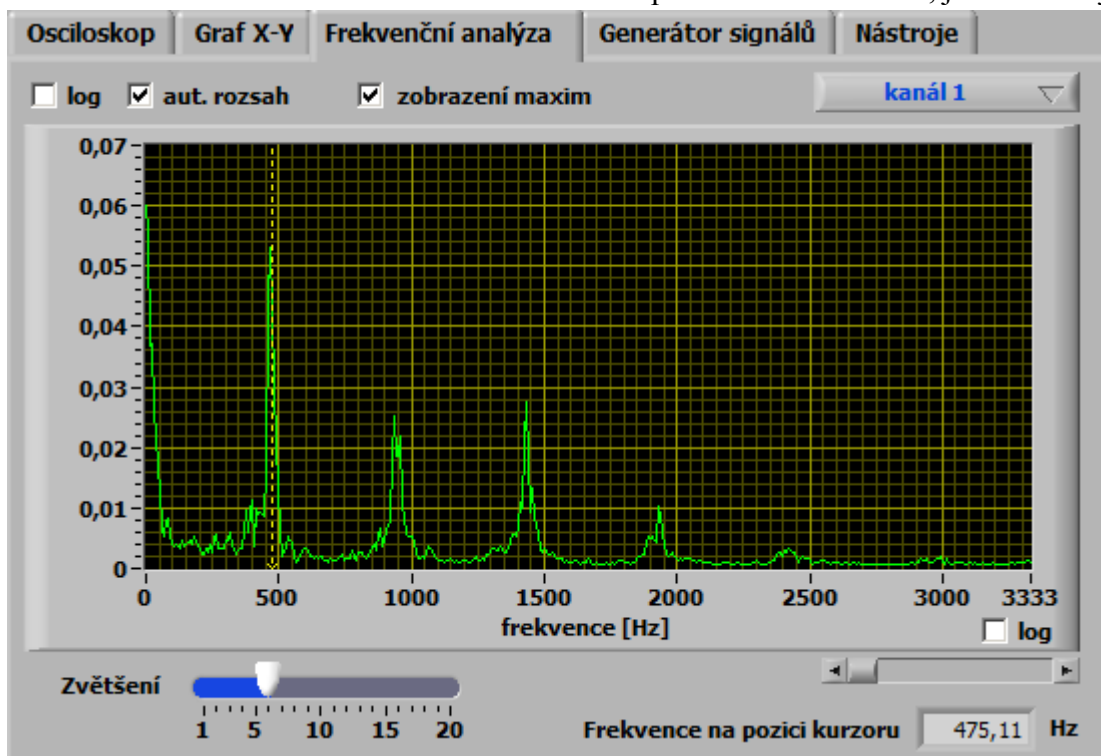
Typickým příkladem, kdy tuto funkci můžeme využít, je měření rychlosti zvuku odrazem od nějaké blízké plochy (tabule, podlahy, stěny, ...).

Uvedme ale jiný pokus, při němž přibližně změříme tíhové zrychlení. Mikrofon položíme na zem a blízko něj necháme ze známé výšky, například 1 metr, dopadnout nějaký malý předmět. Program zaznamená a vykreslí zvuk dopadu. Jestliže v okamžiku, kdy předmět pouštíme, vykřikneme například „ha!“, mikrofon zvuk také sejme a program zaznamená, kdy jsme zvuk vydali. Ze změřeného rozdílu obou časů a známé výšky pádu pak vypočteme tíhové zrychlení.

Měření samozřejmě není příliš přesné, chyba řádu 10% není ničím neobvyklým. Pouštění předmětu je nutno předem nacvičit, abychom skutečně vykřikli v okamžiku, kdy předmět začíná padat. (Poznamenejme, že nemusíme křičet příliš hlasitě.) Nezapomeňme předem nastavit časovou základnu na dostatečně dlouhý čas, např. 1 s.

### 3.3 Frekvenční spektrum, rezonance vzduchového sloupce v trubici

Frekvenčního spektra signálu, které program počítá a zobrazuje, lze využít například pro demonstraci a měření rezonančních frekvencí sloupce vzduchu v trubici, jak to ukazuje obr. 2.



Obr. 2 Frekvenční spektrum zvuku zachyceného mikrofonom v trubici délky 36 cm

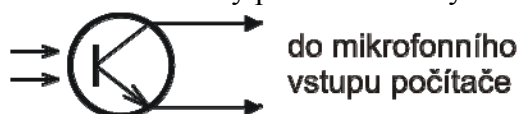
Využíváme zde možnosti programu *Soundcard Scope* zobrazovat maximální amplitudy složek signálu o daných frekvencích. Kmity sloupce vzduchu v trubici jsou buzeny okolními hluky a šумы – pouze na frekvencích, na nichž vzduchový sloupec rezonuje, jsou však amplitudy kmitů a tedy amplitudy zvuku výrazné.

Poznamenejme, že ze změřené základní, tedy nejnižší rezonanční frekvence (v našem případě je přibližně  $f = 475$  Hz) a délky vzduchového sloupce (36 cm – jde už o délku se započtením korekce na otevřené konce trubice) můžeme spočítat rychlost zvuku. Vlnová délka  $\lambda$  při základní rezonanční frekvenci je dvojnásobkem délky trubice, tedy 0,72 m. Rychlost zvuku vychází  $v = \lambda \cdot f = 0,72 \text{ m} \cdot 475 \text{ s}^{-1} \doteq 340 \text{ m/s}$ .

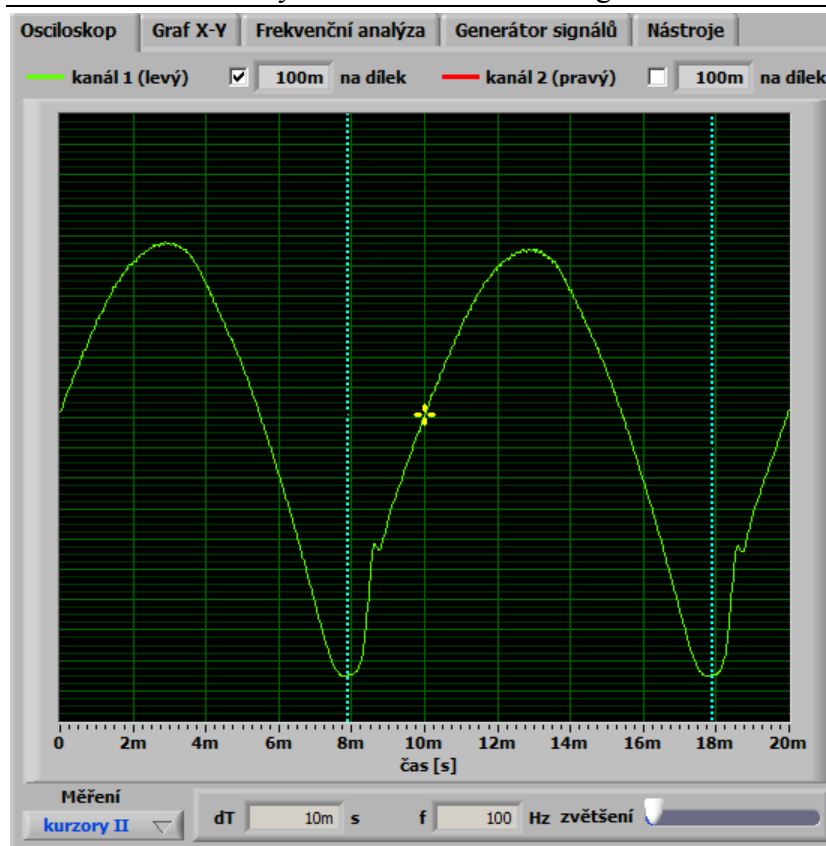
Ve frekvenčním spektru můžeme také sledovat vyšší harmonické frekvence zvuků vydávaných hlasem, různými hudebními nástroji apod.

### 3.4 Fototranzistor připojený místo mikrofону

Do mikrofonního vstupu počítače nemusíme zapojovat jen mikrofón. Jednou z možností (zcela bezpečnou, kterou nemůžeme zvukovou kartu ani počítač poškodit), je zapojit do mikrofonního vstupu počítače fototranzistor, jak to ukazuje obr. 3. Lze tak zaznamenávat a zobrazovat časový průběh intenzity světla; příkladem je záznam na obr. 4.



Obr. 3 K mikrofonnímu vstupu počítače lze připojit i fototranzistor



Obr. 4 Záznam časového průběhu intenzity světla zářivky (na pokoji v hotelu Akademik)

Fototranzistor připojíme opět stíněným kablíkem s konektorem 3,5 mm, podobně jako mikrofon. Polaritu je třeba vyzkoušet, aby na kolektoru tranzistoru (typu NPN) bylo kladné napětí. Fototranzistor je totiž z mikrofonního vstupu zároveň napájen.

Na zobrazeném časovém průběhu intenzity světla můžeme měřit periodu. Jak ukazuje obrázek, není to 50, ale 100 Hz. (Zářivky i žárovky svítí při každé půlplně napětí.)

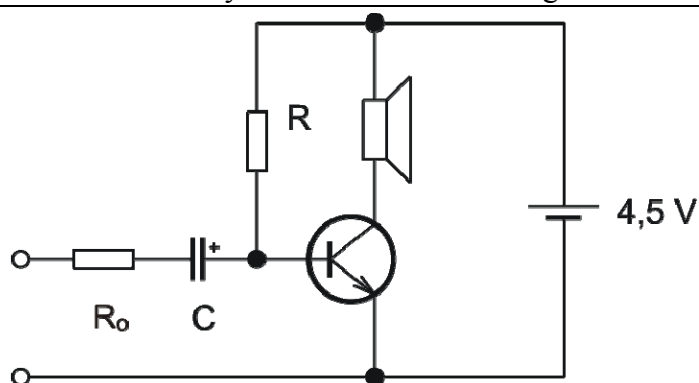
Podobně můžeme sledovat i časový průběh světla vydávaného klasickou televizí, monitorem notebooku apod. Nebo světla odraženého například od sklíčidla vrtačky – zde je pro změření frekvence otáček vhodné podívat se na frekvenční spektrum signálu.

Poznamenejme, že i „sonda“ s fototranzistorem není nijak drahou záležitostí. Nejlevnější tranzistor IRE5 stojí méně než 5,- Kč.

#### 4 Příklad konstrukce s polovodiči: nejjednodušší zesilovač

K moderním technologiím patří též technologie polovodičové. Při základním seznamování s polovodičovými prvky mohou pomoci velmi jednoduchá zapojení.

Chceme-li ukázat princip tranzistorového zesilovače, vystačíme opravdu s minimem součástek, jak to ukazuje obr. 5.



Obr. 5 Najjednoduchší zesilovač pro reproduktor

Tranzistor môže byť napríklad typu BC337. Rezistorom R nastavíme kolektorový prúd takový, aby na reproduktore bolo napätie len asi 1 V. Kondenzátor C stačí s kapacitou 10  $\mu\text{F}$ . Rezistor  $R_0$  na vstupe slouží len k ochrane zariadení, z nichž budeme do nášho zesilovače privádzať signál. Môže mať hodnotu niekoľko desiatok ohmů. Cena súčastiek okrem reproduktora a baterie nepresáhne desiat korún.

Reproduktor je dobré zvolit dostatečne veľký, s odporom 8  $\Omega$  alebo vyšším a s čo najvyššou citlivosťou. Citlivejší reproduktor bude hrať hlasitejšie. Reproduktorem prechádza jednosmerný prúd asi 0,1 A až 0,15 A. Naš zesilovač teda není príliš šetrný jak k reproduktoru, tak k ploché baterii. Presto na ňom môžeme demonstrovat funkciu zesilovače veľmi názorne. Prípojme-li jeho vstup napríklad ke sluchátkovej zdírke MP3 prehrávača alebo počítača a zapneme-li prehrávaní, bude reproduktor hrať. (Moderní technologie zde tedy využíváme i jako zdroj zvukového signálu.)

Ideální je, pokud si žáci a studenti takového zapojení sami postaví („vlastníma rukama a hlavou“). Konstrukce měla úspěch u učitelů, kteří si tento „přístroj“ sami vytvořili v rámci kurzu *Vybrané partie z fyziky – aktivně a s pokusy v červnu 2008*, o němž je zmínka v příspěvku [4].

## 5 Závěr

Jak již bylo řečeno výše, zmínili jsme zde jen některé náměty na jednoduché využití ICT a moderních technologií ve výuce fyziky. Již tyto příklady však ukazují, že počítače a dané technologie přinášejí pro využití ve výuce nové možnosti – a zároveň, že je lze leckdy využít i při opravdu minimálních dodatečných nákladech.

## Literatura

- [1] [http://zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope\\_en.html](http://zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope_en.html) (cit. 12. 10.2008)
- [2] <http://audacity.sourceforge.net> (cit. 12. 10.2008)
- [3] Dvořák L.: Pokusy se zvukovou kartou. In: Dílny Heuréky 2005. Sborník konference projektu Heuréka, Náchod. Ed.: L. Dvořák, Prometheus, Praha 2006. ISBN 80-7196-334-8, s. 39-48.
- [4] Dvořáková I., Dvořák L.: Aktivní práce se žáky – pro učitele. Příspěvek v tomto sborníku.