

## **Pár věcí (nejen) z tábora 8**

*PETER ŽILAVÝ, ZDEŇKA BROKLOVÁ, PAVEL BÖHM*  
*Matematicko–fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha*

Ve dnech 2. - 16. července 2005 proběhlo další z tradičních Odborných soustředění mladých fyziků a matematiků pro středoškoláky pořádané Matematicko-fyzikální fakultou UK v Praze. Tento příspěvek krátce shrnuje základní myšlenky této akce a uvádí výsledky vybraných dvou projektů, které studenti na soustředění řešili.

### **O soustředění**

Cílem našeho soustředění je nejen zprostředkovat studentům nové poznatky a dovednosti, ale také umožnit získat praktické zkušenosti při řešení projektů. Na rozdíl od tradičního „školního“ přístupu se snažíme, aby do procesu poznávání byli studenti zapojeni aktivně a při zkoumání museli zapojit „svoji hlavu i ruce“. Takové znalosti i zkušenosti jsou mnohem trvalejší a hlubší než fakta sdělená někým jiným. Kromě propracovaného odborného programu (tedy programu, při kterém se studenti věnují matematice a fyzice) má naše soustředění i bohatý mimoodborný program, v jehož rámci účastníci prožijí „příběh“ v rámci celotáborové hry, odpočinou hlavě a protáhnou tělo, ale mohou se zároveň dozvědět mnoho o sobě i o druhých. Mimoodborný program se letos nesl v duchu kolonizace Nového světa.

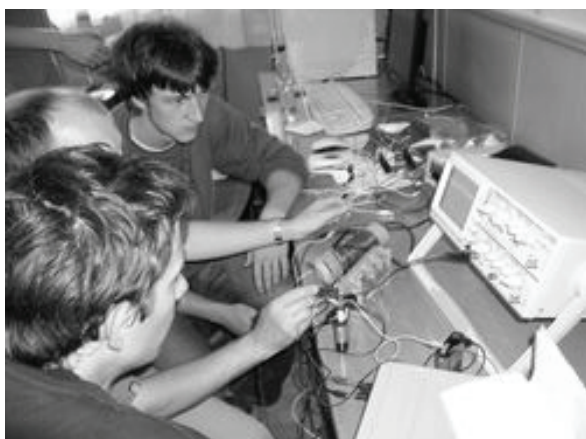
Typický den (podrobněji viz [1]) na soustředění začíná „hodinou“ matematiky následovanou „hodinou“ fyziky. Každý účastník si může ze tří různých úrovní obou kurzů vybrat tu, která mu nejvíce vyhovuje jak náročností, tak svým zaměřením. Nejedná se o tradiční přednášky. Výklad je doplněn mnoha praktickými příklady, experimenty i zajímavostmi. Podle zvolené úrovně si tak část účastníků prohloubí vědomosti získané na střední škole a část účastníků se seznámí s partii, které se probírají až na škole vysoké.



Souvislé kurzy a další povídání vedoucích soustředění nepravidelně doplňují přednášky zvaných lektorů – pozvaných odborníků, kteří na soustředění přijeli jen na pár dní popovídat o zajímavých věcech ze svého oboru. V letošním roce naše soustředění

navštívil doc. Ctirad Matyska (Katedra geofyziky MFF UK Praha), Mgr. Lukáš Židek (Národní centrum pro biomolekulární výzkum MU Brno) a doc. Jiří Podolský (Ústav teoretické fyziky MFF UK Praha). Díky ochotě těchto lidí se účastníci letos mohli dozvědět mnoho nového o geofyzice, nukleární magnetické rezonanci, gravitačních vlnách a dalším.

Přednášky a kurzy zaplní ale jen asi polovinu veškerého času určeného na odborný program. Základ odborného programu tvoří samostatně řešené projekty. Na začátku soustředění se účastníci dle svého zájmu rozdělí do malých skupinek a každá z nich si vybere téma projektu z připravené nabídky nebo si společně se zvoleným konzultantem zformulují téma jiné. Konzultant z řad vedoucích pomáhá studentům po celou dobu tábora a v případě potřeby usměrňuje jejich snažení.



Uprostřed soustředění se koná tzv. předobhajoba projektu před komisí, v rámci které každá skupina krátce shrne své dosavadní výsledky a očekávaný postup dalších prací. Vyvrcholením celého odborného programu je závěrečná konference, na které každý tým prezentuje výsledky své práce před ostatními účastníky a obhajuje je před odbornou komisí. Práce na projektech tak představuje jakousi miniaturizovanou variantu vědecké práce.



Právě projektová forma práce, která dokázala naplnit cíl aktivně zapojit všechny účastníky, je velmi náročná na organizaci. Proto je naše soustředění velmi specifické velkým množstvím vedoucích, kteří mu dobrovolně věnují čas nejen o prázdninách, ale

těž v rámci příprav v průběhu celého roku. Na soustředění je také nutné přivést dostatečné množství nářadí a materiálu, měřicí přístroje, počítače a prezentační techniku.

Ústředním tématem letošního soustředění byla **Rezonance** (a s ní související kmitání a vlnění). Studenti mimo jiné zkoumali fyzické kyvadlo, elektromagnetické vlnění v mikrovlnné troubě, Dopplerův jev na rotujícím kotouči, pozorovali Lissajousovy obrazce vytvořené sypaním krupice ze speciálně upraveného kyvadla i „rozmítačkou laserového paprsku“ ze dvou reproduktorů, syntetizovali a analyzovali tóny hudebních nástrojů, stavěli mechanické ladičky, rádiový vysílač, hlukoměr, zkoumali absorpci zvuku v materiálu, vlastnosti „hrajících skleniček“ a lahví, a mnoho dalšího.

*Následující odstavce představují zkrácené verze studentských dokumentací dvou z těchto projektů. Kromě drobných stylistických zásahů a zkrácení jsou zde otištěny tak, jak je studenti na táboře vytvořili.*

## **Panova ladička**

*autoři: Vít Zajac, Jakub Lumík Klener, konzultant: Mirek Jilek*

### **Princip Panovy ladičky**

Jedná se o válcovou trubici, v níž je umístěn posuvný píst. Je-li v okolí trubice zvuk, vstupuje do ní a vytváří stojaté vlnění s uzlem na pístu. V okamžiku, kdy je délka trubice plus průměrová korekce (+0,6 průměru trubice) rovna lichému násobku čtvrtiny vlnové délky vstupujícího zvuku, je možno zaznamenat vně trubice maximální zesílení zvuku, neboť u otvoru se vytvořila kmitna. Pokud je tato délka rovna sudému násobku čtvrtiny, dojde naopak k zeslabení zvuku.

### **Sestrojení Panovy ladičky**

Jako trubici jsme použili PVC trubku o průměru 60 mm a jako píst převrácenou polovinu tenisového míčku. Ten jsme vrutem připevnili na konec tyče. Při posouvání pístu směrem ven se půltenisák příliš deformoval u stěny, proto jsme na tyč přidali dva kartónové středící kroužky. K přesnému snímání zesílení zvuku byla ladička vybavena mikrofonem, který byl umístěn pomocí drátěné spony v ústí trubice. Signál z mikrofonu byl zobrazen na osciloskopu a analyzován.

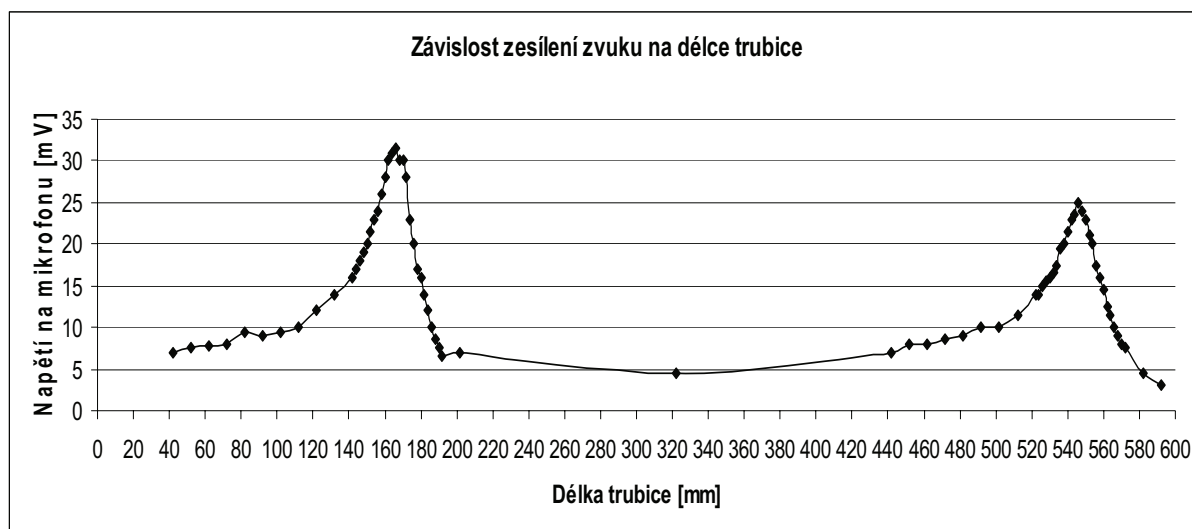
### **Experimenty s Panovou ladičkou**

Nejsnazší ověření principu Panovy flétny bylo prováděno lidským hlasem. U ústí trubice s fixovanou polohou pístu experimentátor zpíval plynule se měnící tón. Podle předpokladu došlo právě při určité výšce tónu k zesílení zvuku. Nebo naopak zpěvák zpíval jeden tón a experimentátor posouval píst, dokud nedošlo k zesílení zvuku.

Jako zdroj zvuku jsme vyzkoušeli kromě lidského hlasu také sopránovou zobcovou flétnu. Nestálost fáze ale neumožňovala přesné odečtení hodnot z osciloskopu, proto jsme začali používat tónový generátor (frekvence 440-460Hz) s připojeným reproduktorem.

Jako první jsme ladičku okalibrovali podle temperovaného ladění. Tak jsme byli schopni stanovovat s jistou tolerancí jaký tón je v ladičce zesilován.

Dále jsme se rozhodli proměřit rezonanční křivky, tedy závislost zesílení zvuku (o konstantní frekvenci) na délce trubice při použití pístů z různých materiálů. Protože u pultenisáku jsme váhali, odkud měřit délku trubice, použili jsme pro tato měření rovné písty. Proměřili jsme zesílení při použití pístu vystříženého z plechu (zesílení nebylo příliš zřetelné) a pístu vytvarovaného z 2 cm silného polystyrenu, který velmi dobře těsnil. Tak bylo možné proměřit rezonanční křivku na téměř celém rozsahu délky válce (viz následující graf).



## Dopplerův jev

autoři: František Frühbauer, Martin Feigl, konzultant: Zdeněk Polák

### Prolog

Pokud se zdroj a přijímač akustického či elektromagnetického vlnění pohybují vůči sobě navzájem, tak se frekvence zachycená od frekvence vyslané liší. Tento jev objevil Christian Doppler. V našem projektu se zabýváme tzv. podélným Dopplerovým jevem.

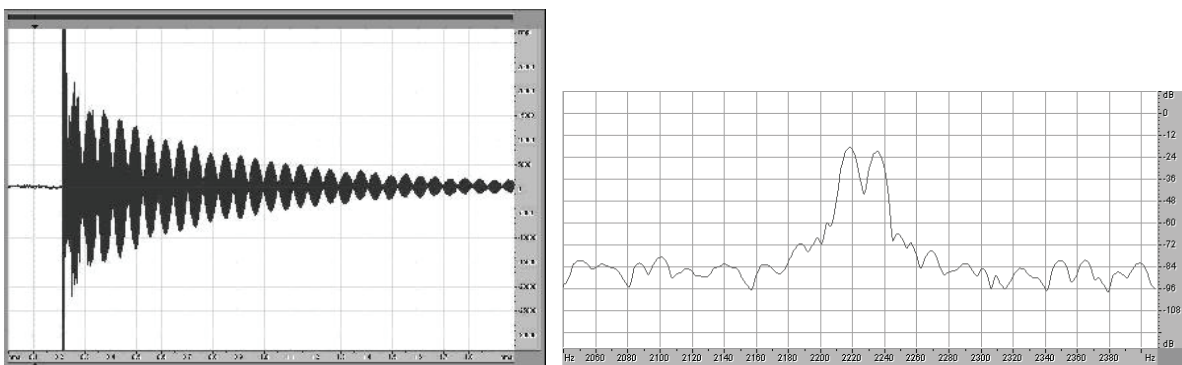
### Popis experimentu

Při našem pokusu jsme použili setrvačnick (hliníkový disk rotující kolem své osy) poháněný motorkem přibližně konstantní úhlovou rychlostí. Setrvačnick jsme roztáčeli různými rychlostmi, udeřili do něj kladivem a mikrofonem zaznamenávali vznikající rázy. Záznam jsme poté zkoumali v programu Adobe Audition™. Pro měření otáček jsme použili fotodiodu.

### Vysvětlení pokusu a měření

Rázy vznikají skládáním vln sobě blízkých frekvencí – kmity se zesilují ve stejné fázi a ruší se ve fázi opačné. Setrvačnick chvějící se po úderu kladiva představuje zdroj zvuku. Při otáčení setrvačnicku mají jeho různé části vůči mikrofonu v klidu různé

rychlosti. V důsledku Dopplerova jevu pak na mikrofon dopadají vlny o frekvencích nižších i vyšších než je frekvence chvění setrvačnicku. Nejzřetelnější změna od místa úderu byla na druhé straně setrvačnicku přes průměr.



Záznam intenzity zvuku vydávaného rotujícím kotoučem a frekvenční spektrum v okolí maxima intenzity zvuku

Rychlost kotouče jsme určovali třemi metodami – z analýzy rázů, z frekvenčního spektra a pomocí fotodiody a osciloskopu. Všechny tři metody dávaly přibližně stejné výsledky.

### Závěr, co ještě bychom mohli udělat

Původně jsme plánovali ještě jeden druh pokusu – přijímač položíme, a zdrojem zvuku točíme na šňůře a naopak. To nám ovšem z časových důvodů nevyšlo.

### Závěrem

Vzhledem k přátelské a tvůrčí atmosféře, která panuje na našich soustředěních, se nám ani nechce příliš věřit, že mezi studenty klesá zájem o přírodovědné předměty nebo že jsou pravdivé některé stesky učitelů, že jsou studenti líní přemýšlet. Uvědomujeme si, že nám na soustředění jezdí „vybraní“ studenti, kteří mají zájem, ale na druhou stranu, ani vedoucí tábora na tuto „motivovanost“ účastníků příliš nespolehají a snaží se, aby program byl pro ně opravdu zajímavý a hodnotný. Za to jim všem patří velký dík.



Podrobnější informace o našem soustředění naleznete na webových stránkách: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor>. Pokud máte např. ve třídě šikovného studenta, který přemýšlí nad světem kolem nás, řekněte mu o našem táboře, aby i on mohl zažít 14 prázdninových dní naplněných zkoumáním i legrací.

## **Literatura**

- [1] Dvořák L. (2005): *Vlastníma rukama a hlavou: fyzikální tábory, soustředění a projekty na nich*, In Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání, elektronický sborník, editoři: Dvořák L., Broklová Z., Prométheus, Praha