

PÁR VĚCÍ (NEJEN) Z TÁBORA 7

SIMPLE EXPERIMENTS (NOT ONLY) FROM STUDENT'S SUMMER CAMP 7

Peter Žilavý¹, Jan Koupil²

Abstract

The summer camp for secondary school students organized by Charles University is a great source of new ideas for physical experiments. This paper describes the realization of two of these ideas – a slit manipulated by a piezoelectric transducer and the micro-motion of a CD-ROM's reading head.

Úvod

Letní odborné soustředění pro mladé matematiky a fyziky pořádané Katedrou didaktiky fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě UK má již více než desetiletou tradici. V letošním roce se konalo v termínu 2. – 16. července v Nekoři v Orlických horách.

Program tohoto soustředění je stavěn tak, aby účastníci získávali nové poznatky a dovednosti především vlastním přičiněním a ne pouze tak, že jsou jim sděleny někým jiným. Dopoledne a část odpoledne bylo obvykle věnováno matematice a fyzice. Typický den začínal „hodinou“ matematiky následovanou „hodinou“ fyziky. Nešlo ale o nějaké standardní vyučování. Každý účastník si mohl ze tří různých úrovní obou kurzů vybrat tu, která mu nejvíce vyhovovala jak náročností, tak svým obsahem. Výklad byl doplněn mnoha praktickými příklady, experimenty i zajímavostmi týkajícími se právě probíraného tématu. Podle zvolené úrovně si někteří účastníci prohloubili či utřídili vědomosti získané na střední škole nebo se naučili základy témat, která se probírají až na škole vysoké.

Kromě těchto dvou souvislých kurzů se navíc nepravidelně konaly přednášky lektorů – pozvaných odborníků, kteří na soustředění přijeli jen na pár dní popovídat o zajímavých věcech ze svého oboru. Díky ochotě těchto lidí jsme mohli vyslechnout přednášky o kvantové kryptografii, přehledovou přednášku o elementárních částicích a mnoho dalších.

Přednášky a kurzy zaplnily jen asi polovinu veškerého času určeného na odborný program. Již několik let tvoří základ odborného programu samostatně řešené projekty. Tyto projekty navazují na ústřední téma soustředění, kterým letos bylo: „**Stanu se menším a ještě menším, až budu nejmenší na celém světě.**“ Práce na projektech představuje jakousi miniaturizovanou variantu vědecké práce. Na začátku soustředění se účastníci dle svého zájmu rozdělili do malých skupinek (maximálně tříčlenných) a pod vedením vedoucího - konzultanta se každá skupina věnovala tématu zvolenému z předložené nabídky či dle vlastního návrhu. Uprostřed soustředění každá skupina v rámci předobhajoby krátce shrnula své dosavadní výsledky a očekávaný postup prací před odbornou komisí složenou z vedoucích projektů a lektorů. Vyvrcholením celého odborného programu byla závěrečná

¹ Peter Žilavý, RNDr., Ph.D., Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra didaktiky fyziky, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2, E-mail: Peter.Zilavy@mff.cuni.cz

² Jan Koupil, Mgr., Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra didaktiky fyziky, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2, E-mail: Jan.Koupil@mff.cuni.cz

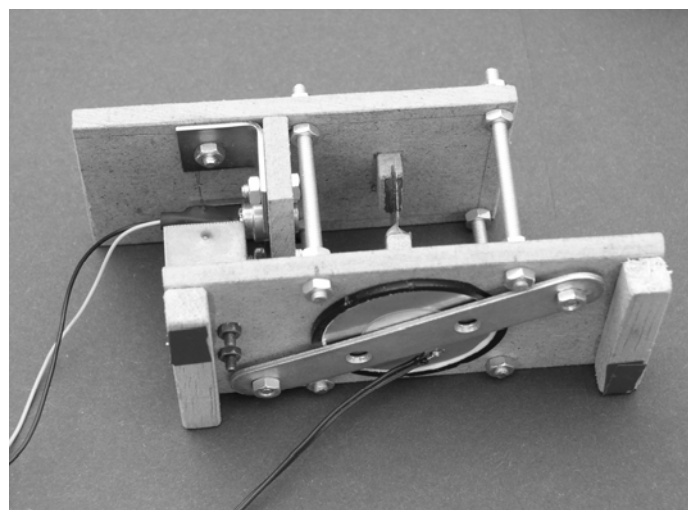
konference, na které každý tým prezentoval výsledky své práce před ostatními účastníky a obhájoval je před odbornou komisí.

Projekty jsou velmi náročné na organizaci. Na soustředění je nutné přivést nejen dostatečné množství nářadí a materiálu pro všechny skupiny, ale i měřicí přístroje, počítače a prezentační techniku. Kromě materiálového zabezpečení jsou kladeny také velké nároky na konzultanty projektů, kteří musí být připraveni sledovat směr bádání určovaný účastníky. Na druhou stranu věříme, že tento způsob práce je pro účastníky (i vedoucí) nejen mnohem přínosnější, ale i zábavnější. Následující odstavec představuje dva z těchto projektů.

Projekty

Piezoelektricky ovládaná štěrbinová (D. Tekverk, M. Pokorný, konzultant: P. Žilavý):

Původním cílem tohoto projektu bylo prozkoumat vlastnosti běžně dostupných piezoelektrických měničů používaných například v hračkách nebo hodinkách a navrhnout jejich použití v jednoduchých fyzikálních experimentech. Použití těchto měničů jako zdrojů zvuku ve



Obr. 1 Piezoelektricky ovládaná štěrbinová

školních fyzikálních experimentech popisuje např. článek [1]. Náš projekt je zaměřen na jejich použití při realizaci mikroskopického pohybu (posuvu).

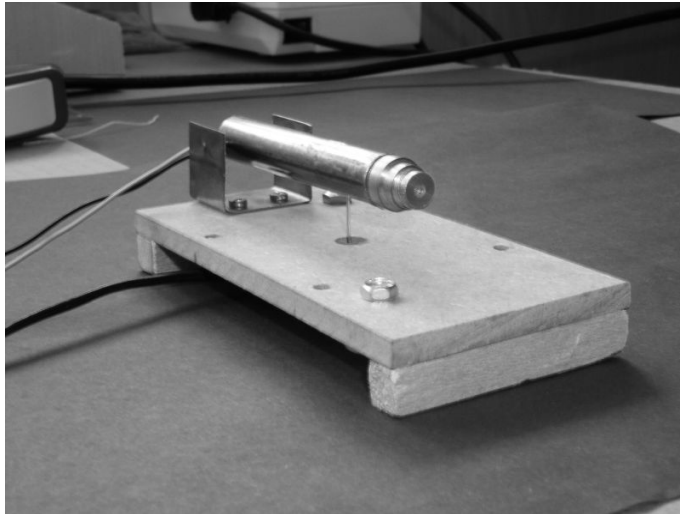
Pro tento projekt byl konkrétně vybrán měnič o průměru 45mm (z nabídky GM Electronic), který je již pružně osazen v plastovém držáku (viz obr.1). Základ měniče tvoří kruhová plechová destička, na které je přilepen piezoelektrický materiál s napařenou druhou elektrodou. Po připojení stejnosměrného napětí mezi tuto elektrodu a plechovou destičku dojde k vychýlení středu destičky. Tato

výchylka je přitom úměrná připojenému napětí. Měnič využívá tzv. obrácený piezoelektrický jev, při kterém dochází po přiložení napětí mezi protější strany krystalů některých materiálů ke změně jejich podélného nebo příčného rozměru.

Úkolem první části projektu bylo zviditelnění této výchylky a proměření její závislosti na připojeném napětí. K plechové destičce měniče byl uprostřed připájen tenký tuhý drátek a takto připravený měnič byl pomocí kovového pásku uchycen k základové desce konstrukce tak, jako to ukazuje obr.1. O druhý konec drátku se opírala kovová trubička (v místě dotyku opatřena prohlubní – viz obr.2) s nasazeným laserovým modulem (lze použít například díl laserového ukazovátka). Trubička byla otočně uchycena k základové desce pomocí jehlových ložisek. Toto uchycení je tvořeno pružným plechem ohnutým do tvaru U a kovovou tyčkou (těsně procházející trubičkou) s ostrými hroty na koncích. Tyto hroty se opírají do důlkem vytvořených prohlubní v pružném plechu.

Samotné měření výchylky spočívalo v pozorování posuvu světelné stopy laserového paprsku na stěně vzdálené přibližně 23 metrů od osy otáčení trubičky v závislosti na velikosti a polaritě napětí přivedeného na měnič. Bylo použito napětí z regulovatelného zdroje v rozsahu $\pm 30V$. Pomocí jednoduchého výpočtu (z podobnosti trojúhelníků) bylo zjištěno, že při použití napětí pouze jedné polaritě je výchylka středu destičky přímo úměrná tomuto napětí s koeficientem $(0.79 \pm 0.08) \mu m/V$ (změna napětí o 1V způsobí posunutí středu destičky

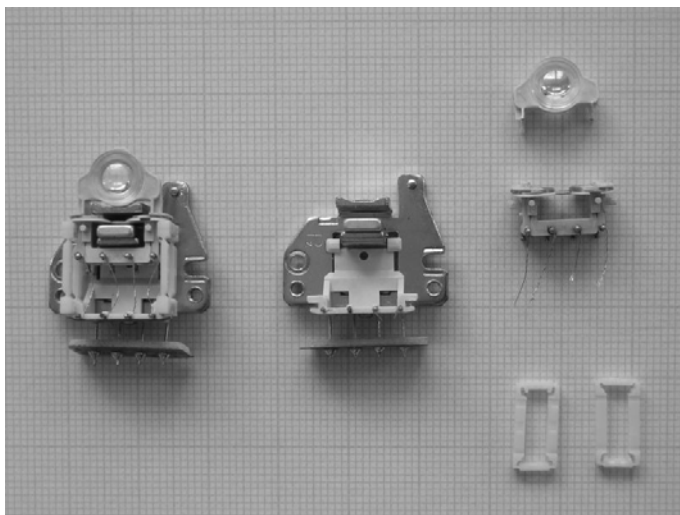
měníče přibližně o $0.79\mu\text{m}$). Hodnotě 0V na měniči přitom reprodukovatelně odpovídala stejná poloha stopy. Po změně polaritě napětí a jeho následném zmenšování do nuly se však světelná stopa vrátila do jiné nulové polohy. Měníč má tedy jakousi hysterezi – existují dvě nulové polohy - pro každou polaritu připojeného napětí. Měníč se v obvodu stejnosměrného proudu chová jako kondenzátor, po odpojení od zdroje zůstává nabitý a střed destičky je vychýlený z nulové polohy. Po zkratování vývodů (vybití měniče) se střed vrátí zpět.



Obr. 2 Měření výchylky středu piezoměniče

je pak možno elegantně využít v experimentech z vlnové optiky – například ke studiu parametrů interferenčního obrazce při ohybu laserového paprsku na štěrbině.

Pro tento ohybový experiment jsme původní konstrukci z obr.2 doplnili o držák laserového modulu a pevné části štěrbiny (polovina žiletky) a na drátek připájený k piezoměniči jsme nasunuli dřevěný kvádřík s nalepenou druhou částí štěrbiny tak, jak to ukazuje obr.1. Držák je uchycen k základové desce pomocí čtyř závitových tyček, které současně umožňují prvotní nastavení štěrbiny. Po tomto nastavení se její rozměr mění pouze



Obr. 3 Díly čtecí hlavičky mechaniky CD ROM

připraveného napětí. Při použití běžného regulovatelného zdroje napětí 0V až 30V umožňuje uvedená (změřená) mechanická citlivost měniče $0.79\mu\text{m/V}$ realizaci jednoduchého mikroposuvu pracujícího v rozsahu délek odpovídajících vlnové délce viditelného světla. Takový mikroposuv

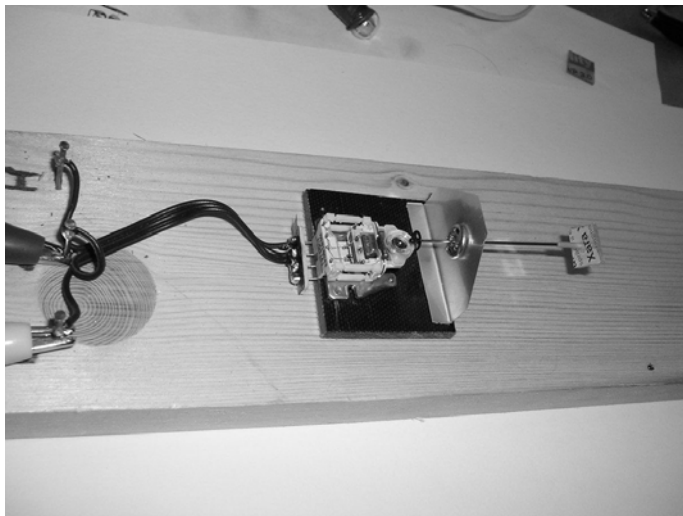
napětím přivedeným na měnič. Stínítko (papír) jsme umístili přibližně 25 cm od štěrbiny. Pozorování ukázala (dle očekávání), že rozestupy interferenčních maxim se zvětšují se zmenšujícím se rozměrem štěrbiny.

Uvedená konstrukce piezoelektricky ovládané štěrbiny nalezne také uplatnění (podobně jako tomu bylo i u dříve publikovaného modelu elektroměru [2]) ve fyzikální praktikě. Kalibrovaná jednoduše nastavitelná štěrbinová soustava umožňuje ověření vztahu pro šířku hlavního (nultého) interferenčního maxima, který se odvozuje v základním kursech fyziky na vysoké škole.

Mikroposuv z vyřazené mechaniky CD ROM (Josef Zajac, konzultant: Z. Polák)

Alternativní způsob realizace mikroposuvu představuje využití části čtecí hlavičky z vyřazené počítačové mechaniky CD ROM (viz obr. 3). Tato soustava pevného permanentního magnetu a pružně uchycených vertikálních a horizontálních cívek mechanicky pevně spojených s malou čočkou slouží v mechanice CD ROM k zaostření laserového

paprsku na CD disk a (pomocí elektronické zpětné vazby) ke stranovému vedení laserového paprsku ve stopě disku. Pomocí vhodných proudů vertikálními cívkami a horizontální cívkou lze tedy nezávisle pohybovat čočkou (nebo něčím dalším, co je s čočkou mechanicky



Obr. 4 Mikroposuv ze čtecí hlavičky CD ROM

spojeno) ve dvou navzájem kolmých směrech. Měřením pod mikroskopem bylo zjištěno, že závislost výchylky čočky na proudu cívkou je v obou směrech přibližně lineární. Ve svislém směru odpovídá změně proudu 1mA změna výchylky přibližně $50\mu\text{m}$, celkový rozsah posuvu je $\pm 500\mu\text{m}$. Ve vodorovném směru odpovídá změně proudu 1mA změna výchylky přibližně $25\mu\text{m}$, celkový rozsah posuvu je $\pm 250\mu\text{m}$. Rozsah tohoto mikroposuvu tedy řádově navazuje na rozsah mikroposuvu s piezoelektrickým měničem, lze jej však mechanicky zatížit podstatně méně.

Mikroposuv byl doplněn o páku s nalepeným malým zrcátkem (viz obr.4). Zrcátko bylo osvětleno laserovým ukazovátkem a stopa odraženého paprsku promítnuta na stěnu místnosti. Po připojení vhodných harmonických signálů z generátoru nízkých frekvencí (kvůli setrvačnosti páky maximálně do 20Hz) k cívkám mikroposuvu jsme pak mohli pozorovat na stěně Lissajousovy obrazce.

Mezi další projekty realizované na letním soustředění v Nekoři patřily: Přesné měření délek (konstrukce mikrometru a hloubkoměru s laserovým ukazatelem), Deformace Becherovy láhve (měření deformace Becherovy láhve při definovaných podmínkách), Nanoproudy (ionizace vzduchu, měření vodivosti různých materiálů), Radioaktivita (přírozené pozadí, smolinec, pokusy se školní rentgenkou), Mikroskop (jednoduchá konstrukce mikroskopu ze dvou čoček), 3D Scanner (vytvoření počítačového obrazu trojrozměrného tělesa pomocí laserového paprsku) atd.

Literatura

1. LEPIL, O. Pokusy s piezoměničem, *Veletrh nápadů učitelů fyziky 1 – sborník z konference*, UK Praha, 1996
2. ŽILAVÝ, P., TEKVERK, D. Fyzikální experimenty nejen z letního tábora, *Veletrh nápadů učitelů fyziky 8 – sborník z konference*, JČU České Budějovice, 2003