

Tři nové experimenty

MGR. VÁCLAV PISKAČ

Gymnázium tř.Kpt.Jaroše, Brno, vaclav.piskac@seznam.cz

Anotace: příspěvek se zabývá třemi demonstračními experimenty na pomezí elektřiny a akustiky. Popisuje demonstraci zatížení vodiče elektrickým proudem za použití žárovkového reostatu, elektrický monochord a na závěr Farad-Seebeckovu sirénu pro demonstrační účely.

Zátěž vodiče elektrickým proudem

Podstatnou součástí experimentu je žárovkový reostat. Jedná se o pětici automobilových žárovek 12V/21W, které jsou zapojeny paralelně. Při připojení na 12V zdroj každou z nich v ideálním případě protéká proud cca 2A. Zapojováním a vypojočováním žárovek tak lze měnit proud v obvodu od nuly až po 10 A (alespoň teoreticky). Nutností je použití dostatečně výkonného zdroje se stabilizovaným napětím.

Žárovkový reostat je upevněn do stativu a ke zdroji je připojen dvojicí vodičů. Jedním z nich je silný měděný drát s téměř nulovým odporem, druhý z vodičů lze měnit. Experiment probíhá vždy tak, že jsou na počátku všechny žárovky uvolněny a sledujeme, co se děje s přívodním vodičem během zvyšování zátěže (= postupné připojování žárovek).

Při použití silného měděného vodiče svítí všechny žárovky plným svitem, vodiče se nezahřívají. Při použití tenkého měděného vodiče se vodič rozžhaví, ale žárovky svítí všechny plným jasnem. Zajímavé efekty nastanou při použití ocelových drátů. U silného ocelového drátu první žárovka svítí plným jasnem, po připojení druhé svit poklesne, postupně klesá i po připojení dalších žárovek, drát se výrazně zahřívá.

Tenký ocelový drát zajistí svit jedné žárovky, ale už připojení druhé způsobí prudký pokles svitu až téměř na nulu, drát se ale nijak výrazně nezahřívá.

| | počet zapojených žárovek | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|
| tlustý Cu drát | napětí na žárovkách / V | 11,1 | 11,0 | 10,9 | 10,4 | 10,1 |
| | proud v obvodu / A | 1,7 | 3,4 | 5,0 | 6,6 | 8,1 |
| tenký Cu drát | napětí na žárovkách / V | 11,3 | 11,0 | 10,6 | 10,3 | 10,0 |
| | proud v obvodu / A | 1,7 | 3,4 | 5,0 | 6,6 | 8,1 |
| velmi tenký Cu drát | napětí na žárovkách / V | 11,0 | 10,3 | 9,1 | 7,3 | 5,8 |
| | proud v obvodu / A | 1,7 | 3,3 | 4,6 | 5,4 | 6,1 |
| silný Fe drát | napětí na žárovkách / V | 9,8 | 8,4 | 7,2 | 5,9 | 4,8 |
| | proud v obvodu / A | 1,6 | 2,9 | 4,0 | 4,9 | 5,5 |
| tenký Fe drát | napětí na žárovkách / V | 8,4 | 3,6 | 1,7 | 0,9 | 0,4 |
| | proud v obvodu / A | 1,5 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,1 |

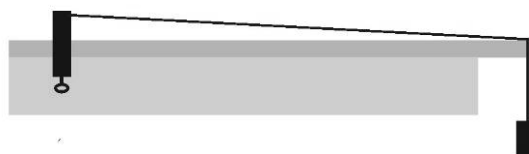
Experiment by měl žákům demonstrovat dva podstatné jevy - při velkém odběru proudu může dojít k nebezpečnému ohřevu vodičů (což lze omezit použitím silných drátů vyrobených z dobře vodivého materiálu) a k výraznému poklesu napětí na spotřebiči.

Tento experiment je variantou vystoupení Luciena McLellena na festivalu Physics on Stage v roce 2003 v nizozemském Noordwijku.

Elektrický monochord

Pro výuku akustiky se běžně využívá monochord - struna napnutá na dřevěné rezonanční krabici (v případě nouze je nahraditelná akustickou kytarou). Pro výrobu elektrického monochordu je zapotřebí kytarová struna (namísto ní můžete použít libovolnou tenkou ocelovou strunu), malý svěrák, závaží, provázek, stůl a podložku pod strunu. Dále malá cívka s ocelovým jádrem (např. 12000 závitů ze starého telefonu), malý neodymový magnet a zesilovač (např. počítačové "bedničky"). Vývody z cívky jsou zakončeny standartním 3,5 mm jackem pro připojení do zesilovače.

Svěráček uchytneme cca 80 cm od rohu stolu. Kytarová struna má jeden konec holý a na druhém má uchycené kovové očko. Holý konec uchytneme do svěráku a do kovového oka provázkem přivážeme kilogramové závaží. Konec se závažím volně pověsíme přes okraj stolu. Celek je schematicky zakreslen na obrázku.



Brkneme na strunu - její zvuk je velmi slabý. Na konec ocelového jádra cívečky umístíme magnet a výstup cívečky zapojíme do zesilovače. Opět brkneme na strunu a přiblížíme cívečku ke struně tak, aby konec jádra s magnetem byl cca 5 mm od struny. Ze zesilovače se ozve čistý kytarový tón.

Sestava funguje na stejném principu jako běžná elektrická kytara - magnet na konci jádra cívky zmagnetuje ocelovou strunu a ta díky přiblížování a vzdalování se od cívky indukuje v cívce elektrický proud úměrný změně polohy struny.

Během pokusu lze měnit zatížení konce struny a demonstrovat závislost výšky tónu na napětí ve struně, případně lze strunu navíc napínat rukou. Pokud cívku zapojíme do mikrofonního vstupu počítače a použijeme vhodný software, lze demonstrovat frekvenční analýzu tónu kytary. Když posouváme cívku podél struny, mění se zastoupení vyšších harmonických tónů - např. cívka snímající kmity středu struny není schopna detekovat sudé módy, které zde mají uzel.

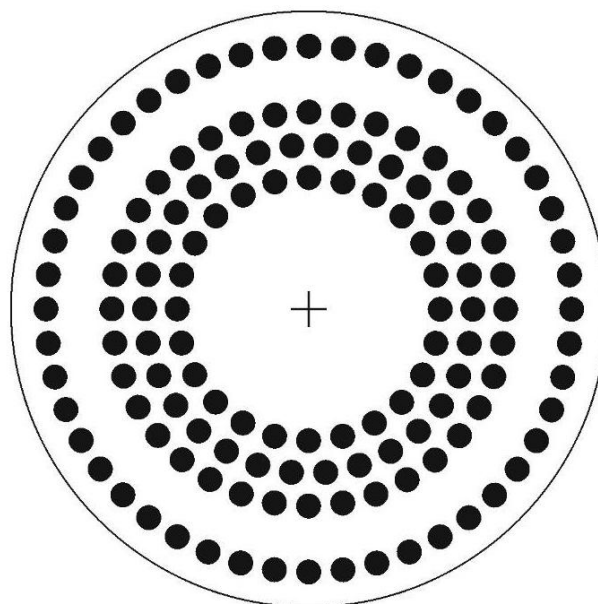
Profesionální kytary mívají více sad snímacích cívek, každá sada detekuje jiné vyšší módy - kytara přepínáním mezi sadami cívek mění barvu svého zvuku. Proud z cívek jde většinou přes modulátory, které elektronicky mění barvu tónu, doplňují ozvěnu a jiné efekty.



Strunu můžeme podepřít kusem kovového L-profilu, který mění délku kmitající struny - jeho posouváním lze demonstrovat závislost výšky tónu na délce struny - viz obrázek. Podobným kusem profilu si můžeme podložit strunu v místě hrany stolu, pokud se obáváme jeho poškození.

Farad - Seebeckova siréna

Klasická Seebeckova siréna je disk se soustavou otvorů - viz obrázek. Disk na obrázku má 4 soustředné prstence otvorů - 24, 30, 36 a 48 otvorů. Disk se roztočí a hadičkou se fouká na otvory - ozývají se tóny tvořící durový akord (např. C-E-G-C). Když se změní otáčky disku, ozvou se tóny jiné výšky, ale stále tvoří harmonický akord. Je to díky tomu, že počty otvorů jsou v poměrech 1: 5/4 : 3/2 : 2. To odpovídá poměrům frekvencí tónů durového akordu (prima – tercie – kvinta – oktáva). Tento pokus názorně demonstrovuje to, že dva tóny vnímáme jako harmonický souzvuk, pokud jsou jejich frekvence v určitých poměrech.



Jediným nedostatkem této sirény je tichý tón nevhodný pro běžnou demonstraci. Tuto její nevýhodu jsem se pokusil odstranit změnou vzniku tónu. V plastovém disku jsem vyvrtal otvory jako v Seebeckově siréně, ale vlepil jsem do nich malé keramické magnety tak, aby se jejich póly střídaly. K roztočení disku používám elektromotor, který je schopen zajistit stabilní otáčky, které reguluji pomocí změn napětí zdroje. Tato Farad-Seebeckova siréna vytváří tóny pomocí malé cívky ze starého telefonu (12000 závitů, ocelové jádro), která je připojena přímo na mikrofonní vstup počítače nebo jiné zesilovací soupravy. Cívku držím v ruce a přibližuji ji k rotujícímu disku - vznikají velmi dobře slyšitelné tóny. Tento pokus lze bez potíží použít i ve třídě, ve které zatím elektromagnetická indukce nebyla probírána.