

Mikrovlny

K. Jára, Jiráskovo gymnázium Náchod, jara.karel@gmail.com

B. Máková, Gymnázium Ivana Olbrachta, Semily,
makovab@seznam.cz

Abstrakt:

Fyzikální podstata mikrovln i viditelného světla je stejná, a proto jsou jejich vlastnosti v mnoha směrech podobné. Pomocí Gunnova oscilátoru jsme se pokusili některé z těchto vlastností ověřit.

1 Úvod

Mikrovlny jsou elektromagnetickým vlněním o frekvenci mezi 300 MHz a 300GHz, což odpovídá vlnové délce 1 mm až 1 m. Využívají se v mnoha odvětvích lidské činnosti; k přenosu informací, ohřevu potravin, sušení materiálů apod.

2 Ověření vlastností mikrovln

Pro všechny experimenty jsme jako zdroj mikrovlnného záření použili Gunnův oscilátor, který vytváří vertikálně polarizované vlnění o frekvenci 9,4 GHz. Pro zaznamenávání intenzity vlnění jsme použili mikrovlnnou sondu.

Polarizace

Ověřili jsme platnost Malusova zákona pomocí mikrovlnné polarizační mřížky. Tu jsme umístili mezi zdroj a sondu a sledovali závislost intenzity prošlého vlnění na úhlu θ mezi směrem polarizace a mřížky.

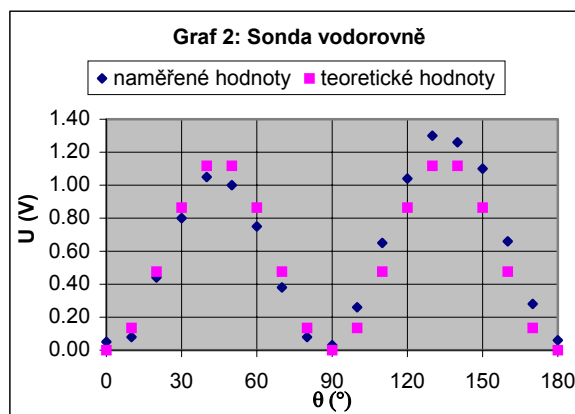
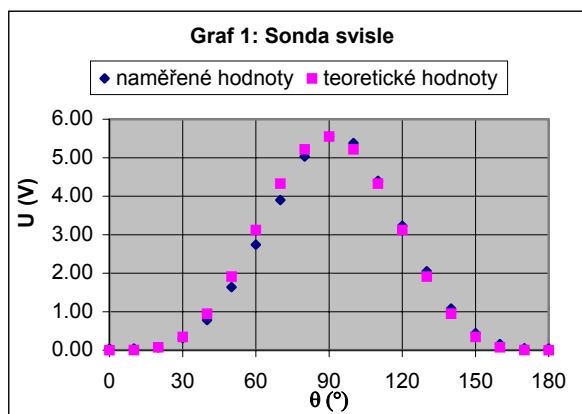
Nejprve jsme sondu umístili svisle, kde platí zákon v následující úpravě:

$$I = I_0 \sin^4 \theta \quad 1)$$

Poté vodorovně:

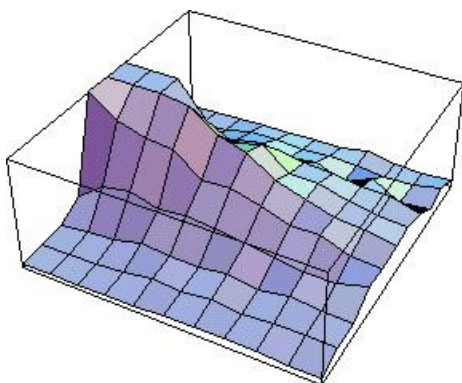
$$I = 4I_0 (\sin \theta \cos \theta)^2 \quad 2)$$

Výsledné porovnání námi naměřených a teoretických hodnot je zobrazeno na grafech 1 a 2.

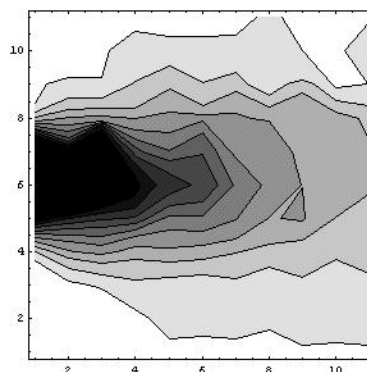


Rozložení intenzity elektromagnetického pole

Okolo zdroje vzniká elektromagnetické pole, které má různou intenzitu v závislosti na vzdálenosti od zdroje. Proměřili jsme napětí na sondě v jednotlivých bodech souřadné soustavy a tyto hodnoty jsme zpracovali v programu Mathematica a vygenerovali grafy, které ukazují rozložení intenzity pole (grafy 3 a 4).



Graf 3: Rozložení pole 3D



Graf 4: Rozložení pole 2D

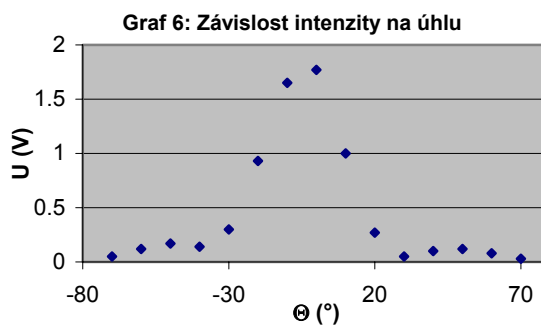
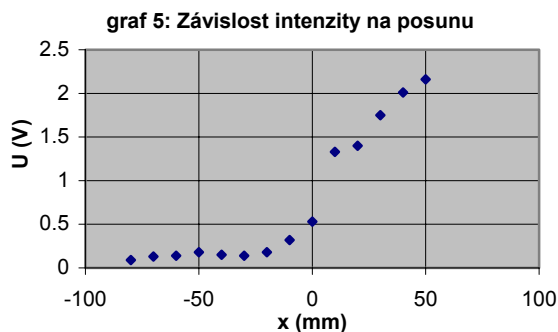
Kvazioptické chování

Pokud vlnění dopadá na hranu, jejíž velikost je srovnatelná s vlnovou délkou tohoto vlnění, dochází k ohybu a vlnění se tak dostává i tam, kam by podle přímočarého šíření paprsku nemohlo dosáhnout. To se označuje jako difrakce na hraně.

Ověřili jsme ji umístěním hrany mezi sondu a zdroj a získávali jsme hodnoty napětí při posunu sondy rovnoběžně s překážkou. Výsledky jsme zpracovali do grafu. Záporné hodnoty posunu x jsou za překážku a kladné tam kde se vlnění může šířit přímočaře (viz graf 5).

Z grafu vidíme, že i za překážkou má intenzita vlnění nenulovou hodnotu, což je způsobeno právě ohybem vln.

Dalším pokusem pro ověření vlnových vlastností mikrovln je difrakce na štěrbině. K té dochází opět pokud je velikost štěrbiny srovnatelná s vlnovou délkou. Tento pokus jsme provedli podobným způsobem jako difrakci na hraně; tentokrát jsme ale sondu posouvali po půlkružnici, jejíž střed byl ve středu štěrbinu, a sestrojili jsme graf závislosti napětí na úhlu naměřeném na této půlkružnici. Měřili jsme dvakrát, jednou se štěrbinou o velikosti 40 mm, podruhé 60mm (viz graf 6 pro 60mm štěrbinu).



Další úlohou na ohyb paprsků je zákon lomu. Paprsek dopadající na rozhraní dvou prostředí s různými indexy lomu se dělí na lomený a odražený paprsek. Nás zajímal právě lomený paprsek, kde platí následující vztah mezi úhlem dopadu (α) a úhlem lomu (β):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad 3)$$

Jako rozhraní prostředí jsme použili půlválec naplněný cukrem natočený oblou stranou ke zdroji. Ten jsme otáčeli tak, aby se měnil úhel dopadu na rozhraní, tedy rovnou stranu půlválce. Na půlkružnici představující zbytek půlválce jsme pak měřili úhel, při kterém bylo napětí nejvyšší. Zjistili jsme, že při úhlu větším než 45° dochází k úplnému odrazu. Spočítali jsme také index lomu cukru pro mikrovlny.

$$n = 1,76$$

Šíření vlnění

Z pokusu o rozložení intenzity elektromagnetického pole vyplývá, že intenzita se vzdáleností poměrně rychle klesá. Proto jsou potřeba jiné způsoby vedení mikrovln. Jedním z nich je Lecherovo vedení, které funguje na principu dvou rovnoběžných drátů, mezi nimiž je zdrojem vyvoláváno stojaté vlnění. Další možností přenosu mikrovln je vlnovod, který funguje na principu úplného odrazu vlnění v trubici, jejíž velikost je adekvátní vlnové délce.

Tyto způsoby šíření vlnění jsou téměř bezztrátové, a proto by se pro ně našlo značného uplatnění. Jejich nevýhodou je, že jsou možné až při vysokých frekvencích, kvůli čemuž k jejich využívání nedochází.

Určení rychlosti světla

Posledním pokusem, který jsme uskutečnili, bylo určení rychlosti světla pomocí mikrovlnné trouby, v níž je generováno stojaté vlnění. Teplocitlivý (faxový) papír, reagující na změnu teploty změnou barvy, jsme namočili a umístili do mikrovlnné trouby, kterou jsme spustili a ihned po objevení několika černých skvrn na papíře opět vypnuli. Po několika měřeních jsme zjistili vzdálenosti mezi nejbližšími skvrnami, které by měly odpovídat půlce vlnové délky, za předpokladu že skvrny jsou v místě kmiten stojatého vlnění. Ze zjištěné frekvence a průměrné naměřené vlnové délky jsme podle vztahu $c = \lambda \cdot f$ ⁴⁾ spočítali rychlost světla:

f	λ (průměrná)	c
2450 MHz	12,5 cm	308000 km/s

Spočítaná hodnota rychlosti světla je poměrně přesná.

3 Shrnutí

Mikrovlnné záření má stejnou podstatu jako světlo, a proto má i některé podobné vlastnosti. V našich experimentech jsme ověřili polarizaci, rozložení intenzity pole generovaného zdrojem, kvazioptické chování, některé možnosti šíření a také jsme se pokusili pomocí mikrovln určit rychlost světla.

Mikrovlny se využívají k sušení, ohřevu potravin, přenosu dat (televizního, rádiového a mobilního signálu), restaurování uměleckých děl apod. V budoucnu by se pravděpodobně daly využít i k velmi efektivnímu přenosu energie.

Poděkování

Děkujeme především Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za finanční podporu a také našemu supervizorovi Janu Čepilovi za konzultace.

Reference:

- [1] HALLIDAY, D. – RESNICK, R. – WALKER, J.: *Fyzika, část 4* Prometheus, 2000
- [2] <http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Praktika/Mikrovlny/praktika/praktika.pdf>