

# Měření mikrostruktur nosičů informací – CD jako difrakční mřížka

V. Pospíšil

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

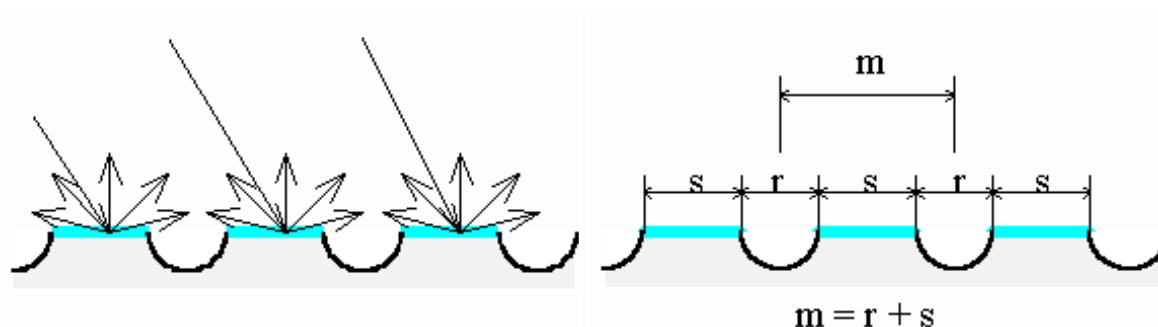
gdermog@seznam.cz

## Abstrakt

Práce představuje použití difrakčního obrazce k změření hustoty záznamu na zvukových nosičích – CD. Nosič má podobnou strukturu jako klasické vinylové gramofonové desky a „drážky“ fungují obdobně jako difrakční mřížka. Cílem je stanovit mřížkovou konstantu zvukového nosiče. K vytvoření obrazce je použit He-Ne laser.

## 1 Úvod

Difrakční mřížka – soustava  $N$  identických ekvidistantních štěrbin (vrypů). Může světlo buď propouštět, nebo odrážet. Tento pokus je zaměřen pouze na difrakční mřížku, která světlo odráží. Dopadá-li na reflexní mřížku paprsek, pak každý bod mřížky je podle Huygensova principu zdrojem kulových vlnoploch, tedy zdrojem rozbíhavých paprsků (viz obr. 1). Jejich interferencí vznikají charakteristická maxima a minima.



Obrázek 1: CD jako difrakční mřížka

## 2 Difrakční mřížka

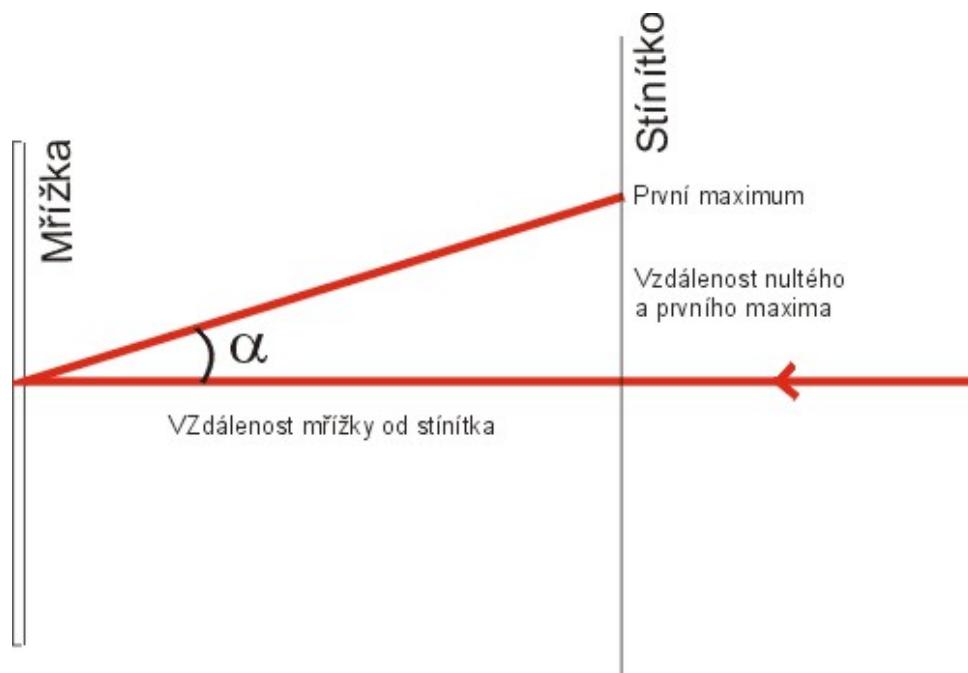
Difrakční mřížka („reflexní“) je deska z určitého materiálu, do níž jsou velmi přesně vyryty identické ekvidistantní vrypy. Předpokládejme, že všechny vrypy mají stejnou šířku  $r$  a jsou od sebe stejně vzdáleny. Mezeru mezi dvěma vrypy nazveme proužek (místo neporušeného povrchu desky) a jeho šířku označíme  $s$ . Soustavu vryp + proužek nazveme difrakční element. Vzdálenost stejně položených částí dvou sousedních difrakčních elementů je  $m = r + s$ , kde  $m$  je mřížková konstanta (perioda mřížky). Pro vytvoření si

názornější představy o hodnotě mřížkové konstanty se často používá její převrácené hodnoty  $1/m$ . Ta vyjadřuje počet difrakčních elementů mřížky na jednotku délky.  $N$  vyjadřuje celkový počet difrakčních elementů mřížky.

Dopadá-li paprsek na mřížku kolmo, platí pro jednotlivá maxima rovnice

$$m \sin \alpha = n \cdot \lambda, \quad (1)$$

teoreticky je tedy možné získat mřížkovou konstantu změřením jediného úhlu. Je ovšem třeba počítat s nepřesnostmi. Které hodnoty byly odečítány, je patrné z obrázku 2:



Obrázek 2: Difrakční jev

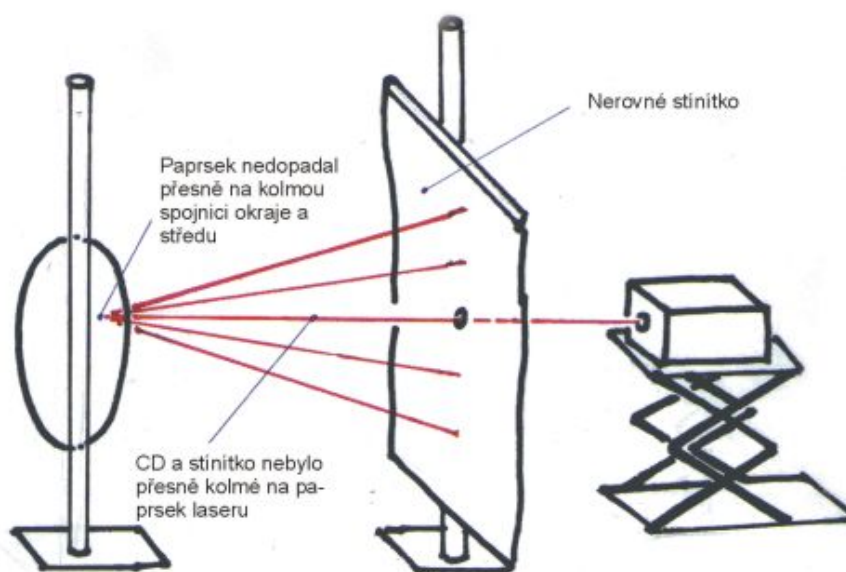
### 3 Experimentální uspořádání

Pro měření (viz obr. 3) byl použit standardní červený He-Ne laser s vlnovou délkou 632,8 nm, CD a stínítko, jež tvořil list tuhého papíru, bylo upevněno pomocí jednoduchých stojanů. Odečítání vzdáleností se provádělo pomocí kružítko s dvěma hroty a kovového pásma (viz obrázek). Takto „na koleně“ sestavená aparatura samozřejmě nemůže zajistit dostatečnou přesnost, nicméně s ní lze dosáhnout alespoň řádově správných výsledků. Na obrázku jsou zaznamenány hlavní vnesené nepřesnosti.

Provedena byla čtyři měření – pro dvě různé vzdálenosti stínítka od mřížky byly změřeny vzdálenosti maxima nultého od maxima prvního a druhého řádu a spočítány úhly, které spolu paprsky svírají. Pomocí výše zmíněné rovnice pak byla určena experimentálně naměřená hodnota mřížkové konstanty pro každé měření.

### 4 Výsledky a diskuze

V tabulce č. 1 jsou zaznamenány naměřené vzdálenosti maxim vzhledem ke vzdálenosti CD od stínítka. V posledním sloupci vidíme vlastní hodnoty mřížkové konstanty v nanometrech.



Obrázek 3: Experimentální sestava

Tabulka 1: Tabulka naměřených hodnot a určených odpovídajících mřížkových konstant

Maximum č.	Poloha maxima mm	Vzdálenost stínítka mm	Mřížková konstanta nm
1	20,5	50	1 668
2	65,5	50	1 597
1	29,0	65	1 553
2	83,5	65	1 604

Statisticky určená hodnota mřížkové konstanty je  $(1\,605 \pm 48)$  nm. Pokud se pak podíváme na chyby určení jednotlivých veličin, pak se nám chyba zvýší o systematickou a výsledná hodnota je po zaokrouhlení  $(1,6 \pm 0,1) \mu\text{m}$ . Hodnotu bychom mohli dále zpřesnit opakovanými měřeními pro různé vzdálenosti stínítek, určování více maxim, pokud jsou viditelná, a využití různých vlnových délek laserů. Další možností by bylo určovat mřížkovou konstantu na různých místech CD pro ověření, jestli je mřížková konstanta skutečně konstantní v rámci celého povrchu. V dalších měřeních v budoucnu bychom se mohli zaměřit na další podobná paměťová média jako DVD a porovnat hustotu jejich vrypů s CD.

## 5 Závěr

Experimentálně určená hodnota mřížkové konstanty na povrchu CD je  $(1,6 \pm 0,1) \mu\text{m}$ . Tato hodnota v rámci chyb měření odpovídá výrobcem udávané, která je 1 600 nm.

## Poděkování

Děkuji jménem všech účastníků Vojtěchu Svobodovi za to, že pořádá Týden vědy na Jaderce (dříve Fyzikální týden), díky kterému jsme se mohli seznámit s tímto tématem. Pokud jste dočetli až takto daleko, tak současně gratulujeme pozorné čtenáře či čtenáři. Původní text byl redakčně změněn, abyste měli ještě o něco lepší příklad pro své zpracování. A skutečně nepřesahujte 4 strany, když píšete svůj článek do sborníku.

## Reference

- [1] T. Nedvěd. *Pozorujeme spektra*. <http://www.ped.muni.cz/wphy/NEDVED/cd1.htm>
- [2] Keln J. Kuhn. *Audio Compact Disk – An Introduction*. <http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/cdaudio/95x6.htm>.