

# Měření rychlosti objektů pomocí laseru

M. Kaplánek, R. Magomadova, Š. Šípál

Kontakt: stepansipal@seznam.cz

Ústav fyziky plazmatu, laboratoř PALS

## Abstrakt

Tato práce rozebírá způsob a využití laserů při měření rychlosti pohybujících se těles. Dále vysvětluje podstatu Dopplerova jevu a způsob sestavení optické aparatury.

## 1. Úvod

Běžně měříme rychlost pohybujících se těles vysláním a záchytem zvukové vlny (např.: *sonar*). Problém se zvukovou vlnou nastává při požadavku na měření extrémních rychlostí malých objektů s důrazem na maximální přesnost. V takových situacích již není možné použít vlnění mechanické (*zvuk*), nýbrž elektromagnetické (*foton*).

Tato metoda nachází praktické využití při zjišťování tlaků extrémně stlačených objektů, například při výzkumu inerciální fúze. Při zahřátí vysokovýkonným laserem, se požadovaný objekt začne stlačovat. Abychom zjistili, jaké tlaky ve fúzi nastávají, můžeme změřit rychlost smrštění stlačovaného materiálu. Pomocí dalších veličin se dá poté vypočítat tlak ve stlačených materiálech.

## 2. Princip

Existuje několik možností, jak měřit rychlost pohybujícího se tělesa. Jednou z nich je použití Dopplerova jevu. Ten spočívá ve změně frekvence vlny v závislosti na pohybu vysílače nebo přijímače. Všichni známe situaci, kdy stojíme u silnice a kolem nás projíždí vozidlo se sirénou. Při měnící se vzdálenosti nás od vozidla, se bude postupně měnit zvuk houkající sirény. Znalost Dopplerova jevu můžeme při měření vzdálenosti využít tak, že zachytíme zpětně odraženou vlnu vyslanou na pohybující se těleso. Pokud má vlna nižší frekvenci, tak víme, že se těleso pohybuje po dráze ke zdroji, a pokud je frekvence vyšší, těleso se pohybuje po dráze od zdroje.

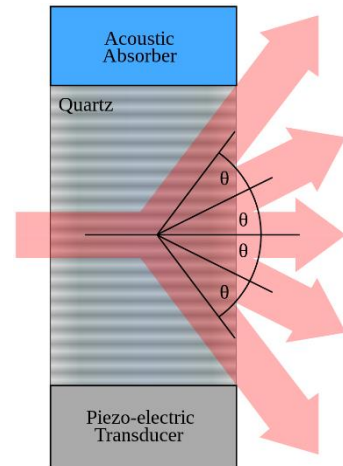


Obrázek 1

### 3. Experimentální měření

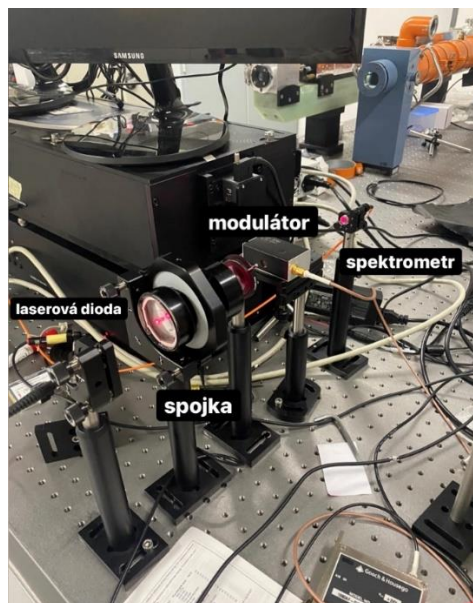
Cílem naší skupiny bylo otestování principu měření rychlosti laserem. Jako objekt měření jsme použili mechanické vlnění v krystalu ( $TeO_2$ ) akusticko-optického modulátoru.

Akusticko-optický modulátor je optická součástka, ve které se mechanickým vlněním mění optické vlastnosti světla. Světlo prochází krystalem, jenž za normálních okolností světlo nedifraktuje. Vy chvíli, kdy krystalem prochází mechanické vlnění o určité frekvenci, stává se z něj optická mřížka, na které dochází k difrakci, a tudíž rozložení paprskového svazku světla.

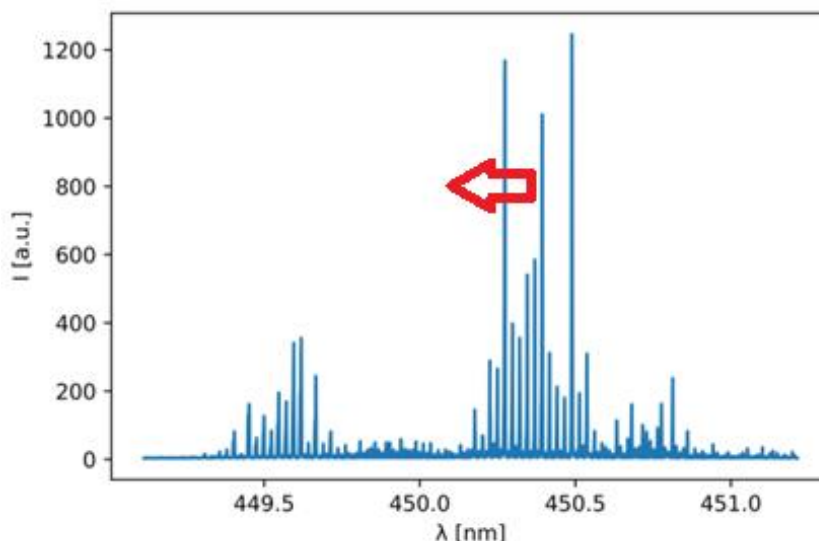


Obrázek 2

Pro měření jsme použili laserovou diodu ( $650\text{ nm}$ ), optickou čočku (spojku), akusticko-optický modulátor, spektrometr. Laser jsme namířili pod úhlem proti modulátoru a spektroskop jsme umístili v úlu odrazu, abychom mohli sledovat posun ve frekvenci.



Při zachycení odražené vlny, se na obrazovce spektrometru objevilo malé, ale viditelné posunutí ve vlnové délce fotonu. Jednalo se řádově o desetiny nanometru.



Pokud si naměřenou vlnovou délku odražené vlny převedeme na frekvenci, můžeme dopočítat rychlost pohybujícího se tělesa vyjádřením z Dopplerovy rovnice.

$$v = \frac{f_0^2 - f^2}{c(f_0^2 + f^2)}$$

$f_0$  = frekvence vysílané vlny,  $f$  = frekvence přijímané vlny,  $c$  = rychlost světla

## 4. Závěr

Výsledný rozdíl mezi vlnovou délkou přijaté a vyslané vlny byl v řádu několika pikometrů při rychlosti mechanického vlnění v krystalu 637 m/s. Z toho plyne, že laserové měření rychlosti pohybujících se těles není, kvůli vysokým nárokům na rozlišení spektrometru, vhodné k použití při malých rychlostech.

## PODĚKOVÁNÍ

Předně bychom chtěli poděkovat paní Ing. Michaele Kozlové, Ph.D. a panu Ing. Miroslavu Krúsovi, Ph.D. za odbornou pomoc při přípravě našeho miniprojektu.

## REFERENCE

- *CHRISTIAN DOPPLER* [online]. [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: <https://www.christian-doppler.net/cs/doppleruv-jev/>
- Obrázek 1: *christian-doppler.net* [online]. [cit. 21.6.2022]. Dostupný na WWW: <https://www.christian-doppler.net/cs/doppleruv-jev/>
- Obrázek 2: ИЛЬИН. *Wikipedia.org* [online]. [cit. 21.6.2022]. Dostupný na WWW: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Optick%C3%BD\\_modul%C3%A1tor#/media/Soubor:Acousto-optic\\_Modulator-en.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Optick%C3%BD_modul%C3%A1tor#/media/Soubor:Acousto-optic_Modulator-en.svg)
- Ostatní obrázky byly použity z vlastních zdrojů