

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta
Ústav fyziky a biofyziky



Fyzikální praktikum III - Optika

Faradayův jev

Název úlohy: Faradayův jev

Číslo úlohy: 2

1. Úkol

Prozkoumejte kvalitativně Faradayův jev skrze pozorování elektrooptické modulace polarizovaného laserového světla s frekvencemi v akustickém rozsahu.

2. Teorie

Roku 1845 pozoroval anglický fyzik Michael Faraday jev, který prokazoval vzájemné působení světla a magnetického pole v médiu. Tento jev je označován jako Faradayův jev či Faradayova rotace. Jednalo se o první experiment prokazující souvislost světla a elektromagnetického pole.

Při průchodu lineárně polarizovaného světla některými průhlednými látkami, které se nacházejí v magnetickém poli, dochází ke stáčení roviny polarizace, a to prochází-li světelné paprsky ve směru rovnoběžném se siločarami magnetického pole. Vysvětlení Faradayova jevu je založeno na interakci mezi elektronem vázaným v atomu a vektorem elektrické složky paprsku. Elektron je vychýlen v závislosti na směru oscilace vektoru elektrického pole. Je-li například světlo kruhově polarizováno, je elektron nucen pohybovat se po kruhové dráze. Po přiložení vnějšího magnetického pole se dle zákona o pohybu nabitě částice v magnetickém poli objeví další radiální síla. V důsledku toho působí magnetické pole skrze chování elektronu zpětně na elektromagnetické pole (světelný paprsek). Úplné vysvětlení tohoto problému podává kvantová teorie, v následujícím se jím však nebudeme zabývat.

Stočení polarizační roviny vlivem magnetického pole je dáno vztahem

$$\alpha = V \cdot B \cdot l,$$

kde B je magnetická indukce, l dráha, kterou světlo urazí v magnetickém poli, a V Verdetova konstanta (vlastnost materiálu, kterým se světlo šíří).

V našem experimentu prochází laserové světlo dvěma polarizátory. Po průchodu prvním polarizátorem získáme lineárně polarizované světlo. Druhý polarizátor je nastaven kolmo vzhledem k polarizátoru prvnímu (polarizátory jsou zkříženy). Je tedy zřejmé, že světelný paprsek druhým polarizátorem neprojde a výsledná intenzita světla měřená na fotodiodě je nulová. Podle Malusova zákona platí

$$I(\varphi) = I(0) \cdot \cos^2 \varphi.$$

Tedy výsledná intenzita světla, které dopadá na fotodiodu, je závislá na kosinu úhlu mezi polarizátory.

Po přiložení vnějšího magnetického pole dojde ke stočení polarizační roviny o úhel α . Intenzita světla dopadajícího na fotodiodu je stále dána výše uvedeným Malusovým zákonem, ovšem úhel se změní na $(\varphi \pm \alpha)$. Můžeme tedy naměřit nenulovou intenzitu prošlého světla, i když jsou polarizátory vůči sobě zkříženy.

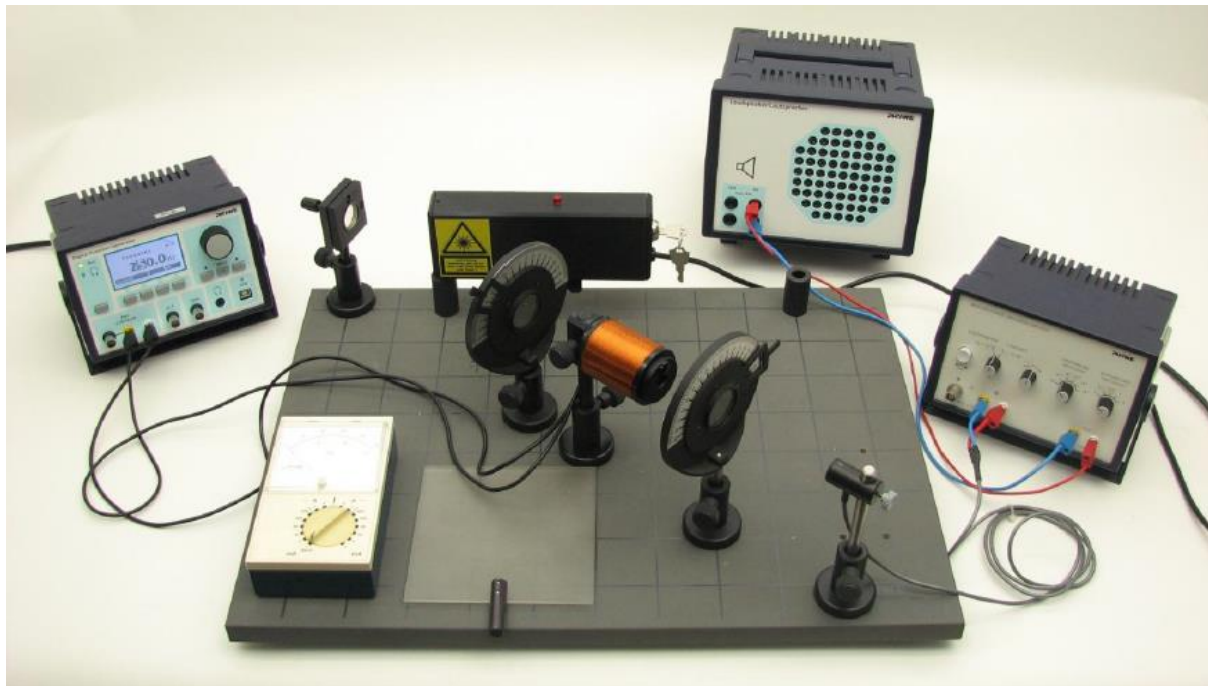
Privádíme-li na cívku střídavý proud (oscilační, má sinový průběh), dochází k periodickým změnám magnetického pole uvnitř cívky, tato oscilace ovlivňuje skrze úhel α intenzitu světla měřenou fotodiodou (elektrooptická modulace). Probíhá-li modulace v akustickém rozsahu frekvencí, můžeme ji slyšet přímo z reproduktorů.

3. Seznam pomůcek

základní kovová deska s gumovým povrchem, digitální funkční generátor, He-Ne laser 15 mW, upevňovací podpora, povrchové zrcadlo, 2 polarizační filtry, Faradayův modulátor, fotodioda, reproduktor, propojovací vodiče

4. Postup

- a) Zkontrolujte sestavu dle obrázku.



Obrázek: Sestava pro pozorování Faradayova jevu

- b) Nastavte polarizační filtry tak, aby mezi sebou svíraly úhel 0° . Zakryjte fotodiodu stínítkem, požádejte pedagogický dozor o zapnutí laseru, příp. při zapnutém laseru otevřete závěrku. Nastavte zrcadlo tak, aby světelný paprsek procházel oběma polarizačními filtry a dopadal na fotodiodu v prostoru štěrbin.
- c) První polarizátor nastavte na 45° a druhý tak, aby svíral s prvním úhel 90° , tedy na -45° .
- d) Vyjměte stínítko, zapněte generátor, nastavte odpovídající frekvence, např. 440 Hz, pokuste se doladit zrcadlo, nastavit zesílení na zesilovači, příp. jemně dolad'te polarizátory tak, abyste uslyšeli odpovídající zvuk z reproduktoru.
- e) Vyzkoušejte přenos akustických frekvencí namodulovaných na optiku v celém rozsahu slyšitelnosti. Případné jakékoliv diskrepance komentujte, diskutujte v protokolu, proč se domníváte, že přenos neodpovídá předpokládaným zákonitostem Faradayova jevu nebo Malusova zákona.