

Polarizace

Video 3.3, scénář + komentáře k animacím

September 10, 2019

1 Úvod

V předchozím díle jsme si ukázali, jak se dá elektromagnetická vlna popsat v rámci teorie vlnové optiky. Kromě parametrů jako intenzita, vlnová délka nebo frekvence jsme se zmínili o takzvané polarizaci, která je zodpovědná za obrovskou škálu fyzikálních jevů. Dnes se s ní seznámíme o něco blíže.

Nechávám na vás, ale měl by tu být odkaz na předchozí video a na konci scény záběr na naše logo.

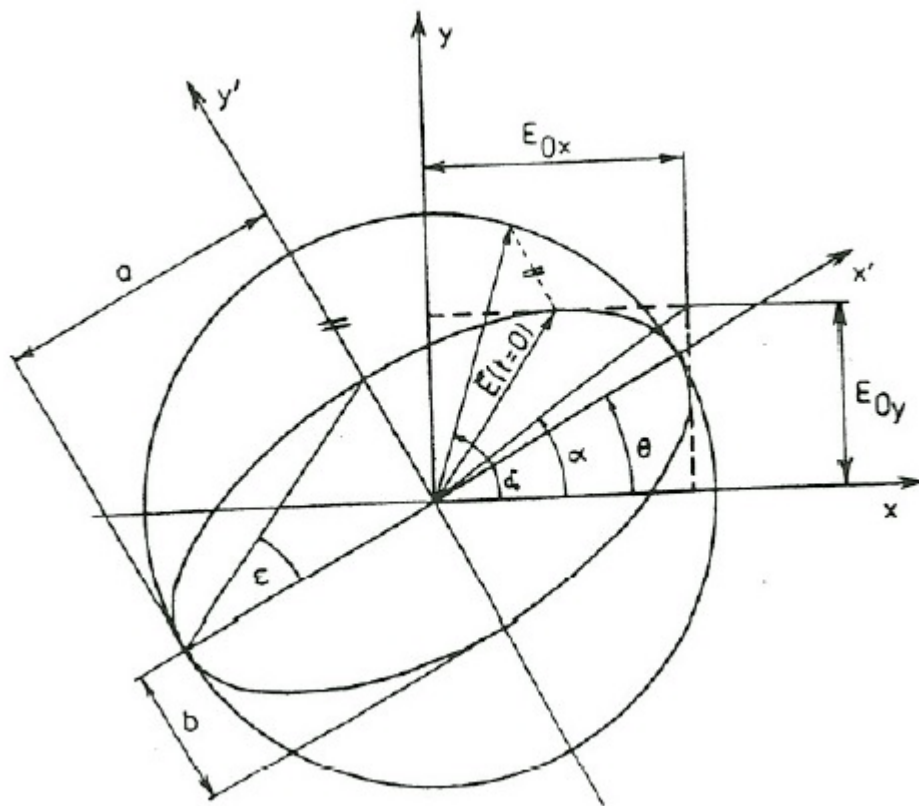
2 Parametry polarizační elipsy

Nejobecnější polarizační stav světla je stav elipticky polarizovaný. Lineární i kruhová polarizace jsou pouze jeho speciálními případy.

Tady by bylo dobré ukázat, že rovná čára a kruh jsou speciální případy elipsy.

Základem našeho popisu tedy bude definice parametrů, které definují geometrii polarizační elipsy. Je nutné poznamenat, že volba vhodných parametrů i znaménková konvence se může v různých učebnicích lišit.

Tady bych prosil detail na polarizační elipsu.



Pro kompletní popis elipsy jsou potřeba čtyři parametry. Prvním z nich je takzvaný azimut. Jde o úhel mezi hlavní poloosou a osou x . Určuje naklopení polarizační elipsy vůči souřadnicové soustavě.

Tady je animace jasná - každý parametr se vykreslí ve chvíli, kdy ho voiceover zmíní. Tady by se měla zvýraznit hlavní poloosa a osa x a také bychom mohli vykreslit úhel mezi nimi. Pro označení parametrů viz diplomka.

Druhým parametrem je elipticita, což je poměr velikostí hlavní a vedlejší osy. Elipticita určuje tvar polarizační elipsy.

Vypíše se definice elipticity a zvýrazní se hlavní a vedlejší osa.

Další veličinou je amplituda, která je zde definována jako odmocnina ze součtu čtverců obou poloos.

V podobném duchu jako předchozí.

Nakonec zbývá definovat ještě fázi, která je v tomto kontextu úhel mezi hlavní poloosou a vektorem elektrické intenzity v počátku časové osy.

Vykreslí se daný úhel, zvýrazní se hlavní poloosa a vektor elektrické intenzity. Můžeme připsat „ $t = 0$ “.

Velká část optických experimentů a měření je založena na zkoumání změn v polarizaci světla. Námi zavedené parametry umožňují tyto změny kvantifikovat.

Sem bych hodil animaci/obrázek, kde se lineárně polarizované světlo odráží od povrchu nějakého materiálu. Polarizace se mu změní na eliptickou a z parametrů té elipsy se pak odvozují materiální vlastnosti jako permitivita nebo vodivost. Kdyžtak mi napiš, kdybys nevěděla :)

3 Optické prvky

Vlastnosti světla můžeme měnit pomocí velkého množství optických prvků. Dva nejzákladnější optické prvky, pomocí kterých se dá manipulovat s polarizací, jsou polarizátor a vlnová destička.

Nechám na vás, lol.

Polarizátory slouží k přeměně nepolarizovaného světla na světlo polarizované. Vlnové destičky zase ovlivňují fázový rozdíl mezi dvěma složkami polarizovaného záření.

Sem by to chtělo obrázky polarizátoru a vlnové destičky (asi od Péti) + světlo před a po vstupu do nich.

Optické experimenty často zahrnují desítky optických prvků, které nějak mění polarizaci svazku. Naštěstí ale existuje nástroj, který nám pomůže určit, jak bude vypadat polarizace světla po průchodu všemi prvky v našem experimentu.

Sem bych hodil pár fotek z reálných optických experimentů (nějakých, kde je hodně optických prvků).

4 Jonesovy vektory

Tímto nástrojem je takzvaný Jonesův formalismus. V rámci tohoto matematického aparátu popisujeme polarizační stav světla pomocí takzvaných Jonesových vektorů a optické prvky pomocí Jonesových matic. Musíme však zdůraznit, že tento formalismus je vhodný pouze pro zcela polarizované monochromatické světlo. Popisem částečně polarizovaného světla se zabývá například formalismus Stokesův.

Nechám na vás.

Jonesovy vektory jsou zjednodušenou formou vektoru elektrické intenzity. Skládají se pouze z

amplitud a fází jeho x-ové a y-ové složky, které jsou pro popis změn polarizace ve většině situací zcela postačující.

$$E(z, t) = \begin{bmatrix} E_x(z, t) \\ E_y(z, t) \end{bmatrix} \longrightarrow E = \begin{bmatrix} E_{0x} e^{i\delta_x} \\ E_{0y} e^{i\delta_y} \end{bmatrix}$$

V týchle kapitole bohužel nezbejvá nic jinýho, než vypisovat rovnice. Zkus tam TeTe pls vymyslet nějaký ptákoviny okolo, aby to nebylo moc suchý.

Jonesovy vektory jsou dále pomocí skalárního součinu normalizovány na jedničku. Skalární součin je v rámci Jonesova formalismu zaveden pomocí komplexního sdružení.

$$|J|^2 := J^+ J = 1$$

Takto vypadají Jonesovy vektory pro lineárně polarizované světlo. Lze snadno ověřit, že oba polarizační stavy tvoří bázi našeho vektorového prostoru. Budeme jí říkat Kartézská báze.

Vektory E_x a E_y + obrázky obou polarizací.

$$E_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$E_y = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

5 Jonesovy matice

Polarizační stav světla můžeme tedy ve zjednodušené formě popsat pomocí dvoudimenzionálních, komplexních vektorů. Optické prvky, které polarizační vektor transformují, jsou tedy zcela přirozeně popsány pomocí dvoudimenzionálních, komplexních matic.

Dal bych tam něco jako

$$J_{po} = M J_{před}$$

a k tomu obrázek světlo *před* \rightarrow opt. prvek \rightarrow světlo *po*.

Vůči Kartézské bázi vypadají Jonesovy matice základních optických prvků takto. Můžete si snadno ověřit, že na polarizační vektory světla mají odpovídající efekt.

Nechám na vás, ale měly by tam být ty matice (viz v diplomce 1.23 a dál).

Pokud chceme popsat efekt, který bude mít na polarizaci celá soustava optických prvků, stačí jejich matice vynásobit. Všimněme si však, že matice jsou v součinu poskládané v pořadí, ve kterém svazek prochází jednotlivými prvky.

Udělal bych to tak, že by se objevil optický prvek, pak jeho matice, pak další optický prvek, další matice, atd. Viz diplomka vztah 1.22.

6 Závěr

Polarizace není jedinou vlastností světla, se kterou můžeme manipulovat. Existují materiály, které umí zařetí lámat, měnit jeho frekvenci, či ho dokonce zesilovat. V příštím videu si tedy ukážeme, jakým způsobem interaguje světlo s hmotou.

Hranol a za ním duha? Nechám na vás.