

دستور کار آزمایش بررسی قطبش نور (پلاریمتری و فعالیت نوری)

هدف: مطالعه نور قطبی، بررسی قانون مالوس، مطالعه خواص صفحات ربع موج و نیم موج، مطالعه پدیده فتوالاستیسیته

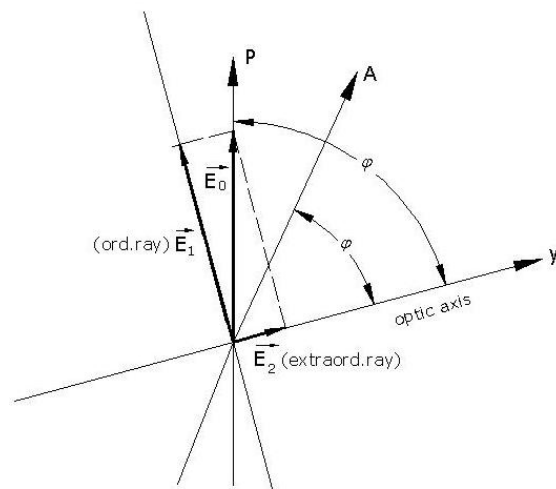
وسایل آزمایش: فیلتر سبز، فیلتر آبی، فیلتر قرمز، نورسنج با شکاف متغیر، پلاریزور، آنالیزور، تیغه ربع موج (۲ عدد)، عدسی کانونی کننده (۲ عدد)، پرتوافکن، ریل اپتیکی هندسی ۱۵۰ سانتیمتری، لغزنده ریل اپتیکی هندسی

تئوری آزمایش

نور یک موج عرضی است بدین معنی که در خلاف بردار میدان الکتریکی نور عمود بر جهت انتشار آن است. صفحه قطبش شامل بردار الکتریکی و امتداد انتشار نور است. اگر به طریقی بتوان راستای این صفحه را بصورت تابعی از زمان پیش بینی کرد، این نور را قطبی نامند. اگر چنین پیش بینی ای امکان نداشته باشد، به قسمی که صفحه قطبش در مقایسه با پریود نور تصادفی تغییر کند (با زمان مشاهده) چنین نوری را غیر قطبی گویند. اگر جهت صفحه قطبش ثابت باقی بماند، این نور را قطبی سطحی گویند. اگر این صفحه یک مرتبه با پریود نور بچرخد، این نور قطبی دایروی یا بیضوی است. در این صورت اندازه بردار الکتریکی به صورت یک تابعی از جهت صفحه قطبش است. پدیده تفرق و تداخل درباره تمام انواع موجها اتفاق می افتد. مثلا امواج صوتی یا امواج سطح آب تداخل و تفرق دارند. ولی قطبی شدن فقط در مورد امواج عرضی صادق است. امواج صوتی نمی توانند قطبی باشند. از قدیم مطالعه قطبش نور تنها برای بررسی طبیعت نور انجام می گرفت، لیکن امروزه بالعکس از مطالعه قطبش نوری که یک جسم گسیل یا پراکنده می کند، مطالبی درباره آن جسم می آموزیم. مثلا با بررسی قطبش نوری که توسط ذرات درون کهکشان ها بازتاب می شود، می توان گفت، این ذرات در میدان مغناطیسی ضعیف کهکشان (۲/۰ میلی گوس) به طرزی قرار می گیرند که بعد بزرگ آنها در امتداد این میدان باشد. همچنین مطالعه قطبش نور حلقه های کیوان (زحل) نشان داده است آنها از بلورهای یخ تشکیل (یا پوشیده) شده اند.

اندازه و شکل ویروسها را با قطبش نور فرابنفش که توسط آنها پراکنده می شود می توان مطالعه کرد. مطالعه استرس در اثر تولید شکست مضاعف (دیگ بخار، دنده و چرخ...) مطالعه در مورد شناخت سنگها در زمین شناسی، معدن شناسی انتخاب شیشه برای عدسی ها، اندازه گیری غلظت قند، تولید رنگهای مختلف با استفاده از نور قطبی امکان پذیر است. بالاخره با بررسی قطبش نوری که از اتمها در تمام بخش بیناب الکترومغناطیس گسیل می نمایند، می توان مطالب زیادی درباره ساختمان آنها و هسته های آنها آموخت. بنابراین قطبش نور روش پژوهشی مناسبی در اختیار ما می گذارد که بوسیله آن به بررسی ساختمان اجسامی با ابعاد گوناگون در کهکشان (10^{20} m) گرفته تا هسته اتمها (10^{-14} m) بپردازیم.

اگر E_0 دامنه بردار الکتریکی نور خارج شده از پلاریزور و ϕ زاویه بین امتداد محور نوری یک بلوردوشکستی و امتداد قطبش پلاریزور باشد، شکل (۱) برای دامنه شعاع عادی و غیرعادی روابط زیر را داریم.



شکل (۱)

$$\begin{aligned} E_1 &= E_0 \sin \phi \\ E_2 &= E_0 \cos \phi \end{aligned} \quad (۱)$$

در لحظه t ، وضعیت نوسانی دو شعاع در سطح کریستال بصورت زیر می باشد.

$$\begin{aligned} E_1 &= E_0 \sin \phi \sin \omega t \\ E_2 &= E_0 \cos \phi \sin \omega t \end{aligned} \quad (۲)$$

در هنگام خروج از بلور مولفه ها بصورت زیر است

$$\begin{aligned} E_1 &= E_0 \sin \phi \sin \omega t \\ E_2 &= E_0 \cos \phi \sin(\omega t - \delta) \end{aligned} \quad (۳)$$

اگر ضخامت بلور دو شکستی برابر باشد با

$$d = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{1}{n_o \cdot n_e} \quad (۴)$$

که n_o ضریب شکست شعاع عادی و n_e ضریب شکست شعاع غیرعادی است، حالتی که اختلاف راه بین دو شعاع $\frac{\lambda}{2}$ (اختلاف

فاز $\frac{\pi}{2}$) است، بلور را ربع موج نامند. مولفه های نور خروجی با توجه به رابطه (۳) بصورت زیر است.

$$\begin{aligned} E_x &= E_1 = E_0 \sin \phi \sin \omega t \\ E_y &= E_2 = E_0 \cos \phi \cos \omega t \end{aligned} \quad (۵)$$

که رابطه (۵) نمایش پارامتری یک بردار چرخان در امتداد انتشار است.

برای زوایای $\phi = 90^\circ, \phi = 0^\circ$ نور عبوری از کریستال پلاریزه سطحی است و شدت آن برابر است با:

$$I = I_0 \approx E_0^2 \quad (6)$$

برای زاویه $\phi = 45^\circ$, $\sin \phi = \cos \phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$ طول بردار میدان الکتریکی نور خروجی از کریستال برابر است.

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \quad (7)$$

در این حالت این نور قطبی دایروی است و شدت آن برابر است با

$$I = \frac{I_0}{2} \approx \frac{E_0^2}{2} \quad (8)$$

در این صورت برای حالت های مختلف آنالیزور شدت نور عبوری ثابت است.

در سایر زوایا به جز صفر، 90° و 45° درجه نور عبوری پلاریزه بیضوی است یعنی انتهای بردار E حول محوری موازی امتداد انتشار، یک بیضی را رسم می نماید.

$$\begin{aligned} E_a &= E_0 \sin \phi & (\text{امتداد } x) \\ E_b &= E_0 \cos \phi & (\text{امتداد } y) \end{aligned} \quad (9)$$

برای شدت نور عبوری از آنالیزور در امتدادهای برگزیده روابط زیر داریم

$$\begin{aligned} I_a &= E_a^2 = E_0^2 \sin^2 \phi \\ I_b &= E_b^2 = E_0^2 \cos^2 \phi \end{aligned} \quad (10)$$

با چرخش آنالیزور، نسبت زیر را بین شدت ماکزیمم و مینیمم نوری عبوری خواهیم داشت.

$$\frac{I_a}{I_b} = \frac{E_a^2}{E_b^2} = \frac{\sin^2 \phi}{\cos^2 \phi} = \tan^2 \phi \quad (11)$$

اگر زاویه بین آنالیزور و محور نوری صفحه $\phi, \frac{\lambda}{4}$ باشد شدت نور عبوری از رابطه (۱۲) بدست می آید.

$$I = E_0^2 \cos^2 \phi \cos^2 \varphi + E_0^2 \sin^2 \phi \sin^2 \varphi \quad (12)$$

همچنین اگر فرض کنیم پرتوی با قطبیدگی خطی به قطبشگری که با زاویه α نسبت به راستای ارتعاش میدان الکتریکی پرتو قرار گرفته است برخورد نماید، آنگاه میدان الکتریکی موج عبوری از قطبشگر برابر است با

$$E = E_0 \cos \alpha$$

که E_0 میدان الکتریکی پرتو تابیده به قطبشگر است. بنابراین شدت پرتو عبوری برابرست با

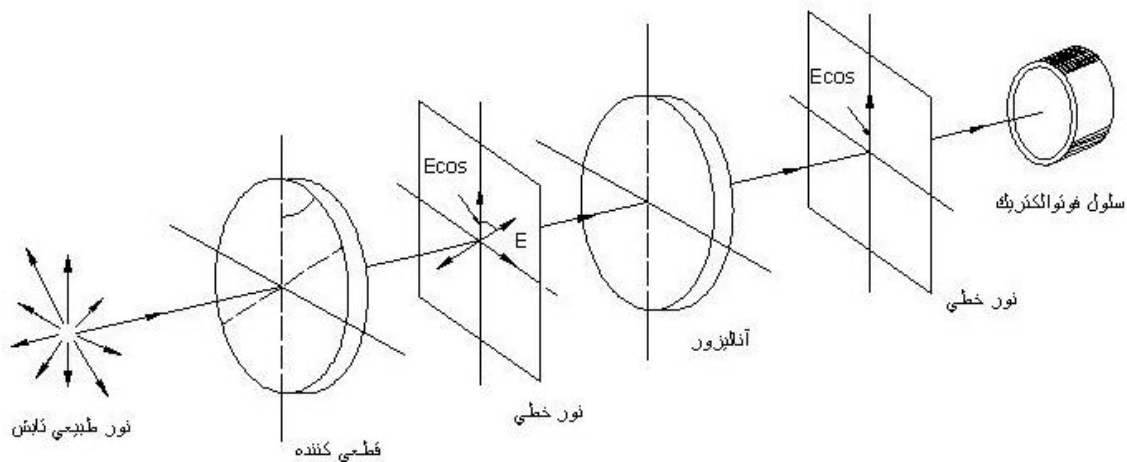
$$I = E_0^2 \cos^2 \alpha \quad (13)$$

این رابطه معروف به قانون مالوس است.

روش آزمایش

آزمایش ۱: اندازه گیری شدت نور عبوری از آنالیزور (بررسی قانون مالوس)

۱- وسایل را مطابق شکل (۲) بر روی ریل نصب کنید. یک عدسی محدب روبروی پرتو افکن قرار دهید به گونه‌ای که از پرتو افکن به اندازه ای فاصله داشته باشد که نور آن را موازی سازد. پلاریزور را در جای مناسب نصب کنید. و در پشت آنالیزور یک نورسنج را قرار دهید. نخست مسیر پرتو باید تنظیم شود بقسمی که نور با شدت زیاد روی فتوسل بتابد. پلاریزور و آنالیزور را روی صفر تنظیم کنید و شدت نور را در این حالت اندازه گیری نمایید (i_0) تحت زاویه های آنالیزور ($+90^\circ$ تا -90°)، شدت را یادداشت نمایید (i). منحنی شدت نسبی نور (i/i_0) را بر حسب زاویه آنالیزور رسم کنید و با مقدار آن از رابطه (۱۳) مقایسه کنید.



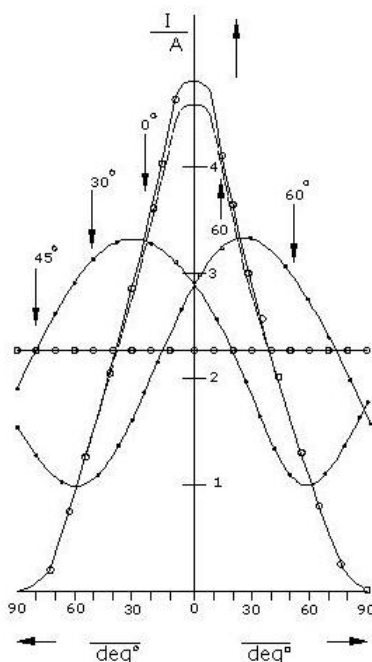
شکل (۲)

آزمایش ۲: اندازه گیری شدت نور با صفحه $\frac{\lambda}{4}$

صفحه $\frac{\lambda}{4}$ را بین آنالیزور و پلاریزور نصب نمایید. زاویه آن را صفر انتخاب کنید و شدت نور را در این حالت اندازه گیری نمایید (i_0). شدت را برای زوایای مختلف آنالیزور ($+90^\circ$ تا -90°) اندازه گیری نمایید (i).

آزمایش را برای زوایای 30° ، 45° ، 60° ، 90° تیره $\frac{\lambda}{4}$ تکرار نمایید. با استفاده از رسم منحنی های (i/i_0) روابط

(۶)، (۸)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) را تحقیق کنید. در هر حالت نور عبوری از آنالیزور چه نوع قطبیدگی ای دارد؟



شکل (۳)

آزمایش ۳: اندازه گیری شدت نور با صفحه $\frac{\lambda}{2}$

دو تیغه $\frac{\lambda}{4}$ را بقسمی نصب کنید که مثل یک تیغه $\frac{\lambda}{2}$ عمل کند. برای این منظور زاویه هر دو تیغه بایستی با هم برابر باشد

و در طی آزمایش باهم تغییر کند. تحت زوایای صفر و 30° ، 45° ، 60° و 90° درجه تیغه $\frac{\lambda}{2}$ قطبی سطحی است؟ (چرا)؟

آزمایش ۴: پدیده فتوالاستیسیته

با نور سفید با آنالیزور خاموشی ایجاد کنید. یک ورق پلاستیک معمولی را در بین آنالیزور پلاریزور قرار دهید. رنگی مشاهده نمی شود (جسم ایزوتوپ است)، پلاستیک را از دو طرف بکشید رنگهای مختلف پدیدار می گردد. علت این است که در اثر کشش جسم سانگرد (ایزوتوپ) به جسم ناسانگرد و غیر ایزوتوپ تبدیل گشته است.