## نام آزمایش و مدل دستگاه:

آزمایش قانون مالوس، بررسی قطبش نور و پدیده فتوالاستیسیته

مدل ss۹۹۱۵۹۱

Polarization of Light Experiment ( Malus’s Law)

## مشخصات فنی :

ریل اپتیک هندسی، لغزنده های ریل اپتیکی، آنالیزور، پلاریزور، تیغه های ربع موج (۲ عدد)، عدسی کانونی کننده (۲ عدد)، فوتوسل با شکاف متغیر به همراه نورسنج، مولتی متردیجیتال، لامپ نورسفید (رویتر) به همراه منبع تغذیه، یک قطعه پلاستیک ضخیم، اسلایدگیر ثابت، سیم‌های رابط

## راهنمای کاربری:

مطالعه نور قطبی، مطالعه خواص صفحات ربع موج و نیم موج، مطالعه پدیده فتوالاستیسیته

### تئوری آزمایش

نور یک موج عرضی است بدین معنی که در خلاء 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 پیش‌بینی کرد، این نور را قطبی نامند. اگر چنین پیش‌بینی ای امکان نداشته باشد، به قسمی که صفحه قطبش در مقایسه با پریود نور تصادفی تغییر کند 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 تابعی از جهت صفحه قطبش است.

پدیده تفرق و تداخل درباره تمام انواع موج‌ها اتفاق می‌افتد؛ 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 می‌گرفت، اما امروزه بالعکس از مطالعه قطبش نوری که یک جسم گسیل یا پراکنده می‌کند، مطالبی درباره آن جسم می‌آموزیم؛ مثلا با بررسی قطبش نوری که توسط ذرات درون کهکشان‌ها بازتاب می‌شود، می

آدرس : مشهد-کیلومتر ۱۲ جاده قوچان – پارک علم و فناوری خراسان رضوی – نبش پامچال ، کدپستی: ۹۱۸۵۱۷۳۸۲۳

تلفن : ۳۸۹۰۱۴۴۲-۰۵۱ ۳۵۴۲۵۴۳۸-۰۵۱ همراه : ۰۹۳۵۸۶۷۵۱۴۹ فکس:

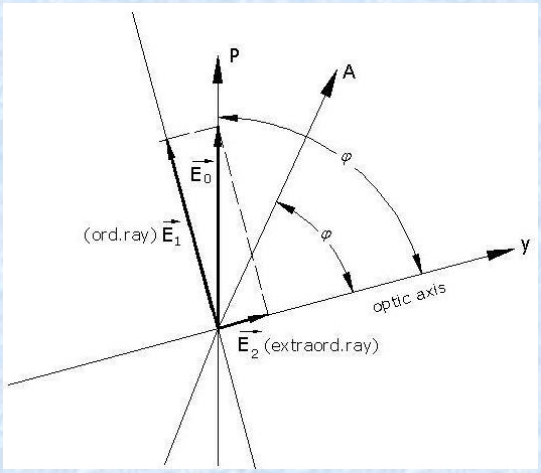
ایمیل : samansarabb@gmail.com سایت :

توان گفت، این ذرات در میدان مغناطیسی ضعیف کهکشان (۰/۲ میلی گوس) به طرزی قرار می‌گیرند که بعد بزرگ آنها در امتداد این میدان باشد. همچنین مطالعه قطبش نور حلقه‌های کیوان (زحل) نشان داده است که آنها از بلورهای یخ تشکیل (یا پوشیده) شده‌اند.

اندازه و شکل ویروس‌ها را با قطبش نور فرابنفش که توسط آنها پراکنده می‌شود می‌توان مطالعه کرد. مطالعه استرس در اثر تولید شکست مضاعف (دیگ بخار، دنده و چرخ...)، مطالعه در مورد شناخت سنگ‌ها در زمین‌شناسی، معدن‌شناسی، انتخاب شیشه برای عدسی‌ها، اندازه گیری غلظت قند، تولید رنگ‌های مختلف و ... با استفاده از نور قطبی امکان‌پذیر است. همچنین با بررسی قطبش نوری که از اتم‌ها در تمام بخش طیف الکترومغناطیس گسیل می‌شود، می توان مطالب زیادی درباره ساختمان و هسته‌های آنها آموخت. بنابراین قطبش نور روش پژوهشی مناسبی در اختیار ما می‌گذارد که بوسیله آن می‌توانیم به بررسی ساختمان اجسامی با ابعاد گوناگون ازکهکشان ($۱۰^{۲۰} m$) تا هسته اتم‌ها ($۱۰^{-۱۴} m$) بپردازیم.

هرگاه نوری قطبی به بلوری مثل میکا یا اسپات دیسیلند برخورد کند، میدان الکتریکی نور در دو راستای معین عمود بر هم به نام راستاهای برگزیده تجزیه می‌شوند. دسته‌ای از این نور که از قانون شکست پیروی می‌کند، شعاع عادی و دسته دیگر که از این قانون پیروی نمی‌کند شعاع غیرعادی نامیده می‌شود.

اگر $E$. دامنه بردار الکتریکی نور خارج شده از پلاریزور و $\phi$ زاویه بین امتداد محور نوری یک بلور دوشکستی و امتداد قطبش پلاریزور باشد (شکل ۲) برای دامنه شعاع عادی و غیرعادی روابط زیر را داریم:




شکل ۱

$$E_1 = E_0 \sin\phi$$
$$E_2 = E_0 \cos\phi \qquad (۱)$$

در لحظه $t$، وضعیت نوسانی دو شعاع در سطح کریستال بصورت زیر می‌باشد:

آدرس : مشهد-کیلومتر ۱۲ جاده قوچان – پارک علم و فناوری خراسان رضوی – نبش پامچال ، کدپستی: ۹۱۸۵۱۷۳۸۲۳
تلفن : ۳۸۹۰۱۴۴۲-۰۵۱ ۳۵۴۲۵۴۳۸-۰۵۱ همراه : ۰۹۳۵۸۶۷۵۱۴۹ فکس:
ایمیل : samansarabb@gmail.com سایت :

$$E_1 = E_0 \sin\phi \sin\omega t$$
$$E_2 = E_0 \cos\phi \sin\omega t \quad (۲)$$

در هنگام خروج از بلور مولفه‌ها بصورت زیر است:

$$E_1 = E_0 \sin\phi \sin\omega t$$
$$E_2 = E_0 \cos\phi \sin(\omega t - \delta) \quad (۳)$$

اگر ضخامت بلور دو شکستی برابر باشد با:

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

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.

$$E_x = E_1 = E0\sin\phi \sin\omega t$$
$$E_y = E_2 = E0\cos\phi \cos\omega t \quad (۵)$$

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 شدت آن برابر است با:

$$I = I_0 \approx {E_0}^2 \quad (۶)$$

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

$$E = \sqrt{{E_x}^2 + {E_y}^2} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \quad (۷)$$

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

آدرس : مشهد-کیلومتر ۱۲ جاده قوچان – پارک علم و فناوری خراسان رضوی – نبش پامچال ، کدپستی: ۹۱۸۵۱۷۳۸۲۳
تلفن : ۳۸۹۰۱۴۴۲-۰۵۱ ۳۵۴۲۵۴۳۸-۰۵۱ همراه : ۰۹۳۵۸۶۷۵۱۴۹ فکس:
ایمیل : samansarabb@gmail.com سایت :

$$I = \frac{I_0}{2} \approx \frac{E_0^{\ 2}}{2} \qquad (۸)$$

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

در سایر زوایا به جز صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه نورعبوری از پلاریزه بیضوی است؛ یعنی انتهای بردار $E$ حول محوری موازی امتداد انتشار، یک بیضی را رسم می‌نماید:

$$E_a = E_0 \sin\phi \qquad (x \text{ امتداد})$$

$$E_b = E_0 \cos\phi \qquad (y \text{ امتداد}) \qquad (۹)$$

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

$$I_a = E_a^{\ 2} = E_0^{\ 2} \sin^2\phi$$
$$I_b = E_b^{\ 2} = E_0^{\ 2} \cos^2\phi \qquad (۱۰)$$

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

$$\frac{I_a}{I_b} = \frac{E_a^{\ 2}}{E_b^{\ 2}} = \frac{\sin^2\phi}{\cos^2\phi} = \tan^2\phi \qquad (۱۱)$$

اگر زاویه بین آنالیزور و محور نوری صفحه $\frac{\lambda}{۴}$، $\varphi$ باشد شدت نور عبوری از رابطه (۱۲) بدست می‌آید.

$$I = E_0^{\ 2} \cos^2\phi \cos^2\varphi + E_0^{\ 2} \sin^2\phi \sin^2\varphi \qquad (۱۲)$$

همچنین اگر فرض کنیم پرتوی با قطبیدگی خطی به قطبشگری که با زاویه $\alpha$ 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 برابر است با:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \qquad (۱۳)$$

این رابطه به قانون مالوس معروف است.

## روش آزمایش

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

۱- وسایل را مطابق شکل ۱ بر روی ریل نصب کنید. یک عدسی محدب برای موازی کردن نور لامپ در مقابل آن قرار دهید. پلاریزور را در جای مناسب نصب کنید. و در پشت آنالیزور یک فوتوسل قراردهید. نخست مسیر نوری باید تنظیم شود به قسمی که نور با شدت زیاد روی فوتوسل بتابد (بدون تیغه $\frac{\lambda}{۴}$).

پلاریزور و آنالیزور را روی صفر تنظیم کنید و شدت نور را به کمک قسمت AC شدت جریان در مولتی‌متر اندازه‌گیری نمایید[۱] ($i_0$). به ازای زوایای مختلف آنالیزور ($+۹۰^\circ$ تا $-۹۰^\circ$) شدت جریان را یادداشت نمایید ($i$). منحنی شدت نسبی نور ($i/i_0$) را بر حسب زاویه آنالیزور رسم کنید و با مقایسه آن با رابطه (۱۳) درستی قانون مالوس را تحقیق نمایید.

**آزمایش ۲: اندازه‌گیری شدت نور با صفحه $\frac{\lambda}{۴}$**

صفحه $\frac{\lambda}{۴}$ را به کمک اسلایدگیر ثابت بین آنالیزور و پلاریزور نصب نمایید و مشابه قسمت قبل شدت جریان را برای زوایای مختلف آنالیزور ($+۹۰^\circ$ تا $-۹۰^\circ$) اندازه گیری نمایید.

با استفاده از رسم منحنی مربوطه روابط (۶)، (۸)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) را تحقیق کنید.

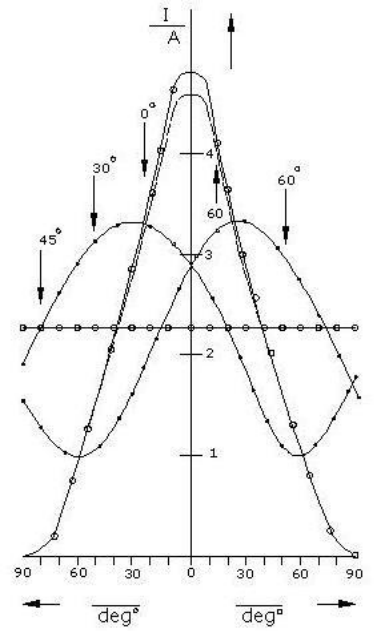
**آزمایش۳: اندازه گیری شدت نور با صفحه $\frac{\lambda}{۲}$**

دو تیغه $\frac{\lambda}{۴}$ را طوری مقابل هم قرار دهید که مثل یک تیغه $\frac{\lambda}{۲}$ عمل کند. آزمایش بالا را تکرار کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آدرس : مشهد-کیلومتر ۱۲ جاده قوچان – پارک علم و فناوری خراسان رضوی – نبش پامچال ، کدپستی: ۹۱۸۵۱۷۳۸۲۳
تلفن : ۳۸۹۰۱۴۴۲-۰۵۱ ۳۵۴۲۵۴۳۸-۰۵۱ همراه : ۰۹۳۵۸۶۷۵۱۴۹ فکس:
ایمیل : samansarabb@gmail.com سایت :

**آزمایش ۴: پدیده فوتوالاستیسیته**

با قرار دادن زاویه آنالیزور بر روی $90^\circ$ خاموشی ایجاد کنید. یک قطعه پلاستیک معمولی را در بین آنالیزور و پلاریزور قرار دهید. رنگی مشاهده نمی‌شود (جسم ایزوتوپ است). پلاستیک را از دو طرف بکشید؛ رنگ‌های مختلفی پدیدار می‌گردد. علت این است که در اثر کشش جسم سانگرد (ایزوتوپ) به جسم ناسانگرد و غیر ایزوتوپ تبدیل گشته است.




شکل ۲

آدرس : مشهد-کیلومتر ۱۲ جاده قوچان – پارک علم و فناوری خراسان رضوی – نبش پامچال ، کدپستی: ۹۱۸۵۱۷۳۸۲۳

تلفن : ۳۸۹۰۱۴۴۲-۰۵۱ ۳۵۴۲۵۴۳۸-۰۵۱ همراه : ۰۹۳۵۸۶۷۵۱۴۹ فکس:

ایمیل : samansarabb@gmail.com سایت :

**شرایط محیطی لازم برای نصب و راه اندازی:**

محدوده دمایی بین ۰ تا ۵۵ درجه سانتی گراد

محدوده رطوبتی قابل تحمل برای دستگاه ۱۰تا۶۵ درصد

دستگاه در معرض تغییرات دمایی شدید قرارنگیرد.

**گارانتی و خدمات پس از فروش :**

کلیه محصولات تولیدی شرکت سامان سرای بین الملل بارثاوا دارای ۳سال گارانتی تعویض قطعات و ۱۰سال خدمات پس از فروش می باشد. .هیچ عامل محیطی و انسانی تولیدات شرکت را از شمول گارانتی و خدمات خارج نمیکند.تجهیزاتی که تنها از شرکت سامان سرای بین الملل بارثاوا خریداری شده و تولید خود این شرکت نمی باشد نیز دارای یک سال گارانتی تعویض و ۲سال خدمات پس از فروش می باشد.نصب و راه اندازی و آموزش نحوه کاربرد وعملکردمحصولات فروخته شده، توسط کارشناسان شرکت در محل آزمایشگاه دانشگاه صورت میگیرد

آدرس : مشهد-کیلومتر ۱۲ جاده قوچان – پارک علم و فناوری خراسان رضوی – نبش پامچال ، کدپستی: ۹۱۸۵۱۷۳۸۲۳

تلفن : ۳۸۹۰۱۴۴۲-۰۵۱ ۳۵۴۲۵۴۳۸-۰۵۱ همراه : ۰۹۳۵۸۶۷۵۱۴۹ فکس:

ایمیل : samansarabb@gmail.com سایت :