مشاهده قطبش چرخشی در محلول‌های فعال نوری و اندازه‌گیری توان چرخش ویژه و غلظت محلول از طریق قطبش سنجی

پارسا رنگریز
۹۷۱۱۰۳۱۴

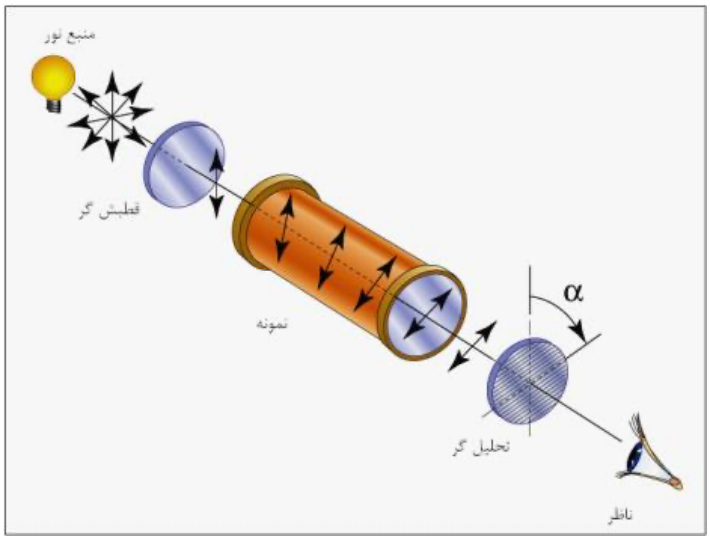
آزمایشگاه اپتیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف

۲۴ آذر ۱۴۰۰

۱ مدل و نظریه

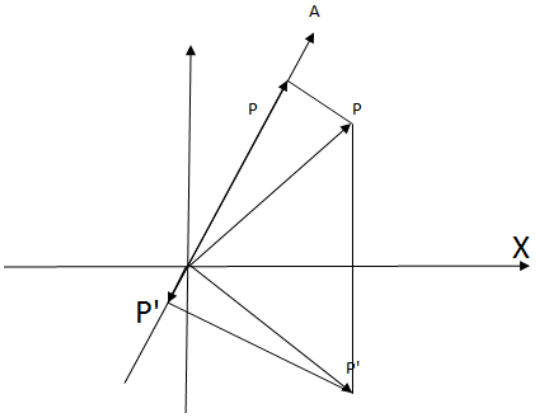
۱.۱ دستگاه قطبش‌سنج

مطابق شکل یک این دستگاه تشکیل شده از یک استوانه که در دو طرف آن قطبش‌گر و تحلیل‌گر قرار دارند. (معمولا در این دستگاه‌ها از منشور نیکول به عنوان قطبش‌گر و تحلیل‌گر استفاده می‌شود.) یک تیغه نیم‌موج به تحلیل‌گر متصل است بطوری که نیم از مسیر نور را می‌پوشاند. بدین ترتیب نوری که از شما قطبش‌گر خارج می‌شود یک قسمت وارد تیغه نیم‌موج شده و سپس از تحلیل‌گر می‌گذرد و قسمت دیگر مستقیما وارد تحلیل‌گر می‌شود. تحلیل‌گر و تیغه نیم‌موج و چشمی

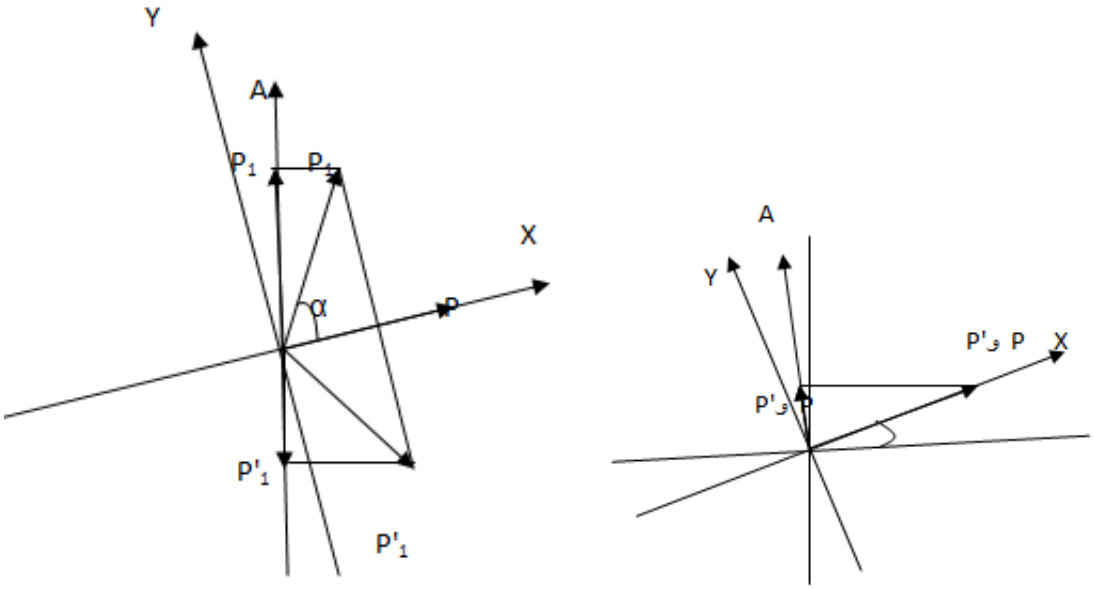


شکل ۱: دستگاه قطبش‌سنج

متصل به آن با هم می‌توانند روی یک صفحه گردش کنند. فرض کنید جهت قطبش پرتو خروجی از قطبش‌گر و تحلیل‌گر مطابق شکل ۲ باشد. همچنین x, y محورهای برگزیده تیغه نیم‌موج باشند. برای آن قسمت از پرتوهایی که وارد تیغه نیم‌جوج گردند تصویر قطبش P روی تحلیل‌گر P می‌باشد. آن قسمت از نور که از تیغه نیم‌موج عبور می‌کند، دارای قطبش P' می‌باشد. (همان‌گونه که در آزمایش سوم بیان شده قطبش نور خروجی از تیغه نیم‌موج قرینه قطبش نور ورودی نسبت به محورهای برگزیده می‌باشد) در این حالت تصویر P' روی تحلیل‌گر است. چون P و P' مساوی نیستند در نتیجه در میدان دید دو قسمت دایره با شدت‌های مختلف مشاهده می‌گردد. حال تحلیل‌گر را می‌گردانیم تا محور ox در امتداد قطبش‌گر قرار گیرد (شکل ۳). در این حال قرینه P یعنی P' بر خودش منطبق است و دو تصویر P و P' مساوی خواهند بود. در نتیجه در میدان دید یک دایره با روشنایی یکنواخت مشاهده می‌گردد. در این حالت دستگاه در تنظیم صفر است. حال اگر یک محلول فعال نوری بین تحلیل‌گر و قطبش‌گر قرار گیرد، قطبش P را به اندازه α می‌چرخاند و در نتیجه P به وضع P_1 درمی‌آید. در این صورت قرینه آن P'_1 می‌شود و دیگر P_1 و P'_1 با هم برابر نیستند (شکل ۴). برای اینکه دو تصویر برابر گردند باید تحلیلگر را به اندازه α در همان جهت چرخش P بگردانیم تا محور ox بر P_1 منطبق گردد.



شکل ۲: شمایی از جهت قطبش پرتو خروجی از قطبش‌گر و تحلیل‌گر



شکل ۳: شمایی از جهت قطبش پرتو خروجی از قطبش‌گر و تحلیل‌گر

۲.۱ محلول‌های فعال نوری

این محلول‌ها اجسام آلی هستند که دارای کربن غیرمتقارن می‌باشند. مانند گلوکز، ساکارز، اسید تارتاریک و اسید لاکتیک. مانند کوارتز این محلول‌ها قاندرند صفحه قطبش را بچرخانند و مقدار زاویه چرخش متناسب است با غلظت مایع و طول مایع که نور پلاریزه از آن می‌گذرد. اگر غلظت محلول‌ها را c فرض کنیم و طول مایع را l بگیریم، زاویه چرخش به صورت زیر است.

$$\alpha = plc \qquad (۱)$$

که در آن α زاویه چرخش، p توان چرخش ویژه است، که برای محلول‌های مختلف فرق می‌کند.

۲ وسایل آزمایش

دستگاه قطبش‌سنج، لوله‌های نمونه با طول‌های مختلف، حاوی محلول ساکارز با غلظت‌های متفاوت

۳ روش آزمایش

۱.۳ آزمایش اول: اندازه‌گری توان چرخش ویژه

لامپ سديم را روشن كرده و چشمي دستگاه قطبش سنج را طوري تنظيم كنيد كه ميدان ديد كاملا واضح شود، در اين صورت يک دايره كه به سه قسمت بصورت زيرتقسيم شده و با روشنايي‌هاي مختلف خواهيد ديد كه نور آنها واضح مي‌باشد(دو قسمت كناري داراي روشنايي يكسان و قسمت وسط متفاوت است). لوله ي حاوي آب مقطر را درون دستگاه قرار داده و صفحه ي تحليلگر را بگردانيد تا روشنايي سه قسمت يكسان شود. (در اين حالت با چرخش جزئي صفحه ي مدرج يكي از دو نيم دايره تيره خواهد شد.) درجه ورنيه را خوانده و به عنوان صفر دستگاه در نظر بگيريد. حال لوله هاي محتوي ساكارز با غلظت و طولهاي مختلف را كه در اختيار شما گذاشته شده است، يكي يكي در محل مناسب خود قرار دهيد. ملاحظه خواهيد نمود كه روشنايي سه قسمت فرق كرده است. تحليلگر (صفحه مدرج) را بچرخانيد تا روشنايي ها يكنواخت گردد. زاويه α_1 را خوانده و با توجه به مقدار α_0 ، مقدار α را محاسبه كنيد. اين كار را براي هر لوله حداقل سه بار تكرار كرده و نتايج را در جدول يادداشت كنيد.

۲.۳ آزمایش دوم: تعیین غلظت محلول مجهول

لوله محتوي محلول ساكارز با غلظت مجهول را كه در اختيار شما قرار ميگيرد، مطابق آزمايش گذشته در محل مناسب قطبش سنج قرار داده و زاويه چرخش مربوط به آن را اندازه گيري كنيد. نتايج خود را در جدول يادداشت كنيد.

۴ جدول داده‌ها

جدول ۱: غلظت ۵۰ گرم بر ليتر

$l(cm) \pm 0.1cm$	n	$\alpha^o \pm 0.05^o$	$P(cm^2/g)$
20.5	1	7.00	6.83
20.5	2	7.10	6.93
20.5	3	7.05	6.88
10.4	1	3.05	5.86
10.4	2	3.05	5.86
10.4	3	3.00	5.77

جدول ۲: غلظت ۱۰۰ گرم بر لیتر

$l(cm) \pm 0.1cm$	n	$\alpha^o \pm 0.05^o$	$P(cm^2/g)$
20.5	1	13.10	6.39
20.5	2	13.15	6.41
20.5	3	13.10	6.39
10.4	1	6.40	6.15
10.4	2	6.35	6.11
10.4	3	6.40	6.15

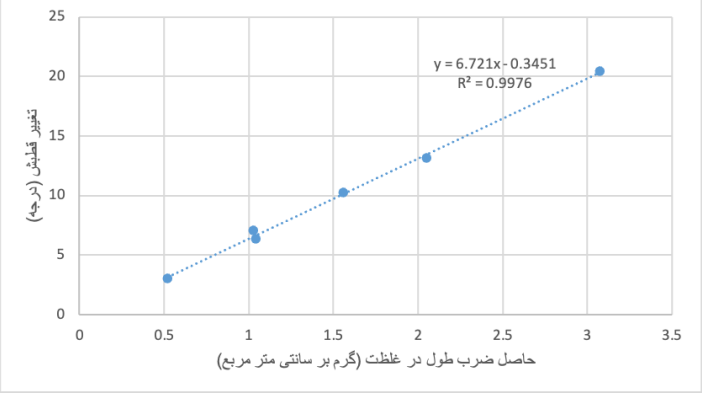
جدول ۳: غلظت ۱۵۰ گرم بر لیتر

$l(cm) \pm 0.1cm$	n	$\alpha^o \pm 0.05^o$	$P(cm^2/g)$
20.5	1	20.40	6.63
20.5	2	20.50	6.67
20.5	3	20.40	6.63
10.4	1	10.30	6.60
10.4	2	10.20	6.54
10.4	3	10.15	6.55

جدول ۴: جدول آزمایش دوم

$l(cm) \pm 0.1cm$	n	$\alpha(^o) \pm 0.05^o$	$C_{cal}(g/lit)$	$C_{plot}(g/lit)$
20.5	1	17.30	131.27	128.07
20.5	2	17.60	134.00	130.24
20.5	3	17.45	132.86	129.16
10.4	1	5.0	75.04	76.47
10.4	1	5.0	75.04	76.47
10.4	1	4.95	74.29	75.75

۵ نمودار داده‌ها



شکل ۴: نمودار زاویه تغییر قطبش بر حسب حاصلضرب طول در غلظت

۶ خطا

۱.۶ آزمایش اول

خطای متغیر P برابر است با

$$P = \frac{\alpha}{lc} \implies \Delta P = \sqrt{\left(\frac{\Delta\alpha}{lc}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l\alpha}{l^2c}\right)^2} \quad (۲)$$

برای محاسبه خطای خط برازش در نمودارها می‌توان نوشت:

$$\Delta b = b\sqrt{\frac{1}{n-2}\left(\frac{1}{R^2} - 1\right)} \quad (۳)$$

از عوامل خطا می‌توان به زیر اشاره کرد.

- زاویه سنجی در قطبش‌سنج به دلیل ضخامت خط‌های ورنیه مشکل است چرا که نمی‌توان تشخیص داد که کدام خط بر خطوط صفحه مدرج منطبق شده.
- طول سنجی لوله‌ها شامل طول درپوش لوله هم می‌شود که نباید آن را در نظر گرفت.
- عبور نور قطبیده شده از درپوشی که در دو انتهای لوله قرار دارد موجب انحراف و تغییر مسیر نور می‌شود.
- خطای ازمایش‌گر و خطای شرایط همچون تغییر دمای محیط نیز در آزمایش دخیل است

۲.۶ آزمایش دوم

خطای متغیر c از رابطه زیر بدست می‌آید

$$c = \frac{\alpha}{Pl} \implies \Delta c = \sqrt{\left(\frac{\Delta\alpha}{pl}\right)^2 + \left(\frac{\Delta p\alpha}{p^2l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l\alpha}{pl^2}\right)^2} \quad (۴)$$

۷ نتیجه‌گیری

۱.۷ آزمایش اول

از جداول ۱ تا ۳ می‌توان میانگین‌ها را این‌گونه نوشت: با استفاده از جدول و نمودار خواهیم داشت:

$P(cm^2/g)$	$\alpha(^o)$	$l(cm)$	$c(gr/lit)$
6.88	7.05	20.5	50
5.83	3.03	10.4	50
6.40	13.12	20.5	100
6.13	6.37	10.4	100
6.64	20.43	20.5	150
6.55	10.22	10.4	150

$$P_{cal} = (6.4 \pm 0.4)\frac{cm^2}{g} \quad (۵)$$

$$P_{plot} = (6.7 \pm 0.2)\frac{cm^2}{g} \quad (۶)$$

۲.۷ آزمایش دوم

با استفاده از جدول ۴ خواهیم داشت که برای لوله بلند

$$C_{cal} = (132 \pm 1)\frac{g}{lit} \quad (۷)$$

$$C_{plot} = (129 \pm 1)\frac{g}{lit} \quad (۸)$$

و برای لوله کوتاه

$$C_{cal} = (74.8 \pm 0.4)\frac{g}{lit} \quad (۹)$$

$$C_{plot} = (76.2 \pm 0.4)\frac{g}{lit} \quad (۱۰)$$

که با استفاده از اعداد بالا خطای نسبی این دو داده به ترتیب برابر است با

$$E_1 = \frac{|C_{cal} - C_{plot}|}{C_{plot}} = 1.9\% \quad (۱۱)$$

$$E_2 = \frac{|C_{cal} - C_{plot}|}{C_{plot}} = 2.9\% \quad (۱۲)$$

با توجه به اعدادی که بدست آمده است می‌توان نتیجه گرفت که آزمایش خوبی انجام داده ایم و به طور کلی اثر محلول‌ها بر روی چرخش صفحه قطبش قابل مشاهده است چرا که خطاهای بدست آمده در مقایسه با اعداد حاصل قابل صرف نظر است.