

بسم الله الرحمن الرحيم

گزارش کار آزمایشگاه اپتیک – دکتر مهدوی

آزمایش یازدهم

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

حسین محمدی

۹۶۱۰۱۰۳۵

آزمایشگاه اپتیک – دانشکده فیزیک – دانشگاه صنعتی شریف

گروه دوم – چهارشنبه از ساعت ۱۳:۳۰ الی ۱۷:۳۰

تاریخ انجام آزمایش : ۲۹ اردیبهشت سال ۱۴۰۰

مقدمه ی آزمایش

در این آزمایش، به سراغ محلولهای فعال نوری می رویم و مشخصه ها و ویژگی های این محلول ها را بررسی می کنیم. همچنین با دستگاه قطبش سنج آشنا می شویم که برای اندازه گیری تغییر قطبش در اثر عبور از محلول استفاده می شود¹.

محلولهای فعال نوری شامل کربن غیرمتقارن هستند، مانند ساکارز یا گلوکوز. ویژگی این محلولها این است که اگر یک دسته نور با قطبش معین به آن ها بتابانیم، صفحه قطبش را می چرخانند. این چرخش متناسب با غلظت محلول و طولی از مایع است که نور از آن عبور می کند. ثابت تناسب این رابطه را هم توان ویژه چرخش می نامیم که علی الاصول به دمای محلول و طول موج نور پولاریزه و سایر ویژگی های ماده وابسته است.

در آزمایش اول، با دانستن غلظت محلول و طول لوله، سعی می کنیم که توان ویژه چرخش را حاصل کنیم. در آزمایش دوم هم با دانستن توان ویژه چرخش، غلظت نمونه مجهول را تعیین می کنیم.

وسایل آزمایش:

قطبش سنج

لوله های نمونه با طول های مختلف ؛ حاوی نمونه ساکارز با غلظت های متفاوت

آزمایش اول: اندازه گیری توان چرخش ویژه

برای انجام این آزمایش، نیاز داریم که دستگاه قطبش سنج را تنظیم اولیه کنیم. برای این که لوله حاوی آب مقطر را در جایگاه نمونه قرار می دهیم و صفحه تحلیل گر را می گردانیم تا روشنایی میدان دیدمان یکنواخت شود، زاویه ای که دستگاه نشان می دهد را به عنوان صفر دستگاه در نظر می گیریم.

حالا نمونه های داده شده را تک تک در جایگاه نمونه قرار می دهیم و مشاهده می کنیم که میدان دیدمان تیره می شود و غیریکنواخت است. با چرخاندن صفحه تحلیلگر، میدان دید را یکنواخت می سازیم و سپس اختلاف زاویه خوانده شده از زاویه تنظیم اولیه را در جدول یادداشت می کنیم ($\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$) این اندازه گیری را سه بار انجام می دهیم. با محاسبه مقدار میانگین α ، می توانیم مقدار توان ویژه چرخش را به دست بیاوریم.

حالا جدول داده های یافته شده این اندازه گیری ها را مشاهده کنید:

¹ شیوه کار با دستگاه قطبش سنج و تنظیم اولیه آن و عملکرد آن به طور کامل در فایل پیش گزارش بررسی شد و در اینجا از آوردن آن خودداری می کنیم.

جدول ۱۱-۲

غلظت $c = 100 \frac{gr}{lit}$			
طول لوله	دفعات	$\alpha^\circ + 0.05^\circ$	$P \left(\frac{cm^2}{g} \right)$
$l = 20.5 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$	۱	13.10°	6.39
	۲	13.15°	6.41
	۳	13.10°	6.39
میانگین		13.12°	6.40
$l = 10.4 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$	۱	6.4°	6.15
	۲	6.35°	6.11
	۳	6.4°	6.15
میانگین		6.37°	6.13

جدول ۱۱-۱

غلظت $c = 50 \frac{gr}{lit}$			
طول لوله	دفعات	$\alpha^\circ + 0.05^\circ$	$P \left(\frac{cm^2}{g} \right)$
$l = 20.5 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$	۱	7.0°	6.83
	۲	7.1°	6.93
	۳	7.05°	6.88
میانگین		7.05°	6.88
$l = 10.4 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$	۱	3.05°	5.86
	۲	3.05°	5.86
	۳	3.0°	5.77
میانگین		3.03°	5.83

جدول ۱۱-۳

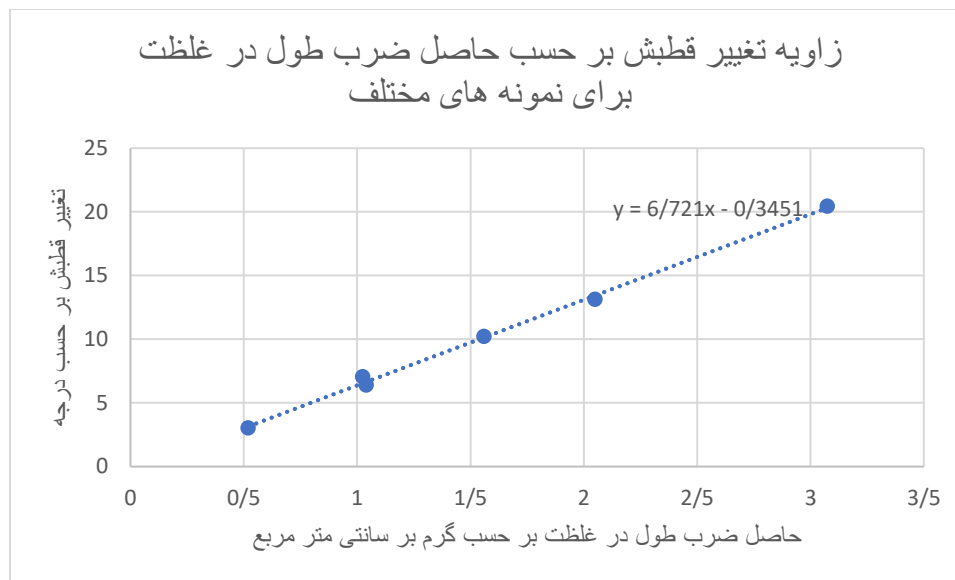
غلظت $c = 150 \frac{gr}{lit}$			
طول لوله	دفعات	$\alpha^\circ + 0.05^\circ$	$P \left(\frac{cm^2}{g} \right)$
$l = 20.5 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$	۱	20.40°	6.63
	۲	20.50°	6.67
	۳	20.40°	6.63
میانگین		20.43°	6.64
$l = 10.4 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$	۱	10.30°	6.60
	۲	10.20°	6.54
	۳	10.15°	6.51
میانگین		10.22°	6.55

جدول ۱۱-۴

نمودار P	آزمایش P

توجه کنید که از دو طریق ما توان چرخشی را حساب می کنیم؛ یکی با میانگین گیری از داده های جدول بالا و دیگری از طریق برازش بهترین خط بر داده های جدول بالا و نتایج را در جدول ۱۱-۴ می بینیم.

محاسبات مربوط به بدست آوردن توان ویژه چرخش در فایل اکسل به تفصیل آمده است. از ما خواسته شده است که نمودار α بر حسب lc را هم رسم کنیم؛ که آن را مشاهده می کنید:



نمودار ۱۱-۱: ترسیم زاویه تغییر قطبش بر حسب حاصل ضرب طول در غلظت در آزمایش اول

حالا در اینجا با میانگین گیری روی هر هجده داده و یافتن پراکندگی آنها می توانیم مقدار توان ویژه چرخشی را حساب کنیم و به شکل زیر گزارش کنیم (در فایل اکسل محاسبه شده اند):

$$P_{calc} = 6.407 \frac{cm^2}{g} \pm 0.353 \frac{cm^2}{g}$$

و حالا با برازش خط بر شش داده ی میانگین گیری شده (همانطور که در نمودار بالا می بینید)، به دست می آوریم که:

$$P_{calc} = 6.721 \frac{cm^2}{g} \pm 0.243 \frac{cm^2}{g}$$

برای محاسبه خطای آزمایش از رابطه خطای کمیت وابسته استفاده می کنیم؛ می دانیم که خطای اندازه گیری زاویه $\Delta\alpha = 0.05^\circ$ است و خطای طول سنجی $\Delta l = 0.1 \text{ cm}$ پس با کمک خطای کمیت وابسته:

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

که مستقلا برای هر ردیف داده در اکسل محاسبه شده است و از آورده آن در اینجا به علت شلوغی بیش از اندازه فایل گزارش خودداری شده است. می توان دید که ماکسیمم خطای کمیت وابسته برابر با $0.12 \frac{cm^2}{gr}$ بوده است.

همچنین خطای پراکندگی این داده ها هم محاسبه شده است و برابر $0.353 \frac{cm^2}{gr}$ است؛ این که خطای کاتوره ای از خطای وابسته بیشتر است نشان می دهد که در اندازه گیری هایمان خطای زیادی داشته ایم.

توجه کنید که خطای داده ها را می توانستیم روی فایل اکسل هم نشان دهیم ولی مقدار خطا به قدر کوچک است که به چشم نمی آید و مقیاس کردن خطاها هم کار درستی نیست.

همچنین در روش یافتن توان ویژه چرخش به کمک برازش خط، خطای شیب خط هم به دست آمده که برابر $0.243 \frac{cm^2}{g}$ است.

پس توانستیم با هر دو روش مقدار توان ویژه چرخش را حاصل کنیم و خطاها را هم بیان کنیم.

موارد احتمالی خطا این ها می توانند باشند:

- اولاً زاویه سنجی در قطبش سنج بسیار مشکل بود چرا که ضخامت خط های ورنیه بسیار زیاد بود به طوری که نمیشد تشخیص داد که کدام خط بر خطوط صفحه مدرج منطبق شده است. به همین خاطر است که در بعضی موارد اختلاف فاحشی بین نتایج سه آزمایش در یک جدول دیده می شود.
- طول سنجی لوله ها شامل طول درپوش لوله هم می شد که نباید آن را اندازه گرفت و این خود موجب تولید خطاست.
- عبور نور قطبیده شده از درپوشی که در دو انتهای لوله قرار دارد موجب انحراف و تغییر مسیر نور می شود.
- خطای آزمایشگر و خطای شرایط (تغییر دمای محیط و...) هم در این آزمایش دخیل هستند.

آزمایش دوم: تعیین غلظت محلول مجهول

در آزمایش اول موفق شدیم که توان چرخشی برای محلول ساکارز در شرایط معین (دما و طول موج و...) را پیدا کنیم. حالا دو لوله با طول معین و غلظت مجهول داریم و سعی داریم که غلظت آن را با کمک رابطه ی $\alpha = plc$ بدست بیاوریم. توجه کنید که دو مقدار متفاوت برای توان چرخشی داریم که مربوط به میانگین گیری و برازش خط است و هر دو را جایگذاری می کنیم.

جدول داده های این آزمایش را ببینید:

جدول ۵-۱۱

طول لوله	دفعات	$\alpha^\circ + 0.05^\circ$	C محاسبه $(\frac{g}{lit})$	C منحنی $(\frac{g}{lit})$
$l = 20.5 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$	۱	۱۷.۳۰	131.72	128.07
	۲	۱۷.۶۰	134.00	130.24
	۳	۱۷.۴۵	132.86	129.16
میانگین		۱۷.۴۵	132.86	129.16

$l =$ 10.4 cm $\pm 0.1 \text{ cm}$	۱	۵.۰	75.04	76.47
	۲	۵.۰	75.04	76.47
	۳	۴.۹۵	74.29	75.75
میانگین		۴.۹۸	74.79	76.23

درستون چهارم این جدول از سمت چپ، غلظت را با کمک مقدار

$$P_{calc} = 6.407 \frac{cm^2}{g} \pm 0.353 \frac{cm^2}{g}$$

و از رابطه $\alpha = plc$ بدست آورده ایم. در ستون آخر از سمت چپ ها با کمک رابطه خطی که در نمودار ۱-۱۱ هست؛ مقدار غلظت را محاسبه کرده ایم. این محاسبات کاملاً در فایل اکسل موجود هستند.

خطای کاتوره ای مربوط به هر دو لوله و برای هر دو روش را از رابطه $\Delta c = \frac{\sigma_{1,2,3}}{\sqrt{3}}$ محاسبه می کنیم. این محاسبات در فایل اکسل موجودند و نتایج آن در زیر ارائه شده است.

حالا می توانیم غلظت لوله ها را به شکل زیر گزارش کنیم:

لوله بلند:

$$C_{\text{محاسبه}} = 132.86 \frac{g}{lit} \pm 1.14 \frac{g}{lit}$$

$$C_{\text{منحنی}} = 129.16 \frac{g}{lit} \pm 1.09 \frac{g}{lit}$$

لوله کوتاه:

$$C_{\text{محاسبه}} = 74.79 \frac{g}{lit} \pm 0.43 \frac{g}{lit}$$

$$C_{\text{منحنی}} = 76.23 \frac{g}{lit} \pm 0.41 \frac{g}{lit}$$

همچنین خطای نسبی برای این دو داده برابر است با:

$$Error_{\text{کوتاه}} = \frac{76.23 - 74.79}{76.23} \times 100 = \%1.9$$

$$Error_{\text{بلند}} = \frac{129.16 - 132.86}{129.16} \times 100 = -\%2.9$$

توجه کنید که می توانیم با کمک رابطه خطای کمیت وابسته، خطای غلظت را هم حساب کنیم:

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

که در فایل اکسل این خطاها محاسبه شده اند و می بینید که بیشینه این خطا حدود ۵ گرم بر لیتر است! توجه کنید که این روش اگر چه یک روش کاملا بدیع است که غلظت را بر حسب قطبش نور عبوری از محلول می دهد ولی برای غلظت سنجی های بسیار کم، کاربردی نیست.

خطاهای این آزمایش هم دقیقا مشابه آزمایش ۱ هستند و از همانجا سرچشمه می گیرند.