

بسم الله الرحمن الرحيم

گزارش کار آزمایشگاه اپتیک – دکتر مهدوی

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

تاریخ انجام آزمایش : ۵ اسفند سال ۱۳۹۹

آزمایش اول

اندازه گیری ضریب شکست و ضرایب کوشی منشور

حسین محمدی

۹۶۱۰۱۰۳۵

جدولهای آزمایش اول

اندازه گیری زاویه رأس منشور جدول ۱-۱

دفعات	θ_1	θ_2	$\theta = \theta_2 + \theta_1$	α (راس منشور)
۱	۶۱/۴۸	۶۲/۳۲	۱۲۳/۸	۶۱/۹
۲	۶۰/۵۷	۵۹/۵۵	۱۲۰/۱۲	۶۰/۰۶
۳	۶۰/۵۸	۵۹/۵۳	۱۲۰/۱۱	۶۰/۰۵
میانگین				۶۰/۶۷

زوایای مینیمم انحراف لامپ هلیوم جدول ۲-۱

رنگ	δ_m				δ متوسط	n
	λ (Å)	تنظیم اول	تنظیم دوم	تنظیم سوم		
قرمز	۶۶۷۶	۵۰/۲۷°	۵۰/۲۵°	۵۰/۲۶°	۵۰/۲۶°	۱/۶۳۱
زرد	۵۸۷۵	۵۰/۹۵°	۵۰/۹۵°	۵۰/۹۲°	۵۰/۹۴°	۱/۶۳۷
فیروزه ای	۵۰۱۵	۵۲/۰۳°	۵۲°	۵۲/۰۲°	۵۲/۰۲°	۱/۶۴۸
آبی	۴۹۲۱	۵۲/۲۲°	۵۲/۲۳°	۵۲/۱۹°	۵۲/۲۱°	۱/۶۵۰
بنفش	۴۷۱۳	۵۲/۶۲°	۵۲/۵۷°	۵۲/۵۷°	۵۲/۵۸°	۱/۶۵۳
بنفش روشن	۴۴۷۱	۵۳/۲۳°	۵۳/۱۷°	۵۳/۱۵°	۵۳/۱۸°	۱/۶۵۹

در جدول های بالا، تمامی زوایا از واحد های دقیقه به درجه تبدیل شده اند و دقت درجه در گرد کردن لحاظ شده است.^۲

راستش زیاد رنگهای مختلف را به خوبی نمی شناسم، امیدوارم منظورم روشن باشد، برای همین عکس رتیکول را اینجا آورده ام تا رنگها را ببینید.^۱
در ضمن در این گزارش از مفاهیمی مثل «انحراف معیار»، «میانگین»، «خطای کمیت وابسته» و... که در تحلیل داده ها وجود دارند استفاده کرده ام ولی تعاریف^۲ و روابط آن ها را نیاورده ام چرا که تصور من این است که فایل قواعد گزارش آزمایشگاه اپتیک را نیازی نیست که دوباره در این جا بیاورم.



رنگهای نور مرئی ای که از لامپ هلیوم ساطع می شود

آزمایش اول:

در این آزمایش زاویه راس منشور را پیدا کردیم، در جدول بالا داده های اندازه گیری برای سه اندازه گیری ثبت شده اند و با میانگین گرفتن روی سه زاویه ای که برای راس منشور پیدا شده، میانگین زوایا را به عنوان «مقدار اندازه گیری شده برای زاویه راس منشور» معرفی می کنیم.

محاسبه خطا: با توجه به نتایج به دست آمده و دقت دستگاه طیف سنج، خطای مربوط به زاویه راس منشور را بدست آورید.

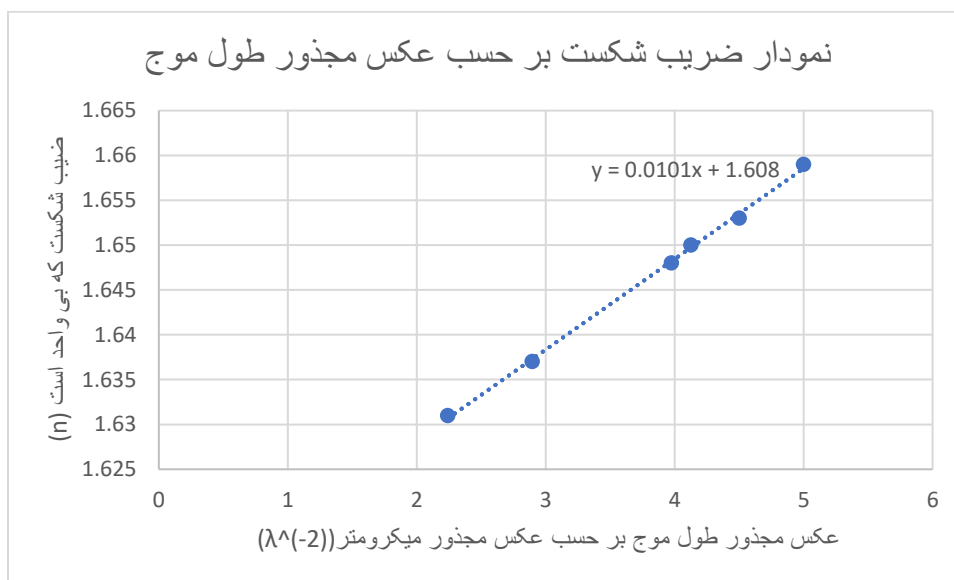
به دقت دستگاه طیف سنج دسترسی نداشتیم، اما محاسبه ی انحراف معیار زوایای راس منشور به ما مقدار $1/13$ درجه را می دهد البته اگر تعداد اندازه گیری های ما بیشتر بود، شاید این خطا کمتر می شد ولی الان می توان گفت که خطای مربوط به زاویه راس منشور در این سه اندازه گیری $1/13$ درجه است. همچنین، زاویه راس منشور مطابق فرمایش شما برابر با 60 درجه بوده است، و این یعنی که اندازه گیری زاویه راس منشور دارای خطای نسبی تقریب $1/1\%$ بوده است.

آزمایش دوم:

در آزمایش دوم، مقدار زوایای کمینه انحراف را با میانگین گیری روی دفعات مختلف اندازه گیری حساب کرده ایم و از رابطه ۱-۱ دستور کار، به مقادیر ذکر شده در جدول صفحه قبل برای ضریب شکست رسیده ایم.

رسم منحنی تغییرات ضریب شکست بر حسب عکس مجذور طول موج:

برای رسم منحنی تغییرات ضریب شکست بر حسب عکس مجذور طول موج، ابتدا طول موج ها را در واحد میکرومتر نوشته ایم (این کار از تولید شدن عددهای بسیار بزرگ یا بسیار کوچک وقتی که معکوس و مجذور می شود، جلوگیری می کند، و می دانیم که تبدیل کردن واحد های طول موج، واحد ضرایب ثابت معادله کوشی را تغییر می دهد که آن را بدست می آوریم.) و سپس با کمک نرم افزار اکسل به ترسیم نمودار پرداخته ایم^۳:



که با کمک ضریب زاویه و عرض از مبدا خط، می توان ضرایب کوشی را خواند، شکل بالا نتیجه می دهد که ضرایب کوشی برای منشور مطابق نمادهایی که در رابطه ۱-۲ دستور کار آمده است، به شکل زیر است:

$$B = 1/01 * 10^{-2} (\mu m)^2$$

$$A = 1/608$$

و پارامتر A بدون واحد است.

فایل اکسل ضمیمه شده است.^۳

محاسبه خطا:

با کمک جدول می توانیم، خطای «زاویه کمینه انحراف» را محاسبه کنیم، برای این کار، داده ها را وارد اکسل کرده ام و از دستور STDS.V استفاده کرده ام که مقدار انحراف معیار را به دست می دهد، و می دانیم که برای خواندن مقدار خطای یک سری اندازه گیری، استفاده انحراف معیار، انتخاب خوبی است^۴، پس انحراف معیار را به عنوان خطای زاویه معرفی می کنیم.

در جدول زیر خطای زوایای کمینه انحراف را آورده ام:

خطا پس از گرد کردن (واحد درجه)	انحراف معیار که معیاری از خطاست (بدون گرد کردن)	مقدار میانگین زاویه انحراف	تنظیم سوم	تنظیم دوم	تنظیم اول	طول موج به آنگستروم
۰,۰۰	۰,۰۰۹۸۱۴۹۵	۵۰,۲۶	۵۰,۲۵	۵۰,۲۵	۵۰,۲۶۷	۶۶۷۸,۱۵
۰,۰۲	۰,۰۱۷۳۲۰۵۱	۵۰,۹۴	۵۰,۹۲	۵۰,۹۵	۵۰,۹۵	۵۸۷۵,۶۲
۰,۰۲	۰,۰۱۵۲۷۵۲۵	۵۲,۰۲	۵۲,۰۲	۵۲	۵۲,۰۳	۵۰۱۵,۶۷
۰,۰۲	۰,۰۲۰۸۱۶۶۶	۵۲,۲۱	۵۲,۱۹	۵۲,۲۳	۵۲,۲۲	۴۹۲۱,۹۳
۰,۰۳	۰,۰۲۸۸۶۷۵۱	۵۲,۵۸	۵۲,۵۷	۵۲,۵۷	۵۲,۶۲	۴۷۱۳,۱۴
۰,۰۴	۰,۰۴۱۶۳۳۳۲	۵۳,۱۸	۵۳,۱۵	۵۳,۱۷	۵۳,۲۳	۴۴۷۱,۴۸

جدول اندازه گیری های زاویه ی کمینه انحراف برای طول موج های مختلف لامپ هلیوم و انحراف معیار در هر طول موج

برای بدست آوردن خطای ضریب شکست منشور در آن طول موج خاص، از رابطه ای که در آزمایشگاه فیزیک ۱ برای بدست آوردن خطای کمیت های وابسته یاد گرفتیم، استفاده می کنیم:

$$(\Delta n)^2 = \left(\frac{\partial n}{\partial (\delta_m)} \Delta \delta_m \right)^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial (\alpha)} \Delta \alpha \right)^2$$

و بدست می آوریم:

$$\Delta n^2 = \left(\frac{\cos\left(\frac{\alpha + \delta_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \Delta \delta_m \right)^2 + \left(\frac{\cos\left(\frac{\alpha + \delta_m}{2}\right) \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sin\left(\frac{\alpha + \delta_m}{2}\right)}{\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \Delta \alpha \right)^2$$

و با کمک نرم افزار اکسل می توانیم، این خطاها را حساب کنیم، در جدول زیر خطاها آمده است:

از همان قواعد آزمایشگاه فیزیک ۱ که فرستادید استفاده کردم.^۴

خطای ضریب شکست (گرد شده)	خطای ضریب شکست (گرد نشده)	ضریب شکست
۰,۰۱	۰,۰۱۱۰۱۹	۱,۶۳۱
۰,۰۲	۰,۰۱۹۲۷۷	۱,۶۳۷
۰,۰۲	۰,۰۱۶۷۶۵	۱,۶۴۸
۰,۰۲	۰,۰۲۲۷۸۹	۱,۶۵
۰,۰۳	۰,۰۳۱۴۴۹	۱,۶۵۳
۰,۰۴	۰,۰۴۴۹۹۶	۱,۶۵۹

جدول خطای ضریب شکست برای هر طول موج

و می توان ضریب شکست در هر طول موج را به شکل زیر نوشت:

$$n_{\lambda} + \Delta n_{\lambda} = \text{مقدار گزارش شده}$$

که Δn_{λ} خطای ضریب شکست در طول موج λ و n_{λ} ضریب شکست در طول موج λ است.

خطای شیب خط و عرض از مبدا خط

برای محاسبه ی مقدار خطای شیب خط برازش شده به داده ها و خطای عرض از مبدا از دستور LINEST در اکسل استفاده کرده ام که هم شیب و عرض از مبدا را حساب می کند و هم خطای آن ها را، جدول زیر را مشاهده کنید:

عرض از مبدا	شیب خط	
۱,۶۰۸۰۳۶	۰,۰۱۰۱۰۳	مقادیر
۰,۰۰۰۷۳۳	۰,۰۰۰۱۸۸	خطاها
۰,۰۰	۰,۰۰	خطای گرد شده

جدول خطای شیب و خطای عرض از مبدا برای نمودار ضریب شکست بر حسب عکس مجذور طول موج

$$B = ۱/۰.۱ * ۱۰^{-۲} \pm ۱/۹ * ۱۰^{-۴} (\mu m)^2$$

$$A = ۱/۶۰.۸ \pm ۷ * ۱۰^{-۴}$$

و خطاهای شیب و عرض از مبدا دو – چهار مرتبه بزرگی از خود این مقادیر کمتر است، و این خبر به این معنی است که اندازه گیری ها به خوبی انجام شده است. (پراکندگی در داده ها کم است و از شکل خطی داده ها هم می توان به این نتیجه پی برد).

خطای نسبی و درصد خطای نسبی:

از بررسی جزوه ای که مجموعه ای از قواعد آزمایشگاه فیزیک ۱ بود، تعریف زیر را برای محاسبه ی خطای نسبی دیدم:

برای محاسبه خطای نسبی و درصد خطای نسبی زوایای کمینه انحراف، بایستی مقدار حقیقی (یعنی مقداری با دقت بالاتر از دقت اندازه گیری های خودمان) داشته باشیم و مطابق رابطه زیر به محاسبه خطای نسبی پردازیم:

$$\text{خطای نسبی} = \frac{\text{مقدار حقیقی} - \text{مقدار اندازه گیری شده}}{\text{مقدار حقیقی}}$$

ولی از آن جا که من نتوانستم مقدار دقیقتری برای زوایای کمینه انحراف پیدا کنم، پس نمی توانم مقدار خطای نسبی و درصد خطای نسبی را (مطابق دستور بالا) حساب کنم.

درک و برداشت من از این سوال:

در آزمایشگاه دو خطا داریم:

خطایی است که دقت وسایل اندازه گیری بر دوش ما می گذارد، یعنی خطایی که به علت محدود بودن وسایل اندازه گیری آزمایشگاهی بر نتایج تحمیل می شود و این خطا با اندازه گیری های متوالی قابل حذف نیست.

اما خطای دوم همان خطای آزمایشگر است که این خطا، علی الاصول وقتی که تعداد آزمایش های ما زیاد شود، به صفر میل می کند. (از قضای روزگار ما هر اندازه گیری را سه بار تکرار کرده ایم و این یعنی که خطای آزمایشگر در این اندازه گیری ها غیرقابل چشم پوشی است).

اما می دانیم که اندازه گیری هایی که کردیم، حول مقدار حقیقی این کمیت پراکنده شده است و انحراف معیاری که در بالا حساب کرده بودیم، پراکندگی حول «بهترین مقداری که با دستگاه اندازه گیری می توان به دست آورد» را می دهد. پس می توان گفت که از این آزمایش ما یک معیار خطا بدست آوردیم که «خطای آزمایشگر» نامیده می شود.

اما تعریف خطای نسبی چیز دیگری است که نیاز به داشتن داده ای اضافه دارد و اگر من به عنوان اولین کسی که این آزمایش را انجام می داد، می خواستم گزارش بدهم، فقط می توانستم خطای آماری یا همان انحراف معیار را گزارش می کردم.