

بسم الله الرحمن الرحيم

گزارش کار آزمایشگاه اپتیک – دکتر مهدوی

آزمایش ششم

پراش فرانhofer

حسین محمدی

۹۶۱۰۱۰۳۵

آزمایشگاه اپتیک – دانشکده فیزیک – دانشگاه صنعتی شریف

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

تاریخ انجام آزمایش : ۲۵ فروردین سال ۱۴۰۰

مقدمه ی آزمایش

پراش، از مقدماتی ترین و شگفت انگیزترین پدیده های نورشناسی است. مطابق اصل هویگنس می توان پراش را از یک روزنه توجیه و درک کرد. در این آزمایش ما پس از آشنایی با اصل هویگنس، با دو رژیم فرانیهوفر و فرنل در بررسی پراش آشنا شدیم و سپس به بررسی پراش از اجسام دارای روزنه با اشکال مختلف پرداختیم. در این گزارش کار، به بررسی سوالات موجود در دستور کار می پردازیم و نتایجی را که از این آزمایش به دست آورده ایم به اختصار ذکر می کنیم.

وسایل آزمایش:

لیزر هلیوم نئون (که به دلیل تک رنگ بودن، همدوس و همفاز بودن بهترین وسیله برای اجرای آزمایش پراش است.) - پایه لغزان - پرده مشاهده - ریل اپتیکی - کولیس - روزنه با اشکال مختلف (تک شکاف- مثلثی - مستطیلی - دایره ای - سیم با قطر مختلف - لبه مستقیم و ۷ شکل)

آزمایش اول: پراش از تک شکاف

تک شکاف را روی نگهدارنده و در مقابل نور لیزر قرار می دهیم، سپس طرح پراش روی پرده مشاهده می شود. داده هایی که از این آزمایش به دست آمده به این شرح است:

تک شکاف جدول ۶-۱

دفعات	$i(mm) \pm 0.004 mm$	$D(m) \pm 1mm$	$d(mm) \pm 0.003mm$
۱	0.276	1.5	0.343
۲	0.274	1.5	0.346
۳	0.279	1.5	0.340
میانگین پهنای شکاف			۰.۳۴۴

محاسبه خطا:

توجه کنید که وقتی خطای اندازه گیری پنج نوار برابر 0.02 میلیمتر است، خطای اندازه گیری فاصله یک نوار یک پنجم آن یعنی 0.004 mm می شود.

همچنین خطای اندازه گیری عرض شکاف را از روابط زیر حاصل می کنیم:

$$d = \frac{\lambda D}{i}, \quad \Delta d = \sqrt{\left(\frac{\lambda \Delta D}{i}\right)^2 + \left(\frac{\lambda D \Delta i}{i^2}\right)^2}$$

و خطای عرض شکاف تقریباً $\Delta d = 0.0045 \text{ mm}$ حاصل می شود.

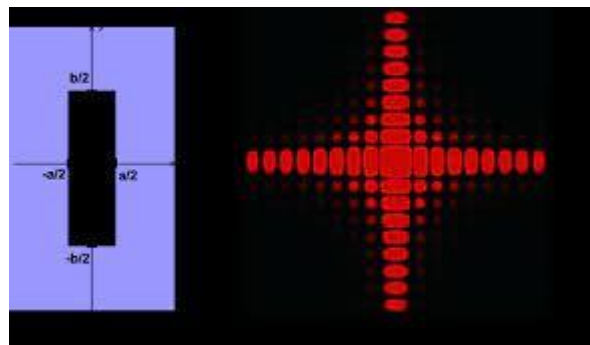
همچنین خطای آماری عرض شکاف (یعنی $\frac{\sigma_d}{\sqrt{3}}$) را هم می توان محاسبه کرد که برابر با $\Delta d = 0.003 \text{ mm}$ ^۱ است.

برای گزارش کردن مقدار عرض شکاف هم می نویسیم:

$$d = 0.344 \text{ mm} \pm 0.0045 \text{ mm}$$

آزمایش دوم: پراش از روزنه مستطیل شکل

در این آزمایش، از روزنه مستطیل شکل استفاده کردیم و نتیجه آن شکل زیر شده است:



تصویر ۱: طرح پراش از یک روزنه مستطیل شکل

این قسمت از آزمایش فقط بر مشاهده شکل پراش تاکید دارد.

مشاهده: شکل پراش، متشکل از دو خط عمودی و افقی است که روی این خطوط، مستطیل های پراش شده را می بینیم، البته ما بین این خطوط هم طرح پراش به طور بسیار کم رنگ دیده می شود، اما در راستای عمود و به موازات روزنه مستطیل شکل، شدت نور بیشینه است.

آزمایش سوم: پراش از تک سیم

¹ در فایل اکسل آمده است.

در این آزمایش از تک سیم با قطرهای مختلف استفاده کردیم و سعی کردیم که قطر آن را به کمک طرح پراش به دست بیاوریم. البته در داده های آزمایش فقط داده های مربوط به یک سیم وجود دارد.

جدول داده های این آزمایش:

تک سیم جدول ۶-۲

دفعات	$i(mm) \pm 0.004 mm$	$D(m) \pm 1mm$	$d(mm) \pm 0.003mm$
۱	۰.۴۵۰	۱.۵	۰.۲۱۱
۲	۰.۴۵۴	۱.۵	۰.۲۱۰
۳	۰.۴۵۳	۱.۵	۰.۲۱۰
میانگین ضخامت سیم			۰.۲۱۰

محاسبه خطا:

توجه کنید که وقتی خطای اندازه گیری پنج نوار برابر 0.02 میلیمتر است، خطای اندازه گیری فاصله یک نوار یک پنجم آن یعنی 0.004 mm می شود.

همچنین خطای اندازه گیری قطر سیم را از روابط زیر حاصل می کنیم:

$$d = \frac{\lambda D}{i}, \quad \Delta d = \sqrt{\left(\frac{\lambda \Delta D}{i}\right)^2 + \left(\frac{\lambda D \Delta i}{i^2}\right)^2}$$

و خطای قطر سیم تقریباً $\Delta d = 0.0053 mm$ حاصل می شود.

همچنین خطای آماری قطر سیم (یعنی $\frac{\sigma_d}{\sqrt{3}}$) را هم می توان محاسبه کرد که برابر با $\Delta d = 0.0038 mm$ است.

برای گزارش کردن مقدار قطر سیم هم می نویسیم:

$$d = 0.210 mm \pm 0.0053 mm$$

آزمایش چهارم: پراش از لبه مستقیم

در این آزمایش، از لبه مستقیم استفاده کردیم و نتیجه آن شکل زیر شده است:



تصویر ۲: طرح پراش از یک لبه مستقیم

این قسمت از آزمایش فقط بر مشاهده شکل پراش تاکید دارد.

مشاهده: روزنه ای دایره ای استفاده شده است که نیمی از آن پوشیده شده است، یعنی یک نیم دایره. انتظار داشتیم که در طرفی از دایره که پوشانده شده است، سایه هندسی تشکیل شود اما اتفاق جالب این است که در طرفی که دایره پوشانده شده است، بازهم طرح پراش تشکیل می شود و شدت نور به سرعت افت می کند.

آزمایش پنجم: پراش از روزنه دایره ای شکل

روزنه ی دایره ای شکل، پراشنده این قسمت از آزمایش است. در این آزمایش قصد داریم که نسبت بین شعاع ها را به دست بیاوریم و با نظریه مقایسه کنیم.

جدول داده های این آزمایش:

روزنه دایره ای جدول ۶-۳

دفعات	$r_1(mm)$ $\pm 0.02 mm$	$r_2(mm)$ $\pm 0.02 mm$	$r_3(mm)$ $\pm 0.02 mm$	r_2/r_1	r_3/r_1	r_3/r_2
۱	1.3	2.36	3.42	1.815	2.630	1.449
۲	1.24	2.4	3.36	1.935	2.709	1.400
۳	1.32	2.3	3.4	1.742	2.575	1.478
میانگین آزمایش				1.832 ± 0.098	2.639 ± 0.067	1.442 ± 0.040

محاسبه	1.863	2.655	1.446
--------	-------	-------	-------

محاسبه خطا:

خب ابتدا درصد خطا را محاسبه می کنیم:

$$E_1 = \frac{1.863 - 1.832}{1.863} = \%1.7$$

$$E_2 = \frac{2.655 - 2.639}{2.655} = \%0.72$$

$$E_3 = \frac{1.446 - 1.442}{1.446} = \%0.28$$

همچنین می توانیم خطای کمیت وابسته ی مد را هم حساب کنیم:

$$r_{ij} = \frac{r_i}{r_j}, \quad \Delta r_{ij} = \sqrt{\left(\frac{\Delta r_i}{r_j}\right)^2 + \left(\frac{r_i \Delta r_j}{r_j^2}\right)^2}$$

که تقریبا داریم : $\delta r_{12} = \delta r_{23} = \delta r_{13} = 0.001$ (بدون واحد)

و همچنین خطای آماری اندازه گیری ها هم در فایل اکسل محاسبه شده است و برابر است با:

$$\Delta r_{12} = 0.098$$

$$\Delta r_{23} = 0.067$$

$$\Delta r_{13} = 0.040$$

آزمایش ششم: پراش از روزنه مثلث شکل

در این آزمایش، از روزنه مثلث شکل استفاده کردیم و نتیجه آن شکل زیر شده است:



تصویر ۳: طرح پراش از یک روزنه مثلث شکل

این قسمت از آزمایش فقط بر مشاهده شکل پراش تاکید دارد.

مشاهده: چون طول ها اضلاع در یک مقیاس هستند، پراش از لبه ها رخ می دهد و در شش جهت پراش را می بینیم. البته توجه شود که هاله گونه هایی که در اطراف این ستاره شش پر دیده می شود، به علت واگرایی لیزر و اکسید بودن قطعه ی پراشنده است.

آزمایش هفتم: پراش از جسم ۷ شکل

در این آزمایش، از روزنه ۷ شکل استفاده کردیم و نتیجه آن شکل زیر شده است:



تصویر ۴: طرح پراش از یک روزنه ۷ شکل

این قسمت از آزمایش فقط بر مشاهده شکل پراش تاکید دارد.

مشاهده: باز هم طرح مشابه با خود شکاف را می بینیم و همچنین پراش از لبه ها را هم مشاهده می کنیم.

آزمایش هشتم: پراش از شبکه توری

در این آزمایش، از شبکه توری استفاده کردیم و نتیجه آن شکل زیر شده است:



تصویر ۵: طرح پراش از شبکه توری

این قسمت از آزمایش فقط بر مشاهده شکل پراش تاکید دارد.

مشاهده: هر کدام از شبکه های توری مانند یک پراشنده کوچک عمل می کند و ما در عمل، مستطیل شکل هایی را در کنار یکدیگر می بینیم که شبکه توری را نشان می دهند.

نکته:

دو عامل دیگر هستند که در آزمایش خطا ایجاد می کنند:

۱. نور لیزر همگرا نیست و دارای واگرایی مختصر است (یعنی تمامی پرتوهای خروجی دارای بردار موج یکسان نیستند بلکه بردارهای موج در یک مخروط با زاویه ای اندک قرار می گیرند که این زاویه، زاویه ی واگرایی نام دارد).

۲. وسایل پراشنده، در اثر رطوبت و مرور زمان اکسید شده اند و در لبه های آن ها اثر اکسید شدن قابل مشاهده است و همین باعث خراب شدن طرح پراش و ناهمگونی آن می شود. به خصوص در پراش از روزنه مثلی و پراش از لبه مستقیم این عامل بسیار مشهود بود.