



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

آزمایشگاه اپتیک

(دانشکده فیزیک، طبقه ۱، آزمایشگاه اپتیک و لیزر)

آزمایش ۶: پراش فرانهوفر

نویسنده: مليکا رجبی - 99101608

تاریخ انجام آزمایش: 1403.1.29

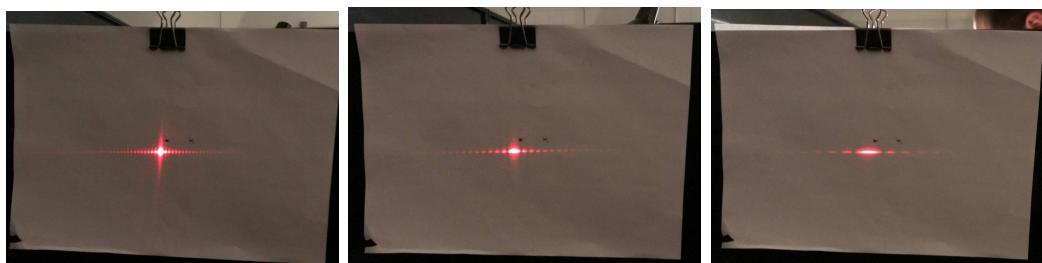
در این آزمایش پراش حاصل از عبور پرتوی لیزر هلیم-نئون از روزنه‌های مختلف را روی پرده مشاهده می‌کنیم. این روزنه‌ها شامل تک شکاف قابل تنظیم، روزنه‌ی مستطیل شکل، تک سیم، لبه‌ی مستقیم، روزنه‌ی دایره شکل، روزنه‌ی مثلث شکل، جسم V شکل و شبکه‌ی توری هستند. این نوع پراش، پراش فرانهوفر نام دارد زیرا فاصله‌ی لیزر تا روزنه، و روزنه تا پرده نسبتاً زیاد است و پرتوها موازی هستند. همچنین برای تک شکاف قابل تنظیم، تک سیم و روزنه‌ی دایره شکل به ترتیب عرض شکاف، قطر سیم و نسبت شعاع‌ها را به دست می‌آوریم.

وسایل مورد نیاز برای آزمایش: لیزر هلیم-نئون، ریل اپتیکی، پایه‌ی لغازان، پایه‌ی نگهدارنده‌ی اسلاید، تک شکاف قابل تنظیم، روزنه‌ی مستطیل شکل، سه تک سیم با قطرهای مختلف، لبه‌ی مستقیم، روزنه‌ی دایره شکل، روزنه‌ی مثلث شکل، جسم V شکل، شبکه‌ی توری، پرده‌ی مشاهده، کولیس، خط کش چوبی

۱ پراش از تک شکاف

بعد از روشن کردن لیزر هلیم-نئون و تنظیم کردن محل ریل اپتیکی و پرده‌ی مشاهده، تک شکاف قابل تنظیم را روی ریل اپتیکی و در محل مناسبی قرار داده و طرح پراش ایجاد شده را مشاهده می‌کنیم. با تغییر عرض شکاف، تغییر ایجاد شده در طرح را مشاهده می‌کنیم و می‌بینیم که با کاهش عرض شکاف، بخش مرکزی طرح پراش پهن‌تر از بالا و کوتاه‌تر (متمرکزتر) و نوارهای کناری کوتاه‌تر، نزدیک‌تر به مرکز و هم‌دیگر می‌شوند. همینطور، با افزایش عرض شکاف، قسمت مرکزی نازک‌تر از بالا اما بلند‌تر و نوارهای کناری دور‌تر از بخش مرکزی و هم‌دیگر می‌شوند. شکل طرح پراش برای عرض شکاف به ترتیب از راست به چپ، بزرگ،

متوسط و کوچک به صورت زیر بود:



شکل ۱-۶

حالا با استفاده از یک کولیس فاصله‌ی بین ۵ نوار متواالی را اندازه می‌گیریم و با تقسیم آن بر i_5 ، یا فاصله‌ی دو نوار متواالی را پیدا می‌کنیم. همچنین فاصله‌ی بین تک شکاف و پرده را با استفاده از خط کش چوبی اندازه می‌گیریم و آن را D می‌نامیم. سپس با استفاده از فرمول زیر عرض شکاف یا d را محاسبه می‌کنیم.
توجه شود که $\lambda = 6328nm$

$$d = \frac{D\lambda}{i} \quad (1-6)$$

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱-۶

دفعات	i (mm)	D (cm)	d (mm)
1	10.6	143	0.85
2	9.3	142	0.97
3	9.2	140.5	0.97
میانگین	9.7	141.8	0.93

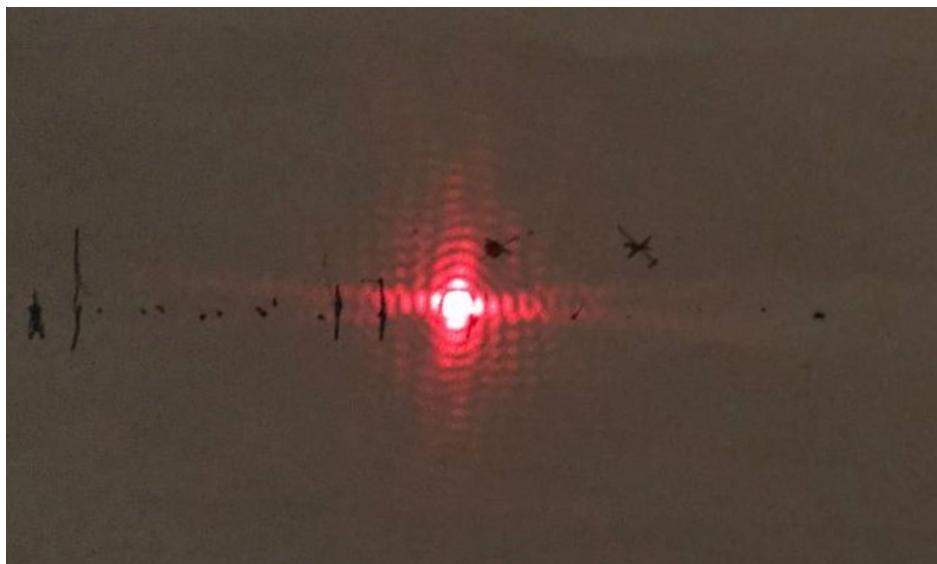
محاسبه‌ی خطا:

$$\frac{\delta d}{d} = \sqrt{\left(\frac{\delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\delta 1/i}{1/i}\right)^2} \approx 0.009mm \quad (2-6)$$

این خطا می‌تواند به دلیل عدم تنظیم دقیق فواصل برای داشتن پرتوهای موازی، تکفام نبودن پرتوها، عدم تمرکز پرتوی لیزر در وسط شکاف، خطای اندازه‌گیری با کولیس و خطای اندازه‌گیری با خط کش باشد. برای کاهش این خطاهای باید فواصل را بیشتر، وسایل و دستگاه‌های آزمایش را پیشرفته‌تر و دقیق‌تر، و اندازه‌گیری‌ها را دقیق‌تر کرد.

۲ پراش به وسیله‌ی روزنه‌ی مستطیل شکل

در این قسمت، تک شکاف قابل تنظیم را از روی ریل اپتیکی برداشته و روزنه‌ی مستطیل شکل را روی نگهدارنده‌ی اسلاید قرار داده و آن را روی ریل اپتیکی نصب می‌کنیم. شکل طرح پراش به صورت زیر بود:

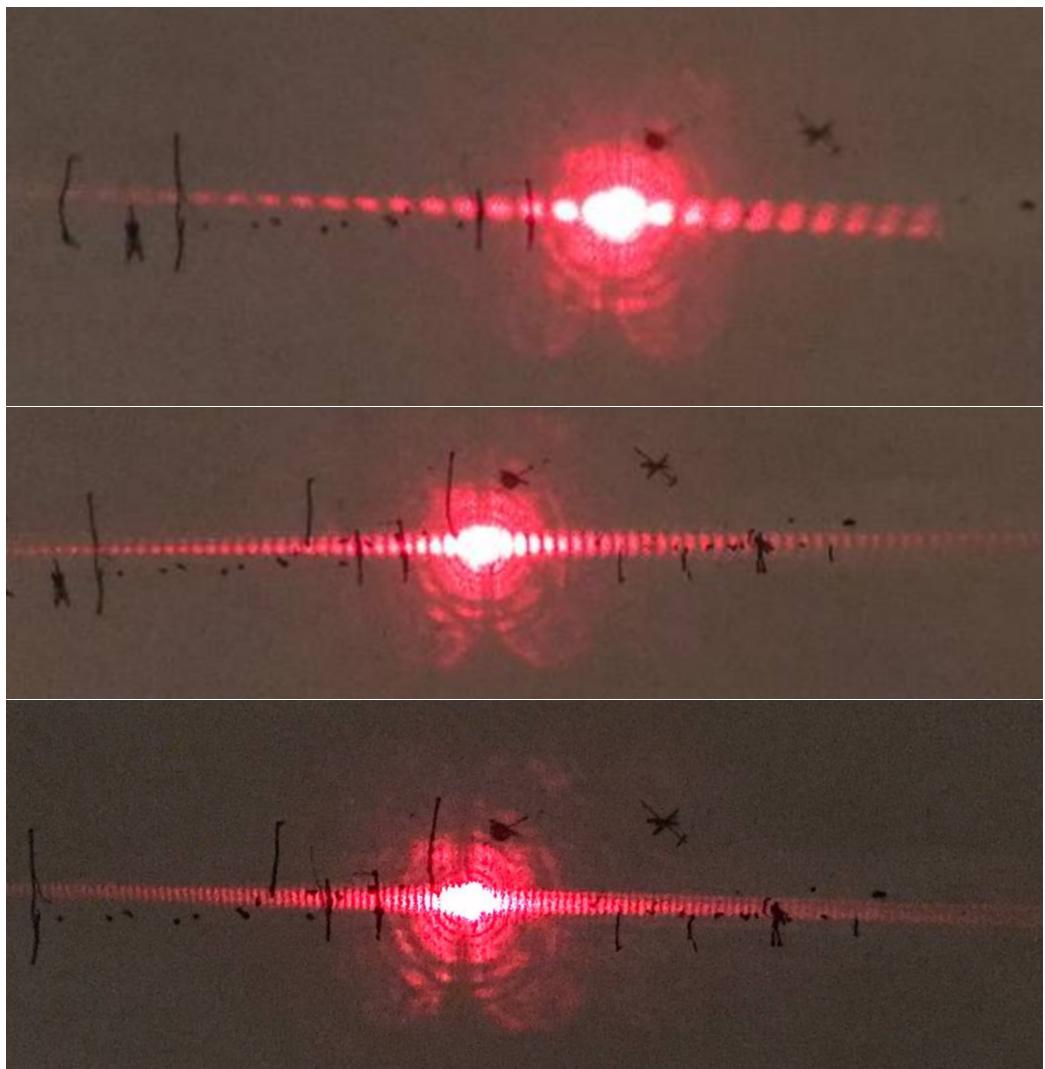


شکل ۲-۶

همانطور که مشاهده کردیم، وقتی طول شکاف نسبت به عرض آن بسیار بیشتر بود (تک شکاف قابل تنظیم) طرح‌های پراش بالا و پایین قابل صرف نظر بود، اما وقتی طول شکاف کوتاه‌تر شد (روزنہ مستطیل شکل) طرح‌های پراش مربوط به بالا و پایین روزنه هم مشاهده شدند.

۳ پراش به وسیله‌ی تک سیم

حالا اسلاید مربوط به سه تک سیم با قطرهای مختلف را روی نگهدارنده‌ی اسلاید قرار می‌دهیم. به ترتیب هر سه تک سیم با قطرهای مختلف را روبروی لیزر قرار داده و طرح پراش ایجاد شده را مشاهده می‌کنیم. شکل طرح پراش ایجاد شده به ترتیب برای قطر بزرگ، متوسط و کوچک به صورت زیر بود:



شکل ۳-۶

همانطور که مشاهده می‌شود، با افزایش قطر سیم نوارها به هم نزدیک‌تر می‌شوند. حالا با استفاده از کولیس فاصله‌ی ۵ نوار متواالی را اندازه‌گیری کرده و با تقسیم این عدد بر ۵ فاصله‌ی دو نوار متواالی را محاسبه می‌کنیم (i). همچنین فاصله‌ی بین روزنه تا پرده را با خط کش چوبی اندازه‌گیریم و D می‌نامیم. سپس با

استفاده از فرمول ۱-۶ قطر سیم را محاسبه می‌کنیم. نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۲-۶

دفعات	i (mm)	D (cm)	d (mm)
1	3.8	140	2.33
2	4.1	141	2.18
3	4.2	139	2.09
میانگین	4	140	2.2

محاسبه‌ی خطأ:

$$\frac{\delta d}{d} = \sqrt{\left(\frac{\delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\delta 1/i}{1/i}\right)^2} \approx 0.009mm \quad (3-6)$$

این خطأ می‌تواند به دلیل عدم تنظیم دقیق فواصل برای داشتن پرتوهای موازی، تکفام نبودن پرتوها، عدم تمرکز پرتوی لیزر در وسط سیم، خطای اندازه‌گیری با کولیس و خطای اندازه‌گیری با خط کش باشد. برای کاهش این خطاهای باید فواصل را بیشتر، وسایل و دستگاه‌های آزمایش را پیشرفته‌تر و دقیق‌تر، و اندازه‌گیری‌ها را دقیق‌تر کرد.

۴ پراش از یک لبه مستقیم

حالا نگهدارنده‌ی اسلاید را از روی ریل اپتیکی برداشته و لبه مستقیم را روی پایه‌ی لغزان قرار می‌دهیم و آن را روی ریل اپتیکی نصب می‌کنیم. توجه شود که

پایه را طوری تنظیم می‌کنیم که پرتوی لیزر دقیقا در لبهٔ شکاف قرار گیرد. طرح پراش ایجاد شده به صورت زیر بود:

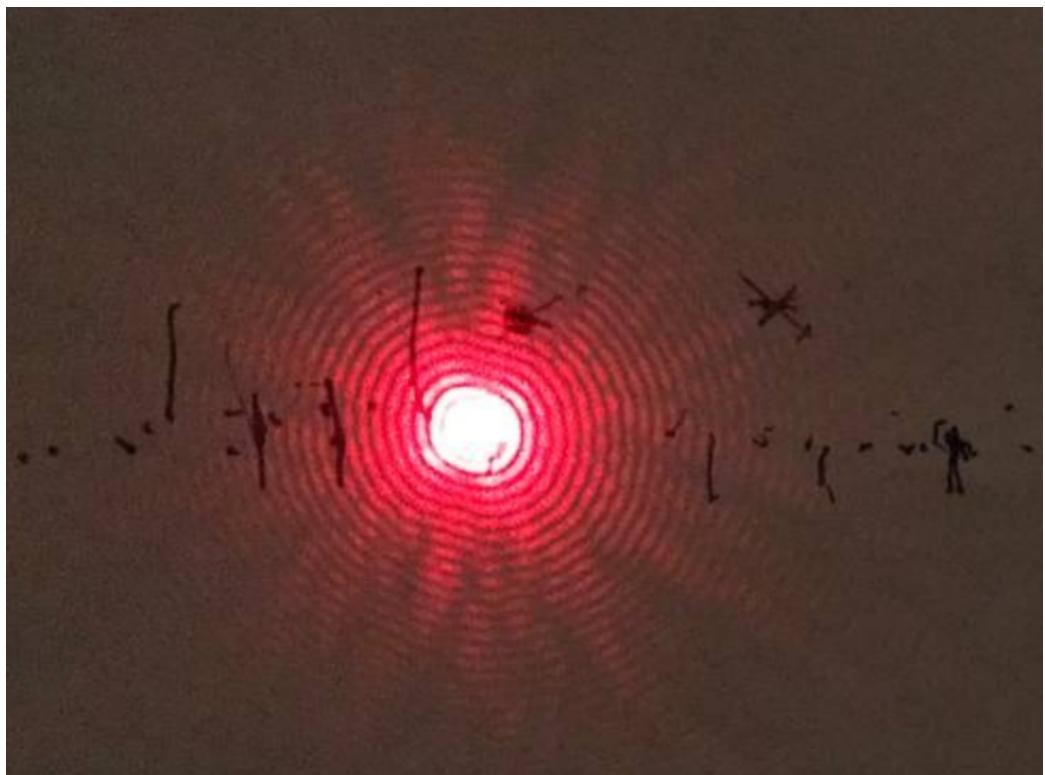


شکل ۴-۶

همانطور که مشاهده می‌شود، با اینکه سمت صاف شکاف کاملاً بسته است، به دلیل پدیدهٔ پراش روی پرده در هر دو سمت طرحی مشاهده می‌شود و در سمت صاف شکاف، طرح پراش به صورت نمایی کاهش می‌یابد.

۵ پراش از روزنهٔ دایرهٔ شکل

در این بخش از آزمایش، نگهدارندهٔ اسلاید را به جای پایهٔ لغزان قرار داده و روزنهٔ دایرهٔ شکل را در آن قرار می‌دهیم. شکل طرح پراش ایجاد شده به صورت زیر بود:



شکل ۵-۶

حالا با استفاده از روابط زیر می‌توانیم شعاع سه دایره‌ی اول طرح پراش را محاسبه کنیم:

$$r_1 = 0.61 \frac{\lambda D}{d_{\text{تک شکاف}}} \approx 0.6mm \quad (4-6)$$

$$r_2 = 1.12 \frac{\lambda D}{d_{\text{تک شکاف}}} \approx 1.06mm \quad (5-6)$$

$$r_3 = 1.62 \frac{\lambda D}{d_{\text{تک شکاف}}} \approx 1.52mm \quad (6-6)$$

همچنین با استفاده از کولیس شعاع این سه دایره را اندازه گرفته و نسبت آنها را به دست می آوریم. نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۳-۶

دفعات	r_1 (mm)	r_2 (mm)	r_3 (mm)	r_2 / r_1	r_3 / r_1	r_3 / r_2
1	1.2	2	4	1.67	3.33	2
2	1.1	2	4	1.82	3.64	2
3	1	2.9	4	2.9	4	1.38
میانگین	1.1	2.3	4	2.1	3.64	1.74
محاسبه				$1.12/0.61 = 1.84$	$1.62/0.61 = 2.66$	$1.62/1.12 = 1.45$

محاسبه‌ی خطا:

$$\frac{\delta(r_n/r_m)}{r_n/r_m} = \sqrt{\left(\frac{\delta r_n}{r_n}\right)^2 + \left(\frac{\delta 1/r_m}{1/r_m}\right)^2} \quad (7-6)$$

$$\delta(r_2/r_1) \approx 0.002 \quad (8-6)$$

$$\delta(r_3/r_1) \approx 0.004 \quad (9-6)$$

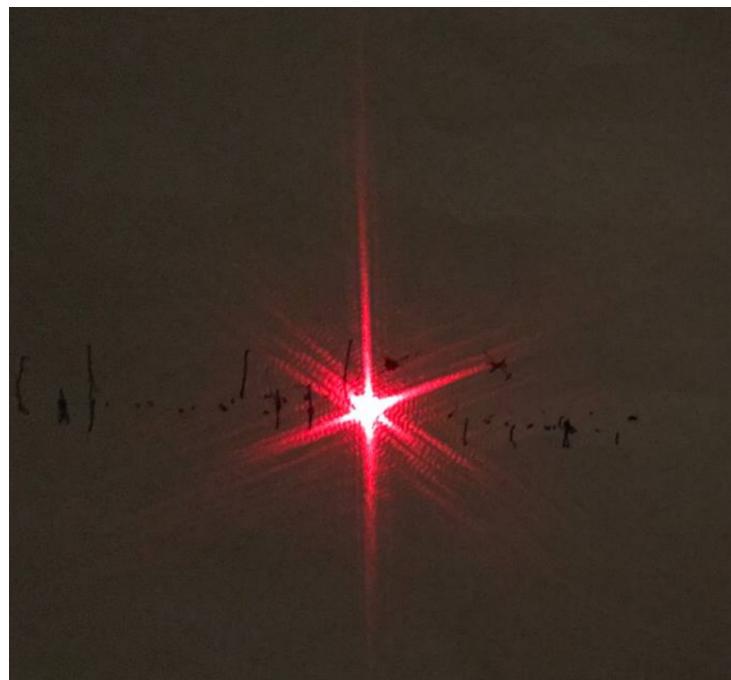
$$\delta(r_3/r_2) \approx 0.004 \quad (10-6)$$

این خطای تواند به دلیل عدم تنظیم دقیق فواصل برای داشتن پرتوهای موازی، تکفام نبودن پرتوها، عدم تمرکز پرتوی لیزر در وسط روزنه، خطای چشم در

علامت‌گذاری و اندازه‌گیری، دایره نبودن کامل طرح‌های پراش، خطای اندازه‌گیری با کولیس و خطای اندازه‌گیری با خط کش باشد. برای کاهش این خطاهای باید فواصل را بیشتر، وسایل و دستگاه‌های آزمایش را پیشرفته‌تر و دقیق‌تر، و اندازه‌گیری‌ها را دقیق‌تر کرد.

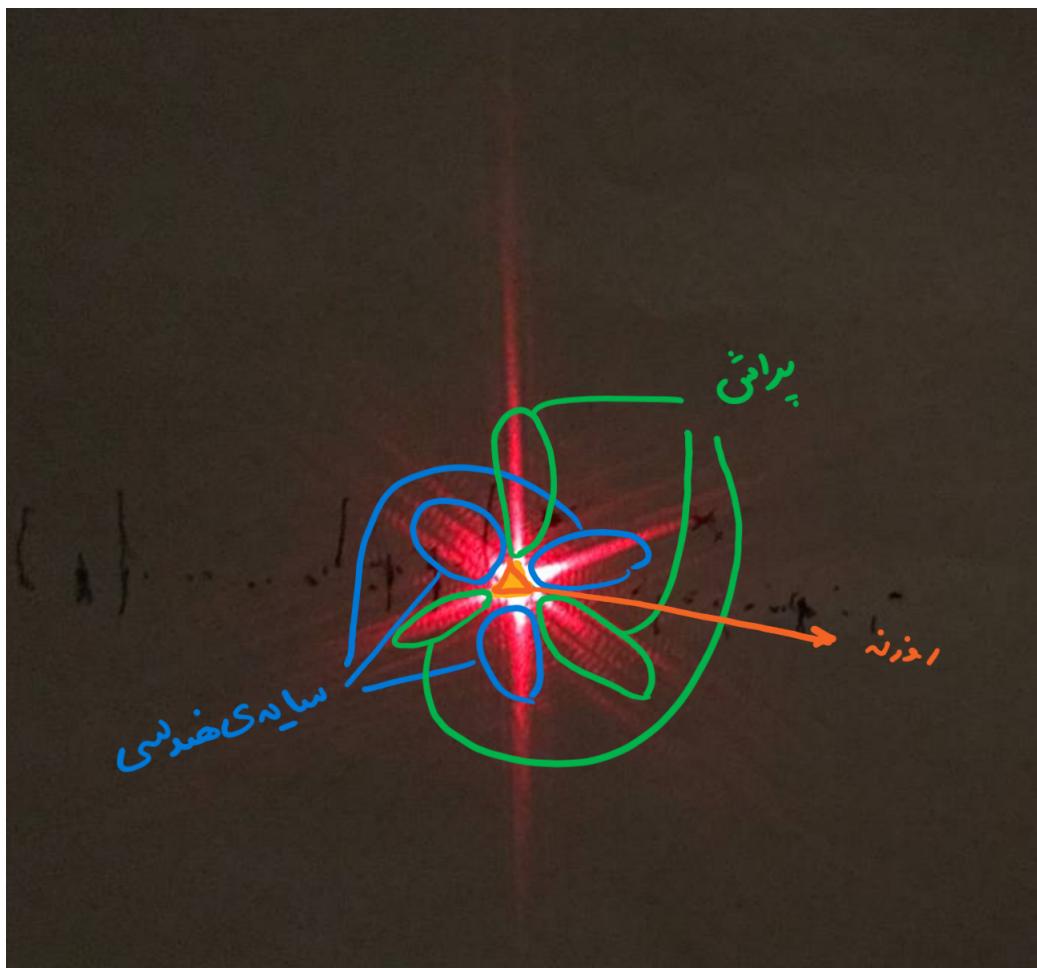
۶ پراش از روزنه‌ی مثلث شکل

در این قسمت روزنه‌ی مثلث شکل را در نگهدارنده‌ی اسلاید قرار می‌دهیم. اگر هر ضلع روزنه‌ی مثلث شکل را همانند یک شکاف لبه مستقیم فرض کنیم، طرح پراش مربوط به هر ضلع به صورت نمایی خواهد بود (ساشهی هندسی). شکل طرح پراش به صورت زیر بود:

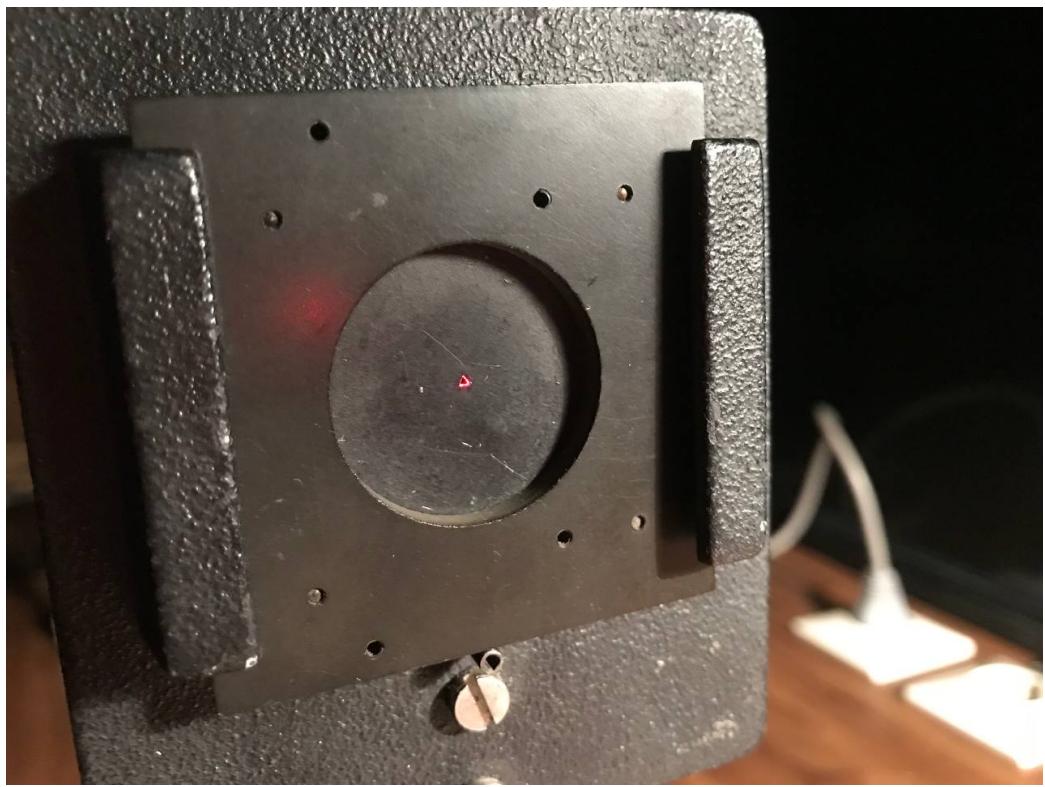


شکل ۶-۶

با توجه به طرح مشاهده شده و توضیحات داده شده، پراش و سایه‌ی هندسی به صورت زیر بوده است:



شکل ۷-۶



شکل ۸-۶

۷ پراش از جسم V شکل

جسم V شکل را در نگهدارنده قرار می‌دهیم به طوری که پرتوی لیزر در نوک V قرار گیرد. شکل طرح پراش مشاهده شده به صورت زیر است:

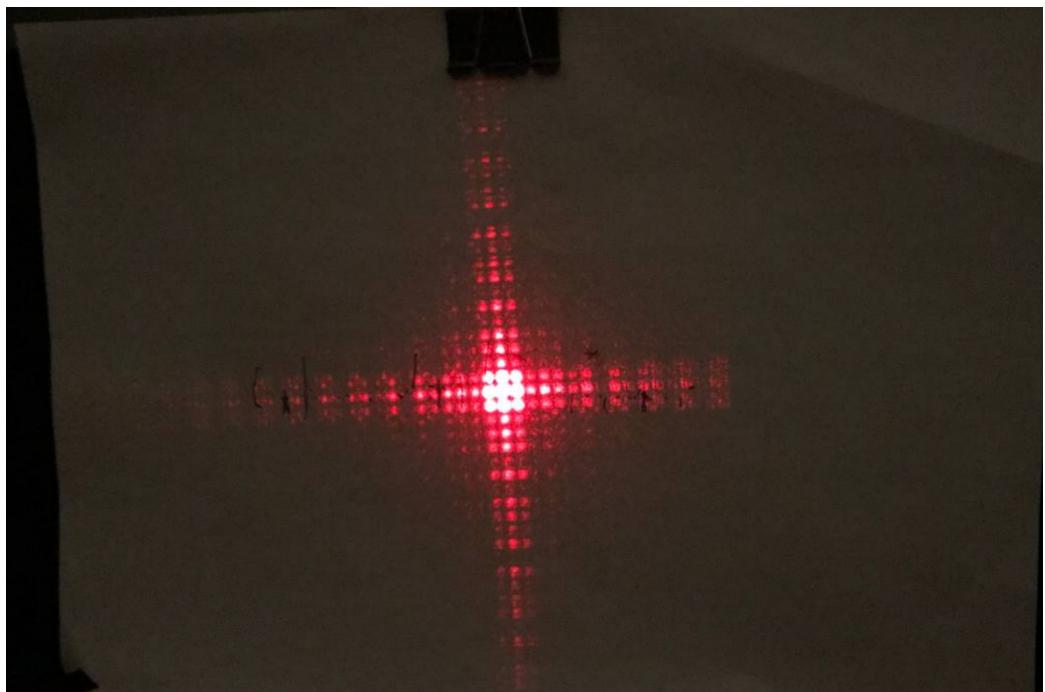


شکل ۹-۶

همانطور که انتظار داشتیم و مشاهده کردیم، طرح مربوط به دیوارهای جسم V شکل به صورت سایه‌ی هندسی نمایی ایجاد شده است.

۸ پراش از شبکه‌ی توری

در آخرین بخش از آزمایش، شبکه‌ی توری را در نگهدارنده قرار داده و طرح پراش را مشاهده می‌کنیم:



شکل ۱۰-۶

۹ نتیجه‌گیری

در این آزمایش، ما به طور کلی با پراش از نوع فرانهوفر که در فواصل زیاد بین منبع نور، روزنہ‌ی عبوری پرتو و پرده‌ی مشاهده اتفاق می‌افتد آشنا شدیم. همچنین طرح‌های حاصل از روزنہ‌ها و شکاف‌های مختلف را مشاهده کرده و روش اندازه‌گیری و محاسبه‌ی عرض تک شکاف، قطر تک سیم و شعاع طرح پراش روزنہ‌ی دایره شکل را آموختیم. در نهایت منشا خطای اندازه‌گیری‌ها را به‌دست آورده و راه‌های کاهش آن را بررسی کردیم.