فهرست آزمایش‌ها

مقدمه..... ۱

نور شناخت هندسی..... ۲

آزمایش ۱: الف) تعیین زاویه راس منشور ۵

آزمایش ۱: ب) طیف سنجی به کمک زاویه مینیمم انحراف..... ٦

آزمایش ۲: اسپکتروسکوپ ۹

آزمایش ۳: اندازه گیری سرعت نور..... ۱۲

نور شناخت موجی ۱۵

آزمایش ٤: پراش تک شکاف ۲۲

آزمایش ۵: تداخل و پراش دو شکاف یانگ..... ۲۷

آزمایش ٦: پراش سیم..... ۲۹

آزمایش ۷: توری پراش ۱ (پراش نور تک فام)..... ۳۱

آزمایش ۸: توری پراش ۲ (پراش نور مرکب) ۳۳

آزمایش ۹: تداخل سنج مایکلسون ۳۹

آزمایش ۱۰: تداخل سنج حلقه نیوتن..... ٤۰

آزمایش ۱۱: تداخل دو آیینه ای فرنل..... ٤۲

مقدمه

بحث در باره ماهیت نور از ابتدا برپایه توجیه و تفسیر پدیده‌های نوری بنا شده است. برای شرح پاره‌ای از پدیده‌های نوری در نظر گرفتن نور به صورت باریکه‌ای از ذرات که بر روی یک خط مستقیم حرکت می‌کنند، کفایت می‌کند همانند پدیده‌های بازتاب و شکست نور در برخورد به سطح جدا کننده دو محیط شفاف که این دیدگاه را نور شناسی هندسی می‌نامیم.

اما در شرح پدیده پراش نور به وسیله لبه‌ها، سیم‌ها و به طور عام پدیده‌های تداخل و پراش و .. در نظر گرفتن نور به صورت پرتو راهگشا نیست بلکه باید نور را به صورت موج الکترومغناطیسی در نظر گرفت که این دیدگاه را نورشناسی موجی می‌نامیم.

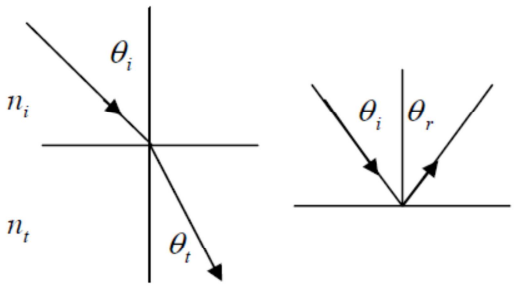
اما دیدگاه موجی نور در بیان پدیده‌های دیگر فیزیکی چون تابش جسم سیاه، پدیده فوتوالکتریک، کامپتون و تولید و نابودی ذرات اتمی ناتوان است. برای توجیه این پدیده‌ها باید نور را متشکل از ذرات یا بسته‌های انرژی دانست که کوانتیده‌اند. این کوانتوم‌های انرژی را فوتون می‌نامیم. این دیدگاه پایه پیدایش شاخه فیزیک کوانتومی در علم فیزیک است.

در بررسی پدیده‌های نوری در مبحث اپتیک بیشتر از نورشناسی هندسی و موجی استفاده می‌شود و دیدگاه کوانتومی نور را می‌توان در دیگر مباحث و آزمایشهای فیزیک بررسی کرد.

نور شناخت هندسی

در بررسی نور شناخت هندسی آسانتر است که نور را با پرتوها مشخص کنیم که پرتوها جهت انتشار نور را مشخص می‌کنند. پرتوهایی از نور بر سطح جدا کننده دو محیط شفاف برخورد می‌کنند. بخشی از پرتو به محیط دوم منتقل شده ولی از مسیر اولیه منحرف و شکسته می‌شود و بخشی از نور در محیط اول بازتاب می‌کند(مطابق شکل).

برای بررسی این پدیده ها و پدیده های مشابه کافی است که نور به صورت پرتویی در نظر گرفته شود که بر خط مستقیم سیر می کند. قوانین حاکم بر این پدیده ها را می توان چنین خلاصه کرد:



(ب) (الف)

۱) پرتوهای فرودی، بازتابی، و شکستی و خط عمود بر سطح جدا کننده در محیط، هر سه در یک صفحه قرار دارند.

۲) زاویه بازتاب و تابش برای هر طول موج دلخواه و هر دو محیط دلخواه برابراست، $\theta_i=\theta_r$

۳) برای یک نور تک فام نسبت سینوس زاویه تابش، θ_i به سینوس زاویه شکست، θ_t مقداری ثابت است که برابر نسبت ضریب شکست دو محیط است

$$\frac{Sin\theta_i}{Sin\theta_t} = n_{it.} \qquad n_i Sin\theta_i = n_t Sin\theta_t$$

ضرایب شکست محیط های شفاف مختلف نسبت به ضریب شکست خلاء (n= 1) سنجش می شود.ضریب شکست هر محیط را می توان به صورت نسبت سرعت های نور در خلاء به سرعت نور در آن محیط، همچنین نسبت طول موجها در خلاء و آن محیط نوشت.

$$n = \frac{c}{v} \qquad n = \frac{\lambda}{\lambda_n}.$$

بنابراین پرتوی با طول موجهای مختلف در برخورد به محیط شکسته شده و چون ضریب شکست برای طول موجهای مختلف متفاوت است، زوایای شکست مختلف بوجود آمده و در اصطلاح نور پاشیده می‌شود.ضریب شکست n با افزایش طول موجهای مختلف λ کاهش می‌یابد. منشور یکی از اسبابهای نوری است که ضمن مشاهده پدیده های بازتاب و شکست، طول موجهای یک پرتو را مشخص کرده و رنگهای آنرا (طیف) می‌نمایاند. حال به شرح آزمایش‌هایی که برای بررسی آنها نور شناخت هندسی کفایت می‌کند، می‌پردازیم.

موضوع: تعیین زاویه رأس منشور،محاسبه طول موج نور مجهول به وسیله ضریب شکست نور در منشور

وسایل آزمایش: گونیومتر، منشور، چند لوله گسلر با پایه و توانسفورماتور قوی، لامپ سفید و منبع تغذیه آن

شرح دستگاه گونیومتر: گونیومتر از قسمتهای اصلی زیر تشکیل شده است،

Measuring the line spectra of inert gases and metal vapors using a prism spectrometer

۱) کلیماتور: کلیماتور لوله ای است که در جلوی آن و در محل قرار گرفتن چشمه نور شکاف قابل تنظیم وجود دارد. نور عبوری از شکاف به وسیله پیچ مدرج کنار لوله تنظیم عرضی می‌شود. عدسی داخل لوله به نحوی تنظیم شده است که چشمه در کانون قرار گیرد تا نور خروجی از لوله موازی بر جسم شفاف بتابد. پیچی در زیر لوله برای افقی کردن لوله نصب شده و کلیماتور به بدنه گونیومتر ثابت شده است.

۲) دوربین: دوربین که شامل دو عدسی چشمی و شیئی است که نور عبوری از جسم شفاف را دریافت می‌کند. دسته نورهای موازی از جسم شفاف به وسیله عدسی شیئی در کانون متمرکز شده و چون کانون دو عدسی در یک نقطه تنظیم شده، نور از عدسی چشمی موازی خارج شده و قابل مشاهده می‌گردد. عدسی چشمی به وسیله پیچی که در کنار دوربین نصب شده، می‌تواند حرکت افقی داشته باشد تا نور خروجی را متمرکز و تصویر را واضح کند. در زیر لوله دوربین نیز پیچی برای افقی کردن لوله نصب شده است. دوربین می‌تواند آزادانه دوران کند و می توان به وسیله پیچی آنرا ثابت کرد. در جلوی عدسی چشمی دو تار عمود بر هم (رتیکول) برای تنظیم بر روی پرتو تعبیه شده است که در هنگام خواندن زاویه و انجام محاسبه می‌توان به کمک این دو تار و تنظیم بر روی نور خروجی (یا طیف نور و یا تور پراشیده شده) اندازه گیری ها را انجام داد.

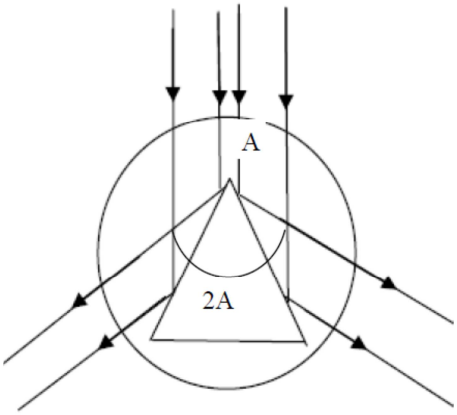
۳) میزچه: میزچه که در مرکز صفحه مدرج گونیومتر برای قرار دادن جسم شفاف بر روی آن تعبیه شده و سطح دایره ای شکل برای سکون جسم داشته و می‌تواند آزادانه دوران کند و به وسیله پیچی کنار آن، آنرا می‌توان ثابت کرد. به وسیله سه پیچ در زیر میزچه می‌توان سطح آنرا افقی کرد.

٤) صفحه مدرج: این صفحه به ۷۲۰ نیم درجه تقسیم شده است و به وسیله دو ورنیه متصل به کلیماتور و دروبین قابل خواندن است. دو ذره بین که به وسیله میله‌ای بر پایه مرکزی سوار شده، و آزادانه دوران می‌کند، تا خواندن درجه‌های ورنیه را آسان کند. دو ورنیه در دو سوی مقابل یکدیگر کنار صفحه مدرج قرار گرفته‌اند که هر ورنیه ۲۹ قسمت صفحه مدرج (۱٤.٥ درجه) را سی قسمت کرده است که اختلاف هر تقسیم ورنیه با صفحه مدرج برابر است با $\frac{1}{2} - \frac{14.5}{30} = \frac{1^0}{60} = 1'$

بنابراین ورنیه درجات را تا یک دقیقه می‌خواند. پس در هنگام خواندن زاویه‌ای تا نیم درجه را که قبل از صفر ورنیه در صفحه مدرج است، خوانده و دقت نهایی را تا یک دقیقه از روی ورنیه می‌خوانیم. هر خط ورنیه نشانگر یک دقیقه است. برای آزمایشهایی که زاویه مورد نظر اختلاف دو زاویه خوانده شده است، باید توجه کرد که حتماً دو زاویه از روی یک ورنیه خوانده شود.

آزمایش ۱: الف) تعیین زاویه رأس منشور

هر گاه یک دسته پرتو بر دو وجه منشور (عمود بر قاعده آن) بتابد و بازتاب کند، زاویه دو پرتوی بازتابی دو برابر زاویه رأس آن منشور است. بنابراین با محاسبه این زاویه به وسیله گونیومتر زاویه رأس منشور بدست می‌آید.



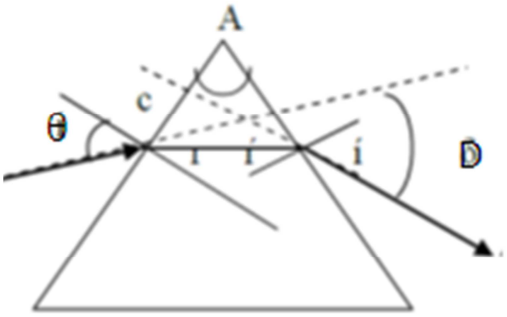
روش آزمایش: برای شروع آزمایش ابتدا دستگاه را تنظیم کنید. چشمه نور سفید را مقابل شکاف کلیماتور قرار داده و دوربین را روبروی کلیماتور بیاورید. با تنظیم عدسی چشمی و تنظیم طول و عرض شکاف تصویر واضحی از شکاف بر روی تارهای رتیکول بیاندازید. بهتر است دو تار رتیکول افقی و عمودی باشد. پس از مشاهده واضح شکاف و تنظیم دوربین و تارها، تا آخر آزمایش دست نزنید (تنظیم آنرا به هم نزنید). حال منشور را بر روی میزچه قرار داده به نحوی که رأس مشترک دو وجه منشور در مقابل کلیماتور قرار گیرد تا نور بر دو وجه منشور بتابد. سعی می‌کنیم دو پرتو بازتابی را ابتدا با چشم مشاهده کنیم. برای مشاهده آسان ابتدا نگاه خود را بر یک وجه منشور متمرکز کرده و با جابه‌جایی آهسته منشور و چرخش میزچه پرتوی بازتابی را با چشم ببینیم. پس از مشاهده پرتوی بازتابی دیگر به وسیله چشم، دوربین را حرکت داده تا پرتو در دوربین بیافتد. (دو بازتاب باید همزمان رویت شود). پس از مشاهده تصویر شکاف در دوربین و قرار گرفتن تارهای رتیکول بر آن، زاویه آنرا بخوانید. این کار را برای دو پرتو انجام دهید. اختلاف این دو زاویه دو برابر زاویه رأس منشور است.زوایا را از یک ورنیه بخوانید. دقت کنید در موقع خواندن ورنیه و جابه‌جا کردن ذره بین ورنیه، دوربین ممکن است کمی جابه‌جا شود که باید آنرا تصحیح کرد.

*** به روش هندسی و با درنظر گرفتن دو وجه منشور به عنوان دو آینه که به اندازه زاویه A چرخیده است، ثابت کنید که زاویه بین دو پرتوی بازتابی دو برابر زاویه رأس منشور است.

*** برای محاسبه دقیق زاویه رأس منشور، آزمایش را چند بار تکرار کنید.

آزمایش ۱: ب) طیف سنجی به کمک مینیمم انحراف

هر گاه نور تک فامی را بر وجهی از منشور بتابانیم، (پرتوی فرودی) نور پس از دو شکست از منشور خارج می‌شود(پرتوی خروجی). زاویه بین این دو پرتو را زاویه انحراف می‌نامند. به ازای زاویه خاصی از پرتوی فرودی، زاویه انحراف به کمترین مقدار خود می‌رسد که آنرا زاویه مینیمم انحراف می‌نامند. می‌توان اثبات کرد که ضریب شکست برای آن نور خاص برابر است با $n = \frac{Sin\left(\frac{A+D_m}{2}\right)}{\sin(\frac{A}{2})}$



*** رابطه بالا را اثبات کنید.

منشور برای هر طول موجی ضریب شکست خاص آن طول موج را دارد.

مقدار ضریب شکست نسبت به طول موج به صورت $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$

تغییر می‌کند که این رابطه تجربی را "رابطه کوشی" می نامند. با مشخص

کردن نحوه تغییر ضریب شکست با طول موج، ویژگیی از منشور مشخص می‌گردد که با استفاده از این ویژگی منحصر به فرد منشور، می‌توان طول موج نورهای مجهول را بدست آورد.

نور معلومی را به منشور می‌تابانیم به ازای هر طول موج ضریب شکست آن طول موج را بدست می‌آوریم. نموداری بر حسب طول موجهای نور معلوم λ، و ضریب شکست n که از رابطه محاسبه شده، رسم می کنیم. این نمودار مشخصه‌ای از منشور است. حال اگر نوری با طول موجهای مجهول را بر منشور بتابانیم، امکان محاسبه ضریب شکست هر طول موج آن با محاسبه زاویه مینیمم انحراف و رابطه بالا وجود دارد. حال می‌توانیم از روی نمودار λ و n معلوم، طول موجهای نور مجهول را پیدا کنیم.

روش انجام آزمایش

لامپ معلوم را مقابل کلیماتور قرار داده و همانند حالت قبل آنرا میزان کنید. پس از مشاهده تصویر شکاف، زاویه پرتوی فرودی را بخوانید. سپس یک وجه منشور را روی میزچه مقابل کلیماتور به نحوی قرار دهید که طیف نور تجزیه شده از وجه دیگر منشور خارج و مشاهده شود(مطابق شکل).

اگر می توانید آنرا ابتدا با چشم انجام دهید. محیط را حدالامکان تاریک کنید. سپس طیف را در دوربین مشاهده کنید. حال منشور را به کمک چرخش میزچه دوران دهید. با این کار در واقع زاویه فرودی را تغییر می‌دهیم. در نتیجه زاویه خروجی تغییر کرده و به سمت راستای نور فرودی (به سمت مینیمم شدن) حرکت کرده دور و یا نزدیک می‌شود. هر گاه منشور را به آرامی در جهت مینیمم بچرخانیم و به طیف نور در دوربین نگاه کنیم، می‌بینیم که ابتدا طیف هم جهت با جهت چرخش منشور حرکت می‌کند ولی در مکانی مشخص جهت حرکت طیف خلاف جهت چرخش منشور می‌گردد. در آن محل خاص زاویه‌ای، زاویه انحراف مینیمم است. زاویه را در این حالت می‌خوانیم. اختلاف این زاویه و زاویه پرتوی فرودی که هر دو بر روی یک ورنیه خوانده شده، همان زاویه مینیمم انحراف، D_m است.

برای همه رنگهای مختلف طیف (طول موجهای مختلف) زاویه مینیمم انحراف را بدست آورده و با استفاده از رابطه قبل ضریب شکست هر طول موج را محاسبه می کنیم.

*** نمودار λ و n نور معلوم را در کاغذی شطرنجی (ویا به کمک کامپیوتر) رسم کنید.

*** لامپ مجهولی را مقابل کلیماتور قرار داده و طیف را مشاهده کنید. مجدداً برای محاسبه طول موجهای مجهول، زاویه مینیمم انحراف و سپس ضریب شکست را محاسبه کنید. جدول زیر را پر کرده و با استفاده از نمودار λ و n طول موجهای مجهول را بدست آورید.

طول‌موج‌نورمجهول	nنورمجهول	D_m نورمجهول	رنگ‌نورمجهول	طول‌موج‌برحسب A°	نام‌رنگهای‌معلوم

آزمایش ۲: اسپکتروسکوپ

موضوع: طیف نمای منشوری

وسایل آزمایش: اسپکتروسکوپ، چند لوله گسلر با پایه و ترانسفورماتور قوی، لامپ سفید و منبع تغذیه

مقدمه: اسپکتروسکوپ ابزاری است که به وسیله آن طیف یک نور مرکب را مشاهده می‌کنیم. این ابزار بر خلاف اسپکترومتر که می‌تواند طول موج طیف نور را اندازه‌گیری نماید، فقط طیف را نمایان می‌کند. برای ایجاد طیف می‌توان نور را به منشور یا توری پراش تاباند. در اینجا اسپکتروسکوپ منشوری شرح داده می‌شود. از اسپکتروسکوپ می‌توان برای اندازه گیری طول موج طیف های مجهول به روش مقایسه با طیف طول موج معلوم استفاده کرد. منظور ما از این آزمایش اندازه گیری طول موج به روش مقایسه است.

شرح دستگاه: این دستگاه از چهار قسمت، منشور، کلیماتور، دوربین، و میکرومتر تشکیل شده است.

منشور: جسم شفافی است که نور را تجزیه می‌کند. نور فرودی بر منشور شکسته شده و چون ضریب شکست منشور برای هر رنگ(طول موج) متفاوت است، در نتیجه طول موجهای مختلف از یکدیگر جدا شده و تشکیل

طیف می‌دهند. مقدار ضریب شکست n، برای هر طول موج با مربع آن نسبت عکس دارد. رابطه تجربی کوشی، $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$ نحوه این تغییرات را مشخص می‌کند. بنابراین ضریب شکست و در نتیجه انحراف برای طول موجهای بزرگ کمتر است و بر عکس.

کلیماتور: برای تجزیه نور باید پرتوی فرودی به طور موازی بر وجه منشور بتابد. برای این کار چشمه نوری را در مقابل شکاف قرار می‌دهیم. شکاف در کانون یک عدسی همگرا واقع شده است. بنابراین نور بعد از گذر از عدسی موازی شده و به منشور می‌تابد. این عمل به وسیله کلیماتور انجام می‌شود. در ابتدای لوله کلیماتور شکاف قابل تنظیم برای قرار گرفتن چشمه تعبیه شده که به بدنه ثابت شده است. در کنار شکاف پایه کوچکی به لوله متصل است که محل قرار گرفتن منشوری کوچک است. به وسیله این منشور می‌توان نور را تجزیه کرد.

دوربین: دوربین از دو عدسی چشمی و شیئی تشکیل شده‌است.نور تجزیه شده منشور به وسیله عدسی شیئی دریافت و در کانون خود را موازی کرده تا در بی‌نهایت مشاهده شود. عدسی چشمی قابل حرکت افقی و تنظیم‌پذیر است.

میکرومتر: میکرومتر شامل خط‌کش مدرج (با تقسیمات یک دهم میلی‌متری) است که می‌توان با تاباندن نور سفید بر روی خط‌کش، تصویر آن را (بازتاب آن از یک وجه منشور) بر روی دوربین و بر روی طیف انداخت. نور فرودی بر روی خط‌کش بر یکی از وجوه منشور تابیده و بازتاب آن بر روی طیف نور عبوری از منشور واقع می‌شود و می‌توان انحراف خطوط طیف را اندازه‌گیری کرد.

شرح آزمایش: نور فرودی بر منشور به طیف نور تجزیه می‌شود. برای اندازه‌گیری طول موجهای طیف و طبق رابطه کوشی باید ضرایب شکست هر طول موج مشخص باشد. میزان انحراف هر خط متناسب با ضریب شکست آن خط است. در اسپکتروسکوپ می‌توان میزان انحراف هر خط را به وسیله خط‌کش میکرومتر خواند. نحوه‌ی تغییرات طول موج با انحراف طول موج (X) مشابه نحوه‌ی تغییرات طول موج با ضریب شکست (n) است.

بنابراین $X = A + \frac{B}{\lambda^2}$ که X مقدار انحراف هر خط طیف از مبدأ دلخواهی است.

روش آزمایش: چشمه نوری با طول موج معلوم را در مقابل کلیماتور قرار داده و طیف نور را در دوربین مشاهده کنید. سپس نور سفید را بر میکرومتر بتابانید تا تصویر خطکش بر روی طیف نور بتابد. در صورت عدم تطبیق خطکش بر طیف، کمی منشور را جابه‌جا کنید.

*** انحراف هر طول موج معلوم را بخوانید (λ و X). نموداری بر حسب این دو پارامتر رسم کنید (بر روی کاغذ شطرنجی و یا ترجیحاً به کمک کامپیوتر). برای خواندن دقیق، چرخش دوربین بلامانع است.

*** به ازای دو مقدار λ و X ، ثابتهای مجهول رابطه کوشی (A و B) را محاسبه کنید.

*** لامپ مجهول را مقابل کلیماتور قرار داده طیف آنرا مشاهده و انحراف هر طول موج (X) را بخوانید. چون روش مقایسه‌ای است، اسپکتروسکوپ به ویژه منشور را تغییر ندهید با استفاده از الف) نمودار λ و X طیف معلوم، و ب) رابطه کوشی طول موجهای مجهول را بدست آورید (جدول زیر را پر کنید).

*** طول موجهای بدست آمده از دو روش الف و ب را با هم مقایسه کنید.

*** نور مجهول دوم را مقابل شکاف کلیماتور قرار دهید. مشاهده می‌کنید که در طیف آن تعداد زیادی قرمز، زرد، و .. دارد. سعی کنید علت را توجیه کنید. محدوده طول موجها را به دو روش نمودار و رابطه کوشی بدست آورید.

طول‌موج مجهول به کمک رابطه کوشی	طول‌موج مجهول به کمک نمودار	X نور مجهول	رنگ‌نور مجهول	طول موج بر حسب A°	نام رنگهای معلوم

آزمایش ۳: اندازه‌گیری سرعت نور

شرح آزمایش: با طرح مدارهای الکتریکی خاص می‌توان دو موج تناوبی با فرکانس یکسان ولی با اختلاف فاز را با موج سومی مخلوط نمود. نهایتاً امواجی با فرکانس بالا و پایین تولید می‌شود. دو موج با فرکانس ω_1 و موج سوم را با فرکانس ω_2 در نظر می‌گیریم،

$$\cos\omega_1 t \qquad \cos(\omega_1 t-\varphi) \qquad \cos\omega_2 t$$

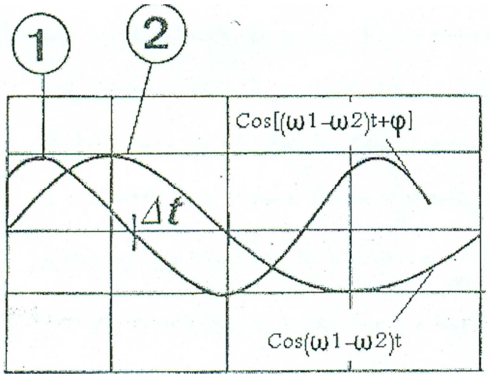
برای ترکیب موج اول و دوم با موج سوم از اتحاد $2\cos a\cos b=\cos(a+b)+\cos(a-b)$ استفاده می‌کنیم.

$$2\cos\omega_1 t\cos\omega_2 t=\cos(\omega_1+\omega_2)t+\cos(\omega_1-\omega_2)t$$

$$2\cos(\omega_1 t+\varphi)\cos\omega_2 t=\cos((\omega_1+\omega_2)t+\varphi)+\cos((\omega_1-\omega_2)t+\varphi)$$

$\omega_1-\omega_2$ را فرکانس پایین و $\omega_1+\omega_2$ را فرکانس بالا می‌نامند.

فرستنده فوتودیود اپتیکی، LED (Light emitting Diode) با فرکانس ۶۰ مگاهرتز مدوله می‌شود. گیرنده دارای یک فوتودیود، آمپلی‌فایر، مخلوط کننده امواج و منبع تغذیه است. فوتودیود در گیرنده امواج نوری فرستنده را دریافت نموده و به امواج الکتریکی تبدیل نموده که پس از تقویت آنها توسط آمپلی‌فایر موجود در گیرنده، قابل مشاهده بر روی صفحه اسیلوسکوپ می‌نماید. البته این امواج بعد از تقویت در مدارهای الکتریکی با موج سوم مخلوط می‌شود که منجر به ایجاد امواج فرکانس بالا و پایین می‌گردد. وجود مدارهای الکتریکی در گیرنده فرکانس بالا را حذف می‌کند. در نتیجه دو موج با فرکانس پایین یکسان که به اندازه φ اختلاف فاز با یکدیگر دارند، بر روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود.

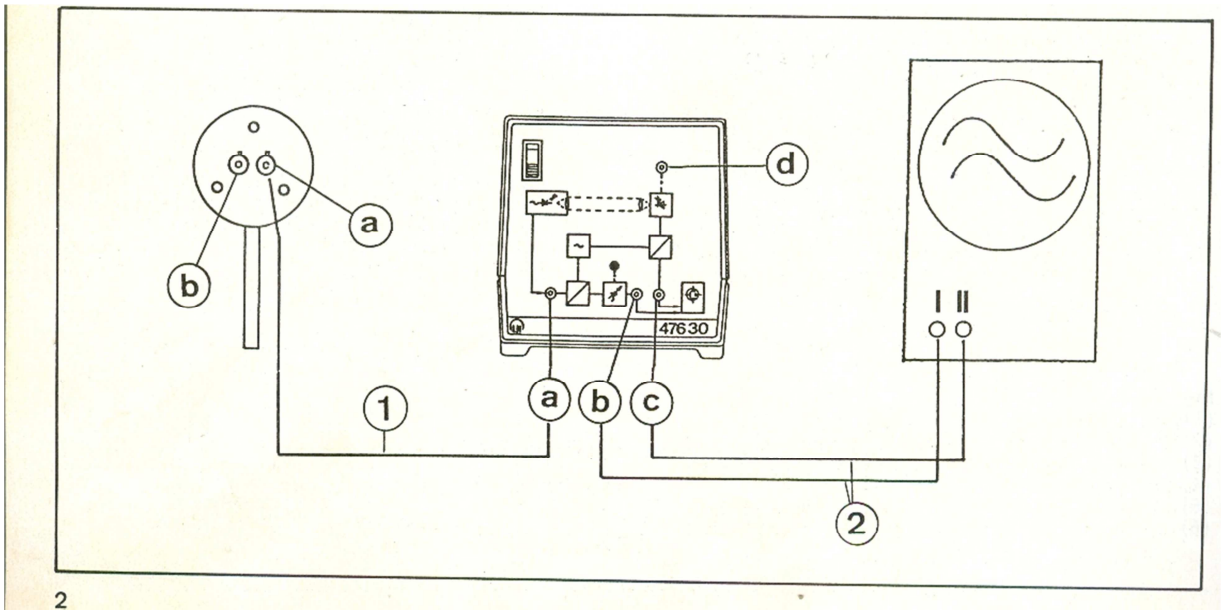


با توجه به موج اول و دوم، اختلاف فاز را می‌توان به صورت $\varphi=\omega_1\,\Delta t$ نمایش داد و اختلاف فاز دو موج نمایش داده شده بر صفحه اسیلوسکوپ را به صورت $\varphi=(\omega_1-\omega_2)\Delta t'$ نوشت

که در اینجا Δt زمان واقعی و $\Delta t'$ زمان اندازه‌گیری شده به وسیله اسیلوسکوپ است

$$\Delta t = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} \Delta t'$$

با خواندن $\Delta t'$ از اسیلوسکوپ و Δt واقعی و همچنین اندازه‌گیری فاصله لامپ تا محل فوتودیود گیرنده یعنی Δs می‌توان سرعت نور را از رابطه $c = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ بدست آورد.



هدف: اندازه‌گیری سرعت نور به طریق مدولاسیون الکتریکی، تعیین ضریب شکست

وسایل مورد نیاز: یک دستگاه گیرنده–فرستنده اپتیکی، اسیلوسکوپ، عدسی محدب با فاصله کانونی ۱۵۰ میلی‌متر، خط کش

روش آزمایش: ابتدا لامپ LED را درست مقابل ورودی امواج نوری دستگاه گیرنده–فرستنده قرار دهید و با تنظیم کلید تغییر فاز، اختلاف فاز دو موج $\cos(\omega_1-\omega_2)t$ [موج مرجع] و $\cos[(\omega_1-\omega_2)t-\varphi]$ [موج کار] را صفر کنید. محل لامپ، مبدأ اندازه‌گیری فاصله، Δs است. حال لامپ را به سمت بیرون از دستگاه حرکت داده و آن را در فاصله‌های مورد نظر قرار دهید. نور لامپ را به وسیله عدسی بر روی محل ورودی امواج نوری متمرکز کنید. از روی صفحه اسیلوسکوپ و با توجه به مبنای زمانی آن $\Delta t'$ را خوانده و جدول زیر را پر کنید. در این آزمایش فرکانسهای مورد کاربرد برابر است با: ω_1=۶۰ MHz و ω_2= ۵۹.۹MHz.

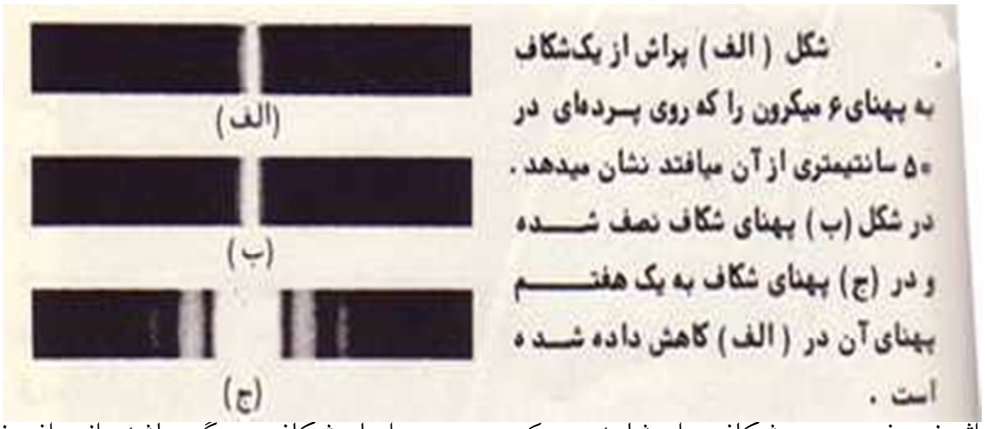
$\frac{\omega_1}{\omega_1-\omega_2} = 600$ در واقع زمان واقعی ۶۰۰ برابر کوچکتر از زمان خوانده شده بر صفحه اسیلوسکوپ است. نحوه خواندن زمان بر صفحه اسیلوسکوپ به این نحو است که پیچ زمانی را مشخص می‌کنیم (مثلاً بر روی عدد ۱$\frac{\mu s}{cm}$.)است. این بدین معنی است که یک سانتی‌متر بر روی صفحه هم ارز یک میکروثانیه است.اختلاف فاز بین دو موج به صورت اختلاف فاصله بین دو نقطه هم فاز (بیشینه، کمینه، ویا..) و به طور هم ارز زمان را $(\Delta t')$می‌خوانیم.

*** محاسبه c از رابطه $c=\lambda\nu$: هر گاه بر اثر جابه‌جایی لامپ، امواج بر صفحه اسیلوسکوپ به اندازه $\frac{\pi}{2}$ اختلاف فاز نشان دهد، جابه‌جایی لامپ $\frac{\lambda}{4}$ و هر گاه به اندازه π اختلاف فاز نشان دهد، جابه‌جایی $\frac{\lambda}{2}$ است. با کلید تغییر فاز، دو موج را هم فاز کرده لامپ را جابه‌جا کنید تا اختلاف فاز $\frac{\pi}{2}$ ظاهر شود حال $\Delta s = \frac{\lambda}{4}$ است. با دانستن ω_1=۶۰ MHz مقدار c را محاسبه کنید.

$\Delta S(cm)$	$\Delta t'$	Δt	φ	c	$\frac{\Delta c}{c}$	

نور شناخت موجی

دیدگاه هندسی نور و نگریستن به آن به صورت پرتوهایی که بر روی خط مستقیم حرکت می‌کنند، برای برخی پدیده‌های نوری جوابگوست. اما در پدیده‌های تداخل و پراش و.. جوابگو نیست. هر گاه نور از شکافی باریک عبور کند و یا به مانع کوچکی برخورد کند که ابعاد آن در مرتبه طول موج آن باشد، رفتاری غیر هندسی ظاهر شده و نور از راستای مستقیم انحراف می‌یابد و نور حتی می‌تواند مانع را دور بزند و دیگر سایه و روشن هندسی نباشد.

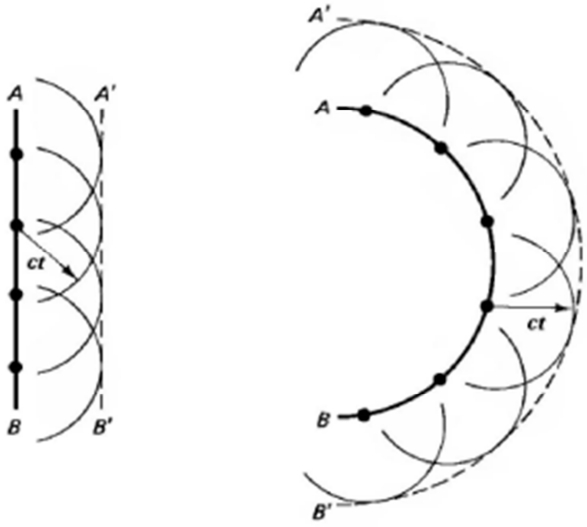


شکل (الف) پراش از یک شکاف به پهنای ۶ میکرون را که روی پرده‌ای در ۵۰ سانتیمتری از آن میافتد نشان میدهد. در شکل (ب) پهنای شکاف نصف شده و در (ج) پهنای شکاف به یک هفتم پهنای آن در (الف) کاهش داده شده است.

در شکل اثر نور فرودی به شکاف را مشاهده می‌کنیم. هر چه ابعاد شکاف بزرگتر باشد، انحراف نور از حالت هندسی کمتر است اما هر چه پهنای شکاف کمتر شود، نور بیشتر به تاریکی هندسی نفوذ می‌کند که این پدیده را پراش گویند. همچنین رفتار مشابهی برای نوری که به مانعی برخورد کند، که این مانع بخشی از نور را مانع شده و یا بخشی از نور را عبور دهد، (سیم‌ها به عنوان مانع و شکافها به عنوان عبور دهنده) مشاهده می‌شود.

اصل هویگنس: هویگنس در سال ۱۶۷۸ یک نظریه موجی برای نور پیشنهاد کرد که علاوه بر پدیده‌های موجی نور، قوانین بازتاب و شکست را نیز توضیح می‌دهد. از نظر ریاضی ساده‌تر از قوانین ماکسول بوده و برای آموزش و برخی موارد عملی می‌توان از آن استفاده کرد. نظریه هویگنس فرض می‌کند که نور یک موج است نه یک جریان ذره‌ای. این نظریه بر پایه یک ساختمان هندسی به نام اصل هویگنس استوار است و به کمک آن می‌توانیم محل یک سطح موج را در هر لحظه در آینده بدانیم. تنها کافی است محل کنونی آن مشخص باشد. بیان این اصل به صورت زیر است:

همه نقاط یک سطح موج می‌توانند در ایجاد موجک‌های کروی ثانویه، چشمه‌های جدید کروی به حساب آیند. وضعیت جدید سطح موج بعد از زمان Δt صفحه‌ای است مماس بر این موجک‌ها. هویگنس یک روش ترسیمی برای نمایش گذار از یک سطح موج به سطح موج دیگر ارایه داده است. سطح موج s را در نظر بگیرید، هنگامی که حرکت موجی به این سطح می‌رسد، هر ذره روی سطح s (نقاط روی سطح تخت و کرویAB) یک چشمه ثانویه موج تشکیل می‌دهند و امواج ثانوی گسیل می‌کنند. (به صورت نیم‌دایره‌های کوچک نشان داده شده) حال سطح موج بعدی s' را تشکیل می‌دهند. سطح s' (نقاط روی سطح تخت و کروی$A'B'$) بر تمام امواج ثانوی مماس است. این فرایند ادامه پیدا می‌کند و در نتیجه آن موج از داخل محیط عبور می‌کند. شکل زیر انتشار یک موج کروی و یک موج تخت را ظبق اصل هویگنس نشان می‌دهد.

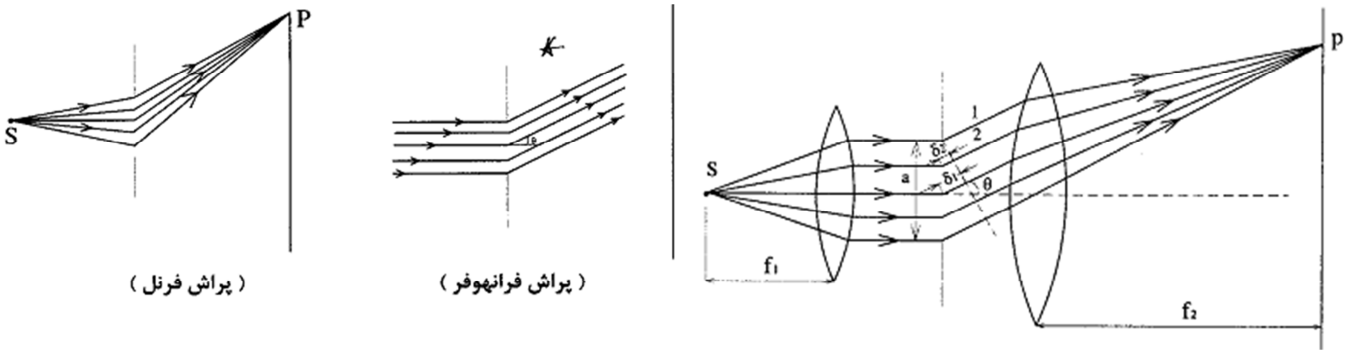


پراش

یکی دیگر از پدیده‌های دارای حرکت موجی نور را پراش می‌نامند. پراش هنگامی مشاهده می‌شود که موجی بر اثر مانعی به ابعاد قابل مقایسه با طول موج واپیچیده می‌شود. مانع ممکن است به صورت روزنه یا شکاف کوچکی روی پرده باشد که تنها بخش کوچکی از جبهه موج تابشی را از خود عبور می‌دهد. همچنین ممکن است مانع جسم کوچکی چون سیم باشد که مانع راه بخش کوچکی از جبهه موج شود. برای مشاهده پراش می‌توان از شکاف بین دو انگشت به چشمه نوری مانند یک لامپ نئون که در فاصله دوری قرار دارد، نگاه کرد و یا از پشت پارچه نازک به یک چراغ دوردست نگاه کرد.

پراش فرنل و فرانهوفر

حالت کلی پراش که به پراش فرنل مشهور است، (شکل الف) چشمه نور نقطه‌ای و پرده‌ای که نقش پراش روی آن دیده می‌شود، در فاصله محدودی از شکاف قرار دارند. در نتیجه پرتوهایی که از چشمه می‌آیند و پرتوهایی که به نقطه p پرده می‌رسند، موازی نیستند. هر گاه چشمه نور و پرده نمایش پراش به فاصله دوری از شکاف قرار داشته باشند، (شکل ب) پراش را فرانهوفر می‌نامند. در این حالت نور فرودی بر شکاف موازی تابیده و موازی به طرف پرده تابیده می‌شود. اما می‌توان با قرار دادن دو عدسی در دو طرف شکاف (شکل ج)، شرایط پراش فرانهوفری ایجاد کرد.



(الف) (ب) (ج)

پراش تک شکاف

برای محاسبه شدت پراش ناشی از یک شکاف بر روی پرده از حالت پراش فرانهوفر استفاده می‌کنیم. پرتوهایی که بر شکاف می‌تابند، هر نقطه‌ای از آن طبق اصل هویگنس خود مانند یک چشمه نقطه‌ای رفتار می‌کنند. معادله دامنه هر چشمه کروی را چنین می‌نویسیم

$$E = \left(\frac{\varepsilon_0}{r}\right)\sin(\omega t - kr)$$

که ε_0 قدرت چشمه بوده و دامنه موج به طور عکس با فاصله r از چشمه بستگی دارد. حال می‌توان پرتوهای پراشیده از شکاف را به صورت N چشمه نقطه‌ای (N نهایتاً به سمت بی‌نهایت می‌رود) تصور کرد. دامنه ناشی از یک جزء نور پراشیده برابر است با

$$E_i = \left(\frac{\varepsilon_0}{r_i}\right)\sin(\omega t - kr_i)\left(\frac{N\Delta y_i}{D}\right)$$

چشمه‌های نقطه‌ای در طول Δy_i با یکدیگر اختلاف فاز قابل ملاحظه‌ای ندارند. (به علت کوچکی Δy_i) و در نتیجه با هم جمع می‌شوند. با زیاد کردن N و در حالت حدی به سمت بی‌نهایت رفتن آن باعث می‌شود که جزءهای نور پراشیده دقیقاً به صورت چشمه‌های نقطه‌ای در نظر گرفته شود. با تعریف قدرت چشمه در واحد طول یعنی $\varepsilon_L \equiv \frac{1}{D}\lim_{N\to\infty}(\varepsilon_0 N)$ دامنه کلی ناشی از شکاف برابر است با

$$E = \sum_{i=1}^{M}\frac{\varepsilon_L}{r_i}\sin(\omega t - kr_i)\Delta y_i$$

و در حالت حدی $(N \to \infty)$ جمع بالا به صورت انتگرال بر روی پهنای شکاف تبدیل می‌شود

$$E = \varepsilon_L \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} \frac{Sin(\omega t - kr)}{r}\, dy$$

هر گاه فاصله نقطه مشاهده شده بر روی پرده به نسبت پهنای شکاف بزرگ باشد، $R \gg b$ می‌توان مقدار r را در فاز Sin و در مخرج کسر بسط داده و در مخرج $R \approx r$ و در صورت $r = R - ySin\theta$ را تقریب زد و در نتیجه

$$E = \frac{\varepsilon_L}{R}\int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} Sin[\omega t - k(R - ySin\theta)]dy = \frac{b\varepsilon_L}{R}\frac{Sin(\frac{kb}{2}Sin\theta)}{\frac{kb}{2}Sin\theta}\sin(\omega t - kR)$$

وبا ساده کردن عبارت $\frac{kb}{2}Sin\theta = \beta$ چنین می‌نویسیم

$$E = \frac{b\varepsilon_L}{R}\frac{Sin\beta}{\beta}\sin(\omega t - kR)$$

و شدت نور پراشیده برابر است با

$$I(\theta) = \langle E^2 \rangle = \frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_L}{R}\right)^2 \left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)^2$$

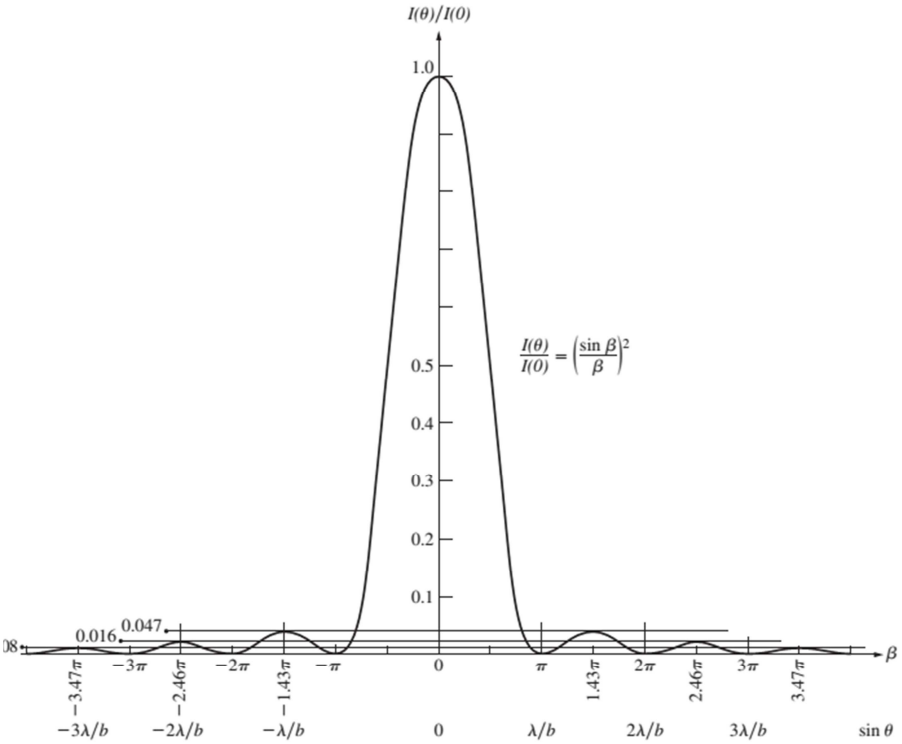
که در آن $\langle Sin^2(\omega t - kR)\rangle = \frac{1}{2}$ است. حال اگر I(0) مقدار آن در زاویه صفر باشد،

$$I(\theta) = I(0)\left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)^2$$

برای یافتن نقاط ماکزیمم و مینیمم پراش بر روی پرده، می‌توان مشتق شدت را برابر صفر گرفت

$$\frac{dI}{d\theta} = I(0)\frac{2Sin\beta(\beta Cos\beta - Sin\beta)}{\beta^3} = 0 \qquad \begin{cases} Sin\beta = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \beta = \pm\pi, \pm 2\pi, \ldots \pm k\pi \\ tan\beta = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots \beta \cong (k + \frac{1}{2})\pi \end{cases}$$

نقش شدت پراش فرانهوفر را بر حسب زاویه β می‌توان در نمودار زیر مشاهده کرد.

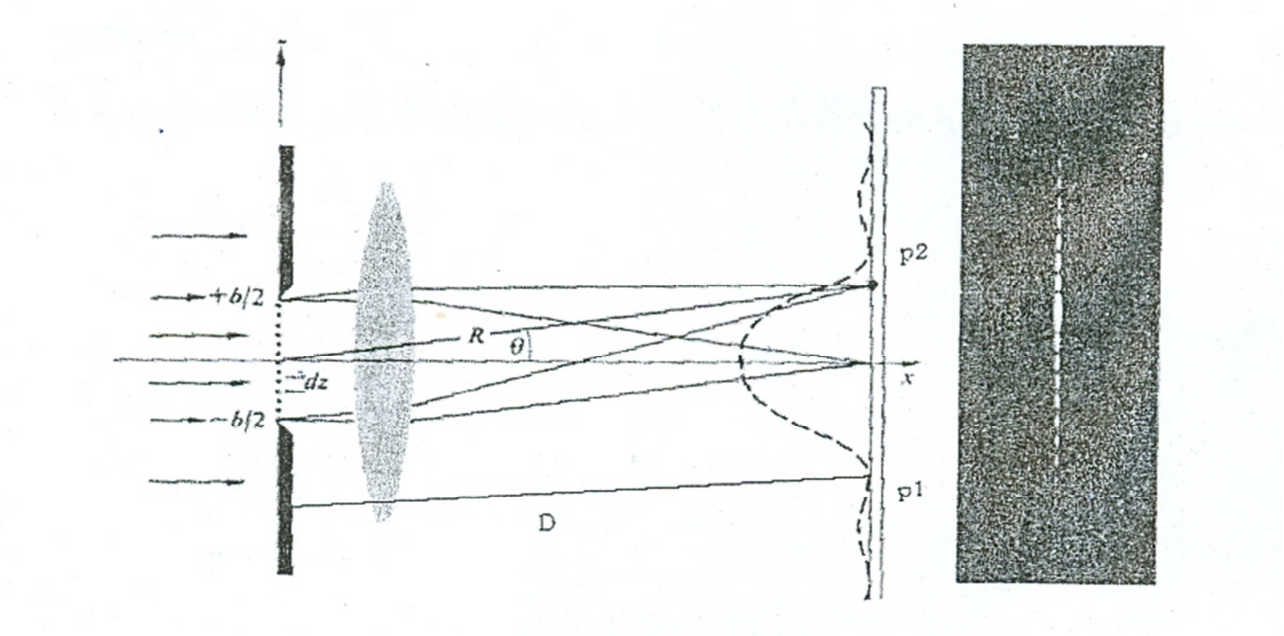


حال شکافی به پهنای b را در نظر بگیرید که نوری تک فام و موازی چون نور لیزر بر شکاف می‌تابد. نقش پراش حاصل از آن را بر روی پرده‌ای در فاصله D از شکاف بررسی می‌کنیم. به ازای اولین کمینه در پراش می‌توان لکه روشن اولی (لکه مرکزی) را تمام شده دانست. این کمینه به ازای π=β اتفاق می‌افتد.

$$\frac{kb}{2}Sin\theta = \pi \quad \rightarrow bSin\theta = \lambda \qquad\qquad Sin\theta \approx tan\theta = \frac{\frac{d}{2}}{D} = \frac{d}{2D}$$

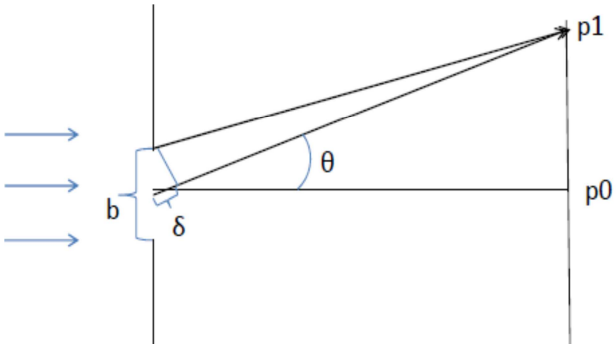
$$bSin\theta = b\left(\frac{d}{2D}\right) = \lambda \quad \rightarrow b = \frac{2D}{d}\lambda$$

در این رابطه d پهنای لکه مرکزی (p1p2) است. λ طول موج نور تک فام تابیده بر شکاف، b عرض شکاف و D فاصله شکاف تا پرده نمایش است.حال می‌توان با اندازه‌گیری d و D به ازای طول موج معلوم، عرض شکاف و یا با مشخص بودن عرض شکاف، طول موج نور مجهولی را برای پرتو اندازه‌گیری و یا به عبارتی طیف‌سنجی کرد.



پراش تک شکاف(نگاه ساده)

نور تک فامی را که بر شکافی می‌تابد، در نظر بگیرید پرتویی که از وسط شکاف عبور کرده و به نقطه p_0 می‌رسد، و دیگر پرتوها که از نقاط مختلف به این نقطه می‌رسند هم فاز بوده و بنابراین این نقطه مرکز روشنایی است. حال به نقطه p_1 دقت می‌کنیم و دو پرتو از شکاف را (یکی از وسط و دیگری از لبه بالای شکاف) را در نظر می‌گیریم.



اختلاف راه این دو پرتو δ؛ برابر است با $\frac{b}{2}Sin\theta$.

هر گاه این اختلاف راه نصف طول موج یعنی $\frac{\lambda}{2}$ باشد، این نقطه تاریک است. بنابراین

$$\frac{b}{2}Sin\theta = \frac{\lambda}{2} \quad \rightarrow bsin\theta = \lambda$$

که البته همان جواب ارایه شده در بحث قبل است.

این معادله نشان می‌دهد که هر چه شکاف باریکتر، یعنی مقدار b در نمودار کوچکتر باشد، θ بزرگتر و بیشینه مرکزی پهنتر خواهد بود. به عنوان مثال به ازای b=λ، اندازه θ برابر نود درجه است. یعنی هر گاه پرتویی با طول موج λ به شکافی به پهنای λ تابیده شود، بیشینه مرکزی تمام پرده را پوشانده و آنرا روشن می‌کند. می‌توان با تقسیم کردن شکاف به تکه‌های کوچک و در نظر گرفتن هر تکه مشابه یک پرتو (مشابه بحث ارایه شده در بحث قبل) محل کمینه‌های دیگر پراش را نیز مشخص کرد محل کمینه‌های شدت پراش روی پرده چنین خواهد بود $bsin\theta = K\lambda$ که K مرتبه کمینه‌های پراش است به نحوی که به ازای K=1 کمینه اول و لکه مرکزی بدست می‌آید.

آزمایش٤: الف)پراش شکاف با پهنای معلوم

هدف آزمایش: محاسبه طول موج نور مجهول به وسیله نقش پراش حاصل از شکافی با پهنای معلوم

وسایل مورد نیاز: شکاف معلوم، لیزر، خط‌کش، پایه نگهدارنده اسلاید، پرده

الف)محاسبه طول موج لیزر

روش انجام آزمایش: لیزر را در فاصله مورد نظر تنظیم و نور آنرا عمود بر پرده (دیوار) بتابانید. سپس شکاف قابل تنظیم را پس از تنظیم پهنای مورد نظر در مقابل نور لیزر قرار دهید پس از مشاهده پراش جدول زیر را پر کنید.

عرض شکاف b(mm)	فاصله‌شکاف‌تاپرده D(m)	پهنای‌لکه‌مرکزی d	طول موج لیزر λ	طول‌موج‌متوسط $\bar{\lambda}$	$\frac{\Delta\lambda}{\bar{\lambda}}$	
۰.۱۲	٦					
	۹					
۰.۲٤	٦					
	۹					
۰.٤۸	٦					
	۹					

ب) محاسبه عرض شکاف

هدف: محاسبه عرض شکاف مجهول به وسیله نقش پراش حاصل از نور با طول موج معلوم (قسمت الف)

وسایل مورد نیاز: اسلاید با سه شکاف مجهول، لیزر، خط‌کش، پایه، پرده

روش انجام آزمایش: تنظیم لیزر مانند قبل است. اسلاید را مقابل لیزر به ترتیب بر شکاف تنظیم کرده، نقش پراش را بر دیوار واضح کنید. طول موج لیزر همان مقدار بدست آمده در قسمت الف منظور شود. حال جدول زیر را پر کنید.

اسلاید	فاصله‌شکاف تا پرده D(m)	پهنای لکه‌مرکزی d	عرض شکاف b(mm)	عرض متوسط شکاف $\bar{b}$	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$	
A	٦					
	٩					
B	٦					
	٩					
C	٦					
	٩					

*** خطای نسبی طول موج تئوری قسمت الف را محاسبه کرده و با خطای عملی مقایسه کنید.

*** خطای نسبی طول موج تئوری قسمت ب را نیز محاسبه کرده و با خطای عملی مقایسه کنید.

*** سعی کنید با استفاده از لبه‌های کولیس شکافی تهیه کرده، پهنای آنرا محاسبه و درصد خطا را بدست آورید.

***به وسیله برش نازک پشت آینه سعی کنید شکافی برای دیدن پراش نهیه کنید.

نقش پراش ناشی از دو شکاف

برای محاسبه نقش پراش ناشی از دو شکاف به عرض b که به فاصله a از یکدیگر قرار دارند، مجدداً می‌توان از بیان فرانهوفر استفاده کرد. می‌توان پرتوهای پراشیده از هر شکاف را به صورت تعداد بی‌نهایت زیادی چشمه‌های نقطه‌ای تصور کرد که دامنه کلی پراش بر روی پرده ناشی از دامنه این چشمه‌های نقطه‌ای است.

$$E = c\int_{\frac{-b}{2}}^{\frac{+b}{2}} F(y)\,dy + c\int_{a-\frac{b}{2}}^{a+\frac{-b}{2}} F(y)\,dy$$

که در این رابطه،$F(y) = Sin[\omega t - k(R - ySin\theta)]$ و c ضریب ثابت دامنه، قدرت چشمه ثانویه بر واحد طول در امتداد محور y تقسیم بر R است که R فاصله از مبدأ تا نقطه p، یعنی نقطه‌ای بر روی پرده است. با انجام محاسبات ریاضی به این نتیجه می‌رسیم که

$$E = bc\left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)[Sin(\omega t - kR) + Sin(\omega t - kR + 2\alpha)]$$

می‌باشد β همانند قبل، $\beta = \frac{kb}{2}sin\theta$ ، و $\alpha = \frac{ka}{2}Sin\theta$ تعریف می‌شود.بنابراین،

$$E = 2bc\left(\frac{sin\beta}{\beta}\right)cos\alpha\sin(\omega t - kR + \alpha)$$

و میانگین‌گیری کردن در بازه زمانی نسبتاً طولانی چنین بدست می‌آید

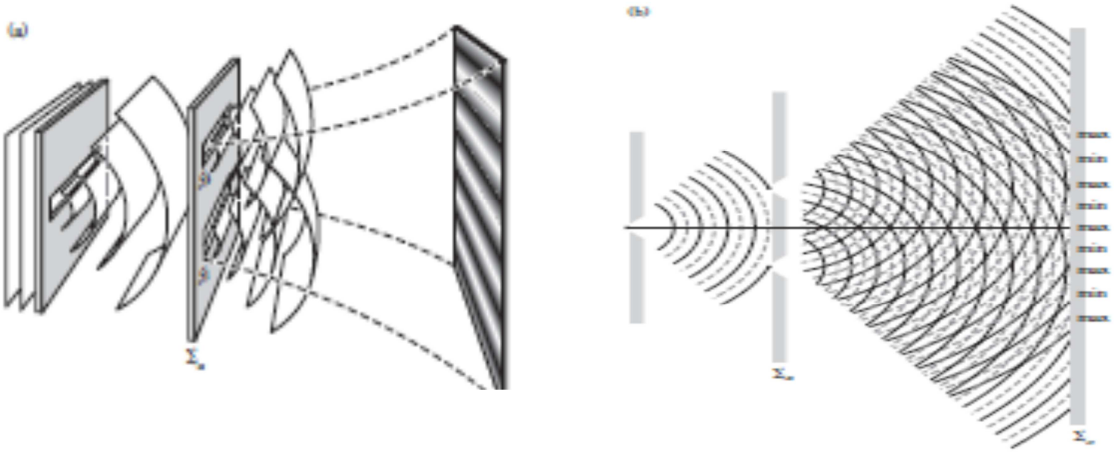
$$I(\theta) = 4I_0\left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)^2 Cos^2\alpha$$

و به ازای θ=0 و در نتیجه α=β=0 ،شدت برابر است با $I(\theta) = 4I_0$ که به علت دو برابر شدن دامنه پرتو، شدت چهار برابر می‌شود. نقش پراش حاصل از دو شکافی مشابه تک شکافی دارای لکه مرکزی روشن و لکه‌های روشن در دو سوی لکه مرکزی است. اما بر خلاف حالت تک شکافی، لکه مرکزی کاملاً روشن نبوده و دارای فریزهای روشن و تاریک متوالی درون لکه مرکزی است که این نقش تداخل دو شکافی یانگ است (که در بحث تداخل به آن می‌پردازیم). اما لکه مرکزی و دیگر نقشهای پراش به ازای مقادیر β=±π و±۲π.....و±Kπ بدست می‌آید.

تداخل

هر گاه در بخشی از فضا دو یا چند موج منتشر شوند، در بعضی از نواحی فضا ممکن است به طور کلی و یا جزئی یکدیگر را حذف کرده و در نواحی دیگر این برهم نهی باعث ترکیب امواج با یکدیگر شود. این پدیده در امواج مکانیکی (ارتعاش ریسمان، ارتعاشات شاره‌ها و...) نیز قابل مشاهده است. این پدیده را تداخل می‌نامند. تداخل نوری را می‌توان بر هم کنش دو یا چند موج نوری دانست که شدت برایند آنها از مجموع شدت مولفه‌ها بیشتر و یا کمتر باشد.

دستگاههای نوری که تداخل تولید می‌کنند، به دو گروه شکافنده جبهه موج و شکافنده دامنه موج تقسیم می‌شوند. در گروه اول بخشهایی از جبهه موج اولیه به عنوان چشمه‌های امواج ثانویه حقیقی و یا مجازی به کار می‌روند. همانند دو شکافی یانگ، دو آیینه‌ای فرنل و ... در گروه دوم موج اولیه به دو بخش تقسیم شده و پس از ترکیب مجدد و تداخل مسیرهای متفاوتی را می‌پیماید. همانند تداخل مایکلسون، ماخ‌زندر، و ...



دو چشمه نقطه‌ای S_1,S_2 (شکل بالا) را در نظر بگیرید که امواج یک فام هم فرکانس گسیل می‌کنند. نقطه مشاهده p را به اندازه کافی دور از چشمه‌ها تعیین می‌کنیم به نحوی که جبهه موجها در این نقطه تخت باشند.
امواج قطبیده خطی

$$\overrightarrow{E_1} = \overrightarrow{E_{10}}\, Cos\left(\overrightarrow{k_1}.r - \omega t + \varepsilon_1\right), \overrightarrow{E_2} = \overrightarrow{E_{20}}\, Cos(\overrightarrow{k_2}.r - \omega t + \varepsilon_2)$$

را در نظر بگیرید. شدت نور در نقطه p برابر است با $I = \langle E^2 \rangle = \langle \vec{E}.\vec{E} \rangle$

و در نتیجه شدت برابر است با

$$I = \langle {E_1}^2 \rangle + \langle {E_2}^2 \rangle + 2\langle \overrightarrow{E_1}.\overrightarrow{E_2} \rangle = I_1 + I_2 + I_{12}$$

پس از کمی محاسبات ریاضی و میانگین‌گیری در یک دوره می‌توان نشان داد که

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\, cos\delta \qquad \delta = \left(\overrightarrow{k_1} - \overrightarrow{k_2}\right).\vec{r} + (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$$

بحث مشابهی را می‌توان برای چشمه‌های نقطه‌ای با امواج کروی همسانگرد نیز انجام داد.

$$\overrightarrow{E_1} = \overrightarrow{E_{10}} e^{i(kr_1 - \omega t + \varepsilon_1)} \qquad \overrightarrow{E_2} = \overrightarrow{E_{20}} e^{i(kr_2 - \omega t + \varepsilon_2)}$$

مقدار $\delta = \left(\overrightarrow{k_1} - \overrightarrow{k_2}\right).\vec{r} + (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$ می‌باشد. بیشینه تابیدگی به ازای $\delta = 2m\pi$ و کمینه تابیدگی (تاریکی) به ازای $\delta = (2m+1)\pi$ رخ می‌دهد که m=0,±1,±2,..... می‌باشد. نواحی تاریک و روشنی که می‌توانند در روی پرده‌های واقع در ناحیه تداخل دیده می‌شوند، فریزهای تداخلی نامیده می‌شوند. مجدداً به شرط بیشینه در تداخل برمی‌گردیم. با توجه به $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ شرط چنین است $r_2 - r_1 = m\lambda$. به عنوان مثال به ازای m=0 ، $r_1 \approx r_2$ که بیشینه مرکزی در تداخل را نشان می‌دهد. حال تصور کنید که فاصله بین پرده و شکاف به نسبت بین فاصله دو شکاف (چشمه) یعنی a بسیار زیاد باشد (شکل زیر)، به نحوی که بتوان از تقریب $Sin\theta \approx tan\theta \approx \theta$ استفاده کرد. با توجه به شکل $r_2 - r_1 = a\theta$ و $\theta = \frac{y_m}{D}$ و در نتیجه $r_2 - r_1 = \frac{D}{a} y_m$ و با توجه به شرط بیشینه

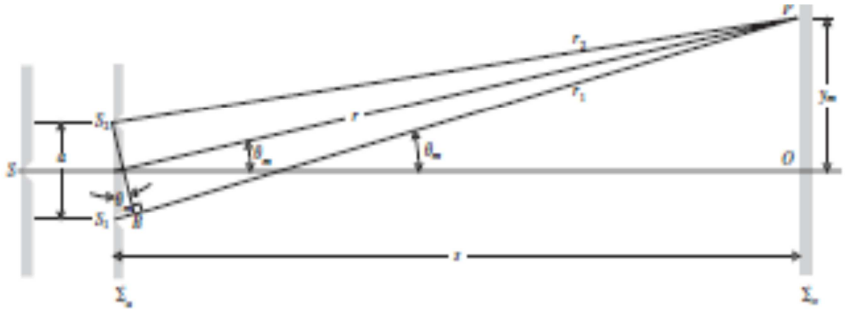
$$r_2 - r_1 = m\lambda \qquad y_m = \frac{D}{a} m\lambda$$

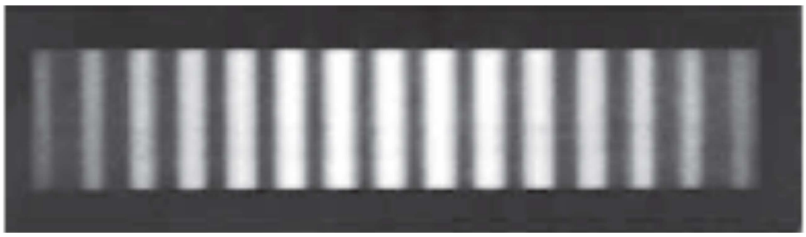
که y_m فاصله mامین روشنایی از روشنایی مرکزی است.

هر گاه بیشینه مرکزی $(m = 0)$ را فریز صفرم به حساب آوریم، این رابطه وضع فریز روشنm ام بر روی پرده بدست می‌دهد. فاصله بین دو فریز متوالی بر پرده چنین محاسبه می‌شود

$$y_{m+1} - y_m = \frac{D}{a}\lambda[(m+1) - m] = \frac{D}{a}\lambda$$

این فاصله که بین دو روشنایی صرف‌نظر از مرتبه بر قرار است، اندر فریز (i) نامیم. $i = \frac{D}{a}\lambda$ هر گاه نور تک فامی به طول موج معلوم بر دو شکافی با فاصله مجهول بتابد، با محاسبه اندر فریز و فاصله پرده تا دو شکاف، a فاصله بین دو شکاف محاسبه می‌شود. و به طریق عکس می‌توان طول موج مجهولی را با دو شکاف معلوم محاسبه کرد.





آزمایش 5: تداخل دو شکاف یانگ (تداخل و پراش دو شکاف)

هدف آزمایش: اندازه‌گیری عرض و فاصله بین دو شکاف

وسایل آزمایش: لیزر، اسلاید دو شکافی، پرده، پایه، متر، خط‌کش

الف) تداخل دو شکاف

روش آزمایش:نور لیزر را عمود بر پرده و در راستای افق تنظیم کنید. اسلاید که سه دو شکافی A وB و C است، در فواصل مورد نظر و عمود بر جهت نور لیزر بر روی پایه نصب کنید و برای مشاهده نقش تداخل و محاسبه اندازه دو شکاف، (فاصله بین دو شکاف) نور لیزر باید بر هر دو شکاف یکسان بتابد تا فریزها واضح مشاهده شوند. برای دقت در خواندن اندر فریز، تعدادی از اندر فریزها را اندازه‌گیری کنید. جدول زیر را تکمیل کنید. طول موج نور لیزر را ٦٣٢٨ آنگسترم منظور کنید.

نوع اسلاید	D(m)	n_i(تعدادفریز)	i_n(فاصله‌فریزها)	l (اندر فریز)	a اندازه دوشکاف	$\frac{\Delta a}{\bar{a}}$
A	٩					
	٦					
B	٩					
	٦					
C	٩					
	٦					

*** خطای نسبی تئوری و عملی را مقایسه کنید. تقریب $\Delta\lambda = 0$ را استفاده کنید.

*** شدت تابندگی بیشینه دوم را محاسبه کنید.

*** هر گاه حداقل i=1mm را بتوان اندازه‌گیری کرد، فاصله اسلاید تا پرده را تا چه حد می‌توان کم کرد؟

ب) پراش دو شکاف

روش آزمایش: در محاسبه اندازه دو شکاف در مرحله الف در این آزمایش و در مشاهده نقش تداخلی دیده می‌شود که نقش پراش نیز وجود دارد. در واقع بر روی پرده نقش پراشی را مشاهده می‌کنیم که بر خلاف پراش تک شکافی، لکه مرکزی و دیگر لکه‌های پراش کاملاً روشن نیست بلکه در روشنایی پراش نیز نوارهای تاریک وجود دارد که این همان نقش تداخل مرحله الف است. طبق محاسبات پراش، رابطه‌ای مشابه با پراش تک شکاف بدست می‌آید، $bSin\theta = k\lambda$ مجدداً همانند مرحله قبل لیزر را تنظیم و بر اسلاید بتابانید. برای محاسبه پراش هر کدام از دو شکافها بهتر است نور لیزر بر یکی از شکافها بیشتر متمرکز شود به نحوی که ممکن است نقش تداخل ضعیف مشاهده شود. جدول زیر را پر کنید.

نوع اسلاید	D(m)	dپهنای لکه مرکزی	bعرض شکاف	$\bar{b}$	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$
A					
B					
C					

*** خطای نسبی $\frac{\Delta b}{\bar{b}}$ تئوری و عملی را مقایسه کنید.

آزمایش 6: پراش سیم

هدف آزمایش: اندازه‌گیری ضخامت سیم به روش پراش

وسایل آزمایش: لیزر، سیم پراش، پرده، پایه، متر، عدسی ۵ میلی‌متری و خط‌کش

روش آزمایش: نقش پراش ناشی از سیم همانند نقش پراش تک شکاف است. با این تفاوت که عرض شکاف در اینجا ضخامت سیم محسوب می‌شود. با استفاده از طول موج نور لیزر (۶۳۲۸ آنگستروم) و رابطه $bSin\theta=\lambda$ جدول زیر را پر کنید.

نوع اسلاید	D(m)	dپهنای لکه مرکزی	b ضخامت سیم	$\bar{b}$	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$
A					
B					
C					

*** عدسی ۵ میلی‌متری را جلوی لیزر قرار دهید تا نور آن باز شود نگاه آنرا بر سیم بتابانید. پراش لبه‌های سیم نقش تداخل گونه را در ناحیه سایه هندسی سیم بوجود می‌آورید. با نگاه تداخلی به این نقش جدول تداخل زیر را پر کنید.

نوع اسلاید	D(m)	n_i(تعدادفریز)	i_n(فاصله‌فریزها)	l (اندر فریز)	a ضخامت سیم	$\frac{\Delta a}{\bar{a}}$
A	۹					
	٦					
B	۹					
	٦					
C	۹					
	٦					

توری پراش

نقش پراش حاصل از شکافهای متعدد که اصطلاحاً به آن توری گفته می‌شود، مشابه پراش دو شکافی و در واقع تعمیم ریاضی این حالت است. به عنوان مثال N شکاف موازی به عرض b و فاصله a از یکدیگر را در نظر بگیرید. میدان الکتریکی عبوری از این N شکاف بر روی پرده طبق روش فرانهوفر و تعمیم حالت دو شکافی به N شکافی چنین است

$$E = c\int_{\frac{-b}{2}}^{\frac{+b}{2}} F(y)\,dy + c\int_{a-\frac{b}{2}}^{a+\frac{-b}{2}} F(y)\,dy + \cdots + c\int_{(N-1)a-\frac{b}{2}}^{(N-1)a+\frac{b}{2}} F(y)dy$$

که در این انتگرال $F(y) = Sin[\omega t - k(R - ySin\theta)]$ بوده و از تقریب r=R-zSinθ مجدداً استفاده شده است. سهم هر انتگرال در بالا با اندیس j مشخص می‌کنیم (j برای انتگرال اول صفر فرض می‌شود). پس از کمی محاسبه و ساده سازی برابر است با

$$E_j = bc\left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)Sin(\omega t - kR + 2j\alpha)$$

که همانند قبل، $\beta = \frac{kb}{2}sin\theta$ ، و $\alpha = \frac{ka}{2}Sin\theta$ تعریف می‌شود.

حال برای بدست آوردن دامنه پراش در هر نقطه بر روی پرده سهم همه شکافها را با یکدیگر جمع می‌کنیم

$$E = \sum_{j=0}^{N-1} bc\left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)Sin(\omega t - kR + 2j\alpha)$$

حال به جای محاسبه کامل و کلی، این جمله را با تشابه دو شکافی می‌نویسیم

$$E = bc\left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)\left(\frac{SinN\alpha}{Sin\alpha}\right)Sin(\omega t - kR + (N-1)\alpha)$$

شدت پراش بر روی پرده در هر نقطه برابر است با $I(\theta) = I(0)\left(\frac{Sin\beta}{\beta}\right)^2\left(\frac{SinN\alpha}{Sin\alpha}\right)^2$ ا

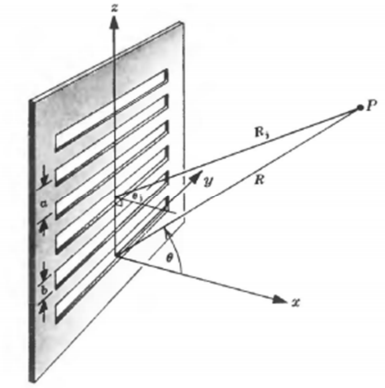
و در نتیجه بیشینه‌های اصلی به ازای $\alpha=\pm\pi$و$\pm2\pi$و.....$\pm n\pi$ بر قرار است و چون $\alpha = \frac{ka}{2}Sin\theta$ ، در نتیجه شرط پراش برابر است با aSinθ=nλ که به ازای مقادیر مختلف n نقاط بیشینه پراش را می‌توان بدست آورد.

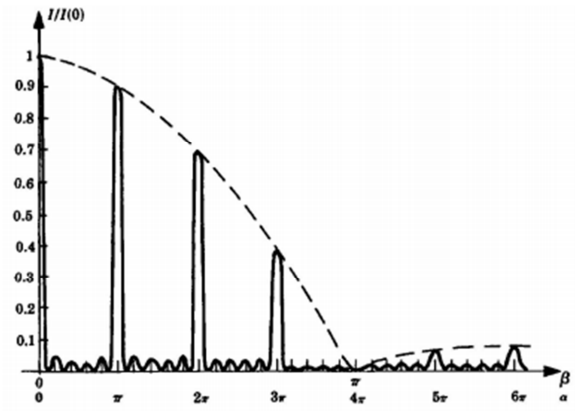
آزمایش 7: توری پراش ۱ (پراش نور تک فام)

هدف: اندازه گیری طول موج مجهول به کمک توری پراش و بلعکس

وسایل مورد نیاز: توری پراش، لیزر، پایه، متر، کولیس

روش انجام آزمایش: با توجه به تئوری اشاره شده در قبل بیشینه‌های پراش طبق رابطه با $a\sin\theta=n\lambda$ مشخص می‌شود که $a=\frac{1}{N}$، N تعداد شکافهای توری (خط در واحد طول) است.





الف) تعیین طول موج نور لیزر

نور لیزر را عمود بر پرده تنظیم کرده توری $N=80\frac{line}{Cm}$ را بر پایه در مسیر نور لیزر قرار می‌دهید تا نقش پراش به وضوح بر پرده ظاهر شود. جدول زیر را پر کنید. دقت کنید که در حالت زوایای کوچک θ می‌توان از تقریب $\sin\theta\approx\tan\theta\approx\theta$ استفاده کرد. در نتیجه از تقریب $\sin\theta\approx\frac{d}{2D}$ استفاده کنید که در این رابطه D فاصله توری تا پرده و d فاصله بیشینه‌های متوالی پراش در مرتبه‌های مختلف است.

D(m)	λ(n=1)	λ(n=2)	λ(n=3)	λ(n=4)	λ(n=5)	$\bar{\lambda}$
9						
6						
$\frac{\Delta\lambda}{\bar{\lambda}}$ تئوری و عملی						

ب)محاسبه توری مجهول

توری مجهول را بر روی پایه مقابل نور لیزر قرار دهید. با تنظیم محل پرده، تا پراش مرتبه دوم را ظاهر کنید. ملاحظه می‌شود که پرده باید در فاصله اندکی از توری باشد. در این مرحله استفاده از تقریب زاویه های کوچک مجاز نیست.

*** در دو فاصله و تا دو مرتبه پراش، N را برای توری محاسبه کنید. فواصل را با کولیس بخوانید.

*** خطای نسبی تئوری و عملی را برای مراحل الف و ب آزمایش محاسبه و مقایسه کنید.

*** توری را در فاصله ۳ متر از پرده (دیوار) قرار دهید و با استفاده از پراش مرتبه اول، N را محاسبه کنید. فواصل را با متر بخوانید. جدول زیر را پر کنید.

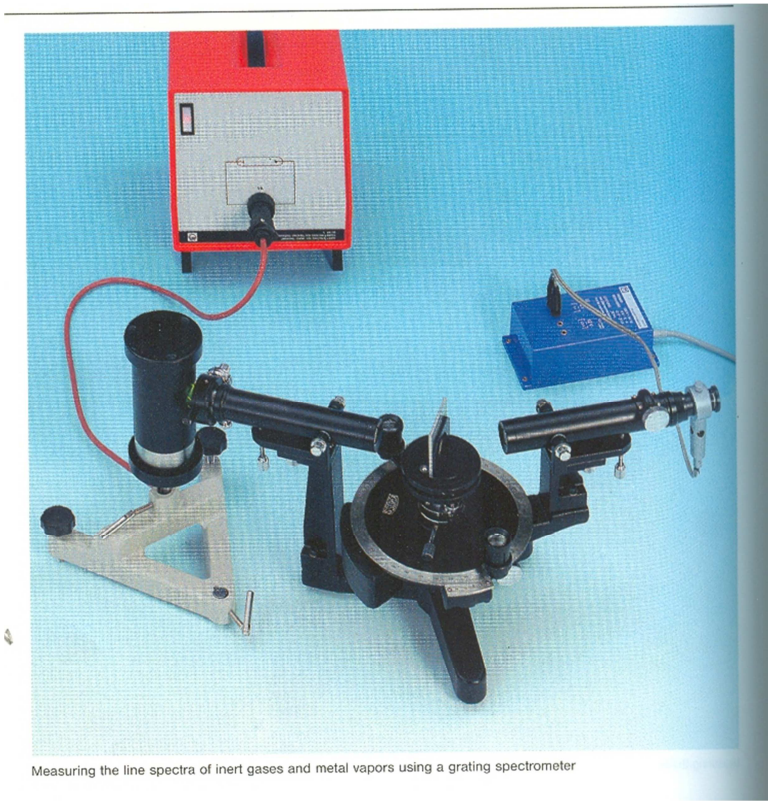
D(Cm)	N(n=1)	N(n=2)	$\overline{N}$	تئوری $\frac{\Delta N}{\overline{N}}$	عملی $\frac{\Delta N}{\overline{N}}$
10					
فاصله دلخواه					
۳۰۰		----------			----------

آزمایش 8: توری پراش ۲ (پراش نور مرکب)

هدف: محاسبه طول موجهای نور مجهول (طیف سنجی) به کمک توری پراش

وسایل مورد نیاز: توری پراش، ترانسفورماتور، لامپ با طیف مجهول، گونیومتر

روش انجام آزمایش: تئوری آزمایش که همان پراش توری است، قبلاً اشاره شده که در انتهای محاسبات به رابطه $\mathbf{aSin\theta=n\lambda}$ می‌انجامد که $\boldsymbol{a = \frac{1}{N}}$ است. در این روش زاویه θ مستقیماً خوانده و اندازه‌گیری می‌شود. توری معلوم $N = 1000\frac{line}{cm}$ رابر روی پایه مخصوص و مجموعه را بر روی میزچه گونیومتر قرار دهید. لامپ مجهول را پشت دریچه کلیماتور قرار داده و نور را با واضح دیدن به کمک دوربین گونیومتر تنظیم کنید. طیف نور پراش یافته را در مرتبه‌های مختلف پراش مشاهده کنید.



Measuring the line spectra of inert gases and metal vapors using a grating spectrometer

***تمام طول موجهای نور را (با مشخص نمودن رنگ) در مرتبه اول پراش $n=1$ محاسبه و جدول زیر را پر کنید.

$\frac{\Delta\lambda}{\bar{\lambda}}$		λ	$\bar{\theta}$	θ راست	θ چپ	رنگ‌نور مجهول

*** طول موج سه رنگ را به دلخواه و در مرتبه دوم پراش محاسبه و با مرتبه اول مقایسه کنید. خطای نسبی تئوری و عملی را مقایسه کنید. جدول زیر را پر کنید.

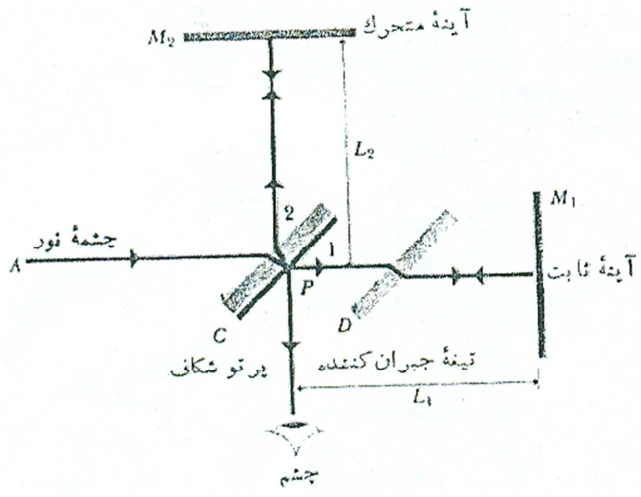
$\frac{\Delta\lambda}{\bar{\lambda}}$		λ	$\bar{\theta}$	θ راست	θ چپ	رنگ‌نور مجهول

*** به همه رنگها در مرتبه اول دقت کنید. کدام رنگ در مرتبه‌های بالاتر شکافته و به دو طیف تبدیل می‌شود؟ اختلاف طول موج آن دو را محاسبه کنید.

*** با توری پراش مورد استفاده در این آزمایش حداقل و حداکثر مرتبه پراش را محاسبه کنید. (منظور از حداقل مرتبه، دیدن همه رنگها و حداکثر دیدن یک رنگ است).

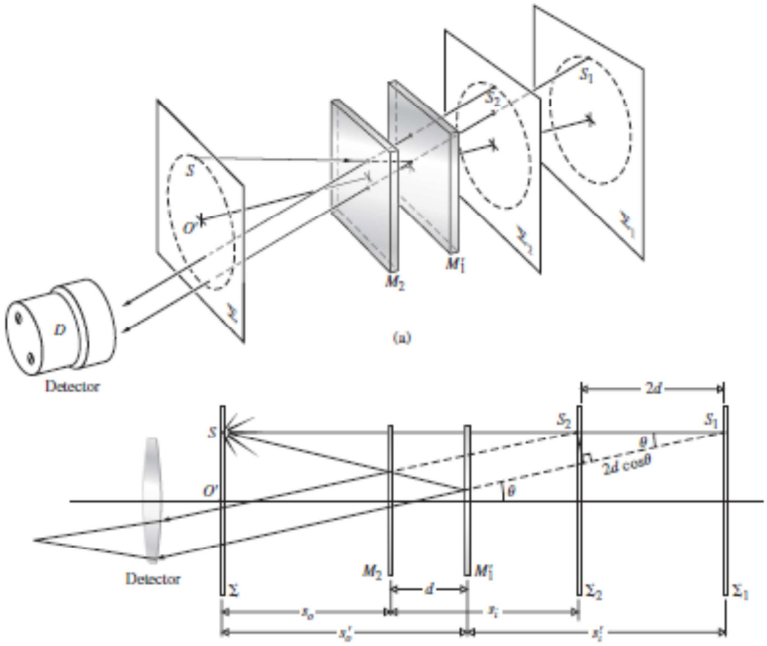
تداخل شکافنده دامنه موج

الف) تداخل مایکلسون: این تداخل سنج بر مبنای شکافتگی دامنه بنا شده‌است. فرض کنید که نوری بر آینه نیم نقره اندود (نیم آینه) فرود آید، بخشی از نور عبور کرده و بخشی از آن بازتابیده می‌شود. در واقع دامنه شکافته می‌شود. حال اگر بتوان این دو بخش را به کمک اسباب اپتیکی مجدداً بر هم منطبق کرد، به نحوی که همدوسی اصلی این دو بخش از بین نرود، تداخل حاصل خواهد شد. یکی از راههای انجام این عمل تداخل‌سنج مایکلسون است (شکل روبرو).



چشمه نور تک فام را در نقطه A تصور کنید که بر نیم آینه c و در نقطه p فرود می‌آید. بخشی از آن (۱) از نیم آینه گذر کرده و پس از بازتاب از آینه ثابت M_1 مجدداً به نیم آینه فرود می‌آید. بخش بازتابی از نیم آینه به چشم ناظر می‌رسد. بخش دیگری از نور (2) پس از بازتاب از نیم آینه، از آینه متحرک M_2 نیز بازتاب کرده و پس از عبور از نیم آینه به چشم ناظر می‌رسد. به علت اینکه پرتوی (2) یک بار از نیم آینه گذر کرده، در حالیکه پرتوی (2) دو بار از نیم آینه می‌گذرد، تیغه جبران کننده‌ای در مسیر پرتو (1) قرار می‌دهیم تا اختلاف راه نوری یک اختلاف راه واقعی باشد. این مجموعه بر روی پایه صلب و سنگین قرار می‌گیرد. (در صورت امکان قطعات بر روی تکه سنگی و بر روی لاستیک پر باد قرار می‌گیرد تا کمترین لرزش را داشته باشد). آینه متحرک به پیچ ظریف و بسیار دقیقی متصل است. (جابه‌جایی این آینه در آزمایشگاه حداقل تا یک میکرون قابل اندازه‌گیری است). نقش تداخلی ناشی از تداخل‌سنج مایکلسون بر روی پرده به فاصله آینه‌ها از نیم آینه، L_1 و L_2 و نیز تعامد و یا عدم تعامد دو آینه با یکدیگر بستگی زیادی دارد. زیرا با یک آرایش مفهومی از این

تداخل‌سنج آنرا می‌توان به مشابه تداخل لایه و یا گوه هوا تصور کرد که نقش فریزهای تداخلی را مشخص می‌کند (شکل زیر).

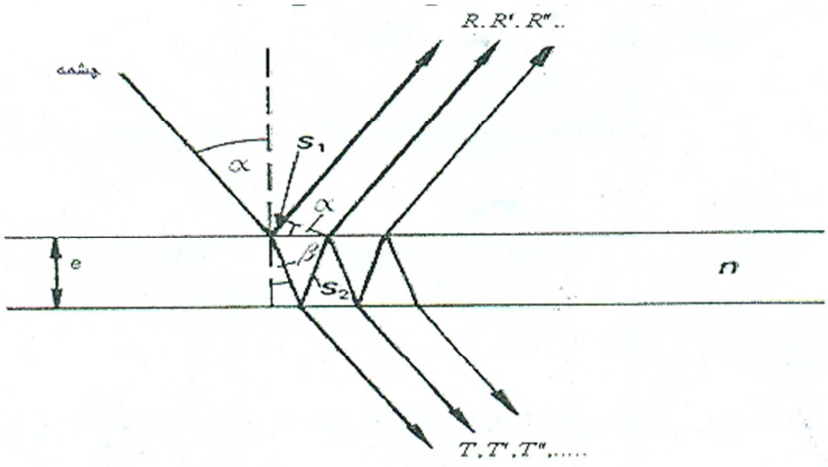


هر گاه آینه متحرک شروع به جابه‌جایی کند، نقش فریزها تغییر کرده و به نظر می‌رسد که شعاع فریزها کم و یا زیاد شده و در نتیجه فریزها به سمت مرکز و یا به طرف خارج از مرکز حرکت می‌کنند. هر گاه آینه به اندازه $\frac{\lambda}{2}$ جابه‌جا شود، موقعیت فریز مرکزی تغییر کرده و روشنایی جایگزین تاریکی و بر عکس می‌شود. حال اگر آینه متحرک به اندازه Δd جابه‌جا شود، تعداد فریزها به تعداد N جابه‌جا می‌شود که رابطه‌ای اینچنین برقرار است $\Delta d = N\frac{\lambda}{2}$ که می‌توان با جابه‌جایی آینه به اندازه مشخص و شمارش فریزهای جابه‌جا شده طول موج نور مجهولی را بدست آورد و در واقع طیف‌سنجی کرد. همچنین از این اسباب اپتیکی می‌توان جابه‌جایی‌های کوچک و حساس را نیز اندازه‌گیری کرد.

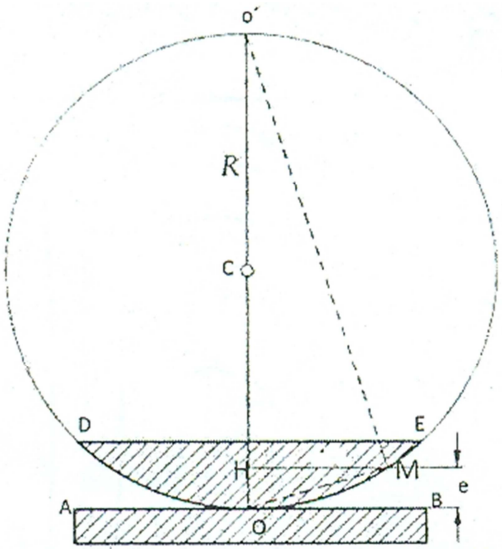
تداخل تیغه موازی: فرض کنید پرتوهایی که از چشمه گسترده تک فام می‌آید، تحت زاویه α به تیغه‌ای شیشه‌ای بتابد قسمتی از پرتو از تیغه بازتاب و بخشی تحت زاویه β در شیشه می‌شکند. بخش انکساری بر سطح دیگر شیشه می‌تواند بازتاب و شکست یابد و این فرایند می‌تواند ادامه یابد. پرتوهای.. $R, R', R'',$ از شیشه بازتاب و پرتوهای .... $T, T', T'',$ در شیشه وارد و از سمت دیگر آن خارج می‌شود. پرتوهای عبوری و

بازتابی می‌توانند تحت شرایطی تداخل کنند. به دو پرتوی بازتابی R, R' دقت می‌کنیم. اختلاف راه نوری بین این دو پرتو برابر است با $\delta = 2neCos\beta$

پرتوهای فرودی با زاویه α روی مخروطی به زاویه راس 2α و پرتوهای بازتابی نیز بر روی مخروط قرار می‌گیرند که نشانگر وجود فریزهای روشن و تاریک تداخل دایره‌ای می‌باشد. به علت ایجاد اختلاف فاز برای پرتوهایی که از محیطی با ضریب شکست کمتر روی محیطی با ضریب شکست بیشتر بازتاب می‌کند، اختلاف راه برای پرتوهای R, R' چنین تصحیح می‌شود $\delta = 2neCos\beta + \frac{\lambda}{2}$ هر گاه $\delta=k\lambda$، روشنی و در صورتی که $\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$، تاریکی در فریز تداخلی ایجاد می‌شود.

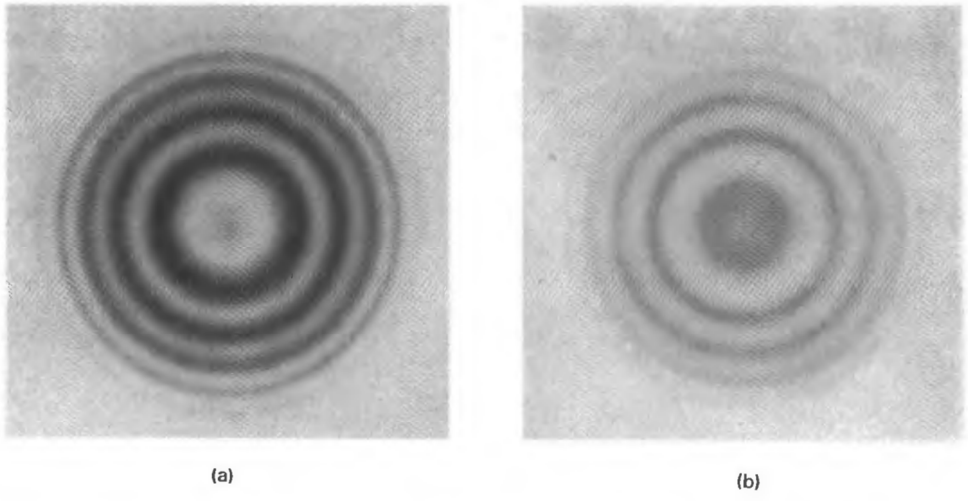


ب) حلقه‌های نیوتن



هر گاه یک عدسی همگرا با شعاع خمیدگی بزرگ (حدود چند متر) را روی یک صفحه AB قرار دهیم، یک گوه هوا بین عدسی و شیشه تخت ایجاد می‌شود که دور نقطه تماس o دارای تقارن دایره‌ای می‌باشد.ا نور یک چشمه گسترده تک فام به طول موج λ را به این دستگاه بتابانیم، هر پرتو یک بار روی سطح صفحه AB شیشه‌ای و دوباره روی سطح

EoD عدسی بازتاب می‌کند. از تداخل آنها یک سری فریزهای دایره‌ای هم مرکز به نام حلقه‌های نیوتن تشکیل می‌شود. این فریزها در لایه هوای بین عدسی و شیشه مسطح جایگزیده است. مرکز فریزها در بازتاب تاریک و در عبور روشن است. با توجه به این نکته که شکل فریزها مکان هندسی نقاطی است که برای این نقاط اختلاف راه ثابت است. برای حلقه‌های بازتابی $\delta = 2neCos\beta + \frac{\lambda}{2}$ (مشابه بحث تداخل تیغه‌های موازی).



چون e برای دایره‌هایی دور نقطهo ثابت است. بنابراین فریزها دایره‌ای هستند. برای محاسبه شعاع فریزها و به طور هندسی چنین داریم $MH^2 = Ho \times Ho'$ و اگر از e در مقابل R صرف‌نظر کنیم

$r_k{}^2 = (2R - e)e \rightarrow r_k{}^2 \cong 2Re$

حال برای تداخل حلقه نیوتن، برای پرتوهای عمودی و برای فریزهای تاریک بازتابی داریم

$2ne + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ 2ne=kλ

و برای تداخل در لایه هوای بین عدسی کروی و شیشه مسطح (n=1)،

$$\begin{cases} e = \dfrac{k\lambda}{2} \\ r_k{}^2 = 2Re \end{cases} \Rightarrow r_k = \sqrt{kR\lambda}$$

که رابطه‌ای بین طول موج فرودی، شعاع عدسی و شعاع فریزهای تداخلی می‌باشد.

آزمایش۹: تداخل سنج مایکلسون

هدف آزمایش: محاسبه طول موج نور مجهول به وسیله تداخل مایکلسون

وسایل مورد نیاز: دستگاه تداخل سنج مایکلسون شامل میز تخت، پیچ میکرومتری، پایه‌های مغناطیسی، دو آینه، نیم آینه، عدسی ۵ و ۵۰ میلی‌متری، لیزر، کولیس

روش آزمایش: ابتدا نور لیزر را عمود بر آینه ثابت و به طور افقی تنظیم کنید. به نحوی که نور بعد از برخورد به آینه بر روی خود بازتابد و پس از قرار دادن عدسی ۵ میلی‌متری همچنان نور افقی باشد. سپس در وضعیت بدون عدسی، نیم آینه را به صورت ٤٥ درجه و در جای مخصوص خود قرار دهید به نحوی که نور لیزر را به دو بخش، یکی بر آینه ثابت و دیگری بر آینه متحرک بتابد. نورهای تداخلی به صورت دو لکه روشن بر پرده می‌افتد. با تنظیم پیچهای پشت دو آینه، دو لکه روشن را بر روی یکدیگر بیاندازید (سعی کنید پیچ‌های پشت آینه خیلی آزاد یا خیلی سفت نشود). حال عدسی ۵ میلی‌متری را جلوی نور لیزر قرار دهید تا نور لیزر باز شود و نقش تداخلی ظاهر شود حال عدسی ۵۰ میلی‌متری را برای درشت نمایی فریزها،در جلوی فریزها قرار دهید.

*** با جابه‌جایی آینه متحرک یک بار به جلوی و یک بار بر عکس، فریزهای جابه‌جا شده را تا ۱۰۰ فریز شمارش کرده و با خواندن مقدار جابه‌جایی به کمک میکرومتر و رابطه $\Delta d = N\frac{\lambda}{2}$ طول موج نور لیزر را بدست آورید.

*** با جابه‌جایی آینه متحرک به میزان چهار دور (۲۰ میکرون) و در دو مرحله به سمت جلو و بر عکس تعداد فریزهای جابه‌جا شده و نهایتاً طول موج را بدست آورید.

*** وضعیت آینه را به دو صورت $L_1<L_2$ و $L_2 < L_1$ تنظیم کنید و با جابه‌جایی آینه متحرک آنرا به سمت حالتهای $\Delta L \to 0$ و $\Delta L \to \infty$ حرکت داده و مشاهدات خود را بنویسید.$\Delta L = |L_1 - L_2|$

*** وضعیت $\Delta L \approx 0$ را تنظیم کرده و با حرکت دادن آینه متحرک به جلو و عقب مشاهدات خود را بنویسید.

***با اندازه‌گیری شعاع فریزها طول موج را محاسبه کنید.

آزمایش۱۰: حلقه‌های نیوتن

هدف آزمایش: محاسبه شعاع عدسی دستگاه حلقه نیوتن، اندازه‌گیری طول موج نور مجهول

وسایل مورد نیاز: لیزر، عدسی ۵ و ۵۰ و ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر، دستگاه حلقه نیوتن، پرده، پایه، چراغ جیوه، توانسفورماتور، شکاف، خط‌کش

روش آزمایش: قسمت الف) لیزر را افقی و عمود بر پرده به نحوی تنظیم کنید که پس از باز شدن نور به وسیله عدسی ۵ میلی‌متری نور افقی باز شده و بر دستگاه حلقه نیوتن بتابد. فریزهای عبوری و بازتابی از حلقه نیوتن بر پرده آشکار می‌شود. با کج کردن اندک دستگاه حلقه، فریزهای بازتابی بر پرده (دیوار) نمایان می‌شود (چون تداخل بازتابی بر روی پرتو فرودی می‌افتد، و قابل اندازه‌گیری نیست). تصویر خط‌کش حلقه نیز بر روی فریزها می‌افتد. خط‌کش میلی‌متری است. شعاع فریزهای بازتابی(حلقه‌های تاریک) را تا پنج شعاع بدست آورید و با استفاده از رابطه $r_{k=\sqrt{kR\lambda}}$، R و $\bar{R}$ را بدست آورید. جدول زیر را پر کنید.($\lambda=6328\mathring{A}$.)

شماره فریز(k)	شعاع فریز(r_k)	شعاع حلقه نیوتن(R)	$\bar{R}$
۱			
۲			
۳			
٤			
۵			

قسمت ب) در این مرحله با اختیار داشتن شعاع عدسی حلقه نیوتن و با استفاده از نقش تداخلی طول موج نور مجهول را بدست آورید. در تنظیم این قسمت از آزمایش، ابتدا نور مجهول را موازی کنید. روش موازی کردن چنین است:

شکاف را در جلوی نور چراغ قرار دهید تا فقط بخشی از نور را جدا کرده و آنرا بر روی یک عدسی بتابانید. هر گاه چشمه نور در کانون عدسی (عدسی ۱۰۰ میلی‌متر) قرار گیرد، نور بعد از عبور از آن موازی می‌شود. (هر گاه پرده‌ای را در فاصله‌ای از چشمه نور قرار دهیم، در هنگام موازی شدن نور تصویر شکاف که یک چند ضلعی است،واضح میشود). حال دستگاه حلقه را در معرض نور موازی شده قرار دهید. تداخلهای بازتابی از حلقه نیوتن مجدداً نیاز به موازی شدن دارد. این کار به وسیله یک عدسی (۲۰۰ میلی‌متری) که جلوی راه تداخلهای بازتابی قرار می‌گیرد، انجام می‌شود. برای وضوح فریزهای بازتابی، عدسی را جلوی نور بازتابی جابه‌جا کنید تا حلقه نیوتن در کانون عدسی قرار گرفته و فریزهای تداخلی بازتابی بر روی پرده موازی و واضح شوند. حال با استفاده از شعاع حلقه که در قسمت الف) اندازه‌گیری شده، و رابطه طول موج نور مجهول را محاسبه و جدول زیر را پر کنید.

شماره فریز(k)	شعاع فریز(r_k)	λ	$\bar{\lambda}$
۱			
۲			
۳			
٤			
٥			

***بدون استفاده از $\bar{R}$ و از طریق مقایسه شعاع فریزهای نور لیزر و نور مجهول، طول موج نور مجهول را بدست آورید.

*** دستگاه حلقه نیوتن را در معرض نور سفید قرار داده و فریزهای عبوری و بازتابی را مشاهده کنید.

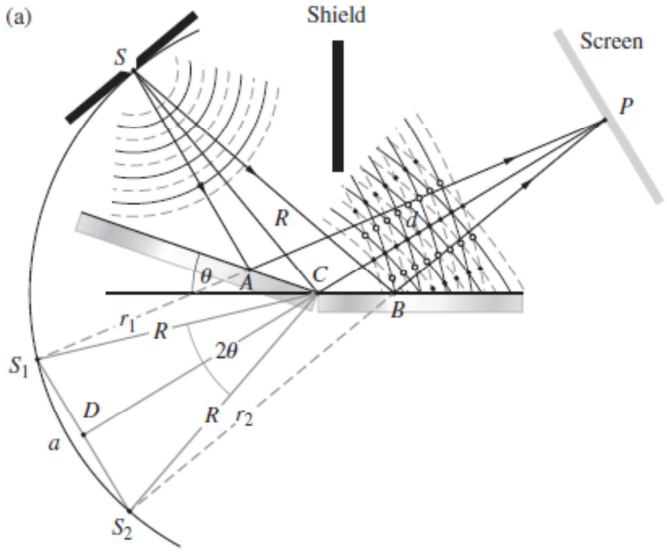
*** تفاوت فریزهای عبوری و بازتابی و علت دایره‌ای بودن آنها را بیان کنید.

*** ثابت کنید که هر چه از مرکز دور می‌شویم، فریزها به هم نزدیکتر می‌شوند.

*** نور فرودی را کاملاً عمود بر حلقه بتابانید فریزهای بازتابی بر فرودی قرار می‌گیرند. حال به کمک یک نیم آینه فریزهای بازتابی را در جهت عمود بر راستای فرود تنظیم و مشاهدات خود را بنویسید.

آزمایش ۱۱: دو آینه‌ای فرنل

تئوری آزمایش: دو آینه‌ای فرنل شامل دو آینه تخت نقره‌اندود است که با زاویه بسیار کوچکی نسبت به هم قرار گرفته‌اند. بخشی از نور تک فام فرودی از آینه اول و بخش دیگر آن از آینه دوم بازتاب نموده و بازتابهای دو آینه در ناحیه‌ای از فضا با هم تداخل می‌کنند. دو تصویر S (S_1 وS_2) در دو آینه می‌توانند به عنوان دو چشمه همدوس مجازی جدا از هم و به فاصله a تصور شوند (شکل زیر). قوانین تداخلی حاکم بر دو آینه‌ای را می‌توان مشابه دو شکاف یانگ تصور کرد. از قوانین



تابش نتیجه می‌شود که $sA=s_1A$ و $sB=s_1B$ به نحوی

که $sB+Bp=r_2$ و$sA+Ap=r_1$ بنابراین اختلاف راه

نوری بین دو پرتو از اختلاف r_1-r_2 بدست می‌اید.

بنابراین بیشینه‌ها در $r_1-r_2=m\lambda$ رخ می‌دهند.

فاصله فریزها این بار هم از رابطه $\Delta y = i = \frac{D}{a}\lambda$

بدست می‌آید که در آن D فاصله بین دو چشمه مجازی و پرده،a فاصله

بین دو چشمه مجازی، و λ طول موج نور فرودی است.

هدف آزمایش: مشاهده تداخل دو آینه‌ای فرنل و اندازه‌گیری زاویه بین دو آینه

وسایل مورد نیاز: لیزر، عدسی ۵ میلی‌متری، دو آینه‌ای فرنل، خط کش

روش آزمایش: نور لیزر را بر دو آینه‌ای بتابانید. به نحوی که خط نور و سطح دو آینه تقریباً با هم موازی باشد. پس از مشاهده نقش تداخل بر پرده، عدسی را جلوی نور لیزر قرار دهید تا نور لیزر باز شده و فریزهای تداخلی ظاهر شوند. i اندر فریز را اندازه‌گیری کرده و فواصل مورد نیاز را (فاصله چشمه تا آینه، آینه تا پرده و ..) اندازه‌گیری کنید. با استفاده از روابط هندسی و تئوری تداخل دو شکاف، زاویه بین دو آینه را محاسبه کنید.