

پیش گزارش ششم درس آزمایشگاه اپتیک – دکتر مهدوی

موضوع آزمایش: پراش فرانهِوفر

حسین محمدی

۹۶۱۰۱۰۳۵

۲۴ فروردین ۱۴۰۰

۱ هدف آزمایش

در این آزمایش قصد داریم که پراش در رژیم فرانهِوفر را بررسی کنیم و پراشده های متفاوتی را در مسیر نور قرار می دهیم و طرح های گوناگونی را که روی پرده مشاهده می شود را می بینیم. سپس از روی مشخصاتی که این طرح ها دارند، می توانیم به برخی از ویژگی های چنین آزمایش و پراشده پی ببریم.

۱. در آزمایش اول که پراش از تک شکاف است، عرض تک شکاف را می توان حاصل کرد.
۲. در آزمایش دوم پراش از پراشده مستطیلی را مشاهده می کنیم.
۳. در آزمایش سوم، پراش از سیم را مشاهده می کنیم و قادر هستیم قطر سیم را محاسبه کنیم.
۴. در آزمایش چهارم، پراش از لبه مستقیم را می بینیم.
۵. آزمایش پنجم پراش از روزنه دایره ای شکل است. فاصله ی فریز ها را به دست می آوریم و نسبت بین آن ها را پیدا می کنیم.
۶. در آزمایش ششم و هفتم و هشتم هم پراش از روزنه مثلث شکل و روزنه γ شکل و شبکه توری را مشاهده می کنیم.

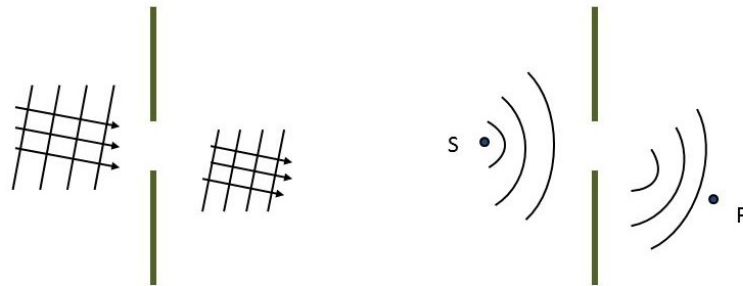
۲ رژیم فرانهِوفر و رژیم فرنل

بر حسب اینکه فاصله بین چشمه نور و پرده در چه حدودی باشد پدیده پراش را به دو قسمت پراش فرانهِوفر و پراش فرنل تقسیم می کنند.

- در پراش فرانهِوفر که موضوع این آزمایش است چشمه نور و پرده هر دو در فاصله زیادی از سطح پراش دهنده قرار دارند، یعنی پرتوهایی که به روزنه ی پراشده میرسند موازی بوده و جبهه موج تخت خواهد بود. پراش حاصل از این رژیم، حاصل تداخل امواج موازی خواهد بود. (گاهی از یک عدسی برای موازی کردن پرتوهای نور استفاده می شود که در این صورت می توان با نزدیک قرار دادن چشمه نور به روزنه، بازهم در رژیم فرانهِوفر بود.)

- در پراش فرنل چشمه نور و پرده ای که پراش روی آن تشکیل میشود در فاصله محدود از مانعی که سبب پراش می شود قرار دارند و امواجی که بوسیله مانع محدود می شوند کره هایی به مرکز منبع نورانی هستند. پس پراش حاصل از این رژیم حاصل تداخل امواج با جبهه های کروی هستند.

در شکل ۱ تفاوت این دو را می بینید.



Fraunhofer:

both incident and diffracted waves may be considered to be planar (i.e. both S and P are far from the aperture)

Fresnel:

occurs when either S or P are close enough to the aperture that wavefront curvature is not negligible

شکل ۱: پراش در رژیم فرانهوفر و فرنل

۳ اثر افزایش عرض تک شکاف در طرح پراش فرانهوفر

مطابق رابطه $d = \frac{\lambda D}{i}$ ، با افزایش عرض تک شکاف یعنی d ، فاصله i بین دو نوار تاریک یا روشن متوالی یعنی i کاهش می یابد و این نوار ها به هم نزدیک تر شده و فشرده تر می گردند.

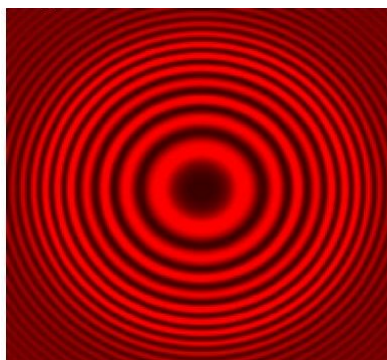
۴ شکل ریاضی طرح پراش یک روزنه دایروی

شکل ۲ طرح پراش را نشان می دهد. در اینجا مقصود این است که به طور تقریبی معادلات دایروی را که در شکل ۲ می بینیم، مطرح کنیم. مطابق دستور کار، سه دایره اول دارای معادله زیر هستند:

$$r_1 = 0.61 \frac{\lambda D}{d}$$

$$r_2 = 1.12 \frac{\lambda D}{d}$$

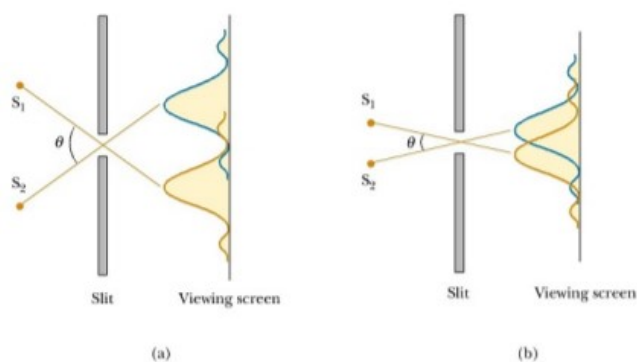
$$r_3 = 1.62 \frac{\lambda D}{d}$$



شکل ۲: طرح پراش روزنه دایروی در رژیم فرانهوفر

۵ مشکلات پراش در رصد ستارگان و میکروسکوپ

منبع اصلی اطلاعاتی که در نجوم به دست می آید تلسکوپ ها هستند؛ اما نوری که از تلسکوپ عبور می کند دچار پراش می شود، دقیقا به همان شیوه ای که در این آزمایش دیدیم، چون منبع نور در بی نهایت است و قرار است که از یک روزنه کوچک به چشم بیننده برسد، پس نور دچار پراش خواهد شد. این پراش، قدرت تفکیک یا رزولوشن تلسکوپ را محدود می کند؛ به تصویر ۳ توجه کنید تا بهتر متوجه این نکته بشوید.

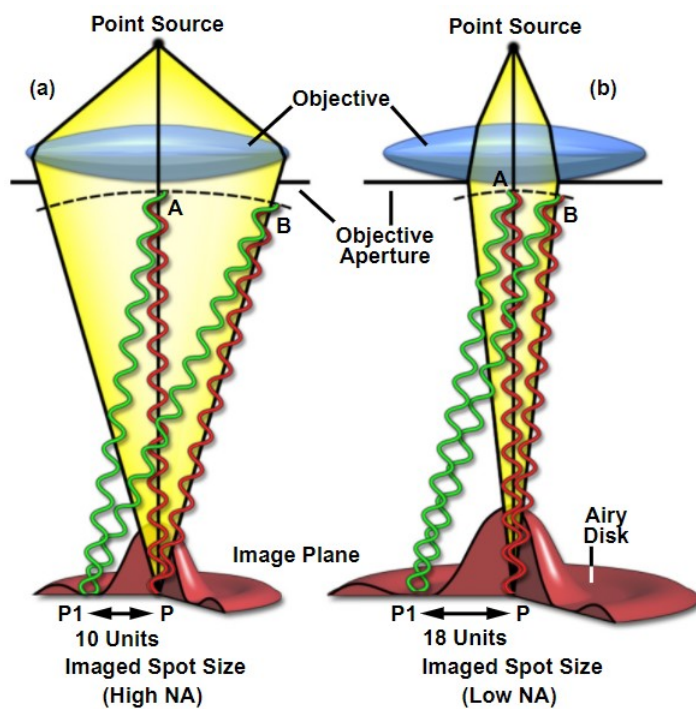


شکل ۳: قدرت تفکیک تک شکاف

در طراحی تلسکوپ ها معیاری به عنوان «معیار رایلی» هست که بر طبق آن هر چه قطر تلسکوپ را بیشتر کنیم، قدر تفکیک و بازنمایی تصویر بهتر می شود. پس مشکل «قدرت تفکیک» که در اثر پراش به وجود می آید، از مشکلات اپتیکی ساخت تلسکوپ ها است.

در میکروسکوپ ها هم چنین مشکلی پیش می آید و پراش قدر تفکیک را کم می کند. در تصویر ۴ نمونه

این اثر را می بینید: به همین خاطر برای دقیقتر شدن این میکروسکوپ ها از روش های تداخل سنجی و



شکل ۴: قدرت تفکیک میکروسکوپ

تحلیل سیگنال و روش های رایانه ای بهره می برند^۱.

¹<https://www.microscopyu.com/techniques/super-resolution/the-diffraction-barrier-in-optical-microscopy>