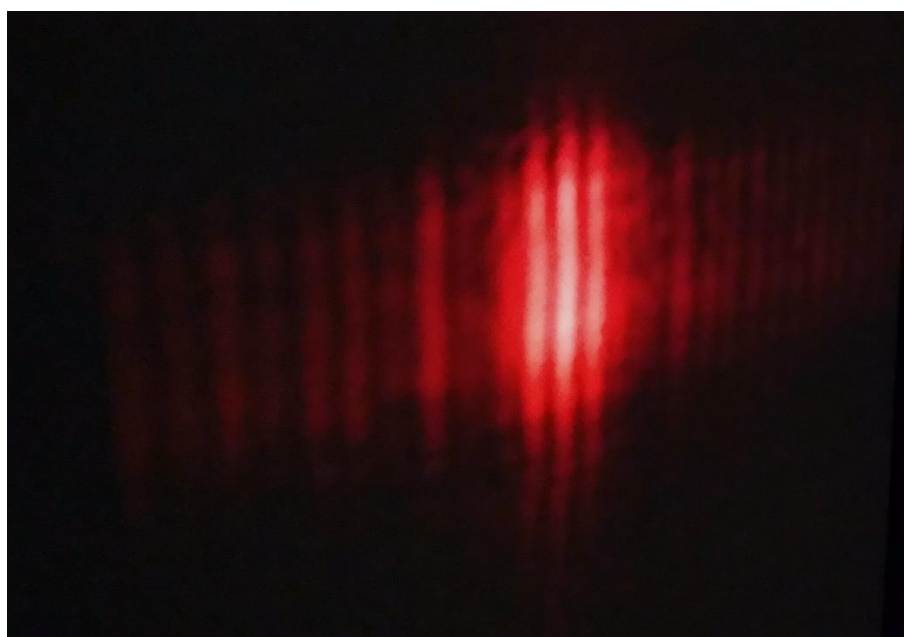




آزمایش شماره 2

بررسی خصوصیات لیزر و مقایسه آن با منبع نور معمولی



۲-۱ هدف آزمایش:

آشنایی با ویژگی‌های نور لیزر، مقایسه میزان واگرایی نور معمولی با نور لیزر
بررسی ویژگی موجی نور با استفاده از آزمایش دو شکافی یانگ و منبع نور لیزر

۲-۲ وسایل مورد نیاز:

نور معمولی موازی شده، لیزر هلیوم - نئون، خط کش جهت اندازه‌گیری طول، پرده شکاف‌دار، عدسی مقعر، خط کش، پرده نمایش

۲-۳ تئوری آزمایش:

واژه لیزر ($Laser^1$) به معنی «تقویت نور به روش گسیل القایی تابش» است. لیزر دستگاهی است برای تولید، تقویت و انتقال باریکه‌های نوری همدوس باریک و با شدت زیاد. با دادن انرژی به الکترون‌های یک اتم می‌توان آن‌ها را به مدارهای بالاتر برد، اما این خانه جدید بر اساس قوانین ترمودینامیک برای الکترون‌ها جایگاه چندان پایداری نیست و الکترون‌ها ترجیح می‌دهند با پس‌دادن انرژی به مدار اصلی خود برگردند. این انرژی به صورت یک فوتون با فرکانس مشخص آزاد می‌شود. یعنی یک واحد انرژی. نور از همین فوتون‌ها ساخته می‌شود. پس اگر با تعداد زیادی از اتم‌ها هم‌زمان این کار را انجام دهیم، می‌توانیم پرتو نوری تک فرکانس ایجاد کنیم. علاوه بر اینکه با روش‌ها و دقت‌هایی می‌توان پرتوهای هم فاز تولید کرد. این پدیده اساس تولید پرتوهای لیزر است. لیزرها را می‌توان به دسته‌های مختلفی دسته‌بندی کرد:

1) بر اساس حالت محیط فعال: جامد، مایع، گاز یا پلاسما که در این قسمت به آن می‌پردازیم.

2) گستردگی بینایی طول موج لیزر: مرئی، فروسرخ و نظایر آن

3) روش تحریک یا پمپاژ محیط فعال (دمش): دمش نوری، دمش الکتریکی و غیره

4) مشخصه تابش صادر شده توسط لیزر

5) تعداد ترازهای انرژی که در فرآیند تقویت نور شرکت می‌کنند.

شدت، خاصیتی است که بیش از سایر موارد همراه نور لیزر است و در حقیقت لیزرها بالاترین شدت‌های شناخته شده روی زمین را ایجاد می‌کنند. از آنجا که لیزر باریکه‌ای موازی از نور را نه در تمام جهت‌ها، بلکه در راستای

¹ Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

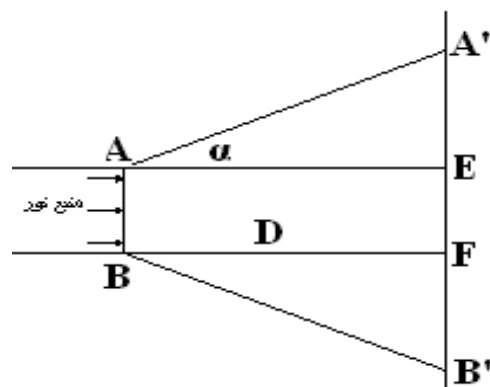
مشخصی نشر میکند، مناسب ترین معیار شدت، تابیدگی است. از آنجا که انرژی در واحد زمان برابر توان است، داریم:

$$I = \text{توان} / \text{سطح} \quad (\text{تابیدگی})$$

با این حال در استفاده از این معادله باید تأکید کرد که منظور از «توان»، توان خروجی لیزر است و نه توان ورودی آن. برای بررسی درست تابیدگی یک نوع لیزر، میتوان به این نکته توجه کرد که شدت میانگین آفتاب روی سطح زمین به اندازه یک کیلووات بر متر مربع یعنی 10 mW است. یکی از نوید بخش ترین کاربردهای پزشکی در جراحی چشم است که تا کنون برای این منظور چندین روش بالینی به خوبی ارائه شده است. روش لیزری تخریبی نیست و نیازی به بیهوشی ندارد و با توجه به مدت کوتاه تپها، نیازی به بی حرکت کردن طولانی چشم و طی درمان احساس نمی شود.

واگرایی نور لیزر:

نور لیزر برخلاف نور معمولی دارای فوتونهای همساز و هم فرکانس است. از طرفی به توجه به نحوه تولید آن، پرتوهای لیزر واگرایی خیلی کمی را در مقایسه با نور معمولی از خود نشان می دهند و به همین دلیل می توانند در ناحیه بسیار کمی متمرکز شوند و این قدرت تمرکز بالا و نقطه ای شدن باعث بالارفتن قدرت آن در ایجاد گرما و کاربرد آن در جراحی شده است. در این آزمایش برخی از خصوصیات لیزر همانند واگرایی و خصوصیت موجی آن مورد بررسی قرار می گیرد.



شکل 1 نحوه محاسبه زاویه واگرایی در نور لیزر

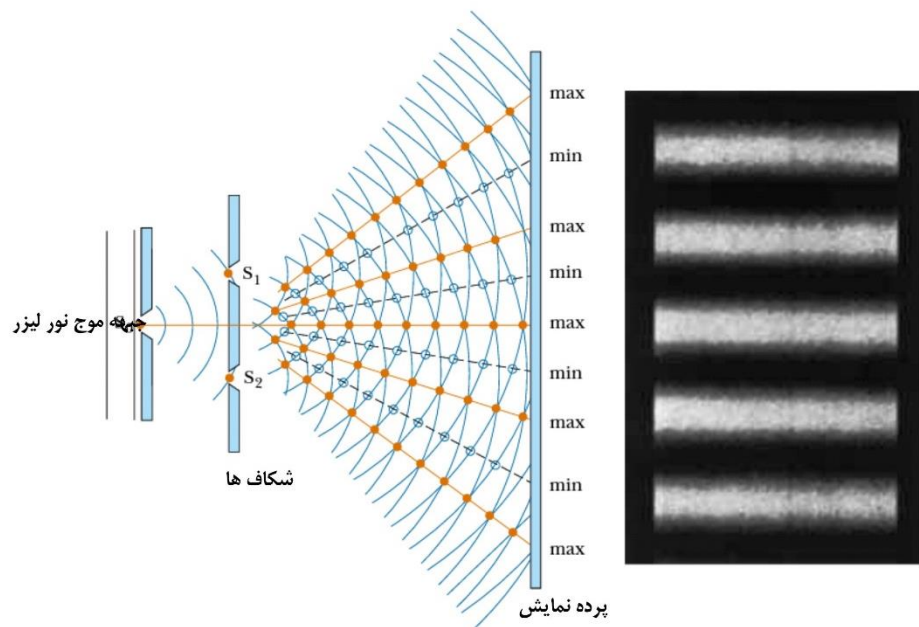
$$\tan \alpha = \frac{A'E}{D} \quad (1)$$

$$A'E = B'F = \frac{(A'B' - EF)}{2} \xrightarrow{AB=EF} A'E = \frac{(A'B' - AB)}{2} \quad (2)$$

$$\tan \alpha = \frac{(A'B' - AB)}{2D} \quad (3)$$

ویژگی موجی نور لیزر:

نور تک رنگی را در نظر بگیرید که به دو شکاف باریک بتابد. بر اثر پراش امواجی که از دو شکاف خارج می‌شوند پراکنده (پخش) می‌شوند. این موضوع همانند حالتی است که دو شیء در آب ضربه می‌زنند یا وقتی صدای دو اسپیکر با یکدیگر تداخل می‌کنند. در شکل (2) امواج به مرکز پرده می‌رسند یعنی $\theta=0$ هر دو موج یک مسافت را طی می‌کنند؛ بنابراین به شکل هم‌فاز با یکدیگر تداخل می‌کنند. حاصل جمع این دو موج دامنه بزرگی را حاصل می‌کند و بر اثر آن ناحیه روشنی بر روی پرده به وجود می‌آید. وقتی اختلاف فاصله نقطه روی پرده از دو شکاف برابر طول موج (مضرب صحیحی) از طول موج باشد مجدداً تداخل سازنده حاصل می‌شود. اما اگر اختلاف فاصله نقطه واقع بر پرده از دو شکاف برابر نصف طول موج (مضرب فردی از نصف طول موج) باشد، آنگاه دو موج در فاز مخالف با یکدیگر تداخل می‌کنند؛ بنابراین اثر یکدیگر را خنثی نموده و ناحیه تاریک بر روی پرده به وجود می‌آید. براین اساس نوارهای روشن و تاریک بر روی پرده نقش می‌بندد که به این نوارها، فریز نیز گفته می‌شود. (تداخل سازنده: نوار روشن - تداخل ویرانگر: نوار تاریک).



شکل 2 پدیده تداخل از دو شکاف توسط نور تک رنگ

فاصله D شکاف‌ها تا پرده تصویر بسیار کم است، از این رو خطوط S_1P و S_2P تقریباً متوازی‌اند و زاویه آنها با خط عمود بر پرده تصویر تقریباً مساوی است. فاصله T تا P تقریباً با فاصله S_1 تا P برابر است، از این رو فاصله X میان S_2 و T با اختلاف فواصل S_1 و S_2 تا P مساوی است. از مثلث قائم‌الزاویه S_1TS_2 رابطه زیر به دست می‌آید.

$$X = d \sin \theta \quad (4)$$

برای فریزهای روشن خواهیم داشت:

$$X = m\lambda \quad (5)$$

و برای فریزهای تاریک یا شرط تداخل ویرانگر به شکل زیر خواهد بود

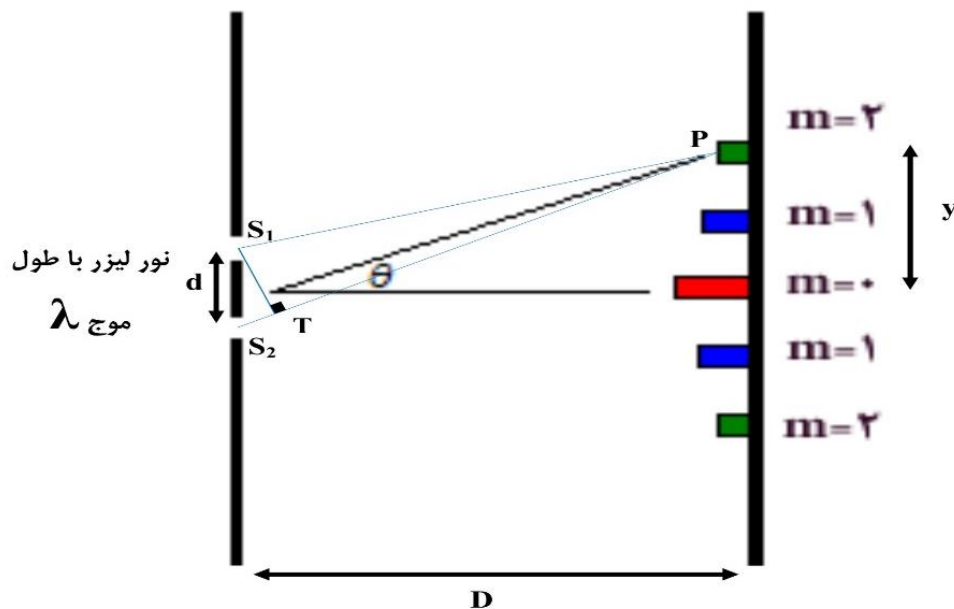
$$X = (m + \frac{1}{2}) \lambda \quad (6)$$

به‌ازای $m=0$ از معادله بالا مقدار $\theta=0$ به دست می‌آید، که نشان‌دهنده فریز مرکزی است. فریز n ام تقریباً برابر است با:

$$X_n = d \sin \theta \quad (7)$$

چون θ بسیار کوچک است. $\tan \theta$ تقریباً با $\sin \theta$ مساوی است.

$$X_n = d \tan \theta \quad \text{و} \quad \tan \theta = \frac{y}{D} \quad \rightarrow \quad d = (m\lambda D)/y \quad (8)$$



شکل 3 نحوه محاسبه رابطه تداخل در دو شکافی یانگ

قسمت اول آزمایش:

مقایسه زاویه واگرایی نور معمولی با لیزر

روش انجام آزمایش: ابتدا منبع نور معمولی را روشن می‌کنیم. سپس قطر باریکه نور را در خروجی دستگاه روی محور افقی اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس قطر باریکه را روی پرده اندازه می‌گیریم. فاصله بین منبع و پرده نیز اندازه‌گیری می‌شود. این کار برای لیزر هلیوم - نئون نیز انجام می‌شود. با استفاده از رابطه (۳)، زاویه واگرایی را محاسبه می‌کنیم.

قسمت دوم آزمایش:

بررسی خاصیت موجی نور با استفاده از آزمایش ینگ و منبع نور لیزر

روش انجام آزمایش: نور لیزر را روشن کرده و در جلوی آن یک عدسی مقعر قرار می‌دهیم تا قطر آن کمی افزایش یابد سپس یک پرده سیاه‌رنگ که دو شکاف در داخل آن وجود دارد مقابل باریکه لیزر می‌گذاریم. نور لیزر را روی پرده مشاهده می‌کنیم. فاصله میان فریزهای روشن مجاور را اندازه بگیریم و با دانستن طول موج نور لیزر، می‌توان فاصله دو شکاف را با استفاده از رابطه (۸) به دست آورد.

سؤالات:

- ۱- چرا در روی پرده، دو منبع نور لیزر ناشی از وجود دو شکاف دیده نمی‌شود.
- ۲- فاصله بین دو شکاف را با استفاده فرمول ینگ به دست آورید.
- ۳- زاویه واگرایی منبع نور معمولی و لیزر بر حسب درجه چقدر است؟
- ۴- زاویه واگرایی نور معمولی چندبرابر لیزر است؟
- ۵- تفاوت نور معمولی با نور لیزر در چه چیزی است؟