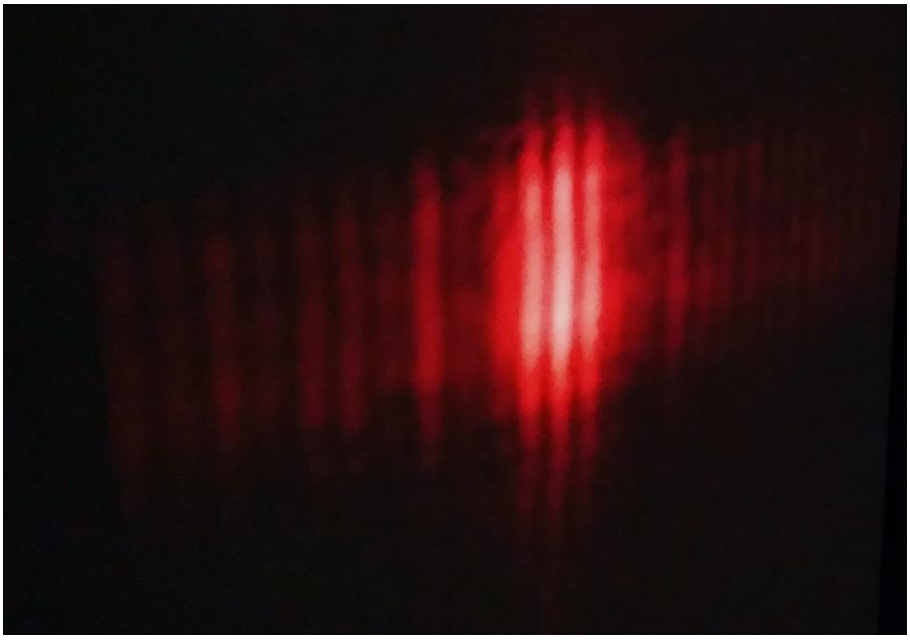
آزمایش شماره 2

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 موردنیاز:

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 به‌صورت 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 بینابی طول‌موج 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 فر آیند 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 می کنند. از آنجا که لیزر باریکه ای موازی از نور را نه در تمام جهت ها، بلکه در راستای

[1] Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

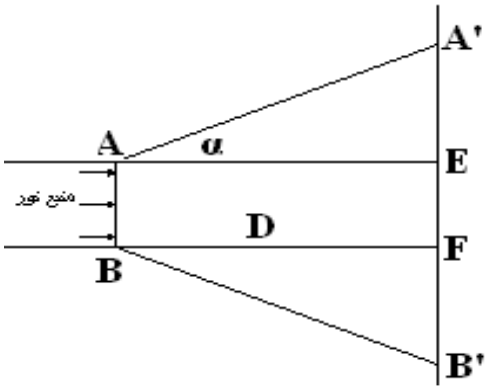
مشخصی نشر میکند، مناسب ترین معیار شدت، تابیدگی است. از آنجا که انرژی در واحد زمان برابر توان است، داریم:

سطح / توان = I (تابیدگی)

بااین‌حال 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 $10\ \mathrm{mW}$ 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 می‌دهند و به همین دلیل می‌توانند در ناحیه بسیار کمی متمرکز شوند و این قدرت تمرکز بالا و نقطه‌ای 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 می‌گیرد.



شکل1 نحوه محاسبه زاویه واگرایی در نور لیزر

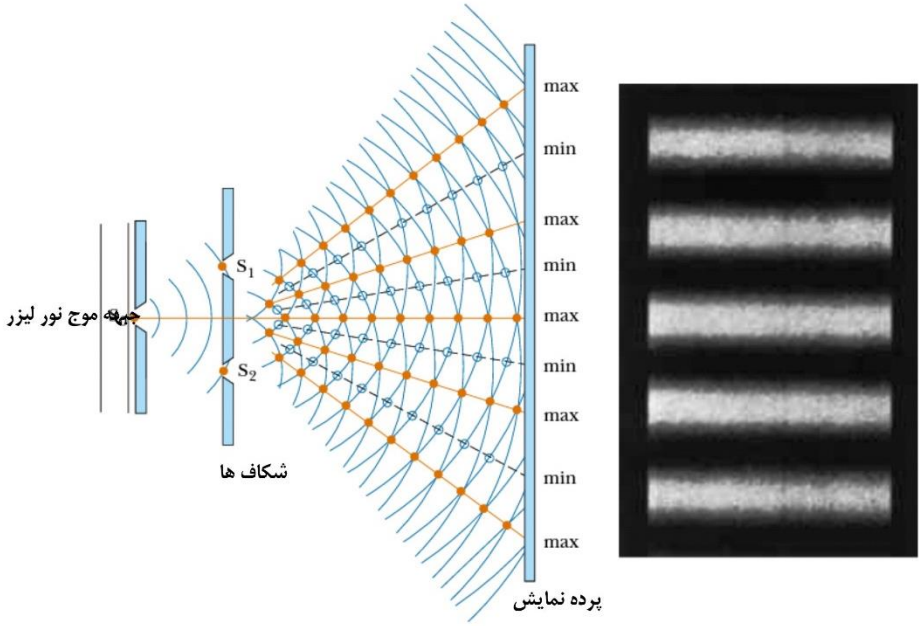
$$tan\alpha = \frac{A'E}{D} \qquad (1)$$

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

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

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. حاصل‌جمع 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 طولِ‌موج (مضرب صحیحی) از طولِ‌موج باشد مجدداً تداخل سازنده حاصل می‌شود. امّا اگر اختلاف فاصله نقطه واقع بر پرده از دو شکاف برابر نصف طولِ‌موج (مضرب فردی از نصف طول‌موج) 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. براین‌اساس 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).



شکل2 پدیده تداخل از دو شکاف توسط نور تک رنگ

فاصله D شکاف‌ها تا پرده تصویر بسیار کم است، ازاین‌رو 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،ازاین‌رو 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.

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

برای فریزهای روشن خواهیم داشت:

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

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

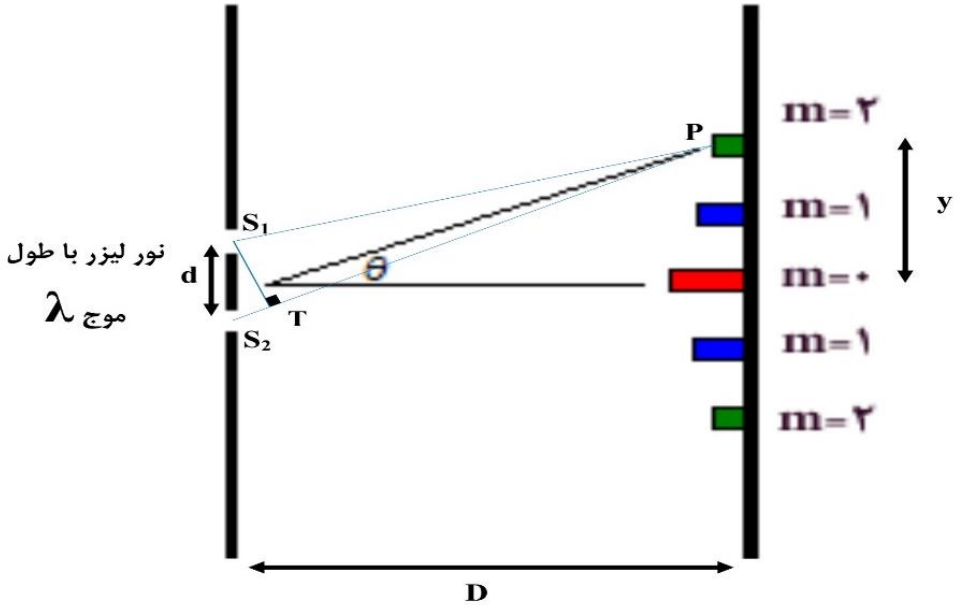
$$X= (m+\frac{1}{2})\,\lambda \qquad (6)$$

به‌ازای m=0 از معادله بالا مقدار θ=0 به دست میاید، که نشان‌دهنده فریز مرکزی است. فریز n ام تقریباً برابر است با:

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

چون θ بسیار کوچک است. Tanθ تقریباً با sinθ مساوی است.

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



شکل3 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 یانگ 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 بگیرید و با دانستن طول‌موج نور لیزر، می‌توان فاصله دو شکاف را با استفاده از رابطه (۸) به دست آورید.

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 یانگ 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؟