

## عنوان آزمایش:

تعیین طول موج نور لیزر هلیوم-نئون با استفاده از تداخل سنج مایکلسون

## هدف آزمایش:

۱- هم‌گذاری تداخل سنج مایکلسون

۲- مشاهده الگوی تداخل

## وسایل مورد نیاز آزمایش:

۱- دستگاه تداخل سنج مایکلسون

۲- لیزر هلیوم-نئون، قطبیده خطی

۳- نگهدارنده لیزر

۴- پایه اپتیکی (ریل اپتیکی)

۵- عدسی همگرا با فاصله کانونی، ۵ mm

۶- عدسی همگرا با فاصله کانونی، ۱۰ mm

۷- صفحه نیمه شفاف

## تئوری آزمایش:

### روش انجام آزمایش:

تداخل سنجی یک روش اندازه‌گیری بسیار دقیق و حساس برای تعیین به‌طور مثال، تغییر در طول، چگالی لایه، ضریب شکست و طول موج است. تداخل سنج مایکلسون متعلق به خانواده تداخل سنج‌های دوباریکه‌ای است. این تداخل سنج بر اساس اصول زیر عمل می‌کند:

باریکه نور همدوس با یک منبع مناسب به وسیله المان‌های اپتیکی به دو بخش تقسیم می‌شود. این باریکه‌های جزئی که در امتداد مسیرهای مختلفی انتشار می‌یابند، روی یکدیگر بازتاب یافته و روی یک المان اپتیکی دیگر که آن‌ها را ترکیب و برهم‌نهی می‌کند، مجرادی می‌شوند. نتیجه یک الگوی تداخلی است. اگر طول مسیر یکی از این باریکه‌های جزئی، یعنی حاصلضرب ضریب شکست و مسیر هندسی، تغییر کند، این موضوع منجر به شیفت فازی این باریکه نسبت به باریکه مختل نشده می‌شود. این موضوع سبب تغییر در الگوی تداخلی می‌شود. این تغییر در الگوی تداخلی جمع‌بندی در مورد تغییر در ضریب شکست یا مسیر اپتیکی را در صورتی که کمیات دیگر ثابت باقی مانده باشند، امکان‌پذیر می‌سازد.

این به آن معنا است که در مواردی که ضریب شکست ثابت باقی می‌ماند، می‌توان اختلاف در راه هندسی، به‌طور مثال تغییرات در ابعاد مادی ناشی از گرما یا اثر میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی را تعیین کرد. از سوی دیگر اگر طول مسیر هندسی ثابت باقی بماند، می‌توان ضریب شکست و همچنین کمیات و اثراتی که روی ضریب شکست تأثیر می‌گذارند، مانند تغییرات در فشار، دما یا چگالی را اندازه‌گیری کرد.

به‌منظور اندازه‌گیری طول‌موج نور لیزر، یکی از آینه‌های تخت به‌وسیله فاصله قابل اندازه‌گیری دقیق با استفاده از سازوکار تنظیم ظریف جابه‌جا می‌شود (شیفت می‌یابد)؛ این تغییر طول مسیر اپتیکی، باریکه جزئی مرتبط را تحت تأثیر قرار می‌دهد. حین این جابه‌جایی (شیفت)، خطوط تداخلی روی صفحه مشاهده نیمه‌شفاف حرکت می‌کنند. برای ارزیابی این پدیده، می‌توان تعداد بیشینه‌ها یا کمینه‌هایی که از یک نقطه ثابت روی صفحه مشاهده عبور می‌کند، درحالی‌که آینه تخت جابه‌جا می‌شود را شمارش کرد.

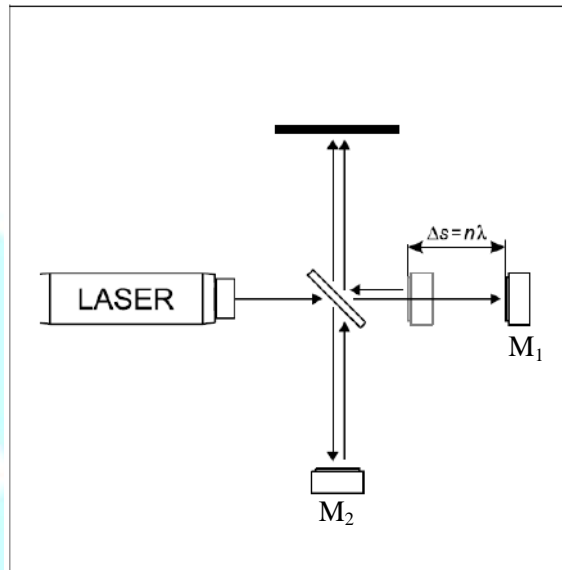
برای دیدن نوارهای تداخلی دو آینه  $M_1$  و  $M_2$  باید دقیقاً بر سطح افقی عمود باشند. به‌منظور دستیابی به این موضوع، ابتدا باید لیزر هلیم-نئون به‌صورت افقی (با استفاده از تراز) تنظیم شده و سپس آینه  $M_1$  و  $M_2$  به‌کمک پیچ تنظیم نسبت به سطح افقی به صورت عمود تنظیم شوند (یعنی تصاویر آن‌ها کاملاً موازی یکدیگر باشند). اگر اختلاف راه نوری پرتوی (۱) و پرتوی (۲) مضرب صحیحی از طول‌موج باشد، تداخل سازنده است و شرط تداخل سازنده از رابطه (۱) پیروی می‌کند.

$$2\Delta s = n\lambda \quad (1)$$

بنابراین با مشخص بودن تعداد نوارهای خلق یا نابودشده،  $n$ ، و اختلاف راه نوری،  $\Delta s$ ، طول‌موج طبق رابطه (۲) تعیین می‌شود:

$$\lambda = \frac{2\Delta s}{n} \quad (2)$$

طرحواره‌ای از تداخل‌سنج مایکلسون در شکل (۱) ارائه شده‌است.



شکل (۱): طرحواره‌ای از تداخل‌سنج مایکلسون

روش انجام آزمایش:

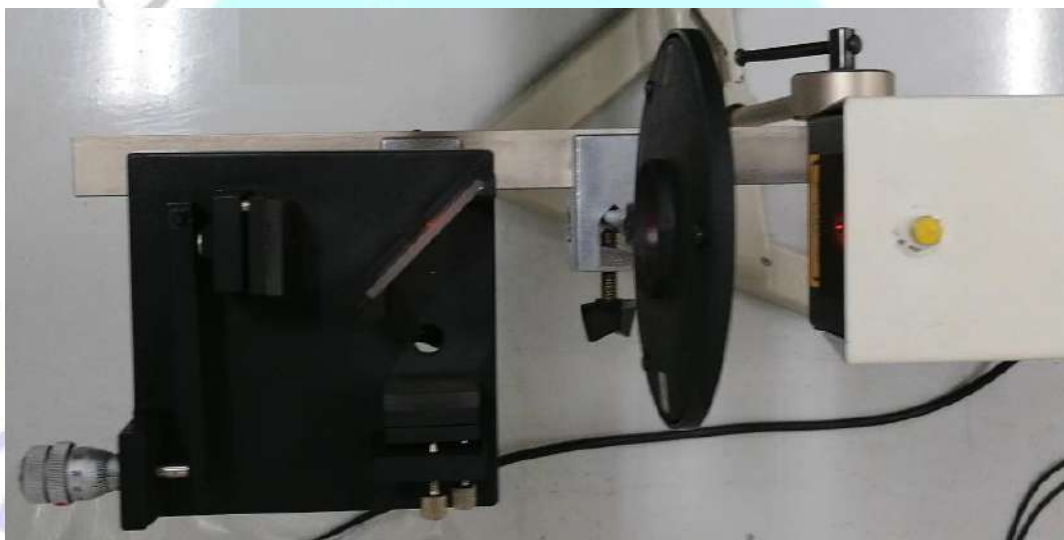
الف- نکات ایمنی

لیزر هلیم-نئون استاندارد فنی آلمان در الزامات ایمنی برای تجهیزات لیزری تدریس و آموزش، DIN 58126، بخش ۶ را برای لیزرهای طبقه ۲ برآورده می‌کند. در صورتی که موارد احتیاطی توضیح داده شده در برگه دستورالعمل مشاهده شود، آزمایش با لیزر هلیم-نئون خطرناک نخواهد بود.

- هرگز به‌طور مستقیم به باریکه لیزری مستقیم یا بازتابی نگاه نکنید.
- مشاهده‌گر نباید به نور لیزر خیره شود.

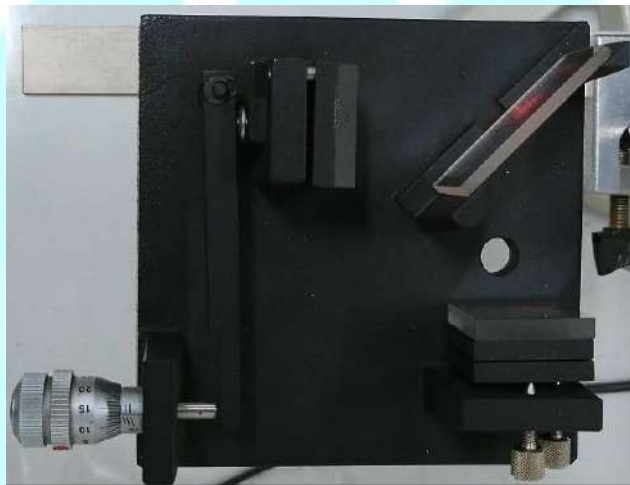
ب- انجام آزمایش:

شکل (۲) بخشی از چیدمان آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل (۲): چیدمان آزمایش تداخل‌سنج مایکلسون

- ۱- میز اپتیکی (ریل اپتیکی) را به صورت کاملاً افقی و تراز تنظیم و بر پایه متصل کنید.
- ۲- لیزر هلیوم-نئون را به وسیله گیره روی ریل اپتیکی متصل کرده و آن را به صورت کاملاً افقی تنظیم کنید.
- ۳- عدسی ( $f = 50\text{mm}$ ) را روی ریل اپتیکی در فاصله چند سانتی‌متری از خروجی لیزر قرار داده و به‌گونه‌ای تنظیم کنید که باریکه لیزری دقیقاً به مرکز آن برخورد کند.
- ۴- دستگاه تداخل‌سنج مایکلسون را به‌گونه‌ای تنظیم کنید که حتی‌الامکان نور لیزر خروجی عدسی به مرکز تقسیم‌کننده باریکه و آینه‌های تخت برخورد کند. طرحی از چیدمان اپتیکی تداخل‌سنج مایکلسون از نمای بالایی و کناری در شکل (۳) ارائه شده‌است.



الف



ب

شکل (۳): الف- نمای بالایی و ب) نمای کناری تداخل‌سنج مایکلسون

- ۵- پیچ تنظیم آینه  $M_1$  را به آهستگی تغییر دهید تا دو آینه عمود بر سطح افقی به‌گونه‌ای تنظیم شوند که تصویر طرح تداخلی با وضوح کامل روی صفحه نمایش مشاهده شود.

## ۶- در حین آزمایش:

الف- از شک‌های مکانیکی به صفحه پایه اپتیکی لیزر یا چیدمان تداخل‌سنجی خودداری کنید (دست خود را روی میز نگذارید و یا به ریل اپتیکی ضربه نزنید).

ب- موقعیت شدت بیشینه را روی صفحه نمایش نیمه‌شفاف علامت بگذارید تا بتوانید تعداد خطوط تداخلی‌ای که از آن می‌گذرد، بشمارید.

۷- پیچ میکرومتر را به آرامی و با ظرافت بچرخانید تا خطوط تداخلی شروع به حرکت کنند.

۸- فاصله دو آینه را تغییر دهید تا نوارها در مرکز پدید آمده یا حذف شوند. سپس تعداد ۱۰۰ نوار را بشمارید. جابه‌جایی حاصل از ۱۰۰ خلق و نابودی را بشمارید و با استفاده از رابطه (۲) طول‌موج لیزر را محاسبه کنید. فاکتور ۲ در این معادله به دلیل تغییرات مسیر هندسی،  $\Delta s$ ، هم در باریکه تابیده شده از لیزر به سمت آینه و هم در باریکه بازتابی از آینه است. دقت کنید ضریب جابه‌جایی پیچ میکرومتری نسبت به آینه ۱۰ به ۱ است.

## خواسته‌های آزمایش:

- ۱- خطای دیفرانسیلی محاسبه طول‌موج را به دست آورید.
- ۲- شرط تداخل سازنده و ویرانگر را برای تداخل‌سنج مایکلسون تعیین کنید.
- ۳- دلیل دایره‌ای بودن نوارها در تداخل‌سنج مایکلسون را توضیح دهید.
- ۴- یک ورقه میکا در اختیار داریم، می‌خواهیم با استفاده از تداخل‌سنج مایکلسون ضخامت آن را اندازه‌گیری کنیم. روش اندازه‌گیری و فرمول مورد استفاده را با ذکر دلیل بیان کنید.