

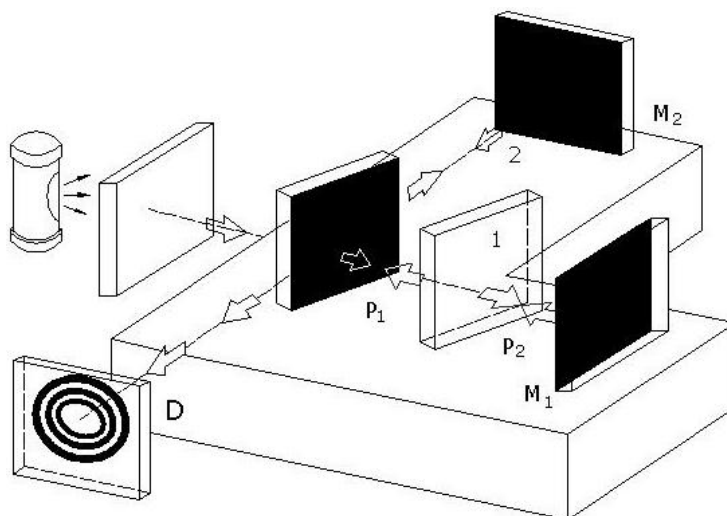
دستور کار آزمایش تداخل سنج مایکلسون

هدف آزمایش: آشنایی با تداخل سنج مایکلسون، مدرج کردن، اندازه گیری طول موج مجهول و اندازه گیری ضریب شکست گازها و مایعات

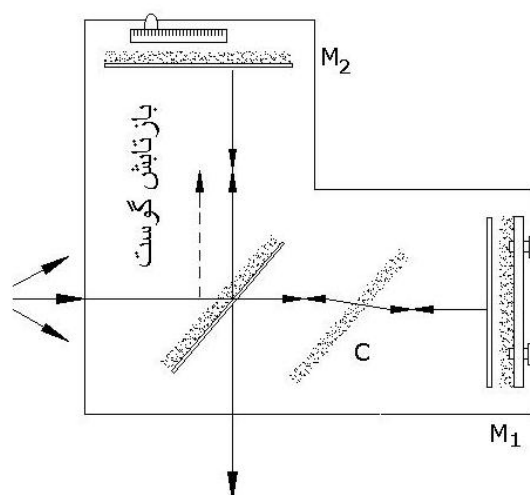
وسایل آزمایش: لامپ سدیم همراه با سه پایه رومیزی کوچک، ستون قطر ۱۰ و طول ۵۰۰ میلی متر وبست پایه، تغذیه سدیم وقاب رلامپ، دستگاه انترفرومتر مایکلسون، پمپ تخلیه و فشار سنج، محفظه خلأ شفاف کوچک، محفظه شفاف کوچک، نشیمنگاه انترفرومتر همراه با سه پایه بزرگ رومیزی

تئوری آزمایش

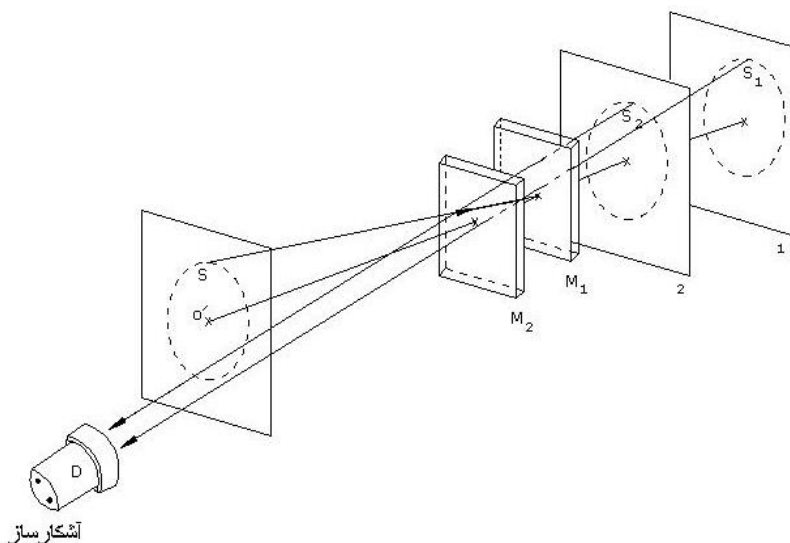
تداخل سنج مایکلسون مثال مهمی از تداخل دو موج نوری است که در آن دو پرتو نتیجه تقسیم دامنه یک اشعه نوری بوده و دراین تقسیم دو جبهه موج از نظر پهنا فرقی نخواهند کرد ولی شدت آنها کاهش خواهد یافت. طرح ساختمان دستگاه در شکل (۱) نشان داده شده که قطعه های مختلف آن عبارتند از دو آینه خیلی صاف M_1 و M_2 و دو تیغه شیشه ای P_1 و P_2 . تیغه شیشه ای P_1 نیم نقره اندود است به قسمی که اشعه تابش را به دو قسمت تقسیم می کند به سمت آینه های M_1 و M_2 می فرستد در بازگشت دو شعاع در یک مکان بهم می رسند و تداخل می کنند مطابق شکل قسمتی از نور مسیر (۱) و قسمتی مسیر (۲) را طی می کند. آن قسمت که مسیر (۲) را طی کرده از سطح P_1 منعکس می شود و اگر سطح منعکس کننده P_1 سطح دوم آن باشد، این نور از صفحه P_1 سه مرتبه عبور می کند در حالی که نور در مسیر (۱) یک مرتبه از این صفحه گذشته است. برای جبران اختلاف راه نور حاصله، تیغه P_2 را در مسیر (۱) قرار می دهند. این تیغه باید از جنس شیشه تیغه P_1 بوده و در زاویه یکسان با آن در مسیر نور قرار گیرد. بدون چنین تیغه ای به علت پراکندگی نور در شیشه اختلاف راه نور بستگی به طول موج نور دارد. چنین تیغه ای برای نورهای تک رنگ لازم نیست. اما برای مشاهده فریزهای نور سفید لازم است.



شکل (۱)



برای تشکیل فریز باید دو شرط مهم تامین باشد. اول آنکه منبع نور گسترده باشد برای این منظور از یک شیشه مات استفاده می شود و دوم آنکه نور باید در حالت کلی تک رنگ یا تقریباً چنین باشد. نحوه تشکیل فریزها را می توان بدین صورت توضیح داد. نوری که مسیر (۲) طی کند مثل آن است که از M'_2 تصویر آینه M_2 در P_1 تابش شده است. این سیستم نوری در شکل (۲) رسم شده است.



شکل (۲)

اگر آینه M_2 جابجا شود، تصویرش M'_2 هم جابجا می شود. یک نقطه s از چشمه نورانی بصورت منابع مجازی اختلاف راه دو شعاعی که از نقاط متناظر S_1 و S_2 راهی چشم می شوند برابر است با:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2d \cos \theta$$

اگر δ مضربی از 2π باشد در آن نقاط ماکزیمم خواهیم داشت که مکانشان از معادله زیر بدست می آید.

$$2d \cos \theta = m\lambda \quad m = 1, 2, 3, \quad (1)$$

از آنجاییکه به ازای مقادیر معلوم d, λ, m زاویه θ نیز ثابت است مکان ماکزیمم ها و مینیمم ها دوایری خواهند بود واقع در اطراف پای عمود وارد از چشم به آینه ها. نوارهایی از این نوع که از تداخل اشعه های موازی با اختلاف فازی تابع زاویه شیب θ بدست می آیند را غالباً نوارهای هم شیب گویند. بتدریج که M_1 و M_2 نزدیک می شود. d کاهش می یابد و بنابر معادله (۱) $\cos \theta$ افزایش می یابد (یک حلقه خاص با یک مرتبه تثبیت شده متناظر است) و بنابراین θ_m کاهش می پذیرد. بنابراین حلقه ها به سوی مرکز جمع می شوند وقتی که d به اندازه $\frac{\lambda}{2}$ کاهش یابد حلقه بالاترین مرتبه ناپدید می شود. هر چه فریزهای ناپدید شده در مرکز بیشتر و بیشتر شود هر یک از حلقه های باقیمانده پهنتر می شود. وقتی $d=0$ گردد (دو آینه برهم منطبق شوند) فریز مرکزی در تمام میدان دید پخش می شود حرکت باز هم بیشتر M_2 باعث می شود که فریزها دوباره در مرکز ظاهر شده و به سوی خارج حرکت کنند.

بطور کلی وقتی آینه متحرک جابجا شود فریزها در مرکز محو (یا تولید) خواهند شد. بنابراین اگر تغییر مکان آینه اندازه گیری شود و تعداد فریزهای محو (یا تولید) شده شمرده شوند. می توان طول موج نور بکار برده شده را مشخص نمود و یا برعکس با معلوم بودن طول موج مقدار جابجایی آینه به ازای یک درجه از پیچ میکرومتر قابل اندازه گیری است چنین اندازه گیری را مدرج کردن تداخل سنج گویند.

روش تداخل سنجی برای اندازه گیری ضریب شکست گازها عملی ترین روش است در این روش گازی با دمای مشخص را بتدریج در محفظه ای که خلاء شده است و در مسیر یکی از دو دسته شعاع تداخل کننده قرار دارد، وارد می کنند به علت تغییر ضریب شکست محفظه نسبت به حالت اولیه که باعث تغییر در راه نوری در آن می شود تعداد Δm فریز در مرکز نوارهای تولید می شود. با استفاده از رابطه:

$$2t(n-1) = \Delta m \lambda \quad (2)$$

که با معلوم بودن t طول محفظه و طول موج نور بکار رفته، ضریب شکست گاز مربوطه مشخص می شود. از تداخل سنج مایکلسون می توان جهت اندازه گیری طول موج در یک ماده (مایعات) و در نتیجه تعیین ضریب شکست آن ماده استفاده نمود و بر طبق رابطه $n = \frac{\lambda}{\lambda_0}$ با اندازه گیری طول موج در خلاء و در محیط مطابق آنچه قبلاً بیان شد می توان n را محاسبه نمود.

روش آزمایش

(۱) مدرج کردن تداخل سنج

نحوه تشکیل فریزها: تداخل سنج باید روی یک میز بدون لرزش قرار گیرد. چشمه نور تک رنگ (سدیم) را در جلوی شیشه مات قرار دهید. برای عمود نمودن دو آینه باید یک سوزن را بین چشمه و تداخل سنج (ترجیحاً بر روی شیشه مات) نصب نمود

. دو تصویر پر رنگ تر که مربوط به انعکاس نور از دو آینه است (تصویر ضعیف تردیگر مربوط به سطح دوم تیغه نیم نقره اندود است) بوسیله دو پیچ که در پشت آینه ثابت نصب شده اند باید برهم منطبق نمود با تغییر آهسته این دو پیچ فریزها ظاهر می شوند ، پیچ های تنظیم را باید خیلی آهسته چرخاند. در غیر این صورت ممکن است از حالتی که فریزها تشکیل می شوند رد شده و فریزی مشاهده نشود. وقتی فریزها تشکل شدند، با تنظیم بیشتر پیچ های فوق می توان فریزها را بهتر نمود بدین معنی که با حرکت چشم در میدان دید مکان فریزها باید ثابت باشد، بخصوص فریز مرکزی باید تغییر وضعیت ندهد. فریزها با چشم غیر مسلح و یا با یک تلسکوپ کم قدرت قابل مشاهد است. اگر پیچ میکرومتر آینه متحرک را تغییر دهید، بسته به اینکه فاصله کم یا زیاد شود، فریزها از مرکز تولید یا محو خواهند شد. باید جهت حرکت پیچ میکرومتر قبل از اندازه گیری و در هنگام اندازه گیری یکی باشد تا خطای ناشی از لقی آن کاهش یابد. برای مدرج کردن تداخل سنج باید تلسکوپ کم قدرتی بکار گرفت تا فریزهایی که از مرکز ظاهر یا محو می شوند را بهتر بتوان شمارش نمود. برای m مشخصی (مثلا ۱۰۰ فرانژ) تغییرات پیچ میکرومتری را می توان بدست آورد. برای این منظور درجه پیچ میکرومتری را بازای هر ۱۰ فریز، ۱۰ فریز تولید (یا محو) شده تا ۱۹۰ می خوانیم. اعداد بدست آمده را به صورت زیر می توان تجزیه تحلیل کرد. عدد پیچ میکرومتری برای فریز صفرم را از فریز صدم کم کنید. همچنین عدد فریزدهم را از صد و دهم و بیستم را از صد و بیستم و ۹۰ را از ۱۹۰ کم کنید. متوسط آنها تغییر پیچ میکرومتری به ازای تولید (محو) شدن ۱۰۰ فریز می باشد. اگر طول موج نور بکار رفته معلوم باشد، تغییرات آینه متحرک برای این تعداد فریز قابل محاسبه است (از رابطه $2d = m\lambda$) مقداری را که آینه متحرک به ازای یک میلیمتر تغییر می کند را می توان بدست آورد.

(۲) اندازه گیری طول موج مجهول

مطابق آزمایش قبل به ازای ۱۰۰ فریز که محو و یا تولید می شوند، برای یک طول موج مجهول تغییرات پیچ میکرومتری را می توان اندازه گرفت. با توجه به نتیجه آزمایش قبل d را برای این طول موج حساب کرد، سپس طول موج را بدست آورد.

(۳) اندازه گیری ضریب شکست یک گاز

محفظه مربوط به اندازه گیری ضریب شکست گازها را روی تداخل سنج نصب کنید. تیغه های جبران کننده راه نوری را در مقابل آینه دیگر نصب نمایید به طوری که نباید آثارانگشت روی تیغه ها باشد. سپس فریزها را واضح تشکیل دهید و محفظه را به وسیله یک پمپ تخلیه نمایید. گاز مورد نظر را به وسیله یک شیر خلاء آهسته وارد محفظه نمایید. فریز مرکزی مرتبا محو می شود. تعداد فریزهائی را که محو می شوند از حالت خلاء تا فشار دلخواه شمارش نمائید (Δm). با استفاده از رابطه (۲) n را حساب کنید.

(۴) اندازه گیری طول موج در مایعات

در یک ظرف شیشه ای تداخل سنج را به قسمی قرار داده شود، که پیچ های تنظیم آینه و پیچ میکرومتری خارج از ظرف باشند. ظرف را با الکل متیلیک یا بنزن پر نمایید. سپس طول موج نور بکار گرفته را مطابق آزمایش (۲) در مایع مربوطه بدست آورید و ضریب شکست آنرا محاسبه نمایید. پس از اندازه گیری تداخل سنج را بوسیله یک ششوار خشک کنید و پیچ میکرومتری را روغن کاری کنید.

سوال

۱- رابطه تغییرات شدت نوارهای تداخلی را بدست آورید.

۲- نشان دهید که اگر تغییرات فاصله دو آینه Δd باشد تعداد نوارهای محو یا تولید شده و از رابطه $\Delta d = \frac{N\lambda}{2}$ بدست می آید.

۳- نشان دهید که شعاع زاویه ای نوار m ام برابر است با $\theta_m = \left(\frac{m\lambda_0}{d}\right)^{1/2}$

۴- اگر دو آینه کاملاً موازی نباشند چه اتفاق می افتد و فرانتها به چه صورت ظاهر می شوند.

۵- آیا از تداخل سنج مایکلسون می تواند جهت اندازه گیری طول کوهرنسی منابع نوری استفاده نمود توضیح دهید.