آزمایش آشنایی با امواج مایکروویو

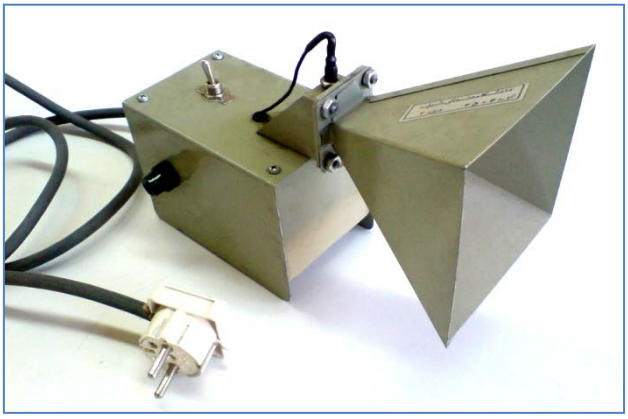
مقدمه

مطالعه پدیده‌های اپتیکی در محدوده‌ی فرکانس‌های مایکروویو دارای این امتیاز است که استفاده از طول موج سه سانتیمتری مایکروویو، ابعاد آزمایش را نسبت به آزمایشات نور مرئی بزرگتر می کند و در نتیجه کار اندازه گیری راحت تر می شود. اندازه‌هایی که در آزمایش های اپتیکی حدود میکرومتر هستند به سانتیمتر تبدیل می‌شوند و پارامترهایی که در آزمایش های اپتیک کلاسیک نامشخص هستند به خوبی ظاهر شده و قابل اندازه‌گیری می‌گردند. در این آزمایش به تحقیق کمّی «انتشار»، «انعکاس» و «تداخل» امواج مایکروویو می‌پردازیم.

آشنایی با وسایل

۱. فرستنده مایکروویو

فرستنده مایکروویو با استفاده از دیود «گان» (gunn) امواجی همدوس با توان ۱۵ mW تولید می‌کند، که قطبش آن خطی است و طول موجی حدود ۳ سانتی‌متر دارد (مقدار دقیق طول موج را بایستی در آزمایش به دست آورید). دستگاهی که مشاهده می نمایید، شامل «دیود» (با فرکانس تشدید کاواک ۱۰.۵ GHz) و یک «شیپور» برای سمت دادن به امواج خروجی است . امواج خروجی در امتداد مح ور دیود (عمودی) به صورت خطی قطبیده هستند و شیپور، امواج مایکروویو را طوری ارسال می کند که در امتداد محور شیپور متمرکز باشد.

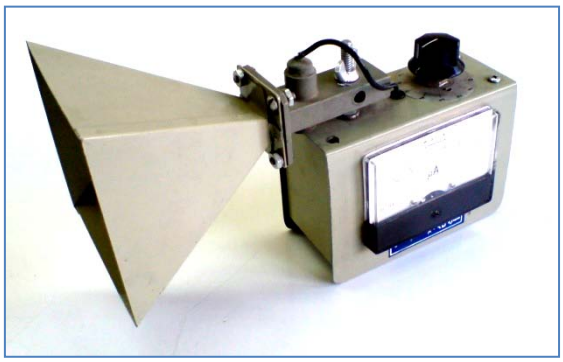


شکل ۱، فرستنده مایکروویو

۲. گیرنده مایکروویو

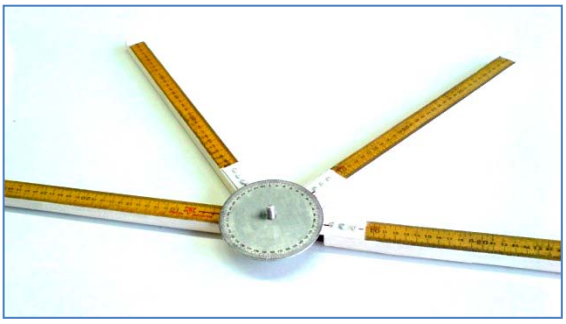
آمپرمتر موجود در گیرنده‌ی مایکروویو امکان اندازه‌گیری امواج دریافتی را فراهم می‌آورد که برای سیگنال‌های کم دامنه تقریباً متناسب با شدت میدان الکتریکی سیگنال مایکروویو دریافت شده است . شیپور گیرنده مایکروویو که همانند شیپور فرستنده است، سیگنال مایکروویو را ج مع و آن را به دیودی واقع در کاواک تشدید 10.5 GHz (دیود گیرنده) منتقل می‌کند. دیود فقط به مولفه هایی از سیگنال که در راستای محور دیود قطبیده شده‌اند پاسخ می‌دهد و ولتاژ DC به وجود می‌آورد که با دامنه سیگنال مایکرویو متناسب است.

گیرنده مجهز به تقویت کننده است که به وسیله یک پیچ، قابل تنظیم است. دیود آشکارساز موجود در گیرنده یک المان غیرخطی (نسبت به شدت امواج دریافتی) است. این غیرخطی بودن در اکثر آزمایشات مشکلی به وجود نمی‌آورد، اما در نظر گرفتن این نکته حایز اهمیت است که درجات خوانده شده، مستقیماً به میدان الکتریکی امواج دریافت شده مربوط نمی‌شود و عموماً مقدار متوسطی را منعکس می‌کند.



شکل ۲، گیرنده مایکروویو

۳. خط‌کش و نقاله

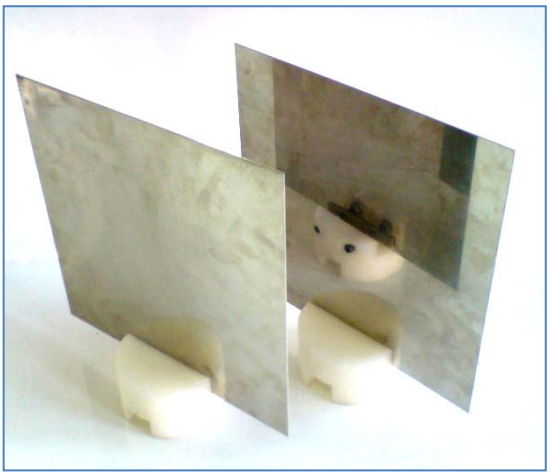


شکل ۳، خط کش و نقاله

۴. صفحه شیشه‌ای و انعکاس‌گر فلزی

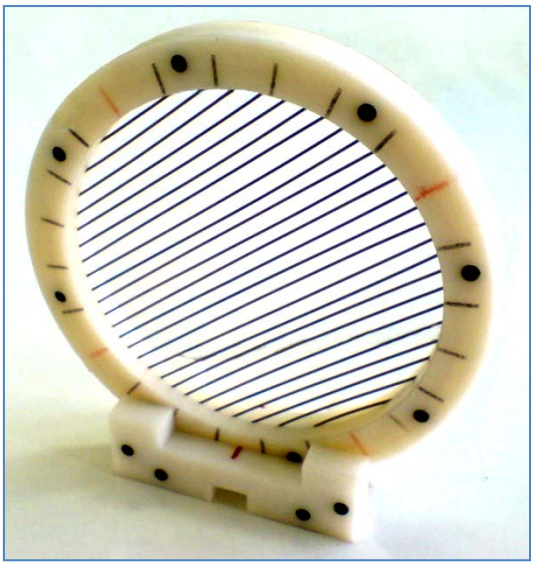
شکل ۴، صفحه شیشه ای و انعکاس‌گر فلزی

۵. صفحات فلزی



شکل ۵، صفحات فلزی

۶. قطبش‌گر



شکل ۶، قطبش گر

نکات

۱. هر چند خروجی فرستنده در حد استانداردهای لازم برای حفظ سلامتی است، با این حال هنگامی که فرستنده در حال کار است بهتر است از فاصله‌ی نزدیک مستقیماً به شیپور مایکروویو نگاه نکنید.

۲. پیچ تنظیم گیرنده ی مایکروویو باید در ابتدای هر آزمایش طوری تنظیم گردد که عقربه ی نشان‌دهنده، حداکثر داده های ممکن را جاروب کند و در طول هر آزمایش ، در این تنظیم نباید تغییری ایجاد گردد.

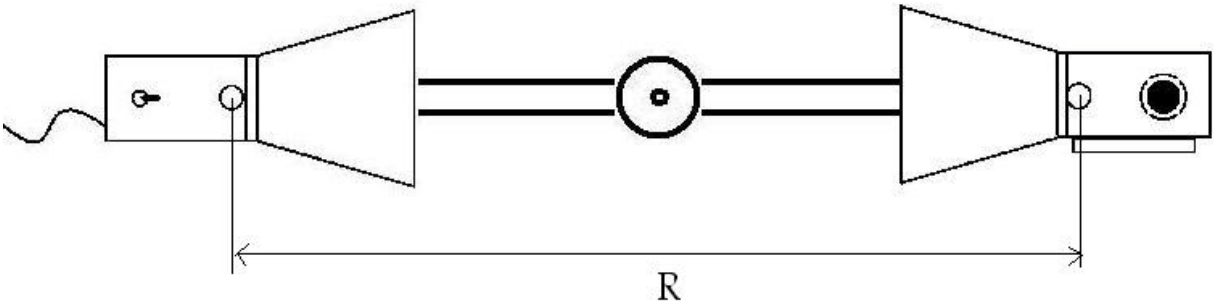
۳. پیچ تنظیمی که رو ی گیرنده است و با شماره های ۱ ، ۲ ، ۳ ..... مشخص شده، معنای خاصی ندارند، اما هر چه بیشتر شود، حساسیت گیرنده افزایش پیدا می کند و بهتر است برای مراجعات احتمالی بعدی، عدد تنظیم شده یادداشت شود.

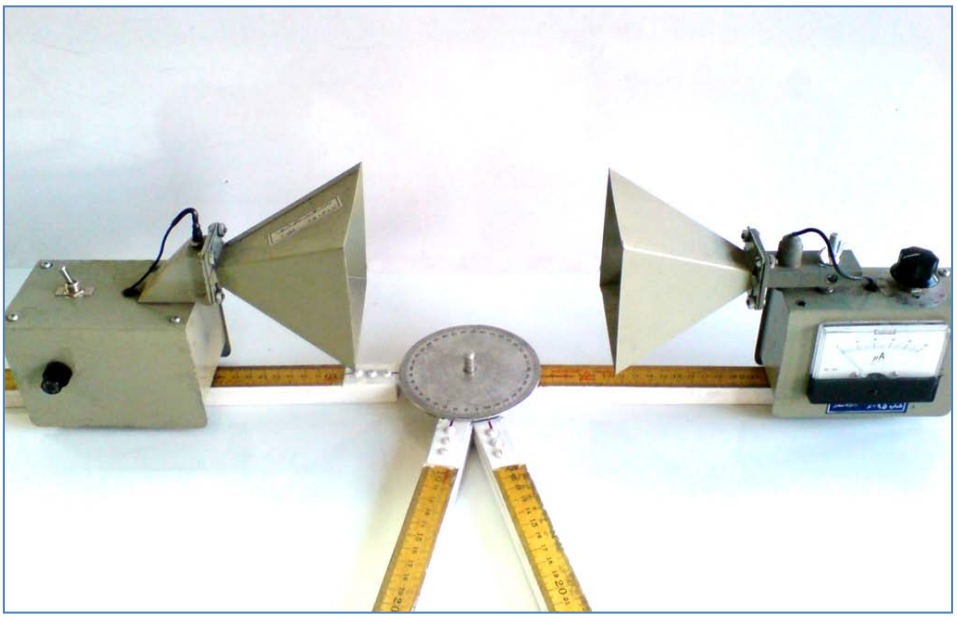
۴. انعکاس از وسایل نزدیک از جمله سطح میز می تواند در نتایج آزمایش ها تاثیر بگذارد . برای کاهش این انعکاساتِ ناخواسته، میز آزمایش را از تمام وسایل اضافی، خصوصا وسایل فلزی به غیر از آنچه برای آزمایش لازم است خالی کنید.

۵. تحت برخی شرایط مایکروویو می تواند در کار ابزار پزشکی الکترونیکی اختلال ایجاد نماید . اگر شما از دستگاه تنظیم ضربان قلب یا دیگر وسایل الکترونیکی پزشکی استفاده می کنید قبل از آزمایش، مطمئن شوید که مایکروویو در فرکانس ۱۰.۵ GHz در کار آن اختلال ایجاد نمی‌کند.

آزمایش ۱، انتشار

فرستنده و گیرنده را مطابق شکل (۷) روی بلندترین خط کش‌های نقاله قرار دهید.





شکل ۷

فرستنده را به برق وصل کرده و روشن کنید. فاصله بین دیود چشمه فرستنده و دیود آشکارساز گیرنده R را روی ۴۰ cm تنظیم کنید (به نظر شما در اندازه گیری فواصل آیا می توان نقطه‌ی دیگری را غیر از محل دیودها انتخاب کرد؟). پیچ تقویت‌کننده‌ی گیرنده را طوری تنظیم کنید که عقربه، ماکزیمم انحراف را نشان دهد. فاصله R را مطابق مقادیر جدول (۱) تنظیم کنید و برای هر مقدار R، درجه‌ای را که عقربه نشان می‌دهد، یادداشت نمایید.

R (cm)	انحراف خوانده شده
۴۰	
۵۰	
۶۰	
۷۰	
۸۰	
۹۰	
۱۰۰	

جدول ۱

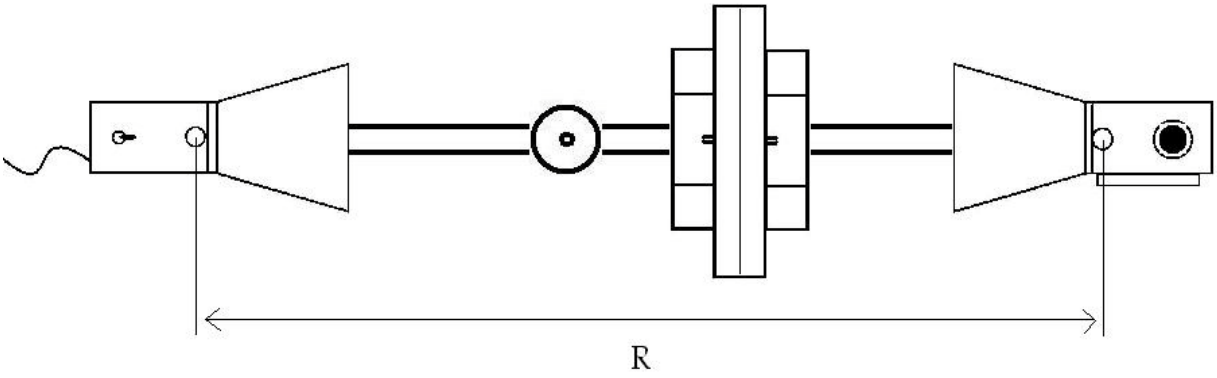
اکنون می خواهیم آزمایش قبل را با دقت بیشتری انجام دهیم . فاصله R را از ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر، به آهستگی تغییر دهید. با افزایش تدریجی فاصله بین فرستنده و گیرنده به عقربه نگاه کنید . به الگوی انحراف عقربه نسبت به تغییر مکان گیرنده توجه کنید . R ها و انحراف‌های max و min را تعیین کنید. توصیه می شود در این آزمایش فاصله را، میلیمتری تغییر دهید. در صورت لزوم تعداد خانه‌های جدول ۲ را بیشتر کنید.

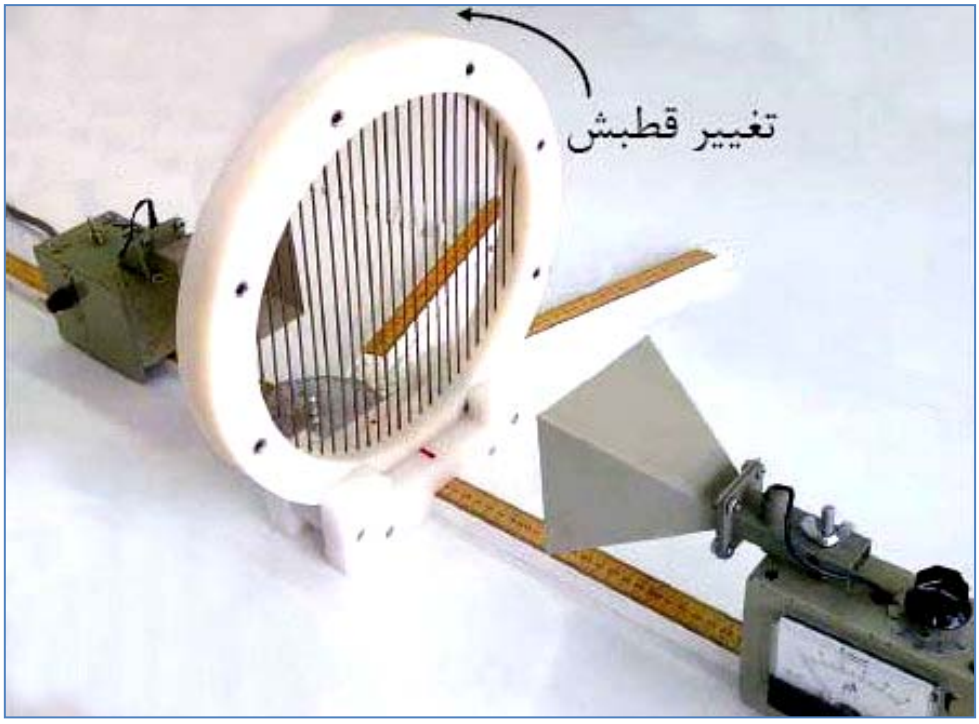
R (cm)	Max / Min

جدول ۲

آزمایش۲، قطبش

فرستنده و گیرنده را بر روی طویل ترین خط کش‌های نقاله در فاصله مناسب از هم قرار دهید و قطبش گر را مطابق شکل(۳) در مقابل گیرنده بگذارید.





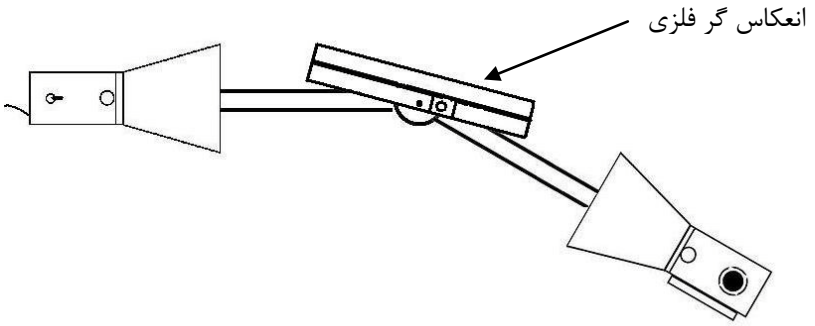
شکل ۸

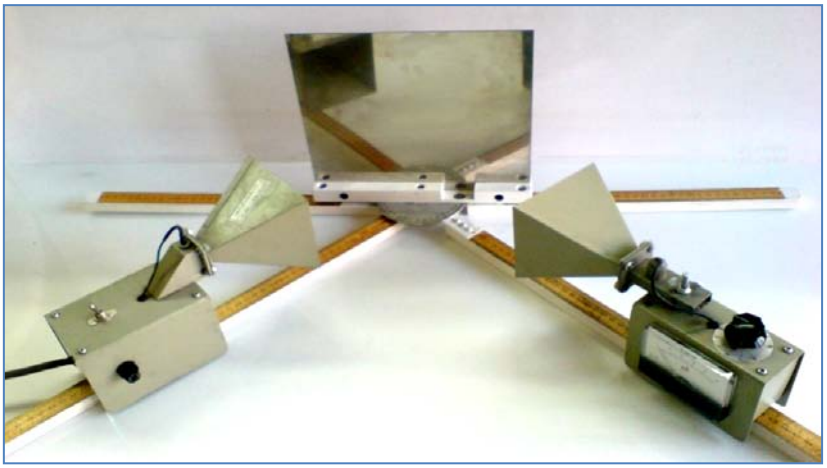
قطبش‌گر را در زوایای داده شده در جدول ۳ قرار داده و مقدار انحراف عقربه را یادداشت کنید. دقت کنید که زاویه صفر هنگامی است که میله های قطبش گر موازی با سطح میز باشند و تقویت کننده‌ی گیرنده را طوری تنظیم کنید که در این زاویه ماکزیمم انحراف را نشان دهد.

زاویه قطبش‌گر(درجه)	انحراف خوانده شده
۰	
۱۵	
۳۰	
۴۵	
۶۰	
۷۵	
۹۰	

(جدول ۳)

آزمایش۳، انعکاس





شکل ۹

وسایل را مطابق شکل (۹) قرار دهید و فرستنده را روشن کنید . مطابق شکل زاویه بین پرتوی ارسال شده از فرستنده (محور شیپور فرستنده) و خط عمود بر صفحه انعکاس گر، «زاویه تابش»، و زاویه بین محور شیپور گیرنده و خط عمود بر صفحه انعکاس‌گر، «زاویه انعکاس» نامیده می‌شوند.

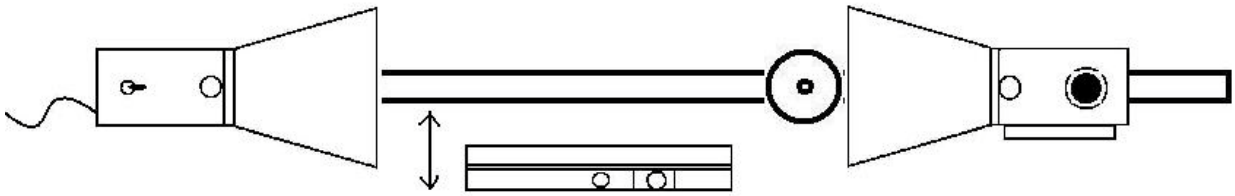
زاویه انعکاس (زاویه‌ای که در آن بیشترین مقدار انحراف در گیرنده وجود دارد) مربوط به هر یک از زوایای تابش مشخص شده در جدول (۴) را اندازه گیری و یادداشت کنید.

زاویه انعکاس(درجه)	زاویه تابش (درجه)
	۲۰
	۳۰
	۴۰
	۵۰
	۶۰
	۷۰
	۸۰

(جدول ۴)

توجه: در برخی زوایا، گیرنده نه تنها موج انعکاس یافته، بلکه موج مستقیم ارسال شده از فرستنده را نیز دریافت می‌کند که منجر به نتیجه نادرست می گردد. زوایایی را که این گفته در مورد آن ها صدق می کند، مشخص کنید (چگونه؟) و این زوایا را با علامت (*) نشان دهید.

دومین قسمت آزمایش انعکاس، بررسی کیفی تاثیر بازتاب امواج از اشیاء مجاور محل آزمایش است . بدین منظور مطابق شکل (۱۰) وسایل را بچینید و انعکاس‌گر فلزی را در کنار خط کش قرار دهید.

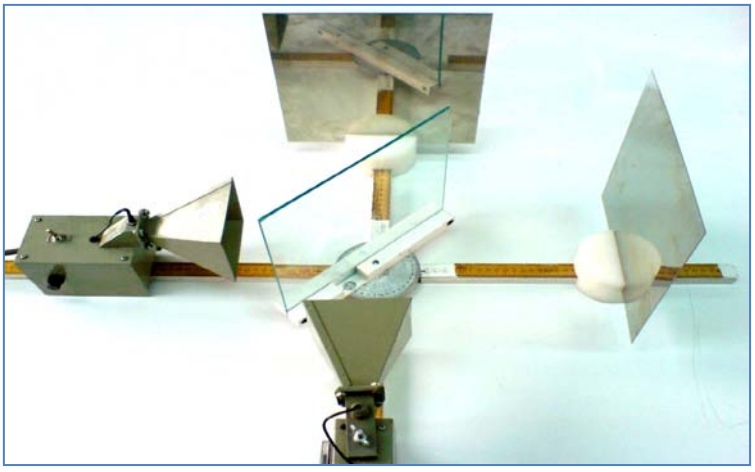


شکل ۱۰

در حالی‌که صفحه انعکاس‌گر موازی محور انتقال امواج است، فاصله ی آن‌را از خط‌کش تغییر دهید و حرکت عقربه آمپرمتر را مشاهده کنید. آن‌چه مشاهده می‌کنید را برای بررسی کیفی، یادداشت کنید.

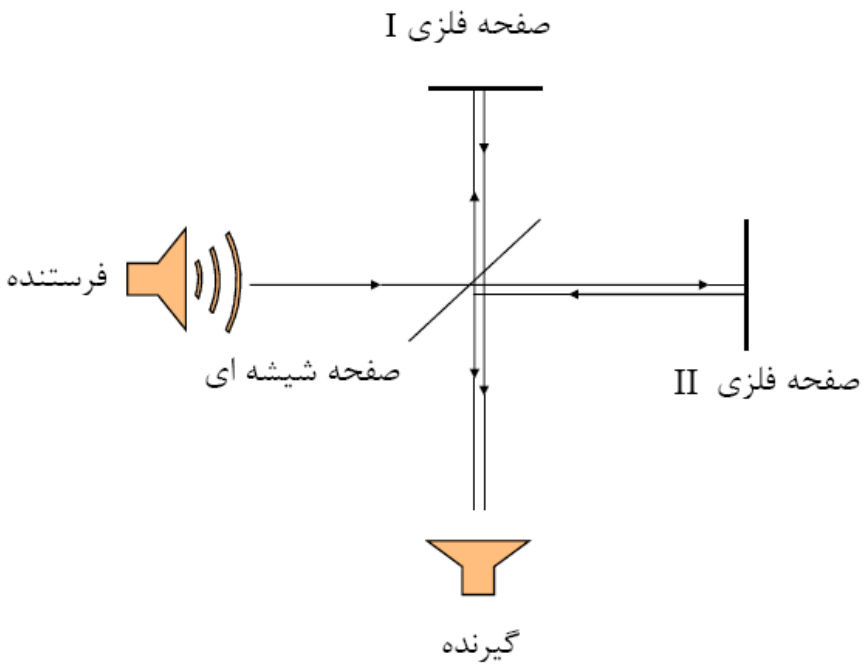
آزمایش ۴، تداخل سنج

در آخرین آزمایش، قصد داریم با روشی شبیه تداخل سنج مایکلسون، طول موج امواج تولید شده در فرستنده را تعیین کنیم. برای این منظور وسایل را مطابق شکل (۱۱) قرار می‌دهیم. توجه به این نکته اهمیت اساسی دارد که صفحات فلزی باید بر هم عمود باشند و صفحه شیشه ای باید با امتداد موج فرودی، زاویه ۴۵ درجه بسازد.



شکل ۱۱

موج فرودی پس از برخورد با شیشه، به دو قسمت تفکیک می شود که قسمتی از آن به صفحه فلزی اول و قسمت دیگر به صفحه فلزی دوم برخورد کرده و منعکس شده و پس از برخورد مجدد به شیشه، در گیرنده طرح تداخلی ایجاد می‌کنند. مسیر این دو پرتو در شکل (۱۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۲

در صورتی که تداخل سازنده باشد، گیرنده حداکثر انحراف عقربه را نشان می‌دهد و وقتی تداخل ویرانگر باشد، کمترین میزان انحراف را نشان می دهد. با تغییر مکان یکی از صفحات فلزی، عقربه به حرکت در می آید (آیا تغییر مکان فرستنده یا گیرنده، اطلاعات خاصی به ما می دهد؟ چرا؟). اگر فاصله‌ای را که لازم است صفحه فلزی حرکت داده شود تا از یک مینیمم به مینیمم دیگر (و یا از یک ماکزیمم به ماکزیمم دیگر) برسیم، Δx بنامیم، داریم $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$ بنابراین با اندازه گیری Δx میتوان طول موج را تعیین کرد. این آزمایش را چند بار انجام دهید تا بتوانید مقدار دقیق‌تری از طریق متوسط گیری به دست آورید.

خواسته‌های آزمایش

۱. اندازه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی کروی با عکس فاصله از چشمه موج متناسب است و برای موج تخت ثابت است . با استفاده از نتایج آزمایش اول، تعیین کنید که موج تولید شده در فرستنده از کدام نوع است و سپس بررسی کنید که آیا مقادیر خوانده شده از آمپرمتر، متناسب با میدان الکتریکی است یا مجذور آن.

۲. نتایج به دست آمده از اندازه گیری مینیمم ها و ماکزیمم ها در آزمایش اول را ابتدا به صورت کیفی تحلیل کنید و دلیل مشاهده چنین نتایجی را بیان کنید . سپس مقدار متوسط طول موج را از داده ها به دست آورید.

۳. نتایج به دست آمده از آزمایش قطبش را با رابطه $I = I_0 \cos^2 \theta$ (رابطه‌ی مالوس) مقایسه کنید.

۴. چه رابطه‌ای بین زاویه تابش و انعکاس وجود دارد؟ آیا این رابطه برای تمام زوایای تابش برقرار است؟

۵. آزمایش انعکاس در حالت ایده آل می تواند به وسیله یک موج تخت کامل، صورت گیرد. تخت نبودن امواج گسیل شده از فرستنده چه تاثیری در رابطه تابش و بازتابش دارد؟

۶. با توجه به قسمت دوم آزمایش انعکاس، آیا تاثیر انعکاس از اشیا فلزی مجاور قابل صرفنظر است؟

۷. طول موج مایکروویو فرستنده را با استفاده از آزمایش تداخل سنج بیابید و با نتیجه ی به دست آمده از خواسته دوم مقایسه کنید.

سوالات آزاد برای دانشجو

الف-چند نمونه از کاربردهای امواج مایکروویو در زندگیتان را نام ببرید. (نکته : فقط کاربردهایی که در زندگی شخصِ شماست را نام ببرید و برای این کار ۵ دقیقه فرصت دارید.)

ب-فکر می کنید که در زاویه ای که قطبشگر مایکروویو اجازه عبور موج را از خود نمی دهد ، نور فرودی را جذب می کند و یا آن را باز می تاباند؟ می توانید حدس خود را در عمل در آزمایشگاه تست کنید.