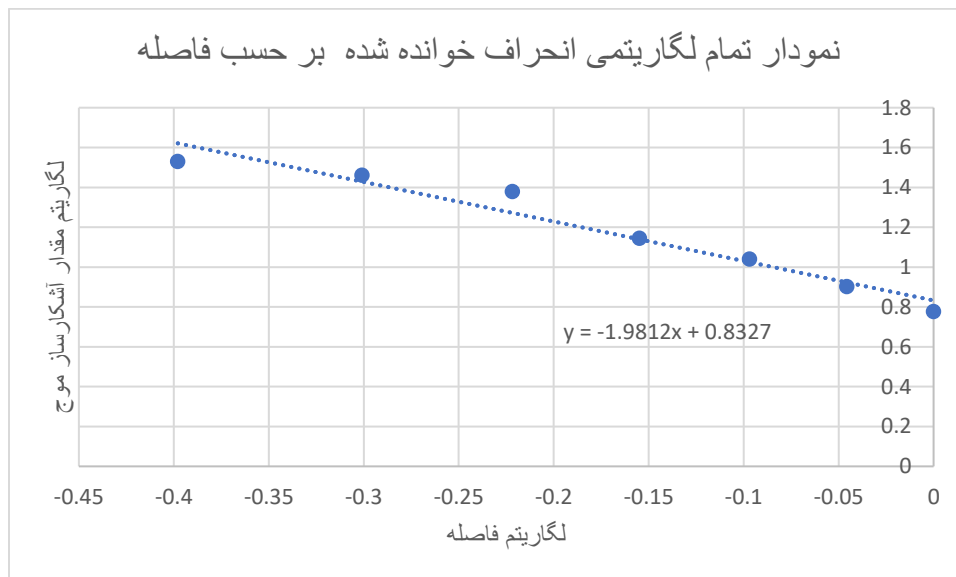


1. با استفاده از نتایج آزمایش اول، تعیین کنید که موج تولید شده در فرستنده کروی است و یا تخت و سپس بررسی کنید که آیا مقادیر خوانده شده از آمپر متر، متناسب با میدان الکتریکی است یا مجذور آن.
2. نتایج به دست آمده از اندازه گیری مینیم ها و ماکزیمم ها در آزمایش اول را ابتدا رسم و به صورت کیفی تحلیل کنید و دلیل مشاهده چنین نتایجی را بیان کنید. سپس مقدار متوسط طول موج را از داده ها به دست آورید.
3. نتایج به دست آمده از آزمایش قطبش را رسم و با رابطه  $I = I_0 \cos^2 \theta$  (رابطه مالوس) مقایسه کنید.
4. چه رابطه ای بین زاویه تابش و انعکاس وجود دارد؟ آیا این رابطه برای تمام زوایای تابش برقرار است؟
5. آزمایش انعکاس در حالت ایده آل می تواند به وسیله یک موج تخت کامل، صورت گیرد. تخت نبودن امواج گسیل شده از فرستنده چه تأثیری در رابطه تابش و بازتابش دارد؟ با توجه به قسمت دوم آزمایش انعکاس، آیا تأثیر انعکاس از اشیا فلزی مجاور قابل صرف نظر است؟
6. طول موج میکروویو فرستنده را با استفاده از آزمایش تداخل سنج بیابید و با نتیجه ی به دست آمده از خواسته دوم مقایسه کنید.

## سوال اول:

برای این سوال، مقدار انحراف خوانده شده را بر حسب فاصله منبع از آشکارساز رسم می کنیم؛  
برای این که بتوانیم به خوبی به رابطه توانی مذکور پی ببریم؛ نمودار تمام لگاریتمی رسم می کنیم.



نمودار ۱: نمودار تمام لگاریتمی انحراف بر حسب فاصله بین منبع/آشکار ساز؛ برای تشخیص نوع موج.

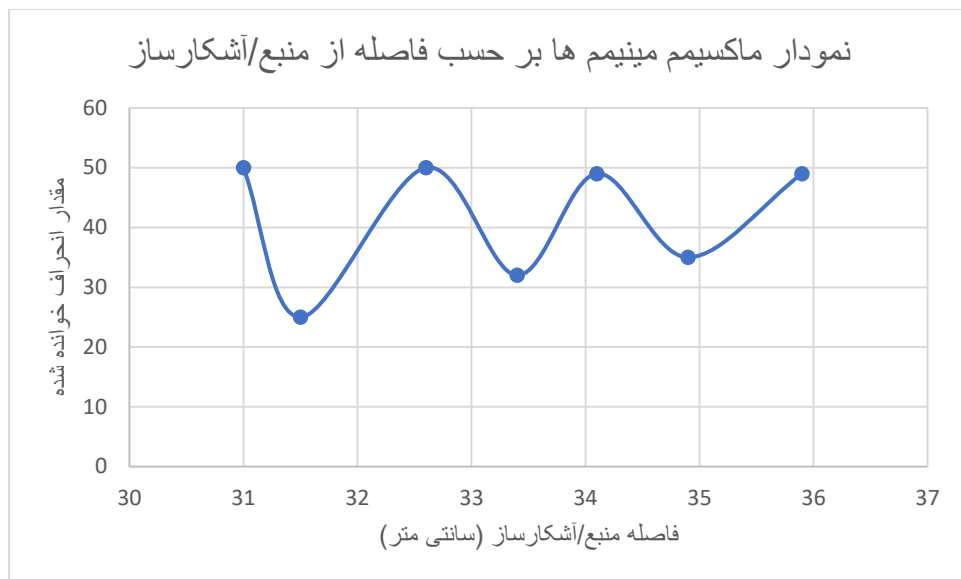
در این آزمایش بایستی به خوبی در نظر داشت که به علت حساس بودن ست آپ و بازتاب از سطوح تیز/شفاف و فلزی، ممکن است داده ها تا حدی غیرقابل اعتماد باشند و نتیجه آنچه که انتظار می رفته، به دست نیاید.

اما خوشبختانه می بینیم که نمودار تمام لگاریتمی انحراف بر حسب فاصله دو دیود (منبع/آشکارساز) خطی است و این یعنی که رابطه این دو کمیت با هم به شکل توانی است و به شکل  $I \propto \frac{1}{r^{1/98}}$  است؛ این یعنی که شدت موج با عکس مجذور فاصله از منبع متناسب است، یعنی موج مورد نظر ما کروی است؛ این نتیجه با تقریباً نقطه ای بودن منشأ موج (یعنی دیود) همخوانی دارد و همچنین شدت میدان با مربع دامنه الکتریکی متناسب است، پس میدان

الکتریکی هم با عکس  $E \propto \frac{1}{r^2}$  متناسب است.

## سوال دوم:

ترسیم داده ها نتیجه زیر را به دست می دهد:



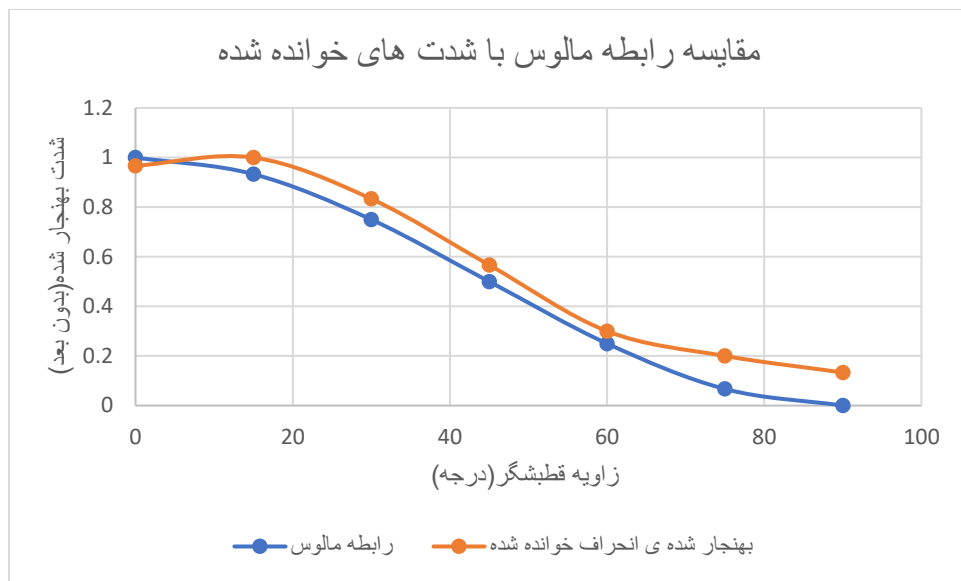
نمودار ۲: نمودار شدت موج (میزان انحراف عقربه آمپرسنج) بر حسب فاصله دیودهای منبع/آشکار ساز.

الگوی تناوبی بودن در شکل مشهود است؛ به علت آن که در موج، میدان الکتریکی در نقاط مختلف فضا نوسان می کند. اما جالب تر از آن، تشکیل موج ایستاده کروی بین منبع و گیرنده است. به علت کاهش میدان الکتریکی با فاصله گرفتن از منبع، در محل گره ها، میدان صفر نمی شود و به همین دلیل ماکسیمم و مینیمم ها روی یک نمودار نزولی/صعودی سوار هستند.

بازهم می توانیم فاصله بین دو دره یا قله متوالی را به عنوان طول موج معرفی کنیم؛ در سربرگ سوم فایل اکسل به دست می آوریم که  $\lambda = 3/2 \pm 0/36 \text{ cm}$ .

### سوال سوم:

بازهم می توان شدت (انحراف عقربه آمپرسنج) را بر حسب زاویه قطبشگر رسم کرد و داده های بهنجار شده را بر حسب مربع کسینوس زاویه قطبشگر ترسیم کرد. ما در اینجا فقط نمودار دوم را می آوریم؛ اولی در سربرگ سوم فایل اکسل رسم شده است.

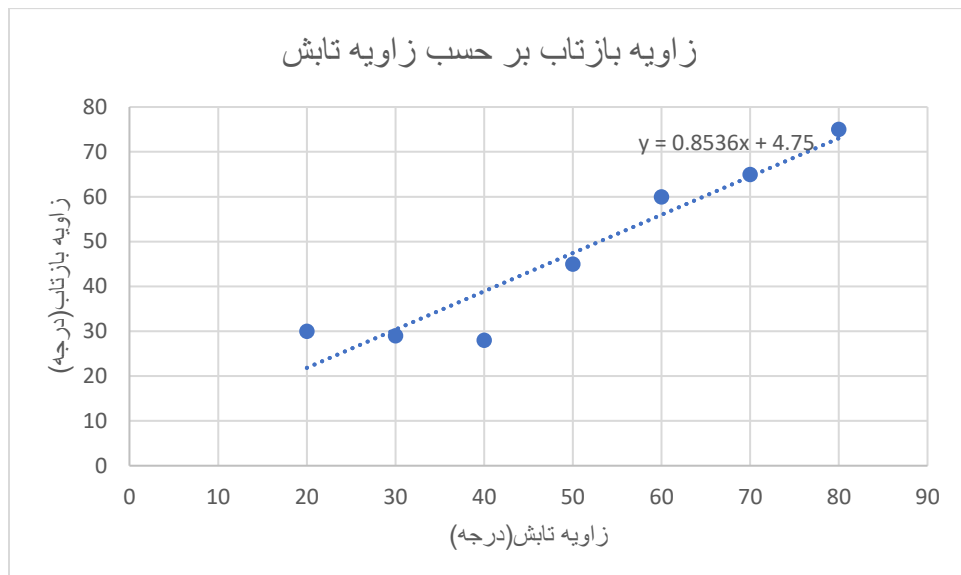


نمودار ۳: نمودار شدت موج (میزان انحراف عقربه آمپرسنج) بر حسب زاویه قطبشگر (نمودار نارنجی داده ی آزمایش است و نمودار آبی رنگ بر حسب رابطه مالوس ترسیم شده است؛ برای بهنجارش بر بزرگترین شدت تقسیم کرده ایم).

در اینجا همخوانی نمودارها با رابطه مالوس دیده می شود، علت عدم انطباقهای جزئی در برخی datapoint ها می تواند خطای آزمایش یا به خصوص تابش از سطوح براق و فلزی باشد. عدم انطباق در زاویه های بالاتر از ۷۰ درجه هم مشهود است؛ احتمالاً قطبشگر در این زوایا به خوبی نمی تواند مولفه های عمودی را پالایش و حذف کند.

### سوال چهارم:

اول بیایید ترسیم داده ها را ببینیم ( جدول داده ها در اکسل هست).



نمودار ۴: نمودار زاویه بازتاب بر حسب زاویه تابش در یک آزمایش بازتاب از سطح فلزی براق.

در اکثر داده ها، زاویه ی بازتاب و تابش تقریباً نزدیک هم بودند و این واقعیت تئوری را که زاویه بازتاب و تابش با هم برابرند تا حدی می توان با آزمایش صحه گذاشت.

در زوایای پایین ما خطای آشکاری داریم، علت این است که به خوبی نمیشد صفحه فلزی را به گونه ای مناسب قرار داد تا پرتو های تابش با زاویه کم (۲۰ تا ۴۰ درجه) به صفحه فلزی بخورند، به همین دلیل ما از نتیجه ی گرفته شده از این داده ها خیلی مطمئن نبودیم چون راستای تابش موج از منبع مستقیماً به صفحه فلزی نمی خورد.

در زوایای بالاتر اما نکته ای نهفته است: وقتی زاویه تابش به ۷۰ تا ۸۰ می رسد، منبع و آشکارساز تقریباً همخط می شوند و این یعنی یک سری از امواج بدون بازتاب از منبع مستقیماً به سوی آشکارساز می روند ( به خصوص که موج کروی موردنظر با توزیعی حول محور شیپوری منبع ارسال می شود) این امواج اگر توسط گیرنده دریافت شوند، خطایی در یافتن مقدار ماکسیمم ایجاد می کنند و باعث می شوند جای ماکسیمم اشتباه شود و این یعنی زاویه بازتاب اشتباه محاسبه می شود.

### سوال پنجم:

از نظر تئوری، قوانین تابش و بازتاب برای امواج مختلف، یکسان است، یعنی زاویه تابش و بازتاب برای موج کروی و تخت یکسانند، اما در مورد موج کروی، نکته این است که چون جبهه موج به شکل کره است، در هر نقطه تماس با سطح فلزی، زوایای مختلفی برای تابش ایجاد می شوند.

انعکاس ها قابل صرفنظر نبودند، حتی وجود اجسام براق (مثل قاب گوشی) باعث تغییر مقدار مشاهده شده از عقربه می شد.

### سوال ششم:

این بخش آزمایش برای من و همگروهی ام خیلی چالشی بود و چندین بار اندازه گیری انجام شد، نتیجه نهایی که در برگه آزمایش هم نوشته شده این است:

مقدار بین دو ماکسیمم (یا مینیمم) متوالی به طور متوسط برابر با  $1.55 \pm 0.1 \text{ cm}$  بود که مطابق رابطه ی تداخل، طول موج  $\lambda = 3/1 \pm 0/2 \text{ cm}$  بدست می آید.

نتیجه با نتیجه ی بدست آمده از آزمایش ۲ همخوانی دارد.