

۲- آزمایش تشدید اسپین الکترون (خواسته‌های آزمایش)

نام و نام خانوادگی: حسین محمدی

تاریخ: ۱۵/فروردین/۱۴۰۲

شماره دانشجویی: ۴۰۱۲۰۸۷۲۹

۱- رابطه f بر حسب B را به دست آورید و نمودار داده‌های مربوطه را برای هر سه پروب رسم کنید.

۲- مقداری عددی g_s را از طریق روش کمترین مربعات یا با استفاده از نرم افزارهایی مانند Excel یا Table Curve برای هر سه پروب جداگانه محاسبه کنید.

۳- درباره‌ی عدد g_s به دست آمده برای هر پروب و تفاوتش با مقدار اصلی آن که برابر $2/0.36$ است، بحث کنید.

۴- اساس کار تشدید اسپینی هسته (NMR) را به طور خلاصه شرح دهید و تفاوت‌ها و شباهت‌های آن را با ESR (تشدید اسپینی الکترون) در پاسخ خود ذکر کنید.

سوال اول:

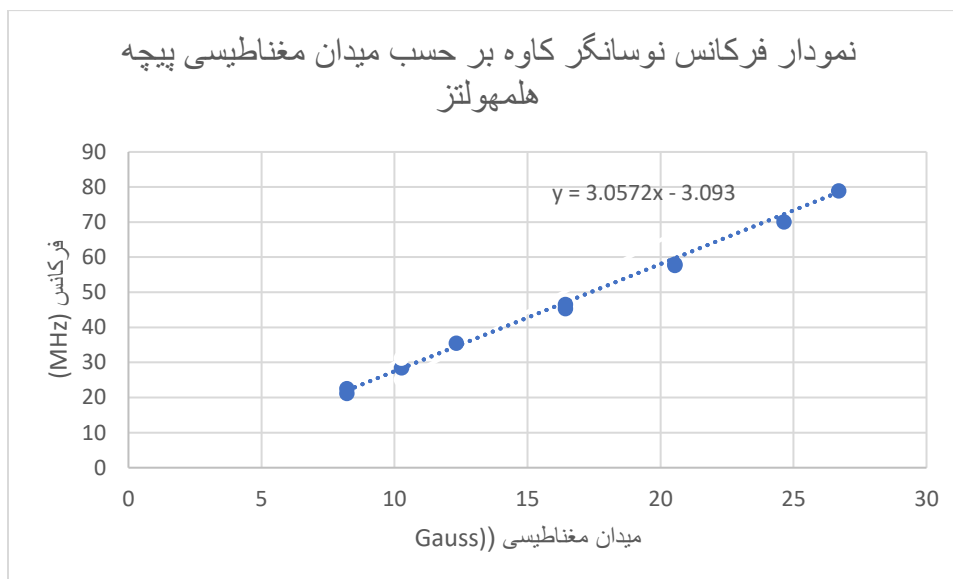
در دستور کار دیدیم که در حالت تشدید (که ما همواره در حالت تشدید داده می گرفتیم)، رابطه ی بین فرکانس و میدان مغناطیسی به شکل زیر است:

$$hf = g_s \mu_B B$$

که در آن g_s ضریب ژیرومغناطیسی است و μ_B مگنتون بور است که مقدار آن $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$ است و J/T 9.27×10^{-24} است.

توجه داشته باشید که ما فقط پروب دومی که در محدوده $30 - 70 \text{ MHz}$ است استفاده کردیم، چرا که کاوه های دیگر خراب بودند، پس لاجرم ترسیم را برای همین پروب انجام می دهیم.

همچنین توجه کنید که جریان هایی که در جدول نوشته ایم، جریان کلی عبور کننده از دو پیچه هلم هولتز است که به صورت موازی بسته شده اند، پس جریان گذرنده از هر پیچه یا I_{coil} که در فایل اکسل هست، نصف این مقدار است؛ همچنین شعاع پیچه ها هفت سانتی متر بود و ما فاصله ی بین دو پیچه را هم هفت سانتی متر تنظیم کردیم.



نمودار ۱: فرکانس کاوه بر حسب میدان مغناطیسی پیچه هلم هولتز

سوال دوم:

باز هم توجه کنید که برای پروب دوم در محدوده 30 تا 75 مگاهرتز داده داریم؛ با کمک اکسل و یافتن شیب خط نمودار $f(B) = \frac{g_s \mu_B}{h} B$ ، که از روش کمترین مربعات استفاده می کند، می توانیم مقدار g_s را بخوانیم.

محاسبات این قسمت که از دستور LINEST در اکسل استفاده می کند، انجام شده است، نتیجه نهایی برای مقدار ضریب ژیرومغناطیسی به شرح زیر است:

$$g_s = 2.1852 \pm 0.093$$

که همانطور که می بینید حتی خطای این محاسبات، مقدار ضریب ژیرومغناطیسی را در محدوده ی حقیقی اش قرار نمی دهد، به نظر می رسد که خطای سیستماتیک در آزمایش داریم.

البته روشی دیگر داریم که می توانیم به مقدار حقیقی این ضریب نزدیک تر شویم، توجه کنید که باید به ازای میدان مغناطیسی صفر، فرکانس هم صفر شود؛ چرا که هیچ شکافتگی ترازای وجود نخواهد داشت و فوتونی هم نیاز نیست که بین ترازها تشدید دهد. پس می توانیم در اکسل با شرط صفر شدن عرض از مبدا محاسبات را انجام دهیم که نتیجه می دهد:

$$g_s = 2.0635 \pm 0.0349$$

که این مقدار به مقدار حقیقی ضریب ژیرومغناطیسی بسیار نزدیک است، هر چند باز هم خطای آن محدوده ی حقیقی ضریب را پوشش نمی دهد.

سوال سوم:

توجه داشته باشید که ما چند خطای عمده در محاسبات داشتیم:

- میدان مغناطیسی زمین را در نظر نگرفتیم، یعنی ممکن است که میدان زمین همجهت با میدان پیچه یا خلاف جهت آن باشد، یا کلی تر یک زاویه خاص با هم داشته باشند. اما مطابق محاسبات می توان دید که میدان زمین در نتیجه موثر نیست، چرا که میدان زمین یک عدد ثابت را از همه ی داده های B کم می کند و این عدد ثابت در شیب نمودار فرکانس-میدان مغناطیسی موثر نیست ... البته که در عرض از مبدا موثر است، اما ما به عرض از مبدا نیازی نداریم.
 - آمپرسنج دقت خیلی کمی داشت (یک دهم آمپر) و از طرفی چون که ما فقط با یک پروب کار می کردیم، نمی توانستیم مقادیر مختلف و وسیعی از جریان را تست کنیم چون که تشدید در فرکانس هایی رخ می داد که در محدوده ی کاوه ۳۰ تا ۷۵ مگاهرتزی نبود.
 - نوسانات و نویز زیاد در بدست آوردن پیک نمودار و انطباق آن بر جریان AC پس زمینه ی پیچه هلمهولتز، باعث ایجاد خطای سیستماتیک در آزمایش است.
 - فکر می کنم اگر دامنه جریان AC سوار بر زمینه DC در پیچه هلمهولتز را تا حد امکان بتوانیم کمتر کنیم، پهن شدگی میدان مغناطیسی در محل نمونه کمتر است و ما می توانیم تشدید را به شکل تیزتر و دقیق تر ببینیم و بدست آوردن پیک و انطباق نمودارها که در مرحله قبل ذکر شد را دقیق تر انجام دهیم.
- کار دیگری که من کردم این است که در سر برگ دوم فایل اکسل فرض کردم که میدان مغناطیسی زمین هم جهت میدان پیچه است و میدان مغناطیسی در محل نمونه را از جمع میدان زمین و هلمهولتز حاصل کردم و سپس با روش صفر کردن عرض از مبدا ضریب را خواندم، اینجا اضافه کردن میدان زمین در ضریب موثر بود و ضریب را متفاوت از مقدار قبلی داد.

سوال چهارم:

NMR مشابه تشدید الکترون است، در اینجا هم در حضور میدان مغناطیسی قوی، ترازهای انرژی هسته به چندین تراز با انرژی متفاوت شکافته می شود و ما با ارسال فوتون با انرژی مناسب می توانیم گذار بین این ترازها و پدیده ی تشدید را مشاهده کنیم. محدوده ی فرکانسی ترازهای شکافته شده برای اتم های مختلف از ۱/۱۰ تا ۱۰۰ مگاهرتز است.

از این شیوه تشدید برای طیف سنجی استفاده می شود و کاربرد اصلی آن مشاهده مولکولهای خاص، ترکیبات آلی و ترکیبات زیستی در یک نمونه است.

شبهات این دو در این است که هر دو از اثر زیمنان و تبهگنی ترازهای اسپینی برخوردار هستند.

تفاوت ها:

- چون ذرات نوکلئون (پروتون و الکترون و سایر ذرات درون هسته) از الکترون سنگین تر هستند، پس ممان مغناطیسی بسیار کوچکتر از الکترون است و در روش NMR به فرکانس های بسیار کمتری برای تشدید نیاز خواهد بود.
- دستگاه هایی که بر پایه ی ESR کار می کنند به علت بالاتر بودن ممان مغناطیسی الکترون، از دقت و حساسیت بهتری برخوردارند.
- اما برای استفاده از ESR نیاز است که الکترون تکی در لایه ی آخر وجود داشته باشد که پایدار باشد ... این خیلی شرط سختی است و برآورده کردن آن در مواد طبیعی غیرممکن است.