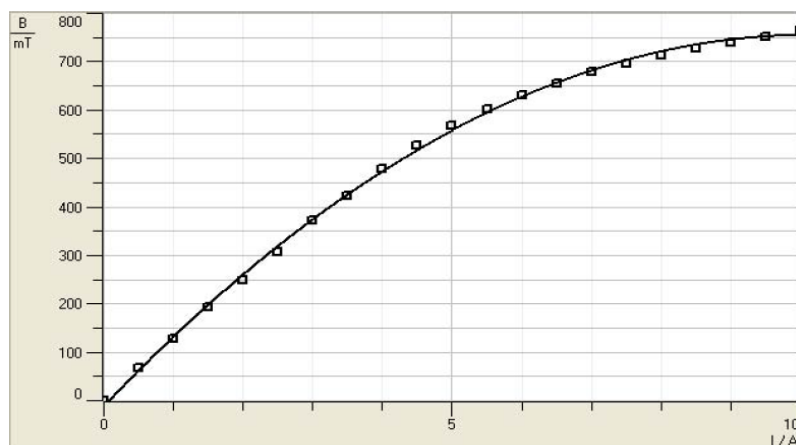


۱. با استفاده از نمودار B بر حسب I مطابق شکل زیر، میدان B مربوط به هر جریان را بدست آورده و جدول را کامل نمایید.



I (A)					
Δs (mm)					
ds (mm)					
B (T)					

۲. با استفاده از نتایج آزمایشها مقدار $\frac{e}{m}$ را محاسبه کنید.

۳. با در نظر گرفتن خطاهای مربوط به ابزار، مقدار خطای سیستماتیک را محاسبه نمایید.

۴. در صورتی که بدانیم مقدار $\frac{e}{m} = 1.7589 \times 10^{11} \frac{C}{kg}$ است درصد خطای نسبی آزمایش را بدست آورید.

۵. آیا نتایج بدست آمده از این آزمایش قابل قبول است، چرا؟

۶. برای تعیین مقادیر صحیح ds و Δs باید ضریب تبدیل مقادیر جابجایی نسبت به زوایای مربوطه در دست باشد، چرا در این

آزمایش نیازی به دانستن مقدار عددی این ضریب وجود ندارد.

۷. قطبش نورهای دیده شده در راستای میدان و عمود بر میدان چگونه است و چرا؟

۱. جدول میدان ها بر حسب جریان به شرح زیر است:

جدول ۱: شدت میدان مغناطیسی بر حسب جریان عبوری از مدار

I(A)	B(mT)	I(A)	B(mT)
۰/۰	۰	۶/۰	۶۳۱
۱/۰	۱۲۷	۷/۰	۶۷۸
۲/۰	۲۴۹	۸/۰	۷۱۳
۳/۰	۳۷۳	۹/۰	۷۳۹
۴/۰	۴۷۹	۱۰/۰	۷۶۵
۵/۰	۵۶۹		

حال بر حسب جدول بالا و داده هایی که در آزمایش به دست آوردیم، جدول زیر را کامل می کنیم؛ توجه کنید که محاسبات کامل در فایل اکسل انجام شده است:

جدول ۲: داده های بدست آمده برای مقدار فاصله ترازهای شکافته شده در آزمایش اثر زیمن

I (A)	۴	۵	۶	۷	۸
Δs (mm)	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۱۳
ds (mm)	۰/۰۲۸	۰/۰۳۱	۰/۰۳۸	۰/۰۴۶	۰/۰۵۷
B (mT)	۴۷۹	۵۶۹	۶۳۱	۶۷۸	۷۱۳

دقت ساعت: ۰/۰۱ میلی متر

دقت آمپرسنج: ۰/۲ آمپر

۲. باید از رابطه ی

$$\Delta\nu = \frac{\mu_B}{h} B$$

در اکسل با روش کمترین مربعات، شیب خط $\Delta\nu$ بر حسب B را بدست آوریم؛ اما پیش از این کار باید $\Delta\nu$ را بدست آوریم که برابر $\Delta\nu = -\frac{c}{\lambda^2} \Delta\lambda$ است و خود $\Delta\lambda = \frac{ds}{\Delta s} \frac{\lambda^2}{2d\sqrt{n^2-1}}$ است، پس یک مسیر نسبتاً طولانی در پیش داریم.

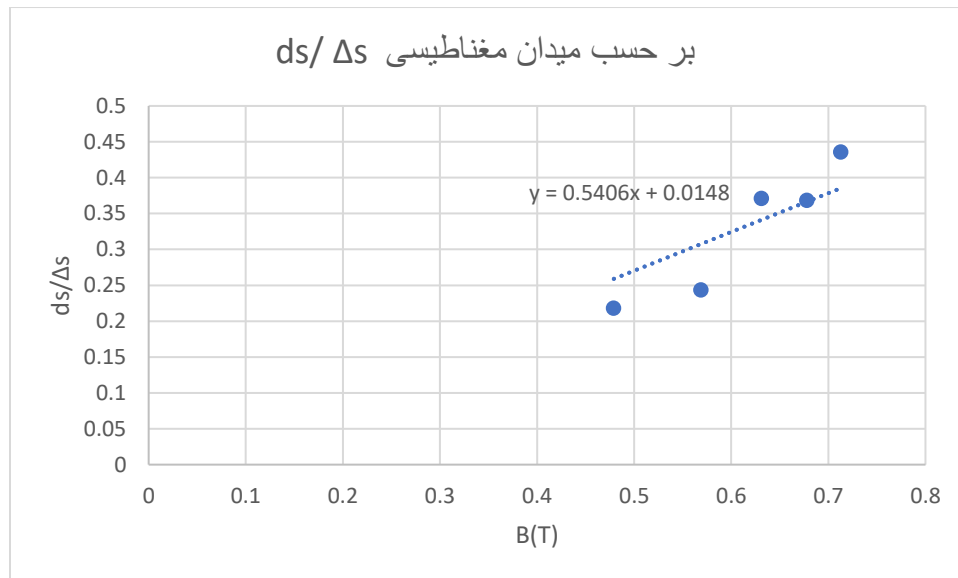
(توجه کنید که طول موج استفاده شده مربوط به نور آبی کادمیم است که ۴۴۱ نانومتر است و مقدار d و ضرایب شکست در دستور کار آمده است.)

$$\frac{e}{m} = \frac{2\pi c}{d\sqrt{n^2-1}} \frac{ds}{\Delta s} \frac{1}{B}$$

از طرفی به راحتی می توانیم با استفاده از تمامی روابط به طور مستقیم بنویسیم:

پس ما نمودار $\frac{ds}{\Delta s}$ را بر حسب B رسم می کنیم و شیب آن را در ضرایب مناسب ضرب می کنیم تا نسبت بار به جرم حاصل شود. این کارها در اکسل انجام شده و حاصل را به طور خلاصه در نمودار زیر می بینید:

$$\frac{e}{m} = 2/38 * 10^{11} C/Kg$$



نمودار ۱: نمودار $\frac{ds}{\Delta s}$ بر حسب B .

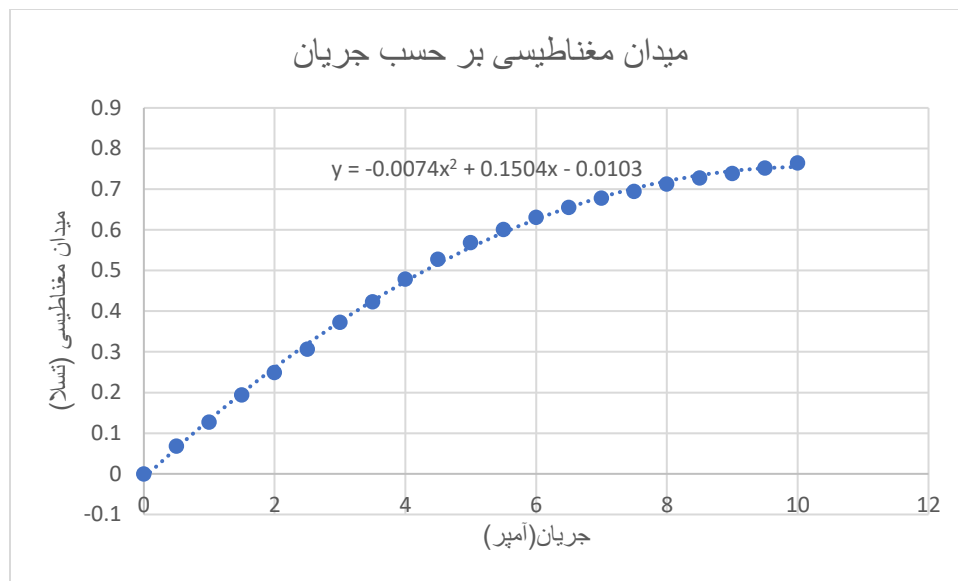
۳. می دانیم که

$$\frac{e}{m} = \frac{2\pi c}{d\sqrt{n^2-1}} \frac{ds}{B\Delta s}$$

حال از طرفین لگاریتم در پایه طبیعی می گیریم و مشتق می گیریم، نتیجه کار برابر است با:

$$\frac{\Delta(\frac{e}{m})}{\frac{e}{m}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta s)}{\Delta s}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(ds)}{ds}\right)^2}$$

حال این خطاها را چگونه حساب کنیم؟ خطاهای ds و Δs که معلومند ... اما خطای میدان مغناطیسی چگونه؟ چون خطای جریان را داریم از رابطه ی میدان با جریان می توانیم خطای میدان را هم حساب کنیم، برای این کار یک منحنی بر میدان مغناطیسی برازش می کنیم و به کمک آن خطای میدان را حساب می کنیم.



نمودار ۲: نمودار میدان مغناطیسی بر حسب جریان.

$$\Delta B = (-0.0148I + 0.1504)\Delta I$$

و چون خطای جریان را از آمپرسنج داریم پس خطای میدان مغناطیسی را هم داریم. (البته اثرات پسماندی و اثرات دیگری در خطای میدان مغناطیسی موثرند که در اینجا از آن ها صرف نظر شده است).

در برگه دوم اکسل خطاهای میدان مغناطیسی و در برگه سوم آن خطاهای کلی حساب شده اند.

میانگین خطا C/Kg $10^{11} * 0.66 /$ بدست می آید که رقم قابل توجهی است.

۴. خطای نسبی:

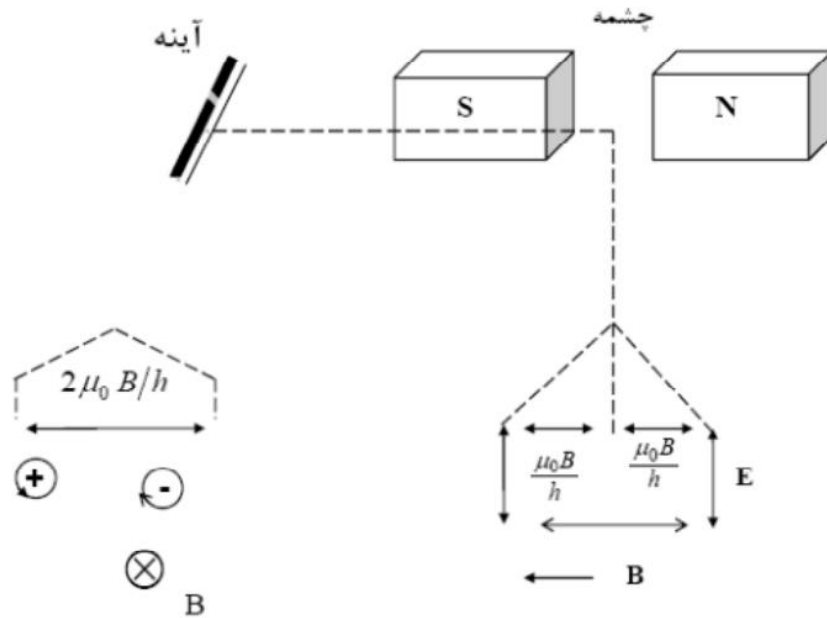
$$rel. error = \frac{2.38 - 1.7589}{1.7589} = \%35$$

که درصد خطای نسبی عدد بزرگی است و آزمایش ما نسبتاً غیرقابل اتکاست.

۵. همانطور که در سوال قبلی هم دیدیم نتایج قابل قبول نبود (۳۵ درصد خطای نسبی برای یک آزمایشگاه آموزشی مقدار قابل قبولی است ولی این مقدار را نمی توانیم به عنوان یک آزمایشگر برای نسبت بار به جرم اعلام کنیم). علت این امر خطاهای آزمایشگر و خطاهای سیستماتیک آزمایش هستند، مثلاً خطای آزمایشگر می تواند این باشد که تفکیک خط ها را به خوبی تشخیص ندهد و این باعث شود که مقادیر ds را اشتباه به دست آورد. همچنین نور آبی کادمیم خود ترکیبی از سه طول موج مختلف است و در آزمایش این سه طول موج آبی جدا نشده بودند. در تولید میدان مغناطیسی هم مقداری خطا دخیل است.

۶. زیرا ما همیشه به نسبت $\frac{ds}{\Delta s}$ نیاز داریم و این ضریب ثابت در نسبت حذف می شود.

۷. اگر عمود به میدان مغناطیسی به امواج گسیلی نگاه کنیم؛ مولفه $m=0$ در جهت میدان و $m = \pm 1$ عمود بر جهت میدان قطبیده می شوند، اما در امتداد خطوط میدان قطبش فرق می کند؛ دو مولفه $m = \pm 1$ دارای قطبش دایروی راست و چپگرد هستند و مولفه $m=0$ وجود ندارد چرا که باید همواره میدان الکتریکی و مغناطیسی بر جهت انتشار عمود باشند.



شکل ۱: قطبش های نورهای خروجی از دو زاویه دید متفاوت.