آزمایشگاه فیزیک ۲

دانشگاه مازندران- گروه فیزیک

پاییز- ۱۳۹۲

نویسنده: امین حاجی اسماعیل نژاد

این دستور کار با کوشش و همراهی دانشجویان **نیمسال نخست سال تحصیلی ۹۳-۹۲** تهیه گردید

بدیهی است که همواره نیاز به نوآوری می باشد

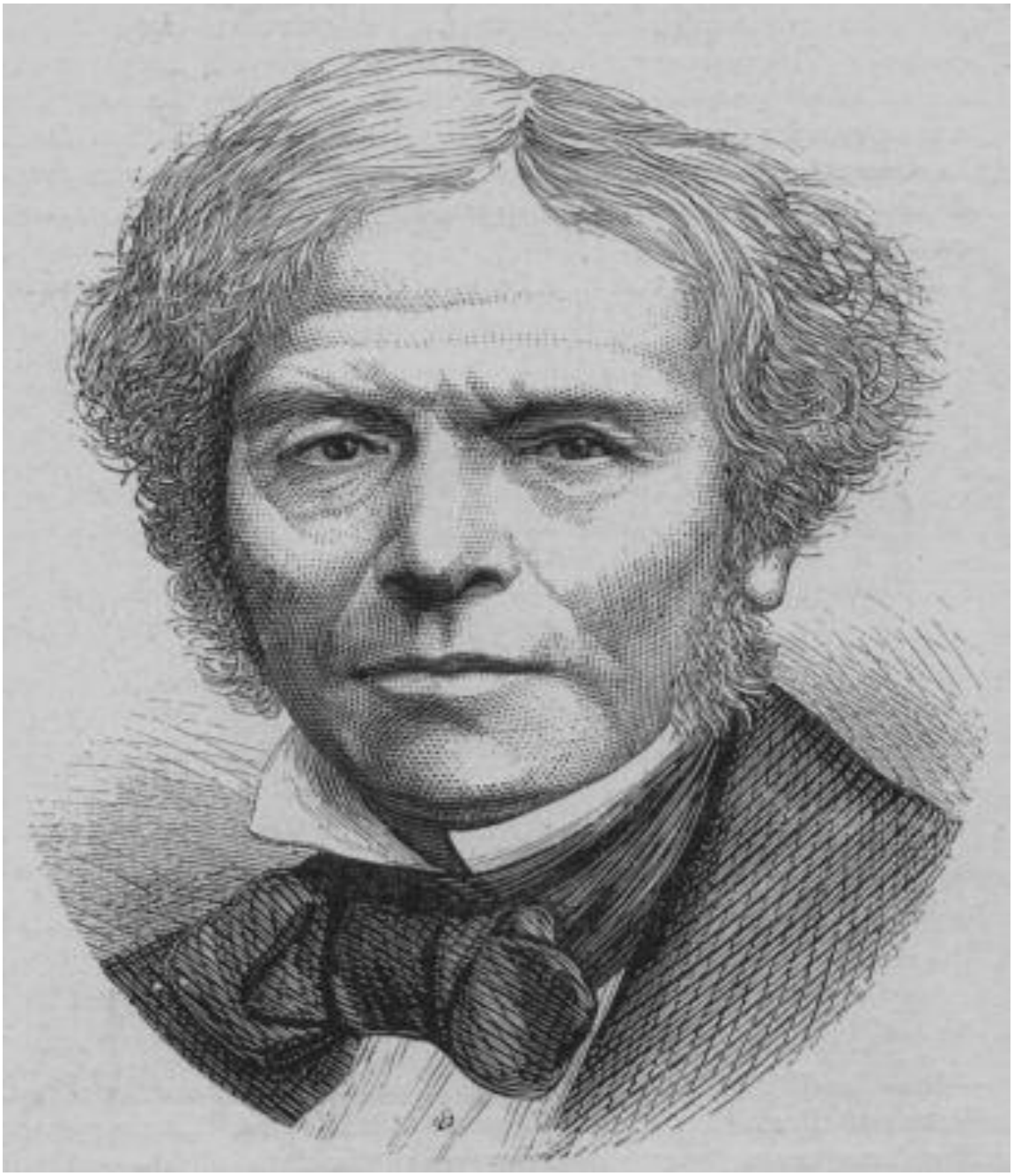
امید که با کوشش و همراهی شما دستور کارهای بهتری ارائه شود

سپاس ویژه از **امین حاجی اسماعیل نژاد** که در آماده سازی این دستور کار بسیار کوشیده است

* DVD (دی وی دی) آزمایشگاه ، به عنوان یک دستور کار ویدیویی-تصویری ، که شامل آشنایی با ابزار ، روش انجام آزمایش و برخی نکات مهم آنهاست ، تهیه شده است که می تواند به این دستور کار پیوست گردد

پاییز ۹۲

نصراله پور



مایکل فارادی (Michael Faraday) فیزیکدان و شیمیدان انگلیسی، درباره میدان مغناطیسی موجود در دور یک رسانا که جریان DC حمل می‌کند مطالعاتی داشت و مفاهیم اولیه میدان الکترومغناطیس را در فیزیک بنیان نهاد. وی القای الکترومغناطیسی و قانون های برتکافت را کشف کرد.

مقدمه:

جهان ما پر از پدیده های عجیب و ناشناخته است، شاید این پدیده ها از نظر ما عجیب باشند چون علت وقوع آنها را نمیدانیم اما انسان موجودی کنجکاو می باشد که همواره به دنبال بررسی علت رخدادهای مختلف است. ما انسان ها بررسی علت هر معلول را بطور کلی علم می گوییم.

علم فیزیک در گذشته با بهره گیری از مشاهده کردن ، مطالعه کردن و تفکر کردن که سه روش دانشمندان یونانی بود علت پدیده ها را بررسی می کرد که اکثرا این دلایل دارای نقص و اساسا نادرست بود. با پیشرفت فیزیک به سه روش مذکور تجربه کردن هم اضافه شد، امروزه دانشمندان برای توجیح پدیده های مختلف آنها را در آزمایشگاه شبیه سازی می کنند تا علتی بدون نقص و درست برای آنها پیدا کنند.

آزمایشگاه فیزیک ۲ به صورت تخصصی می کوشد تا ما را با پدیده های الکتریکی و مغناطیسی و تلفیقی از این دو که در اطراف ما وجود دارند آشنا کند و علت این پدیده ها را توجیح کند.

فهرست

برگه ی آزمایشگاه ۷

مباحث آزمایش ۸

چارچوب آزمایش (آنچه ازیک آزمایش می خواهیم) ۹

فهرست آزمایش ها ۱۰

آزمایش شماره ۱: خازن ۱۱

آزمایش شماره ۲: دوسیم حامل جریان ۱۴

آزمایش شماره ۳: پیچه ۱۶

آزمایش شماره ۴: کولن ۱۹

آزمایش شماره ۵: تبدیلات ولتاژ (ترانسفورماتور) ۲۲

آزمایش شماره۶: قاب متحرک ۲۶

آزمایش شماره۷: قانون القای فارادی ولنز ۲۹

آزمایش شماره۸: تبدیلات ولتاژ(کاربرد) ۳۲

منابعی که دانشجو می تواند برای یادگیری بهتر آزمایش ها از آنها استفاده کند ۳۶

پیوست ها ۳۷

پیوست۱: راهنمای مطالب تحویلی ۳۸

پیوست۲: تجزیه و تحلیل خطا در آزمایشگاه فیزیک مقدماتی ۴۰

پیوست۳: فرمول های مورد نیاز و جدول خواسته های آزمایش ها ۴۷

پیوست۴: چکیده ی دستور کار ۴۹

پیوست۵: فرم قرارداد ها و شرایط آن ۵۲

برگه ی آزمایشگاه

مشخصات دانشجو: نام و نام خانوادگی.....شماره ی دانشجویی.....

نیمسال تحصیلی.....رشته.....دانشکده.....روز و ساعت کلاس.....

	زمان	شرح جلسه	نتیجه
جلسه۱			
جلسه۲			
جلسه۳			
جلسه۴			
جلسه۵			
جلسه۶			
جلسه۷			
جلسه۸			
جلسه۹			
جلسه۱۰			

مباحث آزمایش

الکترومغناطیس (شامل مباحث الکتریسیته و مغناطیس به کار رفته در فیزیک ۲)

الکتریسیته : میدان و نیروی الکتریکی (در حالت استاتیک : الکترواستاتیک)

آشنایی با خازن و بررسی نیروی بین صفحات خازن و تحقیق قانون کولن

مغناطیس : میدان و نیروی مغناطیسی, گشتاور دو قطبی مغناطیسی

آشنایی با پیچه, سیملوله, ترانسفورماتور و تحقیق قانون های بیوساوار, القای فارادی و لنز

چارچوب آزمایش (آنچه از یک آزمایش می خواهیم)

مفهوم آزمایش

روش انجام آزمایش

جدول داده ها, فرمول ها و محاسبات

تحلیل داده ها, نتایج, پرسش ها و پاسخ ها

هدف از انجام یک آزمایش می تواند تحقیق یک مفهوم, یک فرمول یا یک تئوری فیزیکی باشد. برای رسیدن به این مقصود, به چارچوبی نیاز داریم که آزمایش را بر اساس آن انجام دهیم . در گام نخست دانستن مفهوم آزمایش ضروری است. برای بهتر شدن کار می توان درباره ی مفهوم آزمایش گفت و گو کرد. گام بعدی روش انجام آزمایش است. برای این کار سوار کردن دستگاه ها, تنظیم آنها و دانستن ترتیب استفاده از آنها ضروری است. پس از انجام آزمایش باید جدول داده ها را کامل کرد و با استفاده از فرمول ها و محاسبات, و در صورت نیاز رسم نمودار, اطلاعات خواسته شده را از آزمایش بدست آورد. سرانجام ؛ تحلیل داده های آزمایش, بیان نتایج و پاسخ دادن به پرسش های پیرامون آن می تواند به فهم کامل آزمایش کمک کند.

فهرست آزمایش ها:

آزمایش شماره ۱: خازن

آزمایش شماره ۲: دوسیم حامل جریان

آزمایش شماره ۳: پیچه

آزمایش شماره ۴: کولن

آزمایش شماره ۵: تبدیلات ولتاژ (ترانسفورماتور)

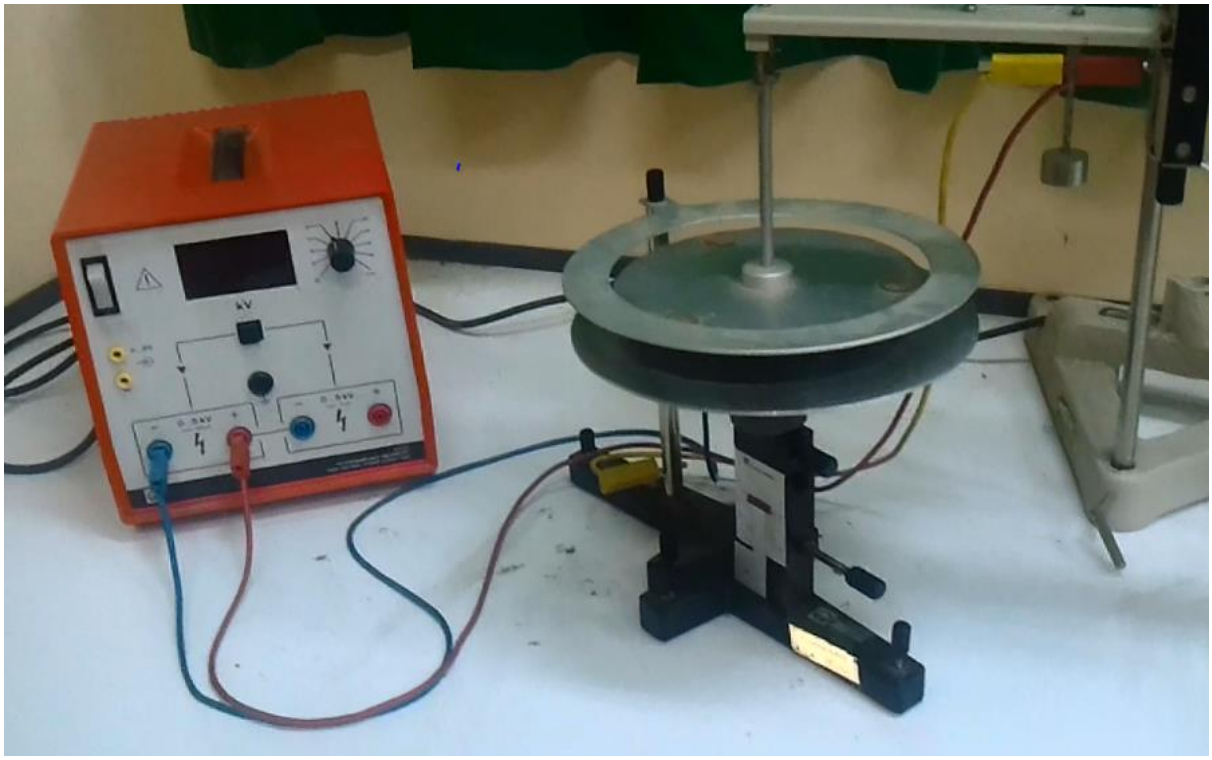
آزمایش شماره ۶: قاب متحرک

آزمایش شماره ۷: قانون القای فارادی ولنز

آزمایش شماره ۸: تبدیلات ولتاژ (کاربرد)

آزمایش شماره ۱: خازن

هدف: تحقیق نیروی وارد بین دو صفحه خازن و بدست آوردن ضریب گذردهی خلاء (ε_0)



مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

این آزمایش به گونه ای طراحی شده که وقتی به دو صفحه خازن ولتاژ در حد کیلوولت اعمال می شود دو صفحه خازن جذب هم میشوند و با اندازگیری نیروی جذب طبق رابطه $F = \frac{1}{2}\varepsilon_0 A \frac{U^2}{d^2}$ می توان ضریب گذردهی خلاء (ثابت دی الکتریک خلاء) را بدست آورد. در این رابطه A سطح خازن و d فاصله بین صفحات خازن و U ولتاژ بین صفحات می باشد.

(ثابت دی الکتریک خلاء (تئوری): $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \ \ {}^{AS}/_{vm}$)

در حقیقت با تنظیم ترازوی تعادلی، نیرو سنج و لکه نوری و دادن ولتاژ به دو صفحه می توانیم با استفاده از لکه نوری نیرو را بخوانیم و در مورد صحت ضریب گذردهی خلا تحقیق کنید.

این آزمایش در دو مرحله انجام می شود:

- ❖ مرحله اول فاصله بین صفحه ها ثابت و با تغییر ولتاژ نیرو را اندازه می گیریم.
- ❖ مرحله دوم ولتاژ ثابت در نظر گرفته می شود و فاصله دو صفحه خازن را تغییر می دهیم و نیرو را اندازه می گیریم.

نمودارهای $F - V$ و $F - V^2$ را در مرحله اول و نمودارهای $F - \frac{1}{d}$ و $F - \frac{1}{d^2}$ را در مرحله دوم رسم کرده و ضریب گذردهی خلاء را از روی نمودار محاسبه کنید.

راهنمای مرحله اول:

$V(kv)$	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴
$F(mN)$					

راهنمای مرحله دوم:

$d(mm)$	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲
$F(mN)$					

نکات آزمایش:

۱) نیروسنج به حالت آزاد

۲) تعادل ترازو

۳) تعیین صفر میکرومتر

۴) نگه داشتن پایه میکرومتر حین تغییر فاصله

۵) در هر مرحله از انجام آزمایش نیاز به خاموش کردن مولد نیست

۶) نیاز به برگرداندن به صفر نیروسنج نیست، کار را با فاصله جدید ادامه می دهیم

پرسش ها:

۱) علت عدم تماس بارسانا ها چیست؟

۲) دقت میکرومتر چقدر است؟

۳) چرا خطوط میکرومتر شیب دارد؟

۴) چرا صفحات خازن را بیش از حد به هم نزدیک نکنیم؟

۵) چرا در این آزمایش از ولتاژ مستقیم استفاده میکنیم؟

آزمایش شماره۲: دو سیم حامل جریان

هدف: بدست آوردن ضریب تراوایی خلاء (μ_0) و بررسی نیروی موثر بین دو سیم حامل جریان

مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

در این آزمایش جریانی که از سیم ها می گذرد، باعث می شود سیم ها به هم جذب شوند؛ با اندازگیری نیروی جذب دو سیم طبق رابطه ($F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} L$) در مورد صحت ضریب تراوایی خلاء بحث می کنیم. (مقدار μ_0 تئوری برابر است با: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$)

نمودارهای $F - d$ و $F - \frac{1}{d}$ را رسم کرده و ضریب تراوایی خلاء را از روی نمودار بحث کنید.

راهنمای آزمایش:

$d(mm)$	۹	۸	۷	۶	۵
$F(mN)$					

نکات آزمایش:

۱) جریان مستقیم می باشد.

۲) فاصله را از مرکز دوسیم اندازه میگیریم.

۳) دستگاه را برای هر بار تغییر فاصله خاموش و روشن می کنیم.

۴) جریان یا ولتاژ را از یک حدی بالاتر نبرید. (بالای $10A$ ممنوع)

پرسش ها:

۱) ارتباط جریان عبوری و نیروی وارد شده چیست؟

۲) چرا فاصله را از مرکز دوسیم در نظر می گیریم؟

آزمایش شماره ۳: پیچه

هدف: بدست آوردن گشتاور دو قطبی مغناطیسی (μ) و تحقیق ارتباط بین شدت میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان در یک سیم پیچ

مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

در این آزمایش به کمک دو پیچه با تعداد دور و شعاع متفاوت که جریان در آن ایجاد کردیم می خواهیم گشتاور دو قطبی مغناطیسی را تحقیق کنیم، وقتی جریان در پیچه ایجاد کنیم، دو قطبی مغناطیسی که در مرکز پیچه متصل به ترازوی پیچشی می باشد حول مرکز خودش به نوسان در می آید، این نوسان گشتاوری دارد که توسط روابط $\mathsf{T} = \frac{n\mu\mu_0 I}{2R}$ و $\mathsf{T} = \frac{4\pi^2 I}{T^2 2L}\Delta x$ قابل محاسبه می باشد.

در واقع با ایجاد جریان در پیچه دو قطبی نوسان می کند که به دنبال آن لکه نوری هم روی خط کش به نوسان در می آید، با بدست آوردن Δx می توانیم گشتاور دو قطبی مغناطیسی (μ) را بررسی کنیم. این آزمایش چهار مرحله دارد:

- مرحله اول شعاع پیچه $(R = 20cm)$ با تعداد دور $(n = 5)$ و جریان متغییر
- مرحله دوم شعاع پیچه $(R = 20cm)$ با تعداد دور $(n = 10)$ و جریان متغییر
- مرحله سوم شعاع پیچه $(R = 10cm)$ با تعداد دور $(n = 5)$ و جریان متغییر
- مرحله چهارم شعاع پیچه $(R = 10cm)$ با تعداد دور $(n = 10)$ و جریان متغییر

با استفاده از داده های آزمایش نمودار $I - \tau$ را برای هر مرحله رسم و گشتاور دو قطبی مغناطیسی را از روی نمودار محاسبه کنید.

راهنمای آزمایش:

$I(A)$	۱	۲	۳	۴	۵	۶
$x(cm)$						
$\Delta x(cm)$						
$\tau(mN)$						

نکات آزمایش:

۱) دو قطبی حتما در مرکز پیچه ها قرار گیرد.

۲) لکه نوری وسط خط کش روبه روی آن باشد.

۳) برای تغییر جهت حرکت لکه نوری می توان جهت جریان را تغییر دهیم.

۴) جریان مستقیم باشد.

پرسش ها:

۱) چرا با دادن جریان به حلقه لکه نوری تغییر مکانی می دهد؟

۲) ارتباط بین تعداد دور و شعاع حلقه با میزان پیچش ترازو چه می باشد؟

۳) چرا دو قطبی در مرکز قرار می گیرد؟

۴) گشتاور دو قطبی مغناطیسی چیست؟

آزمایش شماره ۴: کولن

هدف: تحقیق صحت رابطه و ثابت کولن (k)

مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

در این آزمایش می خواهیم با باردار کردن دو گلوله فلزی که در فاصله r نسبت به هم هستند نیروی وارد بر دو گلوله را تحقیق و با استفاده از روابط: $F = \frac{4\pi^2 I}{T^2 2LR}\Delta x$ و $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$ ثابت کولن را بررسی کنیم. با باردار کردن دو گلوله فلزی

ترازوی پیچشی به نوسان در آمده که به دنبال آن لکه نوری روی خط کش هم نوسان می کند که Δx را به ما می دهد. با در اختیار داشتن Δx کار ما برای بررسی ثابت کولن هموار می شود.

این آزمایش در دو مرحله انجام می شود:

- در مرحله اول بار دو گلوله ثابت و فاصله دو گلوله را تغییر می دهیم.
- در مرحله دوم بار گلوله متصل به ترازوی پیچشی و فاصله دو گلوله ثابت و بار گلوله اول را تغییر می دهیم.

نمودار $F - \frac{1}{r}$ و $F - \frac{1}{r^2}$ را در مرحله اول و نمودار $F - Q_1$ را در مرحله دوم رسم کرده و ثابت کولن را از روی نمودار بررسی کنید.

راهنمای مرحله اول:

$r(cm)$	۱۵	۱۳	۱۱	۹	۷
$x(cm)$					
$\Delta x(cm)$					
$F(N)$					

راهنمای مرحله دوم $(r = 9cm)$:

Q_1	q	$q/2$	$q/4$	$q/8$	$q/16$	$q/32$
$x(cm)$						
$\Delta x(cm)$						
$F(N)$						

نکات آزمایش:

۱) رطوبت

۲) تقسیم بار

۳) لکه نوری حتما باید وسط خط کش بزرگ باشد.

پرسش ها:

۱) چرا سیستم را خشک می کنیم؟

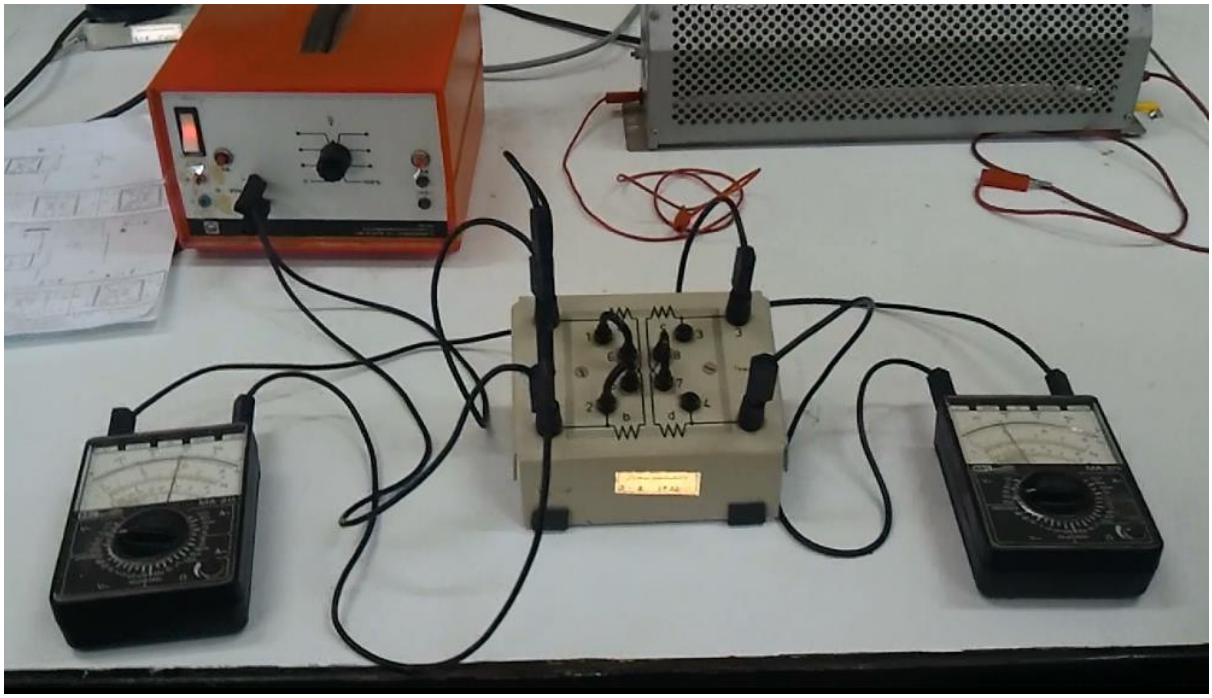
۲) چرا فاصله را از مراکز دو گلوله در نظر میگیریم؟

۳) روابط ترازوی پیچشی را بدست آورید؟

۴) طرز کار مولد چگونه است؟

آزمایش شماره ۵: تبدیلات ولتاژ (ترانسفورماتور)

هدف: بررسی ترانسفورماتورهای سخت و نرم و اندازگیری ولتاژ ثانویه

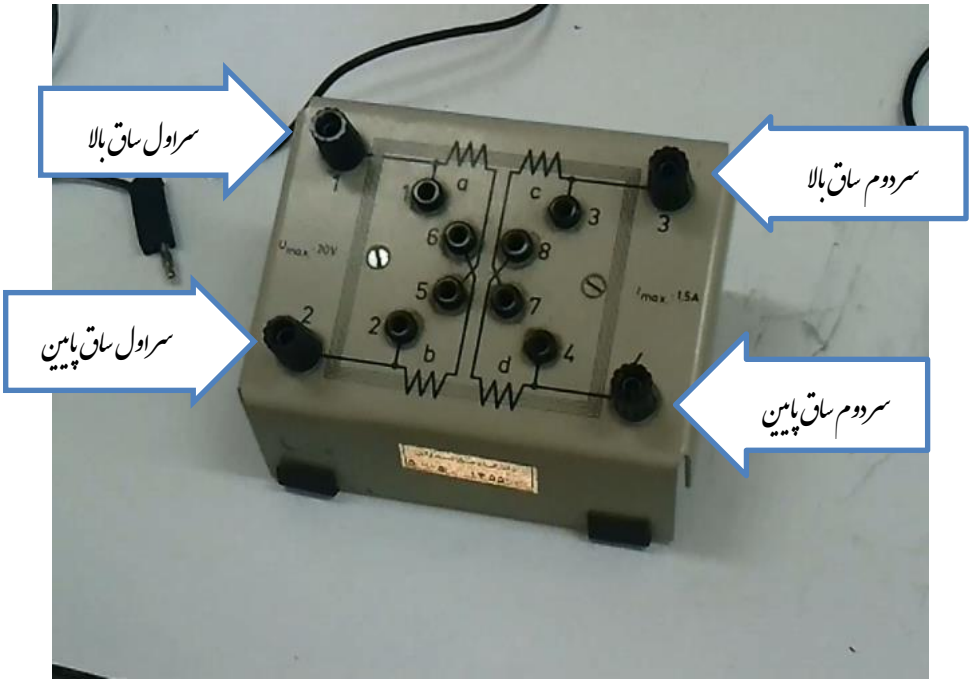


مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

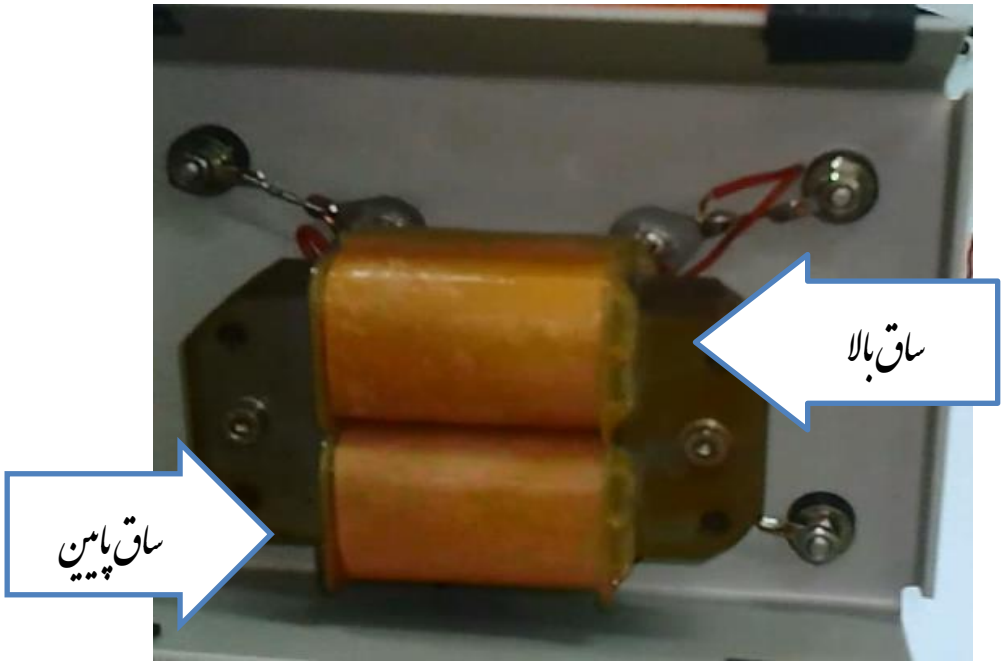
در این آزمایش می خواهیم تاثیر القای بار را در ترانسفورماتور بررسی کنیم ، اینکه تغییر تعداد دور اولیه و ثانویه باعث تغییر چه کمیتی می شود؟ ولتاژ ثانویه دست خوش چه تغییراتی می شود؟، در واقع ما با بستن ترانسفورماتور به دو حالت نرم و سخت و تغییر تعداد دور اولیه و ثانویه و یا با اعمال مقاومت در دو سر خروجی ترانسفورماتور ولتاژ ثانویه های متفاوتی خواهیم داشت که همان داده های آزمایش هستند و قصد ما مقایسه این داده ها می باشد.

نحوی بستن ترانسفورماتور به دو صورت است:

- نرم
- سخت



اگر ورودی های منبع ولتاژ متناوب را به سراول (دوم) هر دو ساق ترانسفورماتور ببندیم به این حالت ترانسفورماتور نرم گفته می شود و دو سر دیگه خروجی ولتاژ ثانویه می شوند و اگر ورودی منبع ولتاژ متناوب را به دو سر اول و دوم یک ساق (پایین یا بالا) وصل کنیم ترانسفورماتور سخت خواهیم داشت.



راهنمای آزمایش:

	N_1=300 N_2=150	N_1=300 N_2=300	N_1=150 N_2=300
ترانسفورماتور نرم			
ترانسفورماتور نرم با مقاومت			
ترانسفورماتور سخت			
ترانسفورماتور سخت با مقاومت			

نکات آزمایش:

۱) رئوستا را در طول آزمایش نباید تغییر دهید.

۲) مقاومت به خروجی بسته می شود.

پرسش ها:

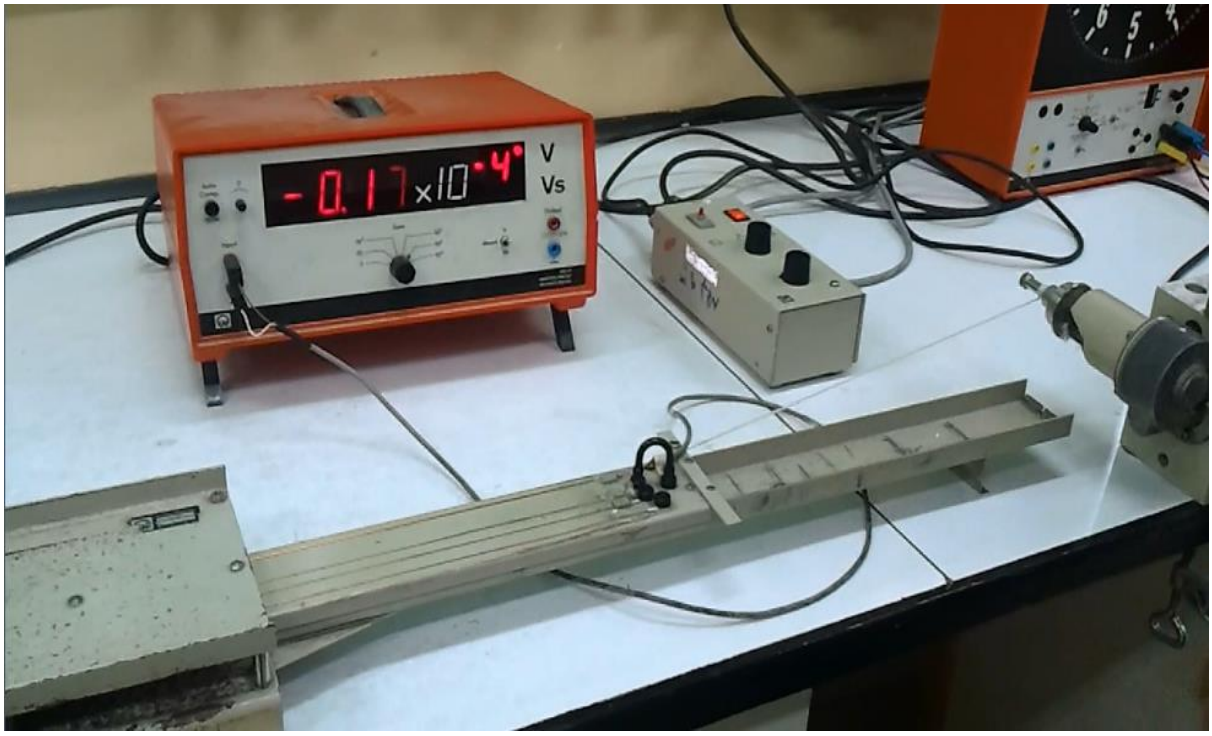
۱) چرا از ولتاژمتناوب در این آزمایش استفاده می شود؟

۲) به هم بستن ترانسفورماتور به صورت نرم و سخت را به طور کامل توضیح دهید.

۳) تفاوت ترانسفورماتور نرم و سخت در خروجی چیست ؟و علت این تفاوت چه می باشد؟

آزمایش شماره ۶: قاب متحرک

هدف: بررسی نیروی محرکه القایی دو سر قاب متحرک در یک میدان مغناطیسی



مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

در این آزمایش یک قاب شامل سه مدار الکتریکی با طول ثابت و عرض های متفاوت داریم. می خواهیم نیروی محرکه القایی را زمانی که قاب با سرعت های متفاوت از میدان مغناطیسی (که اندازه این میدان هم بستگی به تعداد جفت دو قطبی های مغناطیسی دارد) خارج می شود را طبق رابطه $\varepsilon = BlV$ (ε نیروی محرکه القایی، میدان B، عرض مدار l و سرعت قاب V) تحقیق کنیم. در واقع با خروج قاب از میدان با یک سرعت ثابت میدان باعث ایجاد جریان در مدار الکتریکی در قاب می شود پس باید نیرویی باشد که این جریان را در مدار جاری کرده و این همان نیروی محرکه القایی می باشد.

این آزمایش در سه مرحله انجام می شود:

- مرحله اول عرض مدار و میدان ثابت و با تغییر سرعت این نیرو را بررسی می کنیم.
- مرحله دوم سرعت و میدان ثابت و با تغییر عرض مدار الکتریکی روی قاب نیروی محرکه القایی را تحقیق می کنیم.
- مرحله سوم عرض مدار و سرعت ثابت و با تغییر میدان نیروی مذکور را بررسی می کنیم.

راهنمای مرحله اول ($B = 6B_0$ و $l = 4cm$):

V	V_0	$2V_0$	$4V_0$
ε			

راهنمای مرحله دوم ($B = 6B_0$ و $V = V_0$):

$l(cm)$	۴	۲٫۸	۲
ε			

راهنمای مرحله سوم ($V = V_0$ و $l = 4cm$):

B	$8B_0$	$6B_0$	$4B_0$	$3B_0$	$2B_0$
ε					

نکات آزمایش:

۱) قرار دادن آهنربا (فاصله ها، قطب ها)

۲) تغییر عرض قاب

۳) موتوری که باعث حرکت قاب می شود دارای سرعت زاویه ای متغیر است، در طول آزمایش نباید سرعت زاویه ای را تغییر دهید.

۴) میانگین بین دو نیروی محرکه القایی ماکسیمم و مینیمم در بین بازه تعیین شده

۵) ابتدای حرکت را در نظر نمی گیریم.

پرسش ها:

۱) چگونه سرعت خطی را ایجاد کنیم؟

۲) چرا نیروی محرکه القایی تولید می شود؟

۳) سرعت خطی (با سرعت زاویه ای ثابت) چگونه تغییر می کند؟

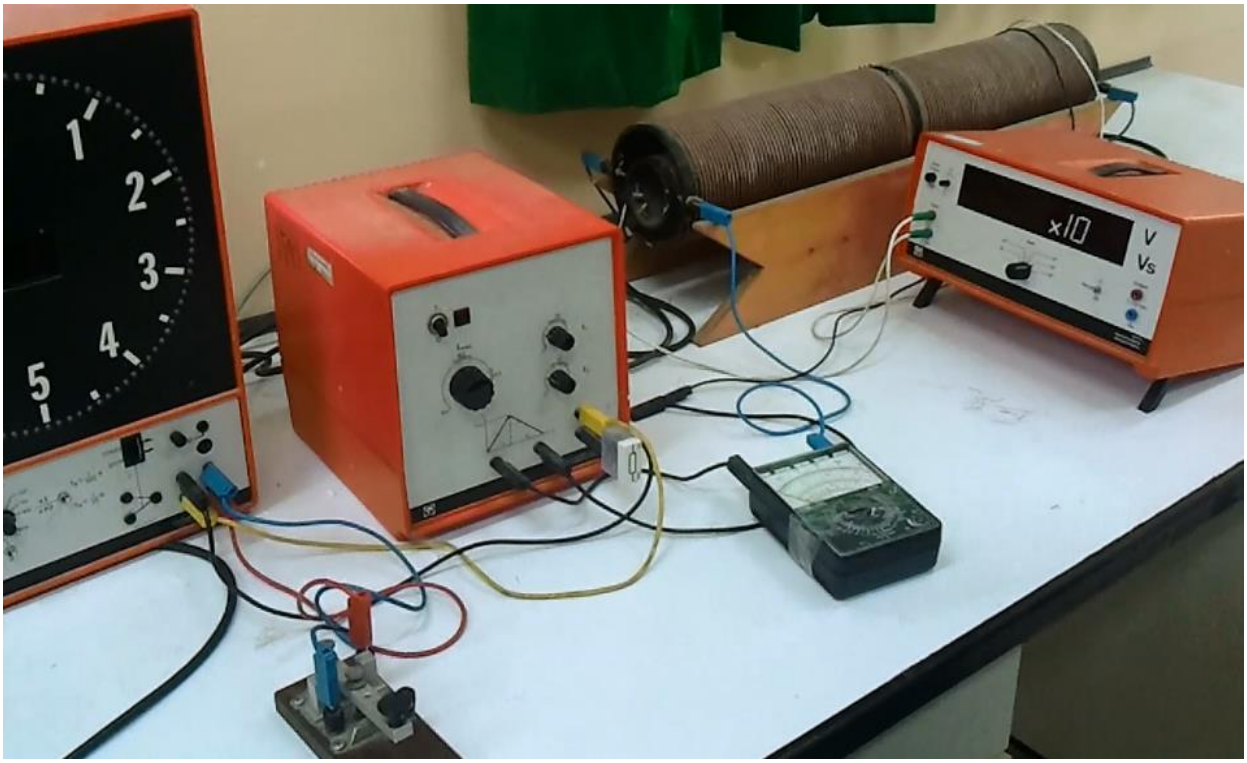
۴) چرا فاصله بین قطب های مغناطیسی باید یکسان باشد؟

۵) شکل میدانی که قاب از آن عبور می کند چگونه است؟

۶) دلیل منفی و مثبت بودن نیروی محرکه القایی در رفت و برگشت چگونه توجیح می شود؟

آزمایش شماره ۷: قانون القای فارادی ولنز

هدف: تحقیق قانون القای فارادی و قانون لنز



مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

در این آزمایش بر اثر عبور یک جریان متغیر از سیملوله بیرونی و تغییر زمانی شار داخل آن یک نیروی محرکه القایی در سیملوله درونی ایجاد می شود که با استفاده از میکرو ولتمتر قابل خواندن می باشد که از روابط: $\varepsilon_{went} = -\frac{n_{in}n_{out}\mu_0 A I_{max}}{t_1}$

و $\varepsilon_{return} = \frac{n_{in}n_{out}\mu_0 A I_{max}}{t_2}$ بدست می آید.

در واقع در این آزمایش با بدست آوردن زمان رفت و برگشت و با داشتن جریان بیشینه می توانیم نیروی محرکه القایی رفت و برگشت را تحقیق کنیم. این آزمایش در سه مرحله انجام می شود:

- در مرحله اول زمان رفت و برگشت ثابت و جریان بیشینه را تغییر می دهیم.
- در مرحله دوم زمان برگشت و جریان بیشینه ثابت و زمان رفت را تغییر می دهیم.
- در مرحله سوم زمان رفت و جریان بیشینه ثابت و زمان برگشت را تغییر می دهیم.

نمودار $(\varepsilon_{went} - I_{max})$ و $(\varepsilon_{went} - t_1)$ و $(\varepsilon_{return} - I_{max})$ و $(\varepsilon_{went} - \frac{1}{t_1})$ و $(\varepsilon_{return} - t_2)$ و $(\varepsilon_{return} - \frac{1}{t_2})$ را رسم کرده تعداد دور سیملوله بیرونی (درونی) را بررسی کنید.

راهنمای مرحله اول:

$I_{max}(A)$	۰/۱	۰/۲	۰/۳	...	۰/۹
$\varepsilon_{went}(N)$					
$\varepsilon_{return}(N)$					

راهنمای مرحله دوم:

$t_1(s)$				...
$\varepsilon_{went}(N)$				

راهنمای مرحله سوم:

$t_2(s)$				...
$\varepsilon_{return}(N)$				

نکات آزمایش:

۱) تنظیم و اندازه گیری زمان های t_1 و t_2 و جریان max

۲) تنظیم فیش ها برای اندازه گیری زمان t_1 و t_2

پرسش ها:

۱) چگونگی تولید نیروی محرکه القایی را (با استفاده از روابط) نشان دهید.

۲) چرا در این آزمایش جریان متغیر استفاده می شود؟

۳) علامت نیروی محرکه چرا تغییر می کند؟

۴) تفاوت ε_{went} و ε_{return} در چیست؟

آزمایش شماره ۸: تبدیلات ولتاژ (کاربرد)

هدف: بررسی کاربرد ترانسفورماتور در صنعت

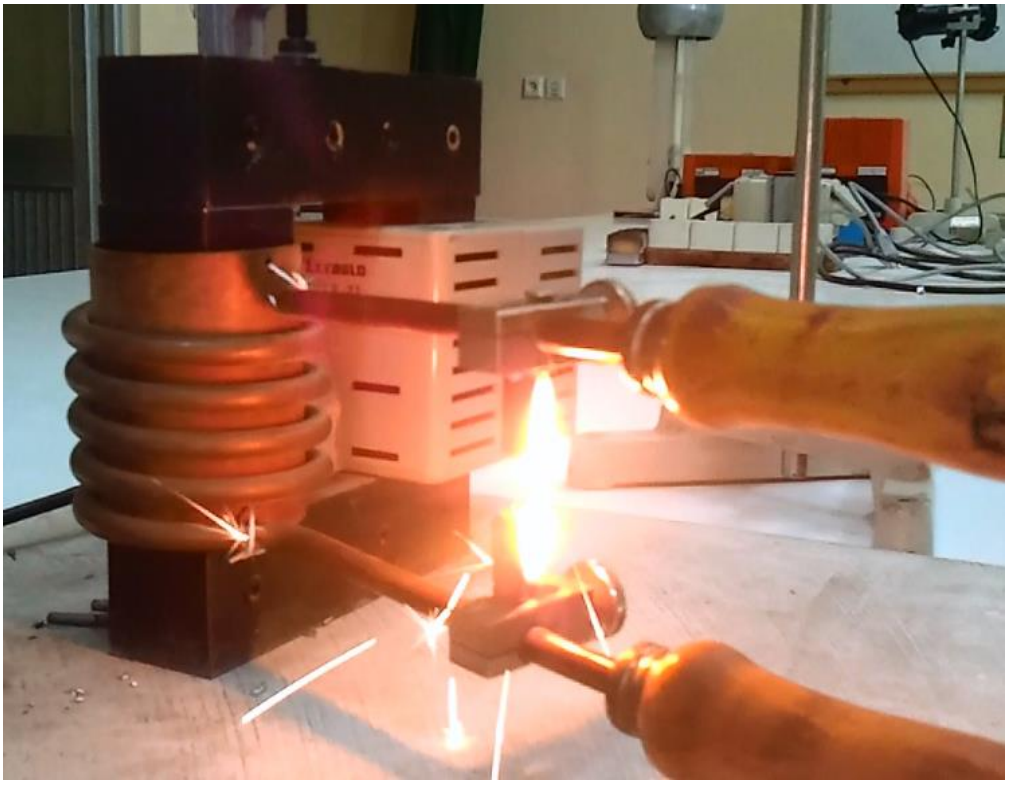
مفهوم و شیوه انجام آزمایش:

با اعمال تبدیل ولتاژ و جریان در ترانسفورماتورها می توان ولتاژ و جریان های بالایی را تولید نمود که در صنعت کاربردهای وسیعی دارد

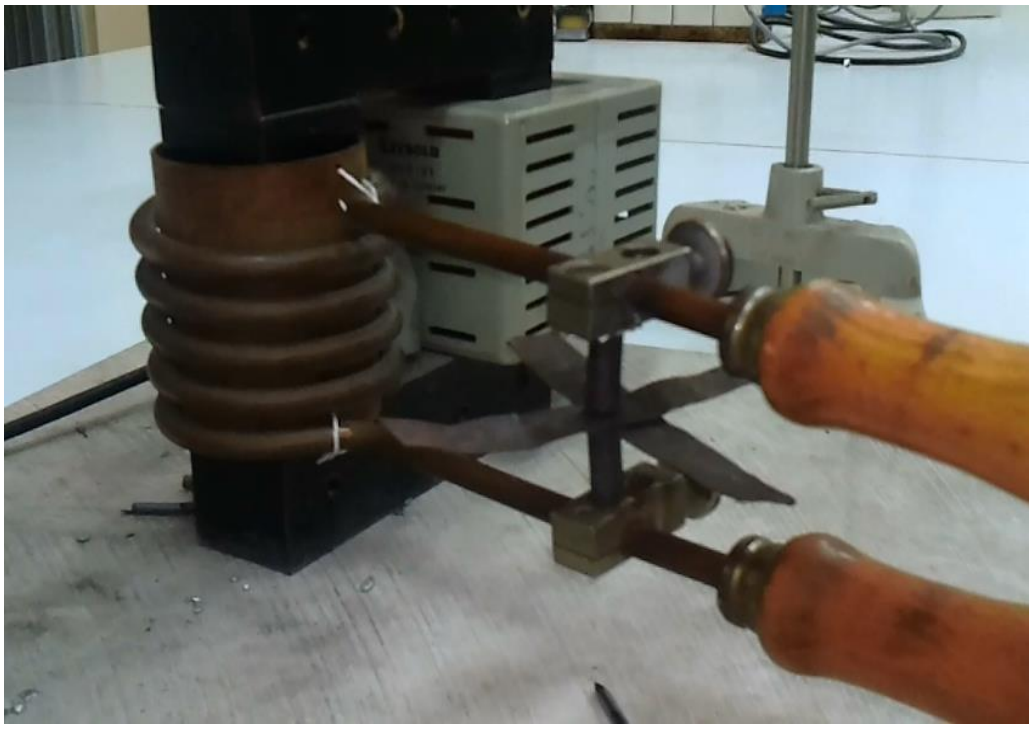
این آزمایش چهار مرحله دارد:

- پرتاب شدن حلقه
- تخلیه الکتریکی و یونیزه شدن هوا

- کوره ذوب



❖ جوشکاری نقطه ای



نکات آزمایش:

۱) با ولتاژ بالا (جریان زیاد) سروکار داریم باید مواظب باشید.

۲) تنظیم دقیق دستگاه (محکم کردن پیچ هسته آهنی و...)

پرسش ها:

۱) تفاوت ترانسفورماتورهای کاهنده و افزاینده چیست؟ با ذکر کاربرد

۲) توضیح پدیده های مشاهده شده (شامل تخلیه الکتریکی، ذوب، جوش، پرتاب حلقه و...)

منابعی که دانشجو می تواند برای یادگیری بهتر آزمایش ها از آنها استفاده کند:

فیزیک۲ (هالیدی)

الکترومغناطیس (نایفه)

الکترومغناطیس (چنگ)

http://sharghazma.ir

http://staff.tamhigh.org/lapp/book.pdf

پیوست ها

پیوست ۱: راهنمای مطالب تحویلی

پیوست ۲: تجزیه و تحلیل خطا در آزمایشگاه فیزیک مقدماتی

پیوست ۳: برگه ی راهنمای آزمایش ها و فرمول های مورد نیاز

پیوست ۴: جدول خواسته های آزمایش ها

پیوست ۵: فرم قرارداد ها و شرایط آن

پیوست۱

راهنمای مطالب تحویلی

راهنمای نوشتن **دستور کار**: عنوان آزمایش / شیوه ی انجام آزمایش / خواسته های آزمایش / پرسش های آزمایش

راهنمای نوشتن **گزارش کار**: عنوان آزمایش / مفهوم آزمایش / نتایج ,محاسبات , تعیین مقدارخطای نسبی و رسم نمودارهای مربوط

** راهنمای نوشتن گزارش کار **کامل**: عنوان آزمایش / مفهوم آزمایش / شیوه ی انجام آزمایش / جدول داده ها / خواسته های آزمایش / فرمول هاومحاسبات / رسم نمودار (درصورت نیاز) / تعیین مقدارخطا و بیان عوامل خطا / تحلیل داده ها و نتایج / پرسش ها و پاسخ ها

راهنمای نوشتن **تحقیق** موضوعی (ساده) : چکیده ی مطالعات درباره ی موضوع پیشنهادی (این تحقیق ها ,دست نویس پذیرفته می شود)

راهنمای نوشتن **پروژه ی تحقیقی**: فهرست مناسب / پیوستگی مطالب / جمع بندی خوب / استفاده از منابع مفید / مشورت با استادها

* برای تحویل پروژه ی تحقیقی علاوه بر یک نسخه ی کاغذی, دو نسخه ی دیجیتالی (بصورت **ورد و پی دی اف**) نیاز است

** راهنمای نوشتن پروژه ی تحقیقی **استاندارد**: عنوان / چکیده / مقدمه / فهرست بندی (دارای فصل بندی مناسب موضوع تحقیق و زیر فصل های موردنیاز) / متن اصلی کامل / منابع (براساس اصول معرفی کتاب, نشریه, مقاله و سایت) / پیوست (درصورت نیاز)

راهنمای ارائه ی **سمینار**: تهیه پاور پوینت مناسب / بیان خوب / تسلط بر موضوع پیشنهادی

*برای تحویل سیمنار علاوه بر ارائه ی آن, تحویل یک نسخه ی کاغذی و یک نسخه ی دیجیتالی (بصورت **پاور پوینت**) نیاز است

* ارائه ی چکیده ای از آنچه در سیمنار بیان می شود پیش از ارائه ی سیمنار

راهنمای ارائه **پوستر** (روزنامه دیواری) : استفاده از طراحی زیبا مربوط به موضوع ارائه شده / استفاده از همه ی فضای پوستر برای ارائه موضوع / توانایی پاسخ گویی به مطالب پوستر در زمان ارائه

راهنمای ارائه **مقاله** : عنوان / مشخصات کامل نویسنده (نام و نام خانوادگی, مکان و مقطع تحصیلی, نشانی الکترونیکی و...) / چکیده (فارسی و انگلیسی) / مقدمه / بخش بندی / نتیجه گیری / پیشنهاد / منابع

راهنمای نوشتن ترجمه : با توجه به متن اصلی فهرست بندی شود و روان باشد

*در صورت نیاز درباره ی موضوع فیزیکی اشاره شده در متن تحقیق شود و به متن اصلی افزوده گردد

راهنمای **طراحی آزمایش** : عنوان طرح / هدف طرح / وسایل مورد نیاز و سوار کردن آنها / دستور کار طرح / موارد مورد استفاده ی طرح

*برای طرح های اختراعی نیاز است که به نوآوری های انجام شده اشاره گردد

راهنمای **چکیده کتاب** : عنوان کتاب و مشخصات کامل آن / دلیل انتخاب کتاب به عنوان مقدمه / چکیده ای از کل کتاب / چکیده ی هر فصل از کتاب / نقد کتاب / پرداختن به مفاهیم اساسی کتاب به عنوان پیوست

*برای انتخاب کتاب مناسب برای چکیده نگاری هماهنگی های مورد نیاز صورت پذیرد

پیوست۲

تجزیه و تحلیل خطا در آزمایشگاه فیزیک مقدماتی

دانشجویان فیزیک آزمایشگاهی باید بیش از یک مجموعه از آزمایشهای طراحی شده را برای نشان دادن جنبه های خاصی از محتوای کلاس درسشان در نظر بگیرند. به ویژه این مهم است که آن ها باید آزمایش ها را خودشان با دست های خودشان انجام دهند تا با تمام قطعات ابزارهای آزمایشگاهی آشنا شوند، داده ها را بهتر تحلیل کنند و در نهایت جواب نهایی را بدست آورند. نتایج آزمایشگاهی فقط در صورتی در آزمایشگاه فیزیک، نتیجه ای فیزیکی به شمار می روند که برآوردی از خطاها (عدم قطعیت ها) به آن اختصاص یابد. البته سخن گفتن درباره ی این موضوع ساده تر از انجام دادنش است، زیرا بسیاری از دانشجویان طبق توصیف زیر تصور می کنند « تحلیل خطا » به معنای « اندازه گیری درصد خطا یا اختلاف » است.

$$\%\text{خطا} = \left|\frac{\text{مقدار پذیرفته شده} - \text{مقدار اندازه گیری شده}}{\text{مقدار پذیرفته شده}}\right| \times ۱۰۰\% \qquad (۱)$$

« مقدار پذیرفته شده » توسط استاد یا متن به ما داده می شود ولی « مقدار اندازه گیری شده » نتیجه ی آزمایش دانشجویان است، که انتظار می رود متفاوت از مقدار پذیرفته شده و در برخی موارد « نا درست » باشد(از این گذشته چرا ما به اندازه گیری خطا احتیاج داریم؟).

معادله (۱) هنوز توسط برخی از مؤلفان استفاده می شود؛ در حالی که برخی دیگر دانشجویان را به تکرار آزمایش با هدف کاهش خطا تشویق می کنند. بنابر این نتیجه می گیریم, آزمایشگاه های فیزیک, شامل انجام آزمایشهایی است که جواب « نا درست » بدست می آید که دانشجویان برای پیدا کردن « منشأ خطاها » باید تلاش بیشتری بکنند تا اشتباهات کاهش و درستی آزمایش ها افزایش یابد. کوچک یا بزرگ بودن « درصد خطا » مهم نیست؛ بسیاری از دانشجویان به معنی اعدادی که می نویسند بی توجه اند و قطعاً با این کار اشتیاق دانشجویان در آزمایشگاه فیزیک تشویق نخواهد شد ! (مطلبی که اکنون در دست شماست درباره ی آموزش مهارت تحلیل خطا است. این کار توانایی تجزیه و تحلیل

خطاها را که بخش مهمی از گزارش های آزمایشگاهی هستند در دانشجویان تقویت می کند. این یکی از مهارت های اساسی برای یک دانشجوی فیزیک است!)

جایگزین کردن واژه ی « عدم قطعیت » به جای « خطا » به ما نشان میدهد که معادله ی (۱)کاربرد کمی دارد. برای مثال یک وزنه ی قدیمی آزمایشگاه ممکن است وزن قالب مسی را بین ۲۵ تا ۲۶ گرم اندازه بگیرد و این اندازه گیری به این معنا نیست که اندازه ها غلط اند بلکه ما فقط در وزن صحیح قالب مسی عدم قطعیت داریم. یک ترازوی دیجیتالی با دقت میلی گرم ممکن است وزن آن قالب مسی را بین ۲۵/۴۰۰ و ۲۵/۴۰۱ گرم اندازه بگیرد و این

اندازه گیری قابل اعتماد تر است چون عدم قطعیت در آن کمتر است. اگر عددی را که صفحه ی ترازو نشان میدهد خطایی اصولی (سیستماتیکی) در نظر بگیریم، در این صورت بین مقدار اندازه گیری شده توسط دانشجو که برای گرمای ویژه ی مس در دمای اتاق اندازه گیری کرده و متون مرجع تفاوت وجود دارد. پس اگر می بینیم که مقدار اندازه گیری شده با متن مرجع متفاوت است باید دلایل را شناسایی کرده و آزمایش را تکرار کنیم. خطاهای اصولی(سیستماتیک) را می توان تخمین زد و نادیده گرفت ولی برای خطاهای غیر عمدی (خطای آزمایشگر) این امکان وجود ندارد. این ها همان خطاها یا عدم قطعیت هایی هستند که باید محاسبه شوند تا عدم قطعیت در جواب نهایی بدست آید.

چون تعداد مقالات راجع به میانگین و استاندارد انحرافات بسیار است و دانشجویان با این دستورالعمل ها(در محاسباتشان) آشنایی دارند ما از بحث راجع به این مطلب صرف نظر می کنیم. هرچند در مرحله ی مقدماتی معدود آزمایش هایی هستند که به طور خاص نیاز به محاسبه ی میانگین و استاندارد انحراف دارند. بعضی از دانشجویان معتقدند که تکرار اندازه گیری و بدست آوردن مقدار میانگین صحیح تر از فقط یک بار اندازه گیری است. تجربه نشان میدهد که تکرار اندازه گیری در اکثر موارد وقت را هدر می دهد، برای مثال یک ولت متر دیجیتالی همیشه همان اندازه با همان عدم قطعیت را نشان می دهد.

روش های ساده ی تجزیه و تحلیل خطا

عدم قطعیت در نتیجه های آزمایشگاهی معمولاً از یک یا دو روش به دست می آیند، یکی تجمیع خطاها در مقدار های اندازه گیری شده و دیگری محاسبه ی عدم قطعیت در شیب خط راست در نمودار.

در هر حال دانشجویان باید احساس کنند که به راه حل های طولانی ریاضی احتیاجی نیست. برآورد خطا (عدم قطعیت) در نتایج آزمایشگاهی به سرعت و بی هیچ مشکلی در آمار پیشرفته بدست می آید. در برآورد خطا جواب «درست» و « غلط » وجود ندارد ولی برآورد باید منطقی باشد. « منطقی » از نظر ما به چه معناست؟ در بیشتر موارد به معنی ترکیب داوری و عقل سلیم است. که ما امیدواریم دانشجویان یاد بگیرند بارها این کار را تمرین کنند.

تجمیع خطاها در مقدار های اندازه گیری شده

یک نتیجه ی آزمایشگاهی از ترکیب اندازه گیری های شخصی به دست می آید. بنابراین برای مثال عدم قطعیت در اندازه گیری چگالی یک جسم جامد به عدم قطعیت در اندازه گیری جرم و حجم آن بستگی دارد. علاوه بر این، اندازه گیری صحیح حجم به اندازه گیری صحیح سه بعد طولی(طول، عرض و ارتفاع) بستگی دارد.

در آزمایشگاه، اندازه ی خطاها به ابزارهای آزمایشگاهی ای بستگی دارند که دانشجویان از آنها استفاده می کنند. هدف ما این است که به اندازه ی کافی بدبین باشیم و یک خطای به نسبت بزرگ را انتخاب کنیم تا «مقدار صحیح» در اکثر موارد در این دامنه ی خطا قرار گیرد. ما برای بدست آوردن ماکزیمم مقدار خطا، برآورد خطاها را با هم جمع می کنیم.

اگر بخواهیم مقدار $z\pm\Delta z$ را محاسبه کنیم ، امکان پذیر است. (z تابعی از x و y) وΔx و Δy به ترتیب ماکزیمم برآورد خطاها در x و y هستند. در اصل z از همه ی مقادیر $x\pm\Delta x$ و $y\pm\Delta y$ بدست می آید. یک راه ساده برای محاسبه ی ماکزیمم مقدار Δz معادله ی زیر است:

$$|\Delta z| = \left|\frac{\partial f}{\partial x}\Delta x\right| + \left|\frac{\partial f}{\partial y}\Delta y\right| \qquad (۲)$$

- که برای ساده تر انجام دادن عملیات ریاضی فرمول بالا را به فرم کوتاه تر تبدیل می‌کنیم

جمع: $z=x+y \longrightarrow |\Delta z| = |\Delta x| + |\Delta y|$

تفریق: $z=x-y \longrightarrow |\Delta z| = |\Delta x| + |\Delta y|$

ضرب: $z=x\times y \longrightarrow \left|\frac{\Delta z}{z}\right| = \left|\frac{\Delta x}{x}\right| + \left|\frac{\Delta y}{y}\right|$

تقسیم : $\left|\frac{\Delta z}{z}\right| = \left|\frac{\Delta x}{x}\right| + \left|\frac{\Delta y}{y}\right|$ $\longrightarrow$ $z=\frac{x}{y}$

در هر حال برای جمع و تفریق، باید قدر مطلق خطا ها و برای ضرب و تقسیم، کسر درصد خطا ها را با هم جمع کنیم. معادله ی خطای نسبی برای توابع ریاضی دیگر را می توان به راحتی از معادله ی (۲) نتیجه گرفت. اطلاعات بیشتر در مورد روش استفاده از این فرمول در مراجع آورده شده است.

بعضی از مؤلفان، صرفاً خطاهای غیر عمدی (آزمایشگر) را مطرح می کنند. در اینجا معادله ی (۳) را داریم که به صورت زیر است:

$$(\Delta z)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\Delta y\right)^2 + \cdots$$

(۳)

در اینجا z تابعی از x و y و... است. $z = f(x,y,...)$. در اکثر موقعیت های عملی ممکن است بعضی از مقادیر خطاها نادیده گرفته شوند و درصد خطا (عدم قطعیت) درz به سادگی توسط معادله ی(۴) بدست می آید.

$$\frac{\Delta z}{z} = \frac{\Delta x}{x} \qquad (۴)$$

این روش نه تنها باعث صرفه جویی در وقت می شود، بلکه احتمال اشتباه را کاهش می دهد.

محاسبه ی خطای شیب خط راست در نمودار

بسیاری از داده های آزمایشگاهی می توانند در قالب یک نمودار خط راست نشان داده شوند، به طوری که b با شیب m محور y را قطع می کند و منجر به نتیجه ی مطلوب می شود. هرچند m و b می توانند تابع پیچیده ی ریاضی باشند. زمانی که نقطه ها را رسم می کنیم، خطا (عدم قطعیت) های موجود در داده ها به نمودار منتقل می شوند.

اندازه ی خطا(عدم قطعیت) (در یک یا دو بعد) توسط میله ی خطا نشان داده می شود که بازه ی خطا را تعریف می کند. علاوه بر این داده هایی که نزدیک خط قرار نگرفته باشند، داده هایی هستند که احتیاج به بررسی داریم و ما می توانیم آنها را تشخیص دهیم.

روش های زیادی برای بدست آوردن معادله ی بهترین خط راست وجود دارد. در حال حاضر که کامپیوترها در همه ی آزمایشگاه ها یافت می شود ما می توانیم شیب خط را از روش « حداقل مربعات » بدست آوریم. معروف ترین، ساده ترین و معتبر ترین روش این است که با چشم بهترین خط راست را بین نقاط بکشیم، همانطور که در شکل (۱) مصور است. خطای شیب (Δm) با انتخاب حداکثر max و min شیب برآورد میشود که میتواند بطور قابل تصوری با داده ها تطابق داشته باشد. شیب های این خطوط با m_{min}, m_{max} مشخص می شوند و Δm اینگونه بدست می آید:

$$\Delta m = \frac{m_{max} - m_{min}}{2} \qquad (۵a)$$

و خطای عرض از مبدأ :

$$\Delta b = \frac{b_{max} - b_{min}}{2} \qquad (۵b)$$

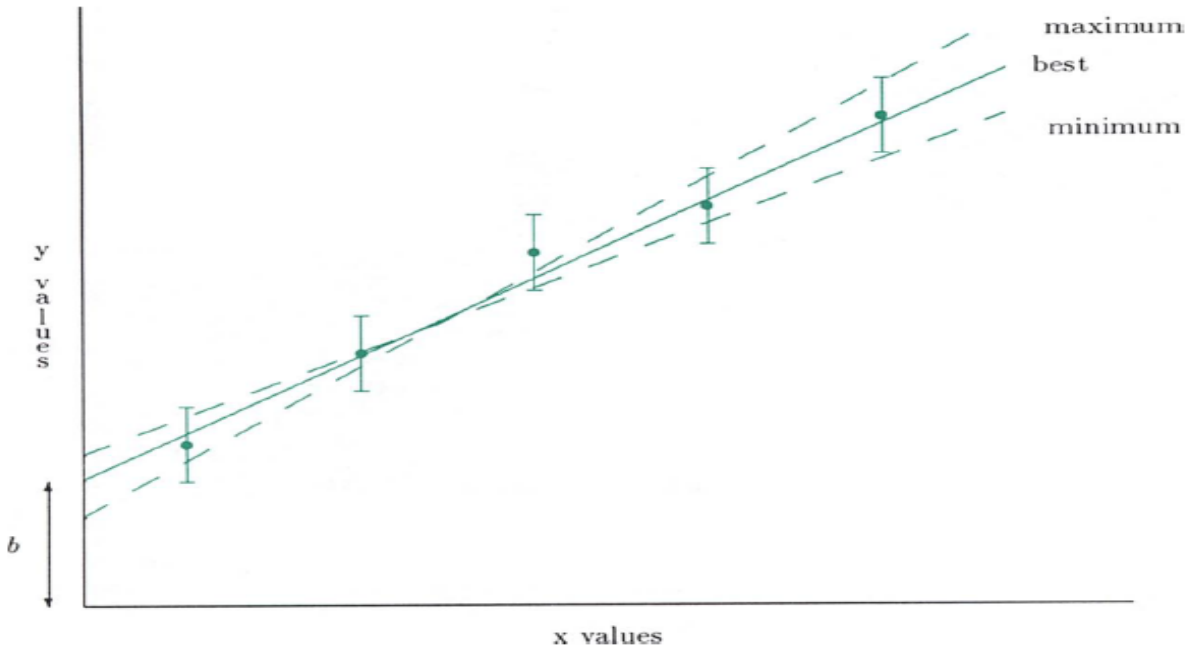


Fig. 1. Estimation of the line of best fit, and its uncertainty. The slopes of all three lines depend on the student's guess. The temptation to draw m_{max} and m_{min} based on the error bars associated with the first and last data points only, ignoring the points in between, must be avoided.

گاهی اوقات ممکن است بهترین خط راست از روی تمام نقاط عبور کند و دانشجویان ممکن است تصور کنند که این صحیح ترین جواب است. اما واقعیت این است که دقت نادیده گرفته شده است، چون خطاها اندازه گیری نشده اند. مقدار صحیح شیب، از تخمین شیب m از نمودار بدست می آید

(با تفریق mx_i از هر مقدار y_i و رسم $y_i'=y_i - mx_i$ به ازای هر x_i، در یک مقیاس بسط یافته شده ی مناسب(توضیح در انتها)). شیب این نمودار جدید، تصحیح m است.

مقدار بدست آمده برای خطای شیب، یک محاسبه ی جزئی خطا برای جواب آخر است. در بیشتر آزمایش ها، شیب نمودار با مقدار مطلوب برابر است، یعنی گاهی اوقات خطا با خطای شیب برابر است یا (به عبارتی) شیب، متناسب با مقدار انتظار رفته است و در این صورت می توان از معادله ی (۴) استفاده کرد.

مقایسه نتایج با مقادیر مورد انتظار

اگر دانشجویی آزمایشی را با دقت انجام دهد، بدست آوردن نتیجه ی« درست » باید در بخش کم اهمیت تر آزمایش قرار گیرد. البته گزارشات آزمایشگاه باید شامل مقایسه ی نتایج بدست آمده و مقادیر پذیرفته شده باشد. اگر مقدار (ی که من برای g بدست آوردم برای) شتاب گرانشی زمین $۹/۶ms^{-2}$ باشد چه می شود؟ اگر ۹/۹ ،۹/۷۸۰ یا ۹/۴ باشد چه می شود؟ برای اینکه این ها معنای فیزیکی داشته باشند باید شامل یک برآورد عدم قطعیت بشوند، که این اعداد یک دامنه ی مقادیر g را شرح می دهند که با آزمایش بدست می آید. اگر « مقدار صحیح » یا « مقدار پذیرفته شده » در این دامنه قرار گیرد، پس هیچ اختلافی وجود ندارد و « ٪ خطا » که در معادله ی (۱) شرح داده شد بی معنی به نظر می رسد.

اکنون روشن است که نتیجه ی ms^{-2} (۹/۸۴ ±۰/۰۵) صحیح تر از $(۹/۶±۰/۳ ms^{-2}$) می باشد، اگرچه هر دو نتیجه قابل قبول به نظر می رسد. برای مطمئن شدن از اعتبار این نتیجه ما باید آزمایش را دوباره انجام دهیم تا عدم قطعیت بزرگتری را به ما ارائه دهد تا دلایل ممکن را شناسایی و حذف کنیم.

اگر هر دو نتیجه در دامنه ی عدم قطعیت قرار نگیرد، حتی من هم قبول می کنم که اختلافی وجود دارد. و اما دلیل این اتفاق چیست؟ اگر فرض شود که داده ها صحیح است، هیچ اشتباه محاسباتی وجود نداشته باشد، و آزمایش در محیط کنترل شده (تا جایی که امکان دارد) انجام شود، پس شاید بتوان

گفت که این اختلاف واقعاً وجود دارد. با این همه، آزمایش با شکست مواجه نشده است، بلکه ممکن است ما چیزی را کشف کرده باشیم که نظریه ها آن را پیش بینی نکرده اند، و در نتیجه دانشجویان می توانند با استفاده از علاقه ای که به فیزیک آزمایشگاهی دارند به نتیجه ی این تحقیق پی ببرند.

توضیح : خط فرضی ای که ما از بین نقاط در نمودار می کشیم دارای شیب فرضی (m) است. اگر این شیب

(m) در معادله ۶ قرار داده شود، به ازای هر x یک y' خواهیم داشت، پس نمودار این y' ها را بر حسب x ها رسم کرده، شیب این نمودار تصحیح شیب اولین نمودار است. اگر نقاط نمودار دوم روی یک خط راست واقع شود

(m=0)، آنگاه می توانیم بگوییم تصحیح شیب بسیار دقیق است، در غیر این صورت باید برای تصحیح شیب نمودار دوم هم دوباره نموداری دیگر و همینطور تا آخر رسم گردد.

References

- For example, Paul Robinson, *Laboratory Manual with Computer Activities* (Addison-Wesley, Reading, MA, 1991), p. 218.
- B.G. Johnston and J.M. Schroeer, "Take-home experiments for large lecture classes," *Phys. Teach.* **30**, 95 (1992).
- C.E. Swartz, "On certain errors and uncertain virtue," *Phys. Teach.* **13**, 454 (1975).
- C.E. Swartz, "Absolute errors," *Phys. Teach.* **21**, 498 (1983).
- R. Bauman and C.E. Swartz, "Treatment of errors and significant figures in the laboratory manuals," *Phys. Teach.* **22**, 235 (1984).
- D. Roberts, "Errors, discrepancies, and the nature of physics," *Phys. Teach.* **21**, 155 (1983).
- R.E. Vermillion, *Projects and Investigations: The Practice of Physics* (Macmillan, New York, 1991).
- D.C. Baird, *Experimentation: An Introduction to Measurement Theory and Experiment Design*, 2nd ed. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988).
- D.W. Preston and E.R. Deitz, *The Art of Experimental Physics* (Wiley, New York, 1991), p. 13.

منبع : **Christopher G. Deacon,**

" Error Analysis in the Introductory Physics Laboratory "

گردآورنده : فاطمه صفری

پیوست۳

فرمولهای آزمایشگاه فیزیک۲ و جدول خواسته های آزمایش

تئوری $F = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A V^2}{d^2}$, تجربی $F = \frac{f - f_0}{2}$

تئوری $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi d}$, تجربی $F = \frac{f - f_0}{2}$

تئوری $\tau = \frac{n\mu\mu_0 I}{2R}$, تجربی $\tau = \frac{4\pi^2 I}{T^2 2L}\Delta X$

تئوری $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$, تجربی $F = \frac{4\pi^2 I}{T^2 2LR}\Delta X$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\varepsilon = B\ell V$$

$$\varepsilon_{went} = -\frac{n_{in} n_{out} \mu_0 A \, \mathrm{I}_{\max,out}}{t_1} \quad , \quad \varepsilon_{return} = \frac{n_{in} n_{out} \mu_0 A \, \mathrm{I}_{\max,out}}{t_2}$$

۱ – آزمایش خازن:

تنظیمات : ۱ – تنظیم صفر نیروسنج (f_0)

۲ - تعیین صفر میکرومتر $F=\frac{f-f_0}{2}$

۳ – تعیین صفر خط کش (X_0)

V(kv)	2	2.5	3	3.5	4
f(mN)					

مرحله اول: d ثابت (mm۲۰d =)، v متغیر

d(mm)	20	18	16	14	12
f(mN)					

مرحله دوم: V=2kv، d متغیر، v ثابت

رسم نمودار $F-v$ و $F-v^2$ در مرحله اول و رسم نمودار $F-\frac{1}{d}$ و $F-\frac{1}{d^2}$ در مرحله ۲

و بدست آوردن ε_0 (ضریب گذردهی خلاء)

۲ – آزمایش دو سیم

تنظیمات : ۱ - تنظیم صفر نیروسنج (f_0)

۲ - تعیین صفر میکرومتر $F=\frac{f-f_0}{2}$

۳ – تعیین صفر خط کش (X_0)

مرحله اول: I_1, I_2 ثابت ($I_1 = I_2 = 8A$)، d متغیر

d(mm)	۹	۸	۷	۶	۵
f(mN)					

رسم نمودار $F-d$ و $F-\frac{1}{d}$ و بدست آوردن μ_0 (ضریب تراوایی خلاء)

* (فاصله ی باید از مرکز دو سیم محاسبه گردد) *

۳ – آزمایش پیچه

تنظیمات : ۱ – تعیین صفر خط کش(X_0)

I(A)	1	2	3	4	5	6
X(cm)						
T (mN)						

آزمایش در چهار مرحله انجام می گیرد :(R (cm) شعاع حلقه و n تعداد دور سیچ است).

(۱) $R=۲۰, n=۵$ ، (۲) $R=۲۰, n=۱۰$ ، (۳) $R=۱۰, n=۵$ ، (۴) $R=۱۰, n=۱۰$

رسم نمودار I –T و بدست آوردن μ (گشتاور دوقطبی مغناطیسی)

۴ – آزمایش کولن

تنظیمات : ۱ – تعیین صفر خط کش (X_0)

مرحله اول: Q_1, Q_2 ثابت، r متغیر

r(cm)	15	13	11	9	7
X(cm)					
F					

مرحله دوم: r ($r = 9.1\ cm$)، Q_2 ثابت، Q_1 متغیر

Q_1	Q_1	$Q_{1/2}$	$Q_{1/4}$	$Q_{1/8}$	$Q_{1/16}$	$Q_{1/32}$
X(cm)						
F						

رسم نمودار $F-\frac{1}{r}$ و $F-\frac{1}{r^2}$ در مرحله اول و رسم نمودار $F-Q_1$ در مرحله ۲

و بدست آوردن K

۵ – آزمایش ترانسفورماتور(بدست آوردن ولتاژ خروجی)

نوع ترانسفورماتور \ تعداد دور سیم پیچ ها	$n_1 = 300$ $n_2 = 150$	$n_1 = 300$ $n_2 = 300$	$n_1 = 150$ $n_2 = 300$
نرم			
سخت			
نرم با مقاومت			
سخت با مقاومت			

ولتاژ ورودی $V_1 = 10V$ در همه ی حالت ها ثابت است .

۶ – آزمایش قاب متحرک

مرحله اول: $\ell = 4cm$، $B = 8B_0$

V	V_0	$2V_0$	$4V_0$
ε			

مرحله دوم: $V = V_0$، $B = 8B_0$

ℓ(cm)	4	2.8	2
ε			

مرحله سوم: $\ell = 4cm$، $V = V_0$

B	$8B_0$	$6B_0$	$4B_0$	$2B_0$
ε				

درطول آزمایش سرعت زاویه ای موتورثابت بماند .

۷ – آزمایش القای فارادی

مرحله اول: t_1 ثابت، t_2 ثابت

I_{max} (A)	۰،۱	۰،۲	۰،۳	 1
رفت ε				
برگشت ε				

رسم نمودار $\varepsilon - I_{max}$

رفت و I_{max} – برگشت ε و بدست آوردن n(تعداد دور سیم پیچ بیرونی)

مرحله دوم: t_2 ثابت، I_{max} ثابت ($I_{max} = 1\ A$)

t_1				.....
رفت ε				.....

رسم نمودار t_1 – رفت ε و $-\frac{1}{t_1}$ رفت ε و بدست آوردن n (تعداد دور سیم پیچ بیرونی)

مرحله سوم: t_1 ثابت، I_{max} ثابت ($I_{max} = 1\ A$)

t_2				.....
برگشت ε				.....

رسم نمودار t_2 – برگشت ε و $-\frac{1}{t_2}$ برگشت ε و بدست آوردن n

(n تعداد دور سیم پیچ بیرونی است)

پیوست۴

چکیده ی دستور کار

یک(۱): آزمایش خازن

بدست آوردن ضریب گذردهی خلاء و تحقیق رابطه ی نیرو در خازن صفحه تخت

$$F_{\text{تجربی}} = \frac{f - f_0}{2} \quad , \quad F_{\text{تئوری}} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A V^2}{d^2}$$

دو(۲): آزمایش دوسیم

بدست آوردن ضریب تراوایی مغناطیسی خلاء و تحقیق نیروی دوسیم حامل جریان

$$F_{\text{تجربی}} = \frac{f - f_0}{2} \quad , \quad F_{\text{تئوری}} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi d}$$

سه(۳): آزمایش پیچه

بدست آوردن گشتاور مغناطیسی دو قطبی مغناطیسی و تحقیق میدان مغناطیسی پیچه

$$\tau_{\text{تجربی}} = \frac{4\pi^2 I}{T^2 2L}\Delta X \quad , \quad \tau_{\text{تئوری}} = \frac{n\mu\mu_0 I}{2R}$$

چهار(۴): آزمایش کولن

بدست آوردن ثابت کولن و تحقیق رابطه ی کولن (نیروی بین دو بار الکتریکی)

$$F_{\text{تئوری}} = \frac{KQ_1Q_2}{r^2} \quad , \quad F_{\text{تجربی}} = \frac{4\pi^2 I}{T^2 2LR}\Delta X$$

پنج (۵): آزمایش ترانسفورماتور

آشنایی با شیوه ی بستن ترانسفورماتور نرم و سخت و تحقیق رابطه ی ترانسفورماتورها

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

شش (۶): آزمایش قاب

بدست آوردن نیروی محرکه القایی و تحقیق نسبت نیروی محرکه القایی با میدان مغناطیسی, سرعت و عرض قاب

$$\varepsilon = b\ell V$$

هفت (۷): آزمایش قانون القای فارادی

بدست آوردن تعداد دور سیم پیچ بیرونی و تحقیق قانون القای فارادی و قانون لنز

$$\varepsilon_{went} = -\frac{n_{in} n_{out} \mu_0 A \, \mathrm{I}_{\max,out}}{t_1}$$

$$\varepsilon_{return} = \frac{n_{in} n_{out} \mu_0 A \, \mathrm{I}_{\max,out}}{t_2}$$

هشت (۸): تبدیلات ولتاژ

آشنایی با برخی از کاربردهای تبدیلات ولتاژ (ترانسفورماتورها) در صنعت

فرم قرارداد پروژه ها

مشخصات دانشجو: نام و نام خانوادگی .....شماره ی دانشجویی .....

نیمسال تحصیلی .....رشته .....دانشکده .....روز و ساعت کلاس .....

عنوان پروژه (یا سمینار)	
* شرح پروژه (یا سمینار) * دلیل انتخاب موضوع * منابع موجود * توضیح کوتاهی از موضوع	
* فصل بندی اولیه	

تایید دانشجو:

تایید راهنما:

شرایط پروژه (یا سمینار):

۱) گزارش هفتگی درباره ی پروژه (یا سمینار) از زمان بستن قرارداد

۲) ارائه ی پیش پرینت (جمع بندی اولیه) پروژه (یا سمینار) در زمان تعیین شده

۳) تحویل نهایی پروژه (یا سمینار) در زمان تعیین شده برای بررسی و تعیین میزان امتیاز

۴) ارائه ی نهایی پروژه (یا سمینار) بصورت حضوری و شفاهی و کسب امتیاز

* اعلام زمان و مکان انجام سمینار، یک هفته پیش از ارائه ی سمینار در آزمایشگاه و دانشکده، برای حضور دانشجویان علاقه مند

فرم قرارداد کارگاه (شامل طراحی-ساخت-اجرا)

مشخصات دانشجو: نام و نام خانوادگی .....شماره ی دانشجویی .....

نیمسال تحصیلی .....رشته .....دانشکده .....روز و ساعت کلاس .....

عنوان پروژه ی گارگاهی	
* شرح پروژه * دلیل انتخاب موضوع * منابع موجود * توضیح کوتاهی از موضوع	
* زمان بندی اولیه * ساعت کار در گارگاه	

تایید دانشجو:

تایید راهنما:

شرایط پروژه ی کارگاهی :

۱) گزارش هفتگی درباره ی پروژه از زمان بستن قرارداد (دست کم دو ساعت در هفته به عنوان کار در کارگاه - بجز زمان آزمایشگاه -)

۲) ارائه ی پیش پرینت (جمع بندی اولیه) و ماکت (ساخت اولیه) پروژه در زمان تعیین شده

۳) تحویل نهایی پروژه در زمان تعیین شده برای بررسی و تعیین میزان امتیاز

۴) ارائه ی نهایی پروژه بصورت حضوری و شفاهی و کسب امتیاز

* اعلام زمان و مکان انجام سمینار (کارگاه) , یک هفته پیش از ارائه ی سمینار در آزمایشگاه و دانشکده , برای حضور دانشجویان علاقه مند