

به نام خدا

آزمایشگاه مجازی فیزیک ۲

فاطمه صداقت

جلسه دهم – اندازه گیری میدان مغناطیسی زمین و مرور آزمایشگاه



آزمایشگاه مجازی فیزیک ۲

آزمایش ۱ : تعیین مقاومت درونی منبع تغذیه

آزمایش ۲ : تعیین مقاومت درونی ولتمتر

آزمایش ۳ : تحقیق قوانین کریشنهف

آزمایش ۴ : پل و تستون

آزمایش ۵-۶ : خازن

آزمایش ۷ : اسیلوسکوپ

آزمایش ۸ : تحقیق قانون القای فارادی

آزمایش ۹ : اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین

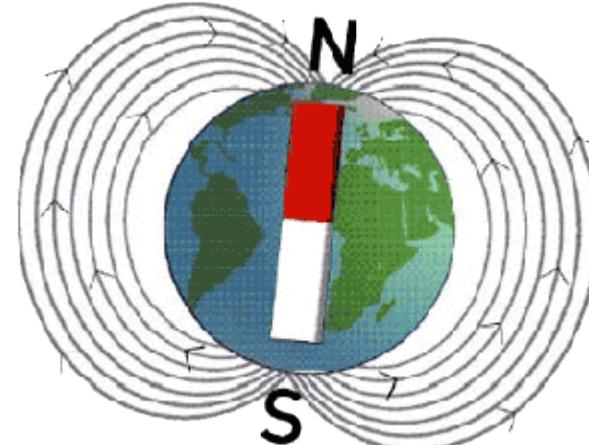
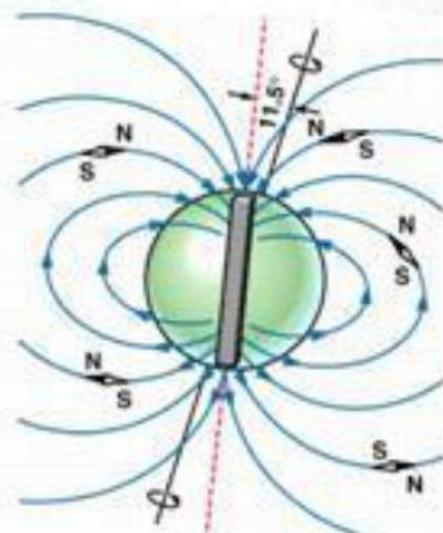
آزمایش نهم

آزمایش ۹: اندازه گیری میدان مغناطیسی زمین

هدف آزمایش: ۱- اندازه گیری میدان مغناطیسی زمین با استفاده از قانون القاء فاراده
۲- تعیین جهت میدان مغناطیسی زمین

آزمایش نهم

تئوری آزمایش: در هر نقطه‌ای در نزدیکی سطح زمین، عقربه مغناطیسی آویزان از یک نخ یا واقع بر روی یک نقطه، به ترتیب خاصی سمت گیری می‌کند (قریباً در جهت شمال به جنوب). این واقعیت مهم به این معنا است که زمین دارای خاصیت مغناطیسی است. علت وجود این میدان مغناطیسی، مواد مذاب موجود در مرکز زمین است.



شکل ۱

آزمایش نهم

هرگاه حلقه‌ای بسته به مساحت A داخل میدان مغناطیسی B قرار گیرد، شار مغناطیسی عبوری از حلقه برابر خواهد بود با:

$$\varphi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta = B\pi R^2 \cos(\theta) = B\pi R^2 \cos(\omega t)$$

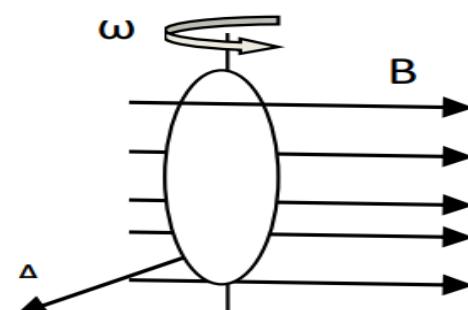
سیم پیچ را با سرعت زاویه‌ای ω در حوزه میدان مغناطیسی زمین به چرخش در آوریم

که در آن θ زاویه بین بردار عمود بر سطح و میدان مغناطیسی می‌باشد. طبق قانون القاء فاراده، هرگاه شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بسته با زمان تغییر کند، ولتاژ الکتریکی القاء می‌شود. به عبارت ریاضی:

$$\varepsilon = -N \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\varepsilon = -N \frac{d\varphi}{dt} = N\pi R^2 \omega B \sin(\omega t) = \varepsilon_{\max} \sin(\omega t)$$

$$\varepsilon_{\max} = N\pi R^2 \omega B = aB$$



شکل ۲

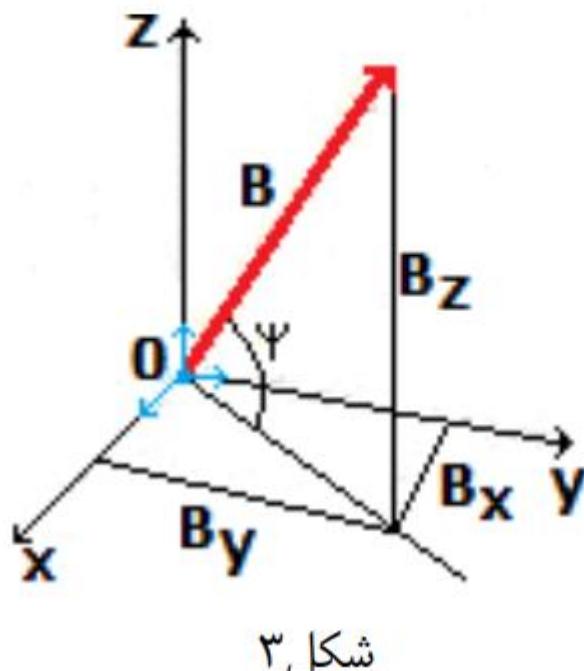
آزمایش نهم

B_z و B_y ، B_x سه مولفه

میدان مغناطیسی زمین را در راستای محورهای X ، Y و Z

$$\varepsilon_{\max z} = a \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

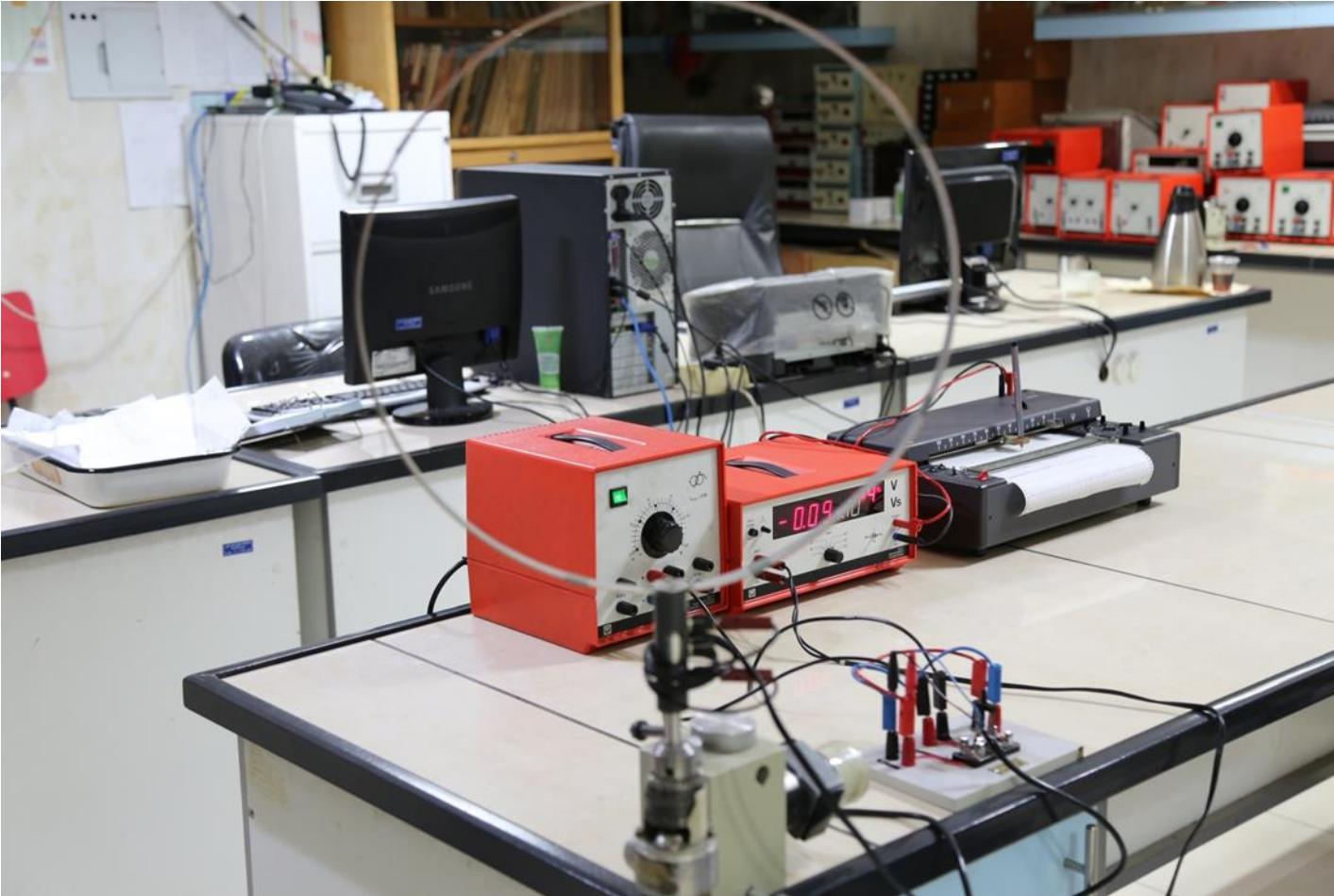
$$\begin{cases} \varepsilon_{mx} = a \sqrt{B_y^2 + B_z^2} \\ \varepsilon_{my} = a \sqrt{B_x^2 + B_z^2} \end{cases}$$



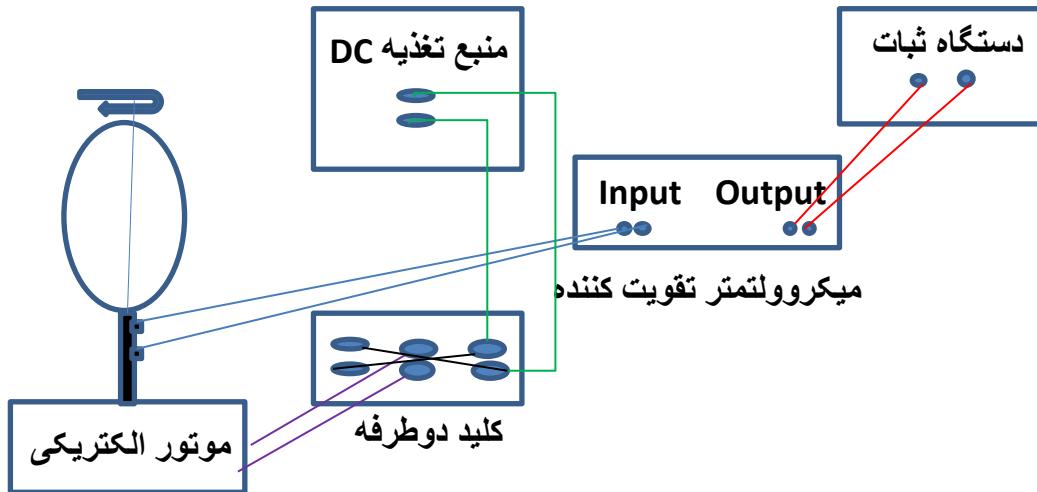
در نهایت اندازه میدان مغناطیسی زمین و نیز زاویه میل میدان مغناطیسی زمین (ψ) از روابط زیر محاسبه می شوند:

$$\begin{cases} B_e = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} = \sqrt{\frac{(\varepsilon_{mx})^2 + (\varepsilon_{my})^2 + (\varepsilon_{mz})^2}{2a^2}} \\ \tan \psi = \frac{B_z}{\sqrt{B_x^2 + B_y^2}} = \sqrt{\frac{(\varepsilon_{mx})^2 + (\varepsilon_{my})^2 - (\varepsilon_{mz})^2}{2(\varepsilon_{mz})^2}} \end{cases} \quad (9)$$

آزمایش نهم

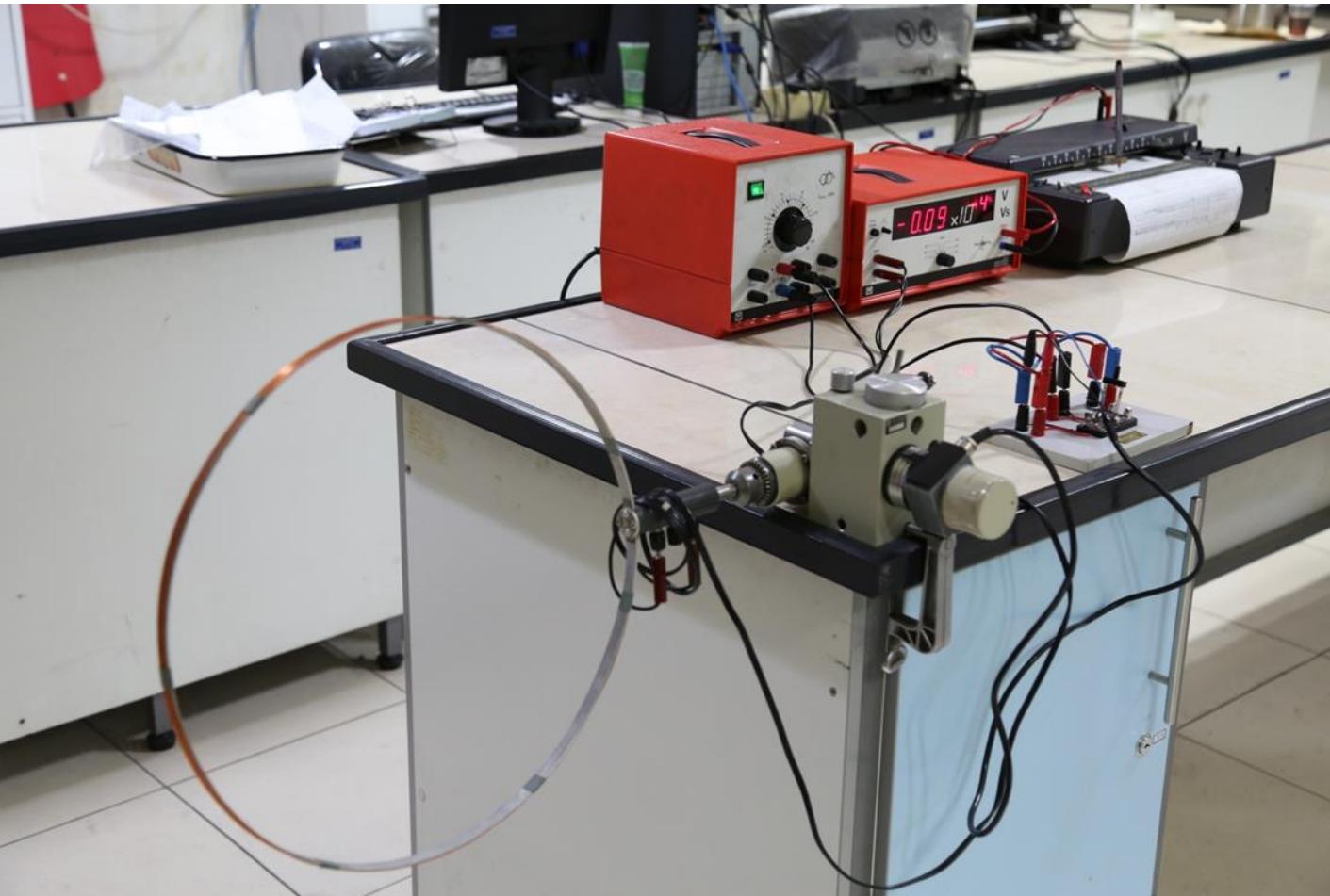


روش آزمایش:

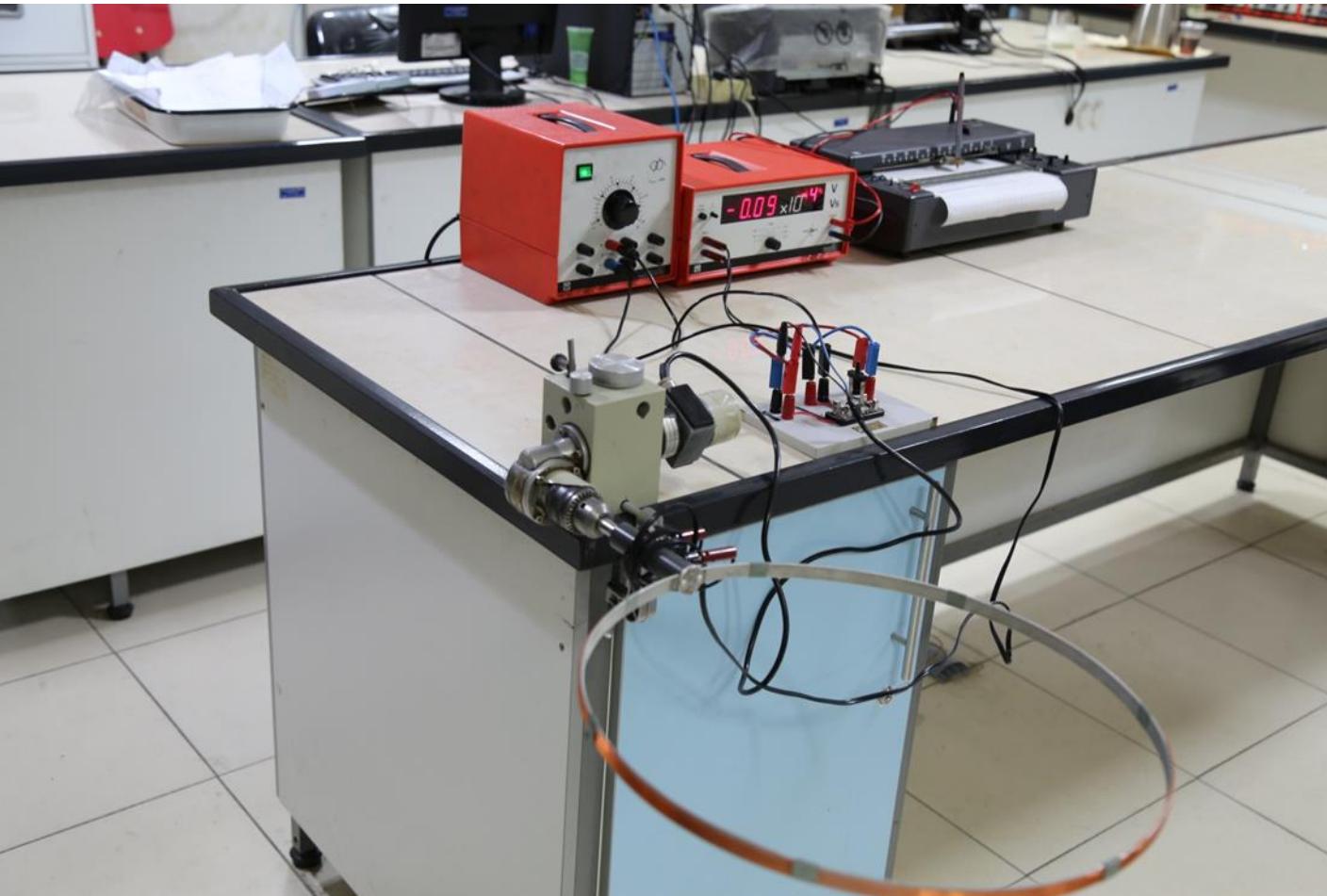


ولتاژ منبع تغذیه DC روی ۱۸ ولت قرار تنظیم شده است.
ضریب تقویت میکروولتمتر نیز روی 10^4 ولت تنظیم شده است.
سرعت عبور کاغذ روی صفر mm/s و سلکتور مربوط به ولتاژ (دامنه) روی ۰ ولت قرار داده شده است.

آزمایش نهم



آزمایش نهم

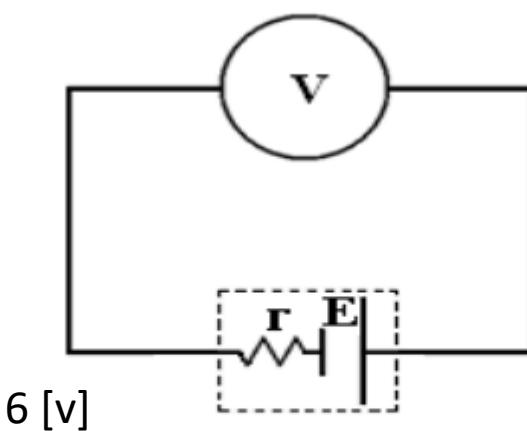


آزمایش نهم

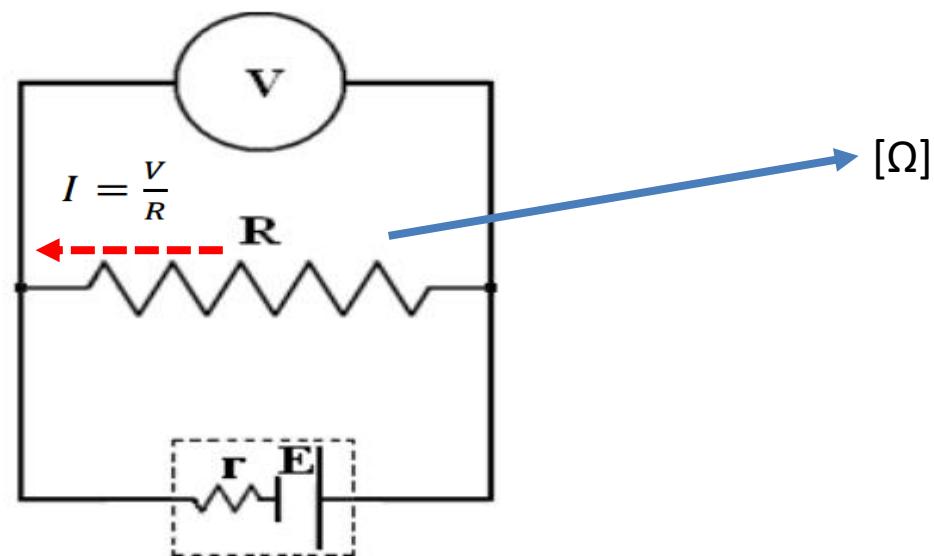


آزمایش اول

مقاومت درونی منبع تغذیه



شکل ۱: تعیین نیروی محرکه منبع تغذیه



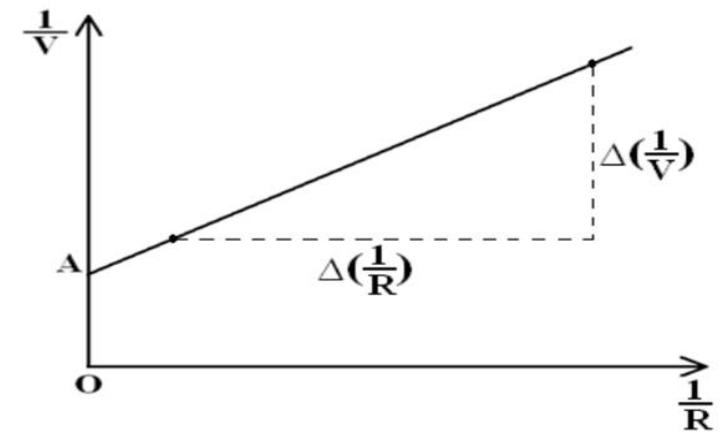
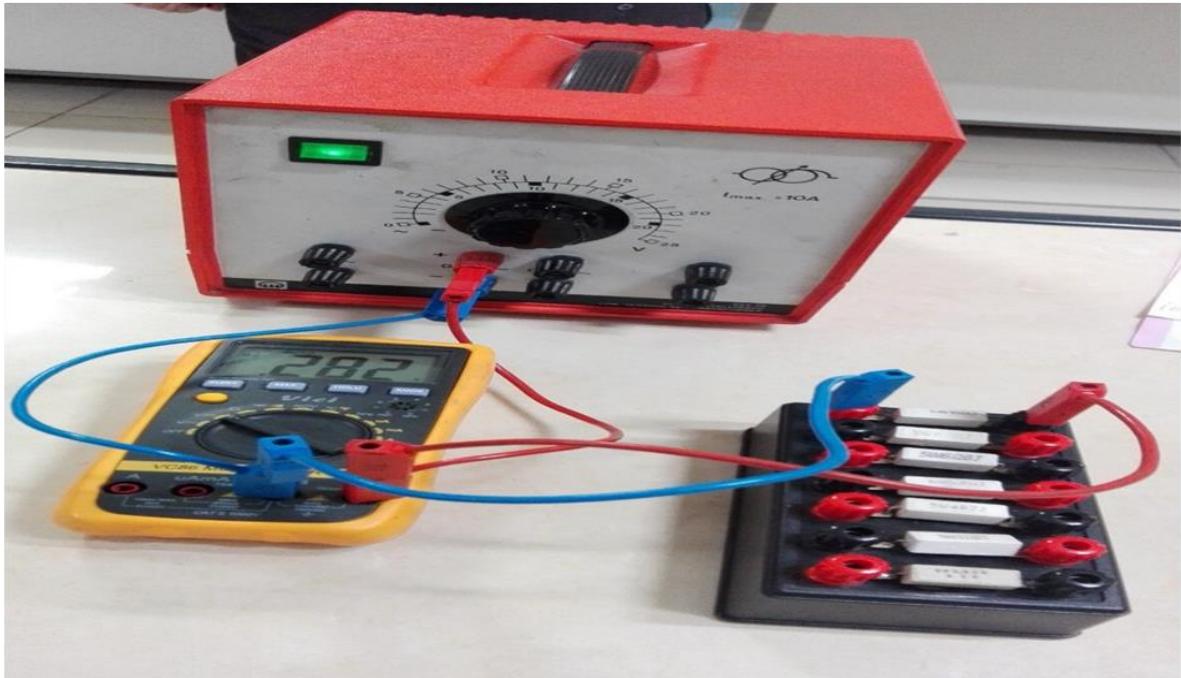
شکل ۲: مدار مقاومت درونی منبع تغذیه

$r =$ هدف

$$+I * r - E + R * I \Rightarrow E = (r + R) * I \implies E = (r + R) \frac{V}{R} \implies E = \left(\frac{r}{R} + 1\right) * V$$

$$\frac{E}{V} = \left(\frac{r}{R} + 1\right) \implies r = \left(\frac{E}{V} - 1\right) * R$$

$E \pm \Delta E = \dots \pm \dots$			آزمایش اول [V]		
$R(\Omega)$ (کد رنگی)	V(v)	$\frac{1}{R}(\Omega^{-1})$	$\frac{1}{V}(v^{-1})$	$r(\Omega)$	$\bar{r} \pm \overline{\Delta r}(\Omega)$
10	4.48				
8.2	4.35				
6.6	4.2				
4.6	3.9				
3.9	3.75				
5.5	4.1				
3.2	3.83				



شکل ۳: منحنی $\frac{1}{V}$ بر حسب $\frac{1}{R}$

$$r = \left(\frac{E}{V} - 1 \right) * R$$

$$\overline{\Delta x} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n}{n}$$

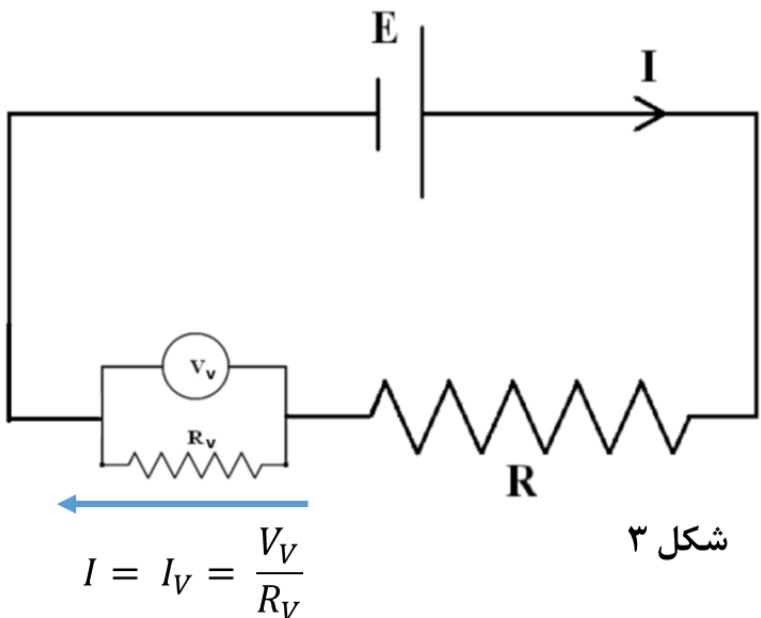
$$\Delta x_i = x_i - \bar{x}$$

حاصل مقاومت درونی منبع تغذیه ($\bar{r} \pm \overline{\Delta r}$)

آزمایش دوم

اندازه گیری مقاومت درونی ولتمتر

R_V = هدف



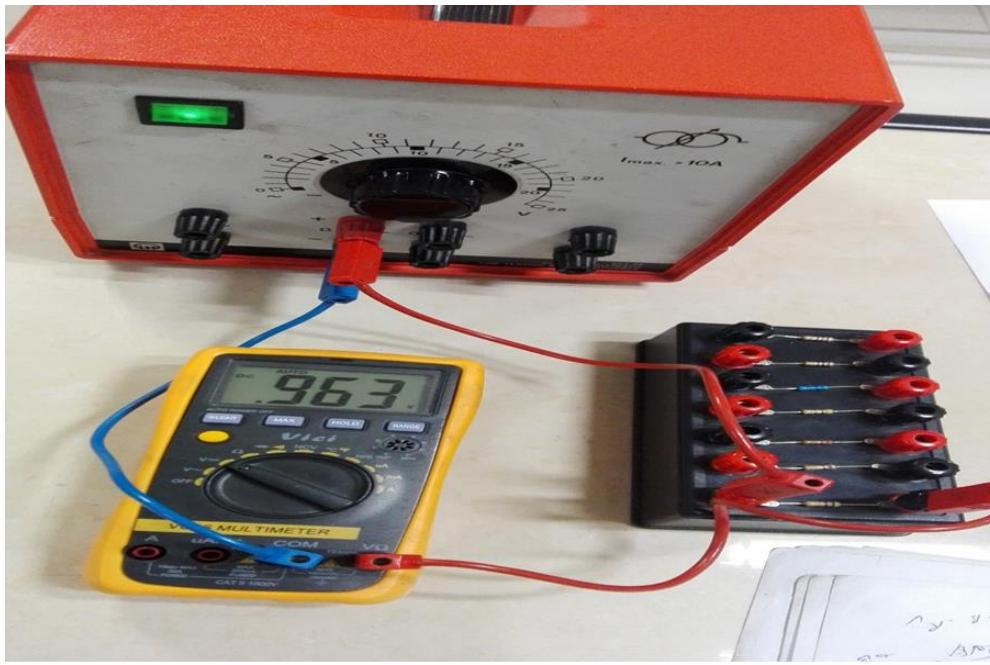
شکل ۳

$$I = I_V = \frac{V_V}{R_V}$$

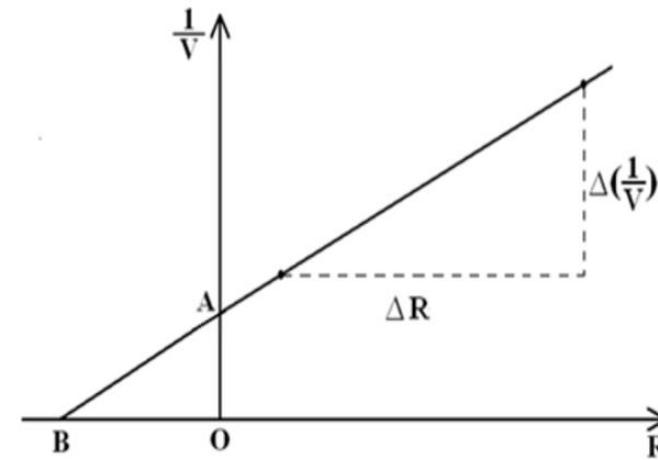
$$-E + R * I + V_V \implies E = V_V + R * I \implies E = V_V + R * \frac{V_V}{R_V} \implies E = V_V \left(1 + \frac{R}{R_V}\right)$$

R_V = هدف

$$\frac{R}{R_V} = \left(\frac{E}{V_V} - 1\right) \implies R_V = \left(\frac{V_V}{E - V_V}\right) * R$$



آزمایش دوم $E=5 \text{ [V]}$				
$R(\text{M}\Omega)$ (کد رنگی)	V(v)	$\frac{1}{V}(\text{v}^{-1})$	$R_V(\text{M}\Omega)$	$\bar{R}_V \pm \Delta R_V(\text{M}\Omega)$
0.56	4.67			
0.98	4.46			
2.25	3.91			
3.89	3.38			
5.72	2.94			
8.78	2.4			
10.31	2.21			



شکل ۲: منحنی $\frac{1}{V}$ بر حسب R

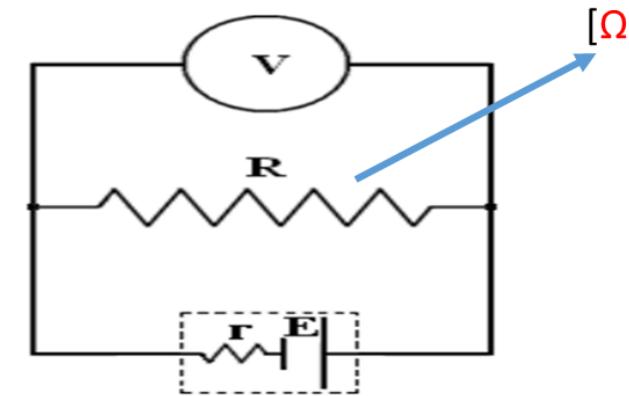
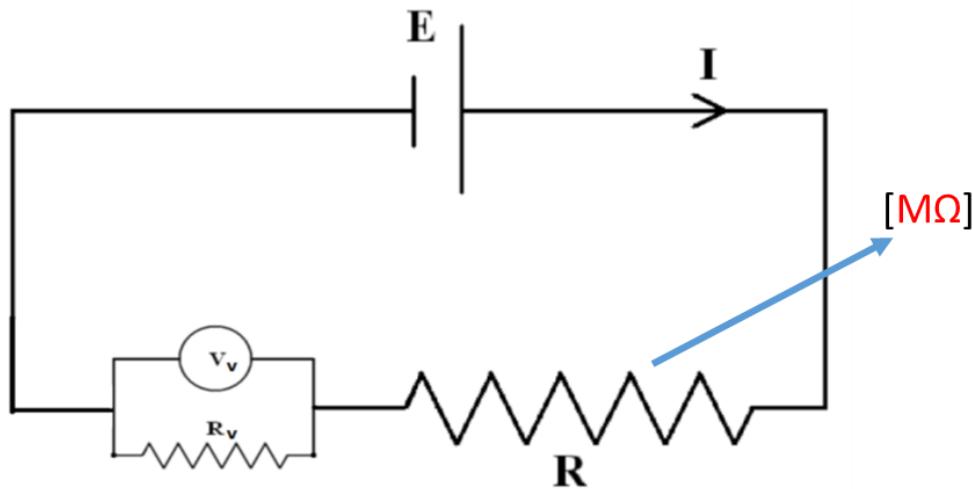
با توجه به شکل ۲، OB از نظر عددی برابر مقاومت درونی ولتمتر ($R_V = |OB| = OA$) است و عرض از مبدأ آن روی محور $\frac{1}{V}$ (یعنی A)، همان $\frac{1}{E}$ است.

$$\bar{\Delta x} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n}{n}$$

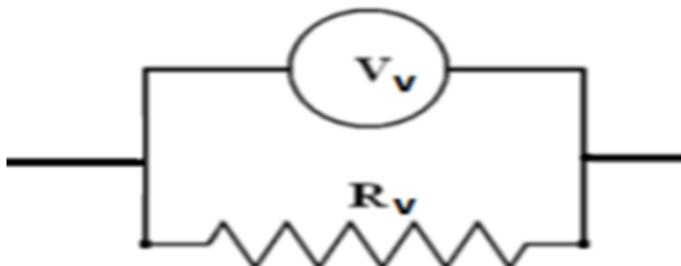
$$\Delta x_i = x_i - \bar{x}$$

$$R_V = \left(\frac{V_V}{E - V_V} \right) * R$$

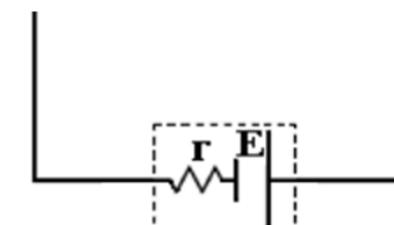
یادآوری: مقایسه دو آزمایش اول و دوم



شکل ۲: مدار مقاومت درونی منبع تغذیه

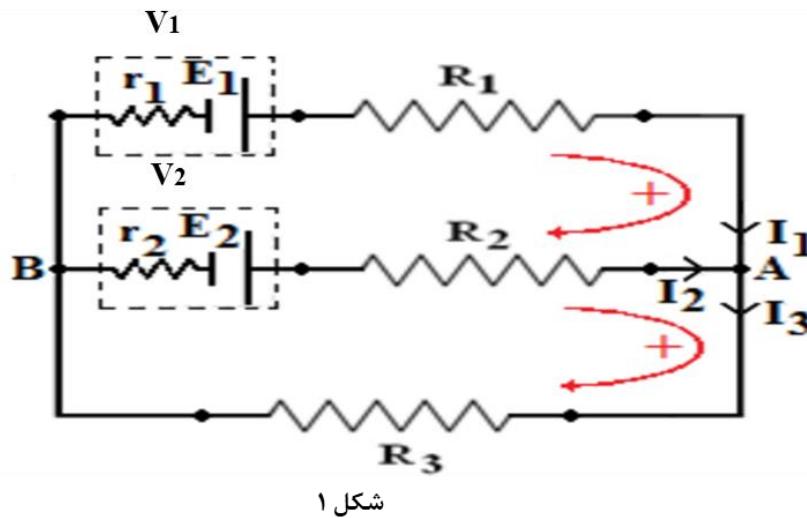


مقاومت درونی ولتمتر



مقاومت درونی منبع تغذیه

آزمایش سوم



جدول ۱				
$R_1 \pm \Delta R_1$	$R_r \pm \Delta R_r$	$R_{r'} \pm \Delta R_{r'}$	$V_1 \pm \Delta V_1$	$V_r \pm \Delta V_r$
$100 \pm 5 \text{ } (\Omega)$	$180 \pm 9 \text{ } (\Omega)$	$470 \pm 23 \text{ } (\Omega)$	$2.61 \pm 0.01 \text{ } (V)$	$2.87 \pm 0.01 \text{ } (V)$

Kirchhoff's Circuit Laws (KCL) $\sum I = 0 : I_1 + I_2 - I_3 = 0$

Kirchhoff's Voltage Laws (KVL) $\sum E = \sum RI : E_1 - E_2 = R_1 I_1 + r_1 I_1 - R_2 I_2 - r_2 I_2$

$$E_2 = R_2 I_2 + r_2 I_2 + R_3 I_3$$

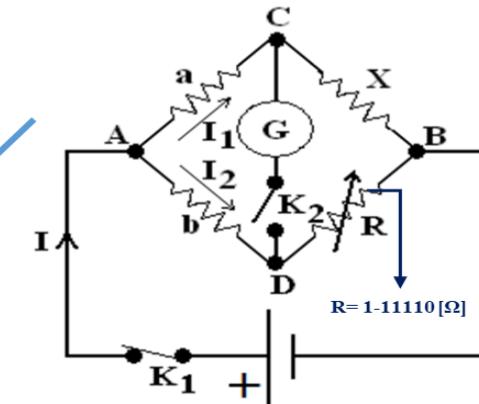
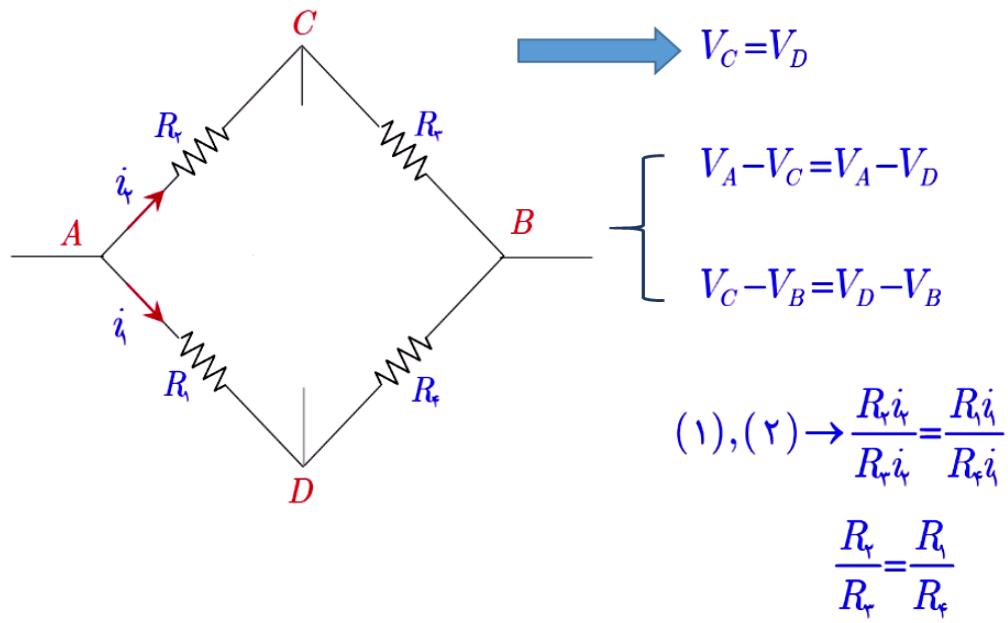
$$\begin{cases} I_1 + I_r - I_{r'} = 0 \\ -r_1 I_1 + E_1 - R_1 I_1 + R_r I_r - E_r + r_r I_r = 0 \Rightarrow \\ -r_r I_r + E_r - R_r I_r - R_{r'} I_{r'} = 0 \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} I_1 + I_r - I_{r'} = 0 \\ V_1 - V_r - V_{R_1} + V_{R_r} = 0 \\ V_r - V_{R_r} - V_{R_{r'}} = 0 \end{array} \right\}$$

جدول ۲: تحقیق قوانین کریشهف با استفاده از نتایج قانون اهم

$V_{R1} \pm \Delta V_{R1}$	$V_{R2} \pm \Delta V_{R2}$	$V_{R3} \pm \Delta V_{R3}$	$I_1 \pm \Delta I_1$	$I_2 \pm \Delta I_2$	$I_3 \pm \Delta I_3$	$I_1 + I_2 - I_3$

آزمایش چهارم

تئوری پل و تستون - بعد از برقراری شرط پل و تستون



شکل ۱: مدار پل و تستون

$$V_C = V_D$$

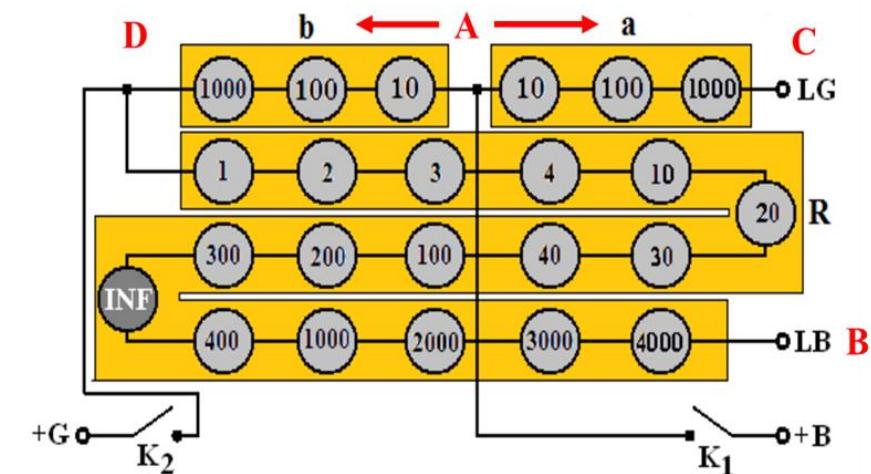
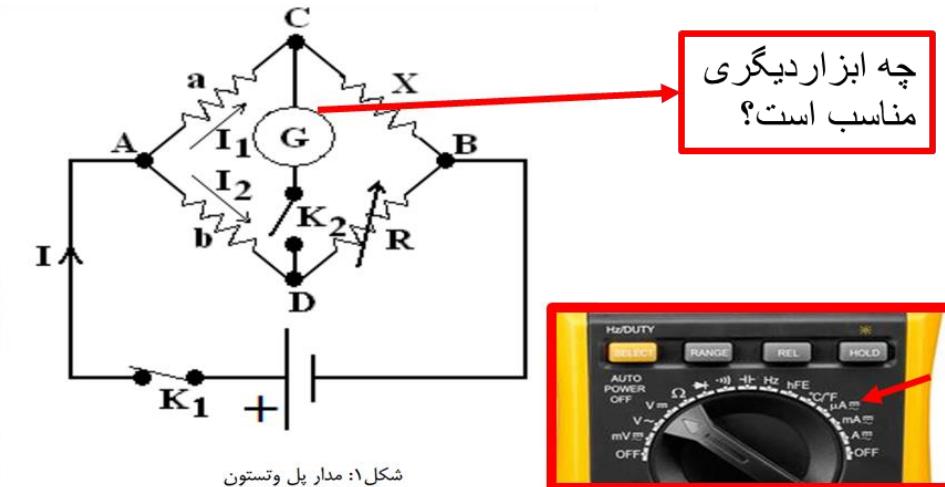
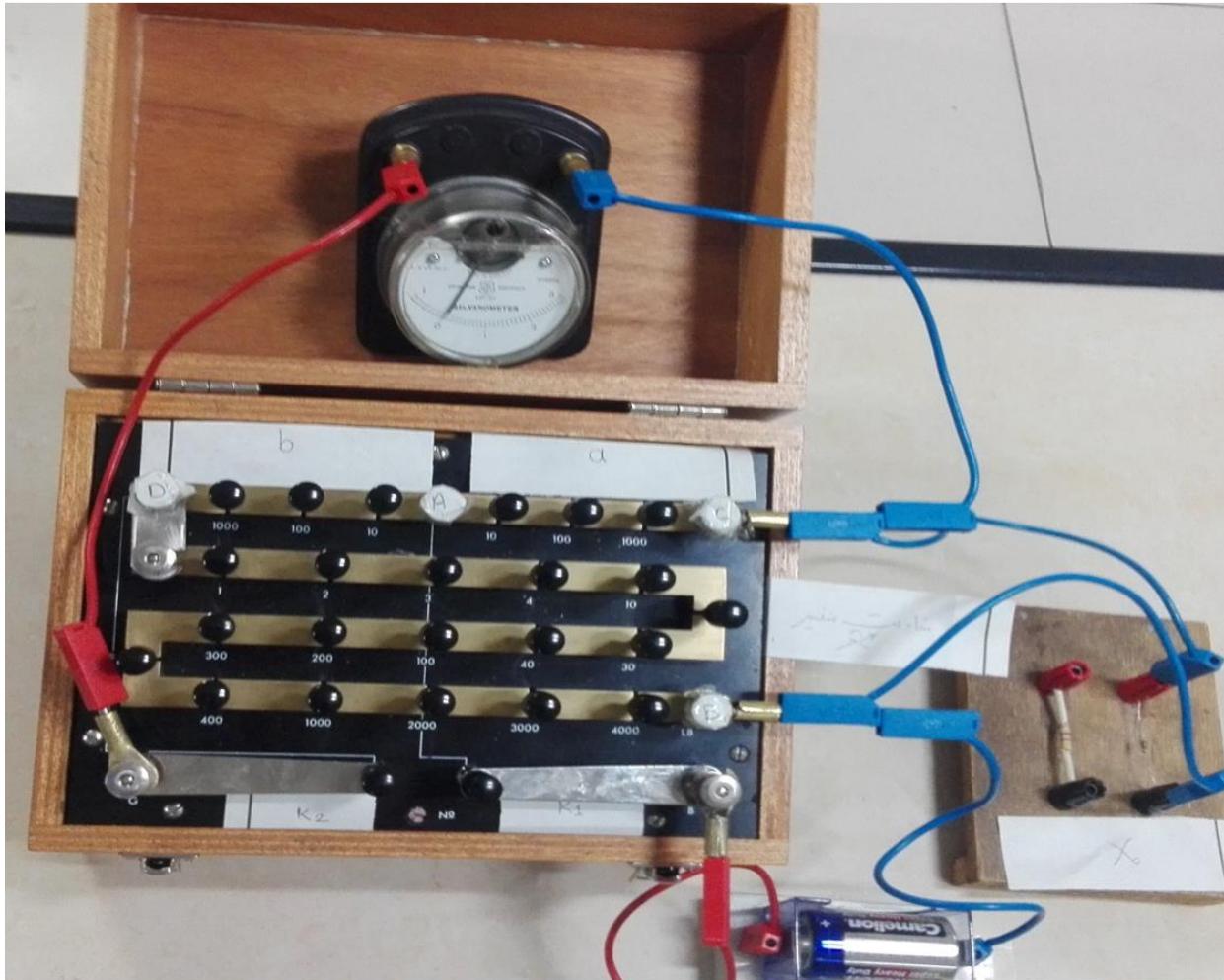
$$\left\{ \begin{array}{l} V_A - V_C = V_A - V_D \Rightarrow aI_1 = bI_2 \\ V_B - V_C = V_B - V_D \Rightarrow XI_1 = RI_2 \end{array} \right.$$

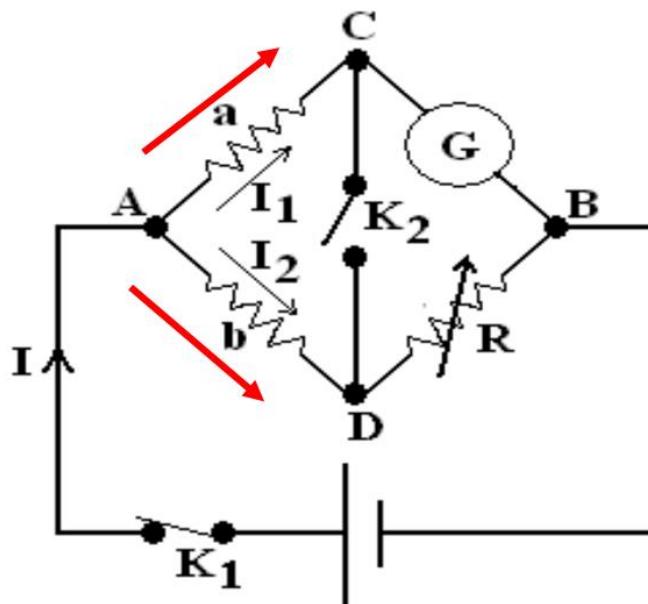
$$\Rightarrow X = \frac{a}{b} R$$

انتخاب صحیح نسبت a/b در دقت اندازه گیری مؤثر می باشد. این نسبت می تواند مقادیر مختلفی را به خود اختصاص دهد. جهت سادگی مقادیر $a=100$, $b=100$ اختیار می شود. با توجه به محدوده مقاومت مجھول بایستی بهترین و دقیق ترین نسبت a/b را اختیار کرد. طبق رابطه (۱)، اگر نسبت a/b باشد، مقدار مقاومت های مجھول در محدوده $10/110$ تا $10/111$ اهم با دقت یکصدم اعشار قابل اندازه گیری می باشند. برای اندازه گیری مقاومتهای بیش از این مقدار باید نسبت a/b را تغییر داد (بیشتر کرد). به طور مثال برای اندازه گیری مقاومت مجھول 1200 اهم باید از نسبت $a/b=1$ استفاده کرد.

آزمایش چهارم

بستن مدار





شکل ۴: مدار پل کلوین

ب) اندازه گیری مقاومت درونی گالوانومتر-پل کلوین

- مدار شکل (۴) را بیندید. مقادیر $b=a=1000$ را اختیار نمایید.

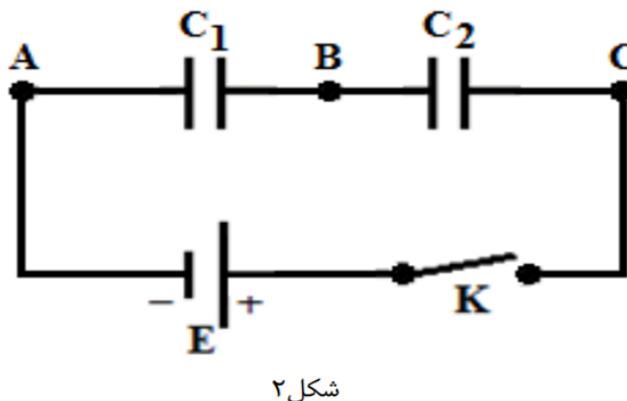
روش کار

- کلید K_1 را بیندید تا عقربه گالوانومتر منحرف شود. مقدار جریان گالوانومتر را قرائت نمایید. سپس مقدار مقاومت R را آن قدر تغییر دهید تا در هر بار پس از برقراری اتصال کلید K_1 و K_2 ، گالوانومتر همان جریان اولیه، ناشی از اتصال کلید K_1 را نشان دهد. در این حالت از قطر مربع جریانی عبور نخواهد کرد و رابطه:

$$X_G = \frac{a}{b} R$$

برقرار خواهد بود و از آنجا مقدار مقاومت گالوانومتر به دست می آید.

آزمایش ششم



$$C_1 = 2 \text{ } [\mu\text{F}], C_2 = 5 \text{ } [\mu\text{F}]$$

ب) اندازه گیری اختلاف پتانسیل دو سر خازنهای سری شده

- خازنهای را به طور سری مطابق شکل ۲ به ولتاژ ۴ ولت وصل کنید (از میزان دقیق این مقدار به وسیله ولتمتر اطمینان حاصل نمایید).
- با اتصال کلید k هر دو خازن شارژ می شوند.
- ولتاژ AB، BC و AC را بلافاصله پس از اتصال ولتمتر اندازه گیری نمایید.

$$C_{th} = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2}, \quad V_{th} = V_1 + V_2, \quad q_{th} = q_1 = q_2$$

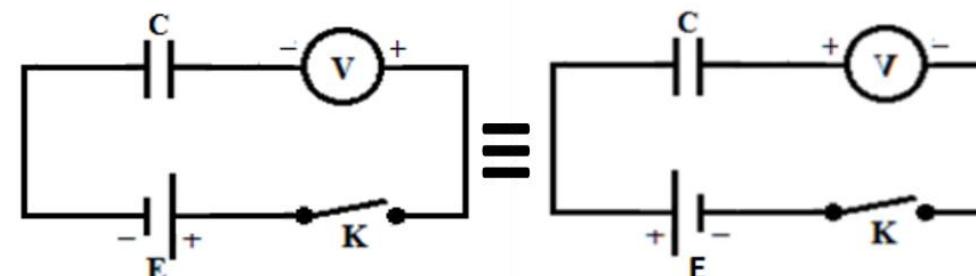
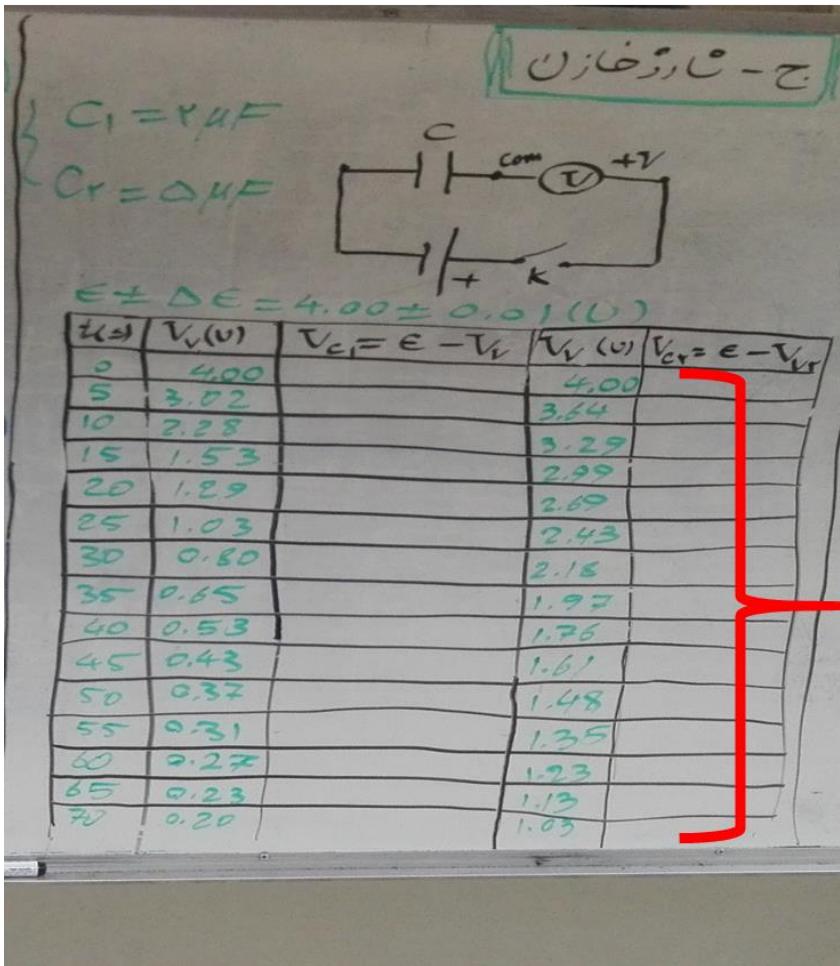
$$C_1 = \frac{q_1}{V_1}, \quad C_2 = \frac{q_2}{V_2}$$

۴- چه رابطه ای بین ولتاژها وجود دارد؟

۵- ولتاژها به چه نسبتی تقسیم شده اند؟

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{q_1}{V_1}}{\frac{q_2}{V_2}} = \frac{V_2}{V_1}$$

جدول ۱: شارژ خازنهای C_1 و C_2

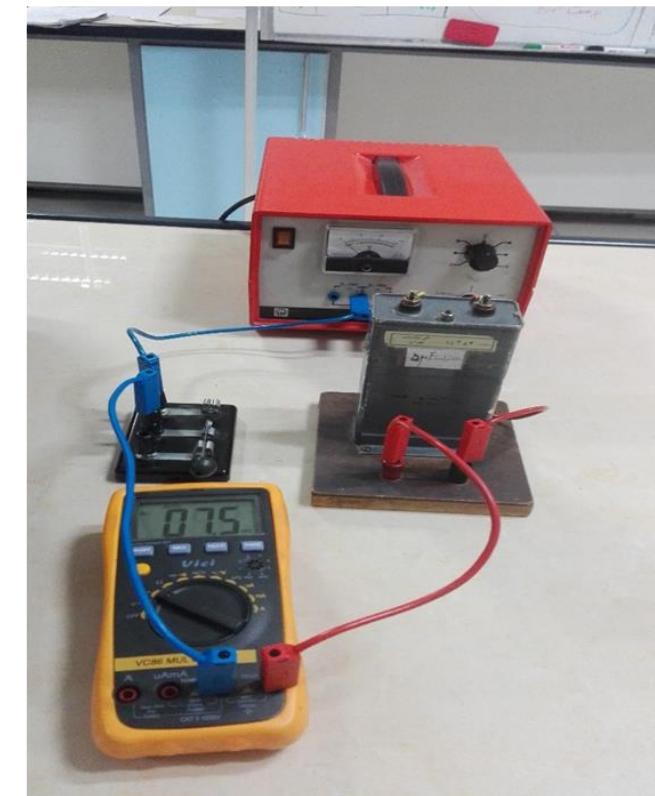


شکل ۳: مدار شارژ خازن

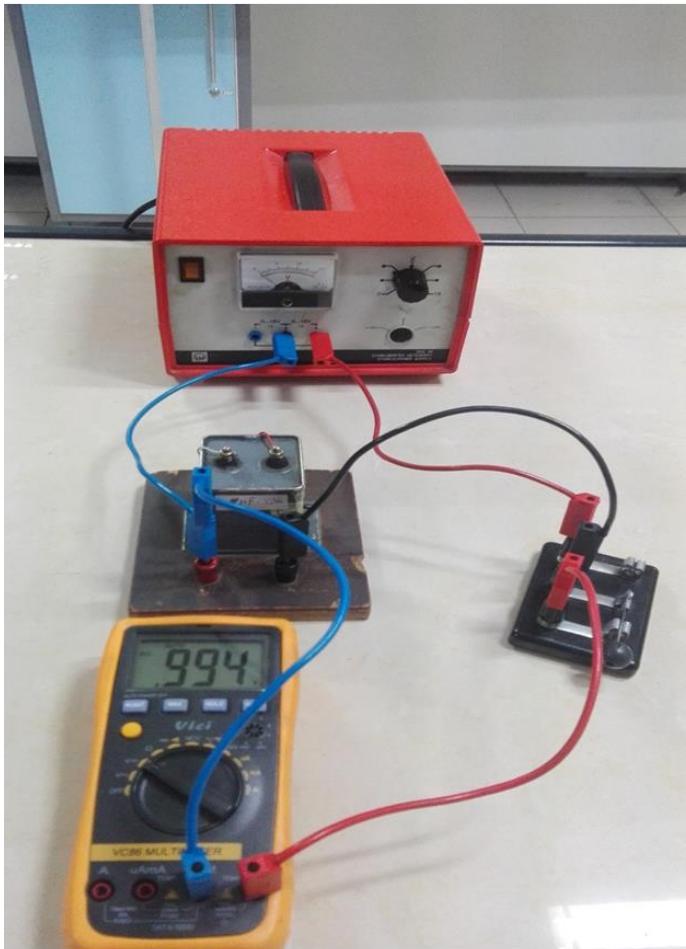
شکل ۳: مدار شارژ خازن

ج) شارژ خازن

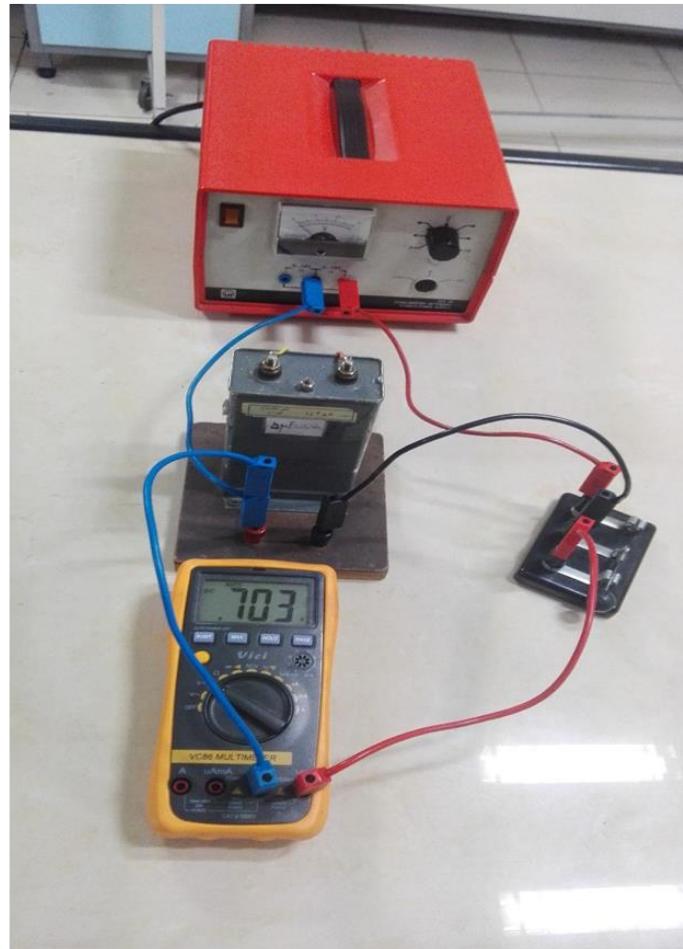
ولتاژ منبع تغذیه ۴ ولت



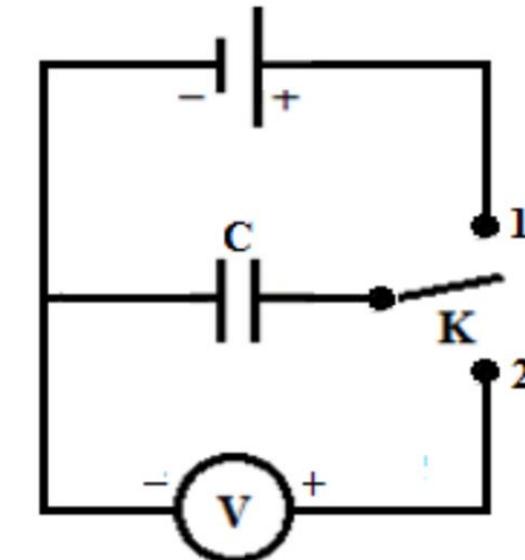
د) دشارژر خازن:



C₁

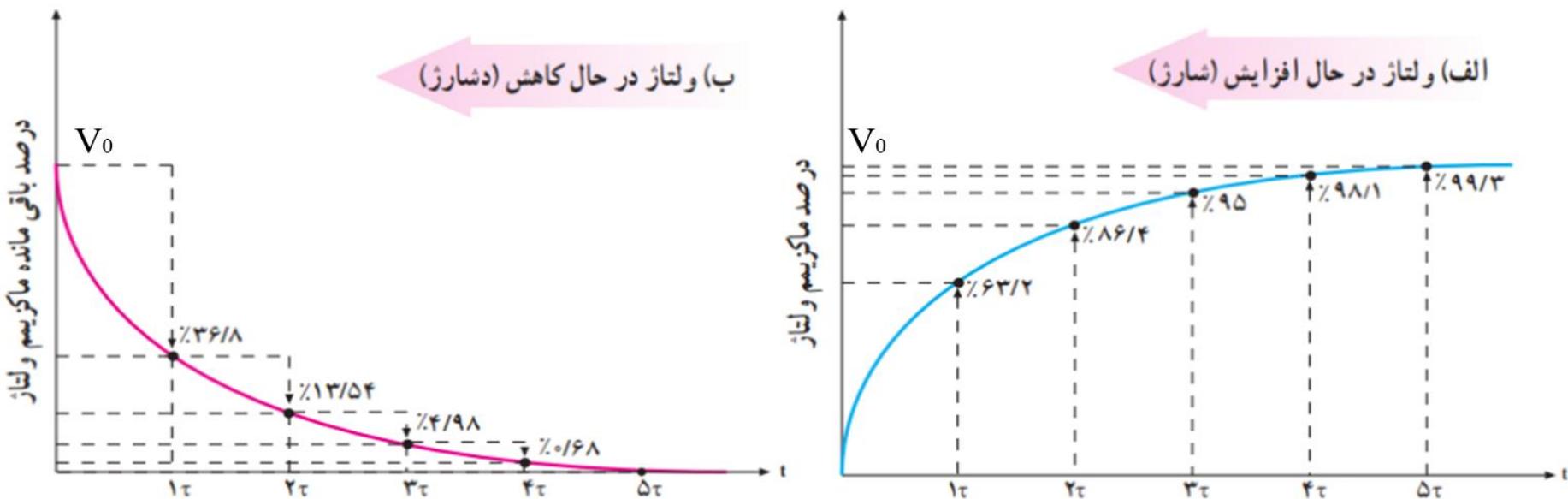


C₂



شکل ۴: مدار دشارژر خازن

راهنمایی و یادآوری درباره ثابت زمانی:



در ۵ ثابت زمانی، ولتاژ به کمتر از ۱٪ مقدار ماکریم می‌رسد که این مقدار علاوهً صفر است.

در ۵ ثابت زمانی، ولتاژ به بیش از ۹۹٪ ماکریم می‌رسد که این مقدار علاوهً ۱۰۰٪ است.

منحنی‌های شارژ و دشارژ خازن

$$V\tau - \text{discharge} = 0.37 * V_0$$

$$V\tau - \text{charge} = 0.63 * V_0$$

آزمایش هفتم

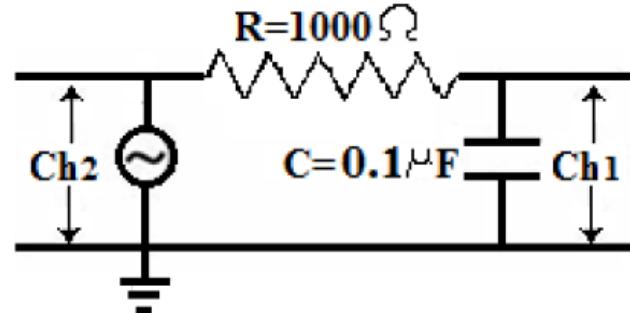


دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

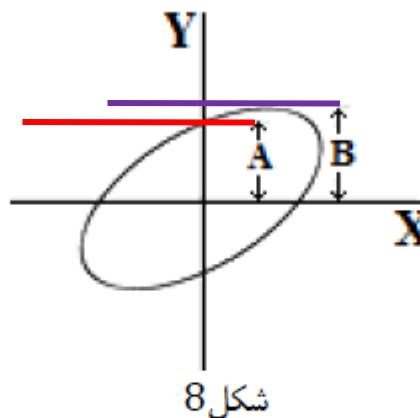
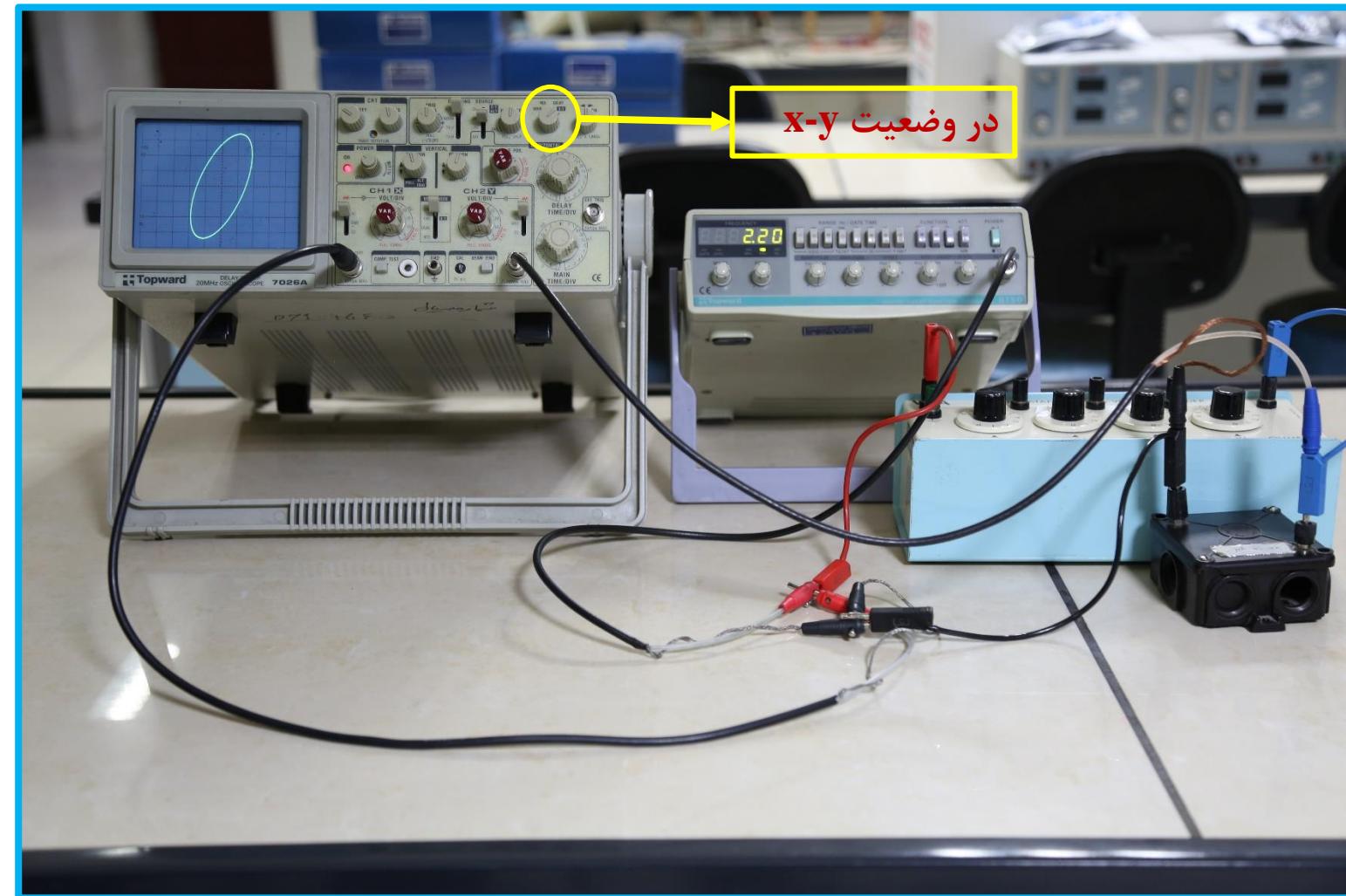
- سیگнал ژنراتور را روشن کنید و آن را در حالت سینوسی با فرکانس ~~500 Hz~~ قرار دهید.
- پروف ورودی اسیلوسکوپ را به ترمینال خروجی سیگنال ژنراتور وصل کنید. از کالیبره بودن سیستم مطمئن شوید (کلید شماره 10 بسته باشد).
- کلید شماره 17 را در حالت main قرار دهید.



شرح آزمایش(بخش سوم- محاسبه اختلاف فاز بر حسب فرکانس در مدار RC):



شکل 6: مدار RC



شکل 8

$$\sin \theta = \frac{A}{B} \Rightarrow \theta = \sin^{-1} \left(\frac{A}{B} \right)$$

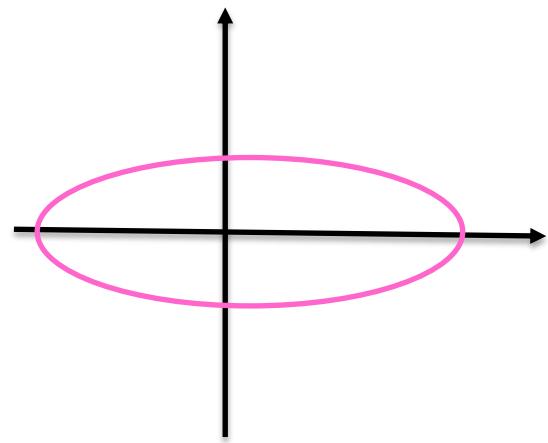
شرح آزمایش(بخش چهارم- ایجاد منحنی لیسازور):

$$y = a \sin(\omega t)$$

$$x = a \sin(\omega t + \theta)$$

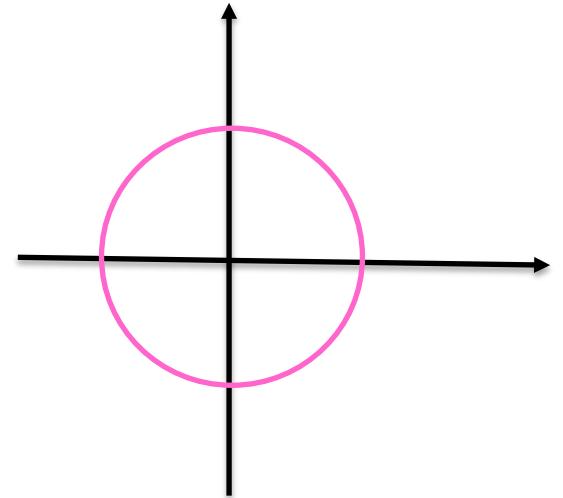
اگر دو موج با دامنه و فرکانس مساوی به صفحه افقی و قائم اسیلوسکوپ وارد شود:

$$(0 < \theta < \frac{\pi}{2}) \quad ۹۰^\circ \text{ تا } ۰^\circ \quad \checkmark$$



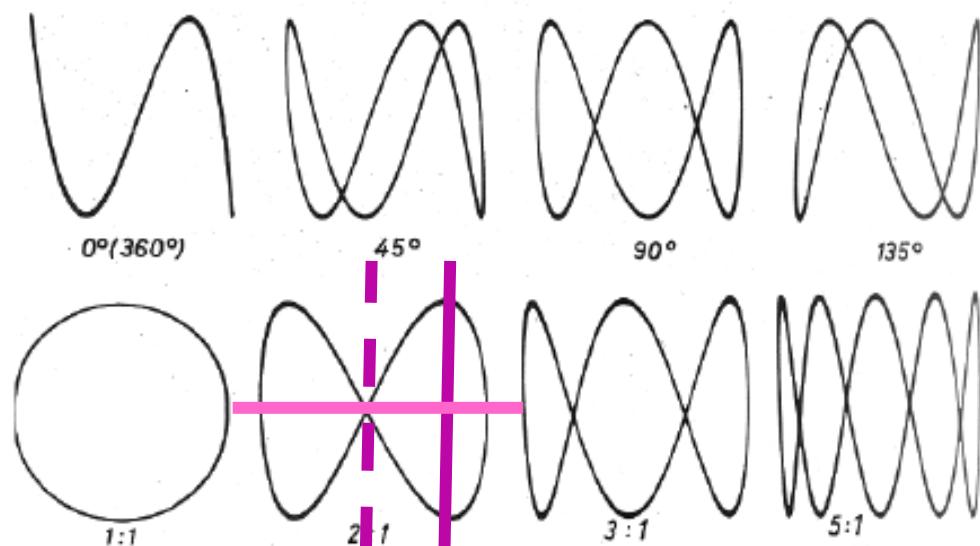
$$\theta = \frac{3\pi}{2} \text{ یا } \theta = \frac{\pi}{2} \quad \checkmark$$

$$\frac{y}{x} = \frac{a \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)}{a \sin(\omega t)} = \frac{\cos(\omega t)}{\sin(\omega t)}$$

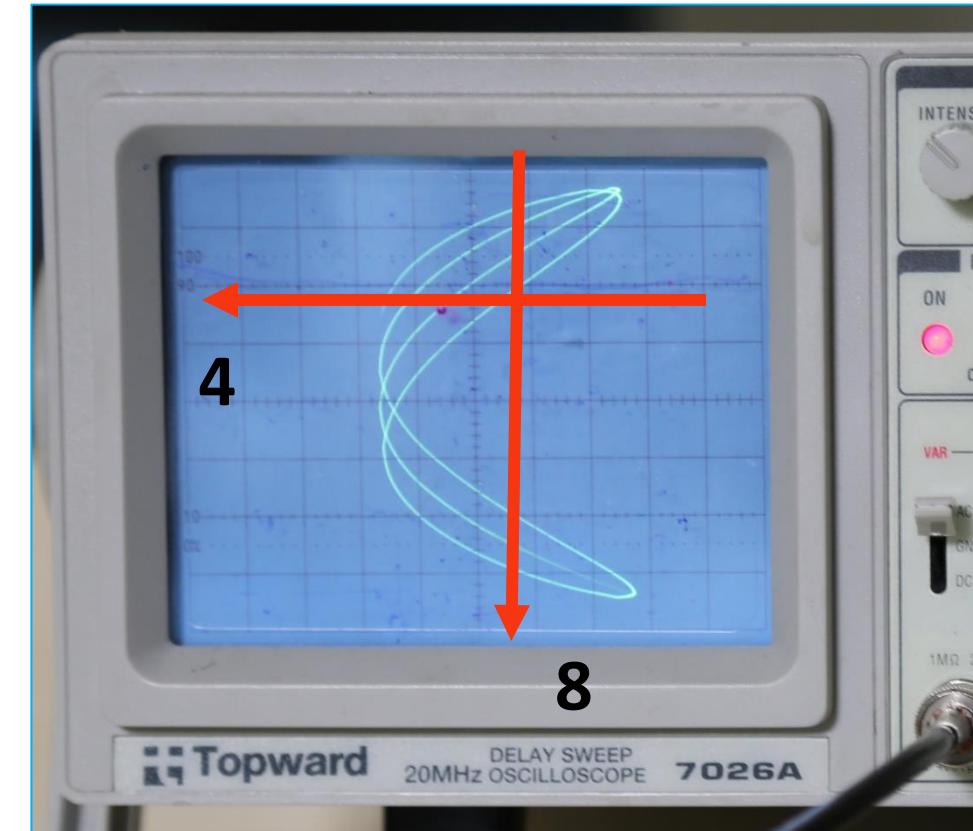


شرح آزمایش (بخش چهارم - ایجاد منحنی لیسازور):

$$\frac{f_v}{f_h} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{\text{تعداد برخوردهای خط افقی با منحنی}}{\text{تعداد برخوردهای خط قائم با منحنی}}$$



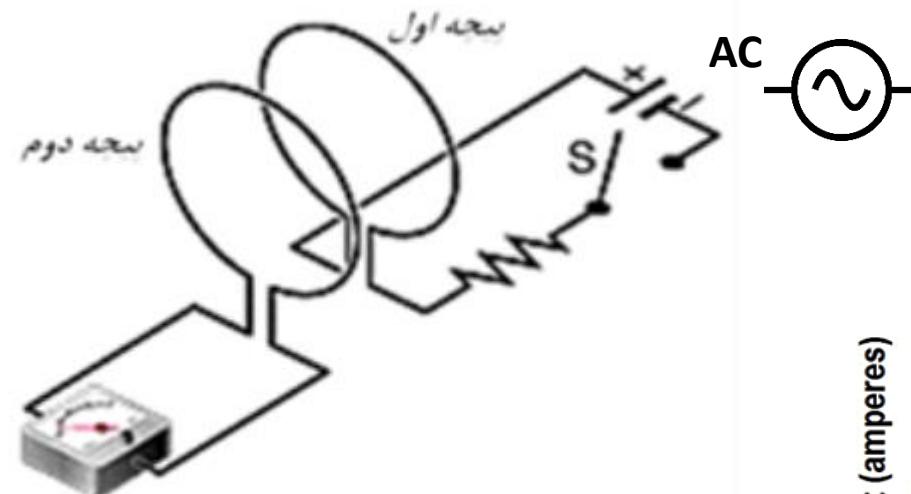
شکل ۹: اشکال لیسازور



آزمایش هشتم

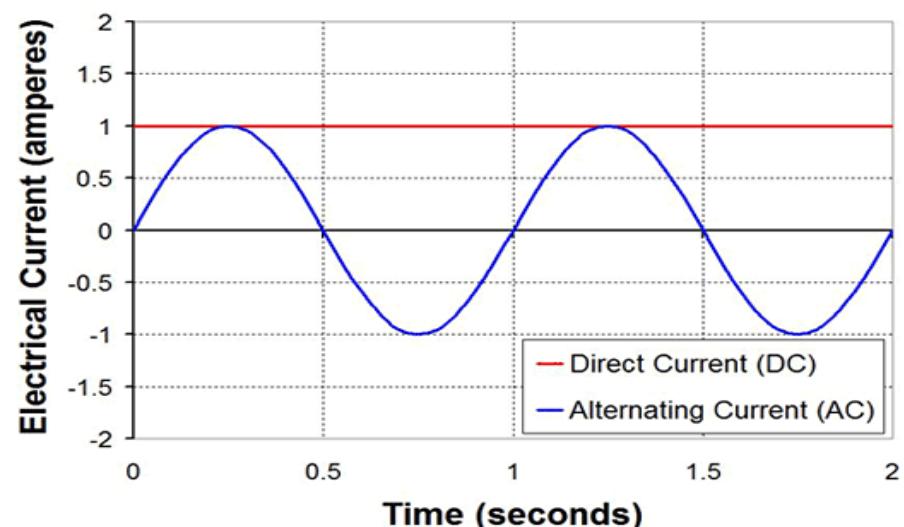
تحقيق قانون القای فارادی

در آزمایش دیگری دو پیچه ساکن را در نظر بگیرید. با زدن کلید S جریان لحظه‌ای القایی در پیچه دوم به وجود می‌آید. در لحظه قطع کلید نیز این جریان مجدداً مشاهده می‌شود.



شكل ۲

آیا در حالت DC قانون القای فاراده صادق هست؟



نیروی محرکه القایی



$$\varepsilon = -N \frac{d\varphi_B}{dt}$$

قانون القای فارادی

$$\varphi_B = B * A$$

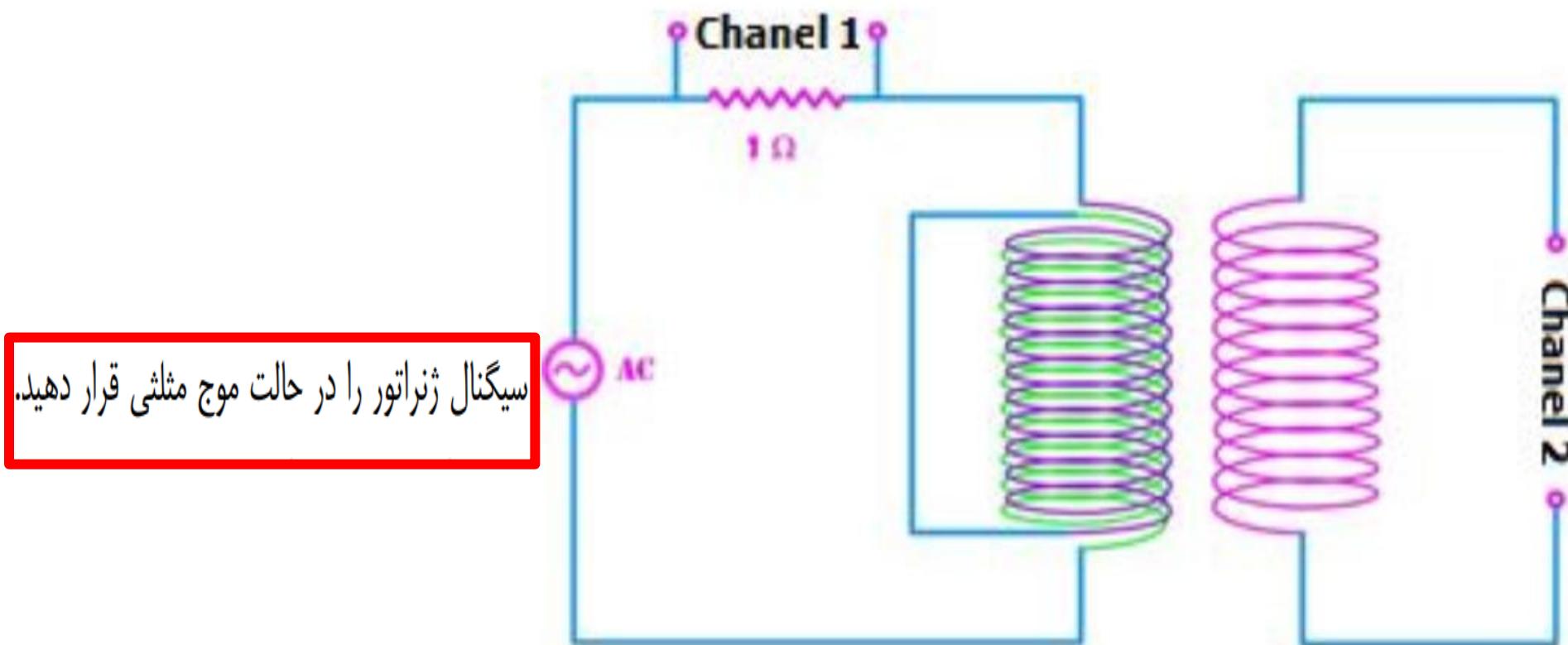
$$B = \mu \cdot v I$$

$$\varepsilon = -NA \frac{dB}{dt} = -NA\mu_0 v \frac{dI}{dt}$$

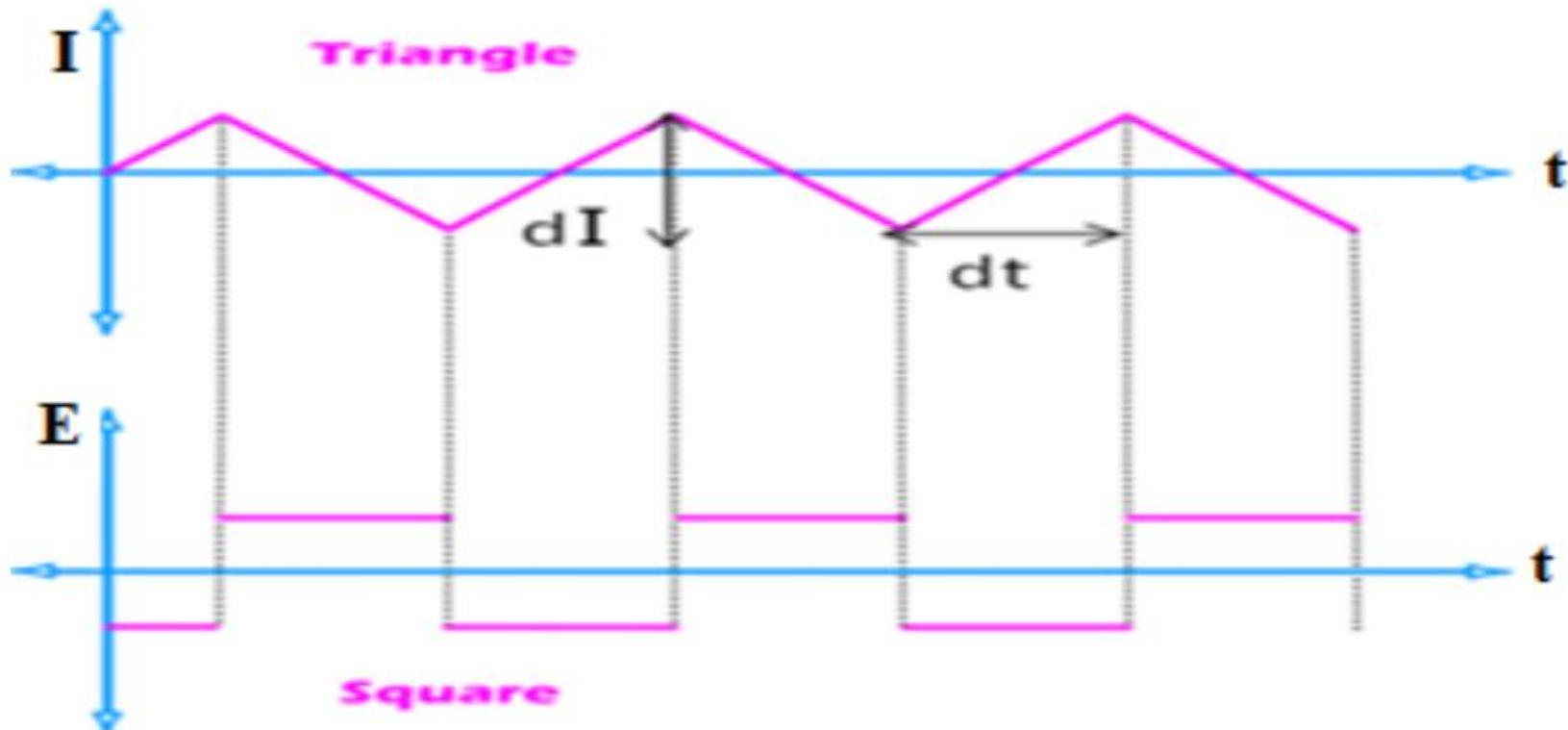
که در آن μ . ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی در خلا است و در این آزمایش $v = N/L = 400$ ، تعداد دور در واحد طول سیم‌لوله اولیه می‌باشد.

که در آن $A = 3/85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ سطح مقطع سیم‌لوله ثانویه و $N=60$ تعداد دورهای سیم‌لوله ثانویه می‌باشد.

با قرار دادن کلید بر روی **dual** می توانید این دو موج را به طور همزمان مشاهده نمایید.



شكل ۵

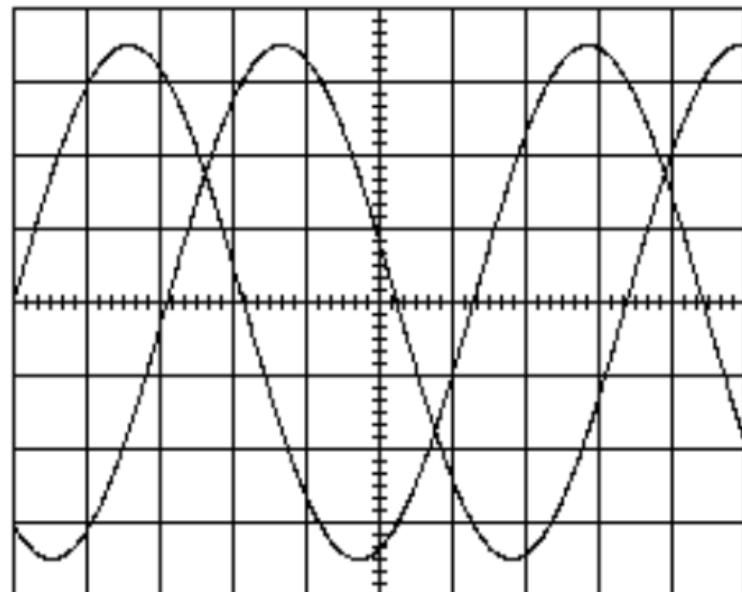


$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt}$$

شكل ۶: موج تحریک و موج القا بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ

ج) اندازه گیری اختلاف فاز دو موج

- حال به همین طریق که مدار بسته است ولتاژ سیگنال ژنراتور را در حالت سینوسی قرار دهید.
- کلید اسیلوسکوپ را در حالت dual قرار داده و دو موج را به طور همزمان مشاهده کنید. با اندازه گیری فاصله زمانی دو قله موج بر حسب t و براساس رابطه زیر اختلاف فاز دو موج را اندازه گیری نمایید.



$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\text{Time/div} \times \text{ضریب}}{\text{دوره تناوب موج} \times \text{ضریب}}$$

شكل ۷