

الف: دستورالعمل نحوه کار در آزمایشگاه فیزیک پایه ۲

کار در آزمایشگاه فیزیک پایه ۲ نیازمند رعایت یک سلسله مقررات خاصی می‌باشد تا بهترین نتیجه به منظور انجام تجربه‌ای عملی حاصل شود.

- ۱- حضور به موقع در ساعت مقرر در محیط آزمایشگاه مربوطه الزامی است.
- ۲- پیش مطالعه آزمایش تعیین شده به منظور تسلط کامل به انجام آزمایش مورد نظر ضروری است.
- ۳- رعایت نظم و ترتیب در انجام کار گروهی و مسئولیت‌پذیری در اجرای آزمایش مورد نظر.
- ۴- دقت در حفظ و نگهداری وسایل و دستگاه‌های آزمایشگاهی که در اختیار گروه گذاشته شده است.
- ۵- عدم تحرک بی‌جا در آزمایشگاه و عدم دخالت در اجرای آزمایش گروه‌های دیگر.
- ۶- داشتن نظم و ترتیب در موقع انجام آزمایش و رعایت سکوت و آرامش محیط آزمایشگاه.
- ۷- دقت در کاهش عوامل خارجی که بر روی نحوه اجرای آزمایش و ایجاد خطا اثر می‌گذارند.
- ۹- حفظ خونسردی در صورت بروز سانحه‌ای غیرقابل پیش‌بینی در محیط آزمایشگاه.
- ۱۰- توجه به نکات ایمنی نصب شده در محل آزمایشگاه و توصیه‌های ایمنی که توسط مربیان محترم مطرح می‌شود.
- ۱۱- آماده نمودن خود از پیش به منظور پاسخ‌گویی به پرسش‌های درسی آزمایش مربوطه.
- ۱۲- تمیز و مرتب نگاه داشتن محیط آزمایشگاه و میز کار مربوطه و دستگاه‌های آزمایشگاهی.
- ۱۳- پیش از کار با ابزار اندازه‌گیری، مطالعه دقیق نحوه کار آن ابزار.
- ۱۴- همراه داشتن لوازم نوشتاری مورد نیاز و ضروری نظیر خط‌کش، پرگار، ماشین حساب، کاغذ میلیمتری و ...
- ۱۵- پرهیز از تعجیل در اجرای آزمایش و داشتن اعتماد به نفس لازم جهت اجرای هر چه بهتر آزمایش.
- ۱۶- طرح پرسش‌های درسی و مطرح نمودن سؤالاتی که در حین آزمایش پیش می‌آید از مربیان محترم.

ب: نحوه ارائه گزارش کار آزمایشگاه

باید توجه داشته باشید که درصدی از نمره نهایی آزمایشگاهی شما مربوط به گزارش کارهای آزمایشگاهی می‌باشد. لذا ضمن رعایت تمیزی و مرتب نوشتن نتایج باید اطلاع داشته باشید که تحویل به موقع گزارش کارها نیز در نمره نهایی بی‌تأثیر نخواهد بود. هرگونه کپی‌برداری از نوشته دیگران از ارزش کار و اعتماد به نفس شما خواهد کاست.

۱. جهت ارائه گزارش کار لازم است یک دفترچه ۸۰ یا ۱۰۰ برگ تهیه شود.
۲. پس از انجام هر آزمایش نتایج آن در دفترچه مذکور درج و قبل از ترک آزمایشگاه به تایید مسوولین آزمایشگاه برسد (گزارش کار ساده). گزارش کار کامل یک هفته بعد از انجام آزمایش بصورت گروهی توسط دانشجویان تهیه شده و به مسوولین جهت تصحیح ارائه می‌گردد.
۳. درج فهرست گزارش کار آزمایشها با ذکر شماره صفحه ضروری می‌باشد.
۴. توجه شود که هر دو گزارش ساده و گزارش کامل باید در یک دفتر نوشته شده باشد تا مورد تایید قرار گرفته و تصحیح شود.

◀ خصوصیات یک گزارش کار کامل:

- درج عنوان آزمایش در شروع گزارش
- درج نام تهیه کننده و همکاران و تاریخ انجام آزمایش
- درج نام مدرسین آزمایشگاه
- درج تاریخ تحویل گزارش
- ارائه مقدمه شامل مطالب اصلی و اهداف آزمایش
- درج تئوری آزمایش به صورت مختصر و کافی
- توضیح مختصر چگونگی انجام آزمایش
- درج نتایج آزمایش به صورت جدول و رسم نمودار در صورت لزوم
- انجام و نمایش محاسبات لازم
- پاسخ به پرسشها
- محاسبه خطاها

نمونه یک گزارش کار کامل موردنظر را می‌توانید در آزمایشگاه ملاحظه کنید.

پ: مفاهیم، تعاریف و اصول اولیه یک آزمایش

◀ اهمیت و مفهوم خطا

اندازه گیری دقیق یک کمیت در یک آزمایش به دلیل وجود عوامل زیادی که مانع رسیدن ما به مقدار واقعی آن کمیت می‌شوند، از قبیل: وسایل اندازه گیری کمیات، شخص آزمایشگر، عوامل پیچیده و متغیر محیطی مانند دما و فشار و... امکان پذیر نیست.

با اینکه اندازه گیری دقیق یک کمیت امکان ندارد اما داشتن تخمینی از خطای یک کمیت از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا که داشتن دقیق خطای یک کمیت معادل داشتن دقیق آن کمیت است. اصولاً کم کردن خطاهای موجود در یک آزمایش همیشه کار ساده‌ای نیست. به این خاطر اگر آزمایشی برای مقاصد خاصی انجام می‌شود باید ببینیم به چه دقتی احتیاج است تا دچار زحمت مضاعف و بیهوده نشویم. به طور کلی خطاها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

1. خطاهای کاتوره ای (تصادفی) - ناشی از تمام عواملی که تاثیر آنها مستقل از کمیات موجود در آزمایش است. از قبیل: تغییرات دما، رطوبت، تغییرات جریانات برق، خطاهای شخص آزمایشگر مانند خطاهای حاصل در به کار انداختن زمان‌سنج و توقف آن و...
2. خطاهای سیستماتیک (ذاتی) - ناشی از تعدی واقعیات آزمایش از مفروضات نظری. از قبیل: معیوب بودن وسیله اندازه گیری و...

◀ خطای مطلق

چنانچه بخواهیم کمیتی را در یک آزمایش مورد اندازه گیری قرار دهیم، دو حالت وجود دارد. یا مقدار دقیق و واقعی کمیتی را که می‌خواهیم اندازه‌گیری کنیم، داریم و یا نداریم.

در حالت اول اگر مقدار واقعی آن کمیت را با X نمایش دهیم و مقدار بدست آمده از آزمایش را با X' در این صورت خطای مطلق آزمایش ε بنا به تعریف عبارت است از:

$$\pm \varepsilon = X - X'$$

در حالت دوم بدلیل آن که مقدار واقعی را نداریم چاره‌ای جز تکرار آزمایش نیست. در این حالت دست آوردن درست یک کمیت چند بار باید اندازه گیری انجام شود. اگر اعداد به دست آمده را x_1, x_2, \dots, x_n بنامیم، آنگاه مقدار مناسب کمیت مورد نظر میانگین این اعداد می‌باشد.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

در این صورت این مقدار میانگین را بصورت مقدار واقعی کمیت مورد نظر در نظر می‌گیریم. (با این شرط که مقادیر انحراف معیار σ_m ، یعنی مقادیری که با سایر مقادیر بسیار فاصله دارند را از مقدار میانگین حذف کنیم).

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}}$$

در غیر این صورت، σ_m می‌تواند خطای تخمینی خوبی برای میانگین مقادیر اندازه گیری شده باشد. بنابراین در نهایت مقدار درست کمیت مطلوب به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$\bar{X} \pm \sigma_m$$

خطای مطلق نیز در این صورت به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\pm \varepsilon_i = [\bar{X} \text{ or } (\bar{X} \pm \sigma_m)] - x_i$$

خطای نسبی و درصد خطای نسبی

بنا به تعریف قدر مطلق خطای مطلق تقسیم بر مقدار واقعی را خطای نسبی می‌نامند:

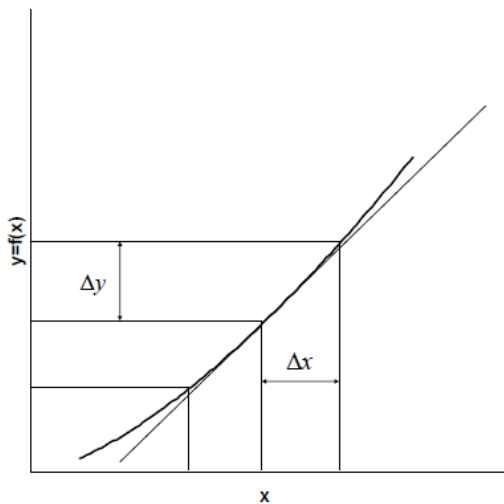
$$\text{خطای نسبی} = \left| \frac{X - \bar{X}}{X} \right| = \left| \frac{\pm \varepsilon}{X} \right|$$

همچنین بنا به تعریف حاصل ضرب خطای نسبی در ۱۰۰ را که آن را بصورت درصد نشان می‌دهند درصد خطا و یا درصد خطای نسبی می‌نامند:

$$\text{درصد خطای نسبی} = \left| \frac{X - \bar{X}}{X} \right| \times 100 = \left| \frac{\pm \varepsilon}{X} \right| \times 100$$

◀ محاسبه خطا در توابع تک متغیره:

در حالتی که f تابعی فقط از یک کمیت باشد یعنی $y = f(x)$ ، با توجه به شکل (۱) وقتی x به اندازه Δx تغییر کند، آنگاه y به اندازه Δy تغییر میکند. اگر Δx کوچک باشد همانطور که از روی شکل دیده می‌شود، Δy از رابطه زیر بدست می‌آید:



$$\Rightarrow \Delta y = \frac{df(x)}{dx} \Delta x$$

در حقیقت شیب خط مماس بر منحنی در نقطه x است. $\frac{df}{dx}$

شکل (۱)

◀ محاسبه خطا در توابع چند متغیره:

در حالتی که f تابعی از چند کمیت باشد یعنی $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ، آنگاه:

$$(\Delta y)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n \right)^2$$

که در این رابطه $\frac{\partial f}{\partial x_n}$ به مشتق جزئی f نسبت به x_n معروف است.

مثال:

$$y = ax + b \Rightarrow \frac{dy}{dx} = a \Rightarrow \Delta y = a \Delta x$$

$$y = x_1 + x_2 \Rightarrow (\Delta y)^2 = (\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2$$

◀ محاسبه خطا به روش لگاریتمی

از این روش اغلب برای محاسبه مقدار خطا در اندازه گیری مقدار یک کمیتی که به دلایل مختلف فقط امکان یک بار آزمایش جهت تعیین آن کمیت وجود دارد، استفاده می شود. برای درک بهتر این روش را در یک مثال توضیح می دهیم.

فرض کنید می خواهیم با استفاده از رابطه فیزیکی $y = \frac{1}{2}gt^2$ و ابزارهای اندازه گیری طول (با دقت ۰/۰۰۱) و زمان سنج (با دقت ۰/۰۱) مقدار شتاب گرانش را فقط با یک بار آزمایش در منطقه ای اندازه بگیریم. پس از آزمایش نتایج روبه رو بدست آمده است: $(y = 10m, t = 2.4s)$. اینک می خواهیم از روش لگاریتمی مقدار خطای شما در اندازه گیری g را بدست آوریم. به این منظور ابتدا رابطه تئوری مورد نظر را بر حسب کمیتی که می خواهیم مقدار خطای آنرا محاسبه کنیم، مرتب می کنیم:

$$g = \frac{2y}{t^2}$$

سپس از طرفین رابطه در مبنای طبیعی لگاریتم می گیریم:

$$\ln g = \ln 2 + \ln y - 2 \ln t$$

حال از رابطه بالا دیفرانسیل جزئی می گیریم. یعنی تغییرات هر یک از پارامترهای موجود رابطه را نسبت به خودش در نظر می گیریم:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta 2}{2} + \frac{\Delta y}{y} - 2 \frac{\Delta t}{t}$$

مقادیر ثابت را که نسبت به خودشان تغییراتشان برابر با صفر است، حذف کرده و چون حداکثر خطا را می خواهیم محاسبه کنیم، کلیه علامت های منفی را به مثبت تبدیل می کنیم:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta y}{y} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

اینک در سمت راست معادله بدست آمده اخیر بجای Δ ها دقت اندازه گیری و بجای کسرها مقادیر بدست آمده از آزمایش را قرار می دهیم:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{0.001}{10} + 2 \frac{0.01}{2.24} = 0.0081 \Rightarrow \left| \frac{\Delta g}{g} \right| \times 100 = 0.81 \%$$

یعنی با توجه به دقت اندازه‌گیری در آزمایش فوق درصد خطای نسبی در محاسبه برابر با ۰/۸۱ درصد بوده است لذا با یک نسبت‌گیری ساده:

$$\left. \begin{array}{cc} 100 & 0.81 \\ 10 & x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{8.1}{100} = 0.081\%$$

در می‌یابیم که مقدار g واقعی در آزمایش موردنظر با توجه به یک بار اجرای آزمایش برابر بوده است با:

$$g = 10 - 0.081 = 9.919 \frac{m}{s^2}$$

به این ترتیب با مثالی که در بالا آورده شد، می‌توان به منظور تحقیق نتایج ناشی از یک رابطه فیزیکی از روش محاسبه خطا به روش لگاریتمی استفاده نمود.

◀ حساسیت:

حساسیت به آزمایشگر بر می‌گردد و بنا به تعریف عبارتست از عکس خطای نسبی کل. بدین معنی که هر قدر خطای نسبی کل بیشتر باشد، آزمایشگر آزمایش را با حساسیت کمتری که از خود نشان داده، انجام داده است.

◀ دقت:

دقت به ابزار اندازه‌گیری بر می‌گردد و بنا به تعریف عبارتست از حداقل مقداری که می‌توان به کمک یک دستگاه اندازه‌گیری کرد مثلاً کولیس با دقت ۰/۰۰۰۱ متر یا زمان‌سنج با دقت ۰/۰۱ ثانیه و...

(تعداد فواصل مساوی بین آن دو عدد) ÷ (فاضل دو عدد متوالی روی دستگاه اندازه‌گیری) = دقت ابزار اندازه‌گیری

نکته:

در محاسبه درصد خطا بدلیل آن که از نظر فیزیکی خطای صفر درصد معنی ندارد، در صورتیکه در جواب نهایی بدست آمده توسط آزمایشگر خطا صفر درصد باشد، در این صورت دقت ابزار اندازه‌گیری به عنوان درصد خطا در نظر گرفته می‌شود.

◀ سیستم‌های اندازه گیری:

پیش از شروع به اجرای آزمایش ابتدا باید تصمیم گرفت که مقادیر عددی محاسبه در چه دستگاهی اندازه‌گیری و اجرا شوند. به دستگاه اندازه‌گیری «سیستم اندازه‌گیری» نیز می‌گویند. سه نوع سیستم اندازه‌گیری در دنیا مرسوم است:

۱- سیستم اندازه‌گیری بین‌المللی SI یا $M.K.S$ (متر، کیلوگرم، ثانیه) که بسیار تلاش می‌شود کلیه کشورهای جهان از آن پیروی کنند.

۲- سیستم اندازه‌گیری $C.g.S$ (سانتی‌متر، گرم، ثانیه) که زیر مجموعه‌ای است از سیستم SI .

۳- سیستم اندازه‌گیری $f.Lbs$ (فوت «۰/۳۳ متر»، پوند «۰/۴۵۸ کیلوگرم»، ثانیه).

◀ انواع کمیت‌ها:

در فیزیک کمیت‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- اصلی: کمیت‌هایی که مبنای تعریف سایر کمیت‌ها هستند و خود بطور مستقل بیان می‌شوند. نظیر طول، جرم، زمان.

۲- فرعی: کمیت‌های که وابسته به کمیت‌های اصلی هستند و از ترکیب کمیت‌های اصلی بدست می‌آیند. نظیر نیرو، جرم حجمی، شتاب و ...

کمیت‌های اصلی و فرعی و یکای آنها در اغلب در فهرست انتهایی کتاب‌های فیزیک پایه ذکر شده‌اند.

◀ ارقام معنادار و قوانین حاکم بر آنها:

ارقام معنادار به ارقامی گفته می‌شود که در حد دقت ابزار اندازه‌گیری هستند. در حقیقت برای آنکه دقت کمیتی را بیان کنیم، به همراه کمیت مقدار خطای آن را نیز می‌نویسیم: $x \pm \varepsilon$. اما با به کار بردن مفهوم ارقام معنادار دقت یک کمیت در مقدار بیان شده آن مستتر است. برای مثال وقتی می‌گوییم که طول یک میز 123 cm است، به طور ضمنی به خطای آن که برابر 1 cm است هم اشاره کرده‌ایم. به عبارتی طول میز برابر است با: $123 \pm 1 \text{ cm}$. در ادامه به چند قانون مهم در مورد ارقام با معنی اشاره می‌شود.

۱. تعداد رقم های اعشار مجموع یا تفاوت دو کمیت برابر تعداد رقمهای اعشار کمیتی است که کمترین رقم اعشار را دارد.

$$\text{مثال: } 45.0\text{cm} + 22\text{cm} = 67\text{cm}$$

۲. تعداد ارقام معنا دار حاصلضرب یا نسبت دو کمیت برابر تعداد ارقام معنادار کمیتی است که کمترین ارقام معنادار را داراست.

$$\text{مثال: } 2.3\text{cm} \times 4.33\text{cm} = 10\text{cm}$$

نکات مهم:

۱. در محاسبات طولانی شامل چندین جمع و تفریق و ضرب و تقسیم، محاسبات را به طور کامل انجام داده و قوانین را روی نتیجه نهایی اعمال کرده و در صورت لزوم جاصل را گرد می‌کنیم.
۲. تفاوت ریاضی آزمایشگاهی با ریاضی معمولی در این است که در آزمایشگاه به هیچ وجه حق نداریم بیش از ارقام با معنی در جواب آزمایش رقم بیآوریم، چنانچه در حین آزمایش با چند دستگاه اندازه‌گیری سر و کار داشته باشیم مقدار رقم با معنی که باید در نظر گرفته شود، معمولاً در حد بالاترین دقت اندازه‌گیری در میان دستگاه‌ها باید باشد
۳. توجه داشته باشید که از دیگر تفاوت‌های ریاضی آزمایشگاهی با ریاضی معمولی آن است که در نوشتن مقادیر عددی در آزمایشگاه حتماً باید نماد (دیمانسیون یا بعد) عدد مربوطه در مقابل آن ثبت شود. اگر جواب بدست آمده مربوط به یک ضریب یا عدد ثابت است باید حتماً در مقابل آن کلمه ضریب ثابت قید شود.

◀ نمودارها در آزمایشگاه

نمودارها نمایش دهنده رابطه یک کمیت وابسته با یک (نمودار دو بعدی) یا دو کمیت (نمودار سه بعدی) مستقل است. به طور کلی نمودارها بیانگر رفتارهای کلی کمیات در مقادیر مختلف (مانند خطی یا غیر خطی بودن و...) می‌باشند. همچنین به کمک نمودارها می‌توان روابط بین کمیات را در محدوده‌های مختلف حدس زد. هنگام کار در آزمایشگاه وقتی برای اندازه‌گیری صحیح یک کمیت مجبوریم به دفعات آزمایش را تکرار

کنیم، لاجرم با حجم عظیمی از داده‌ها و در نتیجه محاسبات متعدد و مکرر روبه‌رو خواهیم شد. در این وضعیت بهتر است که برای بیان نتایج و تحلیل رفتار تغییرات کمیت مورد نظر از نمودارها کمک بگیریم.

در آزمایش‌ها با تغییر یکی از کمیت‌ها (متغیر) مقدار کمیت‌های دیگر (تابع) را بدست آورده و در جدول ثبت می‌نماییم. معمولاً از دستگاه مختصات دکارتی استفاده کرده و متغیرها را روی یک محور (محور x ها) و توابع متناظر را روی محور دیگر (محور y ها) نقطه‌یابی کرده و نقاط را به یکدیگر متصل می‌کنیم. لازم به ذکر است که لزومی ندارد خط رسم شده از کلیه نقاط عبور کند بلکه کفایت بهترین خط ممکن در نمودار رسم شود. چنانچه چند نقطه از نتایج در زیر خط و چند نقطه در بالای خط مورد نظر قرار گیرند، شرط آنکه آن منحنی بهترین منحنی باشد اینست که:

$$\sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n x'_i = \min$$

یعنی تفاضل مجموع فواصل بالای خط تا خط و مجموع فواصل نقاط پایین خط تا خط، حداقل مقدار ممکن باشد. بخش‌های مختلفی که حتماً می‌بایست در یک نمودار علمی لحاظ شوند، عبارتند از:

۱. عنوان: شامل شماره نمودار و توضیحی در مورد آن است.
۲. محورها: محور افقی متعلق به کمیت مستقل x و محور عمودی متعلق به کمیت وابسته $y = f(x)$ می‌باشد.
۳. درجه‌بندی محورها: هر محور باید دارای مبدا و مدرج باشد البته ممکن است مبدا آن در نمودار قرار نگیرد اما محورها باید طوری مقیاس‌بندی شوند که بخش اعظم داده‌ها نمودار را اشغال کنند.
۴. نام کمیت متعلق به هر محور و واحد آن کمیت
۵. خطوط خطا: مربوط به خطاهای کمیت‌های مستقل و وابسته که رسم این خطوط همیشه لزومی ندارد اما برای تعیین معادلات حاکم بر نمودار سودمند هستند.
۶. بهترین خط یا منحنی (تابع عبوری)
۷. جعبه راهنما: در صورت نیاز

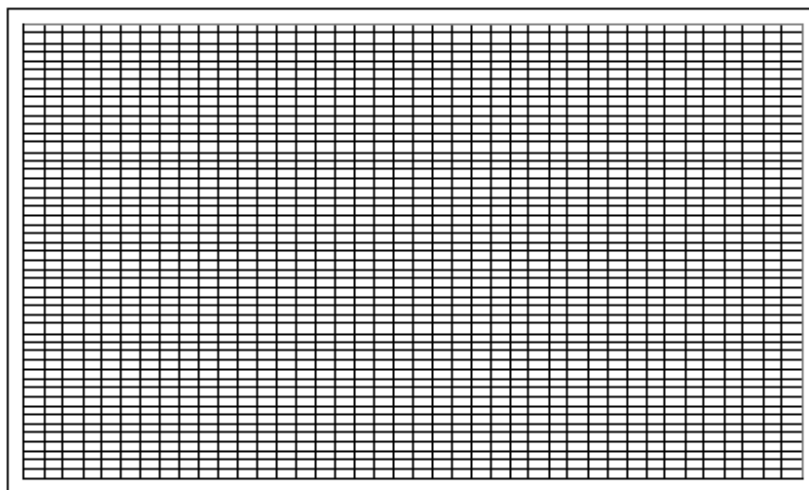
◀ انواع کاغذ رسم نمودار

نوع کاغذ رسم بکار برده شده در آزمایشگاه، به نوع معادله ریاضی که با آن سرو کار داریم بستگی دارد. در هر حالت هدف بدست آوردن یک نمودار خطی است تا با استفاده از شیب آن نمودار یک نتیجه فیزیکی به دست

آورده شود. اما مشکل اینست که همه نمودارها خطی نیستند. می‌توان کلکی زد و درجه بندی محورها را طوری دستکاری کرد تا نمودار حاصل ظاهراً به شکل یک خط درآید. در ادامه سه نوع متداول از انواع کاغذهایی را که برای رسم نمودار در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند را به اختصار توضیح می‌دهیم.

۱. کاغذ میلیمتری:

چنانچه معادله فیزیکی مورد نظر به صورت خطی باشد یعنی $y = f(x) = ax + b$ در اینصورت اینگونه معادله و نظیر آنرا روی کاغذ میلیمتری رسم می‌نمائیم و از رابطه $\tan a = y/x$ یا به عبارتی شیب نمودار می‌توان یک نتیجه فیزیکی بدست آورد.



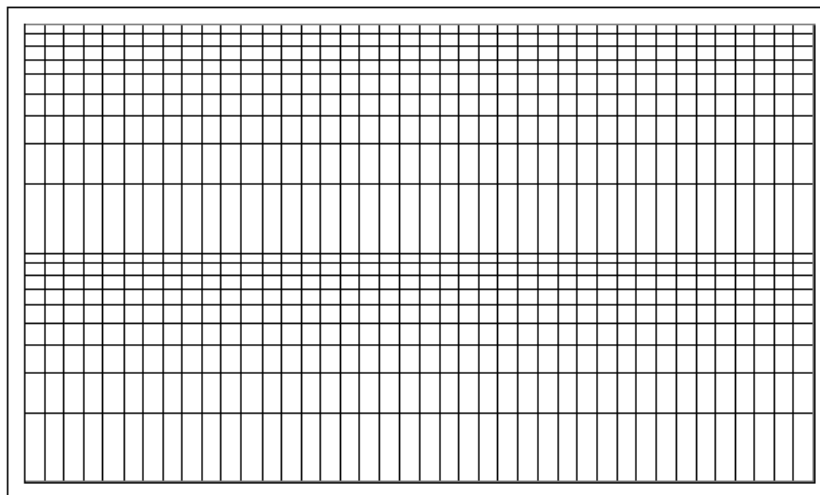
شکل (۲): کاغذ میلیمتری

۲. کاغذ نیم‌لگاریتمی

با لگاریتم‌گیری از طرفین معادله توابعی که به صورت نمایی هستند مانند $y = f(x) = ae^{bx}$ در مبنای طبیعی ملاحظه می‌شود که:

$$\ln y = \ln a + bx$$

تغییرات x عادی و y لگاریتمی خواهد بود. در این صورت y در روی محور لگاریتمی اینگونه کاغذها باید رسم شود تا نتیجه یک خط راست باشد. لازم به ذکر است که برای تعیین $\tan a$ در این نوع نمودارها طول y را در طول یک دوره (از ۰ تا ۰ بعدی محور لگاریتمی یعنی در ضریب ثابت $3/2$ طول دوره) ضرب می‌کنیم.



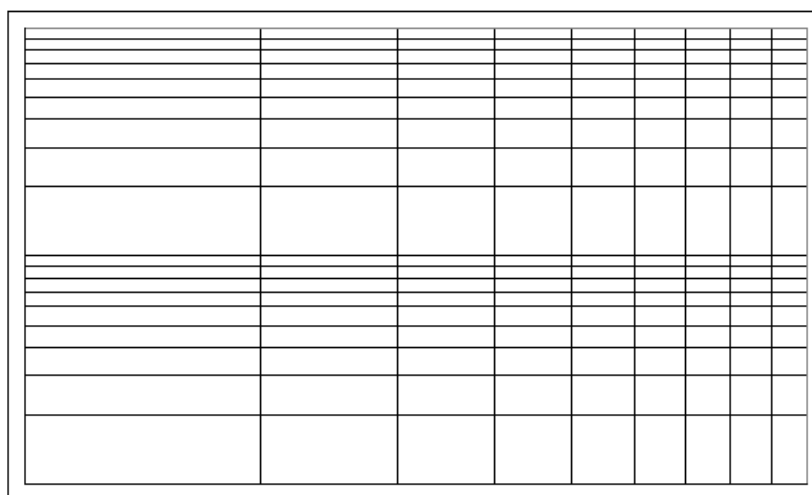
شکل (۳): کاغذ نیم‌لگاریتمی

۳. کاغذ تمام لگاریتمی

اگر از طرفین معادله توابعی که به صورت $y = f(x) = ax^b$ هستند، لگاریتم طبیعی گرفته شود، داریم:

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

اینگونه معادلات را بر روی کاغذهای تمام لگاریتمی رسم می‌کنیم.

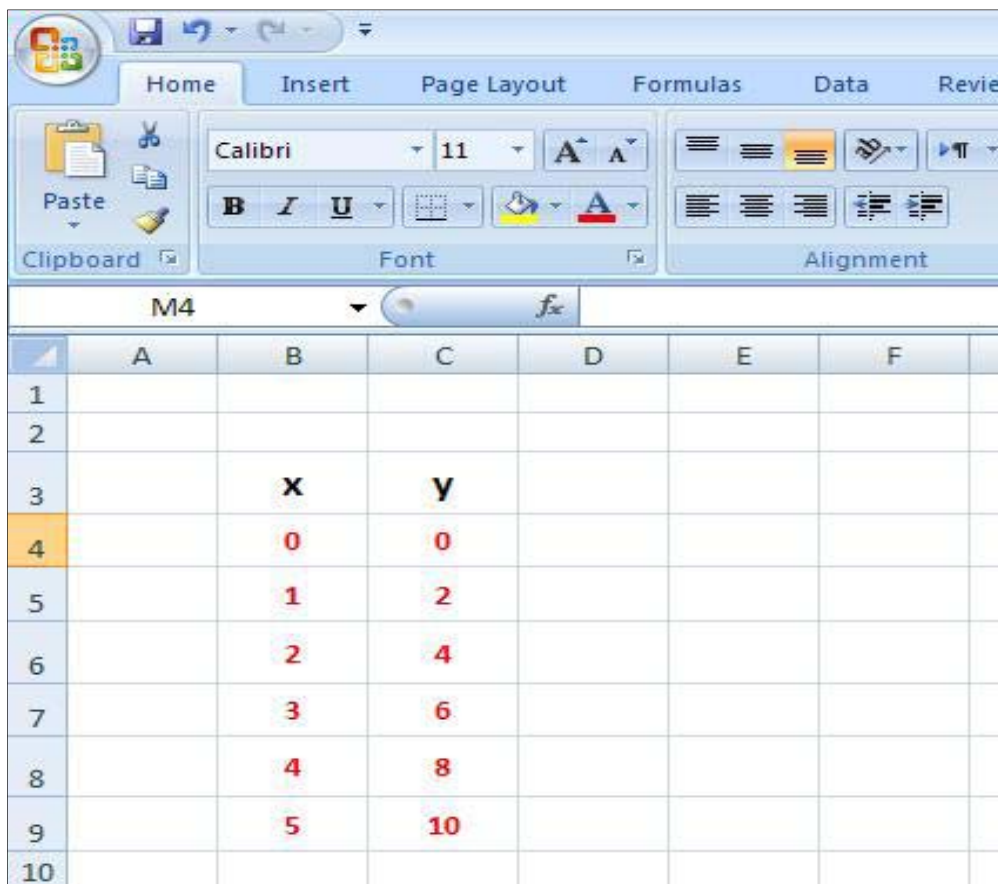


شکل (۴): کاغذ تمام لگاریتمی

رسم نمودار به کمک نرم افزار Excel

نرم افزار Excel از جمله نرم افزارهایی است که به کمک آن شما می‌توانید در محیط آن تمامی گزارش کار خود را بنویسید. همچنین این نرم افزار به شما امکانات لازم جهت درج داده‌های آزمایش به صورت طبقه‌بندی شده، انجام محاسبات مورد نیاز و از همه مهمتر رسم نمودارهای مربوطه را می‌دهد. در ادامه به طور مختصر و مفید روش رسم نمودار در این نرم افزار توضیح داده می‌شود.

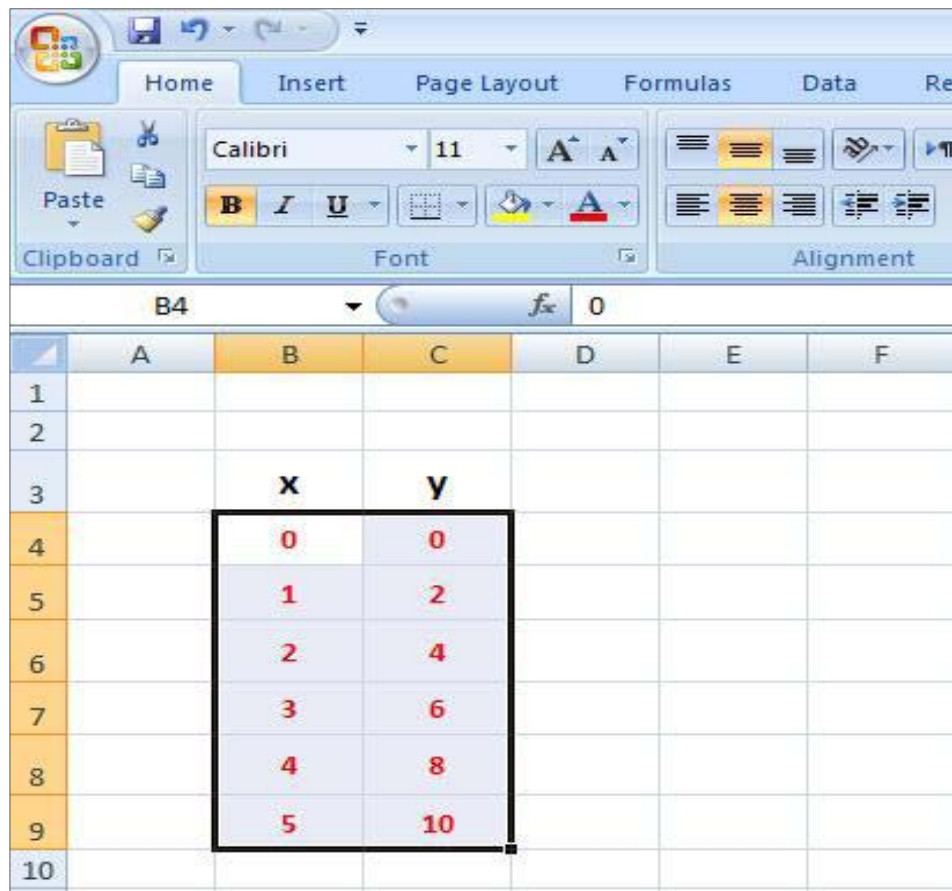
اگر داده‌های یک آزمایش در اختیار باشند، برای رسم نمودار کافی است مقادیر X و Y مربوط به آزمایش را در دو ستون مجزا بترتیب مطابق شکل زیر در خانه‌های یک صفحه کاری (Sheet) اکسل وارد کنیم.



	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3		X	Y			
4		0	0			
5		1	2			
6		2	4			
7		3	6			
8		4	8			
9		5	10			
10						

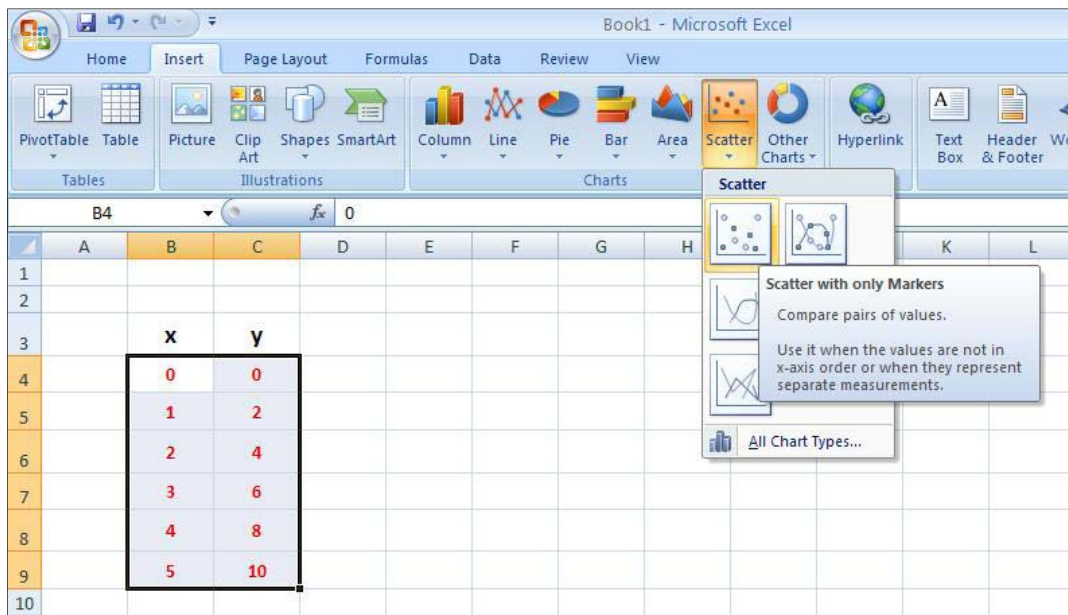
شکل (۵): وارد کردن داده‌ها در صفحه اکسل

سپس هر دو ستون داده‌ها را (X,Y) مطابق شکل (۶) انتخاب می‌کنیم.



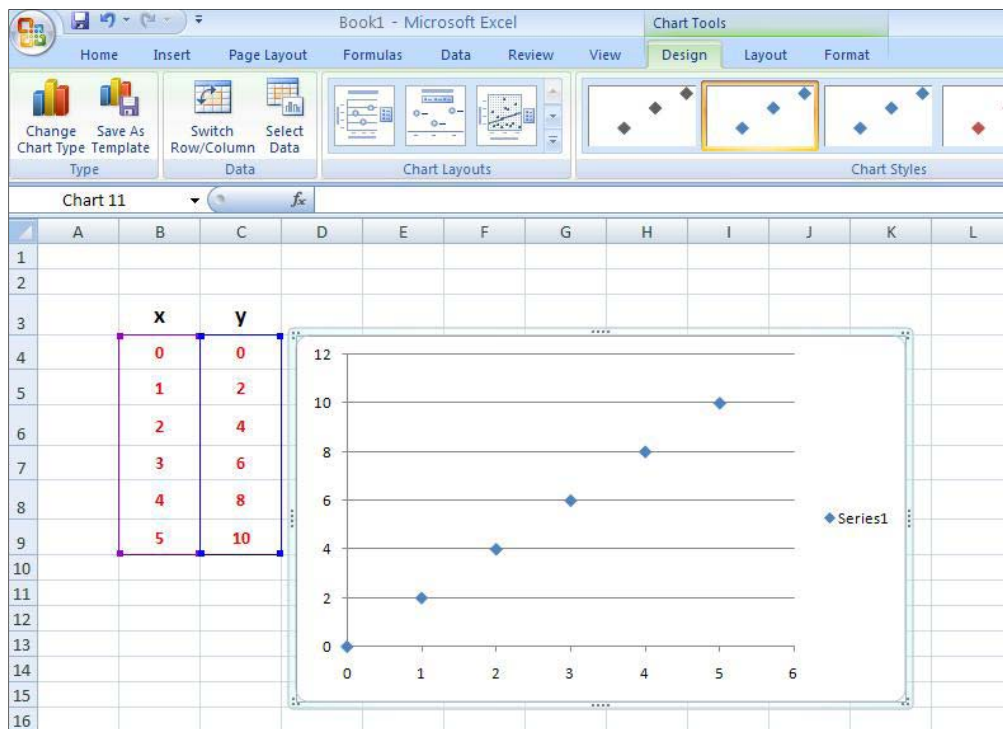
شکل (۶): انتخاب کردن داده‌ها در صفحه اکسل

حال از منوی بالای صفحه Insert را انتخاب میکنیم و سپس از زیر منوی Charts بر روی گزینه Scatter کلیک کرده و اولین حالت را انتخاب میکنیم.



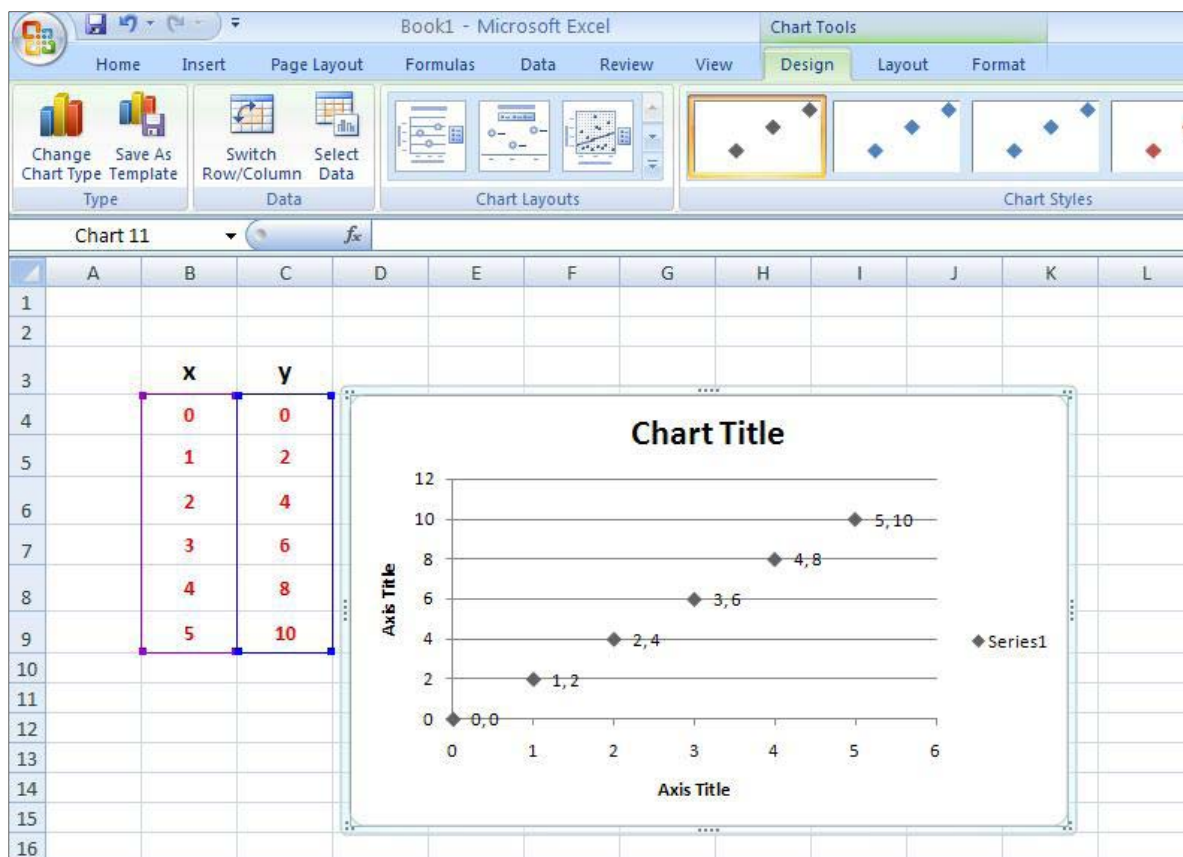
شکل (۶): انتخاب کردن نحوه رسم داده‌ها در صفحه اکسل

مطابق شکل (۷) یک نمودار از نقاط گسسته ظاهر خواهد شد که بیانگر داده‌ها (X,y) می‌باشد.



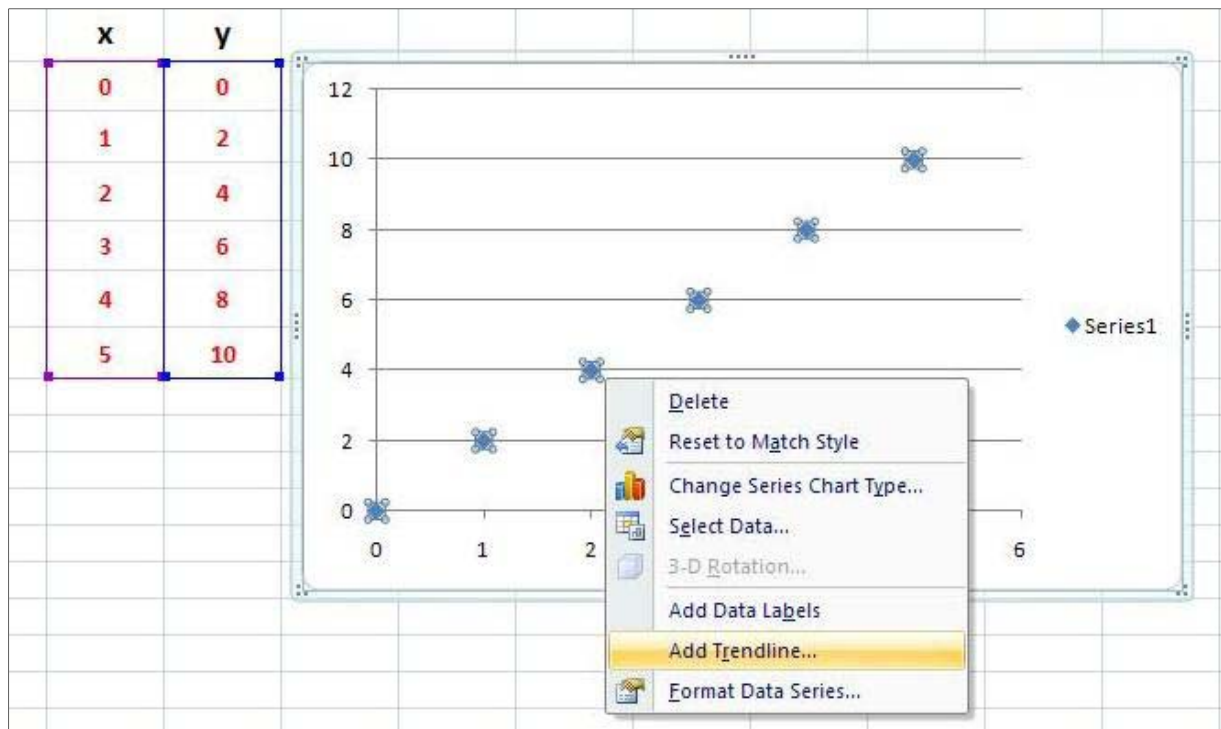
شکل (۷): نمودار گسسته داده‌ها در صفحه اکسل

برای مشخص کردن عنوان نمودار و برچسب محورهای مختصات میبایست ابتدا بر روی نمودار کلیک کنیم تا منوی Design ظاهر شود. سپس بر روی گزینه Chart Layouts کلیک می‌کنیم و اولین زیر منوی آن را (Layout 1) انتخاب می‌کنیم. شکل (۸).



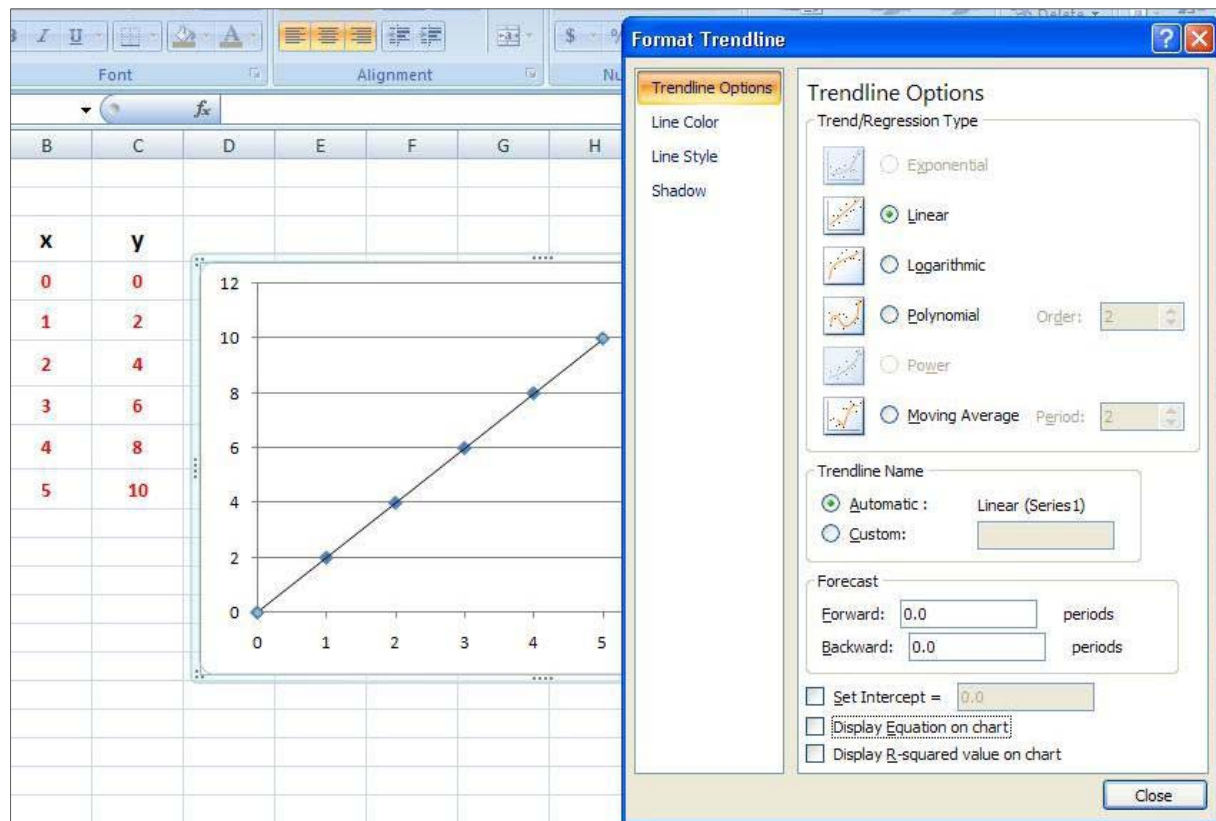
شکل (۸): درج عنوان نمودار و محور در صفحه اکسل

اگر بخواهید از نقاط گسسته نمودار منحنی‌هایی عبور دهید، میبایست بر روی یکی از نقاط نمودار رفته و مطابق شکل (۹) کلیک راست کنید.



شکل (۹): نحوه درج منحنی عبوری در صفحه اکسل

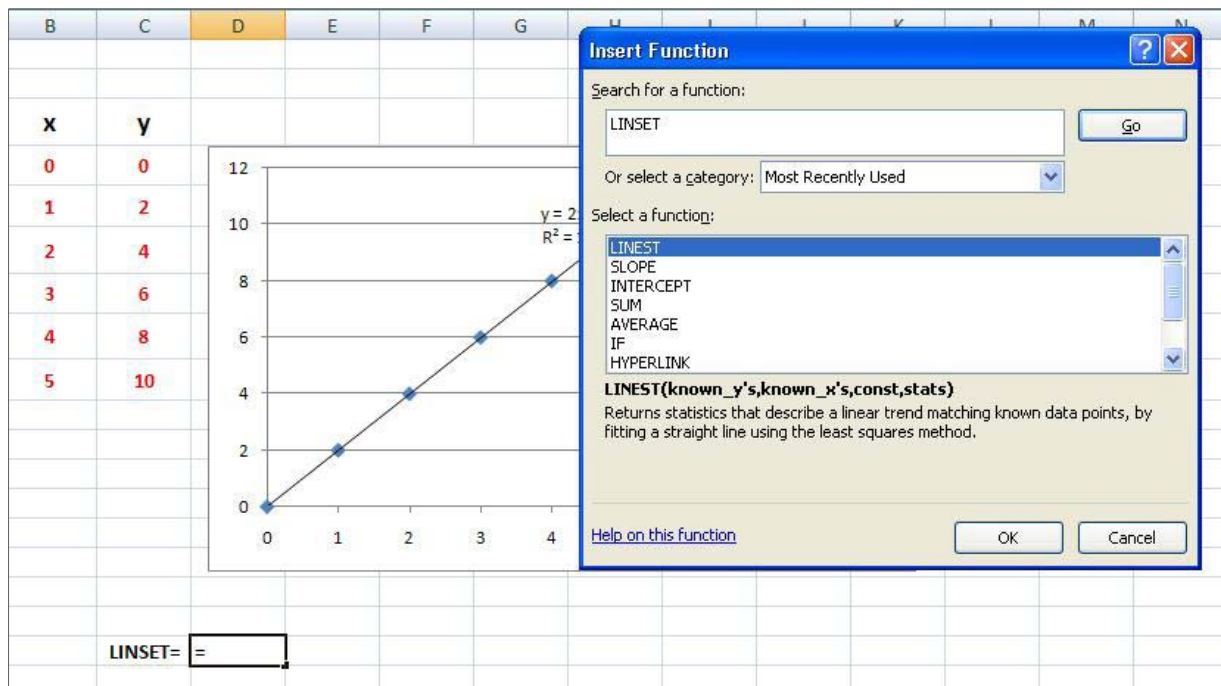
در منوی ظاهر شده می‌توانید منحنی‌های مختلفی را از نقاط نمودار بگذرانید. اگر گزینه Linear را از قسمت Trend/Regression Type انتخاب کنید، آنگاه مطابق شکل (۱۰) یک خط از این نقاط عبور داده میشود. این خط معروف به خط رگرسیون است.



شکل (۱۰): نحوه درج منحنی عبوری در صفحه اکسل

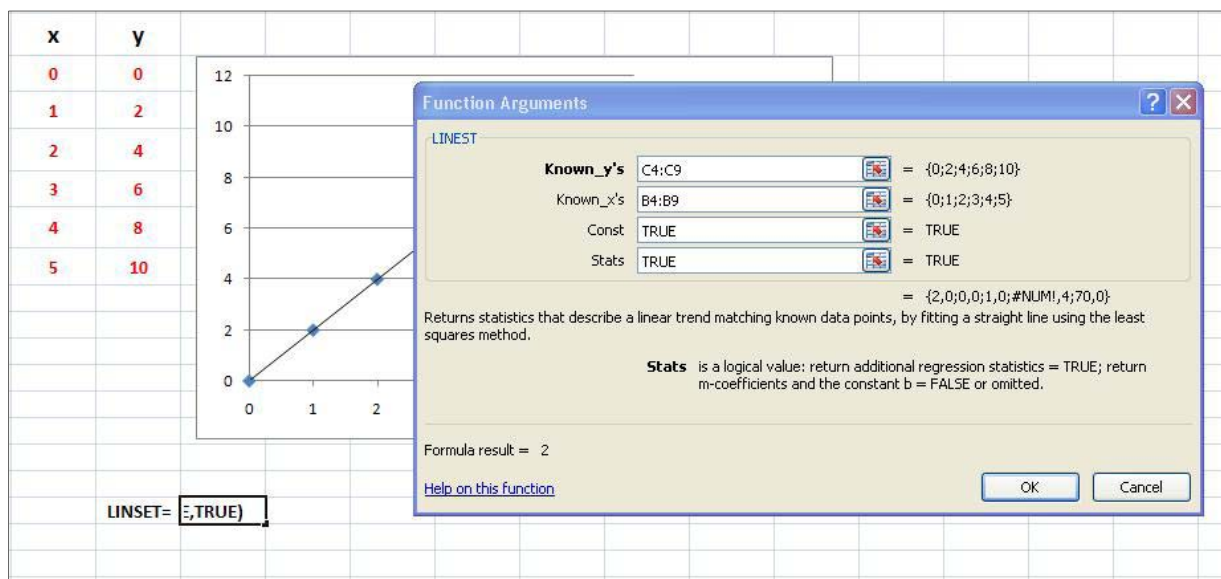
در ادامه اگر بخواهید معادله منحنی عبوری از نقاط نمودار و عبارتی مجذوری (R^2)، که معیاری برای میزان تطبیق کمیات با نمودار است، را بدست آورید کافیست دو عبارت **Display Equation on Chart** و **Display R-squared value on Chart** را علامت بزنیم و سپس **Close** کنیم.

حال اگر بخواهید خطای ضرایب a و b را در خط عبوری $y = f(x) = ax + b$ از نقاط نمودار (این خط با استفاده از روش کمترین مجذورات (Least Squares Method) بمنظور یافتن یک خط راست که بهترین تطبیق را با داده‌های آزمایش دارد، رسم می‌شود) پیدا کنید، کافی است در بالای صفحه بر روی گزینه (=) کلیک کنید و مطابق شکل (۱۱) عبارت **LINSET** را در قسمت **Search for a Function** تایپ کنید و کلید **ok** را بزنیم.



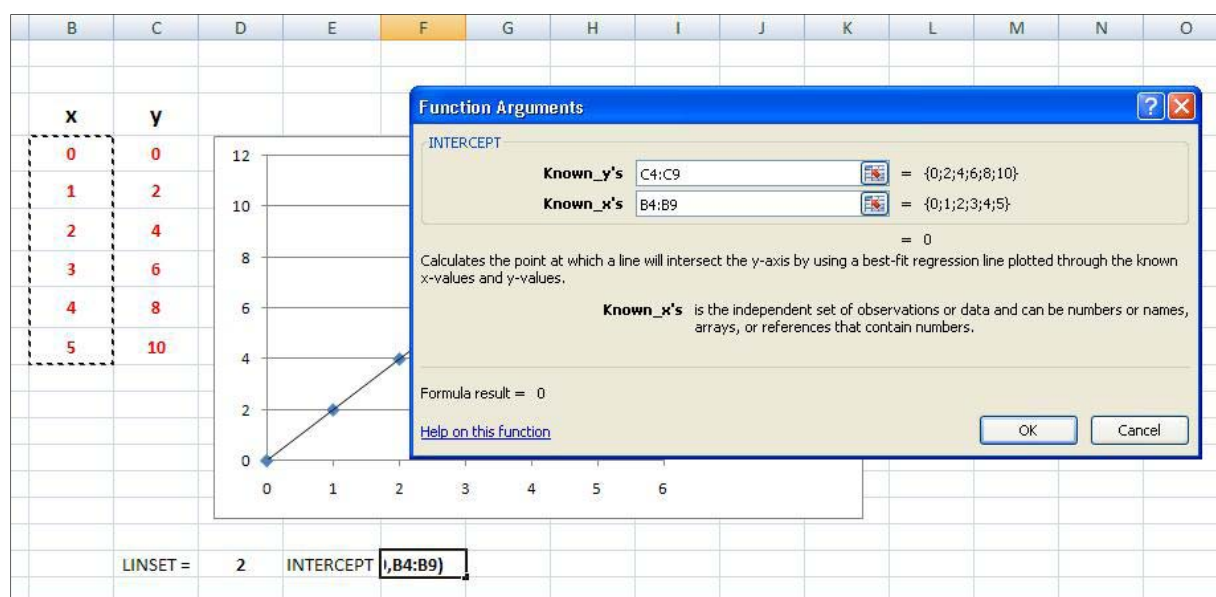
شکل (۱۱): نحوه یافتن خطا در منحنی عبوری در صفحه اکسل

در صفحه زیر میبایست جلوی عبارت **Known_y's** کلید کنید و مقادیر مربوط به y را از بالا به پایین وارد کنید. به همین شکل جلوی عبارت **Known_x's** کلید کنید و مقادیر مربوط به x را از بالا به پایین وارد کنید. سپس عبارت **True** را در مقابل هر دو قسمت **Const** و **Stats** تایپ کنید و کلید **ok** را فشار دهید. اگر عبارت **False** را تایپ کنید یعنی اینکه خط از مبدا میگذرد.



شکل (۱۲): نحوه یافتن خط در منحنی عبوری در صفحه اکسل

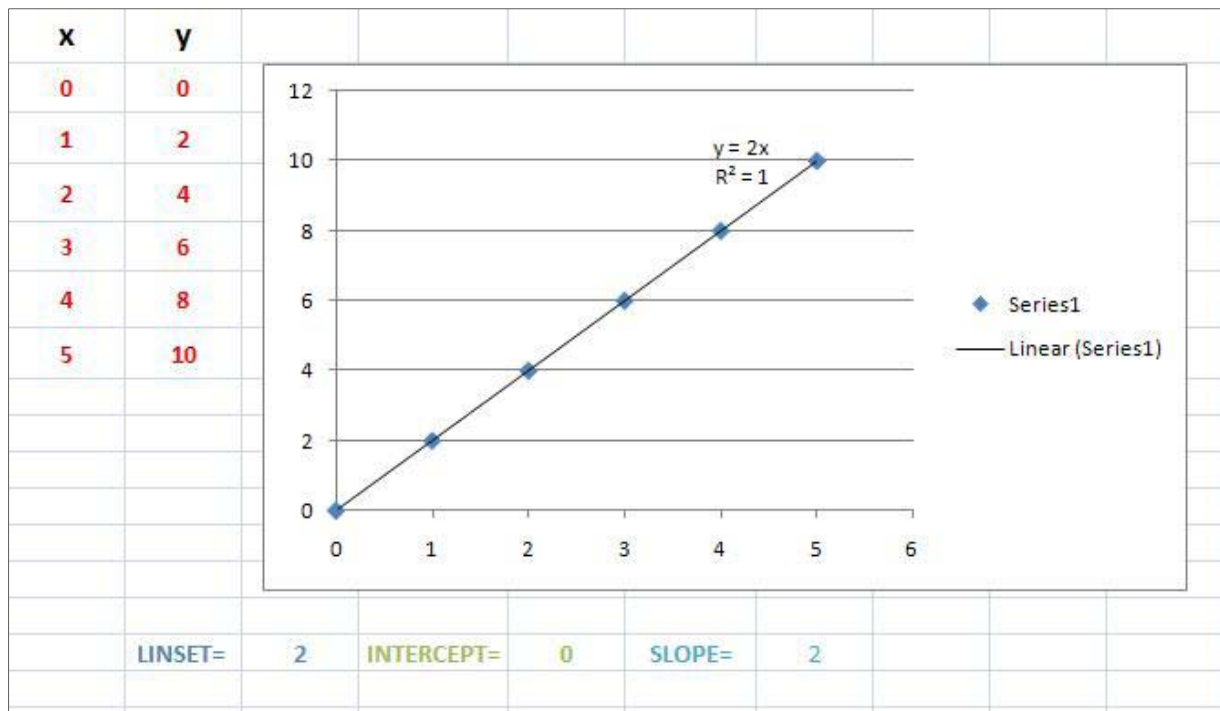
همچنین اگر بخواهید عرض از مبدا خط رگرسیون را بیابید، کافیست بر روی گزینه f_x کلیک کنید و مطابق شکل (۱۳) عبارت INTERCEPT را در قسمت Search for a Function تایپ کنید و کلید ok را فشار دهید. در ادامه باز در صفحه زیر میبایست جلوی عبارت Known_y's کلید کنید و مقادیر مربوط به y را از بالا به پایین وارد کنید. به همین شکل جلوی عبارت Known_x's کلید کنید و مقادیر مربوط به x را از بالا به پایین وارد کنید.



شکل (۱۳): نحوه یافتن عرض از مبدا خط رگرسیون در صفحه اکسل


برای پیدا کردن شیب خط رگرسیون نیز باید مطابق روش بالا عمل نمود. با این تفاوت که در قسمت Search for a Function عبارت SLOPE را تایپ کرده و کلید ok را فشار می‌دهیم.

در شکل زیر هر سه کمیت INTERCEPT، SLOPE و LINSET به همرا معادله خط رگرسیون آورده شده است.



شکل (۱۴): رسم نمودار با جزئیات کامل در صفحه اکسل

نکات مهم:

۱. روی یکی از محورها که می خواهید لگاریتمی بشود بروید و دکمه سمت راست ماوس را فشار دهید. حال گزینه **Format Axis...** را انتخاب کنید. در قسمت **Scale** گزینه **Logarithmic** scale را علامت زده و **OK** را فشار دهید.
۲. برای قرار دادن خطوط خطا بر روی نقاط نمودار، ماوس را روی یکی از نقاط روی نمودار برده و دکمه سمت راست ماوس را فشار دهید. در منویی که باز می شود، گزینه **Format Data Series...** را انتخاب کنید. حال به قسمت **X Error Bars** رفته و  را انتخاب کرده و مقدار خطا را در قسمت **Fixed Value** بنویسید و خود **Fixed Value** را علامت بزنید. همین کار را با **Y Error Bars** انجام می دهیم.

ت: آشنایی با انواع قطعات، دستگاه‌ها و ابزارهای الکتریکی

◀ مقاومت:

مقاومت‌ها از اصلی‌ترین اجزایی هستند که در وسایل الکتریکی به کار می‌روند. مقاومت یک رسانا در برابر عبور جریان الکتریکی را مقاومت الکتریکی گویند. واحد مقاومت اهم است و با نماد $R (\Omega)$ نشان داده می‌شود. عبور جریان الکتریکی از هادی‌ها از بسیاری جهات شبیه عبور گاز از یک لوله است. اتم‌های تشکیل دهنده سیم هادی در مقابل عبور الکترون‌ها از آنها مقاومت نشان می‌دهند. همانطور که ایاف پشم فلزی مانع عبور مولکولهای گاز می‌شوند. شکل مقاومت در مدارهای الکتریکی به صورت زیر می‌باشد:



شکل (۱۵): شماتیک مقاومت الکتریکی در مدارها

مقاومت رابه منظور کاهش دادن جریان به مقدار معین و یا افت مقدار معینی از ولتاژ به کار می‌آورند. حال می‌خواهیم ببینیم که مقاومت هادی‌ها به غیر از جنس فلز به چه عواملی دیگری بستگی دارد.

۱. تاثیر سطح مقطع رسانا بر مقاومت الکتریکی

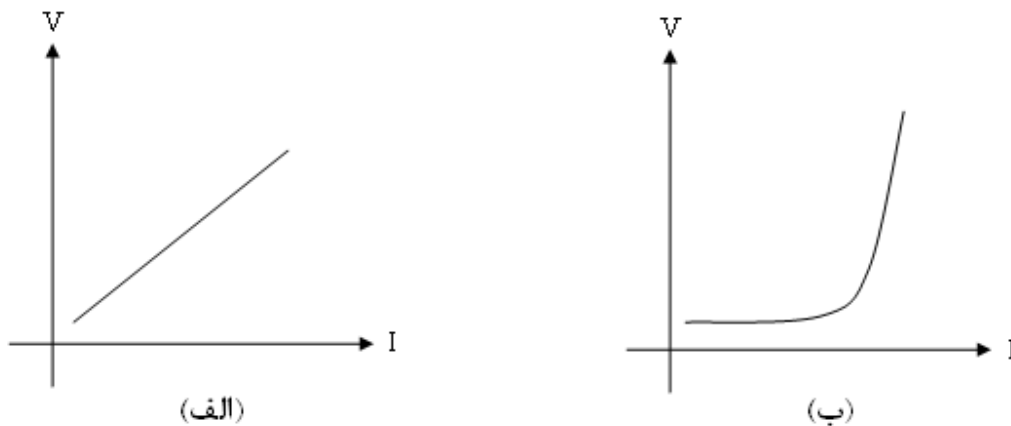
مقاومت هر جسمی به الکترونهای آزاد آن بستگی دارد. می‌دانید که واحد شدت الکتریکی آمپر (A) است. یک آمپر یعنی این که 2.8×10^6 ضرب در 10 به توان 18 الکترون آزاد در هر ثانیه از هر نقطه سیم عبور می‌کند. پس یک هادی خوب باید به مقدار کافی الکترون آزاد داشته باشد تا جریان الکتریکی با چندین آمپر بتواند از آن عبور کند. بنابراین هرگاه پهنای فلز افزایش یابد، در حقیقت سطح مقطع زیادتر و در نتیجه، مقاومت کم تر می‌شود. پس سطح مقطع عکس مقاومت عمل می‌کند.

۲. تاثیر طول رسانا بر مقاومت الکتریکی

شاید تصور شود که با افزایش طول هادی عبور جریان راحت تر می‌شود ولی چنین نیست. اگر چه در یک قطعه مسی بلندتر تعداد بیشتری الکترون آزاد وجود دارد، ولی الکترونهای آزاد اضافی در طول سیم، در اندازه گیری جریان الکتریکی دخالت نمی‌کنند. در واقع هر طول معین از هادی، مقدار معینی مقاومت دارد و هر چه سیم طولی تر باشد، مقاومت بیشتر می‌شود.

◀ تعریف مقاومت اهمی

به مقاومتی گفته می شود که نسبت ولتاژ اعمال شده، به جریان گرفته شده از آن یک مقدار ثابت باشد. به عبارت دیگر نمودار تغییرات ولتاژ به جریان این مقاومت خطی باشد و از رابطه اهم $R (\Omega) = \frac{V (v)}{I (A)}$ پیروی کند.



شکل (۱۶): نمودار V-I برای مقاومت اهمی (الف) و غیراهمی (ب)

◀ کاربرد مقاومت‌های الکتریکی اهمی

مقاومت های اهمی برای اضافه کردن مقاومت مدارهای الکتریکی به منظور کاهش جریان به مقدار معین و یا افت مقدار معینی از ولتاژ به کار می‌روند. در حقیقت، آنها اجسامی هستند که در مقابل عبور جریان مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند. موادی که غالباً در مقاومت ها به کار می‌روند عبارتند از کربن، آلیاژ مخصوص از فلزاتی از قبیل نیکروم، کنستانتان و منگانان. مقاومت اهمی را طوری به مدار می‌بندیم که جریان همان طور که از بار الکتریکی و منبع ولتاژ عبور می‌کند، از آن هم بگذرد. در این صورت مقاومت کل مدار مجموع مقاومت‌های بار الکتریکی، منبع ولتاژ، سیم‌های رابط و مقاومت اهمی است. توجه داشته باشید که فقط با اضافه کردن یک مقاومت اهمی مناسب به مدار می‌توان مقاومت کل مدار را به اندازه‌ی دلخواه تغییر داد.

موارد استفاده از مقاومت اهمی در مدارهای الکتریکی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱. محدود کردن جریان (کنترل جریان) و تقسیم ولتاژ در نقاط مختلف مدار.
۲. ایجاد حرارت.
۳. تطبیق و همسنگ نمودن مقاومت ورودی و خروجی در مدارهای الکترونیکی.

۴. تطابق ولتاژ بین دو طبقه در تقویت کننده‌ها.

۵. تعیین پهنای باند و فرکانس قطع در تقویت کننده‌ها، فیلترها و موارد مشابه.

← طبقه بندی مقاومت های از نظر نوع عملکرد:

۱. مقاومت‌های ثابت:

مقاومت‌هایی هستند که مقدار آنها ثابت بوده و تابع عواملی چون گرما، فرکانس، میدان مغناطیسی، نور، رطوبت و... نیستند. مقاومت‌های ثابت دو سیم رابط دارند که به دو انتهای مقاومت متصل است. مقاومت‌های رنگی، سرامیکی و آجری از این قبیل‌اند. از مقاومت‌های رنگی در جریان‌های پایین و از مقاومت‌های آجری یا سرامیکی در جریان‌های بالا استفاده می‌شود.



شکل (۱۷): چند نمونه مقاومت رنگی

مشخصه های یک مقاومت ثابت عبارتند از:

- مقدار اهم مقاومت: مقدار اهم یا بر روی مقاومت نوشته شده و یا به صورت نوارهای رنگی مشخص شده است.
- خطا یا تلورانس: بازده تغییرات مقدار مقاومت که اغلب می‌بایست توسط شرکت‌های سازنده ذکر شود.
- تحمل حرارتی: به بیشترین دمایی که مقاومت‌های غیر سیمی در حین کار می‌توانند تحمل کند قبل از آنکه تغییر ماهیت بدهند، تحمل حرارتی گویند و در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد است.
- توان مصرفی ماکزیمم: بیشترین توانی که مقاومت می‌تواند در مقابل عبور جریان و تحمل ولتاژ از خود نشان دهد، قبل از آنکه بسوزد.

- افت ولتاژ DC ماکزیمم: در مقاومت های با اهم بالا، بیشترین افت ولتاژ DC مجاز از مهمترین عوامل مربوط به مقاومت محسوب می شود.
- بیشینه بسامد کار: به بیشترین فرکانسی که مقاومت می تواند در هنگام کار با منبع تغذیه متناوب تحمل کند، قبل از آنکه ساختار مقاومتی آن فرو بریزد و خواص غیر از مقاومت به خود بگیرد، بیشینه بسامد کار مقاومت گویند.

اصولا مقاومت های ثابت به دو دسته الف - مقاومت ها زبانه دار و ب - مقاومت های قابل تنظیم، تقسیم می شوند:

الف) مقاومت های زبانه دار: در این نوع مقاومت ها علاوه بر دو سیم انتهایی، سر سیم های دیگری بین دو سر مقاومت وجود دارد. با اتصال ترمینال های مختلف به مدار مقاومت های متفاوتی حاصل می شود. هر یک از این مقاومت ها دارای مقاومت ثابتی هستند.

ب) مقاومت های قابل تنظیم: دیدید که مقاومت های ثابت قابلیت انعطاف ندارند، زیرا مقاومتشان کاملا تعیین شده و مقدار آن تغییر ناپذیر است. مقاومت های زبانه دار تا حدودی قابلیت انعطاف دارند، چون بیش از یک مقدار مقاومت می توان از آنها بدست آورد. با وجود این تعداد مقاومت هایی را که می توان از آنها بدست آورد به ۳ یا ۴ محدود می شود. آنچه اغلب مورد نیاز است، مقاومتی است که بوسیله آن بتوان حدود معینی از مقاومت را از ۰ تا ۱ حداکثر بدست آورد. این مقاومت ها طوری ساخته نشده اند که بتوان آنها را پیوسته تغییر داد. در واقع، هنگام نصب این مقاومت ها در مدار، آنها را روی مقاومت دلخواه تنظیم کرده و سپس با همان مقاومت در مدار کار می کنند.

۲. مقاومت های متغیر:

در بسیاری از وسایل الکتریکی مقدار بعضی از مقاومتها باید پیوسته تغییر کند. پیچ ولوم رادیو، کنترل کننده روشنایی تلویزیون از آن جمله اند. مقاومت های متغیر مقاومت هایی هستند که پیوسته می توان مقدار آنها را تغییر داد. دو گونه مختلف از مقاومت های متغیر وجود دارند:

گونه اول را می توان با تغییر مکان یا تغییر زاویه ی محور متحرک آن تنظیم کرد. در این حالت مقاومت متغیر می تواند دارای سه ترمینال باشد که دو تای آنها نسبت به هم ثابت است و تابع گردش محور نیست. مقدار این مقاومت بر روی بدنه مقاومت متغیر، نوشته می شود. مقاومت های سلکتوری رنوستا از این گونه اند.



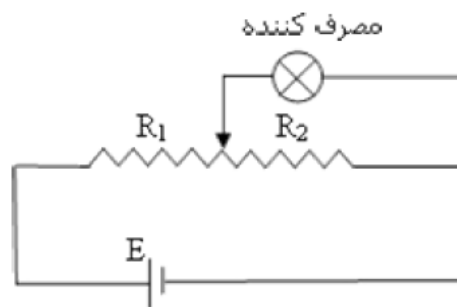
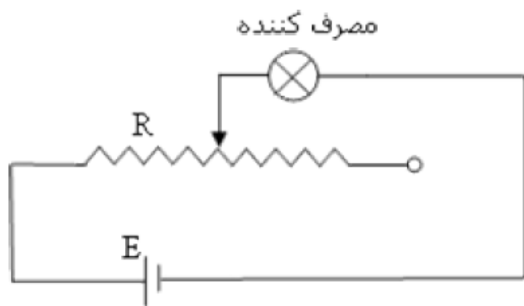
(الف)



(ب)

شکل (۱۸): چند نمونه مقاومت متغیر. رئوستا(الف) و مقاومت سلکتوری(ب)

رئوستا گونه‌ای از مقاوم های متغیر هستند که از خانواده پتانسیومترهای خطی و دارای سه ترمینال می باشند. جنس رئوستاها برخلاف پتانسیومترها از سیم بوده و بدین خاطر از توان بالاتری نسبت به مقاومت های متغیر کربنی برخوردارند. شکل زیر دو نمونه کاربرد و طریقه اتصال رئوستا در مدار را نشان می‌دهد.



شکل (۱۹): کاربرد مقاومت متغیر در مدار

گونه دوم، مقاومتهای متغیر وابسته هستند. به آن دسته از مقاومتهای متغیر، "وابسته" گفته می‌شود که به وسیله عواملی از قبیل نور، حرارت، ولتاژ و ... مقدار مقاومتشان تغییر کند. این مقاومتهای مختلف دارای عبارتند از:

الف- مقاومت‌های تابع حرارت (Thermally sensitive resistor) THERMISTOR

مقدار اهم این مقاومت‌ها تابع حرارت است. یعنی، در اثر حرارت میزان مقاومتشان تغییر می‌کند. مقاومت‌های حرارتی را تحت عنوان " ترمیستور " می‌شناسیم. در این مقاومت‌ها تغییرات مقدار مقاومت نسبت به تغییرات دما خطی نیست. از این مقاومت‌ها در مدارها به صورت حسگرهای حرارتی در مسیر دستگاه‌های الکتریکی نظیر موتورهای الکتریکی، کوره‌ها، سیستم‌های تهویه و تبرید استفاده می‌شود. به طور کلی ترمیستورها در مداراتی که دما را اندازه‌گیری یا کنترل می‌کنند به کار می‌روند و در دو نوع ساخته می‌شوند. ۱- ترمیستور با ضریب حرارتی مثبت (PTC) که با افزایش دما مقدار مقاومت آن افزایش می‌یابد. و ۲- ترمیستور با ضریب حرارتی منفی (NTC) که با افزایش دما مقدار مقاومتش کاهش می‌یابد.

ب- مقاومت‌های تابع نور (Light Dependent Resistor (LDR)

مقدار مقاومت تابع نور تابع تغییرات شدت نور تابیده شده به سطح آن است. مقاومت تابع نور در فضای تاریک دارای مقاومت خیلی زیاد (در حد مگا اهم) و در روشنایی دارای مقاومت کم (در حد کیلو یا اهم) است. مقاومت‌های LDR را " فتورزیستور " هم می‌نامند. برای اینکه نور روی عنصر مقاومتی فتورزیستور اثر گذارد معمولاً سطح ظاهری آن را با شیشه یا پلاستیک شفاف می‌پوشانند. از این مقاومت در مدارات الکترونیکی به عنوان تشخیص دهنده ی نور (نور سنج) استفاده می‌شود. از جمله کاربردهای این مقاومت استفاده آن در دوربین‌های عکاسی و کلیدهای نوری و چشم‌های الکترونیکی است.

ج- مقاومت‌های تابع ولتاژ (Voltage Dependent Resistor (VDR)

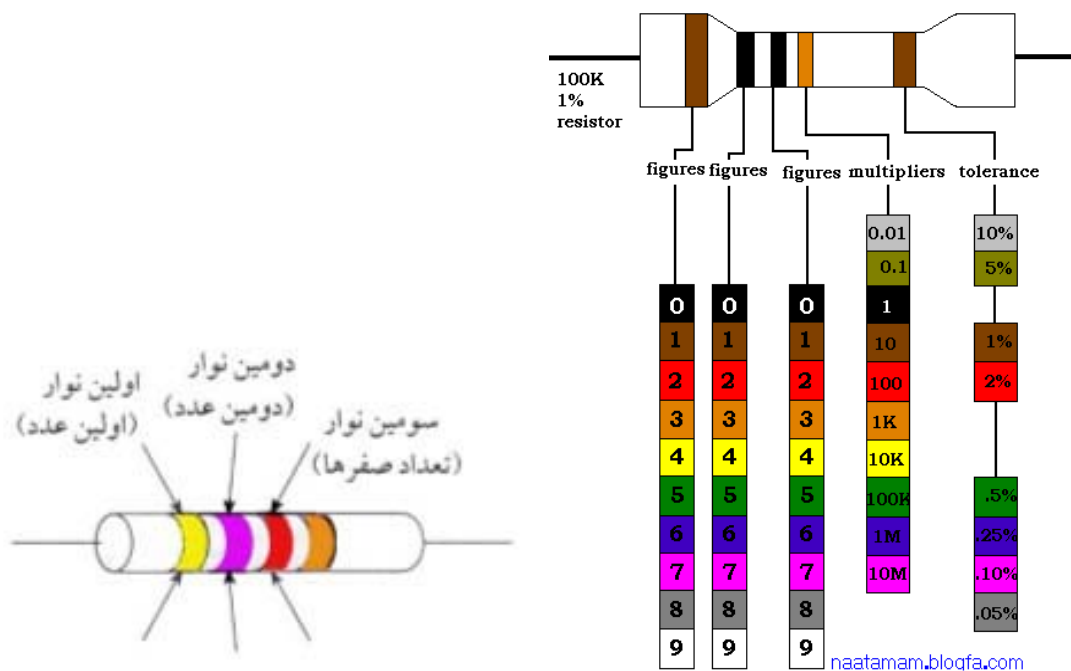
مقاومت‌های تابع ولتاژ، مقاومت‌هایی هستند که متناسب با تغییر ولتاژ، مقاومت آنها تغییر می‌کند تا همواره ولتاژ یکسانی در مدار وجود داشته باشد. مقاومت VDR را تحت عنوان " واریستور " نیز می‌شناسند. مقدار اهم این مقاومت‌ها با ولتاژ رابطه معکوس دارد. یعنی با افزایش ولتاژ مقدار اهم آنها کاهش می‌یابد. واریستورها به پلاریته ولتاژ اعمال شده وابسته نیستند که این خود مزیتی برای این نوع مقاومت‌ها محسوب می‌شود، زیرا برای استفاده در مدارات AC بسیار مناسب هستند. از جمله کاربردهای این مقاومت‌ها عبارتند از: ۱- تثبیت کننده‌های ولتاژ ۲- حفاظت مدارها در مقابل اضافه ولتاژها در لحظات قطع و وصل کلید.

د-مقاومت های تابع میدان مغناطیسی (MDR) Magnetic Dependent Resistor

مقاومت های تابع میدان به مقاومت هایی گفته می شود که به سبب اثر میدان مغناطیسی بر آنها مقدار اهمشان تغییر می کند. در ساخت این مقاومت ها از نیمه هادی هایی استفاده شده که دارای ضریب حرارتی منفی هستند. به همین دلیل در صورت افزایش دما مقدار مقاومت آنها کاهش می یابد

◀ نحوه تعیین مقدار مقاومت ها از روی کد رنگی

رنگ اولین نوار نشان دهنده اولین عدد صحیح مقدار مقاومت است و رنگ دومین نوار نشان دهنده دومین عدد صحیح مقدار مقاومت است. رنگ سومین نوار نشان دهنده ضریب مقاومت است. رنگ نوار چهارم حدود خطا (تolerانس) را معین می کند.



شکل (۲۰): طریقه خواندن مقدار مقاومت های رنگی

رنگ	عدد صحیح	مضرب	تفرانس
سیاه	۰	۱	-
قهوه ای	۱	۱۰	-
قرمز	۲	۱۰۰	-
نارنجی	۳	۱۰۰۰	-
زرد	۴	۱۰۰۰۰	-
سبز	۵	۱۰۰۰۰۰	-
آبی	۶	۱۰۰۰۰۰۰	-
بنفش	۷	۱۰۰۰۰۰۰۰	-
خاکستری	۸	۱۰۰۰۰۰۰۰۰	-
سفید	۹	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰	-
طلایی	-	-	٪۵
نقره ای	-	٪۱۰	
بی رنگ	-	-	٪۲۰

جدول (۱): ضرایب نوارهای رنگی در مقاومت‌ها

خازن:

خازن، قطعه الکتریکی است که انرژی الکتریکی باطری را در خود ذخیره می‌کند. هنگامیکه یک عایق پیرامون دو هادی قرار می‌گیرد خازن به وجود می‌آید. خازن‌های آزمایشگاه عموماً مسطح می‌باشند. اگر اختلاف پتانسیل به این دو صفحه وصل شود، مقداری بار روی صفحات ذخیره می‌شود. ساختمان خازن از دو قسمت عمده تشکیل شده است:

۱. صفحات هادی: که به آن جوشن نیز می‌گویند. معمولاً از ورق‌های نازک از جنس آلومینیوم، روی یا نقره ساخته می‌شوند.

۲. عایق بین صفحات هادی: که به آن دی الکتریک نیز گفته می‌شود. معمولاً خازن‌ها از نظر نوع دی الکتریک به کار رفته در ساختمان آنها نام‌گذاری و تقسی بندی می‌شوند.

همچنین بر اساس نوع و شکل قرار گرفتن صفحات رسانا در مقابل یکدیگر می‌توان خازن‌های گوناگونی را ساخت. از قبیل خازن‌های تخت (دو صفحه رسانای تخت)، خازن‌های استوانه‌ای (دو پوسته استوانه‌ای هم مرکز) و خازن‌های کروی (دو صفحه کروی رسانا).

◀ مشخصات یک خازن

از مهمترین مشخصات یک خازن ظرفیت و ماکزیمم ولتاژ کار آن است. در انتخاب یک خازن باید عوامل زیر را در نظر گرفت:

۱- ظرفیت لازم: مقدار باری را که به ازاء اختلاف پتانسیلی به میزان یک ولت روی صفحات ذخیره می‌شود را ظرفیت می‌گویند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C (F) = \frac{Q (q)}{V (v)}$$

این رابطه بیانگر آن است که مقدار ظرفیت خازن فقط به مشخصات فیزیکی از قبیل اندازه و فاصله صفحات و جنس دی الکتریک وابسته بوده و بر حسب فاراد (F) بیان می‌شود.

۲- ولتاژ کار ماکزیمم: این ولتاژ که معمولاً روی بدنه خازن به همراه ظرفیت خازن نوشته می‌شود، ولتاژی است که به دو سر خازن اعمال می‌شود بدون اینکه دی الکتریک میان صفحات یونیزه شود و به طوری که خازن بتواند در شرایط عادی کار کند. مقدار آن به فاصله صفحات و جنس دی الکتریک وابسته است.

۳- ضریب حرارتی: وابستگی ظرفیت خازن به حرارت را ضریب حرارتی خازن می‌گویند.

۴- میزان خطا و تلفات: ضریب تلفات خازن به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$D = \frac{1}{2\pi vCR}$$

که در این رابطه C ظرفیت خازن، R مقاومت اهمی صفحات خازن و v فرکانس منبع تغذیه می‌باشد.

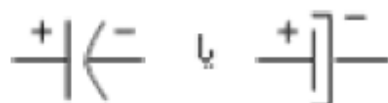
۵- فرکانس کار ماکزیمم: خازن در مدارهای متناوب از خود مقاومت ظاهری ای نشان می‌دهد که این مقاومت ظاهری با فرکانس رابطه عکس دارد:

$$X_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

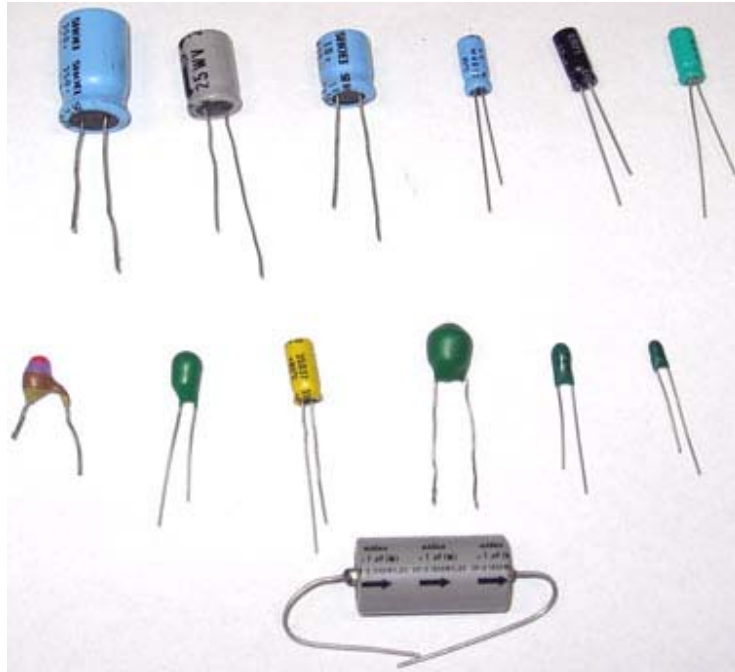
در نتیجه تا جایی که با افزایش فرکانس این امپدانس روند کاهشی داشته باشد خازن درست کار می‌کند ولی از یک فرکانس مشخص به بالا تغییر خاصیت می‌دهد، به این حد فرکانسی، حداکثر فرکانس کار خازن می‌گویند.

انواع خازن‌ها

خازن‌ها به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند: خازن‌های قطبی (الکترولیتی) و خازن‌های غیر قطبی.

الف) خازن‌های قطبی (الکترولیتی) 

در خازن قطبی، دی‌الکتریک بین صفحات پس از اعمال ولتاژ DC توسط فعل و انفعالات شیمیایی شکل می‌گیرد. الکترولیت این خازن‌ها معمولاً اسید بوریک است که به عنوان صفحه منفی نیز عمل می‌کند. صفحه مثبت این خازن‌ها از آلومینیوم است و لایه نازکی از اکسید آلومینیوم که روی صفحه آلومینیوم تشکیل می‌شود به عنوان دی‌الکتریک عمل می‌کند. به هنگام استفاده از این نوع خازن‌ها باید به قطب‌های آن توجه شود. یک خازن دی‌الکترولیت دارای مقاومت DC چند صد کیلو اهم یا بیشتر است. در این نوع خازن‌ها علامت قطب‌ها روی بدنه خازن نوشته شده است.



شکل (۲۱): خازن‌های قطبی یا الکترولیتی

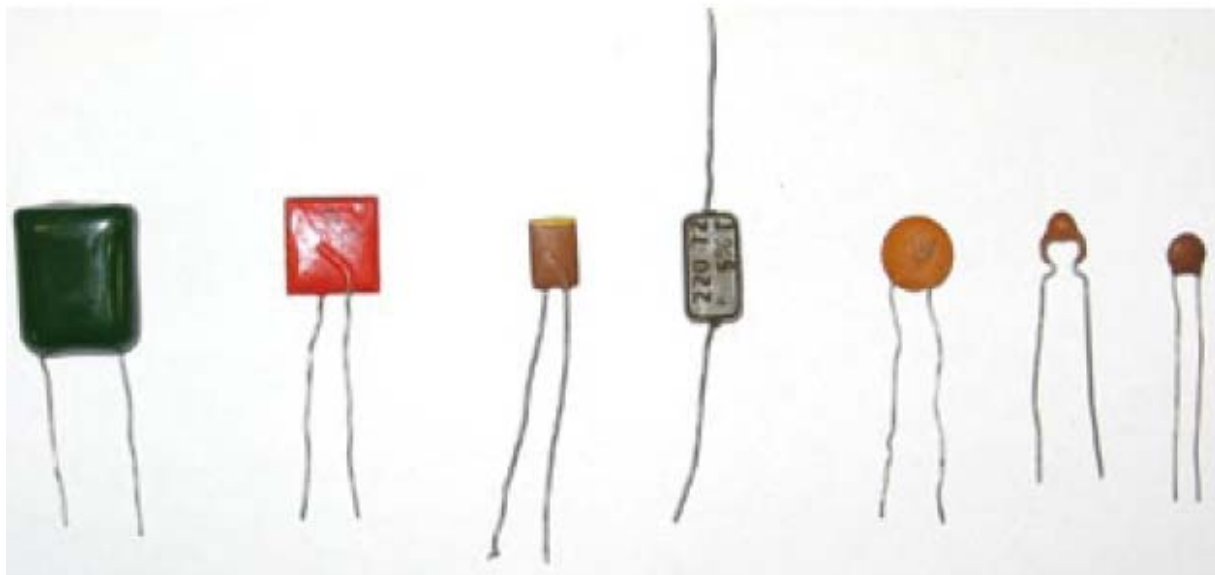
خازن‌های قطبی دارای ظرفیت بالاتری هستند. به همین دلیل بیشتر در مدارهای صافی، به عنوان عنصر پائین‌گذر (*Low Pass*)، در انشعاب‌ها به عنوان بای‌پس (*By Pass*) و در اتصال مدارها به یکدیگر به عنوان کوپلاژ (*Coupling*) استفاده می‌شوند. یکی از جدیدترین انواع خازن‌های الکترولیت خازن تانتالیم است که با استفاده از الکترولیت جامد ساخته شده است. خصوصیات این خازن، کوچکی اندازه، بزرگی ظرفیت و قابل اطمینان بودن آن است. داشتن چنین خصوصیتی سبب کاربرد گسترده آن در مدارهای ترانزیستوری شده است.

ب (خازن‌های غیر قطبی)

خازن‌های غیر قطبی، خازن‌هایی هستند که با هر پلاریته ولتاژ اتصال درست عمل می‌کنند. بر حسب نوع دی الکتریک و شکل ساختمانی، این خازن‌ها انواع مختلف دارند. از نظر شکل ساختمانی این خازن‌ها بیشتر به دو صورت لوله‌ای شکل و تخت ساخته می‌شوند.

در نوع لوله‌ای، صفحات استوانه‌ای شکل قطبی و یک ورقه نازک میکا یا کاغذ، دی الکتریک را تشکیل می‌دهند. بر حسب نوع دی الکتریک می‌توان تقسیم‌بندی زیر را داشت:

- خازن با دی الکتریک کاغذ :
 دو قطب این خازن صفحات قلع یا نقره هستند و دی الکتریک کاغذ آغشته به پارافین یا پلاستیک است. پایداری این خازن ها خوب و جریان نشتی ضعیفی دارند.
- خازن با دی الکتریک میکا :
 مثل خازن های کاغذی ساخته می شوند ، و فقط دی الکتریک آنها میکا است. این خازن ها نسبت به خازن های کاغذی در ظرفیت های کوچکتری ساخته می شوند.
- خازن با دی الکتریک سرامیک :
 در این نوع خازن ها از یک لایه نازک سرامیک به عنوان عایق بین الکتروود ها استفاده شده است. ظرفیت این نوع خازن ها به طور نسبتا وسیعی با درجه حرارت تغییر می کند.
- خازن با دی الکتریک هوا :
 فقط شامل دو صفحه است. خازن های متغیر بیشتر از این نوع هستند. یکی از کاربردهای آن در مدار گیرنده رادیو به عنوان خازن متغیر می باشد. در شکل زیر چند نمونه از خازن های غیر قطبی نشان داده شده است.



شکل (۲۲): خازن های غیر قطبی

نکته:

به طور کلی با تغییر سه عامل فاصله صفحات، سطح مقطع صفحات و نوع دی الکتریک می توان ظرفیت خازن را تغییر داد و خازن‌هایی با ظرفیت متغیر ساخت. رایج ترین روش ساخت خازن‌های متغیر، تغییر سطح مقطع صفحات است. روش دیگری که جهت ساخت خازن متغیر از آن استفاده می‌شود و بیشتر در سنسورهای خیلی حساس کاربرد دارد، روش تغییر دی الکتریک است.

◀ نحوه خواندن مقدار ظرفیت خازن

امروزه سازندگان مختلف، روی خازن‌های ساخته شده ظرفیت آن را می‌نویسند و فقط روی بعضی از خازن‌ها مثل خازن عدسی، به جای نوشتن مستقیم ظرفیت یک عدد سه رقمی را ذکر می‌کنند. که اگر دو رقم اول را در کنار هم بنویسیم و به مقدار عدد سوم (عدد سمت راست) در جلوی آن، صفر قرار دهیم، عدد بدست آمده ظرفیت خازن بر حسب پیکو فاراد (PF) می باشد. به عنوان مثال اگر بر روی خازنی عدد ۶۲۳ نوشته شده باشد ظرفیت آن برابر است با:

$$C = 6200 \text{ PF}$$

چنانچه بر روی بعضی از خازن‌ها نوارهای رنگی کشیده شده باشد، می‌توانیم از روش خواندن مقاومت‌های رنگی استفاده نماییم. ولی عدد حاصل بر حسب پیکو فاراد خوانده می‌شود. (که این روش جهت کدگذاری خازن‌ها دیگر رایج نیست).

مراجع:

- ۱- فیزیک عملی، ج.ل. اسکواپرز، ترجمه محمد علی شاهزادگان و محمد حسن فیض، مرکز نشر دانش گاهی، چاپ اول ۱۳۷۰
- ۲- خطاهای مشاهده و محاسبه آن، تاپینگ ج.، ترجمه محسن تدین، مرکز نشر دانشگاهی ۱۳۸۴
- ۳- دستور کارهای آزمایشگاه فیزیک پایه ۲ دانشگاه‌های شریف، تبریز، قم.
- ۴- فیزیک پایه ۲، هالیدی، رزنیک، کرین، مرکز نشر دانش گاهی، چاپ اول ۱۳۸۵
- ۵- کاتالوگ‌های محصولات شرق آزما و لیبولد آلمان