آشنایی با گالوانومتر
ولت متر
آمپرمتر

مهندس سعید نمازی

دستگاه اندازه‌گیری با قاب‌گردان و آهن‌ربای دائمی

دستگاه اندازه‌گیری با قاب‌گردان و آهن‌ربای دائمی همان میکروآمپرمتر یا گالوانومتر است که می‌تواند جریان‌های حدود میکروآمپر (حتی کسری از میکروآمپر) را با دقت بسیار بالا اندازه بگیرد. از این‌رو از این دستگاه در ساخت ولت‌مترها و آمپرمترهای بسیار دقیق و مولتی‌متر (اهم‌متر ــ ولت‌متر و آمپرمتر در یک بسته‌بندی) استفاده می‌شود. در حقیقت تمامی دستگاه‌های اندازه‌گیری که دارای درجه‌بندی خطی هستند و با جریان‌های خیلی کم کار می‌کنند نشان‌دهندهٔ اصلی همان گالوانومتر می‌باشند.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مبحث: آشنایی با وسایل اندازه گیری

ساختمان گالوانومتر دآرسونوال :

دآرسونوال (D'arsonval) فردی است که اوّلین بار، در سال ۱۸۸۴، این گالوانومتر را ساخت. گالوانومتر دآرسونوال از یک آهن‌ربای دائمی، کفش قطب‌ها، استوانهٔ آهن نرم و یک سیم‌پیچ، که قادر است حول استوانهٔ آهن نرم بچرخد، تشکیل شده است.

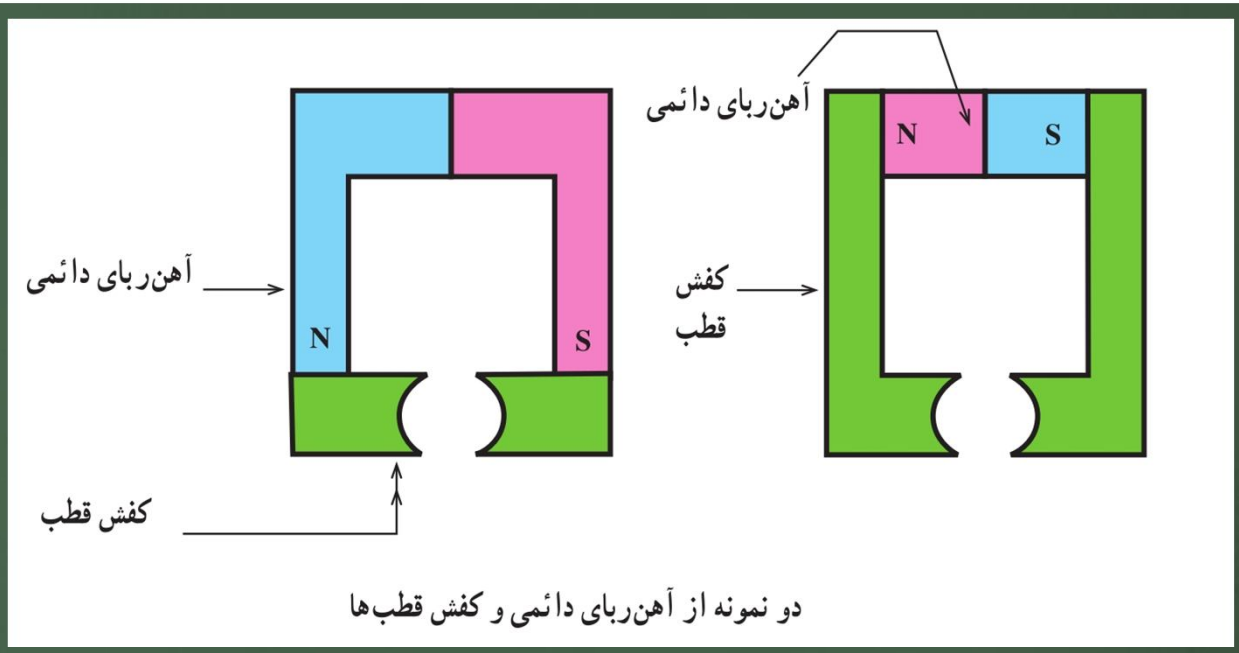
@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مبحث: آشنایی با وسایل اندازه گیری

آهن‌ربای دائمی و کفش قطب‌ها : نقش آهن‌ربای

دائمی در گالوانومتر دآرسونوال، ایجاد میدان مغناطیسی در یک فاصلهٔ هوایی است و کفش قطب‌ها وظیفهٔ یکنواخت کردن این میدان مغناطیسی را به عهده دارند.



دو نمونه از آهن‌ربای دائمی و کفش قطب‌ها

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

در گالوانومتر دآرسونوال برای خطّی نمودن درجات، نیاز به میدان یکنواخت و شعاعی در فاصلهٔ هوایی است. برای به‌وجود آوردن چنین میدانی (یکنواخت و شعاعی) یک استوانهٔ آهن نرم را بین کفش قطب‌ها قرار می‌دهند.

چگونگی ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت و شعاعی

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مبحث: آشنایی با وسایل اندازه گیری

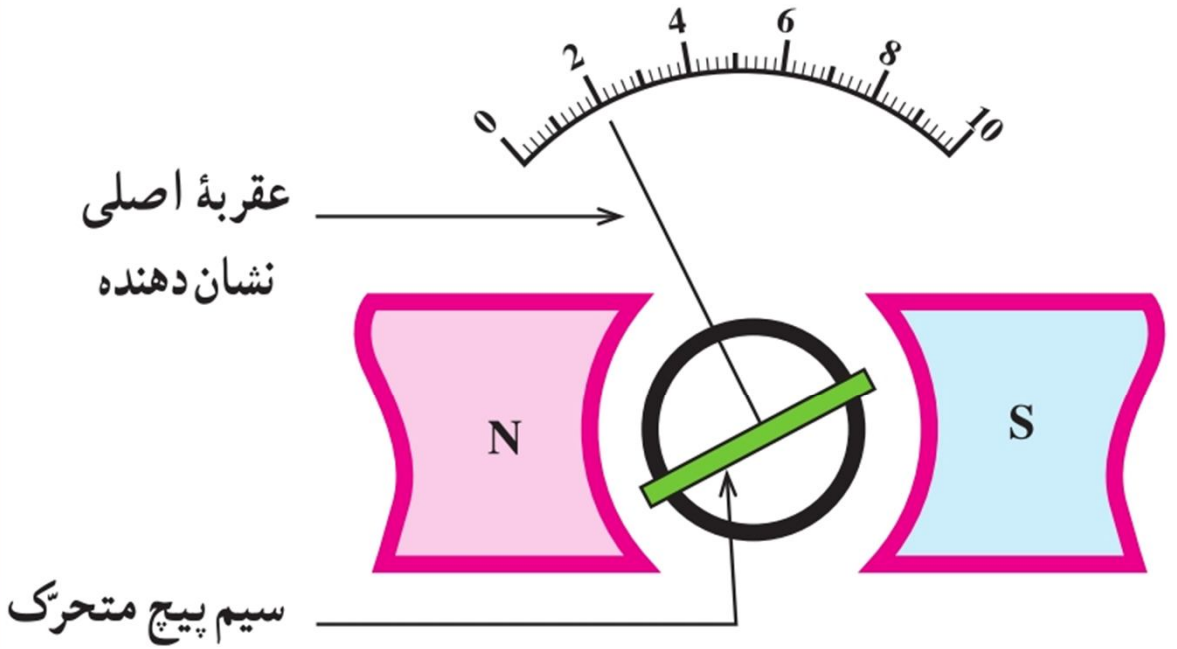
سیم پیچ متحرّک : گالوانومتر

برای اندازه گیری جریان های با مقدار بسیار کم به کار می رود. برای اندازه گیری مقدار جریان وارد شده به گالوانومتر باید مقدار انحراف عقربهٔ گالوانومتر را سنجید. عقربهٔ دستگاه نیز به یک سیم پیچ که قادر است حول استوانهٔ آهن نرم بچرخد وصل شده است. سیم پیچ از چندین دور سیم لاکی بسیار نازک که روی یک نوار آلومینیومی پیچیده شده تشکیل شده است.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مبحث: آشنایی با وسایل اندازه گیری



نمای عمودی طرز قرار گرفتن سیم پیچ حول استوانهٔ آهن نرم

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

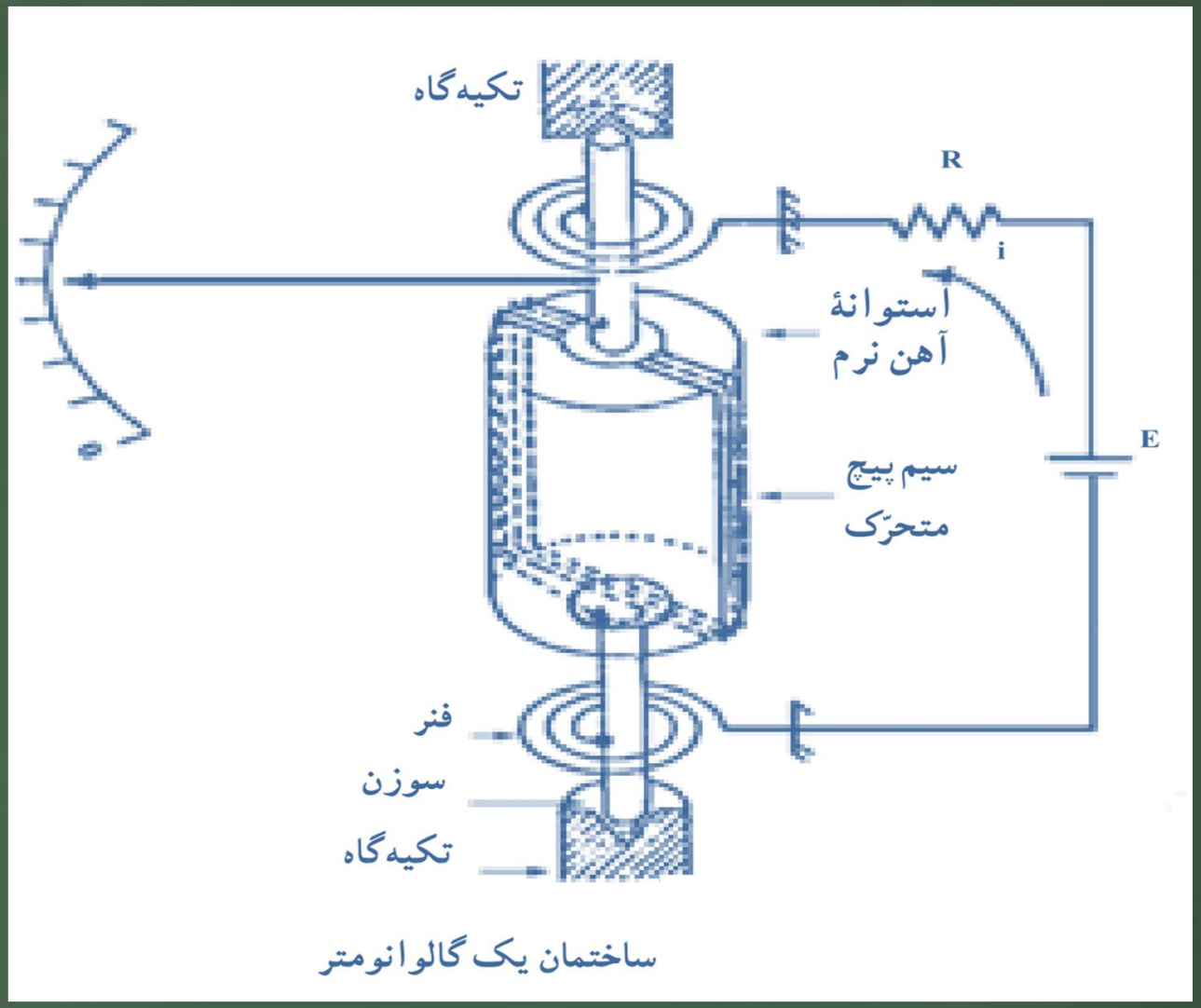
چون سیم پیچ باید حرکت کند لذا با دو سوزن (در مدل های قدیمی تر) که در دوطرف سیم پیچ تعبیه شده اند، توسّط دو تکیه گاه، نگه داشته می‌شود و قادر است حول این دو تکیه گاه بچرخد. درضمن دو فنر نیز جهت ایجاد کوپل مقاوم و برگرداندن سیم پیچ بعد از قطع جریان به‌جای اوّل (نقطهٔ صفر) نیز به دو سوزن، وصل شده‌اند. درضمن فنرها نقش هدایت جریان به سیم پیچ متحرّک را نیز به عهده دارند (درصورتی که از فنرها برای هدایت جریان استفاده نکنیم، چون سیم پیچ حرکت می کند باید از تیغه‌های کلکتور استفاده

نماییم که این کار باعث ایجاد اصطکاک شده از حسّاسیت دستگاه کاسته می‌شود و آن را نیز تا حدودی غیرخطّی می نماید).

@physics_school

مهندس سعید نمازی

مبحث: آشنایی با وسایل اندازه گیری



ساختمان یک گالوانومتر

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

صفحه ۹

حرکت عقربه (چرخش قاب) با جریان عبوری از آن رابطهٔ خطّی دارد. از این‌رو درجه‌بندی گالوانومتر دآرسونوال، همیشه خطّی است. مثلاً اگر به ازای یک میکروآمپر جریان، عقربه یک درجه منحرف شود به ازای دو میکروآمپر جریان دو درجه منحرف خواهد شد. گالوانومتر دآرسونوال تنها دستگاه اندازه‌گیری است که درجه‌بندی آن کاملاً خطّی است.

بر طبق تعریف، حساسیت عبارت است از نسبت زاویهٔ گردش عقربه (θ) به جریان عبوری از سیم‌پیچ (I) و طبق رابطهٔ نوشته می‌شود.

$$S' = \frac{\text{زاویهٔ گردش عقربه}}{\text{جریان عبوری از سیم‌پیچ}}$$

$$S' = \frac{\theta}{I} \quad \frac{\text{رادیان}}{\text{آمپر}} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{درجه}}{\text{میکروآمپر}}$$

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

حسّاسیت یک امر نسبی است، یعنی اگر بخواهیم ببینیم که این دستگاه حسّاس است یا نه، باید آن را با دستگاه دیگری مقایسه کنیم؛ لذا می‌توان گفت که از دو گالوانومتر موجود، به‌ازای عبور جریان برابر، آن که انحرافش بیشتر است، حسّاس‌تر است.

برای ولت‌مترها حسّاسیت را معمولاً برحسب $(\frac{\Omega}{V})$ مشخّص می‌نمایند. مقدار عددی $\frac{\Omega}{V}$، معکوس مقدار عددی جریان انحراف کامل گالوانومتر برحسب آمپر می‌باشد. مثلاً اگر در یک گالوانومتر حسّاسیت $۲۰\frac{K\Omega}{V}$ باشد برای انحراف کامل آن نیاز به $\frac{۱}{۲۰K\Omega}=۵۰\mu A$ جریان دارد.

حال اگر در گالوانومتر دیگری حسّاسیت $۱۰۰\frac{K\Omega}{V}$ باشد، برای انحراف کامل آن نیاز به $\frac{۱}{۱۰۰K\Omega}=۱۰\mu A$ جریان دارد.

از دو مثال بالا این نتیجه به‌دست می‌آید که هر قدر عدد $\frac{\Omega}{V}$ یک گالوانومتر بیشتر باشد، دستگاه حسّاس‌تر است.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

ساختمان ولت‌متر DC :

دیدیم حرکت عقربهٔ گالوانومتر به‌صورت خطّی با عبور جریان از سیم‌پیچ رابطه دارد و طبق رابطهٔ به‌دست می‌آید.

$$\theta = K.I \qquad (۵_۲)$$

به‌عنوان مثال، اگر یک گالوانومتر ۵۰μA داشته باشیم بدین‌معنی است که به‌ازای عبور جریان ۵۰μA، انحراف آن کامل بوده (۱۰۰٪ انحراف کامل) و به‌ازای عبور جریان ۲۵μA انحراف آن نصف (۵۰٪ انحراف کامل) خواهد بود.

اگر مقاومت داخلی گالوانومتر، R_G، باشد و جریان عبور از گالوانومتر I_G، هنگام عبور جریان I_G از گالوانومتر، در دو سر گالوانومتر افت ولتاژی معادل $R_G.I_G$ به‌وجود خواهد آمد.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مقدار R_G در گالوانومترها معمولاً بین ۲۰۰ تا ۵۰۰۰ اهم است (البته این مقدار مقاومت، اندکی مربوط به مقاومت اهمی سیم پیچ است و مابقی را به‌خاطر مسائل دینامیکی گالوانومتر به‌طور مصنوعی با سیم پیچی سری می‌نمایند).

فرض کنید در یک گالوانومتر $R_G = 4K\Omega$ و جریان انحراف تمام اشل آن $30\mu A$ باشد. به‌ازای عبور جریان $30\mu A$، دو سر گالوانومتر ۱۲۰ میلی‌ولت ولتاژ افت می‌کند.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

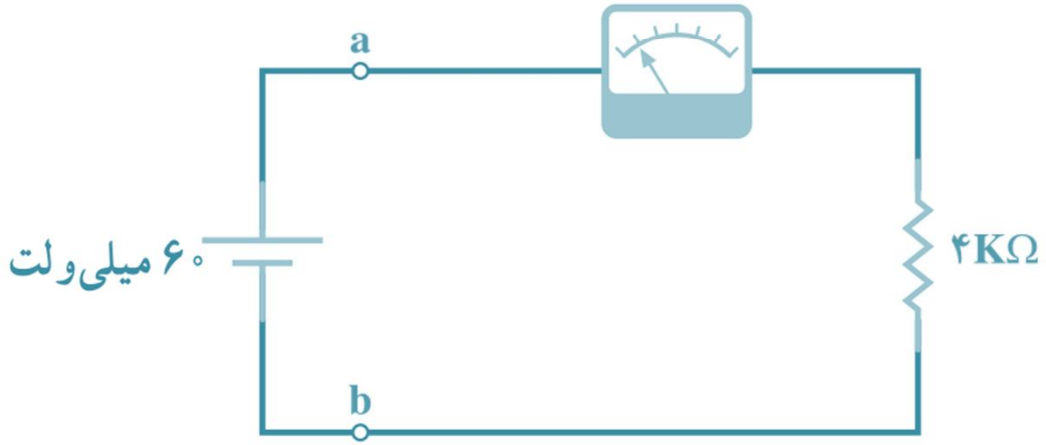
حال اگر به‌جای ۳۰μA، ۱۵μA جریان را به گالوانومتر اعمال نماییم، اوّلاً عقربه ۵۰٪ مقدار قبلی حرکت می کند و ثانیاً افت ولتاژ دو سر گالوانومتر ۶۰ میلی‌ولت خواهد شد ($۱۵\mu A \times ۴K\Omega = ۶۰\ mV$).

حال اگر مطابق شکل به ورودی گالوانومتر با مشخّصات فوق $R_G = ۴K\Omega$ و $I_G = ۳۰\mu A$ (جریان انحراف تمام اشل) یک منبع ولتاژ ۶۰ میلی‌ولتی وصل کنیم، جریان عبوری از مدار $۶۰\ mV/۴\ K\Omega = ۱۵\mu A$ خواهد شد و عقربه ۵۰٪ انحراف خواهد داشت. حال اگر به‌جای ۶۰ میلی‌ولت، ۱۲۰ میلی‌ولت را اعمال نماییم جریان عبوری از گالوانومتر $۱۲۰\ mV / ۴K\Omega = ۳۰\mu A$ خواهد شد و انحراف عقربه ۱۰۰٪ خواهد شد.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مجموعهٔ گالوانومتر فوق را می‌توان به‌عنوان یک میلی‌ولت‌متر ۱۲۰mV ـ ۰ درنظر گرفت. همچنان که می‌توان مجموعهٔ گالوانومتر را به‌عنوان میکروآمپرمتر ۳۰μA ـ ۰ نیز درنظر گرفت.



به‌ازای اعمال ۶۰mV ولتاژ به گالوانومتر، انحراف ۵۰٪ خواهد بود.

@phsics_school

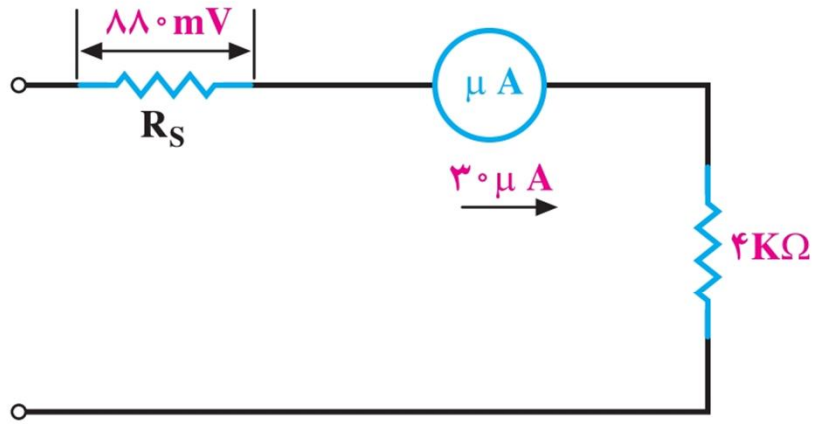
مهندس سعید نمازی

اگر گالوانومتر، با مشخّصات فوق را به‌عنوان میلی‌ولت‌متر $۱۲۰mV$ـ۰ درنظر بگیریم و بخواهیم ولتاژهای بیشتر از $۱۲۰mV$ را با آن اندازه بگیریم، باید مازاد $۱۲۰mV$ را در یک مقاومت اهمی که با گالوانومتر سری می کنیم افت بدهیم. در هر حال جریان عبوری از گالوانومتر نباید از $۳۰\mu A$ تجاوز کند. فرض کنید می‌خواهیم ولتاژ $۱V$ـ۰ را با میلی‌ولت‌متر $۱۲۰mV$ـ۰ اندازه بگیریم. برای این کار باید ۸۸۰ میلی‌ولت ولتاژ را در مقاومت سری شده با گالوانومتر افت دهیم و از طرفی باید جریان مدار همان $۳۰\mu A$ باشد لذا می‌توان مطابق شکل مقاومت سری شده با گالوانومتر (R_S) را محاسبه نمود.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

$$R_s = \frac{۸۸۰\,mV}{۳۰\,\mu A} = ۲۹/۳۳\,K\Omega$$



یک ولت‌متر ۱ـ۰ ولت به کمک یک میلی‌ولت‌متر ۱۲۰mVـ۰

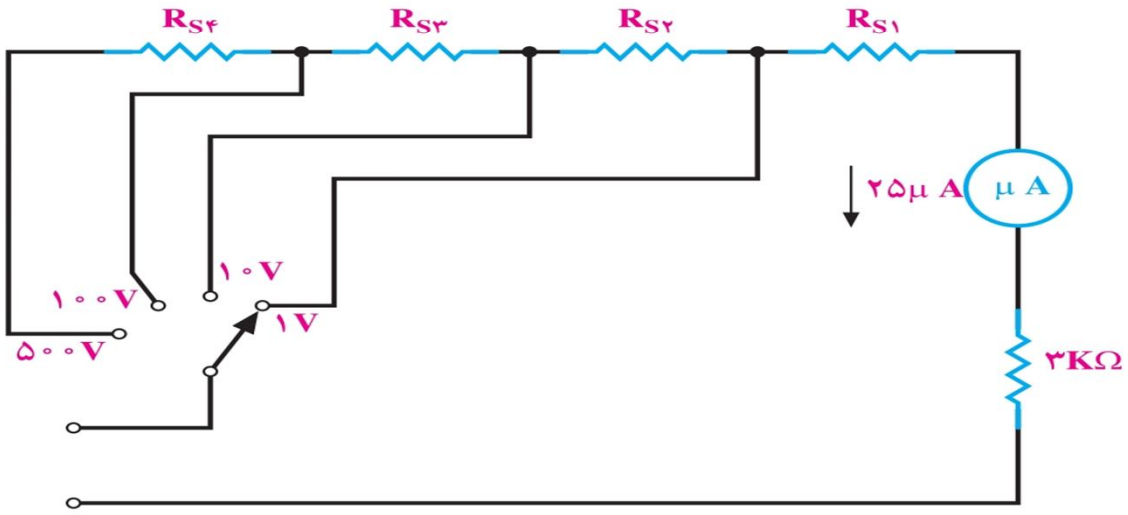
توجّه داشته باشید که در محاسبات، برای حدّاکثر ولتاژ، حدّاکثر انحراف درنظر گرفته می‌شود.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مثال : یک گالوانومتر با مشخصات $R_G = 3K\Omega$ و $I_G = 25\ \mu A$ (جریان انحراف تمام اشل) در دسترس است، می‌خواهیم یک ولت‌متر با رنج‌های $0-1V$، $0-10V$، $0-100V$، $0-500V$ داشته باشیم، مقاومت‌هایی را که باید با این گالوانومتر سری شوند محاسبه نمایید.

حل : ابتدا شکل ولت‌متر را رسم می‌کنیم :



ساختمان ولت‌متر مثال ۱

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

ولتاژی که دو سر گالوانومتر افت می‌نماید

$$V_G = R_G \cdot I_G = ۳K\Omega \times ۲۵\mu A = ۷۵mV$$

$$R_{s۱} = \frac{۱۰۰۰mV - ۷۵mV}{۲۵\mu A} = ۳۷K\Omega$$

$$R_{s۲} = \frac{۱۰V - ۱V}{۲۵\mu A} = ۳۶۰K\Omega$$

$$R_{s۳} = \frac{۱۰۰V - ۱۰V}{۲۵\mu A} = ۳/۶M\Omega$$

$$R_{s۴} = \frac{۵۰۰V - ۱۰۰V}{۲۵\mu A} = ۱۶M\Omega$$

@phsics_school

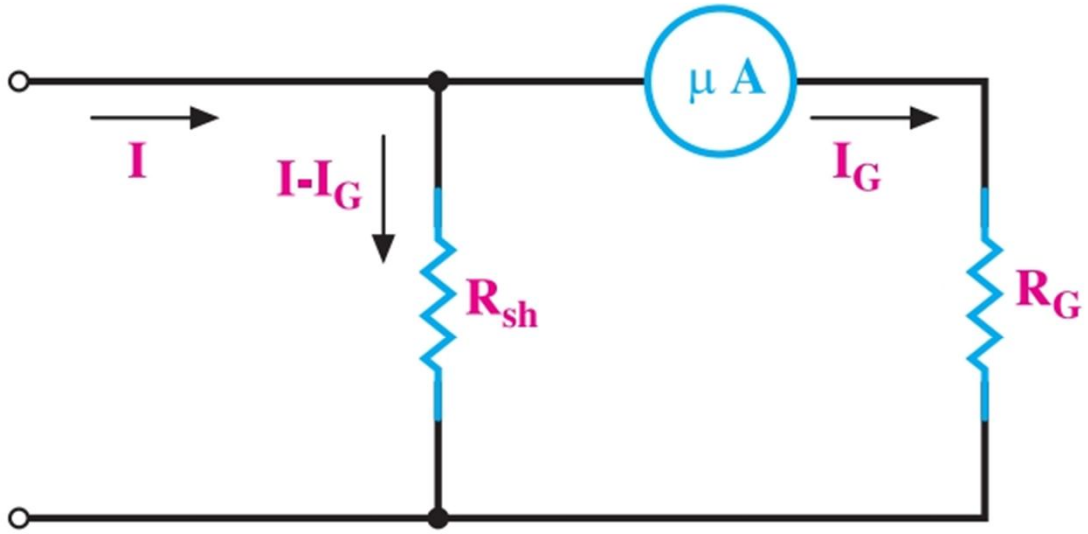
مهندس سعید نمازی

آمپرمتر DC :

گالوانومتر دآرسونوال
خود یک میکروآمپرمتر است که معمولاً در رنج $30^{\circ}\mu A-$ و یا $50^{\circ}\mu A-$ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. امّا در عمل نیاز به اندازه‌گیری جریان‌های بیشتری است. برای اندازه‌گیری جریان‌های بیشتر از جریان گالوانومتر، باید جریان اضافه‌تر از جریان گالوانومتر را از مسیر دیگری عبور داد. برای این‌کار از یک مقاومت موازی با گالوانومتر استفاده می‌نماییم.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی



یک آمپرمتر DC با جریان قابل اندازه‌گیری I

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مبحث: آشنایی با وسایل اندازه گیری

وات‌متر

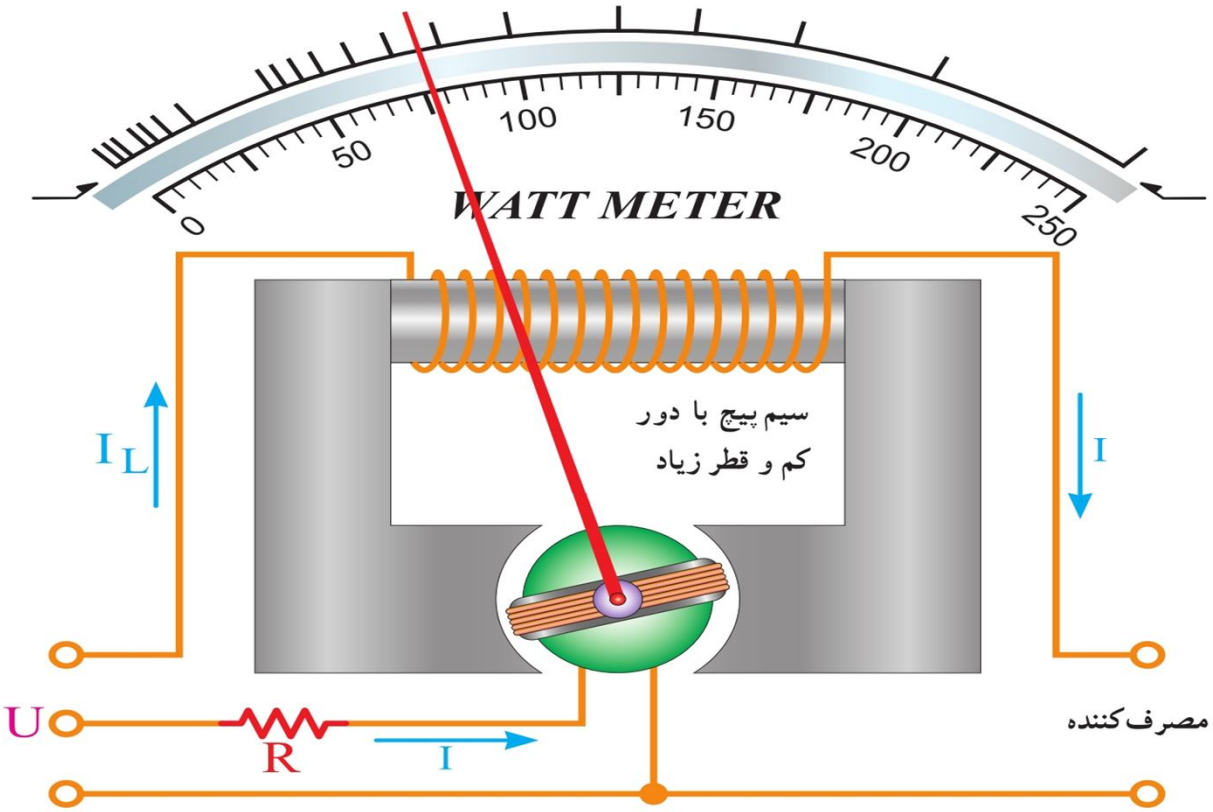
ساختمان داخلی وات‌متر

ساختمان وات‌متر، شبیه گالوانومتر دآرسونوال می‌باشد، تنها اختلاف آن‌ها در آهن‌ربای دائمی است. اگر به‌جای آهن‌ربای دائمی در گالوانومتر دآرسونوال، یک سیم پیچ قرار دهیم، گالوانومتر دآرسونوال تبدیل به وات‌متر خواهد شد.

حرکت عقربه، در شکل نشان‌دهندهٔ مقدار توان مصرفی مصرف‌کننده‌ها می‌باشد.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی



ساختمان داخلی وات‌متر. ساختمان وات‌متر همان ساختمان گالوانومتر دآرسونوال است که فقط به‌جای آهن‌ربای دائمی، یک سیم پیچ با دور کم و قطر زیاد قرار گرفته است.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

همان‌طور که از شکل مشخّص است، وات‌متر دارای دو سیم‌پیچ است. یک سیم‌پیچ با دور کم و قطر زیاد که با جریان مصرف‌کننده به‌صورت سری و دیگری سیم‌پیچ گالوانومتر که همراه با یک مقاومت به‌صورت موازی با بار قرار می‌گیرد. بر روی صفحهٔ جلویی وات‌متر، ترمینال سیم‌پیچ جریان را با حرف I و ترمینال سیم‌پیچ ولتاژ را با حرف U مشخّص می‌نمایند.

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

مبحث: آشنایی با وسایل اندازه گیری

@phsics_school

مهندس سعید نمازی

صفحه ۲۹