اندازه‌گیری مقاومت ویژه

اهداف

- بررسی عوامل مؤثر در مقاومت الکتریکی یک رسانا
- تحقیق رابطه $R=\rho\frac{L}{A}$
- اندازه‌گیری مقاومت ویژه نمونه فلزی

وسایل مورد نیاز

برد مقاومت سیمی با طول و سطح مقطع متفاوت، منبع تغذیه ولتاژ مستقیم، آمپرمتر، ولت‌متر، سیم‌های رابط.

زمینه نظری آزمایش

دو میله مشابه، یکی از گرافیت و دیگری از مس را در نظر بگیرید. اگر به دو سر میله اختلاف پتانسیل V اعمال شود، مشاهده می‌شود که از میله مسی جریانی عبور خواهد کرد که خیلی بیشتر از جریانی است که از میله گرافیکی عبور می‌کند. واضح است که علت این اختلاف، تفاوت بین مقاومت الکتریکی این دو میله است. طبق قانون اهم اگر طول میله L و سطح مقطع A باشد، آنگاه:

$$R=\rho\frac{L}{A} \qquad (۱)$$

که ρ مقاومت ویژه جسم است و بستگی به جنس و درجه حرارت دارد. اگر R بر حسب اهم، L بر حسب متر و A بر حسب مترمربع باشد، ρ بر حسب اهم-متر خواهد بود. مقاومت ویژه را می‌توان به‌صورت $\rho=\frac{E}{J}$ نیز تعریف نمود که در آن، E شدت میدان الکتریکی و J چگالی جریان در داخل سیم رسانا است. هر چه مقاومت ویژه بیش‌تر باشد، شدت میدان الکتریکی بیش‌تری برای ایجاد چگالی جریان معین لازم است. در جدول ۱ مقاومت ویژه چند رسانای مختلف در دمای ۲۰°C آورده شده است.

جدول (۱): مقاومت ویژه رساناهای مختلف.

نام ماده	مس	تنگستن	نقره	آلومینیوم	نیکل	آلیاژکنستانتان	فولاد	آهن
$\rho\times10^{-8}\,(\Omega m)$	۱/۷۲	۵/۵	۱/۶	۲/۸	۶/۹۹	۵۰	۱۸	۱۰

در آزمایشگاه وقتی بخواهند رابطه بین یک کمیت را با پارامترهای وابسته به آن بسنجند، ابتدا پارامترهایی که کمیت ممکن است در آن دخالت داشته باشد را در نظر می‌گیرند، سپس با تغییر فقط یک پارامتر اثر آن را بررسی می‌کنند. در این آزمایش پارامترهایی که در تعیین مقاومت الکتریکی دخالت دارند، عبارتند از طول، سطح مقطع، جنس، دما و....که در هر مرحله یکی متغیر و بقیه ثابت در نظر گرفته می‌شود.

نحوه انجام آزمایش

الف)تحقیق وابستگی مقاومت سیم به طول

برد مقاومت سیمی، شامل سیم‌هایی با قطر و جنس مختلف است که در جدول ۲ مشخصات آن‌ها آمده است.

جدول (۲): مشخصات سیم‌های برد مقاومت.

شماره	۱	۲	۳	۴	۵

جنس	کروم نیکل	کروم نیکل	کروم نیکل	کروم نیکل	کروم نیکل
قطر($\pm 0.01mm$)	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۲۰	۰/۲۰

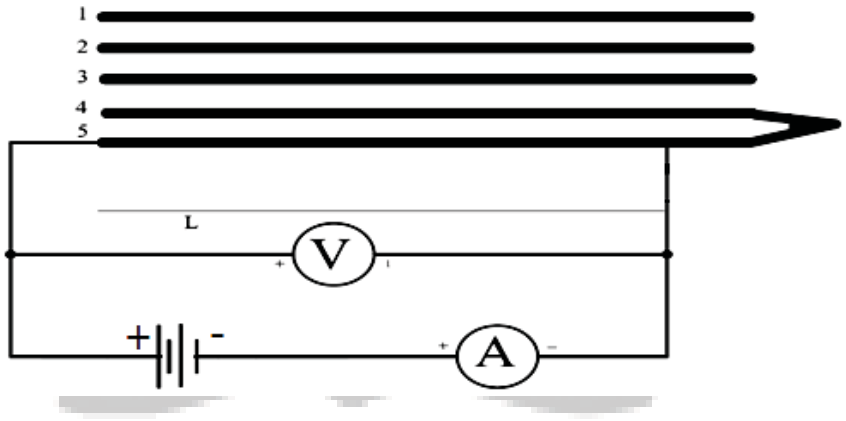
۱) ابتدا مدار شکل ۱ را ببندید و سیم‌های شماره ۴ و ۵ که ضخامت و جنس‌شان یکی است را با یکدیگر سری کنید. و مساحت سیم را محاسبه نمائید.

$$A \pm \Delta A = ... \pm .....(m^2)$$

۲) ولتاژ منبع تغذیه را روی (V) ۱ تنظیم کنید.

۳) با قرار دادن پروپ دستگاه روی فواصل نشانه‌گذاری شده (که هر کدام ۲۵ سانتی‌متر است) ولتاژ و جریان را قرائت کرده و در جدول زیر یادداشت نمائید. سپس با استفاده از رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ مقدار مقاومت ویژه سیم را به‌دست آورید.

۴) از رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ لگاریتم و دیفرانسیل گرفته و به رابطه $\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} + 2\frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta L}{L}$ برسید. سپس با جایگذاری، خطای نسبی در اندازه‌گیری مقاومت ویژه را محاسبه کنید.



شکل (۱): مدار اندازه‌گیری مقاومت ویژه.

$L \pm 1(cm)$	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۱۷۵	۲۰۰
$V \pm \Delta V\,(V)$								
$I \pm \Delta I\,(A)$								
$R \pm \Delta R\,(\Omega)$								
$\rho \pm \Delta \rho\,(\Omega.m)$								
$\frac{\Delta \rho}{\rho}$								

۵) با رسم نمودار R بر حسب L اولاً خطی‌بودن رابطه بین R و L را تحقیق کنید، ثانیاً با اندازه‌گیری شیب نمودار یعنی ($\frac{\rho}{A}$)، مقاومت ویژه سیم را محاسبه کنید.

$$\rho \pm \Delta \rho = ... \pm .....(\Omega m)$$

ب) تحقیق وابستگی مقاومت سیم به سطح مقطع آن

University of Kashan

۱) آزمایش قبل را تکرار کنید. اما این بار سیم‌هایی با طول ثابت و قطرهای متفاوت استفاده کنید و به ازای هر قطر، ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری کنید و نتایج خود را در جدول زیر ثبت کنید. طول سیم را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$L \pm \Delta l = ... \pm .....(m)$$

۲) با اندازه‌گیری ولتاژ و جریان جدول زیر را کامل کنید. برای محاسبه خطا از روش دیفرانسیلی $\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} + 2\frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta L}{L}$ بهره بگیرید.

۳) با رسم نمودار R بر حسب $\frac{1}{A}$ اولاً رابطه بین R و A را تحقیق کنید. ثانیاً با اندازه‌گیری شیب نمودار یعنی (ρl) مقاومت ویژه سیم را محاسبه کنید.

$$\rho \pm \Delta\rho = ... \pm .....(\Omega m)$$

$2r \pm 0.01\,mm$	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۲۰
$V \pm \Delta V\,(V)$				
$I \pm \Delta I\,(A)$				
$R \pm \Delta R\,(\Omega)$				
$\rho \pm \Delta\rho\,(\Omega.m)$				
$\frac{\Delta\rho}{\rho}$				

تکالیف

۱. در آزمایش اول چرا ولتاژ در طول آزمایش ثابت است؟ اگر تغییرات ولتاژ کم است دلیل آن چیست؟
۲. آیا مقاومت ویژه یک فلز با ظرفیت آن (تعداد الکترون‌های رسانشی) ارتباط دارد؟ توضیح دهید.
۳. آیا با اندازه‌گیری مقاومت ویژه یک فلز می‌توان جنس آن را تعیین کرد؟
۴. اگر دو سیم هم‌وزن و هم‌جنس باشند، ولی قطر یکی دو برابر قطر دیگری باشد نسبت مقاومت آن‌ها چقدر است؟
۵. چگونه می‌توان در این آزمایش از پل تار جهت تعیین مقاومت سیم استفاده نمود؟ شرح دهید.
۶. اگر در فرآیند آزمایش طول متغیر، مدار به‌طور مداوم وصل باشد چه خطایی در اندازه‌گیری رخ خواهد داد؟

دانشگاه کاشان
University of Kashan

مطالعه آزاد

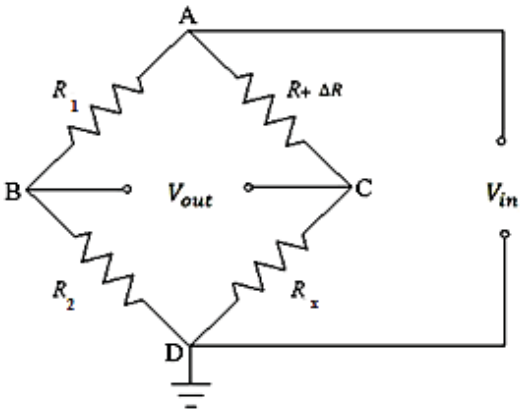
کاربردهای مدار پل وتستون در دستگاه‌های اندازه‌گیری

امروزه یکی از کاربردهای عمومی مدار پل وتستون در صنعت، استفاده از آن در حسگرهای بسیار حساس می‌باشد. در این دستگاه‌ها جریان گالوانومتر بر اساس تغییرات مقاومت بر اثر تغییر یک کمیت فیزیکی نظیر فشار، دما، کرنش و ... کار می‌کنند. همچنین میزان عدم تعادل در پل را بر اساس تغییرات فیزیکی یا شرایط دیگر اعمال شده بر حسگر کالیبره می‌کنند.

➤ساخت دماسنج

اگر به جای مقامت R_x یک سنسور مقاومت حرارتی افزایشی(PTC) قرار داده شود. ولتاژ دو سر گالوانومتر از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$V_{out} \approx \frac{\Delta R}{4 \times R} \times V_{in}$$



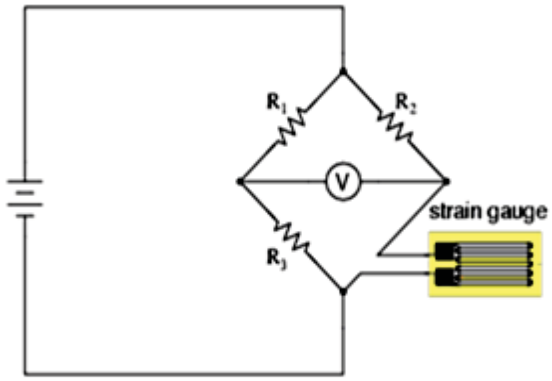
شکل (۱): ساخت دماسنج با استفاده از پل وتستون.

لذا اگر در دو دمای مشخص (مثلا ۰ و ۱۰۰ درجه سانتی-گراد) ولتاژ خروجی اندازه‌گیری شود می‌توان با مقیاس‌بندی آن، یک دماسنج طراحی نمود.

➤ساخت کرنش‌سنج

کرنش‌سنج‌های مقاومتی که ایده‌ی آن‌ها بر اساس تغییر مقاومت بر اثر اعمال نیرو است، در واقع لایه‌های بسیار نازکی از سیم‌های مقاومتی است.

با اعمال نیرو، طول و سطح مقطع سیم تغییر می‌کند و این تغییرات با نیروی اعمالی رابطه دارند. به این ترتیب با اعمال نیرو و ایجاد این تغییرات، مقاومت کرنش‌سنج تغییر می‌کند و مقدار نیرو را از این طریق می‌توان به‌دست آورد.



شکل (۲): ساخت کرنش‌سنج با استفاده از پل وتستون.