

## 실험 3-1. 비저항측정 실험.

### 1. 목적

서로 다른 금속의 비저항은 직경을 알고 있는 철사의 저항을 길이에 따른 함수로 나타냄으로써 구할 수 있다. 또한 길이가 고정된 철사의 저항은 단면적에 반비례함을 알 수 있다.

### 2. 이론

전류 ( $I$ )가 철사를 통하여 흐를 때, 저항이  $R$  인 일정 길이의 철사를 통과하는 동안의 전압 강하( $V$ )는 옴의 법칙을 따른다.

$$V = IR$$

또는  $R$  에 대하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

이 실험에서는, 다양한 길이의 철사의  $R$  을 구하기 위하여  $V$  와  $I$  를 측정한 다음,  $R$  vs. 길이( $L$ ) 그래프를 그릴 것이다. 철사의 저항은 철사의 길이, 단면적( $A$ ), 그리고 재료의 비저항( $\rho$ )에 의존한다.

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2)$$

그러므로 비저항은 다음과 같다.

$$\rho = \frac{R}{L} A = \frac{R}{L} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (3)$$

여기서  $R/L$  은  $R$  vs.  $L$  그래프의 기울기이며,  $d$  는 철사의 직경이다.

### 3. 기구 및 장치

- 850 universal interface
- 비저항 측정 장치
- 버니어캘리퍼스

## 4. 실험방법

- (1) 그림 1 과 같이 장치를 연결한 다음 “Resistivity(student).cap” 파일을 연다.



Figure 1

- (2) 황동 1, 황동 2, 황동 3, 구리, 강철 철사의 두께를 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하고 기록한다.

(황동, 구리, 강철은 각각 금색, 주황색, 회색 이다.)

- (3) 비저항 장치에서, 레퍼런스 프로브 및 슬라이드 프로브를 정지(Park) 위치로 이동시킨다. 프로브는 좌우로 가능한 한 멀리 떨어지도록 하여 시료 철사를 올려놓을 수 있어야 한다. 제자리에 들어맞도록 되어 있다.

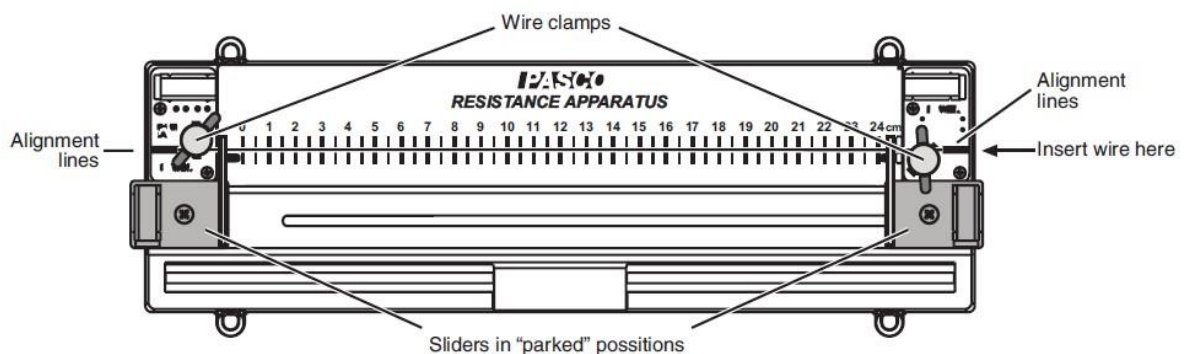


Figure 2

- (4) 철사를 통과시킬 수 있도록, 2 개의 검정색 손잡이를 반시계 방향으로 돌려 클램프를 열어준다.

- (5) 황동 1 철사를 장치에 설치한다. 흰색 정렬 해쉬 마크가 있는 곳에서 왼쪽 또는 오른쪽에서부터 미끄러뜨려 넣는다. 그림 3 는 철사를 통과시킨 오른쪽 클램프와 왼쪽 클램프를 보여준다.

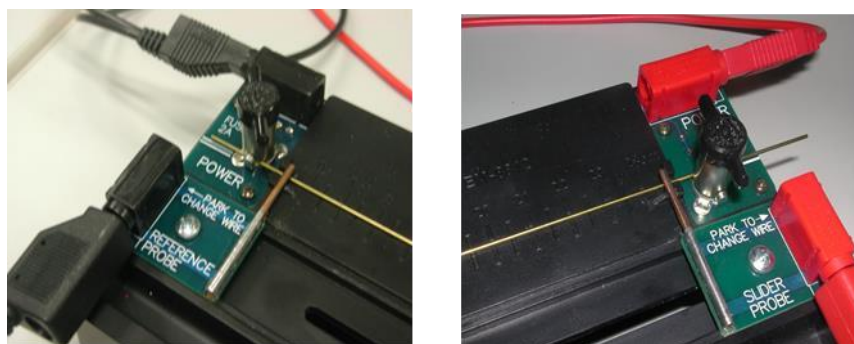


Figure 3

- (6) Capstone 화면 왼쪽의 도구 막대에서 신호 발생기(Signal Generator) 창을 열어, 850 Output 1 을 DC 전압 2.0V 로 설정한다. ON 버튼을 눌러 신호 발생기를 켜다.(그림 4)

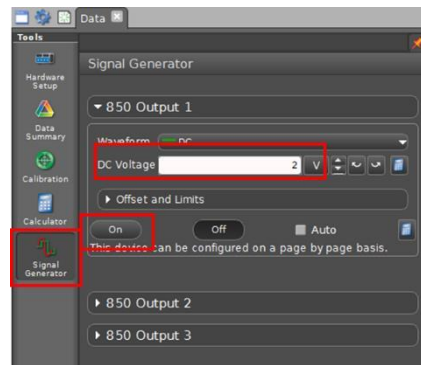


Figure 4

- (7) Capstone 화면 왼쪽의 도구 막대에서 데이터 요약(Data Summary) 창을 열어, Voltage, Ch A 행의 오른쪽 상단의 톱니바퀴 모양 아이콘을 클릭한다. 적절한 gain 을 선택한다

(황동, 구리, 강철의 gain 은 각각 x100, x1000, x10 을 선택한다.)

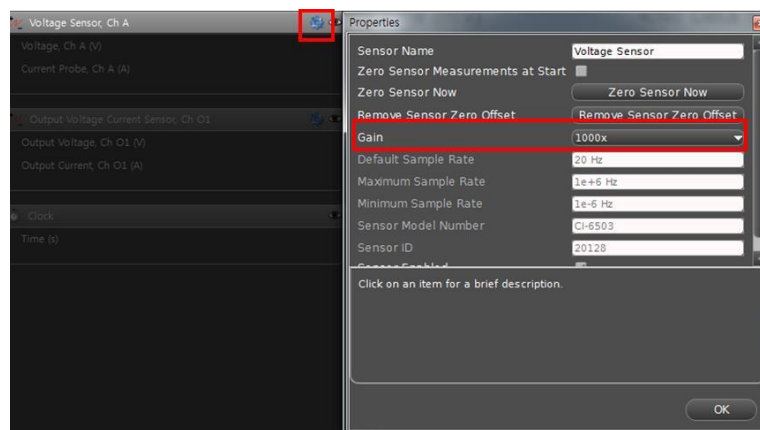


Figure 5 (8) 비저항 장치의

슬라이더 프로브를 5.0cm 위치에 오도록 이동시킨다.

- (9) 화면 좌측 하단의 RECORD 버튼을 클릭한다. 측정값이 안정될 때까지 몇 초간 기다린 뒤 STOP 버튼을 클릭한다.

- (10) 저항 값을 기록한다.

- (11) 슬라이더 위치를 10.0cm, 15.0cm, 20.0cm, 24.0cm 로 바꾸어 과정 9 와 10 을 반복한다.

- (12) Capstone 화면 왼쪽의 도구 막대에서 신호 발생기(Signal Generator) 창을 열어, OFF 버튼을 눌러 신호 발생기를 꺼준다.

- (13) 황동 2, 황동 3, 구리, 강철 철사로 5~12 과정을 반복한다.

## 5. DATA SHEET

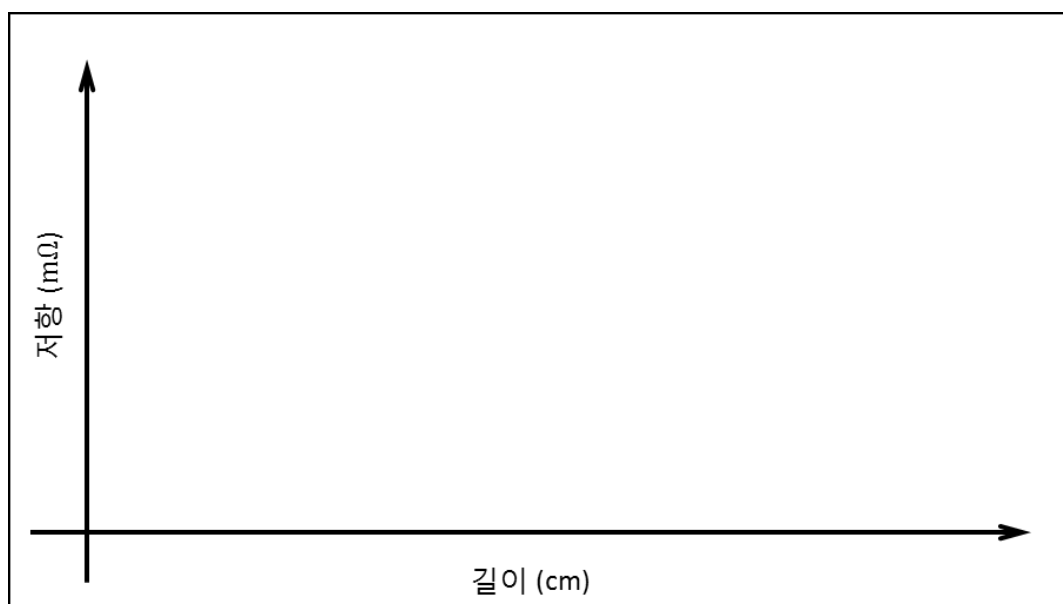
활동1	
두께 :	
L (cm)	R (mΩ)
5	
10	
15	
20	
24	

활동2	
두께 :	
L (cm)	R (mΩ)
5	
10	
15	
20	
24	

활동3	
두께 :	
L (cm)	R (mΩ)
5	
10	
15	
20	
24	

구리	
두께 :	
L (cm)	R (mΩ)
5	
10	
15	
20	
24	

강철	
두께 :	
L (cm)	R (mΩ)
5	
10	
15	
20	
24	



물 질	비저항 실험 ( $\Omega m$ )	비저항 이론 ( $\Omega m$ )	오차율 (%)
황동1		$7 \times 10^{-8}$	
황동2		$7 \times 10^{-8}$	
황동3		$7 \times 10^{-8}$	
구리		$1.8 \times 10^{-8}$	
강철		$79 \times 10^{-8}$	

## 6. 질문

- 1) 철사의 저항을 길이에 따른 함수로 나타내었을 때 함수는 어떤 모양을 갖는가? 그러한 모양을 갖는 이유는 무엇인가?
- 2) 황동 철사는 단면적에 따라 비저항과 저항이 어떻게 달라지는가? 그렇게 달라지는 이유는 무엇인가?

## 실험 3-2. 전기 회로 실험 (Wheatstone Bridge)

### 1. 목적

휘트스톤 브리지의 구조와 사용 방법을 알고, 이것을 이용하여 미지의 전기저항을 정밀하게 측정한다.

### 2. 원리

(1) 이론 휘트스톤 브리지는 [그림 1](a) 와 같이 저항  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_k$ ,  $R_x$  를 연결하고, 점 a 와 b 사이를 검류계 G 로 연결하여 두 점 사이의 전위차를 알아볼 수 있게 한 장치이다. 이 휘트스톤 브리지는  $R_1$  과  $R_2$  및  $R_k$  를 적당히 조절하여 검류계(G)에 전류가 흐르지 않게 하여 평형조건을 찾는 영점법 (null-comparison method)을 사용한다. 검류계에 있는 스위치를 닫았을 때 검류계의 지침이 0 이 된다는 것은 a 와 b 점 사이에 전류가 흐르지 않는다는 것을 말하여, a 와 b 점은 등전위점이 되었다는 뜻이다. 이것은  $V_{ac}=I_k R_k$  와  $V_{bc}=I_1 R_1$  이 같다는 뜻이므로, 다음식이 성립된다.

$$I_k R_k = I_1 R_1 \quad (1)$$

$$I_x R_x = I_2 R_2 \quad (2)$$

지금  $R_1$  과  $R_2$ ,  $R_k$  와  $R_x$  는 서로 연결되어 있다. 검류계를 통하는 전류가 0 이므로  $I_1=I_2$ ,  $I_x=I_k$  가 되어, 식 (1)와 (2)의 비를 취하면

$$R_x/R_k = R_2/R_1 \quad \text{즉,} \quad R_x = R_k (R_2/R_1) \quad (3)$$

를 얻는다.

[그림 1] (b)와 같은 습동선형 휘트스톤 브리지에서,  $R_1$  과  $R_2$  는 단면적이 A 이고 비저항이  $\rho$  인 균일 저항선이 선분으로 되어 있다. 따라서, 단위길이당 저항선은 일정하다. 따라서, 각 선분의 저항  $R_1$  과  $R_2$  는 그 길이에 비례한다.  $R_1$  에 해당하는 선분의 길이는  $l_1$ ,  $R_2$  에 대한 선분의 길이를  $l_2$  라 하면  $R_1$ ,  $R_2$  는 다음 관계식을 만족한다.

$R_2$  에 대한 선분의 길이를  $l_2$  라 하면  $R_1$ ,  $R_2$  는 다음 관계식을 만족한다.

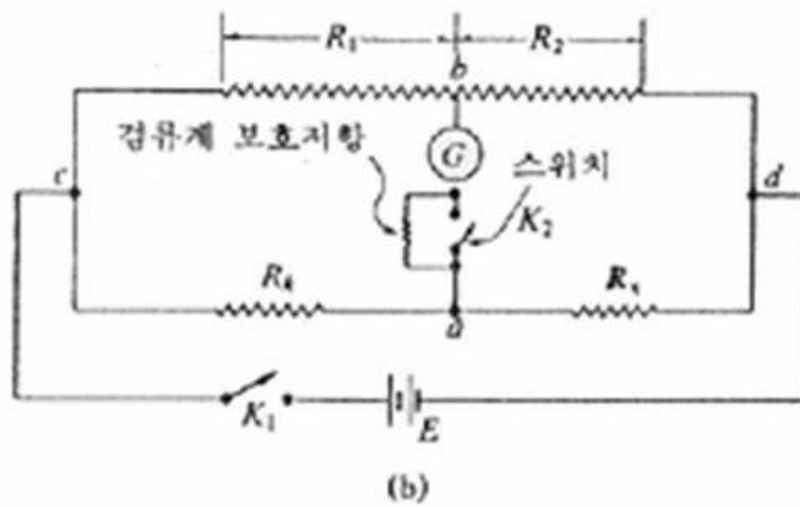
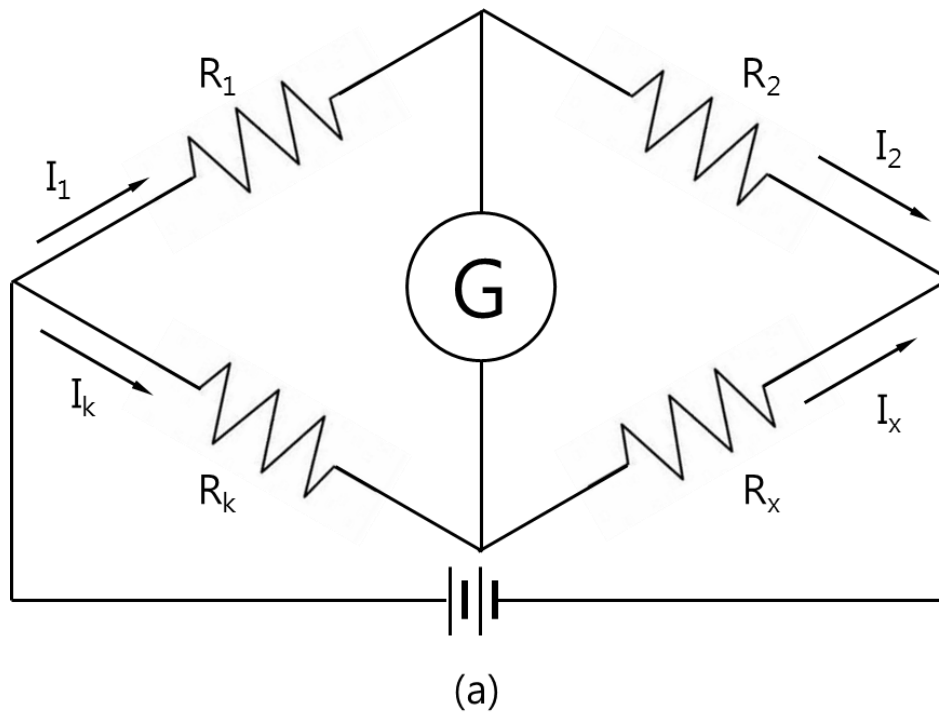
$$R_1 = \rho l_1 / A, \quad R_2 = \rho l_2 / A \quad (4)$$

$$R_2 / R_1 = \rho l_2 / A / \rho l_1 / A = l_2 / l_1 \quad (5)$$

식 (4)를 (3)에 대입하면  $R_x$  는

$$R_x = R_k (l_2 / l_1) \quad (6)$$

이다. 따라서 길이  $l_1$  과  $l_2$  를 측정하고,  $R_k$  의 값을 정확히 알므로써,  $R_x$  를 정확히 알아낼 수 있다.



[그림 1] 휘트스톤 브리지

다이얼형 휘트스톤 브리지

다이얼형 휘트스톤 브리지는 대부분 같은 구조를 갖고 있으며, 그 형태가 [그림 2]와 같은 것의 작동 원리를 예로 들어서 설명하기로 한다. 맨 위 중앙의 다이얼은  $R_2/R_1$  값을 정하는 비례 배수 (0.001, 0.00..., 1000 등) 이고,  $R_v$  는 아래 2 줄로 놓인 4 개의 다이얼 (X1000, X100, X10, X1)로 구성되어 있으며, 각 다이얼은 0 에서 9 까지의 한 값을 선택할 수 있게 되어 있다. 단자 X 에는 측정하려는 저항  $R_x$  를 연결 한다. 비례 배수 다이얼과  $R_v$  를 맞추어 놓고 BA 버튼을 눌러 전원용 스위치를 닫는다. 다음 검류계용 스위치 GA 를 가볍게 눌러 연결시켜 주면서 그 바늘의 움직임을 주시한다. (검류계의 바늘이 심히 벗어 나게 될 때에는 검류계가 파손될 우려가 있으므로 검류계의 분류 저항(shunt)  $R_S$  를 달아 검류계를 보호 하는 것이 좋다.)



[그림 2] 다이얼형 휘트스톤 브릿지

비례 배수 다이얼을 돌려 위와 반대 방향으로 바늘이 움직이는 위치를 찾는다. 이 과정에서  $R_2/R_1$  의 대략적인 값을 구한다.

다음에 3 개의 가변 저항 다이얼을 조정하여 검류계 바늘의 벗어나기가 최소로 되도록 한다. 그리고 검류계의 분류 저항 다이얼을 떼어서 검류계의 감도를 최대로 한다. 가급적 많은 유효숫자를 얻기 위하여  $R_v$  의 최소 단위인 다이얼을 쓸 수 있도록 비례 배수 다이얼을 쓸 수 있도록 비례배수 다이얼을 다시 정하고, 검류계의 바늘이 0 을 가리킬 때의  $R_v$  를 구한다. 측정한  $R_v$  와  $R_2/R_1$  을 식 (3)에 대입하며 미지 저항  $R_x$  를 산출한다. 측정을 하기 전에 저항의 개략값을 알고 측정하는 것이 편리하다.

### 3. 기구 및 장치

#### (1) 다이얼형 휘트스톤 브릿지



(2) 3 개의 저항체 (색 코드가 있는 것)

#### 4. 실험방법

회로 구성 다이얼형 휘트스톤 브리지와 [그림 1(a)] 회로를 비교하면 각각의 다이얼은 다음 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 다이얼형 휘트스톤 브리지

저항 측정 (다이얼형 브리지) 색코드(color code)가 붙어 있는 저항체 중 하나를 미지저항  $R_x$  로 생각하고, 브리지법으로 측정 한 값과 색코드로부터 표시된 값과 비교하자.

- (1) 미지저항  $R_x$  로 선택된 저항체의 색코드를 보고, 그 저항의 평균값  $R_n$  과 오차범위(tolerance)를 보고서의 표에 기입한다.
- (2) 이 저항체를 회로의  $R_x$  위치에 연결한다.
- (3) 좌측상단의 스위치를 INT 로 놓고, BA 를 눌러 전원을 켜다.
- (4) MULTIPLY 다이얼이 각각 0.1, 1, 10 일때,  $R_k$  를 조절한 후 GA 버튼을 눌러 검류계의 눈금이 변하지 않는  $R_k$  값을 찾는다.
- (5)  $R_k$  와 MULTIPLY 값을 이용하여  $R_x$  를 구하고 기록한다.
- (6) 나머지 2 개의 저항체에 대해서도 앞의 순서를 반복하여 저항값을 측정해보라. (이론을 참고)

## 5. DATA SHEET

실험	$R_2 / R_1$	(저항띠 참고)		$R_K$ ( $\Omega$ )	$R_x$ ( $\Omega$ )	$(R_n - R_x)$ ( $\Omega$ )	오차범위 저항( $\Omega$ )
		$R_n$ ( $\Omega$ )	오차범위 (%)				
저 항 A	0.1						
	1						
	10						
저 항 B	0.1						
	1						
	10						
저 항 C	0.1						
	1						
	10						

※ 오차범위 저항( $\Omega$ ) =  $R_n \times \%오차범위$

## 6. 질문

1) 색코드가 붙어있는 저항체의 측정저항이 그 오차범위 내에 있는가? 그 오차범위 내에 들지 않으면 그 원인은 무엇인가?

2)  $R_2 / R_1$  의 비를 어떻게 잡는 것이 저항측정의 정확도를 높일 수 있는가?