

## 실험. 11 열의 일당량 측정

### 1. 목적

전기 에너지와 전류의 열 작용으로 발생된 열량을 측정하여 열의 일당량을 측정한다.

### 2. 이론

에너지는 보존법칙에 따라 상호 변환될 수 있다. 그 중에서 우리가 가장 빈번히 이용하는 변환은 역학적 에너지와 열에너지 간의 변환이다. 역학적 에너지의 단위는 Joule 이고 열 에너지의 단위는 kcal 인데, 이들 간의 변환이 가능하므로 Joule 과 kcal 사이에는 비례관계가 성립한다. 1kcal 가 일 몇 Joule 에 해당되는가를 열의 일당량이라 한다. 일  $W$  와 열량  $Q$  사이에는

$$W = JQ \quad (1)$$

의 관계가 성립하며  $J$  는 열의 일당량이다. 이 관계에 따라 역학적 에너지의 손실을 통해 얻어지는 열량을 계산할 수 있다. 한편, 저항  $R$  의 저항선에 전류  $i$  가  $t$  초 동안 흐르면 열을 발생시키는데 사용된 전기 에너지는

$$W = i^2 R t = V i t \quad (2)$$

이다, 전기 에너지에 의해 발생된 열은 열량계 속의 물과 용기의 온도를  $\theta_1$  에서  $\theta_2$  로 상승시키며, 이 열량  $Q$  는

$$Q = C(m+M)(\theta_2 - \theta_1) \quad (3)$$

이다. 여기서  $m$  은 물의 질량,  $M$  은 용기, 교반기 및 온도계 등의 전체 물당량, 그리고  $C$  는 물의 비열로서  $1\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ 로 한다. 물당량은 물과 비열이 다른 물질의 열용량을 물의 비열로 나눈 값이다.

위의 식 (1), (2)와 (3)으로부터 열의 일당량은

$$\begin{aligned} J &= \frac{V i t}{C(m+M)(\theta_2 - \theta_1)} \quad (J / cal) \\ &= \frac{V i t}{C(m+M)(\theta_2 - \theta_1)} \times 10^7 \quad (erg / cal) \end{aligned} \quad (4)$$

가 된다.

### 3. 실험장비

850interface, 온도계, 비커, 전기열량계, 전압센서 2개, 전류프루브, 전선(바나나) 3개

#### 4. 실험방법

-실험은 (1) 열량계의 물당량 측정과 (2) 열의 일당량 측정의 두 단계로 나누어서 한다.

##### 주 의 사 항

- 온도계 설치시에 온도계 끝과 저항이 닿지 않도록 한다.
- 함수발생기 사용시 8V, 0.8A 이상이 되지 않도록 한다.
- 열량계의 뚜껑이 잘 닫혀 움직이지 않도록 주의한다.
- 교반기를 이용하여 저을 때 저항이 닿지 않는지 확인한다.

그림 1 과 같이 장치한다.

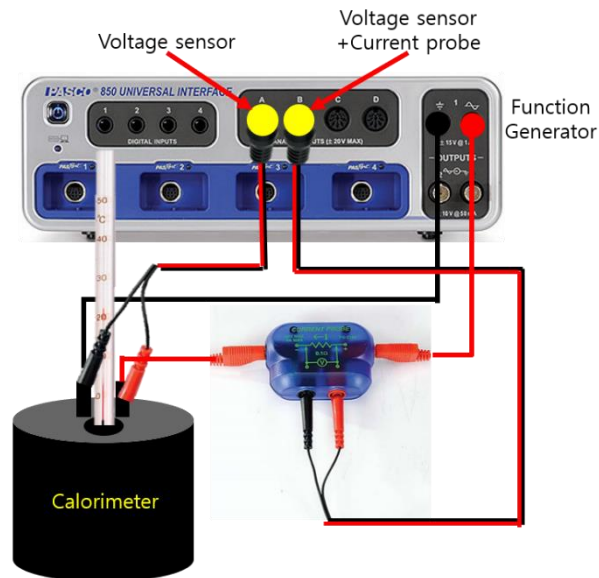


그림 1. 실험 설치방법

##### ● 함수발생기 사용 방법 (과전류가 흐르지 않도록 주의하자.)

1. Signal generator 버튼을 클릭한 후 출력을 DC로 설정한다. 이 때 전압은 8V 미만으로 설정한다.
2. On 버튼을 누르기 전에 두 전압센서의 Zero sensor now 버튼을 눌러 영점을 맞춘다.

## 1) 열량계의 물당량 측정

- (1) 상온의 물 150cc를 열량계에 붓는다. (열량계의 저항선 과열 방지)
- (2) 함수발생기를 이용하여 열량계 안의 물을 40°C 정도로 가열한다. 이 때의 온도  $\theta_2$  를 측정한다.
- (3) 물을 끓이는 동안 상온의 물 100cc의 온도  $\theta_1$ 를 측정한다.
- (4) 방법 (3)의 물 100cc를 열량계에 붓고 뚜껑을 닫은 다음 열량계의 교반기로 저어 고루 섞어 전체가 일정한 평형상태가 되도록 하고 이 때의 온도  $\theta_3$ 를 측정한다.
- (5) 온도  $\theta_1$ 의 물  $m_1$ 을 열량계에 부었을 때,  $m_1$ 이 흡수한 열량은

$$Q_{m1} = Cm_1(\theta_3 - \theta_1)$$

이고, 열량계와  $\theta_2$ 의 물이 방출한 열량은

$$Q_{m2+M} = C(m_2+M)(\theta_2 - \theta_3)$$

이다. 이 두 식이 같으므로

$$Cm_1(\theta_3 - \theta_1) = C(m_2+M)(\theta_2 - \theta_3)$$

따라서 열량계의 물당량은

$$M = \frac{m_1(\theta_3 - \theta_1) - m_2(\theta_2 - \theta_3)}{(\theta_2 - \theta_3)}$$

이다.

- (6) 열량계의 물을 모두 버린다.

## 2) 열의 일당량 측정

- (1) 비커로 수돗물 100cc를 재어 열량계에 붓고 뚜껑을 닫는다.
- (2) 함수발생기 및 온도계 등이 제대로 설치되어 있는지 검토한 후, 전원을 넣는다. 함수발생기의 전압이 8V가 되도록 설정한 후 전원을 켜지 않고, 3분 정도 지난 후 열량계의 물의 온도  $\theta_1$ 를 측정한다.
- (3) 전원을 넣음과 동시에 전류  $i$ 와 전압  $V_1$ 을 측정한다.
- (4) 물의 온도가 처음보다 10°C 높아지면 그 때의 전압  $V_2$ 를 기록하고, 전원을 끊음과 동시에 그 때의 시간  $t$ 를 기록한다.
- (5) 교반기로 저어 온도가 평형상태가 되게 하여 그 때의 온도  $\theta_2$ 를 기록한다.
- (6) 위의 결과로부터 전류에 의한 열의 일당량  $J$ 를 구한다. 전압과 전류를 적분하여 전기에너지를 구할 수 있다.

## 5. 실험 결과

### 열량계의 물당량

상온의 물	질량 $m_1$	g
	온도 $\theta_1$	°C
끓인 물	질량 $m_2$	g
	온도 $\theta_2$	°C
최종 평형 상태의 온도 $\theta_3$		°C
열량계의 물당량 M		g

### 열의 일당량

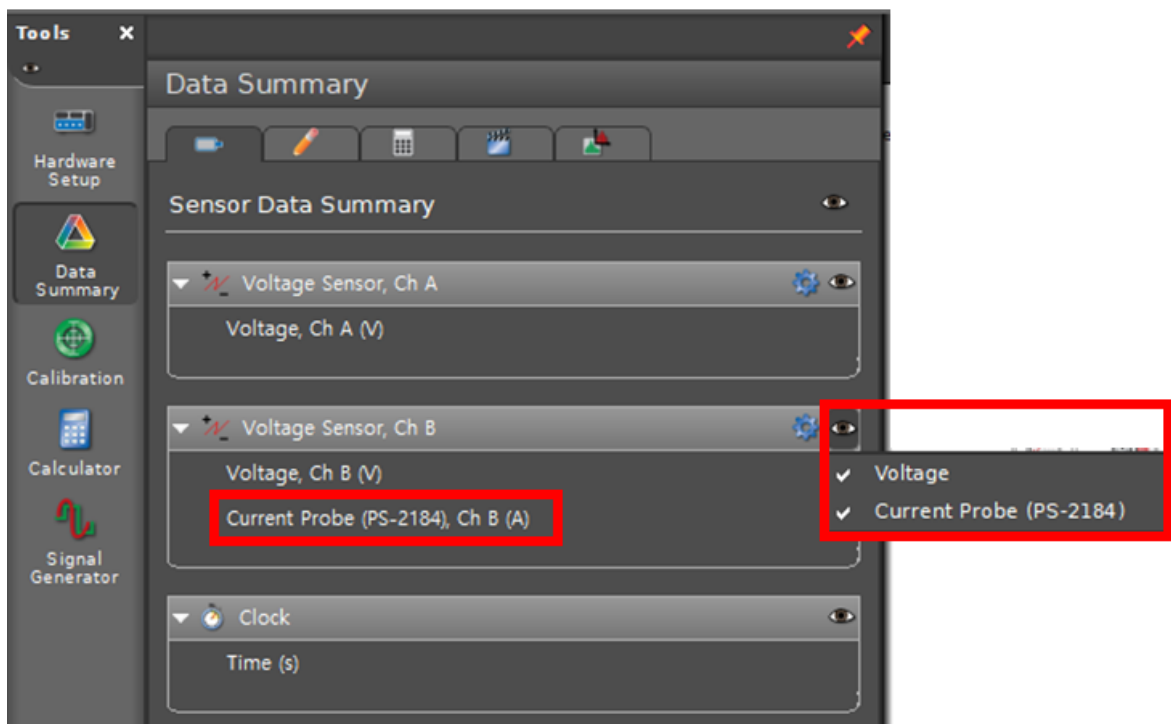
물의 질량 m	g
처음 물의 온도 $\theta_1$	°C
나중 물의 온도 $\theta_2$	°C
평균 전압 V	V
전류	A
시간 t	Sec
열의 일당량 J	$\times 10^7 \text{ erg / cal}$ $J / cal$

### \*\* Capstone 설정

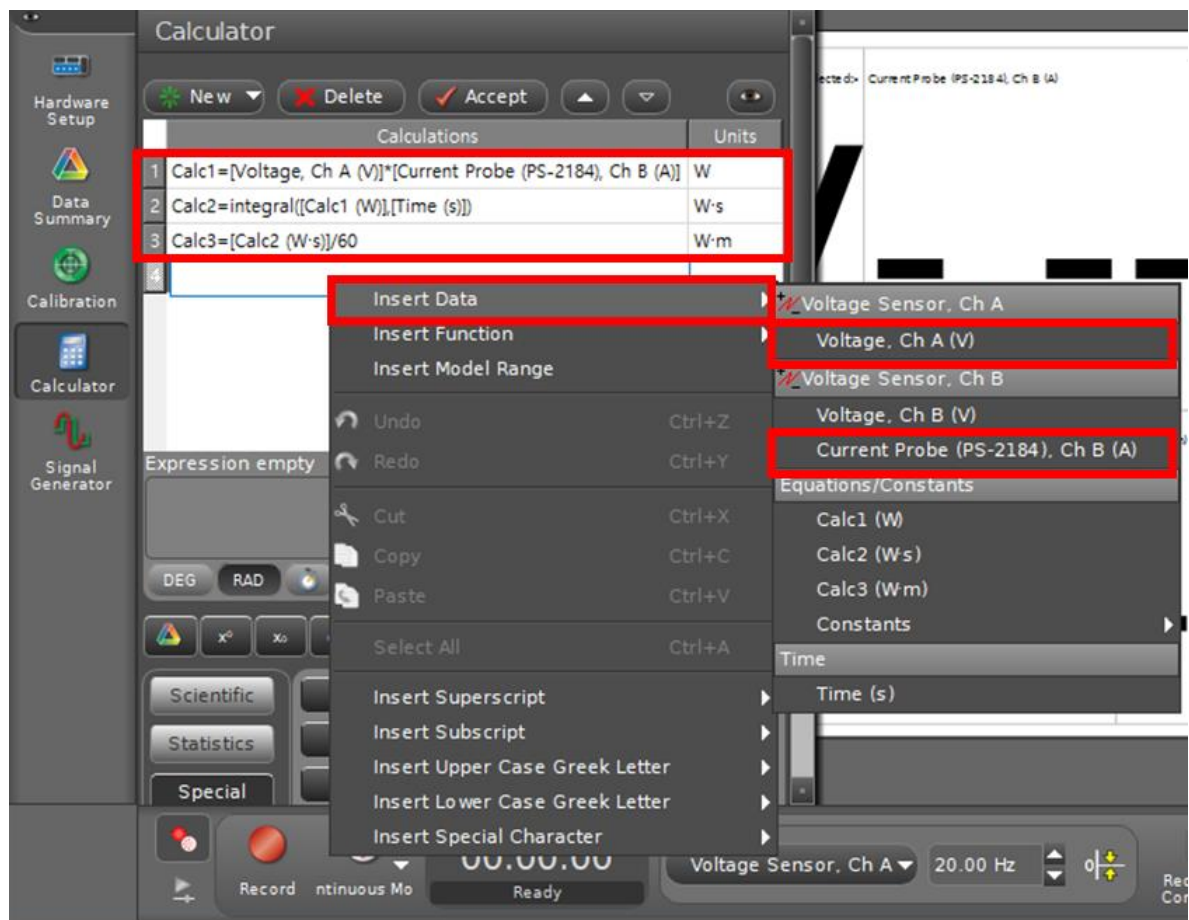
1. Hardware Setup에서 2개의 Voltage Sensor를 확인한다.



2. Data Summary에서 Current Probe를 설정한다.



3. Calculator에서 전력과 전력량을 계산되도록 설정한다.



4. Digits창을 이용하여 전압, 전류, 전력, 전력량을 확인한다.

