# 실험 시험

## 2015년 1월 14일

## 먼저 이것을 읽으시오:

1. 실험 시험은 문제 하나로 이루어져 있다. 이 시험의 시간은 3시간이다.

2. 제공된 펜만 사용하시오.
3. 수치 계산에는 프로그램 기능이 없는 자신의 계산기를 사용할 수 있다. 계산기가 없으면 올림피아드 주최 측에 요청하시오.
4. ***답안용지와 여분의 종이***가 제공된다. 여분의 종이는 풀이의 초안을 쓰는 데 사용할 수 있지만, 채점하지 않는다. 채점받을 최종 풀이는 ***답안용지***에 써야 한다. 글은 되도록 적게 쓰고, 주로 식, 수치, 그림, 그래프를 사용하시오.

5. ***답안용지***의 앞면만 사용하시오**.** 테두리 안쪽에만 쓰시오.
6. 각 용지 위쪽의 칸에 국가(***Country***), 학생 코드(***Student Code***), 문제 번호(***Question Number***), 각 용지의 일련번호(***Page Number***), 사용한 ***답안용지***의 총 매수(***Total Number of Pages***)를 적으시오. 채점받고 싶지 않은 메모에 빈 ***답안용지***를 사용했다면, 그 용지 전체에 큰 X 표시를 하고 번호를 매길 때 포함하지 마시오.

7. 시험이 끝나면 문제마다 모든 용지를 다음 순서로 정리하시오.
    - 사용한 ***답안용지***(순서대로)
    - 채점받고 싶지 않은 용지
    - 사용하지 않은 용지와 문제지

    용지를 봉투에 넣고 모든 것을 책상 위에 두시오. 어떤 종이나 장비도 시험실 밖으로 가져갈 수 없다.

# 흑연의 저항 (15점)

**실험 기구 및 장비:** 흑연 막대, 멀티미터, 전원(4.5 V 전지), 1.0 Ω과 10 Ω 고정 저항기, 가변 저항기 (조정할 때는 플라스틱 자의 날카로운 모서리를 사용하여라), 연결 도선, 스톱워치, 눈이 담긴 용기.

***주의! 흑연 막대는 매우 약해서 쉽게 부러질 수 있으니 조심하여라. 막대는 "악어" 집게로 회로에 연결하여라.***

흑연의 전기 저항 $R_g$는 온도에 따라 달라진다. 이 의존성은 다음과 같이 선형이라고 근사할 수 있다.

$$R_g = R_0(1 + \alpha\Delta T),$$

여기서 $\Delta T$는 막대와 실내의 온도 차, $R_0$은 실온에서 흑연 막대의 저항, $\alpha$는 흑연 저항의 온도 계수이다.

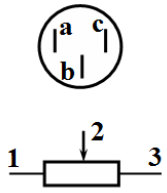
**실내 온도는 실험 시험 중에 알려 준다.**

또한 막대에서 주위 공기로 빠져나가는 열의 일률은 막대와 공기의 온도 차에 비례한다고 가정할 수 있다.

$$P = \beta\Delta T,$$

여기서 $\beta$는 열전달 계수이다.

**제1부. 흑연 막대의 전류-전압 특성**




1.1 멀티미터(이 항목에서는 저항 측정 모드로 사용하여라)를 사용하여 가변 저항기의 어느 단자가 미끄럼 접점(그림에서 2로 표시)에 해당하는지 알아내어라.

1.2 공기 중에 놓인 흑연 막대에서, 막대 양단의 전압에 따른 막대에 흐르는 전류를 측정하여라.

*멀티미터는 전류계 모드에서 매우 불안정하게 작동하므로, 측정할 때는 전압계 모드로 사용하여라. 전류를 측정할 때는 1.0 Ω 저항기를 사용하여라. 회로의 전류를 바꿀 때는 가변 저항기를 사용하여라. 막대에 전류가 흐르면 온도가 변하는 데 시간이 걸린다는 것을 명심하여라. 가변 저항기의 손잡이를 돌려 저항 값을 바꾼 뒤에는 적어도 30-40초를 기다린 다음 값을 읽어야 한다.*

1.2.1 측정에 사용한 전기 회로를 개략적으로 그려라.
1.2.2 얻은 의존성의 그래프를 그려라. 이 의존성을 나타내는 이론식을 유도하여라.

1.2.3 실온에서 흑연의 비저항을 계산하여라. 그 실험 오차를 추정하여라. 각 저항기의 상대 오차는 5%이다. 막대의 지름은 $d = 1.0 \pm 0.05$ mm이다. 길이를 측정할 때는 모눈종이를 사용해도 된다.

1.2.4 정상 상태에서 흑연 막대의 전기 저항이, 전류가 흐르면서 막대에서 발생하는 일률 $P$에 선형으로 의존한다는 것을 이론적으로 보여라.

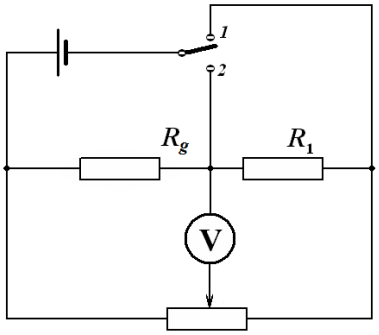
$$R_g = R_0(1 + \gamma P). \qquad (1)$$

1.2.5 얻은 실험 데이터를 이용하여 일률에 따른 흑연 막대의 저항 $R_g(P)$를 계산하여라. 해당 그래프를 그려라.
1.2.6 해당 그래프를 이용하여 식 (1)이 성립하는 일률의 범위를 써라. 이 범위에서 $\gamma$의 값을 구하여라. 오차는 추정하지 않아도 된다.
1.3 흑연 막대를 녹고 있는 눈 속에 담근 상태에서, 막대 양단의 전압에 따른 막대에 흐르는 전류 $I(U)$를 측정하여라.

1.3.1 얻은 의존성의 그래프를 그려라.
1.3.2 흑연 저항의 온도 계수를 구하고, 그 실험 오차 $\Delta\alpha$를 추정하여라.

**제2부. 흑연 막대의 냉각**

*저항의 작은 변화를 측정하려면 브리지 회로(그림 참고)를 사용하는 것이 좋다. 전지에 연결된 도선 중 하나는 두 위치에 놓을 수 있다.*
*1 – 측정 모드*
*2 – 가열 모드*




*가변 저항기의 손잡이를 돌려 전압계에 걸리는 전압이 0이 되게(또는 0에 가깝게) 할 수 있다. 이때 브리지가 평형을 이루었다고 한다. 저항기 $R_1$으로는 10 Ω 저항기를 사용하여라.*

*흑연 막대의 저항 $R_g$가 변하면 전압계에 걸리는 전압이 0이 아니게 된다. 이때 전압계에 걸리는 전압이 흑연 막대의 저항 변화에 비례한다는 것을 따로 보일 수 있다(그렇게 할 필요는 없다).*

2.1 막대를 가열하지 않은 상태에서 전지 도선을 측정 모드(위치 1)에 놓아라. 가변 저항기의 손잡이를 돌려 멀티미터의 읽음이 0에 가깝게(가능한 한 가깝게) 되도록 하여라.

같은 전지 도선을 재빨리 위치 2로 옮기고 적어도 1분 동안 기다려 막대를 가열하여라. 그런 다음 전지 도선을 재빨리 위치 1로 되돌리고, 시간에 따른 전압을 측정하여라.

2.2 얻은 의존성을 그래프로 그려라.

2.3 막대가 직류 전압원에 연결되어 있지만 그 온도가 정상 상태의 온도 $\bar{T}$와 다르면, 시간 $t$에 따른 온도 $T$의 변화는 근사적으로 다음 방정식을 따른다.

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau}(T - \bar{T}).$$

실험 데이터를 이용하여 이 방정식이 성립하는지 확인하여라. 열평형의 특성 시간 $\tau$의 값을 구하여라. 오차는 추정하지 않아도 된다.