실험 시험

2012년 1월 18일

먼저 다음 지시 사항을 읽으시오.

실험 시험은 한 문제로 이루어져 있다. 이 시험 시간은 3시간이다.

제공된 펜만 사용하시오.

수치 계산에는 자신의 프로그래밍할 수 없는 계산기를 사용할 수 있다. 계산기가 없으면 올림피아드 주최 측에 요청하시오.

답안지(Writing sheet)와 여분의 종이가 제공된다. 여분의 종이는 풀이의 초안을 쓰는 데 사용할 수 있지만, 채점하지 않는다. 채점받을 최종 풀이는 답안지에 써야 한다. 글은 되도록 적게 쓰시오.

주로 식, 수치, 그림, 그래프를 사용하시오.
답안지의 앞면만 사용하시오. 테두리 안쪽에만 쓰시오.

각 용지 위쪽의 칸에 국가(Country), 학생 코드(Student Code), 문제 번호(Question Number), 각 용지의 일련번호(Page Number), 답안지의 총 매수(Total Number of Pages)를 적으시오. 채점받고 싶지 않은 메모에 빈 답안지를 사용했다면, 그 용지 전체에 큰 X 표시를 하고 번호를 매길 때 포함하지 마시오.

시험이 끝나면 문제마다 모든 용지를 다음 순서로 정리하시오.

사용한 답안지(순서대로);

- 채점받고 싶지 않은 용지
- 사용하지 않은 용지와 인쇄된 문제지
- 용지를 봉투에 넣고 모든 것을 책상 위에 두시오. 어떤 종이나 기구도 시험실 밖으로 가져갈 수 없다.

부피 속을 흐르는 전류 [15점]

실험 기구 및 장치: 250 mL 용기, 강철 바퀴살 두 개, 멀티미터, 전원(4.5 V 전지), 저항값이 수 kΩ인 저항기, 2극 스위치, 칵테일용 플라스틱 빨대, 연결 도선, 깨끗한 물, 플라스틱 컵, 지우개, 자, 접착테이프.

가는 원통형 도체의 저항을 계산하는 다음 식은 잘 알고 있을 것이다.

$$R = \rho \frac{l}{S}, \qquad (1)$$

여기서 ρ는 도체 물질의 비저항, l은 도체의 길이, S는 도체의 단면적이다.

그러나 부피가 있는 계에서 전류가 흐를 때에는 대전 입자의 경로가 여러 가지일 수 있으므로, 매질의 저항은 전류가 퍼져 흐르는 방식에 따라 달라진다. 이 실험에서는 물에 잠긴 두 바퀴살 사이로 전류가 흐를 때 물층의 전기 저항을 측정해야 한다.

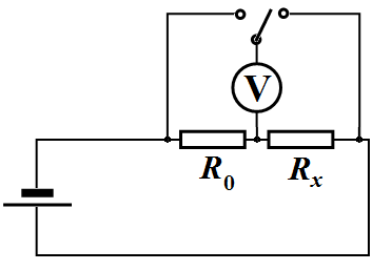
때때로 바퀴살을 지우개로 닦으시오.
실험을 한 차례 마칠 때마다 용기의 물을 바꾸시오.
물에 센 전류를 흘리지 마시오. 그러면 이온이 많이 생겨 실험 결과를 "망칠" 수 있다.

바퀴살을 곧게 펴시오. 모든 실험에서 두 바퀴살을 서로 평행하게 유지하도록 하시오.

1부. [0.5점]

1.1 주어진 저항기의 저항 R_0을 멀티미터로 측정하여라. 측정 결과를 기록하여라.

두 바퀴살 사이 물의 저항을 측정하려면 오른쪽 그림의 전기 회로를 사용하여라. 여기서 R_0은 주어진 저항기, R_x는 측정하려는 두 바퀴살 사이 물의 저항이다.



1.2 이 회로에서 두 바퀴살 사이 물의 저항 R_x를 계산하는 데 사용할 식을 써라.

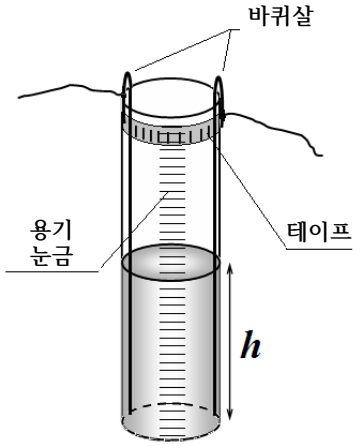
이후로는 저항 R_x를 구할 때 반드시 위의 회로만 사용하여라!
어떤 경우에도 물의 저항을 멀티미터로 직접 측정하지 마라. 멀티미터는 전압계로만 사용하여라.

멀티미터로 저항을 직접 측정하면 멀티미터의 전지가 빨리 방전되며, 또한 그 전지의 전압(9 V)이 꽤 높아서 물의 전기적 성질이 바뀐다.

이 시험에서는 오차 분석을 하지 않아도 된다.

2부. [5점]

주어진 두 바퀴살을 용기 벽을 따라, 서로 평행하고 최대한 멀리 떨어지게 놓아라. 바퀴살의 위쪽 끝을 용기 가장자리 너머로 구부려라. 접착테이프 조각으로 바퀴살을 한 번 더 고정하여라.



물의 높이를 재는 데에는 용기에 새겨진 눈금을 사용하여라. 용기 벽에 새겨진 눈금의 간격을 밀리미터 단위로 구하여라.

2.1 용기에 부은 물의 높이에 따라 두 바퀴살 사이 물의 저항이 어떻게 달라지는지 측정하여라. 얻은 관계를 그래프로 나타내어라.

2.2 이 경우 전류의 유선을 개략적으로 그려라(두 가지를 그려라. 하나는 두 바퀴살이 놓인 평면에서, 다른 하나는 바퀴살에 수직인 평면에서 그린다).

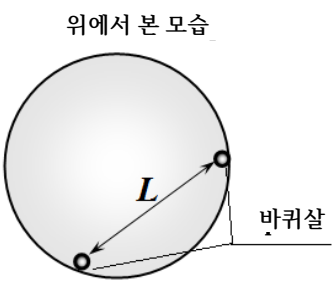
전류의 유선은 대전 입자의 경로이다.

2.3 이 전류 흐름의 특성에 대한 물리적 고찰을 바탕으로, 실험으로 얻은 관계 $R(h)$의 꼴을 가정하고 그것을 식으로 써라.

2.4 선형화 방법을 사용하여, 그래프가 직선 $y = ax + b$가 되는 좌표로 그래프를 그려서 세운 가정이 옳은지 확인하여라. 선형화한 관계의 매개변수 값과, 함수 $R(h)$에 들어 있는 미지의 매개변수 값을 구하여라.

3부. [3.5점]

바퀴살 하나를 용기 안쪽 벽 가까이에 고정하여라. 용기에 물 200 mL를 부어라. 두 번째 바퀴살을 벽을 따라 옮기며 두 바퀴살 사이의 거리를 바꾸어라. 두 번째 바퀴살은 최대한 깊이 잠기게 하여라. 두 바퀴살은 연직으로, 서로 평행하게 놓여야 한다.



3.1 두 바퀴살 사이의 거리 L에 따라 두 바퀴살 사이 물의 저항이

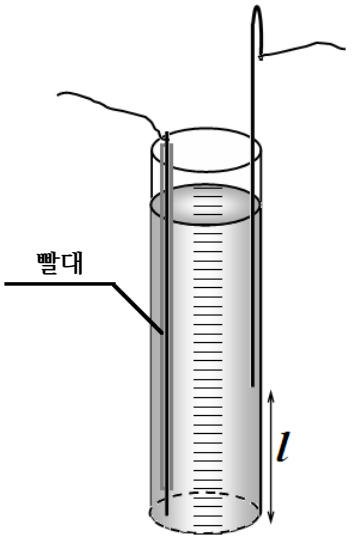
어떻게 달라지는지 측정하여라. 얻은 관계를 그래프로 나타내어라.

3.2 이 전류 흐름의 특성에 대한 물리적 고찰을 바탕으로, 실험으로 얻은 관계 $R(L)$의 꼴을 가정하고 그것을 식으로 써라.

3.3 선형화 방법을 사용하여, 그래프가 직선 $y = ax + b$가 되는 좌표로 그래프를 그려서 세운 가정이 옳은지 확인하여라. 선형화한 관계의 매개변수 값과, 함수 $R(L)$에 들어 있는 미지의 매개변수 값을 구하여라.

4부. [4점]

주어진 플라스틱 빨대에 바퀴살 하나를 넣되, 바퀴살의 아래쪽 끝 약 1 cm가 빨대 밖으로 드러나게 하여라. 용기에 물을 거의 위쪽 끝까지 채워라. 빨대의 위쪽 끝은 수면보다 위에 있어야 하며, 테이프로 바퀴살에 고정하여라. 아무것도 씌우지 않은 두 번째 바퀴살을 물에 넣고, 그 아래쪽 끝의 높이를 여러 가지로 바꾸어라. 두 바퀴살은 서로 평행하고 최대한 멀리 떨어지게 유지하여라.



4.1 두 번째 바퀴살 끝의 높이 l에 따라 두 바퀴살 사이 물의 저항이 어떻게 달라지는지 측정하여라. 얻은 관계를 그래프로 나타내어라.

4.2 이 경우 전류의 유선을 개략적으로 그려라(두 바퀴살이 놓인 평면에서).

4.3 전류 흐름의 특성에 대한 물리적 고찰을 바탕으로, 실험으로 얻은 관계 $R(l)$의 꼴을 가정하고 그것을 식으로 써라.

4.4 가정한 $R(l)$ 식이 실험으로 확인되는 l 값의 범위를 그래프에 표시하여라.

4.5 가정한 $R(l)$ 식에 들어 있는 매개변수의 값을 구하여라.

5부. [2점]

5.1 위에서 얻은 실험 데이터(어느 것을 사용할지는 스스로 고르시오)를 바탕으로 물의 비저항 ρ를 추정하여라.