

등전위선측정실험

1. 목적

전도성 잉크를 이용하여 다양한 대전체 모형을 전도성 탄소용지 위에 그리고, 대전체 모형에 직류전원을 연결하여 대전체 사이에 작용하는 전위의 등전위선을 그려봄으로써 전기장을 시각화한다.

2. 이론

전위차를 가진 두 전극 사이에는 항상 전기장이 존재한다. 전하 q 가 이 전기장 내에서 힘 F 를 받을 때, 그 점에서 전기장은 $E=F/q$ 로 정의된다. 한편, 그 점에서 전위 V 는 단위전하당의 에너지 $V=U/q$ 로 정의된다(중력장에서의 위치에너지나 전기장의 전위에 의한 에너지나 같은 개념이다. 그 에너지만큼 외부에 일을 할 수 있는 상태에 놓이게 된다).

전기장내에는 같은 전위를 갖는 점들이 존재한다. 이 점들을 연결하면 3차원에서는 등전위면을, 2차원에서는 등전위선을 이룬다. 전기력선이나 등전위면은 전기장 내에서 무수히 많이 그릴 수 있다. 하나의 점 전하 q 가 만드는 전기장의 전기력선은 q 가 있는 점을 중심으로 하는 방사선이며 등전위면은 q 를 중심으로 하는 동심구면이 된다.

등전위면 위에서 전하를 이동시키는데 하는 일은 "0"이므로, 그 면에 접한 방향으로 전기장이 작용하지 않는다. 따라서, 전기장은 등전위면에 수직하다. 전기장이 일을 하면 정전하가 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동해 가는 경우이므로, 전기력선은 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 향한다. 따라서, 전기장 \vec{E} 의 방향은 그 범위에서 전위 V 가 가장 급격히 감소하는 방향이며, 그 방향으로의 미소변위를 $d\vec{l}$ 이라 하면, \vec{E} 와 V 사이의 관계식은

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (1)$$

또는

$$\vec{E} = - \frac{dV}{dl} \hat{n} \quad (2)$$

이다. 여기서 \hat{n} 은 등전위선(면)에 수직한 단위벡터이다. 편의상 2차원 평면에 대해서 생각해 보자. 이 경우 전기장 \vec{E} 는 등전위선(면)에 수직한 방향을 향한다. 즉, 어느 도체 판의 두 단자를 통해서 전류를 흘릴 때, 도체판 내에서 전류 흐름의 방향은 전기장의 방향을 나타낸다. 이 유선에 수직인 방향으로 전류가 흐르지 않으므로 전위차도 없다. 이와 같은 점을 이은 선이 등전위선이다. 따라서, 도체상의 두 점 사이에서 전류가 흐르지 않는다면, 이 두 점은 등전위상에 있다.

3. 실험장치 및 기구

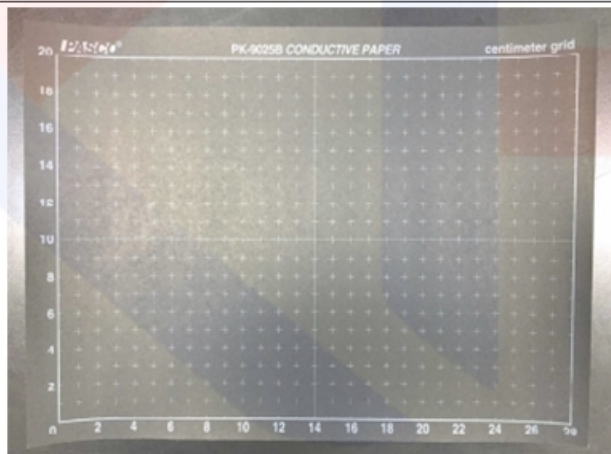
- (1) 탄소가 함유된 전도성 용지
- (2) 은이 함유된 전도성 잉크펜
- (3) 등전위패키지(코르크판, 압력핀, 모양자/원형모형판)
- (4) 직류전원장치, 밀리미터



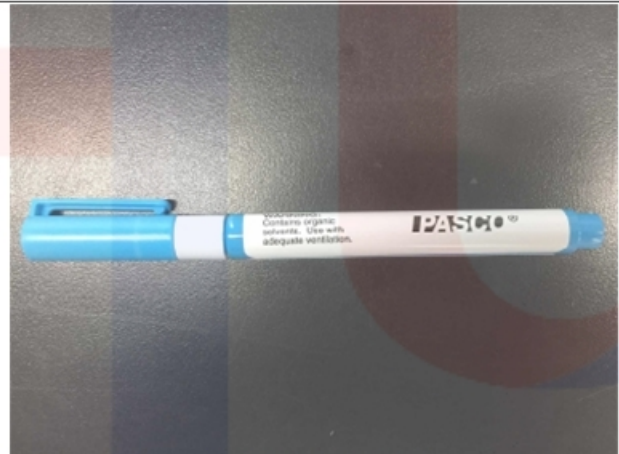
전원장치



멀티미터



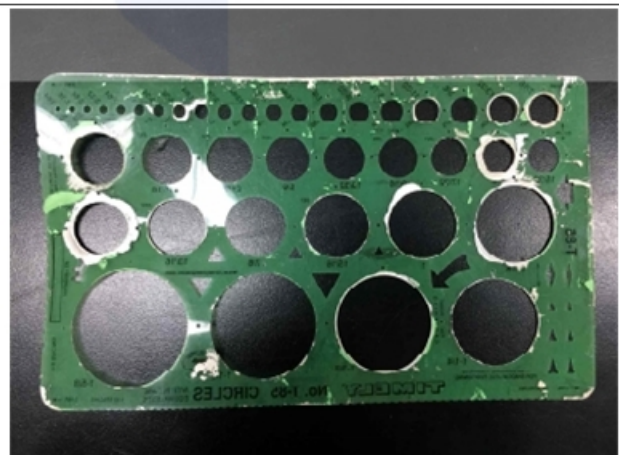
전도성 용지



전도성 잉크펜



코르크 판



모양자

4. 실험방법

- (1) 전도성 용지를 반으로 나눈다.
- (2) 반으로 나눈 전도성 용지 한 장에, 전도성 잉크펜을 이용하여 적당한 간격을 두고 임의의 형태 전도체 2개를 그린다. 전도체를 그리는 도중, 전도성 잉크펜을 충분히 흔들어주어 전도체내 입자가 고르게 분포하도록 만든다. 다 그린 후에는 잉크가 충분히 마를 때까지 기다린다.
- (3) 반으로 나눈 전도성 용지 나머지 한 장에 과정 (2)와 마찬가지로 다른 형태의 전도체를 2개 그린다.
- (4) 전도성 용지를 [그림 1]과 같이 코르크판 위에 금속 압력핀을 이용하여 고정시킨다.

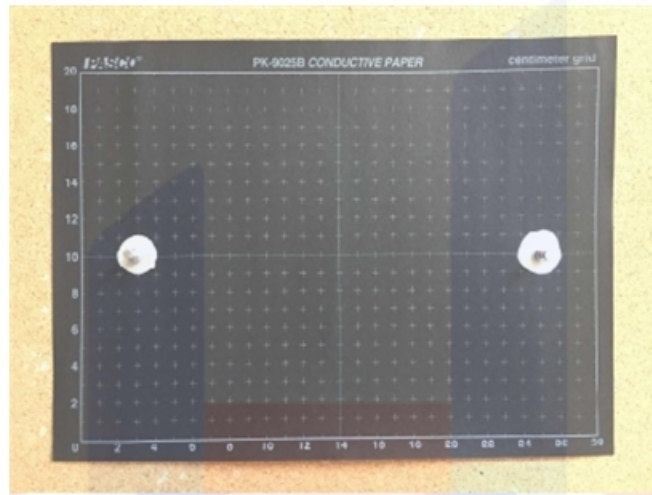


그림 1 금속 압력핀을 사용하여 전도성 용지를 코르크판에 고정

- (5) [그림 2]와 같이 전극에 있는 압력핀 부분에 한쪽 프로브를 대고 다른 쪽 프로브를 같은 전도체의 다른 부분에 대어서 전압을 측정해본다. 이때 두 도선 사이의 전위차가 입력한 전위차의 1%가 넘지 않는지 확인한다. 전위차가 크다면 전도성 용지를 코르크판에서 제거하고 과정 (2)를 반복하여 전기전도도를 크게 한다. 반대쪽 전도체도 같은 방법으로 전위차를 확인하여 전도성이 충분한지 확인한다.

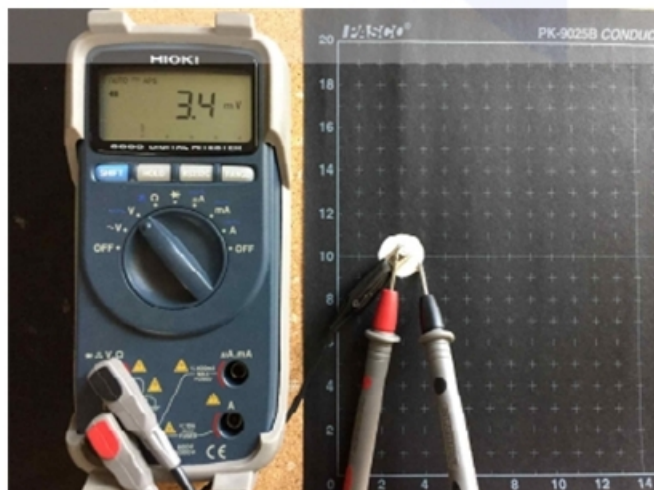


그림 2. 멀티미터를 이용한 전도성 확인

(6) 등전위선을 그리기 위해서 [그림 3]과 같이 멀티미터(전압계)의 한쪽 프로브를 기준으로 멀티미터의 반대쪽 프로브를 이동시켜가며 같은 전위차를 보이는 지점을 표시하고 이 점들을 연결한다.

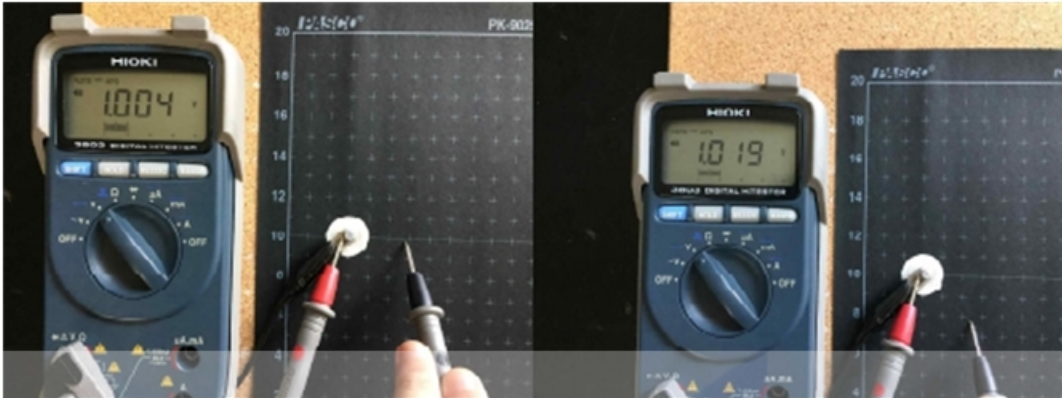


그림 3. 프로브를 이동시켜가면서 등전위선 측정

(7) 전기장의 방향을 그리기 위해서, [그림 4]와 같이 전도성 잉크로 그린 전도체에 직류전원을 연결한 상태에서, 전압계의 두 도선을 전극연결에서 제거하고, 두 프로브 간의 거리가 일정하도록 유지한 채 프로브 하나를 한 지점에 두고 돌려가며 전위차가 최대가 되는 지점을 찾아 전기장의 방향을 알아낸다.

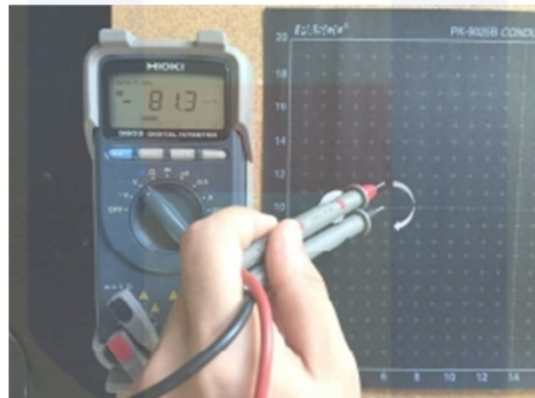


그림 4. 전기장 방향 측정