

등전위선 측정

1. 실험 목적

등전위선을 실험적으로 관찰하고 이해한다.

2. 원리

전위차를 가진 두 전극 사이에는 항상 전기장이 존재한다. 전하량 Q 의 대전입자가 전기장 내에서 전기력 F 를 받을 때, 그 지점에서의 전기장은 $E = \frac{F}{Q}$ 로 정의된다. 한편 그 점의 전위 V 는 단위 전하당 전기적 위치에너지로 정의된다. 중력장에서의 위치에너지나 전기장의 위치에너지나 같은 개념이다. 그 에너지만큼 외부에 일을 할 수 있는 상태에 놓이게 된다. 전위는 단위 전하당으로 표시된 위치에너지이다.

전기장 내에는 같은 전위를 갖는 점들이 존재한다. 이 점들을 연결하면 3차원에서는 등전위면, 2차원에서는 등전위선이 만들어진다. 전기력선과 마찬가지로 등전위면은 전기장 내에서 무수히 많이 그릴 수 있다. 하나의 점 전하 Q 가 만드는 전기장의 전기력선은 Q 가 있는 점을 중심으로 방사선 모양이며(그림/Fig.1) 등전위면은 점 전하 Q 를 중심으로 하는 동심구면이 된다. $+Q$ 의 점 전하와 $-Q$ 의 점 전하가 공간에 놓여있을 때는 (그림/Fig. 2)와 같이 전기력선과 등전위면을 그릴 수 있다.

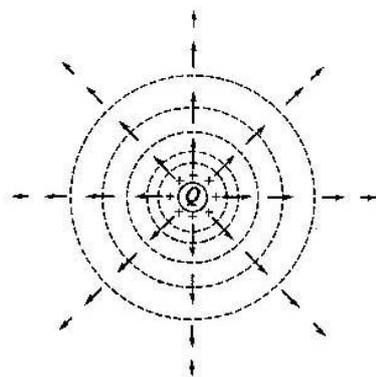


Fig. 1

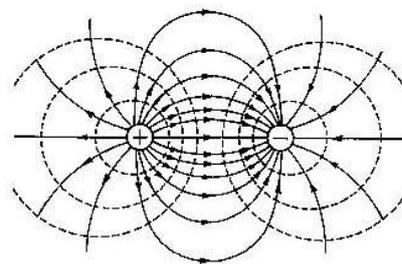


Fig. 2

등전위면 위에서는 전하를 이동시키는데 필요한 일은 0이므로(위치에너지의 변화가 없으므로), 그 면에 접한 방향에는 전기장의 값이 없다. 따라서 전기장의 방향은 그 면에 수직이다. 전기장(즉, 전기력)이 일을 한다는 것은 (+) 점 전하가 전위의 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동해가는 경우이므로 전기력선은 전위의 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동해간다. 따라서 전기장 E 의 방향은 그 점에서 전위 V 가 가장 급격히 감소하는 방향이며, 그 방향으로의 미소변위를 dl 이라고 하면 E 와 V 사이의 관계식은

$$V = -\int E \cdot dl$$

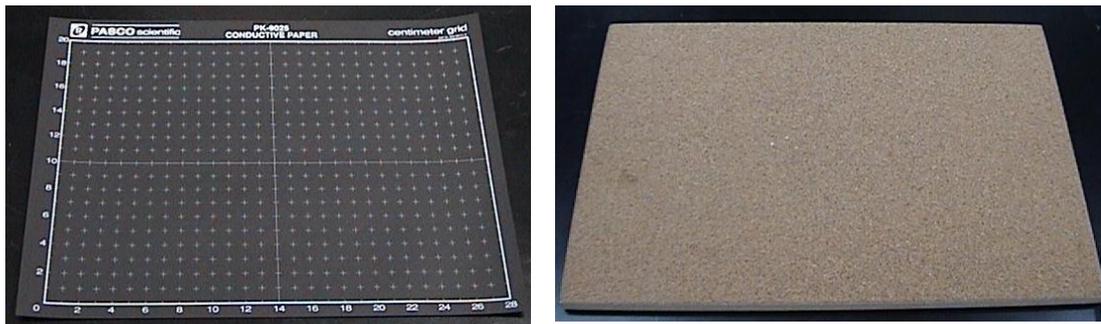
또는
$$E = -\frac{dV}{dl_n}$$

이다. 따라서 전기장 E 는 등전위선(면)에 수직이 된다. 여기서 n 은 등전위선(면)에 수직인 단위 벡터이다.

편의상 2차원 평면에 대해서 실험적인 이론을 생각해 보자. 즉, 어느 도체판의 두 단자를 통해서 전류를 흘릴 때, 도체판 내에서의 전류의 유선의 방향은 전기장의 방향을 나타낸다. 이 유선에 수직인 방향에는 전류가 흐르지 않으므로 전위차도 없다. 이와 같은 점들을 이은 선은 등전위선이 된다. 따라서 도체판상의 두 점 사이에서 전류가 흐르지 않는다면, 이 두 점은 등전위선 위에 있는 점들이다.

3. 실험 기구

(1) Conductive Paper - 이 종이는 자체에 탄소가 포함되어 있어서 전도성을 띄게 됩니다.



(2) 코르크판- Conductive Paper를 고정시키는 바닥판

(3) 고정 핀 - 코르크판에 Conductive Paper를 올려놓고 Paper를 고정시키고 또한 전극을 만들 때 사용



(4) Silver Paste - 은(Silver)을 휘발성 물질에 녹인 접착제의 일종.

뚜껑을 열고 닫을 때 재빨리 하지 않으면 휘발성 물질이 날라가서 Silver 가 굳게 됩니다. 그러므로 뚜껑을 열고 닫을 때 최대한 빨리 해주세요

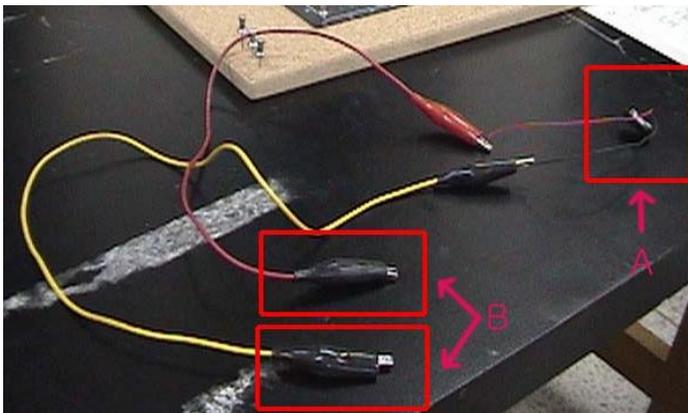


(5) 직류전원장치 - 회로에 전원을 공급하는 (전압을 유지시켜주는) 장치. 전원장치에 전선을 연결하기 전에 반드시 모든 다이얼을 0(zero)의 위치로 돌려야 한다. 전류, 전압의 스위치를 0(zero)의 위치에 놓고 스위치를 켜 후 서서히 전압과 전류를 조정해야 한다.

전원을 연결할 곳은 + 부분과 - 부분이다.



(6) 전선 - AC/DC 어댑터와 Conductive Paper를 연결할 때 사용하는 전선. A부분에 AC/DC 어댑터를 연결하고 B부분은 Conductive Paper에 꽂아둔 고정 핀에 연결합니다.



(7) 멀티미터 - 두 점 사이의 전압(전위차의 크기)을 측정하는 데 사용.



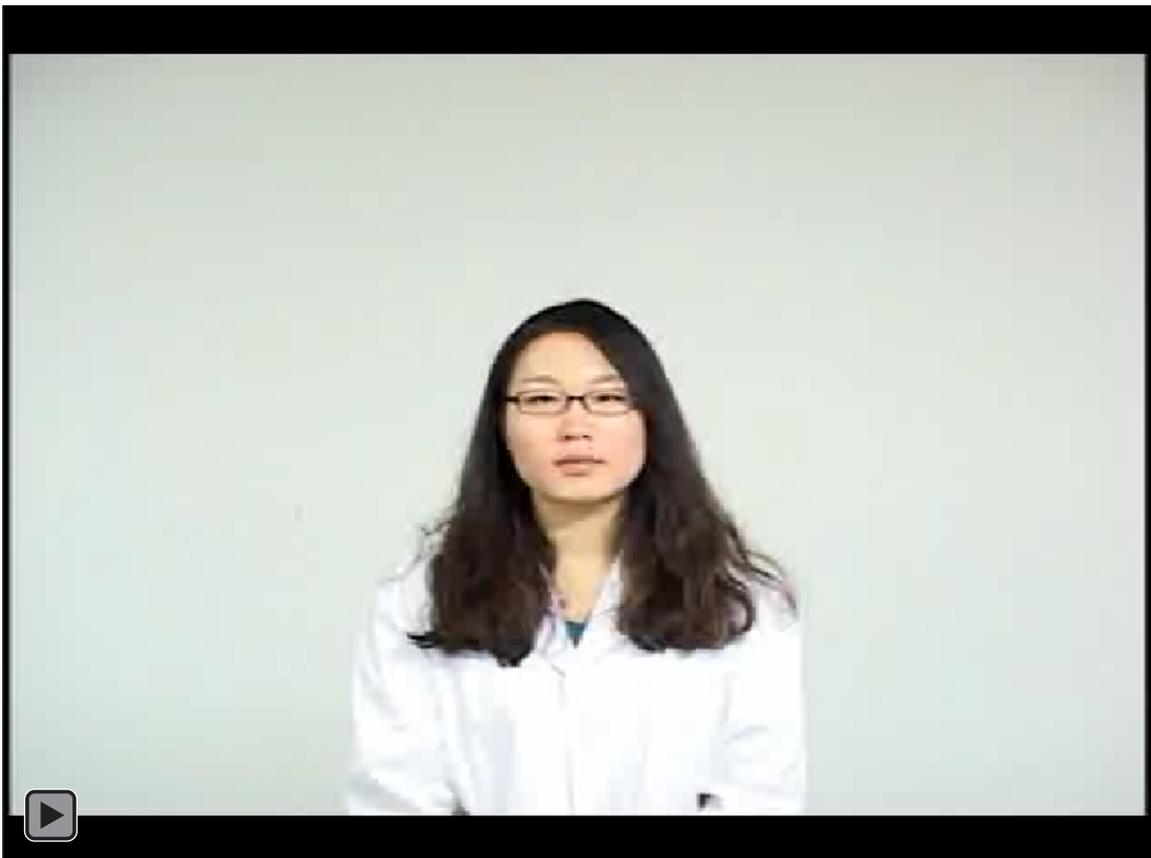
4. 실험 방법

※ 주의사항

1. Conductive Paper에 전원을 연결해주는 핀을 고정할 때 Silver Paste를 쓰게 됩니다. 이것은 휘발성이 매우 강하므로 먼저 핀을 고정할 부분을 정한 후 Silver Paste 용기의 뚜껑을 열어주시고, 사용이 끝나면 신속히 뚜껑을 닫아 주세요. 그러지 않으면 Silver Paste가 굳어서 다른 학생들이 실험을 할 수 없게 됩니다.

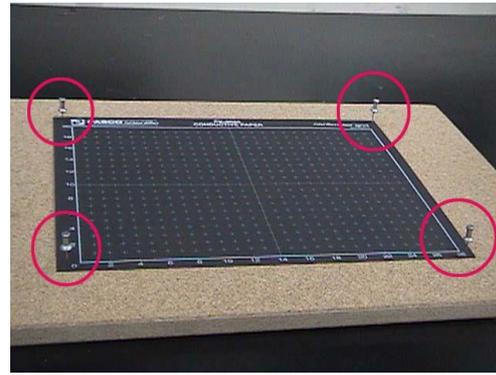
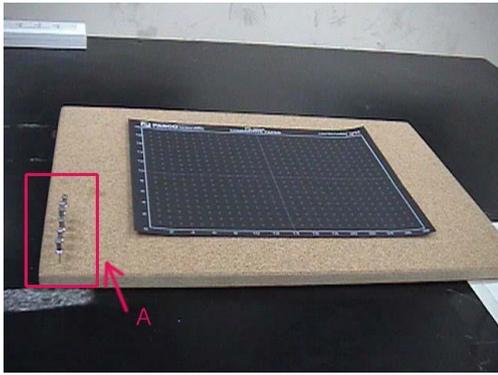
2. 실험이 끝난 후 멀티미터의 전원을 꼭 꺼주세요.

◆ 설명 동영상 : (동영상을 클릭하세요. 동영상이 재생되지 않으면 [여기](#)를 클릭하세요.)



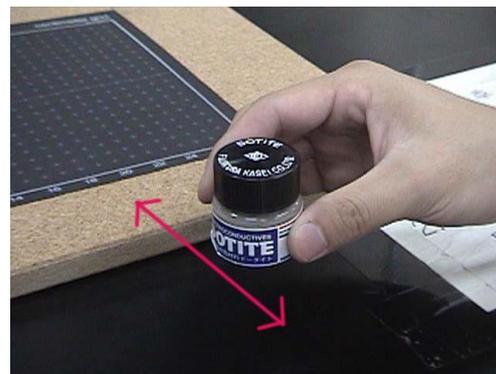
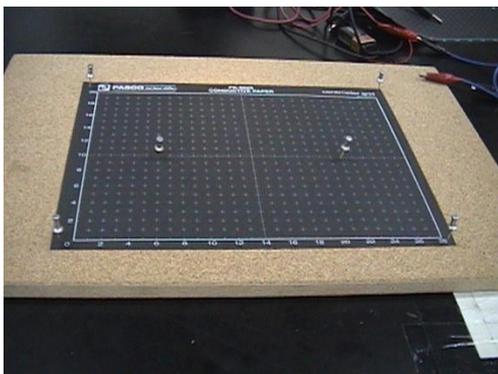
4.1 실험 절차

(1) 먼저 Conductive Paper를 코르크판 위에 놓습니다. Conductive Paper를 코르크판 위에 올려 놓은 후 옆의 A부분에 있는 핀으로 Paper의 네모서리에 꽂아서 고정시켜 줍니다. 핀으로 네모서리를 고정시킨 모습입니다.



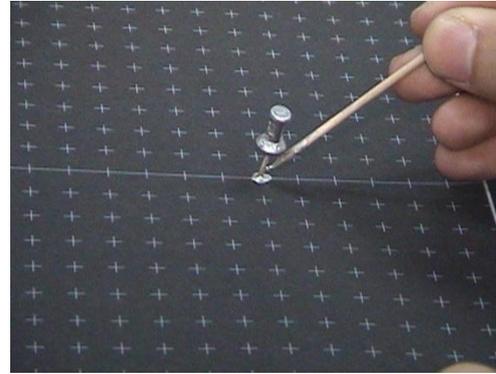
(2) 이제 전극의 역할을 할 Pin을 꽂아 줍니다. Pin의 위치는 꼭 아래 사진처럼 위치를 잡을 필요는 없습니다. 적당한 위치에 아래 사진처럼 거리를 두고 Pin을 꽂아주면 됩니다.

(3) 이제 전극(Pin)을 Conductive Paper에 고정시키기 위해서 Silver Paste를 바릅니다. 먼저 Silver Paste 용기를 아래 사진처럼 잡고 화살표 방향으로 천천히 흔들어 줍니다. 그 이유는 휘발성 물질에 녹아있는 은(Silver)이 용기 바닥으로 가라앉아 있을 수 있기 때문입니다. 천천히 10초 정도 흔들어 주세요.



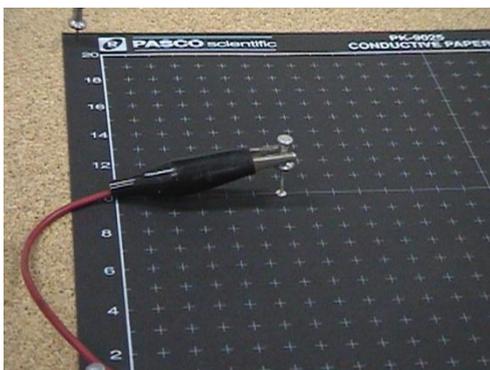
(4) Silver Paste 걸 뚜껑을 열어놓은 모습입니다. 지금은 사진을 찍기 위해서 이렇게 놓아 두었지만 **실제 실험을 할 때는 걸 뚜껑을 열고 재빨리 속 뚜껑을 열어서** 이쑤시개로 Silver를 묻혀서 재빨리 전극 주변에 충분히 발라줍니다.

(5) 실제 이쑤시개로 전극 주변에 Silver를 바르는 모습입니다. **Silver를 바르는 이유는 접촉 저항을 줄이기 위한 (전류가 잘 흐르도록) 목적이므로 충분히 꼼꼼히 바릅니다.** 똑같은 방법으로 나머지 전극에도 Silver Paste를 발라줍니다.



(6) Silver Paste를 바른 후 한 5분 정도 기다립니다. 그러면 Silver속에 있던 휘발성 물질이 증발하면서 전극이 고정되게 됩니다.

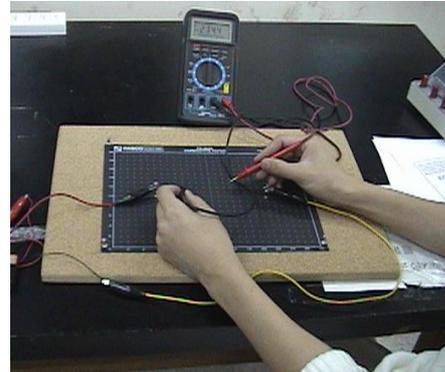
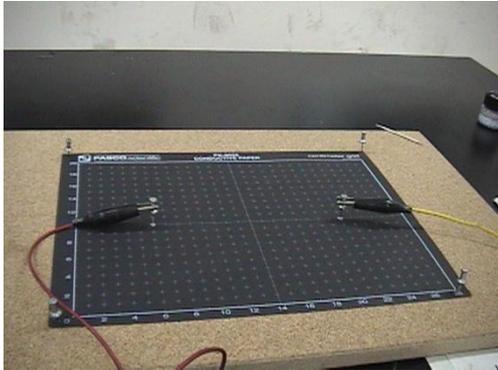
(7) 전극에 전원을 공급해 주기 위한 직류전원장치를 켜고 +, -단자에 두 전선을 연결한 후 파워를 켜 후, current와 coarse 단자를 조심스럽게 돌려 최대 **9V를 넘기지 않도록 합니다.** 이 때 두 개의 단자가 서로 붙으면 전기적으로 단락됩니다(쇼트). **두 개의 단자가 서로 닿지 않도록 하십시오.** 이때 어느 쪽이 (+)가 되건 어느 쪽이 (-)가 되건 상관없습니다. 단, 나중에 리포트를 제출할 때 이 Paper에 표시를 해주세요.



(8) 전압을 측정하기 위해서 멀티미터의 전원을 켭니다. 멀티미터 사용법에 따라 직류 (DC) 전압 정할 수 있도록 설정합니다.

(9) 멀티미터의 probe단자 두 개중 하나를 아래 사진처럼 전극에 대고 나머지 하나를 Conductive Paper에 댍니다. 만약, 전원장치로 9V를 인가했을 때, 멀티미터에 표시되는 전압을 읽고, 적당한 값(예를 들어 1V, 2V...8V 등)으로 적당한 값으로 나누어 구간을 정해 줍니다. 전압이 같은 점을 찾습니다.

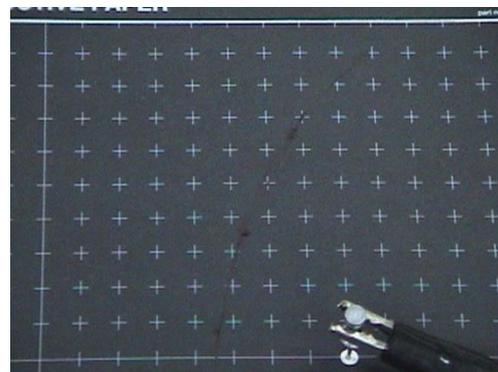
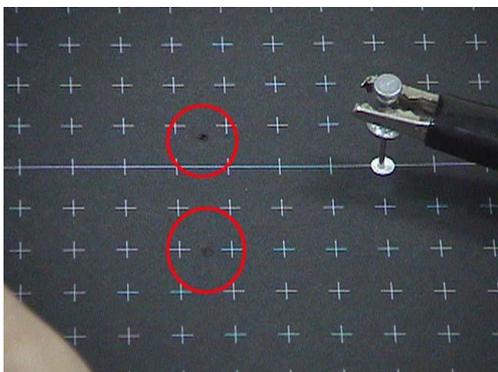
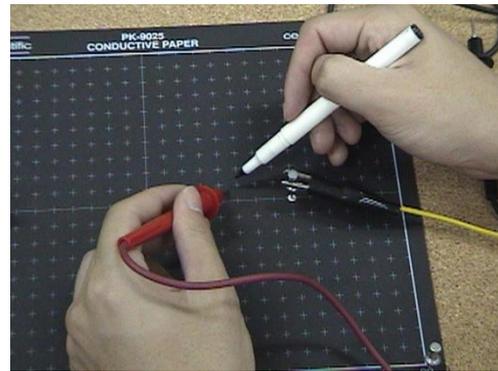
(10) 편의상 아래 사진에서 전압계에 나타나는 점이 3V라고 할 때, 먼저 그 점에 아래 사진처럼 표시를 해줍니다.



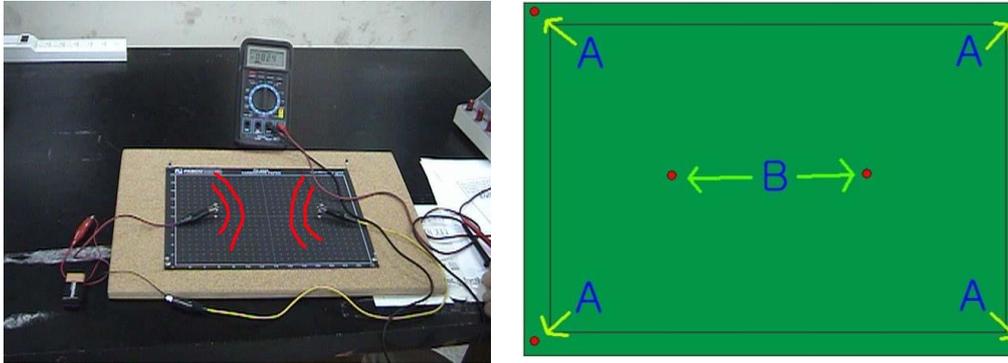
(11) 앞에서 선택한 전압이 같은 점을 찾아나갑니다.

(12) 찾은 점들을 이어줍니다.

(13) 이제 반대쪽 전극에도 똑같은 방법으로 멀티미터의 단자를 대고 나머지 하나의 Probe로 전압이 같은 점을 찾아나갑니다.

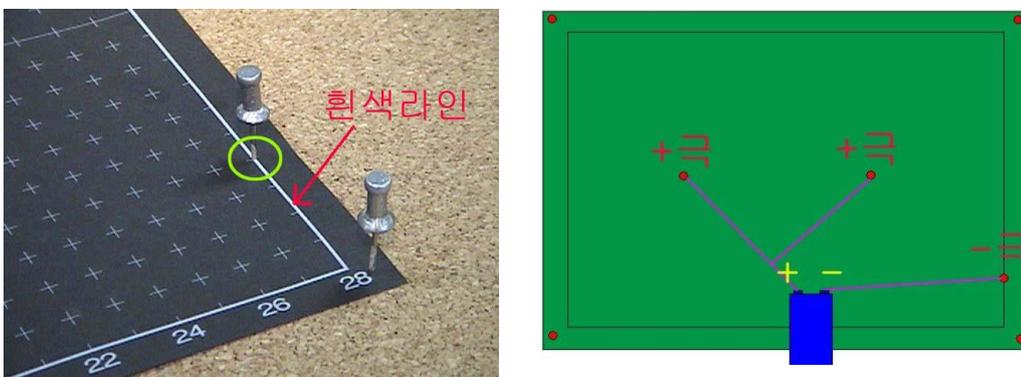


(14) 아래 사진은 가상적인 등전위선입니다. 전압이 같은 점을 찾아서 선으로 연결해 주면 됩니다. 오른쪽 그림은 Conductive Paper를 위에서 본 모습을 그린 것입니다. A부분은 Paper를 코르크판 위에 고정시키기 위한 Pin이고 B부분은 전극입니다.



(15) 이제 전극의 모양을 다르게 해서 실험합니다. 먼저 지금까지 실험했던 Conductive Paper를 코르크판에서 분리합니다. 새로운 Conductive Paper를 코르크판 위에 놓고 전극을 연결합니다. 이때 전극을 3개를 연결하는데 두 개는 위의 실험과 똑같이 꽂아주고 나머지 하는 아래 사진처럼 흰색 라인상에 정확히 꽂아 줍니다.

오른쪽 사진은 전극을 연결한 모습입니다. 여기서 A는 Conductive Paper를 고정하기 위해서 꽂은 Pin이고 B는 전극을 연결하기 위한 Pin입니다.



(16) 앞에서와 같은 방법으로 Silver Paste를 발라서 전극을 고정시킵니다. 아래 사진처럼 흰색라인과 전극이 붙도록 Silver Paste를 바릅니다.

(17) 전원을 연결합니다. 이때 전원을 그림과 같이 연결해주어야 합니다. 그런 다음 앞서 실험했던 방법처럼 전압이 같은 점을 찾아서 연결하여 등전위선을 그립니다.

5. 측정 결과

학과/분반		실험 일시	
실험 조		작성자	

Conductive Paper에 등전위선을 그린 후 결과보고서를 제출할 때 조원 중 한 명이 리포트에 첨부하십시오.

(되도록 chalk로 등전위선을 꼼꼼하게 그리고 전위와 +, - 등의 부호도 표시하십시오)

6. 결과 분석 및 오차 논의

※ 아래의 질문에 답하는 것이 보고서의 전부는 아닙니다. 여기에 있는 질문은 단지 보고서를 작성할 때 도움을 주기 위한 것입니다.

1. Conductive Paper에 전극이 하나만 연결된다면, 즉 (+)극이나 (-)극 하나만 연결된다면 등전위선을 찾을 수 있는가? 없다면 그 이유는 무엇인가?
2. 두 개의 전극 사이에 적당한 전위차를 만든 다음 전선으로 두 개의 전극을 연결해준다면 등전위선을 관찰할 수 있는가? 없다면 그 이유는 무엇인가?
3. 등전위선이 가장 밀집한 곳은 어떤 곳인가? 그리고 그 이유는 무엇이라고 생각하는가?

7. 결론