



# Physics Laboratory

---

## 실험 2-1. 등전위선

### 실험 목적

등전위선은 전위가 같은 지점들을 연결한 가상의 선이다. 이 실험에서는 전기가 통하는 판 위에 두 개의 전극을 놓고, 이 전극들 사이에 전위차를 가한 다음 실험판 위 여러 지점의 전위를 측정하고, 전위가 같은 지점들을 이어 등전위선을 그린다. 이를 통해 두 전극 사이에 등전위선이 어떤 형태로 형성되는지 확인한다.

### 실험 개요

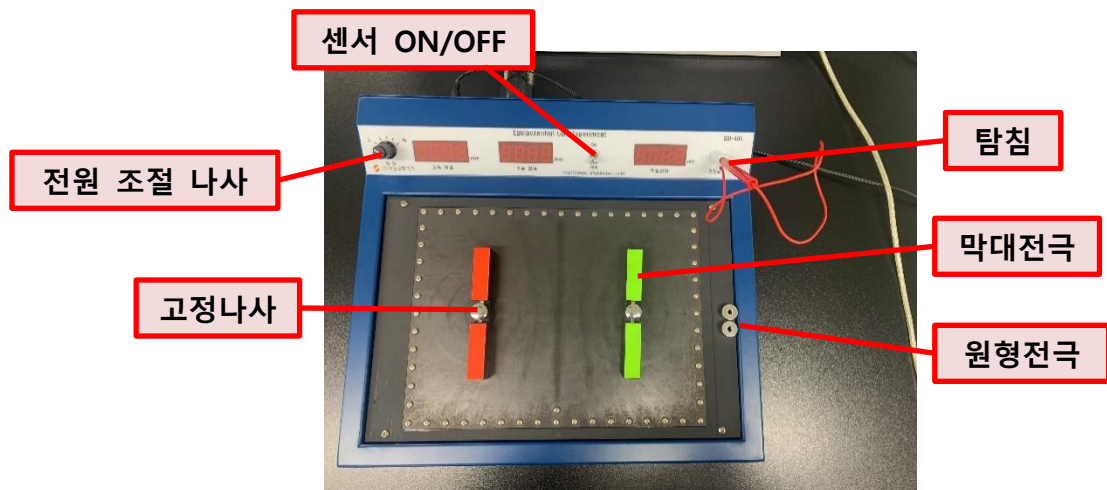
- 등전위선 장치를 이용하여 도체 전극 사이 여러 지점의 전위를 측정하고, 전위가 같은 점들을 이어 등전위선을 그린다.
- 전극의 모양을 바꾸고 위와 같은 실험을 반복해 본다.
- 실험 결과를 통해 다양한 도체에 의해 형성되는 전위를 알아보고, 나아가 전위와 전기장 사이의 관계를 이해한다.

## 실험 방법

다음은 실험에 사용되는 기본적인 장비들이다. (그림 1 참조)

장비	준비된 개수
등전위선 장치 (Model: SSI-405)	탐침 1 개
	원형 전극 2 개
	막대 전극 2 개
컴퓨터	1 대
USB 메모리	(각자 준비)

이외에도 더 필요한 것이 있으면 담당 조교에게 문의하거나 각자 미리 준비하도록 한다.



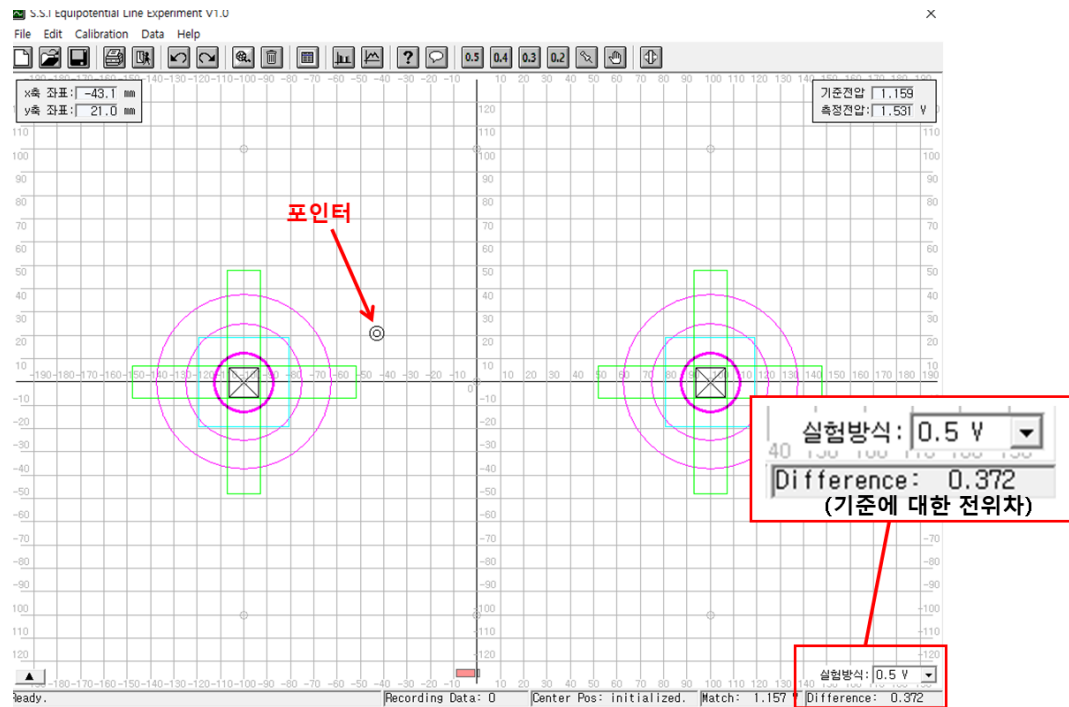
[그림1] 등전위선 장치 세팅 모습

권장할 만한 표준적인 실험 방법은 다음과 같다.

<스텝 1> 등전위선 장치를 컴퓨터에 연결하고, 좌우의 고정 나사에 각각 원형 전극을 고정시킨다. 다 되었으면 등전위선 장치를 전원과 연결하여 두 원형전극 사이에 전위차를 형성시키고, 센서 ON/OFF 스위치를 켜다.

<스텝 2> 프로그램을 실행시킨다. (바탕화면→physlab 폴더→등전위선 폴더→프로그램 바로 가기 실행)

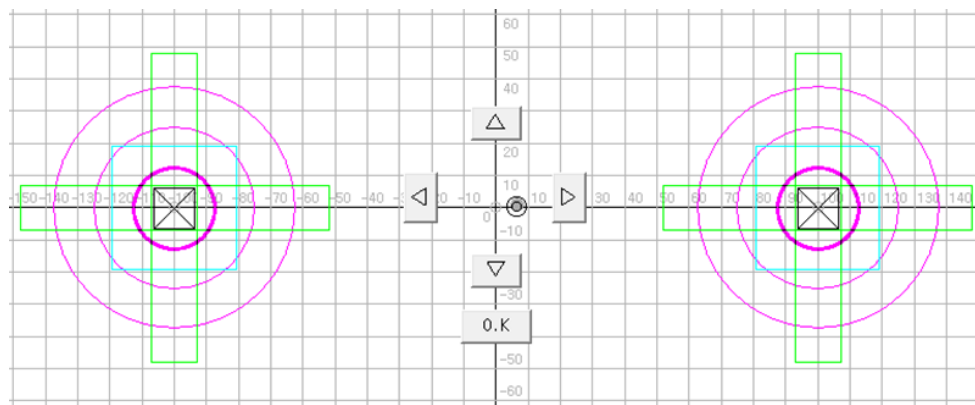
<스텝 3> 이제 탐침으로 전위를 측정할 수 있다. 실험판 위에 탐침을 접촉시키면 그 위치에 대응되는 화면상의 좌표로 포인터가 이동하고, 화면 우측 하단에는 기준 지점(실험판의 한 가운데)에 대한 측정 지점의 전위차가 표시된다. 정상적으로 실행되는지 확인한다. (그림 2 참조)



[그림 2] 실험 중 화면 (예시)

※참고: 만일 전위 측정 결과가 화면에 나타나지 않는다면 일차적으로 포트 설정을 점검한다. 프로그램 창 상단의 「Calibration」 탭을 누르고 「Set comm Port」를 선택하면 포트를 변경할 수 있다. 그래도 문제가 해결되지 않을 경우 담당 조교에게 말하고 실험 장비를 교체하도록 한다.

<스텝 4> 처음에는 기준 지점이 화면의 원점과 대응하지 않을 수 있으므로, 다음과 같이 맞추어준다. 먼저 탐침을 실험판 한 가운데로 가져간다. (전위차가 0 으로 표시되는지 확인하면서 되도록 정확한 위치를 찾는다) 이 상태로 「Calibration」 탭의 「Zero Point Adjust」를 선택하면 화면상에 표시되는 기준 지점의 좌표를 조절할 수 있다. 방향(△▽◀▶)버튼을 써서 좌표를 원점으로 맞춘 다음 OK 를 누른다. (그림 3 참조)



[그림 3] 기준 지점의 좌표 조정 (예시)

<스텝 5> 이제 탐침을 실험판 위에서 이동시켜 가며 여러 지점의 전위를 조사한다. 만약 측정된 전위차가 특정 값일 경우 화면상의 대응 위치에 점(값에 따라 색이 다름)이 그려지게 된다. 어떤 값에 점을 그릴지는 실험방식을 클릭하면 조정할 수 있다. 예를 들어 0.5 V 로 맞춘다면 전위차가 0 V,  $\pm 0.5$  V,  $\pm 1$  V, ... 등인 곳에 점이 그려진다. 탐침을 움직이면서 색깔이 같은 점들이 선을 그리듯 연달아 나타나는 부분을 찾아보자. 이 선이 등전위선을 의미한다.

Tip: 대다수의 실험자는 이미 실험판 위에서 등전위선이 어떤 형태로 만들어질지 알고 있을 것이다. 예상되는 결과를 토대로 탐침을 움직여가면서 같은 색깔의 점들을 찾아내는 것이 좋은 결과를 얻는데 유리하다.

<스텝 6> 전원 조절 나사를 통해 전극 사이의 전위차의 크기를 조절할 수도 있다. L부터 H까지 바꾸어가며 등전위선의 변화를 관측해 본다.

<스텝 7> 원형 전극을 막대전극으로 바꾼 다음 위 <스텝> 1-4 를 반복한다. 막대전극의 방향을 다양하게 바꾸어보면서 추가 실험을 수행해 볼 수도 있다. 그 밖에 특별한 (그러면서도 의미 있는) 형태의 전극을 사용하거나, 실험판에 다른 도체 또는 부도체를 올려놓고 등전위선의 변화를 관찰하는 등의 실험을 더 수행해 볼 수도 있다.

## 배경 이론

서로 떨어진 전하 사이에 작용하는 힘은 전기장을 통해 해석할 수 있다. 즉 전하가 있으면 그 주위에는 전기장이 생기고, 이 전기장 내에 있는 다른 전하는 전기장에 의해 영향(힘)을 받게 되는 것이다. 어느 한 위치에서의 전기장이  $\vec{E}$  (V/m)라고 하면, 전하량이  $q$  (쿨롱(C))인 전하를 그 곳에 가져왔을 때 이 전하가 받는 전기력은 다음과 같다.

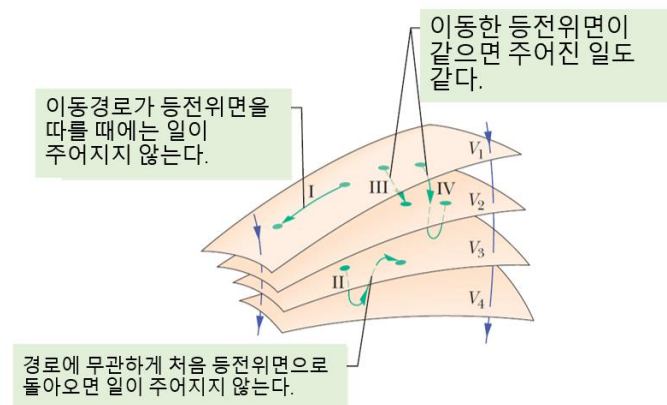
$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (1)$$

즉 전기장은 전하가 받는 단위 전하(+1 쿨롱(C))당 전기력이라고 할 수 있다.

한편 전하를 운동에너지의 변화 없이 한 지점에서 다른 지점으로 이동시키기 위해 해 주어야 하는 단위 전하당 일을 두 지점 사이의 전위차라고 부른다. 전하를 등속도로 옮기기 위해서는 전하가 받는 전기력과 반대 방향으로 같은 크기의 힘을 가해 줘야만 하므로 두 지점  $\vec{r}_1$  과  $\vec{r}_2$  사이의 전위차는

$$\Delta V = V_2 - V_1 = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (2)$$

만약 인접한 두 곳에서의 전위가 같다면( $V_1 = V_2$ ), 전기장과 두 지점 간의 변위가 서로 수직( $\vec{E} \perp d\vec{r}$ )인 것을 의미한다. 즉, 등전위의 점들을 이르면 등전위선(또는 등전위면)이 되는데 이 등전위선(면)위의 각 지점에서의 전기장은 등전위선(면)에 수직이다.

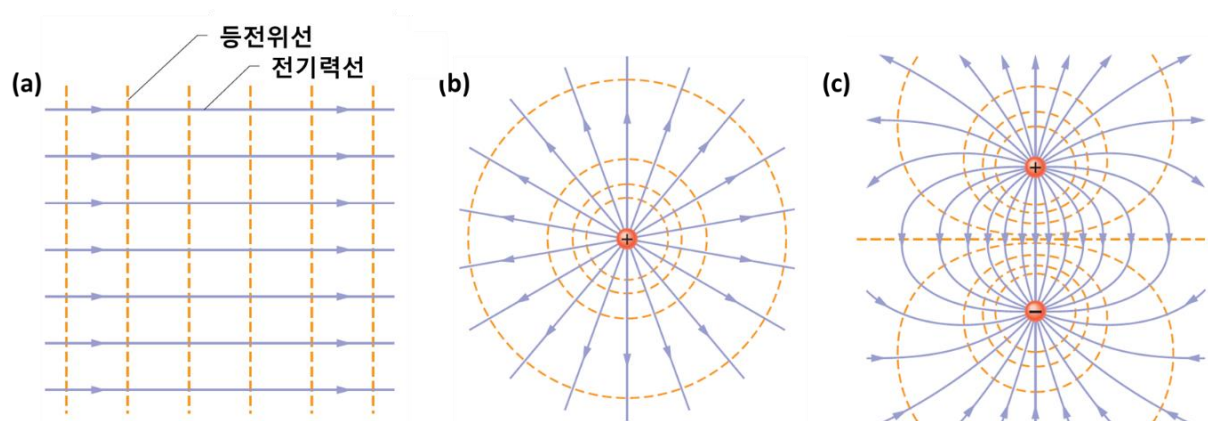


[그림 3] 등전위면에 따른 일 (Walker, 2020, p. 597).

각 지점에서의 전기장 벡터(표시)를 연속적으로 이어 놓은 선을 전기력선이라고 부른다.

전기장과 등전위선(면) 사이의 관계를 생각해 보면, 전기력선과 등전위선(면)은 서로 수직으로 교차함을 알 수 있다. 서로 다른 등전위선(면)의 전위는 다르며 등전위선(면) 그래프에는 보통 같은 크기의 전위차를 갖는 선(면)들을 그린다. 이 그림이 이번 실험과 가장 연관이 깊다.

그림 4는 몇 가지 전기장 분포에 대해 전기력선과 등전위선을 나타낸 것이다. 등간격으로 선택된 여러 개의 전위값 각각에 대해 등전위선(면)이 그려져 있으며, 이는 등전위선 그래프를 그릴 때 통상 사용되는 방법이다.

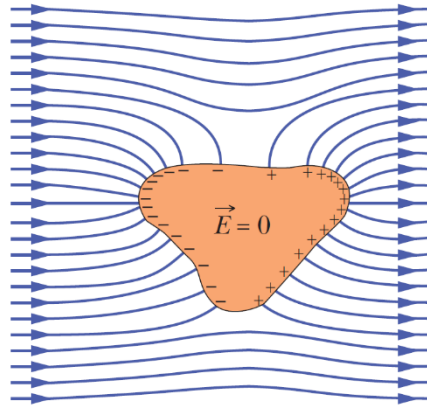


[그림 4] 전기장 분포에 따른 전기력선과 등전위선(Walker, 2020, p. 598).

(a)는 전기장이 균일한 경우로, 전기력선은 평행 직선이 되고 등전위선(면)은 이에 수직인 등간격의 직선(평면)이다. (b)는 점 전하(+) 하나가 전기장을 만드는 경우다. 전기력선은 점 전하를 중심으로 한 방사상의 직선이고 이들이 촘촘히 모이는 곳(즉, 전하에 가까운 곳)에서 전기장의 크기가 상대적으로 크다. 등전위선(면)은 전하를 중심으로 한 동심원(구면)인데, 이때 동심원(구면) 사이의 간격이 같지 않음이 유의된다. (c)는 전하량의 크기가 같고 부호가 반대인 두 전하가 작은 거리만큼 떨어져 있는 경우(이를 전기 쌍극자라고 부른다)의 전기력선과 등전위선(면)을 나타낸다. 이번 실험의 결과는 (c)와 관련이 깊다.

실험 방법의 <스텝 7>에는 실험판에 별도의 도체를 올려놓고 측정해 보는 것이 있다. 자유로이 움직일 수 있는 전하(금속 내에서는 주로 전자)가 존재하는 도체 내의 전기장은 평형(정전기적 평형) 상태에서는 0 이다. 따라서 도체를 대전시키면 추가된 전하는 모두 도체 표면에 분포하게 되며, 또한 도체 표면은 등전위면이 된다. 다음의 그림 5는 평행 전극에 의해 형성된 균일한 전기장 내에 도체를 놓았을 때 전기력선이 변화된 모습

을 나타낸다. 우리가 이번 실험에서 사용하는 등전위선 장치는 정상 전류를 이용하기에, 도체 내부의 전기장이 정확히 0 은 아니다. 그러나 실험판에 비해 별도 도체의 전기 전도도가 매우 크다면, 그림 5와 유사한 경우로 해석할 수 있다.



[그림 5] 균일한 전기장 내에 도체를 놓았을 때 전기력선과 도체 내 전하 분포  
(Walker, 2020, p. 614).

## 참고문헌

- 1) Walker, J., *Halliday & Resnick's Principles of Physics* (11th ed.), 2020.