

01

전기장

학습 목표 전하 주위의 전기장을 구하고 전기력선과 등전위면으로 부터 전기장의 세기와 방향을 추리하고 설명할 수 있다.



등고선을 보면 주변 지형을 알 수 있다. 전하 주위의 전기장의 분포도 쉽게 알 수 있는 방법이 있을까?

***중력장**
중력이 미치는 공간 또는 영역이다.

연계 물리학
전기장은 '전기와 자기' 단원에서 배웠다.

전기장

질량이 있는 물체 주위에 중력장이 형성되어 질량이 있는 다른 물체에 중력이 작용하듯이 전하 주위에는 전기장이 형성되어 다른 전하에 전기력이 작용한다. 즉, 전하들은 전기장을 통해 전기적으로 상호작용 한다.

전기장 내의 한 지점에 단위 양전하(+1 C)를 놓았을 때, 이 전하가 받는 힘의 크기와 방향을 그 지점에서 전기장의 세기와 방향으로 정의한다. 전기장 내의 전하 q 가 받는 전기력의 크기가 F 라면, 그곳에서 전기장의 세기 E 는 다음과 같다.

$$E = \frac{F}{q} \quad (\text{단위: N/C})$$

쿨롱 법칙에 따라 전하량이 Q 인 점전하로부터 거리 r 만큼 떨어진 곳에 놓인 전하 q 에 작용하는 전기력의 크기 $F = k \frac{Qq}{r^2}$ 이며, k 는 쿨롱 상수로 $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ 이다. 따라서 그림 I-1의 전하 q 가 놓인 지점에서 전기장의 세기 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 이다. 즉, 점전하 Q 주위에 형성되는 전기장의 세기는 점전하로부터 거리의 제곱에 반비례하고, 점전하의 전하량에 비례한다.

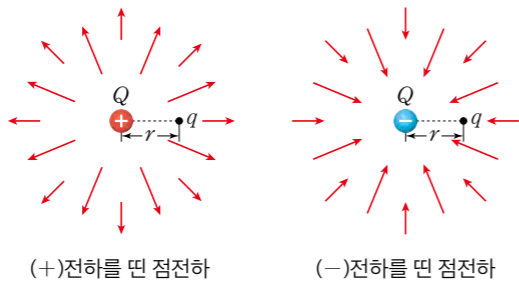


그림 I-1 점전하 주위의 전기장

잠깐 활동
전하량이 2C인 점전하로부터 거리 3m 떨어진 지점에서 전기장의 세기를 구하시오.

전기력선

눈에 보이지 않는 전기장의 모습을 시각화하기 위해 각 위치에서 전기장의 방향을 선으로 이어 나타낸 것을 **전기력선**이라고 한다.

- 전기력선의 특징
 - (+)전하에서 나와 (-)전하로 들어가며, 중간에 분리되거나 교차하지 않는다.
 - 전하에서 나오거나 들어가는 전기력선의 수는 전하량에 비례한다.
 - 전기력선이 조밀한 곳일수록 전기장의 세기가 크다.
 - 전기력선의 한 점에서 그은 접선 방향이 그 점에서 전기장의 방향이다.

그림 I-2는 전하 분포에 따른 전기력선을 나타낸 것으로, 전기력선의 특징을 보여 준다. (+)점전하 주위의 전기장은 점전하로부터 멀어지는 방향이며, (-)점전하 주위의 전기장은 점전하를 향하는 방향이다. 점전하에 가까울수록 전기력선이 조밀하게 나타나고, 전기장의 세기가 크다는 것을 알 수 있다.

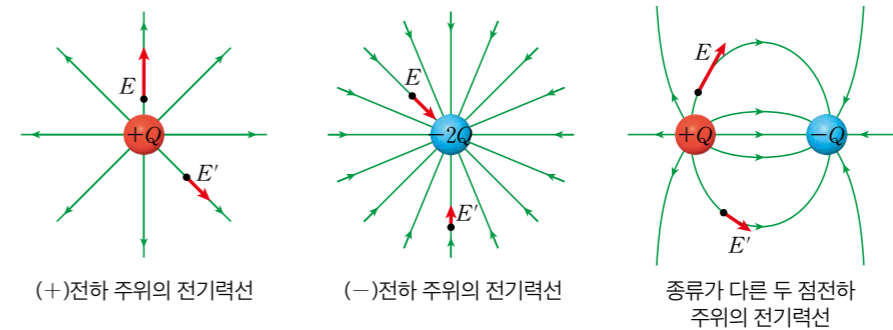


그림 I-2 점전하 주위의 전기력선

그림 I-3과 같이 대전된 평행한 금속판 사이에서 전기력선이 일정한 간격으로 나타나므로, 평행판 내부에는 (+)전하로 대전된 판에서 (-)전하로 대전된 판을 향하는 방향으로 균일한 전기장이 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

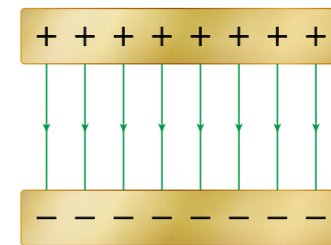
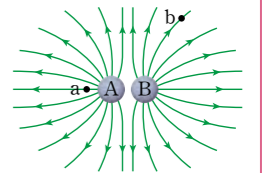


그림 I-3 평행한 금속판 내부의 전기력선

잠깐 활동

그림은 어떤 두 점전하 A, B 주위의 전기력선을 나타낸 것이다.



A, B 전하의 종류와 a, b 두 지점 중 전기장의 세기가 더 큰 지점을 추리해 보자.

스스로 확인

- 1 점전하 주위에 형성된 전기장의 세기는 점전하에서 멀어질수록 (작아, 커)진다.
- 2 전기력선이 조밀할수록 전기장의 세기가 (작다, 크다).
- 3 전기장의 방향은 전기력선의 접선 방향에 수직이다. (○, ×)

전위와 등전위면

전기장 내의 기준점으로부터 측정한 단위 양전하가 가지는 전기력에 의한 위치 에너지를 **전위**라고 한다. 전하량이 q 인 전하를 기준점으로부터 어떤 점까지 옮기는데 W 만큼의 일을 했을 때, 그 점에서의 전위 V 는 다음과 같다.

$$V = \frac{W}{q} \quad (\text{단위: V, J/C})$$

전기장 내의 전위가 같은 점들을 연결한 선이나 면을 **등전위선** 또는 **등전위면**이라고 한다.

그림 I-4의 (가)와 같이 (+)전하를 띤 점전하 주위에는 (+)전하에서 나가는 방향으로 전기장이 형성된다. 전위는 (+)전하에 가까울수록 높고, 멀어질수록 낮다. (+)전하 주위 공간에 등전위면을 그리면 (+)전하를 중심으로 한 동심원 모양이 된다.

그림 I-4의 (나)는 종류가 다른 두 점전하 주위의 전기력선과 등전위면을 나타낸 것이다. 같은 등전위면 위에 있는 점 A, B에서 전위는 같다. 하지만 전기력선과 등전위면은 두 전하 사이에 있는 점 B에서가 바깥쪽에 있는 점 A에서보다 조밀하다. 이를 통해 전기장의 세기는 B에서가 A에서보다 크다는 것을 알 수 있다.

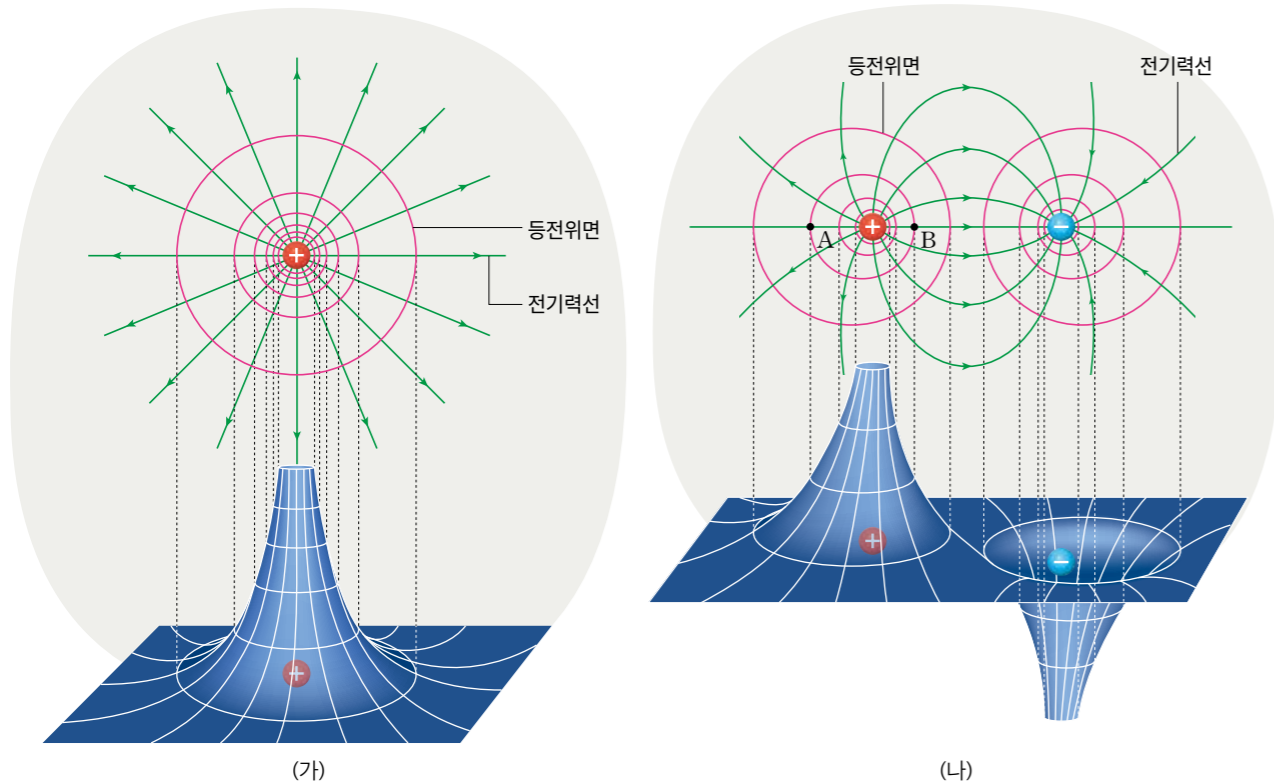


그림 I-4 전하 주위의 전기력선과 등전위면

등전위면은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 등전위면의 특징
 - 등전위면과 전기력선은 항상 수직이다.
 - 전기장의 방향은 전위가 높은 등전위면에서 전위가 낮은 등전위면을 향하는 방향이다.
 - 등전위면의 간격이 좁을수록 전기장의 세기가 크다.

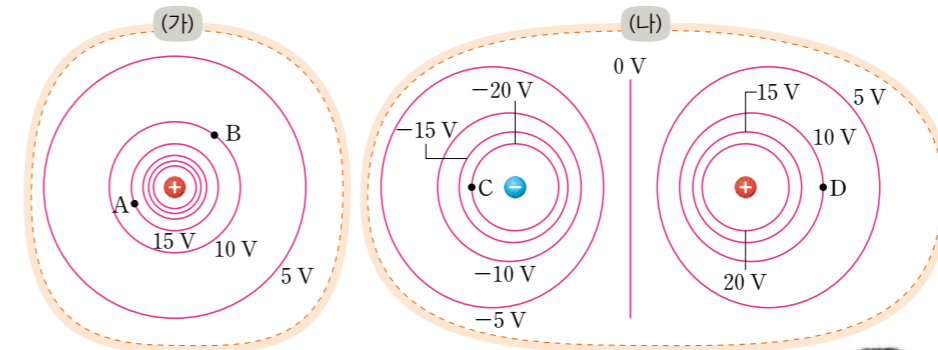
다음 활동을 하면서 등전위면의 특징을 활용해 공간상에 형성된 전기장의 세기와 방향을 추리해 보자.

해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

등전위면으로 전기장 추리하기

그림 (가), (나)는 전기장이 형성된 공간에 5 V 간격으로 그려진 등전위면을 나타낸 것이다.



- (가)와 (나)에서 A~D에 형성된 전기장을 그림에 화살표로 나타내 보자.
- (가)에서 A, B에 형성된 전기장의 세기를 비교해 보자.
- (나)에서 C, D에 형성된 전기장의 세기를 비교해 보자.



스스로 확인

- 1 전기장 내에서 전위가 같은 점들을 연결한 면을 ()이라고 한다.
- 2 등전위면과 전기력선은 평행하다. (○, ×)
- 3 전기장의 방향은 전위가 높은 등전위면에서 전위가 낮은 등전위면을 향하는 방향이다. (○, ×)

스스로 정리

공유 전기력선과 등전위면으로 전기장의 방향과 세기를 추리할 수 있는 문제를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

02

정전기 유도과 유전 분극

학습 목표 정전기 유도와 유전 분극을 이해하고, 일상생활에서 적용되는 예를 찾아 설명할 수 있다.



휴대 전화를 수리할 때에는 정전기에 의한 피해를 막기 위해 정전기 방지 패드 위에서 부품을 분해한다. 정전기는 전자 부품에 어떤 영향을 미칠까?

정전기 유도와 유전 분극

그림 I-5와 같이 (-)대전체를 금속 막대에 가까이 가져가면, 금속 막대 내부의 자유 전자들은 전기장과 반대 방향으로 전기력을 받아 이동한다. 따라서 (-)대전체와 가까운 곳은 (+)전하를 띠고, (-)대전체와 먼 곳은 (-)전하를 띤다. 이처럼 대전체에 의해 전기적으로 중성인 도체의 양끝이 서로 다른 종류의 전하를 띠는 현상을 **정전기 유도**라고 한다.

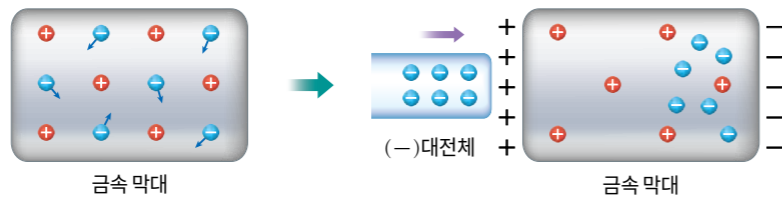


그림 I-5 도체에서의 정전기 유도

부도체인 플라스틱 막대에는 자유 전자가 없어 전자의 이동이 일어나지 않는다. 하지만 그림 I-6과 같이 (-)대전체를 플라스틱 막대에 가까이 가져가면 플라스틱 막대 내부에서 전하들이 재배열한다. (+)전하는 전기장과 같은 방향으로, (-)전하는 전기장과 반대 방향으로 전기력을 받아 (-)대전체와 가까운 곳은 (+)전하를 띠고, (-)대전체와 먼 곳은 (-)전하를 띤다. 이처럼 대전체에 의해 전기적으로 중성인 부도체의 양끝이 서로 다른 종류의 전하를 띠는 현상을 **유전 분극**이라고 한다.

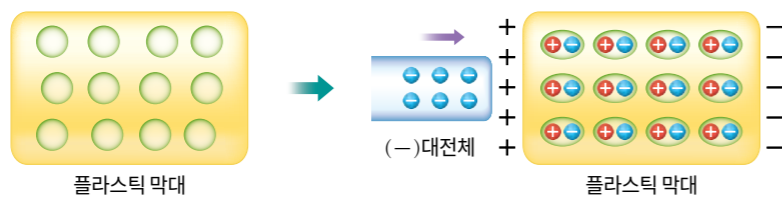


그림 I-6 부도체에서의 유전 분극

다음 활동을 하면서 정전기 유도 현상을 관찰해 보자.

해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

실험 영상



정전기 유도 현상 관찰하기

준비물

- 투명 필름, 원형 구리판 2개, 스티로폼 공, 알루미늄 포일, 털가죽, 글루건, 플라스틱 막대, 면장갑, 투명 테이프, 가위



안전 글루건을 사용할 때에는 면장갑을 낀다.

- 스티로폼 공을 알루미늄 포일로 감싸서 알루미늄 공을 만든다.
- 투명 필름을 높이 2cm~3cm로 자르고 원통형으로 말아 투명 테이프로 고정한다.
- 글루건을 이용해 원통형 필름의 뚫린 곳 한쪽에 원형 구리판을 붙이고 알루미늄 공을 넣은 뒤, 반대쪽에도 원형 구리판을 붙여 정전기 감지 장치를 만든다.
- 털가죽과 마찰하여 대전된 플라스틱 막대를 정전기 감지 장치의 구리판에 접촉한 뒤 알루미늄 공을 관찰한다.



- 4에서 알루미늄 공은 어떻게 되는가?
- 알루미늄 공 대신 부도체인 스티로폼 공으로 실험한다면 어떻게 될지 이야기해 보자.

그림 I-7과 같이 위쪽 구리판이 (-)전하를 띠면 전기적으로 중성인 알루미늄 공은 정전기 유도에 의해 위쪽 표면이 (+)전하를 띤다. 알루미늄 공이 인력을 받아 위로 올라가 위쪽 구리판과 접촉하면 구리판에서 알루미늄 공으로 자유 전자가 이동한다. 따라서 알루미늄 공은 위쪽 구리판과 같은 전하를 띠어 척력을 받아 밀려나고, 아래쪽 구리판에 접촉해 전자를 잃는다. 이 과정을 반복하며 알루미늄 공은 왕복 운동을 한다.

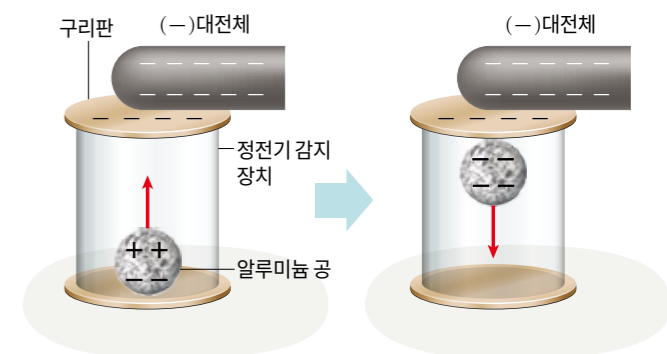


그림 I-7 정전기 감지 장치의 원리

스스로 확인

- 전기적으로 중성인 도체에 대전체를 가까이 가져가면 정전기 유도에 의해 대전체와 가까운 쪽에 대전체와 (같은, 다른) 종류의 전하가 유도된다.
- 부도체에 대전체를 가까이 가져가면 ()이/가 일어난다.