

# CHAPTER03 정전계

---

## Contents

- 3.1 마찰전기와 정전유도
  - 3.2 쿨롱의 법칙
  - 3.3 전계와 전기력선
  - 3.4 전속과 전속밀도
  - 3.5 전위 및 전위차
  - 3.6 도체의 성질
  - 3.7 콘덴서
- 3.8 유전체의 정전계
- 3.9 저항과 정전용량

# 3.1 마찰전기와 정전유도

## ▶ 마찰전기

### ◆ 마찰전기(triboelectricity)

두 종류의 물체를 마찰하면 그 물체들은 주위의 가벼운 물체를 끌어당기는 성질의 전기적인 현상이 나타나며, 이와 같이 마찰에 의해 발생하는 전기

- 전기량 또는 전하량 : 대전체가 갖는 전기의 양

[정(양, +)전하와 부(음, -)전하의 두 종류]

◆ 마찰전기계열 : 마찰전기 계열에서 임의의 두 물체를 서로 마찰하면 한쪽의 물체는 양(+)<sup>+</sup>의 전기, 다른 반대쪽 물체는 음(-)<sup>-</sup>의 전기로 대전



마찰전기 계열[대전열]

⊕ 모피, 유리, 운모, 비단, 무명, 목재, 호박, 수지, 금속, 에보나이트, 고무 ⊖

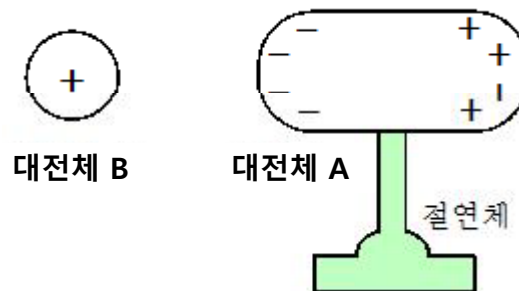
# 3.1 마찰전기와 정전유도

## ▶ 정전유도 현상

### ◆ 정전유도(electrostatic induction)현상

: 대전이된 도체를 중성인 도체에 접근 시키면

가까운 쪽에 다른 부호의 전하, 먼 쪽에 같은 부호의 전하가 나타나는 현상



◆ **도체** : 내부 이동이 쉬운 자유전자가 무수히 많기 때문에 대전체를 접근시키면 정·부의 전하 분리가 쉬움

◆ **절연체** : 전자에 대한 원자핵의 구속력이 강한 속박전자로 인해 전하 분리가 일어나지 않고 원자핵과 전자의 변위만 일으킴 [전기분극(유전분극)]

# 3.1 마찰전기와 정전유도

## ▶ 물질의 전기적 성질에 의한 분류

- ◆ **도체 (conductor)** : 전자의 이동을 허용하는 물질로써 내부에 자유전자를 많이 가지고 있는 물질(금속, 탄소, 전해액 등)
- ◆ **부도체 (nonconductor)** : 내부에서 전자가 원자핵에 대한 구속력이 강하여 물질 내를 이동할 수 없고, 외부의 전기력에 대해 전자와 원자핵의 변위만 일으키는 물질
  - 전자 : 구속전자 또는 속박전자(bounded electron)
  - 부도체는 전자의 이동을 허용하지 않는 물질(공기, 고무, 유리, 플라스틱, 순수한 물(증류수) 등이 대표적인 예)
  - 부도체는 **절연체(insulator)** 또는 **유전체(dielectric)**라고도 함
- ◆ **반도체(semiconductor)** : 정공(hole, 양전하) 또는 자유전자(음전하)를 극히 일부 가지고 있기 때문에 도체와 부도체 사이의 중간 성질을 갖는 물질

# 3.2 쿨롱의 법칙

## ▶ 쿨롱의 법칙

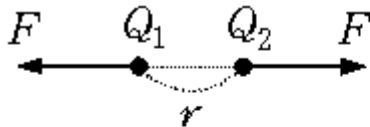
: 두 점전하 사이에 작용하는 전기력(힘)  $F$

① 크기 
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{r^2} [N]$$

진공 유전율 
$$\epsilon_0 = \frac{10^7}{4\pi C_0^2} = \frac{10^7}{4\pi \cdot (3 \times 10^8)^2} = 8.85 \times 10^{-12} [F/m]$$

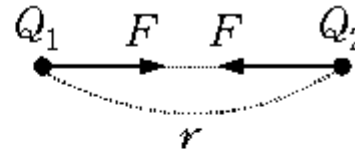
② 방향 : 두 점전하를 연결하는 직선상에서의 방향으로 취함

동종전하 - 반발력



(a) 같은 부호(반발력)

이종전하 - 흡인력



(b) 다른 부호(흡인력)

그림 3.2 쿨롱의 법칙

# 3.3 전계와 전기력선

## ▶ 전계의 세기

◆ 전계 (전기장, 전장, Electric field) : 전기력이 미치는 공간

◆ 정전계 (Electrostatic field)

- 전하가 정지되어 있는 상태에서의 전계
- 전계 에너지가 최소로 되는 전하분포의 전계

◆ 전계의 세기  $E$  (한 개의 점전하  $Q$ )

- 크기 : 전계(전기장) 내의 임의의 한 점에 단위전하  $+1[C]$ 을 놓았을 때, 이에 작용하는 힘(즉, 전계 내에서  $+1[C]$ 이 받는 힘)
- 방향 : 단위 정전하가 받는 힘의 방향

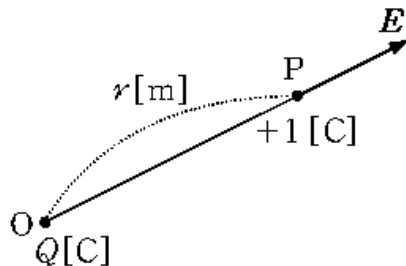


그림 3.4 점전하에 의한 전계의 세기

$$E(= F) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q \times 1}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} [V / m]$$
$$= 9 \times 10^9 \frac{Q}{r^2} [V / m]$$

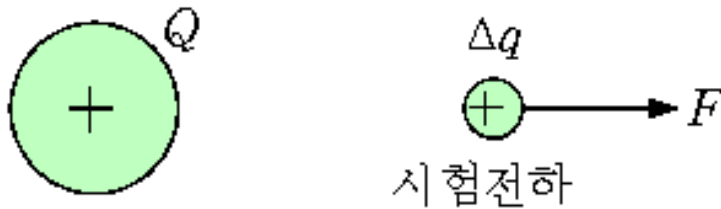
# 3.3 전계와 전기력선

## ▶ 전계의 세기

◆ 전계의 세기  $E$ 와 힘  $F$ 의 관계

: 전계의 세기  $E[V/m]$ 인 공간에서 임의의 한 점의 전하  $q[C]$ 이 받는 힘  $F$

$$F = qE \quad [N], \quad E = \frac{F}{Q} \quad [V / m]$$



**힘의 방향 = 전계의 방향**

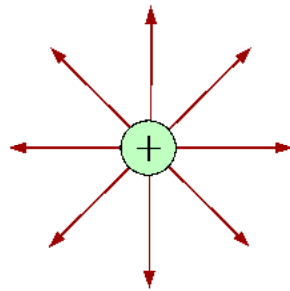
그림 3.3 전계와 시험전하

# 3.3 전계와 전기력선

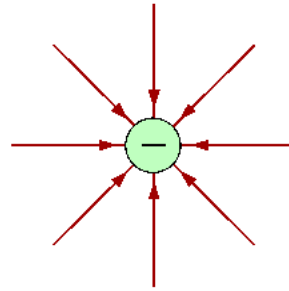
## ▶ 전기력선

◆ 전기력선 : 전계 내에서 단위전하  $+1[C]$ 이 아무 저항없이 전기력에 따라 이동할 때 그려지는 가상선

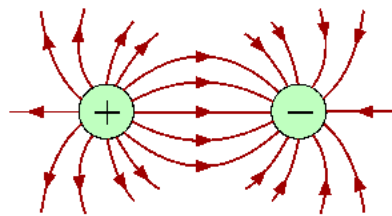
## ◆ 전기력선의 분포



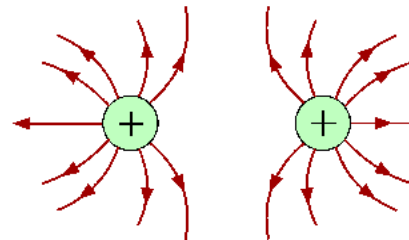
(a) 양의 점전하



(b) 음의 점전하



(c) 두 개의 양·음전하



(d) 두 개의 양전하

## 3.3 전계와 전기력선

### ▶ 전기력선

#### ◆ 전기력선의 성질

- ① 전기력선은 정전하에서 출발하여 부전하에서 멈추거나 무한원까지 퍼진다.
- ② 전기력선은 서로 교차하지 않으며, 전하가 없는 곳에서는 전기력선의 발생과 소멸이 없고 연속적이다.
- ③ 전기력선상의 한 점에서의 접선 방향은 그 점의 전계의 방향을 나타낸다.
- ④ 전기력선 밀도는 전계의 세기와 같다.
- ⑤ 전기력선은 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 향한다.
- ⑥ 전기력선은 등전위면과 직교한다.
- ⑦ 전기력선은 도체의 내부에는 존재하지 않는다.

# 3.3 전계와 전기력선

## ▶ 전기력선

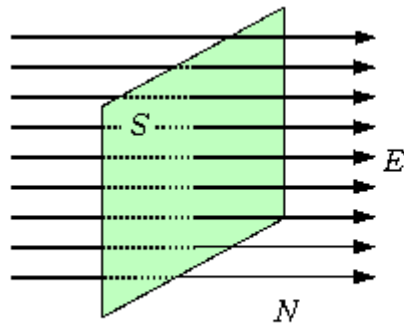
◆ 전계의 세기  $E$ 의 선 개념

**전계의 세기 = 전기력선 밀도**

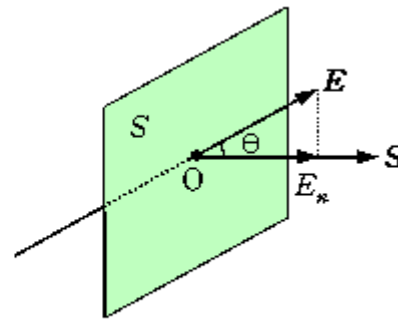
$$E [V / m] = \frac{N}{S} [lines / m^2]$$

◆ 전기력선 수  $N$

(균일 면적  $S$ ) 전계  $E$ 인 면에 수직으로 관통하는 전기력선 총수  $N$  [그림 a]



(a)



(b)

# 3.3 전계와 전기력선

## ▶ 전기력선

◆ 구면상에서의 전계의 세기  $E$

- 전계의 세기 :  $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} [V/m]$
- 반지름 1[m]의 구표면적 :  $S = 4\pi r^2$
- 전기력선 수 :  $N = ES = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \times 4\pi = \frac{Q}{\epsilon_0} [lines]$

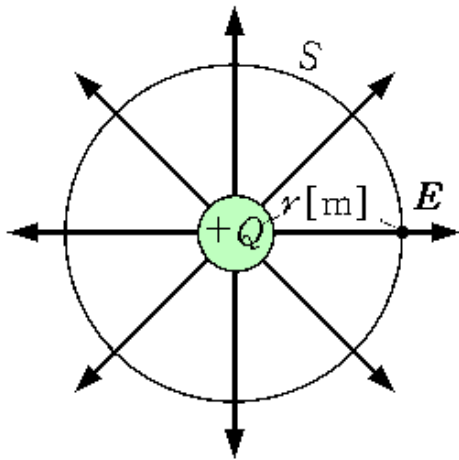


그림 3.7 구면의 전기력선

$$\text{전기력선수} = \text{전하량} \times \frac{1}{\epsilon_0}$$

: 전기력선은 매질( $\epsilon_0$ )에 따라 변화

## 3.4 전속과 전속밀도

### ▶ 전속과 전속밀도

- ◆ 전속(선)  $\phi$  : 매질에 관계없는 일정한 전속선을 도입하여 전계 및 유전체 해석을 용이

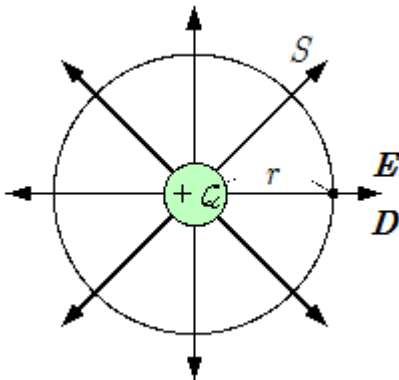
**전속  $\phi$  는 매질에 관계없이 전하  $Q[C]$ 일 때  $Q$ 개의 전속선이 나온다."**

**(즉, 전속  $\phi$  는 매질에 관계없이 전하량  $Q[C]$ 과 같다.)**

전하  $Q[C]$  : 전속선 =  $Q$ [개, 선]  $\rightarrow$  전속선 =  $Q[C]$  (전속의 단위  $[C]$ )

전하  $1[C]$  : 전속선  $\phi = 1$ [개, 선]  $\rightarrow$  전속선  $\phi = 1[C]$  (전속의 단위  $[C]$ )

- ◆ 전속밀도  $D$  : 단위면적당 전속(선)수 :  $D = \frac{\phi}{S} = \frac{Q}{S} [C / m^2]$  ( $\phi = Q[C]$ )



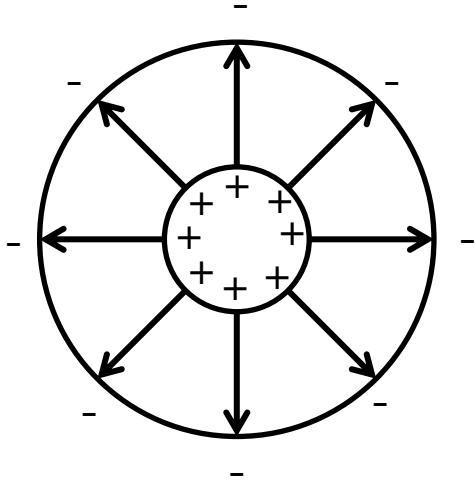
- ◆ 전속밀도  $D$  와 전계  $E$  의 관계 [그림]

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} [V / m] \quad D = \frac{Q}{4\pi r^2} [V / m]$$

$$\therefore D = \epsilon_0 E [C / m^2] \text{ or } E = \frac{D}{\epsilon_0} [V / m]$$

# 3.4 전속과 전속밀도

## ▶ 전속과 전속밀도



- ① 원 안의 도체 내부를  $+Q [C]$ 으로 대전시킴
- ② 도체 외부는 정전유도되어  $-Q [C]$ 으로 대전 됨
- ③ 실제로 전하의 이동은 없지만 내부전하가 외부로 이동한 것을 가상의 선이 전속선임
- ④ **전속선수 = 내부전하량  $Q$  [개]**
- ⑤ **매질에 관계없이 전속선수 일정** (가장 큰 장점)

## ▶ 전속밀도와 전기의 관계

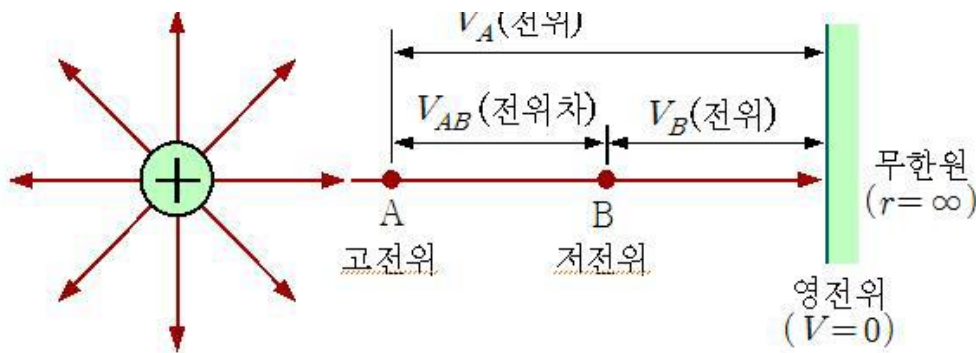
전속선	전기력선
전속선수 = $Q$ [개]	전기력선수 = $\frac{Q}{\epsilon}$ [개]
매질에 관계없이 일정	매질에 관계있음
관계 : 전속밀도 $D = \epsilon(\text{유전율}) \cdot E(\text{전계의 세기})$	

# 3.5 전위와 전위차

## ▶ 전위와 전위차

### ◆ 전위와 전위차의 정의

- ① **전위** : 단위 양전하 (+1 [C])을 0전위 기준점 (전계가 작용 못하는 점)에서 전계가 미치는 영역의 한점까지 이동시키는데 소요되는 일 (전계가 미치는 힘의 반대 방향)
- ② **전위차** : 전계내의 임의의 한점에서 다른 한점까지 단위전하 +1[C]을 이동시키는데 필요한 일



$$V = V_{AB} = V_A - V_B \quad (V_A > V_B)$$

# 3.5 전위와 전위차

## ▶ 전위와 전위차

◆ 전위와 전위차의 정의

$$V_A = - \int_{\infty}^A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}, \quad V_B = - \int_{\infty}^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \quad (V = V_{AB} = V_A - V_B \quad (V_A > V_B))$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = - \left( \int_{\infty}^A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} + \int_B^{\infty} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \right)$$

$$\therefore V_{AB} = - \int_{B(\text{시점})}^{A(\text{종점})} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

※ 전계에 가까이 갈수록 힘이 변하므로 전계에 의한 힘을 거리에 대해 적분

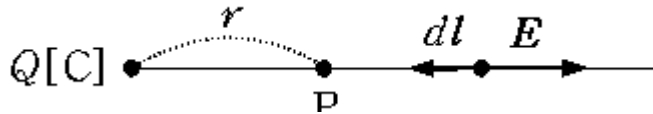
◆ 전위 또는 전위차가  $V$ 인 전계 중에서 전하  $Q$ 가 한 일

$$W = -Q \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = QV \quad \therefore W = QV$$

# 3.5 전위와 전위차

## ▶ 전위와 전위차

◆ 한 개의 점전하에 의한 전위



$$V = -\int_{\infty}^r E \cdot dl = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^r \frac{1}{r^2} dr = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{r}\right]_{\infty}^r$$

$$= -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{r} + \frac{1}{\infty}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} [V]$$

◆ 한 개의 점전하에 의한 두 점 사이의 전위차

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 b} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right) [V]$$

◆ 여러 개의 점전하에 의한 전위

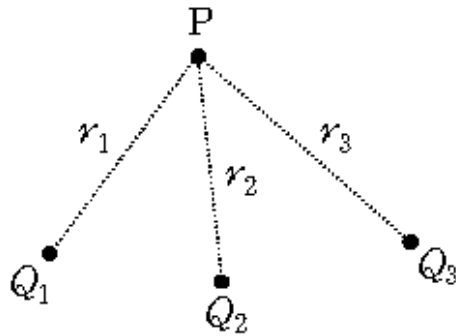


그림 3.10 전위(대수합)

$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2} + \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 r_3}$$

$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \frac{Q_3}{r_3} \right)$$

# 3.5 전위와 전위차

## ▶ 식의 관계

**쿨롱의 법칙**  
두 대전체(전하)  
사이 작용하는 힘

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

단위전하

**전계**  
전기적인 힘이  
작용하는 공간

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q}{r^2}$$


적분

**전위**  
전기적 위치에너지

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q}{r}$$

# 3.5 전위와 전위차

## ▶ 전위와 전위차

 전계와 전위에 대한 정리(점전하)

(1) 한 개의 점전하  $Q$  에 의한 전계와 전위

① 전계 :  $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  [V/m]

② 전위 :  $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$  [V]

**적분 관계**

: 힘이 변화하므로

(2) 두 개 이상의 점전하  $Q$  에 의한 전계와 전위

① 전계의 합 : 벡터의 합(합성)

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 \text{ [V/m]}$$

② 전위의 합 : 스칼라의 합(대수합)

$$V = V_1 + V_2 \text{ [V]}$$

## 3.6 도체의 성질

### ▶ 도체의 성질

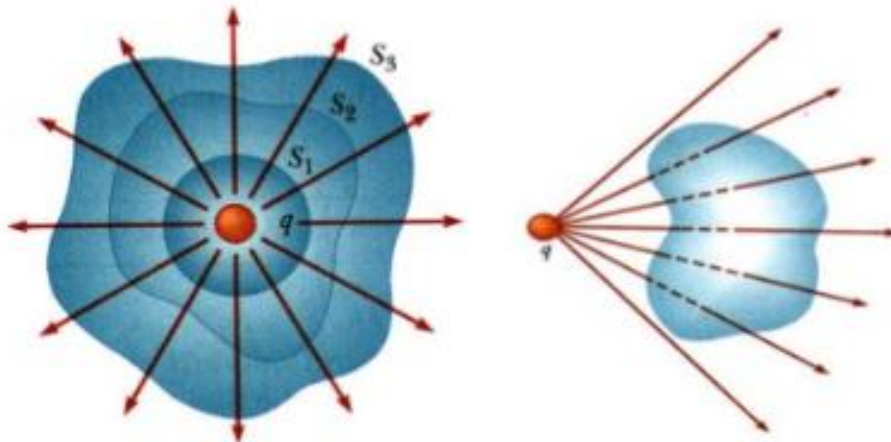
- ① 전하는 도체 내부에는 존재하지 않고, 도체 표면에만 분포한다.
- ② 도체 내부의 전기장의 세기는 0이다.
- ③ 도체 내부에는 전기력선이 존재하지 않는다.
- ④ 도체 표면은 등전위면이다.
- ⑤ 도체 내부의 전위는 도체 표면 전위와 동일하다. 즉, 도체 내부와 표면은 등전위이다.
- ⑥ 도체 표면에서의 전기력선(전계의 세기 방향)은 도체 표면에 항상 수직이다.  
(도체 표면은 등전위면이기 때문)
- ⑦ 도체 표면에서의 전하밀도는 곡률이 클수록 높다. 즉, 곡률반경이 작을수록 높다.  
(피뢰침의 끝 부분을 날카롭게 하는 이유는 전하를 집중시키기 위한 것)

# 3.6 도체의 성질

## ▶ 가우스 법칙

: 폐곡면에 분포되어 있는 전하의 전계를 구할 때 사용  
전계 내의 임의의 폐곡면 S를 통해 밖으로 나가는 전기력선의 총수는  
폐곡면 내에 있는 전하 밀도와 같다.

$$\oint_s E \cdot ds = \frac{1}{\epsilon_0} \int_v \rho dv \quad (\text{stoke's theorem})$$



# 3.6 도체의 성질

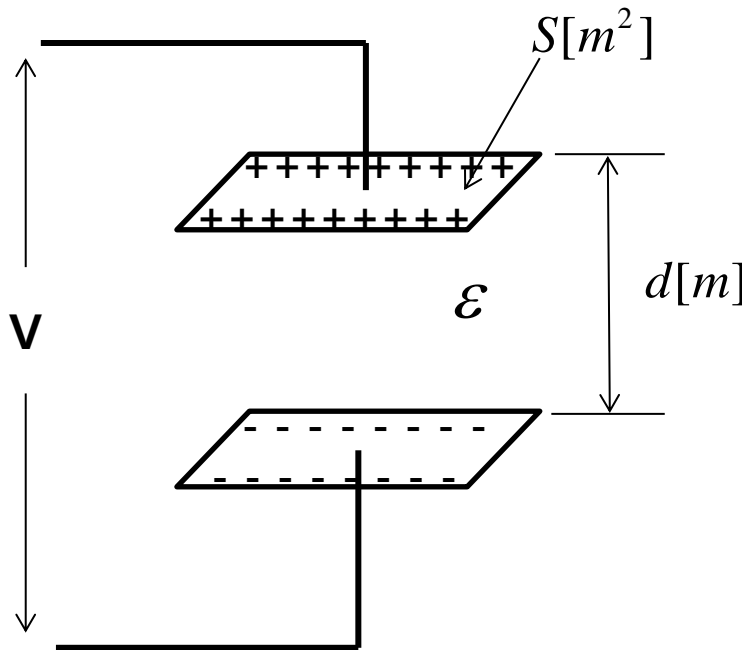
## ▶ 맥스웰 방정식

	미분형	적분형
전계의 보존법칙	$\nabla \times \mathbf{E} = 0$	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$
가우스 법칙	$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$	$\oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = Q$
암페어의 주회법칙	$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}$	$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = Ni$
자속의 연속식	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$
패러데이법칙	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\lambda}{dt} = e$

# 3.7 콘덴서

## ▶ 콘덴서

- ◆ 콘덴서 : 두 개의 도체 사이에 절연물 또는 유전체를 삽입하여 축적할 목적으로 만든 소자
- ◆ 정전용량 : 전하를 축적하는 능력



- 정전용량

$$C = \epsilon \frac{S}{d} [F]$$

- 콘덴서에 축적되는 전하량

$$Q = CV \quad C = \frac{Q}{V} [F]$$

## 3.7 콘덴서

### ▶ 정전용량의 계산 방법

- (1) 두 도체를 확인하고, 도체의 형상을 파악한다.
- (2) 두 도체에 전하를 부여한다. 단, 전하 부여는 도체 형상에 따라 다음과 같다.

**점대칭** :  $\pm Q[C]$ , **축대칭** :  $\pm \lambda[C/m]$ , **평판구조** :  $\pm \sigma[C/m^2]$

- (3) 두 도체 사이의 전위차  $V$ 를 구한다.

$$V_{ab} = -\int_b^a E \cdot dl$$

- (4) 정전용량  $C$ 를 다음의 식에 의하여 구한다.

$$Q = CV \text{ or } C = \frac{Q}{V} [F]$$

(단, 도체가 한 개만 주어진 **고립 도체**는 다른 한 도체를 무한원점으로 대체하면 모두 두 도체가 되어 일관성 있는 계산 방법을 적용할 수 있다.)

# 3.7 콘덴서

## ▶ 도체구의 정전용량

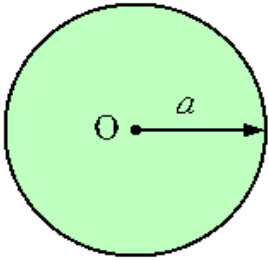


그림 3.11 고립 도체구

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} [V]$$

$$C = \frac{Q}{V} = 4\pi\epsilon_0 a [F]$$

## ▶ 평행평판 콘덴서의 정전용량

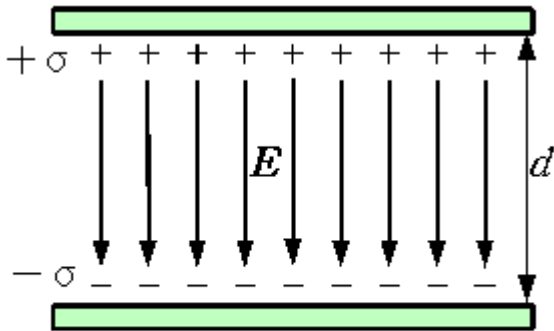


그림 3.12 무한 평행평판

- 전속밀도 :  $D = \sigma$

- 전기의 세기 :  $E = \frac{D}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

- 평행평판 도체 사이의 전위차 :  $V = Ed = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d$

- 단위면적당 정전용량 :  $C_0 = \frac{\sigma}{V} = \frac{\epsilon_0}{d} [F / m^2]$

- 면적 S의 정전용량 :  $C = C_0 S = \frac{\epsilon_0}{d} S [F]$

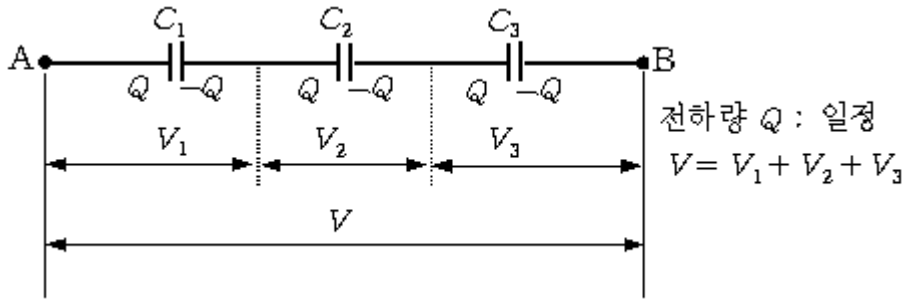
# 3.7 콘덴서

▶ 콘덴서 : 두 도체 전극에 전하( $\pm Q$ )를 축적할 수 있도록 만든 장치

[정전용량  $C$ 를 크게 하는 방법]

- 전극 면적을 크게 한다.
- 두 전극 간격을 작게 한다.
- 유전율이 큰 절연체(유전체)를 삽입한다.

▶ 콘덴서의 직렬 접속



◆ 직렬 접속 조건

- ① 전하량  $Q$ 가 일정
- ②  $V = V_1 + V_2 + V_3$

◆ 합성정전용량  $C$  (직렬)

① 콘덴서 직렬 접속에서의 합성 정전용량의 역수는 각 콘덴서 정전용량의 역수

의합과 같다.  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

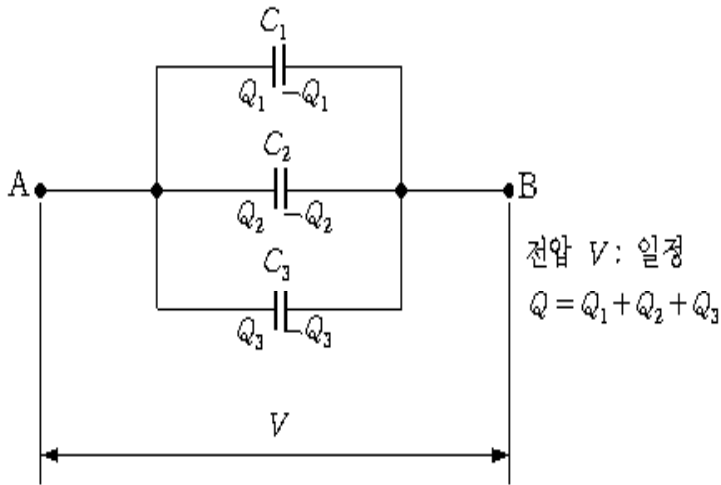
② 합성 정전용량은 각 콘덴서의 정전용량보다 작아진다.

# 3.7 콘덴서

## ▶ 콘덴서의 병렬 접속

- ◆ 병렬 접속 조건
  - ① 전압  $V$ 가 일정
  - ②  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

## ◆ 합성정전용량 $C$ (병렬)



- ① 콘덴서 병렬 접속에서의 합성 정전용량은 각 콘덴서 정전용량의 합과 같다.

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

- ② 합성 정전용량은 각 콘덴서의 정전용량보다 커진다.

## 3.7 콘덴서

### ▶ 정전 에너지

◆ 정전에너지 : 콘덴서에 전하를 축적시키는데 필요한 에너지

$$W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} [J] \quad (Q = CV)$$

### ▶ 정전 에너지 밀도

◆ 정전에너지 밀도 : 콘덴서에 단위 면적당 축적되는 정전 에너지

$$w = \frac{1}{2}DE = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \frac{D^2}{\epsilon_0} [J / m^3]$$

◆ 정전응력(정전력) : 도체 표면에 작용하는 단위면적당 힘

$$f = \frac{1}{2}DE = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \frac{D^2}{\epsilon_0} = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{\epsilon_0} [N / m^2]$$

# 3.8 유전체의 정전계

## ▶ 유전체의 성질

◆ 유전체(dielectric) : 외부에서 인가한 전기에 의해 물질 내부의 분극현상으로 전기에너지를 저장하는 물질

## ◆ 두 정전용량의 비교와 비

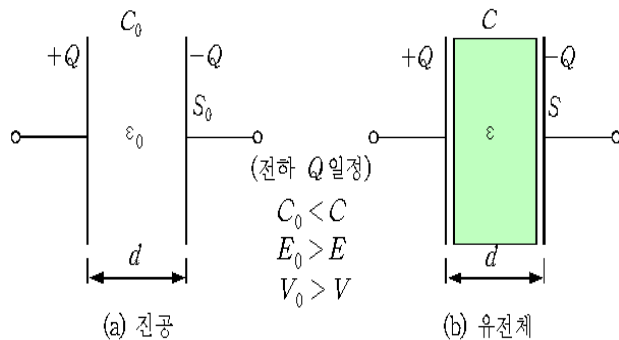


그림 3.16 평행평판 콘덴서

{  $C_0$ : 절연체 삽입 전(진공) 콘덴서의 정전용량  
 $C$ : 절연체 삽입 후 콘덴서의 정전용량

①  $C > C_0$       ②  $\epsilon_0 = \frac{C}{C_0} (\epsilon_0 > 1)$

## ◆ 두 정전용량의 비교와 비

비유전율( $\epsilon_s$ )	유전율( $\epsilon$ )
절연물에 의한 상수	진공중의 유전율 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} [F / m]$
$\epsilon_s > 1$ (진공, 공기 $\epsilon_s=1$ )	$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s$
$\epsilon_s = \frac{V_0}{V} = \frac{E_0}{E} = \frac{C}{C_0} (>1)$	전위차 및 전기의 세기는 감소 정전용량 증가

## 3.8 유전체의 정전계

▶ 유전율  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s$  ( $\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12}$ )

- ◆ 유전율 : 진공에 비해서 임의의 유전체가 분극이 일어나는 정도를 정량화한 값
  - 유전율이 높으면 분극이 많이 일어남
  - 유전율이 낮으면 분극이 조금만 일어남

◆ 유전체 : 절연체에 의해 정전용량이 변화하는 것

- ◆ 물질이 없는 진공상태 → 분극이 전혀 안 일어남
- ◆ 유전체 분극현상 → 진공에 비해 총 전계가 감소
- ◆ 전속밀도  $D = \epsilon E$

물질의 유전율  $\epsilon$ 과 물질 내의 전계  $E$ 의 곱

→ 전속밀도는 물질의 유전율에 무관

(∵ 유전율이 증가 → 전계는 유전율의 역비례 감소)

## 3.8 유전체의 정전계

### ▶ 각종 유전체의 비유전율

표 3.1 각종 유전체의 비유전율

유 전 체	비유전율 $\epsilon_r$	유 전 체	비유전율 $\epsilon_r$
진 공	1.000	운 모	6.7
공 기	1.00058	유 리	3.5~10
종 이	1.2~1.6	물(증류수)	80
폴리에틸렌	2.3	산화티탄	100
변압기 유	2.2~2.4	로셀염	100~1000
고 무	2.0~3.5	티탄산바륨 자기	1000~3000

# 3.8 유전체의 정전계

## ▶ 분극 현상

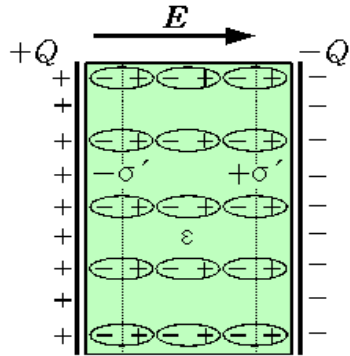


그림 3.17 전기 분극

### ◆ 분극 현상

: 콘덴서 전극사이에 유전체를 넣고 전압(전계)를 가하면 유전체 양단에 +, - 전하가 나타나는 분극발생 (내부전하 상쇄, 양끝단만 전하가 존재함)

## ▶ 분극의 세기

- ① 크기 : 유전체 내의 한 점에서 전계 방향에 수직인 단위면적을 통하여 변위되는 분극의 전하량, 즉 단위면적당의 분극 전하량(분극전하밀도,  $\sigma'$ )
- ② 방향 : (-)의 분극전하  $\rightarrow$  (+)의 분극전하

분극의 세기( $\mathbf{P}$ ) :

$$P = \sigma' \text{ [C/m}^2\text{]} \left\{ \begin{array}{l} \text{① 크기}(\mathbf{P}) : \begin{cases} \text{단위면적당의 분극 전하량} \left( = \frac{Q}{S} \right) \\ \text{단위체적당의 전기쌍극자 모멘트} \left( = \frac{M}{V} \right) \end{cases} \\ \text{② 방향} : \text{부(-)의 분극전하} \rightarrow \text{정(+)} \text{의 분극전하} \end{array} \right.$$

$P = \sigma' \text{ (분극전하밀도)}$

# 3.8 유전체의 정전계

## ▶ 유전체에 관한 중요공식

표 3.2 진공과 유전체에 관한 여러 가지의 중요 공식

구 분	정 전 계(매질)	
	진 공	유 전 체
유 전 율	$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ [F/m]}$	$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s$
쿨롱의 법칙 (전기력)	$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2} \text{ [N]}$	$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon r^2} \text{ [N]}$
전계의 세기	$E = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \text{ [V/m]}$	$E = \frac{Q}{4\pi \epsilon r^2} \text{ [V/m]}$
전 위	$V = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r} \text{ [V]}$	$V = \frac{Q}{4\pi \epsilon r} \text{ [V]}$
정전용량	$C = \frac{\epsilon_0}{d} S \text{ [F]}$	$C = \frac{\epsilon}{d} S \text{ [F]}$
정 전 력	$f = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \text{ [N/m}^2\text{]}$	$f = \frac{1}{2} \epsilon E^2 \text{ [N/m}^2\text{]}$
전속밀도	$D = \epsilon_0 E \text{ [C/m}^2\text{]}$	$D = \epsilon E \text{ [C/m}^2\text{]}$
전기력선 총수	$N = \frac{Q}{\epsilon_0} \text{ [lines]}$	$N = \frac{Q}{\epsilon} \text{ [lines]}$

# 3.9 저항과 정전용량

## ▶ 저항과 정전용량의 관계

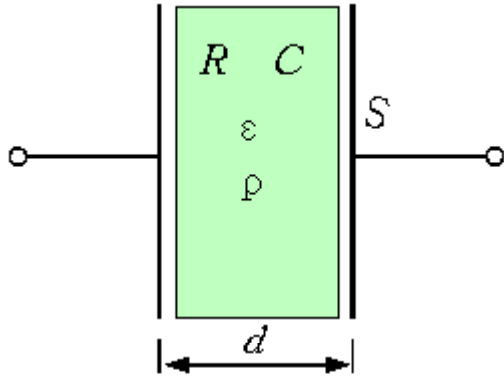


그림 3.18 저항과 정전용량

$$\begin{cases} R = \rho \frac{d}{S} = \frac{d}{\sigma S} \quad [\Omega] \\ C = \frac{\epsilon}{d} S \quad [F] \end{cases}$$
$$RC = \frac{\epsilon}{\sigma} = \epsilon\rho$$
$$\therefore RC = \epsilon\rho$$

# 3장의 핵심포인트!



## 단원의 핵심 포인트

1. 진공의 유전율 :  $\epsilon_0 = \frac{10^7}{4\pi C^2} = 8.855 \times 10^{-12} \text{ [F/m]}$  ( $C$  : 광속도)
2. 유전체손이 가장 많은 전선 : 케이블
3. 동일 규격 콘덴서의 극판간에 유전체를 넣으면 : 용량 증가, 극판간 전계 감소
4. 콘덴서의 전위차와 축적되는 에너지와의 관계(그래프)  
: 포물선 ( $\because W = \frac{1}{2} CV^2 \propto V^2$ )
5. 누설이 없는 콘덴서의 소모 전력 : 0

# 3장의 핵심포인트 !

---

쿨롱의 법칙

유전율

전계

전속, 전속밀도

점전하 전위

정전용량

정전에너지

콘덴서 용량계산

정전에너지 밀도

**맥스웰 방정식**