

I. 전기와 자기

-
1. 정전기 현상
 2. 전기의 기본
 3. 자기와 전자석

우리는 ‘전기’라고 하면 가전 제품에 사용되는 전기나 건전지 등을 생각하게 된다. 그러나 전기에는 명주나 유리 막대 등의 절연물을 서로 마찰할 때에 발생하는 마찰 전기도 있고, 또한 번개도 전기의 방전 현상의 하나이다.

이러한 전기의 근원은 양자와 전자의 흐름이며, 이 흐름에 의해 전기장과 자기장이 형성되어 여러 가지 전기 및 자기의 다양한 현상이 나타난다.

이 장에서는 전기와 자기의 현상과 그 응용에 대하여 살펴보기로 한다.



도시의 야경

1 정전기 현상



그림 I-1
탈레스(Thales)



그림 I-2
길버트(Gilbert, W.)

학습 목표

- 정전기 현상을 이해하고, 그 응용에 관하여 알 수 있다.
- 전기력의 요인을 알고 쿨롱의 법칙으로 전기력을 구할 수 있다.
- 정전기의 이점과 피해에 대하여 알고 재해 예방의 지식을 얻을 수 있다.

1. 물질의 구조

1 전기의 역사

1) 약 4,000만 년~6,000만 년 전 사이의 제3하층기 시대 동안 소나무과에 속하는 나무가 빙하기에 지하로 침몰하여 수많은 변화 속에 화석화된 결정체

기원전 600년경 탈레스(Thales)는 그리스 사람들이 장식품으로 사용하던 호박(amber)¹⁾을 헝겊으로 문지르면, 먼지나 깃털 등을 끌어당긴다는 사실을 발견했다. 오늘날, 전기(electricity)를 나타내는 말은 그리스 어의 일렉트론(elektron)에서 유래한 말로, 본래는 호박(琥珀)을 의미하였다.

또, 전기와 밀접한 관계를 가진 자석도 마그네시아(Magnesia)라는 장소에서 발견된 천연 자석 바위 조각들이 서로 끌어당기는 힘을 가지고 있음을 발견하면서, 여기서 자석(magnet)이라는 말이 유래되었다.

표 I-1
전기·자기 관련 분야의 주요 개척자

이 름	활동 기간	업 적	단 위
탈레스(Thales)	636~546 B.C.	전기와 자기의 개척자	
길버트(Gilbert, W.)	1544~1603 A.D.	지구가 거대한 자석임을 확인	길버트 [Gb]
뉴턴(Newton, I.)	1642~1727	운동 법칙과 만유 인력을 공식화	뉴턴 [N]
프랭클린(Franklin, B.)	1706~1790	전하의 보존 법칙 발견	
쿨롱(Coulomb, C. A.)	1736~1806	전기력과 자기력 측정(쿨롱의 법칙)	쿨롬 [C]
와트(Watt, J.)	1736~1819	증기력의 응용 분야를 개척, 증기 기관 발명	와트 [W]

가우스(Gauss, K.F.)	1771~1855	전속에 대한 발산 정리 발표	가우스 [G]
볼타(Volta, A.)	1745~1827	볼타 전지 발명(연속적인 전류 발생)	볼트 [V]
외르스테드(Oersted, H.C.)	1777~1851	전기가 자기를 생성함을 발견(나침반)	에르스텐 [Oe]
앙페르(Ampère, A.M.)	1775~1836	솔레노이드 발명	암페어 [A]
헨리(Henry, J.)	1797~1878	전자 유도 실험, 전신기와 중계 장치 발명	헨리 [H]
옴(Ohm, G.S.)	1787~1854	옴의 법칙을 세움. $I = \frac{V}{R}$ [A]	옴 [Ω]
패러데이(Faraday, M.)	1791~1867	자기가 전기를 생성함을 입증(전자 유도 작용)	페럿 [F]
웨버(Weber, W.E.)	1804~1891	지구 자기에 대한 선구적인 연구	웨버 [Wb]
줄(Joule, J.P.)	1818~1889	열과 전류의 관계 입증(줄의 법칙)	줄 [J]
맥스웰(Maxwell, J.C.)	1831~1879	전자기학의 이론(맥스웰의 방정식)	맥스웰 [Mx]
헤르츠(Hertz, H.R.)	1857~1894	라디오 전파의 송·수신 실험	헤르츠 [Hz]
마르코니(Marconi, G.)	1874~1937	대서양을 횡단하여 라디오 신호 전송 (무선 통신)	
에디슨(Edison, T.A.)	1847~1931	백열 전구 발명, 최초의 발전소 세움.	
테슬라(Tesla, N.)	1857~1943	전력을 교류로 송전함, 유도 전동기 발명	테슬라 [T]
아인슈타인(Einstein, A.)	1879~1955	상대성 이론으로 맥스웰 방정식을 일반화	

이러한 전기와 자기의 현상에 관해서 많은 연구가 시작된 것은 16세기 이후의 일로, 1600년경에 길버트(Gilbert, W.)가 전기와 자기에 관한 실험으로부터 마찰 전기에는 두 종류가 있다는 것과 지구가 하나의 큰 자석이라는 발견을 하면서 비로소 과학적인 연구가 시작되었다.

1752년에 프랭클린(Franklin, B.)은 연을 이용한 실험을 통해 번개와 전기의 방전은 동일한 원리라는 것과, 전기를 많이 가진 물체가 전기를 적게 가진 물체에 접근하면 방전 현상이 일어나 두 물체의 전기량이 같아진다는 사실을 증명하여 전세계의 주목을 받았다.

또, 건물에 뾰족한 쇠막대(피뢰침)를 세우면 벼락으로부터 건물을 보호할 수 있을 것이라고 제안했으며, 지금도 전기를 논할 때 쓰이고 있는 양전기, 음전기, 전지, 도체 등의 용어들을 명명하였다.

1785년에 쿨롱(Coulomb, C.A.)은 양전기와 음전기 사이에 작용하는 힘에 관한 법칙을 발견하였고, 1800년에는 볼타(Volta, A.)가 볼타 전지를 발명하여 연속적인 전류 발생 장치인 전원을 제공함으로써, 전기의 성질과 전류를 이용하는 연구를 과학적으로 수행하는 계기가 되었다.

1820년에 외르스테드(Oersted, H.C.)와 앙페르(Ampere, A.M.)는 전류가 자기를 생성한다는 것을 발견하였고, 1827년에 옴(Ohm, G.S.)은 전기 회로의



그림 I-3

외르스테드(Oersted, H.C.)

| 읽 | 을 | 거 | 리 |

프랭클린과 전기

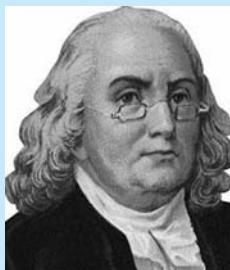


그림 I-4
프랭클린(Franklin, B.)

1706년에 미국의 보스턴에서 양초 제조업자의 아들로 태어난 프랭클린은 미국의 과학자이며 정치가이기도 하다.

프랭클린이 전기에 관심을 가지게 된 것은 그의 나이 40세 때부터라고 한다. 그 당시에는 전기를 모아 두는 축전병을 사용한 전기 실험이 활발하던 때였다. 이 때, 프랭클린은 처음으로 전하라는 말을 사용하였고, 전지의 (+), (-) 단자 표시를 생각해 내기도 하였다.

프랭클린은 축전병에서 생기는 방전 현상과 번개는 모두 전기에 의해 일어난다고 생각하였다. 이러한 생각에서 그는 구름 사이에서 전기가 발생된다는 사실을 직접 보여 주기 위하여 유명한 연날리기 실험을 하였다.

1752년 7월, 연과 실이 비에 젖기 시작하면서부터 축전병에 전기가 모이고 방전 현상이 일어났다. 번개에 의한 방전 현상의 모양이 실험실에서 얻은 전기에 의한 방전 현상과 같았으므로 번개도 전기 현상이라는 것을 실험으로 보여 주었다.

그가 한 실험은 사실 생명을 건 위험한 것이었다. 후에 이러한 실험을 시도한 사람 중에는 벼락에 맞아 죽은 사람도 있어 그 후로 이와 같은 실험을 누구도 하지 않았다. 그는 또, 전기는 뾰족한 끝 부분에 잘 모이게 된다는 성질을 이용하여 최초로 피뢰침을 발명하였다.

옴의 법칙을 발표하였다.

1831년에 영국의 패러데이(Faraday, M.)는 자기가 전기를 발생시킨다는 전자 유도 법칙을 발견하였고, 줄(Joule, J.P.)은 전류가 흐르면 열이 발생한다는 줄의 법칙, 그리고 키르히호프(Kirchoff, G.R.)는 전기 회로의 키르히호프의 법칙을 발견하였다.

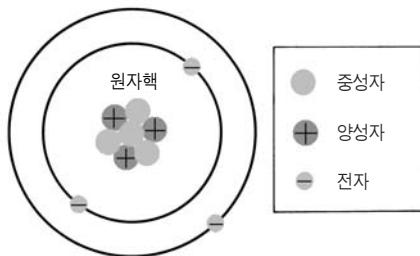
1864년에 맥스웰(Maxwell, J.C.)은 자기학의 일반 이론을 확립하고 전자기파의 존재를 예언했으며, 1887년에 헤르츠(Hertz, H.R.)에 의해 실험적으로 확인되었다. 또, 1901년에 마르코니(Marconi, G.)가 대서양을 횡단하는 라디오 신호의 전송에 성공함으로써 무선 통신의 시대가 열리게 되었다.

또, 1869년에 크룩스(Crookes, W.)는 음극선관(cathode ray tube : CRT)에 대한 연구 결과를 발표하고, 1897년에는 톰슨(Thomson, J.J.)이 전자의 질량과 전하량의 관계를 정밀하게 측정하는 등 19세기 말에는 전기에 관한 대부분의 기본 지식이 확립되었다.

2 원자와 분자

전기의 근원에 관해서는 오래 전부터 여러 방법으로 연구되어 왔고, 또 많은 가설이 세워졌지만, 오늘날에는 원자 물리학의 관점에서 이를 설명하고 있다. 즉, 모든 물질은 원자(atom)라는 소립자로 구성되어 있으며, 원자는 원소의 화학적 상태를 특징짓는 최소 기본 단위이다.

그림 I-6
원자의 구조



일반적인 원자 모델은 러더포드·보어(Rutherford·Bohr)의 이론으로 설명된다. 이 이론에 따르면, 원자는 그림 I-6과 같이 원자핵이라는 중심 물질과 그 주위를 돌고 있는 전자로 구성되며, 원자핵은 양(+) 전하를 띠는 양성자(proton)와 전기적으로 중성인 중성자(neutron)가 강한 핵의 힘으로 결합되어 있다. 또, 전자(electron)는 원자핵을 중심으로 음(-) 전하를 가지고 궤도를 그리면서 돌고 있다.

정상 상태에서 원자는 원자 내의 양성자수와 전자수가 같으므로 외부에는 전기적인 성질을 나타내지 않는 중성이 된다.

양성자와 전자 1개가 지니는 전기의 절대량은 각각 $e=1.60219 \times 10^{-19} [C]$ 의 값 을 가지며, 1개의 양성자 또는 중성자의 질량은 전자의 약 1840배이다. 또, 각 원소의 원자 번호는 원자핵 속에 있는 양성자수를 표시하므로 결국 원자에 포함된 전자수를 나타내는 것이다.

그림 I-7
원자의 모형

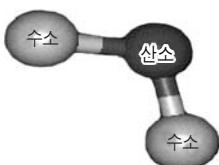
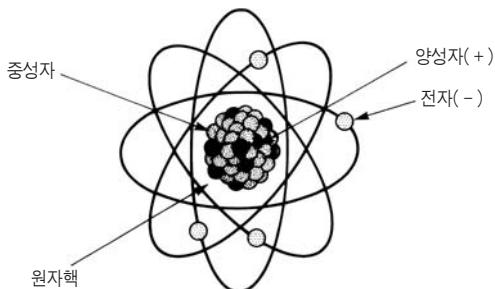


그림 I-8
물분자

이러한 원자가 모여 분자(molecule)가 되는데, 분자는 물질의 성질을 가진 최소 단위이다. 즉, 서로 다른 종류 또는 같은 종류의 원자가 결합하여 이것이 하나의 단위가 되어 분자를 구성한다.

예를 들면, 물(H₂O)은 그림 I-8과 같이 수소 원자 2개와 산소 원자 1개가 결합한 물분자를 단위로 구성된 것이다.

일반적으로 물질들은 이러한 원자 → 분자 → 물질, 즉 원자가 모여 분자가 되고 분자가 모여 물질을 형성한다.

이 이론은 19세기 초에 제창된 아보가드로(Avogadro, A.)의 분자설²⁾에서 비롯되는데, 이 이론에 의하여 원자라는 유한한 종류의 입자로부터 무한한 물

- 2) ① 물질은 분자라는 작은 알갱이로 되어 있다. ② 같은 물질의 분자는 크기, 모양, 질량이 같다. ③ 분자는 다시 몇 개의 원자로 쪼개어질 수 있다. 이 때, 분자의 성질을 잃는다. ④ 모든 기체는 온도, 압력이 같으면, 같은 부피 안에는 같은 수의 분자가 존재한다.



그림 I-9
도체의 예

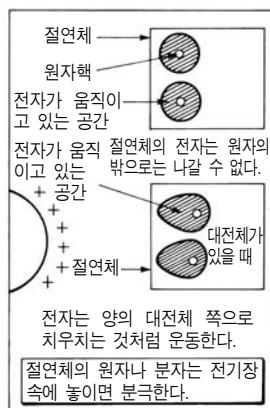


그림 I-10
분극 현상

- 3) 유전체에 전기장을 가하면 전자가 전기장의 방향으로 양(+) 전하, 그 반대쪽으로 음(-) 전하가 대전되는 현상(그림 I-58 참조)

질이 구성되는 구조가 밝혀졌다.

원자 내에서 원자핵의 주위를 돌고 있는 전자들은 정해진 궤도에 일정수의 전자만이 존재할 수 있으며, 가장 바깥쪽 궤도를 돌고 있는 전자의 수가 원자의 화학 결합에서 원자가를 결정하므로 원자가 전자(valence electron)라 한다.

원자가 전자는 원자핵과의 결합력이 약해, 외부의 자극에 의하여 쉽게 궤도를 이탈하여 자유 전자(free electron)가 된다.

도체에 전류가 흐르고, 반도체가 여러 가지 전기적 작용을 하는 것, 또는 물체가 마찰에 의해서 전기를 띠는 것 등의 많은 전기 현상들은 일반적으로 이러한 자유 전자의 이동이나 증감에 의한 것이다.

금속의 경우에 내부에는 무수히 많은 원자가 결합되어 있으며, 원자핵에 구속되지 않는 전도 전자가 금속 양이온의 사이를 자유로이 운동하고 있다. 이러한 상태의 금속에 전지 등을 사용해서 전기장을 가하면 양극을 향해 자유 전자의 이동이 일어나며, 그 결과 전류가 흐른다.

3 도체와 부도체

물체에는 금속이나 흑연과 같이 전기가 잘 통하는 도체(conductor)와 수소나 헬륨 그리고 플라스틱과 같이 전기가 거의 통하지 않는 부도체(non-conductor) 또는 절연체(insulator)가 있다. 그리고 도체와 부도체 양쪽의 성질을 지닌 반도체(semiconductor)도 있다.

도체가 부도체와 다른 점은, 도체 속에는 전기를 운반하는 짐꾼(반송자, carrier), 즉 자유 전자가 많이 있다는 점이다.

금속과 같은 도체는 원자가 규칙적으로 열을 지어서 결합된 결정(結晶)으로 되어 있다. 대부분의 금속은 양호한 도체이며, 전자가 원자와 원자 사이를 자유롭게 이동하는데, 각각의 전자는 정해진 값의 음(-)전기를 가지고 있으므로 자유 전자의 움직임에 따라서 전기가 운반된다.

전기의 도체로 가장 좋은 재료로는 은(Ag), 구리(Cu), 금(Au), 알루미늄(Al) 순이며, 가격 등 경제성을 고려해 현재 구리로 된 전선을 가장 많이 사용하고 있다. 일반적으로 도체는 전류를 잘 흐르게 하기 위하여 사용하므로 저항이 작을수록 좋은 도체이다.

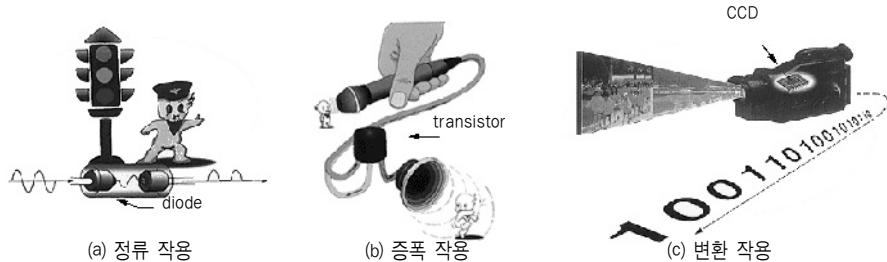
한편, 부도체는 원자핵과 전자의 결합이 강하여 전자가 원자핵으로부터 벗어나지 못하고 자신의 궤도에 머물러 있기 때문에 쉽게 움직일 수 없다. 따라서, 전압을 가해도 전하의 이동이 어려워 전류가 잘 흐르지 않는다. 즉, 절연체는 전류의 흐름을 차단할 필요가 있을 때 사용한다.

절연체 중에서 플라스틱, 고무, 종이, 운모 등과 같이 전기적으로 분극 현상³⁾이 일어나는 물체를 유전체(dielectrics)라고 한다. 콘덴서와 같이 전하를 저장할 필요가 있을 때에는 도체를 사용할 수 없으므로 이와 같은 유전 물질을 사

용해야 한다.

반도체로 사용되는 대표적인 원소로는 규소(Si), 게르마늄(Ge), 셀렌(Se) 등이 있다. 이러한 반도체는 불순물이 들어가지 않은 순수한 상태에서는 전기가 통하지 않지만, 인위적인 조작을 가하면 도체처럼 전기가 흐른다. 즉, 빛을 비춰준다거나 열을 가하거나, 또는 특정 불순물을 넣어 주면 도체처럼 전기가 흐르는 것이다.

그림 I-11
반도체의 역할



따라서, 반도체는 도체보다도 전류를 원하는 대로 조절해서 흐르게 할 수 있으며, 다이오드, 트랜지스터, 발진 소자, 집적 회로 등 여러 소자의 재료로 사용된다.

2. 단위계와 10진 표기

4) SI란 프랑스어 Le système International d'Unités에서 온 약어로 '국제 단위계'를 나타내는데, 이는 우리가 '미터계'(또는 '미터법')라고 부르고 사용해 오던 단위계가 현대화된 것이다.

5) 척관계는 우리 나라의 전통적인 계량 방법으로, 길이의 단위는 자, 양의 단위는 되, 무게의 단위는 관으로 하는 도량형법을 말한다.

1 국제 단위계(SI)

국제 단위계(SI)⁴⁾란 현재 세계 대부분의 나라에서 공식적으로 채택하여 사용하고 있는 측정 표준의 현대적 체계를 지닌 단위계이다.

고대의 측정 단위들은 어떤 계획에 의해서 이루어진 단위 체계가 아니었고 각기 필요에 따라 생긴 것이었으므로, 분야에 따라서 이용되는 단위도 자연히 다르게 마련이었다.

그러나 점차 인류 생활이 복잡해지고 사회가 발전함에 따라 고대 단위로부터 발전되어 체계를 이루게 된 것이 동양에서는 '척관계'⁵⁾이며, 서양에서는 '피트·파운드계'이다. 이들은 현재의 SI가 공식화되기까지 오랫동안 사용되어 왔고, 아직도 많이 사용되고 있다.

SI의 시초는 1970년경에 프랑스에서 발명된 '미터계'이며, 분야에 따라 여러 개의 하부 단위계가 생기고 많은 단위들이 나타나게 되었다. 그 예가 1881년에 과학 분야에서 사용하기 위해 만든 CGS 단위계인데, 이는 센티미터(cm), 그램(g) 및 초(s)에 바탕을 두고 있다.

1990년경에는 실용적인 측정 단위인 미터(meter), 킬로그램(kilogram), 초(second)에 바탕을 둔 MKS 단위계가 사용되었으며, 암페어(ampere)와 함께

MKSA 단위계를 이루게 되었다. 그 후 온도의 단위인 ‘켈빈 온도’, 그리고 광 도의 단위인 ‘칸델라’와 물질량의 단위인 ‘몰’이 추가되어 현재의 SI의 7개 기본 단위가 되었다.

표 I-2
MKS 단위계의 기본 단위

물리량	단위	단위의 약자
길이	미터(meter)	m
시간	초(second)	s
전류	암페어(ampere)	A
열역학적 온도	켈빈 온도(kelvin)	K
물질량	몰(mole)	mol
광도	칸델라(candela)	cd
질량	킬로그램(kilogram)	kg

또, 현재 기하학적으로만 정의된 2개의 보조 단위로 인정되어 있다.

표 I-3
SI의 보조 단위

물리량	단위	단위의 약자
평면각	라디안(radian)	rad
입체각	스테라이안(steradian)	Sr

다음으로, SI 유도 단위는 기본 단위나 보조 단위를 간단한 물리 법칙에 의해 대수적인 관계식으로 결합하여 나타내는 것이다.

표 I-4
SI의 유도 단위

물리량	명칭	기호	기본 단위나 보조 단위 또는 다른 유도 단위로 표시
진동수, 주파수	헤르츠(hertz)	Hz	s^{-1}
힘	뉴턴(newton)	N	$kg \cdot m/s^2$
압력, 응력	파스칼(pascal)	Pa	N/m^2
에너지, 일, 열량	줄(joule)	J	$N \cdot m$
일률, 전력	와트(watt)	W	J/s
전하	콜롬(coulomb)	C	$A \cdot s$
전위, 전압, 기전력	볼트(volt)	V	$J/C, W/A$
전기 용량	페럿(farad)	F	C/V
전기 저항	옴(ohm)	Ω	V/A
전기 전도도	지멘스(simense)	s	$\Omega^{-1}, A/V$
자기력선속	웨버(weber)	Wb	$V \cdot s$
자기력선속 밀도	테슬라(tesla)	T	wb/m^2
인덕턴스	헨리(henry)	H	wb/A
섭씨 온도	섭씨도(degree celsius)	$^{\circ}C$	K
광선속	루멘(lumen)	lm	$cd \cdot sr$
조명도	럭스(lux)	lx	lm/m^2
방사능	베크렐(becquerel)	Bq	s^{-1}

2 미터법 접두어

국제 단위 체계는 기본 단위와 다양한 접두어를 혼합하여 사용한다. 이러한

접두어는 SI 단위의 10의 배수를 나타낸다. 예를 들어, 센티미터(cm)는 미터의 $\frac{1}{100}$ 이다. 다른 모든 접두어와 마찬가지로 접두어 c는 어떠한 단위와도 사용할 수 있으며, 항상 $\frac{1}{100}$ 또는 그 단위의 10^{-2} 배를 의미한다.

미터법은 세계 각국에서 사용되는데, 그 이유로는 다음 네 가지를 들 수 있다.

- (1) 세계 각국이 공통으로 쓰고 있으므로 편리하다는 점
- (2) 정확한 원기를 기본으로 하고 있다는 점
- (3) 10진법이라는 점
- (4) 명칭, 자릿수가 간단하다는 점 등이다.

보기 1

0.012[A]의 전류는 [mA]와 [μ A]로 표시할 때 각각 얼마인가?

[풀이] $1[A] = 10^3[mA] = 10^6[\mu A]$ 이므로

$$0.012[A] = 0.012 \times 10^3[mA] = 12[mA]$$

$$0.012 \times 10^6[\mu A] = 12,000[\mu A]$$

표 I-5
미터법 접두어

접두어	약어	의미	10의 승수
yotta	Y	septillion	10^{24}
zetta	Z	sexillion	10^{21}
exa	E	quintillion	10^{18}
peta	P	quadrillion	10^{15}
tera	T	trillion	10^{12}
giga	G	billion	10^9
mega	M	million	10^6
kilo	k	thousand	10^3
hecto	h	hundred	10^2
deca	da	ten	10^1
기준			
deci	d	tenth	10^{-1}
centi	c	hundredth	10^{-2}
milli	m	thousandth	10^{-3}
micro	μ	millionth	10^{-6}
nano	n	billionth	10^{-9}
pico	p	trillionth	10^{-12}
femto	f	quadrillionth	10^{-15}
atto	a	quintillionth	10^{-18}
zepto	z	sextillionth	10^{-21}
yocto	y	septillionth	10^{-24}

3. 정전기 현상

일반적으로 전기라고 하면 가전 제품에 사용되고 있는 전기나 견전지 등을 생각하지만, 이 외에도 명주나 유리봉 등의 절연물을 서로 마찰할 때에 발생하는 마찰 전기도 있다.

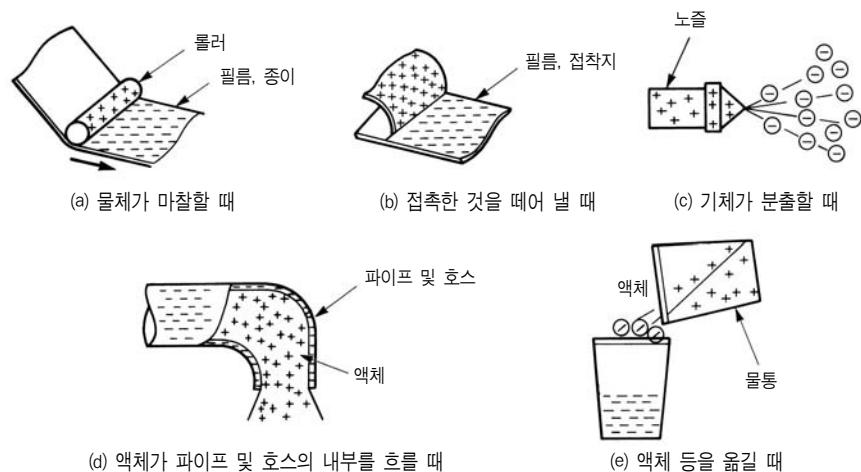
마찰 전기의 근원은 양자와 전자이기 때문에 보통의 전기와 완전히 같은 것

이다. 단지, 일반적으로 가전 제품의 전기나 건전지에서의 전기 에너지와 같은 흐르는 전기를 동전기(dynamic electricity)라 하고, 건조할 때 옷이 몸에 달라붙거나 자동차 문의 손잡이가 찌릿하게 느껴지게 하는 전기, 즉 연속적으로 흐르지 않는 상태의 전기를 정전기(static electricity)라고 부른다.

정전기(靜電氣)가 생기는 이유는 그림 I-12에서와 같이 여러 가지의 경우에 발생하는데, 물질을 이루는 원자들의 구조와 밀접한 관계가 있다.

일반적으로 원자가 가지고 있는 전자 중 일부가 외부의 자극을 받아 빠져 나가게 되면, 그 원자는 전자인 음(-)전하를 잃어 양(+)극을 띠는 양이온이 되고, 빠져 나온 전자를 흡수한 다른 원자는 음(-)극을 띠는 음이온이 되는 것이다. 예를 들면, 옷을 입거나 벗을 때에 생기는 정전기는 성질이 서로 다른 재질의 옷이 서로 마찰하면서 한 가지 옷에서 다른 옷으로 전자들이 이동하여 서로 다른 정전기가 방전을 일으킴으로써 생기는 것이다.

그림 I-12
정전기의 발생 과정



1 정전기의 특징

1 전하와 전기력

일반적으로, 절연체를 서로 마찰시키면 이들 물체는 전기를 띠게 되고, 가벼운 물체를 끌어당기는 것을 관찰할 수 있다. 이와 같이 물체가 전기를 띠는 현상을 대전(electrification)이라 하고, 대전된 물체를 대전체(electrified body)라 하며, 대전에 의해서 물체가 띠고 있는 전기를 전하(electric charge)라고 한다.

전하가 존재하면 그 주위 공간에는 전기장(electric field)이 형성되며, 이 전기장은 전기장 내에 들어온 다른 전하에 대하여 힘이 작용한다.

전하에는 양(+)전하와 음(-)전하가 있으며, 동일한 성질의 전하는 서로 반

발하고, 다른 성질의 전하는 서로 끌어당기는 성질이 있다. 전하의 단위로는 쿠롬(coulomb, [C])을 사용한다.

이와 같이 두 전하 사이에 작용하는 힘을 전기력(electric force) 또는 정전기력(electrostatic force)이라 한다.

두 전하 사이에 작용하는 전기력은 전하의 크기에 비례하고 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 이것을 정전기에 관한 쿠롱의 법칙(Coulomb's law)이라 한다.

그림 I-13과 같이 $+Q_1$ [C]과 $-Q_2$ [C]의 전하가 진공 중에서 r [m]의 거리에 있을 때, 이들 사이에 작용하는 정전기력 F [N]는

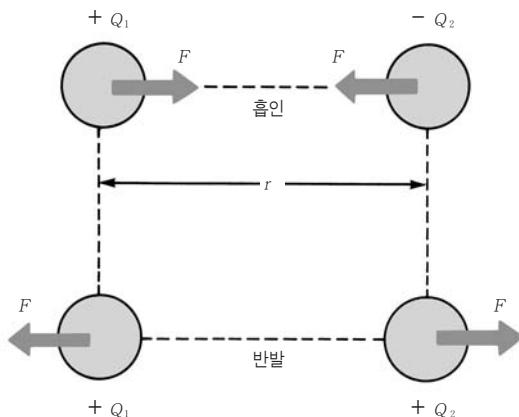
$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} [\text{N}] \quad \dots \dots \dots \text{(I-1)}$$

이며, 힘의 방향은 두 전하를 잇는 직선상에 있다.

전하가 진공 이외의 매질 중에 있을 때에는 전기력 F [N]는 다음과 같다.

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 \cdot Q_2}{\epsilon_r r^2} [\text{N}] \quad \dots \dots \dots \text{(I-2)}$$

그림 I-13
두 전하 사이의 전기력



- 6) 유전율이란, 두 반대 전하 사이에 끼어들어가, 그들 간에 작용하는 전기장의 세기를 얼마나 약하게 하는지를 나타내는 물질의 성질이다. 또, 비유전율은 진공의 유전율을 1로 놓고, 그것의 몇 배만큼 전기장의 세기를 약하게 하는지를 나타낸다.

여기서, ϵ (epsilon)은 전하 사이의 매질에 따라 결정되며 전매 상수 또는 유전율⁶⁾(permittivity)이라 한다. 유전율 ϵ 은 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ [F/m]로 표현되는데, ϵ_0 는 매질이 진공일 때의 유전율이며, ϵ_r 는 진공의 유전율 ϵ_0 에 대해 매질의 유전율을 가지는 상대적인 비(比)로서 비유전율(relative permittivity)이라 부른다. 진공 중에서의 비유전율은 $\epsilon_r = 1$ 이고, 공기 중에서는 $\epsilon_r = 1.00059$ 이지만 실용상 진공 중과 같이 사용한다.

표 I-6은 여러 가지 유전체의 비유전율 ϵ_r 의 값을 나타낸 것이다. 표에서와 같이 호박(amber)은 2.8이며 증류수는 80이다. 비유전율이 큰 물질일수록 전기력은 약해진다.

표 I-6
비유전율(ϵ_r)

유전체	ϵ_r	유전체	ϵ_r	유전체	ϵ_r
진공	1	호박(amber)	2.8	도자기	5~6.5
공기	1.00059	수정	3.6	소다 유리	6~8
절연지	1.2~2.5	페놀 수지	4.75	에틸 알코올	25
테플론	2.03	석면	4.8	글리세린	40
절연유	2.2~2.4	절연니스	5~6	증류수	80
폴리에틸렌	2.2~2.4	운모(mica)	5~9	산화티탄 자기	60~100
고무	2~3	염화비닐	5~9	티탄산바륨	1000~3000

보기 2

양(+)전하인 $8[\mu\text{C}]$ 과 음(-)전하인 $4[\mu\text{C}]$ 의 두 전하를 공기 중에서 $0.2[\text{m}]$ 거리에 놓았을 때, 두 전하 사이에 작용하는 전기력을 얼마이며, 어떤 힘이 작용하는가?

[풀이] 공기 중의 비유전율은 $\epsilon_r = 1.0$ 으로

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 \cdot Q_2}{\epsilon_r r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times (-)4 \times 10^{-6}}{1 \times (0.2)^2} = -7.2 [\text{N}]$$

두 전하 사이에는 (-)힘, 즉 흡인력이 작용한다.

2 전하의 성질

전하의 성질은 전기의 극성과 전기량의 많고 적음에 따라서 여러 현상으로 설명할 수 있다. 전하의 성질을 정리하면 다음과 같다.

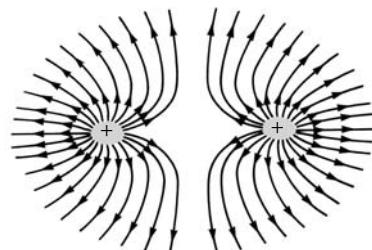


그림 I-14 극성이 같은 전하의 전기장

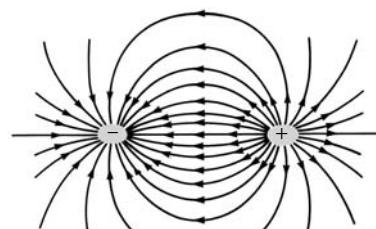


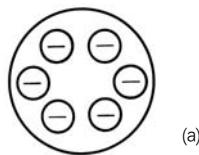
그림 I-15 극성이 다른 전하의 전기장

(1) 그림 I-14와 같이 같은 종류의 전하는 서로 반발하고, 그림 I-15와 같이 다른 종류의 전하는 서로 흡인한다. 이와 같은 성질은 전기량에 따라 작용하는 힘의 크기는 다르나 전기량이 적더라도 항상 작용한다.

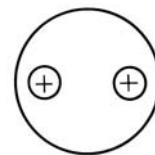
(2) 전하는 가장 안정한 상태를 유지하려는 성질이 있다.

자연계에 있는 모든 불안정한 것은 될 수 있으면 가장 안정한 상태로 되려고 하는 것과 같이 전하도 안정한 상태를 유지하려고 한다.

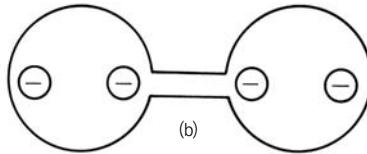
그림 I-16은 서로 다른 전하를 도선으로 연결한 경우이다. 이와 같이 대전체와 대전체를 도선으로 연결하면 양전기와 음전기는 서로 흡인하기 때문에 1:1로 중화되면, 그림 I-16의 (b)와 같이 양(+)전하는 없고 음전하만 남게 된다.



(a)



(b)



(b)

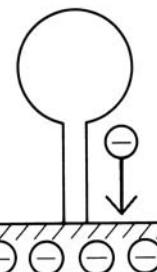
그림 I-16 비대칭 전하의 중화



지면

(a)

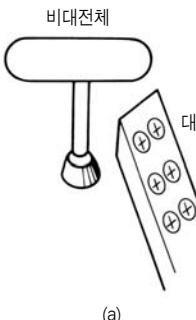
그림 I-17 접 지



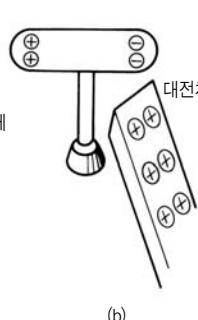
(b)

만약 그림 I-17의 (a)와 같은 대전체를 그림 (b)와 같이 큰 물체인 대지와 연결하면 대전체에 들어 있는 전하가 지구에 고루 퍼질 때까지 흐르게 된다. 대지는 위낙 용량이 크기 때문에 결국 대전체의 전하는 모두 지면으로 흘러버린다.

따라서, 어떤 대전체에 들어 있는 전하를 없애려고 할 때는 대전체와 대지를 도선으로 연결하면 되는데, 이것을 어스(earth) 또는 접지한다고 말한다.

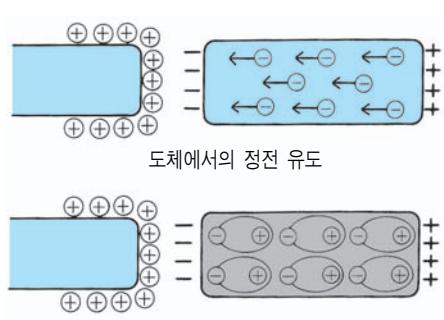


(a)

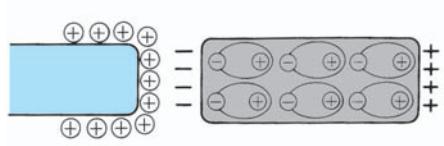


(b)

그림 I-18 정전 유도 현상



도체에서의 정전 유도



부도체에서의 정전 유도

그림 I-19 도체와 부도체의 정전 유도

그림 I-18의 (a)와 같이 전기가 들어 있지 않은 물체, 즉 비대전체에 대전체를 가까이 하면 그림 I-18의 (b)와 같이 대전체의 영향으로 비대전체에 전기가 유도되는데, 이러한 현상을 정전 유도 현상이라고 한다.

정전 유도는 그림 I-19와 같이 도체인 경우에는 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 반대 종류의 전하가 유도되고, 면 쪽에는 같은 종류의 전하가 유도되는 데 직접 접촉하지 않고도 전기가 유도된다. 이것은 도체 내 자유 전자의 이동으로 유도되며, 전기량은 대전체의 전기량과 같고 유도된 양전하와 음전하의 양은 같다.

부도체의 경우는 자유 전자가 없으나, 대전체를 가까이 하면 분자 내의 전자가 영향을 받아 분자들이 극성을 띠게 된다. 극성을 띤 분자(전기 쌍극자)들은 대전체에서 힘을 받아 그림 I-19와 같이 배열되는데, 이 현상을 유전 분극이라고 한다.

그림 I-20

정전 유도 현상에 의한 전하의 이동

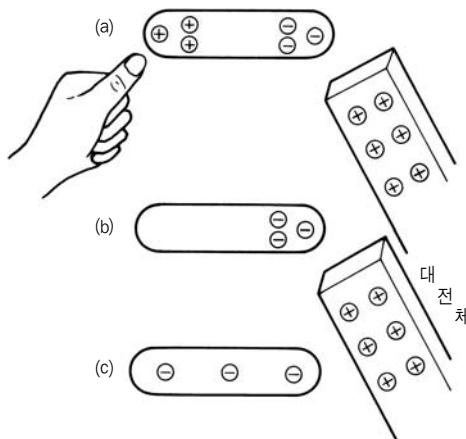


그림 I-20은 정전 유도 현상으로 전기가 발생했을 때, 그림 (a)와 같이 전기가 발생된 쪽에 손을 대거나 접지하면 양(+) 전하가 사람의 몸이나 지면으로 흘러버린다. 그러나 음(-) 전하는 대전체의 흡인력이 작용하고 있으므로 그대로 머물러 있게 된다.

이 때, 손이나 접지했던 것을 떼고 대전체를 멀리 하면 그림 (c)와 같이 전하가 고루 퍼져서 대전체가 된다.

정전기 현상의 한 예를 들면, 여름철에 많이 발생하는 뭉개구름 중 지표와 가까운 구름은 많은 전기를 가지고 있다. 그 이유는, 수분이 상승하면서 온도가 낮아져 얼음 알갱이로 바뀌고 그 얼음이 잘게 쪼개지면서 전기가 발생하기 때문이다.

전기를 가진 구름이 지면 가까이에 있게 되면 정전 유도 현상으로 지면에는 다른 종류의 전기가 생겨서 구름과 가장 가까운 쪽으로 모이게 된다. 이 때, 구름과 지면 사이에 전기가 한꺼번에 중화하기 위해 방전하게 되는데, 이것을 낙뢰(lightning) 또는 벼락이라고 한다.

낙뢰로 인한 생명과 재산의 피해를 방지하기 위하여 고층 건물에는 피뢰침을 설치한다.

피뢰침은 될 수 있는 대로 보호하고자 하는 시설물의 가장 높은 곳에 설치하고, 전기가 잘 통할 수 있도록 굵은 구리선으로 지면에 연결한 것이다.

피뢰침을 설치해 놓으면, 대전된 구름에 의해서 정전 유도된 지면의 전기가 피뢰침 끝으로 모이게 되며, 피뢰침에 모인 전기는 구름이 접근되면 구름의 전기와 서서히 방전(중화)하여 한꺼번에 지면으로 떨어지지 않는다.

피뢰침의 안전 범위는 그림 I-22와 같이 피뢰침의 선단을 통하는 수직선을 축으로 하는 원추체(圓錐體)를 가정하여, 원추체의 바닥원과 선단을 잇는 수직 선과의 각을 보호각으로 했을 때, 이 각이 보통 건물에서는 60° 이하, 위험물 저장고에서는 45° 이하라야 하며, 피뢰침으로부터 멀어질수록 보호 효과는 감소한다.

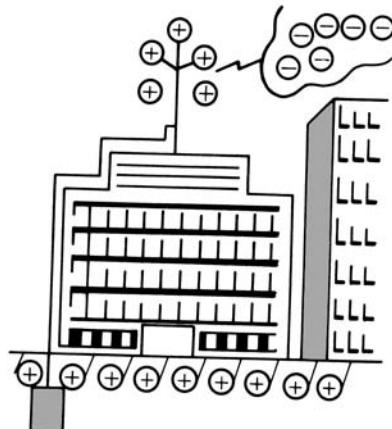


그림 I-21 피뢰침의 원리

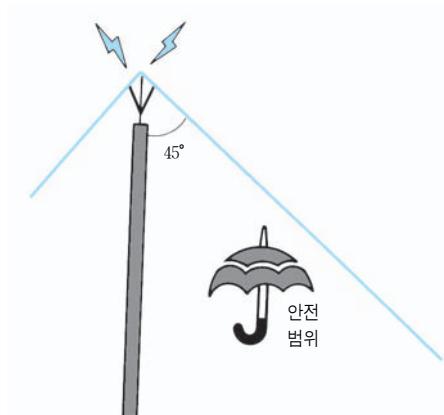


그림 I-22 피뢰침의 안전 범위

③ 대전 서열

여러 가지 절연물을 둘씩 짹지어 서로 마찰하면 그 절연물에는 먼지나 실 보푸라기 등을 끌어당기는 흡인력이 발생한다. 길버트(Gillbert, W.)는 이 현상을 마찰에 의해 각 물체 사이에 전기 에너지가 발생한 것이라고 생각하고 전기에는 두 종류가 있다는 것을 확인하였다. 그 하나는 양(+)전기이고 다른 하나는 음(-)전기이다.

정전기는 주로 건조한 날씨에 쉽게 발생한다. 그 이유는 습한 날은 습기가 정전기를 방전시키기 때문이다.

보통 4000[V] 미만의 정전기는 색깔이나 냄새뿐만 아니라 맛이 없어 인체에 아무런 느낌도 주지 않지만, 이 이상의 전압은 방전할 때 스파크나 코로나가 보이며, 스파크를 통한 방전시에는 오존이 형성되어 특별한 냄새가 난다.

정전기는 다양한 방법으로 발생되나, 가장 일반적으로는 임의의 물체가 서로 상대적인 운동을 할 때 발생된다. 즉, 접촉이나 분리 등의 과정에서 한쪽의 물체는 전자를 잃고 다른 쪽은 이를 끌어당겨 각각 (+)와 (-)로 대전된다.

그림 I-23은 각종 물질을 마찰할 때 대전의 (+), (-) 이온을 조사하여 나타낸 대전 서열이다. 예를 들면, 유리와 테플론을 마찰시키면 유리는 (+), 테플론은 (-)로 대전한다. 또, 대전 서열 중 서로의 위치가 가까운 물질끼리 마찰

그림 I-23
고분자 물질의 대전 서열

⊕	0	⊖
유 리 털 론	머 리 일 론	나 모 온
리 털 론	양 모 온	레 이 온
털 론	견 포	비 오
론	론	페 오
인 견 흔 방	비 페 로 지	고 무 로 지
	나 오 론	테 릴 론
	모 페 로	비 릴 론
	온 지	사 린
		다 를 론
		테 릴 론
		카 페 이 트
		폴 리 에 틸 렌
		카 네 칼 론
		셀 룰 로 이 드
		사 진 필 름
		염 화 비 닐
		테 플 론

할 때는 대전량이 비교적 적어지며, 먼 물질끼리 마찰할 때는 대전량이 많아지게 된다.

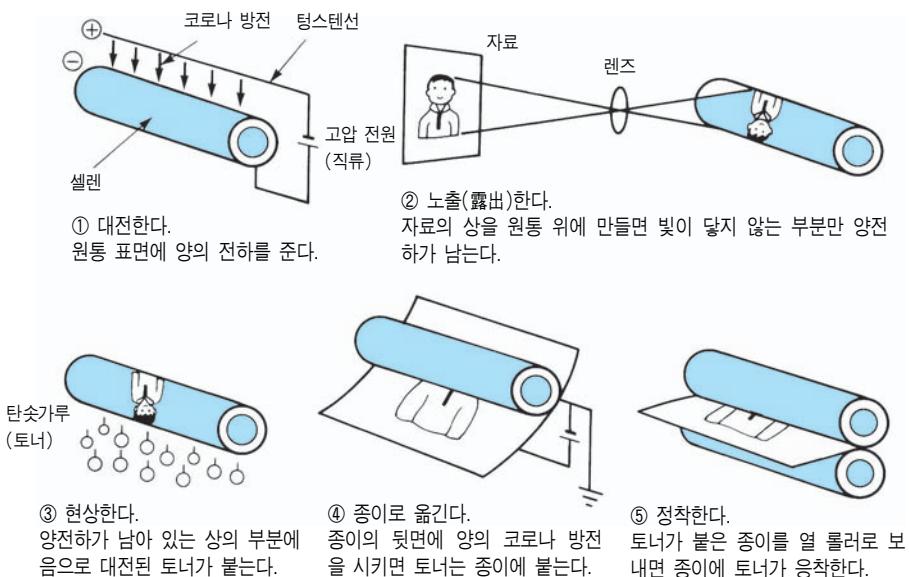
2 정전기의 활용과 피해

정전기 현상은 자연의 다른 현상과 같이 좋은 용도로 사용되기도 한다. 예를 들면, 정전기가 없으면 오늘날의 전자 복사기는 존재하지 않았을 것이다.

또, 작업장의 먼지 제거를 위한 집진기, 가정용 공기 정화기, 자동차나 금속 면의 페인트 도장 등은 모두 정전기 현상을 이용한 것이다.

그림 I-24

전자 복사기의 원리



남극이나 북극의 밤 하늘에 아름다운 경관을 그려 내는 오로라(aurora)도 바로 정전기가 보여 주는 현상이다.

그러나 우리 주변에는 정전기 때문에 일어나는 피해 사례도 많다.

우선, 낙뢰가 그 대표적인 예이다. 정전기는 도선을 타고 연속적으로 흐르지는 않지만, 한 곳에 모일 경우에는 높은 전압을 띠게 되며 불꽃 방전을 일으킬 수 있다.

산업이나 일상 생활에서 정전기가 발생하는 원인은, 물체끼리의 접촉, 마찰, 회전, 분리, 파괴, 냉동, 온도 변화 등으로 인해서이다. 화학 섬유 등의 의복과 절연성이 양호한 고무 등으로 만든 신을 신고 있으면 발생된 정전기가 지면으로 방전되지 못하고 인체에 축적된다.

축적되는 전압의 크기는, 예를 들면 습도가 10~20[%]인 날에 사람이 카펫 위를 걸을 때에는 3만~4만[V] 정도의 정전기가 생기고, 합성 섬유로 된 옷을 입고 400[m] 트랙을 네 바퀴 돋다면 어깨나 겨드랑이에는 수천[V], 옷에는 심한 경우 수만[V]의 정전기가 생긴다.

가정에서 쓰이는 전기가 단상 교류 220[V]인 것을 생각하면 이러한 높은 전압의 정전기는 매우 위험한 것으로 생각되기 쉽다. 그러나 220[V]의 가정용 전기에 감전되어 사망하는 경우는 있어도, 정전기로 인해 감전사하는 경우는 거의 없다. 그 이유는, 정전기는 전압만 높을 뿐 전류는 작고 짧은 순간에만 흐르므로 실질적인 전기 에너지는 아주 적기 때문이다.

그렇지만 정전기 발생이 잦은 환경에 장기간 노출되면 심적 불쾌감이나 신진대사의 이상 등 장애가 발생하며, 산업 현장에서는 정전기가 발화의 원인^⑦이 되어 대형 화재가 발생하거나 제품의 생산 과정에서 문제가 발생하여 생산품의 불량률이 높아지기도 한다.

또, 건조한 날 합성 섬유로 된 속옷이 몸에 달라붙는 현상이나 주유소에서 기름을 넣는 자동차에 불이 나는 일, 컴퓨터의 작동이 방해를 받아 업무에 지장을 일으키는 현상 등의 정전기로 인한 피해가 발생할 수도 있다.

따라서, 정전기 방지를 위한 대책으로는 접지를 하거나 충분한 습도를 유지하여 정전기를 방전시키고, 대전을 방지하는 화학 약품이나 대전 방지 용품 등을 사용하도록 한다.

일상 생활에서 발생되는 정전기에 의한 피해를 예방하기 위해서는 화학 섬유보다는 면(綿) 등 천연 섬유로 만든 옷을 입는다거나, 일정한 습도를 유지하기 위해 가습기를 사용하도록 하며, 금속 손잡이는 천연 섬유로 써워서 사용하고, 가전 제품 등은 물체에 대전된 정전기를 대지로 흘려 보내기 위해 접지를 하면 어느 정도 정전기의 피해를 막을 수 있다.

단위: [kV]

표 I-7
겉옷과 속옷의 조합에
의한 정전기 발생 예

속옷	겉옷	면	양 모	아크릴 섬유	폴리에스 테르 섬유	나일론
면(100%)		1.2	0.9	11.7	14.7	1.5
나일론(55/45%)		0.6	0.45	12.3	12.3	4.8
폴리에스테르/레이온(65/35%)		4.2	8.4	19.2	17.1	4.8
폴리에스테르/면(65/35%)		14.1	15.3	12.3	7.5	14.7

4. 전기장과 전위

1 전기장

어떤 존재가 영향을 끼치고 있는 공간을 장(field)이라고 하는데, 중력장은 질량 때문에, 전기장은 전하 때문에, 자기장은 운동하는 전하 또는 전류 때문에 생긴다. 따라서, 단위 질량, 단위 전하, 단위 전류당 미치는 힘의 세기와 방향으로 장의 세기와 방향을 나타낸다.

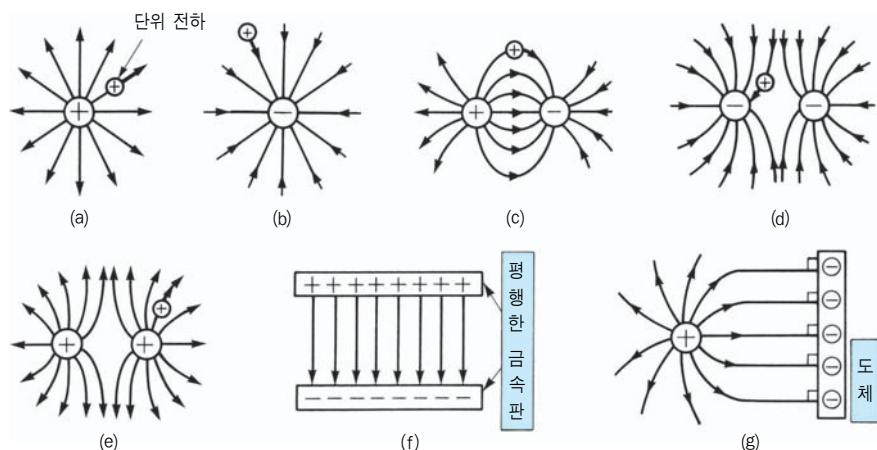
전하 주변에는 전기장이 형성된다. 전기장은 크기와 방향을 가진 벡터양이다.

전기장의 모습은 전기력선으로 알 수 있는데, 전기력선(line of electric field)은 전기력이 작용하는 공간, 즉 전기장을 시각적으로 그린 것이며, 양(+)전하가 받는 힘의 방향을 연속적으로 이은 선이다.

전기력선의 성질은 양(+)전하에서 나와 음(−)전하로 들어가며, 도중에서 갈라지거나 교차하지 않는다. 또, 단위 면적당 전기력선의 밀도가 높은 곳은 밀도가 낮은 곳보다 전기장의 세기가 크다. 그리고 전기력선 위의 한 점에 접선을 그으면 접선의 방향은 그 점에서의 전기장의 방향과 같다.

그림 I-25는 여러 가지 경우의 전기장의 상태를 전기력선을 이용하여 나타낸 것이다.

그림 I-25
전기력선의 다양한 모양



반면에 그림 I-26과 같이 정전기적 상태에서는 도체 내부에 전기장이 존재하지 않는다.

또, 전기장 내에 전기적으로 중성인 도체를 넣으면 도체 내부의 전하 분포가 변한다.

즉, 전기장의 방향과 반대 방향으로 자유 전자들이 이동하면서 내부의 전기장이 외부의 전기장을 상쇄시켜 도체 내부의 전기장은 0이 되며, 전기력선도 존재하지 않게 된다.

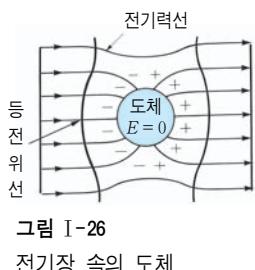


그림 I-26
전기장 속의 도체

2 전기장의 방향과 세기

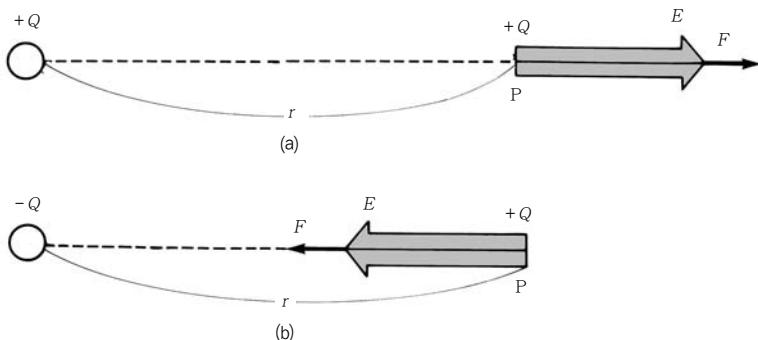
전기장의 방향은 전기장 속에 양전하가 있을 때 힘을 받는 방향이며, 전기장의 세기(E)는 전기장 중에 단위 전하인 $+1\text{[C]}$ 의 전하를 놓을 때, 여기에 작용하는 전기력의 크기(F)를 나타낸다.

그림 I-27과 같이 비유전율 ϵ_r 의 매질 내에서 $Q\text{[C]}$ 의 전하로부터 $r\text{[m]}$ 의 거리에 있는 점 P에서의 전기장의 세기(E)는 다음과 같다.

$$E = \frac{9 \times 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2} [\text{V/m}] \quad (\text{I-3})$$

그림 I-27

전기장의 세기와 방향



그리고 식 (I-1)에 대입하면

이다. 여기서, 전기장의 세기에 대한 단위는 단위 거리당 전압을 의미하는 $[V/m]$ 인데, $1[V/m]$ 은 전기장 중에 놓인 $+1[C]$ 의 전하에 작용하는 힘이 $1[N]$ 인 경우의 전기장의 세기를 의미한다.

보기 3

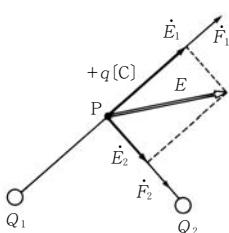


그림 I-28

2개 이상의 전하에 의한
전기작

음(−)의 점전하 100[nC] 이 공기 중의 한 점에 놓여 있다. 이 점으로부터 3[m] 떨어진 곳에서 측정한 전기장의 세기를 구하여라.

$$[電界] E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{-100 \times 10^{-9}}{3^2} = -100 \text{ [V/m]}$$

측정점에서의 전기장의 크기와 방향은 절대값이 100 [V/m] 이며 음전하로 향하는 방향(−)을 가진다.

3 2개 이상의 전하에 의한 전기장

그림 I-28과 같이 공간에 2개 이상의 전하가 있을 때, 그 주위의 한 점에서의 전기장의 세기는 각 전하에 의해 그 점에서 만들어지는 전기장 E_1, E_2 를 각각 구하여 이것의 벡터합을 구하면 점 P에서의 전기장의 세기가 구해진다.

보기 4

공기 중에서 그림 I-28과 같이 한 변의 길이가 1[m]인 정삼각형의 꼭지점에 $+10\text{[nC]}$ 의 전하 Q_1 과 -10[nC] 의 전하 Q_2 를 놓았을 때, 점 P에서의 전기장을의 세기를 구하여라.

[풀이] 전하 Q_1 과 Q_2 로부터 점 P에 작용하는 전기장의 세기를 각각 E_1 , E_2 라고 하면

$$E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{+10 \times 10^{-9}}{1^2} = +90 \text{ [V/m]}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{-10 \times 10^{-9}}{1^2} = -90 [\text{V/m}] \text{이다.}$$

따라서, E_1 과 E_2 는 방향이 다른 전기장으로서, E_1 은 전하 Q_1 으로부터 멀어지는 방향으로, E_2 는 전하 Q_2 로 향하는 방향으로 작용한다. 합성 전기장 E 는 E_1 과 E_2 의 벡터합이 된다.

4 전위

전기장 속에 놓인 전하는 전기적인 위치 에너지를 가지게 되는데, 한 점에서 단위 전하가 가지는 전기적인 위치 에너지를 전위(electric potential)라 한다.

일반적으로 전위의 기준점은 무한 원점으로 선택하나, 실제 전위 측정에서는 지구를 전위의 기준점, 즉 지구의 전위를 0으로 한다.

그림 I-29와 같이 양(+)전하의 대전체에 의한 전기장 내의 한 점에 단위 양(+)전하를 놓으면 대전체와 같은 전하이므로 반발력을 받게 된다. 이 때, 단위 양(+)전하를 B 점에서 A 점으로 옮기기 위해서는 외부에서 일 또는 에너지를 가해 주어야 한다.

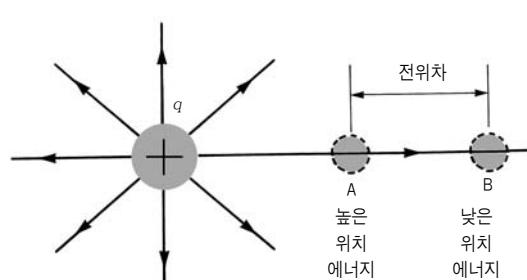


그림 I-29 전위차

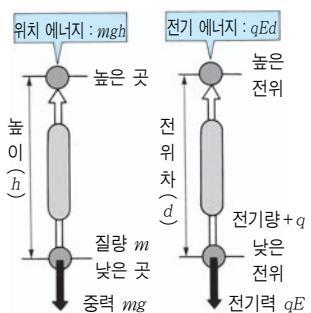


그림 I-30
위치 에너지와 전위

이와 같은 경우, A가 B보다 전기적 위치 에너지, 즉 전위가 높다고 하며 두 점 간의 에너지의 차를 전위차(potential difference)라 하고 단위로는 전하가 한 일의 의미로 [J/C] 또는 볼트(volt,[V])를 사용한다. 즉, 단위 전하를 옮기는데 필요한 일의 양으로 정의할 수 있다.

한편, 음(-)전하를 띤 대전체에 의한 전기장 내의 한 점에 단위 양전하를 놓으면 대전체로부터 흡인력을 받게 되며, 음전하로부터 멀리 있을수록 전위가 높다.

전위의 기준점을 택하는 방법에 따라 어떤 지점의 전위의 값은 달라질 수 있다. 즉, 양전하에 가까울수록 전위는 높고 음전하에 가까울수록 전위는 낮다. 양전하는 항상 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 향하는 힘을 받으며, 음전하는 항상 전위가 낮은 곳에서 높은 곳으로 향하는 힘을 받는다.

따라서, 양전하를 옮기는 데 일을 필요로 하면 전위가 높은 곳으로 이동하는

것이며, 음전하를 옮기는 데 일을 필요로 하면 전위가 낮은 곳으로 이동하는 것이다.

그림 I-30은 위치 에너지의 높이차와 전기 에너지의 전위차를 비교한 것이다.

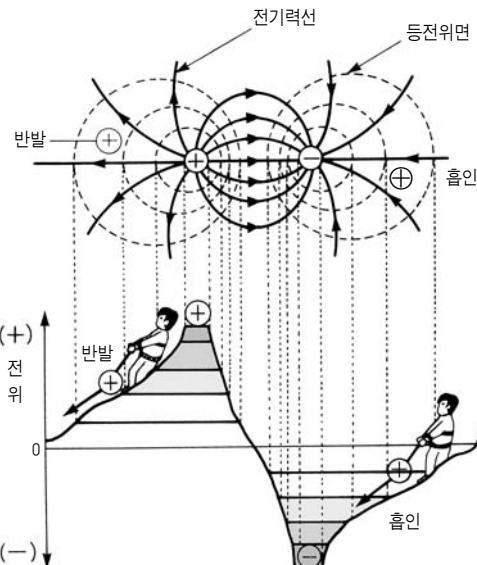
5 등전위면

그림 I-31과 같이 전기장 내에서 전위가 같은 점들을 연결하면 전위의 등고선이 그려진다. 이 선이 이루는 면을 등전위면(equipotential surface)이라고 한다.

등전위면에서 전하를 옮기는 데에는 일을 필요로 하지 않으며, 등전위면과 전기장의 방향(전하가 받는 힘의 방향 또는 전기력선)은 서로 수직이다.

전위차가 일정한 등전위면들의 간격은 전기장이 클수록 좁아진다. 정전기적 상태에서 도체 표면은 등전위면이며, 도체 내부의 한 점에서 다른 점으로 전하를 옮기는 데 필요한 일은 0이므로 도체 내부 역시 등전위이다.

그림 I-31
전기력선과 등전위면



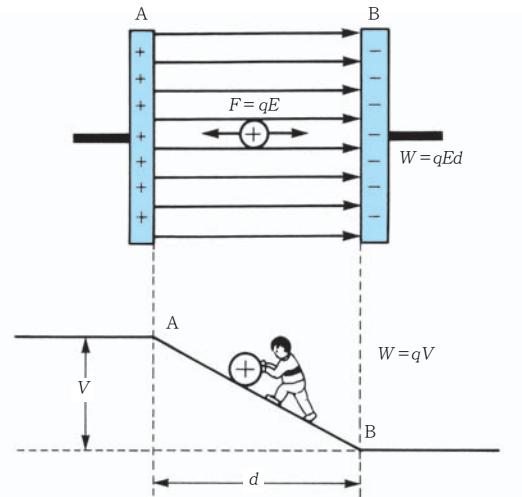
6 평행 극판 사이의 전기장

평행한 도체판 사이(두 도체판의 크기에 비해 도체판 사이의 거리가 가까울 때)에서 전기력선은 균일하게 분포하는데, 이는 그림 I-32와 같이 도체판 사이의 어느 곳에서나 전기장의 세기가 같다는 것을 의미한다.

평행한 두 도체판 A, B 사이의 전위차가 V [V]일 때 질량 m , 전하량 $+q$ [C]인 입자가 A에서 정지 상태로부터 출발하여 B까지 이동하는 동안 전기적으로 받은 일의 양은.

그림 I-32

균일한 전기장에서의 일



또, 전하량이 q [C]인 입자가 전기장의 세기가 E [V/m]인 곳에서 받는 힘의 크기 F 와 받은 일의 양 W 는,

$$F = qE \quad \dots \dots \dots \quad (\text{I}-6)$$

$$W = Fs = qEd \quad \dots \dots \dots \quad (\text{I}-7)$$

$$\therefore V = Ed \quad \dots \dots \dots \quad (\text{I}-8)$$

따라서, 전기장이 균일할 때 전기장의 세기는

$$E = \frac{V}{d} [\text{V/m}] \text{ 또는 } [\text{N/C}] \quad \dots \dots \dots \quad (\text{I}-9)$$

로 나타낼 수 있다.

실험 실습

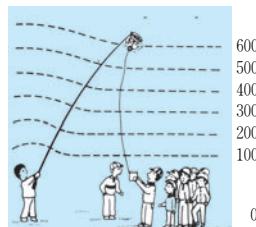


그림 I-33

대기의 전압 측정

I-1 대기의 전압 측정

천둥과 함께 번개가 치는 것은 구름이 가지고 있는 전기 때문이다. 구름이 없는 맑은 날에도 공기 중에는 전기가 있다고 한다. 과학자들은 건조한 날 대기 중에서 1[m]마다 전압이 약 100[V]나 걸린다는 것을 알아 내었다. 우리도 대기에 의해서 생기는 전압을 측정해 보자.

(※ 이 실험 실습은 교사가 학교의 여건에 따라 측정 여부를 결정하여 지도한다.)

실습 순서

- 1 긴 낚싯대를 준비하여 그 끝에 가벼운 알루미늄 접시를 매단다.
- 2 접시에 고체 연료를 약간 담아서 불을 붙인다.
- 3 알루미늄 접시에 가늘고 긴 전선을 연결하고 전선의 다른 끝을 검전기에 연결한다. 검전기의 금속박은 어떻게 되는가?

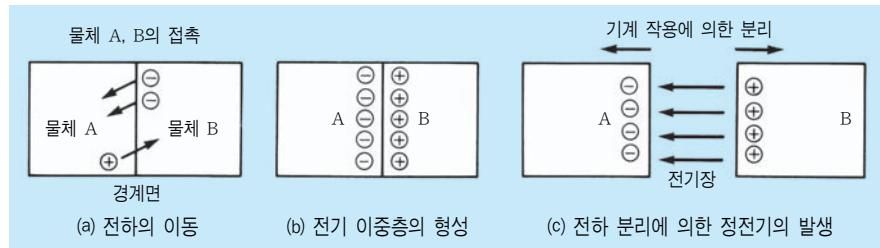
안전 및 유의 사항

- 전선을 검전기에 연결하기 전에 검전기의 금속박이 벌어져 있지 않도록 검전기 판에 손을 대어서 모든 전기를 없애야 한다.
- 검전기의 금속박이 눈에 보일 정도로 벌어지기 위해서는 전압이 최소 1000[V] 이상은 되어야 한다. 따라서, 낚싯대의 길이는 최소 10[m]가 되어야 한다.

심화 학습

1. 다음 용어들에 대하여 실제 발생 예를 고찰해 보자.

그림 I-34
정전기의 발생



① 접촉 대전: 그림 I-34와 같이 정전기는 2개의 서로 다른 물체가 접촉, 분리하였을 때 전기 이중층이 형성된다.

② 마찰 대전: 물체가 마찰을 일으켰을 때나 마찰에 의하여 접촉의 위치가 이동하여 전하 분리가 일어나 정전기가 발생하는 현상이다.

③ 박리 대전: 그림 I-35와 같이 서로 밀착되어 있는 물체가 떨어질 때 전하 분리가 일어나 정전기가 발생하는 현상이다.

④ 유동 대전: 그림 I-12의 (d)와 같이 액체류를 파이프 등으로 수송할 때 이 것에 정전기가 발생되는 현상이다.

⑤ 분출 대전: 그림 I-12의 (c)와 같이 분체류, 액체류, 기체류가 단면적이 작은 개구부로부터 분출할 때 이 사이에 마찰이 일어나 정전기가 발생하는 현상이다.

⑥ 충돌 대전: 분체류와 같은 입자 상호간 혹은 입자와 고체와의 충돌에 의해 빠른 접촉, 분리가 행해지기 때문에 정전기가 발생하는 현상이다.

⑦ 파괴 대전: 파괴 대전은 주로 고체, 분체류와 같은 물체가 파괴되었을 때 전하 분리 또는 양(+)전하와 음(−)전하의 균형이 깨지면서 정전기가 발생하는 현상이다.

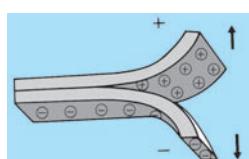


그림 I-35
박리 대전

2. 접지를 하는 이유에 대하여 알아보자.

전기 기구에 접지를 하면 인체가 감전되는 것을 방지할 수 있는데 그 까닭은 무엇일까?

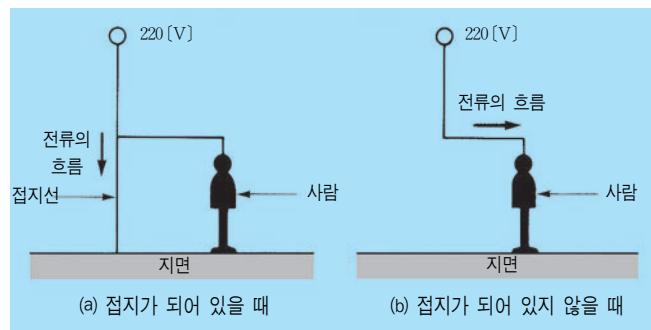
전기 기구를 만질 때 접지된 선과 우리 몸은 그림 I-36의 (a)와 같이 전원에 병렬로 연결되어 전류가 접지선과 함께 우리 몸에도 흐를 수 있다. 그런데 접지선은 저항이 0에 가깝고 인체의 저항은 이보다 훨씬 크므로 전류는 저항이 작아 흐르기 쉬운 접지선으로 흐르고, 인체에는 아주 미약한 전기만 흐르게 된다.

그러나 전기 기구가 접지되어 있지 않으면 그림 I-36의 (b)에서와 같이 전류는 모두 인체를 통해 흐르게 된다. 또, 손발이 젖어 있는 경우에는 그만큼 저항이 작아져서 전류가 세게 흐르게 되므로 더 위험해진다.

따라서, 세탁기, 냉장고, 전자 레인지 등이나 물을 사용하는 전기 제품은 확실하게 접지를 해야 한다.

접지를 할 때는 전선을 사용하여 직접 땅 속에 묻거나, 금속 수도관 등에 연결한다. 그러나 가스관은 전류가 흐르면 화재의 위험이 높으므로 접지용으로 사용하여서는 안 된다.

그림 I-36
접지를 하는 이유



연습 문제 I - 1

1. 보통 물질의 전기적인 상태는?

- ① 중성 상태 ② 양전기 상태 ③ 음전기 상태
 ④ 수시로 변화 ⑤ 양전기와 음전기가 공존하는 상태

2. 어떤 물질이 정상 상태보다 전자수가 많아졌거나 적어졌을 때를 말하는 용어는?

- ① 하전 ② 전기량 ③ 충전 ④ 방전 ⑤ 대전

3. 다음 중 정전기가 실생활에 응용되는 예와 거리가 먼 것은?

- ① 전자 복사기 ② 집진기 ③ 공기 청정기
 ④ 낙뢰 ⑤ 차량 도장(塗裝)

4. 그 물질의 성질이 남아 있으면서 그 물질을 구성하는 최소 단위를 무엇이라고 하는가?

- ① 쿼크 ② 전자 ③ 원자 ④ 분자 ⑤ 중성자

5. 전기량의 단위는?

- ① [C] ② [A] ③ [V] ④ [Ω] ⑤ [Hz]

6. 어떤 전지를 이용하여 5 [A]의 전류를 10 초간 흘렸을 때 전지에서 나온 전하량 [C]은 얼마인가?

- ① 20 ② 50 ③ 500 ④ 2500 ⑤ 3000

7. 다음 중 반도체의 재료로 사용되는 것은?

- ① Fe ② Si ③ C ④ He ⑤ Cr

8. 다음 중 정전기가 생기는 원인과 거리가 먼 것은?

- ① 분리 ② 마찰 ③ 유체의 이동
 ④ 박리 ⑤ 증발

9. 전하의 성질을 설명한 것 중 잘못 설명한 것은 어느 것인가?

- ① 같은 종류의 전하는 흡인하고 다른 종류의 전하끼리는 반발한다.
 ② 전하는 가장 안정한 상태를 유지하려는 성질이 있다.
 ③ 대전체에 들어 있는 전하를 없애려면 접지시킨다.
 ④ 대전체의 영향으로 비대전체에 전기가 유도된다.
 ⑤ 낙뢰는 구름과 지면 사이에 모인 전기가 한꺼번에 방전되는 현상이다.

10. 양(+)의 전하인 $10 \mu\text{C}$ 과 음(−)의 전하인 $15 \mu\text{C}$ 의 두 전하를 공기 중에서 1[m] 거리에 놓았을 때, 두 전하 사이에 작용하는 전기력은 얼마이며, 어떤 힘이 작용하는가?

- ① (−)1.35 [N] ② 1.35 [N] ③ (−)13.5 [N] ④ 13.5 [N] ⑤ 135 [N]