

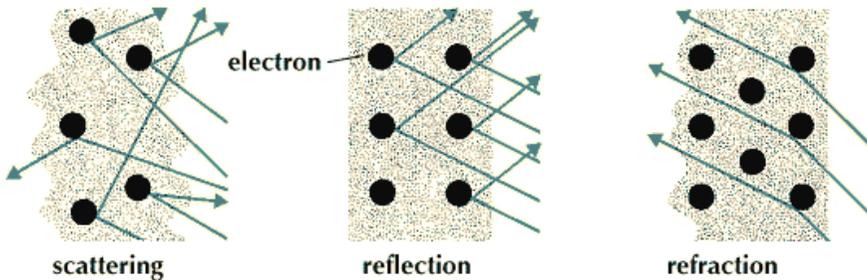
03

전자기파

한 번도 실수한 적이 없는 사람은
한 번도 새로운 것에 도전해 본적이 없는 사람이다.
- 알베르트 아인슈타인 -

■ 빛의 무리들

빛으로 인해 발생하는 다양한 자연현상은 앞장에서 설명했듯이 반사, 굴절, 산란으로 인한 것으로, 매질상의 입자(기체 분자, 물 분자 등)와 충돌한 빛에 의해서 나타나는 현상이다. 입자와 충돌하는 빛의 파장에 따라서 굴절되거나, 진행방향의 반대로 반사 또는 방향에 무관하게 산란된다. 빛을 구성하는 빛의 무리들은 전파, 적외선, 가시광선,

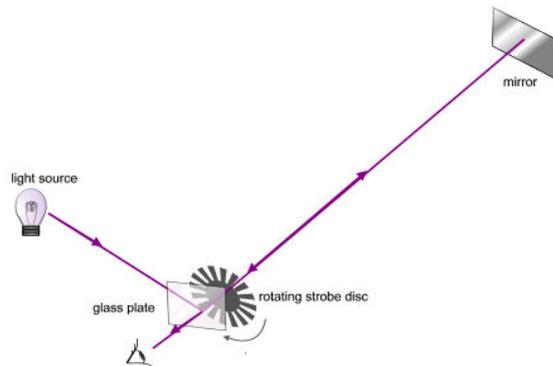


[산란, 반사, 굴절 현상의 비교]

자외선, 감마선 등의 빛 다발들이며, 파장의 길이가 모두 다르다. 그러나 파장의 길이와 무관하게 진공에서의 광속은 일정하며, 모든 전자기파의 이론적 속도를 지칭한다. 매질을 통과하면 프리즘 실험에서처럼 파장영역에 따라서 굴절되는 정도가 달라지며, 속도 또한 매질의 굴절률의 증가에 따라 감소하게 된다.

빛의 속도는 299,792.458 km/s로 보통 30만 km/s라고 한다.

또는 빛의 속도를 빛이 1 m를 이동하는데 걸리는 시간인 $1/299,792,458$ 초를 이용하여 표현한다. 이 속도는 1초에 지구를 7바퀴 반이나 회전할 수 있는 빠르기이다. 광속 측정에 대한 역사는 1607년 갈릴레

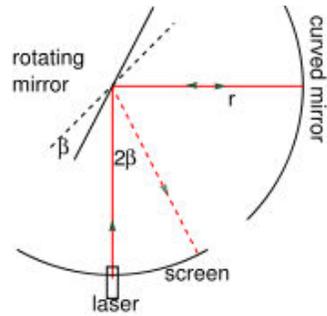


피조의 광속 측정 실험도

이(Galileo Galilei, 1564-1642)로부터 시작되며, 1676년 뢰메르(Ole Rømer, 1644-1710)에 의해 현재 측정된 광속에 근사한 값이 추산된다. 뢰메르는 목성과 지구 사이 거리의 변화에 따른 목성 위성의 식주기가 어긋나는 현상을 관측하여 광속을 추산하였다. 빛의 속도에 관한 측정은 1847년 피조(Fizeau)에 의해 구체화 되었다. 그는 빠르게 회전하는 톱니바퀴를 통과하여 되돌아오는 빛을 관측하여 광속을 계산하고자 하였다. 광속(c)이 너무나 크기 때문에 반사경은 가능한 멀리 설치되어야 했으며, 톱니바퀴와 반사경 사이 거리(L)는 8,633 m나 되었다. 사용한 톱니바퀴의 톱니 수(N)는 720개였고, 1초 동안 회전수(n)는 12.6 sec^{-1} 이었다. 빛이 톱니바퀴와 반사경 사이를 왕복한 시간

($2L/c$)과 톱니바퀴를 통해 출발했던 빛이 다시 톱니바퀴를 통해 관찰자에게 되돌아오는 데 걸리는 시간 $[1/(2nN)]$ 이 같음을 이용하였다. $2L/c$ 에서 2는 왕복을 표현한 것이고, $1/(2nN)$ 에서 $1/2$ 은 톱니바퀴의 톱니를 두 번 통과한 것을 표현한 것이다. 계산해보면 298,356.480 km/s로 오늘날 계산된 광속에 비해 0.5%정도 편차만을 보일뿐, 당시의 기술력으로 거의 정확한 광속을 측정하였다.

1850년 푸코(Jean Foucault, 1819-1868)는 피조의 측정법을 개량하여 톱니바퀴 대신에 거울을 회전시켜 보다 정밀하게 빛의 속도를 측정 하였다. 푸코가 제안한 방법은 물속에서도 광속을 구할 수 있었으며, 공기중의 광속이 물속의 광속보다 빠르다는 것을 입증하였다. 이는 뉴턴의 입자성에 의해 제기되었던 물속에서 광속이 빨라진다는 사실이 부정되



푸코의 광속 측정 장비

면서 빛의 파동설이 강조되는 계기가 되었다. 푸코의 실험법은 에테르를 증명하려고 했던 마이켈슨(Michelson)에게 이어졌다.

이처럼 여러학자에 의해 광속에 관한 궁금증은 어느 정도 해결되었다. 그렇다면 빛을 전자기파라고 정의하게 된 계기가 무엇이며, 전자기장을 구성하는 전기장과 자기장에 관하여 각각 살펴볼 필요가 있다. 이는 전기장과 자기장의 상호직교성으로 인한 전자기파의 직진성(전파, propagation)과 관련된다. 즉 빛은 전기장으로 생성된 자기장과 자기장으로 생성된 전기장내 상호 유도작용을 통해 직진하게 되고 빛의 속도를 지니게 된다. 다루게 될 전자기학(electromagnetics)은 1820년 전류와 자기현상을 발견한 외르스테드(Hans Oersted,

1777-1851)와 1830년대 패러데이(Michael Faraday, 1791-1867)의 전자기 유도현상을 바탕으로 맥스웰(Maxwell)에 의해 완성되었다.

■ 전기장

전자기파는 전기장(electric field)과 자기장(magnetic field)의 혼재된



정전기볼

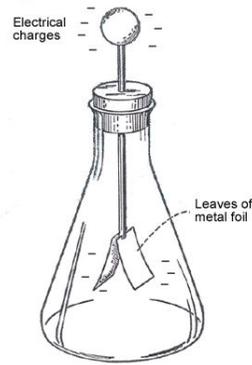
상태에서 발생하는 횡파이다. 겨울철의 정전기(static electricity)가 바로 전하(charge)의 분포로 인해 발생하는 현상이다. 정전기는 쉽게 말해서 한 물체에서 다른 물체로 이동하지 않고 정지되어 있는 전기를 말한다. 의복과 마찰을 통해 늘 전하가 발생하게 되고 습도가 낮은 겨울철에 주로 정전기가 많이 발생하게 된다.

책받침을 머리에 두고 여러번 문지르면 서로 반대 전하를 지니게 되어 머리카락이 책받침에 들러붙는다. 이는 절연체에서 전하의 분극(polarization) 현상으로 나타나는 전하 유도현상이다. 금속에서는 자유전자가 이동하여 전하가 유도된다. 이때 다른 손으로 주변의 쇠를 만지면 전하가 제거되어 몸에 정체된 전하가 빠져나가게 된다. 이러한 접지 과정을 거치면 정전기가 제거되고 더 이상 책받침에 머리가 들러붙지 않게 된다. 이를 이용한 정전기 제거제품들이 개발되고 있다. 이와 반대로 정전기를 이용한 제품으로는 포장용 크린랩이 있다. 랩을 사용하기 위해PVC(polyvinyl chloride) 비닐을 펼칠 때 발생

된 정전기는 절연체의 포장을 쉽게 해준다. 그러나 냉면그릇과 같은 쇠로된 전도체의 포장시에는 비닐에 전하가 일부 이동하여 정전기가 손실된다. 또한 먼지털이도 정전기 유도로 만든 것이며, 복사기의 토너도 이를 활용한 것이다.

정전기는 두 장의 얇은 금속판을 맞대어 놓은 장치인 일렉트로스코프(electroscope)를 이용하여 측정한다. 산업체에서는 분진과 같은 미세입자를 공정상에서 제거하기 위해 전기집진기를 이용하는데, 이때도 전하를 띤 입자가 상호 반대전하를 지닌 전극판에 들러붙게 하여 제거하는 정전기 원리를 이용한다.

정전기력의 세기는 “(+)-털가죽-상아-수정-유리-명주-종이-에보나이트(-)”라는 순서를 지닌다. 시중에서 정전기볼(static electricity ball)이라는 과학장치를 쉽게 구할 수 있어서, 발생한 정전기가 볼위에 올린 손가락 쪽으로 움직이는 현상을 관찰할 수 있다. 전하의 단위는 쿨롱(C)로 표시하고, 전자의 전하는 -1.6×10^{-19} C을 보인다. 양성자의 전하는 전자와 반대부호를 지니며 마찰전기는 10^{-6} C을 지니고 번개는 10 C 정도이다. 따라서 1 C은 매우 큰 전하임을 할 수 있다.



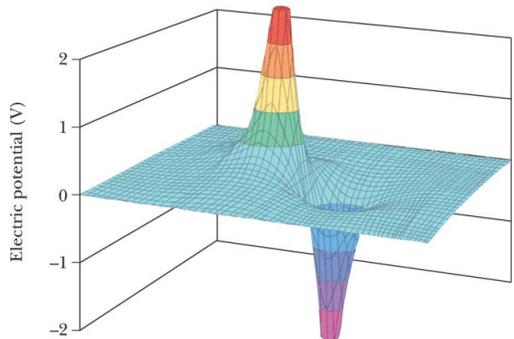
일렉트로스코프

정전기를 발생하는 전기장은 공간상에 전하가 존재할 때, 그 전하에 의해 생기는 공간상 각 지점의 전위(electric potential)의 기울기(V/m)를 말한다. 등전위면의 모든 점은 전위차가 0이며, 전기력선과 등전위선은 직교한다. 일반적으로는 공간상의 한 점의 전기장의 크기($E=F/q_0$)는 그 지점에 단위전하(+1 C)을 놓았을 때 그 전하가 받

는 힘(F)으로 정의하며, V/m와 같은 단위차원인 N/C을 지닌다. 전기장의 세기는 발생원이 무엇이나에 따라서 상당한 차이를 보인다. 형광등은 10 N/C의 세기를 보이는 반면, 번개치는 날의 대기중은 10,000 N/C 정도를 보이며 복사기는 그보다 10배 큰 전기장을 보인다. 전기력은 중력과 같이 서로 접촉하지 않고도 작용하는 비접촉력이다. 질량에 의해 중력이 이라는 중력장이 존재하듯이 전하라는 존재로 인해 전기력장이 존재하게 된다. 따라서 모든 전하의 주위에는 전기장이 존재하게 되며, 크기와 방향을 지니게 된다.

두전하 사이에 작용하는 힘은 쿨롱(Charles de Coulomb, 1736-1806)의 법칙($F=kq_1q_2/r^2$)에 의존하는데, 전하의 크기(q_1, q_2)의 곱에 비례하고 전하사이의 거리(r)의 제곱에 반비례한다. 이는 쿨롱이 비틀림 저울을 이용한 실험을 통해 얻은 결과이다. 놀랍게도 이 법칙은 만유인력의 법칙($F=Gm_1m_2/r^2$)과 동일한 형태를 지니며, 추후 보게

될 자기력에 관한 법칙도 동일한 형태를 지닌다. 대전되어 전하를 지니면 공간상에 향수가 퍼져나가듯이 중심 전하로부터 멀어질수록 그 에너지의 세기는 급격히 감소하게 되어 거리의 제곱에 반비례하게 된다. 이때 두 전하 사이에 존재

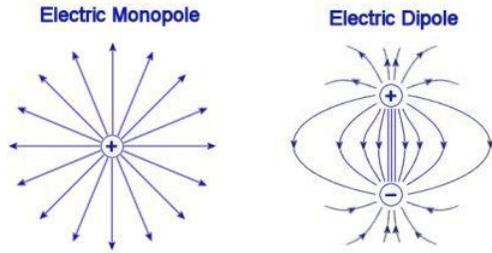


양전하와 음전하의 대칭 전위

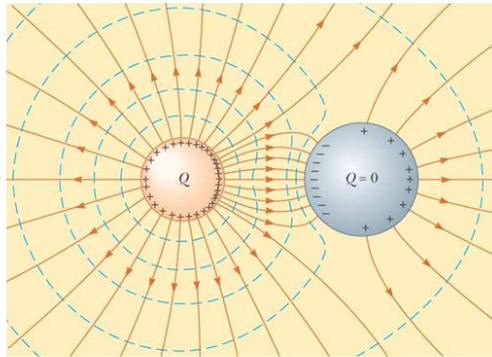
하는 공간의 에너지 전달율을 유전율(dielectric constant, ϵ)이라고 한다. 여기서 k는 $1/(4\pi\epsilon)$ 로 $8.98 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ 이다.

전기력선은 공간내의 각 지점에서 전기장을 알아보기 쉽게

나타낸 것으로 연속된 곡선 형태로 나타낸다. 전기력선의 접선방향이 그 점에서의 전기장의 방향을 가리키고, 높은 전위에서 낮은 전위쪽으로 향하게 된다. 양전하(+)만 있을 때는 전하들로부터 발생된 전기력선은 무한히 먼 바깥으로 향하게 된다. 두 개의 전하가 존재시에는 양-음의 전하 크기에 따라 인력형이나 척력형으로 바뀌며 전기력선의 밀도(단위면적당 통과한 전기력선의 수)와 대칭여부가 변하게 된다.



|점전하와 두 전하의 전기력선|



|구형 도체 주변의 전기력선|

특히 표면 전하밀도는 전기장을 발생시키는 곡률반지름이 작은 지점에서 가장 높게 나타난다. 양전하로 도전된 전하주변에 전하가 0인 입자가 있다면 양전하에 의한 유도전하가 발생하여 해당입자의 표면은 새로운 전하분포를 지니게 되고 분극현상이 발생한다.

■ 자기장

자기장은 자기력이 미치는 공간으로, 일상생활에서 나침반을 이용한

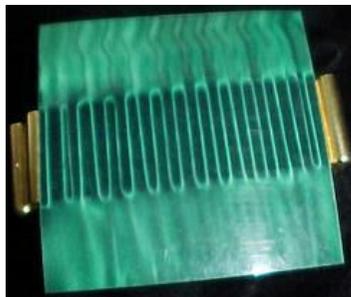
방위를 찾을 때도 원거리힘인 자기력이 작용한다. 자석을 이루는 원자내 전자의 자전운동과 궤도운동이 이러한 자기장을 만든다. 대부분의 물질은 원자내 전자가 서로 쌍을 이루면서 반대 방향으로 자전하기 때문에 자기장들이 완전히 상쇄하고 자석의 성질을 띠지 않는다. 철(^{26}Fe), 코발트(^{27}Co), 니켈(^{28}Ni)은 서로 상쇄될 쌍이 없는 전자(unpaired electron)가 존재하여 자성을 갖는다. 주로 d와 f궤도의 전자가 쌍을 이루지 않고 있는 전이금속, 란탄족에서 발생된다.



[공중에 떠있는 자석 지구본]

철로 된 대부분의 물체는 어느정도 자화되어 있으며 지구의 자기에 의해 N극과 S극이 유도(magnetic induction)된다. 이것이 나침반의 원리이며, 나침반에 쓰여 있는 N극과 S극은 지구의 N극이 아닌 북쪽을 가리키게 설계되어 있다. 즉 엄밀히 말해서 북극을 향하는 극(north-seeking pole)이며, 지구는 북극이 S극이 된다. 나침반외에도 일상에서 자기력은 다양한 방면에 활용된다. 자성을 띠는 입자를 배열하여 정보를 기록할 수 있고, 신용카드, 하드디스크, 지하철표 등에 사용한다.

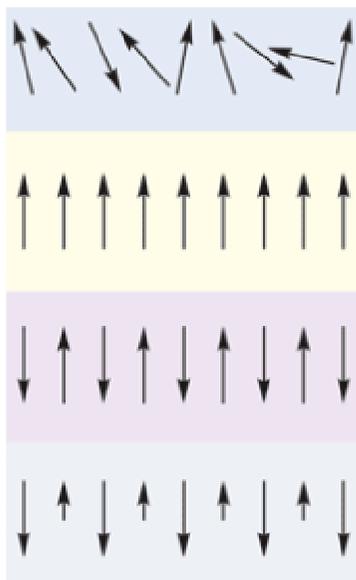
다른 원거리 힘과 동일하게 두 개의 자하(m_1, m_2)간에는 쿨롱의 법칙($F=km_1m_2/r^2$)이 적용된다. 자기량의 단위는 웨버(Wb)로 표현한다. 자기장의 세기(H)는 전기장과 동일하게 자기장 중의



[자기장 관찰용 필름]

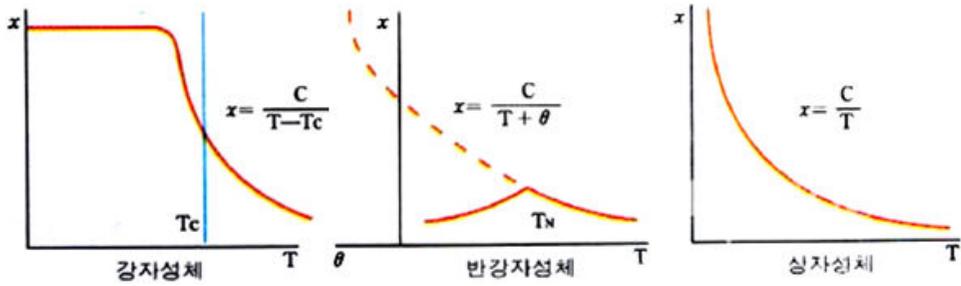
어느 점에 단위점 자하(+1 Wb)를 놓고 이 자하에 작용하는 자력의 방향을 그 점에서의 자기장의 방향으로 하고 자력의 크기를 그 점에서의 자기장의 크기로 한다. 전기력선과 마찬가지로 자기장 안의 임의의 점에서 자기력이 작용하는 방향은 하나뿐이고, 따라서 N극에서 나온 자기력선은 반드시 S극으로 끝난다. 자기장이 발생하는 극(pole)의 위치는 눈으로 볼 수 없지만, 자성입자가 포함된 특수 필름(magnetic viewing paper)을 이용하여 볼 수 있다. 자기력선이 필름과 수직이면 어두워지는 성질을 이용한 것이다.

자성은 크게 3가지로 구분된다. 전자 스핀이 쌍을 이루지 못한 전자가 무작위로 배열되어 있어서 외부자기장이 존재시에만 자성을 갖는 상자성(paramagnetism), 스핀이 모두 정렬되어 있어서 자석과 같이 영구 자기 모멘트를 지니는 강자성(ferromagnetism), 스핀이 서로 반대방향으로 배열하여 자기 모멘트가 0인 반강자성(antiferromagnetism)으로 구분된다. 또한 스핀의 배열이 반강자성과 유사하나, 서로 반대방향의 스핀들의 크기가 달라서 전체 자기 모멘트가 0이 아닌 강자성과 유사하게 행동하는 페리자성(ferrimagnetism)도 있다.



상자성, 강자성, 반강자성, 페리자성의 스핀배열

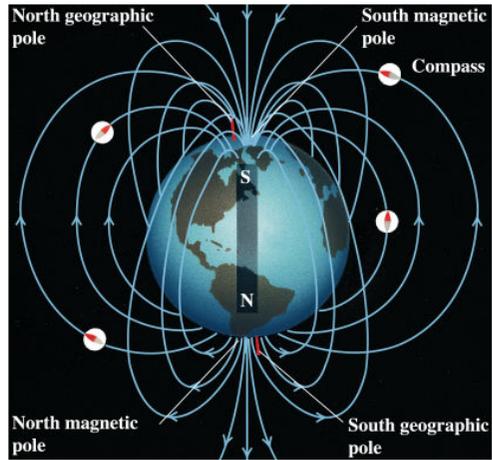
자기력을 유지할 수 있는 특성인 자화율(magnetic susceptibility, $X=M/H$)은 자화(magnetization, M)과 자기장(magnetic field, H)의 비로 나타낸다. 상자성체는 온도 상



[자성체별 온도 상승에 따른 자화율의 변화]

승에 따라서 자화율이 감소하는 반면, 강자성체는 특정온도인 퀴리온도(T_C , Currie temperature)에 도달하거나 초과하면 열 운동에 의한 자기 모멘트의 불규칙 배열로 인해 상자성체로 변한다. 반면 반강자성은 특정 온도까지 자화율이 증가하다가 더 높은 온도(T_N , Néel temperature)에 이르러서야 상자성체로 변한다.

이러한 자기력을 이용하여 초전도체, MRI, 금속탐지기, 스피커 등에 이용한다. 또한 지구자기장으로 인한 오로라 현상도 설명가능하다. 지구 자기 N극(지표 남극)에서 출발한 자기력선은 지구자기 S극(지표 북극)으로 모이게 되어, 태양풍으로부터 지구를 보호하는 지구 자기장을 형성한다. 태양



[지구자기장]

풍이 강할 때는 고속 입자들이 자기장을 타고 들어와 위성 고장을 야기하기도 하며, 이때 대전입자(플라즈마)가 지구자기장에 이끌려 북극의 대기로 진입하면서 공기분자와 반응하여 빛을 형성하는 것이 바로

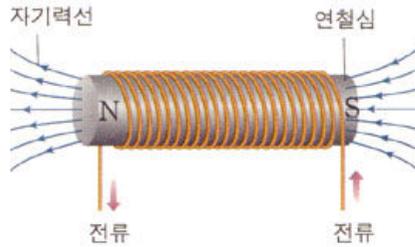
오로라(aurora)이다.

■ 장의 통일

자석이 쇠를 끌어당기는 것이나 나침반이 북쪽을 가리키는 것은 자기적인 현상으로 움직이는 전하(자하)가 개입되어 있다. 전하가 움직이지 않더라도 나타나는 전기적인 현상과는 달리 전하(자하)가 움직일 때만 나타나는 자기적인 현상은 일견 서로 관련성이 없어 보인다. 전기는 +, -으로 분리가 가능하나 자기는 N, S 분리가 안된다. 유사한 점은 원거리 작용력으로 쿨롱의 법칙을 모두 따른다는 점이다. 이처럼 자기학은 전기학과 독립적으로 발전하여 왔으며 둘 사이의 연관은 단지 전기력이나 자기력의 힘이 전하(자하)에 의한다는 것 외에는 없는 듯이 보였다. 둘 사이의 관련성이 밝혀지기 시작한 것은 1873년 맥스웰(Maxwell)에 의한 통일장이론이고, 완전히 규명된 것은 1905년 아인슈타인(Einstein)의 특수상대성 이론에 의해서이다.

둘의 유사성은 전자기 유도현상(electromagnetic induction)을 통해서 관찰되었다. 외르스테드(Oersted)가 1820년에 자침을 전류가 흐르는 도선과 평행하게 놓았을 때, 자침이 움직여 도선과 직각을 이루는 현상을 발견하게 된다. 같은 해 프랑스의 앙페르(Andr-Marie Ampere, 1775-1836)가 전류가 흐르는 도선은 가까이 있는 다른 도선에 자기 효과를 일으킨다는 사실을 발견한다. 즉 두 전선에 같은 방향의 전류를 흐르면 도선 사이에 인력이 작용하고 반대로 흐르면 척

력이 작용하였다. 이로서 전기는 자기를 형성할 수 있음을 실험적으로 증명하게 되었다. 10여년 후 페러데이(Faraday)가 도선을 감은 코일 속에 자석을 넣었다 뺐다 하면 도선에 전류가 흐름을 발견하여 자기장으로부터 전기장이 만들어짐을 밝혔다. 즉 자기장의 변화가 유도 전류를 발생시킨다는 것을 발견하였다. 이에 1864년 맥스웰(Maxwell)은 전기장과 자기장을 합하여 전자기파의 파동방정식을 발표하여 전자기파의 존재를 예측하였다.



자기장에 의한 유도전류 형성

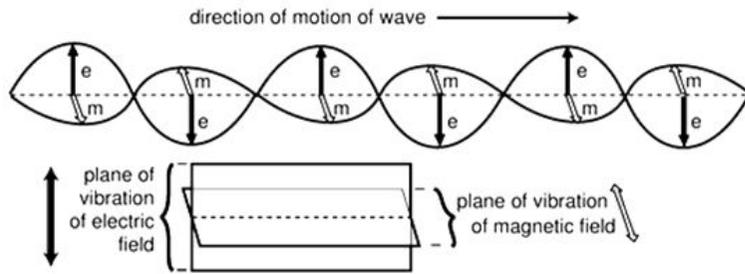


LS전선에서 개발한 무접점 충전기

전자기 유도에 의한 자기장의 변화가 전류를 흐르게 하는 기전력(유도 전압)을 발생시키고 이때 흐르는 전류가 유도전류가 된다. 유도전류는 자석의 움직이는 속도, 코일의 감은 횟수 등에 영향을 받는다. 전자기 유도현상은 전기모터나 발전기 등의 전기구동기의 바탕이 되며, 무선 충전(wireless charger)기의 근본원리가 된다. 교통카드도 전자기유도 현상을 이용한 것으로, 외부에서 제공된 무선주파에 의해 교통카드 가장자리에 감긴 코일로 미량의 구동전류를 발생시킨다.

자기장에 의한 유도된 전류는 오른손법칙을 따라 흐르고, 전류가 흐르는 코일 주위에서는 왼손법칙에 따라 자기장이 형성된다. 즉 자기장에 의해 형성된 유도전류는 또다시 새로운 자기장을 유도하

계 되고, 두 가지 장은 서로 직교하며 진행방향에 수직하게 된다. 두 힘의장이 연



[전기파와 자기파의 상호유도를 통한 전자기파의 직진성]

속적으로 상호 유도를 하면 전자기파는 직진하게 된다. 빛은 전자기파의 일부이므로, 따라서 이러한 전자기 유도현상으로 인해 빛은 직진하게 된다. 맥스웰(Maxwell)에 의하면 자기장과 전기장을 만들었던 원천인 전하나 전류가 없어지더라도 하나의 변화가 다른 하나를 유발시켜서 스스로 생명력을 가지게 되어 공강상을 전파하는 파동이 될 수 있다고 보았다. 빛의 파동성이 영(Young)에 의해 주장되던 시점에서 맥스웰의 업적은 고전물리학에서의 빛의 파동성을 확정짓는 계기를 마련하였다.

전자기파는 일상생활에서 가시광선 형태로 함께 하고 있으며, 인공적으로 만들어 낼 수 있다. 1887년에 헤르츠(Heinrich Hertz, 1857-1894)는 늦쇠로 만든 둥근 전극사이에 고전압을 걸어 외부에 떨어져 있는 안테나(원형 도선)에 있는 전극에 방전을 발생시키는 실험을 하였다. 이를 통해

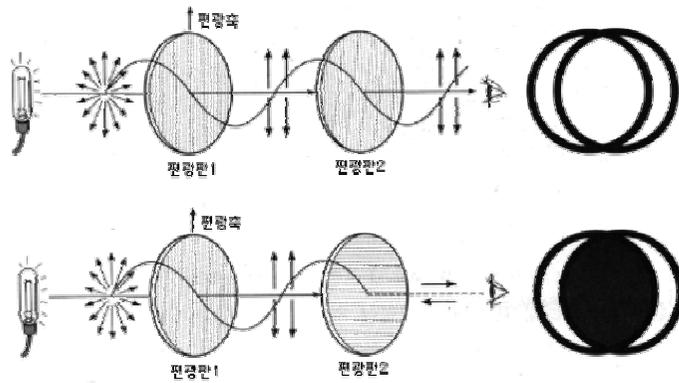


[헤르츠의 인공전자기파 발생장치]

최초로 인공전자기파도 만들 수 있음을 확인하였으며, 맥스웰이 이론적으로 예언한 전자기파의 존재에 관한 실험적인 검증이었다. 인공전자기파도 빛에서 발생하는 반사, 굴절, 간섭 등의 파동의 성질이 동일하게 발생된다.

전자기파의 전기장과 자기장의 직교성으로 인해 편광(polarization)이라는 현상이 나타난다. 즉 전자기파가 진행할 때 파를 구성하는 전기장과 자기장이 특정한 방향으로 진동하는 현상을 말한다. 일반적으로

전자기파는 모든 방향으로 진동하는 빛이 혼합된 상태이지만, 특정한 광학필터를 사용하면 편광된 빛을 얻을 수 있



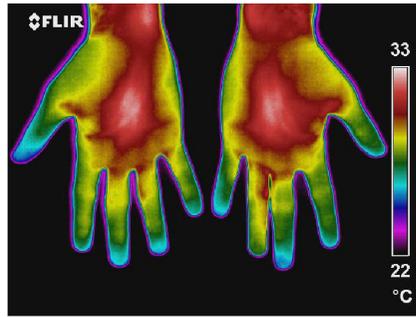
|편광판을 이용한 편광발생|

다. 이를 통해 편광 선글라스를 쓰게 되면, 수면에 반사되는 빛을 필터시켜 반사광이 없는 빛이 눈에 들어오게 되고 반짝거리는 수면의 반사 없이 수면 밑을 관찰할 수 있게 한다.

■ 생활속의 전자기파

일상에서 발생하는 전자기파의 종류는 무한하다. 태양이나 전등과 같

은 뜨거운 발광체에서는 가시광선이 발생되며, 뜨겁게 달궈진 돌에서는 적외선이 발생된다. 원적외선이 방출되는 돌은 노란색의 빛을 발한다. 온도와 색에 관하여 살펴보면, 모든 물체는 해당 온도에 상응하는 양의 전자기파를 방출하며 이는 열복사에

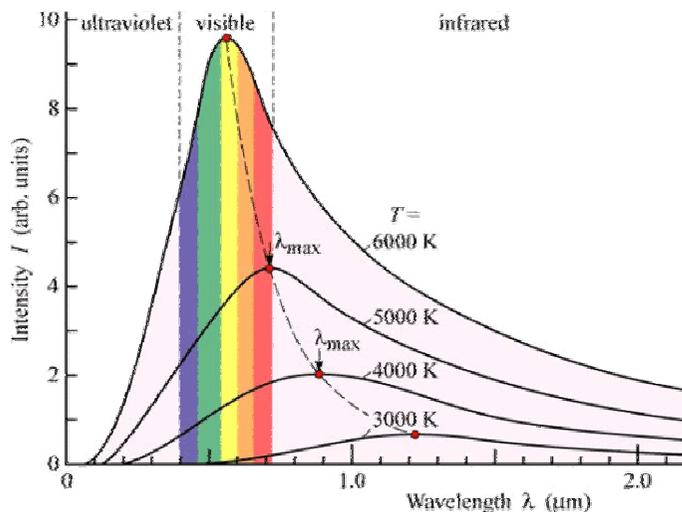


|온도에 따른 전자기파 방출 영상|

해당한다. 별이나 태양의 온도를 측정하는 원리도 이를 바탕으로 한다. 적외선영상(infrared thermography)을 통해 신체의 온도 분포를 검출하는 것도 온도에 따른 전자기파 방출을 이용하는 것이다. 이는 의학분야에서 신체의 온도편차를 확인하거나 장비의 특정분야의 온도 집중으로 인한 폭발현상도 예측할 수 있게 해준다.

온도가 상승할수록 분자내의 자유에너지의 증가로 내부에너지가 증가하게 되며 빛으로 열에너지를 방출한다. 즉 고온일 수록 짧은 파장대를 지

닌 전자기파가 방출된다. 적색은 600°C, 오렌지색은 800°C, 노랑색은 1000°C, 흰색은 1300°C를 나타낸다. 열복사를 방출하는 대상이 더 높은 온도가

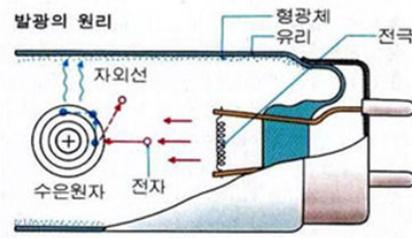


|물체 온도에 따른 열복사(전자기파)|

되면 적외선, 가시광선을 넘어서 자외선, X선 등이 방출된다. 그러나 특이하게도 자외선에서 X선으로 열복사에 의한 파장 감소는 전자기파 세기의 증가가 없이 되려 감소하는 경향을 보이게 된다. 이는 양자역학의 중요한 시발점이 되어 기존의 고전물리학을 뒤엎는 흑체복사(black-body radiation) 문제를 야기 시킨다.

용액을 태웠을 때도 성분에 따라서 고유의 색깔, 즉 가시광선 영역의 전자기파를 방출한다. 이는 불꽃반응 실험이라고 하며, 휘선 스펙트럼이 발생하는 원인과 동일하다. 폭죽이 터질 때 다양한 빛깔을 보이는 것도 고온의 물질에 포함된 원자가 그 종류에 따라 여기된 전자의 원자궤도 정도의 차이로 다양한 전자기파를 방출하게 되는 것이다.

백색광의 전자기파를 발생하는 형광등의 발광 원리도 전자의 여기과정에서 발생하는 에너지의 방출이라고 할 수 있다. 전극에서 제공된 전자는 형광등내 수은원자를 자극시켜 수은원자내 전자를 들



|형광등의 발광원리|

뜬상태(excitation state)로 만들고 자외선을 방출한다. 방출된 자외선은 형광등 유리에 코팅된 형광 도료를 자극하여 백색광을 만들게 된다. 수은원자내 전자는 자외선을 방출함과 동시에 일부 열손실이 발생하여 형광등을 뜨겁게 만든다. 이와 같은 과정을 통해 흡수한 전자기파보다 낮은 에너지의 전자기파를 방출하는 현상을 일으킨다. 전원이 꺼진 형광등 주변에 자외선 램프를 켜서 가까이 가져가면 형광등에 불이 들어오는 것을 관찰할 수 있다. 이 또한 형광등 내부에서 발

생한 자외선 효과와 동일한.

오로라 또한 태양풍의 입자(전자)가 지구자기에 의해 극지방으로 이동하는 과정에서 대기중 기체(산소, 질소 등)와 충돌하는 과정에서 발광하는 현상이다. X선 이상은 산소와 질소에 의해 흡수되며, UV는 오존에 의해 흡수된다. 가시광선은 투과하나 IR은 물이나 이산화탄소에 의해 흡수 또는 산란된다. 반면 IR보다 큰 파장을 지닌 전파는 60~500 km 상공의 전리층에서 일부는 반사하고 일부는 투과하면서 오로라를 형성한다. 오로라의 색이 주로 빨강, 초록을 보이는 것은 산소와 충돌했을 때 발생하고, 질소와 충돌시에는 분홍색의 오로라가 형성된다.

■ 등장인물 살펴보기



갈릴레오 갈릴레이(Galileo Galilei, 1564-1642)

이탈리아 출신의 철학자, 물리학자, 천문학자이다. 그는 과학 혁명의 주도자로서 추앙받고 있다. 망원경 개량, 운동법칙 확립 등의 업적이 있으며, 코페르니쿠스 이론을 옹호하여 태양계의 중심이 지구가 아닌 태양임을 믿었다. 그의 신조는 교황청을 비롯한 종교계와 대립되었다.



올레 뢰머르(Ole Rømer, 1644-1710)

덴마크의 천문학자이다. 목성 위성의 식을 관측하여 광속도의 유한성과 광속이 음속의 60만배 정도라는 수치를 처음으로 계산하였다. 파리에 유학하며, 관상대의 관측원으로 있으면서 천체의 위치측정에 종사하였다. 자오환과 적도의를 발명하였으며, 코펜하겐 시장을 역임하였다.



장 푸코(Jean Foucault, 1819-1868)

프랑스의 물리학자이다. 공기속과 물속에서의 광속 측정 방법을 고안하여 공기속의 광속이 더 빠르다는 결과를 얻어 파동설을 뒷받침하게 되었다. 1851년에는 푸코의 진자를 고안하여 지구의 자전을 실험적으로 증명하였고, 1852년에는 자이로스코프를 발명하였다.



한스 외르세테드(Hans Oersted, 1777-1851)

덴마크의 물리학자, 화학자이다. 전류가 흐르는 전선 주변에 자침을 두면 자침의 방향이 도선과 수직을 이루는 현상으로부터 전기와 자기 사이의 관계를 찾아낸다. 전기에 의한 자기의 발견은 학생들에게 강의를 준비하는 중에 발견하였다.



마이클 패러데이(Michael Faraday, 1791-1867)

영국의 물리학자, 화학자이다. 전자기학과 전기화학 분야에 큰 기여를 하였다. 그는 직류 전류를 퍼뜨리는 도체의 자기장에 대해 연구하였다. 전자기유도 뿐 아니라 반자성 현상과 전기 분해를 발견했다. 또한 벤젠과 부틸렌을 발견하였으며, 벤졸을 분리하는 등 화학자로도 활동하였다.



샤를 드 쿨롱(Charles de Coulomb, 1736-1806)

프랑스의 물리학자이다. 정전기력의 크기를 나타낸 쿨롱의 법칙을 발견하였으며, 전하량의 크기를 나타내는 쿨롱(C)은 그의 이름을 딴 것이다. 또한 금속선의 탄성과 비틀림을 연구하던 중 정밀한 비틀림 저울을 고안하여, 전하 사이의 인력 및 척력을 측정하였다.



앙드레 마리 앙페르(Andr-Marie Ampere, 1775-1836)

프랑스의 물리학자이다. 12세에 이미 수학에 정통한 천재였으며, 체계적이지는 않지만 번득이는 영감에 의존한 연구를 많이 진행하였다. 외르스테드의 발견을 전해 듣고 전기와 자기 사이의 관계를 확립하기 시작한 뒤 1주만에 새로운 현상에 대한 이론을 정립하여 발표하였다.



하인리히 헤르츠(Heinrich Hertz, 1857-1894)

독일의 물리학자이다. 주파수의 단위인 헤르츠(Hz)는 그의 전자기파 존재 실험을 기리며 붙인 용어이다. 그의 업적은 무선통신을 발명하게 되는 기초가 되며, 아인슈타인이 설명하게 되는 광전효과를 처음 발견한 사람이기도 하다.

