

강의 Tip.

이번 단원에서는 전자석의 성질에 대하여 알아보고, 자기부상열차가 부상하는 원리를 이해할 수 있도록 지도합니다. 자기력의 반발로 인한 운행방식은 초전도체의 개념과도 함께 연관 지어 설명하도록 합니다.

자기력

막대자석 2개를 준비하여 한 개를 고정시켜 놓고 다른 한 개의 자석을 점점 가까이 가져가면 어느 순간 가까이 가져간 자석은 끌어당기는 힘을 받거나 밀어내는 힘을 받게 됩니다. 이 때 끌어당겨지는 힘을 인력이라 하고, 밀어내는 힘을 척력이라 합니다. 자석의 두 극이 같을 때(N극과 N극 또는 S극과 S극)에는 서로 밀어내는 힘인 척력이 작용하고, 서로 다른 두 극(N극과 S극) 사이에서는 끌어당기는 힘인 인력이 작용합니다.



자기력의 세기

(1) 자석 주위에서 자석의 N극이 받는 힘의 크기는 자석으로부터의 얼마나 멀리 떨어져 있는가에 따라 결정됩니다. 거리가 멀어짐에 따라 급격하게 그 세기가 약해져 거리가 2배로 늘어나면 세기는 1/4배로 줄어듭니다. 그러므로 자석을 냉장고에 천천히 가져가 보면 붙으려는 힘이 거의 느껴지지 않다가 어느 순간 갑자기 자석이 덜컥 붙어버리게 되는 것입니다.

(2) 영구 자석의 경우 자기력의 세기는 자화된 정도에 따라 결정되므로 강하고 일정한 자기력을 오래 받아 자화가 잘 된 것일수록 그 세

기가 크게 됩니다. 그러므로 같은 물질로 만든 자석이라 해도 모두 그 세기가 다르게 됩니다. 이 때 자화된 영구 자석은 이렇게 한 번 정해진 자기력의 세기가 변하지 않고 일정하여 조절할 수 없으나 전자석은 자기력의 세기를 조절할 수 있다는 장점이 있습니다.

자기 부상 열차의 원리

(1) 선로와의 접촉이 없으므로 소음 진동이 매우 적고 빠른 속력을 유지할 수 있어 미래의 초고속 열차로 개발 중인 자기 부상 열차의 기본 원리는 자석의 미는 힘, 즉 척력입니다.



(2) 레일 위로 들어 올린 기차를 어떻게 움직일까?

레일에는 초전도체는 아니지만 전자석이 깔려 있습니다. 자기부상열차가 N극이라면 열차 바로 앞의 레일을 S극으로 만들어 N극이 S극에 끌려 앞으로 오도록 합니다. 열차가 다른 극 사이의 인력으로 인해 바닥에 닿으려고 할 때 레일의 S극을 재빨리 N극으로 바꾸고 열차 바로 앞의 레일을 S극으로 만듭니다. 이와 같은 과정을 계속 반복하면 결국 열차는 앞으로 나가게 됩니다. 열차가 고속으로 달리게 해 주려면 이와 같은 과정도 고속으로 해 주어야 합니다.



재미있는 이야기

우리나라 최초의 자기부상열차

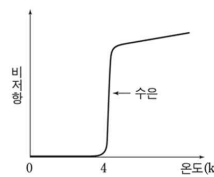
1993년 8월에 개최되었던 대전 엑스포에서 초전도 현상을 이용한 우리나라 최초의 자기부상열차가 선보였습니다. 열차의 운행거리는 600m

로 제한되었고, 빠른 속도는 아니지만 레일 위에 10~20mm정도 떠서 한번에 40명의 승객을 실어 날랐습니다.

☒ 초전도체

초전도체란 임계 온도 이하에서 초전도성을 나타내는 물질로서, 전기 항이 0이며 자기장이 통과하지 못하는 성질을 나타냅니다. 초전도성을 띠는 물체로는 금속, 합금, 세라믹 등이 있습니다.

※ 전기저항 : 전류의 흐름을 방해 하는 정도



수은의 비저항

☒ 초전도성

(1) 각 초전도체마다 특유의 온도 이하에서 전기 저항이 0이 됩니다. 이 온도를 임계 온도라고 합니다. 도선의 전기 저항이 0이 되면 전류를 흘려줄 때 열이 발생하지 않게 됩니다. 이 경우 초전도체로 만든 도선으로 송전선을 만들거나 변압기를 만들면 열손실이 전혀 없게 되어 전기 에너지를 고스란히 전달 할 수 있게 됩니다.



마이스너 효과

(2) 임계 온도 이하에서는 영구자석이 만드는 자기장이 초전도체를 통과하지 못합니다. 이러한 성질은 초전도체가 강한 반자성(反磁性)을 띠고 있기 때문이며, 이를 마이스너 효과(Meissner effect)라 합니다. 그러므로 주위에 자석이 있을 경우 자석의 자기장을 통과시키지 못하고 오히려 초전도체에 강한 반대 방향의 자기장을 만들어 영구자석을 밀어냅니다. 그래서 조그마한 자석이 초전도체 위에 떠 있을 수 있습니다. 이는 초전도 자기부상열차를 만들 수 있는 기초가 됩니다. 그리고

초전도체로 도선을 감아서 전자석을 만들면 보통 자석 보다 수천 배 강한 자석을 만들 수 있습니다.

☒ 전자석

(1) 전자석은 전류가 흐르는 코일 속에 연철 막대를 넣어 자석과 같은 자기력을 가지도록 만든 것입니다. 영구 자석과 달리 전류가 흐를 때에만 자석이 되고 전류가 끊어지면 자석의 성질을 잃어버리는 것이 전자석입니다. 그리고 자기력의 세기, 자기장의 방향을 마음대로 조절할 수 있기 때문에 필요한 용도에 맞게 만들어 쓸 수 있는 편리한 자석입니다 .

(2) 전자석의 이용 범위는 매우 광범위합니다. 통신 수단이 획기적으로 발전하게 된 계기가 전자석을 이용한 전선인데, 전선을 통해 전류를 연결했다 끊었다 하면 전자석에 의해 철 핀이 붙었다 떨어졌다 하면서 약속된 신호를 보낼 수 있습니다. 현대에는 그 밖에도 산업 현장, 가전제품 등 많은 곳에 쓰이고 있습니다.

☒ 초전도체의 연구 과제

초전도체는 임계 온도가 아주 낮아 실용화시키기가 매우 어렵습니다. 예를 들어, 수은의 경우에는 임계 온도가 영하 269°C로서 이 온도 이하에서 초전도성이 나타납니다. 그러나 임계 온도를 넘어서면 초전도성이 없어집니다. 그래서 실용적으로 사용하기 위해서는 임계 온도가 상온인 고온 초전도체의 발견이 이루어져야 합니다. 여기서 고온이라고 함은 우리가 느끼는 수백 °C 이상의 온도가 아니라 상온을 의미합니다. 현재 약 영하 150°C 정도에서 초전도성을 나타내는 물질을 발견한 상태이며 세계 여러 나라의 학자들이 연구에 매달리고 있습니다.

☒ 자기부상열차와 초전도체

무거운 기차를 띄우려면 상당히 강한 자력이 필요한데, 영구 자석으로 기차를 띄우기에는 그 힘이 턱없이 부족하고, 센 전류가 흐를수록 자력이 강해지는 전자석으로도 기차를 띄우는 것은 어려운 일입니다. 전자석의 코일에서 발생하는 열에 의해 코일이 타버리기 때문입니다. 만약 전자석 코일에 저항이 없다면 열차를 띄울 만큼의 큰 자력을 얻을 수 있을 것입니다. 그래서 자기부상열차에 초전도체를 이용해 전자석을 만들고, 레일의 같은 극끼리 반발하여 기차를 들어 올릴만한 자력을 얻을 수 있는 것입니다.



☺ 재미있는 이야기
초전도체가 상용화된다면?

(1) 열이 나지 않는 핸드폰
핸드폰으로 장시간 전화를 하면 전화기가 따끈따끈해집니다. 이는 다른 모든 가전제품에서도 나타나는 현상인데, 제품내의 저항에 기인하는 것이죠. 이러한 전기제품에서 발생하는 열 또한 이런 초전도체를 이용한다면 없앨 수 있습니다. 미래에는 이렇게 뜨거워지는 전화기는 아마도 골동품이 되지 않을까 생각됩니다 .

(2) 초전도 자기 에너지 저장소(Super conduction Magnetic energy storage : SMES)

전기저항이 제로인 초전도 코일에 자기에너지 형태로 손실 없이 전기 에너지를 저장할 수 있어, 타 에너지저장 방식에 비해 저장효율이 대

단히 높고, 충·방전 속도가 빠르며, 수명이 반영구적인 것이 장점입니다. 이를 이용 하면 서울시내에서 사용되고 있는 모든 전류를 지름 5cm의 초전도 전선에 가두어 운반할 수 있고 필요할 때 쉽게 고집어서 사용할 수 있습니다. 그러므로 급작스런 정전사고 등에 대비할 수 있습니다.



☺ 재미있는 이야기
MRI에도 초전도체가 들어있다고?!

오늘날 초전도 자석을 의학적으로 이용하고 있는 분야로 자기 공명촬영(MRI)이 있습니다. 의사들은 종양이나 다른 질환을 찾아내기 위해 신체 연조직의 깨끗한 사진을 필요로 하는데 이를 위해 MRI를 사용합니다. MRI는 초전도 자석 덩어리입니다. MRI 안에서

서는 네 겹으로 이루어진 초전도 자석이 환자를 퐁퐁 둘러싸고 있습니다. 자석이 자기장을 형성하면 환자의 몸에 있는 수소 이온(H+)이 자성을 띠니다. 환자의 몸이 약한 자석으로 바뀌는 것입니다. 이 모습을 사진으로 찍은 것이 MRI입니다.

이 MRI를 이용하면 진단을 다른 방법보다 조기에 할 수 있지만 자기 공명촬영에 비용이 고가라는 것이 단점입니다. 그러나 더 높은 온도의 초전도체의 개발에 따라 이 비용도 감소될 전망입니다.