

문과도 물리할 수 있어! 8편. by 엘컴이

1. 서론

글을 쓰기에 앞서, 이번 컨텐츠는 물리를 접해보지 못한 문과분들, 혹은 생지선 택자분들을 위한 글이니 내용의 깊이가 물리 선택자들보단 깊진 않습니다. 이 점은 많은 분들께 양해 부탁드립니다. 또한, 이해를 돕기 위해 약간의 왜곡이 있을 수 있습니다.

2. 놀라운 관계

가끔 생각지도 못한 사람들끼리 인연이 닿는 경우가 있습니다. 남들이 봤을 때는 서로 다른 성향이라고 생각했는데 말이지요. 하지만, 그 두 명이 오래 알고 지낼 수록 서로 공통점이 있구나를 다들 느끼게 됩니다. 물리학에서도 그런 관계가 종종 있어왔습니다. 전혀 생각지도 못했던 현상들끼리 서로 상호작용을 하며 얽혀 있었죠. 오늘은 생각지도 못했던 뜻밖의 관계, 하지만 지금은 당연하게 여겨지는 두 현상. 전기와 자기에 대해 배워보도록 하겠습니다.

3. 가까울수록 잘 통한다.

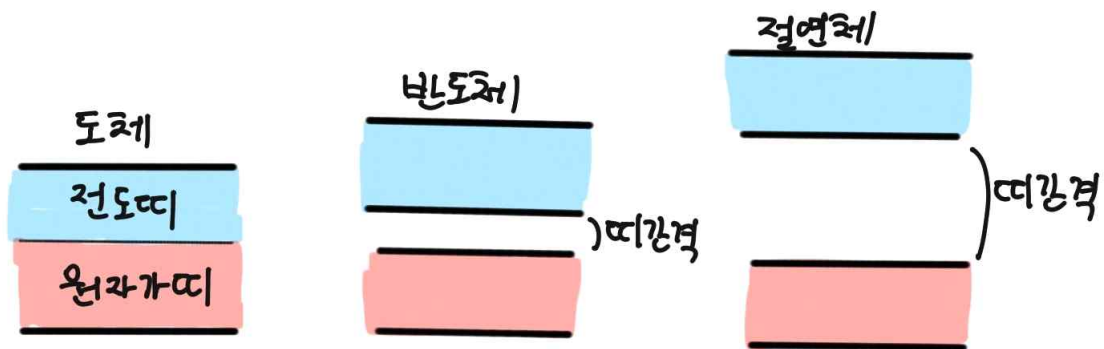
우선, 전류가 어떻게 흐르는지 간단히 살펴봅시다. 우리는 7편에서 원자가 띠와 전도띠에 대해서 배웠습니다. 원자가 띠에는 이미 수많은 전자들이 자리잡고 있어 전자들이 자유롭게 움직이기 힘들죠. 근데 모종의 이유로 원자가 띠에 있는 몇몇 전자들이 에너지를 흡수하면서 전도띠로 전이하게 됩니다. 전도띠에는 아직 자리가 널널하기에 전자들이 전도띠로 전이하게 되면 자유롭게 움직일 수 있는 자유 전자가 됩니다. 그리고, 이때 생기는 원자가 띠의 빈자리를 양공이라고 합니다. 이 빈자리로 전자들이 넘나들며 자유전자처럼 이동할 수 있는 것이죠. 한마디로 양공은 이웃한 전자가 자유롭게 움직일 수 있게 해주는 매개체 같은 느낌입니다. 자유 전자와 양공은 각각 음,양의 성질을 지니게 됩니다.

자, 그러면 이 자유 전자의 수가 많을수록 전기 전도성이 더 좋겠죠? 자유 전자가 많으려면 전자들이 쉽게 원자가 띠에서 전도띠로 전이할 수 있어야 하고요! 원자가 띠와 전도띠 사이에 띠 간격이 없어서(=전자가 전이하기 쉬운 상태) 전압을 걸었을 때 전류가 매우 잘 흐르는 물질을 우리는 도체라고 부르며 띠 간격이 좁거나 넓은 물질을 우리는 각각 반도체, 절연체라고 합니다.

도체는 원자가 띠와 전도띠 사이에 띠 간격이 없어서 자유로운 전자 이동이 가능합니다. 그래서 전기 전도성이 매우 큰(=전기 저항이 매우 작음) 성질을 지니고 있으며, 금이나 은 등의 금속 물질이 이에 해당합니다.

절연체는 원자가 띠와 전도띠 사이 간격이 매우 넓어서 전이가 거의 불가능하다 보니, 전기 전도성이 매우 작은 성질을 지니고 있습니다. 예를 들어 우리 주변에 보이는 고무나, 그 귀하다 귀한 다이아몬드가 절연체에 해당합니다.

반도체는 띠 간격이 좁아서 조건에 따라 전류가 선택적으로 흐를 수 있는 물질입니다. 전기 전도성은 도체와 절연체의 사이이며, 규소(Si)나 저마늄(Ge) 등이 여기에 해당합니다. 아래 그림은 각 물질별 띠 간격에 대한 이해를 돕기 위한 설명입니다.



이렇게 도체인지 절연체인지를 통해 그 물체의 전기 전도성을 확인할 수 있습니다. 그러면 전기 전도성은 물질의 특성에만 관련이 있을까요?

전기 전도도(σ)는 물질에서 전류가 잘 흐르는 정도를 정량적으로 나타낸 값으로 각 물질들의 고유 성질입니다. 우리는 전기 전도도를 '시그마'라고 부르며, 이는 비저항(ρ)에 반비례합니다. 여기서 비저항은 어떤 물질이 전류의 흐름에 얼마나 거스르는지를 나타내는 물리량입니다. '로우'라고 읽으며 비저항이 클수록 전류가 잘 흐르지 않습니다. 비저항은 공식 $\rho = \frac{RA}{l}$ 로 구할 수 있으며 여기서 R 은 물체의 저항, A, l 은 각각 단면적과 길이에 해당합니다. 그러면 전기 전도도를 구하는 식도 나타낼 수 있겠죠? 전기 전도도는 비저항의 역수이니 $\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RA}$ 로 나타낼 수 있습니다. 조금 어려우시면 이것만 기억하시면 됩니다! 전기 전도도는 전류가 얼마나 잘 흐르는가! 그리고 전기 전도도는 물체의 길이에 비례하고, 저항과 단면적에 반비례하는구나! 이것만 기억하신다면 큰 문제 없습니다 ㅎㅎ

비저항은 공식 $\rho = \frac{RA}{l}$ 로 구할 수 있으며 여기서 R 은 물체의 저항, A, l 은 각각 단면적과 길이에 해당합니다. 그러면 전기 전도도를 구하는 식도 나타낼 수 있겠죠? 전기 전도도는 비저항의 역수이니 $\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RA}$ 로 나타낼 수 있습니다. 조금 어려우시면 이것만 기억하시면 됩니다! 전기 전도도는 전류가 얼마나 잘 흐르는가! 그리고 전기 전도도는 물체의 길이에 비례하고, 저항과 단면적에 반비례하는구나! 이것만 기억하신다면 큰 문제 없습니다 ㅎㅎ

4. 전자 하나 정도는.

우리는 반도체가 조건에 따라 전류가 흐르는 물질이라고 배웠습니다. 여기서 어떤 조건인지 궁금증이 생깁니다. 한번 같이 배워보도록 합시다.

우선 반도체는 크게 순수(고유) 반도체와 불순물 반도체로 나눌 수 있습니다. 순수 반도체는 원자가 전자가 4개인 원소(위에서 이야기한 규소, 저마늄 등)를 의미하며 불순물 반도체는 이 순수 반도체에 다른 물질을 넣어 전기 전도성을 증가시킨 반도체를 이야기합니다. 이때 다른 물질을 넣는 과정을 우리는 도핑이라고 부릅니다. 여기서 살짝 어려운 이야기가 나오죠. 원자가 전자가 뭘까요?

우리는 전 시간에 원자의 변천 과정을 공부하면서 에너지 준위에 대해서 배웠습니다. 그리고 그 에너지 준위를 궤도처럼 표현한 그림을 우리는 껍질처럼 생겼다고 해서 전자 껍질이라고 부릅니다. 이 전자 껍질에는 최대 8개의 전자가 들어갈 수 있는데요. 원자는 가장 바깥 전자껍질에 전자를 8개 모두 채우는 순간, “아 나 이제 안정적이야. 더 안받을래!”하면서 전자를 다른데서 뺏거나 빼앗기지 않으려는 성향을 보입니다. 반대로 8개가 아니라면 가장 바깥 전자껍질에 있는 전자를 주거나, 아니면 부족한 수만큼 가져오려고 하겠죠? 혹은 전자를 공유하면서 서로의 부족한 부분을 채울 것입니다. 이렇게 원자들끼리 전자를 주거나 받는 과정을 우리는 화학 결합이라고 합니다. 이때 화학 결합에 참여하는(=가장 바깥 전자껍질에 있는) 전자를 원자가 전자라 합니다.

(다음 문단 내용이 어려우신 분들을 위해 다음 페이지에 표를 그려냈습니다. 그 표에 있는 그림과 함께 다음 문단을 읽으시면 더 자세한 이해가 가능합니다.)

만약 순수 반도체처럼 원자가 전자가 4개라면, 자기들끼리 앞뒤양옆으로 전자를 하나씩 같이 가져서 서로 안정해질 수 있습니다. 그러면 이때 전자의 이동이 일어날까요? 아니죠! 원자들은 이미 서로 배불러서 움직일 생각을 안하기 때문에 전자가 이동할 가능성이 적습니다. 그러면 순수 반도체에 원자가 전자가 3개인(전자를 1개 덜 가지고 있는) 원자를 중간에 심어놓으면 어떻게 될까요? 아까 그 빈자리 없던 곳에 갑자기 구멍이 하나씩 생기기 시작할 겁니다. 우리는 이런 구멍을 앞에서 양공이라 배웠습니다. 이제 전자가 자유롭게 움직일 수 있는(=전류가 잘 흐르는) 것이지요. 우리는 이런 반도체를 p형 반도체라 부릅니다. 반대로 이번엔 원자가 전자가 5개인(전자를 1개 더 가지고 있는) 원자를 중간에 심어놓으면 반대로 전자가 하나 더 생기게 되겠죠? 애는 들어갈 곳이 없으니 자유롭게 떠돌기 시작할 겁니다(=전류가 잘 흐르게 될 것입니다). 위에서 이야기한 자유 전자가 되는 셈이죠. 우리는 이런 반도체를 n형 반도체라 부릅니다.

이런 식으로 순수 반도체에 각각 다른 불순물을 넣어 p형 혹은 n형 반도체(불순물 반도체)로 만들 수 있습니다. 전기 전도성이 더 좋아지게 된 것이죠.

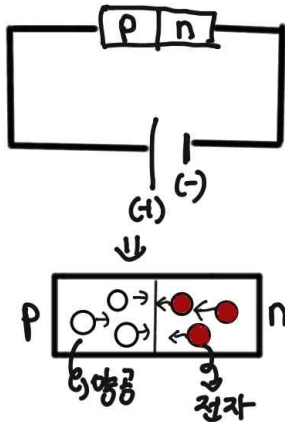
우리는 이런 반도체를 개발하게 되면서 많은 변화가 생겨났습니다. 그러면 이 반도체가 어떻게 쓰이는지 다음장에서 같이 알아가봅시다. 아래 표와 그림은 이해를 돕기 위한 설명입니다.

순수 반도체	
<p>●:전자 Si: 원자가 전자 4개 ↑ 앞뒤양옆으로 전자 1쌍씩 짝이 가며 8개를 만든다</p>	<p>① 원자가 전자가 4개인 원소(규소나 저마늄 등) ② 그림과 같이 전자 1쌍씩 짝이 가져 모두 안정한 상태를 만들 ③ 따라서 전자의 이동이 거의 불가능</p>
p형 반도체	n형 반도체
<p>●:전자 Si: 원자가 전자 4개 Ga: 갈륨 (원자가 전자 3개)</p>	<p>●:전자 Si: 원자가 전자 4개 As: 비소 (원자가 전자 5개)</p>
<p>불순물: 원자가 전자가 3개인 원소(붕소, 알루미늄, 인듐, 갈륨 등) 도핑에 의해 양공을 갖게 된 반도체로 양공을 통해 전자가 자유롭게 드나들며 전류가 흐르게 된다.</p>	<p>불순물: 원자가 전자가 5개인 원소(인, 비소, 안티모니 등) 도핑에 의해 자유전자를 갖게 된 반도체로 자유전자가 이동하며 전류가 흐르게 된다.</p>

5. 양공, 전자와 가까워지거나 멀어지거나

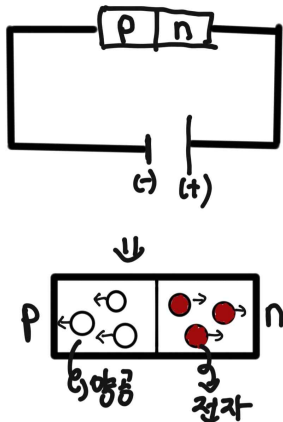
우리는 전류를 더 효과적으로 쓰기 위해 전기 회로 내에서 한쪽 방향으로만 전류가 흐를 수 있게 해야 했습니다. 이것을 정류작용이라 하며, 이는 위에서 배운 반도체들로 만든 '다이오드'라는 장치가 수행합니다. 우리는 p-n 접합 다이오드를 배워봅시다.

p-n 접합 다이오드는 말 그대로 p형 반도체와 n형 반도체를 접합한 다이오드입니다. 그러면 이 다이오드가 어떻게 정류작용을 할 수 있을까요?



왼쪽 그림은 p-n 접합 다이오드에서 p형 반도체와 (+)극을 연결하였을때의 모습입니다. 회로도를 그릴 때 (+)극을 더 길게 표현하기로 했습니다. 본문으로 넘어와서 p형 반도체와 (+)극을 연결하게 되면, p형 반도체 내부에 있는 양공은 어떻게 될까요? 네! 서로 (+)의 성질을 띠니 (+)극과 멀어지려고 하겠죠? 접합면 쪽으로 이동하게 될 것입니다. (-)극과 연결된 n형 반도체 내부에 있는 전자도 마찬가지입니다. 이들은 서로 접합면으로 이동하여서 만나게 되고, 전자가 양공으로 움직일 수 있게 되면서 전류가 흐르게 됩니다.

이를 우리는 순방향 전압이라 부릅니다. 그럼 반대로 p형 반도체와 (-)극이 만나면 어떻게 될까요?

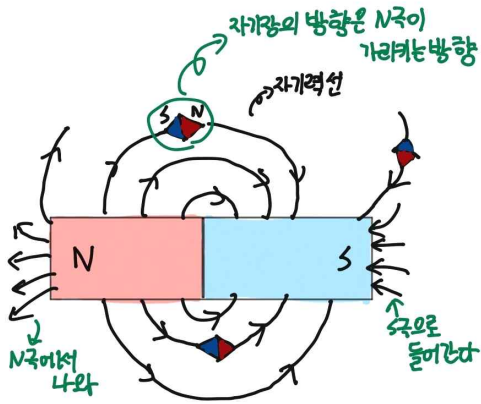


이번에는 p형 반도체와 (-)극이 연결되어 있는 상황입니다. 이때는 양공이 인력에 의해 (-)극으로 움직이는(=접합면에서 멀어지는) 방향으로 가게 될 것입니다. 전자도 마찬가지고요. 이렇게 서로 접합면에서 멀어지는 방향으로 움직이면 전자가 양공으로 자유롭게 전이할 수 없게 되면서 전류가 흐르지 않겠죠? 이를 우리는 역방향 전압이라 부릅니다. 이를 통해서 우리는 회로에서 전류를 한쪽 방향으로만 흐를 수 있게 만들었습니다. 이렇게 전류가 흐를 때 빛을 내도록 만든 다이오드를 우리는 발광 다이오드(LED)라고 부릅니다.

6. 전기와 자기가 만나다.

자석 주위에 철가루를 뿌려서 철가루의 모양을 보는 실험을 다들 초등학교 때 한 번은 해보셨을겁니다. 철가루가 자석 주위에서 모양을 만들며 N극과 S극을 연결하고 있었죠. 이는 왜 그런걸까요?

자석 주위에 자기력이 작용하는 공간을 우리는 자기장이라 부릅니다. 위에서 예시로 든 철가루도 이와 같은 맥락이지요. 철가루의 방향이 곧 자기장의 방향이며 이 방향은 각각의 위치에서 나침반의 N극이 가리키는 방향입니다. 자기장은 주로 B로 표현하며 단위는 T(테슬라)입니다. 각각 위치에서 N극이 가리키는 방향을 이어 그려준 선을 우리는 자기력선이라 합니다. 이 자기력선끼리의 간격이 좁을수록 자기장의 세기가 세며 도중에 갈라지거나 교차하지 않습니다. 무조건 선 하나가 N극에서 나와 중간에 절대 끊어지지 않고 S극으로 들어갑니다. 아래 이해를 돕기 위한 그림이 있습니다.

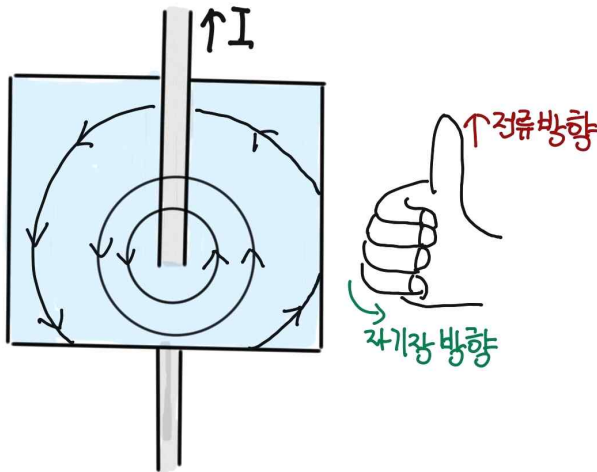


막대자석 주위의 자기력선을 표현한 그림입니다. 자기력선끼리 서로 절대 교차하거나 갈라지지 않으며, N극에서 나와 S극으로 들어가는 방향임을 알 수 있습니다.

여기서, 덴마크의 물리학자인 외르스테드가 도선에 전류가 흐를 때 가까이 있는 나침반의 바늘이 편향되어 있음을 발견합니다. 이 발견을 통해 전기와 자기 현상 사이에 관계가 있음을 알게 되었고, 이후 비오-사바르 법칙, 앙페르 법칙, 패러데이

법칙을 거쳐 마침내 맥스웰이 맥스웰 방정식을 통해 전기와 자기를 대통합하게 이룬 것이죠. 이는 물리학에서 다르게 여겨지던 두 힘(혹은 현상)이 사실 서로 관련되어 있다는 사실을 알게 한 중요한 순간이었습니다. 그러면 전류가 흐를 때 자기장은 어떻게 나타날까요?

(1) 직선 도선에 의한 자기장



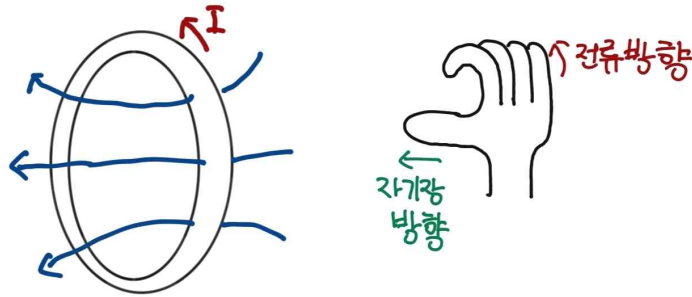
우선 처음으로 직선 도선에 의한 자기장을 살펴봅시다. 왼쪽 그림은 전류가 위쪽 방향으로 흐르는 무한한 직선 도선이 판에 꽂혀있는 그림입니다. 이때 자기장의 방향은 앙페르의 오른나사 법칙을 따르게 되는데요. 오른나사 법칙은 ‘오른손’을 사용해서 엄지손가락의 방향을 전류방향으로 둔 후 나머지 네 손가락을 감아쥐었을 때 네 손가락의 방향이 자기장의 방향이라는 법칙입니다. 한번 허공에다가 오른

손을 두고 위쪽 그림과 똑같이 따라해보세요! 자기장의 방향과 여러분이 감싸진 네 손가락의 방향이 같은걸 알 수 있을겁니다 ㅎㅎ 이때 직선 도선에 의한 자기장의 세기 B 는 전류의 세기 I 에 비례하고 도선으로부터의 수직거리 r 에 반비례합니다($B \propto \frac{I}{r}$). 앙페르 법칙으로도 불리지요.

(2) 원형 도선 주위의 자기장

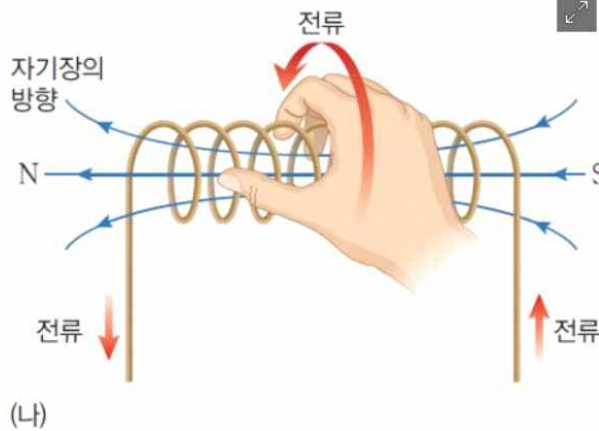
그렇다면 원형 도선 주위에는 자기장이 어떻게 형성될까요? 주로 원형 도선이 흐를 때 고교물리학에서는 원형 도선의 중심에서의 자기장 세기만 나타냅니다. 이때 자기장의 세기는 직선 도선과 마찬가지로 전류의 세기에 비례하며 반지름 r 에 반

비례 합니다($B \propto \frac{I}{r}$). 자기장의 방향은 오른손 네 손가락을 도선의 전류 방향대로 원형 도선을 감아줬을 때 엄지손가락이 향하는 방향입니다. 그림을 통해 더 설명드리겠습니다.



왼쪽 그림은 자기장의 방향을 나타낸 그림으로 자기장의 방향은 원형 도선에 전류가 흐르는 방향대로 네 손가락을 감아진 다음, 엄지손가락이 가리키는 방향입니다. 이해가 안가신다면..제 그림 실력이 부족한 탓입니다...ㅠ

(3) 솔레노이드 주위의 자기장



얼마 전, 어떤 학교의 시험문제가 논란이 되면서 솔레노이드가 화두가 되기도 했었죠? 솔레노이드는 도선을 왼쪽 그림과 같이 원통형으로 길게 감아 만든 기기입니다. 외부에서는 막대 자석과 비슷하게 자기장 모양을 만든다고 생각하시면 좋을 것 같습니다. 이때 솔레노이드가 만드는 자기장의 세기는 전류의 세기 I , 단위 길이당 코일의 감은 수 n 에 비

례합니다($B \propto nI$). 그럼 이제 방향을 살펴봐야겠죠? 오른손 네 손가락을 가지고 전류 방향대로 코일을 감싸줬을 때, 엄지손가락이 향하는 방향이 자기장의 방향이 되겠습니다.

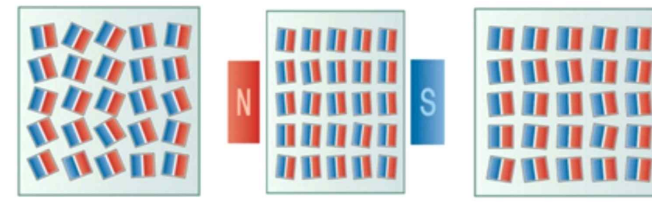
의학드라마에 종종 나오는 MRI가 이런 원리를 이용해서 작동한다는 것을 알고 계셨나요? 자기 공명 영상 장치라고도 불리는 MRI는 솔레노이드에서 만든 강한 자기장을 신체에 발산합니다. 그러면 우리 몸 속에 있는 수소 원자핵이 특정 반응을 일으키게 되는데요. 간단히 말해서 일시적으로 우리 몸이 자석이 되는 것입니다. 이때 수소 원자핵과 알맞은 전자기파를 쏘아 혈액흐름 등 변화를 관찰하여 컴퓨터로 영상화 시키는 기술이 MRI에서 쓰이고 있습니다. 우리가 편히 진료를 받을 수 있는 것은 이런 과학 기술의 발전이 있었기에 가능한거겠죠. 다들 물리합시다 ㅎㅎ. 이 외에도 초인종이나 스피커, 화재 경보기 등등에도 위에서 배운 원리가 사용되고 있습니다.

7. 주변을 따라가는가, 거스르는가

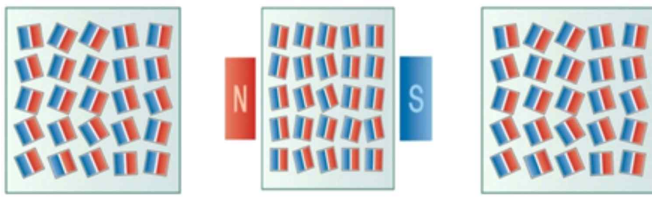
2023년, 한국을 발칵 뒤집었던 물리 소식이 있었죠. 상온상압 초전도체! 맘으로 쓰여도 물리에 대한 대중들의 관심이 더 커진거 같아 기쁘기도 했답니다. 하지만 여기서 끝나면 안되겠죠? 같이 초전도체에 대해서 조금 더 알아가봅시다.

자성이란 물질이 가지는 자기적 성질을 의미합니다. 주위에 자석 또는 외부 자기장이 있을 때 반응하는 성질을 이야기하지요. 자성체는 이런 자성을 띠는 물질을 이야기합니다. 외부 자기장이 가해졌을 때, 물체 내에 원자 자석(원자 규모의 자석이라 생각하시면 좋을 것 같습니다)이 일정한 방향으로 배열되는 현상을 자기화(자화)라고 부릅니다. 자성체의 종류에 대해서 이야기하면서 좀 더 자세히 배워보겠습니다.

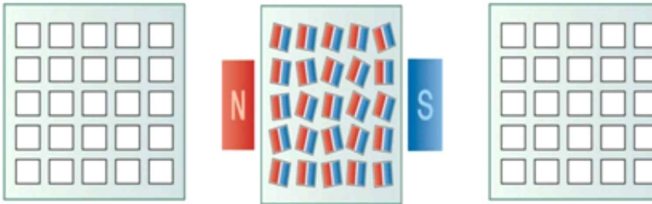
자성에는 강자성, 상자성, 반자성이 존재합니다. 반자성은 외부 자기장을 가했을 때, 물질 내부의 원자들이 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화 되는 성질을 뜻합니다. 강자성과 상자성은 모두 외부 자기장의 방향으로 자기화되는데 이 정도가 강하면 강자성, 약하면 상자성이라 합니다. 그리고 각각의 성질을 가지는 물체를 반자성체, 강자성체, 상자성체라 하지요. 이들의 특징에 대해 조금 더 알아봅시다.



<외부 자기장 가해기전>
 <외부 자기장 가할 때>
 <외부 자기장 제거 후>



<외부 자기장 가해기전>
 <외부 자기장 가할 때>
 <외부 자기장 제거 후>



<외부 자기장 가해기전>
 <외부 자기장 가할 때>
 <외부 자기장 제거 후>

이해를 돕기 위해 그림과 함께 설명드리겠습니다. 위에서부터 강자성체, 상자성체, 반자성체에 대한 설명입니다.

강자성체는 외부 자기장을 가하는 순간 외부 자기장과 같은 방향으로 강하게 배열됨을 알 수 있습니다. 또한 제거 후에도 자기화 된 상태가 오래 유지됨을 알 수 있지요.

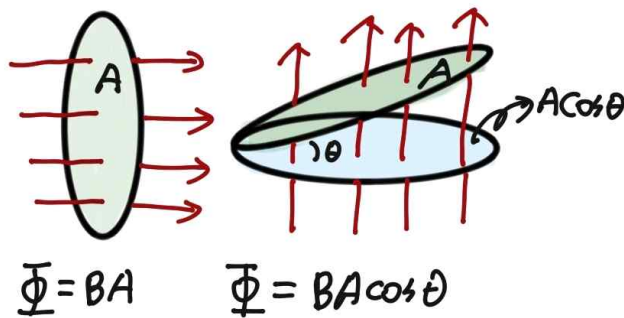
그에 반해 상자성체는 자기화 되는 정도가 강자성체에 비해 상대적으로 약합니다. 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 바로 사라지는 특징도 있습니다.

반자성체는 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화됨을 알 수 있습니다. 또한, 외부 자기장이

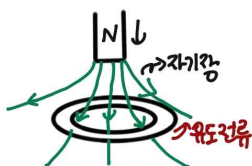
존재하지 않을 때는 자기장을 가지지 않으며, 외부 자기장을 제거하면 상자성체와 똑같이 자기화된 상태가 바로 사라집니다. 주로 하드 디스크나 자기 테이프 등등에 강자성체를 활용합니다. 외부 자기장을 제거해도 자기화 상태가 오래 유지되는 성질을 이용한 것이지요. 반자성체는 주로 약한 자기장을 지니지만, 초전도체는 마이스너 효과에 의해 예외적으로 강한 반자성을 나타냅니다. 마이스너 효과는 조금 복잡한 개념이지만, 간단히 이야기해서 그냥 강한 반자성이다! 라고 생각해주시면 감사할 거 같습니다. 이와 더불어 특정한 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 성질 때문에 초전도체에 대한 연구가 활발합니다. 우리는 어떤 행동을 하든 저항 때문에 에너지 측면에서 손실이 일어나면서 우리가 무엇을 얻는 만큼 사용할 수 없습니다. 근데 만약 저항이 0이 된다면요? 지금보다 더 효율적이고 눈부신 발전을 이룰 것입니다. 이를 만약 상온상압에서 구현할 수만 있다면 정말 영화에서 봐왔던 미래가 펼쳐지겠죠. 이번 주제가 뜨거운 감자가 된 이유기도 합니다.

8. 밀당을 하는 법

저희는 전류에 의해 자기장이 변하는 현상에 대해 공부해봤습니다. 전기와 자기가 서로 관련이 있음을 알 수 있었죠. 그럼 반대로 자기장이 전류에 영향을 미칠 수 있을까요? 네 있습니다! 원형 도선 가까이에서 자석을 갖다대면 전류가 흐르는 것을 관측하실 수 있는데요. 이렇게 코일 내부의 자기 선속이 변할 때, 코일에 전류가 흐르는 현상을 전자기 유도라 합니다. 이번에는 이렇게 자기가 전기에게 어떤 영향을 주는지 자세히 배워보도록 하겠습니다.



우선, 위에서 처음 보는 단어가 나오죠. 자기 선속이 무엇일까요? 자기 선속은 어떤 면을 통과하는 자기력선의 총 개수를 이야기합니다. 왼쪽 그림에서 빨간색 선이라 생각하시면 될 것 같습니다. 자기 선속은 자기장과 자기장의 방향에 수직인 면적의 곱으로 표현됩니다. 왼쪽 그림은 자기장과 면적이 서로 수직이라 자기장과 면적의 곱

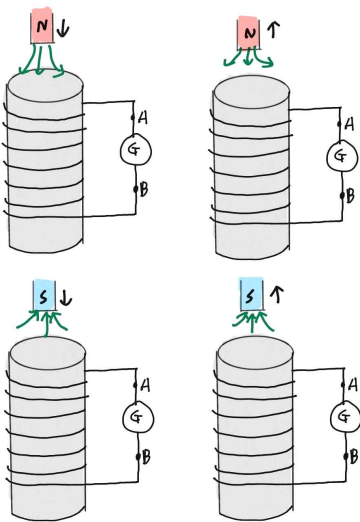


으로 표현되었으며, 오른쪽 그림은 서로 비스듬하여서 삼각비를 이용해 나타냈습니다.

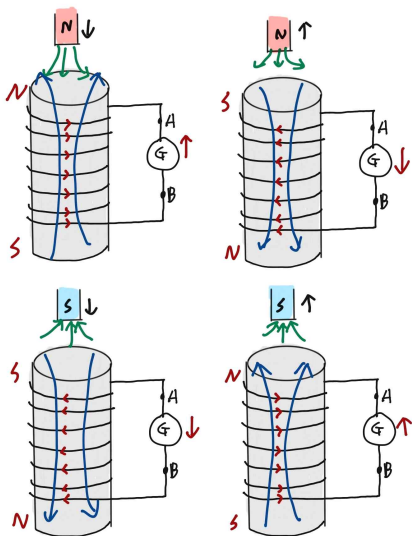
코일을 통과하는 자기선속이 변할 때 코일에 흐르는 전류를 우리는 유도 전류라고 부르며, 이때 코일에 발생한 전압을 유도 기전력이라 합니다. 왼쪽 그림처럼 자석이 가까워지거

나 멀어지면 코일을 통과하는 자기 선속이 변하겠죠? 이런 경우에 유도전류가 흐르게 됩니다. 자석이 코일에 대해 가만히 있는 경우면 유도 전류는 전혀 만들어지지 않습니다!

그러면 이 유도 전류의 방향은 어떻게 될까요? 이는 1834년, 렌츠가 유도 전류는 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다는 것을 발견하게 됩니다. 간단하게 말하자면, 자석이 가까워지면 코일은 자석을 밀어내려고 하고, 멀어지려고 하면 끌어당기는 방향으로 흐른다는 것이지요. 아래 그림과 함께 설명하겠습니다.



여기 네가지 상황이 있습니다. N극과 S극이 각각 코일(솔레노이드)에 가까워지거나 멀어지는 상황을 나타낸 것입니다. 우선 N극이 가까워지는 경우를 볼까요? 초록색 선은 자기력선을 의미합니다. N극이 가까워지면 솔레노이드 위에서 밑으로 통과하는 초록색 선(자기력선)이 많아지겠죠? 반대로 멀어질 경우에는 자기선속이 줄어들게 될 것입니다. 한번 머릿속으로 자석과 솔레노이드를 두고 생각해보세요! 이번엔 S극이 가까워질 경우 솔레노이드 밑에서 위로 통과하는 자기력선이 많아질 겁니다. 멀어지는 경우는 반대겠고요. 그럼 이제 유도전류를 그려볼까요?



N극이 가까워지면 솔레노이드 위에서 밑으로 통과하는 자기력선이 많아진다 했습니다. 이를 방해하려면 코일 내에서는 밑에서 위로 통과하는 자기장이 만들어져야 하네요(상쇄 개념으로 보시면 좋습니다). 앞에서 배운 솔레노이드 자기장과 전류의 방향을 생각하면서 오른손 법칙을 이용하면 유도전류는 B에서 A로 흐름을 알 수 있습니다. 또한, 솔레노이드 위쪽에 N극이 유도되겠네요. N극이 멀어지는 경우는 반대가 됨을 알 수 있습니다. 이번엔 반대로 S극이 가까워지면, 솔레노이드 밑에서 위로 통과하는 자기력선이 많아집니다. 이를 방해하려면 어떻게 해야할까요? 네! 솔레노이드 내부에서 위에서 밑으로 향하는 자기장이 생기면 되겠네요.

따라서 이번엔 솔레노이드 위가 S극으로 유도되며, 유도 전류는 오른손 법칙에 의해 A에서 B로 흐르게 됩니다. 이해가 잘 안되신다면 위에서 말씀드렸든 상쇄시킨다는 느낌으로 받아들이시면 될 것 같습니다. 솔레노이드는 자석의 움직임을 방해하려는 방향으로 유도될 것입니다.

그러면 같은 자석을 속도를 다르게 해서 던졌을 때, 유도 전류에 차이가 있을까요? 이는 패러데이의 유도법칙으로 설명드릴 수 있습니다. 패러데이는 유도 기전력의 세기에 대해 $V = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 로 표현하였습니다. 여기서 V 는 유도 기전력의 세기, N, Φ 는 각각 코일의 감은수와 자기선속을 이야기합니다. 즉, 유도 기전력의 세기는 코일의 감은 수와 코일을 통과하는 자기 선속의 변화율에 비례한다는 것이지요. 자석의 세기가 세거나, 자석이 빨리 움직일수록 단위 시간당 자속 변화율이 증가하니 당연히 유도 기전력은 더 세질 것입니다. 여기서 유도 기전력 앞에 마이너스 부호가 붙은 이유는 무엇일까요? 네, 앞에서 말했듯 유도 전류의 방향은 자속 변화를 방해하는 방향임을 나타낸 것입니다.

9. 일단 부딪히는 것도.

옛날에 전기와 자기는 서로 다른 현상으로 인식되었습니다. 하지만 여러 과학자들의 발견을 거쳐, 맥스웰이 맥스웰 방정식을 통해 전기와 자기를 하나의 전자기로 통합하면서 지금은 자연스럽게 상호작용하는 관계가 되었죠. 우리도 마찬가지로. 다른 사람들을 보면서 ‘나랑은 안 맞겠다.’, ‘좀 피곤할 것 같다.’ 등의 이유로 피하기보다는 일단 한번 가서 인사를 건네보고, 공통점을 찾아보는 것도 새로운 인연을 만드는 좋은 방법일 수 있습니다. 너무 두려워 마세요. 맥스웰처럼 우리도 서로 잘 엮여주는 고마운 사람들이 있을 수도 있잖아요? 뜻밖의 사람과 잘 맞게되면 꽤 소중한 인연이 될 수 있습니다. 전기와 자기처럼요. 이상으로 글을 마치겠습니다. 감사합니다. 엘컴이었습니다.