

주제3

여러 종류의 막대에 에나멜선을 감고 전지 연결하기

차시	3~4/9 차시		
교과서	80~81쪽	실험 관찰	58쪽

학습 목표

- 개념 영역**
- 여러 종류의 막대에 에나멜선을 감아 만든 전자석에 대한 자기력의 크기를 설명할 수 있다.
 - 전자석과 막대 자석의 특성을 비교할 수 있다.
- 과정 영역**
- 어떤 막대에 에나멜선을 감아야 자기력이 커질 지 예상한 후, 전자석의 세기를 관찰하여 설명할 수 있다.

고과서

여러 종류의 막대에 에나멜선을 감고 전지를 연결하여 봅시다.

- 1 자기기 선택한 막대에 에나멜선을 감습니다. 금속 막대에는 종이를 감고 그 위에 에나멜선을 감습니다.
- 2 에나멜선의 양 끝을 벗겨 냅니다.
- 3 에나멜선의 양 끝을 각각 전지에 연결합니다.
- 4 에나멜선을 감은 막대의 한쪽 끝에 나침반을 가까이 해 봅니다.

핀을 실로 매달고 에나멜선을 감은 막대에 가까이 하여 봅시다. 어떤 막대에 감은 에나멜선이 핀을 잘 잡아당깁니까?

에나멜선에 전류가 흐르면 자석과 같은 성질을 띠게 됩니다. 이 때, 철로 된 물체에 에나멜선을 감으면 센 자석이 됩니다. 이렇게 만든 자석을 '전자석'이라고 합니다. 또, 전자석이 아닌 보통의 자석을 '영구 자석'이라고 합니다.

● 어떻게도 해 보세요 ●

매달린 막대 자석을 이용해서 전자석의 N극과 S극을 찾아봅시다.

학습 개요

1. 여러 가지 막대로 전자석 만들기

- 여러 종류의 막대에 에나멜선을 감아 전자석 만들기
- 막대의 종류에 따른 전자석의 세기 예상해 보기



2. 막대 종류에 따른 자기력의 세기 비교하기

- 나침반과 자석을 이용하여 막대의 종류에 따른 자기력의 세기 비교하기



3. 전자석의 극 알아보기

- 매달린 막대 자석을 이용하여 전자석의 극 찾아보기

실험 관찰

여러 종류의 막대에 에나멜선을 감고 전지 연결하기 80-83쪽

- 우리 모둠이 실험한 막대의 종류 :
- 어느 막대에 에나멜선을 감았을 때에 나침반 바늘이 가장 많이 움직였습니까?
- 어느 막대에 에나멜선을 감았을 때에 멀리 있는 핀도 달라붙게 됩니까?
- 선 전자석을 만든다면, 어느 막대에 에나멜선을 감는 것이 좋습니까?

전자석의 특징 알아보기 82-83쪽

- 전자석이 전류가 흐를 때
 - 붙는 물체 :
 - 붙지 않는 물체 :
- 전자석이 전류가 흐르지 않을 때 :
- 전자석의 극
 - 극을 찾는 방법 :
- 전자석에 나타나는 극의 수 :

쇠못, 나무 막대, 빨대 등
(각 모둠에서 실험한 막대의 종류를 쓰면 된다.)

쇠못 또는 쇠막대

쇠못 또는 쇠막대

쇠못 또는 쇠막대

준비물

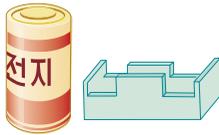
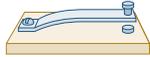
에나멜선(3m내외/모듬)



나침반, 막대 자석(1개/모듬)



DM 사이즈 전지 1.5V 와 전지 끼우개(3개/모듬), 스위치, 소켓에 끼운 전구(1개/모듬), 집게 전선(4개/모듬)



못, 나무 젓가락, 빨대, 등 여러 종류의 막대(약 7cm정도 크기)

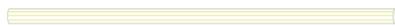
쇠못은 불에 달군 것을 사용하며 녹이 슬지 않고 표면이 매끈하며, 지름이 5mm이상이어야 한다.

실 50cm, 셀로판 테이프, 핀(1개/모듬)



탐구 활동 과정

1. 어느 막대에 에나멜선을 감아야 자기력이 가장 커질까 예상해 본다.

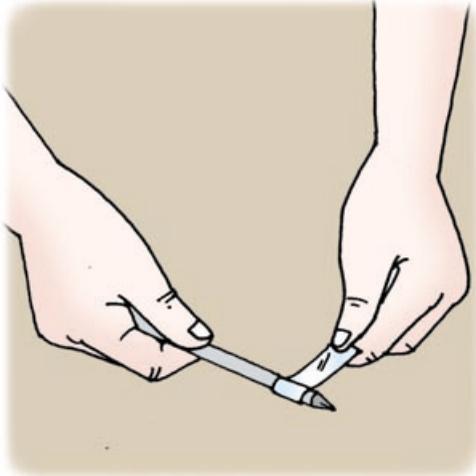


다른 학생들의 예상과 자신의 의견을 비교해 볼 수 있는 기회를 가지게 한다.

2. 모듬별로 막대의 종류를 정한다.



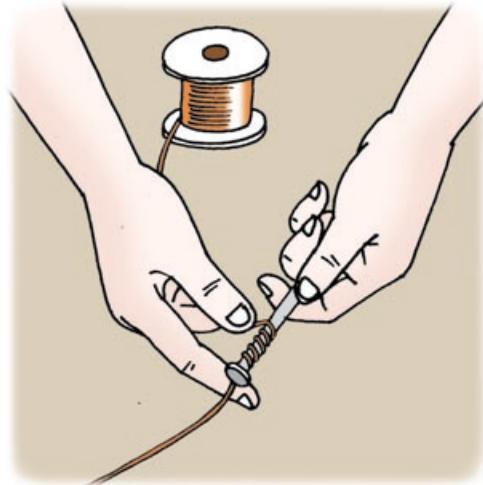
3. 각자 선택한 막대에 에나멜선을 감기 전에 에나멜선이 풀리지 않도록 막대 구간 양쪽을 테이프로 막아 둔다.



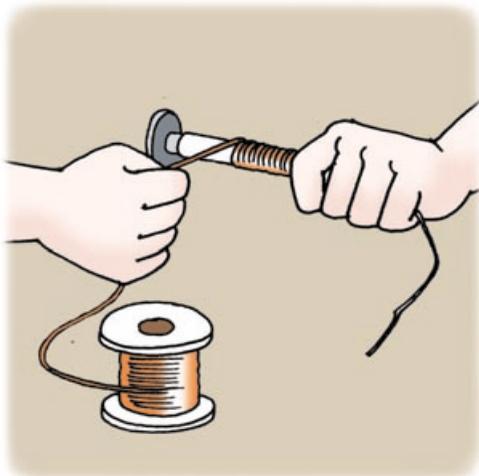
감기 전에 에나멜선이 풀리지 않도록 막대의 구간 양쪽을 막아 두는 것이 좋다.

4. 과정 3의 막대에 에나멜선을 감을 때, 에나멜선을 감는 구간의 길이(약6cm 정도)와 횟수(100번)를 같게 한다.

에나멜선을 감는 구간의 길이와 횟수가 실험에서 중요한 변인이 될 수 있으므로, 학급 전체 토의를 통해 결정하도록 한다.



5. 과정 3의 막대에 에나멜선을 한 방향으로 가지런하고 촘촘하게 감는다.



에나멜선을 막대에 밀착하여 밀리지 않도록 천천히 감아야 전자석이 제대로 작동할 수 있다.

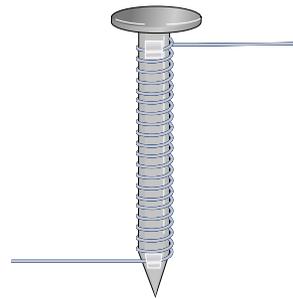
3,4
차
시

6. 막대의 끝까지 완전히 감았으면, 감은 선 위로 과정 5와 같은 방법을 반복하여 같은 방향으로 100번이 될 때까지 촘촘하게 감는다.



7. 다 감은 후 에나멜선이 흩어지거나 빠지지 않도록 양끝을 테이프로 고정시키고 양끝의 에나멜선을 약 10cm 정도 남기고 잘라 낸다.

에나멜선을 잘라낼 경우 다치지 않도록 주의한다.

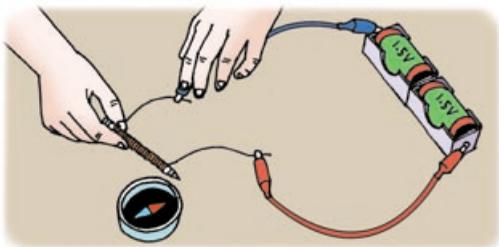


8. 양끝의 에나멜선에서 길이 약 1cm 정도의 에나멜 피복을 완전히 벗겨 낸다.



칼이나 알코올 램프를 사용할 때의 주의 사항을 미리 말해 준다. 에나멜선을 완전히 벗겨내지 못할 경우 접촉 불량일 수도 있다.

9. 집게 전선을 이용해 에나멜선과 전지를 연결하여 회로를 완성한다. 에나멜선을 감은 막대의 한쪽 끝에 나침반을 가까이 해 보고 나침반 바늘의 움직임을 관찰한다.

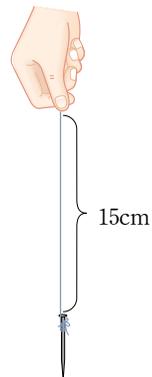


스위치와 전구를 함께 연결하면 전류의 흐름을 확인할 수 있다.

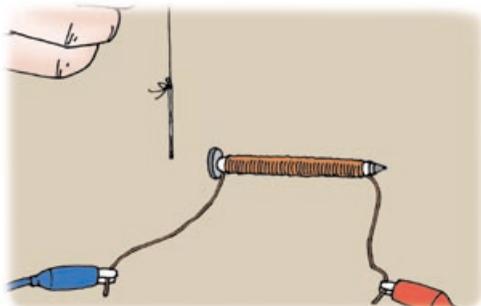
3.4
차
시

10. 전자석의 세기를 알아볼 수 있는 방법을 생각해 본다. 15cm의 실 끝에 핀을 매단다.

나무 막대나 빨대의 경우 핀이 잘 움직이지 않는 경우에는 전지의 개수를 증가시키거나 나침반으로 확인한다.



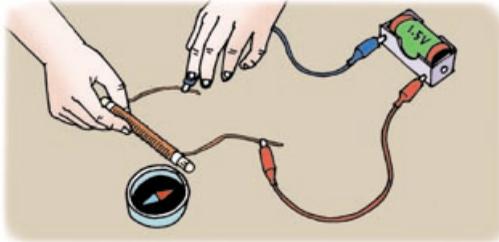
11. 실에 매단 핀을 우리 모둠에서 만든 전자석에 천천히 가져가서 어느 정도 거리에서 달라붙는지 측정한다. 전류가 흐르는 전자석에 나침반을 가까이 가져가서 바늘이 움직이는 각도를 측정한다.



핀이 달라붙는 거리가 멀거나 나침반 바늘이 움직인 각도가 큰 경우 전자석의 세기가 강하다.



12. 우리 모둠에서 만든 막대와 다른 모둠에서 만든 막대를 바꾸어 가면서, 과정 11의 실험을 반복한다. 가장 센 전자석은 어떤 막대로 만든 것인지 알아본다.

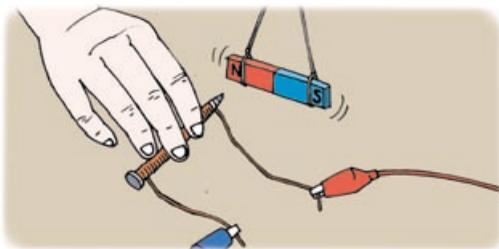


13. 전자석의 극을 찾을 수 있는 방법을 토의한다.



나침반 바늘이 가리키는 모양과 자석의 밀고 당기는 극을 이용하여 전자석의 극을 찾을 수 있다.

14. 여러 가지 방법으로 전자석의 극을 찾는 실험을 해 본다. 실험 결과를 교과서 81쪽 사진에 기록한다.



전자석의 한쪽 끝이 자석의 N극을 당기면 그 쪽이 S극이 된다.



정 리

1. 에나멜선만으로 만든 전자석보다 철로 된 물체에다 에나멜선을 감았을 때 더 강한 전자석이 된다.
2. 나무 막대와 같은 비금속을 사용하면 자석의 세기는 변하지 않는다.
3. 전자석을 만든 후 자기장의 세기는 실에 매단 핀이 달라붙는 거리, 나침반의 바늘이 움직인 각도로 비교할 수 있다.
4. 전자석의 극은 나침반이나 자석을 이용하여 찾을 수 있다.



평 가

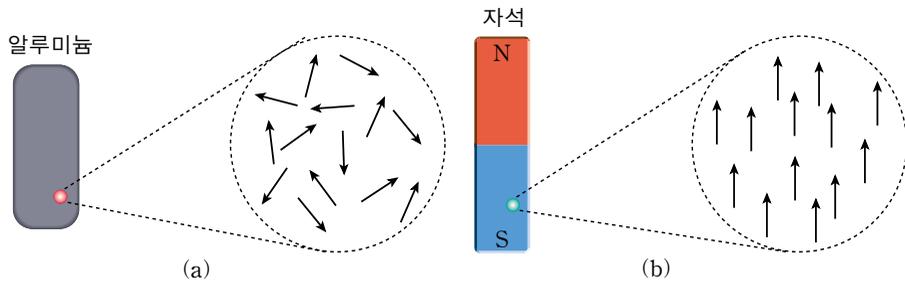
1. 에나멜선을 감기 전에 쇠못을 종이로 감싸는 이유는 무엇인가?
()
2. 에나멜선에 전류가 흐르면 자석과 같은 성질을 띄게 되고, 철로 된 물체를 감았을 경우에 더 센 자석이 되는데 이렇게 만든 자석을 무엇이라고 하는가?
()
3. 센 자석을 만든다면, 어느 막대에 에나멜선을 감는 것이 좋은가?
()
4. 전자석의 극은 어떻게 찾을 수 있을까?
()

- 정답**
1. 에나멜선에 흠집이 생겼을 경우, 구리선이 쇠못과 접촉하여 쇠못을 통해 전류가 흘게 되는 현상을 막기 위해서이다. 또한 미끄러지지 않고 잘 감긴다.
 2. 전자석
 3. 쇠못 또는 쇠막대
 4. 나침반 바늘의 N극이 가리키는 쪽은 S극이다. N극을 당기는 쪽은 S극이다.

자석도 전류인가?

전하에는 전자와 양성자가 있으며, 움직이는 전하는 자기장을 만든다는 사실을 앞에서 알아보았다. 우리가 흔히 사용하는 영구 자석의 주 재료는 철이다. 철 원자 속에는 많은 전자가 들어있고, 이들은 철의 원자핵 주변을 공전하면서 스스로 자전도 하는데, 이것이 바로 자성의 원인이다. 그런데도 일반인에게 ‘자성’에 대해 물어보면, 자석, 나침반, 북극 등만 거론할 것이다. 그러나 이제 우리의 생각은 좀더 확장되었다. 자기장은 전하의 움직임에 의해 만들어지므로, 자석 속을 원자 크기로 들여다 보면, (핵 주위를 공전하거나, 자신의 축으로 자전하는 전하 때문에 생기는) 미세한 전류를 볼 수 있다. 그러나, 보통 원자들의 경우에는 회전 방향이 무질서하기 때문에 그로 인한 자기력도 결국 상쇄된다. 그러나 철과 같은 자성체의 경우에는 외부 자기장의 영향을 받아 나란히 정렬되므로 자성이 나타난다.

그러나 이와 같은 자석도 고온으로 가열하면, 전자들의 질서 있는 배열이 다시 흐트러지고 마는데, 그렇게 되면 자성도 사라지고 만다. 그렇게 된 자석은 마치 작은 자석을 무질서하게 서로 섞어 놓은 것과 같은 상태이다. 그러나 센 영구 자석을 가까이 대면 전자들의 회전 방향이 다시 질서 있게 배열될 수 있다(자기 유도). 그리고 아주 세게 자화시킨 철은 자석을 치워도 약간의 자성이 계속 남기도 한다.



전자석에서 철심의 역할은?

코일 속에 여러 가지 막대를 끼워서 전자석의 세기를 비교해 보면, 철심을 끼우는 경우에는 쇠붙이가 잘 끌려오지만 다른 막대를 끼우면 잘 끌려오지 않는다는 것을 알 수 있다. 그 이유는 무엇일까? 우리는 앞 단원에서 전류가 흐르는 전선만으로도 자기력을 낸다는 것을 다룬 바 있다. 그러므로 코일 속에 철심이 없거나 다른 막대를 넣는다 하더라도, 전자석 역할을 못하는 것은 아니다. 그러나 실제 전자석은 모두 내부에 철심을 넣어 만든다. 그 이유는 코일에 흐르는 전류가 만든 자기장에 의해 철심도 자화가 되기 때문이다. 더욱이 코일이 철심에 유도한 자기장은 코일 자체의 자기장보다 약 1000배나 되는 세기이다. 그러므로 철심을 넣지 않은 경우와 비교할 때, 자기력의 세기가 엄청나게 큰 차이가 나는 것이다.

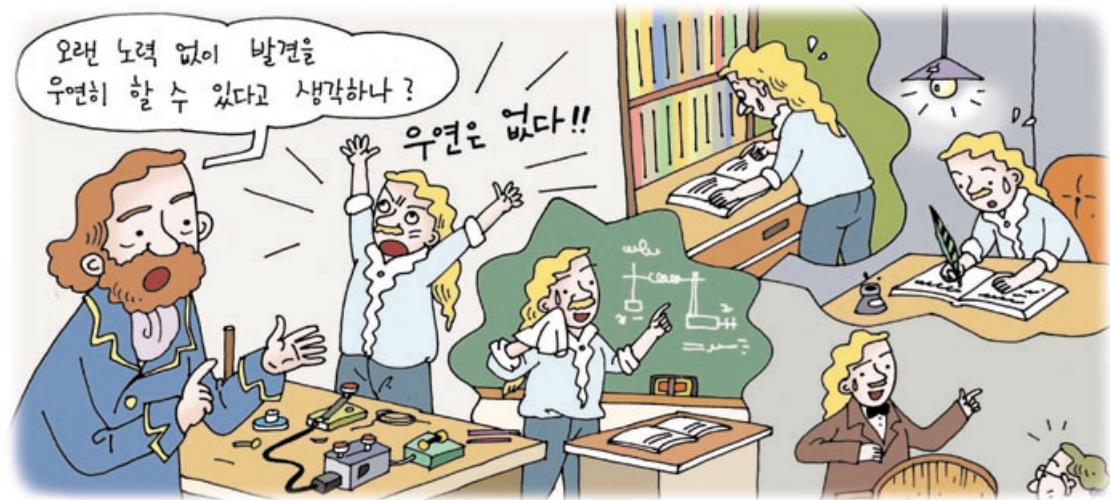


외르스텝의 발견은 우연인가?

전류의 자기 효과는 우연히 발견된 것일까? “외르스텝이 실험 강의 도중 어떤 현상을 발견 했는데, 그 강의에 참석했던 사람들의 증언에 의하면 외르스텝은 실험 도중에 일어난 현상을 보고 마치 전혀 예상하지 못했던 것처럼 당황하는 것 같았다고 한다. 그는 볼타 전지를 이용하여 철사에 강한 전류를 흘려보내면서 그 옆에 나란히 놓인 나침반 바늘이 거의 90° 까지 회전하는 것을 보고 놀란 것이다.” [출처 : 물리 이야기(1992), p184.]

이 자료를 읽으면 외르스텝의 발견이 우연인 것처럼 느껴진다. 그러나 다른 자료 [출처 : 현대 물리학의 선구자 (2001), p23]를 좀더 읽어 보자; “외르스텝은 오랫동안 자연의 통일된 힘을 찾으려는 자연철학주의에 관심을 가지고 있었으며, 이미 1813년에 전기의 자기적 효과를 예견하는 논문을 발표한 바 있다. 그리고 그는 오랜 노력 끝에, 1820년 7월 21일 마침내 그 현상을 실험적으로 확인하고서, 「전류가 자침에 미치는 영향에 관한 실험」이라는 책자를 써서 전 유럽의 친구들에게 보냈다. 곧 이어 비슷한 실험이 수많은 과학자들에 의해 반복되었다.”

과연 외르스텝의 발견은 우연일까? 그러면 지나가는 행인이 이 실험을 구경하였다 하더라도 이 놀라운 전기와 자기의 관계는 발견되었을까? 그렇지 않을 것이다. 이 문제를 두고 오랫동안 관심과 노력을 기울여 온 사람의 눈에만 보일 것이다. 따라서 외르스텝의 발견은 결코 우연일 수 없다. 그리고 실험은 그 자체보다 이론적 관심과 함께 이루어질 때 과학의 지평은 더욱 넓어질 것이다.



1. 전자석을 만들 때 쇠못을 불에 달구는 이유는?

전자석을 만들 때 사용하는 쇠못은 지름이 5mm 이상, 길이는 5~8cm 정도가 적당하며, 에나멜선을 감기 전에 먼저 불에 충분히 달구어서 천천히 식혀야 한다. 이때 쇠못을 집게로 집어서, 실험용 토치나 휴대용 가스버너로 가열한다. 이처럼 쇠못을 불에 달구는 이유는, 쇠못이 주변의 다른 자기장에 의해 이미 자화되었을 가능성이 있기 때문이다. 그런 상태의 못은 마치 막대 자석과 같아서, 쇠못의 자극의 방향이 전자석과 반대 방향일 경우 전자석의 세기는 매우 약해질 것이다. 그러나 이렇게 달군 못을 사용한다 하더라도, 전자석으로 여러번 사용하게 되면 다시 자화가 되기도 한다. 이것을 감별하려면 전자석의 전류가 흐르지 않을 때 나침반을 가까이해 보면 될 것이다.

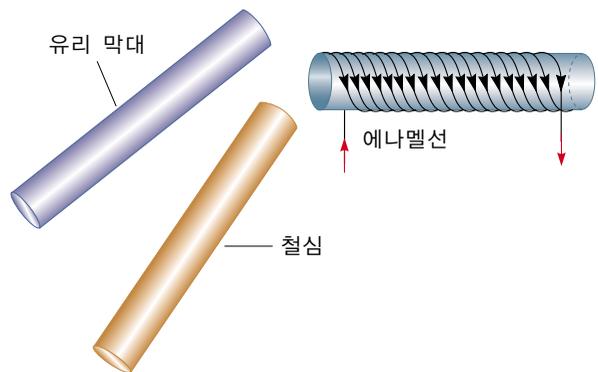
가열한 쇠못은 천천히 식혀야 하는데, 이는 쇠못을 연철로 만들기 위해서이다. 연철은 자기장 속에서는 자화가 되지만, 주변 자기장이 사라지면 쉽게 자석의 성질을 잃어버린다. 그러나 빨리 식힐 경우에는 쇠못이 강철에 가깝게 되는데, 강철은 한번 자화되면 주변 자기장을 없애도 계속 자석의 성질을 유지한다. 이는 전자석으로는 바람직하지 않다.

2. 철심에 종이를 감싸는 이유는?

전자석 실험에 주로 사용하는 에나멜선은 구리선에 절연 니스를 입힌 것이다. 그런데 이 물질은 투명하여 피복이 벗겨져도 알아보기 힘들다. 게다가 철심에 에나멜선을 여러 겹 감으면 저항이 커져 과열되므로 절연 물질이 녹기도 한다. 이런 에나멜선을 그냥 감아서 쓰면 전선과 철심 사이에 그대로 전기가 통해서 단락 현상이 일어난다. 그러면 에나멜선을 여러 겹 감은 효과가 사라지므로 좋은 전자석을 만들 수 없다. 이런 문제를 미리 예방하기 위해서 철심에 종이를 감싸는 것이다. 이 외의 또 다른 효과라면, 종이 위에 에나멜선을 감으면 에나멜선이 잘 미끄러지지 않아 더 촘촘하게 감을 수 있다.

3. 여러 가지 막대로 전자석을 만드는 요령

여러 가지 막대로 전자석을 만드는 실험을 할 때, 모든 막대에 각각 에나멜선을 감으려면 많은 시간이 걸린다. 이런 고생을 덜기 위해서는 속이 뽕 뚫린 PVC 막대에 코일을 감아 여러 종류의 막대를 그 속에 넣었다 뺏다 하기만 하면 된다. 이렇게 하면 재료를 바꿀 때마다 코일을 다시 감을 필요가 없어 편리하다.



4. 전자석이 제대로 작동하지 않을 경우

- ① 쇠못을 불에 달군다. ② 얇은 종이를 꼭 붙여감는다. ③ 에나멜선을 촘촘하게 감는다.



- ④ 에나멜 피복을 잘 벗겨낸다. ⑤ 새 전지를 사용한다.

참고 자료

세상에서 가장 작은 자석

세상에서 가장 작은 자석을 만들기 위해서는 자석을 잘게 쪼개야 할 것이다. 그러면 자석을 반으로 자르면 어떻게 될까? 두 개의 자석이 된다. 또 자르면 4개의 자석이 된다. 이 때 잘라진 자석의 양끝은 새로운 N, S극을 만든다. 이렇게 자꾸 잘라 나간다면, 세상에서 가장 작은 자석은 대체 얼마만한 것일까? 그것은 바로 원자 하나이다. 이것은 자기장의 원인이 전하의 움직임이라는 것을 상기하면 쉽게 이해될 것이다. 즉, 전자가 회전 운동을 하면서 미세한 전류가 흐르기 때문에 원자 하나만 해도 자석 역할을 한다. 그러면 철과 같은 자성체 이외의 원자는 왜 자석의 역할을 못할까? 사실 운동하는 전자는 자기장을 만든다. 그런데 보통의 경우에는 전자가 2개씩 짝을 지어 서로 반대 방향으로 회전한다. 그러면 이를 각각이 만드는 자기력의 방향은 서로 반대이므로 결국 상쇄되어서 자기력이 사라지고 만다. 그러나 철 원자 속의 전자는 그런 짝을 짓지 않고 혼자 돌기 때문에 자기력이 외부로 나타난다고 볼 수 있다.

