전기와 자기 10편

자기장과 전자석



자석 가까이에서 나침반이 돌아가는 까닭은 무엇일까? 전류로 자석의 극과 세기를 바꾸려면 어떻게 해야 할까?

이 편에서 방향을 이어 가는 순서

자석	극(N·S) → 바깥 자기력선(N극에서 나와 S극으로) → 나침반 N극 방향
코일	전지의 극 → 전류 방향 → 오른손(네 손가락=전류) → 엄지손가락=N극 → 코일 내부·바깥 자기장 → 나침반 N극 방향
직선 도선	전류 방향 → 오른손(엄지손가락=전류) → 네 손가락=자기장(동심원) → 나침반 N극 방향

이 편에서 답할 질문

유형	이 편에서 답할 질문
1	자석의 극과 나침반의 방향은 어떻게 판단할까?
2	자기력선에서 자기장의 방향과 세기를 어떻게 읽을까?
3	전지에 연결된 코일의 극과 나침반 방향은 어떻게 찾을까?
4	전자석의 세기를 바꾸는 조건을 어떻게 알아낼까?
5 · 더 알아보기	직선 도선 주위의 자기장은 어느 방향일까?

© 대치동 재우쌤 | 010-9524-4849 | https://leessaem.com/ | https://blog.naver.com/leessaem84
본 자료는 직접 제작한 학습 자료입니다. 개인 학습을 위한 열람·인쇄는 자유롭게 할 수 있으며, 무단 복제·재배포·수정 후 재배포 및 상업적 이용을 금합니다.

유형 1 자석의 극과 나침반의 방향은 어떻게 판단할까?

대표문제 **문항 01**

두 막대자석을 그림과 같이 가까이하자 서로 밀어냈다. 오른쪽 자석의 두 끝을 A, B라고 하였다.



(1) A의 극을 쓰시오. 답: _____

(2) B의 극을 쓰시오. 답: _____

(3) 오른쪽 자석은 그대로 두고, 왼쪽 자석만 돌려 N극이 A를 향하게 하면 두 자석은 서로 끌어당기는가, 밀어내는가? 답: _____

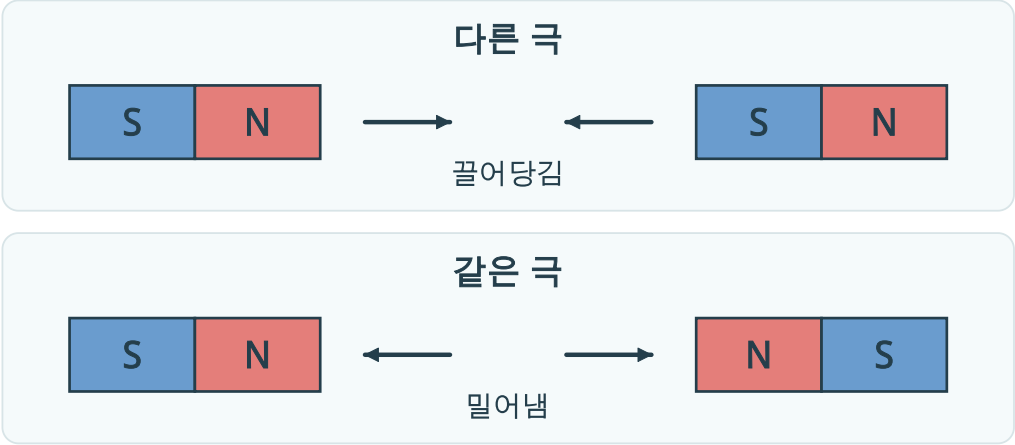
질문으로 이해하기

Q01 **자석은 어떤 때 끌어당기고 어떤 때 밀어낼까?**

> **한 줄 답** **마주 보는 극이 다르면 끌어당기고, 같으면 밀어낸다.**

자석에서 자기력이 가장 센 양 끝부분을 **극**이라 하고, N극과 S극이 있다. 자석과 자석 사이, 또는 자석과 쇠붙이 사이에 작용하는 힘을 **자기력**이라고 한다.

마주 보는 극	작용하는 힘
N극과 S극	서로 끌어당기는 힘인 인력
N극과 N극 / S극과 S극	서로 밀어내는 힘인 척력



틀린 생각 자석은 어느 쪽을 가까이해도 다른 자석을 끌어당긴다.

바른 문장 두 자석은 마주 보는 극이 같으면 밀어내고, 다르면 끌어당긴다.

Q02 나침반은 무엇을 알려 줄까?

한 줄 답 **나침반 바늘의 N극은 그 지점의 자기장 방향을 가리킨다.**

자기장은 자기력이 작용하는 공간이다. 작은 자석인 나침반 바늘이 멈췄을 때 N극이 가리키는 방향을 자기장 방향으로 정한다. S극은 그 반대 방향을 가리킨다.



지구 주위에도 자기장이 있어서 나침반의 N극은 대체로 북쪽을 가리킨다. 자석 가까이에서는 그 자석의 영향으로 다른 방향을 가리킨다.

문제의 공통 조건 이 편의 방향 문제에서는 제시한 자석이나 도선의 영향만 생각하고 지구 자기장과 다른 물체의 영향은 무시한다.

틀린 생각 나침반의 N극은 자석 옆에서도 반드시 북쪽을 가리킨다.

바른 문장 나침반의 N극은 놓인 지점의 자기장 방향을 가리킨다.

Q03 쇠클립이 붙는 쪽은 꼭 N극일까?

한 줄 답 자석의 N극과 S극 모두 쇠클립을 끌어당긴다.

자석이 아닌 쇠클립에 자석을 가까이하면 쇠클립도 잠시 자석의 성질을 띤다. 이때 자석과 가까운 쪽이 자석과 다른 극이 되므로 어느 극을 가까이해도 끌려온다.

따라서 **쇠클립이 붙는다는 사실만으로 N극과 S극을 구별할 수 없다.** 극을 구별하려면 극을 아는 자석이나 나침반을 이용한다. 철로 된 물체는 자석에 붙지만, 구리·알루미늄 같은 금속은 붙지 않는다.

틀린 생각 쇠클립이 붙었으므로 가까이한 자석의 끝은 N극이다.

바른 문장 쇠클립은 N극과 S극 모두에 끌리므로, 붙는 것만으로 극을 정할 수 없다.

꼭 기억할 지식과 주의할 점

- 두 자석은 마주 보는 극이 같으면 밀어내고, 다르면 끌어당긴다.
- 자기장의 방향은 그 지점에 놓인 나침반 바늘의 N극이 가리키는 방향이다.
- 쇠클립이 붙는다는 관찰만으로 자석의 극을 구별할 수 없다.

대표문제 풀이

물음	답	까닭과 판단 순서
(1)	**S극**	마주 보는 극이 S극 → 서로 밀어냄 → A도 S극이다(Q01).
(2)	**N극**	한 막대자석의 두 끝은 서로 다른 극이다(Q01).
(3)	**끌어당긴다**	N극과 A의 S극이 마주 봄 → 인력이 작용한다(Q01).

적용 문제

문항 02

어느 지점의 자기장 방향이 오른쪽이다. 이곳에 놓인 나침반 바늘이 멈췄을 때 N극과 S극이 각각 어느 쪽을 가리키는지 쓰시오.

N극: _____ / S극: _____

문항 03

자석과 자기장에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 자석의 같은 극끼리는 서로 끌어당긴다.

② 자석의 서로 다른 극끼리는 서로 끌어당긴다.

③ 모든 금속은 자석에 붙는다.

④ 자기장은 자석에 직접 닿은 곳에만 존재한다.

⑤ 나침반 바늘의 S극이 가리키는 쪽을 자기장 방향으로 정한다.

문항 04

극 표시가 지워진 막대자석의 한쪽 끝에 쇠클립이 붙었다. 이것만으로 그 끝이 N극이라고 판단할 수 있는가? 까닭을 한 문장으로 쓰시오.

답: _____

문항 05

자석 가까이에 둔 나침반의 N극이 동쪽을 가리키며 멈췄다. 옳은 해석은?

① 나침반의 S극도 동쪽을 가리킨다.

② 그 지점의 자기장 방향은 서쪽이다.

③ 나침반이 북쪽을 가리키지 않으므로 반드시 고장 난 것이다.

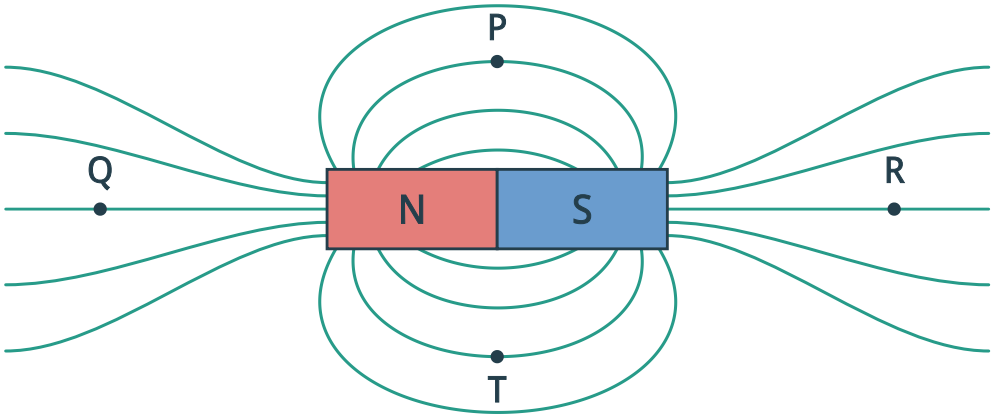
④ 그 지점의 자기장 방향은 동쪽이다.

⑤ 가까이한 자석에는 S극이 없다.

유형 2 자기력선에서 자기장의 방향과 세기를 어떻게 읽을까?

대표문제 **문항 06**

그림은 막대자석 주위의 자기력선 모양이다. P는 자석 위쪽의 가운데, Q는 N극 왼쪽 바깥, R은 S극 오른쪽 바깥, T는 자석 아래쪽의 가운데에 있다. 화살표는 생략하였다.



자석 바깥의 자기력선 일부 · 화살표 생략

각 지점에 놓인 나침반 N극의 방향을 왼쪽·오른쪽 중에서 고르시오.

(1) P에서의 방향 답: _____

(2) Q에서의 방향 답: _____

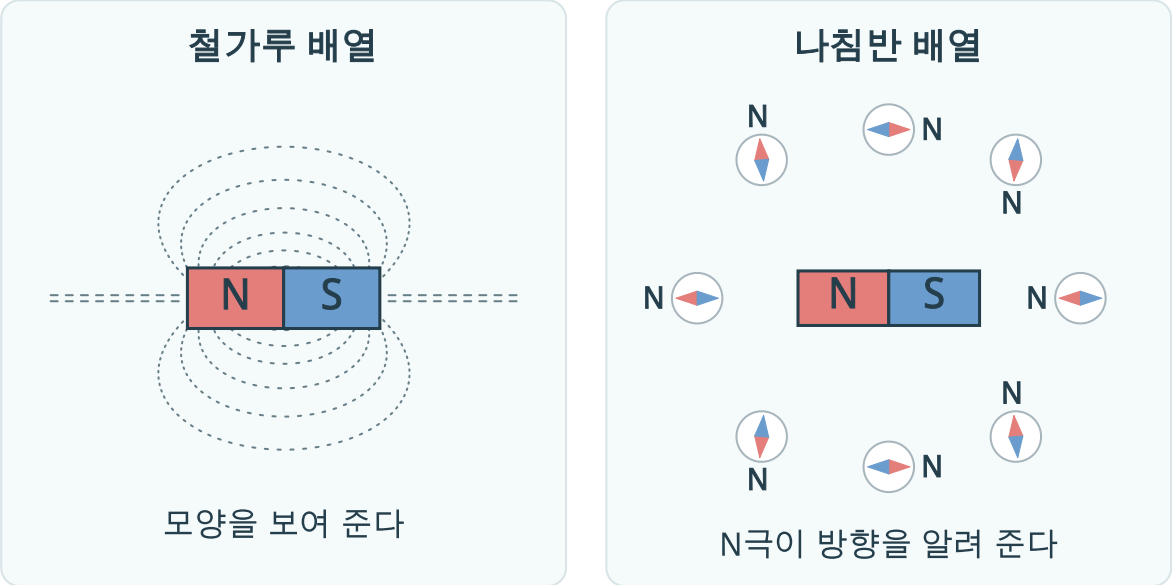
(3) R에서의 방향 답: _____

(4) T에서의 방향 답: _____

질문으로 이해하기

Q04 철가루와 나침반으로 자기장을 어떻게 나타낼까?

한 줄 답 철가루는 자기장의 모양을 보여 주고, 나침반의 N극은 자기장의 방향을 알려 준다.



눈에 보이지 않는 자기장의 모양을 선으로 나타낸 것을 **자기력선**이라고 한다. 자기력선 위의 한 점에서 자기장의 방향은 그 점을 지나는 화살표의 방향이다. 자기력선은 실제로 공간에 떠 있는 실이나 끈이 아니다.

틀린 생각 철가루 배열만 보아도 자기장이 어느 방향인지 알 수 있다.

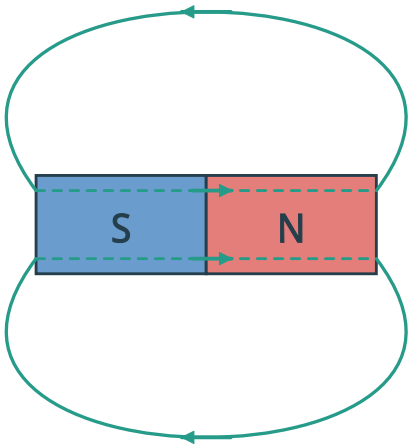
바른 문장 철가루 배열에는 화살표가 없으므로 방향은 나침반 등으로 확인한다.

Q05 자기력선에는 어떤 성질이 있을까?

한 줄 답 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어가며, 촘촘한 곳일수록 자기장이 세다.

성질	뜻
N극에서 나와 S극으로 들어간다.	자석 바깥에서 자기장의 방향을 나타낸다.
도중에 끊어지거나 서로 교차하지 않는다.	한 지점에서 자기장의 방향은 하나뿐이다.
촘촘한 곳일수록 자기장이 세다.	자석의 양 극 부근에서 자기력선이 가장 촘촘하고 자기장이 가장 세다.

더 알아보기 자석 내부에서는 S극에서 N극으로 이어져, 바깥의 자기력선과 고리를 이룬다.

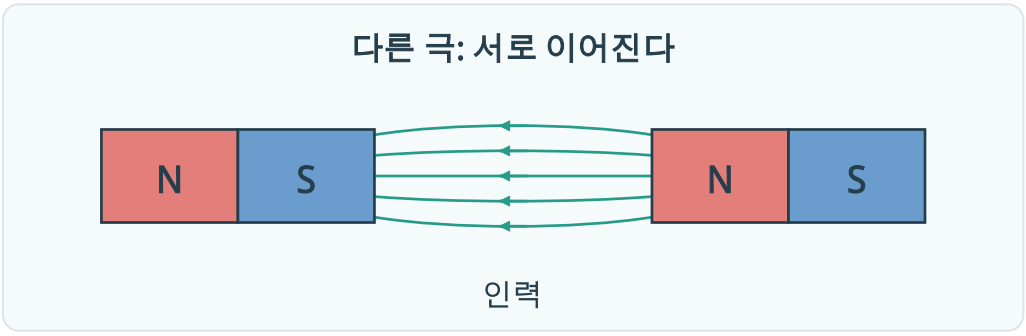


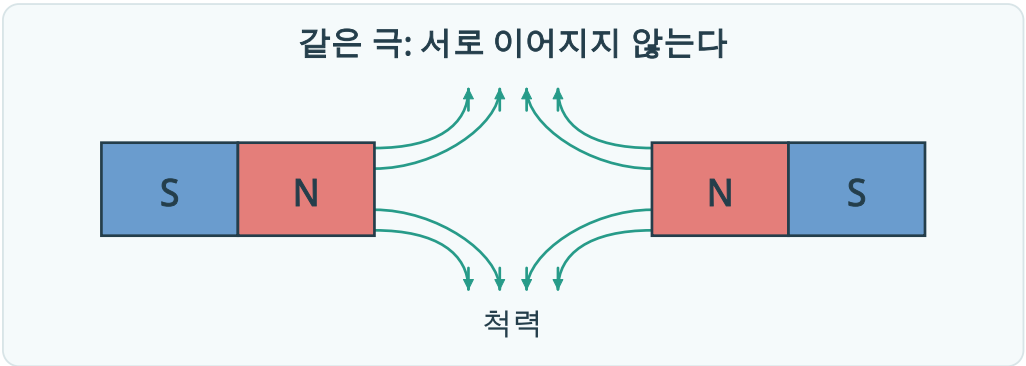
자석 바깥: N극에서 S극으로

점선은 자석 내부에서 이어지는 부분

Q06 두 자석 사이의 자기력선은 어떻게 다를까?

한 줄 답 다른 극 사이의 자기력선은 서로 이어지고, 같은 극 사이에서는 서로 이어지지 않는다.





마주 보는 극	두 자석 사이의 자기력선	힘
N극과 S극	N극에서 나와 S극으로 이어진다.	인력
N극과 N극	서로 이어지지 않고 바깥으로 휘어 나간다.	척력

꼭 기억할 지식과 주의할 점

- 자석 바깥의 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어가고, 나침반 N극은 그 방향을 가리킨다.
- 자기력선은 도중에 끊어지거나 서로 교차하지 않으며, 촘촘한 곳일수록 자기장이 세다.
- 다른 극 사이의 자기력선은 이어지고 인력이 작용하며, 같은 극 사이에서는 이어지지 않고 척력이 작용한다.

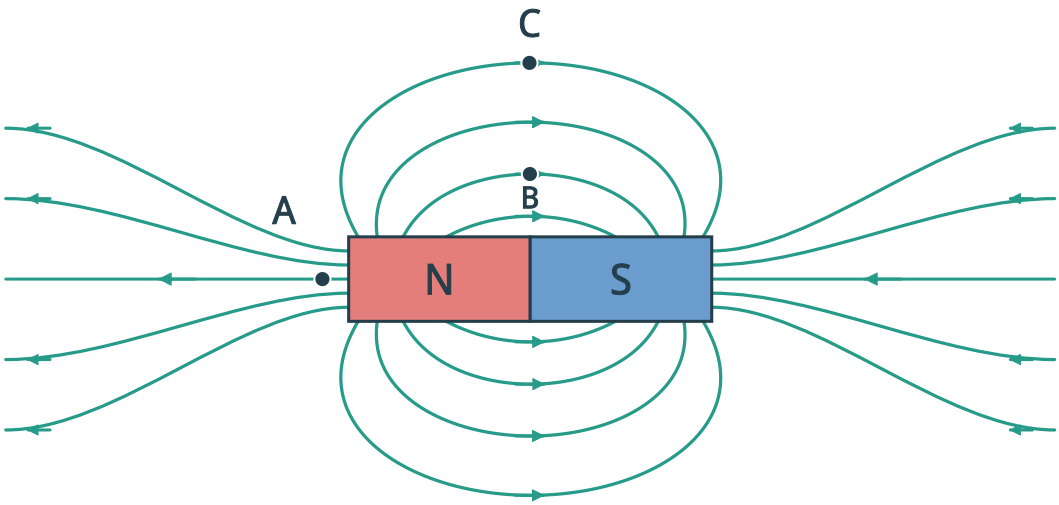
대표문제 풀이

물음	답	까닭과 판단 순서
(1)	**오른쪽**	P에서는 왼쪽 N극 → 오른쪽 S극으로 향한다(Q05).
(2)	**왼쪽**	Q에서는 왼쪽 N극에서 나가는 방향이다(Q05).
(3)	**왼쪽**	R에서는 오른쪽에서 S극으로 들어간다(Q05).
(4)	**오른쪽**	T도 자석 바깥이므로 N극 → S극으로 향한다(Q05).

적용 문제

문항 07

그림은 막대자석 주위의 자기력선을 나타낸 것이다.



자기력선 일부 · A·B·C에서 자기장의 세기를 비교

(1) A·B·C 중 자기장이 가장 센 곳을 쓰시오. 답: _____

(2) 그림의 자기력선 간격을 근거로 까닭을 쓰시오. 답: _____

문항 08

자기력선에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 나침반의 N극은 그 지점의 자기력선 방향을 가리킨다.

② 자석 바깥에서는 S극에서 나와 N극으로 들어간다.

③ 자기력선은 한 지점에서 여러 방향으로 교차한다.

④ 자기력선의 간격이 넓을수록 자기장이 세다.

⑤ 자기력선은 자석에서 튀어나온 가느다란 물질이다.

문항 09

다음 문장에서 틀린 부분을 바르게 고쳐 문장 전체를 쓰시오.

> 자석 바깥의 자기력선은 S극에서 나와 N극으로 들어가며, 촘촘한 곳일수록 자기장이 약하다.

답: _____

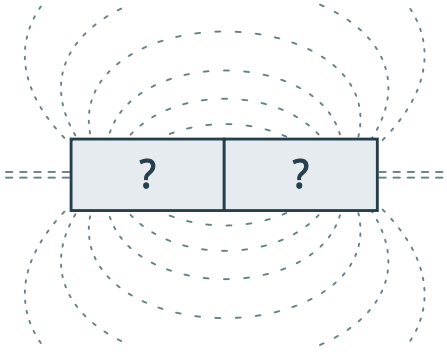
문항 10

자기장 그림을 읽는 방법으로 옳지 않은 것은?

① 나침반의 N극 방향을 확인한다.
② 자석의 N극과 S극을 확인한다.
③ 자기력선의 촘촘한 정도를 비교한다.
④ 자기력선의 방향 화살표를 확인한다.
⑤ 선을 그리지 않은 빈 곳에는 자기장이 전혀 없다고 판단한다.

문항 11

극 표시를 가린 막대자석 주위에 철가루를 뿌렸다. 나침반은 사용하지 않았다.



극 표시를 가리고 철가루 배열만 관찰

(1) 이 배열만으로 자기장의 방향까지 알 수 있는가?

답: _____

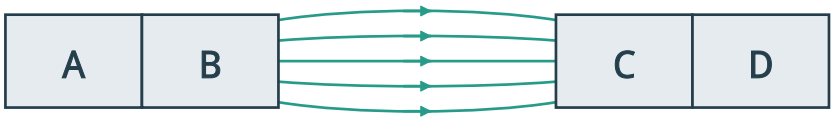
(2) 자기장의 방향을 확인하려면 무엇을 놓고 어느 부분을 보아야 하는가?

답: _____

문항 12

그림은 두 막대자석 사이의 자기력선 일부이다. 화살표는 왼쪽 자석에서 오른쪽 자석으로 향한다. 두 자석의 극 표시를 모두 가렸다.

두 자석 사이의 자기력선 일부



(1) B의 극을 쓰시오. 답: _____

(2) C의 극을 쓰시오. 답: _____

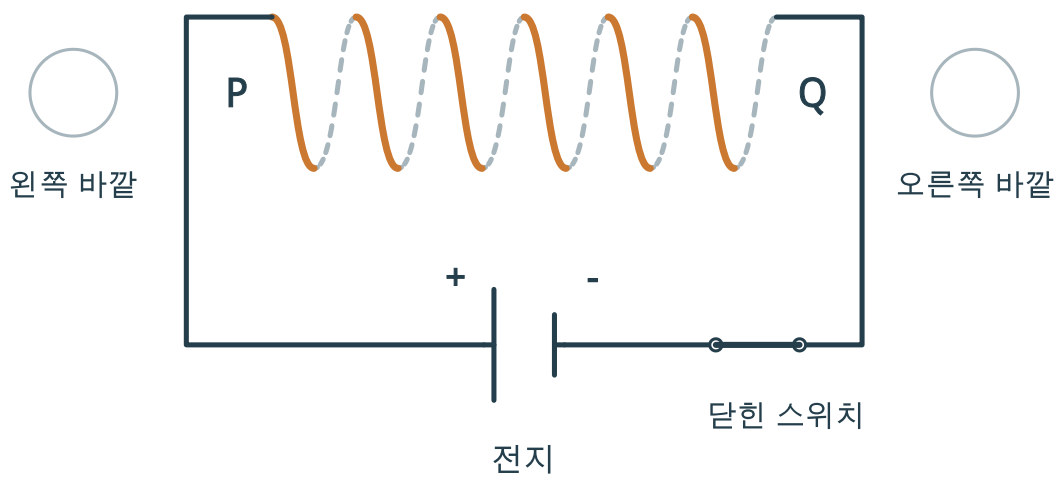
(3) 두 자석 사이에 작용하는 힘을 인력·척력 중에서 고르시오. 답: _____

유형 3 전지에 연결된 코일의 극과 나침반 방향은 어떻게 찾을까?

대표문제 **문항 13**

전지와 코일을 그림처럼 연결하고 스위치를 닫았다. P는 코일의 왼쪽 끝, Q는 오른쪽 끝이다. **실선은 앞쪽 도선, 점선은 뒤쪽 도선**이다. 두 빈 원은 나침반을 놓을 자리이다.

실선: 앞쪽 도선 / 점선: 뒤쪽 도선



(1) 코일 앞쪽 도선의 전류 방향을 위·아래 중에서 고르시오. 답: _____

(2) P와 Q의 극을 각각 쓰시오.

P: _____ / Q: _____

(3) 코일 내부의 자기장 방향을 P→Q, Q→P 중에서 고르시오. 답: _____

(4) 두 나침반 N극의 방향을 각각 왼쪽·오른쪽 중에서 고르시오.

왼쪽 바깥: _____ / 오른쪽 바깥: _____

질문으로 이해하기

Q07 **코일에는 자석이 없는데 왜 나침반이 움직일까?**

> **한 줄 답** **코일에 전류가 흐르면 주위에 자기장이 생기기 때문이다.**

도선을 여러 번 감아 만든 것을 **코일**이라고 한다. 전류가 흐르는 코일은 양 끝이 N극과 S극처럼 작용하며, 주위 자기장의 모양은 막대자석 주위와 비슷하다.

✕ **틀린 생각** 철심이 없으면 코일에 전류가 흘러도 자기장이 생기지 않는다.

✓ **바른 문장** 철심이 없는 코일에도 전류가 흐르면 자기장이 생긴다.

Q08 코일 그림에서 전류는 어느 쪽으로 흐를까?

한 줄 답 **전류는 전지의 (+)극에서 나와 도선을 따라 (−)극으로 들어간다.**

5편에서 배운 전류 방향을 코일 회로에도 그대로 적용한다. 전지 기호의 긴 선은 (+)극, 짧은 선은 (−)극이다.

판단 순서

① 전지의 (+)극을 찾는다. → ② 연결된 도선을 따라 코일로 들어간다. → ③ 실선인 앞쪽 도선에서 전류가 위로 가는지 아래로 가는지 확인한다.

이 편의 코일 옆모습에서 **실선은 앞쪽 도선, 점선은 뒤쪽 도선**이다. 앞쪽 도선과 뒤쪽 도선이 이어져 하나의 코일을 이룬다.

Q09 오른손으로 코일의 N극을 어떻게 찾을까?

한 줄 답 **오른손 네 손가락을 전류 방향으로 감아쥐면 엄지손가락이 코일의 N극을 가리킨다.**

판단 순서

① 앞쪽 도선의 전류 방향을 확인한다. → ② 오른손 네 손가락을 그 방향으로 감아쥔다. → ③ 편 엄지손가락 쪽을 N극으로 정한다.

오른손으로 코일 감아쥐기



앞쪽 도선의 전류가 아래로 → 오른쪽 끝이 N극

앞쪽 도선의 전류가 아래로 흐르면 오른쪽 끝이 N극이고, 위로 흐르면 왼쪽 끝이 N극이다. 엄지손가락은 **코일 내부의 자기장 방향(N극 쪽)**도 가리킨다.

✕ **틀린 생각** 전자가 움직이는 방향으로 네 손가락을 감아쥔다.

✓ **바른 문장** 네 손가락을 전류 방향으로 감아쥔다.

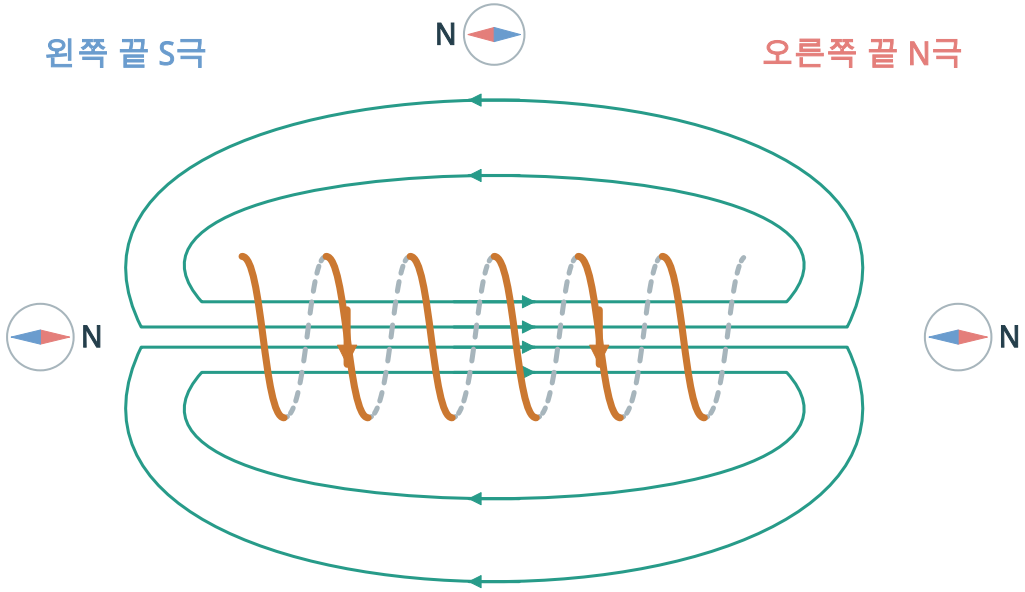
Q10 코일 내부·바깥의 자기장과 나침반 방향은 어떻게 찾을까?

한 줄 답 **코일 내부 자기장은 S극 쪽에서 N극 쪽으로 향하고, 바깥에서는 N극 쪽에서 나와 S극 쪽으로 들어간다.**

판단 순서

① 오른손으로 코일의 N극을 찾는다. → ② 나침반이 코일 내부인지 바깥인지 확인한다. → ③ 그 지점의 자기장 방향에 나침반 N극을 맞춘다.

Q05의 더 알아보기에서 본 자석 내부 방향과 마찬가지로 코일 내부에서도 S극 쪽에서 N극 쪽으로 향한다.



주황 화살표: 전류 / 초록 화살표: 자기장

실선: 앞쪽 도선 / 점선: 뒤쪽 도선

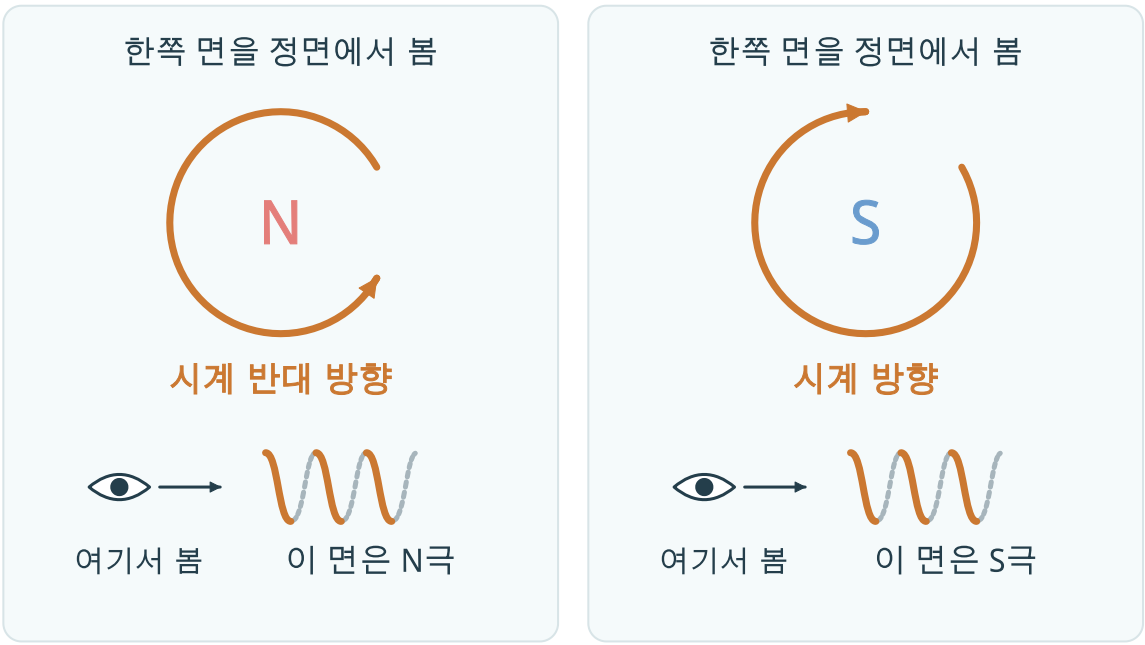
코일 내부는 오른쪽 · 코일 위 바깥은 왼쪽

틀린 생각 코일 내부와 코일 위쪽 바깥의 자기장 방향은 같다.

바른 문장 코일 내부에서는 N극 쪽으로 향하고, 코일 위쪽 바깥에서는 S극 쪽으로 돌아간다.

Q11 코일 끝 면에서 본 회전 방향으로 극을 어떻게 확인할까?

한 줄 답 **한쪽 끝을 정면에서 볼 때 전류가 시계 반대 방향이면 그 면이 N극, 시계 방향이면 S극이다.**



바라본 면에서의 전류	지금 바라보는 면의 극
시계 반대 방향	N극
시계 방향	S극

‘시계 방향’이라는 말에는 언제나 보는 쪽이 필요하다. 관찰자만 반대쪽 끝으로 이동하면 보이는 회전 방향이 반대로 바뀐다. 전류 자체나 코일의 극이 바뀐 것은 아니다.

Q12 전류 방향을 바꾸는 것과 세기를 바꾸는 것은 어떻게 다를까?

> **한 줄 답** **전류 방향을 바꾸면 극이 서로 바뀌고, 전류의 세기를 세게 하면 자기장이 세진다.**

같은 코일에서 바꾸는 것	극·자기장 방향	자기장 세기
전류의 세기는 같게 두고 방향만 반대로 함	반대로 바뀐다.	같다.
전류 방향은 같게 두고 세기만 세게 함	그대로이다.	세진다.

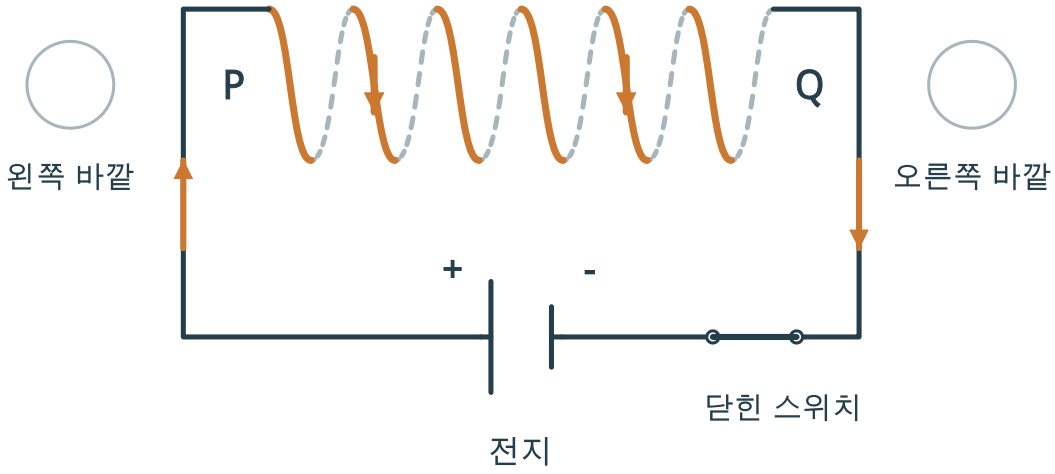
꼭 기억할 지식과 주의할 점

- 전지의 (+)극부터 도선을 따라가며 코일 앞쪽의 전류 방향을 찾는다.
- 오른손 네 손가락은 전류 방향이며, 엄지손가락은 코일의 N극과 내부 자기장 방향을 가리킨다.
- 전류 방향을 반대로 하면 극이 서로 바뀌며, 전류의 세기를 세게 하면 자기장이 세진다.

대표문제 풀이

물음	답	까닭과 판단 순서
(1)	**아래**	전지 (+)극 → 왼쪽 연결 도선 → 코일의 위쪽 입구 → 앞쪽 실선을 따라 아래로 흐른다(Q08).
(2)	**P=S극, Q=N극**	앞쪽 전류가 아래로 → 오른손 엄지손가락이 오른쪽을 가리킨다(Q09).
(3)	**P→Q**	코일 내부에서는 S극인 P에서 N극인 Q로 향한다(Q10).
(4)	**둘 다 오른쪽**	왼쪽에서는 S극인 P로 들어감, 오른쪽에서는 N극인 Q에서 나옴 → 두 자리 모두 오른쪽이다(Q02·Q10).

실선: 앞쪽 도선 / 점선: 뒤쪽 도선



적용 문제

문항 14

그림의 코일에 전류가 흐른다. P는 왼쪽 끝, Q는 오른쪽 끝이다. **P쪽에서 코일 내부를 바라보면** 전류가 시계 반대 방향으로 흐른다. 주황색 화살표는 전류 방향이다.

P면을 정면에서 봄



코일 옆모습



여기서 봄

P는 왼쪽 끝, Q는 오른쪽 끝

(1) P의 극을 쓰시오. 답: _____

(2) Q의 극을 쓰시오. 답: _____

(3) 코일 내부의 자기장 방향을 P→Q, Q→P 중에서 고르시오. 답: _____

문항 15

문항 14의 코일에서 **전류를 바꾸지 않고 관찰자만 Q쪽으로 이동**했다. Q쪽에서 코일 내부를 바라보면 전류는 시계 방향인가, 시계 반대 방향인가?

답: _____

문항 16

같은 코일에 흐르는 전류의 세기는 그대로 두고 방향만 반대로 바꿨다. 옳은 변화는?

① 코일 양 끝이 모두 N극이 된다.

② 코일 주위의 자기장이 사라진다.

③ N극과 S극이 서로 바뀐다.

④ 자기장 방향은 그대로이고 세기만 두 배가 된다.

⑤ 코일의 감은 수가 늘어난다.

문항 17

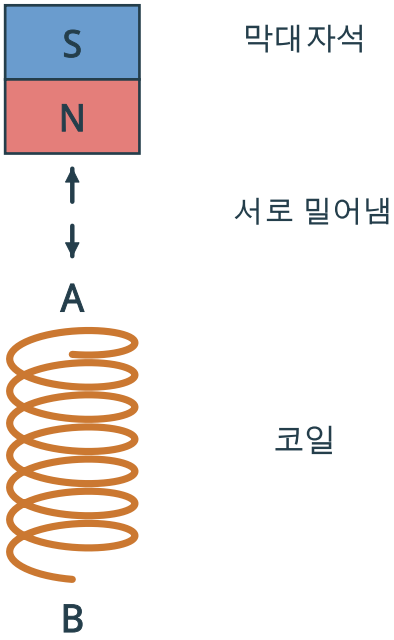
어떤 코일의 왼쪽 끝은 N극이다. 코일의 모양과 전류 방향을 그대로 두고 전류의 세기만 세게 했다.

(1) 왼쪽 끝의 극을 쓰시오. 답: _____

(2) 코일 내부 같은 지점의 자기장 세기는 어떻게 달라지는가? 답: _____

문항 18

그림처럼 코일의 위쪽 끝 A에 막대자석의 N극을 가까이하자 서로 밀어냈다. 코일의 아래쪽 끝은 B이다.



(1) A의 극을 쓰시오. 답: _____

(2) 코일 내부 자기장 방향을 A→B, B→A 중에서 고르시오. 답: _____

(3) A쪽에서 코일 내부를 바라볼 때 전류는 시계 방향인가, 시계 반대 방향인가? 답: _____

문항 19

코일의 **오른쪽 끝을 정면에서 보았을 때** 전류가 시계 방향으로 흐른다. 오른쪽 끝과 왼쪽 끝의 극을 바르게 짝지은 것은?

① 오른쪽 N극, 왼쪽 S극

② 오른쪽 S극, 왼쪽 N극

③ 오른쪽 N극, 왼쪽 N극

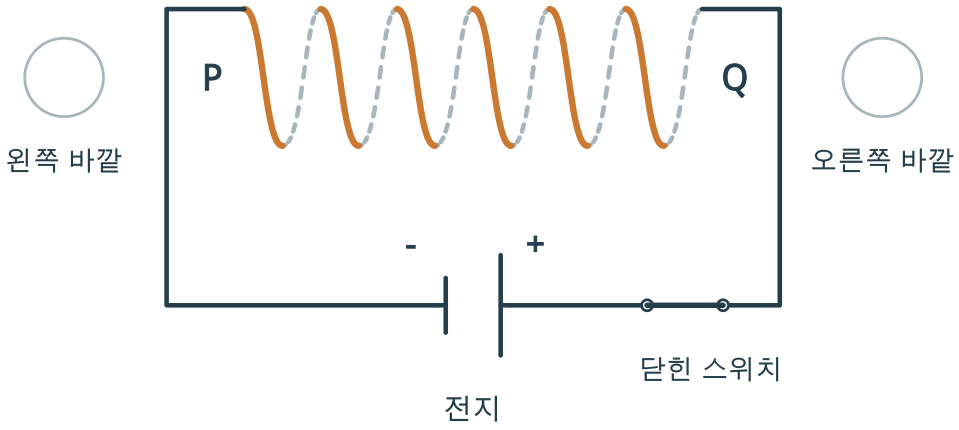
④ 오른쪽 S극, 왼쪽 S극

⑤ 철심 유무를 모르면 어느 극도 정할 수 없다.

문항 20

문항 13과 같은 코일에서 **전지의 극만 반대로 연결**하였다. 그림의 실선은 앞쪽 도선, 점선은 뒤쪽 도선이다.

실선: 앞쪽 도선 / 점선: 뒤쪽 도선



(1) P와 Q의 극을 각각 쓰시오.

P: _____ / Q: _____

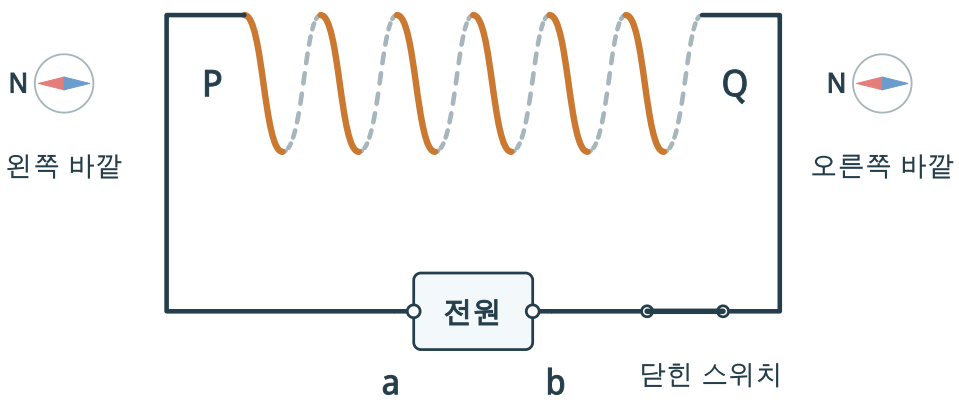
(2) 왼쪽 바깥과 오른쪽 바깥에 놓인 나침반 N극은 각각 어느 쪽을 가리키는가?

왼쪽 바깥: _____ / 오른쪽 바깥: _____

문항 21

그림의 코일에 전류가 흐르자 양쪽 바깥의 나침반 N극이 모두 왼쪽을 가리켰다. a·b는 전원 장치의 두 단자이며, 전원의 극은 표시하지 않았다. 실선은 앞쪽 도선, 점선은 뒤쪽 도선이다.

실선: 앞쪽 도선 / 점선: 뒤쪽 도선



a·b: 전원 장치의 단자

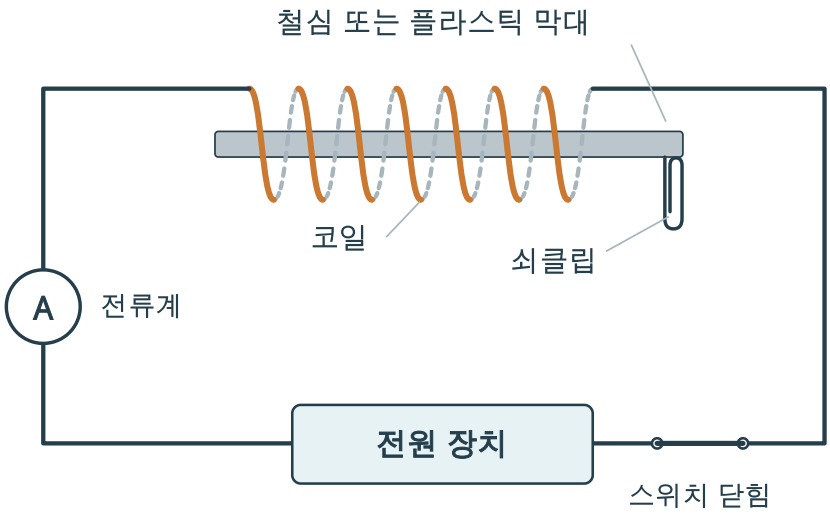
(1) 코일 P의 극을 쓰시오. 답: _____

(2) a·b 중 전원의 (+)극인 단자를 쓰시오. 답: _____

유형 4 전자석의 세기를 바꾸는 조건을 어떻게 알아낼까?

대표문제 **문항 22**

코일에 철심을 넣고 전류를 흘려 **붙은 쇠클립 수**를 비교하였다. D에서는 철심 대신 같은 모양의 플라스틱 막대를 넣었다. 표에 없는 조건은 모두 같게 하였고, 전류는 전류계로 측정하여 표의 값으로 맞췄다.



전류·감은 수·막대 재료는 표에서 확인

실험	전류의 세기	도선을 감은 수	넣은 막대	붙은 쇠클립 수
A	0.2 A	40회	철심	4개
B	0.4 A	40회	철심	9개
C	0.2 A	80회	철심	8개
D	0.2 A	40회	플라스틱	1개

(1) 전류의 세기가 미치는 영향을 알아보려면 어느 두 실험을 비교해야 하는가?

답: _____

(2) 도선을 감은 수가 미치는 영향을 알아보려면 어느 두 실험을 비교해야 하는가?

답: _____

(3) 철심을 넣는 효과를 알아보려면 어느 두 실험을 비교해야 하는가?

답: _____

(4) B와 C의 결과만 비교하여 “전류의 세기가 셀수록 자기장이 세진다.”고 결론 내리기 어려운 까닭을 쓰시오.

답: _____

질문으로 이해하기

Q13 전자석은 영구 자석과 무엇이 다를까?

> **한 줄 답** **전자석은 전류가 흐를 때만 자석의 성질을 띤다.**

코일 속에 철심을 넣어 만든 자석을 **전자석**이라고 한다. 같은 코일에 같은 전류가 흐를 때 철심을 넣으면 자기장이 세진다.

비교	영구 자석(막대자석)	전자석
자석의 성질	전류를 흘리지 않아도 자석의 성질을 띤다.	전류가 흐를 때만 자석의 성질을 띤다.
세기	세기가 정해져 있다.	전류의 세기, 코일의 감은 수로 조절한다.
극	극이 정해져 있다.	전류 방향을 바꾸면 서로 바뀐다.

Q14 전자석의 세기를 세게 하려면 어떻게 해야 할까?

> **한 줄 답** **전류의 세기를 세게 하거나 코일의 감은 수를 늘리면 전자석의 세기가 세진다.**

감은 수를 늘린다는 것은 **같은 길이에 도선을 더 촘촘하게 감는 것**이다.

바꾸는 조건	같게 둘 주요 조건	결과
전류의 세기를 세게 한다.	같은 코일·철심	전자석의 세기가 세진다.
코일의 감은 수를 늘린다.	전류의 세기, 코일의 길이·지름, 철심	전자석의 세기가 세진다.

Q15 전자석 실험에서는 왜 조건을 하나씩 바꾸어야 할까?

> **한 줄 답** **조건을 하나씩 바꾸어야 어떤 조건 때문에 결과가 달라졌는지 알 수 있기 때문이다.**

알아보려는 조건은 **조작 변인**, 같게 둘 조건은 **통제 변인**, 측정하는 결과는 **종속 변인**이다.

전류의 영향을 알아보는 실험	해당하는 것
조작 변인	전류의 세기
통제 변인	코일의 감은 수·길이·지름, 철심, 쇠클립의 종류와 붙이는 방법
종속 변인	붙은 쇠클립 수

붙은 쇠클립 수가 많을수록 전자석의 세기가 세다.

> ✕ **틀린 생각** 전류와 감은 수를 함께 늘려 쇠클립이 더 붙으면 전류만의 효과가 확인된다.
>
> ✓ **바른 문장** 전류의 효과를 따로 알아보려면 감은 수와 철심 등 다른 조건을 같게 두어야 한다.

Q16 전지가 같으면 코일에 흐르는 전류도 같을까?

> **한 줄 답** **항상 같지는 않다. 감은 수가 달라 도선의 길이가 달라지면 저항이 달라져 전류의 세기도 달라진다.**

7편에서 배운 대로 같은 전압이어도 저항이 다르면 전류의 세기는 다르다. 같은 재질·굵기의 도선을 더 길게 감으면 저항이 커진다. 감은 수의 영향만 알아보려면 **전류계로 전류의 세기를 측정하여 같게 맞추어야 한다.**

✗ **틀린 생각** 전지가 같으면 코일을 얼마나 많이 감아도 전류는 반드시 같다.

✓ **바른 문장** 감은 수가 달라 도선 길이와 저항이 달라지면 전류의 세기도 달라진다.

Q17 전자석은 어디에 이용하고 어떻게 작동을 조절할까?

> **한 줄 답** **전자석은 전류를 켜고 꺼 작동을 조절하고, 전류 방향을 바꾸어 극을 바꾼다.**

이용 예	전자석을 이용하는 방식
전자석 기중기	전류를 흘려 쇠붙이를 들어 올리고, 전류를 끊어 내려놓는다.
자기 부상 열차	전자석의 힘으로 차체를 선로 위에 띄운다.
스피커	코일에 흐르는 전류로 자석과의 힘을 바꾸어 진동판을 움직인다.



전류 방향을 반대로 해도 **자석이 아닌 쇠클립은 끌려온다.** Q03에서 보았듯 쇠클립은 N극과 S극 모두에 붙기 때문이다.

✗ **틀린 생각** 전자석의 극을 반대로 바꾸면 붙어 있던 쇠붙이를 밀어낸다.

✓ **바른 문장** 극이 바뀌어도 쇠붙이를 끌어당긴다. 기중기에서 내려놓으려면 전류를 끊는다.

꼭 기억할 지식과 주의할 점

- 전자석은 전류가 흐를 때만 자석의 성질을 띠며, 코일에 철심을 넣으면 자기장이 세진다.
- 전류의 세기가 셀수록, 전류를 같게 두고 코일을 더 촘촘하게 감을수록 전자석의 세기가 세다.
- 한 조건의 영향만 알아보려면 다른 조건을 같게 두며, 전류 방향을 바꾸는 조작과 전류를 끊는 조작을 구별한다.

대표문제 풀이

물음	답	까닭과 판단 순서
(1)	**A와 B**	40회·철심은 같고 전류만 0.2 A와 0.4 A로 다르다. 쇠클립 수는 4개에서 9개로 늘었다(Q15).
(2)	**A와 C**	전류 0.2 A·철심은 같고 감은 수만 40회와 80회로 다르다. 쇠클립 수는 4개에서 8개로 늘었다(Q14·Q15).
(3)	**A와 D**	전류 0.2 A·40회는 같고 막대 재료만 철과 플라스틱으로 다르다(Q13·Q15).
(4)	**전류와 감은 수가 함께 다름**	B는 0.4 A·40회, C는 0.2 A·80회 → 전류만의 효과를 가려낼 수 없다(Q15).

적용 문제

문항 23

같은 재질·굵기의 도선으로 같은 크기의 코일을 30회 감은 것과 60회 감은 것을 만들었다. 같은 전지를 사용해 감은 수의 영향을 비교하려 한다.

(1) 같은 전지를 써도 두 코일에 흐르는 전류의 세기가 다를 수 있는 까닭을 쓰시오.

답: _____

(2) 감은 수의 영향만 알아보려면 측정하여 같게 맞추어야 하는 것을 쓰시오.

답: _____

문항 24

전자석에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 전류가 없어도 언제나 같은 세기로 작용한다.

② 같은 코일에서 전류의 세기만 세게 하면 N극과 S극이 바뀐다.

③ 철심이 없는 코일에는 전류를 흘려도 자기장이 생기지 않는다.

④ 감은 수의 효과를 확인할 때는 전류의 세기도 함께 세게 해야 한다.

⑤ 전류 방향을 반대로 바꾸어도 쇠클립을 끌어당긴다.

문항 25

철심을 넣은 전자석의 세기를 세게 하는 방법을 두 가지 쓰시오. 철심의 재료·크기와 코일의 길이·지름은 바꾸지 않는다.

방법 1: _____

방법 2: _____

문항 26

전자석 기중기로 쇠붙이를 옮긴다. 다음 두 순간에 전류를 어떻게 해야 하는지 쓰시오.

순간	전류를 흘림 / 전류를 끊음
쇠붙이를 붙여 들어 올릴 때	_____
옮긴 쇠붙이를 내려놓을 때	_____

문항 27

전자석 실험에서 한 해석으로 옳지 않은 것은?

① 전류 방향을 반대로 하면 자석이 아닌 쇠클립을 밀어낸다.

② 전류의 영향을 알아보려면 감은 수를 같게 한다.

③ 감은 수의 영향을 알아보려면 전류의 세기를 같게 한다.

④ 철심의 효과를 알아보려면 같은 코일에서 전류를 같게 맞춘다.

⑤ 전류를 끊으면 전자석의 작용을 멈추게 할 수 있다.

문항 28

다음 중 전자석을 이용하는 예로 바르게 짝지은 것은?

① 막대자석으로 붙이는 자석 메모판, 유리 온도계

② 전자석 기중기, 스피커

③ 돋보기, 막대자석을 이용한 나침반

④ 유리 온도계, 돋보기

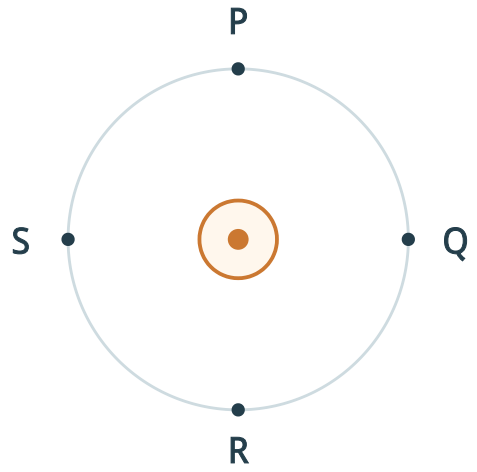
⑤ 막대자석을 이용한 나침반, 자석 메모판

유형 5 직선 도선 주위의 자기장은 어느 방향일까?

더 알아보기

대표문제 **문항 29**

직선 도선이 종이를 수직으로 뚫고 있다. 그림은 종이를 정면에서 본 모습이며, **⊙는 전류가 종이 밖의 관찰자 쪽으로 흐름**을 나타낸다. P·Q·R·S는 도선에서 같은 거리에 있다.



가운데 ⊙: 종이 밖으로 나오는 전류

(1) 자기장 방향은 도선을 중심으로 시계 방향인가, 시계 반대 방향인가?

답: _____

(2) Q에서 나침반의 N극이 가리키는 방향을 위·아래 중에서 고르시오.

답: _____

(3) 전류 방향만 반대로 하면 Q에서 나침반의 N극은 위·아래 중 어느 쪽을 가리키는가?

답: _____

질문으로 이해하기

Q18 **⊙와 ⊗는 무슨 뜻일까?**

> **한 줄 답** **⊙는 종이 밖으로 나오는 방향, ⊗는 종이 안으로 들어가는 방향을 나타낸다.**

화살이 나를 향해 날아오면 앞끝이 점처럼 보이고, 멀어지면 뒤쪽 깃이 보인다고 생각하면 구별하기 쉽다. 이 표시는 **방향 기호**이다. 이 유형의 도선 가운데 기호는 전류 방향을 나타낸다.

Q19 직선 도선의 전류에서 자기장과 나침반 방향은 어떻게 찾을까?

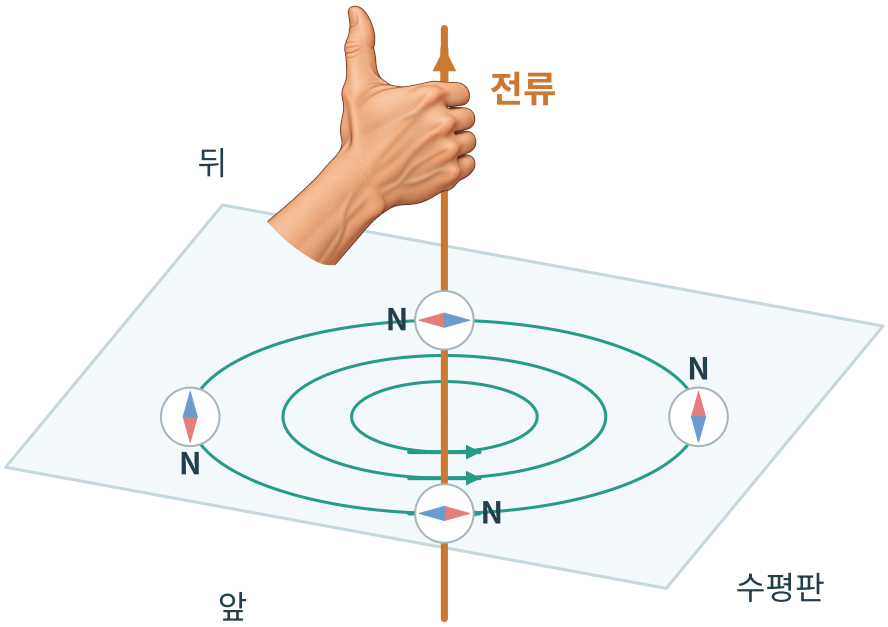
한 줄 답 직선 도선에서는 오른손 엄지손가락이 전류 방향이고, 감아쥔 네 손가락이 자기장 방향이다.

직선 도선 주위의 자기력선은 도선을 중심으로 한 **동심원(중심이 같은 여러 원)** 모양이다.

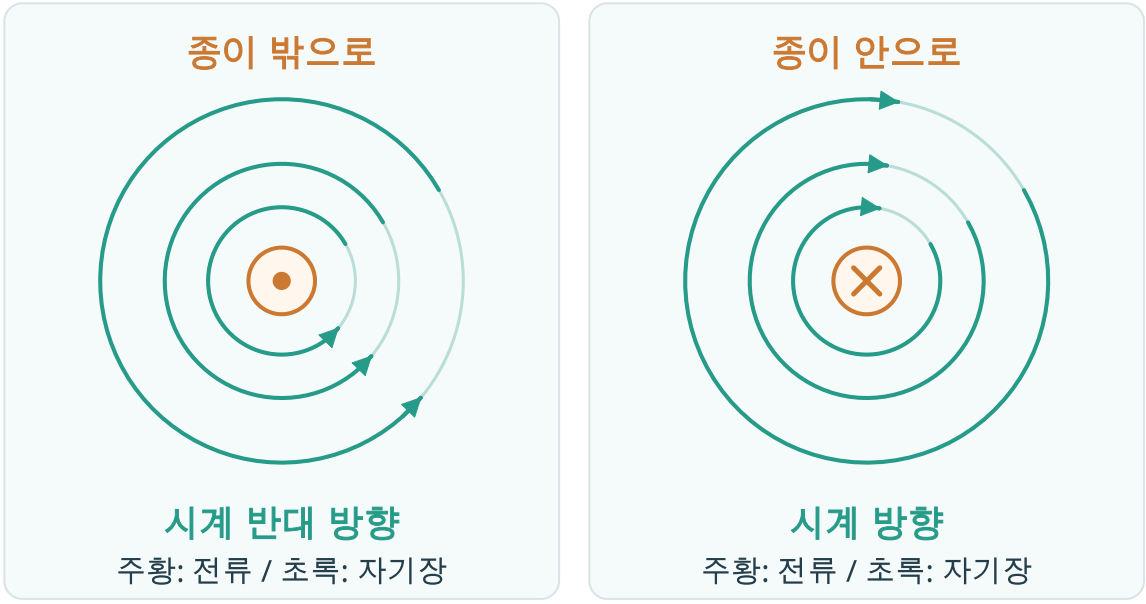
판단 순서

① 전류 방향으로 오른손 엄지손가락을 편다. → ② 네 손가락으로 도선을 감아쥔다. → ③ 손가락이 감기는 쪽으로 자기력선을 따라 나침반 N극을 맞춘다.

엄지손가락: 전류 / 네 손가락: 자기장



위에서 내려다보면 시계 반대 방향



대상	오른손 엄지손가락	오른손 네 손가락	자기력선 모양
직선 도선	전류 방향	자기장 방향	도선을 중심으로 한 동심원
코일	코일 내부의 자기장 방향(N극 쪽)	전류 방향	막대자석 주위와 비슷

✕ **틀린 생각** 도선 오른쪽의 자기장은 도선에서 멀어지는 오른쪽 방향이다.

✓ **바른 문장** 자기장은 도선을 둘러싼 원을 따라 도는 방향이다.

Q20 직선 도선 주위의 자기장은 어디에서 더 셀까?

한 줄 답 **같은 전류에서는 도선에 가까울수록 세고, 같은 지점에서는 전류의 세기가 셀수록 세다.**

바꾸는 조건	자기장의 변화
전류의 세기는 같게 두고 도선에 가까이 간다.	자기장이 세진다.
같은 지점에서 전류의 세기를 세게 한다.	자기장이 세진다.
전류의 세기는 같게 두고 방향만 반대로 한다.	자기장 방향이 반대로 바뀐다.

꼭 기억할 지식과 주의할 점

- 직선 도선 주위의 자기력선은 도선을 중심으로 한 동심원 모양이며, 엄지손가락은 전류 방향, 네 손가락은 자기장 방향이다.
- 종이 밖으로 나오는 전류의 자기장은 시계 반대 방향, 종이 안으로 들어가는 전류의 자기장은 시계 방향이다.
- 같은 전류에서는 도선에 가까울수록, 같은 위치에서는 전류의 세기가 셀수록 자기장이 세다.

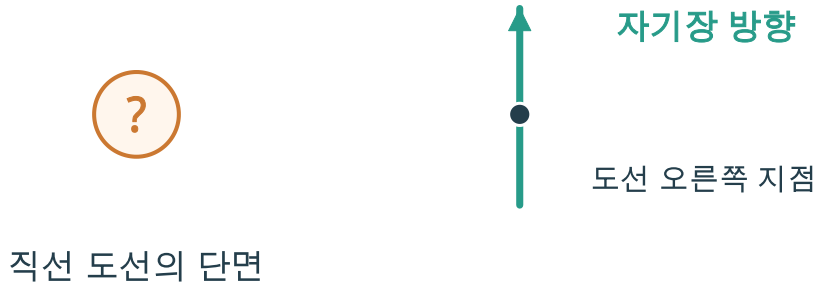
대표문제 풀이

물음	답	까닭과 판단 순서
(1)	**시계 반대 방향**	⊙ → 엄지손가락을 나를 향하게 함 → 네 손가락이 시계 반대 방향으로 감긴다(Q18·Q19).
(2)	**위**	Q는 도선 오른쪽 → 그 자리에서 원을 따라 시계 반대 방향으로 가면 위이다(Q19).
(3)	**아래**	전류를 반대로 하면 자기장 방향도 반대이다(Q20).

적용 문제

문항 30

그림의 직선 도선 오른쪽에서 자기장이 위쪽을 향한다. 전류 방향을 ⊙, ⊗ 중에서 고르시오.



직선 도선의 단면

답: _____

문항 31

직선 도선 주위의 자기장에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 오른손 네 손가락을 직선 도선의 전류 방향에 맞춘다.

② 자기력선은 도선에서 사방으로 곧게 뻗는다.

③ 같은 전류에서 도선으로부터 멀수록 자기장이 세다.

④ 같은 지점에서는 전류의 세기가 셀수록 자기장이 세다.

⑤ 전류 방향을 반대로 해도 자기장 방향은 변하지 않는다.

문항 32

같은 직선 도선에서 P는 2 cm, Q는 6 cm 떨어져 있다.

(1) 같은 순간 자기장이 더 센 지점을 쓰시오. 답: _____

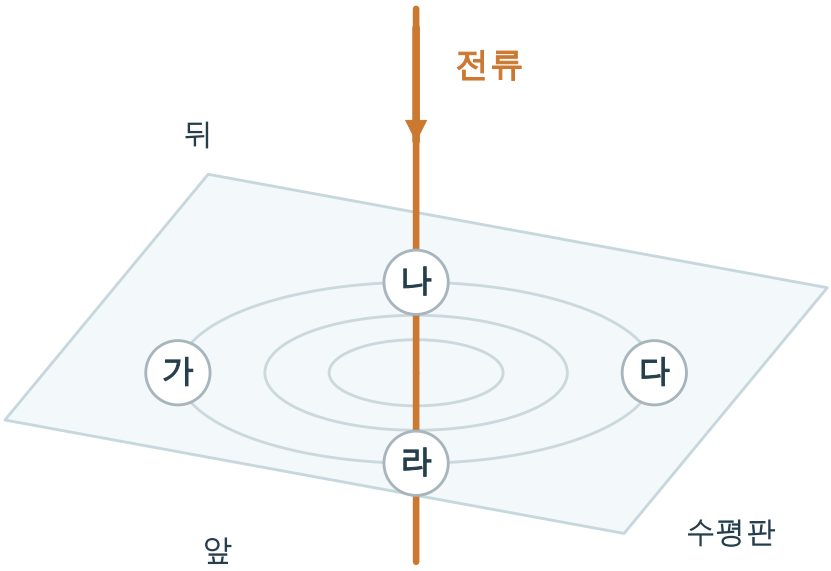
(2) 두 지점은 그대로 두고 전류의 방향을 유지하면서 세기만 줄였다. P에서 자기장의 **방향**과 **세기**가 각각 어떻게 달라지는지 쓰시오.

방향: _____ / 세기: _____

문항 33

직선 도선이 수평판을 수직으로 뚫고 있고, 전류가 **아래쪽**으로 흐른다. 가·나·다·라는 같은 거리의 나침반 자리이다. 수평판을 위에서 내려다본다고 할 때, 다음 물음에 답하시오.

위에서 내려다본 방향으로 답한다



가·나·다·라: 나침반을 놓을 자리

(1) 자기장 방향은 시계 방향인가, 시계 반대 방향인가? 답: _____

(2) 가·나·다·라에 놓인 나침반 N극의 방향을 각각 앞·뒤·왼쪽·오른쪽 중에서 고르시오.

가: _____ / 나: _____ / 다: _____ / 라: _____

한눈에 정리

자석	극(N·S) → 바깥 자기력선(N극에서 나와 S극으로) → 나침반 N극 방향
코일	전지의 극 → 전류 방향 → 오른손(네 손가락=전류) → 엄지손가락=N극 → 코일 내부·바깥 자기장 → 나침반 N극 방향
직선 도선	전류 방향 → 오른손(엄지손가락=전류) → 네 손가락=자기장(동심원) → 나침반 N극 방향

대상	오른손 엄지손가락	오른손 네 손가락	자기력선 모양
직선 도선	전류 방향	자기장 방향	도선을 중심으로 한 동심원
코일	코일 내부의 자기장 방향(N극 쪽)	전류 방향	막대자석 주위와 비슷

비교	영구 자석(막대자석)	전자석
자석의 성질	전류를 흘리지 않아도 자석의 성질을 띤다.	전류가 흐를 때만 자석의 성질을 띤다.
세기	세기가 정해져 있다.	전류의 세기, 코일의 감은 수로 조절한다.
극	극이 정해져 있다.	전류 방향을 바꾸면 서로 바뀐다.

통합 확인

문항 34

극 표시가 없는 막대자석의 두 끝을 A, B라고 하였다. A의 왼쪽 연장선에 놓인 나침반의 N극이 오른쪽을 가리키며 멈췄다.



(1) A와 B의 극을 각각 쓰시오.

A: _____ / B: _____

(2) 극을 아는 다른 막대자석의 N극을 A 가까이 가져가면 두 자석은 서로 끌어당기는가, 밀어내는가?

답: _____

문항 35

전류가 흐르는 코일의 **내부 자기장**이 왼쪽에서 오른쪽을 향한다.

(1) 코일 오른쪽 끝의 극을 쓰시오.

답: _____

(2) 전류 방향을 반대로 바꾼 뒤, 오른쪽 끝에서 코일 내부를 바라보면 전류는 시계 방향인가, 시계 반대 방향인가?

답: _____

문항 36

전류·자기장·자석에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 나침반의 N극은 자기장 방향과 반대로 놓인다.

② 코일에서는 오른손 엄지손가락을 전류가 감기는 방향에 맞춘다.

③ 코일의 한 면을 정면에서 보아 전류가 시계 반대 방향이면 그 면은 N극이다.

④ 감은 수를 바꾸는 실험에서는 전류를 확인할 필요가 없다.

⑤ 전자석이 쇠클립을 끌어당기는 쪽은 N극뿐이다.

문항 37

코일에 철심을 넣은 전자석이 쇠클립을 끌어당기고 있다. 같은 코일에서 전류의 세기를 **더 세게 하면서 방향도 반대로** 바꾸었다.

(1) N극과 S극의 위치는 어떻게 되는가? 답: _____

(2) 자기장 세기는 어떻게 되는가? 답: _____

(3) 자석이 아닌 쇠클립을 다시 가까이하면 끌어당기는가, 밀어내는가? 답: _____

정답과 해설

서술형은 각 해설에 적은 필수 내용을 포함하면 뜻이 같은 다른 표현도 인정한다.

빠른 정답

문항	정답
01	(1) S극 (2) N극 (3) 끌어당김
02	N극 오른쪽, S극 왼쪽
03	②
04	판단 불가. 두 극 모두 끌어당김
05	④
06	(1) 오른쪽 (2) 왼쪽 (3) 왼쪽 (4) 오른쪽
07	(1) A (2) 자기력선이 가장 촘촘함
08	①
09	N극에서 S극으로, 촘촘할수록 세다
10	⑤
11	(1) 알 수 없음 (2) 나침반의 N극 확인
12	(1) N극 (2) S극 (3) 인력
13	(1) 아래 (2) P=S, Q=N (3) P→Q (4) 둘 다 오른쪽
14	(1) N극 (2) S극 (3) Q→P
15	시계 방향
16	③
17	(1) N극 (2) 세짐
18	(1) N극 (2) B→A (3) 시계 반대 방향
19	②
20	(1) P=N, Q=S (2) 둘 다 왼쪽
21	(1) N극 (2) b
22	(1) A·B (2) A·C (3) A·D (4) 전류·감은 수가 함께 다름
23	(1) 길이·저항이 다름 (2) 전류의 세기를 측정하여 같게 맞춤
24	⑤
25	전류의 세기를 세게, 감은 수를 늘림
26	들어 올림: 전류를 흘림 / 내려놓음: 전류를 끊음
27	①
28	②
29	(1) 시계 반대 방향 (2) 위 (3) 아래
30	⊙
31	④
32	(1) P (2) 방향 그대로, 세기 작아짐
33	(1) 시계 방향 (2) 가 뒤, 나 오른쪽, 다 앞, 라 왼쪽
34	(1) A=S, B=N (2) 끌어당김
35	(1) N극 (2) 시계 방향
36	③
37	(1) 극 서로 바뀜 (2) 세짐 (3) 끌어당김

문항별 해설

01 **(1) S극.** 마주 보는 왼쪽 자석의 끝이 S극인데 서로 밀어냈으므로 A도 S극이다.

(2) N극. 같은 막대자석의 반대쪽 끝 B는 N극이다.

(3) 끌어당긴다. N극과 A의 S극이 마주 보면 서로 다른 극 사이의 인력이 작용한다.

인정 범위 (1) S, (2) N, (3) '인력' 또는 '끌어당김'을 각각 인정한다. **다시 볼 질문 Q01**

02 **N극은 오른쪽, S극은 왼쪽.** 자기장 방향은 나침반 N극의 방향으로 정한다. 두 끝은 서로 반대 방향을 가리킨다.

인정 범위 두 극과 좌우 방향의 대응이 모두 맞으면 정답이다. **다시 볼 질문 Q02**

03 **②.** 서로 다른 극 사이에는 인력이 작용한다. ① 같은 극 사이에는 척력이 작용한다. ③ 구리·알루미늄 같은 금속은 자석에 붙지 않는다. ④ 떨어진 곳에도 자기장이 존재한다. ⑤ 자기장 방향은 N극의 방향으로 정한다. **다시 볼 질문 Q01~Q03**

04 **판단할 수 없다. N극과 S극 모두 쇠클립을 끌어당기기 때문이다.**

인정 범위 '판단할 수 없음'과 '두 극 모두 쇠클립을 끌어당김'이 들어가면 정답이다. **다시 볼 질문 Q03**

05 **④.** N극이 동쪽을 가리키므로 그곳의 자기장도 동쪽이다. ① S극은 서쪽이다. ② N극과 반대 방향을 골랐다. ③ 가까운 자석 때문에 방향이 달라질 수 있다. ⑤ 나침반 방향으로 자석에 S극이 없다고 결론 내릴 수 없으며, 막대자석에는 N극과 S극이 있다. **다시 볼 질문 Q02**

06 **(1) 오른쪽.** P에서는 왼쪽 N극에서 오른쪽 S극으로 향한다.

(2) 왼쪽. Q에서는 N극에서 나가는 쪽이다.

(3) 왼쪽. R에서는 오른쪽에서 S극으로 들어가는 쪽이다.

(4) 오른쪽. 자석 아래의 T에서도 N극에서 S극으로 향한다.

인정 범위 각각 오른쪽·왼쪽·왼쪽·오른쪽 또는 같은 뜻의 화살표를 인정한다. **다시 볼 질문 Q02·Q05**

07 **(1) A.**

(2) A 부근의 자기력선이 가장 촘촘하기 때문이다. 자석의 양 극 부근에서는 자기장이 가장 세다.

인정 범위 (1) A, (2) 'A에서 선 간격이 가장 좁음/선이 가장 촘촘함'이 들어가면 정답이다. **다시 볼 질문 Q05**

08 **①.** 자기력선 방향과 나침반 N극 방향은 대응한다. ② 바깥에서는 N극에서 S극으로 향한다. ③ 한 지점에 방향 두 개가 생기도록 선을 교차시키지 않는다. ④ 촘촘한 곳이 더 세다. ⑤ 실제 끈이나 물질이 아니라 자기장을 나타낸 선이다. **다시 볼 질문 Q04~Q06**

09 **자석 바깥의 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어가며, 촘촘한 곳일수록 자기장이 세다.**

인정 범위 N→S와 '촘촘할수록 세다'가 모두 들어가면 정답이다. **다시 볼 질문 Q05**

10 **⑤.** 자기력선은 자기장을 나타내기 위해 골라 그린 선이므로, 선을 생략한 빈 공간에도 자기장이 있을 수 있다. ① N극이 방향 기준이다. ② N극과 S극을 먼저 확인한다. ③ 자기력선이 촘촘한 곳일수록 자기장이 세다. ④ 화살표가 선을 따라가는 방향을 알려 준다. **다시 볼 질문 Q04~Q06**

11 **(1) 알 수 없다.** 철가루의 배열에는 방향 화살표가 없다.

(2) 나침반을 놓고 바늘의 N극 방향을 본다.

인정 범위 (1) 방향을 알 수 없음, (2) 나침반과 N극 방향이 모두 들어가면 정답이다. **다시 볼 질문 Q02·Q04**

12 **(1) N극.** 자기력선이 B에서 나오므로 B는 N극이다.

(2) S극. 자기력선이 C로 들어가므로 C는 S극이다.

(3) 인력. 마주 보는 B·C가 서로 다른 극이므로 끌어당긴다.

인정 범위 (1) N, (2) S, (3) 인력/끌어당김을 각각 인정한다. **다시 볼 질문 Q05·Q06**

13 **(1) 아래.** 왼쪽 긴 선의 (+)극 → 왼쪽 도선 → 코일의 위쪽 입구 → 실선인 앞쪽 도선을 따라 아래로 흐른다.

(2) P는 S극, Q는 N극. 오른손 네 손가락을 아래로 흐르는 앞쪽 전류에 맞춰 감아쥐면 엄지손가락이 오른쪽을 가리킨다.

(3) P→Q. 코일 내부 자기장은 S극 쪽에서 N극 쪽으로 향한다.

(4) 둘 다 오른쪽. 왼쪽 바깥에서는 S극인 P로 들어가고, 오른쪽 바깥에서는 N극인 Q에서 나온다.

인정 범위 (1) 아래/↓, (2) 두 극의 대응, (3) P에서 Q로/오른쪽, (4) 두 자리 모두 오른쪽이면 정답이다. **다시 볼 질문 Q08~Q10**

14 **(1) N극.** P면을 정면에서 볼 때 전류가 시계 반대 방향이다.

(2) S극. P의 반대쪽 Q는 S극이다.

(3) Q→P. 내부 자기장은 S극 쪽에서 N극 쪽으로 향한다.

인정 범위 N·S 표기를 인정하며, (3)은 'Q에서 P로'와 같은 뜻이면 정답이다. **다시 볼 질문 Q07·Q10·Q11**

15 **시계 방향.** 전류가 바뀐 것이 아니라 보는 쪽이 반대로 바뀌었다. Q는 그대로 S극이므로 Q면에서 본 전류는 시계 방향이다.

인정 범위 시계 방향이면 정답이다. **다시 볼 질문 Q11**

16 **③.** 전류 방향을 뒤집으면 코일의 자기장 방향과 양 끝의 극이 뒤집힌다. ① 양 끝은 서로 다른 극이다. ② 전류가 계속 흐르므로 자기장이 사라지지 않는다. ④ 전류 세기가 같으므로 세기만 두 배가 되지 않는다. ⑤ 전류 방향을 바꾸어도 감은 수는 그대로다. **다시 볼 질문 Q12**

17 **(1) N극.** 전류 방향을 바꾸지 않았으므로 극은 그대로다.

(2) 더 세진다. 같은 코일에서 전류의 세기가 셀수록 자기장이 세다.

인정 범위 (1) N, (2) '세기 증가'와 같은 표현을 인정한다. 정확한 배수는 요구하지 않는다.

다시 볼 질문 Q12

18 **(1) N극.** 알려진 N극과 밀어내므로 A도 N극이다.

(2) B→A. B는 S극이고, 내부에서는 S극에서 N극으로 향한다.

(3) 시계 반대 방향. N극인 A면을 정면에서 본 전류 방향이다.

인정 범위 (1) N, (2) '아래에서 위로' 또는 B→A, (3) 시계 반대 방향을 인정한다.

다시 볼 질문 Q01·Q10·Q11

19 **②.** 오른쪽 면에서 본 전류가 시계 방향이므로 오른쪽이 S극, 반대쪽이 N극이다. ① 두 극을 거꾸로 정했다. ③·④ 양 끝을 같은 극으로 정할 수 없다. ⑤ 철심이 없어도 전류 방향으로 극을 찾을 수 있다. 다시 볼 질문 Q07·Q11

20 **(1) P는 N극, Q는 S극.** 전지가 반대이므로 전류도 반대 → 앞쪽 도선의 전류가 위로 → 엄지손가락이 왼쪽을 향한다.

(2) 둘 다 왼쪽. 왼쪽에서는 N극에서 나오고, 오른쪽에서는 S극으로 들어간다.

인정 범위 (1) P=N·Q=S, (2) 두 자리 모두 왼쪽이면 정답이다.

다시 볼 질문 Q08~Q10·Q12

21 **(1) N극.** 왼쪽 바깥에서 자기장이 왼쪽으로 향하므로 P에서 나가는 방향이다.

(2) b. P가 N극이므로 앞쪽 전류는 위로 흘러야 한다. 왼쪽 위 입구로 들어가면 앞쪽 전류가 아래로 흐른다(문항 13). 지금은 위로 흘러야 하므로 반대쪽인 오른쪽 위 입구로 들어간다. → b가 (+) 극이다.

인정 범위 (1) N, (2) b를 각각 인정한다.

다시 볼 질문 Q08~Q10

22 **(1) A와 B.** 40회·철심이 같고 전류만 0.2 A와 0.4 A로 다르다.

(2) A와 C. 0.2 A·철심이 같고 감은 수만 40회와 80회로 다르다.

(3) A와 D. 0.2 A·40회가 같고 철심을 넣었는지만 다르다.

(4) 전류와 감은 수가 함께 다르기 때문이다. B의 0.4 A·40회와 C의 0.2 A·80회를 비교하면 한 조건의 효과만 가려내기 어렵다.

인정 범위 (1)~(3)은 순서를 바꿔 써도 인정한다. (4)는 '전류와 감은 수를 동시에 바꿈' 또는 '감은 수를 통제하지 않음'이 들어가면 정답이다.

다시 볼 질문 Q13~Q15

23 **(1) 감은 수가 달라 도선의 길이와 저항이 달라지기 때문이다.** 같은 전압이어도 저항이 다르면 전류의 세기는 다르다.

(2) 두 코일에 흐르는 전류의 세기. 전류계로 측정하여 같게 맞춘다.

인정 범위 (1) 도선 길이 또는 저항이 달라짐, (2) 전류의 세기를 측정하여 같게 맞춤이 들어가면 정답이다. **다시 볼 질문 Q16**

24 **⑤.** 전류를 반대로 하면 극은 바뀌지만 쇠클립을 계속 끌어당긴다. ① 전류로 작동을 조절한다. ② 극을 바꾸는 것은 전류 방향의 변화다. ③ 철심이 없어도 전류는 자기장을 만든다. ④ 감은 수의 효과만 보려면 전류는 같게 둔다. **다시 볼 질문 Q07·Q12~Q17**

25 **전류의 세기를 세게 한다. 전류의 세기를 같게 유지하면서 도선을 더 많이 감는다.** 감은 수를 늘린다는 것은 같은 길이에 더 촘촘하게 감는다는 뜻이다.

인정 범위 '전류의 세기 증가'와 '코일의 감은 수 증가'가 모두 들어가면 정답이다. 감은 수만의 효과를 비교할 때 전류는 같게 둔다. **다시 볼 질문 Q14**

26 **들어 올릴 때 전류를 흘리고, 내려놓을 때 전류를 끊는다.** 전자석은 전류의 유무로 작동을 조절할 수 있다.

인정 범위 '켜기/끄기', '스위치 닫기/열기'를 같은 순서로 쓰면 인정한다. 극을 반대로 하는 것만으로 내려놓는다는 답은 인정하지 않는다. **다시 볼 질문 Q17**

27 **①.** 전류 방향을 반대로 해도 쇠클립을 끌어당긴다. ②·③ 알아보려는 조건 외의 조건을 같게 하는 올바른 비교다. ④ 철심의 효과만 보려면 코일과 전류를 같게 둔다. ⑤ 전류를 끊으면 전자석의 작용이 멈춘다. **다시 볼 질문 Q13~Q17**

28 **②.** 전자석 기중기는 전류를 켜고 꺼 쇠붙이를 옮기고, 스피커는 코일에 흐르는 전류로 진동판을 움직인다. ①·③·④·⑤에 든 막대자석 메모판과 나침반은 영구 자석을 이용하며, 유리 온도계와 돋보기는 전자석의 이용 예가 아니다. **다시 볼 질문 Q13·Q17**

29 **(1) 시계 반대 방향.** 엄지손가락을 종이 밖으로 향하게 하면 나머지 손가락이 시계 반대 방향으로 감긴다.

(2) 위. Q는 원의 오른쪽이며, 그곳에서 시계 반대 방향을 따라가면 위쪽이다.

(3) 아래. 전류를 반대로 하면 자기장 방향도 반대다.

인정 범위 (1) 반시계 방향, (2) 위·↑, (3) 아래·↓를 인정한다. **다시 볼 질문 Q18~Q20**

30 **⊙.** 오른쪽에서 자기장이 위를 향하므로 전체 방향은 시계 반대 방향이다. 오른손 네 손가락을 그 방향으로 감으면 엄지손가락은 종이 밖을 향한다.

인정 범위 ⊙ 또는 '종이 밖으로/관찰자 쪽으로'가 들어가면 정답이다. **다시 볼 질문 Q18·Q19**

31 **④.** 같은 위치에서는 전류의 세기가 셀수록 자기장이 세다. ① 직선 도선에서는 엄지손가락이 전류다. ② 자기력선은 동심원 모양이다. ③ 가까운 곳이 더 세다. ⑤ 전류가 반대이면 자기장도 반대다. **다시 볼 질문 Q19·Q20**

32 **(1) P.** 2 cm인 P가 6 cm인 Q보다 도선에 가깝다.

(2) 방향은 그대로이고 세기는 작아진다. 전류 방향은 같고 세기만 줄었기 때문이다.

인정 범위 (1) P, (2) '방향 유지'와 '약해짐'이 모두 맞으면 정답이다. **다시 볼 질문 Q20**

33 **(1) 시계 방향.** 위에서 보면 전류는 수평판 아래로 들어간다. 오른손 엄지손가락을 아래로 향하면 네 손가락이 시계 방향으로 감긴다.

(2) 가: 뒤, 나: 오른쪽, 다: 앞, 라: 왼쪽. 각 자리에서 도선을 중심으로 도는 시계 방향을 따라간다.

인정 범위 (1) 시계 방향, (2) 가=뒤·나=오른쪽·다=앞·라=왼쪽의 대응을 각각 인정한다. **다시 볼 질문 Q18·Q19**

34 **(1) A는 S극, B는 N극.** 나침반 N극이 오른쪽인 A를 향함 → 자기장도 A로 들어가는 방향 → 바깥에서 자기장이 들어가는 끝 A는 S극이다.

(2) 끌어당긴다. N극과 A의 S극이 마주 보기 때문이다.

인정 범위 (1) 두 극이 모두 맞고, (2) '인력/끌어당김'이면 정답이다.
다시 볼 질문 Q01·Q02·Q05

35 **(1) N극.** 내부 자기장은 S극 쪽에서 N극 쪽으로 향하므로 오른쪽이 N극이다.

(2) 시계 방향. 전류를 반대로 바꾼 뒤 오른쪽은 S극이 된다. S극인 면을 정면에서 본 전류는 시계 방향이다.

인정 범위 (1) N, (2) 시계 방향이면 정답이다. **다시 볼 질문 Q10~Q12**

36 **③.** 시계 반대 방향으로 전류가 흐르는 면은 N극이다. ① 나침반 N극은 자기장 방향을 가리킨다. ② 코일의 전류는 네 손가락에 대응한다. ④ 전류를 같게 해야 감은 수의 영향만 비교할 수 있다. ⑤ N극과 S극 모두 쇠클립을 끌어당긴다. **다시 볼 질문 Q02·Q09·Q11·Q15~Q17**

37 **(1) N극과 S극이 서로 바뀐다.** 전류 방향을 반대로 했기 때문이다.

(2) 더 세진다. 같은 코일에서 전류의 세기를 세게 했기 때문이다.

(3) 끌어당긴다. 극이 바뀌어도 쇠클립은 전자석에 끌린다.

인정 범위 '극이 서로 바뀜', '자기장이 세짐', '쇠클립을 끌어당김'을 각각 인정한다.
다시 볼 질문 Q12·Q14·Q17