

엔픽 · 통합과학 물리

기본탄탄 · 실력쑥쑥 집중

II 전기와 자기

2 전기와 자기의 상호작용

10강

전류에 의한 자기장과 에너지 전환

기본탄탄 · 실력쑥쑥

10강 전류에 의한 자기장과 에너지 전환

기본 탄탄 문제

1 전류에 의한 자기장

01 자기장에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 자기력이 미치는 공간을 자기장이라고 한다. ()
- (2) 자기장의 방향은 나침반 자침의 S극이 가리키는 방향이다. ()
- (3) 지구의 자기 북극은 N극이다. ()

02 전류에 의한 자기장에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례한다. ()
- (2) 직선 전류에 의한 자기장은 막대자석 주위의 자기장과 비슷하다. ()
- (3) 원형 도선은 작은 직선 도선을 동그랗게 이어 붙인 것이므로 원형 전류에 의한 자기장은 작은 직선 전류에 의한 자기장을 합하여 구할 수 있다. ()
- (4) 솔레노이드 내부에서는 세기가 균일한 자기장이 형성된다. ()
- (5) 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 솔레노이드의 N극에서 S극 방향이다. ()

03 다음은 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

솔레노이드는 전류가 흐르는 원형 고리들이 연속적으로 이어진 형태이다. 솔레노이드 내부에서는 각 원형 고리들이 만드는 자기장이 합쳐지므로 세기와 방향이 균일한 자기장이 형성된다. 이때 자기장의 세기는 전류의 세기에 (㉠)하고 단위 길이당 감은 수에 (㉡)한다. 또 자기장의 방향은 (㉢) 네 손가락을 전류 방향으로 감아쥐었을 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.

04 전류에 의한 자기장의 세기를 구하시오.

- (1) 세기가 I 인 전류가 흐르는 직선 도선으로부터 거리 r 만큼 떨어진 곳에서 자기장의 세기가 B 일 때, 세기가 $2I$ 인 전류가 흐르는 도선으로부터 거리 $2r$ 만큼 떨어진 곳에서의 자기장
- (2) 세기가 I 인 전류가 흐르는 솔레노이드 내부의 자기장의 세기가 B 일 때, 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기만 $2I$ 로 했을 때의 솔레노이드 내부의 자기장

2 전류의 자기 작용과 에너지 전환

05 전동기와 스피커에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 전동기는 운동 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. ()
- (2) 전동기의 코일이 한 바퀴 회전하는 동안 코일에 흐르는 전류의 방향은 바뀌지 않는다. ()
- (3) 스피커는 자석과 코일의 자기적 상호작용을 이용한 장치이다. ()
- (4) 스피커에서는 공기의 진동이 진동판을 진동시켜 전기 에너지로 전환된다. ()
- (5) 스피커의 코일에 흐르는 전류의 세기와 방향이 주기적으로 바뀌면 코일과 자석 사이의 자기력의 세기와 방향이 주기적으로 바뀐다. ()

06 다음은 전동기가 작동하는 과정에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

전동기는 회전할 수 있는 코일과 코일을 둘러싼 영구 자석으로 구성되어 있다. 코일에 전류가 흐르면 막대자석처럼 코일의 양 끝이 N극, S극이 되고 영구 자석과 상호작용하여 (㉠) 자극끼리는 서로 밀어내고, (㉡) 자극끼리는 서로 당긴다. 이 힘에 의해 코일이 회전하게 된다.

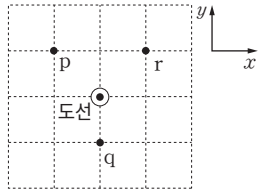
일력 뚝뚝 문제

전류에 의한 자기장

01 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 패러데이가 발견하였다.
- ② 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례한다.
- ③ 도선과 나란한 방향으로 자기장이 생긴다.
- ④ 도선에서 거리가 멀수록 자기장이 강해진다.
- ⑤ 전류의 방향이 바뀌어도 자기장 방향은 일정하다.

02 오른쪽 그림과 같이 xy 평면에 수직으로 고정된 도선에 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 전류가 흐르고 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 간격은 일정하고, 지구 자기장은 무시한다.)

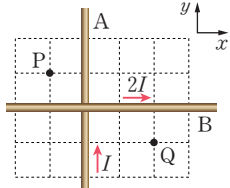


보기

- ㄱ. p와 r에서 자기장의 세기는 같다.
- ㄴ. q에서 자기장의 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㄷ. 전류의 세기가 증가하면 p에서 자기장의 세기는 증가한다.

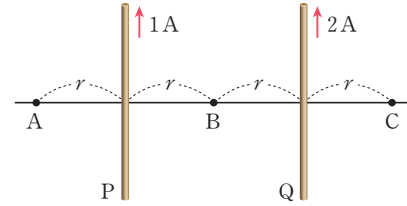
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 오른쪽 그림은 xy 평면에 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B에 각각 세기가 I , $2I$ 인 전류가 화살표 방향으로 흐르는 것을 나타낸 것이다. 점 P에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기가 B_0 일 때, 점 Q에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는?



- ① $\frac{1}{6} B_0$ ② $\frac{1}{3} B_0$ ③ $\frac{1}{2} B_0$
- ④ $\frac{2}{3} B_0$ ⑤ $\frac{5}{6} B_0$

04 그림과 같이 나란하게 고정된 무한히 긴 직선 도선 P, Q에 각각 1 A, 2 A의 전류가 화살표 방향으로 흐른다. 점 A, B, C는 P, Q와 동일 평면상에 고정된 점으로 P, Q와 간격이 r 로 일정하다.



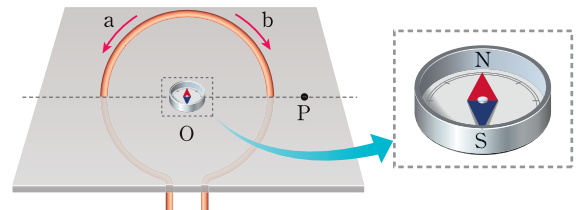
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자기장은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A와 B에서 자기장의 방향은 같다.
- ㄴ. 자기장의 세기는 C에서가 A에서의 2 배이다.
- ㄷ. P와 Q를 바꾸어 놓아도 B에서 자기장의 세기는 같다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 수평면에 수직으로 고정된 원형 도선의 가운데에 나침반을 놓고 전류를 흘렸을 때 나침반의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자기장은 무시한다.)

보기

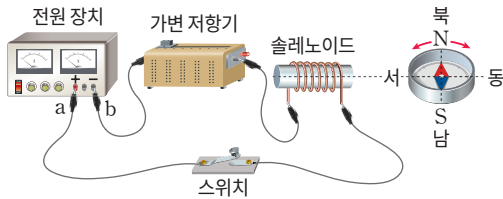
- ㄱ. 원형 도선에는 a 방향으로 전류가 흐른다.
- ㄴ. 나침반을 P로 가져가면 나침반의 N극이 가리키는 방향이 반대로 바뀐다.
- ㄷ. 전류의 세기가 2 배로 증가하면 O에서 자기장의 세기는 4 배가 된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 **중요** ☆

다음은 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장을 관찰하는 실험 과정이다.

(가) 그림과 같이 가변 저항기와 연결된 솔레노이드의 중심축이 동서 방향이 되도록 고정하고 집게 a, b를 각각 전압이 일정한 전원 장치의 (+)극과 (-)극에 연결한다.



(나) 스위치를 닫고 나침반의 N극이 회전하는 방향과 각도를 관찰한다.

(다) a, b를 바꾸어 연결하고 (나)를 반복한다.

(라) (다)에서 가변 저항의 저항값을 증가시킨 후 (나)를 반복한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (나)에서 솔레노이드 내부의 자기장 방향은 동쪽이다.
- ㄴ. (나)와 (다)에서 나침반 N극의 회전 방향은 같다.
- ㄷ. 나침반 N극의 회전각은 (라)보다 (나)에서 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 전류에 의한 자기장을 활용하는 장치만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

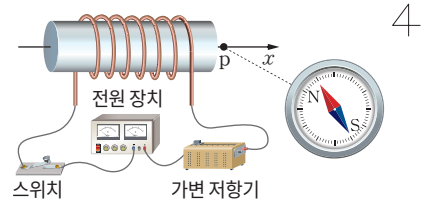
보기



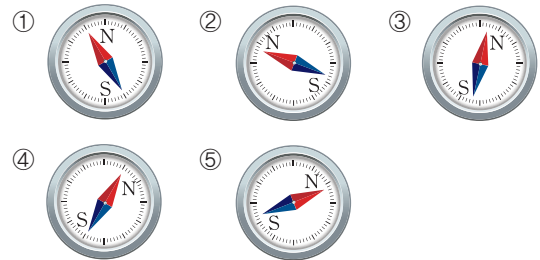
- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

그림은 솔레노이드, 가변 저항기, 스위치를 전압이 일정한 전원 장치에 연결한 후 점 p에 나침반을 놓고 스위치를 닫았을 때 나침반의 모습을 나타낸 것이다.



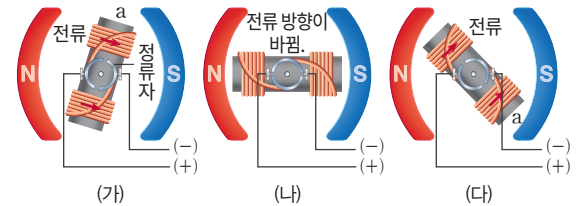
전원 장치의 극을 반대로 연결하고 가변 저항기의 저항값을 더 작게 한 후 스위치를 닫았을 때, 나침반의 모습으로 가장 적절한 것은?



2 전류의 자기 작용과 에너지 전환

09 **중요** ☆

그림 (가)~(다)는 전동기의 작동 원리를 나타낸 것이다. 코일에는 화살표 방향으로 전류가 흐르고, a는 코일의 한쪽 끝 부분이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

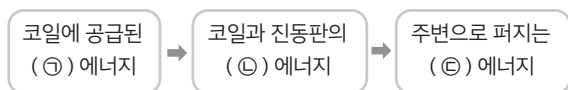
보기

- ㄱ. (가)에서 a와 자석의 N극은 서로 밀어낸다.
- ㄴ. (가)와 (다)에서 a는 같은 종류의 자극이다.
- ㄷ. 전원의 (+)극과 (-)극을 바꾸어 연결해도 코일은 시계방향으로 회전한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 (중요) ☆

그림은 스피커에서의 에너지 전환 과정을 나타낸 것이다.

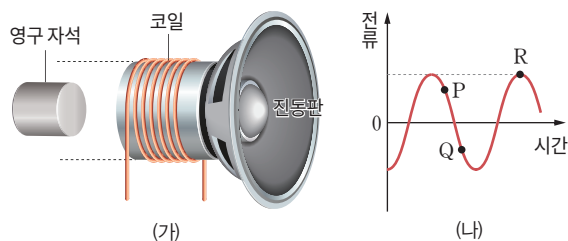


㉠~㉢에 들어갈 말로 가장 적절한 것은?

- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---|----|----|----|
| ① | 운동 | 전기 | 소리 |
| ② | 운동 | 소리 | 전기 |
| ③ | 전기 | 운동 | 소리 |
| ④ | 전기 | 소리 | 운동 |
| ⑤ | 전기 | 화학 | 소리 |

11

그림 (가)는 고정된 영구 자석과 코일이 붙어 있는 진동판으로 구성된 스피커의 구조를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 스피커의 코일에 흐르는 전류를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

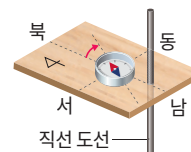
- ㄱ. 전류에 의한 자기장의 방향은 P와 Q에서 서로 반대이다.
- ㄴ. 전류에 의한 자기장의 세기는 Q보다 R에서 더 크다.
- ㄷ. 스피커는 전기 에너지를 소리 에너지로 전환한다.

- | | | |
|--------|-----------|--------|
| ① ㄱ | ② ㄴ | ③ ㄱ, ㄷ |
| ④ ㄴ, ㄷ | ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ | |

단답형·서술형 문제

12 (중요) ☆

오른쪽 그림과 같이 직선 도선 주위에 나침반을 놓고 도선에 전류를 흘려 주었더니 나침반 자침의 N극이 북동쪽으로 회전하였다.

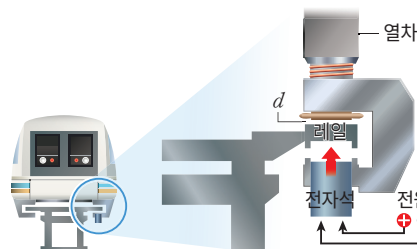


- 도선에 흐르는 전류의 방향을 전류에 의한 자기장의 방향을 근거로 하여 설명하시오.
- 자침의 회전각을 더 크게 하는 방법을 2 가지 서술하시오.

13

다음은 자기 부상 열차의 원리를 설명한 글이다.

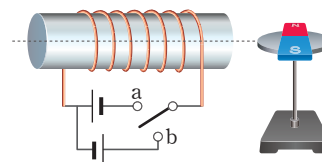
자기 부상 열차의 전자석에 전류가 흐르면 전자석과 레일 사이에 당기는 자기력이 작용하여 열차가 위로 뜬다. 이때 전류의 세기를 조절하면 열차와 레일 사이의 간격 d 를 일정하게 유지할 수 있다.



- 레일은 어떤 종류의 자성체로 만들어야 하는지 설명하시오.
- d 가 규정된 값보다 증가했을 때 전자석에 흐르는 전류를 어떻게 조절해야 하는지 설명하시오.

14 (중요) ☆

그림과 같이 솔레노이드에 전원, 스위치를 연결하고 회전 가능한 받침대에 자석을 놓았다. (단, 지구 자기장은 무시한다.)

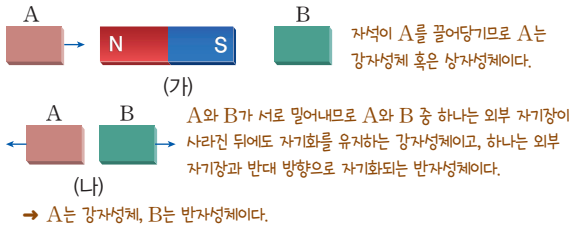


- 스위치를 a에 연결할 때 자석의 회전 방향을 설명하시오.
- 자석이 계속 회전하도록 하는 방법을 설명하시오.

바른답 · 알찬풀이

기본탄탄문제 · 실력쑥쑥문제 해설
10강 전류에 의한 자기장과 에너지 전환

자료 분석



(1) (나)에서 A와 B가 서로 밀어내므로 A, B 중 하나는 외부 자기장을 제거해도 자기화를 유지하는 강자성체이고 다른 하나는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되는 반자성체라는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점(%)
타당한 근거를 바탕으로 A, B의 자성체 종류를 옳게 설명한 경우	100
A, B의 자성체 종류만 옳게 쓴 경우	40

(2) B는 반자성체이므로 자석의 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 따라서 B의 왼쪽은 S극이 된다.

채점 기준	배점(%)
B가 반자성체이며, 반자성체는 외부 자기장과 반대로 자기화된다고 설명하고 왼쪽이 S극임을 밝힌 경우	100
B가 반자성체이므로 왼쪽이 S극이라고 설명한 경우	80
왼쪽이 S극이라고만 쓴 경우	40

13

A와 C가 자기력을 작용하지 않으므로 A와 C 중에는 강자성체가 없다. 즉 B는 강자성체이다. A와 B가 서로 끌어당기므로 A는 상자성체이고 C는 반자성체이다.

채점 기준	배점(%)
㉠에 밀어낸다고 쓰고, 근거로서 B, C의 자성체 종류를 찾는 과정을 설명한 경우	100
자성체 종류를 찾는 과정에 대한 설명없이 B, C의 자성체 종류만으로 서로 밀어낸다고 설명한 경우	60
B, C의 자성체 종류만 쓴 경우	20

14

전자석은 코일 안에 강자성체를 넣고 전류를 흘려 주면 강자성체가 전류에 의한 자기장 방향으로 강하게 자기화되어 강한 자석이 된다.

채점 기준	배점(%)
철심이 더 강한 자기장을 만든다는 것을 근거로 강자성체임을 설명한 경우	100
철심이 강자성체라는 것만 쓴 경우	50

10강 전류에 의한 자기장과 에너지 전환

탐구 확인 문제

102 쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ 02 ④

01

답 (1) ○ (2) × (3) ○

- (1) 스피커의 코일에 공급된 전기 에너지가 진동판을 진동시켜 소리 에너지로 전환된다.
- (2) 스피커의 코일에는 시간에 따라 세기와 방향이 변하는 전류가 흐른다.
- (3) 코일에 흐르는 전류의 세기가 시간에 따라 변하므로 코일이 자석으로부터 받는 자기력의 세기도 시간에 따라 변한다.

02

답 ④

④ 스피커에서는 전기 에너지가 자석과 코일의 상호작용을 통해 소리 에너지로 전환된다.

오답 피하기 ① 코일과 자석은 자기장을 형성하여 상호작용하므로 자석도 코일로부터 자기력을 받는다.

② 코일에 흐르는 전류의 방향이 바뀌면 코일이 자석으로부터 받는 자기력의 방향도 바뀐다.

③ 코일에 흐르는 전류의 세기가 시간에 따라 변하므로 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기도 시간에 따라 변한다.

⑤ 코일에 흐르는 전류의 방향이 바뀌면 코일이 형성하는 자기장의 방향이 바뀌고, 코일과 진동판이 받는 자기력의 방향이 바뀐다. 따라서 코일에 입력되는 전기 신호의 진동수와 소리의 진동수는 같다.

기본 탄탄 문제

104 쪽

01 (1) ○ (2) × (3) × 02 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×
 03 ㉠ 비례, ㉡ 비례, ㉢ 오른손 04 (1) B (2) 2B
 05 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ 06 ㉠ 같은, ㉡ 다른

01

답 (1) ○ (2) × (3) ×

- (1) 자기장은 자석 주위와 같이 자기력이 작용하는 영역이다.
- (2) 자기장의 방향은 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향으로 정한다.
- (3) N극과 S극은 서로 끌어당기고 N극과 N극은 서로 밀어낸다. 지구의 자기 북극은 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향이므로 S극이다.

02

답 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

(1) 직선 도선에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 전류에 의한 자기장의 세기가 세다.

(2) 직선 전류에 의한 자기장은 직선 도선을 중심으로 하는 동심원 모양이다.

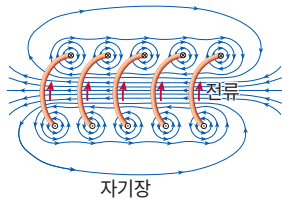
(3) 원형 도선은 작은 직선 도선을 동그랗게 이어 붙인 것으로 볼 수 있다. 원형 도선 주위의 한 점에서 자기장은 각 직선 도선이 만드는 자기장을 합하여 구할 수 있다.

(4) 솔레노이드는 도선을 코일 형태로 촘촘히 감아 만든 것으로, 솔레노이드 내부에서는 세기와 방향이 균일한 자기장이 만들어진다.

(5) 솔레노이드 외부에서는 막대자석 주위와 비슷하게 N극에서 나와 S극을 향하는 방향으로 자기장이 형성되고, 내부에서는 솔레노이드의 S극에서 N극 방향으로 자기장이 형성된다.

03 ㉠ 비례, ㉡ 비례, ㉢ 오른손 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 단위 길이당 감은 수에 비례한다.

개념 더하기 솔레노이드 내부의 균일한 자기장



- 자기장 방향: 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아칠 때 엄지손가락이 가리키는 방향
- 자기장 세기: 전류의 세기에 비례하고, 단위 길이당 코일의 감은 수에 비례한다.

04 (1) B (2) 2B
(1) 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 거리에 반비례한다. 전류의 세기가 2 배, 거리도 2 배이므로 자기장의 세기는 같다.

(2) 솔레노이드 내부의 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례한다. 전류의 세기만 2 배가 되면 자기장의 세기도 2 배가 된다.

05 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\bigcirc$ (4) $\times$ (5) $\bigcirc$
(1) 전동기는 전기 에너지를 운동 에너지로 변환하는 장치이다.
(2) 전동기가 회전할 때 코일에 의한 자기장과 자석의 자기장이 평행이 되는 순간 코일에 흐르는 전류의 방향이 반대로 바뀐다.
(3) 스피커는 자석의 자기장과 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장의 상호작용으로 진동판이 진동하는 장치이다.
(4) 스피커는 전기 에너지를 운동 에너지로 변환하여 진동판을 진동시키고, 이 진동이 공기를 진동시켜 소리를 만드는 장치이다.
(5) 스피커의 코일에 흐르는 전류의 세기와 방향이 주기적으로 바뀌면 코일에 의한 자기장의 세기와 방향이 주기적으로 바뀐다. 따라서 코일과 자석 사이의 자기력의 세기와 방향도 주기적으로 바뀐다.

06 ㉠ 같은, ㉡ 다른
자기력은 같은 극 사이에는 밀어내는 방향, 다른 극 사이에는 당기는 방향으로 작용한다.

일괄 목록 문제

105 ~ 107 쪽

- 01 ② 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ④ 05 ② 06 ③ 07 ④
08 ⑤ 09 ① 10 ③ 11 ⑤

단답형·서술형 문제

- 12** (1) 예시 답안 나침반 자침의 N극이 북동쪽으로 회전하였으므로 전류에 의한 자기장 방향은 동쪽이다. 따라서 전류는 위에서 아래로 흐른다.
(2) 예시 답안 전류의 세기를 더 세게 한다. 나침반을 도선에 더 가까운 곳으로 옮긴다.
- 13** (1) 예시 답안 레일과 전자석 사이에 당기는 자기력이 작용해야 하므로 강자성체로 만들어야 한다.
(2) 예시 답안 d 가 증가했다는 것은 전자석과 레일 사이의 자기력이 커졌다는 뜻이므로 전자석에 흐르는 전류의 세기를 줄여 전자석과 레일 사이의 자기력의 세기가 작아지게 해야 한다.
- 14** (1) 예시 답안 스위치를 a에 연결하면 솔레노이드의 오른쪽이 N극이 되므로 자석의 S극이 끌려온다. 따라서 자석은 시계방향으로 회전한다.
(2) 예시 답안 자석의 S극이 끌려와 솔레노이드에 가장 가까이 왔을 때 스위치를 b에 연결하면 솔레노이드의 오른쪽이 S극이 되어 자석의 S극이 밀려나며 시계방향으로 회전한다. 이런 식으로 스위치를 a, b에 번갈아 연결하며 자석을 계속 회전시킬 수 있다.

01 ②
② 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다.

오답 피하기 ① 도선에 흐르는 전류에 의해 자기장이 형성된다는 것은 외르스테드가 발견하였다.

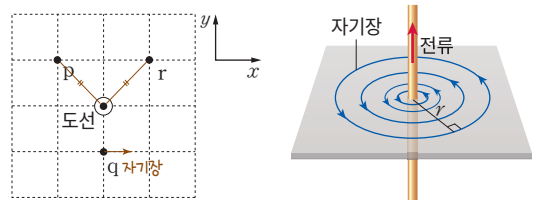
③ 직선 도선 주위에서는 도선을 중심으로 하는 동심원 모양의 자기장이 형성된다.

④ 도선으로부터의 거리가 멀수록 자기장이 약해진다.

⑤ 전류의 방향이 바뀌면 자기장 방향도 바뀐다.

02 ⑤

자료 분석 직선 전류에 의한 자기장



$$B \propto \frac{I}{r} \quad (B: \text{자기장}, I: \text{전류의 세기}, r: \text{도선으로부터의 거리})$$

ㄱ. 도선에서 p와 r까지 거리는 같다. 따라서 p와 r에서 자기장의 세기는 같다.

ㄴ. 도선에서 전류가 xy 평면에서 나오는 방향으로 흐르므로 도선 주위의 자기장은 반시계방향으로 형성된다.

ㄷ. 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례한다. 전류의 세기가 증가하면 p에서 자기장의 세기가 증가한다.

03

답 ⑤

직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 거리에 반비례한다. P에서 A에 의한 자기장을 $+B$ 라고 할 때, P, Q에서 A, B에 의한 자기장과 전체 자기장은 표와 같다.

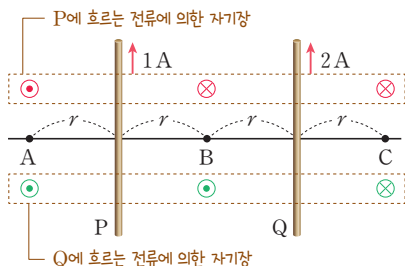
위치	A	B	전체
P	$+B$	$+2B$	$+3B$
Q	$-\frac{1}{2}B$	$-2B$	$-\frac{5}{2}B$

$B_0=3B$ 이므로 Q에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{5}{2}B$
 $=\frac{5}{2} \times \frac{B_0}{3} = \frac{5}{6}B_0$ 이다.

04

답 ④

자료 분석 나란한 두 직선 전류에 의한 자기장



- 도선의 왼쪽에서는 평면에서 나오는 방향, 오른쪽에서는 평면으로 들어가는 방향으로 자기장이 형성된다.
- 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 거리에 반비례한다. P로부터 거리 r 만큼 떨어진 지점에서 P의 전류에 의한 자기장의 세기를 B_0 이라 하고, 평면에서 나오는 방향을 (+), 들어가는 방향을 (-)라 하면 A, B, C에서 자기장은 다음 표와 같다.

위치	P	Q	전체
A	$+B_0$	$+\frac{2}{3}B_0$	$+\frac{5}{3}B_0$
B	$-B_0$	$+2B_0$	$+B_0$
C	$-\frac{1}{3}B_0$	$-2B_0$	$-\frac{7}{3}B_0$

ㄱ. P, Q 모두 위쪽으로 전류가 흐르므로 도선의 왼쪽에서는 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기장을 만들고, 도선의 오른쪽에서는 평면에서 수직으로 들어가는 방향의 자기장을 만든다. A는 두 도선에 흐르는 전류가 만드는 자기장 방향이 같으므로 A에서

자기장의 방향은 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. B에서는 Q에 의한 자기장이 P에 의한 자기장보다 세므로 B에서 자기장의 방향은 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄷ. P와 Q를 바꾸어 놓으면 B에서 자기장의 방향이 반대로 바뀐다. 그러나 자기장의 세기는 같다.

오답 피하기 ㄴ. P로부터 거리 r 만큼 떨어진 지점에서 P의 전류에 의한 자기장의 세기를 B_0 이라고 하면, A에서 자기장은 $+\frac{5}{3}B_0$ 이고 C에서 자기장은 $-\frac{7}{3}B_0$ 이다. 따라서 자기장의 세기는 C에서 A에서의 $\frac{7}{5}$ 배이다.

05

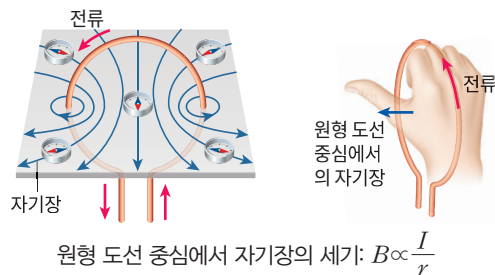
답 ②

ㄴ. 도선에 전류가 b 방향으로 흐르므로 P에서는 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향이 O에서와 반대가 된다.

오답 피하기 ㄱ. 원형 도선 중심에서 자기장은 오른손 네 손가락을 전류 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다. 따라서 도선에는 b 방향으로 전류가 흐른다.

ㄷ. 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하므로 전류의 세기가 2 배가 되면 O에서 자기장의 세기는 2 배가 된다.

개념 더하기 원형 전류에 의한 자기장



원형 도선 중심에서 자기장의 세기: $B \propto \frac{I}{r}$
 (B: 자기장, I: 전류의 세기, r: 원의 반지름)

06

답 ③

ㄷ. 가변 저항의 저항값을 증가시키면 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 감소한다. 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 감소하면 자기장 세기도 감소한다. 따라서 회전각은 (라)에서가 (나)에서보다 작다.

오답 피하기 ㄱ. a가 전원의 (+)극에 연결되어 있으므로 전류는 $a \rightarrow$ 스위치 $\rightarrow$ 솔레노이드 방향으로 흐른다. 솔레노이드 내부의 자기장 방향은 서쪽이다.

ㄴ. a, b를 바꾸면 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향이 바뀐다. 솔레노이드에 흐르는 전류 방향이 바뀌면 자기장 방향도 바뀐다.

07

답 ④

ㄱ. 스피커는 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장과 자석의 상호작용을 이용해 진동판을 진동시켜 전기 신호를 소리로 바꾸는 장치이다.

ㄷ. 손 선풍기 안에 있는 전동기는 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장과 자석의 상호작용을 이용한다.

오답 피하기 ㄴ. 발광 다이오드는 반도체의 성질을 이용하여 전기 에너지를 빛에너지로 바꾼다.

08

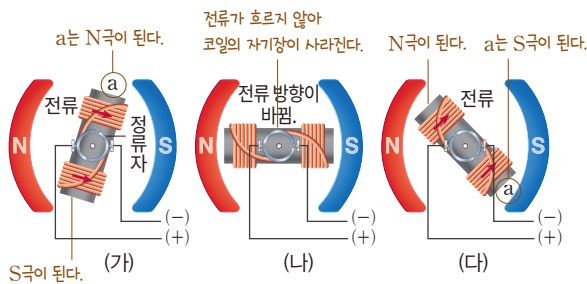
답 ⑤

전류 방향이 바뀌면 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 바뀌고, 전류의 세기가 증가하면 전류에 의한 자기장의 세기도 증가한다. 따라서 나침반의 자침은 반대 방향인 동북쪽으로 회전하며, 회전각은 증가한다.

09

답 ①

자료 분석 전동기의 작동 원리



- (가): a는 N극이 되어 오른쪽으로 자기력을 받고, 반대쪽 끝은 S극이 되어 왼쪽으로 자기력을 받는다. → 코일이 시계방향으로 회전한다.
- (나): 코일의 정류자와 전원 사이의 연결이 끊어지므로 전류가 흐르지 않는다.
- (다): a는 S극이 되어 왼쪽으로 자기력을 받고, 반대쪽은 N극이 되어 오른쪽으로 자기력을 받는다. → 코일이 시계방향으로 회전한다.

ㄱ. 코일의 a는 N극이 되어 자석의 N극에서 밀려나고 S극으로 끌려가며 코일이 회전한다.

오답 피하기 ㄴ. (나)에서 전류 방향이 바뀌면 (다)에서 a는 S극이 되어 자석의 S극에서 밀려난다.

ㄷ. 전원의 (+)극과 (-)극이 바뀌면 코일에 흐르는 전류의 방향이 바뀐다. (가)에서 a가 S극이 되어 N극 방향으로 끌려가므로 코일은 반시계방향으로 회전하게 된다.

10

답 ③

스피커는 코일에 공급된 전기 에너지를 운동 에너지로 전환하고, 진동판이 진동할 때 주변 공기가 진동하며 소리 에너지를 주변으로 전달한다.

11

답 ⑤

ㄱ. P와 Q에서 전류 방향이 반대이므로 전류에 의한 자기장의 방향도 반대이다.

ㄴ. R에서 전류의 세기가 최대가 되므로 전류에 의한 자기장의 세기는 Q보다 R에서 더 크다.

ㄷ. 스피커는 전류에 의한 자기장과 자석의 자기장 사이의 상호작용을 이용하여 전기 에너지를 소리 에너지로 전환하는 장치이다.

12

(1) 나침반 자침의 N극이 북동쪽으로 회전하였으므로 전류에 의한 자기장 방향은 동쪽이다. 오른손 네 손가락을 자기장 방향으로 하고 도선을 감아쥐면 엄지손가락이 아래를 향하므로 전류는 위에서 아래로 흐른다.

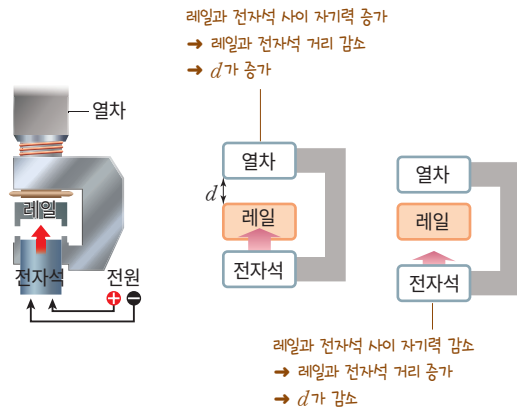
채점 기준	배점(%)
자기장 방향을 근거로 전류 방향을 설명한 경우	100
전류 방향만 설명한 경우	40

(2) 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선에서 떨어진 거리에 반비례한다.

채점 기준	배점(%)
회전각을 크게 하는 방법 2 가지를 제시한 경우	100
회전각을 크게 하는 방법 1 가지만 제시한 경우	50

13

자료 분석 자기부상 열차의 원리



- 센서를 이용해 레일과 열차 사이의 간격을 일정하게 유지한다.
- 열차와 레일 간격 d 가 변할 때 전류 변화

d 가 증가	• 전자석에 흐르는 전류의 세기가 증가하여 레일과 전자석 사이의 거리가 줄었기 때문이다. → 전류 세기를 줄여 레일과 전자석 사이의 자기력을 줄인다.
d 가 감소	• 전자석에 흐르는 전류의 세기가 감소하여 레일과 전자석 사이의 거리가 늘었기 때문이다. → 전류 세기를 늘려 레일과 전자석 사이의 자기력을 키운다.

(1) 전자석에 전류가 흘러 자기장이 만들어질 때 레일과 전자석 사이에 당기는 자기력이 작용해야 하므로 강자성체로 만들어야 한다.