

**The true beauty of science is in finding a
simple theory that can explain diverse phenomena.**

Murray Gell-Mann

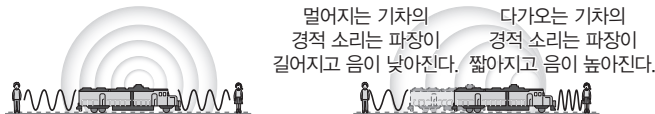
WorkBook

도플러 효과와 전자기파

① 도플러 효과와 그 이용

(1) 도플러 효과

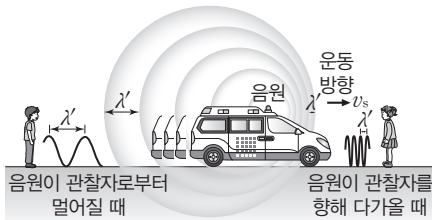
- ① 파동을 발생시키는 파원과 그 파동을 관측하는 관찰자의 운동 상태에 따라 관찰자가 측정하는 파동의 진동수가 달라지는 현상으로, 파원과 관찰자가 가까워지면 파동의 진동수가 증가하고 멀어지면 파동의 진동수가 감소하는 것으로 관측된다.



▲ 파원이 정지해 있을 때

▲ 파원이 운동할 때

- ② 음원이 정지해 있는 관찰자에게 다가올 때: 관찰자에 대한 소리의 상대 속도는 음속과 같고, 파장이 짧아진다. 같은 시간 동안 관찰자에 도달하는 파면의 수는 증가하고, 관찰자가 측정하는 소리의 진동수 f' 도 증가한다.



$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{\lambda - \frac{v_s}{f}} = \frac{v}{\frac{v - v_s}{f}} = \frac{v}{v - v_s} f$$

(v 는 음속, v_s 는 음원의 속력이며 멀어질 때는 $+v_s$ 를 사용)

(2) 도플러 효과의 이용

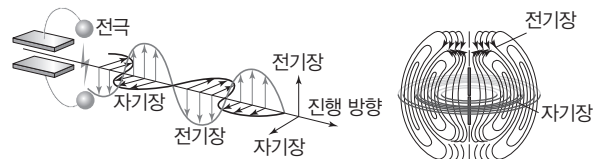
- ① 속력 측정: 포수 후방에 스피드건을 설치하고 날아오는 공을 향해 극초단파를 쏘아 준 뒤, 공에서 반사된 극초단파의 진동수가 증가하는 정도에 따라 투수가 던진 공의 속력을 측정한다.

- ② 천체의 이동 속도 분석: 수소 원자나 헬륨 원자 때문에 나타나는 고유한 흡수 선 스펙트럼을 분석하여 천체의 이동 속도를 측정한다.
- ③ 기상 관측: 라디오파를 대기 중에 쏘아 빗방울이나 얼음 결정과 같은 공기 중의 물체와 충돌 후 반사되어 되돌아오는 라디오파의 진동수 변화를 측정해 구름의 방향 및 속도를 측정한다.

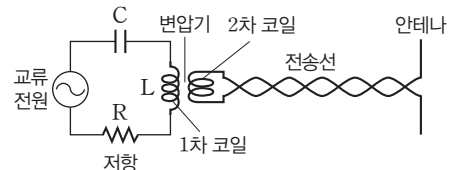
② 전자기파의 발생과 수신

(1) 전자기파의 발생

- ① 전하가 가속도 운동을 하면 시간에 따라 변하는 전기장은 자기장을 유도하고, 시간에 따라 변하는 자기장은 전기장을 유도하게 되면서 전자기파가 발생하여 주위 공간으로 퍼져 나간다.



- ② 전자기파의 송신: 코일-축전기 진동 회로와 변압기, 안테나를 붙여서 만든 회로에 특정한 진동수의 교류 전류가 흐르면 1차 코일에서 발생한 자기 선속의 변화는 상호유도에 의해 2차 코일에 변하는 유도 기전력을 만든다.

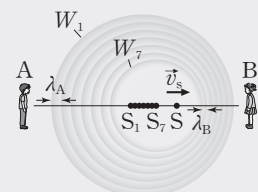


이 유도 기전력이 안테나의 전자들을 진동시켜 전자기파가 송신된다. 이때 발생하는 전자기파의 진동수는 LC 회로의 공명(고유) 진동수와 같다.

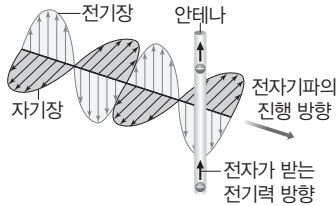
더 알기 음원이 관찰자를 향해 다가올 때와 멀어질 때 비교하기

그림은 관찰자 A에서 B를 향해 v_s 의 속력으로 등속도 운동을 하는 음원이 점 S를 지나는 순간의 모습을 나타낸 것으로, 파면 $W_1 \sim W_7$ 은 음원이 일정한 간격으로 위치한 점 $S_1 \sim S_7$ 을 지날 때 발생한 소리의 파면을 각각 나타낸 것이다. 음원에서 발생하는 소리의 진동수는 f 이고, 음속은 V 이다.

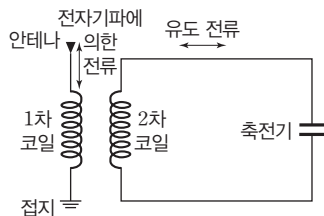
	관찰자 A가 측정하는 소리	관찰자 B가 측정하는 소리
파장	$\lambda_A = \lambda + \Delta\lambda = \lambda + v_s T = \lambda + \frac{v_s}{f}$ - A가 측정하는 소리의 파장은 음원이 정지했을 때 소리의 파장보다 길다.	$\lambda_B = \lambda - \Delta\lambda = \lambda - v_s T = \lambda - \frac{v_s}{f}$ - B가 측정하는 소리의 파장은 음원이 정지했을 때 소리의 파장보다 짧다.
진동수	$f_A = \frac{V}{\lambda_A} = \frac{V}{\lambda + \frac{v_s}{f}} = \frac{V}{\frac{V + v_s}{f}} = \left(\frac{V}{V + v_s}\right)f$ - A가 측정하는 소리의 진동수는 음원에서 발생하는 소리의 진동수보다 작다.	$f_B = \frac{V}{\lambda_B} = \frac{V}{\lambda - \frac{v_s}{f}} = \frac{V}{\frac{V - v_s}{f}} = \left(\frac{V}{V - v_s}\right)f$ - B가 측정하는 소리의 진동수는 음원에서 발생하는 소리의 진동수보다 크다.
특징	음원의 속력 v_s 가 클수록(음속 V 에 가까울수록), 음원에서 발생하는 소리와 관찰자가 측정하는 소리의 파장의 차와 진동수 차이가 크다.	



- (2) 전자기파의 수신: 금속으로 된 안테나에 전파가 도달하면 안테나 속의 전자는 전기장의 방향과 반대 방향으로 전기력을 받으며 진동하여 교류 전류가 흐르게 된다.



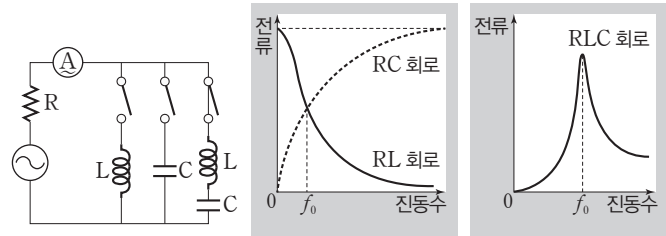
- ① 전자기파의 수신: 안테나에 여러 진동수의 전자기파가 도달하면 1차 코일에는 전자기파에 의한 전류가 흐르게 되고, 안테나 옆에 LC 회로를 놓게 되면 회로의 공명(고유) 진동수와 동일한 진동수의 전자기파에 의한 유도 전류가 가장 세게 흐르게 된다.



- ② 전자기파 수신기에서는 코일의 자체 유도 계수와 축전기의 전기 용량을 조절하여 원하는 진동수의 전자기파를 선택할 수 있다.

- (3) 교류 회로에서의 공명(고유) 진동수: 코일과 축전기가 직렬로 연결된 회로에서 코일의 저항 역할은 교류 진동수가 클수록 크고, 축전기의 저항 역할은 교류 진동수가 클수록 작다. 코일과 축전기의 저항 역할이 같을 때 합성 저항 역할이 최소가 되어 전류가 최대로 흐른다. 이때의 진동수 f_0 를 LC 회로의 공명(고유) 진동수라고 한다.

- ① 교류 회로에서 저항만 연결된 경우 교류의 진동수에 관계없이 전류의 세기는 저항에 반비례한다.
 ② 교류 전원에 저항, 코일, 축전기를 모두 연결하면 교류 전원의 진동수에 따라 전류의 세기가 변한다.
 ③ 저항, 코일, 축전기가 연결된 교류 회로에서 전류의 값이 최대가 되는 공명(고유) 진동수는 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (L : 자체 유도 계수, C : 전기 용량)이다.



③ 전자기파와 정보 통신

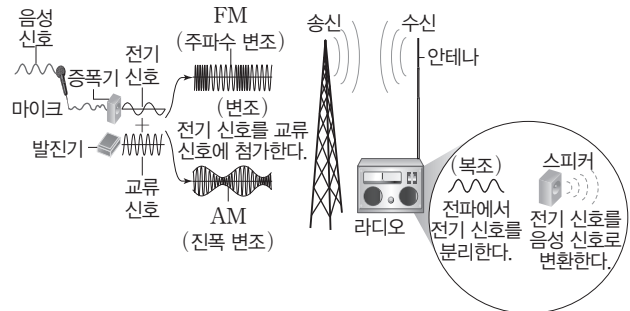
- (1) 전자기파의 공명: 전파 발생 회로와 수신 회로의 공명(고유) 진동수가 서로 같을 때 전자기파 공명이 발생하면서 수신 회로에 세기가 큰 전류가 흐른다.

- ① 전파 발생 장치의 공명(고유) 진동수와 같은 진동수의 전자기파가 가장 강하게 발생된다.

- ② 전자기파의 진동수와 전파 수신 장치의 공명(고유) 진동수가 같아야 수신 장치에 세기가 큰 전류가 흐른다.

- ③ 전파 발생 장치에서 발생된 전자기파는 전파 수신 장치에 교류를 발생시키는 교류 전원의 역할을 한다.

- (2) 정보 통신 과정: 음성 신호를 마이크에 입력하여 나온 전기 신호를 증폭기로 증폭한다. 이 전기 신호를 발진기에서 일정한 진동수로 만든 교류 신호에 첨가하는 과정(변조)을 거쳐 송신 안테나로 보낸다. 라디오 수신 안테나에서 수신한 전파로부터 전기 신호를 분리하는 과정(복조)을 거쳐 분리된 전기 신호는 스피커에서 음성 신호로 변환된다.



- ① 진폭 변조(AM): 전기 신호의 세기에 따라 일정한 진동수의 교류 신호의 진폭을 변화시킨다.
 ② 주파수 변조(FM): 전기 신호의 세기에 따라 일정한 진폭의 교류 신호의 진동수를 변화시킨다.

더 알기

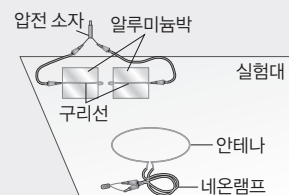
헤르츠의 전자기파 실험

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 두 장의 알루미늄박에 구리선을 붙이고 실험대에 수직으로 놓은 후 압전 소자를 연결한다.
 (나) 구리선으로 원형 안테나를 만들고 네온램프를 연결하여 알루미늄박에 가까이 위치시킨다.
 (다) 안테나를 실험대에 놓은 후 압전 소자를 눌러 구리선 사이에서 불꽃 방전과 네온램프에서 빛 방출 여부를 관찰한다.
 (라) (다)에서 알루미늄박과 안테나 사이의 거리만을 변화시키면서 압전 소자를 눌러 네온램프를 관찰한다.

[실험 결과]

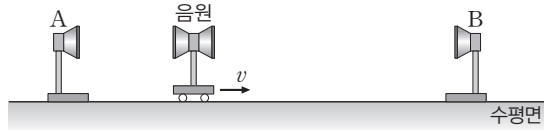
- (다)에서 압전 소자를 누를 때 구리선 사이에서 불꽃 방전이 일어나며 네온램프에 불이 켜진다.
- (라)에서 안테나와 알루미늄박 사이의 거리가 멀수록 네온램프에서 방출되는 빛의 최대 밝기는 감소한다.



테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 진동수가 f_0 로 일정한 음파를 발생시키는 음원이 수평면에 고정된 음파 측정기 A, B 사이에서 B를 향해 v 의 속력으로 등속도 운동을 한다. A, B가 측정하는 음파의 진동수는 각각 f_A, f_B 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음원과 A, B는 동일 직선상에 있고, 음속은 V 로 일정하며, $v < V$ 이다.)

보기

ㄱ. $f_A = \frac{V}{V-v} f_0$ 이다.

ㄴ. $f_A < f_B$ 이다.

ㄷ. f_B 는 v 가 클수록 크다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄱ, ㄴ

⑤ ㄴ, ㄷ

접근 전략

진동수가 f_0 인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때, 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 다음과 같다.

$$f = \frac{v}{v \mp v_s} f_0 \quad (v: \text{음파의 속도}, v_s: \text{음원의 속도}, -: \text{음원이 음파 측정기를 향해 다가감}, +: \text{음원이 음파 측정기에서 멀어짐})$$

간략 풀이

✕ 음원은 A로부터 멀어지므로 $f_A = \frac{V}{V+v} f_0$ 이다.

⊖ 음원은 A로부터 멀어지고 B에 가까워지므로 A가 측정하는 음원의 진동수는 f_0 보다 작고, B가 측정하는 음원의 진동수는 f_0 보다 크다. 따라서 $f_A < f_B$ 이다.

⊕ $f_B = \frac{V}{V-v} f_0$ 이므로 f_B 는 v 가 클수록 크다.

정답 | ⑤

짧은 풀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 38쪽

▶ 26070-0178

그림과 같이 수평면에 음파 측정기가 정지해 있고, 음원 A, B가 진동수가 일정한 음파를 발생시키며 $+x$ 방향으로 같은 속력 v 로 등속도 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B가 발생시키는 음파의 진동수는 각각 $f_0, 2f_0$ 이다. A, B가 발생시킨 음파를 음파 측정기가 측정하는 진동수는 각각 f_A, f_B 이다. 음속은 $10v$ 이다.



$\frac{f_A}{f_B}$ 는? (단, 음원은 A와 B를 잇는 직선상에서 운동한다.)

① $\frac{8}{15}$

② $\frac{9}{16}$

③ $\frac{10}{17}$

④ $\frac{11}{18}$

⑤ $\frac{12}{19}$

유사점과 차이점

등속도 운동하는 음원 A, B 사이에 음파 측정기가 정지해 있다는 점에서는 대표 문제와 유사하지만, 음파 측정기가 측정하는 소리의 진동수를 정량적으로 구한다는 점에서 대표 문제와 다르다.

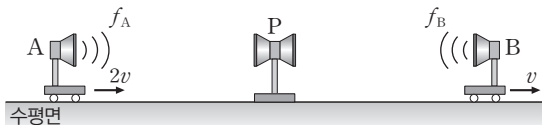
배경 지식

음원이 음파 측정기를 향해 다가오면 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 음원이 발생시키는 음파의 진동수보다 크고, 음원이 음파 측정기에서 멀어지면 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 음원이 발생시키는 음파의 진동수보다 작다.

01

▶26070-0179

그림은 음원 A, B가 정지해 있는 음파 측정기 P와 동일 직선상에서 각각 속력 $2v$, v 로 서로 같은 방향으로 등속도 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B가 발생시키는 음파의 진동수는 각각 f_A, f_B 이고, P에서 측정한 두 음파의 진동수는 같다. 음속은 $30v$ 이다.



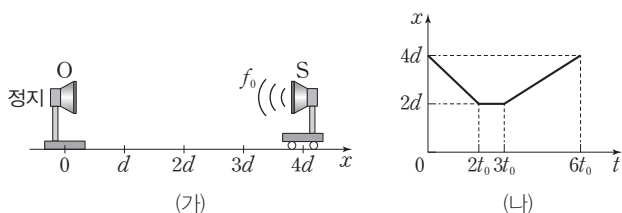
$\frac{f_A}{f_B}$ 는?

- ① $\frac{6}{7}$ ② $\frac{28}{31}$ ③ $\frac{31}{32}$ ④ $\frac{31}{28}$ ⑤ $\frac{7}{6}$

02

▶26070-0180

그림 (가)는 $x=0$ 인 위치에 정지해 있는 음파 측정기 O와 일정한 진동수 f_0 의 음파를 발생시키는 음원 S가 직선 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 S의 위치 x 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다. O가 측정한 음파의 진동수는 t_0 일 때 발생한 음파가 $4t_0$ 일 때 발생한 음파의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음속은 일정하고, O와 S의 크기는 무시한다.)

보기

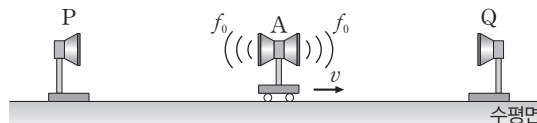
- ㄱ. O가 측정한 음파의 파장은 t_0 일 때 발생한 음파가 $4t_0$ 일 때 발생한 음파보다 짧다.
 ㄴ. 음파의 속력은 $\frac{7d}{3t_0}$ 이다.
 ㄷ. $5t_0$ 일 때 발생한 음파를 O가 측정한 진동수는 $\frac{4}{5}f_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03

▶26070-0181

그림과 같이 음원 A가 진동수가 f_0 인 음파를 발생하며 음파 측정기 P에서 음파 측정기 Q를 향해 속력 v 로 등속도 운동을 한다. P와 Q는 정지해 있다. P가 측정한 A에서 발생한 음파의 파장은 $\frac{11v}{2f_0}$ 이고, P, Q가 각각 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수의 차는 Δf 이다.



Q가 측정한 음파의 파장과 Δf 는? (단, A, P, Q는 동일 직선상에 있고, 음속은 일정하다.)

Q가 측정한 음파의 파장	Δf
① $\frac{2v}{f_0}$	$\frac{36}{77}f_0$
② $\frac{2v}{f_0}$	$\frac{48}{77}f_0$
③ $\frac{7v}{2f_0}$	$\frac{36}{77}f_0$
④ $\frac{7v}{2f_0}$	$\frac{48}{77}f_0$
⑤ $\frac{9v}{2f_0}$	$\frac{36}{77}f_0$

04

▶26070-0182

그림 (가)와 같이 수평면에서 진동수 f_0 인 음파를 발생시키는 음원 A와 수레 B가 서로 반대 방향으로 운동하고, 음파 측정기 P는 수평면에 고정되어 있다. B와 충돌하기 전 A의 속력은 v 이다. 그림 (나)는 (가)에서 P가 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다. t_0 일 때, A와 B가 충돌한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, P는 동일 직선상에 있고, 음속은 일정하다.)

보기

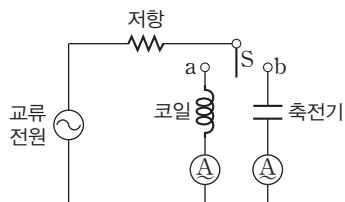
- ㄱ. A의 운동 방향은 B와 충돌하기 전과 후가 반대이다.
 ㄴ. 음속은 $10v$ 이다.
 ㄷ. B와 충돌한 후 A에서 발생한 음파를 P가 측정한 파장은 $\frac{37v}{4f_0}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26070-0183

그림은 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 스위치 S, 저항, 축전기, 코일, 전류계를 연결한 회로를 나타낸 것이다. 교류 전원의 진동수가 f 일 때, 저항에 걸리는 전압은 S를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때가 V_0 으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

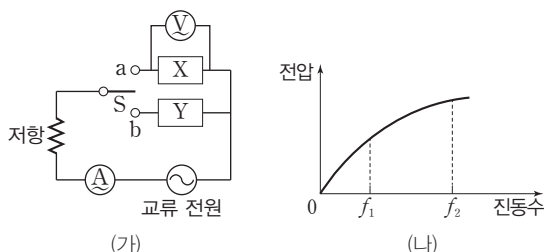
- ㄱ. S를 a에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면 전류계에 흐르는 전류의 세기는 증가한다.
- ㄴ. S를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수를 감소시키면 축전기의 저항 역할은 커진다.
- ㄷ. S를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수가 $2f$ 일 때, 저항에 걸리는 전압은 V_0 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶26070-0184

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 저항, 스위치 S, 전기 소자 X, Y를 연결한 회로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 S를 a에 연결했을 때 교류 전원의 진동수에 따라 X 양단에 걸리는 전압을 나타낸 것이다. X, Y는 코일과 축전기를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. (나)에서 저항에 흐르는 전류의 세기는 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_2 일 때보다 크다.
- ㄴ. X는 코일이다.
- ㄷ. S를 b에 연결한 상태에서 Y의 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_2 일 때보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26070-0185

다음은 교류 회로에 대한 실험이다.

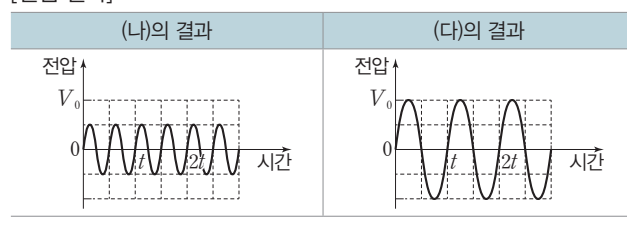
[실험 과정]

(가) 그림과 같이 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 저항, 전기 소자 X를 이용하여 회로를 구성한다. X는 축전기와 코일 중 하나이다.

(나) 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때, 저항의 양단에 걸리는 전압을 측정한다.

(다) 교류 전원의 진동수가 f_2 일 때, 저항의 양단에 걸리는 전압을 측정한다.

[실험 결과]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

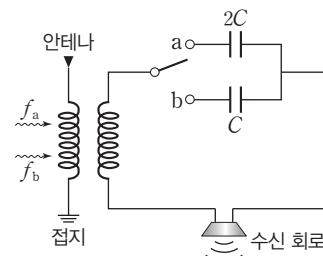
- ㄱ. f_1 은 f_2 보다 크다.
- ㄴ. X에 걸리는 전압의 최댓값은 (나)에서가 (다)에서보다 크다.
- ㄷ. X는 코일이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26070-0186

그림은 방송국에서 송출한 진동수가 각각 f_a, f_b 인 전파가 수신 회로의 안테나에 도달하는 것을 나타낸 것이다. 수신 회로에는 전기 용량이 $2C, C$ 인 축전기가 연결되어 있다. 표는 스위치를 a, b에 연결할 때 수신 회로에 흐르는 전류가 최대인 순간 스피커에서 나오는 방송의 진동수를 나타낸 것이다.



스위치의 연결	스피커에서 나오는 방송의 진동수
a	f_a
b	f_b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

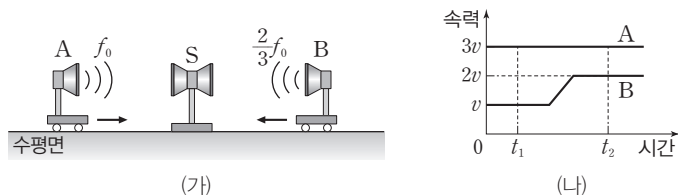
- ㄱ. 안테나의 전자는 전자기파의 전기장에 의해 전기력을 받는다.
- ㄴ. $f_a > f_b$ 이다.
- ㄷ. 코일의 저항 역할은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶26070-0187

그림 (가)는 수평면에 정지해 있는 음파 측정기 S를 향해 음원 A, B가 진동수가 각각 f_0 , $\frac{2}{3}f_0$ 인 음파를 발생시키며 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. 음속은 $10v$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, S는 동일 직선상에 있다.)

보기

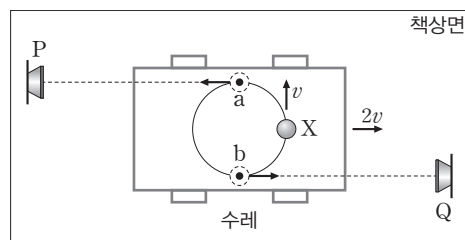
- ㄱ. t_1 일 때, A가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\frac{10}{7}f_0$ 이다.
- ㄴ. t_2 일 때, 음원이 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 A의 음파가 B의 음파의 $\frac{15}{7}$ 배이다.
- ㄷ. S가 측정한 음파의 진동수는 t_1 일 때 B에서 발생한 음파의 진동수가 t_2 일 때 B에서 발생한 음파의 진동수보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶26070-0188

그림은 수평인 책상면에서 속력 $2v$ 로 등속 직선 운동하는 수레에 고정된 원형 고리에서 음원 X가 속력 v 로 등속 원 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 점 a, b는 원형 고리상의 점이고, 음파 측정기 P, Q는 수평면에 고정되어 있다. X에서 발생하는 음파의 진동수는 일정하다. X가 a를 지나는 순간 발생한 소리를 P가 측정한 진동수는 f_P 이고, X가 b를 지나는 순간 발생한 소리를 Q가 측정한 진동수는 f_Q 이다.



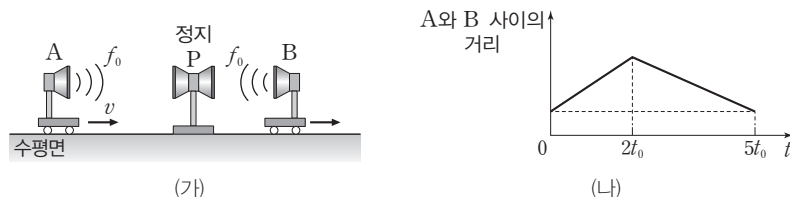
$\frac{f_P}{f_Q} = \frac{7}{8}$ 일 때, 음속은? (단, 음속은 일정하고, P, Q, X의 높이는 같다.)

- ① $30v$ ② $\frac{61}{2}v$ ③ $31v$ ④ $\frac{63}{2}v$ ⑤ $64v$

03

▶ 26070-0189

그림 (가)는 음원 A, B가 진동수가 f_0 인 음파를 발생하며 같은 방향으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. A의 속력은 v 로 일정하다. 정지해 있는 음파 측정기 P가 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수는 $\frac{5}{4}f_0$ 이다. 그림 (나)는 A, B 사이의 거리를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다. t_0 일 때, B의 속력은 $\frac{4}{3}v$ 이고 B에서 발생한 음파를 P가 측정한 진동수는 f 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, P, B는 동일 직선상에 있고, 음속은 일정하다.)

보기

ㄱ. $3t_0$ 일 때, B의 속력은 $\frac{7}{9}v$ 이다.

ㄴ. $f = \frac{15}{19}f_0$ 이다.

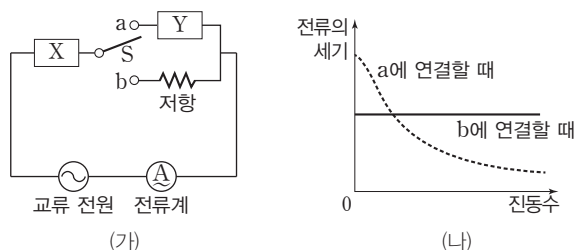
ㄷ. t_0 일 때, A, B에서 발생한 음파를 P가 측정한 파장은 A에서 발생한 음파가 B에서 발생한 음파의 $\frac{12}{19}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 26070-0190

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 전류계, 스위치 S, 저항, 전기 소자 X, Y를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. X, Y는 저항과 코일을 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 S를 a 또는 b에 연결할 때, 전류계에서 측정한 전류의 세기를 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 저항이다.

ㄴ. Y는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항 역할이 작아진다.

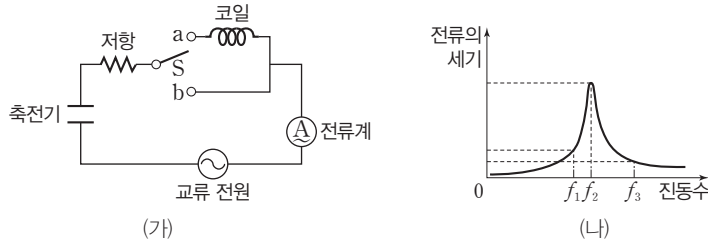
ㄷ. S를 a에 연결할 때, 교류 전원의 진동수가 클수록 저항에서의 소비 전력은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶26070-0191

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 축전기, 코일, 저항, 스위치 S를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 S를 a와 b 중 하나에 연결했을 때, 저항에 흐르는 전류의 세기를 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

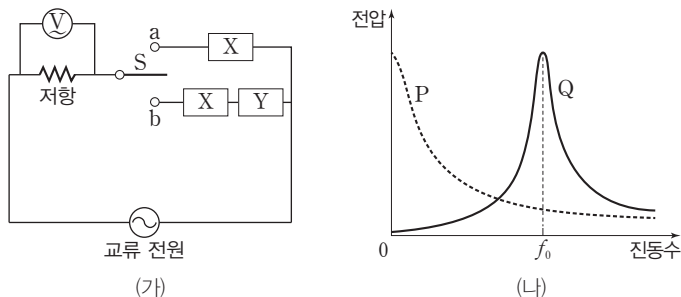
- ㄱ. (나)는 (가)에서 S를 b에 연결했을 때이다.
- ㄴ. (나)에서 회로의 고유 진동수는 f_2 이다.
- ㄷ. (가)에서 스위치를 b에 연결하면, 축전기 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_3 일 때보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶26070-0192

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 저항, 스위치 S, 전기 소자 X, Y를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. X, Y는 축전기와 코일을 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 저항에 걸리는 전압을 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다. P, Q는 (가)에서 S를 a, b에 연결했을 때를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. P는 S를 a에 연결했을 때이다.
- ㄴ. Y는 교류 전원의 진동수가 커질수록 저항 역할이 커진다.
- ㄷ. S를 b에 연결할 때, 회로의 고유 진동수는 f_0 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 ④

진동수가 f_0 인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때, 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 다음과 같다.

$f = \frac{v}{v \mp v_s} f_0$ (v : 음파의 속력, v_s : 음원의 속력, $-$: 음원이 음파 측정기를 향해 다가감, $+$: 음원이 음파 측정기에서 멀어짐)

④ A는 음파 측정기를 향해 등속도 운동을 하고, B는 음파 측정기에서 멀어지는 방향으로 등속도 운동을 한다. $f_A = f_0 \frac{10v}{10v - v} = \frac{10}{9} f_0$ 이고, $f_B = 2f_0 \frac{10v}{10v + v} = \frac{20}{11} f_0$ 이다. 따라서 $\frac{f_A}{f_B} = \frac{11}{18}$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 94~95쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ② | 02 ⑤ | 03 ③ | 04 ③ | 05 ⑤ |
| 06 ③ | 07 ⑤ | 08 ① | | |

01 도플러 효과

진동수가 f_0 인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 $f = \frac{v}{v \mp v_s} f_0$ 이다.

(v : 음파의 속력, v_s : 음원의 속력, $-$: 음원이 음파 측정기를 향해 다가감, $+$: 음원이 음파 측정기에서 멀어짐)

② P가 측정하는 A, B가 발생한 음파의 진동수는 같으므로 $\frac{30v}{30v - 2v} f_A = \frac{30v}{30v + v} f_B$ 이다. 이를 정리하면, $\frac{f_A}{f_B} = \frac{28}{31}$ 이다.

02 도플러 효과

0부터 $2t_0$ 까지 S는 O를 향해 운동하고, $3t_0$ 부터 $6t_0$ 까지 S는 O에서 멀어진다.

㉠. t_0 일 때 S는 O를 향해 운동하므로 t_0 일 때 발생한 음파를 O가 측정하는 진동수는 f_0 보다 크고, $4t_0$ 일 때 S는 O에서 멀어지므로 $4t_0$ 일 때 발생한 음파를 O가 측정하는 진동수는 f_0 보다 작다. 음속이 일정할 때, 음파의 진동수가 클수록 파장은 짧다. 따라서 O가 측정하는 음파의 파장은 t_0 일 때 발생한 음파가 $4t_0$ 일 때 발생한 음파보다 짧다.

✕. 음파의 속력을 V 라고 하자. t_0 일 때 S의 속력을 $\frac{d}{t_0} = v$ 라고 하면, $4t_0$ 일 때 S의 속력은 $\frac{2d}{3t_0} = \frac{2}{3}v$ 이다. O가 측정하는 음파의 진동수는 t_0 일 때 발생한 음파가 $4t_0$ 일 때 발생한 음파의 2배이므로 $\frac{V}{V - v} f_0$

$= \frac{2V}{V + \frac{2}{3}v} f_0$ 이다. 이를 정리하면, $V = \frac{8}{3}v = \frac{8d}{3t_0}$ 이다.

㉡. $5t_0$ 일 때 발생한 음파를 O가 측정하는 진동수를 f 라고 하자. $5t_0$ 일 때 S의 속력은 $\frac{2}{3}v$ 이므로 $f = \frac{\frac{8}{3}v}{\frac{8}{3}v + \frac{2}{3}v} f_0 = \frac{4}{5} f_0$ 이다.

03 도플러 효과

음원이 움직이면서 음파의 파면 사이의 거리가 변하기 때문에 음파 측정기가 측정하는 움직이는 음원의 진동수는 음원의 속력에 따라 달라진다. 음원이 음파 측정기를 향해 다가갈 때 이웃한 파면 사이의 거리가 감소하여 진동수는 크게 측정되고, 음원이 음파 측정기와 멀어지는 방향으로 운동할 때 이웃한 파면 사이의 거리가 증가하여 진동수는 작게 측정된다.

③ 음속을 V 라고 하자. A에서 발생한 음파의 파장은 $\frac{V}{f_0}$ 이다. A는 P에서 멀어지는 방향으로 운동하므로 P가 측정하는 A에서 발생한 음파의 파장은 $\frac{11v}{2f_0} = \frac{V}{f_0} + \frac{v}{f_0}$ 이므로 $V = \frac{9}{2}v$ 이다. Q가 측정하는 A에서 발생한 음파의 파장은 A는 Q를 향해 운동하므로 $\frac{V}{f_0} - \frac{v}{f_0} = \frac{9v}{2f_0} - \frac{v}{f_0} = \frac{7v}{2f_0}$ 이다.

P, Q가 측정하는 A에서 발생한 음파의 진동수를 각각 f_P, f_Q 라고 하자.

$$f_P = \frac{V}{V + v} f_0 = \frac{\frac{9}{2}v}{\frac{9}{2}v + v} f_0 = \frac{9}{11} f_0 \text{이고,}$$

$$f_Q = \frac{V}{V - v} f_0 = \frac{\frac{9}{2}v}{\frac{9}{2}v - v} f_0 = \frac{9}{7} f_0 \text{이다.}$$

따라서 $\Delta f = f_Q - f_P = \frac{9}{7} f_0 - \frac{9}{11} f_0 = \frac{36}{77} f_0$ 이다.

04 도플러 효과

음원이 음파 측정기를 향해 다가갈 때 진동수는 원래 진동수보다 크게 측정되고, 음원이 음파 측정기와 멀어지는 방향으로 운동할 때 진동수는 원래 진동수보다 작게 측정된다.

㉠. A에서 발생한 음파의 진동수는 f_0 이다. B와 충돌하기 전 A에서 발생한 음파를 P가 측정하는 진동수는 f_0 보다 크고, B와 충돌한 후 A가 발생한 음파를 P가 측정하는 진동수는 f_0 보다 작다. 따라서 A의 운동 방향은 B와 충돌하기 전과 후가 반대이다.

㉡. 음속을 V 라고 하자. B와 충돌하기 전 A의 속력은 v 이므로 $\frac{V}{V - v} f_0 = \frac{10}{9} f_0$ 에서 $V = 10v$ 이다.

✕. B와 충돌한 후 A의 속력을 v_1 이라고 하자. B와 충돌한 후 A는 P에서 멀어지는 방향으로 운동하므로 $\frac{V}{V + v_1} f_0 = \frac{40}{41} f_0$ 이다. $V = 10v$ 이므로 $v_1 = \frac{1}{4}v$ 이다. B와 충돌한 후 A에서 발생한 음파를 P가 측정하는 파장을 λ 라고 하자. $\lambda = \frac{V}{f_0} + \frac{v_1}{f_0} = \frac{10v}{f_0} + \frac{v}{4f_0} = \frac{41v}{4f_0}$ 이다.

05 교류 회로에서 축전기와 코일의 역할

교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 크고, 축전기의 저항 역할은 작다.

✕. S를 a에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면 코일의 저항 역할은 커지므로 전류계에 흐르는 전류의 세기는 감소한다.

○. 교류 전원의 진동수가 작을수록 축전기의 저항 역할은 커진다.

○. S를 b에 연결하고 진동수를 f 보다 크게 하면 축전기의 저항 역할은 작아지므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 증가한다. 따라서 S를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수가 $2f$ 일 때, 저항에 걸리는 전압은 V_0 보다 크다.

06 교류 회로에서 축전기와 코일의 역할

교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 커지고, 축전기의 저항 역할은 작아진다.

○. (나)에서 진동수가 커질수록 X 양단에 걸리는 전압은 증가하고 저항에 걸리는 전압은 감소한다. 따라서 저항에 흐르는 전류의 세기는 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_2 일 때보다 크다.

○. X는 교류 전원의 진동수가 커질수록 저항 역할이 커지는 소자이므로 X는 코일이다.

✕. Y는 축전기이다. 축전기는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항 역할이 작아진다. 따라서 Y의 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_2 일 때보다 크다.

07 교류 회로에서 코일의 역할

교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 크다.

○. 주기가 길수록 진동수는 작으므로 $f_1 > f_2$ 이다.

○. 저항 양단에 걸리는 전압의 최댓값은 (나)에서가 (다)에서보다 작다. 교류 전원의 전압의 최댓값은 일정하므로 X에 걸리는 전압은 (나)에서가 (다)에서보다 크다.

○. 저항에 걸리는 전압은 (나)에서가 (다)에서보다 작으므로 저항에 흐르는 전류의 세기는 (나)에서가 (다)에서보다 작다. $f_1 > f_2$ 이므로 진동수가 클수록 X의 저항 역할은 커진다. 따라서 X는 코일이다.

08 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L , 축전기의 전기 용량을 C 라 할 때, 공명 진동수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이다.

○. 전자기파는 전기장의 진동과 자기장의 진동이 결합된 파동이다. 따라서 안테나의 전자는 전자기파의 전기장에 의해 전기력을 받는다.

✕. 수신 회로에서 축전기의 전기 용량은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 크다. 따라서 수신 회로의 공명 진동수는 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 작으므로 $f_a < f_b$ 이다.

✕. 코일의 저항 역할은 교류 전원의 진동수에 비례한다. 따라서 코일의 저항 역할은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 작다.

수능 3점 테스트

본문 96~98쪽

01 ①

02 ③

03 ⑤

04 ①

05 ②

06 ④

01 도플러 효과

A와 B는 S와 가까워진다. 음원이 음파 측정기에서 멀어지는 방향으로 운동하면 음파 측정기가 측정한 음파의 진동수는 음원에서 발생한 음파의 진동수보다 작아지고, 음원이 음파 측정기에 가까워지는 방향으로 운동하면 음파 측정기가 측정한 음파의 진동수는 음원에서 발생한 음파의 진동수보다 커진다.

○. t_1 일 때, A의 속력은 $3v$ 이다. 따라서 t_1 일 때 A가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\frac{10v}{10v-3v}f_0 = \frac{10}{7}f_0$ 이다.

✕. t_2 일 때 A가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\frac{10}{7}f_0$ 이고, t_2 일 때 B의 속력은 $2v$ 이다. 따라서 B는 S를 향해 운동하므로 t_2 일 때 B가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\frac{10v}{10v-2v}\left(\frac{2}{3}f_0\right) = \frac{5}{6}f_0$ 이다. 이를 정리하면, t_2 일 때 음원이 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 A의 음파가 B의 음파의 $\frac{12}{7}$ 배이다.

✕. B는 S를 향해 운동하고, B의 속력은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 작다. 따라서 S가 측정한 진동수는 t_1 일 때 B에서 발생한 음파의 진동수가 t_2 일 때 B에서 발생한 음파의 진동수보다 작다.

02 도플러 효과

진동수가 f_0 인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 $f = \frac{v}{v \mp v_s} f_0$ 이다.

(v : 음파의 속력, v_s : 음원의 속력, $-$: 음원이 음파 측정기를 향해 다가감, $+$: 음원이 음파 측정기에서 멀어짐)

○. X에서 발생하는 음파의 진동수를 f_0 , 음속을 V 라고 하자. X가 a를 통과하는 순간, P에서 측정할 때 X는 P에서 멀어지고 속력은 v 이다. 따라서 $f_P = \frac{V}{V+v} f_0$ 이다. X가 b를 통과하는 순간, Q에서 측정할 때 X는 Q를 향해 운동하고 속력은 $3v$ 이다. 따라서 $f_Q = \frac{V}{V-3v} f_0$ 이다. $\frac{f_P}{f_Q} = \frac{7}{8}$ 이므로 $\frac{V-3v}{V+v} = \frac{7}{8}$ 이다. 이를 정리하면, $V = 31v$ 이다.

03 도플러 효과

음원이 움직이면서 음파의 파면 사이의 거리가 변하기 때문에 움직이는 음원의 진동수는 음원의 속력에 따라 달라진다. 음원이 음파 측정기를 향해 다가갈 때 이웃한 파면 사이의 거리가 감소하여 진동수는 크게 측정되고, 음원이 음파 측정기와 멀어지는 방향으로 운동할 때 이웃한 파면 사이의 거리가 증가하여 진동수는 작게 측정된다.

㉠. 0부터 $2t_0$ 까지 A와 B 사이의 거리는 증가하므로 속력은 B가 A보다 크다. 0부터 $2t_0$ 까지 A와 B 사이의 거리 증가량을 d 라고 하자. t_0 일 때, B의 속력은 $\frac{4}{3}v$ 이므로 $\frac{4}{3}v - v = \frac{d}{2t_0}$ 에서 $\frac{d}{t_0} = \frac{2}{3}v$ 이다. $2t_0$ 부터 $5t_0$ 까지 A와 B 사이의 거리는 감소하므로 속력은 A가 B보다 크다. $3t_0$ 일 때, B의 속력을 v_B 라고 하면, $v - v_B = \frac{d}{3t_0} = \frac{2}{9}v$ 에서 $v_B = \frac{7}{9}v$ 이다.

㉡. 음속을 V 라고 하자. 정지해 있는 음파 측정기 P가 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수는 $\frac{5}{4}f_0$ 이므로 $\frac{V}{V-v}f_0 = \frac{5}{4}f_0$ 에서 $V = 5v$ 이다. t_0 일 때 B에서 발생한 음파를 P가 측정한 진동수는 f 이므로 $f = \frac{V}{V+\frac{4}{3}v}f_0 = \frac{5v}{\frac{19}{3}v}f_0 = \frac{15}{19}f_0$ 이다.

㉢. t_0 일 때 A, B에서 발생한 음파를 P가 측정한 파장을 각각 λ_A , λ_B 라고 하자. t_0 일 때 A는 P를 향해 운동하고 B는 P에서 멀어지는 방향으로 운동을 한다. $\lambda_A = \frac{V}{f_0} - \frac{v}{f_0} = \frac{5v-v}{f_0} = \frac{4v}{f_0}$ 이고, $\lambda_B = \frac{V}{f_0} + \frac{\frac{4}{3}v}{f_0} = \frac{5v+\frac{4}{3}v}{f_0} = \frac{\frac{19}{3}v}{f_0} = \frac{19v}{3f_0}$ 이다. 이를 정리하면, $\lambda_A = \frac{12}{19}\lambda_B$ 이다.

04 교류 회로에서 축전기의 역할

교류 전원에 연결된 회로에서 축전기는 교류 전원의 진동수가 작을수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 크다.

㉠. 스위치를 b에 연결할 때 전류의 세기는 교류 전원의 진동수에 관계없이 일정하다. 따라서 X는 저항이다.

✕. 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 세기의 최댓값은 감소하므로 Y의 저항 역할이 커진다. 따라서 Y는 코일이다.

✕. S를 a에 연결할 때 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 세기는 감소하므로 저항에서의 소비 전력은 감소한다.

05 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L , 축전기의 전기 용량을 C 라 할 때, 공명 진동수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이다. 교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 축전기의 저항 역할은 작다.

✕. (나)는 RLC 회로에 흐르는 전류의 최댓값을 진동수에 따라 나타낸 것이므로 (나)는 (가)에서 S를 a에 연결했을 때이다.

㉡. 교류 전원의 진동수가 f_2 일 때 전류의 최댓값이 최대이므로 회로의 고유 진동수는 f_2 이다.

✕. $f_1 < f_3$ 이다. 교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 축전기의 저항 역할은 작아진다. 따라서 스위치를 b에 연결하면, 전류계에 흐르는 전류의 세기의 최댓값은 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_3 일 때보다 작다. 따라서 저항 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_3 일 때보다 작으므로 축전기 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1 일 때가 f_3 일 때보다 크다.

06 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L , 축전기의 전기 용량을 C 라 할 때, 공명 진동수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이다. 교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 크다.

㉠. (나)에서 P는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항에 걸리는 전압의 최댓값이 감소하므로 회로에 흐르는 전류 세기의 최댓값은 감소한다. 따라서 P는 S를 a에 연결했을 때이다.

✕. P는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항에 걸리는 전압의 최댓값은 감소한다. 즉, X는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항 역할이 커진다. 따라서 X는 코일이다. Q는 RLC 회로에서 교류 전원의 진동수에 따른 저항 양단에 걸리는 전압이므로 Y는 축전기이다. 따라서 Y는 교류 전원의 진동수가 커질수록 저항 역할이 작아진다.

㉡. S를 b에 연결했을 때 저항에 걸리는 전압을 진동수에 따라 나타낸 것은 Q이다. 교류 전원의 진동수가 f_0 에서 회로의 저항에 걸리는 전압이 최대이므로 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대이다. 따라서 회로의 고유 진동수는 f_0 이다.

테마

13 볼록 렌즈에 의한 상

짧은 풀 문제로 유형 익히기

본문 100쪽

정답 ⑤

렌즈와 물체 사이의 거리를 a , 렌즈와 상 사이의 거리를 b 라 할 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 이다. 또한, 상의 크기를 h' 라 할 때, 배율 $m = \left| \frac{h'}{h} \right| = \left| \frac{b}{a} \right|$ 이다.

- ㉠. $\textcircled{1} < f$ 이므로 $a = \textcircled{1}$ 일 때 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이다.
 ㉡. $\textcircled{1} > f$ 이므로 $a = \textcircled{1}$ 일 때 볼록 렌즈에 의한 도립상이다.
 ㉢. $a = \textcircled{1}$ 일 때, 볼록 렌즈에 의한 상이 볼록 렌즈로부터 떨어진 거리를 b_1 이라고 하자. 상의 크기가 $2h$ 이므로 $b_1 = 2\textcircled{1}$ 이다. $\textcircled{1} < f$ 이므로 렌즈 방정식 $\frac{1}{\textcircled{1}} - \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f}$ 에서 $\textcircled{1}$ 은 $\frac{1}{2}f$ 이다. $a = \textcircled{1}$ 일 때, 볼록 렌즈에 의한 상이 볼록 렌즈로부터 떨어진 거리를 b_2 라고 하자. 상의 크기가 h 이므로 $\textcircled{1} = b_2$ 이다. 따라서 $\frac{1}{\textcircled{1}} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f}$ 에서 $\textcircled{1} = 2f$ 이다. 따라서 $\textcircled{1}$ 은 $\textcircled{1}$ 의 4배이다.

수능 2점 테스트

본문 101~102쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 ④ 04 ① 05 ⑤
 06 ④ 07 ③ 08 ⑤

01 볼록 렌즈에 의한 상

상의 배율이 1일 때, 볼록 렌즈로부터 물체와 상까지의 거리는 같고 물체와 같은 크기의 실상이 생긴다.

- ㉠. 볼록 렌즈에 의한 상이 정립상인 경우 이는 허상이다.
 ㉡. 물체가 초점 거리 내에 위치할 때 허상이 생기므로 볼록 렌즈의 초점 거리는 d 보다 크다.
 ✕. 물체의 초점 거리는 d 보다 크므로 물체가 $x=0$ 에서 $x=\frac{d}{2}$ 까지 이동하는 동안 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이다. 물체가 $x=0$ 에서 $x=\frac{d}{2}$ 까지 이동하는 동안 볼록 렌즈로부터 상까지의 거리는 볼록 렌즈로부터 물체까지의 거리보다 크므로 상의 배율은 1보다 크다.

02 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 크면 볼록 렌즈에 의한 물체의 상은 실상이다.

- ✕. 볼록 렌즈의 중심으로부터 P까지의 거리는 렌즈의 초점 거리보다 크므로 P의 상은 실상이다.
 ✕. P를 a와 b 사이에 놓았을 때 생기는 실상은 도립상이다.
 ㉢. P를 a에서 b로 광축을 따라 이동시키면 볼록 렌즈에 의한 물체

의 상은 초점으로부터 멀어지는 방향으로 이동한다. 따라서 P를 a에서 b로 광축을 따라 이동시키면 상의 크기는 증가한다.

03 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a 이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b 이며 렌즈의 초점 거리가 f 일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 이다.

- ㉣. (가)에서 상의 배율은 3이므로 볼록 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리는 $3d$ 이다. 볼록 렌즈의 초점 거리를 f 라고 하면, 렌즈 방정식으로부터 $\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{f}$ 에서 $f = \frac{3}{4}d$ 이다.

(나)에서 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이므로 물체와 렌즈 사이의 거리를 d_1 이라고 하면, 상의 위치는 렌즈의 왼쪽 $3d_1$ 인 지점이다.

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{3d_1} = \frac{1}{f} = \frac{4}{3d} = \frac{2}{3d_1} \text{에서 } d_1 = \frac{1}{2}d \text{이다. 따라서 } x = d - d_1 = \frac{1}{2}d \text{이다.}$$

04 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a 이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b 이며 렌즈의 초점 거리가 f 일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 이다.

- ㉠. 렌즈 중심으로부터의 거리는 p가 q보다 작다. 볼록 렌즈에 의한 상의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 (가)에서는 허상이고 (나)에서는 실상이다.

✕. (가), (나)에서 볼록 렌즈로부터 상까지의 거리를 각각 b_1 , b_2 라고 하자. (가)에서 볼록 렌즈에 의한 상의 크기는 $5h$ 이므로 $b_1 = 5d$ 이다. p와 q 사이의 거리를 x 라고 하면, (나)에서 볼록 렌즈의 중심으로부터 물체까지의 거리는 $d+x$ 이므로 $b_2 = 5(d+x)$ 이다. 따라서 볼록 렌즈로부터 상까지의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

✕. (가)에서 렌즈 방정식은 $\frac{1}{d} - \frac{1}{5d} = \frac{1}{f}$ 에서 $f = \frac{5}{4}d$ 이다. (나)에서 렌즈 방정식은 $\frac{1}{d+x} + \frac{1}{5d+5x} = \frac{1}{f}$ 이다. 이를 정리하면, $x = \frac{1}{2}d$ 이다. 따라서 p와 q 사이의 거리는 $\frac{1}{2}d$ 이다.

05 렌즈 방정식

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a 이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b 이며 렌즈의 초점 거리가 f 일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 이다.

- ㉤. X는 실상이고, Y는 허상이다. (가)에서 볼록 렌즈의 중심으로부터 X까지의 거리를 b_1 이라고 하면, X의 크기는 물체의 크기의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 $b_1 = 2d \times \frac{3}{2} = 3d$ 이다. 따라서 렌즈 방정식을 적용하면, $\frac{1}{2d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{f}$ 에서 $f = \frac{6}{5}d$ 이다. (나)에서 볼록 렌즈의 중심으로부터 Y까지의 거리를 b_2 라고 하면 $\frac{1}{d} - \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f} = \frac{5}{6d}$ 에서 $b_2 = 6d$ 이다. Y의 크기를 H 라고 하면, $H = \frac{b_2}{d} \times h = 6h$ 이다.