

완자 · 역학과 에너지

내신만점 · 실력UP 집중

III 탄성파와 소리

2 도플러 효과와 파동의 이용

01

도플러 효과

내신만점 · 실력UP

III-2-01 도플러 효과



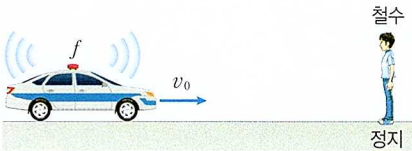
내신 만점 문제

A 도플러 효과

01 도플러 효과에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 관찰자나 음원의 속력은 소리의 속력보다 작고, 관찰자와 음원은 동일 직선상에 있다.)

- ① 관찰자나 음원이 운동할 때 나타난다.
- ② 관찰자가 정지한 음원 쪽으로 다가가면 관찰자는 음원에서 발생한 소리보다 높은 소리를 듣는다.
- ③ 음원이 정지한 관찰자 쪽으로 다가오면 관찰자가 듣는 소리의 파장은 음원에서 발생한 소리의 파장보다 짧다.
- ④ 관찰자와 음원이 같은 속도로 운동할 때, 관찰자가 듣는 소리는 음원에서 발생한 소리보다 높은 소리를 듣는다.
- ⑤ 관찰자가 듣는 소리는 관찰자가 정지해 있고 음원이 v 의 속력으로 가까워질 때가 음원이 정지해 있고 관찰자가 v 의 속력으로 멀어질 때보다 높다.

중요 02 그림은 진동수가 f 인 소리를 내는 자동차가 정지해 있는 철수를 향해 v_0 의 일정한 속력으로 다가오고 있는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 v_0 보다 크고, 자동차와 철수는 동일 직선상에 있다.)

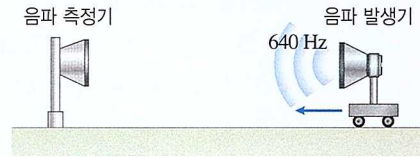
[보기]

- ㄱ. 철수가 듣는 소리의 진동수는 f 보다 크다.
- ㄴ. 철수가 듣는 소리의 속력은 자동차 앞쪽에서가 뒤쪽에서보다 크다.
- ㄷ. 자동차가 v_0 의 일정한 속력으로 철수로부터 멀어지면, 철수가 듣는 소리의 진동수는 f 보다 작아진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형

03 그림은 진동수가 640 Hz인 소리를 내는 음파 발생기가 정지해 있는 음파 측정기를 향해 일정한 속력으로 다가오는 모습을 나타낸 것이다.



음파 측정기에서 측정한 소리의 진동수가 680 Hz일 때 음파 발생기의 속력을 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 소리의 속력은 340 m/s이고, 음파 측정기와 음파 발생기는 동일 직선상에 있다.)

중요 04 그림과 같이 진동수가 1360 Hz인 사이렌 소리를 내는 소방차가 정지해 있을 때, 철수는 소방차를 향하여 5 m/s의 일정한 속력으로 이동하고 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이고, 소방차와 철수는 동일 직선상에 있다.)

[보기]

- ㄱ. 철수가 듣는 사이렌 소리의 속력은 335 m/s이다.
- ㄴ. 철수가 소방차를 향해 이동하는 동안 철수가 듣는 사이렌 소리의 파장은 변하지 않는다.
- ㄷ. 철수가 듣는 사이렌 소리의 진동수는 1340 Hz이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 그림과 같이 정지해 있는 관찰자 A, B 사이에서 자동차가 v_s 의 일정한 속력으로 진동수 f 의 경고음을 내며 A를 향해 이동하고 있다.



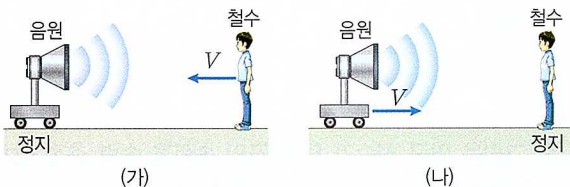
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 v_s 보다 크며 A와 B, 자동차는 동일 직선상에 있다.)

[보기]

- ㄱ. A가 듣는 경고음의 진동수는 계속해서 증가한다.
- ㄴ. B가 듣는 경고음의 진동수는 f 보다 작다.
- ㄷ. B가 듣는 경고음의 파장은 계속해서 길어진다.
- ㄹ. A가 듣는 경고음의 속력은 B가 듣는 경고음의 속력과 같다.

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

06 그림 (가)는 정지해 있는 음원을 향해 철수가 V 의 일정한 속력으로 다가가는 모습을, (나)는 정지해 있는 철수를 향해 음원이 V 의 속력으로 다가오는 모습을 나타낸 것이다. 음원에 서 나오는 소리의 속력은 (가)에서 철수의 속력의 10배이다.



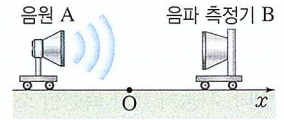
철수가 듣는 소리에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음원과 철수는 동일 직선상에 있다.)

[보기]

- ㄱ. 속력은 (가)와 (나)에서 서로 같다.
- ㄴ. 진동수는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ㄷ. 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 길다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

중요 07 그림과 같이 x 축상에서 음원 A와 음파 측정기 B가 점 O로부터 같은 거리만큼 떨어져 있다. 표는 A와 B의 속도에 따라 B에서 측정된 소리의 진동수를 나타낸 것이다.



구분	A의 속도	B의 속도	소리의 진동수
(가)	$+v$	0	$f_{(가)}$
(나)	$-v$	0	$f_{(나)}$
(다)	0	$-v$	$f_{(다)}$
(라)	$+v$	$-v$	$f_{(라)}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, v 는 0보다 크고 소리의 속력보다 작으며, $+x$ 방향을 (+)로 한다.)

[보기]

- ㄱ. B가 정지해 있을 때 B가 측정하는 소리의 속력은 A에서 발생하는 소리의 속력과 같다.
- ㄴ. $f_{(나)}$ 는 $f_{(다)}$ 보다 크다.
- ㄷ. A와 B의 속력이 증가할수록 $f_{(가)}$ 와 $f_{(라)}$ 는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

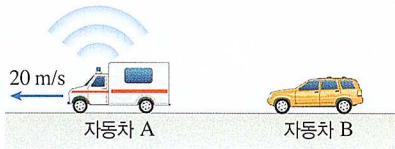
서술형

08 그림은 진동수가 일정한 소리를 내는 자동차가 소리 측정기가 놓인 점 O를 일정한 속도로 통과한 모습을 나타낸 것이다. 자동차가 O를 통과하기 전과 통과한 후 소리 측정기에서 측정된 소리의 진동수 비는 11 : 9이다.



자동차의 속력을 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 소리의 속력은 340 m/s이고, 자동차와 소리 측정기는 동일 직선상에 있다.)

09 그림과 같이 자동차 A가 20 m/s의 일정한 속력으로 왼쪽으로 이동하면서 진동수가 1080 Hz인 소리를 발생하고 있다. 자동차 B가 측정한 소리의 진동수는 1050 Hz이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이고, A와 B는 동일 직선 상에 있다.)

[보기]

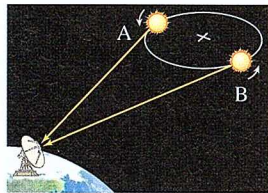
- ㄱ. B의 운동 방향은 오른쪽이다.
- ㄴ. B의 속력은 10 m/s이다.
- ㄷ. B의 운동 방향만을 반대로 하면, B가 측정한 소리의 진동수는 1020 Hz이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

B 도플러 효과의 활용

중요 **10** 다음은 도플러 효과를 활용하여 천체의 운동을 관측하는 원리에 대한 설명이다.

별빛의 스펙트럼을 관찰하면 별의 운동에 대해 알 수 있다. A와 같이 별이 지구에 가까워질 때 지구에서 관측한 별빛의 파장이 (㉠), 스펙트럼의 흡수선은 (㉡)색 쪽으로 이동한다. 이와 반대로 B와 같이 별이 지구에서 멀어질 때 스펙트럼의 흡수선은 (㉢)색 쪽으로 이동한다.



㉠~㉢에 들어갈 말로 옳은 것은?

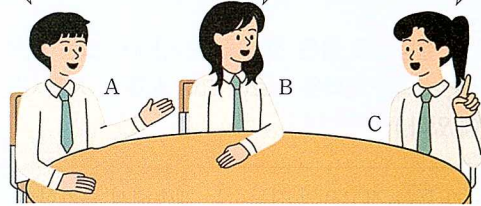
- | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|-----------------|----|----|
| ① 원래 파장보다 짧아지므로 | 빨간 | 파란 |
| ② 원래 파장보다 짧아지므로 | 파란 | 빨간 |
| ③ 원래 파장보다 길어지므로 | 빨간 | 파란 |
| ④ 원래 파장보다 길어지므로 | 파란 | 빨간 |
| ⑤ 원래 파장과 같으므로 | 파란 | 빨간 |

11 다음은 도플러 효과를 활용한 예에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.

도플러 유량계는 전자기파를 이용한 도플러 효과의 활용이야.

도플러 초음파 검사기는 검사 장치에서 발생한 초음파와 혈액에서 반사된 초음파의 진동수 차를 도플러 효과로 분석하여 혈액의 속력과 방향을 측정해.

어선의 어군 탐지기는 도플러 효과를 이용하여 물고기의 움직임을 탐지해.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, B
④ B, C ⑤ A, C

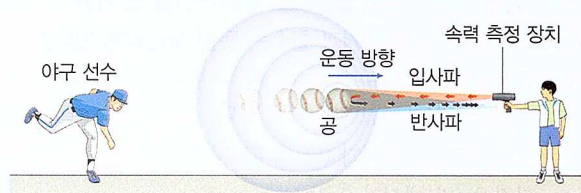
12 다음은 도플러 레이더에 대한 설명이다. () 안에 알맞은 말을 쓰시오.

안테나에서 라디오파와 같이 파장이 긴 전파를 발사하여 안테나로부터 멀어지거나 가까워지는 공기 중의 빗방울, 눈의 결정 등에서 반사된 신호의 ㉠ ()를 측정한다. ㉡ () 효과에 의한 ㉢ () 변화를 이용하여 전파를 반사시킨 물체 주위에 부는 바람의 방향, 속도 등을 알아낸다.



서술형

13 그림은 야구 선수가 던진 공의 속력을 속력 측정 장치를 이용하여 측정하는 모습을 나타낸 것이다.

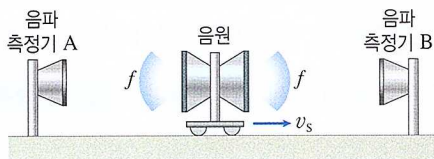


속력 측정 장치로 야구공의 속력을 측정하는 원리를 도플러 효과를 바탕으로 서술하시오.



실력 UP 문제

01 그림과 같이 정지해 있는 음파 측정기 A와 B 사이에서 진동수가 f 인 소리를 내는 음원이 일정한 속력 v_s 로 B를 향해 이동하고 있다.



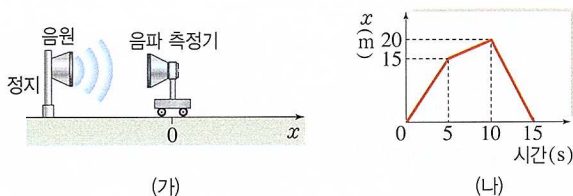
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 v 로 v_s 보다 크며, A, B, 음원은 동일 직선상에 있다.)

[보기]

- ㄱ. A에서 측정한 소리의 진동수는 $\frac{v}{v+v_s}f$ 이다.
- ㄴ. 측정한 소리의 진동수는 A에서가 B에서보다 작다.
- ㄷ. v_s 가 증가하면, B에서 측정한 소리의 진동수는 증가한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림 (가)는 정지 상태에서 진동수 680 Hz의 소리를 발생시키는 음원과 음파 측정기의 모습을, (나)는 (가)에서 음파 측정기의 위치 x 를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이다.)

[보기]

- ㄱ. 음파 측정기의 속력은 3초일 때가 7초일 때의 3배이다.
- ㄴ. 음파 측정기에서 측정한 소리의 진동수는 3초일 때가 7초일 때보다 크다.
- ㄷ. 12초일 때, 음파 측정기에서 측정한 소리의 진동수는 688 Hz이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림과 같이 버스가 진동수 900 Hz의 경적음을 내며 철수를 향해 40 m/s의 일정한 속력으로 운동하고 있고, 철수는 버스를 향해 10 m/s의 일정한 속력으로 운동하고 있다.



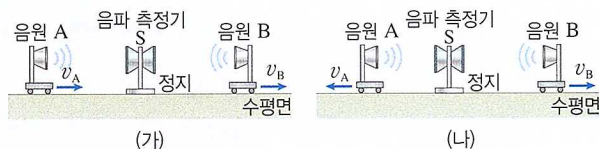
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이고, 버스와 철수는 동일 직선상에 있다.)

[보기]

- ㄱ. 철수가 듣는 경적음의 속력은 340 m/s이다.
- ㄴ. 철수가 듣는 경적음의 진동수는 1050 Hz이다.
- ㄷ. 철수가 듣는 경적음의 파장은 버스가 내는 경적음의 파장보다 짧다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림 (가)는 수평면에 정지해 있는 음파 측정기 S와 진동수가 f_0 인 소리를 발생시키는 음원 A, B가 각각 일정한 속력 v_A , v_B 로 같은 방향으로 운동하는 모습을, (나)는 (가)에서 A가 속력 v_A 로 S로부터 멀어지는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 S가 측정한 A의 소리의 진동수는 $\frac{10}{9}f_0$ 이고, B의 소리의 진동수는 S가 측정한 A의 소리의 $\frac{3}{4}$ 배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 v 로 v_A , v_B 보다 크며, S, A, B는 동일 직선상에 있다.)

[보기]

- ㄱ. $v_A = \frac{1}{10}v$ 이다.
- ㄴ. $v_B = 2v_A$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 S가 측정한 A의 소리의 진동수는 S가 측정한 B의 소리의 진동수보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 및 해설

내신만점문제 · 실력UP문제
도플러 효과

거리만큼 길어지므로 $\frac{v+v_s}{f}$ 이고, B가 듣는 사이렌 소리의 파장은 구급차가 한 주기 동안 이동한 거리만큼 짧아지므로 $\frac{v-v_s}{f}$ 이다.

2 도플러 효과 식에서 음원의 운동에 따라 정지해 있는 관찰자가 듣는 소리의 진동수 $f' = \frac{v}{v \pm v_s} f$ 이다. 구급차가 A로부터 멀어지고 있으므로 A가 듣는 사이렌 소리의 진동수 $f_A = \frac{v}{v+v_s} f$ 이고, 구급차가 B 쪽으로 다가오고 있으므로 B가 듣는 사이렌 소리의 진동수 $f_B = \frac{v}{v-v_s} f$ 이다.

3 $f_A = \frac{v}{v+v_s} f$, $f_B = \frac{v}{v-v_s} f$ 이므로 구급차의 속도 v_s 가 증가하면 A가 듣는 소리의 진동수는 감소하고, B가 듣는 소리의 진동수는 증가한다.

4 (1), (2) 음원이 A로부터 멀어지고 있으므로 A가 듣는 소리의 진동수는 구급차에서 발생한 사이렌 소리의 진동수보다 작다. 따라서 A는 구급차에서 발생한 사이렌 소리보다 낮은 소리를 듣는다.

(3) 음원이 B 쪽으로 다가오고 있으므로 B가 듣는 소리의 진동수는 구급차에서 발생한 사이렌 소리의 진동수보다 크다.

(4) A와 B가 듣는 소리의 진동수는 도플러 효과를 이용하여 정량적으로 구할 수 있다.

내신 만점 문제

172쪽~174쪽

- | | | | | |
|-------------|------------------------|-----------------|-------------|-------------|
| 01 ④ | 02 ③ | 03 해설 참조 | 04 ① | 05 ③ |
| 06 ⑤ | 07 ① | 08 해설 참조 | 09 ① | 10 ② |
| 11 ④ | 12 ㉠ 진동수, ㉡ 도플러 | 13 해설 참조 | | |

01 ① 파원이나 관찰자의 상대적 운동에 따라 관찰자가 관측하는 파동의 진동수가 파원의 진동수와 다르게 관측되는 현상을 도플러 효과라고 한다.

② 관찰자가 정지한 음원 쪽으로 다가가면 관찰자가 듣는 소리의 진동수는 커지므로 관찰자는 음원에서 발생한 소리보다 높은 소리를 듣는다.

③ 음원이 정지한 관찰자 쪽으로 다가오면 먼저 발생한 파면과 새로 발생한 파면 사이의 거리가 가까워진다. 따라서 관찰자가 듣는 소리의 파장은 음원에서 발생한 소리의 파장보다 짧다.

⑤ 도플러 효과에 의해 관찰자가 듣는 소리의 진동수 $f' = \frac{v \pm v_o}{v \mp v_s} f$ 이다. 소리의 속력을 V 라고 하면, 관찰자가 정지해 있고 음원이 v 의 속력으로 가까워질 때 관찰자가 듣는 소리의 진동수 $f_1 = \frac{V}{V-v} f$ 이고, 음원이 정지해 있고 관찰자가 v 의 속력으로 멀어질 때 관찰자가 듣는 소리의 진동수 $f_2 = \frac{V-v}{V} f$ 이다.

$f_1 > f_2$ 이므로 관찰자가 듣는 소리는 관찰자가 정지해 있고 음원이 v 의 속력으로 가까워질 때가 음원이 정지해 있고 관찰자가 v 의 속력으로 멀어질 때보다 높다.

바로알기 ④ 관찰자와 음원이 같은 속도로 운동할 때 관찰자가 듣는 소리의 진동수는 음원에서 발생한 소리의 진동수와 같다.

02 ㄱ. 진동수가 f 인 소리를 내는 자동차가 정지한 철수를 향해 다가오고 있으므로 도플러 효과 식 $f' = \frac{v}{v-v_s} f$ 에 의해 철수가 듣는 소리의 진동수는 $\frac{v}{v-v_0} f$ 로 f 보다 크다.

ㄴ. 자동차가 정지한 철수로부터 멀어지면 도플러 효과 식 $f'' = \frac{v}{v+v_s} f$ 에 의해 철수가 듣는 소리의 진동수는 $\frac{v}{v+v_0} f$ 로 f 보다 작다.

바로알기 ㄴ. 관찰자인 철수가 정지해 있으므로 철수가 듣는 소리의 속력은 자동차의 운동 상태와 관계없이 일정하다. 따라서 철수가 듣는 소리의 속력은 자동차의 앞쪽과 뒤쪽에서 같다.

03 정지한 관찰자 쪽으로 음원이 다가오는 경우 관찰자가 측정한 소리의 진동수 $f' = \frac{v}{v-v_s} f$ 이다.

모범 답안 음파 측정기가 정지해 있고, 음파 발생기가 640 Hz의 소리를 내면서 다가오고 있으므로 음파 발생기의 속력을 v_s 라고 하면 음파 측정기가 측정한 소리의 진동수 $680 = \frac{v}{v-v_s} f = \frac{340}{340-v_s} \times 640$ 에서 $v_s = 20$ m/s이다.

채점 기준	배점
음파 발생기의 속력을 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
음파 발생기의 속력만 옳게 쓴 경우	50 %

04 - 꼼꼼 문제 분석



음원이 정지해 있을 때 관찰자가 듣는 소리의 변화

- 관찰자가 속력 v_0 로 음원 쪽으로 다가갈 때 듣는 소리의 진동수는 $\frac{v+v_0}{v}f$ 이다.
- 관찰자가 속력 v_0 로 음원으로부터 멀어질 때 듣는 소리의 진동수는 $\frac{v-v_0}{v}f$ 이다.
- 음원은 정지해 있으므로 관찰자가 듣는 소리의 파장은 음원에서 발생한 소리의 파장과 같다.

ㄴ. 소방차가 정지해 있으므로 철수가 듣는 사이렌 소리의 파장은 소방차에서 발생하는 사이렌 소리의 파장과 같다. 따라서 철수가 소방차를 향해 이동할 때 철수가 듣는 사이렌 소리의 파장은 변하지 않는다.

바로알기 ㄱ. 정지해 있는 소방차에서 발생하는 소리의 진행 방향과 철수의 운동 방향은 서로 반대이므로 철수가 듣는 사이렌 소리의 속력은 $340 \text{ m/s} + 5 \text{ m/s} = 345 \text{ m/s}$ 이다.

ㄷ. 철수가 정지해 있는 음원을 향해 이동하고 있으므로 도플러 효과 식 $f' = \frac{v+v_0}{v}f$ 에 따라 철수가 듣는 사이렌 소리의 진동수

$$f' = \frac{340+5}{340} \times 1360 = 1380 (\text{Hz}) \text{이다.}$$

다른 풀이 ㄷ. 철수가 듣는 사이렌 소리의 속력 $v' = 345 \text{ m/s}$ 이고, 철수가 듣는 사이렌 소리의 파장 $\lambda' = \frac{340 \text{ m/s}}{1360 \text{ Hz}} = 0.25 \text{ m}$ 이므로 철수가 듣는 소리의 진동수 $f' = \frac{v'}{\lambda'} = \frac{345}{0.25} = 1380 (\text{Hz})$ 이다.

05 - 꼼꼼 문제 분석



음원이 A 쪽으로 다가온다.
⇒ A는 f 보다 진동수가 큰 소리를 듣는다.

음원이 B로부터 멀어진다.
⇒ B는 f 보다 진동수가 작은 소리를 듣는다.

ㄴ. 자동차가 정지한 B로부터 일정한 속력으로 멀어지고 있으므로 도플러 효과 식 $f' = \frac{v}{v+v_s}f$ 에 따라 B가 듣는 소리의 진동수는 경고음의 진동수 f 보다 작다. 따라서 B는 자동차에서 발생하는 경고음보다 낮은 음의 경고음을 듣는다.

ㄷ. 관찰자인 A와 B가 정지해 있으므로 A와 B가 듣는 소리의 속력은 자동차에서 발생한 경고음의 속력과 같다. 따라서 A가 듣는 경고음의 속력은 B가 듣는 경고음의 속력과 같다.

바로알기 ㄱ. 자동차 경고음의 파장을 λ 라고 하면, A가 듣는 경고음의 파장 $\lambda_A = \lambda - \frac{v_s}{f}$ 이고, 음원이 v_s 로 등속도 운동을 하므로

λ_A 는 자동차에서 발생한 경고음의 파장 λ 보다 짧지만 일정하다.

A가 듣는 경고음의 진동수를 f_A 라고 하면 $f_A = \frac{v}{\lambda_A} = \frac{v}{\lambda - \frac{v_s}{f}}$

$$= \frac{v}{\frac{v}{f} - \frac{v_s}{f}} = \frac{v}{v - v_s} f \text{로 } f_A \text{는 자동차에서 발생한 경고음의}$$

진동수 f 보다 크지만 일정하다.

ㄷ. B가 듣는 경고음의 파장 $\lambda_B = \lambda + \frac{v_s}{f}$ 이고, 자동차가 v_s 로

등속도 운동을 하므로 λ_B 는 자동차에서 발생한 경고음의 파장 λ 보다 길지만 일정하다.

06 ㄴ. 음원에서 발생한 소리의 진동수를 f 라고 하자. (가)에서 철수가 정지해 있는 음원 쪽으로 다가가고 있으므로 도플러 효과

$$\text{에 의해 철수가 듣는 소리의 진동수 } f_{(가)} = \frac{v+v_0}{v}f = \frac{10V+V}{10V}f$$

$$= \frac{11}{10}f \text{이다. (나)에서 음원이 정지해 있는 철수 쪽으로 다가오}$$

고 있으므로 도플러 효과에 의해 철수가 듣는 소리의 진동수

$$f_{(나)} = \frac{v}{v-v_s} = \frac{10V}{10V-V}f = \frac{10}{9}f \text{이다. 따라서 철수가 듣는 소}$$

리의 진동수는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

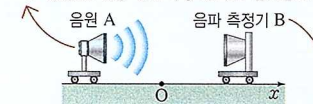
ㄷ. (가)에서 음원이 정지해 있으므로 철수가 듣는 소리의 파장은 음원에서 발생한 소리의 파장과 같다. (나)에서 음원이 철수 쪽으로 다가오고 있으므로 철수가 듣는 소리의 파장은 음원에서 발생한 소리의 파장보다 짧다. 따라서 철수가 듣는 소리의 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 길다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 철수가 정지해 있는 음원 쪽으로 다가가고 있고, 음원에서 발생한 소리의 속력은 $10V$ 이므로 철수가 듣는 소리의 속력은 $10V + V = 11V$ 이다. (나)에서 음원이 정지해 있는 철수 쪽으로 다가오고 있으므로 철수가 듣는 소리의 속력은 음원에서 발생한 소리의 속력인 $10V$ 와 같다. 따라서 철수가 듣는 소리의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

07 - 꼼꼼 문제 분석

+x 방향으로 운동: 음파 측정기 쪽으로 다가온다.

-x 방향으로 운동: 음파 측정기로부터 멀어진다.



+x 방향으로 운동: 음원으로 부터 멀어진다.

-x 방향으로 운동: 음원 쪽으로 다가간다.

ㄱ. B가 정지해 있을 때 B가 측정하는 소리의 속력은 A의 운동 상태와 관계없이 A에서 발생하는 소리의 속력과 같다.

【바로알기】 ㄴ. 소리의 속력을 V , 진동수를 f 라고 하자. 도플러 효과의 일반적인 관계식 $f' = \frac{v \pm v_o}{v \mp v_s} f$ 에 A와 B의 속도를 대입하여 각 진동수를 구하면 $f_{(A)} = \frac{V}{V+v} f$ 이고, $f_{(B)} = \frac{V+v}{V} f$ 이다. 따라서 $f_{(A)}$ 는 $f_{(B)}$ 보다 작다.
 ㄷ. $f_{(A)} = \frac{V}{V-v} f$ 이고, $f_{(B)} = \frac{V+v}{V-v} f$ 이므로 A와 B의 속력이 증가할수록 $f_{(A)}$ 와 $f_{(B)}$ 는 증가한다.

08 정지해 있는 관찰자 주변에서 음원이 운동할 때 도플러 효과에 의해 관찰자가 측정하는 소리의 진동수 $f' = \frac{v}{v \mp v_s} f$ 이다. 이때 음원이 관찰자 쪽으로 다가올 때 관찰자가 듣는 소리의 진동수는 증가하고, 음원이 관찰자로부터 멀어질 때 관찰자가 듣는 소리의 진동수는 감소한다.

【모범 답안】 소리의 진동수를 f , 자동차의 속력을 v_s 라고 하자. 자동차가 O를 통과하기 전은 음원인 자동차가 관찰자인 소리 측정기 쪽으로 다가오는 상황이므로 소리 측정기가 측정하는 소리의 진동수는 도플러 효과에 의해 $\frac{v}{v-v_s} f = \frac{340}{340-v_s} f$ 이다. 자동차가 O를 통과한 후는 음원인 자동차가 관찰자인 소리 측정기로부터 멀어지는 상황이므로 소리 측정기가 측정하는 소리의 진동수는 도플러 효과에 의해 $\frac{v}{v+v_s} f = \frac{340}{340+v_s} f$ 이다. 따라서 $\frac{340}{340-v_s} f : \frac{340}{340+v_s} f = 11 : 9$ 이므로 $v_s = 34 \text{ m/s}$ 이다.

채점 기준	배점
자동차의 속력을 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
자동차의 속력만 옳게 쓴 경우	50 %

09 ㄴ. A와 B가 모두 왼쪽으로 이동하고 있으므로 도플러 효과에 의해 B가 측정하는 소리의 진동수 $1050 = \frac{340+v_o}{340+20} \times 1080$ 에서 $v_o = 10 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 B의 속력은 10 m/s 이다.
【바로알기】 ㄱ. 음원인 A는 20 m/s 의 속력으로 관찰자인 B로부터 멀어지는 방향으로 운동하고 있고, 진동수가 1080 Hz 인 소리가 B에서는 1050 Hz 로 들린다. 이를 도플러 효과의 일반적인 관계식 $f' = \frac{v \pm v_o}{v \mp v_s} f$ 에 대입하면 $1050 = \frac{340 \pm v_o}{340+20} \times 1080$ 에서 $v_o = 10 \text{ m/s}$ 이다. B의 속력은 10 m/s 이고, B의 속도는 (+)의 부호를 가지므로 B는 A를 향하는 왼쪽으로 운동한다.

ㄷ. B의 운동 방향만을 반대로 하면, 도플러 효과에 의해 B가 측정한 소리의 진동수는 $\frac{340-10}{340+20} \times 1080 = 990 \text{ (Hz)}$ 이다.

10 A와 같이 별이 지구에 가까워질 때 지구에서 관측한 별빛의 파장이 ㉠ 원래 파장보다 짧아져 스펙트럼의 흡수선은 ㉡ 파란색 쪽으로 이동한다. 이를 청색 편이라고 한다. 반면 B와 같이 별이 지구로부터 멀어질 때 지구에서 관측한 별빛의 파장이 원래 파장보다 길어져 스펙트럼의 흡수선은 ㉢ 빨간색 쪽으로 이동한다. 이를 적색 편이라고 한다.

11 B. 도플러 초음파 검사기는 검사 장치에서 발생한 초음파와 혈액에서 반사된 초음파의 진동수 차를 도플러 효과로 분석하여 혈액의 속력과 방향을 측정한다. 주로 심장, 혈관, 태아 등의 검사에 이용한다.

C. 어선의 어군 탐지기는 탐지기에서 발생한 특정 진동수의 초음파와 물고기 떼에서 반사하여 되돌아오는 초음파의 진동수 차를 도플러 효과로 분석하여 물고기 떼의 움직임을 탐지한다.

【바로알기】 A. 도플러 유량계는 유체 속의 부유 입자에서 반사하는 초음파의 진동수 변화를 도플러 효과로 분석하여 유체의 속도와 유량을 측정한다. 따라서 전자기파가 아닌 초음파를 이용한 도플러의 활용에 해당된다.

12 도플러 레이더 장치에서 발사된 전파가 공기 중의 빗방울, 눈의 결정 등에 부딪쳐 반사되어 되돌아오면 신호의 원래 진동수와 반사되어 되돌아온 신호의 ㉠ 진동수 변화를 분석하여 물체 주위에 부는 바람의 방향과 속도를 알 수 있다. 이는 ㉡ 도플러 효과를 활용하는 예이다.

13 **【모범 답안】** 속력 측정 장치에서 발생한 전자기파가 야구공에서 반사되어 되돌아올 때 야구공의 속력에 따라 전자기파의 진동수가 달라지므로 진동수 변화를 이용하여 야구공의 속력을 측정한다.

채점 기준	배점
진동수의 변화를 이용하는 도플러 효과의 개념을 언급하여 속력 측정 장치의 원리를 옳게 서술한 경우	100 %
도플러 효과 또는 진동수 변화만 이용한다고 서술한 경우	40 %

실력 UP 문제

175쪽

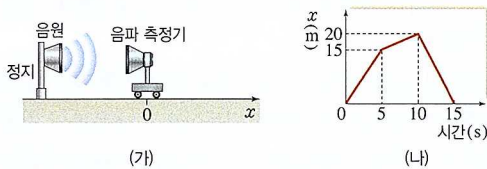
01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ⑤

01 ㄱ, ㄴ. 음파 측정기 A는 정지해 있고, 음원이 A로부터 v_s 의 속력으로 멀어지고 있으므로 A에서 측정하는 소리의 진동수는

도플러 효과에 의해 $\frac{v}{v+v_s}f$ 이다. 또한 음파 측정기 B는 정지해 있고, 음원이 B 쪽으로 v_s 의 속력으로 다가오고 있으므로 B에서 측정된 소리의 진동수는 도플러 효과에 의해 $\frac{v}{v-v_s}f$ 이다. 따라서 A에서 측정된 소리의 진동수는 B에서 측정된 소리의 진동수보다 작다.

ㄷ. B에서 측정된 소리의 진동수는 $\frac{v}{v-v_s}f$ 이므로 v_s 가 증가하면 B에서 측정된 소리의 진동수는 증가한다.

02 - 꼼꼼 문제 분석



- 0~10초까지 음파 측정기의 위치 x 가 증가한다.
⇒ 관찰자가 음원으로부터 멀어지므로 음파 측정기가 측정된 소리의 진동수는 음원에서 발생한 소리의 진동수보다 작다.
- 10초~15초까지 음파 측정기의 위치 x 가 감소한다.
⇒ 관찰자가 음원 쪽으로 다가가므로 음파 측정기에서 측정된 소리의 진동수는 음원에서 발생한 소리의 진동수보다 크다.

ㄱ. 위치-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 속력을 나타낸다. 0초부터 5초까지 음파 측정기의 속력은 $\frac{15\text{ m}}{5\text{ s}}=3\text{ m/s}$ 이고, 5초부터 10초까지 음파 측정기의 속력은 $\frac{5\text{ m}}{5\text{ s}}=1\text{ m/s}$ 이므로 음파 측정기의 속력은 3초일 때가 7초일 때의 3배이다.

ㄷ. 10초부터 15초까지 음파 측정기의 위치 x 가 감소하므로 음파 측정기가 정지해 있는 음원 쪽으로 다가가고 있음을 알 수 있다. 12초일 때 음파 측정기의 속력은 $\frac{20\text{ m}}{5\text{ s}}=4\text{ m/s}$ 이므로 도

플러 효과 식 $f' = \frac{v+v_o}{v}f$ 에 의해 음파 측정기에서 측정된 소리의 진동수는 $\frac{340+4}{340} \times 680 = 688(\text{Hz})$ 이다.

[바로알기] ㄴ. 0초부터 10초까지 음파 측정기의 위치 x 가 증가하므로 음파 측정기가 정지해 있는 음원으로부터 멀어지고 있음을 알 수 있다. 도플러 효과에 의해 0초부터 10초까지 음파 측정기에서 측정하는 소리의 진동수는 $\frac{v-v_o}{v}f$ 로 음원에서 발생한 소리의 진동수보다 감소한다. 이때 음파 측정기의 속력 v_o 는 3초일 때가 7초일 때보다 크므로 음파 측정기에서 측정된 소리의

진동수는 3초일 때가 7초일 때보다 작다.

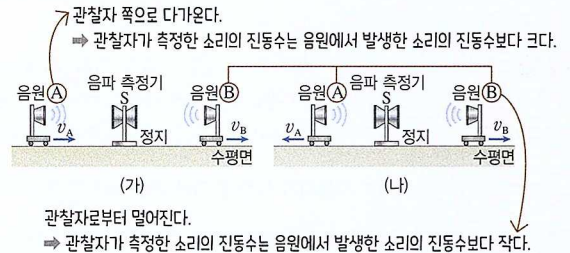
03 ㄴ. 버스와 철수가 서로를 향해 운동하고 있으므로 도플러 효과의 일반적인 관계식 $f' = \frac{v \pm v_o}{v \mp v_s}f$ 에 따라 철수가 듣는 경적음의 진동수 $f' = \frac{v+v_o}{v-v_s}f$ 로 구할 수 있다.

$f' = \frac{340+10}{340-40} \times 900 = 1050(\text{Hz})$ 로 버스에서 발생한 경적음의 진동수보다 크다.

ㄷ. 버스가 철수를 향해 운동하면서 경적음을 발생하므로 철수가 듣는 경적음의 파장은 버스에서 발생하는 경적음의 파장보다 짧다.

[바로알기] ㄱ. 철수가 버스를 향해 10 m/s의 속력으로 운동하고 있으므로 철수가 듣는 경적음의 속력은 $340\text{ m/s} + 10\text{ m/s} = 350\text{ m/s}$ 이다.

04 - 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (가)에서 A는 S 쪽으로 다가오고 있으므로 S가 측정된 A의 소리의 진동수는 도플러 효과에 의해 $\frac{v}{v-v_A}f_0 = \frac{10}{9}f_0$ 이다.

따라서 $v_A = \frac{1}{10}v$ 이다.

ㄴ. (가)에서 B는 S로부터 멀어지고 있고, S가 측정된 B의 소리의 진동수는 S가 측정된 A의 소리의 진동수의 $\frac{3}{4}$ 배이므로 S가

측정된 B의 소리의 진동수는 도플러 효과에 의해 $\frac{v}{v+v_B}f_0 = \frac{5}{6}f_0$ 에서 $v_B = \frac{1}{5}v = 2v_A$ 이다.

ㄷ. (나)에서 A와 B 모두 S로부터 멀어지고 있으므로 S가 측정하는 소리의 진동수는 도플러 효과에 의해 $f' = \frac{v}{v+v_s}f$ 로 구할 수 있다. S가 측정된 A의 소리의 진동수를 f_A 라고 하면

$f_A = \frac{v}{v+v_A}f_0$ 이고, S가 측정된 B의 소리의 진동수를 f_B 라고 하면

$f_B = \frac{v}{v+v_B}f_0 = \frac{v}{v+2v_A}f_0$ 이므로 f_A 가 f_B 보다 크다.

02 / 음파의 간섭

개념 확인 문제

178쪽

- ① 간섭 ② 커 ③ 작아 ④ 짝수 ⑤ 홀수 ⑥ 상쇄
⑦ 보강

1 ㉠ 보강, ㉡ 상쇄 2 (1) ○ (2) × (3) ○ 3 P₁: 보강 간섭,
P₂: 상쇄 간섭 4 (1) ○ (2) ○ (3) × 5 L, R

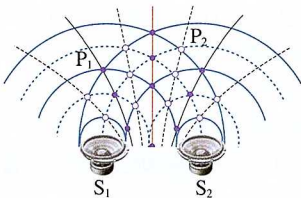
1 파동의 중첩 원리에 의해 진폭이 같은 두 파동이 ㉠ 보강 간섭을 하면 합성파의 진폭은 2배가 되고, ㉡ 상쇄 간섭을 하면 합성파의 진폭은 0이 된다.

2 (1) 진동수가 같은 두 음파가 같은 위상으로 만나면 보강 간섭이 일어나므로 진폭이 증가하여 소리의 세기가 커진다.

(2) 진동수가 같은 두 음파가 반대 위상으로 만나면 상쇄 간섭이 일어나므로 진폭이 감소하여 소리의 세기가 작아진다. 이때 파원의 진동수는 변하지 않으므로 소리의 진폭만 감소하고, 진동수는 일정하다.

(3) 진동수와 위상이 같은 두 음파의 경로차가 반 파장의 짝수 배인 지점에서 두 음파의 마루와 마루 또는 골과 골이 만나므로 음파는 보강 간섭을 한다.

3 그림에서 빨간 선에 해당하는 부분은 S₁, S₂로부터 거리가 같은 지점이다. S₁, S₂에서 발생한 음파가 빨간 선에 해당하는 지점에서 실선과 실선 또는 점선과 점선 즉, 동일한 위상으로 만나므로 S₁, S₂에서 발생하는 음파의 위상은 같음을 알 수 있다.



P₁에서는 실선(마루)과 실선(마루)이 만나므로 보강 간섭이 일어나고, P₂에서는 실선(마루)과 점선(골)이 만나므로 상쇄 간섭이 일어난다.

4 (1) A에서는 두 음파가 같은 위상으로 만나 보강 간섭이 일어나고, B에서는 두 음파가 반대 위상으로 만나 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 A는 B보다 큰 소리를 듣는다.

(2) B에서 두 음파가 반대 위상으로 만나 상쇄 간섭이 일어나므로 두 음파의 경로차는 반 파장의 홀수 배이다.

(3) 집에서 영화를 감상할 때 현장감을 높이기 위해서는 음파의 보강 간섭을 이용하여 스피커를 설치해야 한다.

5 ㄱ. 무반사 코팅은 빛의 상쇄 간섭을 활용한 예이다.

ㄴ. 소음 제거 이어폰은 마이크가 감지한 외부 소음과 위상이 반대인 신호를 발생시켜 음파의 상쇄 간섭으로 소음을 제거한다.

ㄷ. 체외 충격파 쇄석기는 음파의 보강 간섭을 이용하여 환자의 결석을 분쇄한다.

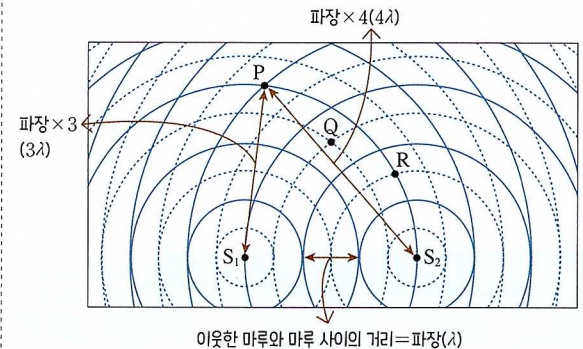
ㄹ. 자동차가 도로 위를 달릴 때 자동차에 내장된 DSP(디지털 신호 처리 장치)로 소음과 반대 위상의 음파를 발생시켜 음파의 상쇄 간섭으로 소음을 제거한다.

대표 자료 분석

179쪽

- 1 (1) 보강 (2) 보강 (3) 상쇄 2 ㉠ λ, ㉡ $\frac{\lambda}{2}$, ㉢ 짝수, ㉣ 보강
3 0 4 상쇄 간섭 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

꼼꼼 문제 분석



- P와 Q에서 두 음파는 같은 위상으로 만나 중첩하므로 보강 간섭이 일어난다.
- R에서 두 음파는 반대 위상으로 만나 중첩하므로 상쇄 간섭이 일어난다.

1 실선인 마루와 마루가 만나는 곳과 점선인 골과 골이 만나는 곳은 두 음파가 같은 위상으로 만나 중첩하는 지점이므로 보강 간섭이 일어나고, 실선과 점선이 만나는 곳은 두 음파가 반대 위상으로 만나 중첩하는 지점이므로 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 P와 Q에서는 보강 간섭이 일어나고, R에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

2 이웃한 마루와 마루, 골과 골 사이의 거리가 파장 λ이므로 S₁에서 P까지의 거리는 3λ이고, S₂에서 P까지의 거리는 4λ이다. 즉, S₁, S₂에서 P까지의 경로차는 ㉠ λ이다. 이는 반 파장인

㉠ $\frac{\lambda}{2}$ 의 ㉢ 짝수 배이므로 P에서는 ㉣ 보강 간섭이 일어난다.