

완자 · 역학과 에너지

내신만점 · 실력UP 집중

III 탄성파와 소리

2 도플러 효과와 파동의 이용

02

음파의 간섭

내신만점 · 실력UP

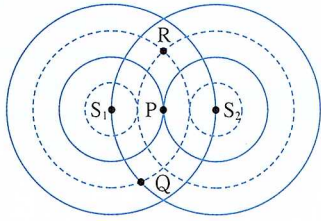
III-2-02 음파의 간섭



내신 만점 문제

A 음파의 간섭

[01~02] 그림은 두 음원 S_1, S_2 에서 진동수와 진폭이 같은 두 음파가 동일한 위상으로 발생할 때 어느 한 순간의 모습을 나타낸 것이다. 점 P, Q, R은 S_1, S_2 로부터 일정한 거리에 있는 점이고, 그림에서 실선은 마루, 점선은 골을 표시한 것이다.



중요 01 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 파동의 진폭은 P에서가 Q에서보다 크다.
- ㄴ. 두 음원에서 Q까지의 경로차는 반 파장이다.
- ㄷ. R에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

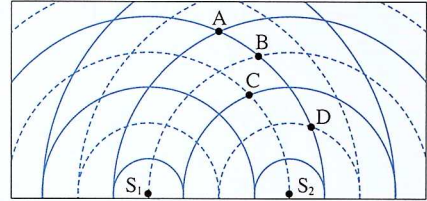
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 위 실험에서 진동수와 진폭은 변화시키지 않고 S_1 에서 발생하는 음파의 위상만을 반대로 할 때 P, Q, R의 위치에서 들리는 소리의 세기 변화로 옳은 것은?

- | <u>P</u> | <u>Q</u> | <u>R</u> |
|------------|----------|----------|
| ① 증가한다. | 증가한다. | 감소한다. |
| ② 증가한다. | 감소한다. | 감소한다. |
| ③ 변하지 않는다. | 감소한다. | 변하지 않는다. |
| ④ 감소한다. | 변하지 않는다. | 증가한다. |
| ⑤ 감소한다. | 증가한다. | 감소한다. |

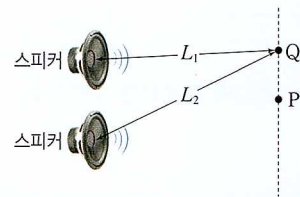
서술형

03 그림은 두 음원 S_1, S_2 에서 진동수와 진폭이 같은 음파가 동일한 위상으로 발생할 때 어느 한 순간의 모습을 나타낸 것이다. 점 A~D는 S_1, S_2 로부터 일정한 거리에 있는 점이고, 그림에서 실선은 마루, 점선은 골을 표시한 것이다.



- (1) S_1, S_2 에서 A까지의 경로차를 풀이 과정과 함께 구하시오.
- (2) S_1, S_2 에서 B, C, D까지의 경로차를 비교하여 서술하시오.
- (3) A, B, C, D에서 일어나는 간섭의 종류를 서술하시오.

중요 04 그림과 같이 두 스피커에서 진동수와 진폭이 같은 소리가 나오게 한 뒤 두 스피커의 배열 방향과 나란한 방향으로 조금씩 이동하였더니 점 P에서 소리가 가장 크게 들렸고, 점 Q에서 소리가 가장 작게 들렸다. L_1, L_2 는 각 스피커로부터 Q까지의 거리이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 두 스피커에서 발생한 소리의 진동수는 일정하다.)

보기

- ㄱ. P에서 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. L_1 과 L_2 의 차는 반 파장의 짝수 배이다.
- ㄷ. Q에서 소리의 진폭은 스피커 하나에서 발생한 소리의 진폭과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림과 같이 정사각형의 두 꼭짓점에 놓인 스피커 A와 B에서 진동수와 진폭이 같은 소리가 동일한 위상으로 발생한다. 점 O는 두 꼭짓점 P와 Q로부터 같은 거리에 있는 지점이다. A와 B에서 발생한 소리는 Q에서 보강 간섭한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 발생한 소리의 진동수는 일정하다.)

[보기]

- ㄱ. P에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. A, B에서 Q까지의 경로차는 반 파장의 홀수 배이다.
- ㄷ. A, B 사이의 간격을 작게 하면 P와 Q 사이에 보강 간섭하는 지점의 수가 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림은 두 스피커에서 진동수가 일정한 소리를 발생시킨 뒤 두 스피커의 배열 방향과 나란한 방향으로 조금씩 이동하면서 소리를 듣는 모습을 나타낸 것이다. A 지점에서 소리가 가장 크게 들렸고, 이동하는 동안 B 지점에서 소리가 처음으로 가장 작게 들렸다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 두 스피커에서 A 지점까지의 거리는 같고, A와 B는 동일 직선상에 있다.)

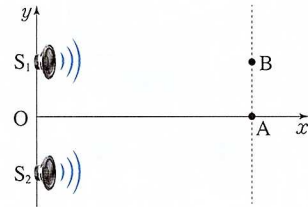
[보기]

- ㄱ. A 지점에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. B 지점에서는 두 스피커에서 발생한 소리가 반대 위상으로 만난다.
- ㄷ. 소리의 진동수를 증가시키면 첫 번째 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 B 지점보다 오른쪽에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

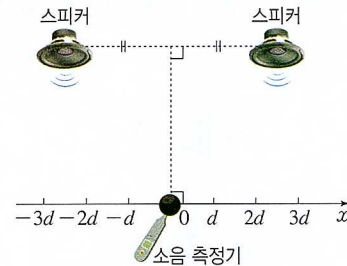
서술형

07 그림과 같이 y 축상에 놓여 있는 두 스피커 S_1, S_2 에서 위상이 같고 파장이 λ 인 소리가 발생하고 있다. 점 A에서부터 $+y$ 방향으로 이동하면서 소리의 세기를 측정하였더니 점 B에서 소리가 두 번째로 작게 들렸다. S_1, S_2 는 O로부터 같은 거리에 있다.



S_1, S_2 에서 B까지의 경로차를 λ 를 이용하여 풀이 과정과 함께 구하시오.

중요 **08** 그림과 같이 두 개의 스피커에서 진동수와 진폭이 같은 소리를 발생시킨 뒤 소음 측정기를 $x=0$ 에서 $+x$ 방향으로 움직이며 소리의 세기를 측정하였다. $x=0$ 에서 소리의 세기가 처음으로 크게 측정되었고, $x=3d$ 에서 두 번째로 크게 측정되었다.



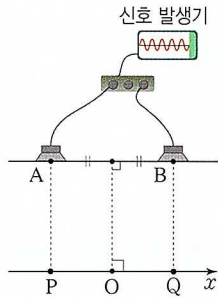
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 두 스피커에서 발생한 소리의 진동수는 일정하다.)

[보기]

- ㄱ. 스피커에서 발생한 두 음파의 위상은 서로 같다.
- ㄴ. $x=-3d$ 에서 상쇄 간섭이 일어난다.
- ㄷ. $x=-3d$ 와 $x=3d$ 사이에 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 한 개이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림과 같이 진동수가 일정한 소리가 발생하는 신호 발생기에 연결된 스피커 A와 B에서 발생하는 소리의 세기를 점 O에서 $+x$ 방향으로 이동하며 측정하였다. 소리의 세기는 O에서 최소였고, 점 Q에서 처음으로 최대였다. 점 P, O, Q는 x 축상에서 같은 간격으로 떨어진 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

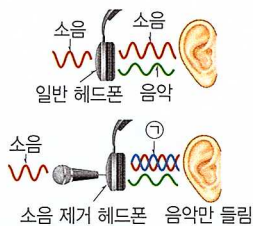
[보기]

- ㄱ. P에서는 상쇄 간섭이 일어난다.
- ㄴ. O에서 두 소리가 같은 위상으로 중첩한다.
- ㄷ. 소리의 진동수를 증가시키면 O와 Q 사이에 소리의 세기가 최대인 지점이 생긴다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 음파의 간섭 활용

중요 **10** 그림은 일반 헤드폰과 소음 제거 헤드폰으로 음악을 듣는 원리를 각각 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. 일반 헤드폰에서는 음악과 소음이 함께 들린다.
- ㄴ. 소음 제거 헤드폰에서는 소음과 위상이 반대인 음파를 발생시킨다.
- ㄷ. 소음 제거 헤드폰의 ㉠에서 보강 간섭이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 음파의 간섭을 활용한 경우를 나타낸 것이다.

- (가) 자동차의 소음기
- (나) 공연장 설계
- (다) 비행기 내부 소음 제거

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

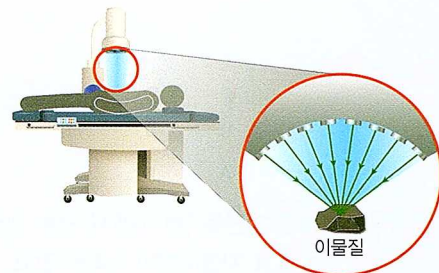
[보기]

- ㄱ. 자동차 엔진의 배기 소음은 (가)에서 두 통로의 길이를 반 파장의 짝수 배만큼 차이 나게 하여 제거한다.
- ㄴ. (나)는 소리의 보강 간섭을 활용한다.
- ㄷ. (다)는 밖에서 발생한 소음과 같은 위상의 소리를 내부에 발생시켜 소음과 상쇄 간섭이 일어나게 한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 초음파를 이용하여 인체 내의 이물질을 분쇄하는 의료 장비의 원리를 설명한 것이다.

초음파를 이용하여 인체 내의 이물질을 파괴하는 의료 장비는 음파의 간섭을 활용한다. 초음파 발생기에서 나온 초음파는 구면 반사체에서 반사하여 초점과 같은 특정 지점에 위치한 인체 내의 이물질에 집중된다. 이때 초음파의 (㉠) 간섭이 일어나 이물질이 분쇄된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

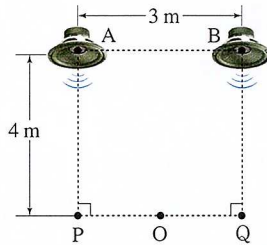
- ㄱ. '상쇄'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. 이물질에서 초음파의 진폭은 최대이다.
- ㄷ. 이물질에 도달하는 초음파 사이의 경로차는 반 파장의 짝수 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



실력 UP 문제

01 그림과 같이 두 변의 길이가 각각 3 m, 4 m인 직사각형의 두 꼭짓점에 놓인 스피커 A와 B에서 진폭이 같고 진동수가 340 Hz인 소리가 같은 위상으로 발생한다. 점 O는 두 꼭짓점 P와 Q로부터 같은 거리에 있는 지점이다.



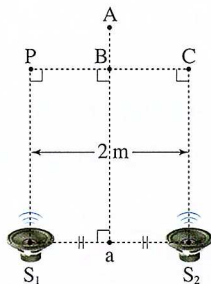
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이다.)

[보기]

- ㄱ. A, B에서 발생하는 소리의 파장은 1 m이다.
- ㄴ. P와 Q 사이에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 홀수 개이다.
- ㄷ. A에서 발생하는 소리의 위상만을 반대로 하면, O에서 보강 간섭이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 두 스피커 S_1 , S_2 에서 진동수와 진폭, 위상이 같은 소리가 동시에 발생하는 모습을 나타낸 것이다. S_1 과 S_2 사이의 거리는 2 m이고, 점 a는 S_1 과 S_2 로부터 같은 거리에 있는 지점이다. 스피커에서 발생한 소리의 파장은 1 m이고, 점 P에서는 보강 간섭이 일어난다.



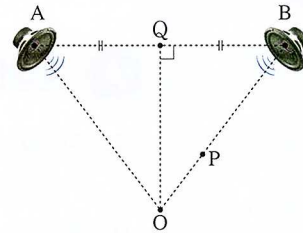
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. a에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. A, B, C에서 모두 보강 간섭이 일어난다.
- ㄷ. S_1 과 S_2 를 잇는 직선상에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 2개이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림과 같이 스피커 A와 B에서 진동수와 진폭이 같은 소리를 발생시켰을 때 점 P에서는 보강 간섭이 일어났고, 점 Q에서는 상쇄 간섭이 일어났다. A와 B는 Q로부터 같은 거리에 있으며, 점 O는 Q와 일직선상에 있는 점이다.



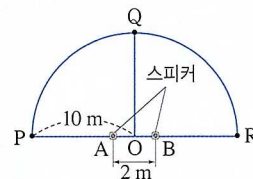
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 발생한 소리의 진동수는 일정하다.)

[보기]

- ㄱ. A와 B에서 서로 같은 위상의 소리가 발생한다.
- ㄴ. O에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄷ. A에서 발생하는 소리의 위상만을 반대로 하면, P에서 상쇄 간섭이 일어난다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 그림과 같이 반원의 지름상에 놓인 스피커 A, B에서 진폭이 같고 진동수가 170 Hz인 소리가 같은 위상으로 발생한다. 반원의 중심 O로부터 10 m 떨어진 점 P에서부터 점 Q를 지나 점 R까지 반원의 둘레를 따라 이동하면서 소리의 세기를 측정하였다. Q는 A와 B로부터 같은 거리만큼 떨어져 있는 점이고, A와 B 사이의 거리는 2 m이다.



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

[보기]

- ㄱ. P에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. 소리의 세기는 Q에서가 R에서보다 크다.
- ㄷ. P에서 R까지 보강 간섭이 일어나는 지점은 홀수 개이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 및 해설

내신만점문제 · 실력UP문제
음파의 간섭

3 S_1 에서 Q까지의 거리는 $\frac{5}{2}\lambda$ 이고, S_2 에서 Q까지의 거리는 $\frac{5}{2}\lambda$ 이다. 따라서 S_1, S_2 에서 Q까지의 경로차는 0이다.

4 S_1 에서 발생하는 음파의 위상만을 반대로 하면, S_1 에서 발생하는 음파는 P에서 골이 된다. 따라서 P에서 음파의 골과 마루가 만나 중첩하므로 상쇄 간섭이 일어난다.

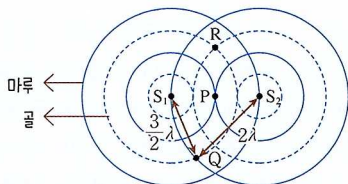
- 5 (1) 실선과 실선이 만나는 지점은 마루와 마루가 만나 중첩하는 지점이므로 보강 간섭이 일어난다.
 (2) 점선과 점선이 만나는 지점은 골과 골이 만나 중첩하는 지점이므로 보강 간섭이 일어난다.
 (3) P에서는 보강 간섭이 일어나므로 소리가 크게 들린다.
 (4) S_1 에서 R까지의 거리는 3λ 이고, S_2 에서 R까지의 거리는 1.5λ 이다. 따라서 S_1, S_2 에서 R까지의 경로차는 1.5λ 이다.
 (5) 소음 제거 이어폰은 음파의 상쇄 간섭을 활용하여 이어폰 내부로 들어오는 소음을 제거한다.

내신 만점 문제

180쪽~182쪽

- 01 ③ 02 ⑤ 03 해설 참조 04 ① 05 ④
 06 ③ 07 해설 참조 08 ① 09 ② 10 ③
 11 ② 12 ④

01 품짚 문제 분석



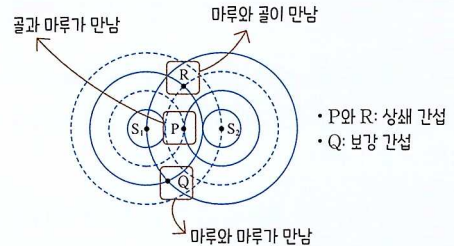
- P: 마루와 마루가 만남 $\Rightarrow$ 보강 간섭
- Q: 마루와 골이 만남 $\Rightarrow$ 상쇄 간섭
- R: 골과 골이 만남 $\Rightarrow$ 보강 간섭

ㄱ. P에서는 두 음파의 마루와 마루가 만나 중첩하므로 보강 간섭이 일어나고, Q에서는 두 음파의 마루와 골이 만나 중첩하므로 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 파동의 진폭은 P에서가 Q에서보다 크다.

ㄴ. 파장을 λ 라고 하면, Q는 S_1 로부터 $\frac{3}{2}\lambda$ 의 거리에 있고, S_2 로부터 2λ 의 거리에 있다. 따라서 두 음원에서 Q까지의 경로차는 반 파장이다.

바로알기 ㄷ. R에서는 두 음파의 골과 골이 만나 중첩하므로 보강 간섭이 일어난다.

02 품짚 문제 분석



S_1 에서 발생하는 음파의 위상만을 반대로 하여 음파를 발생시키면, Q에서는 두 음파의 마루와 마루가 만나 중첩하여 보강 간섭이 일어나고, P와 R에서는 두 음파의 마루와 골이 만나 중첩하여 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 P와 R에서 들리는 소리의 세기는 감소하고, Q에서 들리는 소리의 세기는 증가한다.

03 두 음원에서 한 지점까지의 경로차가 반 파장의 짝수 배이면 보강 간섭이 일어나고, 반 파장의 홀수 배이면 상쇄 간섭이 일어난다.

모범 답안 (1) 파장을 λ 라고 하면 S_1 에서 A까지의 거리는 2.5λ 이고, S_2 에서 A까지의 거리는 2.5λ 이다. S_1, S_2 에서 A까지의 거리가 같으므로 경로차는 0이다.

(2) 파장을 λ 라고 하면 B, C, D에서 경로차는 각각 $S_B = 2.5\lambda - 2\lambda = 0.5\lambda$, $S_C = 2\lambda - 1.5\lambda = 0.5\lambda$, $S_D = 2.5\lambda - \lambda = 1.5\lambda$ 이다. 따라서 경로차는 D에서 가장 크고, B와 C의 경로차는 서로 같다.

(3) S_1, S_2 에서 A까지의 경로차는 반 파장의 짝수 배이므로 보강 간섭이 일어나고, B, C, D까지의 경로차는 반 파장의 홀수 배이므로 상쇄 간섭이 일어난다.

다른 풀이 (3) A에서는 두 음파의 마루와 마루가 만나 중첩하므로 보강 간섭이 일어나고, B, C, D에서는 두 음파의 마루와 골이 만나 중첩하므로 상쇄 간섭이 일어난다.

채점 기준	배점
(1) S_1, S_2 에서 A까지의 경로차를 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	40 %
S_1, S_2 에서 A까지의 경로차만 옳게 쓴 경우	20 %
(2) S_1, S_2 에서 B, C, D까지의 경로차를 옳게 비교하여 서술한 경우	40 %
S_1, S_2 에서 B, C, D까지의 경로차만 옳게 쓴 경우	20 %
(3) A, B, C, D에서 일어나는 간섭의 종류를 옳게 서술한 경우	20 %
A, B, C, D에서 일어나는 간섭의 종류를 두 가지만 옳게 쓴 경우	10 %

04 ㄱ. P는 소리가 가장 크게 들리는 지점이므로 P에서 합성파의 진폭이 가장 크다. 따라서 P에서는 음파의 보강 간섭이 일어난다.

바로알기 ㄴ. Q는 소리가 가장 작게 들리는 지점이므로 Q에서 합성파의 진폭이 가장 작다. 따라서 Q에서는 음파의 상쇄 간섭이 일어난다. 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 두 음원에서 경로차가 반 파장의 홀수 배인 지점이므로 L_1 과 L_2 의 차는 반 파장의 홀수 배이다.

ㄷ. Q에서는 상쇄 간섭이 일어나므로 합성파의 진폭은 원래 파동 즉, 스피커 하나에서 발생한 소리의 진폭보다 작다.

05 ㄱ. P와 Q는 O를 기준으로 좌우 대칭을 이루므로 A, B에서 P까지의 경로차는 A, B에서 Q까지의 경로차와 같다. Q에서 음파의 보강 간섭이 일어나므로 P에서도 보강 간섭이 일어난다.

ㄷ. A, B 사이의 간격을 작게 하면 두 스피커에서 P와 Q 사이의 지점까지의 경로차가 작아지므로 P와 Q 사이에 보강 간섭하는 지점의 수는 감소한다.

바로알기 ㄴ. 보강 간섭이 일어나는 지점은 두 음원에서 경로차가 반 파장의 짝수 배인 지점이다. 따라서 A, B에서 Q까지의 경로차는 반 파장의 짝수 배이다.

06 ㄱ. A 지점에서 소리가 가장 크게 들렸으므로 두 스피커에서 발생한 음파가 같은 위상으로 만나 보강 간섭을 한다.

ㄴ. B 지점에서 소리가 처음으로 가장 작게 들렸으므로 두 스피커에서 발생한 음파가 상쇄 간섭을 한다. 따라서 B 지점에서는 두 스피커에서 발생한 음파가 반대 위상으로 만난다.

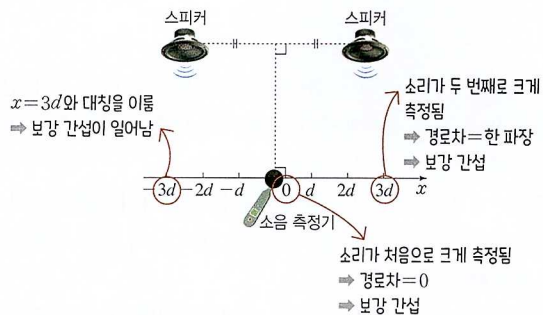
바로알기 ㄷ. 소리의 속력이 일정할 때 소리의 진동수가 증가하면 소리의 파장은 짧아진다. 또한 소리의 파장이 짧아질수록 간섭이 일어나는 간격이 작아지므로 경로차가 반 파장이 되는 지점은 A 지점에 가까워진다. 즉, A 지점과 첫 번째 상쇄 간섭이 일어나는 지점 사이의 간격이 가까워지므로 첫 번째 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 B 지점보다 왼쪽에 위치한다.

07 두 음파가 반대 위상으로 만나 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 두 음원에서 경로차가 반 파장의 홀수 배인 $\frac{\lambda}{2}(2m+1)$ ($m=0, 1, 2, \dots$) 지점이다.

모범 답안 S_1, S_2 에서 위상이 같은 소리가 발생하고, B에서 두 번째로 소리가 작게 들렸으므로 경로차는 반 파장의 3배이다. 따라서 S_1, S_2 에서 B까지의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$ 이다.

채점 기준	배점
S_1, S_2 에서 B까지의 경로차를 λ 를 이용하여 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
S_1, S_2 에서 B까지의 경로차만 λ 를 이용하여 옳게 쓴 경우	50 %

08 — 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 두 스피커에서 $x=0$ 까지의 거리는 같고, $x=0$ 에서 소리의 세기가 처음으로 크게 측정되었으므로 보강 간섭이 일어난다. 따라서 두 스피커에서 발생한 음파의 위상은 서로 같다.

바로알기 ㄴ. $x=3d$ 와 $x=-3d$ 는 $x=0$ 을 기준으로 좌우 대칭을 이루므로 두 스피커에서 $x=3d$ 와 $x=-3d$ 까지의 경로차는 서로 같다. $x=3d$ 에서 두 번째로 소리가 크게 측정되었으므로 보강 간섭이 일어났음을 알 수 있다. 따라서 $x=-3d$ 에서도 보강 간섭이 일어난다.

ㄷ. 두 스피커에서 $x=0$ 까지의 경로차는 0이고, $x=3d$ 까지의 경로차는 한 파장이므로 $x=0$ 과 $x=3d$ 사이에 경로차가 반 파장인 상쇄 간섭이 일어나는 지점이 존재한다. 또한 관측 위치의 대칭성에 의해 $x=-3d$ 와 $x=0$ 사이에도 경로차가 반 파장으로 상쇄 간섭이 일어나는 지점이 존재하므로 $x=-3d$ 와 $x=3d$ 사이에 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 두 개이다.

09 ㄷ. 소리의 속력이 일정할 때 소리의 진동수가 증가하면 소리의 파장이 짧아진다. 또한 소리의 파장이 짧아질수록 보강 간섭과 상쇄 간섭이 일어나는 지점 사이의 간격이 작아진다. 따라서 소리의 진동수를 증가시키면 O와 Q 사이에 소리의 세기가 최대인 지점이 생긴다.

바로알기 ㄱ. Q에서 소리의 세기가 처음으로 최대이므로 보강 간섭이 일어남을 알 수 있다. P와 Q는 O를 중심으로 좌우 대칭을 이루므로 A, B에서 P, Q까지의 경로차는 서로 같다. 따라서 P에서도 보강 간섭이 일어난다.

ㄴ. O에서 소리의 세기가 최소이므로 O에서는 두 소리가 반대 위상으로 만나 중첩하여 상쇄 간섭이 일어난다.

10 ㄱ. 일반 헤드폰에서는 주변의 소음이 제거되지 않으므로 음악이 소음과 함께 들린다.

ㄴ. 소음 제거 헤드폰에서는 소음을 상쇄 간섭으로 제거하기 위해 소음 채집용 마이크로 주변의 소음을 감지하면서 소음과 반대 위상의 음파를 만들어 스피커를 통해 발생시킨다.

바로알기 ㄷ. 소음 제거 헤드폰의 ㉠은 소음과 반대 위상의 신호가 헤드폰 내부로 들어오는 외부 소음과 상쇄 간섭을 하는 과정이다.

11 ㄴ. 공연장의 벽이나 천장에서 반사되는 소리가 상쇄 간섭을 하지 않고 모든 관객에게 고르게 퍼져 나갈 수 있도록 음파의 보강 간섭을 활용하여 공연장을 설계한다.

바로알기 ㄱ. 자동차 엔진의 배기 소음은 자동차의 소음기에서 두 통로의 길이가 반 파장의 홀수 배만큼 차이 나게 하여 상쇄 간섭으로 제거한다.

ㄷ. 비행기 밖에서 발생한 소음을 마이크로 감지한 뒤 소음과 반대 위상의 음파를 비행기 내부에 발생시켜 상쇄 간섭으로 소음을 제거한다.

12 ㄴ, ㄷ. 초음파를 이용하여 인체 내의 이물질을 분쇄하는 의료 장비는 음파의 보강 간섭을 활용한 예이므로 이물질에서 초음파의 진폭은 최대이며, 이물질에 도달하는 초음파 사이의 경로차는 반 파장의 짝수 배이다.

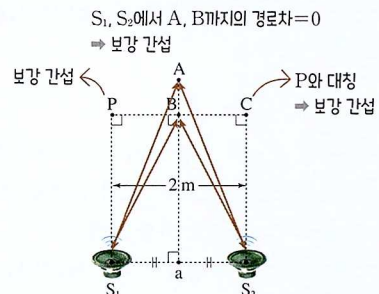
바로알기 ㄱ. 체외 충격파 쇄석기와 같이 초음파를 이용하여 인체 내의 이물질을 제거하는 의료 장비는 음파의 보강 간섭을 이용하여 이물질을 분쇄한다.

ㄱ. 소리의 속력은 340 m/s이고, 소리의 진동수는 340 Hz이므로 소리의 파장 = $\frac{\text{속력}}{\text{진동수}} = \frac{340 \text{ m/s}}{340 \text{ Hz}} = 1 \text{ m}$ 이다.

바로알기 ㄴ. A에서 P까지의 거리는 4 m이고, B에서 P까지의 거리는 5 m이므로 A, B에서 P까지의 경로차는 1 m로 반 파장의 짝수 배이다. P와 Q는 O를 중심으로 좌우 대칭을 이루므로 A, B에서 Q까지의 경로차도 1 m이다. O는 P와 Q의 중점이므로 A, B에서 O까지의 거리는 5 m로 서로 같다. A, B에서 진동수와 위상이 같은 소리가 동시에 발생하므로 P, O, Q에서 모두 보강 간섭이 일어난다. 따라서 P와 O 사이에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점이 있고, 대칭성에 의해 O와 Q 사이에도 P와 O 사이에 상쇄 간섭이 일어나는 지점과 같은 개수만큼 있어 P와 Q 사이에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 짝수 개이다.

ㄷ. A에서 발생하는 소리의 위상만을 반대로 하면, A, B에서 발생한 소리는 O에서 반대 위상으로 만난다. 따라서 O에서 상쇄 간섭이 일어난다.

02 품평 문제 분석



ㄱ. a는 S₁과 S₂로부터 같은 거리에 있으므로 두 스피커에서 a까지의 경로차는 0이다. S₁, S₂에서 진동수와 위상이 같은 소리가 동시에 발생하므로 a에서는 두 소리가 같은 위상으로 만나 보강 간섭이 일어난다.

ㄴ. A, B는 S₁과 S₂로부터 같은 거리에 있으므로 경로차가 0이다. 또한 P에서 보강 간섭이 일어나므로 B를 기준으로 P와 좌우 대칭을 이루는 C에서도 보강 간섭이 일어난다. 따라서 A, B, C에서 모두 보강 간섭이 일어난다.

바로알기 ㄷ. S₁과 S₂ 사이의 거리는 2 m이고, 소리의 파장은 1 m이므로 파장을 λ라고 하면 S₁과 S₂를 잇는 직선상에서 최대 경로차는 2λ이다. a에서 경로차가 0이므로 S₁과 a 사이에는 경로차가 반 파장의 홀수 배인 0.5λ, 1.5λ인 지점이 존재한다. 대칭성에 의해 a와 S₂ 사이에도 상쇄 간섭이 일어나는 지점이 2개이므로 S₁과 S₂를 잇는 직선상에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 4개이다.

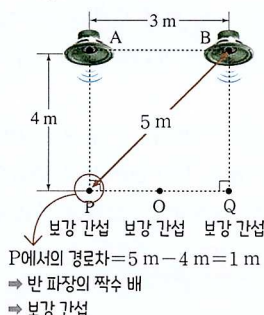
실력 UP 문제

183쪽

01 ① 02 ③ 03 ② 04 ④

01 품평 문제 분석

$$\text{소리의 파장} = \frac{\text{속력}}{\text{진동수}} = \frac{340 \text{ m/s}}{340 \text{ Hz}} = 1 \text{ m} \Rightarrow \text{반 파장} = 0.5 \text{ m}$$



다른 풀이 ㄷ. 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 두 음원으로부터 경로차가 반 파장의 홀수 배인 지점이다. 소리의 파장이 1 m이므로 반 파장은 0.5 m이다. S_1 로부터 상쇄 간섭이 일어나는 지점까지의 거리를 x 라고 하면, $|x - (2 - x)| = 0.5 \text{ m}, 1.5 \text{ m}, 2.5 \text{ m}, \dots$ 를 만족하는 x 를 구하면 된다. 따라서 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 $x = 0.25 \text{ m}, 0.75 \text{ m}, 1.25 \text{ m}, 1.75 \text{ m}$ 로 4개이다.

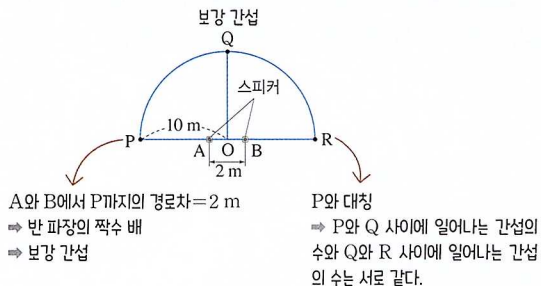
03 ㄷ. P에서 보강 간섭이 일어나므로 A, B에서 발생한 소리가 같은 위상으로 만난다. 따라서 A에서 발생하는 소리의 위상만을 반대로 하면, A, B에서 발생한 소리가 P에서 반대 위상으로 만나므로 상쇄 간섭이 일어난다.

바로알기 ㄱ. A, B로부터 같은 거리에 있는 Q에서 상쇄 간섭이 일어나므로 A와 B에서 서로 반대 위상의 소리가 발생한다.

ㄴ. A, B에서 O까지의 거리가 같으므로 경로차가 0이다. 이때 A, B에서 서로 반대 위상의 소리가 발생하므로 O에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

04 품고 문제 분석

$$\text{소리의 파장} = \frac{\text{속력}}{\text{진동수}} = \frac{340 \text{ m/s}}{170 \text{ Hz}} = 2 \text{ m} \Rightarrow \text{반 파장} = 1 \text{ m}$$



ㄱ. 소리의 속력은 340 m/s이고, 소리의 진동수는 170 Hz이므로 소리의 파장 = $\frac{\text{속력}}{\text{진동수}} = \frac{340 \text{ m/s}}{170 \text{ Hz}} = 2 \text{ m}$ 이다. 이때 A, B

에서 P까지의 경로차는 A와 B 사이의 거리인 2 m로 반 파장의 짝수 배이다. 따라서 P에서는 보강 간섭이 일어난다.

ㄷ. Q를 제외하고 P에서 Q까지 보강 간섭이 일어나는 지점과 Q에서 R까지 보강 간섭이 일어나는 지점의 수는 서로 같다. 따라서 Q를 포함하면 P에서 R까지 보강 간섭이 일어나는 지점은 홀수 개이다.

바로알기 ㄴ. A와 B에서 Q까지의 경로차는 0이므로 Q에서는 보강 간섭이 일어난다. R은 O를 기준으로 P와 좌우 대칭을 이루므로 R에서도 보강 간섭이 일어난다. Q, R은 모두 보강 간섭이 일어나는 지점이므로 소리의 세기가 서로 같다.

03 / 정상파

개념 확인 문제

186쪽

- ① 정상파 ② 배 ③ 마디 ④ 반($\frac{1}{2}$) ⑤ 배 ⑥ 마디
 ⑦ 공명

- 1 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\times$ 2 2 m 3 (1) 2 m (2) 170 Hz
 4 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\bigcirc$ 5 (1) 0.8 m (2) 425 Hz

1 (1) 정상파에는 매질이 크게 진동하는 곳, 작게 진동하는 곳, 진동하지 않는 곳이 있다. 따라서 모든 지점에서 매질이 진동하는 쪽은 서로 다르다.

(2) 정상파의 마디에서는 상쇄 간섭이 일어나 매질이 진동하지 않는다.

(3) 정상파의 최대 진폭은 중첩되기 전 원래 파동의 진폭의 2배이다. 정상파의 최대 진폭이 A 라면, 정상파를 형성하는 두 파동의 진폭은 $0.5A$ 이다.

2 정상파에서 이웃한 마디와 마디 사이의 거리는 반 파장에 해당된다. 줄의 길이는 반 파장의 3배이므로 정상파의 파장을 λ 라고 하면, $3 \text{ m} = \frac{3\lambda}{2}$ 에서 $\lambda = 3 \text{ m} \times \frac{2}{3} = 2 \text{ m}$ 이다.

3 (1) 한쪽 끝이 막힌 관 내부에 형성되는 정상파의 파장 $\lambda_n = \frac{4l}{n}$ 에서 관의 길이 $l = 0.5 \text{ m}$ 이고, $n = 1$ 이므로 정상파의 파장 = $\frac{4 \times 0.5 \text{ m}}{1} = 2 \text{ m}$ 이다.

(2) 소리의 속력 = 진동수 $\times$ 파장이므로 소리의 진동수 = $\frac{\text{속력}}{\text{파장}} = \frac{340 \text{ m/s}}{2 \text{ m}} = 170 \text{ Hz}$ 이다.

4 (1) 외부에서 가한 진동이 물체가 가지고 있는 고유 진동수와 일치하면 공명이 일어나 파동의 진폭이 커진다. 이때 형성된 정상파의 파장과 속력은 원래 파동과 같으므로 파동의 진동수는 변하지 않는다. 즉, 공명이 일어날 때 파동의 진동수는 외부에서 가한 진동수와 같으며 증가하는 것은 파동의 진동수가 아닌 진폭이다.

(2) 기타 줄에서 발생한 소리가 기타의 울림통 안 공기의 고유 진동수와 일치하면 공명이 일어나 소리가 크게 울린다.

(3) 관악기에서 공기의 흐름을 조절하여 음파의 진동수를 관 속 공기의 고유 진동수와 일치시키면 공명이 일어나 소리가 증폭되어 크게 들린다.

5 (1) 공명이 일어난 지점의 높이 차는 이웃한 마디와 마디 사이의 거리이므로 소리굽쇠에서 발생한 소리의 반 파장에 해당한다. 따라서 소리굽쇠에서 발생한 소리의 파장 = $2 \times (0.6 \text{ m} - 0.2 \text{ m}) = 0.8 \text{ m}$ 이다.

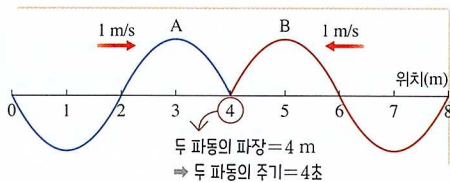
(2) 소리의 속도 = 진동수 $\times$ 파장이므로 소리의 진동수 = $\frac{\text{속력}}{\text{파장}} = \frac{340 \text{ m/s}}{0.8 \text{ m}} = 425 \text{ Hz}$ 이다.

대표자료분석

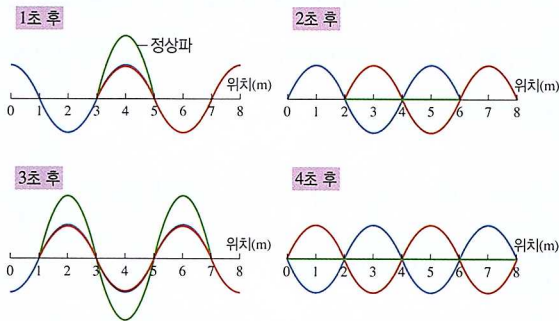
187쪽

1 (1) 4 (2) 0.25 (3) 배 2 (1) 2 (2) 2 (3) 4 3 4개 4 (1) ○
(2) ○ (3) × (4) × (5) ○

꼭꼭 문제 분석



두 파동 A와 B가 중첩하여 형성되는 정상파의 모습은 다음과 같다.



1 (1) 파장은 매질이 1회 진동하는 동안 파동이 이동한 거리이므로 A와 B의 파장은 4 m이다.

(2) A와 B의 파장은 4 m, 속력은 1 m/s이므로 파동의 속도 = $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 에서 주기 = $\frac{\text{파장}}{\text{속력}} = \frac{4 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 4 \text{ 초}$ 이다. 진동수는 주기

와 역수 관계이므로 A와 B의 진동수는 $\frac{1}{4 \text{ s}} = 0.25 \text{ Hz}$ 이다.

(3) 4 m 지점에서 두 파동은 항상 같은 위상으로 중첩되므로 배가 된다.

2 (1) 정상파의 배는 보강 간섭이 일어나는 곳이므로 배 부분의 진폭은 두 파동의 진폭의 두 배인 2 m이다.

(2) 정상파에서 이웃한 배와 배 사이의 거리는 원래 파동의 반 파장과 같으므로 2 m이다.

(3) 정상파의 파장은 중첩되기 전 원래 파동의 파장과 같으므로 4 m이다.

3 A와 B가 4 m 지점에서 같은 위상으로 중첩되므로 4 m 지점은 정상파의 배이다. 이곳으로부터 $\frac{1}{4}$ 파장인 1 m 간격으로 마디와 배가 반복되어 나타나므로 4 m 지점을 기준으로 3 m와 5 m 지점은 마디에 해당된다. 또한 이웃한 마디와 마디 사이의 거리는 반 파장이므로 마디인 지점은 1 m, 3 m, 5 m, 7 m로 총 4개이다.

4 (1) 2초 후 4 m 지점에서 A와 B의 변위는 0이므로 4 m 지점의 변위는 0이다.

(2), (3) 정상파의 파장, 진동수, 속력은 중첩되기 전 원래 파동과 같으므로 A와 B가 완전히 중첩되어 형성된 정상파의 주기는 4초이고, 속력은 1 m/s이다.

(4) 3 m 지점에서 A와 B는 항상 반대 위상으로 중첩되므로 마디이다. 따라서 3 m 지점에서 매질은 진동하지 않는다.

(5) 정상파의 파장은 중첩되기 전 원래 파동의 파장과 같으므로 중첩되는 두 파동의 파장이 길수록 정상파의 파장도 길어진다.

내신만점문제

188쪽~190쪽

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

01 시간이 T 만큼 지나면 처음 파형과 같아지며, 배와 마디의 위치는 변하지 않으므로 문제의 상태에서부터 $\frac{1}{4}T$ 간격으로 파형을 그리면 다음과 같다.