

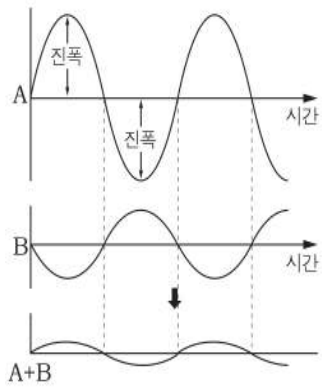
◆ 13년 4월 고3 A형 26~28번

[26~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

도로에서 발생하는 소음을 줄이는 가장 일반적인 방법은 방음벽을 설치하는 것이다. 그런데 일반적으로 소리는 장애물의 가장자리를 지날 때 회절*되기 때문에 기존의 방음벽만으로는 소음을 완벽하게 차단할 수 없다. 따라서 방음벽 상단의 끝 부분에서 회절되는 소음까지 흡수 또는 감소시키기 위해서는 방음벽 상단에 별도의 소음저감장치를 설치해야 한다.

현재 대표적인 소음저감장치로 흡음형과 간섭형이 있다. 흡음형은 방음벽 상단에 흡음재를 설치하여 소음을 감소시키는 방법이다. 보통 흡음재에 사용되는 섬유질 재료에는 스펀지의 내부와 같이 섬유소 사이에 미세한 공간들이 존재하는데 이는 소음과 섬유소의 접촉면을 늘리기 위한 것이다. 흡음재 내부로 유입된 소음은 미세한 공간을 지나가면서 주변의 섬유소와 접촉하게 되는데, 이때 소음이 지닌 진동에너지를 섬유소가 진동하게 된다. 즉 소음의 진동에너지가 섬유소의 진동에너지로 전환되면서 소음이 흡음재로 흡수되는 것이다.

한편 간섭형은 소리가 지닌 파동의 간섭 현상을 이용하여 회절음의 크기를 감소시키는 방법이다. 모든 소리는 각각 고유한 파동을 지니고 있는데 두 개의 소리가 중첩되는 것을 파동의 간섭 현상이라고 한다. 간섭 현상이 일어나 진폭이 커질 경우 소리의 세기도 커지고, 진폭이 작아질 경우 소리의 세기도 작아진다. <그림>에서 A를 어떤 소리의 파동이라고 할 때 B는 A보다



<그림>

다 진폭은 작고 위상이 반대인 소리의 파동이다. 만약 어느 지점에서 파동의 위상이 반대인 두 소리가 중첩되면 <그림>의 A+B와 같이 진폭이 작아지면서 소리의 세기가 작아지는데 이를 상쇄 간섭이라고 한다. 반면 파동의 위상이 서로 같은 두 소리가 중첩되어 소리의 세기가 커지는 것을 보강 간섭이라고 한다.

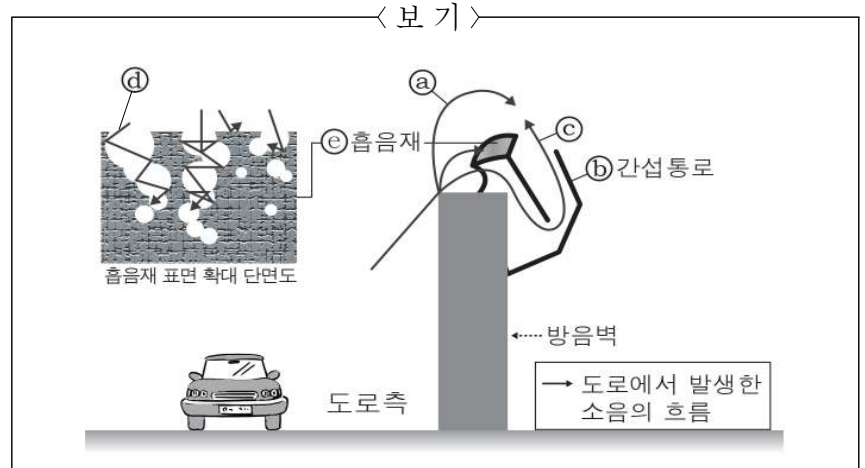
간섭형 소음저감장치를 설치하기 위해서는 방음벽 상단에서 발생하는 회절음의 파동을 미리 파악해야 한다. 이후 방음벽 상단에 간섭 통로를 설치하는데 이는 회절음의 일부분이 간섭 통로를 거친 후, 이를 거치지 않은 또 다른 회절음과 시간차를 두고 다시 만나게 하기 위해서이다. 그리고 간섭 통로의 길이는, 미리 파악한 회절음의 파동과 간섭 통로를 거친 회절음의 파동이 간섭 통로가 끝나는 특정 지점에서 정반대되는 위상으로 중첩되게 조절한다. 따라서 이와 같은 소음저감장치는 회절음과 간섭 통로를 거친 소리의 상쇄 간섭 현상을 활용하여 소음의 크기를 감소시키는 방법이라고 할 수 있다. 실제로 방음벽에 설치하는 소음저감장치 중에는 회절음의 감소 효과를 높이기 위해 흡음형과 간섭형을 혼합한 소음저감장치도 있다.

* 회절: 소리가 장애물의 가장자리를 지날 때 휘어져 나아가려는 성질. 이로 인해 발생한 소리를 회절음이라고 함.

26. 윗글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

- ① 소음저감의 원리
— 소리의 상쇄 간섭 현상을 중심으로
- ② 방음벽의 내부 구조
— 흡음재의 재료를 중심으로
- ③ 소음저감장치의 발전 과정
— 소리에 대한 연구 성과를 중심으로
- ④ 소리의 특성을 이용한 소음저감장치
— 방음벽의 종류를 중심으로
- ⑤ 방음벽의 효과를 높이는 소음저감장치
— 흡음형과 간섭형을 중심으로

27. <보기>는 흡음·간섭 혼합형 소음저감장치를 도식화한 것이다. 윗글을 바탕으로 ㉠~㉣에 대해 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉠과 ㉢이 중첩될 때 ㉠과 ㉢의 파동의 위상이 반대이면 소음이 감소한다.
- ② ㉡는 소리의 간섭 현상을 활용하여, 중첩된 소음의 세기를 작아지게 하는 장치이다.
- ③ ㉡의 길이에 의해 ㉠과 ㉢은 시간차를 두고 특정 지점에서 중첩된다.
- ④ ㉡와 ㉢을 동시에 설치하면 방음벽 뒤쪽으로 전달되는 소음의 감소 효과를 높일 수 있다.
- ⑤ ㉡ 내부에서 ㉠과 섬유소의 접촉면이 줄어들수록 소음 저감 효과는 더 커진다.

28. 윗글을 읽은 후 <보기>와 같은 실험 자료를 접했다고 할 때, 이에 대한 반응으로 적절하지 않은 것은?

<보기>
텅 빈 운동장에서 두 개의 스피커를 마주 보게 설치한 후 동일한 파동을 지닌 소리를 발생시켰다. 이때 스피커 소리 이외에는 소리의 세기에 영향을 주는 요인은 없다고 가정하자. 이후 두 스피커의 가운데 지점(㉠)에서 한쪽 스피커 방향으로 서서히 움직이면서 소리의 세기를 측정해 보니, ㉠ 지점에서 ㉡ 지점으로 갈수록 측정된 소리의 세기가 점점 작아지다가 ㉢ 지점을 지난 후부터 다시 커지기 시작했다.

- ① ㉡ 지점에서는 상쇄 간섭이 일어났다고 할 수 있겠군.
- ② 두 스피커에서 나오는 소리는 다양한 지점에서 중첩되겠군.
- ③ 다른 스피커 쪽으로 방향을 바꾸어 움직이면서 측정한다면 소리의 세기는 일정해지겠군.
- ④ 한 개의 스피커를 끈다면 <보기>와 같은 소리 세기의 변화 양상은 나타나지 않았겠군.
- ⑤ ㉠ 지점에서 측정되는 소리보다 ㉡ 지점에서 측정되는 소리의 진폭이 더 작다고 할 수 있겠군.

[22 ~ 25] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

북을 치면 소리가 난다. 북을 쳤을 때 북의 가죽에서 진동이 일어나고 이로 인해 공기가 진동하여 소리를 내는 것이다. 이때 공기가 가죽의 진동을 받아 생기는 진동수가 크면 높은 음이, 작으면 낮은 음이 난다. 그리고 공기의 진폭이 크면 강한 소리가, 작으면 약한 소리가 난다. 스피커도 이와 같은 원리로 전류의 진동수나 진폭에 따라 다양한 소리를 ㉠ 재생한다.

일반적으로 널리 사용되는 스피커로는 다이내믹 스피커가 있다. 다이내믹 스피커는 영구 자석에 의해 형성되는 자기장이 보이코일에 흐르는 전류와 수직 방향을 이루도록 하여 진동판을 움직이는 힘이 위아래로 ㉡ 작용하게 함으로써 소리를

재생하는 메커니즘을 갖는다. 이러한 메커니즘은 왼쪽의 <그림>에서와 같이 자기장과 전류의 방향이 수직을 이룰 때 생성되는 힘이 자기장과 전류의 수직 방향으로 작용한다는 플레밍의 왼손 법칙으로 설명할 수 있다.

다이내믹 스피커의 주요 부품으로는 영구 자석, 탑 플레이트, 보이코일, 보빈, 진동판, 댐퍼, 폴피스 등이 있다. 영구 자석은 자기장을 형성하고, 탑 플레이트는 이 자기장을 보이코일 방향으로 제어하는 역할을 한다. 보이코일은 보빈에 감겨 있는 도선으로, 이 코일에 전류가 흐르면 영구 자석이 형성하는 자기장과 상호 작용을 하여 생성되는 힘이 보이코일을 위아래로 움직이게 한다. 보이코일에 고정되어 있는 보빈은 보이코일이 받는 힘을 진동판에 그대로 전달하여 소리를 재생하게 한다. 댐퍼는 스피커의 외형을 이루는 단단한 프레임에 보빈을 지지시켜 보빈에 감겨 있는 보이코일이 위아래로 ㉢ 원활하게 움직일 수 있도록 보이코일의 중심을 잡아 준다. 그리고 폴피스는 전류가 흐르면서 보이코일에서 발생하는 열을 영구 자석과 탑 플레이트로 ㉣ 분산시켜 식혀주는 역할을 한다.

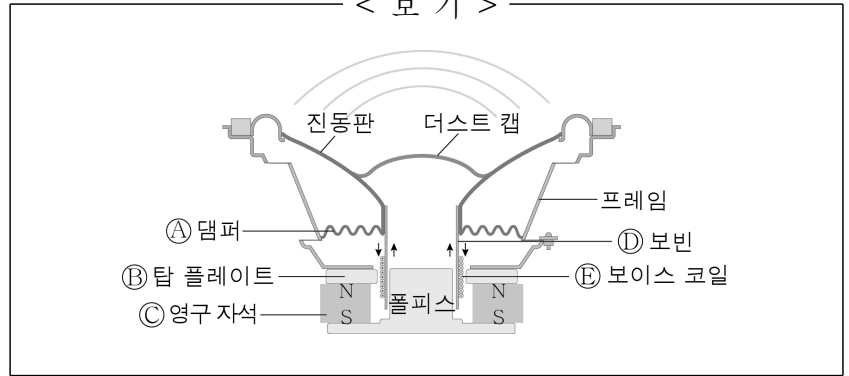
다이내믹 스피커에서 소리를 재생하기 위해서는 보이코일이 위아래로 반복하여 움직이면서 진동판을 진동시켜야 한다. 진동판의 반복 운동은 전류의 방향이 계속해서 바뀌는 교류 전류를 보이코일에 흘려줌으로써 이루어진다. 영구 자석에서 나오는 자기장의 방향은 동일하지만 보이코일에 흐르는 교류 전류의 방향이 전환됨에 따라 보이코일이 받는 힘이 이전과 반대 방향으로 작용하게 된다. 그렇게 되면 진동판이 위아래로 반복 운동을 하며 소리가 재생된다.

한편 자기장(B)과 전류(I)의 세기가 커짐에 따라 보이코일에 작용하여 진동판을 진동시키는 힘(F)은 커진다. 그런데 영구 자석에서 형성되는 자기장의 세기는 항상 ㉤ 일정하기 때문에 스피커에서 재생되는 소리의 크기는 보이코일에 흐르는 전류의 변화에 따라 달라진다.

22. '다이내믹 스피커'에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 전류는 보이코일에서 열을 발생시킨다.
- ② 보이코일과 보빈이 움직이는 방향은 동일하다.
- ③ 전류의 방향이 변하지 않으면 소리를 재생하지 못한다.
- ④ 보이코일에 전류를 흘려주면 보이코일이 힘을 받는다.
- ⑤ 보이코일이 받은 힘은 전류와 자기장의 상호 작용을 유도한다.

23. <보기>는 '다이내믹 스피커'의 단면도이다. ㉠ ~ ㉤에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉠: 프레임에 보빈을 지지시켜 보이코일의 중심을 잡아 준다.
- ② ㉡: 영구 자석이 형성하는 자기장을 보이코일 쪽으로 향하도록 제어한다.
- ③ ㉢: 보이코일에 흐르는 전류의 영향을 받아 자기장을 반대 방향으로 전환시킨다.
- ④ ㉣: 보이코일이 받는 힘을 진동판에 전달하여 진동판을 진동시킨다.
- ⑤ ㉤: 교류 전류의 방향 전환에 따라 보빈을 위아래로 움직이게 한다.

24. 뒷글을 바탕으로 할 때, <보기>의 ㉠에 들어갈 내용으로 적절한 것은? [3점]

< 보 기 >

이퀄라이저는 특정 주파수 대역의 음을 세게 하거나 약하게 하여 음악에 따라 음색을 조절하며 감상할 수 있게 하는 장치이다. 예를 들어 클래식 음악을 감상할 때는 저음 대역에 해당하는 전류의 (㉠) 방법을 통해 스피커에서 나오는 저음을 강화할 수 있다.

- ① 세기를 크게 하는
- ② 진폭을 작게 하는
- ③ 방향을 전환시키는
- ④ 진동수를 크게 하는
- ⑤ 진동수와 진폭을 작게 하는

25. ㉠ ~ ㉤의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠: 사물이 어떤 근원으로부터 갈려 나와 생김.
- ② ㉡: 어떠한 현상을 일으키거나 영향을 미침.
- ③ ㉢: 거침이 없이 잘되어 나감.
- ④ ㉣: 갈라져 흩어지거나 그렇게 되게 함.
- ⑤ ㉤: 어떤 것의 크기나 범위 등이 하나로 정하여져 있음.

◆ 12 수능 21~24번

[21~24] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

이어폰으로 스테레오 음악을 ㉠ 들으면 두 귀에 약간 차이가 나는 소리가 들어와서 자기 앞에 공연장이 펼쳐진 것 같은 공간감을 느낄 수 있다. 이러한 효과는 어떤 원리가 적용되어 나타난 것일까?

사람의 귀는 주파수 분포를 감지하여 음원의 종류를 알아 내지만, 음원의 위치를 알아낼 수 있는 직접적인 정보는 감지 하지 못한다. 하지만 사람의 청각 체계는 두 귀 사이 그리고 각 귀와 머리 측면 사이의 상호 작용에 의한 단서들을 이용하여 음원의 위치를 알아낼 수 있다. 음원의 위치는 소리가 오는 수평·수직 방향과 음원까지의 거리를 이용하여 지각하는데, 그 정확도는 음원의 위치와 종류에 따라 다르며 개인차도 크다. 음원까지의 거리는 목소리 같은 익숙한 소리의 크기와 거리의 상관관계를 이용하여 추정한다.

음원이 청자의 정면 정중앙에 있다면 음원에서 두 귀까지의 거리가 같으므로 소리가 두 귀에 도착하는 시간 차이는 없다. 반면 음원이 청자의 오른쪽으로 ㉡ 치우치면 소리는 오른쪽 귀에 먼저 도착하므로, 두 귀 사이에 도착하는 시간 차이가 생긴다. 이때 치우친 정도가 클수록 시간 차이도 커진다. 도착 순서와 시간 차이는 음원의 수평 방향을 ㉢ 알아내는 중요한 단서가 된다.

음원이 청자의 오른쪽 귀 높이에 있다면 머리 때문에 왼쪽 귀에는 소리가 작게 들린다. 이러한 현상을 ‘소리 그늘’이라고 하는데, 주로 고주파 대역에서 ㉣ 일어난다. 고주파의 경우 소리가 진행하다가 머리에 막혀 왼쪽 귀에 잘 도달하지 않는 데 비해, 저주파의 경우 머리를 넘어 왼쪽 귀까지 잘 도달하기 때문이다. 소리 그늘 효과는 주파수가 1,000 Hz 이상인 고음에서는 잘 나타나지만, 그 이하의 저음에서는 거의 나타나지 않는다. 이 현상은 고주파 음원의 수평 방향을 알아내는 데 특히 중요한 단서가 된다.

한편, 소리는 귓구멍에 도달하기 전에 머리 측면과 귓바퀴의 굴곡의 상호 작용에 의해 여러 방향으로 반사되고, 반사된 소리 들은 서로 간섭을 일으킨다. 같은 소리라도 소리가 귀에 도달 하는 방향에 따라 상호 작용의 효과가 달라지는데, 수평 방향 뿐만 아니라 수직 방향의 차이도 영향을 준다. 이러한 상호 작용에 의해 주파수 분포의 변형이 생기는데, 이는 간섭에 의해 어떤 주파수의 소리는 ㉤ 작아지고 어떤 주파수의 소리는 커지기 때문이다. 이 또한 음원의 방향을 알아낼 수 있는 중요한 단서가 된다.

21. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 사람의 귀는 소리의 주파수 분포를 감지하는 감각 기관이다.
- ② 청각 체계는 여러 단서를 이용해서 음원의 위치를 지각한다.
- ③ 위치 감지의 정확도는 소리가 오는 방향에 관계없이 일정하다.
- ④ 소리 그늘 현상은 머리가 장애물로 작용하기 때문에 일어난다.
- ⑤ 반사된 소리의 간섭은 소리의 주파수 분포에 변화를 일으킨다.

22. 사람의 청각 체계에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 두 귀에 소리가 도달하는 순서와 시간 차이를 감지했다면 생소한 소리라도 음원까지의 거리를 알아낼 수 있다.
- ② 이어폰을 통해 두 귀에 크기와 주파수 분포가 같은 소리를 동시에 들려주면 수평 방향의 공간감이 느껴진다.
- ③ 소리가 울리는 실내라면 소리가 귀까지 도달하는 시간이 다양 해져서 음원의 방향을 더 잘 찾아낼 수 있다.
- ④ 귓바퀴의 굴곡을 없애도록 만드는 보형물을 두 귀에 붙이면 음원의 수평 방향을 지각할 수 없다.
- ⑤ 소리의 주파수에 따라 음원의 수평 방향 지각에서 소리 그늘을 활용하는 정도가 달라진다.

23. <보기>에서 ㉠~㉤의 합성에 적용된 원리를 분석한 내용으로 옳지 않은 것은?

<보 기>

은영이는 이어폰을 이용한 소리 방향 지각 실험에 참여하였다. 이 실험에서는 컴퓨터가 각각 하나의 원리만을 이용해서 합성한 소리를 들려준다. 은영이는 ㉠ 멀어져 가는 자동차 소리, ㉡ 머리 위에서 나는 종소리, ㉢ 발 바로 아래에서 나는 마루 삐걱거리는 소리, ㉣ 오른쪽에서 나는 저음의 북소리, ㉤ 왼쪽에서 나는 고음의 유리잔 깨지는 소리로 들리도록 합성한 소리를 차례로 들었다.

- ① ㉠은 소리의 크기가 시간에 따라 점점 작아지도록 했겠군.
- ② ㉡는 귓바퀴와 머리 측면의 상호 작용이 일어난 소리가 두 귀에 들리도록 했겠군.
- ③ ㉢는 같은 소리가 두 귀에서 시간 차이를 두고 들리도록 했겠군.
- ④ ㉣는 특정 주파수 분포를 가진 소리가 오른쪽 귀에 먼저 들리도록 했겠군.
- ⑤ ㉤는 오른쪽 귀에 소리 그늘 효과가 생긴 소리가 들리도록 했겠군.

24. ㉠~㉤을 바꾸어 쓴 말로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠: 청취(聽取)하면 ② ㉡: 치중(置重)하면
- ③ ㉢: 파악(把握)하는 ④ ㉣: 발생(發生)한다
- ⑤ ㉤: 감소(減少)하고

◆ 07-6평 57~60번

[57~60] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

소리굽쇠는 굽기가 일정한 금속 사각 막대를 U자형으로 구부리고 아래쪽에 쇠기둥을 ㉠ 단단하게 용접한 것으로, 작은 망치로 때리면 일정한 진동수의 음을 발생시키는 장치이다. 일반적으로 소리굽쇠는 작을수록 높은 음을 낸다. 원래 소리굽쇠는 1711년에 영국의 트럼펫 연주자인 존 쇼어가 악기를 조율할 때 기준음을 내는 도구로 개발한 것이었다. 처음에 사람들은 소리굽쇠가 건반악기의 어떤 음을 낸다는 것은 알았지만, 그것이 정확하게 초당 몇 회의 진동을 하는지는 알지 못했다. 이렇게 만들어진 소리굽쇠로 악기를 조율하였기에 지역마다 연주자마다 악기들은 조금씩 다른 기준음을 가졌다. 소리굽쇠가 정확하게 얼마의 진동수를 갖는지를 알아내는 것은 정확한 측정 장치가 없는 당시로서는 매우 어려운 문제처럼 보였다. 이 문제는 독일의 음향학자인 요한 샤이블러에 의해 1834년에 명쾌하게 해결되었다.

샤이블러는 이 문제를 풀기 위해 다른 진동음을 내는 두 개의 소리굽쇠가 만들어 내는 맥놀이 진동수를 세는 방법을 사용했다. 맥놀이란 진동수가 약간 다른 두 개의 소리가 간섭을 일으켜 소리가 주기적으로 ㉡ 세어졌다 ㉢ 약해졌다 하는 현상이다. 서로 다른 진동수를 갖는 두 음이 함께 울릴 때 생기는 맥놀이의 진동수는 두 음의 진동수의 차에 해당한다. 맥놀이 진동수는 초당 4회, 즉 4Hz(헤르츠) 정도일 때 귀로 들으면서 측정하기에 적당하다.

샤이블러의 실험에는 여러 개의 소리굽쇠가 필요했다. 그는 어떤 건반악기의 A 음과 같은 음을 내도록 만든 1번 소리굽쇠와 그것보다 약간 크게 만든 2번 소리굽쇠 사이의 맥놀이 진동수가 4Hz가 되게 하였다. 이것은 1번 소리굽쇠의 고유 진동수가 2번 소리굽쇠의 고유 진동수보다 4Hz만큼 큼을 의미한다. 그 다음에 샤이블러는 좀 더 큰 3번 소리굽쇠를 만들어서 2번 소리굽쇠와 함께 울렸을 때 역시 초당 4회의 맥놀이가 일어나도록 조절하였다. 이렇게 해서 3번 소리굽쇠는 1번 소리굽쇠에 비하여 8Hz만큼 낮은 진동수의 음을 내게 되었다. 샤이블러는 이런 방법으로 1번 소리굽쇠보다 정확하게 한 옥타브 낮은 음을 내는 소리굽쇠가 만들어질 때까지 계속 새로운 소리굽쇠를 만들었다. 그랬더니 56번 소리굽쇠가 1번 소리굽쇠보다 정확하게 한 옥타브 낮은 음을 내었다. 샤이블러는 56번 소리굽쇠가 1번 소리굽쇠에 비하여 $4\text{Hz} \times 56$, 즉 220Hz만큼 낮은 진동음을 낸다는 것을 계산할 수 있었다.

한 옥타브만큼 차이 나는 두 음 중 높은 음의 진동수는 낮은 음의 진동수의 두 배가 된다는 것은 이미 알려져 있었으므로, 이로부터 샤이블러는 소리굽쇠의 고유 진동수를 계산해 낼 수 있었다. 1번 소리굽쇠의 고유 진동수는 56번 소리굽쇠의 고유 진동수의 두 배이고 그 차이는 220Hz이므로, 1번 소리굽쇠의 고유 진동수는 440Hz, 56번 소리굽쇠의 고유 진동수는 220Hz임을 쉽게 알 수 있었다.

이러한 성과에 의지하여 샤이블러는 1834년에 독일의 슈투트가르트에서 열린 과학자들의 회의에서 건반의 A 음을

440Hz로 삼아 음 높이의 기준을 삼을 것을 제안하였다. 이렇게 해서 만들어진 ㉣ '슈투트가르트 피치'는 이후 유럽 여러 나라에서 조율의 기준음으로 한 동안 널리 쓰였다.

57. 샤이블러의 업적을 바르게 말한 것은? [1점]

- ① 맥놀이 현상을 최초로 발견하였다.
- ② 악기의 기준음의 정확한 진동수를 구하였다.
- ③ 음 높이가 높아질수록 진동수도 커짐을 발견했다.
- ④ 악기의 조율에 사용하기 위해 소리굽쇠를 발명했다.
- ⑤ 소리굽쇠를 음향학 연구를 위한 실험 도구로 채택했다.

58. 위 글의 내용으로 보아 샤이블러가 사용한 1번 소리굽쇠가 200Hz의 고유 진동수를 갖는다고 할 때, 실험에 대한 옳은 설명을 <보기>에서 모두 고르면?

<보 기>

ㄱ. 1번 소리굽쇠보다 한 옥타브 낮은 음을 내는 소리굽쇠는 100Hz의 고유 진동수를 가질 것이다.

ㄴ. 처음과 마지막 소리굽쇠의 고유 진동수의 차이는 220Hz일 것이다.

ㄷ. 이 실험에서 사용해야 하는 소리굽쇠의 개수는 50개일 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

59. ㉣이 도입된 곳에서 일어났을 일로 가장 적절한 것은?

- ① 악보의 형태가 바뀌었을 것이다.
- ② 음악 애호가들이 증가했을 것이다.
- ③ 낮은 음을 쓰는 곡이 많아졌을 것이다.
- ④ 맥놀이에 대한 실험 연구가 증가했을 것이다.
- ⑤ 음악가들이 표준 소리굽쇠를 요구했을 것이다.

60. ㉠, ㉡, ㉢의 의미 관계를 <보기>와 같이 정리했을 때, 이런 배열로 보기 어려운 것은? [1점]

<보 기>

단단하다 ← 반의 관계 → 약하다 ← 반의 관계 → 세다

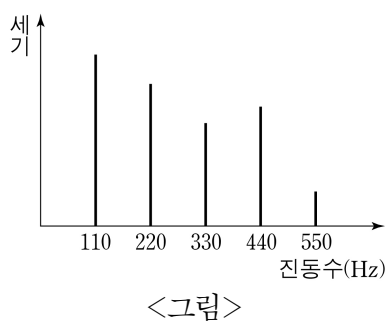
- ① 어리다 ↔ 젊다 ↔ 늙다
- ② 나쁘다 ↔ 좋다 ↔ 싫다
- ③ 받다 ↔ 주다 ↔ 빼앗다
- ④ 밋다 ↔ 곱다 ↔ 거칠다
- ⑤ 밀다 ↔ 당기다 ↔ 늦추다

[28~33] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

음악은 소리로 이루어진 예술이다. 예술이 아름다움을 추구한다면 음악 또한 아름다움을 추구해야 할 것이다. 그렇다면 아름다운 음악 작품은 듣기 좋은 소리만으로 만들어질 수 있는 것일까? 음악적 아름다움은 어떻게 구현되는 것일까?

음악에서 사용하는 소리라고 해도 대부분의 사람들은 피아노 소리가 심벌즈 소리보다 듣기 좋다고 생각한다. 이 중 전자를 고른음, 후자를 시끄러운음이라고 한다. 고른음은 주기성을 갖지만 시끄러운음은 주기성을 갖지 못한다. 일반적으로 음악에서 ‘음’이라고 부르는 것은 고른음을 지칭한다. 고른음은 주기성을 갖기 때문에 동일한 파형이 주기적으로 반복된다. 이때 같은 파형이 1초에 몇 번 반복되는가를 진동수라고 한다. 진동수가 커지면 음높이 즉, 음고가 높아진다. 고른음 중에서 파형이 사인파인 음파를 단순음이라고 한다. 사인파의 진폭이 커질수록 단순음은 소리의 세기가 커진다. 대부분의 악기에서 나오는 음은 사인파보다 복잡한 파형을 갖는데 이런 파형은 진동수와 진폭이 다른 여러 개의 사인파가 중첩된 것으로 볼 수 있다. 이런 소리를 복합음이라고 하고 복합음을 구성하는 단순음을 부분음이라고 한다. 부분음 중에서 가장 진동수가 작은 것을 기본음이라 하는데 귀는 복합음 속의 부분음들 중에서 기본음의 진동수를 복합음의 진동수로 인식한다.

악기가 ① 내는 소리의 식별 가능한 독특성인 음색은 부분음들로 구성된 복합음의 구조, 즉 부분음들의 진동수와 상대적 세기에 의해 결정된다. 현악기나 관악기에서 발생하는 고른음은 기본음 진동수의 정수배의 진동수를 갖는 부분음들로 이루어져 있지만, 타악기 소리는 부분음들의 진동수가 기본음 진동수의 정수배를 이루지 않는다. 이러한 소리의 특성을 시각적으로 보여주는 소리 스펙트럼은 복합음을 구성하는 단순음 성분들의 세기를 진동수에 따라 그래프로 나타낸 것이다. 고른음의 소리 스펙트럼은 <그림>처럼 일정한 간격으로 늘어선 세로 막대들로 나타나는 반면에 시끄러운음의 소리 스펙트럼에서는 막대 사이 간격이 일정하지 않다.



[A] 두 음이 동시에 울리거나 연이어 울릴 때, 음의 어울림, 즉 협화도는 음정에 따라 달라진다. 여기에서 음정이란 두 음의 음고 간의 간격을 말하며 높은 음고의 진동수를 낮은 음고의 진동수로 나눈 값으로 표현된다. 가령, ‘도’와 ‘미’ 사이처럼 장3도 음정은 $5/4$ 이고, ‘도’와 ‘솔’ 사이처럼 완전5도 음정은 $3/2$ 이다. 그러므로 장3도는 완전5도보다 좁은 음정이다. 일반적으로 음정을 나타내는 분수를 약분했을 때 분자와 분모에 들어가는 수가 커질수록 협화도는 작아진다고 본다. 가령, 음정이 $2/1$ 인 옥타브, $3/2$ 인 완전5도, $5/4$ 인 장3도, $6/5$ 인 단3도의 순서로 협화도가 작아진다. 서로 잘 어울리는 두 음의 음정을 협화 음정이라고 하고 그렇지 않은 음정을 불협화 음정이라고 하는데

16세기의 음악 이론가인 차를리노는 약분된 분수의 분자와 분모가 1, 2, 3, 4, 5, 6으로만 표현되는 음정은 협화 음정, 그 외의 음정은 불협화 음정으로 보았다.

아름다운 음악은 단순히 듣기 좋은 소리를 연이어 배열한다고 해서 만들어지지 않는다. 음악은 다양한 음이 조직적으로 연결되고 구성된 형태로, 음악의 매체인 소리가 시간의 진행 속에 구체화된 것이라 할 수 있다. 19세기 음악 평론가인 ㉠한슬리크에 따르면, 음악의 독자적인 아름다움은 음들이 ‘울리면서 움직이는 형식’에서 비롯되는데, 음악을 구성하는 음악적 재료들이 움직이며 만들어 ㉡ 내는 형식 그 자체를 말한다. 따라서 음악의 가치는 음악이 환기하는 기쁨이나 슬픔과 같은 특정한 감정이나 정서에서 찾으려 해서는 안 된다는 것이다.

음악에는 다양한 음악적 요소들이 사용되는데, 여기에는 리듬, 가락, 화성, 셈여림, 음색 등이 있다. 리듬은 음고 없이 소리의 장단이나 강약 등이 반복될 때 나타나는 규칙적인 소리의 흐름이고, 가락은 서로 다른 음의 높낮이가 지속 시간을 가지는 음들의 흐름이다. 화성은 일정한 법칙에 따라 여러 개의 음이 동시에 울려서 생기는 화음과 또 다른 화음이 시간적으로 연결된 흐름이고, 셈여림은 음악에 나타나는 크고 작은 소리의 세기이며, 음색은 바이올린, 플루트 등 선택된 서로 다른 악기가 만들어 내는 식별 가능한 소리의 특색이다.

작곡가는 이러한 음악적 요소들을 활용해서 음악 작품을 만든다. 어떤 음악 작품에서 자주 반복되거나 변형되면서 등장하는 소재인 가락을 그 음악 작품의 주제라고 하는데, 작곡가는 자신의 음악적 아이디어를 주제로 구현하고 다양한 음악적 요소들을 사용해서 음악 작품을 완성한다. 예컨대 조성 음악*에서는 정해진 박자 내에서 질서를 가지고 반복적으로 움직이는 리듬이 음표나 쉼표의 진행으로 나타나고, 어떤 조성의 음계 음들을 소재로 한 가락이 나타나고, 주제는 긴장과 이완을 유발하는 다양한 화성 진행을 통해 반복되고 변화한다. 이렇듯 음악은 다양한 특성을 갖는 음들이 유기적으로 결합한 소리의 예술이라고 볼 수 있다.

* 조성 음악: 으뜸음 ‘도’가 다른 모든 음계 음들을 지배하는 음악으로 17세기 이후 대부분의 서양 음악이 이에 해당한다.

28. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 소리에 대한 감각이 음악 감상에 미치는 영향을 살피고 있다.
- ② 미적 본성에 대한 과학적 탐색과 음악적 탐색을 비교하고 있다.
- ③ 소리를 구분하고 그것을 근거로 하여 음악의 형식을 분류하고 있다.
- ④ 음악의 아름다움을 소리에 관한 과학적 분석과 관련지어 탐구하고 있다.
- ⑤ 듣기 좋은 소리와 그렇지 않은 소리가 음악에서 하는 역할을 분석하고 있다.

29. **음악적 요소**에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 리듬은 음높이를 가지는 규칙적인 소리의 흐름으로, 음악에서 질서를 가진 음표나 쉼표의 진행에 활용되는 요소이다.
- ② 가락은 서로 다른 음높이가 지속 시간을 가지는 음들의 흐름으로, 음악에서 자주 반복되거나 변형되면서 등장하는 소재로 활용되는 요소이다.
- ③ 화성은 화음과 또 다른 화음이 연결된 흐름으로, 음악에서 긴장과 이완을 유발하는 진행에 활용되는 요소이다.
- ④ 셈여림은 소리의 세기로, 음악에서 크고 작은 소리가 나타나도록 하는 데 활용되는 요소이다.
- ⑤ 음색은 식별 가능한 소리의 특색으로, 음악에서 바이올린, 플루트 등 서로 다른 종류의 악기를 선택하는 데 활용되는 요소이다.

30. 음악 작품을 만들기 위한 계획들 중, ㉠의 입장을 가장 잘 반영한 것은?

- ① 장3도로 기쁨을, 단3도로 슬픔을 나타내는 정서적인 음악을 만든다.
- ② 플루트의 청아한 가락으로 상쾌한 아침의 정경을 연상시키는 음악을 만든다.
- ③ 낮은 음고의 음들을 여러 번 사용하여 내면의 불안감을 조성하는 음악을 만든다.
- ④ 첫째 음과 둘째 음의 간격이 완전5도가 되는 음들을 조직적으로 연결하여 주제가 명확한 음악을 만든다.
- ⑤ 오페라의 남자 주인공이 화들짝 놀라는 장면에 들어갈 매우 강한 시끄러운음이 울리는 음악을 만든다.

31. 윗글의 <그림>에 대한 이해로 적절한 것은?

- ① <그림>은 심벌즈의 소리 스펙트럼이다.
- ② <그림>에 표현된 복합음의 진동수는 550 Hz로 인식된다.
- ③ <그림>에 표현된 소리의 부분음 중 기본음의 세기가 가장 크다.
- ④ <그림>은 시간의 경과에 따른 부분음의 세기의 변화를 나타낸다.
- ⑤ <그림>에서 220 Hz에 해당하는 막대가 사라져도 음색은 변하지 않는다.

32. [A]를 바탕으로 <보기>에 대해 설명한 것으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

바이올린을 연주했을 때 발생하는 네 음 P, Q, R, S의 기본음의 진동수를 측정한 결과가 표와 같았다.

음	P	Q	R	S
기본음의 진동수(Hz)	440	550	660	880

- ① P와 Q 사이의 음정은 장3도이다.
- ② P와 Q 사이의 음정은 Q와 R 사이의 음정보다 좁다.
- ③ P와 R 사이의 음정은 협화 음정이라고 할 수 있다.
- ④ P와 S의 부분음 중에는 진동수가 서로 같은 것이 있다.
- ⑤ P와 S 사이의 음정은 Q와 R 사이의 음정보다 협화도가 크다.

33. <보기>를 바탕으로 할 때, ㉠과 쓰임이 유사한 것은?

<보 기>

윗글의 ㉠은 문장에서 독립적으로 쓰여 서술어 기능을 한다. 그러나 ㉡은 혼자서는 쓰이지 못하고 반드시 다른 용언의 뒤에 붙어서 의미를 더하여 주는 '보조 용언' 기능을 한다.

- ① 그 일을 다 해 버리니 속이 시원하다.
- ② 그는 친구들의 고민을 잘 들어 주었다.
- ③ 내일 경기를 위해 잘 먹고 잘 쉬어 뒤라.
- ④ 그는 내일까지 돈을 구해 오겠다고 큰소리를 쳤다.
- ⑤ 일을 추진하기 전에 득실을 꼼꼼히 계산해 보고 시작하자.

◆ 06 MDEET 언어추론 32~34번

[32~34] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

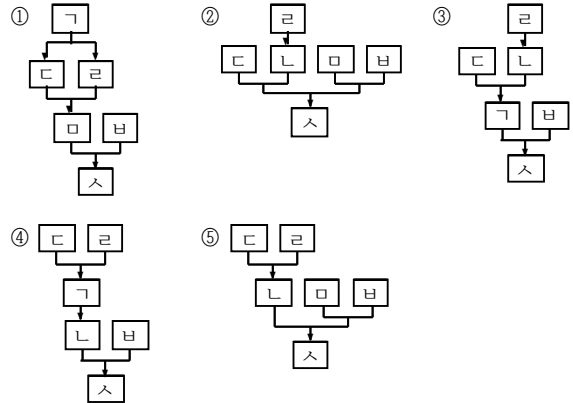
1822년에 푸리에에는 모든 주기 운동은 적당한 진폭과 위상을 갖는 일련의 단조화(單調和) 운동들의 조합으로 표현될 수 있다는 '푸리에의 정리'를 제시하였다. 이에 대하여 1843년에 옴(Ohm)은 소리가 복잡한 주기 운동으로 구성되어 있다면, 소리 또한 단조화 성분들로 분해될 수 있으리라 생각했다. 이에 따라 옴은 기본진동수의 배수의 진동수를 갖는 단음(單音)들의 특수한 조합으로부터 악기마다 나오는 소리의 독특성이 결정된다고 보았다. 더 나아가서 옴은 일반적인 악기의 음은 단음의 합으로 분해될 수 있으며 그 각각이 분리되어 귀에서 감각될 수 있다고 주장했다. 그러나 이러한 옴의 주장은 곧 제백의 비판에 직면했다. 제백은 음이 단진동의 합으로 이루어져 있다는 옴의 주장에는 동의했지만, 음은 항상 종합적으로 감각될 뿐이라면서 음이 분석적으로 감각될 수 있다는 것에 대해서는 반대했다. 이러한 제백의 논박으로 옴의 청음 이론은 한동안 학계에서 잊혀졌다.

1855년에 헬름홀츠는 옴의 이론에 대한 제백의 논박을 비판하면서 음향학 연구를 시작하였다. 헬름홀츠는 악기의 음 속에 존재하는 단음들을 분리해 내는 것이 옴의 이론의 유효성을 확인하기 위한 우선적 단계라고 생각했고, 이것을 실험을 통해 입증하였다. 헬름홀츠는 이 과정에서 유리 공명기를 효과적으로 사용했다. 공 모양의 유리 공명기는 한쪽에는 귀에 닿 수 있는 좁다란 주둥이를, 다른 쪽에는 소리를 주입할 수 있는 좀더 넓은 주둥이를 갖고 있었다. 이 유리 공명기는 자체의 고유 진동음을 성분으로 갖는 복합음이나 고유 진동수의 단음이 주입될 때에만 진동하였고, 그렇지 않을 경우에는 진동하지 않았다. 헬름홀츠는 공명하는 유리 공명기의 좁다란 주둥이를 귀에 댄으로써 악기의 음에 존재하는 특정한 단음만을 증폭시켜 들을 수 있었다. 이로써 악기의 음 속에 특정한 단음들이 개별적으로 존재한다는 것이 확실해졌다. 더 나아가서 헬름홀츠는 여러 개의 소리굽쇠에서 나오는 다른 진동수의 단음을 합성하여 복합음을 만들어 내는 소리굽쇠 합성기를 개발했다. 그는 이것을 이용해서 단음들의 조합으로부터 단일하게 들리는 여러 가지 음색을 가진 악기의 음을 만들어 낼 수 있음을 보였다. 이렇게 그는 분석과 합성의 양방향에서 복합음이 단음의 조합임을 입증할 수 있었다.

이러한 노력을 바탕으로 1850년대 말에 헬름홀츠는 청음 메커니즘에 대한 본격적인 연구에 들어갔다. 옴의 주장을 받아들이지 않던 헬름홀츠는 귀가 어떻게 단음을 개별적으로 감각하는지를 이해하고자 했다. 공명 현상에 깊은 인상을 받은 헬름홀츠는 귀가 공명에 의해 개별 단음을 감각할 것이라고 생각했다. 그는 추가적으로 ㉠ 현을 이용하여 수행한 공명 실험에서 영감을 얻어, 귓속에서 이 실험의 현처럼 진동하는 기관을 찾고자 했다. 그는 코르티가 1851년에 발견한 코르티 막대들에 주목했다. 그는 크기가 각기 다른 수천 개의 코르티 막대들이 달팽이관 속에 피아노 현처럼 나란히 배열되어 있다는 점에 착안했다. 1863년에 헬름홀츠는 코르티 막대들이 특정한 단음들에 선택적으로 공명하고, 진동하는 코르티 막대마다 부착된 청신경이 자극을 뇌로 전달하여 소리를 감각하게 된다는 청각의 공명 이론을 제시하였다. 이와 같이 물리적 개념이나 도구를 써서 생명 현상을 설명하는 방법은 헬름홀츠의 생리학 연구의 일반적인 특성을 반영하는 것이었다. 헬름홀츠의 공명 이론은, 이후에 수정을 거치게 되지만, 청각의 메커니즘에 대한 현대의 이론에 많은 영향을 미쳤다.

32. <보기>의 항목에서 필요한 것을 이용하여, 헬름홀츠의 공명 이론이 도출되기까지의 과정을 바르게 도시한 것은?

- <보 기>—
- | | |
|-----------------|--------------------|
| ㄱ. 옴의 청음 이론을 증명 | ㄴ. 복합음이 단음의 합임을 입증 |
| ㄷ. 유리 공명기 실험 | ㄹ. 소리굽쇠 합성기 실험 |
| ㅁ. 현의 공명 실험 | ㅎ. 코르티 막대에 착안 |
| ㅓ. 청각의 공명 이론 확립 | |



33. ㉠의 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 피아노의 이웃한 두 건반을 함께 눌렀을 때, 현들에서 발생하는 음이 간섭하며 만들어 내는 소리를 관찰한다.
- ② 피아노 뚜껑을 열고 다른 악기에서 나오는 특정한 음에 피아노의 현들을 노출시켰을 때 어떤 현들이 진동하는지 관찰한다.
- ③ 소리굽쇠를 진동시키면서 그 소리굽쇠의 한쪽 가지 끝에 고정된 렌즈를 통해 손으로 진동시킨 피아노 현의 움직임을 관찰한다.
- ④ 공명 상자의 양쪽 끝에 세운 기둥에 현의 양 끝을 고정하고 현을 활로 진동시키면서 공명 상자 위에 고르게 뿌린 모래가 모이는 모양을 관찰한다.
- ⑤ 소리굽쇠의 한쪽 가지에 현의 한쪽 끝을 연결한 후, 현의 장력을 바꾸어 가면서, 전자석을 이용하여 소리굽쇠를 주기적으로 진동시켰을 때 나타나는 현의 진동을 관찰한다.

34. [가]에 나타난 헬름홀츠의 탐구 방법과 가장 가까운 방법이 사용된 사례는?

- ① 뢰트겐의 엑스선 발견은 칼을 대지 않고도 신체의 내부를 들여다볼 수 있는 의학적 발전으로 이어졌다.
- ② 볼타는 상이한 금속으로 된 두 전극에 의해 개구리 뒷다리가 수축하는 현상에 착안하여 전지를 발명했다.
- ③ 파블로프는 먹이를 줄 때마다 종소리를 들려준 개가 종소리만 들려주어도 침을 흘리는 현상으로부터 조건 반사를 발견했다.
- ④ 데카르트는 어두운 상자의 한쪽 벽에 뚫린 구멍을 통해 바깥의 풍경이 상자 안의 스크린에 맺히게 하는 장치인 카메라 옵스큐라를 사용하여 사람의 눈의 작용을 설명하였다.
- ⑤ 파스퇴르는 효모 설탕액을 담은 플라스크를 가열하여 멸균시킨 후, 플라스크의 주둥이를 S자 모양으로 늘여 방치하였을 때, 플라스크 내부의 영양액이 부패하지 않는 것을 보임으로써 자연 발생설을 무너뜨렸다.

◆ 14년 10월 고3 A형 26~27번

[26~27] 다음을 읽고 물음에 답하시오.

물리적 측면에서 음(音)은 음압과 주파수를 가진다. 특히 음압은 음을 단위 면적당 압력으로 표현한 것으로 물리적인 의미에서의 음의 크기라 할 수 있다. 이에 반해 음량은 인간이 감각적으로 느끼는 음의 크기를 말한다. 우리가 흔히 소리가 작게 들린다거나 크게 들린다고 할 때, 이는 음량을 두고 하는 말이다. 그런데 음량, 즉 인간이 지각하는 음의 크기는 음압과 주파수의 관계에 따라 다르게 들릴 수도 있다.

같은 거리에 있는 두 음원에서 서로 다른 크기로 소리가 들린다면 사람들은 보통 더 크게 들리는 음원의 음압이 더 강할 것이라고 생각한다. 하지만 언제나 그런 것은 아니다. 인간이 소리를 들을 때 달팽이관의 섬모 세포가 반응하는데, 이 반응이 뇌로 전달되어 소리를 인식한다. 그런데 이 섬모 세포는 주파수에 따라 반응하는 정도가 달라서, 어떤 주파수에는 민감하게 반응하지만 어떤 주파수에는 둔감하게 반응하기도 한다. 그래서 인간은 음압뿐만 아니라 주파수에 따라라도 음의 크기를 달리 느낄 수 있다.

인간의 귀는 주파수에 대하여 불규칙한 반응 특성을 가지고 있다. 예를 들어 1,000 ~ 5,000 Hz의 음에 대해서는 다른 주파수 대역에 비해 민감도가 높은 편이다. 하지만 그 이하와 이상의 주파수에 대해서는 민감도가 낮은 편이다. 그리고 대략 16 Hz 이하의 음과 20,000 Hz 이상의 음에 대해서는 인간이 들을 수 없는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 인간의 청각 특성을 대표적으로 보여 주는 것이 바로 등청감곡선이다.

등청감곡선은 어떤 음들이 같은 음압을 가지고 있더라도 주파수에 따라서 음의 크기가 다르게 느껴진다는 것을 보여 준다. 음향학적으로 말하면 1,000 Hz의 순음*과 같은 크기로 느껴지는 주파수별 음압의 크기를 그린 것이다. 예를 들어 이 곡선에 따르면 1,000 Hz인 순음의 음압이 30 dB일 때 느껴지는 음의 크기는 125 Hz인 순음의 음압이 40 dB일 때, 4,000 Hz인 순음의 음압이 25 dB일 때의 음의 크기와 같다고 느껴지는 것으로 알려져 있다. 만약 위의 세 순음의 음압이 모두 30 dB의 크기로 나온다면 4,000 Hz의 순음이 가장 크게 들리게 된다.

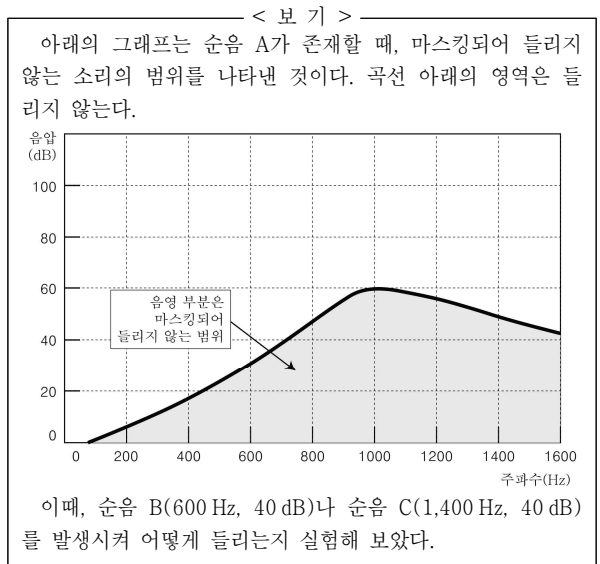
이러한 청각 특성 때문에 어떤 음을 듣고 있을 때, 다른 음이 잘 들리지 않을 수 있다. 주위에 소음이 많으면 대화 상대의 목소리가 안 들리는 것을 경험한 적이 있을 것이다. 이때 어떤 음(대화 상대의 목소리)이 다른 음(주위의 소음)에게 마스킹되었다고 한다. 마스킹의 가장 단순한 예로는 순음 A가 존재할 때 어느 주파수 범위 내에서는 순음 B를 들을 수 없는 경우를 들 수 있다. 마스킹되어 들리지 않는 소리의 범위는 두 음의 음압과 주파수에 따라 다를 수 있다. 일반적으로는 마스킹하는 음의 음압을 높이면 마스킹되는 범위가 넓어진다. 또한 두 음이 서로 근접한 주파수의 순음일수록 마스킹이 잘 일어나는 경향이 있다.

* 순음: 단일 주파수를 가진 음.

26. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 음압은 음의 물리적인 크기로서 음량과는 다른 개념이다.
- ② 섬모 세포 반응의 민감도는 주파수에 따라 다를 수 있다.
- ③ 인간이 들을 수 있는 주파수는 대략 16 ~ 20,000 Hz라고 볼 수 있다.
- ④ 자동차 소음에 대해 상대의 목소리가 안 들리는 것은 마스킹 때문이라고 할 수 있다.
- ⑤ 음압은 30 dB로 같고 주파수는 각각 1,000 Hz, 125 Hz인 두 순음이 있다면 125 Hz의 순음이 더 크게 들린다.

27. 윗글을 바탕으로 <보기>의 실험 결과를 예상할 때, 적절한 것은? [3점]



- ① A의 음압이 작을수록 B나 C를 마스킹하기 쉽겠군.
- ② A와 B를 동시에 발생시킨다면 B는 A에 가려 전혀 들리지 않겠군.
- ③ A와 C를 동시에 발생시킨다면 C의 음압이 낮아져 A는 C를 마스킹하지 못하겠군.
- ④ A보다 C를 먼저 발생시킨 후 실험한다면 C는 처음에는 들리다가 A를 발생시킨 후에는 들리지 않겠군.
- ⑤ 200 Hz, 20 dB인 순음 D를 추가로 발생시켜 A와 D만 존재한다면 음압 차이로 D가 들리지 않겠군.

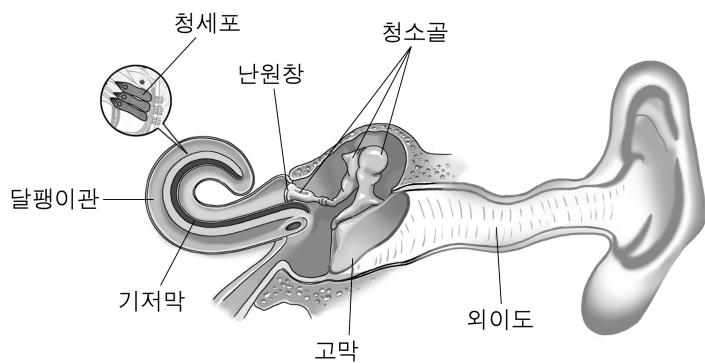
◆ 10-6평 20~22번

[20~22] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

일반적인 청력 검사는 검사 받는 사람의 협조가 없으면 시행하기 힘들다. 이러한 문제에 대한 해결책의 하나로 ‘귀의 소리(otoacoustic emissions)’를 활용하는 기술이 있다. 이 기술은 1978년 데이비드 캠프에 의해 귀에서 소리를 방출한다는 놀라운 사실이 발견되면서 발달하였다.

특정 소리에 귀를 기울인다는 의식적인 행동은 생리학적으로 내이(內耳)의 달팽이관 안에 있는 청세포의 역할로 설명할 수 있다. 포유동물의 청세포는 외부의 소리를 감지하는 역할을 하면서, 수축과 이완을 통해 특정 음파의 소리에 대한 민감도를 증가시키기도 한다. 이 과정에서 ‘귀의 소리’가 발생하는데 ㉠ 이는 청세포가 능동적으로 내는 소리이다. 과거에는 ‘귀의 소리’를 외부 소리에 대한 ‘달팽이관의 메아리’로 여겼다. 하지만 주어진 외부 자극 소리로 발생하는 메아리보다 음압이 더 큰 경우가 있기 때문에, ‘귀의 소리’를 단순한 메아리로 설명하기는 어렵다. 오른쪽 귀에만 외부 소리 자극을 가했는데 왼쪽 귀에서도 ‘귀의 소리’가 발생한다는 점 역시 마찬가지이다.

이러한 ‘귀의 소리’는 청세포에서 발생하여 기저막을 따라 난원창으로, 다시 청소골을 통해 고막과 외이도로 전달된다. 이 소리는 두 종류의 외부 소리를 이용하여 청세포를 자극한 후 특정한 주파수 대역에서 측정할 수 있다. 소리 자극으로는 여러 주파수가 섞인 복합음이나 두 주파수(f_1 과 f_2 , $f_1 < f_2$)만으로 이루어진 조합음을 이용한다. 전자에서 발생하는 ‘귀의 소리’는 4 kHz 이하의 주파수 대역에서 측정되는데, 그 소리는 개인마다 차이를 보이지만 개인별로는 일정한 패턴을 유지한다. 후자에서 발생하는 ‘귀의 소리’는 수학적으로 계산되는 여러 주파수 대역에서 측정되며, 특정 주파수 대역($f_x = 2f_1 - f_2$, $x = \text{최대}$ ‘귀의 소리’)에서 가장 크다.



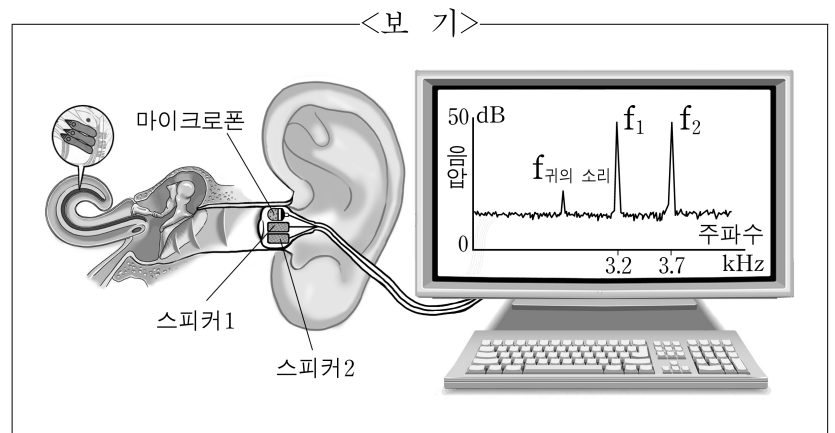
청세포는 작업장의 소음과 같은 특정 주파수나 약물 등에 반복 노출되면 손상될 수 있다. 청세포가 손상되기 시작하면, 청력 손실이 일어나고 ‘귀의 소리’도 감소한다. 청세포 손상이 진행되어 30 dB 이상의 청력 손실이 발생한 경우 ‘귀의 소리’도 사라진다.

‘귀의 소리’는 조용한 환경에서 마이크로폰을 외이도에 장착하여 측정한다. ㉡ ‘귀의 소리’ 측정 기술을 활용하면 검사 받는 사람의 협조 없이도 청력을 객관적으로 측정할 수 있다. 이 기술은 몇몇 국가에서 신생아의 청력 이상을 조기에 발견하기 위한 선별 검사에 이용되고 있다.

20. ㉠과 같이 말할 수 있는 근거로 적절한 것은?

- ① 외부에서 소리 자극을 가했을 때 귀에서 소리가 측정된다.
- ② 한쪽 귀에 외부 소리 자극을 가했을 때 반대쪽 귀에서도 ‘귀의 소리’가 발생한다.
- ③ ‘귀의 소리’는 청세포에서 기저막을 따라 난원창으로, 다시 청소골을 통해 고막과 외이도로 전달된다.
- ④ ‘귀의 소리’는 다양한 주파수 대역에서 측정된다.
- ⑤ ‘귀의 소리’는 개인마다 차이를 보이지만, 개인별로는 일정한 패턴을 유지한다.

21. <보기>는 두 주파수의 조합음을 이용하여 ‘귀의 소리’를 측정하는 장치를 그린 그림이다. 위 글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



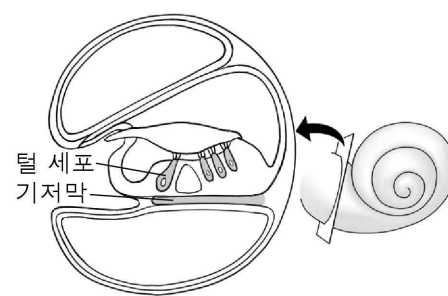
- ① ‘귀의 소리’는 f_1 , f_2 자극 소리보다 빨리 감지될 것이다.
- ② 외이도가 막혔을 경우 ‘귀의 소리’ 측정이 어려울 수 있다.
- ③ 마이크로폰을 통해서 감지되는 소리는 자극 소리, 메아리 소리, ‘귀의 소리’이다.
- ④ f_1 이 3.2kHz, f_2 가 3.7kHz일 때 발생하는 ‘귀의 소리’의 음압은 2.7 kHz에서 가장 크다.
- ⑤ 스피커를 통하여 두 주파수의 소리 자극을 가하고, 마이크로폰을 통하여 감지되는 소리를 측정한다.

22. ㉡을 활용할 수 있는 사례로 보기 어려운 것은?

- ① 쥐를 이용한 실험에서 청력 측정을 할 경우
- ② 일부러 안 들리는 척하는 사람을 찾아내려 할 경우
- ③ 청력 측정을 통해 개인을 식별하는 기계를 만들 경우
- ④ 소음성 난청이 있는 사람의 청세포 손상 여부를 판단할 경우
- ⑤ 청세포가 파괴되어 인공 달팽이관 이식을 받은 사람의 청력을 평가할 경우

◆ 24년 3월 고2 16~20번

[16~20] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.



<그림>

귀 안쪽에 위치하는 달팽이관은 림프액이 차 있는 달팽이 모양의 청각 기관이다. <그림>은 달팽이관의 횡단면을 확대한 것이다. 달팽이관 안에는 관의 모양을 ㉠ 따라 기저막이라는 긴 막이 존재하며, 기저막 위로는

털 세포가 배열되어 있다. 기저막과 **털 세포**는 소리의 높낮이를 지각하는 데 있어서 중요한 역할을 한다.

귀 바깥에서 생겨난 소리의 파동이 달팽이관의 림프액으로 전달되면 기저막은 달팽이관의 모양을 따라 바깥쪽부터 진동하게 된다. 이때 기저막에서 최대 진동하는 부위는 귀 바깥에서 발생한 파동의 주파수*에 따라 다르다. 기저막은 바깥쪽일수록 더 단단한 특성을 ㉡ 지니는데, 단단한 부위일수록 높은 주파수의 파동에 크게 떨리기 때문이다. 즉 기저막을 진동시키는 파동의 주파수가 높을수록 기저막에서 최대 진동하는 부위는 바깥쪽에 위치한다. 이때 귀 바깥에서 발생한 파동의 주파수가 높을수록 기저막에서 최대 진동하는 부위의 길이는 짧다. 기저막이 진동하는 정도는 기저막의 바깥쪽에서부

터 완만하게 커지다가 기저막이 최대 진동하는 부위를 지난 후 급격히 감소하는 경향을 ㉔ 보인다.

기저막이 진동하면 털 세포가 반응하여 털이 휘어지면서 전기 신호가 발생한다. 기저막에서 최대 진동하는 부위에 가까이 있는 털 세포일수록 털이 휘는 횟수가 많고, 기저막에서 최대 진동하는 부위에 있는 털 세포는 기저막이 진동할 때마다 반응하므로 털이 휘는 횟수가 가장 많다. 따라서 털 세포마다 민감하게 반응하는 주파수가 다르다. ㉑ 결국 기저막에서 최대 진동하는 부위에 있는 털 세포가 초당 전기 신호를 발생시키는 횟수는 기저막을 진동시킨 파동의 주파수와 일치한다. 이때 비슷한 주파수를 지닌 여러 파동이 동시에 달팽이관으로 전달되면 반응하는 털 세포가 있는 영역이 겹칠 수 있다. 전기 신호는 신경 전달 물질이 털 세포에서 방출되도록 ㉒ 만들어 해당 털 세포와 연결한 신경 섬유를 흥분시킨다. 개별 신경 섬유가 초당 흥분하는 횟수는 귀 바깥에서 발생한 파동의 주파수에 일정 수준까지만 대응되는데, 이는 개별 신경 섬유가 초당 흥분할 수 있는 최대치가 제한되어 있기 때문이다.

신경 섬유의 흥분으로 생겨난 신경 신호는 신경 섬유를 따라 이동하며, 중뇌를 ㉓ 거쳐 대뇌의 1차 청각 피질에 전달되어 처리된다. 1차 청각 피질은 얼굴 쪽에서 뒤통수 쪽으로 이어진 띠 형태로 생겼는데, 얼굴 쪽에 있는 부위일수록 신경 섬유를 통해 기저막의 안쪽 부위와 연결되고 뒤통수 쪽에 있는 부위일수록 기저막의 바깥쪽과 연결된다. 즉 대뇌에 이르기까지의 모든 개별 신경 섬유들은 민감하게 반응하는 주파수가 정해져 있는 것이다. 대뇌에서는 흥분한 신경 섬유가 기저막의 어떤 위치에 있는 털 세포와 연결하는지에 대한 정보, 그리고 신경 섬유가 어떤 주기로 흥분하는지에 대한 정보를 활용하여 주파수가 높은 파동일수록 높은 소리로 지각하게 된다.

* 주파수: 파동이 1초 동안에 주기 운동을 하는 횟수. 단위로 헤르츠(Hz)를 사용한다.

16. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 달팽이관으로 전달된 파동은 기저막을 바깥쪽부터 진동시킨다.
- ② 기저막에서 단단한 부위일수록 더 높은 주파수의 파동에 최대 진동한다.
- ③ 파동의 주파수가 낮을수록 기저막에서 최대 진동하는 부위의 길이가 길다.
- ④ 중뇌와 대뇌를 연결하는 개별 신경 섬유들은 민감하게 반응하는 주파수가 정해져 있다.
- ⑤ 1차 청각 피질에서 얼굴 부분에 가까운 부위일수록 높은 소리로 지각되는 신경 신호를 처리한다.

17. **털 세포**에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 전기 신호를 발생시켜 털을 휘게 만든다.
- ② 연결한 신경 섬유를 신경 신호를 통해 흥분시킨다.
- ③ 털이 빠르게 휘어질수록 기저막을 많이 진동시킨다.
- ④ 신경 신호를 발생시키는 신경 전달 물질을 방출한다.
- ⑤ 민감하게 반응하는 주파수가 파동이 전달될 때마다 변한다.

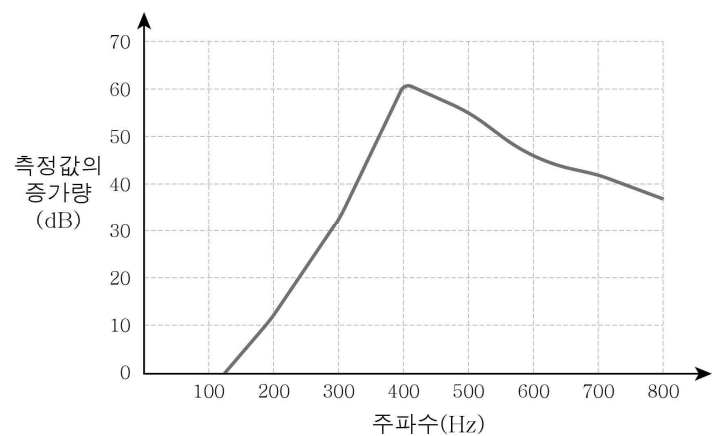
18. ㉑의 이유를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 기저막에서 최대 진동하는 부위가 초당 떨리는 횟수는 기저막을 진동시킨 파동의 주파수와 같기 때문이다.
- ② 개별 신경 섬유가 초당 흥분하는 횟수는 달팽이관으로 동시에 전달된 다른 파동에 의해 제한되기 때문이다.
- ③ 기저막이 진동하는 정도는 신경 섬유가 초당 흥분할 수 있는 최대치에 따라 결정되기 때문이다.
- ④ 신경 섬유가 어떤 주기로 흥분하는지에 대한 정보가 기저막으로 전달되기 때문이다.
- ⑤ 림프액으로 전달된 파동의 주파수는 달팽이관에서 처리하기 어렵기 때문이다.

19. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 보인 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]

< 보기 >

파동에 의해 털 세포가 이미 반응하고 있을 때, 같은 털 세포를 반응시키는 새로운 파동이 전달되면 반응하는 털 세포가 있는 영역이 겹칠 수 있다. 이에 따라 나중에 전달된 파동을 소리로 지각하지 못하는 현상이 발생할 수 있는데, 이를 차폐 현상이라고 한다. 차폐 현상을 확인하기 위해 먼저 0~800 Hz 사이의 파동들이 지각되기 위한 최소 수준을 데시벨(dB)* 단위로 측정하였다. 그다음 A 주파수의 파동이 전달된 상태에서 각 파동들이 지각되기 위한 최소 수준을 다시 측정하였다. 다음 그래프는 첫 번째 측정값에서 두 번째 측정값이 얼마나 증가했는가를 나타낸 것이다.



* 데시벨(dB): 소리의 크기를 나타내는 단위.

- ① A 주파수의 파동이 전달된 상태에서, 주파수가 200 Hz인 파동이 10 dB로 전달되면 소리로 지각되었을 것이다.
- ② 기저막에서 A 주파수의 파동에 최대 진동하는 부위보다 안쪽 부위를 크게 떨리게 하는 파동일수록 차폐 현상이 작게 일어나겠을 것이다.
- ③ 그래프의 기울기가 정점을 기준으로 오른쪽으로 더 완만한 것은 기저막이 진동하는 수준이 최대치에 도달한 이후에 급격히 감소하는 것과 관련이 있을 것이다.
- ④ 100 Hz에서 측정값의 증가량이 0인 것은, A 주파수의 파동과 100 Hz의 파동이 각각 기저막에서 최대 진동시키는 부위가 서로 멀리 떨어져 있기 때문일 것이다.
- ⑤ 그래프의 정점에 해당하는 주파수가 400 Hz 부근인 이유는 해당 주파수의 파동에 반응하는 털 세포와 A 주파수의 파동에 반응하는 털 세포가 가장 많이 중복되기 때문일 것이다.

20. 문맥상 ㉠ ~ ㉥와 바꿔 쓰기에 가장 적절한 것은?

- ① ㉠ : 답습(踏襲)하여
- ② ㉡ : 담당(擔當)하는데
- ③ ㉢ : 제시(提示)한다
- ④ ㉣ : 형성(形成)하여
- ⑤ ㉤ : 경유(經由)하여