

2019학년도 대학수학능력시험 대비

# 독서(비문학)

소재별 기출 모음

- 물리(평가원+교육청+사관+리트) -

국어 강사 설승환



**<1> 2011학년도 9월 모의평가 언어영역 19-20번**

[1~2] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

17세기에 수립된 ㉠ 뉴턴의 역학 체계는 3차원 공간에서 일어나는 물체의 운동을 취급하였는데 공간 좌표인  $x, y, z$ 는 모두 시간에 따라 변하는 것으로 간주하였다. 뉴턴에게 시간은 공간과 무관한 독립적이고 절대적인 것이었다. 즉, 시간은 시작도 끝도 없는 영원한 것으로, 우주가 생겨나고 사라지는 것과 아무 관계 없이 항상 같은 방향으로 흘러간다. 시간은 빨라지지도 느려지지도 않는 물리량이며 모든 우주에서 동일한 빠르기로 흐르는 실체인 것이다. 이러한 뉴턴의 절대 시간 개념은 19세기 말까지 물리학자들에게 당연한 것으로 받아들여졌다.

하지만 20세기에 들어 시간의 절대성 개념은 ㉡ 아인슈타인에 의해 근본적으로 거부되었다. 그는 빛의 속도가 진공에서 항상 일정하다는 사실을 기초로 하여 상대성 이론을 수립하였다. 이 이론에 의하면 시간은 상대적인 개념이 되어, 빠르게 움직이는 물체에서는 시간이 느리게 간다. 광속을  $c$ 라 하고 물체의 속도를  $v$ 라고 할 때 시간은  $\frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$  배 팽창한다. 즉, 광속의 50%의 속도로 달리는 물체에서는 시간이 약 1.15배 팽창하고, 광속의 99%로 달리는 물체에서는 7.09배 정도 팽창한다.  $v$ 가  $c$ 에 비하여 아주 작을 경우에는 시간 팽창 현상이 거의 감지되지 않지만  $v$ 가  $c$ 에 접근하면 팽창률은 급격하게 커진다.

아인슈타인에게 시간과 공간은 더 이상 별개의 물리량이 아니라 서로 긴밀하게 연관되어 함께 변하는 상대적인 양이다. 따라서 운동장을 질주하는 사람과 교실에서 가만히 바깥 풍경을 보고 있는 사람에게 시간의 흐름은 다르다. 속도가 빨라지면 시간 팽창이 일어나 시간이 그만큼 천천히 흐르는 시간 지연이 생긴다.

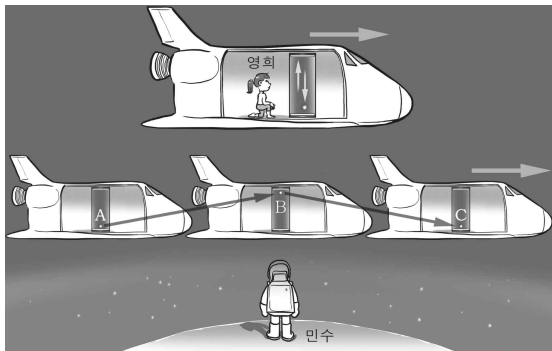
1. '시간 팽창'의 예로 적절한 것은?
  - ① 움직이는 사람의 시계 바늘은 가만히 있는 사람의 시계 바늘보다 빨리 움직인다.
  - ② 초고속 우주선을 타고 여행할 때, 지구에 정지해 있을 때보다 천천히 늙는다.
  - ③ 사고로 갇혀 있는 조난자는 갇히기 전보다 시간이 느리게 간다고 느낀다.
  - ④ 좋아하는 사람과 같이 있을 때, 평소보다 시간이 빨리 간다고 느낀다.
  - ⑤ 수백만 년 전에 일어난 별의 폭발 장면이 지금 지구에서 관측된다.
  
2. ㉡의 입장에서 ㉠의 생각을 비판한 것으로 가장 적절한 것은?
  - ① 시간은 모든 공간에서 동일하게 흐르는 것이 아니므로 절대적이지 않다.
  - ② 상대 시간 개념으로는 시간에 따라 계속 변하는 물체의 운동을 설명할 수 없다.
  - ③ 시간은 인간이 만들어 낸 개념이므로 우주를 시작도 끝도 없는 영원한 것으로 보아서는 안 된다.
  - ④ 시간과 공간은 긴밀하게 연관되어 있지만 독립적으로 존재할 수 있으므로 이 둘의 관련성에만 주목하면 안 된다.
  - ⑤ 물체의 속도가 광속에 가까워지면 시간이 반대로 흐를 수 있으므로 시간이 항상 같은 방향으로 흐르는 것은 아니다.

<2> 2013년 10월 고3 학력평가 국어영역 B형 24-25번

[3~4] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

현대 물리학에서 시간의 특성에 대한 새로운 관점을 창안한 사람은 아인슈타인이다. 그는 특수 상대성 이론을 발표하면서 시간과 공간이 사슬처럼 서로 맞물려 있다고 가정했다. 여기서 ‘특수’라는 말은 ‘특별하다’는 뜻보다는 매우 한정된 경우, 즉 ‘움직이는 물체의 속도가 일정하게 유지되는 경우’를 의미한다. 이 이론에서는 ‘빛의 속도는 우주 어디서나 동일한 상수  $c$ 이다.’라는 전제 조건을 설정한다. 만일 당신이 자동차를 타고 시속 100킬로미터로 달리다가 차의 전조등을 켜다면, 그 빛의 속도는 시속 100킬로미터 +  $c$ 가 아니라 여전히  $c$ 라는 것이다. 즉, 빛의 속도는 광원이나 관측자의 운동 상태와 무관한 범우주적 상수이다.

빛의 속도의 불변성으로부터 얻어지는 가장 흥미로운 결과는 시간의 흐름이 상대적이라는 것이다. 아래 그림과 같이 이동하는 우주선 내부에서 영희가 빛 시계를 관찰하고, 민수는 정지해 있는 행성에서 이 우주선의 빛 시계를 관찰하는 상황을 가정해 보자. 여기서 빛 시계란 거울을 사이에 두고 빛이 왕복하도록 만든 가상의 시계를 말한다. 만일 우주선 내부에 있는 영희가 보는 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복을 했다고 할 때, 행성에 있는 민수의 눈에는 그 빛의 움직임이 어떻게 보일까?



빛 시계에서 빛이 한 번 상하로 왕복할 때 민수의 눈에는 그 빛이 우주선과 함께 움직이는 것으로 관찰될 것이다. 이때 빛은 A→B→C의 경로로 움직이게 되므로 결과적으로 영희가 관찰한 것보다 더 긴 거리를 이동한 셈이 된다. 특수 상대성 이론의 전제 조건에 따르면 빛의 속도는 일정하므로 민수는 우주선의 빛 시계가 한 번 왕복하는 데 걸린 시간을 영희보다 더 길게 측정하게 된다. 따라서 정지한 관찰자가 운동하는 관찰자를 보면 상대편의 시간이 느리게 가는 것으로 관찰되는데, 이것을 시간의 팽창이라고 한다. 이러한 시간 팽창 효과는 물체의 속도가 광속에 견줄 만큼 빨라야 눈에 띄게 나타난다.

3. 밑글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 특수 상대성 이론은 움직이는 물체의 속도가 변하는 경우에 적용된다.
- ② 특수 상대성 이론에 따르면 빛의 속도는 우주 어디서나 동일하다.
- ③ 특수 상대성 이론은 시간과 공간의 상호 연관성을 전제한다.
- ④ 시간의 팽창 현상은 일상생활에서는 거의 관찰되지 않는다.
- ⑤ 관찰자의 운동 상태에 따라 시간의 흐름은 상대적이다.

4. 밑글로 보아, <보기>의 ㉠에 들어갈 내용으로 적절한 것은?

<보 기>

1971년 물리학자 조지프 하펠과 리처드 키팅은 아인슈타인의 특수 상대성 이론을 다음과 같은 실험으로 증명하였다. 우선 초정밀 원자시계 8개를 준비하여 4개는 점보제트기에 실어 지구를 떠다니게 하고, 나머지 4개는 이것과 비교하기 위해 관측소에 남겨 놓았다. 이들 동간의 여행을 마친 점보제트기가 착륙한 후 이를 기다리던 과학자들은 탄성을 질렀다. 왜냐하면 ㉠

- ① 비행기에 실은 원자시계들이 관측소의 원자시계와 시간이 같았기 때문이다.
- ② 비행기에 실은 원자시계들이 출발할 때와 달리 모두 멈춰 있었기 때문이다.
- ③ 비행기에 실은 원자시계 4개가 모두 서로 다른 시간을 가리키고 있었기 때문이다.
- ④ 비행기에 실은 원자시계들이 관측소의 원자시계보다 빨라져 있었기 때문이다.
- ⑤ 비행기에 실은 원자시계들이 관측소의 원자시계보다 느려져 있었기 때문이다.

**<3> 2015년 3월 고3 학력평가 국어영역 A형 16-19번**

[5~8] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지구는 약 1,600 km/h 속도로 자전하지만 이것을 실제로 느끼는 사람은 없다. 그렇지만 실제로 우리는 엄청난 속도로 회전하고 있는 셈이다. 만약 어떤 기차가 1,600 km/h 속도로 동쪽에서 서쪽으로 달리는데, 이 상황을 우주에서 내려다보면 어떻게 보일까? 우주에서 바라보면 기차는 지구 자전과 빠르기는 같되 방향은 반대여서 결국은 움직이지 않는 것처럼 보일 것이다. 그래서 일찍이 갈릴레이는 속도는 상대적인 물리량일 뿐이므로 모든 운동은 상대적인 관점에서 서술되어야 한다고 보았다. 기준이 없는 속도는 물리적으로 무의미하다는 것이다.

뉴턴은 물체의 운동에 대해 갈릴레이보다 근본적인 고민을 하며 정지 상태와 등속 운동의 진정한 의미를 물었다. 운동하는 물체는 실제로 운동하고, 정지해 있는 물체는 실제로 정지해 있는 상태라고 생각한 뉴턴은 두 상태를 구별할 기준점이 필요했다. 즉 무엇에 대하여 정지해 있고, 등속 운동을 한다는 것인지를 탐구했다. 그래서 뉴턴은 우리의 오감으로는 느낄 수 없지만 어쨌거나 객관적으로 존재하면서 움직이지도, 변하지도 않는 공간을 상정하고 이를 절대 공간이라 명명했다. 뉴턴이 생각한 공간은 물리적인 실체로서, 운동하는 물체가 특정 시간에 어느 위치에 있는지를 규정지을 수 있는 절대적 배경이다.

[가] 뉴턴의 관점을 따른다면 마찰력이 없는 얼음판 위에서 스케이트를 신고 제자리를 돌 때, 양팔이 바깥쪽으로 당겨지는 느낌을 받는 것은 절대 공간에 대하여 가속 운동을 하고 있기 때문이다. 그런데 누군가가 장비를 동원하여 얼음판 전체를 회전시키고 우리는 그 위에 가만히 서 있거나 한다면 얼음판과 우리 사이의 상대 운동은 이전의 경우와 다를 것이 없지만 우리는 절대 공간에 대하여 정지해 있으므로 양팔이 바깥쪽으로 당겨지는 현상이 나타나지 않는다. 뉴턴의 공간은 비유하자면 마치 모눈종이처럼 고정된 좌표계를 갖고 있어서 모든 운동은 그 좌표에서의 움직임으로 표현될 수 있었다. 이를 토대로 그는 절대 공간 안에서 이루어지는 물체의 운동을 수학적으로 정확하게 서술할 수 있게 되었다.

그러나 이후 절대 공간 개념에 회의론을 품는 사람들도 있었다. 뉴턴은 공간이 물리적 실체라고 했지만 19세기에 ㉠ 마흐는 공간은 실체가 아니라고 주장하면서 운동은 상대적으로 측정될 때에만 의미가 있다고 보았다. 공간이란 한 물체와 다른 물체 사이의 상대적 위치 관계를 서술하는 용어이지 물리적인 실체가 아니라는 것이다. 마흐는 '아무것도 존재하지 않는' 텅 빈 우주를 상상해 보라고 한다. 그곳에서 자신의 몸이 회전하고 있다면 팔과 다리에는 아무런 느낌도 전달되지 않고 몸이 회전하는지 여부를 확인할 방법이 없다고 보았다. 즉 이 경우 회전 상태와 비회전 상태가 물리적으로 같은 상태라는 것이다. 마흐에 따르면 회전하는 몸에 느껴지는 힘은 주변에 널려 있는 물체의 분포 상태에

따라 달라진다. 별이 단 하나밖에 없는 우주에서 회전한다면 아주 미미한 힘을 느끼고, 별이 지금보다 많은 우주에서 회전한다면 현재보다 큰 힘을 느낄 것이라고 보았다. 그러므로 운동은 궁극적으로 우주 내에서 물질의 분포 상태에 달려 있다는 것이다.

눈에 보이지 않는 절대 공간을 운동의 궁극적 기준으로 삼았던 뉴턴과 달리 마흐는 우주에 분포해 있는 물체들을 운동의 기준으로 삼았다. 마흐의 공간 개념은 아인슈타인이 공간과 우주를 새로운 관점에서 바라볼 수 있도록 만들었다.

5. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 갈릴레이에게 운동은 기준에 따라 달리 서술될 수 있었다.
- ② 지구 위의 사람들은 지구가 회전하는 것을 지각하지 못한다.
- ③ 뉴턴의 공간 개념은 마흐에게 계승되어 더 발전된 모습이 되었다.
- ④ 뉴턴은 물체의 운동에 대해 갈릴레이보다 근본적인 고민을 했다.
- ⑤ 마흐의 공간 개념은 아인슈타인이 우주를 새롭게 바라보는 시각에 영향을 주었다.

6. [가]에 나타난 '뉴턴'의 생각에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 운동은 어느 한 위치에서 다른 위치로의 이동이다.
- ② 운동을 정의하는 가장 확실한 기준은 절대 공간이다.
- ③ 속도의 변화는 운동하고 있는 물체들 간의 비교를 통해서만 감지될 수 있다.
- ④ 운동하는 물체와 정지한 물체는 각각 절대 공간에 대해 운동하고 정지해 있다.
- ⑤ 절대 공간은 실제로 증명된 것이 아니지만 물리적인 실체로 존재하고 있는 것이다.

7. ㉠의 관점에서 <보기>를 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

빛줄의 양 끝에 매여 있는 두 개의 돌멩이가 우주 공간에서 빙글빙글 돌고 있다면 빛줄은 팽팽하게 당겨질까?

- ① 어떤 조건에서도 빛줄이 팽팽하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 회전 운동은 어떤 공간에서도 동일하게 지각되기 때문이다.
- ② 어떤 조건에서도 빛줄이 팽팽하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 우주 내의 모든 천체들은 균질하게 분포하여 변하지 않기 때문이다.
- ③ 어떤 조건에서도 빛줄이 느슨하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 텅 빈 우주 안에서라면 회전 운동을 판단할 수 없기 때문이다.
- ④ 특정 조건에서는 빛줄이 팽팽하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 회전하는 돌멩이들의 위치 관계가 일정하게 유지되기 때문이다.
- ⑤ 특정 조건에서는 빛줄이 느슨하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 우주 안의 물질들의 분포 상태에 따라 운동이 달라지기 때문이다.

8. 윗글을 바탕으로 <보기>를 설명한 것으로 바르지 않은 것은? [3점]

<보 기>

슬기와 재석은 200km/h 속도로 주행하는 기차를 타고 가고 있었다. 그 사이 내내 슬기는 책을 읽었고 재석은 슬기 옆 자리에 앉아 야구공을 위로 던졌다가 다시 받는 놀이를 계속 반복했다.

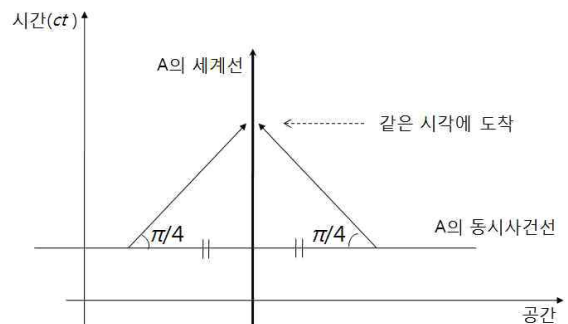
- ① 갈릴레이는 슬기를 기준으로 본다면 슬기의 책의 이동 속도는 0 km/h라고 말할 것이다.
- ② 뉴턴은 절대 공간을 기준으로 본다면 재석의 위치와 슬기의 이동 거리는 같다고 말할 것이다.
- ③ 뉴턴은 절대 공간을 기준으로 본다면 슬기의 책은 운동하고 있다고 말할 것이다.
- ④ 마흐는 슬기를 기준으로 본다면 슬기와 재석의 위치 관계는 변함이 없었다고 말할 것이다.
- ⑤ 마흐는 야구공을 기준으로 본다면 재석이 정지 상태에 있었다고 말할 것이다.

**<4> 2016학년도 사관학교 1차 국어영역 28-30번**

[9~11] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1905년 아인슈타인의 특수 상대성 이론이 발표되기 전까지 물리학자들은 시간과 공간을 별개의 독립적인 물리량으로 보았다. 공간은 상대적인 물리량인 데 비해, 시간은 절대적인 물리량으로서 공간이나 다른 어떤 것의 변화에 의해 변하지 않는다는 것이다. 하지만 아인슈타인은 시간도 상대적인 물리량으로 보고, 시간과 공간을 합쳐서 4차원 공간, 즉 '시공간(spacetime)'이라고 하였다. 이 시공간은 시간과 공간으로 서로 구별되지 않는다. 다만 이 시공간은 시간에 해당하는 차원이 한 방향으로만 진행한다. 이는 한계가 있기 때문에, 제한적인 4차원 공간이라는 특징이 있다.

4차원 시공간에서의 물체의 운동을 이해하기 위한 방법 중의 하나는 가로축은 공간으로, 세로축은 시간으로 정한 2차원 시공간 그림을 이용하는 것이다. 빛의 속도는 불변하는 상수인 것으로 알려져 있으므로, 시간 축도 공간 축처럼 길이 차원을 갖도록 빛의 속도를 곱하여 나타낸다. 따라서 세로축은 빛의 속도( $c$ )×시간( $t$ ) 축으로서  $ct$ 로 표시한다. 2차원으로 표현한 시공간 그림에서 한 점을 사건(event)이라 하며 사건이 계속 이어지는 궤적을 세계선(world line)이라 한다. 정지해 있는 물체의 세계선은 수직선으로 나타나며, 등속으로 움직이는 물체의 세계선은 수직선에 비해 일정한 각도로 기울어진 직선으로 표현된다. 세로축에 빛의 속도가 반영되어 있으므로 항상 속도가 일정한 빛은 45도의 직선으로 표현된다. 빛의 속도보다 느린 물체의 세계선은 공간 축에 대해 45도보다 기울기가 커서 시간 축에 가까운 선이며, 실제 세계에서 빛의 속도보다 빠른 물체는 없는 것으로 알려져 있지만 가상적으로 존재할 경우 45도보다 기울기가 작아서 공간 축에 가까운 선으로 표시된다. 전자를 시간 방향곡선(timelike curve)이라 부르며, 후자를 공간 방향곡선(spacelike curve)이라 한다. 이때 속도가 일정한 경우에는 직선이지만 속도가 변하는 경우에는 직선이 되지 못하므로 일반적으로 곡선이 된다.



<그림>

이러한 시공간 개념에서 ‘동시사건’은 새롭게 이해된다. 동시 사건은 같은 시각에 벌어진 사건들로, 특정 시각에 정지한 관찰자 A로부터 같은 거리만큼 서로 반대로 떨어져 있는 두 지점에서 빛의 속도로 관찰자 A를 향하여 각각 신호를 보냈다고 했을 때, 이 관찰자가 두 신호를 같은 시각에 받았다면 두 지점에서 신호를 보낸 각각의 사건이 동시사건이 된다. 따라서 <그림>에서 보는 것처럼 2차원 시공간 그림에서 정지한 관찰자에게 이러한 동시 사건들은 특정 시각에 공간 축과 평행한 선으로 나타난다. 그리고 A의 동시사건 선들은 A의 입장에서 특정 시각에서의 공간이라고도 생각할 수 있다.

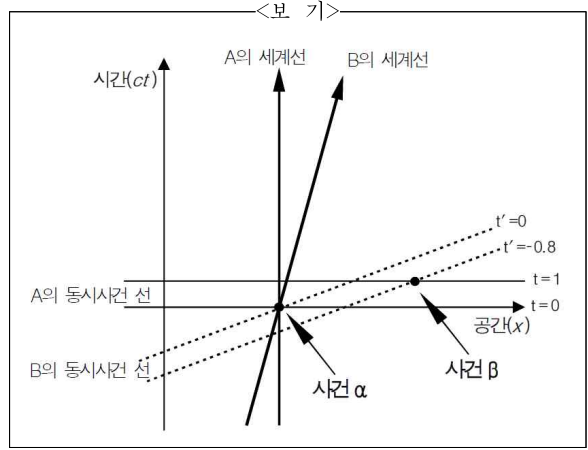
이와 달리 등속으로 움직이는 관찰자의 세계선은 앞에서 기술한 것처럼 수직선에 비해 공간 축 방향으로 일정한 각도로 기울어진 직선으로, 기울기가 공간 축에 대해 45도보다 큰 직선으로 표시된다. 이때 움직이는 관찰자의 동시사건 선은, 세계선이 시간 축으로부터 기울어진 각도만큼 공간 축에 수평인 선이 세계선을 향하여 기울어진 각도의 선이 된다. 그러면 일정한 속도로 움직이는 관찰자의 좌표계는 정지한 관찰자와 같이 직교하는 좌표계가 아니라, 시간 축과 공간 축이 90도보다 작은 각도로 서로 교차하는 좌표계가 된다.

[가] 따라서 이론적으로는 관찰자들의 운동 상태와 속도 등에 따라 동시사건들이 다르며, 심지어 관찰자들이 인식하는 사건들의 순서도 뒤바뀔 수 있게 된다. 가령 정지 관찰자 A에게 사건  $\alpha$ 가  $t=0$ 에 발생하고, 사건  $\beta$ 는  $t=1$ 에 발생하여 사건  $\alpha$ 가 사건  $\beta$ 보다 먼저 일어난 사건인 경우라 하더라도, 광속에 가까운 매우 빠른 속도로 움직이는 관찰자 B에게는 그에 비례하여 동시사건 선이 B의 세계선을 향하여 기울기 때문에, 사건  $\beta$ 가 포함된 동시사건이 사건  $\alpha$ 가 포함된 동시사건 선보다 아래에 있는 것도 가능할 수 있게 된다. 이처럼 사건들의 순서가 관찰자들의 운동 상태와 속도 등에 따라 다를 수 있는 것이 특수 상대성 이론에서 나타나는 특이한 현상 중의 하나이다.

9. 밑글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① ‘시공간’에서 빛의 속도는 관찰자에 따라 변할 수 있다.
- ② ‘시공간’ 개념에서 시간과 공간은 서로 구별되지 않는다.
- ③ 실제 세계에서 빛보다 빠른 물체는 없는 것으로 알려져 있다.
- ④ 아인슈타인은 공간과 시간을 모두 상대적인 물리량으로 보았다.
- ⑤ ‘시공간’은 시간이 한 방향으로만 진행하기 때문에 제한된 4차원 공간이다.

10. <보기>는 [가]를 2차원 시공간 그림으로 도식화한 것이다. <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① A와 B에게 사건  $\alpha$ 는 동일한 시공간의 사건이다.
- ② A와 B에게 사건  $\beta$ 는 사건  $\alpha$ 보다 먼 공간의 사건이다.
- ③ A에게 사건 순서는  $\alpha \rightarrow \beta$ , B에게 사건 순서는  $\beta \rightarrow \alpha$ 이다.
- ④ A의 입장에서  $t=1$ 일 때 사건  $\alpha$ 는 아직 일어나지 않은 사건이다.
- ⑤ B의 입장에서  $t'=0$ 일 때 사건  $\beta$ 는 이미 일어난 사건이다.

11. 밑글을 읽고 추론한 내용으로 적절한 것은?

- ① 2차원 시공간 그림에서 시간의 변화는 드러나지 않겠군.
- ② 2차원 시공간 그림에는 물체 하나의 운동만을 표시할 수 있겠군.
- ③ 2차원 시공간 그림에서 정지한 관찰자의 다른 시각의 ‘동시사건 선’은 서로 직교하겠군.
- ④ 2차원 시공간 그림에서 실제 세계에서 움직이는 물체의 세계선은 ‘시간 방향 곡선’이 되겠군.
- ⑤ 2차원 시공간 그림에서 ‘세계선’과 ‘동시사건 선’의 교차각은 관찰자의 속도에 비례하여 커지겠군.

**〈5〉 2009학년도 6월 모의평가 언어영역 24-27번**

[12~15] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

㉠ 현대 산업 체계에서 도량형의 통일된 표준이 없다면 큰 혼란을 초래할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 18세기 말부터 국제적인 표준을 만들려는 노력이 꾸준히 이루어졌다.

1791년에 처음으로 프랑스 과학아카데미는 북극에서 파리를 지나 적도까지 이르는 자오선 길이의 1000만분의 1을 '1 미터'라고 정의하였다. 그러나 자오선 길이는 측정이 어렵기 때문에 이 정의에 따라 ㉡ 눈금자를 만드는 일은 쉽지 않았다.

그 뒤 1875년에 미터 조약이 만들어졌고 이에 따라서 1889년에 열린 제1차 국제도량형총회(CGPM)는 안정성 높은 백금-이리듐 합금 막대로 제작된 '미터 원기(原器)'를 새 표준으로 정의하였다. 그러나 이렇게 만들어진 국제 미터 원기는 온도나 압력에 따라 물리적 특성이 변하거나 훼손될 경우, 원래와 똑같이 복원하는 것이 불가능하다. 이를 극복하기 위해서는, 변하지 않는 자연 대상을 바탕으로 언제든지 복원 가능한 표준을 새로 개발할 필요가 있었다.

20세기 과학의 발달로 원자 수준의 현상에 대한 정밀 측정이 가능해졌다. 원자는 내부에 일정한 에너지 준위(準位)들이 형성되어 있다. 이때 원자 안의 전자가 높은 준위에서 낮은 준위로 전이될 때 방출되는 복사선들은 각각 불변하는 고유의 파장을 가지고 있다. 따라서 1960년 제11차 총회는 크립톤이라는 원자에서 나오는 오렌지색 복사선의 파장 길이의 표준으로 정의하였다.

“미터는 크립톤-86 원자의 2p10과 5d5 준위 간의 전이에 대응하는 복사선의 진공 중 파장의 1 650 763.73 배와 같은 길이이다(CGPM, 1960).”

(주 : 국제표준단위계(SI)는 큰 수를 3자리씩 구분하여 적음)

그러나 이 정의도 크립톤 램프에서 나오는 빛의 세기가 약하므로 실제로 활용하려면 여전히 어려움이 많았다.

1960년대 이후 개발된 레이저 빛은 멀리까지 퍼지지 않고 직진하기 때문에 길이 측정에 유용함이 입증되었다. 아인슈타인의 상대성 이론에 따르면 빛의 속력은 항상 일정하므로, 레이저를 이용하여 빛의 속력을 길이 표준에 이용하자는 의견이 제기되었다. 이 의견은 1983년 제17차 총회에 반영되어 미터 정의가 현재와 같이 개정되었다.

“미터는 빛이 진공에서 299 792 458분의 1초 동안 진행한 경로의 길이이다(CGPM, 1983).”

여기서 빛의 속력이 정확한 값으로 고정된 것에 주목할 필요가 있다. 과거에는 속력을 정하려면 이동 거리와 시간을 측정해야만 했다. 그런데 측정은 항상 오차를 가지게 마련이므로 측정으로 표준을 정하면 값을 확정할 수 없다. 예를 들어 측정된 빛의 속력은 299 792 458(1.2) m/s라는 식으로

[A]

복잡하게 표현되었는데 여기서 괄호는 측정 불확정도를 나타내었다. 그러나 새로운 정의에서 빛의 속력은 불확정도가 0인 정확한 값으로 규정된다. 그 대신 길이의 정의에 따라 속력을 측정하는 것이 아니라, 역으로 빛의 속력을 기준으로 길이를 정의하게 된 것이다.

12. 윗글의 내용으로 알 수 있는 것은?

- ① 표준의 정의는 더 좋은 측정 방법이 발견되더라도 변경하면 안 된다.
- ② 자오선의 길이는 언제든지 측정이 가능하므로 복원 가능한 표준이 될 수 있다.
- ③ 원자에서 방출되는 복사선의 파장은 변하지 않으므로 표준이 될 수 있다.
- ④ 1960년의 길이 표준과 1983년의 길이 표준은 빛의 동일한 속성을 이용했다.
- ⑤ 백금-이리듐 합금은 인공물이기 때문에 국제적 표준이 될 수 없다.

13. ㉠의 사례로 보기 어려운 것은?

- ① 휴대폰 충전기가 모델마다 달라서 호환 문제가 발생한다.
- ② 병원의 체온계마다 측정한 온도가 달라서 오진이 우려된다.
- ③ 건전지 전압이 제조 회사마다 달라서 전자 제품이 고장 난다.
- ④ 생산된 부품들의 치수가 공장마다 달라서 자동차가 고장 난다.
- ⑤ 시계의 시계가 은행마다 달라서 사업자 간에 손해 배상 소송이 제기된다.

14. [A]를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 속력이 길이의 표준을 결정하게 되었다.
- ② 길이의 측정값은 불확정도가 0이 될 수 없다.
- ③ 빛은 진공에서 1초에 299 792 458 미터를 진행한다.
- ④ 시간의 표준이 길이의 표준보다 먼저 결정되어야 한다.
- ⑤ 빛의 속력은 오차가 0이 되도록 정확하게 측정할 수 있다.

15. ㉡은 '눈금'과 '자'가 [형체]와 [형체가 새겨지는 대상]이라는 의미 관계로 결합한 합성어이다. 다음 중 이와 같은 의미 관계를 보이는 것은?

- ① 꽃무늬                      ② 삼각자                      ③ 저울눈
- ④ 그림물감                  ⑤ 모눈종이



**<6> 2014학년도 6월 모의평가 국어영역 B형 28-29번**

[16~17] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

사람의 눈이 원래 하나였다면 세계를 입체적으로 지각할 수 있었을까? 입체 지각은 대상까지의 거리를 인식하여 세계를 3차원으로 파악하는 과정을 말한다. 입체 지각은 눈으로 들어오는 시각 정보로부터 다양한 단서를 얻어 이루어지는데 이를 양안 단서와 단안 단서로 구분할 수 있다. 양안 단서는 양쪽 눈이 함께 작용하여 얻어지는 것으로, 양쪽 눈에서 보내오는, 시차(視差)\*가 있는 유사한 상이 대표적이다. 단안 단서는 한쪽 눈으로 얻을 수 있는 것인데, 사람은 단안 단서만으로도 이전의 경험으로부터 추론에 의하여 세계를 3차원으로 인식할 수 있다. 망막에 맺히는 상은 2차원이지만 그 상들 사이의 깊이의 차이를 인식하게 해 주는 다양한 실마리들을 통해 입체 지각이 이루어진다.

동일한 물체가 크기가 다르게 시야에 들어오면 우리는 더 큰 시각(視角)\*을 가진 쪽이 더 가까이 있다고 인식한다. 이렇게 물체의 상대적 크기는 대표적인 단안 단서이다. 또 다른 단안 단서로는 '직선 원근'이 있다. 우리는 앞으로 뻗은 길이나 레일이 만들어 내는 평행선의 폭이 좁은 쪽이 넓은 쪽보다 멀리 있다고 인식한다. 또 하나의 단안 단서인 '결 기울기'는 같은 대상이 집단적으로 어떤 면에 분포할 때, 시야에 동시에 나타나는 대상들의 연속적인 크기, 변화로 얻어진다. 예를 들면 들뜬에 만발한 꽃을 보면 앞쪽은 꽃이 크고 뒤로 가면서 서서히 꽃이 작아지는 것으로 보이는데 이러한 시각적 단서가 쉽게 원근감을 일으킨다.

어떤 경우에는 운동으로부터 단안 단서를 얻을 수 있다. '운동 시차'는 관찰자가 운동할 때 정지한 물체들이 얼마나 빠르게 움직이는 것처럼 보이는지가 물체들까지의 상대적 거리에 대한 실마리를 제공하는 것이다. 예를 들어 기차를 타고 가다 창밖을 보면 가까이 있는 나무는 빨리 지나가고 멀리 있는 산은 거의 정지해 있는 것처럼 보인다.

동물들도 단안 단서를 활용하여 입체 지각을 할 수 있다. 특히 머리의 좌우 측면에 눈이 있는 동물들은 양쪽 눈의 시야가 겹치는 부분이 거의 없어 양안 단서를 활용하지 못한다. 이런 경우에 단안 단서는 입체 지각에서 결정적인 역할을 하게 된다. 가령 어떤 새들은 머리를 좌우로 움직였을 때 정지된 물체가 움직여 보이는 정도에 따라 물체까지의 거리를 파악한다.

- \* 시차 : 하나의 물체를 서로 다른 두 지점에서 보았을 때 방향의 차이.
- \* 시각 : 물체의 양쪽 끝으로부터 눈에 이르는 두 직선이 이르는 각.

16. 윗글로 미루어 알 수 있는 내용이 아닌 것은?

- ① 두 눈을 가진 동물 중에 단안 단서로만 입체 지각을 하는 동물이 있다.
- ② 사람이 원래 눈이 하나이더라도 경험을 통해 세계를 입체로 지각할 수 있다.
- ③ 사람의 경우에 양쪽 눈의 망막에 맺히는 상은 비슷해 보이지만 차이가 있다.
- ④ 직선 원근을 이용해 입체 지각을 하려면 두 눈에서 보내오는 상을 조합해야 한다.
- ⑤ 새가 단안 단서를 얻으려고 머리를 움직이는 것은 달리는 기차에서 창밖을 보는 것과 유사한 효과를 낸다.

17. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 이해한 내용으로 적절한 것은? [3점]

— < 보 기 > —

(가) 다람쥐가 잠자는 여우를 발견하자 여우를 보면서 자신과 여우를 연결하는 선에 대하여 직각 방향으로 움직였다.  
 (나) 축구공이 빠르게 작아지는 동영상을 보여 줄 때는 가만히 있던 강아지가 축구공이 빠르게 커지는 동영상을 보여 주자 놀라서 도망갔다.

- ① (가)에서 다람쥐가 한 행동이 입체 지각을 얻기 위한 것이라면 다람쥐는 운동 시차를 이용한 것이라 할 수 있겠군.
- ② (가)에서 다람쥐가 머리의 좌우 측면에 눈이 있는 동물이라면 양안 단서를 얻기 위해 행동한 것이라고 볼 수 있겠군.
- ③ (가)에서 다람쥐로부터 여우가 멀리 있을수록 다람쥐에게는 여우가 빠르게 이동하는 것처럼 보이겠군.
- ④ (나)는 결 기울기가 강아지에게 입체 지각을 일으킬 수 있음을 보여주는 사례이군.
- ⑤ (나)에서 강아지의 한쪽 눈을 가렸다면 강아지는 놀라는 행동을 보이지 않았겠군.

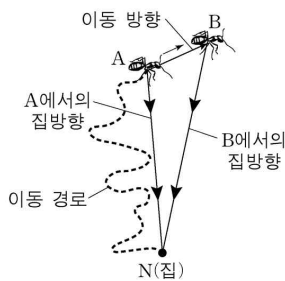
**<7> 2014학년도 9월 모의평가 국어영역 A형 16-18번**

[18~20] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

동물은 다양한 방식으로 중요한 장소의 위치를 기억하고 이를 활용하여 자신의 은신처까지 길을 찾아올 수 있다. 동물의 길 찾기 방법에는 '장소기억', '재정위', '경로적분' 등이 있다. '장소기억'은 장소의 몇몇 표지만을 영상 정보로 기억해 두었다가 그 영상과의 일치 여부를 확인하며 길을 찾는 방법이다. 기억된 영상은 어떤 각도에서 바라보는지에 따라 달라지기에, 이 방법을 활용하는 꿀벌은 특정 장소를 특정 각도에서 본 영상으로 기억해 두었다가 다시 그곳으로 갈 때는 자신이 보는 영상과 기억된 영상이 일치하도록 비행한다. 장소기억은 곤충과 포유류를 비롯한 많은 동물이 길찾기에 활용한다.

‘재정위’는 방향 기억이 형클어진 상황에서도 장소의 기하학적 특징을 활용하여 방향을 다시 찾는 방법이다. 예를 들어, 직사각형 방에 갇힌 배고픈 흰쥐에게 특정 장소에만 먹이를 두고 찾게 하면, 긴 벽이 오른쪽에 있었는지와 같은 공간적 정보만을 활용하여 먹이를 찾는다. 이런 정보는 흰쥐의 방향 감각을 혼란시킨 상황에서도 보존되는데, 흰쥐는 재정위 과정에서 장소기억 관련 정보를 무시한다. 하지만 최근 연구에 따르면, 원숭이는 재정위 과정에서 벽 색깔과 같은 장소기억 정보도 함께 활용한다는 점이 밝혀졌다.

‘경로적분’은 곤충과 새의 가장 기본적인 길찾기 방법으로 이를 활용하는 능력은 타고나는 것으로 알려졌다. 예를 들어 먹이를 찾아 길을 나선 ㉠ 사하라 사막의 사막개미는 집 근처를 이리저리 탐색하다가 일단 먹이를 찾으면 집을 향해 거의 일직선으로 돌아온다. 사막개미는 장소기억 능력이 있지만 눈에 띄는 지형 지물이 거의 없는 사막에서는 장소기억을 사용할 수 없기 때문에 경로적분을 활용한다. 사막개미의 이러한 놀라운 집찾기는 집을 출발하여 먹이를 찾아 이동하면서 자신의 위치에서 집 방향을 계속하여 다시 계산함으로써 가능하다. 가령, 그림에서 이동



경로를 따라 A에 도달한 사막개미가 먹이를 찾았다면 그 때 파악한 집 방향  $\overline{AN}$ 으로 집을 향해 갈 것이다. 만약 A에서 먹이를 찾지 못해 B로 한 걸음 이동했다고 가정하자. 이때 사막개미는 A에서 B로의 이동 방향과 거리에 근거하여 새로운 집 방향  $\overline{BN}$ 을 계산한다. 사막개미는 먹이를 찾을 때까지 이러한 과정을 반복하여 매 위치에서의 집 방향을 파악한다.

한편, 이동 경로상의 매 지점에서 사막개미가 방향을 결정하기 위해서는 기준이 있어야 한다. 이 기준을 정하기 위해 사막개미는 태양의 위치와 산란된 햇빛을 함께 이용한다. 태양의 위치는 태양이 높이 떠 있거나 구름에 가려 보이지 않을 때는 유용하지 않다. 이때 결정적 도움을 주는 것이 산란된 햇빛 정보이다. 사막개미는 마치 하늘을 망원경으로 관찰하는 천문학자처럼 하늘을 끊임없이 관찰하고 있는 셈이다.

18. 윗글에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 곤충은 길찾기 과정에서 경로적분을 사용하지 않는다.
- ② 새는 길찾기 과정에서 장소기억을 기본적으로 사용한다.
- ③ 흰쥐는 재정위 과정에서 산란된 햇빛 정보를 활용한다.
- ④ 원숭이는 재정위 과정에서 기하학적 정보도 활용한다.
- ⑤ 꿀벌은 특정 장소를 여러 각도에서 바라본 영상을 기억하여 길을 찾는다.

19. 윗글을 바탕으로 할 때, ㉠의 길찾기에 대한 추론으로 가장 적절한 것은?

- ① 사막개미는 암흑 속에서도 집 방향을 계산할 수 있겠군.
- ② 사막개미의 경로적분 능력은 학습을 통해 얻어진 것이겠군.
- ③ 지형지물이 많은 곳에서 사막개미는 장소기억을 활용하겠군.
- ④ 사막개미가 먹이를 찾은 후 집으로 되돌아갈 때는 왔던 경로를 따라 가겠군.
- ⑤ 사막개미는 한 걸음씩 이동하면서 그때마다 집까지의 직선 거리를 다시 계산하겠군.

20. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 상황에서 병아리가 보일 행동에 대한 추론으로 가장 적절한 것은? [3점]

< 보 기 >

병아리가 재정위 과정에서 기하학적 특징만을 활용한다고 가정하자. 아래 그림의 직사각형 모양의 상자에서 먹이는 A에만 있다. 병아리가 A, B, C, D를 모두 탐색하여 먹이가 어디에 있는지 학습하게 한 후, 상자에서 꺼내 방향을 혼란시킨 다음 병아리를 상자 중앙에 놓고 먹이를 찾으도록 한다. 이와 같은 실험을 여러 번 수행하여 병아리가 A, B, C, D를 탐색하는 빈도를 측정한다.

- ① A를 높은 빈도로 탐색하고 B, C, D를 비슷한 정도의 낮은 빈도로 탐색한다.
- ② A, B를 비슷한 정도의 높은 빈도로 탐색하고 C, D를 비슷한 정도의 낮은 빈도로 탐색한다.
- ③ A, C를 비슷한 정도의 높은 빈도로 탐색하고 B, D를 비슷한 정도의 낮은 빈도로 탐색한다.
- ④ A, D를 비슷한 정도의 높은 빈도로 탐색하고 B, C를 비슷한 정도의 낮은 빈도로 탐색한다.
- ⑤ A, B, C, D를 비슷한 정도의 빈도로 탐색한다.

**<8> 2015학년도 9월 모의평가 국어영역 B형 29-30번**

[21~22] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

어떤 물체가 점탄성이라는 성질을 가지고 있다고 했을 때, 점탄성이란 무엇일까? 점탄성을 이해하기 위하여 점성을 가진 물체와 탄성을 가진 물체의 특징을 알아보자. 용수철에 힘을 가하여 잡아당기면 용수철은 즉각적으로 늘어나며 용수철에 가한 힘을 제거하면 바로 원래의 형태로 되돌아가는데, 이는 용수철이 탄성을 가지고 있기 때문이다. 이와 같이 용수철은 힘과 변형의 관계가 즉각적으로 형성되는 ‘즉각성’을 가지고 있다. 반면 꿀을 평평한 판 위에 올려놓으면 꿀은 중력에 의해 서서히 흐르는 변형을 하게 되는데, 이는 꿀이 흐름에 저항하는 성질인 점성을 가지고 있기 때문이다. 즉 꿀은 힘과 변형의 관계가 시간에 따라 변하는 ‘시간 지연성’을 가지고 있다.

어떤 물체가 힘과 변형의 관계에서 탄성체가 가지고 있는 ‘즉각성’과 점성체가 가지고 있는 ‘시간 지연성’을 모두 가지고 있을 때 점탄성을 가지고 있다고 하고, 그 물체를 점탄성체라 한다. 이러한 점탄성을 잘 보여 주는 물리적 현상으로 응력 완화와 크리프를 들 수 있다. 응력 완화는 변형된 상태가 고정되어 있을 때, 물체가 받는 힘인 응력이 시간에 따라 감소하는 현상이다. 그리고 크리프는 응력이 고정되어 있을 때 변형이 서서히 증가하는 현상이다.

응력 완화를 이해하기 위해 고무줄에 힘을 주어 특정 길이 만큼 당긴 후 이 길이를 유지하는 경우를 생각해 보자. 외부에서 힘을 주면 고무줄은 즉각적으로 늘어나게 된다. 힘과 변형의 관계가 탄성의 특성인 ‘즉각성’을 보여 주는 것이다. 그런데 이때 늘어난 고무줄의 길이를 그대로 고정해 놓으면, 시간이 지남에 따라 겉보기에는 아무 변화가 없지만 고무줄의 분자들의 배열 구조가 점차 변하며 응력이 서서히 감소하게 된다. 이는 점성의 특성인 ‘시간 지연성’을 보여 주는 것이다. 이처럼 점탄성체의 변형이 그대로 유지될 때, 응력이 시간에 따라 서서히 감소하는 현상이 응력 완화이다.

이제는 고무줄에 추를 매달아 고무줄이 일정한 응력을 받도록 하는 경우를 살펴보자. 고무줄은 순간적으로 일정 길이만큼 늘어난다. 이는 탄성체가 가지고 있는 특성을 보여 준다. 그러나 이후에는 시간이 지남에 따라 점성체와 같이 분자들의 위치가 점차 변하며 고무줄이 서서히 늘어나게 되는데, 이러한 현상이 크리프이다. 오랜 세월이 지나면 유리창 유리의 아랫부분이 두꺼워지는 것도 이와 같은 현상이다.

점탄성체의 변형에 걸리는 시간이 물질마다 다른 것은 분자나 원자 간의 결합 및 배열된 구조가 서로 다르기 때문이다. 나일론과 같은 물질의 응력 완화와 크리프는 상온(常溫)에서도 인지할 수 있지만, 금속의 경우 너무 느리게 일어나므로 상온에서는 관찰이 어렵다. 온도를 높이면 물질의 유동성이 증가하기 때문에, 나일론의 경우 온도를 높임에 따라 응력 완화와 크리프가 가속화되며, 금속도 고온에서는 응력 완화와 크리프를 인지

할 수 있다. 모든 물체는 본질적으로는 점탄성체이며 물체의 점탄성 현상이 우리가 인지할 정도로 빠르게 일어나는가 아닌가의 차이가 있을 뿐이다.

21. 윗글을 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 용수철의 힘과 변형의 관계가 ‘즉각성’을 갖는 것은 점성 때문이다.
- ② 같은 온도에서는 물질의 종류와 무관하게 물질의 유동성 정도는 같다.
- ③ 물체가 서서히 변형될 때에는 물체를 이루는 분자의 위치 변화가 없다.
- ④ 유리창의 유리 아랫부분이 두꺼워지는 것은 ‘시간 지연성’과 관련이 있다.
- ⑤ 판 위의 꿀이 흐르는 동안 중력에 대응하여 꿀의 응력은 서서히 증가한다.

22. 윗글을 바탕으로 <보기>의 (가), (나)에 대해 탐구한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

- (가) 나일론 재질의 기타 줄을 길이가 늘어나게 당긴 후 고정하여 음을 맞추고 바로 풀어 보니 원래의 길이로 돌아갔다. 이번에는 기타 줄을 길이가 늘어나게 당긴 후 고정하여 음을 맞추고 오랫동안 방치해 놓으니, 매여 있는 기타 줄의 길이는 그대로였지만 팽팽한 정도가 감소하여 음이 맞지 않았다.
- (나) 무거운 책을 선반에 올려놓으니 선반이 즉각적으로 아래로 휘어졌다. 이 상태에서 선반이 서서히 휘어져 몇 달이 지난 후 살펴보니 선반의 휘어진 정도가 처음보다 더 심해져 있었다. 다른 조건이 모두 같을 때 선반이 서서히 휘는 속력은 따뜻한 여름과 추운 겨울에 따라 차이가 있었다.

- ① (가)에서 기타 줄이 원래의 길이로 돌아간 것은 기타 줄이 탄성을 가지고 있기 때문이군.
- ② (가)에서 기타 줄의 팽팽한 정도가 달라진 것은 기타 줄에 응력 완화가 일어났기 때문이군.
- ③ (가)에서 나일론 재질 대신 금속 재질의 기타 줄을 사용하면 기타 줄의 팽팽한 정도가 더 빨리 감소하겠군.
- ④ (나)에서 선반이 책 무게 때문에 서서히 변형된 것은 선반이 크리프 현상을 보였기 때문이겠군.
- ⑤ (나)에서 여름과 겨울에 선반의 휘어지는 속력이 차이가 나는 것은 선반이 겨울보다 여름에 휘어지는 속력이 더 크기 때문이군.

**<9> 2017년 11월 고2 학력평가 국어영역 25-29번**

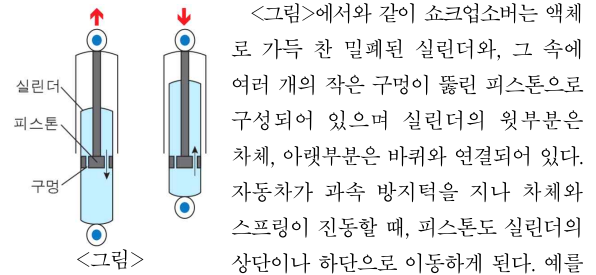
[23~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

선반에 고정된 스프링 끝에 추를 매달면 추의 무게와 스프링이 추를 당기는 힘이 같아지는 지점에서 추는 멈추게 된다. 이 상태에서 추를 아래로 잡아당겨 보자. 추를 당기는 힘으로 인해 스프링은 늘어나는데 아래로 잡아당길수록 더 큰 힘이 필요하다. 이는 추를 당기는 힘에 대항하는 스프링의 탄성력 때문이다. 탄성력이란 고무줄이나 스프링같이 탄성을 가진 물체가 원래의 모양으로 되돌아가려는 힘이며, 길이를 늘이거나 압축하는 방향의 반대 방향으로 작용한다. 당겼던 추를 놓으면 탄성력에 의해 추는 상하로 진동하다가 추를 당기기 전과 동일한 지점에서 멈추게 된다. 이 지점을 평형점이라고 한다.

① 이러한 추의 진동 과정은 에너지의 전환 과정으로도 설명될 수 있다. 추를 잡아당길 때, 추를 잡아당기는 데에 사용한 에너지가 스프링에 저장되었다고 할 수 있는데 이때 저장된 에너지를 탄성력에 의한 '퍼텐셜 에너지'라고 한다. 당겼던 추를 놓으면 스프링은 탄성력에 의해 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지만큼 추를 수직 방향으로 상향, 가속시키는 일을 한다. 즉 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지가 추의 운동 에너지로 전환되는 것이다. 수직 상향하던 추는 평형점을 지날 때에 속력이 가장 빠르고 운동 에너지는 최대가 된다. 이후 추는 계속 상향하면서 스프링을 누르는 일을 하여 결국 속도가 0인 최고점에 도달하게 된다. 즉 평형점을 지나면서 추의 운동 에너지는 스프링의 퍼텐셜 에너지로 전환되는 것이다. 이후 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지는 상향으로 운동할 때와 방향이 반대일 뿐, 같은 과정을 거쳐 운동 에너지로 전환되어 추를 수직 하향하게 한다. 만약 추의 운동을 방해하는 힘이 없고 공기 저항 등으로 인한 손실이 전혀 없었다고 가정한다면 이러한 에너지 전환 과정이 반복되면서 스프링과 추는 계속 진동하게 될 것이다. 즉 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합은 항상 일정한 상태로 유지되는 것이다. 하지만 실제로는 공기와 스프링의 마찰 등에 의해 추의 운동 에너지가 열에너지로 전환되므로 에너지 전환 과정이 반복될수록 진동은 점차적으로 줄기 마련이다. 이를 '감쇠 현상'이라고 한다.

이와 같이 진동에서 일어나는 에너지 전환과, 감쇠의 원리를 적절히 응용한 것이 [현가장치]의 스프링과 쇼크업소버이다. 먼저 차체와 바퀴 사이에 위치한 스프링은 진동을 활용하여 지면에서 받은 충격이 차체로 전달되는 것을 줄여주는 역할을 한다. 예를 들어 ㉠ 평지를 달리던 자동차가 과속 방지턱을 지난 후 높이 변화가 없는 평지를 계속 달리고 있다고 하자. 과속 방지턱에서 받은 충격으로 스프링은 차체와 바퀴 사이에서 눌러 퍼텐셜 에너지가 스프링에 저장된다. 이 에너지로 인해 스프링은 스프링 상단의 차체를 밀어 올리는 일을 하게 된다. 따라서 차체는 수직으로 상향, 가속되다가 평형점을 지나 감속되면서 운동 에너지가 퍼텐셜 에너지로 완전히 전환되는 최고점에 이른다. 이후 차체는 하향, 가속되다가 평형점을 지나 최저점에 도달하게 된다. 이와

같은 에너지 전환이 반복되면서 차체와 스프링은 진동하게 되는 것이다. 하지만 스프링만으로는, 차체 진동의 평형점에서 최고점이나 최저점까지의 거리인 진폭을 줄이는 데 시간이 오래 걸리므로 차에 탄 사람에게 불쾌감을 주게 된다. 그래서 스프링의 진동을 줄여주는 장치가 추가로 필요한데, 그것이 바로 스프링과 연결되어 있는 ㉡ 쇼크업소버이다.



예를 들어 차체가 수직으로 하향할 때 피스톤도 실린더의 하단으로 이동하게 된다. 이때 피스톤 아래에 있던 액체는 작은 구멍을 통해 피스톤 위로 이동하게 되는데 구멍의 크기가 작아 액체와 구멍 사이에서 마찰이 발생하기 때문에 피스톤이 하단으로 이동하는 속도가 그만큼 줄어들어 천천히 움직이게 된다. 이때 마찰에 의해 열이 발생하여 실린더 내부의 온도가 상승하게 되는데, 이를 에너지의 전환으로 설명하면 운동 에너지가 열에너지로 흩어지게 되는 것이다. 이와 같은 과정을 통해 쇼크업소버는 차체 진동의 진폭을 줄이게 된다. 결국 자동차의 승차감은 현가 장치의 스프링과 쇼크업소버의 기능이 적절히 결합해 만들어지는 것이다.

\* 현가장치 : 자동차가 주행 중 노면으로부터 바퀴를 통하여 받게 되는 충격을 흡수하여 차체나 화물의 손상을 방지하고 승차감을 좋게 하는 장치.

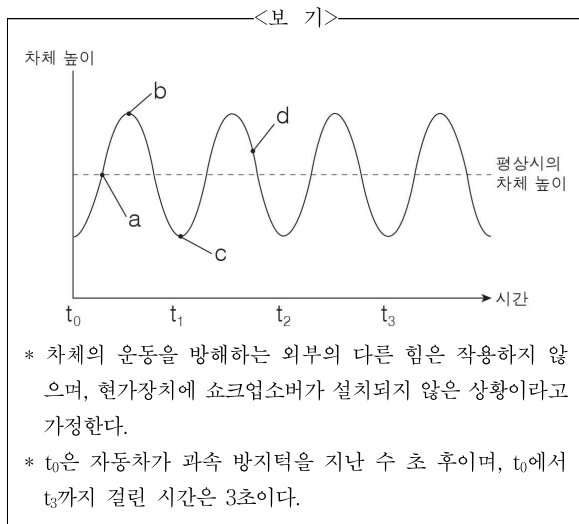
**23. 밑글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?**

- ① 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 역사
  - 에너지 전환 이론을 중심으로
- ② 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 역할
  - 평형점의 이동 원리를 중심으로
- ③ 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 작동 원리
  - 에너지 전환과 진동의 감쇠를 중심으로
- ④ 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 장점과 단점
  - 에너지의 발생과 감쇠를 중심으로
- ⑤ 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 주요 기능
  - 열에너지의 감소 과정을 중심으로

24. ㉠에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 스프링 대신 고무줄을 사용해도 유사한 현상이 발생할 것이다.
- ② 추를 수직 하향으로 당기면 스프링의 탄성력은 수직 상향으로 작용한다.
- ③ 추를 당겨서 스프링을 늘이려면 스프링의 탄성력보다 큰 힘이 필요하다.
- ④ 추를 당겼다 놓은 후 추가 진동하다 멈추는 것은 공기의 저항 등에 따른 감쇠 현상 때문일 것이다.
- ⑤ 추를 잡아당겼다 놓으면 스프링의 진동은 추를 당기기 전보다 높은 지점에서 결국 멈추게 될 것이다.

※ <보기>는 뒷글의 ㉡의 상황에서 나타난 차체의 진동을 그래프로 표현한 것이다. 뒷글과 <보기>를 바탕으로 27번과 28번의 두 물음에 답하시오.



25. 뒷글을 바탕으로 <보기>를 이해한 학생의 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]

- ① a는 차체 진동의 평형점으로, a에서의 차체의 수직 방향의 속력은 d에서보다 더 빠르겠군.
- ② b는 수직으로 운동하는 차체의 운동 에너지보다 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지가 큰 지점이겠군.
- ③ b와 c는 스프링이 수직 방향으로 움직이는 속도가 0이 되는 지점이겠군.
- ④ c는 수직 하향하던 차체의 운동 에너지가 0이 되는 지점이겠군.
- ⑤ d는 차체의 높이가 낮아지면서 탄성력에 의해 스프링이 늘어나고 있는 지점이겠군.

26. <보기>의 상황에서 ㉢을 추가로 설치했다고 할 때, 추론한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 차체의 높이가 a를 지날 때 ㉢의 피스톤은 실린더의 윗부분으로 이동하고 있을 것이다.
- ② 차체의 높이가 a에서 b가 되는 과정에서 ㉢의 피스톤 아래의 액체는 피스톤 위로 이동하게 될 것이다.
- ③ 차체의 높이 변화라고 할 수 있는 b에서 c까지의 수직 거리는 ㉢의 실린더에서 발생한 마찰로 인해 시간이 흐를수록 감소하게 될 것이다.
- ④ 차체의 높이가 c를 지나게 되면 실린더의 아래쪽으로 이동하던 ㉢의 피스톤의 방향은 전환되었을 것이다.
- ⑤ 차체의 높이가 d일 때 ㉢의 피스톤 아래의 액체가 작은 구멍을 통과하면서 실린더 내부에는 열이 발생할 것이다.

27. 뒷글의 [현가장치]에 대해 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 스프링은 열을 탄성력으로 바꾸고, 쇼크업소버는 진동의 충격을 열로 바꾸는군.
- ② 스프링은 충격이 차체로 전달되는 것을 줄여주고, 쇼크업소버는 차체 진동의 진폭을 줄이는군.
- ③ 스프링은 차체의 진동방향을 바꾸고, 쇼크업소버는 차체 진동의 속도를 높이는 역할을 하는군.
- ④ 스프링에서는 운동 에너지가 열에너지로 전환되고, 쇼크업소버에서는 열에너지가 운동 에너지로 전환되는군.
- ⑤ 스프링에서는 공기와 스프링의 마찰을 늘려서, 쇼크업소버에서는 액체와 피스톤의 마찰을 억제해서 열이 발생되는군.

**<10> 2012년 9월 고2 학력평가 국어영역 B형 38-41번**

[28~31] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

체조 선수들의 연기를 지켜보고 있으면 유난히 회전 연기가 많은 것을 알 수 있다. 철봉에서 뛰어 올라 공중에서 두 세 바퀴를 회전하고 멋지게 착지하는 연기는 그야말로 탄성을 자아내게 한다. 그러면서 한편으로는 여러 가지 궁금증이 생긴다. 체조 선수가 회전할 때 팔이나 다리를 굽힌 채 회전하는 이유는 무엇일까? 어떻게 순식간에 몇 바퀴를 돌 수 있을까? 결론부터 말하자면 체조 선수들의 회전 연기 속에는 예술적인 측면 외에도 물리 현상에 대한 이해를 바탕으로 한 다분히 과학적인 행동이 섞여 있다.

어떤 물체가 회전하기 위해서는 최초의 돌림힘\*이 있어야 한다. 돌림힘이 없으면 물체는 회전할 수 없다. 돌림힘이 발생하여 물체가 회전하게 되었을 때, 회전하는 모든 물체가 갖는 물리량을 각운동량이라고 한다. 각운동량은 회전체의 질량과 속도, 그리고 회전 반경\*을 곱한 값이다. 일단 생겨난 각운동량은 외부의 돌림힘이 더해지지 않는 한, 회전하는 동안에 질량과 속도, 회전반경의 곱이 항상 같은 값을 유지하면서 그 운동량을 ㉠ 보존하려 하는데 이것을 '각운동량 보존의 법칙'이라 한다.

우리가 일상생활 속에서 접하는 물리 현상 중에서도 각운동량 보존의 법칙이 적용되는 경우를 쉽게 찾아볼 수 있다. 예를 들어 회전의자에 사람이 앉아 있는 경우, 의자를 적당히 회전시킨 후에 추가로 돌림힘을 주지 않은 상태에서 양팔을 벌리면 회전 속도가 느려진다. 다시 양팔을 가슴 쪽에 모으면 회전 속도는 빨라진다. 대략 머리와 엉덩이를 잇는 신체 중심축을 회전축이라고 할 때, 양팔을 벌리면 회전 반경은 커지나 전체적인 질량은 변하지 않으므로 각운동량 보존의 법칙에 의해 회전 속도가 느려지게 되는 것이다. 반대로 양팔을 가슴 쪽으로 모으면 다시 회전 반경이 작아졌으므로 속도는 빨라질 수밖에 없다.

체조 선수들의 회전 연기도 마찬가지다. 체조 선수가 천천히 회전하기를 원할 때는 몸을 펴서 속도와 회전수를 최대한 줄이지만, 빠른 회전을 원할 때는 몸을 굽혀 회전 반지름을 최소화하는 것이다. 그리고 체조 선수들은 공중 회전 후 착지하는 순간 팔을 힘껏 펼쳐 보이는데 이는 관중을 위한 쇼맨십일 수도 있지만 각운동량 보존의 법칙을 생각한다면 회전 속도를 줄여 안전하게 착지하기 위한 과학적 행동으로 볼 수 있다.

\* 돌림힘 : 물체에 작용하여 물체를 회전시키는 원인이 되는 물리량.  
\* 회전 반경 : 회전의 중심축으로부터 물체까지의 거리, 즉 반지름.

28. 윗글을 통해 알 수 있는 내용이 아닌 것은?

- ① 각운동량의 개념
- ② 각운동량의 발생 조건
- ③ 각운동량 보존의 사례
- ④ 회전축이 각운동량에 미치는 영향
- ⑤ 회전체의 질량과 회전 속도의 관계

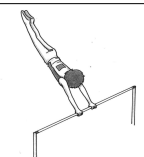

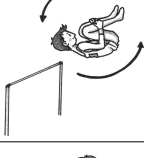


29. [A]를 바탕으로 할 때, 속도 변화의 원인이 같은 것을 <보기>에서 모두 골라 묶은 것은? [3점]

<보 기>

- ㄱ. 태양을 중심으로 회전하는 지구는 태양과의 거리가 가까워질수록 속도가 빨라진다.
- ㄴ. 실에 돌을 묶어서 돌리면서 실의 길이를 늘리면 돌의 회전 속도가 느려진다.
- ㄷ. 회전하는 의자에 앉아 있는 사람에게 아령을 주면 회전 속도가 느려진다.
- ㄹ. 달리는 자동차는 가속 페달을 밟으면 바퀴의 회전 속도가 빨라진다.

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

30. 다음은 철봉 경기 해설의 일부이다. 윗글을 통해 확인할 수 있는 내용이 아닌 것은?

경기 장면	해설 내용
	회전 속도를 최대한 늦추려면 몸을 펼 수 있는 한 쪽 펴야 합니다. …… ①
	저렇게 발을 철봉에 대고 돌면 몸을 폈을 때보다 같은 힘이라도 회전 속도가 빨라지게 됩니다. …… ②
	몸을 붙여서 회전 반지름을 최소화했기 때문에 회전 속도가 빨라져서 여러 번의 회전의 가능한 것입니다. …… ③
	무릎을 굽혀서 자세를 최대한 낮추는 것은 회전 속도를 줄여 안전하게 착지하려는 계획적 행동입니다. …… ④
	1등을 한 선수의 키가 가장 작네요. 선수 개인의 능력도 중요하겠지만 모든 조건이 같다면 작은 선수가 회전 속도나 회전 수에서 유리할 수 있습니다. …… ⑤

31. ㉠의 의미를 포함하고 있는 말로 볼 수 없는 것은?

- ① 아이는 모래를 가지고 장난하기를 좋아한다.
- ② 그 사람의 목걸이를 오랫동안 간직하고 있다.
- ③ 이 양식은 겨우살이를 위해 갈무리된 것이다.
- ④ 스승님은 연구 결과를 논문으로 남기고 있다.
- ⑤ 어머니께서 물려주신 것이라 소중히 지니고 있다.

**<11> 2014학년도 9월 모의평가 국어영역 B형 28-29번**

[32~33] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

회전 운동을 하는 물체는 외부로부터 돌림힘이 작용하지 않는다면 일정한 빠르기로 회전 운동을 유지하는데, 이를 각운동량 보존 법칙이라 한다. 각운동량은 질량이  $m$ 인 작은 알갱이가 회전축으로부터  $r$ 만큼 떨어져 속도  $v$ 로 운동하고 있을 때  $mvr$ 로 표현된다. 그런데 회전하는 물체에 회전 방향으로 힘이 가해지거나 마찰 또는 공기 저항이 작용하게 되면, 회전하는 물체의 각운동량이 변화하여 회전 속도는 빨라지거나 느려지게 된다. 이렇게 회전하는 물체의 각운동량을 변화시키는 힘을 돌림힘이라고 한다.

그러면 팽이와 같은 물체의 각운동량은 어떻게 표현할까? 아주 작은 균일한 알갱이들로 팽이가 이루어졌다고 볼 때, 이 알갱이 하나하나를 질량 요소라고 한다. 이 질량 요소 각각의 각운동량의 총합이 팽이 전체의 각운동량에 해당한다. 회전 운동에서 물체의 각운동량은 (각속도) × (회전 관성)으로 나타낸다. 여기에서 각속도는 회전 운동에서 물체가 단위 시간당 회전하는 각이다. 질량이 직선 운동에서 물체의 속도를 변화시키기 어려운 정도를 나타내듯이, 회전 관성은 회전 운동에서 각속도를 변화시키기 어려운 정도를 나타낸다. 즉, 회전체의 회전 관성이 클수록 그것의 회전 속도를 변화시키기 어렵다.

회전체의 회전 관성은 회전체를 구성하는 질량 요소들의 회전 관성의 합과 같은데, 질량 요소들의 회전 관성은 질량 요소가 회전축에서 떨어져 있는 거리가 멀수록 커진다. 그러므로 질량이 같은 두 팽이가 있을 때 훌쭉하고 키가 큰 팽이보다 넓적하고 키가 작은 팽이가 회전 관성이 크다.

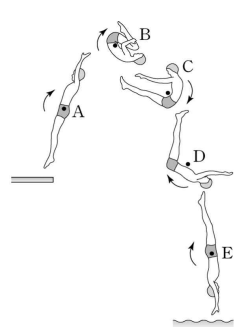
각운동량 보존의 원리는 스포츠에서도 쉽게 확인할 수 있다. 피겨 선수에게 공중 회전수는 중요한데 이를 확보하기 위해서는 공중회전을 하는 동안 각속도를 크게 해야 한다. 이를 위해 피겨 선수가 공중에서 팔을 몸에 바짝 붙인 상태로 회전하는 것을 볼 수 있다. 피겨 선수의 회전 관성은 몸을 이루는 질량 요소들의 회전 관성의 합과 같다. 따라서 팔을 몸에 붙이면 팔을 구성하는 질량 요소들이 회전축에 가까워져서 팔을 뻗을 때보다 몸 전체의 회전 관성이 줄어들게 된다. 점프 이후에 공중에서 각운동량은 보존되기 때문에 팔을 붙였을 때가 뻗을 때보다 각속도가 커지는 것이다. 반대로 착지 직전에는 각속도를 줄여 착지 실수를 없애야 하기 때문에 양팔을 한껏 펼쳐 회전 관성을 크게 만드는 것이 유리하다.

32. 윗글로 미루어 알 수 있는 내용으로 적절한 것은?

- ① 정지되어 있는 물체는 회전 관성이 클수록 회전시키기 쉽다.
- ② 회전하는 팽이는 외부에서 가해지는 돌림힘의 작용 없이 회전을 멈출 수 있다.
- ③ 지면과의 마찰은 회전하는 팽이의 회전 관성을 작게 만들어 팽이의 각운동량을 줄어든다.
- ④ 크기와 질량이 동일한, 속이 빈 쇠공과 속이 찬 플라스틱 공이 자전할 때 회전 관성은 쇠공이 더 크다.
- ⑤ 회전하는 하나의 시곗바늘 위의 두 점 중, 회전축에 가까이 있는 점이 멀리 있는 점보다 각속도가 작다.

33. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절한 것은? [3점]

< 보 기 >



다이빙 선수가 발판에서 점프하여 공중 회전하며 A~E 단계를 거쳐 1.5바퀴 회전하여 입수하고 있다. 여기에서 검은 점은 회전 운동의 회전축을 나타내며 회전 운동은 화살표 방향으로만 진행된다. 단, 다이빙 선수가 공중에 머무는 동안은 외부에서 돌림힘이 작용하지 않는다고 간주한다.

- ① A보다 B에서 다이빙 선수의 각운동량이 더 크겠군.
- ② B보다 D에서 다이빙 선수의 질량 요소들의 합은 더 작겠군.
- ③ A~E의 다섯 단계 중 B 단계에서 다이빙 선수는 가장 작은 각속도를 갖겠군.
- ④ C에서 E로 진행함에 따라 다이빙 선수의 팔과 다리가 펼쳐지면서 회전 관성이 작아지겠군.
- ⑤ B 단계부터 같은 자세로 회전 운동을 계속하여 입수한다면 다이빙 선수는 1.5바퀴보다 더 많이 회전하겠군.

**<12> 2016학년도 수능 국어영역 A형 16-18번**

[34~36] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지레는 받침과 지렛대를 이용하여 물체를 쉽게 움직일 수 있는 도구이다. 지레에서 힘을 주는 곳을 힘점, 지렛대를 받치는 곳을 받침점, 물체에 힘이 작용하는 곳을 작용점이라 한다. 받침점에서 힘점까지의 거리가 받침점에서 작용점까지의 거리에 비해 멀수록 힘점에 작은 힘을 주어 작용점에서 물체에 큰 힘을 가할 수 있다. 이러한 지레의 원리에는 돌림힘의 개념이 숨어 있다.

물체의 회전 상태에 변화를 일으키는 힘의 효과를 돌림힘이라고 한다. 물체에 회전 운동을 일으키거나 물체의 회전 속도를 변화시키려면 물체에 힘을 가해야 한다. 같은 힘이라도 회전축으로부터 얼마나 멀리 떨어진 곳에 가해 주느냐에 따라 회전 상태의 변화 양상이 달라진다. 물체에 속한 점 X와 회전축을 최단 거리로 잇는 직선과 직각을 이루는 동시에 회전축과 직각을 이루도록 힘을 X에 가한다고 하자. 이때 물체에 작용하는 돌림힘의 크기는 회전축에서 X까지의 거리와 가해 준 힘의 크기의 곱으로 표현되고 그 단위는 N·m(뉴턴미터)이다.

동일한 물체에 작용하는 두 돌림힘의 합을 알짜 돌림힘이라 한다. 두 돌림힘의 방향이 같으면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 합이 되고 그 방향은 두 돌림힘의 방향과 같다. 두 돌림힘의 방향이 서로 반대이면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 차가 되고 그 방향은 더 큰 돌림힘의 방향과 같다. 지레의 힘점에 힘을 주지만 물체가 지레의 회전을 방해하는 힘을 작용점에 주어 지레가 움직이지 않는 상황처럼, 두 돌림힘의 크기가 같고 방향이 반대이면 알짜 돌림힘은 0이 되고 이때를 돌림힘의 평형이라고 한다.

회전 속도의 변화는 물체에 알짜 돌림힘이 일을 해 주었을 때에만 일어난다. 들고 있는 팽이에 마찰력이 일으키는 돌림힘을 포함하여 어떤 돌림힘도 작용하지 않으면 팽이는 영원히 돈다. 일정한 형태의 물체에 일정한 크기와 방향의 알짜 돌림힘을 가하여 물체를 회전시키면, 알짜 돌림힘이 한 일은 알짜 돌림힘의 크기와 회전 각도의 곱이고 그 단위는 J(줄)이다.

가령, 마찰이 없는 여단이문이 정지해 있다고 하자. 갑은 지면에 대하여 수직으로 서 있는 문의 회전축에서 1m 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 300N의 힘으로 밀고, 을은 [가] 문을 사이에 두고 갑의 반대쪽에서 회전축에서 2m만큼 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 200N의 힘으로 미는 상태에서 문이 90° 즉, 0.5π 라디안을 돌면, 알짜 돌림힘이 문에 해 준 일은 50π J이다.

알짜 돌림힘이 물체를 돌리려는 방향과 물체의 회전 방향이 일치하면 알짜 돌림힘이 양(+)의 일을 하고 그 방향이 서로 반대이면 음(-)의 일을 한다. 어떤 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 그만큼 물체의 회전 운동 에너지는 증가하고 음의 일을 하면 그만큼 회전 운동 에너지는 감소한다. 형태가 일정한 물체의 회전 운동 에너지는 회전 속도의 제곱에 정비례한다.

그러므로 형태가 일정한 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 회전 속도가 증가하고, 음의 일을 하면 회전 속도가 감소한다.

34. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 물체에 힘이 가해지지 않으면 돌림힘은 작용하지 않는다.
- ② 물체에 가해진 알짜 돌림힘이 0이 아니면 물체의 회전 상태가 변화한다.
- ③ 회전 속도가 감소하고 있는, 형태가 일정한 물체에는 돌림힘이 작용한다.
- ④ 힘점에 힘을 받는 지렛대가 움직이지 않으면 돌림힘의 평형이 이루어져 있다.
- ⑤ 형태가 일정한 물체의 회전 속도가 2배가 되면 회전 운동 에너지는 2배가 된다.

35. [가]에서 문이 90° 회전하는 동안의 상황에 대한 이해로 적절한 것은?

- ① 알짜 돌림힘의 크기는 점점 증가한다.
- ② 문의 회전 운동 에너지는 점점 증가한다.
- ③ 문에는 돌림힘의 평형이 유지되고 있다.
- ④ 알짜 돌림힘과 갑의 돌림힘은 방향이 같다.
- ⑤ 갑의 돌림힘의 크기는 을의 돌림힘의 크기보다 크다.

36. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 '원판'의 회전 운동에 대한 이해로 적절하지 않은 것은? [3점]

—< 보 기 >—

돌고 있는 원판 위의 두 점 A, B는 그 원판의 중심 O를 수직으로 통과하는 회전축에서 각각 0.5R, R만큼 떨어져 O, A, B의 순서로 한 직선 위에 있다. A, B에는 각각 OA, OB와 직각 방향으로 표면과 평행하게 같은 크기의 힘이 작용하여 원판을 각각 시계 방향과 시계 반대 방향으로 밀어 준다. 현재 이 원판은 시계 반대 방향으로 회전하고 있다. 단, 원판에는 다른 힘이 작용하지 않고 회전축은 고정되어 있다.

- ① 두 힘을 계속 가해 주는 상태에서 원판의 회전 속도는 증가한다.
- ② A, B에 가해 주는 힘을 모두 제거하면 원판은 일정한 회전 속도를 유지한다.
- ③ A에 가해 주는 힘만을 제거하면 원판의 회전 속도는 증가한다.
- ④ A에 가해 주는 힘만을 제거한 상태에서 원판이 두 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일은 한 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일의 4배이다.
- ⑤ B에 가해 주는 힘만을 제거하면 원판의 회전 운동 에너지는 점차 감소하여 0이 되었다가 다시 증가한다.



**<13> 2016학년도 수능 국어영역 B형 29-30번**

[37~38] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

어떤 물체가 물이나 공기와 같은 유체 속에서 자유 낙하할 때 물체에는 중력, 부력, 항력이 작용한다. 중력은 물체의 질량에 중력 가속도를 곱한 값으로 물체가 낙하하는 동안 일정하다. 부력은 어떤 물체에 의해서 배제된 부피만큼의 유체의 무게에 해당하는 힘으로, 항상 중력의 반대 방향으로 작용한다. 빗방울에 작용하는 부력의 크기는 빗방울의 부피에 해당하는 공기의 무게이다. 공기의 밀도는 물의 밀도의 1,000분의 1 수준이므로, 빗방울이 공기 중에서 떨어질 때 부력이 빗방울의 낙하 운동에 영향을 주는 정도는 미미하다. 그러나 스티로폼 입자와 같이 밀도가 매우 작은 물체가 낙하할 경우에는 부력이 물체의 낙하 속도에 큰 영향을 미친다.

물체가 유체 내에 정지해 있을 때와는 달리, 유체 속에서 운동하는 경우에는 물체의 운동에 저항하는 힘인 항력이 발생하는데, 이 힘은 물체의 운동 방향과 반대로 작용한다. 항력은 유체 속에서 운동하는 물체의 속도가 커질수록 이에 상응하여 커진다. 항력은 마찰 항력과 압력 항력의 합이다. 마찰 항력은 유체의 점성 때문에 물체의 표면에 가해지는 항력으로, 유체의 점성이 크거나 물체의 표면적이 클수록 커진다. 압력 항력은 물체가 이동할 때 물체의 전후방에 생기는 압력 차에 의해 생기는 항력으로, 물체의 운동 방향에서 바라본 물체의 단면적이 클수록 커진다.

안개비의 빗방울이나 미세 먼지와 같이 작은 물체가 낙하하는 경우에는 물체의 전후방에 생기는 압력 차가 매우 작아 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지한다. 빗방울의 크기가 커지면 전체 항력 중 압력 항력이 차지하는 비율이 점점 커진다. 반면 스카이다이버와 같이 큰 물체가 빠른 속도로 떨어질 때에는 물체의 전후방에 생기는 압력 차에 의한 압력 항력이 매우 크므로 마찰 항력이 전체 항력에 기여하는 비중은 무시할 만하다.

빗방울이 낙하할 때 처음에는 중력 때문에 빗방울의 낙하 속도가 점점 증가하지만, 이에 따라 항력도 커지게 되어 마침내 항력과 부력의 합이 중력의 크기와 같아지게 된다. 이때 물체의 가속도가 0이 되므로 빗방울의 속도는 일정해지는데, 이렇게 일정해진 속도를 종단 속도라 한다. 유체 속에서 상승하거나 지면과 수평으로 이동하는 물체의 경우에도 종단 속도가 나타나는 것은 이동 방향으로 작용하는 힘과 반대 방향으로 작용하는 힘의 평형에 의한 것이다.

37. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 스카이다이버가 낙하 운동할 때에는 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지하게 된다.
- ② 물체가 유체 속에서 운동할 때 물체 전후방에 생기는 압력 차는 그 물체의 속도를 증가시킨다.
- ③ 낙하하는 물체의 속도가 종단 속도에 이르게 되면 그 물체의 가속도는 중력 가속도와 같아진다.
- ④ 균일한 밀도의 액체 속에서 낙하하는 동전에 작용하는 부력은 항력의 크기에 상관없이 일정한 크기를 유지한다.
- ⑤ 균일한 밀도의 액체 속에 완전히 잠겨 있는 쇠 막대에 작용하는 부력은 서 있을 때보다 누워 있을 때가 더 크다.

38. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

< 보 기 >

크기와 모양은 같으나 밀도가 서로 다른 구 모양의 물체 A와 B를 공기 중에 고정하였다. 이때 물체 A와 B의 밀도는 공기보다 작으며, 물체 B의 밀도는 물체 A보다 더 크다. 물체 A와 B를 놓아 주었더니 두 물체 모두 속도가 증가하며 상승하다가, 각각 어느 정도 시간이 지난 후 각각 다른 일정한 속도를 유지한 채 계속 상승하였다. (단, 두 물체는 공기나 다른 기체 중에서 크기와 밀도가 유지되도록 제작되었고, 물체 운동에 영향을 줄 수 있는 기체의 흐름과 같은 외적 요인들이 모두 제거되었다고 가정함.)

- ① A와 B가 고정되어 있을 때에는 A에 작용하는 항력이 B에 작용하는 항력보다 더 작겠군.
- ② A와 B가 각각 일정한 속도를 유지할 때 A에 작용하고 있는 항력은 B에 작용하고 있는 항력보다 더 작겠군.
- ③ A에 작용하는 부력과 중력의 크기 차이는 A의 속도가 증가하고 있을 때보다 A가 고정되어 있을 때 더 크겠군.
- ④ A와 B 모두 일정한 속도에 도달하기 전에 속도가 증가하는 것으로 보아 A와 B에 작용하는 항력이 점점 감소하기 때문에 일정한 속도에 도달하는 것이겠군.
- ⑤ 공기보다 밀도가 더 큰 기체 내에서 B가 상승하여 일정한 속도를 유지할 때 B에 작용하는 항력은 공기 중에서 상승하여 일정한 속도를 유지할 때 작용하는 항력보다 더 크겠군.

<14> 2010년 고2 6월 학력평가 언어영역 30-33번

[39~42] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

무지개는 태양광이 공기 중의 물방울에 의해 반사·굴절되어 나타나는 빛의 분산 현상이다. 태양광은 물방울 내에 곧고루 입사되어 굴절과 반사를 거치면서 그 양이 줄어든다. 그리고 아주 적은 양의 빛이 우리 눈에 도달하여 아름다운 무지개를 선사하는 것이다. 그런데 무지개는 왜 바깥쪽이 빨간색이고 안쪽이 보라색일까? 또 무지개는 왜 삼각형이나 사각형으로는 뜨지 않는 것일까?

두께가 일정한 유리판에 백색광을 입사시키면 이론적으로는 파장이 다른 여럿의 빛깔을 분리해 낼 수 있다. 그러나 파장에 따른 굴절각의 차이가 매우 작아 실제로는 분리가 거의 일어나지 않으므로 육안으로는 분산을 확인할 수 없다. 반면에 프리즘은 평행하지 않은 두 표면에 의해 굴절각의 차이가 커지기 때문에 빛이 효과적으로 분리될 수 있다.

우리가 보는 무지개는 물방울 내에서 한 번의 반사와 두 번의 굴절[**㉠**] 만들어진다. 물방울은 곡면으로 되어 있고, 이 곡면에서 빛의 굴절이 일어나므로 굴절각의 차이가 커지면서 분산 현상이 관찰되는 것이다. 물방울로부터 분산되어 나오는 빛의 각도는 특정 각도로부터 많은 양의 빛이 퍼져 나가게 되는데, 이 각을 ‘무지개각’이라고 한다. 빨간색 빛의 무지개각은 42°, 보라색 빛의 무지개각은 41°이다. 즉 백색광이 물방울에 들어갔을 때, 42°와 41° 사이로 모든 무지개색 빛이 퍼져 나가게 된다.

무지개의 형태와 색에 대한 이해를 위해, 우산 표면에 수많은 물방울이 붙어 있고, 백색광이 우산꼭지에서 손잡이 쪽으로 진행되는 상황을 가정해 보자. 우산이 42°만큼 퍼 있는 상태라면, 물방울들로부터 빨간색 빛이 42° 각도로 퍼져 나가고, 보라색 빛은 41° 각도로 퍼져 나갈 것이다. 이때 우산 꼭지에 눈을 가져간다면 우리는 과연 무엇을 볼 수 있을까? 42°로 퍼져 나가는 빨간색 빛만이 우산 꼭지를 통과하게 되므로 우리는 빨간색의 동그란 원을 볼 수 있을 것이다. 즉 42°에 있는 모든 물방울로부터는 빨간색 빛만이, 41°에 있는 모든 물방울로부터는 보라색 빛만이 우리 눈으로 들어오게 된다. 따라서 무지개는 바깥쪽이 빨간색이고 안쪽이 보라색인 원형이 된다. 원래 원형인 무지개는 땅 위에서 보기 때문에 반원형으로 보이는 것이다.

한편 무지개 주위로 이차 무지개가 생기는 경우도 드물게 발생한다. 이차 무지개는 색 배치가 일차 무지개와는 반대로 나타날 뿐만 아니라 ① 일차 무지개에 비해 색이 흐리다. 이 현상은 일차 무지개가 물방울 내에서 백색광이 한 번 반사되어 만들어지는 데 반해, 이차 무지개는 두 번의 반사가 일어나 만들어지기 때문이다. 이차 무지개의 무지개각은 빨간색 빛이 50°, 보라색 빛은 54°가 되어 일차 무지개와는 반대의 색 배치가 된다.

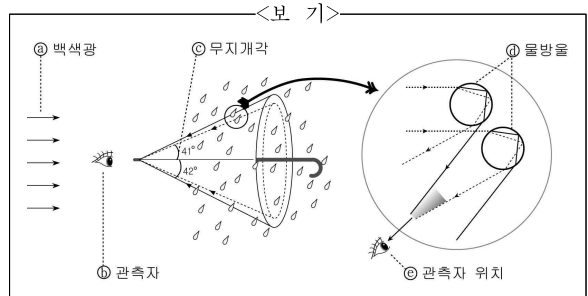
39. 윗글의 글쓰기 전략을 <보기>에서 골라 바르게 묶은 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 친숙한 소재를 통해 자연 현상에 대한 이해를 돕는다.  
 ㄴ. 자연 현상에 대한 기존 이론을 반박하여 새롭게 해석한다.  
 ㄷ. 자연 현상에 대한 전문가의 견해를 인용해 신뢰성을 높인다.  
 ㄹ. 질문 형식을 활용하여 자연 현상에 대한 호기심을 유발한다.

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

40. 다음은 [A]를 그림으로 나타낸 것이다. 이를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉠은 무지개 현상을 만들어 내는 빛이다.  
 ② ㉡의 위치가 바뀌면 눈에 보이는 무지개도 달라진다.  
 ③ ㉢의 41°로 퍼져 나오는 무지개색은 보라색 빛이다.  
 ④ ㉣의 물방울에서는 한 가지 색깔의 빛이 나온다.  
 ⑤ ㉦가 지면의 영향을 받지 않는다면 원형의 무지개를 볼 수 있다.

41. ㉠의 이유로 타당한 것은?

- ① 물방울의 곡면에 의해 빛의 굴절각의 차이가 크게 나기 때문이다.  
 ② 특정 무지개각에서만 이차 무지개의 분산 현상이 나타나기 때문이다.  
 ③ 보라색 빛의 무지개각이 빨간색 빛의 무지개각보다 커지기 때문이다.  
 ④ 이차 무지개를 구성하는 물방울은 불순물을 많이 포함하고 있기 때문이다.  
 ⑤ 물방울 내에서 굴절과 반사가 일어날 때마다 빛의 양이 줄어들기 때문이다.

42. ㉠~㉡ 중, 조사 '로'의 의미가 윗글의 [로]와 일치하는 것은?

**수행평가 과제 : '로'의 의미 찾기**

- 품사 : 조사
- 놓이는 위치 : 받침 없는 체언이나 '르' 받침으로 끝나는 체언 뒤
- 의미
  - 어떤 일의 원인이나 이유를 나타냄 ..... ㉠
  - 어떤 물건의 재료나 원료를 나타냄 ..... ㉡
  - 어떤 일의 수단이나 도구를 나타냄 ..... ㉢
  - 움직임의 방향을 나타냄 ..... ㉣
  - 변화의 결과를 나타냄 ..... ㉤

- ① ㉠      ② ㉡      ③ ㉢      ④ ㉣      ⑤ ㉤

**<15> 2015년 고2 3월 학력평가 국어영역 28-30번**

[43~45] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

빛이 물체에 닿으면 물체를 구성하는 원자 내의 전자가 진동하면서 전자기파를 방출하는데, 인간의 눈에 보이는 빛의 색깔은 방출되는 전자기파의 고유한 진동수에 따라 결정된다. 인간의 눈에 보이는 가시광선 중 가장 낮은 진동수의 빛은 빨간색 광선이며, 진동수가 가장 높은 빛은 보라색 광선이다. 보라색 광선보다 더 높은 진동수를 지닌 자외선이나, 빨간색 광선보다 더 낮은 진동수를 지닌 적외선은 인간의 눈에 보이지 않는다. 빛이 물체에 닿을 때, 물체는 흡수한 빛 중에서 특정 진동수의 가시광선을 우리 눈의 방향으로 다시 방출하여 우리 눈은 그 방출된 빛을 보게 된다. 장미가 빨갛게 보이는 이유는 장미가 흡수한 빛 중에서 빨간색 광선에 해당하는 진동수의 빛을 우리 눈의 방향으로 방출하기 때문이다.

그렇다면 유리와 같은 투명체는 왜 특정 색깔을 띠지 않고 투명해 보이는 것일까? 인간의 눈에는 빛이 직진하여 그대로 유리를 통과하는 것처럼 보이지만, 실제로는 그렇지 않다. 즉 유리를 구성하는 원자가 흡수한 빛 가운데, 적외선과 자외선은 유리에 대부분 흡수되어 열에너지의 형태로 남고, 가시광선 영역에 해당하는 대부분은 사방으로 재방출된다. 유리가 투명해 보이는 이유는 이 때문이다.

그런데 유리 원자가 가시광선을 흡수했다가 방출하기까지는 약간의 시간이 소요되며, 소요된 시간만큼 빛의 속력이 줄어들게 된다. 공기 중에서의 빛의 속력의 값을 c로 놓을 때, 유리나 물과 같은 투명체를 통과하는 빛의 속력은 c의 대략 70%에 불과하다. 이렇게 느려진 빛은 다시 공기 중으로 나오면서 원래의 속력을

회복하게 된다. 빛의 속력은 매질의 밀도가 높을수록 낮아지는데, 공기 중보다 유리에서 빛의 속력이 낮아지는 것은 유리의 밀도가 공기의 밀도보다 높기 때문이다.

빛이 이렇게 물질마다 다른 속력으로 진행하기 때문에, 다른 물질의 경계 면에 닿았을 때 수직으로 진행하는 경우를 제외하면 언제나 빛의 경로가 꺾이게 된다. 이러한 현상을 굴절이라고 한다. 굴절 현상을 이해하기 위해, 매끈한 아스팔트에서 바퀴가 잘 구르지 않는 잔디밭으로 장난감 자동차가 비스듬히 들어가는 경우를 생각해 보자. 잔디에 먼저 도착한 쪽의 바퀴의 속력은 느려지지만 아스팔트 위를 달리고 있는 쪽의 바퀴의 속력은 빠르게 유지되기 때문에 자동차의 진행 방향은 잔디에 먼저 도착한 쪽의 바퀴가 있는 방향으로 꺾이게 된다. 빛이 공기 중에서 물로 비스듬히 들어갈 때에도, 빛의 파면\*의 아랫부분이 물에 먼저 도착하여 속력이 느려지면서 빛이 파면의 아랫부분으로 꺾이게 된다.

또한 빛이 투명체를 지날 때 굴절되면서 진동수에 따라 다양한 광선으로 분리되는데, 이를 빛의 분산이라고 한다. 빛이 공기 중에서 투명체로 비스듬히 들어갈 때, 진동수가 높은 보라색 광선은 진동수가 낮은 빨간색 광선보다 투명체 안에서의 속력이 더 느려지기 때문에, 더 많이 굴절된다. 이에 따라 투명체를 통과하는 빛은 서로 다른 색깔의 광선으로 나뉘어 각기 다른 진행 경로로 방출된다.

\* 빛의 파면 : 빛을 파동으로 보았을 때 빛의 진행 방향과 수직인 면. 본래 파면은 곡선이나 태양과 거리가 먼 지구에서의 빛의 파면은 거의 직선이다.

43. 윗글에서 다른 내용이 아닌 것은?

- ① 자외선이 유리에 흡수되는 이유
- ② 빛의 색깔에 따른 진동수의 차이
- ③ 빛의 진행 과정에서 일어나는 현상
- ④ 유리와 같은 물체가 투명하게 보이는 이유
- ⑤ 투명체를 통과할 때 빛의 속력이 감소하는 이유

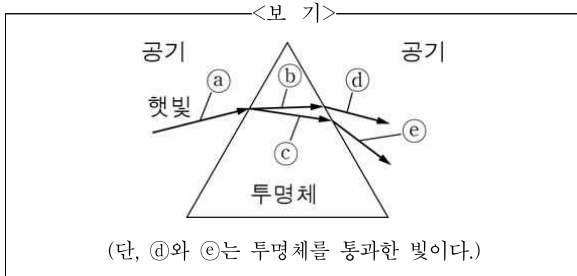
44. <보기>의 현상이 나타나는 원인과 가장 관련이 깊은 것은?

< 보 기 >

투명한 연못 속의 금붕어를 물가에 서서 비스듬히 내려다 볼 때, 관찰자의 눈에는 금붕어가 본래의 위치보다 수면에 가까이 있는 것처럼 보인다. 이는 금붕어에 닿은 빛이 되돌아와 우리 눈에 보이는 과정에서 일어난 현상이다.

- ① 밀도가 다른 매질에서 빛의 속력이 변함.
- ② 빛이 수면과 수직 방향으로 들어가고 나옴.
- ③ 가시광선이 물속에서 빠른 속력으로 직진함.
- ④ 물이 특정 색의 가시광선만 흡수했다 방출함.
- ⑤ 빛이 진동수에 따라 여러 빛깔의 광선으로 분리됨.

45. 윗글을 읽고 <보기>의 그림에 대해 설명한 내용으로 적절한 것은? [3점]

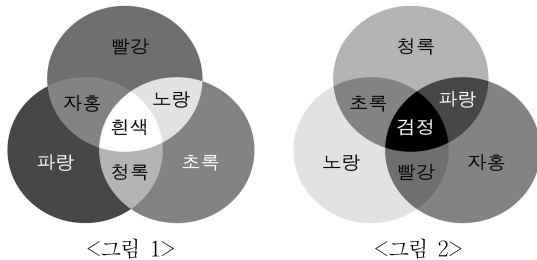


- ① a와 d의 속력은 다르다.
- ② a~e 중, c의 속력이 가장 느리다.
- ③ a와 e에는 자외선이 들어 있지 않다.
- ④ b의 진동수는 c의 진동수보다 높다.
- ⑤ b와 c의 진동수는 같다.

**<16> 2017년 3월 전국연합학력평가 국어영역 24-29번**

[46~51] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

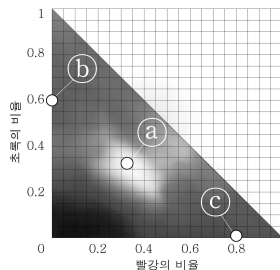
색을 중요하게 생각했던 인상주의와 신인상주의 화가들은, 다양한 색을 통해 밝고 선명하게 대상을 표현하려 노력했다. 하지만 높은 명도나 높은 채도의 그림을 그리고자 했던 그들의 ① 시도는 한계에 부딪혔다. 이들이 한계에 부딪힌 까닭은 무엇일까?



색은 빛의 파장에 의해 결정되는데, 우리가 인식할 수 있는 빛의 파장 범위는 380~780nm로 이를 가시광선이라 한다. 가시광선은 파장 범위에 따라 다양한 색으로 나타나는데, 이를 극단적으로 단순화하면 600~700nm대의 빨강(R), 500~600nm대의 초록(G), 400~500nm대의 파랑(B)으로 나타낼 수 있으며 이를 색광의 3원색이라고 한다. <그림 1>처럼 색광의 3원색이 모두 섞이면, 즉 각 영역의 파장이 합쳐지면 흰색이 되고, 색광의 3원색 중 둘이 섞이면 중간색인 자홍, 청록, 노랑이 만들어진다. 이때 두 색을 섞어 흰색이 만들어지는 경우를 보색이라 한다. 즉 자홍의 보색은 초록, 청록의 보색은 빨강, 노랑의 보색은 파랑이다. 한편 자홍, 청록, 노랑은 색료의 3원색이 되는데, <그림 2>처럼 색료의 3원색이 모두 섞이면 검정이 되고, 둘이 섞이면 중간색인 파랑, 초록, 파랑이 만들어진다. 색료에서 보색은 두 색을 섞어 검정이 만들어지는 경우이다. 이렇게 색을 만들기 위해

여러 색광을 섞는 방법을 '가법 혼합', 여러 색료를 섞는 방법을 '감법 혼합'이라고 한다.

가법 혼합의 원리는 스크린으로부터 동일한 거리의 세 지점에 있는 프로젝터에서 나온 백색광이 각각 빨강, 초록, 파랑의 필터를 통과하여 흰 스크린의 한 지점을 동시에 비추는 실험으로 이해할 수 있다. 세 대의 프로젝터에서 백색광을 ② 방출할 때, 각 필터를 통과한 광량이 동일하면 세 가지 색이 섞이는 지점은 흰색이 되고, 두 색이 만나는 지점은 각각 중간색이 나타나게 된다. 이때 3원색의 광량을 달리하면 다양한 색을 만들 수 있는데, 이를 수식화하면 'S(색) = rR + gG + bB'로 나타낼 수 있다. 여기서 'r'은 빨강 필터를 단 프로젝터에서 나오는 광량을 세 프로젝터에서 나오는 각 광량의 합으로 나눈 값, 즉 빨강의 비율을 나타내는 값이다. 따라서 r, g, b의 합은 1이 되며, r, g, b를 ③ 조절하면 다양한 색을 만들 수 있다. 가법 혼합의 방식으로 만드는 색에 대한 다양한 정보는 <그림 3>과 같은 색 삼각형을 활용하면 효과적으로 알 수 있다. 색 삼각형의 가로축은 빨강의 비율을, 세로축은 초록의 비율을 나타낸다. 파랑의 비율은 1에서 빨강과 초록의 비율의 합을 빼면 되므로 빨강과 초록이 0이 되는



지점에서 파랑의 비율은 1이 된다. 색 삼각형을 보면 두 색을 섞어 만들어 내는 혼합 색이 어떤 비율로 섞였는지 쉽게 ④ 예측할 수 있다. 두 색을 섞은 <그림 3> 혼합 색은 두 색의 좌표를 연결한 선 위에 있는데, 색이 같은 비율로 혼합되면 혼합 색의 좌표는 선의 정중앙에 위치하며, 한쪽 색이 차지하는 비율이 높으면 좌표는 비율이 높은 쪽에 가까워진다. 또 색 삼각형을 보면 혼합된 색의 채도를 짐작할 수 있다. 혼합 색의 좌표가 색 삼각형의 변에 가까워질수록 채도가 높아진다. 또 색 삼각형을 통해 보색 관계도 파악할 수 있다. 한 꼭짓점에서 출발하여 ⑤를 통과하는 직선을 그으면 반대쪽 변의 중간 지점에 닿게 되는데, 출발점과 도착점의 두 색은 서로의 보색이 된다.

감법 혼합의 원리는 한 개의 프로젝터에서 백색광을 자홍, 청록, 노랑의 필터를 연이어 통과시켜 흰 스크린에 닿게 하는 실험으로 이해할 수 있다. 백색광에서 필터의 색에 따라 특정 부분의 파장은 필터에 흡수되고 나머지는 투과된다. 색료의 3원색은 각각의 보색을 흡수한다. 자홍 필터는 초록, 청록 필터는 빨강, 노랑 필터는 파랑을 흡수하고 나머지를 투과시키는 것이다. 이때 투과율이 높을수록 밝고, 투과율이 낮을수록 어둡다. 화가가 물감을 섞는 것도 감법 혼합의 원리로 이해할 수 있다. 태양 빛과 같은 백색광이 물감의 입자에 닿으면 일부 파장 영역대의 빛은 흡수되고 나머지 파장 영역대의 빛이 반사되어 우리 눈에 특정한 색으로 보이게 된다. 화가가 빨강과 파랑 물감을 섞는 상황을 가정해 보자. 빨강 물감의 입자에 백색광이 비치면 파랑과 초록 파장 영역대의 빛은 흡수되고 빨강 파장 영역대의 빛만 반사되는데, 이때 반사된 빨강 파장 영역대의 빛을 옆에 있는 파랑

물감의 입자가 흡수한다. 파랑 물감에서도 이와 유사한 방식의 흡수와 반사 현상이 일어난다. 이렇게 빨강과 파랑 물감의 입자들은 서로가 반사하는 파장을 흡수하는데, 이 현상이 혼합된 물감 안에서 매우 여러 번 일어나 결국 빨강과 파랑보다 낮은 명도의 색이 나타난다. 이처럼 감법 혼합으로 만든 색은 원래의 색보다 명도가 낮아진다.

인상주의 화가들은 태양 빛이 만들어 내는 다양한 색을 표현하기 위해 여러 색의 물감을 섞어 사용했다. 모네는 그의 대표작인 ㉗ <인상: 헤돋이>에서 물감을 섞어 만든 다양한 색으로 아침 안개 속의 태양 빛이 바다를 물들이는 순간적인 광경을 화폭에 담으려 하였다. 그런데 혼합된 물감의 색은 감법 혼합으로 인해 그리 밝지 않았다. 이에 신인상주의 화가들은 물감을 팔레트 위에서 섞지 않고 화폭에 일정한 크기의 작은 점을 병치하는 기법을 사용하였다. ㉘ 인접한 두 색에서 나오는 빛이 우리 눈에서 가법 혼합되어 제3의 색을 느끼도록 하려는 의도였다. 시냐크는 그의 대표작인 ㉙ <우물가의 여인들>에서 화면에 무수히 많은 원색 점들을 찍어 병치함으로써 중간색을 표현하였지만, 물감으로 그린 그림이므로 크게 밝아 보이지는 않았다. 또한 시냐크는 보색을 나란히 배치하면 대비 효과로 인해 대상이 선명해 보이는 원리도 활용하였지만, 그의 의도는 달리 멀리 떨어져서 그림을 보면 가법 혼합의 원리에 의해 보색이 혼합되어 오히려 흐릿하게 보였다. 이처럼 인상주의와 신인상주의 화가들의 노력은 한계에 부딪혔다. 하지만 색에 대한 이들의 탐구 정신은 후대의 화가들이 다양한 회화의 표현 방식을 찾는 데 영감을 주었다.

- \* 명도 : 색의 밝고 어두움을 나타내는 정도로서 방출하는 광량이 많을수록 높음.
- \* 채도 : 색의 선명함을 나타내는 정도로서 원색에 가까울수록 높음.

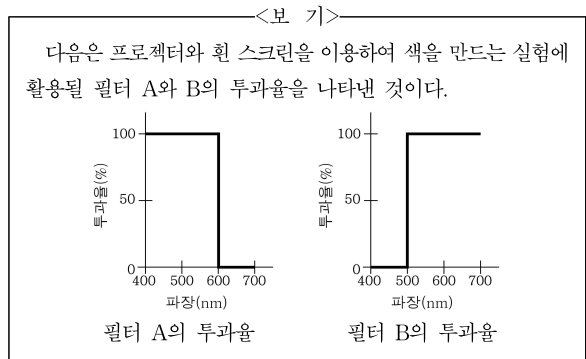
46. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 색을 혼합하는 여러 가지 방법이 지닌 장단점을 평가하고 있다.
- ② 색을 구분하는 방법이 미술사의 흐름에 미친 영향을 분석하고 있다.
- ③ 색광과 색료의 특징에 대한 평가가 시대에 따라 달라지는 원인을 설명하고 있다.
- ④ 빛의 색을 표현하는 회화의 방식에 관한 두 학설의 공통점과 차이점을 밝히고 있다.
- ⑤ 색의 혼합에 관한 원리를 바탕으로 색을 증시한 회화 유파의 한계를 제시하고 있다.

47. 윗글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 색광의 3원색의 보색은 색료의 3원색이다.
- ② 색 삼각형에서 자홍, 청록, 노랑은 각각 세 변의 정중앙에 위치한다.
- ③ 우리 눈에 나뭇잎이 초록으로 보이는 것은 나뭇잎이 초록 파장 영역대의 빛을 반사하기 때문이다.
- ④ 빨강 물감과 청록 물감을 일대일의 비율로 섞어서 만든 색의 명도는 원색인 청록 물감의 색이 지닌 명도보다 낮아진다.
- ⑤ 가법 혼합 실험에서 빨강, 초록, 파랑 중 두 색의 비율이 0이면 빨강, 초록, 파랑을 모두 같은 비율로 섞었을 때보다 채도가 낮아진다.

48. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]




- ① 프로젝터의 백색광을 필터 A와 필터 B에 차례로 투과시키면 초록이 스크린에 나타난다.
- ② 프로젝터의 백색광을 필터 A에 투과시키면 청록, 필터 B에 투과시키면 노랑이 스크린에 나타난다.
- ③ 프로젝터의 백색광을 필터 A와 필터 B에 차례로 투과시킨 후, 자홍 필터에 투과시키면 스크린에는 검정이 나타난다.
- ④ 프로젝터의 백색광을 필터 A와 필터 B에 차례로 투과시키는 경우, 두 필터의 배치 순서를 바꾸면 스크린에 나타나는 색이 달라진다.
- ⑤ 프로젝터의 백색광을 필터 A에 투과시켜 얻은 색의 명도보다 필터 A의 투과율을 50%로 낮춘 필터를 투과시켜 얻은 색의 명도가 더 낮다.

49. 윗글의 <그림 3>에 대한 이해로 적절한 것은?

- ① r, g, b는 ㉠에서 모두 0의 값을 나타낸다.
- ② ㉠과 ㉡를 혼합하면 ㉢보다 채도가 높아진다.
- ③ ㉡에 포함되어 있는 파랑의 비율보다 ㉢에 포함되어 있는 파랑의 비율이 더 높다.
- ④ ㉡와 ㉢를 혼합할 때 광량을 절반으로 줄이면 색 삼각형으로 그 혼합 색의 위치를 표현할 수 없다.
- ⑤ g의 비율이 1인 지점에서 ㉠을 통과하는 직선을 그으면 반대 쪽 변과 만나는 지점에는 자홍이 위치한다.

50. 윗글의 ㉓, ㉔와 <보기>의 ㉕에 대해 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

<보 기>



고흐는 자신의 내면 상태에 따라 달리 보이는 대상의 순간적 모습을 선명하게 표현하려 했다. 고흐는 이를 위해 물감을 섞어 사용하기보다는 되도록 원색과 중간색만 사용하였다. 그의 작품인 ㉓ <아를르의 포룸 광장의 카페 테라스>에는 이런 그의 화풍이 잘 담겨 있는데, 별이 빛나는 파란 하늘과 노란 별, 초록의 나뭇잎과 자홍빛 테라스의 대비를 통해 그의 눈에 비친 화려한 밤거리의 순간적인 모습이 선명히 드러나고 있다.

- ① ㉓와 ㉔는 모두, 멀리 떨어져서 볼수록 가법 혼합 원리에 의해 채도가 높아 보이겠군.
- ② ㉓와 ㉔는 모두, 원색 점들을 병치하여 물감의 혼합으로 색이 흐릿해지는 것을 피하고자 했겠군.
- ③ ㉓와 ㉔는 모두, 보색 대비를 통해 대상의 모습을 선명하게 드러내려 했겠군.
- ④ ㉓와 달리, ㉔는 대상의 순간적인 모습을 표현하고자 하였겠군.
- ⑤ ㉓와 달리, ㉔는 대상을 그리는 데 사용된 물감의 색과는 다른 제3의 색을 인지할 수 있도록 했겠군.

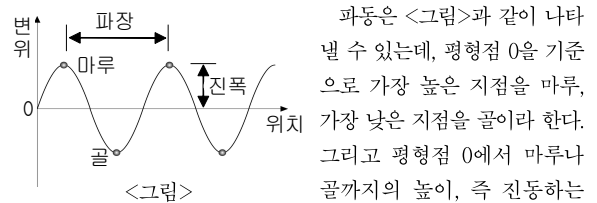
51. ㉑~㉕의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉑ : 어떤 것을 이루어 보려고 계획하거나 행동함.
- ② ㉒ : 입자나 전자기파의 형태로 에너지를 내보냄.
- ③ ㉓ : 일정한 한도를 넘지 못하게 막음.
- ④ ㉔ : 미리 헤아려 짐작함.
- ⑤ ㉕ : 이웃하여 있음. 또는 옆에 닿아 있음.

<17> 2016년 고3 3월 학력평가 국어영역 27-30번

[52~55] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

파동은 공간이나 물질의 한 부분에서 생긴 ㉑ 주기적 진동이 시간의 흐름에 따라 주위로 멀리 퍼져 나가는 현상을 의미한다. 호수에 돌을 던졌을 때 사방으로 퍼져 나가는 수면파, 공기 등을 통해 전달되는 음파 등은 매질을 통하여 진동이 전달되는 역학적 파동의 대표적인 예이다. 이러한 역학적 파동의 에너지는 진동하는 매질의 ㉒ 입자가 옆의 입자를 진동시키는 방법으로 매질을 따라 전달된다.



파동은 <그림>과 같이 나타낼 수 있는데, 평형점 0을 기준으로 가장 높은 지점을 마루, 가장 낮은 지점을 골이라 한다. 그리고 평형점 0에서 마루나 골까지의 높이, 즉 진동하는 입자가 평형점에서 최대로 벗어난 거리를 진폭, 마루와 마루 또는 골에서 골까지 거리를 파장이라고 하며, 파동이 1초 동안 진동한 횟수를 주파수라고 한다.

파동의 진행 속도는 파장과 주파수의 곱으로 나타내며, 파동의 ㉓ 속도가 일정하면 주파수가 높을수록 파장이 짧다는 특성이 있다. 역학적 파동은 진행하면서 매질에 흡수되어 에너지를 잃기도 하는데, 음파의 경우 주파수가 높을수록 매질에 더 잘 흡수되어 멀리 진행하지 못한다. 그리고 매질을 따라 진행되는 역학적 파동이 다른 매질을 만나게 되면 파동의 일부는 반사되어 돌아오고, 일부는 다른 매질로 투과하는 현상을 보인다.

먼저, 반사는 ㉔ 한 끝이 벽에 고정된 줄을 따라 파동이 전달되는 상황을 통해 설명할 수 있다. 이 파동이 매질인 줄을 따라 진행하다가 고정단\*에 ㉕ 도달하면 진행해 온 반대 방향으로 줄을 따라 다시 돌아가게 되는데, 이처럼 매질이 급격하게 변하는 경계에서 파동이 반대 방향으로 되돌려지는 것을 반사라고 한다.

다음으로 ㉑ 다른 조건은 모두 같을 때, 밀도가 낮은 줄이 밀도가 높은 줄에 연결되어 있고, 이 줄을 따라 파동이 진행하는 상황을 통해 투과를 설명할 수 있다. 이 경우 파동이 밀도가 낮은 줄을 지나 밀도가 높은 줄과 연결된 경계에 도달하면 파동의 일부가 반사된다. 하지만 일부는 밀도가 높은 줄로 계속 진행하는데, 이를 투과라고 한다. 이때 파동이 투과되거나 반사되는 정도는 매질들의 물리적 특성 차이에 의해 결정된다. 가령 줄에서 진행되는 파동의 경우 매질 간의 밀도 차가 클수록, 음파의 경우 매질의 밀도와 음속을 곱한 값인 음파 저항이 클수록 반사 정도가 큰 경계를 형성하기 때문이다.

한편, 입사한 하나의 파동이 매질의 물리적 저항이 다른 경계에서 반사파와 투과파로 나누어질 때, 별도의 에너지 ㉓ 손실이 없다고 가정하면, 에너지 보존 법칙에 따라 두 파동이 갖는 에너지의 합은 원래 입사한 파동의 에너지와 같게 된다. 다만 파동의 에너지는 진폭의 제곱에 비례하므로, 입사한 파동의 에너지 중에서 일부분만 포함하는 반사파의 진폭은 줄어들게 된다.

\* 고정단 : 파동이 반사될 때, 파동의 위상이 180° 변하는 매질의 경계를 이르는 말.

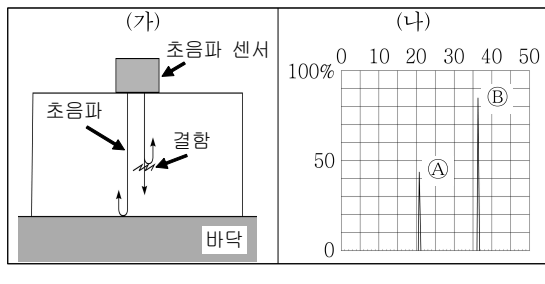
52. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 파동의 진행 속도가 동일하다면 낮은 주파수의 파동일수록 파장이 짧다.
- ② 파동의 진폭은 진동하는 입자가 평형점에서 최대로 벗어난 거리이다.
- ③ 파동은 진동이 주위로 퍼져 나가는 현상을 의미한다.
- ④ 역학적 파동의 에너지는 매질을 통하여 전달된다.
- ⑤ 파동의 에너지는 진폭의 제곱에 비례한다.

53. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

초음파를 이용한 비파괴 검사는 음파 중에서 주파수가 20,000 Hz 이상인 초음파를 시험체에 입사한 후 반사파를 감지하여, 시험체 내부의 결함 유무 등을 확인하는 방법이다. (가)는 이러한 검사 방법을 도식화한 것이다. (나)는 검사 결과를 보여 주는 화면으로, 세로축은 입사파의 세기를 기준으로 한 반사파의 상대적인 세기를 비율로 보여 주고, 가로축은 반사파가 감지된 시간을 거리로 환산하여 보여 준다. ㉠는 결함 부위에서의 반사, ㉡는 바닥에서의 반사를 나타낸 것이다.



- ① (가)에서 결함 부위에서 반사된 초음파는 입사파보다 진폭이 작겠군.
- ② (가)에서 시험체의 두께가 두꺼울수록 높은 주파수의 초음파를 이용해야겠군.
- ③ (나)에서 ㉠와 ㉡를 비교하면, 결함 부위의 음파 저항과 그 주변의 음파 저항의 차이보다 시험체의 음파 저항과 바닥의 음파 저항의 차이가 크다고 볼 수 있겠군.
- ④ (나)에서 결함 부위가 초음파 센서와 더 가까웠다면, ㉠는 현재보다 왼쪽에 나타났겠군.
- ⑤ (나)에서 ㉡가 100%가 되지 않은 것은, 초음파의 에너지 일부가 시험체에 흡수된 것이 원인이라고 할 수 있겠군.

54. ㉠과 ㉡에 대해 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠과 ㉡은 모두 역학적 파동으로 인한 매질의 특성 변화를 보여 준다.
- ② ㉠과 ㉡은 모두 역학적 파동의 진행에 따른 에너지의 증가를 보여 준다.
- ③ ㉠과 ㉡은 모두 매질의 경계에서 생겨나는 역학적 파동의 변화를 보여 준다.
- ④ ㉠은 파동의 진폭이 커지는 요인을, ㉡은 파동의 진폭이 작아지는 요인을 보여 준다.
- ⑤ ㉠은 파동이 매질에 입사되는 양상을, ㉡은 파동이 매질에서 흡수되는 양상을 보여 준다.

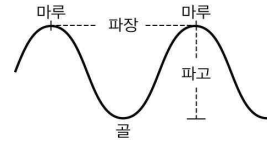
55. ㉠~㉣의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠ : 일정한 간격을 두고 되풀이하여 진행하거나 나타나는.
- ② ㉡ : 물질을 구성하는 미세한 크기의 물체.
- ③ ㉢ : 물체가 나아가거나 일이 진행되는 빠르기.
- ④ ㉣ : 목적인 곳이나 수준에 다다름.
- ⑤ ㉤ : 일을 잘못하여 뜻한 대로 되지 아니하거나 그르침.

<18> 2010년 고2 3월 학력평가 언어영역 44-47번

[56~59] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 생활 주위에는 음파, 광파, 전파 등과 같은 수없이 많은 종류의 파동이 존재하는데, 우리가 쉽게 볼 수 있는 파동 현상은 파도 일 것이다. 이러한 ㉠ 파도 중 수면파의 모습은 대체로 곡선 파형으로 오른쪽 그림과 같은 형태를 띠고 있다.



수면파는 풍랑, 너울, 연안쇄파로 구분한다. 풍랑은 해역에서 불고 있는 ㉡ 바람에 의해 생성된 파도로 파장과 주기가 짧고 대체로 뾰족한 마루와 둥근 골의 모양이지만 양상이 다양하고 복잡하게 중첩된 형태를 보인다. 이러한 풍랑이 계속 이동하다 보면 파고와 파장이 제각각인 다른 파도를 만나 잔물결은 사라지고, 대신 ㉢ 마루가 둥글고 파장이 긴 파도만 남는 경우가 있는데 이를 너울이라 한다. 너울은 바람이 없어도 멀리까지 전달되며 해안에 가까워지면 파고가 높아지기도 한다. 너울이 해안에 접근하면 ㉣ 수면 위로 드러나지 않은 돌출 지형이나 해저 지형 등의 영향으로 마루가 뾰족해지면서 끝이 부서지는 연안쇄파가 된다.

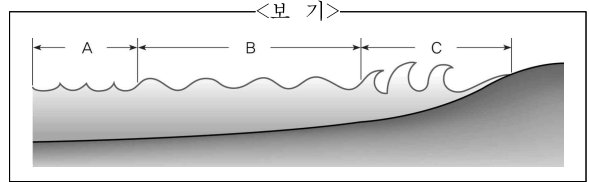
바닷가에서 파도를 보고 있으면 바닷물이 우리를 향해 끊임 없이 밀려오는 것처럼 보인다. 하지만 ㉠ 파도를 물 입자의 운동으로 보면, 바닷물 자체는 이동하지 않으며 그 힘만 전달한다. 물 입자는 단지 원운동을 하고 있을 뿐이다. 파도는 바로 이 원운동 때문에 일어나는 것이다. 그래서 파고는 원의 지름에 해당한다. 물 입자의 원운동은 깊이 내려갈수록 작아져서 파장의 절반 이하에 해당하는 깊이에 이르면 거의 무시할 정도가 된다. 그리고 파도가 해안에 가까워지면 흰 ㉡ 거품을 일으키며 부서진다. 파도가 부서지는 이유는 수심이 얇아지면 물 입자가 해저면의 영향을 받아 타원형으로 찌그러지고, 그 타원형의 움직임이 더욱 찌그러지면 원운동은 사라지기 때문이다. 물 입자의 원운동이 찌그러지기 시작하는 것은 수심이 파장의 절반보다 얇을 때부터 일어난다.

한편 파도는 진행 경로 중에 존재하는 장애물이나 수심의 변화로 인하여 진행 방향이 변한다. 해안에 돌출한 지형이나 섬, 방파제 등이 존재하는 경우 파도는 진행 방향이 휘어져서 장애물 뒤쪽으로 진행되는데 이를 회절이라 한다. 이때 회절 각이 클수록 회절된 파도의 파고는 낮아진다. 파도가 해안에 접근하면 수심이 얇아지면서 해저 지형과의 마찰이 발생하여 파도가 진행 방향으로 압축되며 속도가 감소한다. 이에 따라 해안에 접근하는 파도의 마루선이 휘는 현상이 발생하는데 이것을 굴절이라 한다.

56. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 파도의 높이는 물 입자의 운동으로 생긴 원의 지름에 해당한다.
- ② 바람이 없을 경우에 너울은 해안으로부터 멀어지면서 풍량이 된다.
- ③ 파도가 장애물을 만나 회절할 때 회절 각이 크면 파고는 낮아진다.
- ④ 수면 위로 드러나지 않은 돌출 지형은 연안쇄파 형성의 원인이 된다.
- ⑤ 수심이 파장의 절반보다 얇을 때 물 입자의 원운동이 찌그러지기 시작한다.

57. 윗글을 읽은 독자가 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① A → B → C로 파도가 진행하면서 물 입자들은 끊임없이 해안 쪽으로 이동한다.
- ② A → B로 파도가 진행할 때, 잔물결이 사라지면서 파장이 긴 파도만 남는 경우가 있다.
- ③ A 부분에서 발생하는 파도는 대체로 뾰족한 마루와 둥근 골의 모양이다.
- ④ B 부분에 장애물이 있으면 파도가 장애물 옆을 지나면서 진행 방향이 장애물 후면으로 회절하는 현상이 나타난다.
- ⑤ C 부분에서는 해저 지형과의 마찰로 인하여 파도의 마루선이 휘며 파도가 부서진다.

58. ㉠에서 설명하고 있는 현상을 확인할 수 있는 사례로 가장 적절한 것은?

- ① 바닷가에서는 파도에 밀려 온 해초들을 많이 발견할 수 있다.
- ② 파도 위에 떠 있는 공은 제자리에서 위아래로 움직이기만 한다.
- ③ 해안가에서 놀면서 만들어 놓았던 모래성이 파도에 쓸려 나간다.
- ④ 묶어 두었던 배가 풀리면서 파도를 따라 점차적으로 밀려 나간다.
- ⑤ 밀물과 썰물이 발생할 때는 바다와 육지의 경계가 매우 달라진다.

59. ㉡~㉣를 활용하여 글짓기를 해 보았다. <보기>의 밑줄 친 부분에 해당하는 것은?

<보 기>

자연물과 관련된 많은 어휘는 일차적으로 자연물을 그대로 나타내다가 그 쓰임이 많아지면서 비유적으로 확장된 의미로 쓰이기도 한다.

- ① ㉡ : 파도가 물보라를 일으키며 뱃전을 후려쳤다.
- ② ㉢ : 바람 때문에 그나마 하나 남은 촛불마저 꺼졌다.
- ③ ㉣ : 그는 뒷산 마루에 걸린 해를 보면서 일어섰다.
- ④ ㉠ : 새벽이 지나면서 수면 위로 서서히 해가 솟아올랐다.
- ⑤ ㉡ : 거품이 빠진 부동산 경기가 안정을 되찾고 있다.



**<19> 2007학년도 6월 모의평가 언어영역 57-60번**

[60~63] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

소리굽쇠는 굽기가 일정한 금속 사각 막대를 U자형으로 구부리고 아래쪽에 쇠못을 ㉠ 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 4Hz×55, 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 기준으로 한 동안 널리 쓰였다.

60. 샤이블러의 업적을 바르게 말한 것은?

- 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.

61. 밑글의 내용으로 보아 샤이블러가 사용한 1번 소리굽쇠가 200Hz의 고유 진동수를 갖는다고 할 때, 실험에 대한 옳은 설명을 <보기>에서 모두 고르시오?

<보 기>

ㄱ. 1번 소리굽쇠보다 한 옥타브 낮은 음을 내는 소리굽쇠는 100Hz의 고유 진동수를 가질 것이다.  
 ㄴ. 처음과 마지막 소리굽쇠의 고유 진동수의 차이는 220Hz 일 것이다.  
 ㄷ. 이 실험에서 사용해야 하는 소리굽쇠의 개수는 50개일 것이다.

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

62. ㉣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.

63. ㉠, ㉡, ㉢의 의미 관계를 <보기>와 같이 정리했을 때, 이런 배열로 보기 어려운 것은?

<보 기>

단단하다 ← 반의 관계 → 약하다 ← 반의 관계 → 세다

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

**<20> 2017학년도 6월 모의평가 국어영역 28-33번**

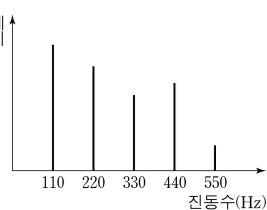
[64~69] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

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 ㉠ 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 보여

주는 소리 스펙트럼은 복합음을 구성하는 단순음 성분들의 세기를 진동수에 따라 그래프로 나타낸 것이다. 고른음의 소리 스펙트럼은 <그림>처럼 일정한 간격으로 늘어선 세로 막대들로 나타나는 반면에 시끄러운



<그림>

음의 소리 스펙트럼에서는 막대 사이 간격이 일정하지 않다.

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 5/4이고, ‘도’와 ‘솔’ 사이처럼 완전5도 음정은 3/2이다. 그러므로 장3도를 완전5도보다 좁은 음정이다. 일반적으로 음정을 나타내는 분수를 약분했을 때

[A] 분자와 분모에 들어가는 수가 커질수록 협화도는 작아진다고 본다. 가령, 음정이 2/1인 옥타브, 3/2인 완전5도, 5/4인

장3도, 6/5인 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 요소]들이 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.

64. 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.

65. [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.

66. 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.

67. 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.

68. [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.

69. <보기>를 바탕으로 할 때, ㉠과 쓰임이 유사한 것은?

<보 기>

윗글의 ㉠은 문장에서 자립적으로 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 되라.
- ④ 그는 내일까지 돈을 구해 오겠다고 큰소리를 쳤다.
- ⑤ 일을 추진하기 전에 득실을 꼼꼼히 계산해 보고 시작하자.

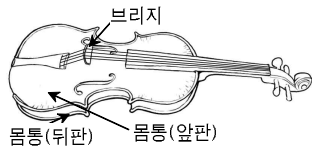
**<21> 2009년 고2 3월 학력평가 언어영역 48-50번**

[70~72] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

소리는 진동에 의해 만들어진다. 우리가 소리를 느낄 때 많게는 1초에 2만 번이나 되는 진동이 귀에 닿는다. 진동이 매질을 따라 퍼져 나가는 것을 파동이라고 한다. 파동이 일어나지 않으면 아무 소리도 들리지 않는다. 이와 같은 원리는 아름다운 소리를 만들어내는 악기에도 그대로 적용된다. 악기는 저마다의 방법으로 공기를 진동시켜 아름다운 소리를 낸다. 악기마다 다양한 음역과 음색을 갖고 있는 것은 그 때문이다.

악기 소리의 높이와 크기는 공기의 진동에 의해 결정된다. 진동수가 적으면 소리가 낮고, 많으면 소리가 높다. 그리고 진동하는 폭이 크면 소리가 크고, 작으면 소리가 작다. 여기서 악기 소리를 크게 하려면 진폭을 크게 해야 함을 알 수 있다. 악기 소리의 진폭을 크게 만드는 데는 공명 현상이 중요하게 작용한다. 그네가 뒤로 끝까지 왔다가 앞으로 나아가려는 순간에 밀면 그네의 진폭이 커지듯이, 물체가 갖고 있는 고유진동수에 그와 일치하는 진동이 에너지를 더해 진폭을 크게 만드는 현상이 공명이다.

바이올린의 현은 그 자체로는 작은 소리밖에 못 낸다. 그러나 활로 켜서 현을 진동시키고, 그 진동이 **브리지**를 통해



**몸통**으로 전해져 공명이 일어나면 소리가 커진다. 바이올린은 기타보다 크기는 작지만 훨씬 큰 소리를 낸다. 몸통의 앞판과 뒤판이 **막대**로 연결되어 있어서 현의 진동이 앞판 뿐만 아니라 뒤판에도 전해져 몸통 전체에서 공명이 일어나기 때문이다. 이처럼 공명은 바이올린 소리의 크기를 결정한다. 그럼 바이올린의 넓은 음역은 무엇과 관련이 있을까? 바이올린은 현의 팽팽한 정도와 길이를 조절해 넓은 음역의 소리를 낸다. 현이 팽팽할수록, 손가락으로 브리지에 가까운 쪽의 현을 누를수록 소리가 높다. 현의 진동수는 현의 길이에 반비례하고, 소리의 높이는 현의 진동수에 비례하기 때문이다.

[A]

리코더는 어떻게 소리가 나는 것일까? 리코더는 ① 관 속의 공기 기둥을 진동시켜 소리를 낸다. 숨을 취구에 있는 에지라는 부분에 불면, 공기가 고대로 에지의 위와 아래로 흐르게 된다. 그렇게 되면 리코더 관 속의 공기의 흐름이 주기적으로 변한다. 이때 생기는 진동으로 관 속의 공기 기둥에서 공명이 일어나게 된다. 리코더는 관의 구멍을 열거나 막음으로써 관 속 공기 기둥의 길이를 바꾸어 소리의 높낮이를 조절한다. 숨을 불어 넣는 취구에 가까운 쪽의 구멍을 열면 공기 기둥이 짧아져 진동수가 많은 소리가 난다. 공기 기둥의 길이와 진동수가 반비례하기 때문이다.

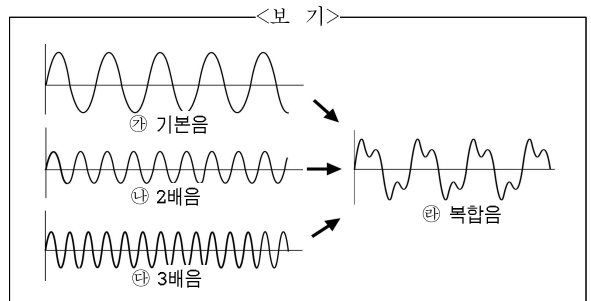
소음이나 악기 소리 모두 진동수가 다른 여러 음이 겹쳐진 복합음이다. 그러나 악기 소리는 여러 면에서 소음과 구별된다. 소음과 달리, 악기 소리는 기본음에 그것의 두 배의 진동수를 가진 2배음, 세 배의 진동수를 가진 3배음 등 정수의 비로 나타

낼 수 있는 여러 배음이 겹쳐진 소리이며, 일정한 파형이 반복되는 소리이다. 배음들의 조합과 소리의 세기는 음색을 결정한다. 이 음색 때문에 바이올린과 기타로 같은 크기와 높이의 소리를 내도 다르게 들린다. 음색은 공명의 정도 차이에 의해서도 달라진다. 악기마다 음색이 같다면 어떨까? 그러면 교향곡, 합주곡 등의 음악 갈래가 존재하지 않게 될 것이다.

70. 윗글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

- ① 악기 소리의 발생 원리와 특징  
- 소리의 진동과 공명 현상을 중심으로
- ② 악기 소리와 공명 현상의 관계  
- 악기의 연주 과정을 중심으로
- ③ 악기 소리의 물리적 특성과 그 중요성  
- 악기 소리의 발생 과정을 중심으로
- ④ 악기 소리와 관련 있는 과학적 현상  
- 악기 재료의 속성을 중심으로
- ⑤ 악기 소리의 넓은 음역과 다양한 음색  
- 소리의 다양한 파동 형태를 중심으로

71. 윗글을 바탕으로 <보기>를 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ㉑는 ㉒, ㉓에 비해 진동하는 폭이 크기 때문에 소리도 더 크게 들린다.
- ② ㉒는 진동수가 ㉓에 비해 적기 때문에 공명이 되어도 ㉒보다 진폭이 작다.
- ③ ㉔ 대신에, ㉑의 1.5배의 진동수를 가진 배음이 ㉑, ㉒와 복합된 소리는 ㉔와 다르다.
- ④ ㉔는 일정한 파형이 반복되고 있다는 점에서 일상에서 접할 수 있는 소음과 구별된다.
- ⑤ ㉑, ㉒, ㉓가 각각 어떤 세기를 지닌 음으로 합쳐지느냐에 따라 복합된 소리의 음색이 달라진다.

72. [A]의 밑줄 친 말들 중에서 ㉑와 유사한 기능을 수행하는 것을 바르게 골라 묶은 것은?

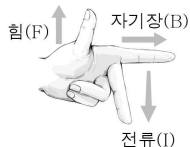
- ① 현, 활                      ② 몸통, 현                      ③ 활, 브리지
- ④ 막대, 몸통                ⑤ 브리지, 막대

**<22> 2017년 고2 3월 학력평가 국어영역 22-25번**

[73~76] 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 ㉔ 재생한다.

일반적으로 널리 사용되는 스피커로는 다이내믹 스피커가 있다. 다이내믹 스피커는 영구 자석에 의해 형성되는 자기장이 보이스 코일에 흐르는 전류와 수직 방향을 이루도록 하여 진동판을 움직이는 힘이 위아래로 ㉕ 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, 탐 플레이트, 보이스 코일, 보빈, 진동판, 댐퍼, 폴피스 등이 있다. 영구 자석은 자기장을 형성하고, 탐 플레이트는 이 자기장을 보이스 코일 방향으로 제어하는 역할을 한다. 보이스 코일은 보빈에 감겨 있는 도선으로, 이 코일에 전류가 흐르면 영구 자석이 형성하는 자기장과 상호 작용을 하여 생성되는 힘이 보이스 코일을 위아래로 움직이게 한다. 보이스 코일에 고정되어 있는 보빈은 보이스 코일이 받는 힘을 진동판에 그대로 전달하여 소리를 재생하게 한다. 댐퍼는 스피커의 외형을 이루는 단단한 프레임에 보빈을 지지시켜 보빈에 감겨 있는 보이스 코일이 위아래로 ㉖ 원활하게 움직일 수 있도록 보이스 코일의 중심을 잡아 준다. 그리고 폴피스는 전류가 흐르면서 보이스 코일에서 발생하는 열을 영구 자석과 탐 플레이트로 ㉗ 분산시켜 식혀 주는 역할을 한다.

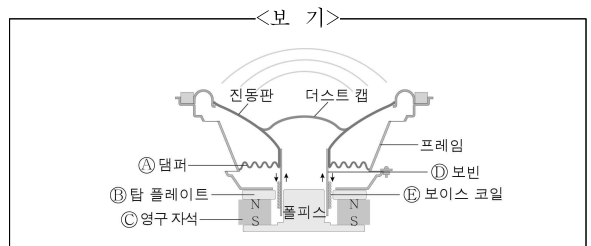
다이내믹 스피커에서 소리를 재생하기 위해서는 보이스 코일이 위아래로 반복하여 움직이면서 진동판을 진동시켜야 한다. 진동판의 반복 운동은 전류의 방향이 계속해서 바뀌는 교류 전류를 보이스 코일에 흘려줌으로써 이루어진다. 영구 자석에서 나오는 자기장의 방향은 동일하지만 보이스 코일에 흐르는 교류 전류의 방향이 전환됨에 따라 보이스 코일이 받는 힘이 이전과 반대 방향으로 작용하게 된다. 그렇게 되면 진동판이 위아래로 반복 운동을 하며 소리가 재생된다.

한편 자기장(B)과 전류(I)의 세기가 커짐에 따라 보이스 코일에 작용하여 진동판을 진동시키는 힘(F)은 커진다. 그런데 영구 자석에서 형성되는 자기장의 세기는 항상 ㉘ 일정하기 때문에 스피커에서 재생되는 소리의 크기는 보이스 코일에 흐르는 전류의 변화에 따라 달라진다.

73. '다이내믹 스피커'에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

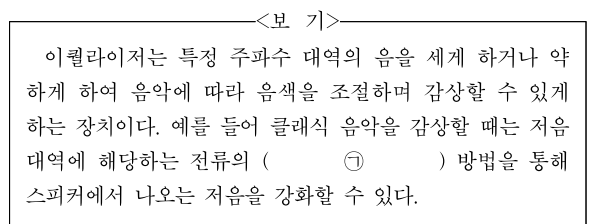
- ① 전류는 보이스 코일에서 열을 발생시킨다.
- ② 보이스 코일과 보빈이 움직이는 방향은 동일하다.
- ③ 전류의 방향이 변하지 않으면 소리를 재생하지 못한다.
- ④ 보이스 코일에 전류를 흘려주면 보이스 코일이 힘을 받는다.
- ⑤ 보이스 코일이 받은 힘은 전류와 자기장의 상호 작용을 유도한다.

74. <보기>는 '다이내믹 스피커'의 단면도이다. ㉙ ~ ㉛에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉙ : 프레임에 보빈을 지지시켜 보이스 코일의 중심을 잡아준다.
- ② ㉚ : 영구 자석이 형성하는 자기장을 보이스 코일 쪽으로 향하도록 제어한다.
- ③ ㉛ : 보이스 코일에 흐르는 전류의 영향을 받아서 자기장을 반대 방향으로 전환시킨다.
- ④ ㉜ : 보이스 코일이 받는 힘을 진동판에 전달하여 진동판을 진동시킨다.
- ⑤ ㉝ : 교류 전류의 방향 전환에 따라 보빈을 위아래로 움직이게 한다.

75. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 ㉞에 들어갈 내용으로 적절한 것은? [3점]



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

76. ㉙~㉛의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉙ : 사물이 어떤 근원으로부터 갈려 나와 생김.
- ② ㉚ : 어떠한 현상을 일으키거나 영향을 미침.
- ③ ㉛ : 거침이 없이 잘되어 나감.
- ④ ㉜ : 갈라져 흩어지거나 그렇게 되게 함.
- ⑤ ㉝ : 어떤 것의 크기나 범위 등이 하나로 정하여져 있음.

**<23> 2013학년도 사관학교 1차 언어영역 26-29번**

[77~80] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

동물이 스스로 소리를 내서 그것이 물체에 부딪쳐 되돌아오는 반사음을 듣고 행동하는 것을 반향정위(反響定位)라고 한다. 반향정위를 하는 대표적인 육상 동물로는 박쥐를 꼽을 수 있다. 아간에 활동하는 박쥐가 시각에 의존하지 않고도 먹이를 손쉽게 포획하는 것을 보면 반향정위는 유용한 생존 전략이라고 할 수 있다.

박쥐는 성대에서 주파수가 40~50kHz인 초음파를 만들어 입이나 코로 ㉠ 방사(放射)하는데, 방사 횟수는 상황에 따라 달라진다. 먹이를 찾고 있을 때는 1초에 10번 정도의 간격으로 초음파를 발생시킨다. 그리고 먹이에 접근할 때는 보다 정밀한 정보 수집을 위해 1초에 120~200번 정도의 빠른 템포로 초음파를 발생시켜 먹이와의 거리나 먹이의 방향과 크기 등을 ㉡ 탐지(探知)한다. 박쥐는 되돌아오는 반사음을 세밀하게 포착하기 위해 얼굴의 반 이상을 차지할 만큼 크게 발달한 귀를 갖고 있다. 그리고 달팽이관의 감진 횟수가 2.5~3.5회로 1.75회인 인간보다 더 많기 때문에 박쥐는 인간이 들을 수 없는 매우 넓은 범위의 초음파까지 들을 수 있다.

[A] 그렇다면 박쥐는 먹이의 위치나 이동 상황을 어떻게 알 수 있을까? 그것은 박쥐가 도플러 효과를 이용하기 때문에 가능하다. 도플러 효과란 파동을 발생시키는 파원과 그 파동을 관측하는 관측자 중 하나 이상이 운동하고 있을 때, 관측되는 파장의 길이에 변화가 나타나는 현상이다. 예를 들어 구급차가 다가오고 있을 때는 사이렌 소리의 파장이 짧아져 음이 높게 들리고 멀어져 갈 때는 소리의 파장이 길어져 음이 낮게 들리는데, 이는 도플러 효과 때문이다. 박쥐는 도플러 효과를 이용해 수시로 바뀌는 반사음의 변화를 파악하여 먹이의 위치와 이동 상황을 ㉢ 포착(捕捉)한다. 만일 돌아오는 반사음의 높이가 낮아졌다면, 먹이는 박쥐에게서 멀어지고 있다는 것을 의미한다.

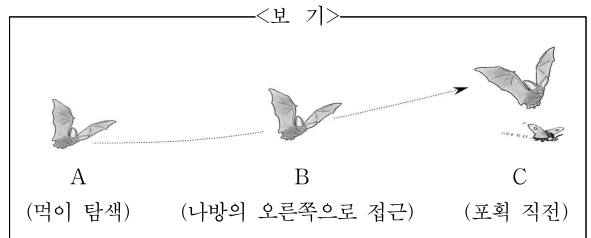
박쥐는 주로 곤충을 먹고 산다. 그런데 어떤 곤충은 박쥐가 내는 초음파 소리를 들을 수 있기 때문에 박쥐의 접근을 눈치챌 수 있다. 예를 들어 박쥐의 주요 먹잇감인 나방은 초음파의 강약에 따라 박쥐와의 거리를 파악할 수 있고, 왼쪽과 오른쪽 귀에 들리는 초음파의 강약 차이에 따라 박쥐가 다가오는 좌우 수평 방향을 알 수 있다. 박쥐가 다가오는 방향의 반대쪽 귀는 자신의 몸이 초음파를 ㉣ 차단(遮斷)하고 있기 때문에 박쥐가 다가오는 쪽의 귀보다 초음파가 약하게 들린다. 또한 초음파의 강약 변화가 반복적으로 나타나는지 아닌지에 따라 박쥐가 다가오는 상하 수직 방향도 알 수 있다. 나방의 귀는 날개의 아래에 있기 때문에 날개를 내리면 귀가 날개에 덮여서 초음파를 잘 듣지 못하게 된다. 따라서 박쥐가 위쪽에 있을 때는 날개를 올리고 내릴 때마다 소리가 강해졌다 약해졌다를 반복하는 초음파를 듣게 된다. 반대로 박쥐가 아래쪽에 있을 때는 귀도 박쥐도 날개의 아래에 있기 때문에 날개의 퍼덕임과 상관없이 초음파가 거의 일정한 음량으로 들린다.

박쥐가 내는 초음파의 반사음은 움직이는 나방의 날개 각도나 퍼덕이는 속도에 따라서 그 파장이 다양하게 변한다. 때문에 나방은 위협에 처해 있을 때 급회전이나 급강하, 또는 몸의 움직임을 멈추고 마치 죽은 듯이 그대로 자유 낙하하는 행동을 취해 박쥐에게 전달되는 초음파 정보를 ㉤ 교란(攪亂)시킨다. 만일 박쥐가 수시로 바뀌는 나방의 동선을 제대로 추적하지 못하면 먹이를 놓치고 만다. 박쥐와 나방은 초음파를 둘러싸고 쫓고 쫓기는 사투를 벌이고 있는 것이다.

77. 윗글에서 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 박쥐는 입이나 코에서 초음파를 만들어 낸다.
- ② 반향정위는 대부분의 육상 동물들이 갖고 있는 특징이다.
- ③ 달팽이관의 감진 횟수는 초음파의 지각 능력과 관련 있다.
- ④ 박쥐의 초음파와 구급차 사이렌 소리의 주파수는 동일하다.
- ⑤ 나방의 움직임은 반사되는 초음파의 파장에 영향을 미치지 않는다.

78. <보기>는 박쥐가 나방을 포획하는 과정을 나타낸 것이다. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① 박쥐는 A보다는 B에서 더 빠른 템포의 초음파를 발생시키며 나방에 접근하겠군.
- ② A에서 C로 이동했을 때 박쥐가 들은 반사음의 높이는 높아졌겠군.
- ③ 나방의 귀에 들리는 초음파의 강도는 박쥐가 A보다 B에 있을 때 더 크겠군.
- ④ C에서 나방은 일정한 음량의 초음파를 듣고 박쥐가 위쪽에 있다고 판단하겠군.
- ⑤ 박쥐가 B에 있을 때 나방의 왼쪽보다 오른쪽 귀에 더 강한 초음파가 들리겠군.

79. [A]를 바탕으로 <보기>의 밑줄 친 빈칸에 들어갈 내용을 추리한 것으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

관측자와 파원이 정지해 있다가, 파원이 관측자 쪽으로 다가갔다면 \_\_\_\_\_

- ① 파장이 비연속적으로 관측되었군.
- ② 이전보다 더 짧아진 파장이 관측되었군.
- ③ 관측되는 파장의 길이는 이전과 동일하겠군.
- ④ 파장이 반복적으로 길어졌다 짧아졌다 하겠군.
- ⑤ 파원의 속도에 비례해서 파장이 점점 길어지겠군.

80. ㉠~㉣의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠ : 중심에서 사방으로 내뿜침.
- ② ㉡ : 사물을 더듬어 찾아 알아냄.
- ③ ㉢ : 확실하게 그러하다고 여김.
- ④ ㉣ : 막아서 통하지 못하게 함.
- ⑤ ㉤ : 뒤흔들어서 혼란스럽게 함.

**<24> 2016년 LEET 언어이해 29-32번**

[81~84] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

이론적으로 존재하는 가장 낮은 온도는  $-273.16^{\circ}\text{C}$ 이며 이를 절대 온도 0K라고 한다. 실제로 0K까지 물체의 온도를 낮출 수는 없지만 그에 근접한 온도를 얻을 수는 있다. 그러한 방법 중 하나가 '레이저 냉각'이다.

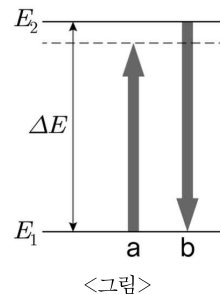
레이저 냉각을 이해하기 위해 우선 온도라는 것이 무엇인지 알아보자. 미시적으로 물질을 들여다보면 많은 수의 원자가 모인 집단에서 원자들은 끊임없이 서로 충돌하며 다양한 속도로 운동한다. 이때 절대 온도는 원자들의 평균 운동 속도의 제곱에 비례하는 양으로 정의된다. 따라서 어떤 원자의 집단에서 원자들의 평균 운동 속도를 감소시키면 그 원자 집단의 온도가 내려간다. 레이저 냉각을 사용하면 상온(약 300K)에서 대략 200m/s의 평균 운동 속도를 갖는 기체 상태의 루비듦 원자의 평균 운동 속도를 원래의 약 1/10000까지 낮출 수 있다.

그렇다면 레이저를 이용하여 어떻게 원자의 운동 속도를 감소시킬 수 있을까? 날아오는 농구공에 정면으로 야구공을 던져서 부딪히게 하면 농구공의 속도가 느려진다. 마찬가지로 빠르게 움직이는 원자에 레이저 빛을 쏘아 충돌시키면 원자의 속도가 줄어들 수 있다. 이때 속도와 질량의 곱에 해당하는 운동량도

작아진다. 빛은 전자기파라는 파동이면서 동시에 광자라는 입자이기도 하기 때문에 운동량을 갖는다. 광자는 빛의 파장에 반비례하는 운동량을 가지며 빛의 진동수에 비례하는 에너지를 갖는다. 또한 빛의 파장과 진동수는 반비례의 관계에 있다. 레이저 빛은 햇빛과 같은 일반적인 빛과 달리 일정한 진동수의 광자로만 이루어져 있다. 레이저 빛을 구성하는 광자가 원자에 흡수될 때 광자의 에너지만큼 원자의 내부 에너지가 커지면서 광자의 운동량이 원자에 전달된다. 실제로 상온에서 200m/s의 속도로 다가오는 루비듦 원자에 레이저 빛을 쏘아 여러 개의 광자를 연이어 루비듦 원자에 충돌시키면 원자를 거의 정지시킬 수 있다. 하지만 이때 문제는 원자가 정지한 순간 레이저를 끄지 않으면 원자가 오히려 반대 방향으로 밀려날 수도 있다는 데 있다. 그런데 원자를 하나하나 따로 관측할 수 없고 각 원자의 운동 속도에 맞추어 각 원자와 충돌하는 광자의 운동량을 따로 제어할 수도 없으므로 실제 레이저를 이용해 원자의 온도를 내리는 것은 간단하지 않아 보인다. 이를 간단하게 해결하는 방법은 도플러 효과와 원자가 빛을 선택적으로 흡수하는 성질을 이용하는 것이다.

사이렌과 관측자가 가까워질 때에는 사이렌 소리가 원래의 소리보다 더 높은 음으로 들리고, 사이렌과 관측자가 멀어질 때에는 더 낮은 음으로 들린다. 이처럼 빛이나 소리와 같은 파동을 발생시키는 파동원과 관측자가 멀어질 때는 파동의 진동수가 더 작게 감지되고, 파동원과 관측자가 가까워질 때는 파동의 진동수가 더 크게 감지되는 현상을 도플러 효과라고 한다. 이때 원래의 진동수와 감지되는 진동수의 차이는 파동원과 관측자가 서로 가까워지거나 멀어지는 속도에 비례한다. 이것을 레이저와 원자에 적용하면 레이저 광원은 파동원이고 원자는 관측자에 해당한다. 그러므로 레이저 광원에 다가가는 원자에게 레이저 빛의 진동수는 원자의 진동수보다 더 높게 감지되고, 레이저 광원에서 멀어지는 원자에게 레이저 빛의 진동수는 더 낮게 감지된다.

한편 정지해 있는 특정한 원자는 모든 진동수의 빛을 흡수하는 것이 아니고 고유한 진동수, 즉 공명 진동수의 빛만을 흡수한다. 이것은 원자가 광자를 흡수할 때 원자 내부의 전자가 특정 에너지 준위  $E_1$ 에서 그보다 더 높은 특정 에너지 준위  $E_2$ 로 옮겨가는 것만 허용되기 때문이다. 이때 흡수된 광자의 에너지는 두 에너지 준위의 에너지 값의 차이  $\Delta E$ 에 해당한다.



그러면 어떻게 도플러 효과를 이용하여 레이저 냉각을 수행하는지 알아보자. 우선 어떤 원자의 집단을 사이에 두고 양쪽에서 레이저 빛을 원자에 쏘되 그 진동수를 원자의 공명 진동수보다 작게 한다. 원자가 한쪽 레이저 빛의 방향과 반대 방향으로 움직이면 도플러 효과에 의해 원자에서 감지되는 레이저 빛의 진동수가 커지는데, 그 값이 자신의 공명 진동수에 해당하는 원자는 레이저 빛을 흡수하게 된다. 이때 흡수된 광자의 에너지는  $\Delta E$ 보다 작지만(<그림>의 a), 원자는 도플러 효과 때문에 공명 진동수를 갖는 광자를 받아들이는 것처럼 낮은 준위  $E_1$ 에 있던 전자를 허용된 준위  $E_2$ 에 올려놓는다. 그러면 불안정해진 원자는 잠시 후에  $\Delta E$ 에 해당하는 에너지를 갖는 광자를 방출하면서 전자를  $E_2$ 에서  $E_1$ 로 내려놓는다(<그림>의 b). 이 과정이 반복되는 동안, 원자가 광자를 흡수할 때에는 일정한 방향에서 오는 광자와 부딪혀 원자의 운동 속도가 계속 줄어들지만, 원자가 광자를 내놓을 때에는 임의의 방향으로 방출하기 때문에 결국 광자의 방출은 원자의 속도 변화에 영향을 미치지 못하게 된다. 그러므로 원자에서 광자를 선택적으로 흡수하고 방출하는 과정이 반복되면, 원자의 속도가 줄어들면서 원자의 평균 운동 속도가 줄고 그에 따라 원자 집단 전체의 온도가 내려가게 된다.

81. 윗글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 움직이는 원자의 속도는 도플러 효과로 인해 더 크게 감지된다.
- ② 레이저 냉각은 광자를 선택적으로 흡수하는 원자의 성질을 이용한다.
- ③ 레이저 냉각은 원자와 레이저 빛을 충돌시켜서 광자를 냉각시키는 것이다.
- ④ 레이저 빛을 이용하여 원자 집단을 절대 온도 0K에 도달하게 할 수 있다.
- ⑤ 개별 원자의 운동 상태를 파악하여 각각의 원자마다 적절한 진동수의 레이저 빛을 쏘 수 있다.

82. 윗글의 <그림>을 이해한 것으로 적절하지 않은 것은?

- ① 다가오는 원자에 공명 진동수의 레이저 빛을 쏘면 원자 내부의 전자가  $E_1$ 에서  $E_2$ 로 이동한다.
- ② 원자의 공명 진동수와 일치하는 진동수를 갖는 광자는  $\Delta E$ 의 에너지를 갖는다.
- ③ 원자가 흡수했다가 방출하는 광자의 에너지는  $\Delta E$ 로 일정하다.
- ④ 정지한 원자가 흡수하는 광자의 에너지는  $\Delta E$ 와 일치한다.
- ⑤  $E_2$ 에서  $E_1$ 로 전자가 이동할 때 광자가 방출된다.

83. 윗글에 따를 때, <보기>에서 공명이 일어나는 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

소리굽쇠는 고유한 공명 진동수를 가져서, 공명 진동수와 일치하는 소리를 가해 주면 공명하고, 공명 진동수에서 약간 벗어난 진동수의 소리를 가해 주면 공명하지 않는다. 그림과 같이 마주 향한 고정된 두 스피커에서 진동수 498 Hz의 음파를 발생시키고, 공명 진동수가 500 Hz인 소리굽쇠를 두 스피커 사이의 중앙에서 오른쪽으로  $v$ 의 속도로 움직였더니 소리굽쇠가 공명했다. 그 후에 다음과 같이 조작하면서 소리굽쇠의 공명 여부를 관찰했다. 단, 소리굽쇠는 두 스피커 사이에서만 움직인다.

- ㄱ. 소리굽쇠를 중앙에서 왼쪽으로  $v$ 의 속도로 움직였다.
- ㄴ. 소리굽쇠를 중앙에서 오른쪽으로  $2v$ 의 속도로 움직였다.
- ㄷ. 왼쪽 스피커를 끄고 소리굽쇠를 중앙에서 왼쪽으로  $v$ 의 속도로 움직였다.

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

84. 윗글에 비추어 <보기>의 리튬 원자의 레이저 냉각에 대하여 설명한 것으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>


	루비듐	리튬
원자량(원자의 질량)	85.47	6.94
정지 상태의 원자가 흡수하는 빛의 파장	780 nm	670 nm

- ① 리튬의 공명 진동수는 루비듐의 공명 진동수보다 크다.
- ② 원자가 흡수하는 광자의 운동량은 리튬 원자가 루비듐 원자보다 작다.
- ③ 같은 속도로 움직일 때 리튬 원자의 운동량이 루비듐 원자의 운동량보다 작다.
- ④ 루비듐 원자에 레이저 냉각을 일으키는 레이저 빛은 같은 속도의 리튬 원자에서는 냉각 효과가 없다.
- ⑤ 리튬 원자에 레이저 냉각을 일으킬 때에는 레이저 빛의 파장을 670 nm보다 더 큰 값으로 조정한다.



**<25> 2015학년도 사관학교 1차 국어영역 B형 25-27번**

[85~87] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.



‘영구 기관’이란 외부에서 어떤 힘을 가하거나 연료를 공급하지 않더라도 스스로 계속 움직이는 가상의 장치를 말한다. 주로 16세기 이후 유럽을 중심으로 많은 영구 기관이 고안되었는데, 그 어느 것도 성공하지 못했다. ㉠ <그림 1>의 장치는 17세기에 고안된 영구 기관으로, 내부가 몇 개의 구획으로 나누어진 원반이 선풍기처럼 회전하면서 각 구획의 벽을 따라 쇠구슬이 중심에서 가장자리로 이동하도록 되어 있다. 이 장치를 처음 고안한 사람은 시계 방향으로 힘을 가하면 쇠구슬로 인한 회전력에 의해 원반이 영구적으로 회전할 것이라 생각하였다.

그러나 이러한 기대와는 달리 이 장치는 결국 멈추었다. 처음에 원반을 돌린 힘은 회전축의 마찰과 쇠구슬이 구르면서 생기는 마찰 등으로 인해 열에너지로 전환되기 때문이다. 그리고 장치 안에서 마찰로 인해 손실된 에너지를 보충할 새로운 에너지는 생성되지 않는데, 그 이유는 오른쪽에 있는 쇠구슬의 무게로 인해 회전축에 걸린 힘이 모두 원반의 왼쪽에 있는 쇠구슬을 들어 올리는 데 사용되기 때문이다. 이를 통해 에너지는 그 형태를 바꾸는 경우는 있어도 새로 생겨나지도 사라지지도 않는다는 것을 알 수 있다. 이것을 설명한 법칙이 바로 ‘열역학 제1법칙’이다. 결국 <그림 1>과 같은 영구 기관을 만들 수 있을 것이라는 생각은 열역학 제1법칙에 어긋나는 것이었다.



<그림 2>

그렇다면 스스로의 힘으로 에너지를 만들어 내는 영구 기관 대신 스스로의 힘으로 주변 환경에서 에너지를 공급받는 영구 기관의 작동은 가능하지 않을까? 주변에 있는 공기의 열을 이용하여 달리는 가상의 자동차를 상상해 보자(<그림 2>). 주변 공기의 온도가 20°C인 상황에서, 끓는점이 15°C인 액체를 끓여서 그 증기의 힘으로 작동하는 증기 기관이 장착된 자동차가 있다고 하자. 이때 액체를 끓여 증기를 만드는 데는 주위에 있는 공기만 사용할 수 있으며, 액체를 증기로 만드는 과정에서 열을

빼앗겨 온도가 떨어진 공기는 자동차 밖으로 배출된다고 하자. 증기를 다시 식혀 액체로 만들 수 있다면 이 자동차는 영구히 작동할 수 있을 것이다.

그런데 어떻게 증기를 식혀서 다시 액체로 만들 수 있을까? 온도가 20°C인 주변의 공기만을 이용할 수 있는 상황에서 ㉡ 이 증기를 15°C 이하로 식히는 것은 불가능하다. 이에 대한 근거가 되는 법칙이 열의 이동에 관한 법칙인 ‘열역학 제2법칙’으로, 그 내용은 ‘열은 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동하며, 스스로 저온에서 고온으로 흐르지 않는다.’라는 것이다. 위 자동차의 아이디어는 이 법칙에 위배되기 때문에 결국 <그림 2>와 같은 자동차의 영구적 작동은 불가능한 것임을 알 수 있다.

85. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ㉠ 다양한 영구 기관의 종류와 특징을 분석하고 있다.
- ㉡ 영구 기관을 열역학 법칙과 관련지어 설명하고 있다.
- ㉢ 에너지 개념의 변화 과정을 시대순으로 살펴보고 있다.
- ㉣ 열역학 법칙을 도출해낸 과학자들 간의 논쟁을 소개하고 있다.
- ㉤ 실험을 통해 열에너지와 일의 관계가 증명되는 과정을 제시하고 있다.

86. <보기>에서 ㉠에 대한 적절한 설명을 골라 짝지은 것은?

< 보 기 >

- ㉠ 처음 가해진 힘은 다른 형태의 에너지로 전환된다.
- ㉡ 장치 내부의 마찰이 없으면 새로운 에너지의 생성이 가능하다.
- ㉢ 작동 과정에서 생긴 열에너지는 회전축에 걸리는 힘을 증가시킨다.
- ㉣ 회전축을 중심으로 원반의 오른쪽에 걸린 힘과 원반의 왼쪽에 걸린 힘은 상쇄된다.

- ㉠ (a), (b)                      ㉡ (a), (c)                      ㉢ (a), (d)
- ㉣ (b), (c)                      ㉤ (b), (d)

87. ㉡과 같은 결론을 도출하는 과정에서 고려한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ㉠ 주변 공기의 영향으로 액체의 끓는점은 15°C보다 더 낮아진다.
- ㉡ 증기는 추가 에너지의 공급이 없어도 천천히 식어서 액체로 변한다.
- ㉢ 증기가 액체로 변하기 위해서는 주변 공기의 온도가 증기의 온도보다 낮아야 한다.
- ㉣ 증기를 만드는 데 사용된 열에너지는 증기를 액체로 되돌리는 과정에서 다시 사용될 수 있다.
- ㉤ 증기의 온도를 낮추기 위해서는 증기의 열이 주변 공기의 온도보다 높은 온도의 물체로 이동해야 한다.

**<26> 2017학년도 9월 모의평가 국어영역 31-34번**

[88~91] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

18세기에는 열의 실체가 칼로릭(caloric)이며 칼로릭은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르는 성질을 갖고 있는, 질량이 없는 입자들의 모임이라는 생각이 받아들여지고 있었다. 이를 칼로릭 이론이라 ㉠ 부르는데, 이에 따르면 찬 물체와 뜨거운 물체를 접촉시켜 놓았을 때 두 물체의 온도가 같아지는 것은 칼로릭이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 이동하기 때문이라는 것이다. 이러한 상황에서 과학자들의 큰 관심사 중의 하나는 증기 기관과 같은 열기관의 열효율 문제였다.

열기관은 높은 온도의 열원에서 열을 흡수하고 낮은 온도의 대기와 같은 열기관 외부에 열을 방출하며 일을 하는 기관을 말하는데, 열효율은 열기관이 흡수한 열의 양 대비 한 일의 양으로 정의된다. 19세기 초에 카르노는 열기관의 열효율 문제를 칼로릭 이론에 기반을 두고 ㉡ 다루었다. 카르노는 물레방아와 같은 수력 기관에서 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 ㉢ 흐르면서 일을 할 때 물의 양과 한 일의 양의 비가 높이 차이에만 좌우되는 것에 주목하였다. 물이 높이 차에 의해 이동하는 것과 흡사하게 칼로릭도 고온에서 저온으로 이동하면서 일을 하게 되는데, 열기관의 열효율 역시 이러한 두 온도에만 의존한다는 것이었다.

한편 1840년대에 줄(Joule)은 일정량의 열을 얻기 위해 필요한 각종 에너지의 양을 측정하는 실험을 행하였다. 대표적인 것이 열의 일당량 실험이었다. 이 실험은 열기관을 대상으로 한 것이 아니라, 추를 낙하시켜 물속의 날개바퀴를 회전시키는 실험이었다. 열의 양은 칼로리(calorie)로 표시되는데, 그는 역학적 에너지인 일이 열로 바뀌는 과정의 정밀한 실험을 통해 1 kcal의 열을 얻기 위해서 필요한 일의 양인 열의 일당량을 측정하였다. 줄은 이렇게 일과 열은 형태만 다를 뿐 서로 전환이 가능한 물리량 이므로 등가성을 갖는다는 것을 입증하였으며, 열과 일이 상호 전환될 때 열과 일의 에너지를 합한 양은 일정하게 보존된다는 사실을 알아내었다. 이후 열과 일뿐만 아니라 화학 에너지, 전기 에너지 등이 등가성을 가지며 상호 전환될 때에 에너지의 총량은 변하지 않는다는 에너지 보존 법칙이 입증되었다.

열과 일에 대한 이러한 이해는 카르노의 이론에 대한 과학자들의 재검토로 이어졌다. 특히 톰슨은 ㉣ 칼로릭 이론에 입각한 카르노의 열기관에 대한 설명이 줄의 에너지 보존 법칙에 위배된다고 지적하였다. 카르노의 이론에 의하면, 열기관은 높은 온도에서 흡수한 열 전부를 낮은 온도로 방출하면서 일을 한다. 이것은 줄이 입증한 열과 일의 등가성과 에너지 보존 법칙에 ㉤ 어긋나는 것이어서 열의 실체가 칼로릭이라는 생각은 더 이상 유지될 수 없게 되었다. 하지만 열효율에 관한 카르노의 이론은 클라우지우스의 증명으로 유지될 수 있었다. 그는 카르노의 이론이 유지되지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 ㉦ 생길 수도 있을 것이라는 가정에서 출발하여, 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 카르노의 이론을 증명하였다.

클라우지우스는 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르고 그와 반대되는 현상은 일어나지 않는 것과 같이 경험적으로 알 수 있는 방향성이 있다는 점에 주목하였다. 또한 일이 열로 전환될 때와는 달리, 열기관에서 열 전부를 일로 전환할 수 없다는, 즉 열효율이 100%가 될 수 없다는 상호 전환 방향에 관한 비대칭성이 있다는 사실에 주목하였다. 이러한 방향성과 비대칭성에 대한 논의는 이를 설명할 수 있는 새로운 물리량인 엔트로피의 개념을 낳았다.

88. 밑글에서 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 열기관은 외부로부터 받은 일을 열로 변환하는 기관이다.
- ② 수력 기관에서 물의 양과 한 일의 양의 비는 물의 온도 차이에 비례한다.
- ③ 칼로릭 이론에 의하면 차가운 쇠구슬이 뜨거워지면 쇠구슬의 질량은 증가하게 된다.
- ④ 칼로릭 이론에서는 칼로릭을 온도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 흐르는 입자라고 본다.
- ⑤ 열기관의 열효율은 두 작동 온도에만 관계된다는 이론은 칼로릭 이론의 오류가 밝혀졌음에도 유지되었다.

89. 밑글로 볼 때 ㉣의 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 화학 에너지와 전기 에너지는 서로 전환될 수 없는 에너지라는 점
- ② 열의 실체가 칼로릭이라면 열기관이 한 일을 설명할 수 없다는 점
- ③ 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르는 것과 같은 방향성이 있는 현상이 존재한다는 점
- ④ 열효율에 관한 카르노의 이론이 맞지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 생길 수 있다는 점
- ⑤ 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 점

90. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 [가]에 들어갈 말로 가장 적절한 것은? [3점]

<보 기>

줄의 실험과 달리, 열기관이 흡수한 열의 양(A)과 열기관으로부터 얻어진 일의 양(B)을 측정하여  $\frac{B}{A}$ 로 열의 일당량을 구하면, 그 값은 ( [가] )는 결과가 나올 것이다.

- ① 열기관의 두 작동 온도의 차이가 일정하다면 줄이 구한 열의 일당량과 같다
- ② 열기관이 열을 흡수할 때의 온도와 상관없이 줄이 구한 열의 일당량과 같다
- ③ 열기관이 흡수한 열의 양이 많을수록 줄이 구한 열의 일당량보다 더 커진다
- ④ 열기관의 두 작동 온도의 차이가 커질수록 줄이 구한 열의 일당량보다 더 커진다
- ⑤ 열기관이 흡수한 열의 양과 두 작동 온도에 상관없이 줄이 구한 열의 일당량보다 작다

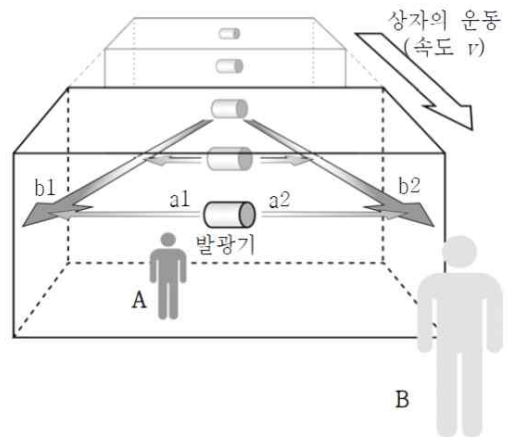
91. 윗글의 ㉠~㉣과 같은 의미로 사용된 것은?

- ① ㉠ : 웃음은 또 다른 웃음을 부르는 법이다.
- ② ㉡ : 그는 익숙한 숨씨로 기계를 다루고 있었다.
- ③ ㉢ : 이야기가 엉뚱한 방향으로 흐르고 있다.
- ④ ㉣ : 그는 상식에 어긋나는 일을 한 적이 없다.
- ⑤ ㉤ : 하늘을 보니 당장이라도 비가 오게 생겼다.

<27> 2016년 고3 10월 학력평가 국어영역 28-30번

[92~94] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

아인슈타인 이전 과학자들에게 에너지와 질량은 별개의 독립적인 물리량이었다. 하지만 아인슈타인은  $E = mc^2$ 이라는 공식으로 에너지(E)와 질량(m)의 관계를 밝혔다.



<그림>

㉠ 에너지와 질량의 관계에 대한 아인슈타인의 생각은 '상대성의 원리'와 '광속 일정의 원리'라는 두 가지 공리'에 기반을 두고 있는 <그림>과 같은 ㉡ 가상의 사고(思考) 실험을 통해 이해할 수 있다. 큰 상자가 있고 상자 안에는 A와 발광기가 각각 상자에 대해 정지 상태에 있다. 상자 안의 모든 상황을 볼 수 있는 상자 밖의 B를 향해 그 상자는 등속도로 접근해 오고 있다. 그리고 발광기가 어느 순간 좌우를 향해 완전히 같은 세기의 빛(에너지)을 발사한다. A의 입장에서 본다면, 발광기가 빛을 발사했지만 <그림>의 a1, a2와 같이 서로 정반대의 방향으로 동시에 발사했기 때문에 그로 인한 반동은 완전히 상쇄되어 발광기는 빛을 발사한 후에도 상자 안에서 상자에 대해 정지 상태를 유지해야 한다. 한편 B의 입장에서는 상자가 자신을 향해 접근해 오기 때문에 당연히 상자 안의 발광기도 상자와 같은 속도로 접근해 온다. 그런데 발광기가 발사한 두 빛은 <그림>의 b1, b2와 같이 비스듬히 좌우로 퍼지면서 진행하기 때문에 빛의 발사로 인한 반동이 완전히 상쇄되지 못한다. 상쇄되지 못한 반동은 발광기의 운동에 감속 요인으로 작용하여, 상자의 속도에 비해 발광기가 접근해 오는 속도가 느려져야 한다. 결과적으로 동일한 발광기의 운동이 A와 B에게 각각 다르게 보이게 되는 모순이 생기게 된다.

이와 같은 모순과 관련하여 아인슈타인은 ㉢ 빛의 발사라는 에너지의 방출이 발광기 질량의 손실을 의미한다면, 빛을 방출하는 것에 따른 감속과 질량을 잃은 것에 따른 가속이 균형을 이루면서 발광기가 상자와 같은 속도로 B에게 접근한다고 생각

했다. 결과적으로 A와 B가 보는 상황은 다르지 않으며, 서로 다른 물리량이라고 생각되었던 에너지와 질량이 광속(c)을 환산 인자\*로 하여 서로 환산될 수 있는 물리량이 된 것이다.

아인슈타인의 공식은 물체의 질량이 그 물체가 가진 잠재적인 에너지에 대한 척도이며, 물체가 에너지를 방출하면 그 질량은  $E/c^2$ 만큼 작아진다는 점을 보여 준다. 광속(c)이 진공 중에서 대략 초속 30만 km이므로, 광속을 제곱한 값( $c^2$ )은 대략  $9 \times 10^{16} \text{m}^2/\text{s}^2$ 의 천문학적인 수가 되는데, 이를 고려하면 아인슈타인의 공식은 우리에게 매우 작은 질량의 물질도 엄청난 에너지로 전환될 수 있음을 알려 준다고 할 수 있다.

- \* 공리 : 수학이나 논리학 따위에서 증명이 없이 자명한 진리로 인정되며, 다른 명제를 증명하는 데 전제가 되는 원리.
- \* 환산인자 : 어떤 단위로 표시되는 양을 다른 단위로 나타내기 위하여 곱하거나 나누는 인자.

92. 밑줄에서 언급되지 않은 것은?

- ① 진공 중에서 빛의 속도
- ② 아인슈타인의 공식에서 광속의 역할
- ③ 광속의 변화 이유에 대한 아인슈타인의 생각
- ④ 아인슈타인의 공식에 나타난 에너지와 질량의 관계
- ⑤ 에너지와 질량의 관련성에 대한 아인슈타인 이전 과학자들의 생각

93. ㉠에 근거하여 <보기>에 대해 보인 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

에너지 보존 법칙에 따르면, 에너지가 다른 에너지로 전환될 때 전환 전후의 에너지 총합은 항상 일정하게 보존된다. 그리고 질량 보존 법칙에 따르면, 화학 반응에서 반응물 전체의 질량과 생성물 전체의 질량은 같다.

- ① 에너지가 다른 에너지로 전환될 때 엄밀한 의미에서 에너지의 총합은 증가하겠군.
- ② 에너지 보존 법칙이 엄밀하게 적용되기 위해서는 에너지의 전환 과정에서 질량의 변화 여부도 고려되어야겠군.
- ③ 화학 반응에서 반응물의 질량보다 생성물의 질량이 크다면 반응 결과에 따른 생성물에 잠재된 에너지는 증가하겠군.
- ④ 화학 반응에서 에너지의 유입이나 유출이 있다면 엄밀한 의미에서 질량 보존의 법칙이 성립하지 않을 수 있겠군.
- ⑤ 화학 반응에서 발열 등으로 질량 손실이 일어난다고 하여도 일상적인 수준에서는 감지하기 어려울 만큼 적은 양이겠군.

94. ㉠, ㉡에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠에서 빛의 방출에는 반동이 수반된다고 본다.
- ② ㉠에서 A와 B가 인식하는 빛의 진행 방향은 다르다고 본다.
- ③ ㉡에서 에너지의 방출은 질량의 손실을 의미하는 것으로 본다.
- ④ ㉡에서 A와 B는 모두 발광기를 상자에 대하여 정지 상태에 있는 것으로 인식한다고 본다.
- ⑤ ㉡에서 발광기에서 발사한 두 방향의 빛은 결과적으로 발광기의 운동을 변화시킨 것으로 본다.

**<28> 2004학년도 수능 언어영역 43-46번**

[95~98] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

고전 역학은 20세기 초까지 물리학자들이 세계를 기술하던 기본 이론으로, 다음과 같은 두 가지 가정을 포함한다. ㉠ 물리적 속성에 대한 측정의 대상의 다른 물리적 속성을 변화시키지 않고 이루어질 수 있다는 가정과 ㉡ 물리적 영향은 빛의 속도를 넘지 않고 공간을 거쳐 전파된다는 가정이 그것이다. 예를 들어 어떤 돌의 단단한 정도를 측정한다고 해서 그 돌의 색깔이 변하는 것은 아니며, 돌이 유리창을 향해 날아가는 순간 유리창이 '미리 알고' 깨질 수는 없다는 것이다. 이러한 고전 역학의 가정은 우리들에게 자연스럽게 받아들여진다.

양자 역학은 고전 역학보다 더 많은 현상을 정확하게 예측함으로써 고전 역학을 대체하여 현대 물리학의 근간이 되었다. 그럼에도 불구하고 양자 역학이 예측하는 현상들 중에는 매우 불가사의한 것이 있다. 다음의 예를 살펴보자. 양자 역학에 따르면, 같은 방향에 대한 운동량의 합이 0인 한 쌍의 입자는 아무리 멀리 떨어져도 그 연관을 유지한다. 이제 이 두 입자 중 하나는 지구에 놓아두고 다른 하나는 금성으로 보냈다고 가정하자. 만약 지구에 있는 입자의 수평 방향 운동량을 측정하여 +1을 얻었다면, 금성에 있는 입자의 수평 방향 운동량이 -1이 된다. 도대체 그렇게 멀리 떨어진 입자가 어떻게 순간적으로 지구에서 일어난 측정의 결과에 영향을 받을 수 있을까?

또한 양자 역학에 따르면 서로 다른 방향의 운동량도 연관되어 있다. 예컨대 수평 방향 운동량과 수직 방향 운동량은 하나를 측정하면 다른 하나가 영향을 받는다. 그 결과 지구 입자의 수평 운동량을 측정하여 +1을 얻은 후 연이어 수직 운동량을 측정하고 다시 수평 운동량을 측정하면, 이제는 +1만 나오는 것이 아니라 +1과 -1이 반반의 확률로 나온다. ㉢ 두 번째 수직 방향 측정이 수평 운동량 값을 불확정적으로 만들어 버린 것이다. 게다가 지구 입자는 금성 입자와 연결되어 있으므로, 금성 입자의 수평 운동량을 측정하여 -1을 얻은 후 지구 입자의 수직 운동량을 측정하면, 그 순간 금성 입자의 수평 운동량 값 역시 불확실해진다. 그래서 수평 운동량을 다시 측정하면 -1과 +1이 반반의 확률로 나온다. 어떻게 지구에서 이루어진 측정이 엄청나게 멀리 떨어져 있는 입자의 물리적 속성에 순간적으로 영향을 줄 수 있을까? 이 현상에 대해 고전 역학의 가정을 만족시키면서 인과적으로 설명하는 것은 불가능해 보인다.

이처럼 불가사의한 양자 현상을 실험적으로 검증하기는 매우 어렵다. 하지만 1980년대에 이루어진 아스펙의 일련의 실험 이후, 이러한 양자 현상이 미시적인 세계에서 실제로 존재한다는 사실은 부인할 수 없게 되었다. 양자 역학은 이 현상을 정확하게 예측하기는 하지만 우리가 이해할 수 있도록 인과적으로 설명해 주지는 못한다. 이러한 양자 역학의 한계에 대해 물리학자들은 대체로 두 가지 반응을 보인다. 첫째는 양자 역학을 자연에 적용할 때 매우 성공적이었으므로, 이러한 양자 현상이 우리에게 이상하게 보인다는 점은 별로 문제될 것이 없다는 입장이다.

둘째는 양자 역학은 미래에 더 나은 이론으로 대체될 것이고, 그때가 되면 불가사의한 양자 현상도 어떤 형태로든 설명될 것이라는 입장이다.

95. 윗글의 제목으로 가장 적절한 것은?

- ① 현대 물리학의 계보                      ② 불가사의한 양자 현상
- ③ 양자 역학의 운동량 측정              ④ 고전 역학의 두 가지 가정
- ⑤ 고전 역학과 양자 역학의 만남

96. ㉠, ㉡, ㉢ 사이의 관계를 바르게 서술한 것은?

- ① ㉢은 ㉠이 맞다면 당연한 결과이다.
- ② ㉢은 ㉡가 맞다면 당연한 결과이다.
- ③ ㉢은 ㉠이 맞다면 불가능한 결과이다.
- ④ ㉢은 ㉡가 맞다면 불가능한 결과이다.
- ⑤ ㉢은 ㉠과 ㉡가 동시에 맞을 경우에만 당연한 결과이다.

97. <보기 1>의 A와 B에 들어갈 수 있는 말을 <보기 2>에서 모두 고르면?

<p style="text-align: center;">— &lt;보기 1&gt; —</p> <p>양자 구슬 한 쌍을 생각하자. 이 두 구슬은 뜨겁거나 차갑고, '딩' 소리나 '땡' 소리가 난다. 구슬의 온도와 소리라는 두 물리적 속성은 윗글에서 소개된 양자적 특징을 갖는다. 이제 구슬 하나는 내가 가지고, 다른 구슬은 친구에게 주어 멀리 보냈다고 하자. 내가 구슬을 두드려 보니 '딩' 소리가 났다. 그런 후 내 구슬을 만져 보니 뜨거웠다. 그리고 구슬을 다시 두드려 보니 ( A ) 소리가 났다. 그 순간 멀리 있는 친구가 구슬을 두드린다면 ( B ) 소리가 날 것이다.</p>	<p style="text-align: center;">— &lt;보기 2&gt; —</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">B</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ㄱ. '딩'</td> <td style="padding: 2px;">'딩'</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ㄴ. '딩'</td> <td style="padding: 2px;">'땡'</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ㄷ. '땡'</td> <td style="padding: 2px;">'딩'</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ㄹ. '땡'</td> <td style="padding: 2px;">'땡'</td> </tr> </table>	A	B	ㄱ. '딩'	'딩'	ㄴ. '딩'	'땡'	ㄷ. '땡'	'딩'	ㄹ. '땡'	'땡'
A	B										
ㄱ. '딩'	'딩'										
ㄴ. '딩'	'땡'										
ㄷ. '땡'	'딩'										
ㄹ. '땡'	'땡'										

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

98. 윗글을 읽고 보인 반응으로 적절하지 않은 것은?

- ① 일상적으로 경험하는 현상들은 고전 역학의 가정과 잘 어울리는 것 같아.
- ② 물리학자들은 고전 역학이 양자 역학보다 예측력이 뛰어나다고 생각하는 것 같아.
- ③ 양자 역학의 경우에서도 알 수 있듯이, 정확한 예측과 인과적 설명은 구별할 필요가 있어.
- ④ 양자 현상은 이상하기는 하지만, 실험을 통해 검증되었으니 실재하는 것으로 받아들여야 할 것 같아.
- ⑤ 돌이 날아가서 유리창을 깨는 현상과 지구 입자와 금성 입자가 서로 연관되어 있는 현상은 근본적으로 다른 것 같아.

**<29> 2011학년도 LEET 언어이해 15~17번**

[99~101] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

20세기에 들어서면서 물리학은 크게 변모했다. 특히 특수 상대성 이론과 양자 역학의 등장은 가히 혁명적인 변화를 가져왔다. 그런데 이 두 예는 과학의 진보가 어떤 방식으로 이루어지는가 하는 물음의 관점에서 볼 때 상이한 특징을 드러낸다.

1905년 발표된 특수 상대성 이론은 시간과 공간 같은 물리학의 개념들을 변화시켰을 뿐만 아니라, 물리학에 등장하는 여러 공식들을 고쳐 쓰게 만들었다. 오랫동안 상대 운동에 관한 유효한 공식으로 승인되었던 속도의 덧셈 법칙도 이에 해당한다. 이 법칙은 시속 150km로 달리는 기차 안에서 반대 방향으로 시속 150km로 달리는 열 선로의 기차를 볼 때 그것이 시속 300km로 도망가는 듯 보인다는 상식적인 사실을 설명해 주지만, 특수 상대성 이론에 따르면 이와 같은 덧셈 법칙은 정확하지 않다.

그렇다고 해서 고전 물리학이 새 이론에 의해 완전히 부정된 것은 아니다. 특수 상대성 이론의 관점에서 보더라도 고전 물리학의 식들은 대부분의 상황에서 아무 문제가 없을 만큼 정확한 설명과 예측을 제공하기 때문이다. 예컨대 앞에서 말한 기차가 만일 초속 15만km로 달린다면 새 이론과 고전 물리학의 계산에 뚜렷한 차이가 나겠지만, 음속을 넘는 시속 1,500km 정도에서도 두 계산의 결과는 충분히 훌륭한 근사를 보여 준다. 특수 상대성 이론은 고전 물리학의 설명력을 고스란히 포섭하는 반면, 고전 물리학은 특수 상대성 이론이 설명할 수 있는 영역 중 '속도가 그다지 크지 않다면'이라는 조건으로 제한되는 영역에서 여전히 유효하다. 이렇게 볼 때 특수 상대성 이론은 고전 물리학을 포섭하면서 설명과 예측의 영역을 확장시켰다는 점에서 물리학의 진보를 이루었다고 확인할 수 있다.

양자 역학의 경우는 어떠한가? 1910년대에 물리학자들은 원자에 속한 전자들의 동역학적 상태를 설명하려 했지만 고전 물리학으로는 그런 설명이 불가능했다. 결국 물리학자들은 고전 물리학과 양립 불가능한 진체들을 토대로 삼아 양자 역학의 체계를 구축함으로써 비로소 문제의 현상에 대한 정확하고도 일관성 있는 설명을 제공할 수 있었다. 원자에 구속되지 않은 자유로운 전자의 운동은 고전 물리학으로 설명되는 반면, 원자 안의 전자를 설명하는 데는 양자 역학이 필요하다. 원자 안의 전자가 충분한 에너지를 얻으면 자유로운 전자가 되는데, 마치 그렇게 풀려나면서 양자 역학의 영토로부터 고전 물리학의 영토로 건너오는 꼴이었다.

문제는 양자 역학의 식들이 고전 물리학이 효과적으로 설명해 온 현상들을 설명하는 데 힘을 발휘하지 못한다는 점이다. 이 때문에 양자 역학의 등장이 물리학의 진보를 의미한다고 확신할 수 없다는 의견도 있을 수 있다. 양자 역학만으로는 설명할 수 없는 당구공의 충돌 같은 현상이 고전 물리학 고유의 영역에 버티고 있기 때문이다. 1980년대부터 발달한 혼돈 이론의 경우는 두 이론 간 관계의 또 다른 면을 보여 준다. 혼돈 이론은 아주

미세하게 다른 두 초기 상태가 시간의 흐름 속에서 어떻게 발달해 가지를 살피는데, 양자 역학에서는 '아주 미세하게 다른 두 초기 상태'라는 개념의 의미가 명확히 규정될 수 없는 경우가 존재한다. 이는 혼돈 이론이 고전 물리학의 토대 위에서만 성립할 수 있음을 의미한다.

그러나 양자 역학과 고전 물리학은 절묘하게 서로 연결된다. 원자에서 막 풀려나오는 순간의 전자에 대응되는 극한 조건을 가정하면 신통하게도 양자 역학의 식은 고전 물리학이 내놓는 식과 일치하는 형태를 띤다. 이는 각기 다른 현상 영역을 맡아 설명하고 있는 두 이론이 극한 조건 아래 두 영역의 경계에서 만나 매끄러운 이음매를 만들며 연결되고 있음을 의미한다. 이런 연결을 통해 고전 물리학과 양자 역학은 물리학을 구성하는 상보적인 부분들로 자리를 잡는다.

만일 고전 물리학이 폐기되어 사라졌거나 고전 물리학과 양자 역학이 매끄럽게 하나로 연결되지 못했다면, 20세기 물리학의 진보에 대한 평가는 논쟁거리가 될 수 있을 것이다. 그러나 우리가 가진 물리학 전체를 놓고 볼 때 분명해진 사실은 ① 양자 역학의 등장 역시 물리학의 진보로 귀결되었다는 것이다. 고전 물리학과 특수 상대성 이론과 양자 역학 덕분에 우리는 '다체로우면서도 하나로 연결된 세계'에 대한 '다체로우면서도 하나로 연결된 물리학'을 가지고 있다.

99. 윗글의 내용을 바르게 이해한 것은?

- ① 혼돈 현상을 설명하는 데는 양자 역학이 적용된다.
- ② 원자에 속한 전자의 운동을 설명하는 데는 고전 물리학이 적용된다.
- ③ 고전 물리학에 등장하는 모든 개념은 특수 상대성 이론에서도 유지된다.
- ④ 특수 상대성 이론에서 속도의 덧셈 법칙은 고전 물리학에서와 동일한 식으로 표현된다.
- ⑤ 음속과 비슷한 속력의 운동은 고전 물리학과 특수 상대성 이론 중 어느 것으로 설명하는 거의 차이가 없다.

100. ①의 판단을 가능하게 하는 윗글의 시각과 일치하지 않는 것은?

- ① 과학의 진보를 평가할 때는 이미 한계를 드러낸 옛 이론도 고려해야 한다.
- ② 물리학의 진보는 물리학으로 설명할 수 있는 현상의 범위가 확장되는 것을 의미한다.
- ③ 두 이론의 영역이 만나는 경계에서 두 이론의 식이 일치한다면 두 이론은 하나로 연결될 수 있다.
- ④ 두 이론이 기초하고 있는 전제가 서로 양립 불가능하다면 두 이론은 서로 매끄럽게 연결될 수 없다.
- ⑤ 옛 이론으로 풀 수 없던 문제를 새 이론이 해결했다고 해도 그것으로 과학의 진보가 보장되는 것은 아니다.

101. 윗글의 관점을 <보기>의 사례에 적용한 설명으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

갈릴레오 낙하 법칙  $s = \frac{1}{2}gt^2$ 은 자유롭게 낙하하는 물체의 낙하 거리( $s$ )와 낙하 시간( $t$ )의 관계를 나타낸다. 뉴턴 역학의 중력 법칙과 운동 방정식을 쓰면 갈릴레오의 법칙이 왜 성립하는지 설명할 수 있지만, 뉴턴 역학의 관점을 엄격히 적용하면 갈릴레오의 법칙은 정확한 진술이 아니다. 물체가 낙하함에 따라 물체와 지구 중심 사이의 거리가 변하고 그에 따라 둘 사이의 중력도 변하기 때문에, 낙하 법칙에서 상수로 가정된 중력 가속도  $g$ 는 사실 상수가 아니다. 그러나 우리가 경험하는 낙하 운동은 지구의 반지름에 비해 아주 작은 구간에서 일어나기 때문에 낙하하는 동안 중력이 일정하다고 간주할 수 있다.

- ① 특수 상대성 이론이 고전 물리학의 식들을 포섭하는 것처럼 뉴턴 역학은 충분히 훌륭한 근사를 통해 갈릴레오의 법칙을 포함한다.
- ② 고전 물리학과 양자 역학의 영토가 매끄럽게 하나로 연결되고 있는 것처럼 갈릴레오의 법칙이 유효한 범위는 뉴턴 역학의 영토와 잇달아 있다.
- ③ 갈릴레오의 법칙은 뉴턴 역학의 관점에서 상수가 아닌  $g$ 를 상수로 간주한다는 점에서 뉴턴 역학과 ‘하나로 연결된 물리학’을 형성할 수 없다.
- ④ 혼돈 이론이 고전 물리학과 양자 역학을 연결하는 것과 마찬가지로 갈릴레오의 법칙은 뉴턴 이전의 역학과 뉴턴 역학을 연결하는 이음매 역할을 한다.
- ⑤ 갈릴레오의 법칙과 뉴턴 역학은 서로 상충하는 이론적 전제 위에 구축되었지만, 전자로 후자를 근사적으로 설명할 수 있기 때문에 한 이론의 상보적 부분들이 된다.

**<30> 2011년 고2 9월 학력평가 언어영역 40-44번**

[102~106] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

상대성 이론과 양자 역학을 20세기의 과학혁명이라고 한다. 뉴턴의 고전역학에서는 3차원 공간에 절대성을 지닌 시간이 따로 있는 고전적 시공간을 사용하였다. 이러한 시간과 공간을 새롭게 인식하고 개념을 바꾼 것이 상대성 이론이다. 그리고 양자 역학은 고전 역학으로는 설명할 수 없는 전자 같은 미시적 세계를 올바르게 기술하기 위해서 탄생하였다. 이 양자 역학의 성립은 빛의 정체를 탐구하는 과정과 깊은 관련이 있다.

뉴턴은 빛이 눈에 보이지 않는 작은 입자라고 주장하였고, 이것은 그의 권위에 의지하여 오랫동안 정설로 여겨졌다. 그러나 19세기 초에 토머스 영의 겹실험 실험은 빛의 파동성을 증명하였다. 이 실험의 방법은 먼저 한 개의 실험을 거쳐 생긴 빛이 다음에 설치된 두 개의 겹실험을 지나가게 하여 스크린에 나타나는 무늬를 관찰하는 것이다. 이때 빛이 파동이나 입자이냐에 따라 ㉠ 결과 값이 달라진다. 즉 빛이 입자라면 일자 형태의 띠가 두 개 나타나야 하는데, 실험 결과 스크린에는 예상과 다른 무늬가 나타났다. 마치 두 개의 파도가 만나면 골과 마루가 상쇄와 간섭을 일으키듯이, 보강 간섭이 일어난 곳은 밝아지고 상쇄 간섭이 일어난 곳은 어두워지는 간섭무늬가 연속적으로 나타난 것이다. 그러나 19세기 말부터 빛의 파동성으로는 설명할 수 없는 몇 가지 실험적 사실이 나타났다.

[A] 1905년에 아인슈타인은 빛은 광양자라고 하는 작은 입자로 이루어졌다는 광양자설을 주장하였다. 금속에 자외선을 쬐일 때 그 표면에서 전자가 방출되는 현상을 광전효과라고 한다. 빛을 입자라고 가정하면 광전효과는 두 입자의 충돌로 생각할 수 있다. 이때 에너지가 한계진동수\*에 해당하는 에너지보다 작으면 전자는 금속 내부에 갇혀 표면에서 방출되지 못한다. 그러나 진동수가 한계진동수보다 큰 경우 전자는 운동에너지를 얻어서 방출된다. 이때 방출되는 전자를 광전자라고 한다.

그러나 아인슈타인의 광양자설은 입자설의 부활을 의미하는 것이 아니다. 빛의 파동성은 명백한 사실이었으므로 이것은 빛이 파동이면서 동시에 입자인 이중적인 본질을 가지고 있다는 것을 의미하는 것이었다.

그렇다면 파동인 줄 알았던 빛이 입자성도 갖고 있다면, 입자인 전자도 파동의 성질을 갖고 있지 않을까? 1924년 드 브로이는 빛이 이중성을 갖고 있다면 입자인 전자나 양성자도 이중성을 가질 수 있을 것이라고 주장하였다. 그 뒤에 데이비슨과 거머는 전자의 에돌이 실험을 ㉡ 통해 빛의 경우와 같은 결과를 얻었다. 이것은 물질이 이중성을 가지고 있다는 주장을 뒷받침하는 것이었다. 이 실험 결과는 당시 입자와 파동을 서로 반대의 성질로 규정하여 양립할 수 없는 것으로 여겼던 고전 역학의 물리학적 상식을 흔들어 놓았다. 이것을 설명하기 위해 양자 역학이 탄생한 것이다.

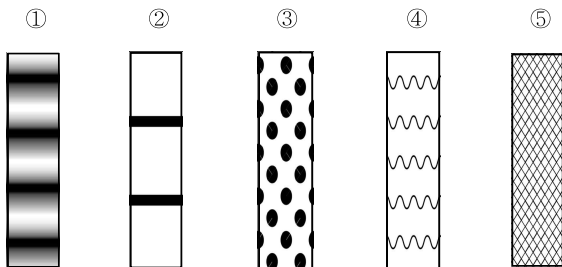
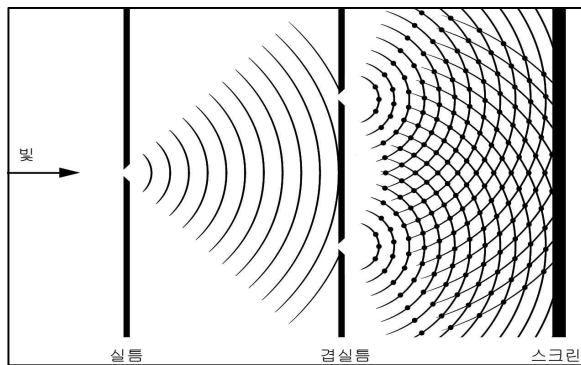
이렇게 탄생한 양자역학은 현대 전자 기술의 기반을 형성하고 있다. 컴퓨터를 포함한 모든 전자 기술의 소형화에 가장 중요한 역할을 하는 것이 반도체인데, 그 반도체가 어떻게 존재할 수 있는지 미시적 세계를 다루고 있는 것이 양자 역학이기 때문이다.

\* 한계진동수 : 광전자가 방출되는 데 필요한 최소의 진동수.

102. 위글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 뉴턴의 빛의 실체에 대한 주장은 실험적 검증을 통해 정설로 확립되었다.
- ② 토머스 영의 실험은 빛의 실체가 파동이라는 기존의 학설에 의문을 제기하였다.
- ③ 아인슈타인은 뉴턴의 학설을 뒷받침하기 위하여 광량자설을 주장하였다.
- ④ 드 브로이의 주장은 빛의 이중성에 대한 연구를 유발하는 계기가 되었다.
- ⑤ 데이비슨과 거머의 실험은 고전 역학의 한계를 극복한 새로운 이론의 탄생을 낳았다.

103. 아래는 토머스 영의 겹실험 실험을 설명한 그림이다. 스크린에 나타난 ㉠ 결과 값으로 가장 적절한 것은?



104. 위글과 <보기>를 함께 읽은 후의 반응으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

고전역학에 의하면 전자의 위치와 운동량은 전자가 어떤 상태에 있든지 항상 동시 측정이 가능하다고 생각했다. 그 물리량의 측정값이 불확정하다는 것은 측정 기술이 불충분하기 때문인 것으로 여겼다. 그러나 하이젠베르크의 불확정성 원리는 임의의 전자의 위치와 운동량을 정확히 알 수 없기 때문에 측정이 불가능하다는 것이다. 위치의 확정성과 운동량을 나타내는 파장의 확정성은 서로 제약을 받기 때문에 입자성과 파동성이 서로 공존한다는 것이다.

- ① 하이젠베르크의 이론은 물질의 이중성에 대한 설명과 관련이 있겠군.
- ② 고전 역학과 불확정성 원리는 전자의 존재 형태에 대한 견해가 다르겠군.
- ③ 고전 역학은 전자의 물리량을 측정할 수 있는 기술의 개발에 관심이 많았겠군.
- ④ 불확정성 원리는 고전 역학과 달리 미시적 세계에 대한 설명으로 적합하겠군.
- ⑤ 불확정성 원리는 정밀한 측정을 요구하는 전자 기술의 발전에 장애가 되겠군.

105. [A]를 이해하기 위해 <보기>를 활용할 때, ㉠~㉤에 해당하는 것은?

<보 기>

아무 것도 없는 ㉠ 땅에 바위가 박혀 있다고 상상을 해 보자. 땅에 박혀 있는 바위를 파내기 위해서 계란을 아무리 많이 던져도 바위는 꿈쩍도 하지 않을 것이다. 하지만 박혀 있는 바위와 ㉡ 같은 크기의 바위를 던지면 움직이기 시작할 것이고, 더 큰 바위를 던지면 튀어나온 ㉢ 바위가 생길 것이다.

	㉠	㉡	㉢
①	자외선	한계진동수	전자
②	자외선	운동에너지	전자
③	자외선	한계진동수	광전자
④	금속	운동에너지	광전자
⑤	금속	한계진동수	광전자

106. ㉠와 쓰임이 가장 가까운 것은?

- ① 그는 망원경을 통해 밖을 내다보았다.
- ② 그는 옆집 사람과 서로 통하고 지낸다.
- ③ 그는 정보 과학에 환히 통한 권위자이다.
- ④ 그는 준비 과정을 통하여 자격을 얻었다.
- ⑤ 그는 바람이 잘 통하는 곳에 빨래를 널었다.



**<31> 2016학년도 사관학교 1차 국어영역 A형 27-30번**

[107~110] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

양자(量子)는 원자, 전자, 광자 등의 덩어리진 작은 입자를 말하며, 양자 물리학은 양자들이 입자와 파동이라는 이중적인 속성을 갖고 있음에 ㉠ 주목하는 학문이다. 파동의 특징 중 하나는 ‘중첩’인데, 중첩이란 기타 줄을 튕겼을 때처럼 파장이 다른 여러 파가 겹쳐 있는 상태를 말한다. 전자가 원자핵을 도는 것도 여러 개의 파들이 중첩된 파동으로 볼 수 있다. 전자가 어떤 곳에서 발견될 수 있는가는 확률로 주어지는데, 측정을 하게 되면 ‘중첩’ 상태가 깨지고 특정 값을 갖는 상태로 ‘확정’된다. 이는 측정 행위가 파동에 ㉡ 영향을 주었기 때문으로 생각되며, 따라서 중첩된 상태의 모든 값을 측정했다고 할 수 없다. 이를 양자 물리학의 정론인 코펜하겐 해석이라고 한다.

확률을 세계의 본질로 보고 미래의 우연성을 ㉢ 용인하는 이러한 경향에 대해 아인슈타인은 “신은 주사위 놀이를 하지 않는다.”라는 말로 비판한 바 있다. 그는 양자 물리학이 우주의 숨은 변수들을 모두 알게 되면 확률이 아닌 정확한 수치를 측정할 수 있을 것이라고도 했다. 그에게 우주의 인과 관계는 신의 질서와도 같아서, 단순하고 명쾌한 이론으로 아름답게 설명되어야 하는 것이었다.

양자 물리학이 ㉣ 전제로 삼고 있는 ‘중첩’ 상태의 깨짐과 상태의 ‘확정’에 대해 다양한 해석들이 제출되었는데, 폰 노이만은 측정 장비들도 양자로 ㉤ 구성되어 있으므로, 측정 단계에서는 ‘중첩’ 상태의 변화가 없고, 측정 결과를 ‘인간이 인식할 때’ 비로소 ‘중첩’이 깨지고 값이 ‘확정’된다는 다소 급진적인 주장을 내놓았다.

이에 대해 슈뢰딩거는 ‘슈뢰딩거의 고양이’라는 사고 실험을 제안했다. 쇠로 된 상자 안에 고양이와 방사성 원자, 방사선 검출기, 그리고 독약병을 넣어둔다. 양자인 방사성 원자는 한 시간에 50%의 확률로 붕괴하여 방사선을 방출하도록 되어 있으며, 방사선이 검출되면 독약병이 깨지고 고양이에게 치명적인 독가스를 발생시키도록 기계 장치가 설치되어 있다. 한 시간이 지난 후 고양이의 생사는 어떻게 되었을까?

폰 노이만의 해석을 따르자면, 한 시간이 지나도 여전히 상자 안의 고양이는 살아 있는 상태와 죽어 있는 상태의 ‘중첩’된 상태에 있지만, 상자를 열어 생사를 확인하는 순간 두 상태 중의 하나로 ‘확정’된다. 고양이의 생사를 결정하는 계기가 되는 것은 생사를 확인하는 행위이며, 고양이의 생사는 ‘중첩’된 상태와 확인 행위와의 상호 작용의 결과라 할 수 있다. 그러나 ㉦ 슈뢰딩거의 해석을 따르자면, 반생반사(半生半死)의 고양이는 있을 수 없다. 한 시간 후 고양이의 생사는 이미 결정되어 있으며, 상자를 열어 보는 행위는 이미 벌어진 일을 확인하는 데 불과하다.

한편, ‘슈뢰딩거의 고양이’에 대해 코펜하겐 해석을 정밀하게 적용하면 다음과 같은 결론을 얻게 된다. 아무리 작은 검출기라도 양자적인 특성을 온전히 갖기엔 거시적이다. 따라서 방사성 원자의 중첩 ‘상태’를 깨뜨리고 특정한 상태로 ‘확정’시킨 것은 고양이의 상태를 확인하는 사람이 아닌 검출기라는 것이다. 많은 해석 중에서 이는 가장 많은 물리학자들의 지지를 받았다. 이와

같은 일련의 과학 논쟁을 촉발한 ‘슈뢰딩거의 고양이’ 사고 실험은 파동의 ‘중첩’ 상태가 ‘확정’되는 시점에 대한 문제의식을 담은 것으로, 미시 세계의 원인과 거시 세계의 결과를 연결시켜 놓았다는 의의를 갖는다.

수많은 학자들의 비판과 기여 속에 양자 물리학은 20세기 물리학의 중심으로 자리 잡았다. 21세기에 들어서 보안성이 높은 양자 암호와 우수한 성능이 기대되는 양자 컴퓨터 등 양자 물리학을 이용한 기술은 점차 우리 생활 속에서 현실화되고 있다.

㉧ 그러나 여전히 슈뢰딩거의 고양이는 물리학자들의 머릿속에서 생사의 기로에 놓여 있다.

\* 사고(思考) 실험 : 실행 가능성이나 입증 가능성에 구애되지 아니하고, 사고상으로만 성립하는 실험. 하나의 이론 체계 안에서의 연역 추리의 보조 수단으로 쓰임.

107. 뒷글에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ㉠ 코펜하겐 해석에 따르면, 세계의 미래는 결정되어 있지 않다.
- ㉡ 아인슈타인은 세계를 이해할 때 확률과 우연을 배제하고자 했다.
- ㉢ 아인슈타인은 우주가 엄밀한 인과 관계로 작동하고 있다고 보았다.
- ㉣ 양자 물리학에서는 양자가 입자와 파동의 이중적 속성을 가지고 있다고 보았다.
- ㉤ 코펜하겐 해석에서는 양자의 상태를 정확한 수치로 측정하는 것이 가능하다고 보았다.

108. <보기>에서 ㉨에 해당하는 것만으로 짝지은 것은? [3점]

< 보 기 >

㉧. 중첩된 상태를 특정한 상태로 확정하는 것은 검출기이다.  
 ㉨. 살아 있으면서 동시에 죽어 있는 고양이는 있을 수 없다.  
 ㉩. 상자를 열어 확인하는 순간 고양이의 중첩 상태가 깨진다.  
 ㉪. 상자를 열어서 결과를 확인하는 행위와 고양이의 생사는 독립적이다.  
 ㉫. 고양이의 생사는 중첩 상태의 고양이와 상자를 열어서 확인한 사람의 상호 작용의 결과이다.

- ㉠ ㉧, ㉩                      ㉡ ㉧, ㉫                      ㉢ ㉨, ㉩
- ㉣ ㉨, ㉫                      ㉤ ㉨, ㉫

109. ㉬의 의미를 해석한 것으로 가장 적절한 것은?

- ㉠ 실제로 수많은 고양이들이 실험의 대상이 되고 있다.
- ㉡ 양자 물리학은 ‘중첩’ 상태에 대해 정확히 이해하고 있다.
- ㉢ 미시 세계의 원인과 거시 세계의 결과는 연결되어 있지 않다.
- ㉣ ‘슈뢰딩거의 고양이’ 사고 실험이 지닌 문제의식은 여전히 유효하다.
- ㉤ 실제 실험이 아닌 사고 실험이라는 점에서 고양이를 이용한 실험은 한계를 지닌다.

110. ㉠~㉣의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠ : 관심을 가지고 주의 깊게 살핌.
- ② ㉡ : 어떤 사물의 효과나 작용이 다른 것에 미치는 일.
- ③ ㉢ : 거두어들여 사용함.
- ④ ㉣ : 추리를 할 때, 결론의 기초가 되는 판단.
- ⑤ ㉤ : 몇 가지 부분이나 요소들을 모아 일정한 전체를 짜 이름.

**<32> 2012학년도 수능 언어영역 47-50번**

[111~114] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

양자 역학의 불확정성 원리는 우리가 물체를 ‘본다’는 것의 의미를 재고하게 한다. 책을 보기 위해서는 책에서 반사된 빛이 우리 눈에 도달해야 한다. 다시 말해 무엇을 본다는 것은 대상에서 방출되거나 튕겨 나오는 광양자를 지각하는 것이다.

광양자는 대상에 부딪쳐 튕겨 나올 때 대상에 충격을 주게 되는데, 우리는 왜 글을 읽고 있는 동안 책이 움직이는 것을 볼 수 없을까? 그것은 빛이 가하는 충격이 책에 의미 있는 운동을 일으키기에는 턱없이 작기 때문이다. 날아가는 야구공에 플래시를 터뜨려도 야구공의 운동에 아무 변화가 없어 보이는 것도 마찬가지이다. 책이나 야구공에 광양자가 충돌할 때에도 교란이 생기지만 그 효과는 무시할 만하다.

어떤 대상의 물리량을 측정하려면 되도록 그 대상을 교란하지 않아야 한다. 측정 오차를 줄이기 위해 과학자들은 주의 깊게 실험을 설계하고 더 나은 기술을 사용함으로써 이러한 교란을 줄여 나갔다. 그들은 원칙적으로 ㉡ 측정의 정밀도를 높이는 데 한계가 없다고 생각했다. 그러나 물리학자들은 소립자의 세계를 다루면서 이러한 생각이 잘못임을 깨달았다.

㉠ ‘전자를 보는 것’은 ㉢ ‘책을 보는 것’과 큰 차이가 있다. 우리가 어떤 입자의 운동 상태를 알려면 운동량과 위치를 알아야 한다. 여기에서 운동량은 물체의 질량과 속도의 곱으로 정의되는 양이다. 특정한 시점에서 특정한 전자의 운동량과 위치를 알려면, 되도록 전자에 교란을 적게 일으키면서 동시에 두 가지 물리량을 측정해야 한다.

이상적 상황에서 전자를 ‘보기’ 위해 빛을 쏘아 전자와 충돌시킨 후 튕겨 나오는 광양자를 관측한다고 해 보자. 운동량이 작은 광양자를 충돌시키면 전자의 운동량을 적게 교란시켜 운동량을 상당히 정확하게 측정할 수 있다. 그러나 운동량이 작은 광양자로 이루어진 빛은 파장이 길기 때문에, 관측 순간의 전자의 위치, 즉 광양자와 전자의 충돌 위치의 측정은 부정확해진다. 전자의 위치를 더 정확하게 측정하기 위해서는 파장이 짧은 빛을 써야 한다. 그런데 파장이 짧은 빛, 곧 광양자의 운동량이 큰 빛을 쓰면 광양자와 충돌한 전자의 속도가 큰 폭으로 변하게 되어 운동량 측정의 부정확성이 오히려 커지게 된다. 이처럼 관측자가 알아낼 수 있는 전자의 운동량의 불확실성과 위치의 불확실성은 반비례 관계에 있으므로, 이 둘을 동시에 줄일 수 없음이 드러난다. 이것이 불확정성 원리이다.

111. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 광양자가 전자와 충돌하면 전자의 운동량이 변한다.
- ② 물리학자들은 측정의 정밀도를 높이는 데 관심이 많다.
- ③ 질량이 변하지 않으면 전자의 운동량은 속도에 비례한다.
- ④ 플래시를 터뜨리는 것은 촬영 대상에 광양자를 쏘는 것이다.
- ⑤ 전자의 운동량을 측정하려면 전자보다 광양자의 운동량이 커야 한다.

112. 윗글에서 ㉠과 구별되는 ㉢의 특성으로 가장 적절한 것은?

- ① 대상을 교란하는 효과를 무시할 수 없다.
- ② 대상을 매개물 없이 직접 지각할 수 있다.
- ③ 대상이 너무 작아 감지하기가 불가능하다.
- ④ 대상이 전달하는 의미를 해석할 필요가 없다.
- ⑤ 대상에서 반사되는 빛을 감지하여 이루어진다.

113. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 탐구한 내용으로 옳지 않은 것은? [3점]

— < 보 기 > —

일정한 전압에 의해 가속된 전자 빔이  $x$ 축 방향으로 진행할 때, 전자 빔에 일정한 파장의 빛을 쏘아서 측정한 전자의 운동량은 ㉠  $1.87 \times 10^{-24} \text{kg} \cdot \text{m/s}$ 였다. 그 측정 오차 범위는 ㉡  $9.35 \times 10^{-27} \text{kg} \cdot \text{m/s}$ 보다 줄일 수 없었는데, 불확정성 원리에 따라 계산해 보니 이때 전자의  $x$ 축 방향의 위치는 ㉢  $5.64 \times 10^{-9} \text{m}$ 의 측정 오차 범위보다 정밀하게 확정할 수 없었다.

- ① 빛이 교란을 일으킨 전자의 운동량이 ㉠이겠군.
- ② 전자의 질량을 알면 ㉢로부터 전자의 속도를 구할 수 있겠군.
- ③ 같은 파장의 빛을 사용하더라도 실험의 정밀도에 따라 전자 운동량의 측정 오차는 ㉡보다 커질 수 있겠군.
- ④ 광양자의 운동량이 더 큰 빛을 사용하면 전자 운동량의 측정 오차 범위는 ㉡보다 커지겠군.
- ⑤ 더 긴 파장의 빛을 사용하면 전자 위치의 측정 오차 범위를 ㉢보다 줄일 수 있겠군.

114. ㉡의 의미를 포함하고 있는 말로 볼 수 없는 것은?

- ① 단위를 10개로 잡을 때 200개는 20단위이다.
- ② 수확량을 대충해 보니 작년보다 많았다.
- ③ 바지 길이를 대충 재어 보고 샀다.
- ④ 운동장의 넓이를 가늠할 수 없다.
- ⑤ 건물의 높이를 어렵하여 보았다.

**<33> 2018학년도 9월 모의평가 국어영역 27-32번**

[115~120] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

고전 역학에 ㉠ 따르면, 물체의 크기에 관계없이 초기 운동 상태를 정확히 알 수 있다면 일정한 시간 후의 물체의 상태는 정확히 측정될 수 있으며, 배타적인 두 개의 상태가 공존할 수 없다. 하지만 20세기에 등장한 양자 역학에 의해 미시 세계에서는 상호 배타적인 상태들이 공존할 수 있음이 알려졌다. 미시 세계에서 상호 배타적인 상태의 공존을 이해하기 위해, 거시 세계에서 회전하고 있는 반지름 5cm의 팽이를 생각해 보자. 그 팽이는 시계 방향 또는 반시계 방향 중 한쪽으로 회전하고 있을 것이다. 팽이의 회전 방향은 관찰하기 이전에 이미 정해져 있으며, 다만 관찰을 통해 ㉡ 알게 되는 것뿐이다. 이와 달리 미시 세계에서 전자만큼 작은 팽이 하나가 회전하고 있다고 상상해 보자. 이 팽이의 회전 방향은 시계 방향과 반시계 방향의 두 상태가 공존하고 있다. 하나의 팽이에 공존하고 있는 두 상태는 관찰을 통해서 한 가지 회전 방향으로 결정된다. 두 개의 방향 중 어떤 쪽이 결정될지는 관찰하기 이전에는 알 수 없다. 거시 세계와 달리 양자 역학이 지배하는 미시 세계에서는, 우리가 관찰하기 이전에는 상호 배타적인 상태가 공존하는 것이다. 배타적인 상태의 공존과 관찰 자체가 물체의 상태를 결정한다는 개념을 받아들이기 힘들었기 때문에, 아인슈타인은 ㉢ “당신이 달을 보기 전에는 달이 존재하지 않는 것인가?”라는 말로 양자 역학의 해석에 회의적인 태도를 취하였다.

최근에는 상호 배타적인 상태의 공존을 적용함으로써 초고속 연산을 수행하는 양자 컴퓨터에 대한 연구가 진행되고 있다. 이는 양자 역학에서 말하는 상호 배타적인 상태의 공존이 현실에서 실제로 구현될 수 있음을 잘 보여 주는 예라 할 수 있다. 미시 세계에 대한 이러한 연구 성과는 거시 세계에 대해 우리가 자연스럽게 ㉣ 지니게 된 상식적인 생각들에 근본적인 의문을 ㉤ 던진다. 이와 비슷한 의문은 논리학에서도 볼 수 있다.

고전 논리는 ‘참’과 ‘거짓’이라는 두 개의 진리치만 있는 이치 논리이다. 그리고 고전 논리에서는 어떠한 진술이든 ‘참’ 또는 ‘거짓’이다. 이는 우리의 상식적인 생각과 잘 ㉥ 들어맞는다. 그러나 프리스트에 따르면, ‘참’인 진술과 ‘거짓’인 진술 이외에 ‘참인 동시에 거짓’인 진술이 있다. 이를 설명하기 위해 그는 ‘거짓말쟁이 문장’을 제시한다. 거짓말쟁이 문장을 이해하기 위해 자기 지시적 문장과 자기 지시적이지 않은 문장을 구분해 보자.

[자기 지시적 문장]은 말 그대로 자기 자신을 가리키는 문장을 말한다. 예를 들어 “이 문장은 모두 열여덟 음절로 이루어져 있다.”라는 ‘참’인 문장은 자기 자신을 가리키며 그것이 몇 음절로 이루어져 있는지 말하고 있다. 반면 “페루의 수도는 리마이다.”라는 ‘참’인 문장은 페루의 수도가 어디인지 말할 뿐 자기 자신을 가리키는 문장은 아니다.

“이 문장은 거짓이다.”는 거짓말쟁이 문장이다. 이는 ‘이 문장’이라는 표현이 문장 자체를 가리키며 그것이 ‘거짓’이라고 말하는

자기 지시적 문장이다. 그렇다면 프리스트는 왜 거짓말쟁이 문장에 ‘참인 동시에 거짓’을 부여해야 한다고 생각할까? 이에 답하기 위해 우선 거짓말쟁이 문장이 ‘참’이라고 가정해 보자. 그렇다면 거짓말쟁이 문장은 ‘거짓’이다. 왜냐하면 거짓말쟁이 문장은 자기 자신을 가리키며 그것이 ‘거짓’이라고 말하는 문장이기 때문이다. 반면 거짓말쟁이 문장이 ‘거짓’이라고 가정해 보자. 그렇다면 거짓말쟁이 문장은 ‘참’이다. 왜냐하면 그것이 바로 그 문장이 말하는 바이기 때문이다. 프리스트에 따르면 어떤 경우에도 거짓말쟁이 문장은 ‘참인 동시에 거짓’인 문장이다. 따라서 그는 거짓말쟁이 문장에 ‘참인 동시에 거짓’을 부여해야 한다고 본다. 그는 거짓말쟁이 문장 이외에 ‘참인 동시에 거짓’인 진리치가 존재함을 뒷받침하는 다양한 사례를 제시한다. 특히 그는 양자 역학에서 상호 배타적인 상태의 공존은 이 점을 시사하고 있다고 본다.

고전 논리에서는 ‘참인 동시에 거짓’인 진리치를 지닌 문장을 다룰 수 없기 때문에 프리스트는 그것도 다룰 수 있는 비고전 논리 중 하나인 LP\*를 제시하였다. 그런데 LP에서는 직관적으로 호소력 있는 몇몇 추론 규칙이 성립하지 않는다. 전진 긍정 규칙을 예로 들어 생각해 보자. 고전 논리에서는 전진 긍정 규칙이 성립한다. 이는 ㉦ “P이면 Q이다.”라는 조건문과 그것의 전진인 P가 ‘참’이라면 그것의 후진인 Q도 반드시 ‘참’이 된다는 것이다. 이와 비슷한 방식으로 LP에서 전진 긍정 규칙이 성립하려면, 조건문과 그것의 전진인 P가 모두 ‘참’ 또는 ‘참인 동시에 거짓’이라면 그것의 후진인 Q도 반드시 ‘참’ 또는 ‘참인 동시에 거짓’이어야 한다. 그러나 LP에서 조건문의 전진은 ‘참인 동시에 거짓’이고 후진은 ‘거짓’인 경우, 조건문과 전진은 모두 ‘참인 동시에 거짓’이지만 후진은 ‘거짓’이 된다. 비록 전진 긍정 규칙이 성립하지는 않지만, LP는 고전 논리에 대한 근본적인 의문들에 답하기 위한 하나의 시도로서 의의가 있다.

\* LP : ‘역설의 논리(Logic of Paradox)’의 약자.

115. 문맥을 고려할 때 ㉠의 의미를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 많은 사람들이 항상 달을 관찰하고 있으므로 달이 존재한다.
- ② 달은 질량이 매우 큰 거시 세계의 물체이므로 관찰 여부와 상관없이 존재한다.
- ③ 달은 관찰 여부와 상관없이 존재하므로 누군가 달을 관찰하기 이전에도 존재한다.
- ④ 달은 원래부터 있었지만 우리가 관찰하지 않으면 존재 여부에 대해 말할 수 없다.
- ⑤ 달이 있을 가능성과 없을 가능성이 반반이므로 관찰 이후에 달이 있을 가능성은 반이다.

116. 윗글을 바탕으로, <보기>의 '양자 컴퓨터'와 '일반 컴퓨터'에 대해 이해한 내용으로 적절한 것은?

<보 기>

양자 컴퓨터는 여러 개의 이진수들을 단 한 번에 처리함으로써 일반 컴퓨터보다 훨씬 빠른 속도로 연산을 수행한다. 연산 속도에 영향을 미치는 다른 요소들을 배제하면, 이진수를 처리하는 횟수가 적어질수록 연산 결과를 빨리 얻을 수 있기 때문이다.

n자리 이진수를 나타내기 위해서는 n비트\*가 필요하고 n자리 이진수는 모두 2<sup>n</sup>개 존재한다. 일반 컴퓨터는 한 개의 비트에 0과 1 중 하나만을 담을 수 있어, 두 자리 이진수인 00, 01, 10, 11을 2비트를 이용하여 연산할 때 네 번에 걸쳐 처리한다. 하지만 공존의 원리를 이용하는 양자 컴퓨터는 0과 1을 하나의 비트에 동시에 담아 정보를 처리할 수 있어 두 자리 이진수를 2비트를 이용하여 연산할 때 단 한 번에 처리가 가능하다. 양자 컴퓨터는 처리할 이진수의 자릿수가 커질수록 연산 속도에서 압도적인 위력을 발휘한다.

\* 비트(bit) : 컴퓨터가 0과 1을 이용하는 이진법으로 연산을 수행하기 위해 사용하는 최소의 정보 저장 단위.

- ① 양자 컴퓨터는 상태의 공존을 이용함으로써 연산에 필요한 비트의 수를 늘릴 수 있다.
- ② 3비트를 사용하여 세 자리 이진수를 모두 처리하려고 할 때 양자 컴퓨터는 일반 컴퓨터보다 속도가 6배 빠르다.
- ③ 한 자리 이진수를 모두 처리하기 위해 1비트를 사용한다고 할 때, 일반 컴퓨터와 양자 컴퓨터의 정보 처리 횟수는 같다.
- ④ 양자 컴퓨터의 각각의 비트에는 0과 1이 공존하고 있어 4비트로 한 번에 처리할 수 있는 네 자리 이진수의 개수는 모두 16개이다.
- ⑤ 3비트의 양자 컴퓨터가 세 자리 이진수를 모두 처리하는 속도는 6비트의 양자 컴퓨터가 여섯 자리 이진수를 모두 처리하는 속도보다 2배 빠르다.

117. [자기 지시적 문장]에 대해 이해한 내용으로 적절한 것은?

- ① “붕어빵에는 붕어가 없다.”는 자기 지시적 문장이다.
- ② “이 문장은 자기 지시적이다.”라는 자기 지시적 문장은 ‘거짓’이 아니다.
- ③ “이 문장은 거짓이다.”는 이치 논리에서 자기 지시적인 문장이 될 수 없다.
- ④ 고전 논리에서는 어떠한 자기 지시적 문장에도 진리치를 부여하지 못한다.
- ⑤ 비고전 논리에서는 모든 자기 지시적 문장에 ‘참인 동시에 거짓’을 부여한다.

118. 윗글을 통해 ㉠에 대해 적절하게 추론한 것은?

- ① LP에서 P가 ‘참인 동시에 거짓’이고 Q가 ‘거짓’이면, ㉠은 ‘거짓’이다.
- ② LP에서 ㉠과 P가 ‘참인 동시에 거짓’이면, Q도 반드시 ‘참인 동시에 거짓’이다.
- ③ LP에서 ㉠과 P가 ‘참’ 또는 ‘참인 동시에 거짓’이면, Q도 반드시 ‘참’ 또는 ‘참인 동시에 거짓’이다.
- ④ 고전 논리에서 ㉠과 P가 각각 ‘거짓’이 아닐 때, Q는 ‘거짓’이다.
- ⑤ 고전 논리에서 ㉠과 P가 ‘참’이면서 Q가 ‘거짓’인 것은 불가능하다.

119. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

A는 고전 논리를 받아들이고, B는 LP를 받아들일 뿐 아니라 양자 역학에서 상호 배타적인 상태의 공존이 시사하는 바에 대한 프리스트의 입장도 받아들인다.

A와 B는 아래의 (ㄱ)~(ㄷ)에 대하여 토론을 하고 있다.

(ㄱ) 전자 e는 관찰하기 이전에 S라는 상태에 있다.  
 (ㄴ) 전자 e는 관찰하기 이전에 S와 배타적인 상태에 있다.  
 (ㄷ) 반지름 5 cm의 팽이가 시계 방향으로 회전한다.  
 (ㄹ) 반지름 5 cm의 팽이가 반시계 방향으로 회전한다.

(단, (ㄱ)과 (ㄴ)의 전자 e는 동일한 전자이고 (ㄷ)과 (ㄹ)의 팽이는 동일한 팽이이다.)

- ① A는 (ㄱ)이 ‘참’이 아니라면 ‘거짓’이고, ‘참’, ‘거짓’ 외에 다른 진리치를 가질 수 없다고 주장할 것이다.
- ② B는 (ㄱ)은 ‘참인 동시에 거짓’일 수 있다고 주장하지만, (ㄷ)은 ‘참’이 아니라면 ‘거짓’이라고 주장할 것이다.
- ③ A와 B는 모두 (ㄷ)이 ‘참’일 때 (ㄹ)도 ‘참’이 되는 것은 불가능하다고 주장할 것이다.
- ④ A는 B와 달리 (ㄴ)이 ‘참인 동시에 거짓’이 될 수 없다고 주장할 것이다.
- ⑤ B는 A와 달리 (ㄹ)이 ‘참’이 아니라면 ‘참인 동시에 거짓’이라고 주장할 것이다.

120. 문맥상 ㉠~㉣와 바꾸어 쓸 수 있는 말로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠ : 의거(依據)하면
- ② ㉡ : 인지(認知)하게
- ③ ㉢ : 소지(所持)하게
- ④ ㉣ : 제기(提起)한다
- ⑤ ㉤ : 부합(符合)한다

정답



독서(비문학) 소재별 기출 모음 <물리 지문> **설문환**

영역	문항 번호	정답	①	②	③	④	⑤	
<1>	1번	②	7%	<b>84%</b>	5%	2%	2%	
	2번	①	<b>86%</b>	3%	2%	2%	7%	
<2>	3번	①	<b>87%</b>	3%	3%	4%	3%	
	4번	⑤	<b>11%</b>	2%	2%	<b>22%</b>	<b>63%</b>	
<3>	5번	③	3%	2%	<b>92%</b>	1%	2%	
	6번	③	<b>12%</b>	2%	<b>80%</b>	2%	4%	
	7번	⑤	4%	2%	9%	2%	<b>83%</b>	
	8번	⑤	6%	2%	<b>22%</b>	5%	<b>65%</b>	
<4>	9번	①	정답률 추정결과 없음.					
	10번	④						
	11번	④						
<5>	12번	③	2%	2%	<b>64%</b>	<b>22%</b>	<b>10%</b>	
	13번	①	<b>46%</b>	<b>18%</b>	3%	4%	<b>29%</b>	
	14번	⑤	3%	<b>29%</b>	<b>10%</b>	<b>25%</b>	<b>33%</b>	
	15번	⑤	5%	7%	9%	2%	<b>77%</b>	
<6>	16번	④	4%	6%	8%	<b>77%</b>	5%	
	17번	①	<b>41%</b>	8%	6%	<b>39%</b>	7%	
<7>	18번	④	2%	5%	2%	<b>74%</b>	<b>17%</b>	
	19번	③	5%	2%	<b>40%</b>	2%	<b>51%</b>	
	20번	③	<b>19%</b>	6%	<b>58%</b>	7%	<b>10%</b>	
<8>	21번	④	3%	4%	4%	<b>79%</b>	<b>10%</b>	
	22번	③	2%	4%	<b>89%</b>	2%	3%	
<9>	23번	③	7%	4%	<b>83%</b>	3%	3%	
	24번	⑤	5%	2%	6%	3%	<b>84%</b>	
	25번	⑤	<b>13%</b>	<b>13%</b>	7%	<b>18%</b>	<b>49%</b>	
	26번	②	<b>10%</b>	<b>59%</b>	<b>14%</b>	<b>10%</b>	7%	
	27번	②	8%	<b>77%</b>	5%	5%	5%	
<10>	28번	④	6%	8%	3%	<b>43%</b>	<b>40%</b>	
	29번	①	<b>81%</b>	3%	8%	6%	2%	
	30번	④	7%	<b>10%</b>	2%	<b>58%</b>	<b>23%</b>	
	31번	①	<b>79%</b>	3%	<b>12%</b>	4%	2%	

영역	문항 번호	정답	①	②	③	④	⑤
<11>	32번	④	5%	6%	<b>41%</b>	<b>34%</b>	<b>14%</b>
	33번	⑤	<b>14%</b>	4%	<b>11%</b>	<b>11%</b>	<b>60%</b>
<12>	34번	⑤	3%	4%	4%	6%	<b>83%</b>
	35번	②	<b>10%</b>	<b>65%</b>	4%	<b>10%</b>	<b>11%</b>
	36번	④	<b>11%</b>	<b>10%</b>	6%	<b>61%</b>	<b>12%</b>
<13>	37번	④	4%	<b>12%</b>	<b>23%</b>	<b>39%</b>	<b>22%</b>
	38번	⑤	<b>10%</b>	<b>23%</b>	<b>15%</b>	<b>16%</b>	<b>36%</b>
<14>	39번	③	4%	4%	<b>88%</b>	2%	2%
	40번	④	3%	<b>24%</b>	3%	<b>63%</b>	7%
	41번	⑤	<b>11%</b>	5%	<b>11%</b>	2%	<b>71%</b>
	42번	①	<b>75%</b>	5%	<b>10%</b>	2%	8%
<15>	43번	①	<b>83%</b>	4%	5%	4%	4%
	44번	①	<b>72%</b>	<b>12%</b>	4%	4%	8%
	45번	②	<b>12%</b>	<b>66%</b>	5%	<b>12%</b>	5%
<16>	46번	⑤	6%	7%	4%	7%	<b>76%</b>
	47번	⑤	8%	9%	4%	9%	<b>70%</b>
	48번	④	9%	9%	<b>17%</b>	<b>59%</b>	6%
	49번	⑤	5%	9%	9%	<b>10%</b>	<b>67%</b>
	50번	③	5%	9%	<b>69%</b>	7%	<b>10%</b>
	51번	③	5%	9%	<b>80%</b>	3%	3%
<17>	52번	①	<b>89%</b>	3%	3%	3%	2%
	53번	②	8%	<b>50%</b>	<b>23%</b>	<b>13%</b>	6%
	54번	③	9%	3%	<b>75%</b>	6%	7%
	55번	⑤	2%	2%	5%	2%	<b>89%</b>
<18>	56번	②	7%	<b>73%</b>	7%	9%	4%
	57번	①	<b>65%</b>	6%	<b>10%</b>	<b>10%</b>	9%
	58번	②	9%	<b>79%</b>	4%	5%	3%
	59번	⑤	4%	4%	7%	4%	<b>81%</b>
<19>	60번	②	6%	<b>76%</b>	8%	4%	6%
	61번	①	<b>41%</b>	<b>28%</b>	8%	<b>19%</b>	4%
	62번	⑤	<b>18%</b>	3%	9%	5%	<b>65%</b>
	63번	①	<b>69%</b>	6%	9%	7%	9%

독서(비문학) 소재별 기출 모음 <물리 지문> **설승환**

영역	문항 번호	정답	①	②	③	④	⑤	
<20>	64번	④	4%	7%	15%	71%	3%	
	65번	①	60%	14%	12%	5%	9%	
	66번	④	4%	8%	8%	75%	5%	
	67번	③	6%	16%	60%	10%	8%	
	68번	②	6%	57%	9%	16%	12%	
	69번	④	10%	7%	9%	60%	14%	
<21>	70번	①	69%	7%	9%	3%	12%	
	71번	②	7%	58%	21%	7%	7%	
	72번	②	14%	36%	10%	29%	11%	
<22>	73번	⑤	14%	22%	10%	10%	44%	
	74번	③	6%	7%	68%	5%	14%	
	75번	①	41%	5%	10%	10%	34%	
	76번	①	83%	4%	2%	2%	9%	
<23>	77번	③	정답률 추정결과 없음.					
	78번	④						
	79번	②						
	80번	③						
<24>	81번	②	정답률 추정결과 없음.					
	82번	①						
	83번	①						
	84번	②						
<25>	85번	②	정답률 추정결과 없음.					
	86번	③						
	87번	③						
<26>	88번	⑤	6%	9%	10%	6%	69%	
	89번	②	6%	45%	10%	13%	26%	
	90번	⑤	17%	15%	18%	19%	31%	
	91번	④	3%	3%	3%	89%	2%	
<27>	92번	③	11%	10%	66%	2%	11%	
	93번	①	60%	5%	11%	7%	17%	
	94번	⑤	7%	6%	5%	30%	52%	

영역	문항 번호	정답	①	②	③	④	⑤
<28>	95번	②	정답률 추정결과 없음.				
	96번	③					
	97번	③					
	98번	②					
<29>	99번	⑤	정답률 추정결과 없음.				
	100번	④					
	101번	①					
<30>	102번	⑤	5%	4%	7%	18%	66%
	103번	①	82%	3%	5%	7%	3%
	104번	⑤	6%	15%	12%	17%	50%
	105번	⑤	6%	3%	14%	9%	68%
<31>	106번	④	16%	2%	3%	77%	2%
	107번	⑤	정답률 추정결과 없음.				
	108번	③					
	109번	④					
110번	③						
<32>	111번	⑤	4%	6%	10%	5%	75%
	112번	①	71%	4%	13%	4%	8%
	113번	⑤	4%	6%	13%	10%	67%
	114번	①	79%	7%	3%	3%	8%
<33>	115번	③	2%	3%	76%	16%	3%
	116번	④	8%	9%	17%	56%	10%
	117번	②	5%	64%	8%	13%	10%
	118번	⑤	8%	13%	23%	6%	50%
	119번	⑤	6%	19%	31%	10%	34%
	120번	③	3%	4%	89%	2%	2%