

(40~44) 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

상대성이론과 양자역학을 20세기의 과학혁명이라고 한다. 뉴턴의 고전역학에서는 3차원 공간에 절대성을 지닌 시간이 따로 있는 고전적 시공간을 사용하였다. 이러한 시간과 공간을 새롭게 인식하고 개념을 바꾼 것이 상대성이론이다. 그리고 양자역학은 고전역학으로는 설명할 수 없는 전자 같은 미시적 세계를 올바르게 기술하기 위해서 탄생하였다. 이 양자역학의 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 파동이냐 입자이냐에 따라 ㉠결과값이 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.

1905년에 아인슈타인은 빛은 광양자라고 하는 작은 입자로 이루어졌다는 광양자설을 주장하였다.

[A]

금속에 자외선을 쬐일 때 그 표면에서 전자가 방출되는 현상을 광전효과라고 한다. 빛을 입자라고 가정하면 광전효과는 두 입자의 충돌로 생각할 수 있다. 이 때 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.

[A]

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 고전역학의 물리학적 상식을 흔들어 놓았다. 이것을 설명하기 위해 양자역학이 탄생한 것이다.

이렇게 탄생한 양자역학은 현대 전자 기술의 기반을 형성하고 있다. 컴퓨터를 포함한 모든 전자 기술의 소형화에 가장 중

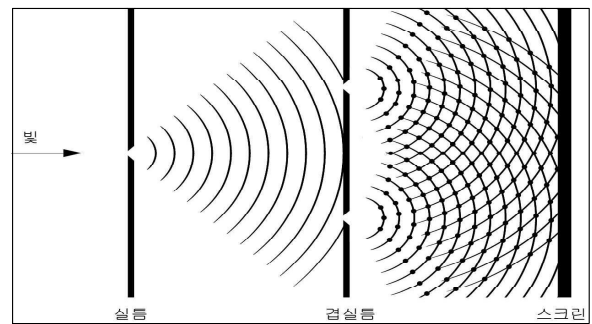
요한 역할을 하는 것이 반도체인데, 그 반도체가 어떻게 존재할 수 있는지 미시적 세계를 다루고 있는 것이 양자역학이기 때문이다.

\* 한계진동수: 광전자가 방출되는 데 필요한 최소의 진동수.

40. 위 글의 내용과 일치하는 것은?

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

41. 아래는 토머스 영의 겹실험 실험을 설명한 그림이다. 스크린에 나타난 ㉠결과값으로 가장 적절한 것은? [1점]



- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

42. 위 글과 <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 불확정성원리는 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 고전역학과 불확정성원리는 전자의 존재 형태에 대한 견해가 다르겠군.
- ③ 고전역학은 전자의 물리량을 측정할 수 있는 기술 개발에 관심이 많았겠군.
- ④ 불확정성원리는 고전역학과 달리 미시적 세계에 대한 설명으로 적합하겠군.
- ⑤ 불확정성원리는 정밀한 측정을 요구하는 전자 기술의 발전에 장애가 되겠군.

43. [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 계단을 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

44. ㉠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.

(26~28) 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

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

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

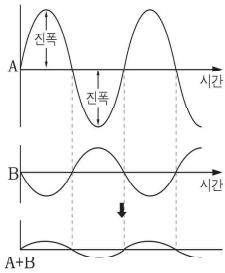
한편 간섭형은 소리가 지닌 파동의 간섭 현상을 이용하여 회절음의 크기를 감소시키는 방법이다. 모든 소리는 각각 고유한 파동을 지니고 있는데 두 개의 소리가 중첩되는 것을 파동의 간섭 현상이라고 한다. 간섭 현상이 일어나 진폭이 커질 경우 소리의 세기도 커지고, 진폭이 작아질 경우 소리의 세기도 작아진다.

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

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

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

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

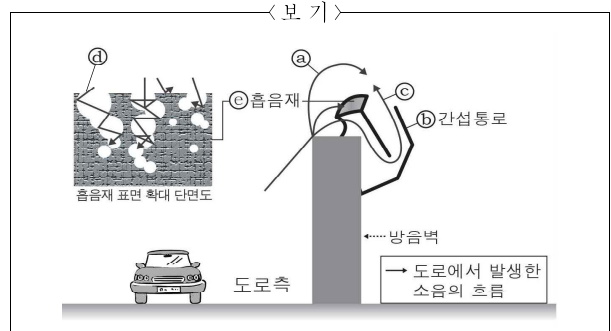


<그림>

26. 윗글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

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

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



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

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

— < 보 기 > —

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

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

[43~47] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

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

도 어떤 형태로든 설명될 것이라는 입장이다.

43. 위 글의 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

44. ㉠, ㉡, ㉢ 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 맞는 경우에만 당연한 결과이다.

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

<보기 1>

양자 구슬 한 쌍을 생각하자. 이 두 구슬은 뜨겁거나 차갑고, '딩' 소리가 '땡' 소리가 난다. 구슬의 온도와 소리는 두 물리적 속성은 위 글에서 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.

<보기 2>

	A	B
ㄱ.	'딩'	'땡'
ㄴ.	'땡'	'땡'
ㄷ.	'땡'	'딩'
ㄹ.	'딩'	'딩'

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

46. 위 글을 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.

47. ㉠을 ‘금성(金星)은 새벽의 동쪽 하늘에서 볼 수 있다. → 셋 별’처럼 설명할 때, 이와 유사한 사례 중에서 잘못된 것은?

- ① 유성(流星)은 빛을 내며 떨어진다. → 별뚥뚥
- ② 행성(行星)은 중심 별의 주위를 돈다. → 잔별
- ③ 혜성(彗星)은 긴 꼬리를 끌면서 돈다. → 꼬리별
- ④ 항성(恒星)은 상대적인 위치를 바꾸지 않는다. → 붙박이 별
- ⑤ 북극성(北極星)은 방위나 위도의 지침이 된다. → 길잡이 별

[47~50] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

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 쪽으로 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.

47. 위 글을 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.

48. 위 글에서 ㉢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.

49. 위 글을 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 측정된 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.
50. ㉣의 의미를 포함하고 있는 말로 볼 수 없는 것은? [1점]

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

[27~32] 다음을 읽고 물음에 답하시오.

고전 역학에 ㉔ 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 세계에서의 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 ㉕ 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 ㉖ “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 ㉗ 지니게 된 상식적인 생각들에 근본적인 의문을 ㉘ 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 ㉙ 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 문장은 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 LP를 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 ㉚ “P이면 Q이다.”라는 조건문과 그것의 전진인 P가 ‘참’이라면 그것의 후건인 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 후건인 Q도 반드시 ‘참’ 또는 ‘참인 동시에 거짓’이어야 한다. 그러나 LP에서 조건문의 전진은 ‘참인 동시에 거짓’이고 후건은 ‘거짓’인 경우, 조건문과 전진은 모두 ‘참인 동시에 거짓’이지만 후건은 ‘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.

27. 문맥을 고려할 때 ㉖의 의미를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ㉑ 많은 사람들이 항상 달을 관찰하고 있으므로 달이 존재한다.
- ㉒ 달은 질량이 매우 큰 거시 세계의 물체이므로 관찰 여부와 상관없이 존재한다.
- ㉓ 달은 관찰 여부와 상관없이 존재하므로 누군가 달을 관찰하기 이전에도 존재한다.
- ㉔ 달은 원래부터 있었지만 우리가 관찰하지 않으면 존재 여부에 대해 말할 수 없다.
- ㉕ 달이 있을 가능성과 없을 가능성이 반반이므로 관찰 이후에 달이 있을 가능성은 반이다.



28. 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 n비트가 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.

29. [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.

30. 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.

31. 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 5cm의 팽이가 시계 방향으로 회전한다.  
 (ㄹ) 반지름 5cm의 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.

32. 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

(01~05) 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

**자고 실험**은 가상의 각본을 설정한 다음 그것에서 어떤 주장을 끌어내는 활동을 말한다. 우리는 일상생활에서 '이렇게 가정해 보면 어떨까?'와 같은 발언을 하는데 이것이 일종의 사고 실험이다. 사고 실험을 실험이라고 부르는 것은 과학자들이 실제로 하는 실험처럼 어떤 가상의 상황을 설정해 놓고 여러 번 수를 이리 저리 바꾸어 본 다음에 거기서 어떤 일이 일어날지 면밀히 검토해 보기 때문이다. 과학자들이 경험적으로 실험을 하는 것과 달리 사고 실험은 순전히 생각만으로 실험을 진행한다. 가상의 각본은 논리적으로 가능한 것이라면 무엇이든지 허용한다. 가능성은 다양한 의미로 쓰인다. 현실에서 일어날 수 있으면 ㉠ '실제적으로 가능하다'고 말하고, 실제로 일어나지 않더라도 자연법칙에 어긋나지 않으면 ㉡ '법칙적으로 가능하다'고 말하며, 법칙적으로 가능하지 않더라도 상상하는 데 논리적으로 모순이 없으면 ㉢ '논리적으로 가능하다'고 말한다. 사고 실험에서 가상의 상황을 상상할 때는 논리적으로 불가능한 것만 아니라면 어떤 것이든 가능하다.

사고 실험은 철학이나 과학에서 어떤 주장을 하기 위해 널리 쓰인다. 우리가 알고 있는 갈릴레이의 자유낙하 실험도 피사의 사탑에서 실제로 실험한 것이 아니라 사고 실험이다. 갈릴레이는 물체의 낙하 속도는 그 물체의 질량에 비례한다는 아리스토텔레스의 이론을 반박하기 위해서 다음과 같은 사고 실험을 했다. 무거운 물체와 가벼운 물체를 끈으로 묶어서 높은 곳에서 떨어뜨려 본다고 할 때, 아리스토텔레스의 이론에서는 모순된 결과가 나온다. 가벼운 물체가 무거운 물체가 떨어지는 속도를 늦추므로 하나로 묶인 물체는 묶이기 전의 물체들의 중간 속도로 떨어진다고 생각할 수도 있고, 하나로 묶인 물체는 묶이기 전의 물체들보다 무거우므로 더 빨리 떨어진다고 생각할 수도 있기 때문이다. 그래서 갈릴레이는 물체가 떨어지는 속도는 물체의 질량과는 상관이 없다고 결론을 내렸다.

사고 실험은 실제로도 불가능할 뿐만 아니라 법칙적으로도 불가능한 것을 상상하는 일이 많기에 쓸모가 없다는 비판을 받는다. 가상의 상황이 실제로 성립할 수 없거나 자연법칙에 어긋난다면 합당한 근거로서 받아들일 수 없다고 보기 때문이다. 그러나 사고 실험에서 가상의 상황은 꼭 어떤 이론을 지지하기 위한 증거의 역할만 하는 것이 아니다. 어떤 이론에서 모순이나 불합리한 점을 지적하려는 목적도 있고, 어떤 생각 거리를 던져 주어 특정 이론을 드러내거나 모호했던 생각을 분명하게 하려는 목적도 있다.

철학에서 잘 알려진 사고 실험으로 데카르트의 악마 사고 실험이 있다. 우리는 우리의 지식이 정당화되지 않는다고 의심하지 않는다. 그러나 데카르트는 전지전능한 악마가 우리가 무엇인가를 믿을 때마다 우리를 속이는 것이 가능하기 때문에 우리의 지식은 정당화되지 않는다는 회의론이 타당할 수 있다고 말한다. 만약 전지전능한 악마가 실제로 가능하지 않다고 한다면 데카르트의 악마 사고 실험은 회의론을 지지하는 근거가 될 수 없다는 비판이 나올 수 있다. 그렇다고 하더라도 전지전능한

악마 사고 실험은 회의론이 타당하지 않은지 다시 한번 생각해 보는 계기가 된다. 현대에 들어 컴퓨터에 의해 가상 현실이 점점 가능해짐에 따라 전지전능한 악마가 우리를 속이는 것이 실제로 가능할지도 모른다.

[A]

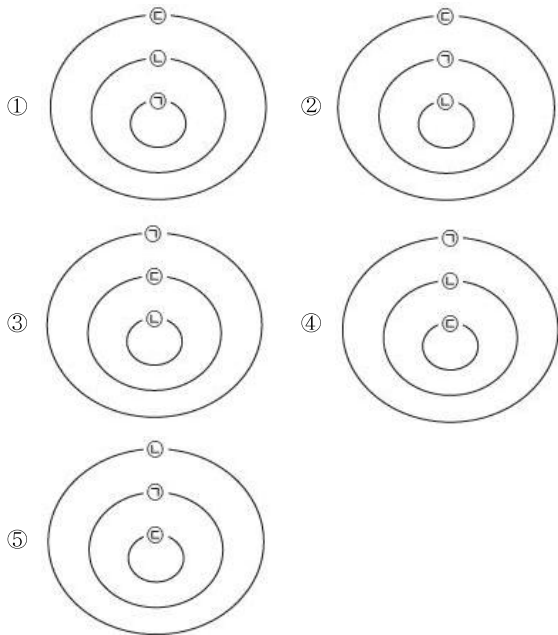
과학에서의 유명한 사고 실험의 하나는 양자 역학에 관한 슈뢰딩거의 고양이 사고 실험이다. 고양이가 한 마리가 쇠 상자 속에 갇혀 있으며, 이 상자 안에는 유리병에 들어 있는 독가스와 방사성 원자들이 함께 들어 있다. 유리병 위에는 망치가 놓여 있어서 원자가 방사능을 방출하는 순간 유리병을 내리쳐 치명적인 독가스가 발생하여 고양이가 죽도록 만들었다. 실험을 시작할 때 한 시간 안에 원자가 붕괴할 확률이 1/2이 되도록 조절한다. 이 고양이 사고 실험에서 고전 물리에 따르면 핵의 붕괴가 한 시간 안에 일어났는지 아닌지에 따라 생과 사 둘 중의 하나의 상태에 있게 된다. 그러나 양자 역학적으로 해석하면 고양이의 생과 사의 두 상태는 파동성을 갖기 때문에 파동 함수로 표현될 수 있고, 이러한 두 상태가 중첩되어 동시에 존재한다고 설명할 수 있다. 하지만 쇠 상자를 여는 순간 중첩되어 있는 상태가 붕괴되기 때문에 생과 사 중 하나의 상태로 결정되게 된다. 슈뢰딩거의 사고 실험의 목적은 양자 역학적 해석을 비판하기 위한 것이었는데, '죽었으며 동시에 살아 있는 고양이'가 실제로는 존재하지 않으므로 양자 역학이 불완전하며 현실적이지 않다고 비판하였다. 아인슈타인 또한 ㉣'신은 주사위 놀이를 하지 않는다.'라는 말로 슈뢰딩거와 같은 입장을 취하였다. 하지만 슈뢰딩거의 의도와는 달리 고양이 사고 실험은 양자 역학이 무엇인지를 직관적으로 가장 잘 설명하는 실험이 되어 버렸으며, 후에 과학자들의 입자와 파동의 '이중 슬릿 실험'을 통해 양자 역학적 중첩된 상태가 나타난다는 것이 증명되었다.

[A]

그렇다면 엄연히 입증되는 양자 역학의 과학적 사실이 우리에게 낯설게 여겨지는 이유는 무엇일까? 그것은 우리가 경험하는 세계에서는 양자 역학이 직관적으로 다가오지 않기 때문이다. 보이는 양자 역학적 현상이, 비록 고전 역학의 관점에서는 반직관적이기는 하지만 이를 이성적으로 이해하기 위해서는 우리의 인식의 틀을 변화시켜야 한다고 말했다.

1. 사고 실험에 대한 내용으로 적절하지 않은 것은?
- ㉠ 자연법칙에 어긋나더라도 합당한 근거로서 받아들일 수 있다.
  - ㉡ 과학자의 경험적 실험과 달리 실제로 가능한 실험은 할 수 없다.
  - ㉢ 실제로 불가능한 것을 상상한 실험이 실제로 가능하게 될 수도 있다.
  - ㉣ 논리적으로 불가능한 것은 상상 가능하지 않기 때문에 가상의 각본이 될 수 없다.
  - ㉤ 생각으로만 진행하지만 어떤 목표를 정하고 어떤 결론이 도출되는지 본다는 점에서 실험이다.

2. ㉠~㉣의 포함 관계를 그림으로 나타낼 때 적절한 것은?



3. 뒷글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 전지전능한 악마가 가능하다면 우리가 믿는 어떤 지식도 속일 수 있다.
- ② 데카르트의 사고 실험의 전지전능한 악마 역할을 컴퓨터가 대체할 수 있다.
- ③ 슈뢰딩거의 고양이 사고 실험은 양자 역학적 진술에 대한 비판이 목적이었다.
- ④ 갈릴레이의 자유 낙하 실험은 아리스토텔레스 이론의 모순을 지적하는 것이 목적이었다.
- ⑤ 갈릴레이에 따르면, 가벼운 물체와 무거운 물체가 묶인 물체는 묶이기 전의 물체들보다 빨리 떨어질 수도 있고 느리게 떨어질 수도 있다.

4. 뒷글을 바탕으로 ㉠의 의미를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 고양이의 생존 가능성의 확률은 절반이 아닌 더 큰 값을 가지게 된다.
- ② 고양이의 생존 여부는 신의 의도가 들어간 자연의 섭리에 의해 결정된다.
- ③ 고양이의 삶과 죽음은 확률의 문제가 아니라 생과 사 둘 중 하나의 상태이다.
- ④ 고양이의 생존 가능성이 1/2이므로 관찰 이후에 고양이가 살아 있을 가능성은 1/2이다.
- ⑤ 고양이의 삶과 죽음은 이미 결정되어 있지만 관찰하지 않으면 생과 사를 결정할 수 없다.

5. [A]와 <보기>의 실험을 바탕으로 보인 반응으로 적절한 것은?

〈보 기〉

이중 슬릿에 입자를 쏘면 입자는 벽을 통과하지 못하기 때문에 뒤의 검출기에는 (a)처럼 두 줄만이 생기게 된다. 반면에 이중 슬릿에 소리와 같은 파동을 쏘면 회절과 간섭 현상으로 인해 (b)처럼 파동 검출기에 두 줄이 아닌 여러 줄이 생기게 된다. 빛은 입자와 파동의 두 가지 성질을 모두 가지고 있으므로 빛을 쏘아 주는 경우에도 검출기에는 두 줄이 생기는 것이 아니라 파동성 때문에 여러 줄이 생기게 된다. 전자를 사용해서 같은 실험을 실행해 보면 전자 역시 입자와 파동의 성질을 가지고 있으므로 검출기에 여러 개의 줄무늬가 생성된다. 이번에는 한 번에 하나씩 전자를 쏘아 보자. 이 경우 검출기에 간섭무늬가 검출된다. 전자가 어느 슬릿을 통과하는지를 알기 위해 슬릿 옆에 관측 장비를 설치하였다. 관측 장비를 통해 전자가 어느 슬릿을 통과하는지를 측정할 수 있었으나 이때는 간섭 현상이 사라졌다. 즉 전자의 파동으로서의 성질은 사라지고 입자로서의 성질만이 남은 것이다. 이것에서 도출할 수 있는 결론은 입자는 한 번에 하나의 공간에 존재하며 파동은 한 번에 여러 군데에 존재할 수 있다는 것이며 관측을 시작하는 순간 이 입자에 영향을 주어, 즉 파동 함수가 붕괴되어 입자로서의 성질만 나타나게 된다는 것이다.

- ① 고양이의 생과 사를 확인하기 위해 뚜껑을 여는 것은 간섭 현상이 더 잘 일어나게 하기 위한 것이군.
- ② 빛이 입자와 파동의 두 성질을 가지고 있는 것은 각각 고양이의 생과 사 두 상태를 의미하는군.
- ③ 전자가 동시에 다른 곳에 존재할 수 있다는 것과 고양이의 생과 사 두 상태가 중첩된 상태로 존재한다는 것은 파동 함수로 기술이 가능하겠군.
- ④ 전자를 쏘아 고양이를 관찰하면 여러 마리의 고양이가 관측되었군.
- ⑤ 입자성이 나타난다는 점에서 파동 함수의 붕괴는 고양이 사고 실험의 핵붕괴에 해당하겠군.

[27~29] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

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 중첩된상태의 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 것이라고 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 실험\*을 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 행위의 상호 작용의 결과라 할 수 있다. 그러나 ㉠ 슈뢰딩거의 해석을 따르자면, 반생반사(半生半死)의 고양이는 있을 수 없다. 한 시간후 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, 사고상에서만 성립하는 실험. 하나의 이론 체계 안에서의 연역 추리의 보조 수단으로 쓰임.

27. 윗글에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 코펜하겐 해석에 따르면, 세계의 미래는 결정되어 있지 않다.
- ② 아인슈타인은 세계를 이해할 때 확률과 우연을 배제하고자 했다.
- ③ 아인슈타인은 우주가 엄밀한 인과 관계로 작동하고 있다고 보았다.
- ④ 양자 물리학에서는 양자가 입자와 파동의 이중적 속성을 가지고 있다고 보았다.
- ⑤ 코펜하겐 해석에서는 양자의 상태를 정확한 수치로 측정하는 것이 가능하다고 보았다.

28. <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 열어서 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.

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

29. ㉡의 의미를 해석한 것으로 가장 적절한 것은?

- ① 실제로 수많은 고양이들이 실험의 대상이 되고 있다.
- ② 양자 물리학은 '중첩' 상태에 대해 정확히 이해하고 있다.
- ③ 미시 세계의 원인과 거시 세계의 결과는 연결되어 있지 않다.
- ④ '슈뢰딩거의 고양이' 사고 실험이 지닌 문제의식은 여전히 유효하다.
- ⑤ 실제 실험이 아닌 사고 실험이라는 점에서 고양이를 이용한 실험은 한계를 지닌다.

# 국어 영역

청년사범 편집

교육청 40 ⑤ 41 ① 42 ⑤ 43 ⑤ 44 ④

교육청 26 ⑤ 27 ⑤ 28 ③

04 수능 23322

12 수능 5151

18 09 342553

올해 수특 222쪽 01 ② 02 ① 03 ⑤ 04 ③ 05 ③

사관학교 27. ⑤ 28. ③ 29. ④

교육청

ebs

사관학교

평가원

양자역학 기출 모음

청년사범 편집