

1일 1지문으로 수능과 내신 모두 1등급 달성 - 배인호 초격차(超格差) 국어 제공

031

新 수능 국어 최적화 기출 분석

2024학년도 수특 독서 주제 통합 06 247~250p

풀이 전 이해도 : 수업 후 이해도 :

(가) 1924년 드브로이는 빛이 파동과 입자의 두 성질을 모두 가지고 있는 것에 착안하여, 입자라고 이해되던 전자와 같은 소립자나 야구공과 같은 물체도 파동의 성질을 갖는다고 생각하였다. 그는 소립자를 포함한 모든 물체의 파동을 물질파라고 하였다. 기존의 고전 역학적인 사고에서 입자와 파동은 무관하며 상반되는 개념이었다. 파동이 지니는 성질로서는 파장과 진동수, 진폭 등을 들 수 있고, 입자의 성질로서는 운동량과 위치, 속도, 가속도, 에너지 등을 꼽을 수 있다. 그는 서로 무관하게 생각되었던 파동의 성질과 입자의 성질 사이에서, 빛에서 성립하는 관계가 그대로 적용되는 것으로 생각하여 파동으로서의 파장(λ)과 입자로서의 운동량이 반비례하는 것으로 가정하였다. 이때 운동량은 입자의 질량(m)과 속도(v)의 곱이므로 파장은 질량과 속도의 곱에 반비례하는데 질량과 속도를 곱한 값의 역수에 플랑크 상수(h)를 곱한 값이 물질파의 파장이 된다는 가설을 제안하였다.

드브로이의 가설에 따르면 질량과 속도를 갖는 모든 입자는 이에 상응하는 물질파가 생긴다. 하지만 야구공과 같은 보통 크기의 물체는 플랑크 상수에 비해 운동량이 너무 크므로 물질파의 파장이 너무도 작아 전혀 관측할 수 없게 된다. 한편 질량이 매우 작은 전자는 운동량이 매우 작아서 전자의 파장이 우리가 관측할 수 있는 범위에 들어오게 된다. 드브로이가 그의 이론을 발표하고 수년 후에 전자의 파동성은 실험적으로 증명되었다.

이와 같은 드브로이 가설의 실험적 입증은 1927년 발표된 하이젠베르크의 불확정성 원리의 토대가 되었다. 하이젠베르크는 물체가 갖는 파동성과 입자성의 이중성 때문에 물체의 위치와 운동량을 얼마나 정확하게 알 수 있는지에 대한 근본적인 한계가 있다고 보았다. 물체의 위치, 운동량과 같은 어떤 물리량 (A)이 특정한 값을 가지지 않고 범위로 정해질 때 불확정적이라 하는데, 이러한 범위를 ΔA 로 표현하고 이를 A 의 불확정성이라 부른다. 하이젠베르크는 '위치의 불확정성(Δx)과 운동량의 불확정성($\Delta(mv)$)의 곱은 플랑크 상수(h)를 4π 로 나눈 값보다 항상 크거나 같다'고 제시하였으며 이를 불확정성의 원리라 하였다.

수소 원자의 전자는 $5 \times 10^6 \text{m/s}$ 의 평균 속도로 수소 원자 내에서 움직이는데 광자*를 이용한 속도의 측정에 1%의 불확정성이 있다고 가정하고 불확정성의 원리에 이를 적용하여 전자의 위치에 대한 불확정성(Δx)을 계산하면 $1 \times 10^{-9} \text{m}$ 가 된다. 수소 원자의 지름은 $1 \times 10^{-10} \text{m}$ 정도이므로 원자에서 전자의 위치에 대한 불확정성은 원자의 크기보다 10배 정도 큰 값을 갖는다. 따라서 원자에서 전자가 어디에 위치하고 있는지 본질적으로 정확히 알 수가 없다. 반면에 야구공과 같이 보통의 질량을 갖는 물체에 대해 같은 방법으로 하이젠베르크의 불확정성 원리에 적용해 보면 불확정성은 매우 작게 나와서 중요하지 않음을 알 수 있다. 즉 이 경우 질량 m 은 크고, 야구공의 크기에 비해 불확정성 Δx 는 너무 작아 측정할 수 없으므로 실질

적으로 의미가 없게 되는 것이다.

*광자: 빛을 특정 에너지와 운동을 가지는 일종의 입자로 취급할 때 지칭하는 말.

(나) 우리가 일상생활에서 접하는 어떤 물체에 대해 어떠한 측정을 할 때마다 얼마간의 불확정성은 존재하기 마련이다. 더욱 정교한 장비를 쓸수록 측정의 불확정성은 점점 줄어든다. 그러나 불확정성의 원리는 미시 세계에서 측정의 정확도에 한계가 있다는 것을 의미한다. 이러한 한계는 측정 장비를 어떻게 잘 만들 수 있는가에 대한 제약이 아니라 오히려 현상의 측정에 대한 본질적인 것에 기인한다. 이러한 한계는 일상생활에서 우리가 볼 수 있는 보통 크기의 물체를 다룰 때는 현실적으로 전혀 중요하지 않지만, 전자와 같이 작은 입자를 고려할 때에는 큰 의미를 지닌다.

물체를 측정하기 위해서는 어떤 수단을 통해 조금이라도 그 물체를 건드려야 한다. 우리가 어두운 밤에 바닥에 있는 벌레를 손전등으로 찾을 때, 손전등에서 나온 빛, 즉 광자가 벌레에서 반사되어 눈에 들어오면 벌레를 보게 된다. 즉 광자를 이용하여 벌레가 존재하는 위치를 측정할 수 있다. 손전등에서 나오는 광자가 벌레에 부딪히면 벌레의 위치나 운동량에 있어서 어떤 실질적이고 유의미한 정도의 변화도 생기지 않는다.

그러면 위와 유사하게 광자의 파장이 짧은 경우와 긴 경우의 두 가지 경우에 대해 전자로부터 반사되어 광자가 검출기 속으로 들어가는 경우를 살펴보자. 물체들의 위치는 사용된 복사선의 파장보다는 작은 범위의 정확도로 알아낼 수 있다. 따라서 전자의 정확한 위치와 운동량을 알고 싶다면 짧은 파장을 사용해야 한다. 이것은 높은 에너지의 광자가 사용되어야 함을 의미하는데, 광자가 더 큰 에너지를 가질수록, 광자가 전자에 부딪히면서 더 많은 운동량이 전달되어 전자의 운동량이 예측하기 힘들게 변화하게 된다. 따라서 전자의 위치를 더 정확하게 측정하고자 할수록 전자의 운동량에 있어서 더 큰 불확정성이 생기게 되며 한순간의 전자 위치를 측정하는 행위는 향후 그 위치를 정확히 알 수 없게 만드는 것이다.

이번에는 긴 파장의 광자를 사용하는 경우를 생각해 보자. 이러한 광자는 낮은 에너지를 갖기 때문에 측정하는 동안에 전자의 운동량은 눈에 띄는 정도의 변화는 덜할 것이지만 위치는 상대적으로 덜 정확하게 알 수 있을 것이다. 이것이 불확정성 원리의 본질이다. 즉 전자의 위치나 운동량을 동시에 알고자 하는 것에는 불확정성이 존재하며, 이러한 불확정성은 어떤 특정된 최소 수준 이하로 줄일 수 없다. 하나를 더 확실하게 알게 되면 다른 하나는 덜 정확해지는 것이다. 전자의 위치와 운동량을 정확히 안다는 것은 불가능한 것이며 공간상에서 어떤 지점에 존재하는지에 대해 오직 확률로만 말할 수 있는 것이다. 따라서 우리가 ㉠일상 세계에서 벌레를 보는 것과 ㉡미시 세계의 전자를 보는 것은 큰 차이가 있다.

1. (가), (나)에서 알 수 있는 내용이 아닌 것은?

- ① 고전 역학적인 사고에서는 입자와 파동은 서로 무관한 개념으로 간주되었다.
- ② 물체의 위치를 파악할 때에는 사용된 복사선의 파장에 따라 정확도가 달라진다.
- ③ 위치의 불확정성과 운동량의 불확정성의 곱은 플랑크 상숫값보다 항상 작거나 같다.
- ④ 일상 세계와 미시 세계 모두 물체의 위치와 운동량을 알기 위해서는 물체를 건드려야만 한다.
- ⑤ 하이젠베르크의 불확정성의 원리는 드브로이가 제안한 가설의 실험적 증거가 토대가 되었다.

2. (가)를 읽으면서 생긴 의문 중 (나)를 읽은 후에 해결될 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 전자의 파동성은 미시 세계에서 어떻게 실험적으로 입증되었는가?
- ② 가속도와 에너지의 불확정성의 곱의 최솟값은 어떻게 표현되는가?
- ③ 플랑크 상수는 일상 세계의 물체와 미시 세계 물체의 측정에서 어떻게 달라지는가?
- ④ 일상 세계에서 보통 크기의 물체는 속도에 따라서 측정의 불확정성이 얼마나 커지는가?
- ⑤ 수소 원자의 전자를 관찰할 때 광자의 파장이 길고 짧음에 따라 불확정성에 어떤 영향을 주는가?

3. ㉠과 다른 ㉡의 특성으로 가장 적절한 것은?

- ① 보는 대상에서 반사되어 나오는 빛을 지각한다.
- ② 보는 대상이 너무 미세한 크기여서 감지할 방법이 없다.
- ③ 보는 대상이 제한적인 범위에서 운동하여 운동 방향을 예측하기가 쉽다.
- ④ 보는 대상의 물리량 변화를 무시할 수 없는 측정의 본질적인 문제가 있다.
- ⑤ 보는 대상을 관찰할 수 있는 측정 장비를 잘 만들 수 있는 데에는 제약이 존재한다.

4. 윗글을 바탕으로 <보기>의 학생이 탐구한 내용으로 적절한 것만을 있는 대로 고른 것은?

— <보 기> —

질량이 0.145kg인 야구공이 초당 수십 미터의 속도로 날아가고 있다. 야구공의 위치를 파장이 $5.3 \times 10^{-7} \text{m}$ 인 빛을 이용하여 측정한다고 하자. 이때 하이젠베르크의 불확정성의 원리에 의하면 운동량의 불확정성 범위는 $9.9 \times 10^{-29} \text{kg} \cdot \text{m/s}$ 이 되고 이 값을 야구공의 질량으로 나누면 야구공이 갖는 속도의 불확정성 범위는 $6.8 \times 10^{-29} \text{m/s}$ 이다. 이는 야구공의 속도에 비해 무시해도 되는 값이다.

○ 탐구한 내용

- A. 야구공의 파장은 너무 작아 관측하기 어렵겠군.
- B. $5.3 \times 10^{-7} \text{m}$ 보다 긴 파장을 이용하면 야구공 운동량의 불확정성이 $9.9 \times 10^{-29} \text{kg} \cdot \text{m/s}$ 보다 작아지겠군.
- C. 야구공 속도의 불확정성은 파장이 $5.3 \times 10^{-7} \text{m}$ 인 빛이 야구공에 영향을 주어 생긴 것이겠군.
- D. 야구공에 대한 측정에서 야구공 위치의 불확정성과 운동량의 불확정성의 곱은 최댓값이 존재하겠군.

- ① A, B
- ② B, C
- ③ C, D
- ④ A, B, C
- ⑤ B, C, D

5. ㉠와 문맥적 의미가 가장 가까운 것은?

- ① 나를 잘 따르는 착한 후배가 생겼다.
- ② 어머니의 음식 솜씨를 따를 수 없다.
- ③ 강아지들이 어미를 따라서 멍멍 짖는다.
- ④ 유교 의식에 따른 장례식을 거행하였다.
- ⑤ 길을 따라서 올라가니 멋진 풍경이 펼쳐졌다.