

◆ 16-6평 A형 19~21번

[19~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

과거에는 물질이 더 이상 쪼개지지 않는 작은 원자들로 구성되어 있다고 생각되었지만, 오늘날에는 원자가 전자, 양성자, 중성자로 구성된 복잡한 구조라는 것이 밝혀졌다.

음전기를 띠고 있는 전자는 세 입자 중 가장 작고 가볍다. 1897년에 톰슨이 기체 방전관 실험에서 음전기의 흐름을 확인하여 전자를 발견하였다. 같은 음전기를 띠고 있는 전자들은 서로 반발하므로 원자 안에 모여 있기 어렵다. 이에 전자기리 흩어지지 않고 원자의 형태를 유지하는 이유를 설명하기 위해 톰슨은 ‘건포도빵 모형’을 제안하였다. 양전기가 빵 반죽처럼 원자에 ㉠ 고르게 퍼져 있고, 전자는 건포도처럼 점점이 박혀 있어서 원자가 평소에 전기적으로 중성이라고 생각한 것이다.

양전기를 띠고 있는 양성자는 전자보다 대략 2,000배 정도 무거워서 작은 에너지로 전자처럼 분리해 내거나 가속시키기 쉽지 않다. 그러나 1898년 마리 퀴리가 천연 광물에서 라듐을 발견한 이후 새로운 실험이 가능해졌다. 라듐은 강한 방사성 물질이어서 양전기를 띤 알파 입자를 큰 에너지로 방출한다. 1911년에 러더퍼드는 라듐에서 방출되는 알파 입자를 얇은 금박에 충돌시키는 실험을 하였다. 그 결과 알파 입자는 금박의 대부분을 통과했지만 일부 지점들은 통과하지 못하고 튕겨 나갔다. 이 실험을 통해 러더퍼드는 양전기가 빵 반죽처럼 원자 전체에 퍼져 있는 것이 아니라 아주 좁은 구역에만 모여 있다는 것을 알게 되었고, 이 구역을 ‘원자핵’이라고 하였다. 그는 실험 결과를 바탕으로 태양이 행성들을 당겨 공전시키는 것처럼 양전기를 띤 원자핵도 전자를 잡아당겨 공전시킨다는 ‘태양계 모형’을 제안하여 톰슨의 모형을 수정하였다.

그런데 러더퍼드의 모형은 각각의 원자에서 나타나는 고유한 스펙트럼을 설명하지 못했다. 1913년에 닐스 보어는 전자가 핵 주위의 특정한 궤도만을 돌 수 있다는 ‘에너지 양자화 가설’이라는 것을 제안하였다. 이를 통해 양성자 1개와 전자 1개로 이루어져 구조가 단순한 수소 원자의 스펙트럼을 설명할 수 있었다. 1919년에 러더퍼드는 질소 원자에 대한 충돌 실험을 통하여 핵에서 떨어져 나오는 양성자를 확인하였다. 그는 또한 핵 속에 전기를 띠지 않는 입자인 중성자가 있다는 것을 예측하였다. 1932년에 채드윅은 전기적으로 중성이며 질량이 양성자와 비슷한 입자인 중성자를 발견하였다. 1935년에 일본의 유카와 히데키는 중성자가 중간자라는 입자를 통해 핵력이 작용하게 하여 양성자를 잡아당긴다는 가설을 제안하였다. 여러 개의 양성자를 가진 원자에서는 같은 양전기를 띠고 있는 양성자들이 서로 밀어내려 하는데, 이러한 반발력보다 더 큰 힘이 있어야만 여러 개의 양성자가 핵에 속박될 수 있다. 그의 제안을 이용하면 양성자들이 흩어지지 않고 핵 안에 모여 있음을 설명할 수 있었다.

19. 윗글에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 원자를 구성하는 입자들의 질량이 비교되어 있다.
- ② 원자를 구성하는 입자들의 내부 구조를 제시하고 있다.
- ③ 원자를 구성하는 입자들의 전기적 성질을 제시하고 있다.
- ④ 원자를 구성하는 입자들이 발견된 순서를 제시하고 있다.
- ⑤ 원자를 구성하는 입자들 사이에 작용하는 힘을 제시하고 있다.

20. 윗글에 대한 이해로 적절한 것은? [3점]

- ① 라듐이 발견됨으로써 러더퍼드는 원자핵을 발견하게 된 실험을 할 수 있었다.
- ② 질소 충돌 실험에서 양성자가 발견됨으로써 유카와 히데키의 가설이 입증되었다.
- ③ 채드윅은 양성자가 핵 안에서 흩어지지 않는 이유를 설명하는 가설을 제안했다.
- ④ 원자모형은 19세기 말에 전자가 발견됨으로써 ‘태양계 모형’에서 ‘건포도빵 모형’으로 수정되었다.
- ⑤ 알파 입자가 금박의 일부분에서 튕겨 나간다는 사실을 통해 양전기가 원자 전체에 퍼져 있음이 입증되었다.

21. ㉠의 문맥적 의미와 가장 가까운 것은?

- ① 그 식물은 전국에 고른 분포를 보인다.
- ② 국어사전에서 적당한 단어를 골라야 한다.
- ③ 그는 목소리를 고르며 차레를 기다리고 있다.
- ④ 울퉁불퉁한 곳을 흠으로 메워 판판하게 골랐다.
- ⑤ 날씨가 고르지 못한 환절기에 아이가 감기에 들었다.

◆ 12 수능 47~50번

[47~50] 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.

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 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.

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.

## ◆ 08 MDEET 언어추론 11~13번

[11~13] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

17세기에 수립된 뉴턴의 체계에 따르면 물리적 실재는 아무것도 없는 공간과 그 공간에서 움직이는 질점(質點), 질점 사이에 작용하는 힘으로 특징지어진다. 그리고 물리적 사건은 공간상에서 질점이 만유인력과 일정한 운동 법칙의 지배를 받으며 운동하는 것으로 간주된다. 이 체계에서는 물리적 사건을 다룰 때 물체로부터 모든 특성들을 제거하고 질량과 병진 운동만을 고려하며, 거기에 입자 사이의 원격 작용, 곧 빈 공간을 뛰어넘어 직선을 따라 미치는 힘의 개념을 추가하였다. 이러한 이론적 구도는 입자에 입각해 있다는 점에서 입자론적이고, 물질의 기계적 작동에 의거한다는 점에서 역학적이다.

이 체계의 가장 불만스러운 측면은 빛의 개념과 관련되어 있었다. 뉴턴은 그의 체계에 따라 빛도 입자로 구성된 것으로 보았는데, 그 당시에 이미 '빛이 물체에 흡수될 때 빛 입자는 어떻게 되는가?'라는 문제가 논쟁거리가 되었다. 더욱이 질량이 있는 물질과 질량이 없는 빛을 설명하기 위해 서로 다른 종류의 두 가지 입자를 가정하는 것은 어떤 경우든지 불만스러웠다. 나중에 이전의 입자들과는 또 다른 성질의 전기 입자가 제3의 종류로 추가되자 논의는 더욱 혼란스러워졌다. 전기 입자는 질량이 없는 것처럼 보이면서도 빛과 달리 서로를 밀치기도 하고 당기기도 하는 특이한 행동 양식을 드러냈기 때문이다. 그럼에도 불구하고 18세기 말에서 19세기 초에 걸쳐 ㉠ 라플라스 학파는 뉴턴주의의 기치를 내걸고 뉴턴의 중력 이론을 더욱 확장했을 뿐 아니라, 여러 자연 현상을 특정한 성질만 갖는 질량 없는 입자나 원격 작용에 의해 기술하려고 노력하였다.

뉴턴주의에 대한 도전은 19세기 초에 빛의 입자 이론에 대립하여 빛의 파동 이론이 부정할 수 없는 관찰 사실을 통해 확증되면서 본격화되었다. 파동 이론은 빛을 입자가 아니라 공간을 채우는 매질인 에테르의 진동으로 설명하였다. 그 후 에테르는 고유한 역학적 특성을 갖는 연속체로 상정되었다. 전기와 관련한 입자론적 해석의 폐기는 패러데이로부터 시작되었다. 그는 자신이 수행한 실험에서 발견한 전자기적 현상들을 이해하기 위해 새로운 힘의 전달 방식으로 역선(力線)의 개념을 도입하였다. 이 역선은 유체의 흐름과 같이 곡선을 그리기도 하고 서로 밀치기도하므로, 역선이 존재하는 공간인 장(場)은 연속적인 매질로 가득 차 있는 것으로 상정되었다. 이로써 새로운 물리적 실재의 개념은 입자론적이지 않게 되었지만 그것은 여전히 역학적이었다.

패러데이의 독창적인 개념을 수학화할 수 있음을 보인 인물이 맥스웰이다. 그는 공간을 매우는 매질이 어떤 방식으로 변형되어 전자기적 영향력이 전파되는지를 수학적인 형태로 표현하였다. 더 나아가서 그는 당시에 전자기 현상에 대해 알려진 것 대부분을 몇 개의 '맥스웰 방정식'의 체계로 표현할 수 있다는 것을 보여주었다. 맥스웰 방정식은 서로 결합되었을 때, 광속으로 공간을 퍼져 나가는 전자기적 파동이 존재한다는 것을 예측해 줌으로써 빛이 일종의 전자기파라는 발견에 이르게 하였다. 처음에 맥스웰은 이 방정식들을 구축하고 정당화하기 위해 공간을 매우는 연속체의 역학적 모형들을 동원하였지만, 방정식들만으로 관련된 모든 현상을 기술할 수 있을 뿐 아니라 새로운 사실까지 예측할 수 있게 되자 그 모형들을 폐기했다. 이로써 그의 방정식이 표현하는 전자기장은 어떤 다른 것으로 환원되지 않는 궁극적인 실재가 되었다. 이렇게 맥스웰의 전자기학은 역학적 함축을 벗어 버렸고, 연속적 장 개념은 물리적 실재를 기술하는 새로운 방법으로서 이후 물리학에 근본적인 변혁을 유발하는 토대가 되었다.

11. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 뉴턴의 공간은 비어 있으나 맥스웰의 공간은 매질로 채워져 있다.
- ② 뉴턴의 빛 입자 개념은 빛의 매질로서의 에테르 개념과 양립할 수 없다.
- ③ 뉴턴은 원격 작용에 의해, 패러데이는 역선에 의해 힘이 전달된다고 보았다.
- ④ 맥스웰에 따르면, 세계는 연속적인 장 속에서 운동하는 입자로 이루어져 있다.
- ⑤ 맥스웰 방정식은 전자기장을 기술했을 뿐 아니라 전자기파의 존재를 예견하였다.

12. ㉠의 입장에서 자연 현상을 설명한 것이 아닌 것은?

- ① 서로 다른 부호의 전하를 가진 전기 입자들은 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하는 힘으로 서로 잡아당긴다.
- ② 도선에 전류가 흐르면 그 주위 공간의 매질이 힘을 받으면서 도선 옆의 나침반이 편향된다.
- ③ 고온인 물체에서 밀려나온 열 입자인 칼로릭이 저온인 물체로 이동하면서 열이 전달된다.
- ④ 달의 무게 중심과 지구의 무게 중심 사이에 작용하는 힘에 의해 달의 공전이 일어난다.
- ⑤ 화학 반응에서는 원자들 사이의 인력의 차이에 의해 결합과 분해가 결정된다.

13. <보기>는 19세기에 저술된 책에서 가져온 자료이다. 전기 현상에 관한 위 글의 관점들을 참고하여 <보기>의 설명을 평가한 내용으로 옳은 것은?

<보 기>

평행판 축전기의 양단에 전압을 걸어 주면 도체판 사이의 절연체는 전기장 속에서 전기력선을 따라 힘을 받아 변위를 일으킨다. 이것은 용수철이 당기는 힘을 받아 늘어나는 것과 비슷한 현상이다. 같은 힘을 받아도 용수철 상수에 따라 용수철마다 늘어나는 값이 달라지듯이, 절연체의 특성에 따라 축전기 안의 변위의 크기가 달라진다.

- ① 도체판을 전기 입자를 전달하는 연속적 매질로 간주하였다.
- ② 절연체의 작용을 연속적 매질의 역학적 모형으로 해석하였다.
- ③ 절연체를 도체판 사이의 원격 작용을 전달하는 매질로 간주하였다.
- ④ 전기적 영향력이 빈 공간 속에서 역선을 따라 전달되는 것으로 해석하였다.
- ⑤ 원격 작용인 전기력에 질점의 집합체인 절연체가 반응한 것으로 간주하였다.

◆ 10 MDEET 언어추론 11~13번

[11~13] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

임계 현상은 물리적 시스템이 외부 환경 요인의 변화에 의해 질서와 무질서 사이에서 또는 한 질서와 다른 질서 사이에서 전이하는 과정에 나타난다. 자성체에서 발생하는 ‘바크하우젠 효과’는 임계 현상의 좋은 예로서, 이를 설명하기 위해 많은 이론적 모델들이 제안되어 왔다. 바크하우젠은 자석을 코일에 삽입한 상태에서 외부에서 자기장을 변화시키며 코일에 유도되는 기전력의 변화를 관찰하는 실험을 수행하였다. 이때 자기장을 변화시키면 자석에서 발생하는 자속 변화가 패러데이 전자기 유도를 일으켜 자석을 감싼 코일에 유도 기전력을 생성시킨다. 이 경우 코일에 삽입된 자석이 없을 때와는 달리, 연속적인 외부 자기장 변화에 대해 불규칙하며 갑작스럽게 유도 전류가 나타나는데 이 현상을 바크하우젠 효과라 한다.

어떤 원소의 자기적 성질은 그 원자의 전자 스핀으로 결정된다. 스핀은 양자 역학적으로 설명되는 전자의 고유한 양으로서 자성의 근본 요소라 할 수 있다. 철, 코발트, 니켈과 같은 강한 자성을 띠 수 있는 원소의 경우 스핀들이 특정한 방향으로 집단적으로 정렬하여 안정된 상태를 유지한다. 외부에서 강한 자기장을 가해 주면 스핀은 초기 상태를 벗어나 외부 자기장 방향으로 정렬하여 높은 질서도의 상태가 된다. 만일 가해지는 자기장이 초기 정렬 상태의 역방향이면 스핀의 정렬 방향이 정반대로 바뀌며 다시 높은 질서도의 상태가 된다. 이때, 스핀의 방향 전환은 개별 스핀 단위로 독립적으로 일어나지 않고, 같은 스핀 방향을 갖는 군집 영역인 자기 구역(magnetic domain)을 형성하며 진행된다. 어떤 크기의 자기장이 가해지면 자기 구역이 불규칙하게 거동하면서 바크하우젠 효과가 나타난다. 바크하우젠 효과가 관찰될 때 가해지는 자기장을 임계 자기장이라 한다.

불규칙한 군집형 요동은 임계 현상의 가장 큰 특징 중 하나이다. 이 불규칙성 때문에 임계 현상을 보이는 시스템의 동적 특성은 해석적 방법으로 설명하기가 거의 불가능하며 통계적 방법으로 접근해야 한다. 임계 현상에서는 상호 작용이 유효하게 미치는 거리가 시스템의 중요한 동적 요소이며, 이 거리를 상관 길이라 한다. 통계 물리학 이론에 의하면, 바크하우젠 효과가 지속되는 동안 상관 길이가 극적으로 증가하게 된다. 스핀 간 상호 작용에 의해 자기 구역이 형성되므로, 바크하우젠 효과에서 상관 길이는 대략 자기 구역의 크기로 볼 수 있다. 상관 길이의 극적 증가는 일부 스핀의 변화가 이웃한 영역에서부터 시스템의 전 영역에 이르기까지 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다. 부분의 정보가 시스템 전체에 퍼지는 상황에서는 시스템을 지배하는 상호 작용의 영역 범위를 특별히 규정할 수 없다. 따라서 상관 길이의 척도를 규정할 수 없게 된다. 상관 길이의 척도가 없어짐으로 인해 임계 현상의 통계적 특성이 시스템의 미시적 특징보다는 차원이나 대칭성과 같은 시스템의 거시적 특징에 의존하게 된다. 척도가 없는 분포는 멱의 법칙\*으로 표현된다. 최근 바크하우젠 효과에서 나타나는 자기 구역 요동의 통계적 분포가 멱의 법칙 형태로 나타난다는 사실이 실험적으로 증명되었다.

바크하우젠 효과를 비롯한 여러 증거를 통해 임계 현상에서 발생하는 물리 현상은 멱의 법칙을 따른다는 것이 입증되었다. 마그나가 바위로 균을 때, 금속이 자석이 될 때, 또는 도체가 초전도 체로 전이할 때도 동일 형태의 멱의 법칙이 등장한다. 즉 물리계가 다르더라도 임계 현상이 발생하면 매우 보편적인 동적 특성이

나타난다. 이에 따라 멱의 법칙을 발생시키는 자기 조직화(self organization) 메커니즘이 대부분의 시스템에 근본적으로 내재되어 있다는 시각이 형성되기 시작했다. 멱의 법칙에 대한 증거는 물리계뿐 아니라 다양한 영역에서 활발히 보고되고 있다. 사려는 세력과 팔려가는 세력이 충돌하는 주식 시장, 두 지각판 사이에 압력이 쌓이고 해소되는 과정에서 발생하는 지진, 생체의 복잡한 세포 네트워크, 인터넷에 연결된 컴퓨터 간의 연결 분포 등과 같이 자연과 사회의 여러 영역에 걸쳐 숨겨져 있던 멱의 법칙이 발견되고 있다.

\* 멱의 법칙(power law): 변수의 거듭제곱이 상수 지수로 표현되는 법칙.

11. ‘바크하우젠 효과’에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 외부 자기장을 가할 때 개별 스핀의 독립적 전이로 인해 발생한다.
- ② 패러데이 유도 기전력에 의해 관찰되며 일정한 크기의 검출값을 갖는다.
- ③ 자기 구역 거동은 멱의 법칙으로 분석할 수 있으나 실험적으로 증명되지 않았다.
- ④ 코발트와 같은 자성 원소에서 관찰되며 동적 특성이 해석적 방법으로 설명된다.
- ⑤ 스핀들이 정렬된 후 자기장을 역방향으로 임계 자기장의 크기만큼 가할 때 관찰된다.

12. 위 글에서 추론할 수 없는 것은?

- ① 질서도의 변화가 없다면 임계 현상이 발생하지 않는다.
- ② 자기 조직화의 거시적인 특징은 상관 길이의 척도에 의존한다.
- ③ 상호 작용의 종류가 다르더라도 임계 현상은 유사한 동적 특성을 보인다.
- ④ 임계 현상에서 군집 영역의 전이가 없다면 요동 현상이 나타나지 않는다.
- ⑤ 규칙적이고 주기적인 동적 특성을 갖는 시스템은 특정한 척도의 상호 작용을 갖는다.

13. 다음의 ㉠~㉥을 바크하우젠 효과와 대비시킨 것으로 적절하지 않은 것은?

물이 끓는 현상은 ㉠ 온도 변화에 의해 ㉡ 물 분자들 사이의 결합이 약해지며 질서도가 극적으로 변화하는 임계 현상이다. 물의 상태는 ㉢ 100℃ 1기압에서 ㉣ 액체 상태에서부터 기체 상태로 불규칙한 ㉤ 기포 발생과 함께 전이한다.

- ① ㉠-자기 조직화
- ② ㉡-스핀
- ③ ㉢-임계 자기장
- ④ ㉣-초기 스핀 정렬 상태
- ⑤ ㉤-자기 구역

◆ 11 MDEET 언어추론 17~19번

[17~19] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

고체는 원자들이 서로 상대적으로 고정된 위치에 배치되어 있는 입체적 구조물인데, 원자의 배열이 규칙적인 결정질과 불규칙적인 비결정질로 구분된다. 고체의 여러 물리적 성질은 고체 내의 전자가 가지는 파동성에 의해 설명된다. 전자의 파동은 변위라는 복소수로 표현되는데, 변위는 크기와 위상의 곱으로 주어진다. 임의의 위치에서 전자가 발견될 확률은 변위 크기의 제곱으로 주어지며, 시간과 공간의 함수인 위상은 전자의 파동성을 나타낸다. 파동의 일부 또는 전부가 일정 영역에 갇혀 진행에 방해받지 않는 현상을 국소화(localization)라 하는데, 국소화에는 앤더슨 국소화, 약한 국소화, 동역학적 국소화의 세 가지가 있다. 앤더슨 국소화와 약한 국소화는 비결정질 고체 내에서 일어나고, 동역학적 국소화는 비결정질과 상관없이 혼돈계에서 일어난다.

앤더슨 국소화란 파동이 더 이상 진행하지 못하고 일정한 공간 안에 완전히 갇히는 현상을 말한다. 비결정질의 경우 임의의 위치에서 출발한 전자 파동이 다른 임의의 위치에 도달하기 위해서는 불규칙하게 배열된 수많은 원자들과 충돌할 수밖에 없으므로, 전자의 이동 경로가 무수히 존재하게 된다. 각 경로들이 갖는 위상들은 부호(+/-)가 다른 무작위 값을 가지는데, 이 경우 각 경로들에 대응되는 변위를 모두 합하면 그 크기가 0에 가까워진다. 이는 임의의 위치에서 출발한 전자를 다른 임의의 위치에서 발견할 확률이 0에 가까워진다는 뜻이므로, 전자 파동이 멀리 진행할 수 없고 공간적으로 완전히 갇혀 국소화됨을 의미한다. 이때 파동이 갇힌 공간적 영역의 크기를 '국소화 길이'라 하는데, 국소화 길이가 짧을수록 국소화가 강해진다.

앤더슨 국소화가 일어나려면 우선 파동의 위상이 시간과 공간의 함수로 잘 정의되어야 한다. 이러한 위상을 갖는 파동을 결맞은 파동이라 하는데, 결맞음의 정도를 '결맞음 길이'라는 양으로 표현한다. 결맞음 길이가 국소화 길이보다 길어야 국소화가 일어난다. 온도가 높아지면 전자들 사이의 상호 작용과 원자들의 요동이 커져 결맞음이 어긋나면서 결맞음 길이가 0으로 접근한다. 또한 앤더슨 국소화는 차원에 따라 다른 양상을 보인다. 1차원의 경우 장애물이 있다면 되돌아가지 않고 피해 갈 방법은 없다. 하지만 차원이 높아지면 장애물을 피해 가기 쉬워진다. 따라서 비결정질이 1차원인 형태에서는 전자가 국소화되어 부도체가 되지만, 3차원에서는 조건에 따라 전자의 상태가 국소화되지 않아 도체가 될 수도 있다.

약한 국소화는 파동이 폐곡선 경로에 약하게 갇혀 진행에 방해를 받는 현상을 말한다. 약한 국소화는 도체 / 부도체의 특성 자체를 결정하지 못하지만, 자기장의 유무에 따른 전기 저항의 차이를 설명한다. 비결정질 내부의 임의의 점에서 출발하여 전파되는 파동의 수많은 경로들 중에는 폐곡선 형태를 갖는 것들이 있다. 폐곡선에서는 전자가 시계 방향과 반시계 방향으로 도는 것이 둘 다 가능하다. 이 두 경로는 동일한 곡선상에 위치하여 길이가 같으므로 두 경로를 지나 출발점으로 돌아온 파동의 위상이 같아지고 이에 따라 전자의 파동이 중첩되어 변위가 커진다. 변위 크기의 제곱은 전자가 발견될 확률이므로, 변위의 크기가 커진다는 것은 전자가 출발점으로 되돌아오기 쉬워져 이동이 방해됨을 뜻한다. 따라서 방해가 없는 경우에 비해 전기 저항이 커진다. 하지만 자기장 안에서는 두 방향으로 도는 파동의 위상에 변동이 생겨 약한 국소화

효과가 거의 나타나지 않는다.

끝으로 동역학적 국소화는 혼돈계에서 일어나는 파동의 국소화를 말한다. 혼돈이란 미세한 초기 조건의 차이가 결과에 엄청난 차이를 일으키는 현상을 말하는데, 혼돈계에서는 모든 입자가 복잡한 운동을 하며 확산해 간다. 반면 파동은 혼돈계에서 확산되지 않고 완전히 갇혀 국소화된다. 왜냐하면 어떤 파동이 혼돈계 내에서 복잡하게 진행되는 것은, 파동이 비결정질에서 불규칙하게 배열된 수많은 원자 사이를 지나가는 앤더슨 국소화의 경우와 유사한 상황이기 때문이다.

17. 앤더슨 국소화에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 국소화 길이가 결맞음 길이보다 길면 일어난다.
- ② 무수히 많은 경로들이 갖는 무작위적 위상 때문에 생긴다.
- ③ 전자들 사이의 상호 작용의 크기에 따라 결맞음 길이가 변한다.
- ④ 차원에 따라 비결정질이 도체가 될 수도 있는 현상을 설명한다.
- ⑤ 전자가 비결정질의 한 점에서 다른 점으로 이동할 확률로써 판별된다.

18. 국소화들 사이의 공통점을 바르게 설명한 것은?

- ① 동역학적 국소화와 약한 국소화는 폐곡선 경로 때문에 생긴다.
- ② 앤더슨 국소화와 동역학적 국소화는 파동이 완전히 갇히는 현상이다.
- ③ 앤더슨 국소화와 약한 국소화는 비결정질이 도체인지 부도체인지를 결정한다.
- ④ 약한 국소화와 동역학적 국소화는 앤더슨 국소화의 개념을 그대로 적용한 것이다.
- ⑤ 앤더슨 국소화와 동역학적 국소화는 고체를 이루는 원자 배열의 불규칙성 때문에 생긴다.

19. 위 글의 내용을 바탕으로 <보기>의 A, B에 들어갈 말을 바르게 짝지은 것은?

< 보 기 >

- 약한 국소화가 일어난 비결정질 시료에 자기장을 가하고 자기장을 가하기 전의 전기 저항과 비교해 보면, 전기 저항은 ( A ).
- 앤더슨 국소화가 일어난 비결정질에서 국소화가 사라지도록 하려면 온도를 ( B ).

- |          |          |
|----------|----------|
| <u>A</u> | <u>B</u> |
| ① 커진다    | 높인다      |
| ② 커진다    | 낮춘다      |
| ③ 작아진다   | 높인다      |
| ④ 작아진다   | 낮춘다      |
| ⑤ 변화가 없다 | 그대로 유지한다 |