

제 1 교시

국어 영역

성명		수험 번호																	
----	--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[1~6] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

싱크로트론 방사광은 전자가 빛의 속도에 가깝게 가속되어 진행 방향이 변할 때 방출되는 전자기파로, 일반 실험실 광원보다 수십억 배 밝은 빛을 제공한다. 마치 촛불과 서치라이트의 차이처럼, 이 놀라운 밝기는 미량 물질이나 극미세 구조까지 분석할 수 있게 해준다. 이 방사광은 선형가속기에서 전자를 직선 경로로 가속한 후, 부스터 싱크로트론에서 추가로 에너지를 높인 다음, 저장링에서 고정된 에너지로 반복 순환하며 생성된다. 이때 전자가 곡선 궤도를 따라 이동하거나 '삽입장치'를 통과할 때 방사광이 발생하는데, 삽입장치인 언듈레이터와 위글러는 주기적으로 배열된 자석 구조를 통해 전자를 좌우로 진동시켜 특정 특성의 방사광을 만들어낸다.

싱크로트론 방사광이 일반 광원과 구별되는 주요 특성으로는 고휘도, 고지향성, 넓은 파장 영역, 시간적 펄스 구조, 편광 특성 등이 있다. 고휘도는 수십억 배 밝은 빛으로 미세 영역 분석을 가능하게 하며, 고지향성은 레이저처럼 좁은 각도로 집적된 빔으로 특정 부위에 정밀하게 에너지를 전달할 수 있다. 또한 방사광은 적외선부터 경(硬) X선까지 넓은 파장 영역을 제공하고, 펨토초~피코초 단위의 짧은 펄스로 초고속 현상을 관찰할 수 있게 한다. 편광 특성은 전자기파의 진동 방향을 선형(한 방향으로만 진동)이나 원형(나선형으로 진동)으로 제어할 수 있는 성질로, 자기 물질의 스핀 상태나 분자의 입체 구조 같은 방향성을 가진 특성을 분석하는 데 필수적이다. 이는 마치 편광 선글라스가 특정 방향의 빛만 통과시키는 원리와 유사하게, 물질의 방향성 있는 특성만을 선택적으로 분석할 수 있게 한다.

이러한 특성을 활용한 싱크로트론 방사광 분광법은 물질의 원자나 분자 구조, 에너지 준위, 전자 배열 등을 정밀하게 분석할 수 있다. 원자나 분자는 고유한 에너지 준위를 가지며, 특정 에너지에 해당하는 전자기파만을 방출하거나 흡수한다. 방출 분광법은 원자나 분자가 높은 에너지 상태에서 낮은 에너지 상태로 변화하며 방출하는 광자를, 흡수 분광법은 원자나 분자가 특정 주파수의 복사선을 흡수하는 현상을 측정한다. 싱크로트론 방사광은 이러한 분광법에 이상적인 광원으로, 가변적인 파장 조절과 고휘도 특성으로 기존 분광법의 한계를 극복한다.

분자는 원자와 달리 회전·진동·전자 전이가 복합적으로 일어나 다양한 에너지 준위를 가진다. 회전 에너지 준위 간격은 약 0.01kJ/mol로 마이크로파 영역, 진동 에너지 준위 간격은 약 10kJ/mol로 적외선 영역, 전자 에너지 준위 간격은 100~1,000kJ/mol로 가시광선이나 자외선 영역에 해당한다. 이를 실생활에 비유하면, 회전 전이는 시계 초침의 미세한 움직임, 진동 전이는 발걸음, 전자 전이는 열차 이동과 같은 에너지

차이를 갖는다. 따라서 분자는 여러 스펙트럼선이 조밀하게 모인 '밴드 스펙트럼'을 형성하는데, 이는 물질마다 고유하여 미지 물질의 동정과 특성 파악에 유용하다.

싱크로트론 방사광 분광법은 다양한 분야에 적용되고 있다. 재료과학에서는 X선 회절(XRD), 흡수분광(XAS) 기법을 통해 신소재의 원자 구조와 배위, 산화 상태를 규명한다. 나노물질 연구에서는 초집속 방사광을 이용해 나노 구조의 특성을 미세 공간 분해능으로 분석하고, 반도체 산업에서는 결함과 불순물을 비파괴적으로 탐지한다. 생명과학 분야에서는 단백질 결정 구조 해석과 약물-표적 결합 메커니즘 연구에 활용되며, 환경 과학에서는 오염물질의 화학 형태와 거동을, 고고학에서는 문화재의 비파괴 분석을 가능하게 한다.

세계 각국은 과학기술 혁신과 산업 경쟁력 강화를 위해 첨단 싱크로트론 방사광 시설을 구축하고 있다. 포항 PAL-XFEL은 10 GeV 에너지와 100 펨토초 이하의 펄스 시간을 자랑하며 나노결정구조와 동적현상 분석에 특화되어 있다. 미국 APS는 7 GeV 에너지와 다중 빔라인을 통해 재료·생명·나노 분야 연구에 집중하고 있으며, 일본 SPring-8은 8 GeV 저장링과 30개 이상의 빔라인으로 0.1 나노미터까지의 하드 X선 분석이 가능하다. 이러한 시설들은 각국의 첨단 과학 연구를 주도하는 핵심 인프라로서, 소재 개발부터 의약품 연구, 환경 분석까지 현대 과학과 산업의 발전을 이끌고 있다.

1. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 싱크로트론 방사광은 전자가 가속되어 진행 방향이 변할 때 발생하는 전자기파이다.
- ② 언듈레이터와 위글러는 전자를 좌우로 진동시켜 방사광을 생성하는 삽입장치이다.
- ③ 방출 분광법은 원자나 분자가 낮은 에너지 상태에서 높은 에너지 상태로 변할 때 발생하는 광자를 측정한다.
- ④ 분자는 회전, 진동, 전자 전이가 복합적으로 일어나 다양한 에너지 준위를 가지게 된다.
- ⑤ 싱크로트론 방사광은 적외선부터 X선까지 넓은 파장 영역을 제공할 수 있다.

2. 싱크로트론 방사광의 주요 특성 중 '편광 특성'에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 편광 특성은 빛의 파장을 넓은 범위에서 자유롭게 조절할 수 있어 다양한 원소를 동시에 분석하는 데 활용된다.
- ② 편광 특성은 빛의 밝기를 조절하는 기능으로, 시료의 손상을 최소화하면서 정밀한 분석이 가능하게 한다.
- ③ 편광 특성은 전자기파의 진동 방향을 제어할 수 있어 물질의

방향성을 가진 특성을 선택적으로 분석하는 데 유용하다.

- ④ 편광 특성은 빛의 시간적 구조를 조절하여 초고속 현상을 연속적으로 관찰할 수 있게 한다.
- ⑤ 편광 특성은 빛의 집중도를 높여 일반 광원보다 더 작은 영역을 선명하게 관찰할 수 있게 한다.

3. 다음은 원자와 분자의 에너지 준위에 관한 내용이다. 윗글을 참고할 때, 이에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

—<보 기>—

원자와 분자는 각각 고유한 에너지 준위를 가지며, 특정 에너지에 해당하는 전자기파만을 방출하거나 흡수한다. 원자는 전자 전이만 일어나지만, 분자는 회전, 진동, 전자 전이가 복합적으로 발생한다. 회전 에너지 준위 간격($\sim 0.01\text{kJ/mol}$)은 진동 에너지 준위 간격($\sim 10\text{kJ/mol}$)보다 작고, 이는 다시 전자 에너지 준위 간격($100\sim 1,000\text{kJ/mol}$)보다 작다.

- ① 원자는 선 스펙트럼을 형성하지만 분자는 밴드 스펙트럼을 형성한다.
- ② 분자의 회전 전이는 주로 마이크로파 영역의 전자기파와 관련된다.
- ③ 분자의 진동 전이 에너지는 회전 전이 에너지보다 약 1,000배 정도 크다.
- ④ 전자 배열 상태의 전이는 주로 적외선 영역의 전자기파 방출이나 흡수를 수반한다.
- ⑤ 각 물질은 고유한 에너지 준위의 배열을 가져 독특한 밴드 스펙트럼을 형성한다.

4. 윗글을 바탕으로 싱크로트론 방사광의 특성과 그 활용에 대해 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 싱크로트론 방사광의 시간적 펄스 구조는 정지 상태의 물질 구조 분석에만 효과적이다.
- ② 싱크로트론 방사광의 고지향성은 넓은 영역을 동시에 분석하는 데 유리하게 작용한다.
- ③ 싱크로트론 방사광의 편광 특성은 자기·전자 구조와 같은 방향성을 갖는 특성 분석에 유용하다.
- ④ 싱크로트론 방사광의 파장 조절 능력은 특정 원소만을 선택적으로 분석하는 데 제한을 준다.
- ⑤ 싱크로트론 방사광은 일반 실험실 광원보다 휘도가 낮아 미량 성분 분석에 한계가 있다.

5. 다음은 싱크로트론 방사광 기반 분석 기법을 적용한 사례이다. 윗글을 참고할 때, <보기>의 A~C에 대한 분석으로 적절하지 않은 것은? [3점]

—<보 기>—

연구팀은 다음과 같은 세 가지 연구를 수행했다. A: 고대 청동 유물의 비파괴 분석을 위해 싱크로트론 X선 형광 분석(XRF)을 실시하여 합금 성분과 미량 원소 분포를 확인했다. B: 나노 크기의 반도체 소자에서 발생한 결함을 찾기 위해 X선 토포그래피를 이용해 결정 구조의 불균일성을 고해상도로 관찰했다. C: 새로운 단백질의 3차원 구조를 규명하기 위해 X선 회절 실험을 수행하고, 다중 파장 이상 분산법(MAD)을 이용해 분자 구조를 해석했다.

- ① A는 싱크로트론 방사광의 고휘도 특성을 활용해 유물을 손상시키지 않고 내부 성분을 분석했을 것이다.
- ② B는 방사광의 가변적 파장 조절 능력을 활용해 반도체의 결정 구조에서 미세 결함을 탐지했을 것이다.
- ③ C는 방사광의 넓은 파장 영역 특성을 활용해 단백질 결정 구조의 위상 문제를 해결했을 것이다.
- ④ A와 B는 모두 분자의 회전 에너지 준위 변화에 따른 스펙트럼을 주로 분석했을 것이다.
- ⑤ B와 C는 모두 원자나 분자 배열의 규칙성에 관한 정보를 얻기 위해 방사광을 활용했을 것이다.

6. 윗글에 제시된 '세계 각국의 싱크로트론 방사광 시설'에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 포항 PAL-XFEL은 10 GeV 에너지와 100 펨토초 이하의 펄스 시간을 특징으로 한다.
- ② 미국 APS는 7 GeV 에너지의 저장링과 다중 빔라인 시스템을 갖추고 있다.
- ③ 일본 SPring-8은 8 GeV 저장링으로 0.1 나노미터 수준의 하드 X선 분석이 가능하다.
- ④ 이들 시설은 각국의 첨단 과학 연구와 산업 발전의 핵심 인프라 역할을 한다.
- ⑤ 이들 시설은 모두 동일한 성능과 에너지 수준으로 설계되어 국제 공동 연구에 활용된다.

정답 및 해설

1. 정답: ③

[해설] 이 문항은 지문의 사실적 이해를 평가합니다. 지문의 세 번째 단락에서 "방출 분광법은 원자나 분자가 높은 에너지 상태에서 낮은 에너지 상태로 변화하며 방출하는 광자를 측정한다"고 명시되어 있습니다. 그러나 ③은 이와 반대로 "낮은 에너지 상태에서 높은 에너지 상태로 변할 때"라고 서술하고 있어 지문의 내용과 일치하지 않습니다. ①은 첫 단락, ②는 첫 단락, ④는 넷째 단락, ⑤는 둘째 단락에서 각각 확인할 수 있는 내용으로 지문과 일치합니다.

2. 정답: ③

[해설] 이 문항은 싱크로트론 방사광의 '편광 특성'에 대한 이해를 평가합니다. 지문의 둘째 단락에서 "편광 특성은 전자기파의 진동 방향을 선형(한 방향으로만 진동)이나 원형(나선형으로 진동)으로 제어할 수 있는 성질로, 자기 물질의 스핀 상태나 분자의 입체 구조 같은 방향성을 가진 특성을 분석하는 데 필수적이다"라고 설명하고 있습니다. 따라서 ③이 가장 적절합니다. ①은 넓은 파장 영역 특성과 관련된 내용이며, ②는 고휘도 특성과 관련된 내용입니다. ④는 시간적 펄스 구조에 대한 설명이고, ⑤는 고지향성에 관한 내용으로, 모두 편광 특성과는 관련이 없습니다.

3. 정답: ④

[해설] 이 문항은 원자와 분자의 에너지 준위에 대한 이해를 평가합니다. 지문의 넷째 단락에 따르면, "전자 에너지 준위 간격은 100~1,000kJ/mol로 가시광선이나 자외선 영역에 해당한다"라고 되어 있습니다. 그러나 ④는 "전자 배열 상태의 전이는 주로 적외선 영역의 전자기파 방출이나 흡수를 수반한다"라고 서술하여 지문의 내용과 일치하지 않습니다. 적외선 영역은 진동 전이와 관련이 있으며, 전자 전이는 가시광선이나 자외선 영역과 관련이 있습니다. ①, ②, ③, ⑤는 모두 지문의 넷째 단락에서 확인할 수 있는 내용으로 적절합니다.

4. 정답: ③

[해설] 이 문항은 싱크로트론 방사광의 특성과 활용에 대한 추론 능력을 평가합니다. 지문의 둘째 단락에서 "편광 특성은 전자기파의 진동 방향을 선형(한 방향으로만 진동)이나 원형(나선형으로 진동)으로 제어할 수 있는 성질로, 자기 물질의 스핀 상태나 분자의 입체 구조 같은 방향성을 가진 특성을 분석하는 데 필수적이다"라고 명시하고 있습니다. 따라서 ③은 적절한 추론입니다. ①은 지문에서 시간적 펄스 구조가 "초고속 현상을 관찰"하는 데 사용된다고 언급되어 있으므로 부적절합니다. ②는 고지향성이 "좁은 각도로 집적된 빔"이므로 넓은 영역 분석에 유리하다는 추론은 부적절합니다. ④는 가변적 파장 조절이 오히려 특정 원소 분석에 유리하다는 점에서 부적절하며, ⑤는 지문에서 "수십억 배 밝은 빛"이라고 명시되어 있어 부적절합니다.

5. 정답: ④

[해설] 이 문항은 <보기>에 제시된 연구 사례를 지문의 내용과 연결하여 분석하는 능력을 평가합니다. 지문의 넷째 단락에 따르면, 회전 에너지 준위는 마이크로파 영역, 진동 에너지는 적외선 영역, 전자 에너지는 가시광선이나 자외선 영역과 관련이 있습니다. A(X선 형광 분석)와 B(X선 토포그래피)는 모두 X선을 사용하는 기법으로, 이는 매우 높은 에너지를 가진 전자기파입니다. 따라서 이 기법들은 전자 에너지 준위 변화와 관련이 있으며, 회전 에너지 준위 변화(마이크로파 영역)와는 관련이 없습니다. 따라서 ④는 적절하지 않습니다. ①, ②, ③, ⑤는 모두 지문의 내용을 바탕으로 적절하게 추론할 수 있는 내용입니다.

6. 정답: ⑤ [해설] 이 문항은 세계 각국의 싱크로트론 방사광 시설에 대한 사실적 이해를 평가합니다. 지문의 마지막 단락에서 포항 PAL-XFEL은 10 GeV 에너지, 미국 APS는 7 GeV 에너지, 일본 SPring-8은 8 GeV 저장링과 같이 각 시설별로 다른 에너지 수준과 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있습니다. 따라서 "이들 시설은 모두 동일한 성능과 에너지 수준으로 설계되어 국제 공동 연구에 활용된다"라고 서술한 ⑤는 지문의 내용과 일치하지 않습니다. ①, ②, ③, ④는 모두 지문의 마지막 단락에서 확인할 수 있는 내용으로 적절합니다.