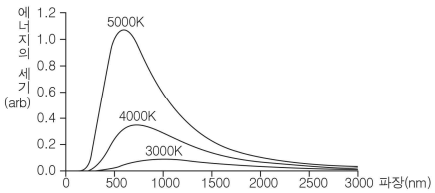
◆ 14년 3월 고3 23~25번

[23 ~ 25] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리가 물체 표면의 색을 인지하는 것은 광원에서 방출하는 빛이 물체 표면에서 반사되어 우리 눈이 그것을 감지한 결과이다. 예를 들어 낮에 거리에서 꽃을 보는 것은 꽃의 표면에서 반사된 빛을 보는 것이다. 만약 태양과 같은 광원이 없다면 우리는 물체들의 색을 전혀 인지할 수 없는 것일까?

용암이 흘러가는 모습을 보면 매우 뜨거운 물체는 햇빛이 없는 어두운 밤에도 빛을 낸다는 사실을 확인할 수 있다. 이 빛은 용암에서 방출하는 전자기파 파장의 길이와 관련이 있다. 뜨거운 용암은 매우 큰 열에너지를 가지고 있는데, 열에너지란 본질적으로 원자들의 움직임이다. 이 원자들 속에 있는 전자들이 전자기파를 발생시켜 우리가 밤에도 용암을 볼 수 있게 하는 것이다.

이렇듯 물체가 전자기파를 방출하는 현상을 열복사라고 하며, 모든 물체는 열복사를 통해 전자기파를 방출한다. 물체는 온도가 높을수록 파장이 짧은 전자기파를 더 많이 방출하는데, 우리가 빛으로 볼 수 있는 파장의 길이는 380 ~ 750 nm 사이인 가시광선 영역에 해당한다. 사람의 피부는 온도가 낮아 파장이 긴 적외선 영역이 많이 나오기 때문에 밤에 피부가 빛나는 것을 볼 수 없는 것이다. 이처럼 물체는 자신의 온도에 따라 독특한 파장의 전자기파를 표면에서 방출한다.



물체의 온도에 따라 방출하는 파장과 파장에 따른 에너지의 세기와의 관계는 흑체복사 곡선에서도 확인할 수 있다. 흑체란 외부의 빛을 완벽하게 흡수하여 반사되는 빛이 없는 이상적인 물체로, 이 물체가 빛을 방출하기 위해서는 반드시 열에너지가 필요하다. 일정한 온도에 따라 흑체가 복사하는 파장의 분포를 나타낸 것을 흑체복사 곡선이라고 한다. 이 곡선을 그린 그래프의 가로축은 파장, 세로축은 파장에 따라 방출하는 에너지의 세기, 그래프의 넓이는 흑체에서 복사하는 에너지의 양을 나타낸다. 흑체복사 곡선은 흑체를 구성하는 물질의 성질이나 크기와는 상관이 없고, 흑체의 온도에만 영향을 받는다. 그래프를 보면 온도가 높을수록 그래프의 면적은 넓어지고, 에너지 세기의 최고점이 높아지면서 파장이 짧은 쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 흑체에서 방출하는 빛의 색이 온도에 따라 다른 것은 온도에 따라 에너지 세기가 가장 높은 지점의 파장이 다르기 때문이다.

흑체복사 곡선을 이용해서 우리는 별의 온도를 추정할 수 있다. 태양의 파장 분포는 흑체복사 곡선에서 5,000 K* 의 파장 분포와 매우 흡사하므로 태양의 표면 온도는 약 5,000 K이라 할 수 있다. 그런데 ㉠어떤 별들은 태양보다 파장이 더 짧은 영역에 해당하는 하얀색 ~ 파란색을 띤다. ㉡우리는 이런 별들의 표면 온도를 5,000 K 보다 높다고 추정할 수 있다.

*K(켈빈) : 절대 온도의 단위.

23. 윗글을 읽고 해결할 수 있는 질문이 아닌 것은?

① 우리가 빛이 없는 밤에도 용암을 볼 수 있는 이유는 무엇일까?
② 원자의 종류에 따라 전자기파의 파장은 어떻게 달라질까?
③ 적외선과 가시광선 중 파장이 더 긴 것은 무엇일까?
④ 왜 깜깜한 밤에는 들판에 있는 꽃을 볼 수 없을까?
⑤ 얼음같이 차가운 물체도 전자기파를 방출할까?

24. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

석탄은 외부의 빛을 거의 모두 흡수해 버리기 때문에 검은색으로 보인다. 빛이 전혀 들어오지 않는 지하에서 우리는 석탄을 볼 수 없지만, 석탄을 달구면 어느 순간부터 우리가 볼 수 있는 빛을 방출하기 시작한다. 이때 석탄에서 방출하는 빛의 색은 약 900 K 이상에서 빨간색, 약 1,300 K 이상에서 주황색, 약 2,300 K 이상이 되면 노란색으로 달라진다.

① 광원이 없다면 달궈지지 않은 석탄은 우리 눈에 보이지 않겠군.
② 석탄의 크기나 양을 달리해서 달궈도 온도가 같으면 석탄은 같은 색으로 빛나겠군.
③ 달궈진 석탄을 볼 수 있는 것은 가시광선 영역에 해당하는 파장의 빛이 나오기 때문이군.
④ 석탄에서 방출하는 빛의 색이 빨간색에서 노란색으로 변할수록 석탄이 방출하는 파장의 분포 곡선에서 그래프의 면적은 넓어지겠군.
⑤ 석탄에서 방출하는 빛의 색이 빨간색에서 주황색으로 변할수록 석탄이 방출하는 파장의 분포 곡선에서 최고점은 오른쪽으로 이동하겠군.

25. ㉠을 바탕으로 ㉡을 판단하기 위해 필요한 사실로 가장 적절한 것은?

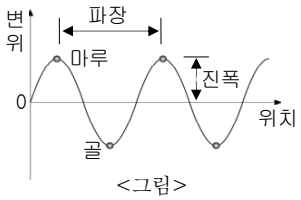
① 온도가 높을수록 흑체에서 복사하는 에너지의 양은 많아진다.
② 온도가 높을수록 모든 파장의 영역에서 에너지의 세기가 커진다.
③ 온도가 높을수록 흑체복사 곡선에서 최고점에 해당하는 파장의 길이가 짧아진다.
④ 태양보다 온도가 높은 별들은 태양에 비해 파장이 긴 전자기파도 더 많이 방출한다.
⑤ 물체의 온도가 높아지는 정도와 흑체에서 방출하는 에너지의 세기는 반드시 비례하지는 않는다.

- 정답: 23.② 24.⑤ 25.③

◆ 16년 3월 고3 27~30번

[27 ~ 30] 다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

파동은 공간이나 물질의 한 부분에서 생긴 ⓐ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 ⓑ입자가 옆의 입자를 진동시키는 방법으로 매질을 따라 전달된다.



<그림>

파동은 <그림>과 같이 나타낼 수 있는데, 평형점 0을 기준으로 가장 높은 지점을 마루, 가장 낮은 지점을 골이라고 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 ⓒ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 진행하는 역학적 파동이 다른 매질을 만나게 되면 파동의 일부는 반사되어 돌아오고, 일부는 다른 매질로 투과하는 현상을 보인다.

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

다음으로 ㉡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 진행하는 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 ⓔ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.

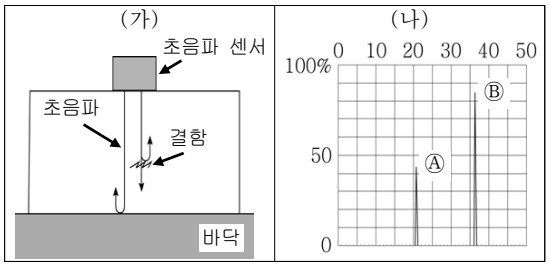
27. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

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.

28. 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.

29. ㉠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.

30. ⓐ ~ ⓔ의 사전적 의미로 적절하지 <u>않은</u> 것은?

① ⓐ : 일정한 간격을 두고 되풀이하여 진행하거나 나타나는.
② ⓑ : 물질을 구성하는 미세한 크기의 물체.
③ ⓒ : 물체가 나아가거나 일이 진행되는 빠르기.
④ ⓓ : 목적한 곳이나 수준에 다다름.
⑤ ⓔ : 일을 잘못하여 뜻한 대로 되지 아니하거나 그르침.

- 정답: 27.① 28.② 29.③ 30.⑤

◆ 14 수능 A형 16~18번

[16~18] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

19세기 중반 화학자 분젠은 불꽃 반응에서 나타나는 물질 고유의 불꽃색에 대한 연구를 진행하고 있었다. 그는 버너 불꽃의 색을 제거한 개선된 버너를 고안함으로써 물질의 불꽃색을 더 잘 구별할 수 있도록 하였다. 하지만 두 종류 이상의 금속이 섞인 물질의 불꽃은 색깔이 겹쳐서 분간이 어려웠다. 이에 물리학자 ㉠키르히호프는 프리즘을 통한 분석을 제안했고 둘은 협력하여 불꽃의 색을 분리시키는 분광 분석법을 창안했다. 이것은 과학사에 길이 남을 업적으로 이어졌다.

그들은 불꽃 반응에서 나오는 빛을 프리즘에 통과시켜 띠 모양으로 분산시킨 후 망원경을 통해 이를 들여다보는 방식으로 실험을 진행하였다. 빛이 띠 모양으로 분산되는 것은 빛이 파장이 짧을수록 굴절하는 각이 커지기 때문이다. 이 방법을 통해 그들은 알칼리 금속과 알칼리 토금속의 스펙트럼을 체계적으로 조사하여 그것들을 함유한 화합물들을 찾아내었다. 이 과정에서 그들은 특정한 금속의 스펙트럼에서 띄엄띄엄 떨어진 밝은 선의 위치는 그 금속이 홑원소로 존재하든 다른 원소와 결합하여 존재하든 불꽃의 온도에 상관없이 항상 같다는 결론에 도달하였다. 이로써 화학 반응을 이용하는 전통적인 분석 화학의 방법에 의존하지 않고도 정확하게 화합물의 원소를 판별해 내는 분광 분석법이 탄생하였다. 이 방법의 유효성은 그들이 새로운 금속 원소인 세슘과 루비듐을 발견함으로써 입증되었다.

1859년 키르히호프는 이 방법을 천문학 분야로까지 확장하였다. 그는 불꽃 반응 실험에서 관찰한 나트륨 스펙트럼의 두 개의 인접한 밝은 선과 1810년대 프라운호퍼가 프리즘을 이용하여 태양빛의 스펙트럼에서 발견한 검은 선들을 비교하는 과정에서, 태양빛의 스펙트럼에 검은 선이 나타나는 원인을 설명할 수 있었다. 그는 태양빛의 스펙트럼의 검은 선들 중에서 프라운호퍼의 D선이 나트륨 고유의 밝은 선들과 같은 파장에서 겹쳐지는 것을 확인하고, D선은 태양에서 비교적 차가운 부분인 태양 대기 중에 존재하는 나트륨 때문에 생긴다고 해석했다. 이것은 태양 대기 중의 나트륨이 태양의 더 뜨거운 부분에서 나오는 빛 가운데 D선에 해당하는 파장의 빛들을 흡수하기 때문이다. 태양빛의 스펙트럼을 보면 D선 이외에도 차가운 태양 대기 중의 특정 원소에 의해 흡수된 빛의 파장 위치에 검은 선들이 나타난다. 이 검은 선들은 그 특정 원소가 불꽃 반응에서 나타내는 스펙트럼 상의 밝은 선들과 나타나는 위치가 동일하다.

이후 이러한 원리의 적용을 통해 철과 헬륨 같은 다른 원소들도 태양 대기 중에 존재함이 밝혀졌으며 다른 항성을 연구하는 데도 같은 원리가 적용되었다. 이를 두고 동료 과학자들은 물리학, 화학, 천문학에 모두 적용될 수 있는 분광 분석법이 천체 대기의 화학적 조성을 밝혀냄으로써 우주의 통일성을 드러내었고 우주의 모든 곳에 존재하는 자연의 원리를 인식하게 하는 데 공헌했다고 평가했다.

16. 윗글을 바탕으로 할 때, ㉠의 업적으로 볼 수 있는 것은?

① 화학 반응을 이용하는 분석 화학 방법을 확립하였다.
② 태양빛의 스펙트럼에 검은 선이 존재함을 알아내었다.
③ 물질을 불꽃에 넣으면 독특한 불꽃색이 나타나는 것을 발견하였다.
④ 프리즘을 이용하여 태양빛의 스펙트럼을 얻는 방법을 창안하였다.
⑤ 천체에 가지 않고도 그 대기에 존재하는 원소에 관한 정보를 얻을 수 있는 길을 열었다.

17. 윗글을 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

① 루비듐의 존재는 분광 분석법이 출현하기 전에 확인되었다.
② 빛을 프리즘을 통해 분산시키면 빛의 파장이 길수록 굴절하는 각이 커진다.
③ 금속 원소 스펙트럼의 밝은 선의 위치는 불꽃의 온도를 높여도 변하지 않는다.
④ 철이 태양 대기에 존재한다는 사실은 나트륨이 태양 대기에 존재한다는 사실보다 먼저 밝혀졌다.
⑤ 분젠은 두 종류 이상의 금속이 섞인 물질에서 나오는 각각의 불꽃색이 겹치는 현상을 막아 주는 버너를 고안하였다.

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

<보 기>

우리 은하의 어떤 항성 α와 β의 별빛 스펙트럼을 살펴보니 많은 검은 선들을 볼 수 있었다. 이것들을 나트륨, 리튬의 스펙트럼의 밝은 선들과 비교했을 때, 나트륨 스펙트럼의 밝은 선들은 각각의 파장에서 항성 β의 검은 선들과 겹쳐졌으나, 항성 α의 검은 선들과는 겹쳐지지 않았다. 리튬 스펙트럼의 밝은 선들은 각각의 파장에서 항성 α의 검은 선들과 겹쳐졌으나 항성 β의 검은 선들과는 겹쳐지지 않았다.

① 항성 α는 태양이 아니겠군.
② 항성 α의 별빛 스펙트럼에는 리튬이 빛을 흡수해서 생긴 검은 선들이 있겠군.
③ 항성 β에는 리튬이 존재하지 않겠군.
④ 항성 β의 별빛 스펙트럼에는 D선과 일치하는 검은 선들이 없겠군.
⑤ 항성 β의 별빛 스펙트럼에는 특정한 파장의 빛이 흡수되어 생긴 검은 선들이 있겠군.

- 정답: 16.⑤ 17.③ 18.④

[33~35] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지구 주위를 돌고 있는 수많은 인공위성에는 지표를 세밀히 관측할 수 있는 다양한 영상 센서가 탑재되어 있다. 1960년대 초반부터 주로 군사적 목적으로 개발되기 시작한 위성 영상 센서는 근래에는 지구 환경의 이해를 위한 과학적 목적으로도 광범위하게 사용되고 있다. 원격탐사학은 이러한 센서 시스템을 통하여 비접촉 방식으로 물체에 대한 정보를 취득하고 분석하는 학문이다. 이를 바르게 이해하기 위해서는 원격탐사에 사용되는 에너지와 물체 간의 복잡한 상호 작용을 살펴보아야 한다.

태양으로부터 방출된 복사 에너지는 전자기파의 형태로 우주 공간을 빛의 속도로 진행한 후 지구 대기를 통과하여 지표면에서 반사된 다음 다시 대기를 거쳐 위성 센서에 도달하는 방식으로 측정된다. 물체에 입사하는 에너지와 반사되는 에너지의 비를 반사율이라 하는데, 원격탐사는 파장에 따른 반사율인 분광 반사율을 이용하여 물체의 성질을 알아낸다.

물체는 다양한 파장의 복사 에너지를 방출하는데, 그중 에너지가 최대인 파장을 '최대 에너지 파장'이라 한다. 표면의 절대 온도가 약 6,000K인 태양의 최대 에너지 파장은 0.48μm이다. 이에 맞추어 초기의 위성 영상은 가시광선(0.4~0.7μm)만을 이용했는데, 근래에는 기술의 발달로 사람의 눈으로는 볼 수 없는 근적외선, 중적외선, 열적외선 등 다양한 파장 대역을 이용할 수 있게 되어 원격탐사의 유용성이 더욱 커졌다.

예를 들어 우리 눈에는 천연 잔디와 인공 잔디가 똑같이 녹색으로 보이지만, 근적외선(0.7~1.2μm)을 사용하면 두 물체는 확연히 구별된다. 녹색의 잎은 이 대역에서 약 50%의 강한 반사를 일으켜 위성 영상에서 밝게 보이는 반면, 인공 잔디는 약 5%만을 반사하여 어둡게 보이기 때문이다.

중적외선(1.2~3.0μm)은 잎의 수분 함량에 대한 민감도가 가시광선보다 뛰어나 작물의 생육 상태와 관련된 중요한 정보를 얻는 데 사용된다. 또한 중적외선은 광물이나 암석의 고유한 분광 반사 특성을 이용한 자원 탐사에도 활용된다. 도자기의 원료인 고령토는 2.17, 2.21, 2.32, 2.58μm의 중적외선을 흡수하는데, 어떤 물체의 분광 반사율이 이와 같은 특성을 가진다면 이는 고령토로 판단할 수 있다.

지구에서 방출되는 지구 복사 에너지가 집중되어 있는 열적외선(3~14μm)은 지표면의 온도 분포에 대한 정보를 제공한다. 물체가 방출하는 복사 에너지의 최대 에너지 파장은 물체의 절대 온도에 반비례하므로, 산불(온도 약 800K, 최대 에너지 파장 3.62μm) 감시나 지표면의 토양, 물, 암석 등(온도 약 300K, 최대 에너지 파장 9.67μm)의 온도 감지에는 열적외선 센서가 유용하다.

여기서 전자기파는 지표에 도달하기 전과 반사된 후에 각각 대기 입자에 의해 산란·흡수된다는 점에 유의해야 한다. 대기 중에 먼지, 안개, 구름이 없는 청명한 날에도 산소나 질소 입자와 같이 입사파의 파장보다 월등히 작은 유효 지름을 가지는 대기 입자에 의하여 산란이 발생한다. 이를 레일리 산란이라 하는데, 그 강도는 파장의 4제곱에 반비례한다. 예를 들어 파장이 0.32μm인 자외선은 파장이 0.64μm인 적색광에 비하여 약 16배 강한 산란을 보인다. 레일리 산란은 대기의 조성과 밀도를 알려 주는 중

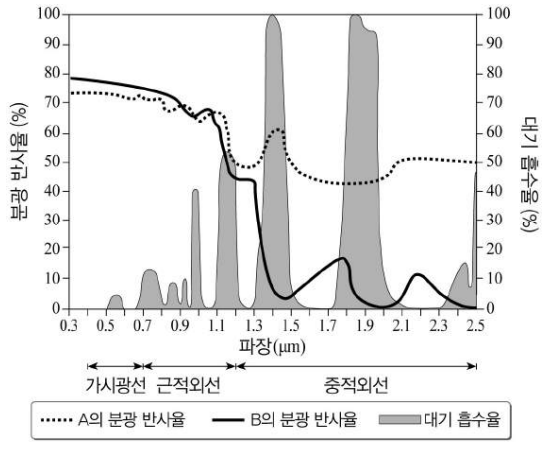
요한 지시자가 되기도 하지만, 지표를 촬영한 위성 영상의 밝기와 대비를 감쇠시키므로 이 점을 고려해야 한다. 일부 원격탐사 시스템 중에는 레일리 산란의 영향이 큰 청색을 배제하고 녹색, 적색, 근적외선 센서들로만 구성하여, 천연색 영상의 획득을 포기하는 경우도 있다.

대기 중 전자기파의 흡수는 물질의 고유한 공명 주파수에 따라 특정한 파장 대역에서 발생하는데, 수증기, 탄소, 산소, 오존, 산화질소 등 여러 대기 물질의 흡수 효과가 중첩되므로 일부 파장 대역의 전자기파는 맑은 날에도 지구 대기를 거의 통과하지 못한다. 다행히 가시광선을 비롯한 여러 전자기파 대역은 에너지가 매우 효율적으로 통과되는 '대기의 창'에 속한다. 위성 센서는 반드시 대기의 창에 해당하는 파장 대역에 맞추어 설계되어야 한다. 이 때문에 중적외선 센서는 대기 수분에 의한 강한 흡수 파장인 1.4, 1.9, 2.7μm를 제외하고 설계하며, 열적외선 센서는 주로 3~5μm와 8~14μm 대역만을 사용한다.

33. 위 글의 내용과 일치하지 <u>않는</u> 것은?

① 원격탐사는 다양한 파장의 전자기파를 사용한다.
② 원격탐사를 통해 식물의 분포뿐 아니라 생육 상태도 알아낼 수 있다.
③ 광물이나 암석의 전자기파 흡수는 지표 관측 원격탐사의 방해 요소이다.
④ 대기에 의한 전자기파의 산란과 흡수로 인해 지표 관측 원격탐사에서 보정의 필요성이 생긴다.
⑤ 지표 관측에 사용되는 태양 복사 에너지는 대기를 두 번 통과하여 인공위성 원격탐사 센서에 도달한다.

34. 아래 그림은 지표상의 두 물체 A, B의 분광 반사율과 전자기파의 대기 흡수율을 나타내는 그래프이다. A, B의 위성 영상에 대해 바르게 설명한 것은?



① A는 중적외선 대역 중에서는 약 1.4μm에서 가장 밝게 보인다.
② B는 가시광선보다 중적외선에서 밝게 보인다.
③ A와 B를 모두 관측할 수 있는 '대기의 창'은 1.9μm이다.
④ A와 B를 구별하려면 중적외선보다 가시광선 대역이 유리하다.
⑤ A와 B는 1.4μm보다는 2.2μm에서 더 효과적으로 구별된다.

35. 위 글을 바탕으로 <보기>의 표에서 <기초 정보>와 <계획>이 바르게 짝지어진 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

2099년, 우리 은하에서 발견된 한 외계 행성의 자원 탐사를 위하여 행성 주변 궤도를 돌며 지속적으로 행성 표면을 관측할 인공위성의 영상 센서를 아래와 같이 설계하고자 한다. 이 외계 행성은 아래의 <기초 정보>를 제외하고는 모든 조건이 지구와 동일하다.

	<기초 정보>	<계획>
ㄱ	행성 표면의 평균 온도는 지구보다 낮다.	행성 복사 에너지의 최대 에너지 파장이 지구보다 짧아서 열적외선 센서에 사용되는 파장을 더 짧게 한다.
ㄴ	행성의 대기 밀도는 지구보다 낮다.	레일리 산란이 지구보다 더 강할 것이므로 청색 센서는 제외한다.
ㄷ	행성의 수증기량은 지구보다 적다.	대기의 창이 지구보다 더 확대될 것으로 보이므로, 보다 다양한 파장의 중적외선을 사용한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 정답: 33.③ 34.⑤ 35.②

◆ 16 LEET 언어이해 29~32번

[29~32] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

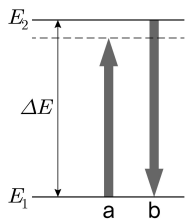
이론적으로 존재하는 가장 낮은 온도는 −273.16 ℃이며 이를 절대 온도 0K라고 한다. 실제로 0K까지 물체의 온도를 낮출 수는 없지만 그에 근접한 온도를 얻을 수는 있다. 그러한 방법 중 하나가 '레이저 냉각'이다.

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 200 m/s의 평균 운동 속도를 갖는 기체 상태의 루비듐 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. 실례로 상온에서 200 m/s의 속도로 다가오는 루비듐 원자에 레이저 빛을 쏘아 여러 개의 광자를 연이어 루비듐 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_1에서 그보다 더 높은 특정 에너지 준위 E_2로 옮겨가는 것만 허용되기 때문이다. 이때 흡수된 광자의 에너지는 두 에너지 준위의 에너지 값의 차이 ΔE에 해당한다.



<그림>

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 ΔE보다 작지만(<그림>의 a), 원자는 도플러 효과 때문에 공명 진동수를 갖는 광자를 받아들이는 것처럼 낮은 준위 E_1에 있던 전자를 허용된 준위 E_2에 올려놓는다. 그러면 불안정해진 원자는 잠시 후에 ΔE에 해당하는 에너지를 갖는 광자를 방출하면서 전자를 E_2에서 E_1로 내려놓는다(<그림>의 b). 이 과정이 반복되는 동안, 원자가 광자를 흡수할 때에는 일정한 방향에서 오는 광자와 부딪쳐 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.

29. 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 충돌시켜 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 쏠 수 있다.

30. 윗글의 <그림>을 이해한 것으로 적절하지 <u>않은</u> 것은?

① 다가오는 원자에 공명 진동수의 레이저 빛을 쏘면 원자 내부의 전자가 E_1에서 E_2로 이동한다.
② 원자의 공명 진동수와 일치하는 진동수를 갖는 광자는 ΔE의 에너지를 갖는다.
③ 원자가 흡수했다가 방출하는 광자의 에너지는 ΔE로 일정하다.
④ 정지한 원자가 흡수하는 광자의 에너지는 ΔE와 일치한다.
⑤ E_2에서 E_1로 전자가 이동할 때 광자가 방출된다.

31. 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 v의 속도로 움직였더니 소리굽쇠가 공명했다. 그 후에 다음과 같이 조작하면서 소리굽쇠의 공명 여부를 관찰했다. 단, 소리굽쇠는 두 스피커 사이에서만 움직인다.

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

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

32. 윗글에 비추어 <보기>의 리튬 원자의 레이저 냉각에 대해 설명한 것으로 적절하지 <u>않은</u> 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.

- 정답: 29.② 30.① 31.① 32.②

◆ 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 방해를 받는 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 진행하는 것은, 파동이 비결정질에서 불규칙하게 배열된 수많은 원자 사이를 지나가는 앤더슨 국소화의 경우와 유사한 상황이기 때문이다.

17. 앤더슨 국소화에 대한 설명으로 적절하지 <u>않은</u> 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).

	A	B
①	커진다	높인다
②	커진다	낮춘다
③	작아진다	높인다
④	작아진다	낮춘다
⑤	변화가 없다	그대로 유지한다

- 정답: 17.① 18.② 19.③