

◆ 03-9평 37~41번

[37~41] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오

“이산화탄소가 물에 녹는 현상은 물리 변화인가, 화학 변화인가?”, “진한 황산을 물에 희석하여 묽은 황산을 만드는 과정은 물리 변화인가, 화학 변화인가?”

이러한 질문을 받으면 대다수의 사람들은 물리 변화라고 답하겠지만, 안타깝게도 정답은 화학 변화이다. 우리는 흔히 물리 변화의 정의를 ‘물질의 성질은 변하지 않고, 그 상태나 모양만이 변하는 현상’으로, 화학 변화의 경우는 ㉠ ‘어떤 물질이 원래의 성질과는 전혀 다른 새로운 물질로 변하는 현상’이라고 알고 있다. 하지만 정작 ‘물질의 성질이 무엇을 의미하는지에 대해서는 정확하게 알고 있지 못하다.

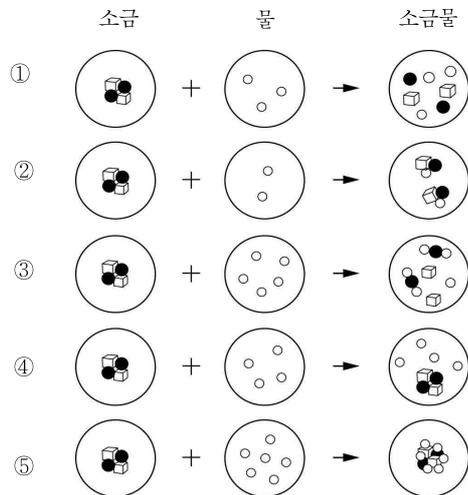
‘물질의 성질’은 물질을 구성하는 분자나 이온의 구조에 의해 나타나는 성질을 의미한다. 따라서 분자나 이온의 구조가 달라지면 물질의 성질은 변하게 된다. 예를 들어, 이산화탄소(CO₂)는 물과 결합해 탄산 이온(HCO₃⁻)을 형성하여 탄산수가 된다. 이것은 이산화탄소와 물과는 전혀 다른 성질을 가지기 때문에 이산화탄소가 물에 녹는 현상은 화학 변화라고 말할 수 있다. 반면에 ㉡ 설탕이 물에 녹는 경우는 설탕의 색과 모양만 변하므로 이러한 용해 현상은 물리 변화에 해당한다.

그래도 진한 황산이 묽은 황산으로 변하는 것은 황산의 농도 변화에 지나지 않으니 물리 변화가 아니냐고 묻고 싶은 사람도 있을 것이다. 그러나, 이 역시 그렇지 않다. 굳이 분자 구조의 변화 여부를 따지지 않더라도, 진한 황산은 탈수 성질이 있는 반면에 묽은 황산은 그렇지 않고, ㉢ 진한 황산에 물을 섞을 경우 엄청나게 많은 열이 발생하기 때문이다. ㉣ 진한 황산과 물의 반응에서 물이 염기로 작용한다는 사실도 또 하나의 증거로 추가할 수 있다.

그렇다면, 소금이 물에 녹는 현상은 과연 어떤 변화에 해당할까? 이번에도 역시 물리 변화라고 답하기 쉽다. 그러나 설탕이 물에 녹는 경우와 달리 이 경우는 ㉤ 소금(NaCl)의 이온 결합이 끊어져서 나트륨 이온(Na⁺)과 염화 이온(Cl⁻)으로 분리되기 때문에 물리 변화라고 말하기 어렵다. 소금물을 가열하면 다시 소금이 석출되는 가역 반응이 일어나므로 소금이 물에 녹는 변화는 물리 변화라고 주장하는 사람도 있겠지만, 가역 반응은 화학 변화에서도 자주 일어나는 현상이다.

그렇다고 해서 소금이 물에 녹는 현상을 화학 변화라고 단정해서 말하기도 어렵다. 물론, 소금이 물에 녹으면 이온 결합이 깨지고, 그로 인해 ㉥ 전류가 통하지 않던 부도체가 전류가 통하는 전해질로 변화시키는 한다. 하지만 새로운 화학 결합이 일어나는 것은 아니다. 따라서 ‘물질을 구성하는 입자 사이의 화학 결합이 깨어지고 새로운 화학 결합으로 입자가 구성되는 것’으로 화학 변화를 정의한다면, 소금이 물에 녹는 현상도 물리 변화라고 할 수 있게 된다. 요컨대, 기준이 되는 관점이 달라지면 동일한 현상을 물리 변화로 볼 수도 있고, 화학 변화로 볼 수도 있다.

37. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?
- ① 탄산수에는 이산화탄소의 성질이 들어 있다.
 - ② 진한 황산과 묽은 황산의 분자 구조는 서로 다르다.
 - ③ 물리 변화와 화학 변화 모두 가역 반응이 일어날 수 있다.
 - ④ 물리 변화와 화학 변화를 정확하게 구별할 수 없는 경우도 있다.
 - ⑤ 물질을 구성하는 분자나 이온의 구조가 달라지지 않으면 물리 변화이다.
38. 윗글에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?
- ① 상식적인 반응을 유도하는 질문으로 글을 시작하여 독자의 관심을 이끌어내고 있다.
 - ② 대립되는 두 관점을 제시하고 이를 새로운 관점에서 통합하여 문제를 해결하였다.
 - ③ 예상되는 의문이나 반론에 대해 답을 제시하는 방식으로 논지를 전개하였다.
 - ④ 구체적 증거를 활용하여 통념이 잘못된 것임을 증명하였다.
 - ⑤ 친근한 소재를 예로 들어 독자의 흥미를 유발하고 있다.
39. ㉠을 설명하기 위한 예로 가장 적절한 것은? [1.8점]
- ① 진흙에 물이 섞여 진흙탕이 되었다.
 - ② 색종이를 접어 종이비행기를 만들었다.
 - ③ 찬물과 더운물이 섞여 미지근하게 되었다.
 - ④ 포도를 병에 넣어 두었더니 포도주가 되었다.
 - ⑤ 흰색과 검은색 물감을 섞어 회색 물감을 만들었다.
40. ㉡~㉣로부터 추론한 내용으로 적절하지 않은 것은?
- ① ㉡: 설탕은 물에 용해되어도 분자 구조가 변하지 않는다.
 - ② ㉢: 엄청난 발열 반응은 화학 변화의 증거일 수 있다.
 - ③ ㉣: 산과 염기의 반응은 화학 변화이다.
 - ④ ㉤: 소금은 나트륨 이온과 염화 이온의 성질을 모두 나타낸다.
 - ⑤ ㉥: 소금은 전류가 통하지 않는데 소금물은 통한다.
41. 윗글을 바탕으로 발표 수업을 하기 위한 시각 자료를 준비하려 한다. ‘소금의 용해 과정’에 관한 시각 자료로 적절한 것은?



[35~39] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

H₂O. 산소 원자 하나에 수소 원자 두 개가 결합된 것. 물은 이처럼 간단한 화합물이지만, 이 세상에서 가장 놀라운 화합물이기도 하다.

우선, 물은 비정상적이라고 할 만큼 끓는점이 높다. 일반적으로 같은 족에 속하는 원소들은 화학적으로 유사한 성질을 지니며, 그들의 끓는점은 원자량이 증가할수록 높아진다. 이는 산소족에 속하는 원소들의 경우에도 마찬가지이다. 즉, 산소, 황, 셀레늄, 텔루르 등의 순으로 끓는점이 높아진다. 이들은 동일한 방식으로 수소와 결합하여 물, 황화수소, 셀레늄화수소, 텔루르화수소 등의 수소화합물을 이루며, 이들 화합물의 끓는점은 대체로 구성 원소의 원자량이 증가할수록 높아진다. 그런데 유독 물의 경우에는 끓는점이 비정상적으로 높다. 황의 수소화합물인 황화수소(H₂S)의 끓는점이 -59.6℃인데 비해 산소족 원소들 중에서 원자량이 가장 적은 산소의 수소화합물인 물은 끓는점이 100℃나 되는 것이다. 단순히 원칙대로만 따지면, 물의 끓는점은 -80℃정도여야 한다. 뿐만 아니라 물은 다른 물질들에 비해 1℃의 온도를 올리기 위해 필요한 열량, 즉 비열이 대단히 높다. 어떤 물질의 온도를 높이기 위해 많은 양의 열이 필요하다는 말은, 온도가 내려갈 때 그만큼 많은 열에너지를 방출한다는 의미도 된다.

이렇게 물의 끓는점이 높고 비열이 큰 이유는 물분자들 사이의 강한 결합력 때문이다. 물의 단독 분자를 찾으려고 하는 것은 소용없는 일이라는 말이 있을 정도로, 물분자들은 강한 결합력을 바탕으로 집단을 이루고 있기 때문에 온도를 높이는 데 많은 열이 필요하며 쉽게 기화되지 않는 것이다.

또한 물은 가장 뛰어난 용매이기도 하다. 물질들을 물속에 넣으면 그 물질의 원자나 분자 사이에 작용하던 힘이 매우 약해져서 쉽게 녹아 버린다. 물이 이렇게 뛰어난 용해력을 갖는 것은 물분자가 자기들끼리 결합하는 힘뿐만 아니라 다른 물질의 원자나 분자를 자기 쪽으로 끌어당기는 힘도 역시 매우 강하기 때문이다.

물이 지닌 이러한 힘의 원천은 무엇일까? 그것은 ㉠ 물분자가 '극성 공유 결합'의 형태로 존재하는 것에서 찾을 수 있다. 일반적인 공유 결합으로 이루어진 분자의 두 핵은 그 사이에 있는 전자들을 동등하게 공유하지만, 극성 공유 결합을 한 분자의 경우에는 전자들이 한쪽의 핵에 더 강하게 끌리게 된다. 이 때문에 분자의 한쪽 끝은 약간의 양전하를 띠게 되고 다른 쪽 끝은 약간의 음전하를 띠게 된다. 양전하를 띠는 부분과 음전하를 띠는 부분이 쉽게 결합한다는 것은 상식이다. 이러한 결합 방식 덕분에, 물분자들끼리의 결합력이 다른 물질의 분자들에 비해 강할 뿐만 아니라, 다른 물질들과도 쉽게 극성 공유 결합을 이루으로써 그 물질을 용해시킬 수 있는 것이다.

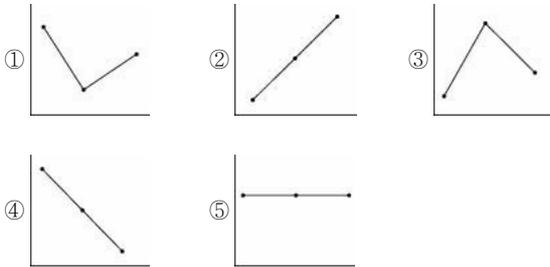
물의 이러한 성질은 생명 현상에 매우 유익한 결과들을 초래한다. 물분자들의 결합력 덕분에 물은 상온에서 기체 상태가 아니라 액체와 고체 상태로도 존재할 수 있는 것이고, 더불어 물을 생명 유지의 근간으로 삼고 있는 우리 생물체들도 존재할 수 있는 것이다. 게다가 물은 비열이 높기 때문에 온도에 민감하지 않다. 즉 항상성이 크다. 그 덕분에 대부분이 물로 채워진 생물체와 지구는 급격한 변화를 겪지 않고 항상성을 유지할 수 있다. 생물체 내에서 이루어지는 다양한 신진대사 역시 물의 강한 용해력이 없다면 불가능한 일이다.

35. 위 글의 논지 전개 과정으로 가장 적절한 것은?

- ① 대상의 특성 제시 → 원인 분석 → 수반되는 효과 제시
- ② 과제 제시 → 관련 실험의 결과들 소개 → 하나의 이론으로 종합
- ③ 주요 개념 제시 → 현상에 적용한 결과 설명 → 개념의 의미 구체화
- ④ 상반된 이론 제시 → 체험적 사례들에 적용 → 이론들의 타당성 검증
- ⑤ 화제와 관련된 의문점들 제시 → 전문가의 설명 소개 → 의문점 해소

36. [가]의 설명을 바탕으로 '물-황화수소-셀레늄화수소'의 끓는점을 그래프로 나타낼 때, 그 그래프의 형태로 가장 적절한 것은?

[1점]



* x축 : 수소화합물을 이루는 원소들의 원자량
y축 : 수소화합물들의 끓는점(온도)

37. 위 글의 논지에 따른 때, <보기>의 견해에 대한 해석으로 가장 타당한 것은?

— < 보 기 > —

일반적으로 물분자는 산소 원자 하나에 수소 원자 두 개가 결합되었다는 것을 의미하기 위해 'H₂O'로 나타낸다. 그러나 물을 가장 정확하게 표현할 수 있는 분자식은 '(H₂O)_n'이라고 할 수 있다.

- ① 물분자들만이 지닌 용해력을 강조하기 위한 견해이다.
- ② 물분자의 구성 요소들을 분명히 밝히기 위한 견해이다.
- ③ 물분자들의 결합력이 매우 강함을 강조하기 위한 견해이다.
- ④ 물분자의 성질이 매우 불확실함을 강조하기 위한 견해이다.
- ⑤ 물분자가 형성되는 독특한 과정을 강조하기 위한 견해이다.

38. ㉠을 설명하기 위한 보조 자료로 가장 적절한 것은? [1점]

- ① 햇빛을 흡수하여 전기를 생산하는 태양전지
- ② 전류를 흘려 주면 빛을 내는 발광 다이오드
- ③ 다른 크기리 서로 당기는 성질을 지닌 막대자석
- ④ 운동 에너지를 전기 에너지로 바꾸어 주는 발전기
- ⑤ 전기가 흐르는 도체와 흐르지 않는 부도체의 중간 성질을 지닌 반도체

39. 위 글을 읽고 보인 반응으로 적절하지 않은 것은?

- ① 겨울에는 춥고 여름에는 더운 것은 물분자들의 강한 결합력에도 그 원인이 있다고 보면 되겠군.
- ② 화합물의 성질은 구성 원소들의 특징뿐 아니라 결합 방식에 따라서도 달라질 수 있다는 걸 알았어.
- ③ 물이 다른 산소족 원소들의 수소화합물과 같은 성질을 가졌다면, 지구상에 생물체가 존재하기 어려웠을 거야.
- ④ 소금쟁이가 물 위를 걸을 정도로 물의 표면장력이 큰 근본적인 이유도 물분자들 사이의 인력이 크기 때문일 거야.
- ⑤ 혈액을 통해서 영양분을 전달하고 체온을 일정하게 유지할 수 있는 것도 그 대부분이 물로 구성되어 있기 때문이었구나.

◆ 08 수능 19~22번

[19~22] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

촉매는 마법의 돌이라고도 불린다. 화학 공정을 통하여 저렴하고 풍부한 원료로부터 원하는 물질을 제조하고자 할 때, 촉매는 활성화 에너지가 낮은 새로운 반응 경로를 제공하여 마치 마술처럼 원하는 반응이 쉽게 일어나도록 ㉠ 돕기 때문이다. 제1차 세계 대전 직전에 수소와 질소로부터 암모니아의 합성을 가능하게 하여 식량 증산에 크게 기여하였던 철 촉매에서부터 최근 배기가스를 정화하는 데 사용되는 백금 촉매에 이르기까지 다양한 촉매가 의식주, 에너지, 환경 등 여러 가지 문제 해결의 핵심 기술이 되고 있다. 그러나 전통적인 공업용 촉매 개발은 시행착오를 반복하다가 요행히 촉매를 발견하는 식이었기 때문에 ‘촉매가 보였다’고 말하기도 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 촉매 설계 방법이 제안되었는데, 이는 표면 화학 기술과 촉매 공학의 발전으로 가능해졌다. 촉매 설계 방법은 ㉡ 회귀 경로를 통하여 오류를 최소화 과정 내에서 통제할 수 있는 체계로서 크게 세 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계에서는 대상이 되는 반응을 선정하고, 열역학적 검토와 경제성 평가를 거쳐 목표치를 설정한다. 이 단계에서 열역학적으로 불가능하거나 원하는 수준의 경제성에 도달하기 어렵다고 판단되면 설계의 처음으로 되돌아간다. 두 번째 단계에서는 반응물이 촉매 표면에 흡착되어 생성물로 전환되는 반응 경로 모델을 구상하며, 그 다음에 이 모델대로 반응의 진행을 쉽게 하는 활성 물질, 활성 물질의 기능을 증진시키는 증진제, 그리고 반응에 적합한 촉매 형태를 유지시

키는 지지체를 선정한다. 마지막 단계에서는 앞에서 선정된 조합으로 촉매 시료를 제조한 후 실험하고, 그 결과를 토대로 촉매의 활성, 선택성, 내구성을 평가한다. 여기서 결과가 목표치에 미달하면 다시 촉매 조합을 선정하는 단계로 돌아가며, 목표치를 달성하는 경우에도 설정된 경로 모델대로 반응이 진행되지 않았다면, 다시 경로 모델을 설정하는 단계로 회귀한다. 설정된 경로 모델에 따라 목표치에 도달하면 촉매 설계는 완료된다.

미래 사회에서는 에너지 자원의 효율적 사용과 환경 보존을 최우선시하여, 기존 공정을 개선하거나 환경 규제를 충족하기 위해서 다양한 촉매의 개발이 필요하게 될 것이다. 특히 기존 공정을 개선하기 위해서 반응 단계는 줄이면서도 효과적으로 원하는 물질을 생산하고, 낮은 온도에서 선택적으로 빠르게 반응을 진행시킬 수 있는 새로운 촉매가 필요하게 된다. 촉매 설계 방법은 환경 및 에너지 문제를 해결하는 마법의 돌을 만드는 체계적 접근법이다.

19. 위 글의 내용으로 알 수 있는 것은?

- ① 촉매 설계법의 회귀 경로를 따라가면 촉매를 재사용할 수 있다.
- ② 전통적인 촉매 개발 과정에서는 개발 완료 시점을 예측할 수 있다.
- ③ 전통적인 촉매 개발은 시각적 방법에 의존하기 때문에 비효율적이다.
- ④ 설계를 통한 촉매 개발은 에너지의 효율적 사용에 도움을 줄 수 있다.
- ⑤ 반응이 열역학적으로 가능하도록 돕는 촉매는 원하는 수준의 경제성에 도달하게 한다.

20. ㉠과 가장 가까운 사례는?

- ① 영수는 사물함의 비밀번호를 잊어버려 고민하다가 여러 번 호를 입력해 보았다. 그 결과 운 좋게 세 번 만에 사물함을 열었다.
- ② 영희는 중학생 때 「데미안」을 반복해서 읽었으나 잘 이해되지 않았다. 그 후 고등학생이 되어 다시 읽어 보니 내용이 쉽게 이해되었다.
- ③ 민수는 좋은 시어를 찾기 위해 사진을 뒤졌으나 적절한 시어를 발견할 수 없었다. 그러던 어느 날 소설을 읽다가 멋진 시어가 떠올랐다.
- ④ 유진은 방송국 홈페이지에 열심히 글을 올리다가 우연히 경품 응모에 당첨되었다. 그 후 유진은 계속해서 글을 올렸고, 경품을 타는 횟수가 더욱 늘어났다.
- ⑤ 철수는 수영 실력이 늘지 않아 코치의 조언에 따라 기본 자세를 고쳐 기록을 향상시켰다. 그 후 기록이 정체되어 다시 코치의 조언을 받아 터하는 법을 고쳐 기록을 더욱 향상시켰다.

21. <보기>는 촉매 설계법에 따라 촉매를 개발한 사례의 일부이다. 위 글로 보아 <보기>에 이어질 과정으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

M사는 염화수소로부터 염소를 생산하는 공정에 사용될 새로운 촉매를 설계하려고 한다. 먼저 열역학적 검토와 경제성 평가를 거쳤다. 그 결과를 바탕으로, 중형 규모의 공장의 경우, 조업 온도 350°C에서 촉매 1kg이 시간당 400L의 염화수소를 처리하고 염화수소의 전환율이 70%가 되도록 목표치를 설정하였다. 다음은 관련 사항을 검토하여 두 개의 반응식으로 구성된 반응 경로 모델을 설정하고, 설정된 경로대로 반응을 진행시키는 데 도움을 줄 수 있는 촉매 조합인 '크롬 조합-1'을 선정하였다. 그 다음은 선정된 촉매 조합의 평가 실험을 수행하였다. 실험 결과를 분석해 보니 염화수소의 전환율이 65%였다.

- ① 다른 반응 경로 모델을 구상한다.
- ② 개발 목표 전환율을 하향 조정한다.
- ③ 촉매의 시간당 염화수소 처리량 목표치를 낮춘다.
- ④ 선정된 촉매 조합을 다른 촉매 조합으로 변경한다.
- ⑤ 설정된 반응 경로 모델대로 진행되었는지 점검한다.

22. ㉠과 관련하여 '돕다'가 쓰인 다양한 예문을 찾아보았다. 각 예문에 쓰인 '돕다'의 유의어로 적절하지 않은 것은?

	예문	유의어
①	수재 의연금을 내서 수재민을 <u>도왔다</u> .	구명하다
②	임금님을 <u>도와</u> 좋은 나라를 만들었다.	보필하다
③	친구가 임무를 마칠 수 있도록 <u>도왔다</u> .	조력하다
④	이 약은 원기를 <u>돕는</u> 효과가 매우 크다.	증진하다
⑤	두 회사는 그 사업을 위해 회사끼리 <u>돕기</u> 로 했다.	제휴하다

[8~11] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

분자들이 만나 화학 반응을 진행하는 데 필요한 최소한의 운동 에너지를 활성화 에너지라 한다. 활성화 에너지가 작은 반응은, 반응의 활성화 에너지보다 큰 운동 에너지를 가진 분자들이 많아 반응이 빠르게 진행된다. 활성화 에너지를 조절하여 반응 속도에 변화를 주는 물질을 촉매라고 하며, 반응 속도를 빠르게 하는 능력을 촉매 활성이라 한다. 촉매는 촉매가 없을 때와는 활성화 에너지가 다른, 새로운 반응 경로를 제공한다. 화학 산업에서는 주로 고체 촉매가 이용되는데, 액체나 기체인 생성물을 촉매로부터 분리하는 별도의 공정이 필요 없기 때문이다. 고체 촉매는 대부분 활성 성분, 지지체, 증진제로 구성된다.

활성 성분은 그 표면에 반응물을 흡착시켜 촉매 활성을 제공하는 물질이다. 고체 촉매의 촉매 작용에서는 반응물이 먼저 활성 성분의 표면에 화학 흡착되고, 흡착된 반응물이 표면에서 반응하여 생성물로 변환된 후, 생성물이 표면에서 탈착되는 과정을 거쳐 반응이 완결된다. 금속은 다양한 물질들이 표면에 흡착될 수 있어 여러 반응에서 활성 성분으로 사용된다. 예를 들면, 암모니아를 합성할 때 철을 활성 성분으로 사용하는데, 이때 반응물인 수소와 질소가 철의 표면에 흡착되어 각각 원자 상태로 분리된다. 흡착된 반응물은 전자를 금속 표면의 원자와 공유하여 안정화된다. 반응물의 흡착 세기는 금속의 종류에 따라 달라진다. 이때 흡착 세기가 적절해야 한다. 흡착이 약하면 흡착량이 적어 촉매 활성이 낮으며, 흡착이 너무 강하면 흡착된 반응물이 지나치게 안정화되어 표면에서의 반응이 느려지므로 촉매 활성이 낮다. 일반적으로 고체 촉매에서는 반응에 관여하는 표면의 활성 성분 원자가 많을수록 반응물의 흡착이 많아 촉매 활성이 높아진다.

금속은 열적 안정성이 낮아, 화학 반응이 일어나는 고온에서 금속 원자들로 이루어진 작은 입자들이 서로 달라붙어 큰 입자를 이루게 되는데 이를 소결이라 한다. 입자가 소결되면 금속 활성 성분의 전체 표면적은 줄어든다. 이러한 문제를 해결하는 것이 지지체이다. 작은 금속 입자들을 표면적이 넓고 열적 안정성이 높은 지지체의 표면에 분산하면 소결로 인한 촉매 활성 저하가 억제된다. 따라서 소량의 금속으로도 ㉠ 금속을 활성 성분으로 사용하는 고체 촉매의 활성을 높일 수 있다.

증진제는 촉매에 소량 포함되어 활성을 조절한다. 활성 성분의 표면 구조를 변화시켜 소결을 억제하기도 하고, 활성 성분의 전자 밀도를 변화시켜 흡착 세기를 조절하기도 한다. 고체 촉매는 활성 성분이 반드시 있어야 하지만 경우에 따라 증진제나 지지체를 포함하지 않기도 한다.

8. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 촉매를 이용하면 화학 반응이 새로운 경로로 진행된다.
- ② 고체 촉매는 기체 생성물과 촉매의 분리 공정이 필요하다.
- ③ 고체 촉매에 의한 반응은 생성물의 탈착을 거쳐 완결된다.
- ④ 암모니아 합성에서 철 표면에 흡착된 수소는 전자를 철 원자와 공유한다.
- ⑤ 증진제나 지지체 없이 촉매 활성을 갖는 고체 촉매가 있다.

9. ㉠의 촉매 활성을 높이는 방법으로 가장 적절한 것은?

- ① 반응물을 흡착하는 금속 원자의 개수를 늘린다.
- ② 활성 성분의 소결을 촉진하는 증진제를 첨가한다.
- ③ 반응물의 반응 속도를 늦추는 지지체를 사용한다.
- ④ 반응에 대한 활성화 에너지를 크게 하는 금속을 사용한다.
- ⑤ 활성 성분의 금속 입자들을 뭉치게 하여 큰 입자로 만든다.

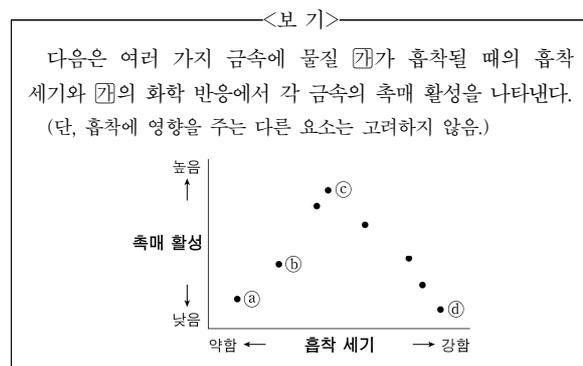
10. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

아세틸렌은 보통 선택적 수소화 공정을 통하여 에틸렌으로 변환된다. 이 공정에서 사용되는 고체 촉매는 팔라듐 금속 입자를 실리카 표면에 분산하여 만들며, 아세틸렌과 수소는 팔라듐 표면에 흡착되어 반응한다. 여기서 실리카는 표면적이 넓고 열적 안정성이 높다. 이때, 촉매에 규소를 소량 포함시키면 활성 성분의 표면 구조가 변화되어 고온에서 팔라듐의 소결이 억제된다. 또한 은을 소량 포함시키면 팔라듐의 전자 밀도가 높아지고 팔라듐 표면에 반응물이 흡착되는 세기가 조절되어 원하는 반응을 얻을 수 있다.

- ① 아세틸렌은 반응물에 해당한다.
- ② 팔라듐은 활성 성분에 해당한다.
- ③ 규소와 은은 모두 증진제에 해당한다.
- ④ 실리카는 낮은 온도에서 활성 성분을 소결한다.
- ⑤ 실리카는 촉매 활성 저하를 억제하는 기능을 한다.

11. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 금속 ㉠~㉣에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?



- ① ㉠의 화학 반응은 ㉠보다 ㉡를 활성 성분으로 사용할 때 더 느리게 일어난다.
- ② ㉠은 ㉠보다 ㉢에 흡착될 때 흡착량이 더 적다.
- ③ ㉠은 ㉠보다 ㉣에 흡착될 때 안정화되는 정도가 더 크다.
- ④ ㉠은 ㉡보다 ㉢에 더 약하게 흡착된다.
- ⑤ ㉠의 화학 반응에서 촉매 활성만을 고려하면 가장 적합한 활성 성분은 ㉣이다.

◆ 16-9평 A형 19~21번

[19~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

견과류와 같이 지방질을 많이 함유하고 있는 식품을 장기간 저장하다 보면 불쾌한 냄새가 나기도 한다. 이는 대개 산패로 인해 발생한다. 산패는 저장 중인 식품에서 비정상적인 맛과 냄새가 나는 현상을 말한다. 지방질이 공기 중에 장시간 노출되어 열, 빛 등의 영향을 받으면 산화 작용이 ㉠ 일어나 산패에 이르게 된다. 이러한 산패는 지방질을 구성하는 성분의 구조와 관련이 있다.

일반적으로 지방질은 사슬 모양을 ㉡ 이루고 있으며 지방질 한 분자에는 글리세롤 한 분자와 지방산 세 분자가 결합되어 있다. 지방산은 탄소끼리의 결합을 중심으로 탄소와 수소, 탄소와 산소의 결합을 포함한 사슬 구조로 이루어져 있으며 글리세롤과 결합된 탄소를 제외한 모든 탄소는 수소와 결합되어 있다. 지방산에서 탄소끼리의 결합은 대부분 단일결합인데 이중결합인 경우도 있다. 이중결합이 없으면 포화 지방산, 한 개 이상의 이중결합이 있으면 불포화 지방산이라고 한다. 오메가-3 지방산이나 오메가-6 지방산은 대표적인 불포화 지방산이다. 산화 작용에 의한 산패는 불포화 지방산이 결합된 지방질에서 일어나며, 이중결합의 수가 많을수록 잘 일어난다. 글리세롤은 지방질의 산패에 큰 영향을 ㉢ 주지 않는다.

예를 들어 글리세롤에 오메가-6 지방산만이 결합되어 있는 ㉣ A 지방질이 있다고 하자. A 지방질의 오메가-6 지방산 사슬에 있는 탄소에서 산화 작용이 일어나 산패에 이르게 되는데, 이 과정에서 중요한 역할을 하는 것이 라디칼 분자들이다. 대부분의 분자들은 짝수의 전자를 가지는데, 외부 에너지의 영향으로 홀수의 전자를 갖는 분자로 변화되기도 한다. 이 변화된 분자를 라디칼 분자라고 한다. 일반적으로 라디칼 분자는 에너지가 높고 불안정하여 주위 분자들과 쉽게 반응하는데, 이러한 반응 과정을 거치면 에너지가 낮고 안정적인 비(非)라디칼 분자로 변화한다.

A 지방질의 이중결합 바로 옆에 있는 탄소가 열이나 빛의 영향을 ㉤ 받으면, A 지방질 분자가 에너지가 높고 불안정한 알릴 라디칼로 변화한다. 알릴 라디칼은 산소와 결합하여 퍼옥시 라디칼로 변화한다. 퍼옥시 라디칼은 주위에 있는 다른 오메가-6 지방산 사슬과 반응하여 새로운 알릴 라디칼을 만들고, 자신은 비(非)라디칼 분자인 하이드로퍼옥사이드로 변화한다. 새로 생성된 알릴 라디칼은 다시 산소와 결합하여 퍼옥시 라디칼이 되면서 위의 연쇄 반응이 반복된다. 이로 인해 하이드로퍼옥사이드가 계속 생성되고, 생성된 하이드로퍼옥사이드는 분해되어 알코올, 알데히드 등의 화합물로 변화한다. 이 화합물들이 비정상적인 냄새를 나게 하는 주원인이다.

A 지방질에서 산패가 발생하는 것을 지연시키는 방법에는 산화방지제를 첨가하는 것이 있다. 산화방지제는 라디칼 분자에 전자를 주어 짝수 전자를 갖게 하여 다른 분자들과 쉽게 반응하지 않도록 한다. 예를 들어 식물에 ㉥ 들어 있는 천연 산화방지제인 비타민 E는 퍼옥시 라디칼을 안정화시켜 오메가-6 지방산 사슬이 알릴 라디칼로 만들어지는 과정을 방해한다. 이 밖에도 산패로 진행되는 데 영향을 주는 요인들의 작용을 억제하는 방법에는 여러 가지가 있다.

19. 윗글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 오메가-3 지방산에는 이중결합 구조가 없다.
- ② 지방산에서 글리세롤과 결합된 탄소는 수소와 결합되어 있다.
- ③ 포화 지방산 사슬에 이중결합의 수가 많을수록 산패가 더 잘 일어난다.
- ④ 불포화 지방산 사슬에 있는 탄소에서 일어난 산화 작용이 산패로 이어진다.
- ⑤ 지방질은 지방산 한 분자에 글리세롤 세 분자가 결합되어 있는 구조를 갖는다.

20. ㉠이 산패에 이르는 과정에 대한 이해로 적절하지 않은 것은? [3점]

- ① A 지방질 분자가 홀수의 전자를 갖는 라디칼로 변화하는 현상이 나타난다.
- ② A 지방질에서 알코올은 하이드로퍼옥사이드의 분해 과정을 거쳐 만들어진다.
- ③ A 지방질에서 변화한 알릴 라디칼은 A 지방질 분자보다 에너지가 낮아서 산소와 쉽게 결합한다.
- ④ A 지방질에서 하이드로퍼옥사이드가 분해되어 생성된 알데히드는 비정상적인 냄새를 나게 한다.
- ⑤ A 지방질에서 생성된 퍼옥시 라디칼은 새로운 알릴 라디칼을 만들고 하이드로퍼옥사이드가 된다.

21. 윗글의 ㉡~㉤와 같은 의미로 사용되지 않은 것은?

- ① ㉡: 지진이 일어나 피해를 주었다.
- ② ㉢: 유리창에 빗방울이 무너를 이루고 있다.
- ③ ㉣: 태풍은 우리나라에 피해를 주지 않았다.
- ④ ㉤: 차가 난간을 받으면 안 되니까 조심해라.
- ⑤ ㉥: 이 물질에는 염화마그네슘이 많이 들어 있다.

◆ 26-6평 10~13번

[10~13] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

청정 에너지원 중 하나인 수소는 생산, 저장, 운송, 추출, 활용 등 전체 과정에서의 친환경성과 관련하여 높은 관심을 받고 있다. 재생 에너지를 통해 생산된 전기로 물을 전기분해하면 탄소 배출 없이 수소 생산이 가능하다. 생산된 수소 기체는 부피가 크고 폭발 위험성이 있어 저장 및 운송이 어렵다. 부피를 크게 ㉠ 줄일 수 있는 액화 수소 방식이 제안되었지만, 저장 및 운송 시 액화된 상태를 유지하려면 극저온의 조건이 필요하다는 문제가 있다. 이 때문에 액상 유기 화합물 또는 액화 암모니아와 같은 수소 운반체를 활용하는 방식이 제안되었다.

액상 유기 화합물을 이용한 수소의 저장 및 추출에는 톨루엔과 ㉠ 메틸사이클로헥세인(MCH)이라는 두 화합물 간의 상호 전환 반응이 주로 사용된다. 이는 톨루엔에 수소가 결합해 MCH가 되고 역으로 MCH가 톨루엔과 수소로 변환되는 원리를 활용하는 것이다. 톨루엔 분자 하나에 세 개의 수소 분자가 결합할 때 각각의 수소 분자가 탄소와 수소 원자 간의 결합을 두 개씩 ㉡ 만들며 MCH 분자 하나가 생성된다. MCH는 취급 안전성 및 독성이 휘발유와 유사하므로 석유의 저장과 운송을 위한 기존 인프라를 이용할 수 있다. 또한 MCH가 액체이므로 증발 기체 발생으로 인한 누출 위험이 거의 없다. 하지만 톨루엔과 MCH의 상호 전환을 통한 수소의 저장 및 추출이 반복되면서 화합물이 불안정해지는 문제가 있다.

㉢ 암모니아는 질소 원자와 수소 원자로 이루어진 화합물로서, 분자당 세 개의 수소 원자를 포함하고 있어 물보다 분자당 저장된 수소가 많다. 암모니아는 기존 비료 산업에서 사용하는 합성법으로 생산할 수 있고, 대규모의 투자 없이 기존 인프라를 이용하여 저장 및 운송할 수 있다. 하지만 높은 독성으로 인한 위험성은 해결해야 할 과제이다. 암모니아에서의 수소 추출 방식으로는 전기분해, 광분해, 그리고 가장 많이 ㉣ 쓰이는 열분해가 있다. 각 방식에서는 암모니아 분해 반응이 일어나는데, 암모니아 분해 반응이란 암모니아가 분해되어 질소 기체와 수소 기체를 생성하는 반응이다. 이때 반응한 암모니아, 질소 기체, 수소 기체의 몰* 수의 비는 2:1:3이다. ㉤ 열분해 방식을 통해서 0.9 이상의 전환율이 ㉤ 얻어지는데, 부반응은 거의 없다. 여기서 전환율은 반응한 전체 암모니아의 몰 수를 공급한 암모니아의 몰 수로 나눈 값이며, 부반응이란 암모니아 분해 반응의 의도된 생성물 외의 다른 물질이 최종 물질로 생기는 반응을 뜻한다.

수소의 대표적 활용법인 수소 연료 전지는 수소의 화학 에너지를 전기 에너지로 직접 변환하는 장치로, 산화 극, 환원 극, 전해질, 도선으로 구성된다. 산화 극에서는 공급된 수소가 수소 이온과 전자로 분해되는 반응이 일어난다. 수소 이온은 전해질을 통해, 전자는 도선을 통해 환원 극으로 이동하면서 전기를 생산한다. 그리고 환원 극에서는 공급된 산소가 수소 이온과 전자를 만나 물을 생성한다. 이 외의 반응은 거의 ㉥ 일어나지 않으므로 친환경적이다.

* 몰: 원자 또는 분자 6.02×10^{23} 개.

10. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 재생 에너지는 탄소 배출 없이 수소를 생산하기 위한 에너지원으로 사용될 수 있다.
- ② MCH는 휘발유와 유사한 취급 안전성을 갖는다.
- ③ 광분해 방식으로 암모니아를 질소 기체와 수소 기체로 분해할 수 있다.
- ④ 수소 연료 전지에 공급되는 물질은 수소와 산소이다.
- ⑤ 수소 연료 전지에서 수소 이온은 전자와 마찬가지로 도선을 통해 이동한다.

11. ㉠, ㉢에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠은 증발 기체가 많이 발생하므로 누출 위험성이 크다.
- ② ㉢은 독성이 낮아 위험성이 크지 않다.
- ③ ㉢은 운송을 위한 대규모의 투자가 필요하다.
- ④ ㉠은 ㉢보다 분자당 저장되어 있는 수소 원자가 많다.
- ⑤ ㉠은 ㉢과 달리, 기존 인프라를 이용하여 저장할 수 있다.

12. 윗글의 ㉤와 <보기>의 ㉦를 비교하여 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

—<보 기>—

한 과학자는 전기분해 방식으로 암모니아를 분해하는 반응기를 고안하고, 이를 사용하여 수소 기체를 얻고자 실험을 수행하였다. ㉦ 이 전기분해 방식에서는 암모니아 10몰을 공급했을 때 6몰의 암모니아만 반응하였으며, 반응한 암모니아의 몰 수보다 많은 몰 수의 수소 기체가 생성되었다. 이때, 원치 않았던 물질인 암모늄 이온 등이 최종 물질로 상당량 생성되었다.

- ① ㉤에서 질소 기체를 생성하는 것과 달리, ㉦에서는 질소 기체를 생성하지 않겠군.
- ② ㉤에서 생성된 수소 기체는 ㉦에서 생성된 수소 기체와 달리, 부반응에 의해서 생겼군.
- ③ ㉤에서 암모니아를 공급했을 때의 전환율은 ㉦에서 암모니아를 공급했을 때의 전환율보다 작겠군.
- ④ ㉦는 ㉤와 비교할 때, 같은 양의 암모니아를 공급한다면 더 적은 양의 수소 기체를 생성하겠군.
- ⑤ ㉦에서는 ㉤에서와 달리, 반응한 암모니아의 몰 수보다 많은 몰 수의 수소 기체가 생성된 것이겠군.

13. 문맥상 ㉡~㉣에 바뀔 쓰기에 가장 적절한 것은?

- ① ㉡: 단축(短縮)할
- ② ㉢: 제작(製作)하며
- ③ ㉣: 활용(活用)되는
- ④ ㉤: 습득(拾得)되는데
- ⑤ ㉥: 성행(盛行)하지

◆ 25-6평 8~11번

[8~11] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

식품 포장재, 세제 용기 등으로 사용되는 플라스틱은 생활에서 흔히 ㉠ 접할 수 있다. 플라스틱은 ‘성형할 수 있는, 거푸집으로 조형이 가능한’이라는 의미의 ‘플라스티코스’라는 그리스어에서 온 말로, 열과 압력으로 성형할 수 있는 고분자 화합물을 이른다.

플라스틱은 단위체인 작은 분자가 수없이 반복 연결되는 중합을 통해 만들어진 거대 분자로 이루어져 있다. 단위체들은 공유 결합으로 연결되는데, 분자를 구성하는 원자들이 서로 전자를 공유하여 안정한 상태가 되는 결합을 공유 결합이라 한다. 두 원자가 각각 전자를 하나씩 내어놓아 그 두 개의 전자를 한 쌍으로 공유하면 단일 결합이라 하고, 두 쌍을 공유하면 이중

결합이라 한다. 공유 전자쌍이 많을수록 원자 간의 결합력은 강하다. 대부분의 원자는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8개가 될 때 안정해진다. 탄소 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 4개의 전자를 갖고 있어, 다른 원자들과 전자를 공유하여 안정해질 수 있으며 다양한 형태의 공유 결합이 가능하여 거대한 분자의 골격을 이룰 수 있다.

플라스틱의 한 종류인 폴리에틸렌은 에틸렌 분자들이 서로 연결되는 중합 과정을 거쳐 만들어진다. 에틸렌은 두 개의 탄소 원자와 네 개의 수소 원자로 이루어지는데, 두 개의 탄소 원자가 서로 이중 결합을 하고 각각의 탄소 원자는 두 개의 수소 원자와 단일 결합을 한다. 탄소 원자 간의 이중 결합에서는 한 결합이 다른 하나보다 끊어지기 쉽다.

에틸렌의 중합에는 여러 가지 방법이 있는데 그중에 하나는 과산화물 개시제를 사용하는 것이다. 열을 흡수한 과산화물 개시제는 가장 바깥 껍질에 7개의 전자가 있는 불안정한 상태의 원자를 가진 분자로 분해된다. 이 불안정한 원자는 안정해지기 위해 에틸렌이 가진 탄소의 이중 결합 중 더 약한 결합을 끊어 버리면서 에틸렌의 한쪽 탄소 원자와 전자를 공유하며 단일 결합한다. 그러면 다른 쪽 탄소 원자는 공유되지 못한, 홀로 남은 전자를 갖게 된다. 이 불안정한 탄소 원자는 같은 방식으로 다른 에틸렌 분자와 반응을 하게 되고, 이와 같은 반응이 이어지며 불안정해지는 탄소 원자가 계속 생성된다. 에틸렌 분자들이 결합하여 더해지면 이것들은 사슬 형태를 이루며, 이 사슬은 지속적으로 성장하고 사슬 끝에는 불안정한 탄소 원자가 존재하게 된다. 성장하는 두 사슬의 끝이 서로 만나 결합하여 안정한 상태가 되면 반복적인 반응이 멈추게 된다. ㉡ 이 중합 과정을 거쳐 에틸렌 분자들은 폴리에틸렌이라는 고분자 화합물이 된다.

플라스틱을 이루는 거대한 분자들은 길이가 길다. 그래서 사슬들이 일정한 방향으로 나란히 배열되어 있는 결정 영역은, 분자들 전체에서 기대할 수는 없지만 부분적으로 있을 수는 있다. 플라스틱에서 결정 영역이 차지하는 부분의 비율은 여러 조건에 따라 조절이 가능하고 물성에 영향을 미친다. 결정 영역이 많아질수록 플라스틱은 유연성이 낮아 충격에 약하고 가공성이 떨어지며 점점 불투명해지지만, 밀도가 높아져 단단해지고 화학 물질에 대한 민감성이 감소하며 열에 의해 잘 변형되지 않는다. 이런 성질을 활용하여 필요에 따라 다양한 종류의 플라스틱을 만들 수 있다.

8. 윗글에서 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 단위체들은 중합을 거쳐 거대 분자를 이룰 수 있다.
- ② 에틸렌 분자에는 단일 결합과 이중 결합이 모두 존재한다.
- ③ 플라스틱이라는 명칭의 유래는 열과 압력으로 성형이 되는 성질과 관련이 있다.
- ④ 불안정한 원자를 가진 에틸렌은 과산화물을 개시제로 쓰면 분해되면서 안정해진다.
- ⑤ 탄소와 탄소 사이의 이중 결합 중 하나의 결합 세기는 나머지 하나의 결합 세기보다 크다.

9. ㉗에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 성장 중의 사슬은 그 양쪽 끝부분에서 불안정한 탄소 원자가 생성된다.
- ② 사슬의 중간에 두 탄소 원자가 서로 전자를 하나씩 내어놓아 공유하는 결합이 존재한다.
- ③ 상태가 불안정한 원자를 지닌 분자의 생성이 연속적인 사슬 성장 반응이 일어나는 계기가 된다.
- ④ 공유되지 못하고 홀로 남은 전자를 가진 탄소 원자는 사슬의 성장 과정이 종결되기 전까지 계속 발생한다.
- ⑤ 에틸렌 분자를 구성하는 탄소 원자들 사이의 이중 결합이 단일 결합으로 되면서 사슬의 성장 과정을 이어 간다.

10. 윗글을 바탕으로 <보기>의 ㉘와 ㉙를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

—<보 기>—

폴리에틸렌은 높은 압력과 온도에서 중합되어 사슬이 여기저기 가지를 친 구조로 만들어지기도 한다. ㉘ 가지를 친 구조의 사슬들은 조밀하게 배열되기 힘들다. 한편 특수한 촉매를 사용하여 저온에서 중합되면 탄소 원자들이 이루는 사슬이 한 줄로 쭉 이어진 직선형 구조로 만들어지기도 한다. 이 ㉙ 직선형 구조의 사슬들은 한 방향으로 서로 나란히 조밀하게 배열될 수 있다.

- ① 충격에 잘 깨지지 않도록 유연하게 하려면 ㉘보다 ㉙로 이루어진 소재가 적합하겠군.
- ② 포장된 물품이 잘 보이게 하려면 포장재로는 ㉘보다 ㉙로 이루어진 소재가 적합하겠군.
- ③ 보관 용기에서 화학 물질이 닿는 부분에는 ㉘보다 ㉙로 이루어진 소재를 쓰는 것이 좋겠군.
- ④ ㉙보다 ㉘로 이루어진 소재의 밀도가 더 높겠군.
- ⑤ 열에 잘 견디게 하려면 ㉙보다 ㉘로 이루어진 소재가 적합하겠군.

11. ㉚와 문맥상 의미가 가장 가까운 것은?

- ① 요즘 신도시는 아파트가 대규모로 서로 접해 있다.
- ② 그는 자신의 수상 소식을 오늘에야 접하게 되었다.
- ③ 나는 교과서에서 절한 시를 모두 외웠다.
- ④ 우리나라는 삼면이 바다에 접해 있다.
- ⑤ 우리 집은 공원을 접하고 있다.

◆ 13 수능 29~31번

[29~31] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

기체의 온도를 일정하게 하고 부피를 줄이면 압력은 높아진다. 한편 압력을 일정하게 유지할 때 온도를 높이면 부피는 증가한다. 이와 같이 기체의 상태에 영향을 미치는 압력(P), 온도(T), 부피(V)의 상관관계를 1몰*의 기체에 대해 표현하면 $P = \frac{RT}{V}$ (R: 기체 상수)가 되는데, 이를 ㉠ 이상 기체 상태 방정식이라 한다. 여기서 이상 기체란 분자 자체의 부피와 분자 간 상호 작용이 없다고 가정한 기체이다. 이 식은 기체에서 세 변수 사이에 발생하는 상관관계를 간명하게 설명할 수 있다.

하지만 실제 기체에 이상 기체 상태 방정식을 적용하면 잘 맞지 않는다. 실제 기체에는 분자 자체의 부피와 분자 간의 상호 작용이 존재하기 때문이다. 분자 간의 상호 작용은 인력과 반발력에 의해 발생하는데, 일반적인 기체 상태에서 분자 간 상호 작용은 대부분 분자 간 인력에 의해 일어난다. 온도를 높이면 기체 분자의 운동 에너지가 증가하여 인력의 영향은 줄어들어진다. 또한 인력은 분자 사이의 거리가 멀어지면 감소하는데, 어느 정도 이상 멀어지면 그 힘은 무시할 수 있을 정도로 약해진다. 하지만 분자들이 거의 맞닿을 정도가 되면 반발력이 급격하게 증가하여 반발력이 인력을 압도하게 된다. 이러한 반발력 때문에 실제 기체의 부피는 압력을 아무리 높이더라도 이상 기체에서 기대했던 것만큼 줄지 않는다.

이제 부피가 V인 용기 안에 들어 있는 1몰의 실제 기체를 생각해 보자. 이때 분자의 자체 부피를 b라 하면 기체 분자가 운동할 수 있는 자유 이동 부피는 이상 기체에 비해 b만큼 줄어든 V-b가 된다. 한편 실제 기체는 분자 사이의 인력에 의한 상호 작용으로 분자들이 서로 끌어당기므로 이상 기체보다 압력이 낮아진다. 이때 줄어드는 압력은 기체 부피의 제곱에 반비례하는데, 이것을 비례 상수 a가 포함된 $\frac{a}{V^2}$ 로 나타낼 수 있다. 왜냐하면 기체의 부피가 줄면 분자 간 거리도 줄어 인력이 커지기 때문이다. 즉 실제 기체의 압력은 이상 기체에 비해 $\frac{a}{V^2}$ 만큼 줄게 된다.

이와 같이 실제 기체의 분자 자체 부피와 분자 사이의 인력에 의한 압력 변화를 고려하여 이상 기체 상태 방정식을 보정하면 $P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$ 가 된다. 이를 ㉡ 반데르발스 상태 방정식이라 하는데, 여기서 매개 변수 a와 b는 기체의 종류마다 다른 값을 가진다. 이 방정식은 실제 기체의 압력, 온도, 부피의 상관관계를 이상 기체 상태 방정식보다 잘 표현할 수 있게 해 주었으며, 반데르발스가 1910년 노벨상을 수상하는 계기가 되었다. 이처럼 자연현상을 정확하게 표현하기 위해 단순한 모형을 정교한 모형으로 수정해 나가는 것은 과학 연구에서 매우 중요한 절차 중의 하나이다.

* 1몰: 기체 분자 6.02×10^{23} 개.

29. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

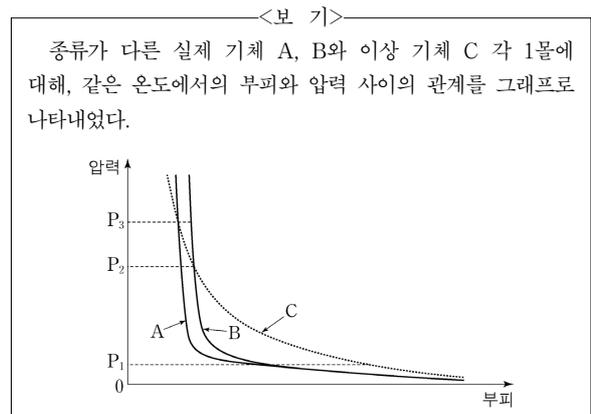
- ① 이상 기체는 압력이 일정할 때 온도를 높이면 부피가 증가한다.
- ② 이상 기체는 분자 자체의 부피와 분자 간 상호 작용이 없는 가상의 기체이다.
- ③ 실제 기체에서 분자 간 상호 작용은 기체 압력에 영향을 준다.
- ④ 실제 기체 분자의 운동 에너지가 증가하면 인력의 영향은 줄어든다.
- ⑤ 실제 기체의 분자 간 상호 작용은 거리에 상관없이 일정하다.

30. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① ㉠, ㉡ 모두 기체의 압력, 온도, 부피의 상관관계를 나타낸다.
- ② ㉠과 달리 ㉡에서는 기체 분자 사이에 작용하는 인력이 기체의 부피에 따라 달라짐을 반영한다.
- ③ ㉠으로부터 ㉡이 유도된 것은 단순한 모형을 실제 상황에 맞추기 위해 수정한 예이다.
- ④ 매개 변수 b는 ㉠을 ㉡으로 보정할 때 실제 기체의 자체 부피를 고려하여 추가된 것이다.
- ⑤ 용기의 부피가 같다면 ㉠에서 기체 분자가 운동할 수 있는 자유 이동 부피는 ㉡에서보다 작다.

31. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 탐구할 때, 적절한 것은?

[3점]



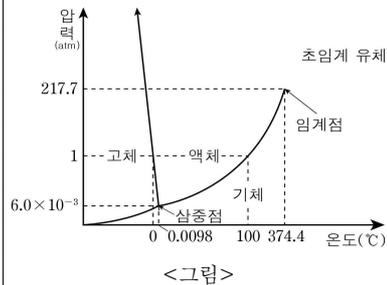
- ① 압력이 P₁에서 0에 가까워질수록 A와 B 모두 분자 간 상호 작용이 증가되고 있음을 알 수 있군.
- ② 압력이 P₁과 P₂ 사이일 때, A가 B에 비해 반발력보다 인력의 영향을 더 크게 받는다고 볼 수 있군.
- ③ 압력이 P₂와 P₃ 사이일 때, A와 B 모두 반발력보다 인력의 영향을 더 크게 받는다고 볼 수 있군.
- ④ 압력이 P₃보다 높을 때, A가 B에 비해 인력보다 반발력의 영향을 더 크게 받는다고 볼 수 있군.
- ⑤ 압력을 P₃ 이상에서 계속 높이면 A, B, C 모두 부피가 0이 되겠군.

[26 ~ 30] 다음을 읽고 물음에 답하시오.

물질은 여러 가지 다른 상(phase)으로 존재할 수 있다. 물질의 상이란 화학적 조성은 물론 물리적 상태가 전체적으로 균질한 물질의 형태를 말하며, 일반적으로 고체, 액체, 기체로 구분된다. 고체는 일정한 부피와 모양을 가지고 있으며, 물질을 구성하는 원자들이 각자의 위치를 중심으로 결합되어 서로 고정된 상태이다. 액체는 일정한 부피를 가지나 모양이 일정하지는 않으며, 물질을 구성하는 분자 간 인력이 분자 위치를 고정할 만큼 강하지 못하여 분자가 액체 내부를 무질서하게 돌아다니는 상태이다. 기체는 부피와 모양이 모두 일정하지 않으며, 물질을 구성하는 분자 간 인력이 매우 작은 편으로 기체의 분자 간 평균적인 거리는 고체나 액체일 경우에 비해 매우 먼 상태이다.

물질은 압력과 온도 조건의 변화에 따라 다른 상으로 변할 수 있다. 화학적 조성의 변화는 수반되지 않으면서 물질의 상이 전환되는 현상을 상변화(phase change)라 하며, 압력은 동일하지만 온도가 더 높은 조건에서 존재하는 상일 때의 물질을 높은 상 물질이라고 한다. 이러한 모든 상변화에서는 물질의 내부 에너지 변화가 일어나는 특징이 있다.

상평형 그림(phase diagram)은 닫힌계에서 압력과 온도 조건의 변화에 따른 물질의 상변화를 나타낼 수 있는 방법이다. 아래의 <그림>은 물의 상평형 그림으로, 압력과 온도 조건에



<그림>

따른 물의 상을 보여 준다. 상평형 그림에서 상과 상 사이의 선들을 상 경계라고 하는데, 선의 각 점은 두 상이 평형을 이루는 압력과 온도 조건을 나타내며, 상 경계는 두 상이 평형을 이루는 압력과 온도 조

건의 집합이 된다. 상평형 그림에서 고체상과 액체상이 평형을 이루는 조건을 용해 곡선, 기체상과 고체상이 평형을 이루는 조건을 승화 곡선, 기체상과 액체상이 평형을 이루는 조건을 증기 압력 곡선이라 한다.

닫힌계에서 기체상과 액체상이 평형을 이루는 상태에 대해 설명해 보자. 액체가 기체로 상이 전환되는 것은, 같은 온도에서도 액체의 분자가 각각 서로 다른 에너지를 가지고 있을 수 있어서 그중 높은 에너지를 갖는 분자가 증발할 수 있기 때문이다. 액체의 분자들을 한데 묶어 두는 분자 간 인력이 존재함에도 불구하고, 액체의 표면에 있는 분자들은 각각 다른 정도의 운동 에너지를 갖기 때문에 그중 운동 에너지가 큰 분자들은 분자 간 인력을 극복하고 증발하여 기체 상태로 변한다. 하지만 기체의 분자들 일부는 반대로 에너지를 잃고 응결되어 액체로 변한다. 그리고 이러한 과정의 초기에는 액체의 표면을 떠나는 분자의 수가 돌아오는 수보다 훨씬 많으나, 기체의 분자 수 증가로 기체의 압력 또한 높아져 액체의 표면에서 응결되는 분자 수 또한 증가하게 된다. 결국 분자들의 증발 또는 응결은 지속적으로 이루어지고 있으나, 특정한 압력과 온도 조건에서 액체의 증발 속도와 기체의 응결 속도는 같아지게 되어 거시적으로 평형을 유지하게 된다. 그리고 이러한 상태에서의 압력과 온도 조건들이 상평형 그림의 증기 압력 곡선이 된다.

[A]

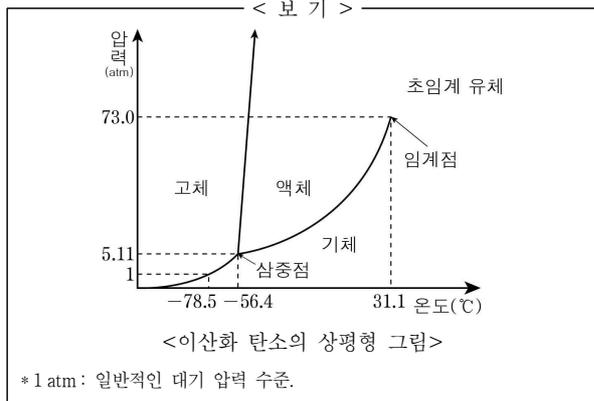
한편, 위 <그림>에서 고체와 기체 사이의 상 경계를 따라 가면 두 선이 ㉔ 분기하는 점이 나타난다. 이 점은 세 개의 상이 평형을 이루며 공존하는 상태로, ㉑ 삼중점(triple point)이라고 한다. 그리고 액체와 기체 사이의 상 경계를 따라가면 선이 끝나는 임계점을 만나는데, 이때의 온도를 임계 온도, 압력을 임계 압력이라 한다. 임계 온도는 아무리 압력을 높여도 기체가 액화되지 않는 온도이며, 임계 압력은 아무리 온도를 높여도 액체가 증발되지 않는 압력으로, 임계점에서 두 상은 액체도 기체도 아닌 초임계 유체를 ㉒ 형성한다.

* 닫힌계: 주위와 물질 교환을 하지 않으나 에너지 교환은 할 수 있는 계.

26. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

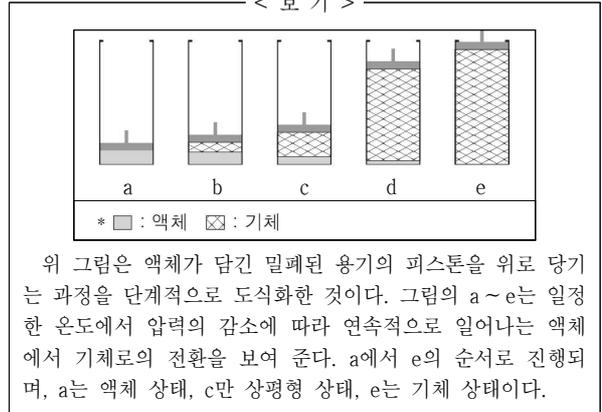
- ① 물질의 상과 상변화 개념을 제시하고, 상평형 그림을 활용하여 물질의 상변화를 설명하고 있다.
- ② 물질의 상을 구분하고, 압력 변화에 따라 물질을 구성하는 원자나 분자가 달라지는 원인을 분석하고 있다.
- ③ 물질이 물리적 형태에 따라 나타내는 특성들을 제시하고, 다양한 물질의 예를 들어 각 특성들을 설명하고 있다.
- ④ 물질의 상과 상변화의 관련성을 설명하고, 압력과 온도 변화에 따른 물질의 화학적 조성 변화 원인을 분석하고 있다.
- ⑤ 물질의 상변화 과정에서 나타나는 압력과 온도 사이의 상관성을 분석하고, 물질의 화학적 변화 이유를 제시하고 있다.

27. <보기>와 윗글의 <그림>을 관련지어 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① 이산화 탄소는 물에 비해 임계점이 상대적으로 더 낮은 압력과 온도 조건에 있군.
- ② 이산화 탄소는 물과 달리 일반적인 대기 압력 수준에서 액체로 존재할 수 없겠군.
- ③ 물과 이산화 탄소는 동일한 압력 조건에서 고체, 액체, 기체 중 기체가 높은 상 물질이겠군.
- ④ 물은 이산화 탄소와 달리 온도가 높아질수록 고체와 액체 간 평형을 이루는 압력이 낮아지겠군.
- ⑤ 물과 이산화 탄소는 어떤 압력과 온도 조건에서도 고체에서 기체로의 상변화가 일어날 수 없겠군.

28. [A]를 참고하여 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



위 그림은 액체가 담긴 밀폐된 용기의 피스톤을 위로 당기는 과정을 단계적으로 도식화한 것이다. 그림의 a~e는 일정한 온도에서 압력의 감소에 따라 연속적으로 일어나는 액체에서 기체로의 전환을 보여 준다. a에서 e의 순서로 진행되며, a는 액체 상태, c만 상평형 상태, e는 기체 상태이다.

- ① a에서 e까지의 과정에서 액체의 분자 수는 감소하고 기체의 분자 수는 증가할 것이다.
- ② b는 액체의 표면을 떠나는 분자의 수가 기체에서 액체로 돌아오는 분자의 수보다 많은 상태일 것이다.
- ③ c는 액체의 분자가 증발하는 속도와 기체의 분자가 응결하는 속도가 같은 상태일 것이다.
- ④ c에서 e까지의 과정에서 액체의 분자와 기체의 분자는 모두 분자 간 인력이 커질 것이다.
- ⑤ e는 a에 비해 분자 간 평균적인 거리가 먼 상태일 것이다.

29. ㉑에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 물질이 분자 수준에서는 상변화가 일어나고 있으나 거시적으로는 세 가지 상이 평형을 유지하고 있는 상태를 의미한다.
- ② 물질이 일정한 부피와 모양을 유지하면서 화학적 조성과 물리적 형태에는 변화가 없는 상태를 의미한다.
- ③ 물질이 세 가지 상으로 구별되나 압력과 온도의 변화에도 특정한 상을 유지하려는 상태를 의미한다.
- ④ 물질을 구성하는 분자 간의 인력이 강해지나 물질의 내부 에너지는 증가하는 상태를 의미한다.
- ⑤ 물질의 내부 에너지가 증가하며 지속적으로 압력과 온도가 상승하는 상태를 의미한다.

30. ㉔~㉒의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉔: 현실에 실제로 있음.
- ② ㉒: 일정한 기준에 따라 전체를 몇 개로 갈라 나눔.
- ③ ㉒: 어떤 일과 더불어 생김.
- ④ ㉔: 나뉘어서 갈라짐.
- ⑤ ㉒: 어떤 물건의 형상을 본뜬.

[14~17] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

용해도는 일정한 온도에서 일정한 양의 용질에 최대 녹을 수 있는 용질의 양으로, 보통 용매 100g에 녹을 수 있는 용질의 질량이다. 혼합물의 과포화 상태는 용질이 용해도 이상으로 녹아 있는 상태인데, 과포화 상태의 혼합물은 포화 상태로 돌아가려는 경향이 있다. 결정화는 포화 상태의 혼합물이 과포화 상태가 되어 용질이 고체 입자로 석출되는 것으로 결정화 공정을 거치면 입도*가 작은 고체 입자를 얻을 수 있다. 이러한 결정화 공정은 약물의 생체 흡수율을 높여야 하는 제약 분야 등에서 사용된다.

결정화 공정에서는 초임계 유체를 쓰는 경우가 많다. 물질은 임계 온도와 임계 압력 이상에서 초임계 상태로 존재한다. 임계 온도는 어떤 물질이 액체로 존재할 수 있는 최고 온도이고, 임계 압력은 어떤 물질이 기체로 존재할 수 있는 최대 압력이다. 온도와 압력이 임계 온도와 임계 압력 이상일 때 물질은 액체도 아니고 기체도 아닌 초임계 상태로 존재한다. 초임계 상태에서 물질의 분자 간 거리는 그 물질이 기체일 때보다는 가깝지만 액체일 때만큼 가깝지는 않다. 물질이 액체일 때보다는 초임계 상태거나 기체일 때 용질이나 용매가 더 자유롭게 이동할 수 있다. 또한 초임계 유체에 가해지는 압력을 높이면 밀도가 높아져 더 많은 양의 용질을 녹일 수 있어 초임계 유체를 이용한 결정화 공정에서는 고체 입자의 입도를 조절할 수 있다.

GAS 공정에서는 초임계 이산화 탄소를 반응매로 사용하여 ㉠ 혼합물에 녹아 있는 용질을 작은 입도의 고체로 석출하는 경우가 많다. 반응매는 용질을 녹이지 않고 용매와는 잘 섞이는 물질로, 반응매를 혼합물에 첨가하면 반응매는 용매와 섞이고 용질은 고체 입자로 석출된다. GAS 공정에서는 결정화하려는 물질을 액체 용매에 녹여서 혼합물을 만들고 용기에 적당량 채운 뒤 용기를 밀폐한다. 이후 용기의 온도와 압력을 이산화 탄소와 액체 용매의 임계 온도와 임계 압력의 사이에 맞추고 초임계 이산화 탄소를 용기에 주입한다. 그러면 혼합물이 과포화 상태가 되고 녹아 있던 용질은 고체 입자로 석출된다. 반응매가 용매와 섞이면서 포화될 수 있는 용질의 양이 줄어드는 것이다. 석출되는 용질의 양은 처음에 채운 혼합물의 양이 같다면 그 농도에 의해 정해진다.

결정화 공정에서 고체 입자를 석출할 때는 우선 일정한 수의 용질 분자가 모여서 집합체를 이루어 결정핵이 생성되어야 한다. 혼합물의 농도가 높을수록 결정핵을 만들 수 있는 용질 분자의 수가 많아 결정핵이 많이 생긴다. 결정핵이 많이 생성되면 하나의 결정핵에 모일 수 있는 용질 분자의 수가 적어져서 고체 입자의 크기는 작아지게 된다.

한편 초임계 이산화 탄소를 용매로 사용하는 결정화 공정도 있다. RESS 공정에서는 결정화하려는 물질과 초임계 이산화 탄소가 섞인 ㉡ 혼합물을 고압의 용기에서 대기압을 유지하는 용기로 분사한다. 분사 직후 초임계 이산화 탄소는 빠르게 압력이 내려가고 기체로 변화하는 과정에서 용질이 고체 입자로 석출된다. 이때 혼합물에서 결정핵이 생성되는데, 석출되는 고체 입자의 입도가 정해지는 원리는 GAS 공정과 동일하다.

GAS 공정과 RESS 공정 등의 결정화 공정에서는 이산화 탄소가 주로 쓰인다. 이산화 탄소는 임계 온도가 상온과 큰 차이가 없어 온도를 조금만 올리고 압력을 올리면 쉽게 초임계 상태로 만들 수 있기 때문이다. 초임계 이산화 탄소를 이용하면 압력을 조절하여 석출되는 고체 입자의 입도를 작게 만들 수 있을 뿐

아니라 그 자체로 독성이 없어서 안전성 문제에서도 자유롭다.

* 입도: 입자 하나하나의 평균 지름.

14. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 초임계 이산화 탄소를 용매로 사용하여 용질을 석출할 수 있다.
- ② 혼합물에 반응매를 첨가하면 원래 있던 용매의 양이 줄어든다.
- ③ 이산화 탄소는 액체로 존재할 수 있는 최고 온도가 상온과 큰 차이가 없다.
- ④ 과포화 상태의 혼합물이 포화 상태로 돌아가려는 경향으로 인해 용질이 석출된다.
- ⑤ 초임계 이산화 탄소는 안전성 측면에서 문제가 없어 결정화 공정에 쓰이기에 적합하다.

15. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠과 달리, ㉡은 초임계 이산화 탄소가 액체가 되는 과정에 사용된다.
- ② ㉠과 달리, ㉡은 농도에 따라서 석출되는 고체 입자의 수가 정해진다.
- ③ ㉡과 달리, ㉠에는 용질이 초임계 이산화 탄소가 아닌 용매에 녹아 있다.
- ④ ㉡과 달리, ㉠에는 임계 온도와 임계 압력 이상의 이산화 탄소가 섞여 있다.
- ⑤ ㉠과 ㉡은 모두 결정화 공정에서 용매에 분사된다.

16. 윗글을 바탕으로 할 때, ㉢에 들어갈 내용으로 가장 적절한 것은?

초임계 유체를 용매로 사용하여 포화 상태의 혼합물을 만들려고 한다. 이때 포화 상태의 혼합물을 더 높은 압력에서 만들면 결정화 공정을 통해 석출되는 고체 입자의 입도는 더 작아지는데, 이는 ㉢ 때문이다.

- ① 결정핵이 더 적게 생성되기
- ② 결정핵이 초임계 상태가 되기
- ③ 초임계 유체의 임계 온도가 낮아지기
- ④ 결정핵이 만들어지는 속도가 느려지기
- ⑤ 일정한 부피당 용질 분자의 수가 많아지기

17. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

[3점]

< 보 기 >

용질 A를 용매 B에 녹여 혼합물을 만들고 용기에 담은 후 용기의 압력을 높였다. 이후 용기에 초임계 이산화 탄소를 주입하여 A를 석출하는 실험을 통해 아래의 ㉠ ~ ㉣와 같은 결과를 얻었다. (단, 사용된 혼합물의 양은 같고 혼합물에 녹아 있는 용질은 모두 석출된다고 가정한다.)

	혼합물의 농도(g/mL)	초임계 이산화 탄소를 주입하는 속도(mL/s)	석출된 A의 입도(μm)
㉠	0.01	20	35
㉡	0.03	20	25
㉢	0.03	5	70

- ① ㉠과 ㉡에서 석출된 A의 입도가 차이가 나는 것은 초임계 이산화 탄소에 녹는 A의 양이 다르기 때문이겠군.
- ② ㉠보다 ㉡에서 석출된 A의 입도가 더 작은 것은 하나의 결정핵에 모인 용질 분자의 수가 적기 때문이겠군.
- ③ ㉠과 ㉢에서 초임계 이산화 탄소와 B가 섞이는 속도는 다르지만 과포화되는 속도는 같겠군.
- ④ ㉠ ~ ㉢에서 석출된 A의 입도는 차이가 나더라도 각각에서 석출된 A의 양은 모두 같겠군.
- ⑤ ㉢가 과포화되는 속도는 ㉠과 ㉡보다 느리기 때문에 ㉢에서 석출된 A의 입도가 가장 작겠군.

◆ 10 LEET 언어이해 27~29번

[27~29] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

화학과 물리학은 어떤 관계에 있고, 양자의 관계는 두 학문의 발전에 어떤 영향을 미치나? 두 학문은 오랫동안 따로따로 발달했지만 100년 전쯤부터 급속히 서로 가까워졌다. 첫 접촉 지점은 분광 스펙트럼이었다. 스펙트럼 분석법은 1870년대부터 화학자들에게 유용한 도구였다. 미량의 시료만 있어도 분광 스펙트럼에 나타나는 색 띠들의 패턴이 거기 어떤 물질들이 포함되어 있는지 어김없이 알려주었기 때문이다. 그러나 왜 그런 색 띠들이 나타나고 그 패턴이 원소마다 고유한지 화학자들은 설명하지 못했다. 그런데 원자의 구조와 씨름하던 물리학자들이 이 선들이 원자 안의 전자들이 방출하는 전자기파에 의한 것임을 알아냈고, 원소마다 고유한 전자 배치가 스펙트럼의 고유한 패턴의 근거라는 설명을 제공해 주었다. 1913년 물리학자 보어는 원자 이론을 토대로 수소 원자의 스펙트럼을 거의 정확히 설명해 냈다. 그의 이론은 수소 이외에 다른 원소의 스펙트럼에 대해서는 눈감아 줄 수 없는 오차를 낳았지만, 그런 이유로 인해 폐기된 것이 아니라 오히려 더 많은 원소들의 스펙트럼을 설명할 수 있는 세련된 이론의 형성을 촉발하여 현대 물리학의 중심 이론인 양자역학의 발달에 초석이 되었다.

이처럼 한 분야가 필요로 하는 이론이나 방법론을 다른 분야가 제공할 때 두 분야 간에는 일종의 비대칭적 의존 관계가 형성되는데, 화학과 물리학 사이에는 광범위하게 이런 의존의 관계가 있는 것처럼 보인다. 이 때문에 적지 않은 이들이 화학은 물리학으로 환원 가능하다고 주장한다. 전자의 설명력을 후자로 흡수 통합시킬 수 있다는 얘기다. 이런 주장이 정당화되려면 화학적 문제가 요구하는 설명과 예측을 물리학이 빠짐없이 제공할 수 있어야 할 것이다.

최근 화학에는 양자화학이라는 분야가 발달해 화학적 현상을 현대 물리학의 핵심 이론인 양자역학의 기반으로 환원시켜 다루는 프로그램을 실행하고 있다. 양자화학은 양자역학의 도구인 슈뢰딩거 방정식을 써서 분자 내 전자들의 정밀한 배치 구조를 계산한다. 양자화학에서 '순이론적 방법'은 주어진 계(system)에 대한 슈뢰딩거 방정식을 세우고 그 해를 구한 뒤에 그것을 화학적 문제에 적용하려 한다. 예컨대 수소 원자의 경우 슈뢰딩거 방정식 $\hat{H}\psi = E\psi$ 는 다음과 같은 형태를 띤다.

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 - \frac{Ze^2}{r}\right)\psi = E\psi$$

다른 경우에도 그 계의 퍼텐셜 에너지를 고려하여 슈뢰딩거 방정식을 세우고 그 방정식을 풀어 파동함수 ψ 를 구하면 그것을 가지고 과학자는 계의 상태에 대한 여러 가지 계산을 해낼 수 있다.

그러나 슈뢰딩거 방정식을 풀어 해를 구할 수 있는 것은 기껏해야 원자핵과 전자 한 개로 구성된 수소 원자의 경우뿐이다. 헬륨 원자나 수소 분자까지 포함해서 화학자들이 관심을 갖는 사실상 모든 경우에 슈뢰딩거 방정식의 정확한 해는 구할 수 없다. 이런 경우 해의 근사적 형태를 구하지만, 아주 비슷한 것이라도 '진짜 그것'은 아니다. 환원의 장애물은 이뿐만이 아니다. 수소 원자의 경우라도 외부 자기장의 영향이 있으면 정확한 해를 구할 수 없다. 이 때문에 양자화학에서는 근사와 보정의 기법을 적극 활용하는 '보정된 방법'이 많이 쓰인다. 이러한 근사의 기법은 양자역학의 수학적 기법의 발달에도 영향을 미쳤다. '보정된 방법'

에서는 실험에서 옳다고 판명된 해를 문제 상황의 이론적 접근에 활용한다. 파동함수 ψ 가 취할 수 있는 여러 형태 가운데 하나를 택할 때 근사의 세부 방식을 정할 때, 화학자들은 이미 확보된 경험적 자료의 관점에서 가장 그럴 듯한 것을 택한다. 또 그러한 시도 끝에 얻은 화학 실험의 결과는 다시 이론 쪽에 투입되어 처음에 놓았던 이론적 가정을 수정하는 데 쓰인다. 화학자들은 이 과정을 반복하면서 출발점에 놓을 이론을 수정해간다. 이는 환원하는 이론이 환원될 대상인 화학의 방식으로 산출된 자료에 의지할 수밖에 없음을 뜻하고, 이로써 ㉠ 양자화학에서 의도된 환원은 성립하지 않는다는 사실이 다시 한 번 드러난다.

그러나 분광 스펙트럼과 원자 이론의 관계에서와 마찬가지로 이 경우에도 현재의 환원 기능성만이 의미 있는 것은 아니다. 오히려 불완전한 환원을 완성하려고 애쓰는 과정에서 환원의 토대가 되는 이론과 그것으로부터 설명을 제공받는 이론이 모두 발전의 계기를 얻는다. 분야 간의 환원 가능성을 둘러싼 토론은 현재 상태에서 환원이 성공하는가의 여부가 아니라 두 분야의 발전 방향을 지지한다는 역동성의 관점에서 중요하다.

27. '양자화학'에 대한 위 글의 서술과 부합하지 않는 것은?

- ① '보정된 방법'에서도 양자역학의 이론적 도구가 활용된다.
- ② '순이론적 방법'은 '보정된 방법'보다 적용 가능한 범위가 좁다.
- ③ 양자화학의 방법론은 물리학과 화학의 비대칭적 의존 관계를 보여 준다.
- ④ 화학 실험의 정밀한 결과 없이는 이론적 예측의 정확도도 높이기 어렵다.
- ⑤ 슈뢰딩거 방정식을 써서 계의 퍼텐셜 에너지를 파악하려면 파동함수를 알아야 한다.

28. ㉠의 주장을 약화시키는 진술만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㄱ. 이론으로 실험 결과를 설명했다고 하려면 이론이 실험 결과를 반영하여 조정된 것이어서는 안 된다.
- ㄴ. 슈뢰딩거 방정식의 해의 근사값은 그것의 참값에 못지않은 정확한 설명과 예측을 가능케 한다.
- ㄷ. 동일한 외부 자기장의 영향이 있을 경우, 둘 이상의 원자로 이루어진 분자보다 수소 원자에서 해의 근사값 구하기가 더 쉽다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

29. 위 글에 나타난 '양자화학에서 물리학과 화학의 관계'에 대응시켜 DNA 연구에서 화학과 생물학의 관계를 파악할 때 가장 적절한 것은?

- ① 현재로서는 유기체의 생활상 같은 거시적 차원을 화학적 탐구 대상인 DNA의 수준으로 환원시켜 설명할 수 없는 것이 사실이지만, 환경 역시 분자로 구성된 체계일 뿐이므로 생물학은 결국 DNA 연구를 통해 화학으로 환원될 것이다.
- ② DNA 연구는 생명 현상 전부를 설명하지는 못하지만 광범위한 현상에 대해 DNA 기반의 일관성 있는 설명을 가능케 하는 한편, DNA 수준의 복잡한 분자 구조를 분석하는 화학적 기법의 발달을 촉진하고 있다.
- ③ 이제는 유전학에서 발달생물학에 이르기까지 생명과학의 전 영역이 DNA의 분자적 구조라는 기반 위에서 설명 가능하게 되었다. 생물학의 탐구에서 화학적 방법론은 필수 불가결의 요소라고 보아야 한다.
- ④ 유기체의 생활상은 다양한 환경적 요인에 의해 좌우되기 때문에 DNA 구조를 화학적으로 아무리 면밀히 분석해도 충분히 설명할 수가 없다. 화학적 탐구로는 생명 현상을 포괄적으로 설명할 수 없다.
- ⑤ DNA 연구는 불완전하게나마 생명 현상을 화학적인 수준에서 일관성 있게 설명할 수 있는 틀을 만들어 냈으며, 장차 학문 융합을 통해 생물학과 화학을 대체할 수 있는 새 분야를 탄생시킬 것이다.

◆ 26 LEET 언어이해 25~27번

[25~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

물과 기름은 혼합되지 않고 두 층으로 상(phase)이 분리되지만 물과 에탄올은 완전히 섞인 혼합물이 된다. 이러한 현상은 깃스 에너지 변화를 통해 설명할 수 있다. 화학 반응이나 변화는 깃스 에너지가 작아지는 방향이 자발적이다. 우리가 고찰하거나 실험하는 대상, 즉 계(system)에서의 혼합 시에 깃스 에너지 변화는 엔트로피 변화에 절대 온도를 곱한 값을 혼합열에서 뺀 값이다. 열이 계에서 주위로 나가는 발열이 일어나면 혼합열은 음(-)의 값이며, 열이 주위로부터 계로 들어오는 흡열은 양(+)의 값이다. 엔트로피 변화는 계가 무질서한 상태로 변화하면 양의 값이다.

한 순물질이 다른 순물질과 혼합물을 이루면 계의 엔트로피, 즉 무질서도가 증가한다. 위의 예시인 물과 에탄올이 혼합물을 이루는 과정은 발열 과정이다. 따라서 이 과정의 깃스 에너지 변화는 온도에 상관없이 항상 음수이므로, 이 과정은 항상 자발적이다. 계의 깃스 에너지 변화는 혼합뿐 아니라 화학 반응의 자발성도 결정한다. 또한 어떤 반응이 자발적이면 그 역반응은 비자발적이다.

한편 혼합 후의 전체 부피는 화학식이 서로 다른 물질로 이루어진 어떤 혼합물이든 혼합 전 부피의 산술적 합이 아니다. 25°C에서 순수한 물에 물 1몰을 첨가하면 총부피는 18.1cm³만큼 증가한다. 따라서 순수한 물 1몰의 부피는 18.1cm³/mol이며 특정 온도에서 어떤 순수한 물질 1몰의 부피는 물질마다 고유하다. 그런데 큰 부피의 순수한 에탄올에 물 1몰을 넣으면 총부피는 약 14cm³만 증가한다. 이러한 차이는 같은 수의 물 분자라 하더라도 그것들의 점유 부피는 그들을 둘러싼 분자들의 종류에 따라 다르기 때문이다. 매우 많은 에탄올에 소량의 물이 섞일 때는 각 물 분자가 에탄올 분자로 둘러싸인다. 순수한 물에서는 물 분자들을 특정 거리로 유지해 주던 수소 결합 네트워크가 여기서는 깨진다. 이는 수소 결합에 기인한 물 분자들 간의 인력보다 물과 에탄올 분자의 인력이 더 크기 때문이며, 깨어진 수소 결합 네트워크로 인해 전체 부피 증가가 덜하다. 그 증가량 14cm³/mol이 이 상황에서 물의 분몰 부피이다. 또한 물이 1몰 첨가될 때 부피 증가는 혼합물을 구성하는 물과 에탄올의 비율에 따라서도 다르게 된다. 물과 에탄올의 혼합물과는 달리 혼합 시에 이종 분자 간에 반발력이 작용한다면, 첨가한 부피보다 혼합물의 부피가 더 증가한다. 이때에도 혼합물 부피의 증가 정도는 혼합물 구성 성분의 비율에 따라 달라진다. 이러한 개념을 일반화하면 어떤 성분 i 의 분몰 부피(\bar{V}_i)는

$\left(\frac{\partial V}{\partial n_i}\right)_{T,P,n_{j \neq i}}$ 로 정의된다. 이 식은 성분 i 의 분몰 부피가 온도

(T), 압력(P), 다른 성분 j 의 몰수가 일정할 때, 혼합물의 부피(V)를 성분 i 의 몰수 n_i 로 미분한 값이라는 뜻이다. 이는 성분 i 의 몰수에 따른 혼합물의 부피 그래프에서 접선의 기울기를 의미한다.

2가지 성분의 혼합물 계에서 한 물질의 분몰 부피는 다른 물질의 분몰 부피와 관계를 갖는데, 이를 설명하는 식이 깃스-뒤엠 식으로, $n_i d\bar{V}_i + n_j d\bar{V}_j = 0$ 이다. 여기서 n_i 와 n_j 는 혼합물의 성분 i 와 j 의 몰수이며, $d\bar{V}_i$ 와 $d\bar{V}_j$ 는 각각 성분 i 와 j 각각의 분몰 부피 변화량이다. 이 관계식에 의하면 두 성분의 분몰 부피는 비율이 변함에 따라 독립적으로 변할 수 없으며 증감의 방향은 서로 반대이다. 한편 한 성분이 희석된 상태에서의 다른 성분의 분몰

부피 변화의 관계도 알 수 있다. 물의 비율이 매우 작은 영역에서는 물 분자를 둘러싼 에탄올이 물 분자의 수소 결합 네트워크를 깨는 양이 많아져 물의 분몰 부피가 급격히 변하지만, 에탄올의 분몰 부피는 물의 상대적인 양이 극도로 작으므로 완만한 변화를 보인다. 반면, 에탄올이 많이 희석된 상태에서는 에탄올의 분몰 부피가 급격히 변하며 물의 분몰 부피는 그렇지 않다.

순수한 물질 1몰의 부피와 달리, 분몰 부피는 음수인 경우도 있다. 가령 순수한 물에 황산마그네슘(MgSO₄)을 극소량 첨가했을 때 황산마그네슘의 분몰 부피는 -1.4cm³/mol이고, 이는 많은 양의 물에 황산마그네슘 1몰을 넣으면 부피가 1.4cm³ 감소한다는 것을 의미한다. 이것은 물에서 황산마그네슘이 Mg²⁺와 SO₄²⁻ 이온이 되어 물 분자와 결합하면서 물 분자들이 형성하고 있는 구조를 수축시키기 때문이다.

* 1몰: 원자나 분자 6.02 × 10²³개

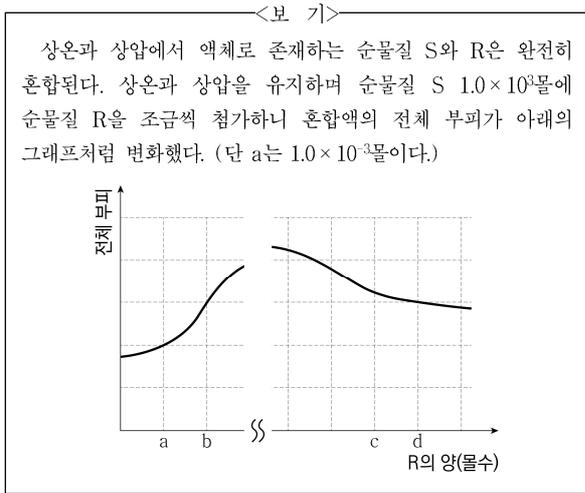
25. 뒷글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 물이 순수한 물질일 때 물 분자 간에는 수소 결합이 존재한다.
- ② 어떤 반응이 자발적이면 그 역반응은 자발적으로 일어나지 않는다.
- ③ 순수한 물 1몰의 부피는 순수한 에탄올 1몰의 부피와 다른 값을 갖는다.
- ④ 깃스-뒤엠 식은 서로 다른 성분의 분몰 부피 사이의 관계를 수학적으로 나타낸 것이다.
- ⑤ 이종 분자 간 반발력이 작용하는 혼합물의 분몰 부피는 구성 성분의 비율에 영향을 받지 않는다.

26. 뒷글에서 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 질량을 부피로 나눈 값인 밀도가 다른 두 종류의 순물질을 서로 같은 부피로 섞어 균질한 혼합물을 만들면, 혼합물의 밀도는 두 순물질 밀도의 평균값을 갖는다.
- ② 동일한 몰수의 황산마그네슘과 에탄올 극소량을 각각 많은 양의 물에 혼합하면, 두 경우 모두 혼합물의 부피는 혼합 전 이종 물질의 부피 합보다 작다.
- ③ 분몰 부피가 음수가 되는 혼합의 경우는 분몰 부피가 양수인 경우와 달리, 혼합 후에 엔트로피가 증가한다.
- ④ 순수한 물에서 분자들 간 거리의 평균보다 물과 에탄올 혼합물에서 분자들 간 거리의 평균이 크다.
- ⑤ 깃스 에너지의 단위에 절대 온도의 단위를 곱하면 엔트로피의 단위와 동일한 단위가 된다.

27. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 탐구한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① a에서보다 b에서 R의 분몰 부피는 더 크겠군.
- ② a와 b 사이의 구간에서 S의 분몰 부피는 감소하겠군.
- ③ a에서 b로 R의 양이 늘어 가면서 R의 분몰 부피 변화의 급격한 정도는 S의 분몰 부피 변화의 급격한 정도와 같겠군.
- ④ b와 c 사이의 구간에는 R을 소량 첨가했을 때 혼합물의 전체 부피가 변하지 않는 지점이 있겠군.
- ⑤ c와 d에서 동일한 극소량의 R이 R과 S의 혼합물에 첨가될 때, 혼합물의 부피가 줄어드는 정도는 c보다 d에서 더 작겠군.

◆ 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 그들은 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 홀원소로 존재하던 다른 원소와 결합하여 존재하던 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 α 와 β 의 별빛 스펙트럼을 살펴보니 많은 검은 선들을 볼 수 있었다. 이것들을 나트륨, 리튬의 스펙트럼의 밝은 선들과 비교했을 때, 나트륨 스펙트럼의 밝은 선들은 각각의 파장에서 항성 β 의 검은 선들과 겹쳐졌으나, 항성 α 의 검은 선들과는 겹쳐지지 않았다. 리튬 스펙트럼의 밝은 선들은 각각의 파장에서 항성 α 의 검은 선들과 겹쳐졌으나 항성 β 의 검은 선들과는 겹쳐지지 않았다.

- ① 항성 α 는 태양이 아니겠군.
- ② 항성 α 의 별빛 스펙트럼에는 리튬이 빛을 흡수해서 생긴 검은 선들이 있겠군.
- ③ 항성 β 에는 리튬이 존재하지 않겠군.
- ④ 항성 β 의 별빛 스펙트럼에는 D선과 일치하는 검은 선들이 없겠군.
- ⑤ 항성 β 의 별빛 스펙트럼에는 특정한 파장의 빛이 흡수되어 생긴 검은 선들이 있겠군.

◆ 14년 10월 고3 B형 25~26번

[25~26] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

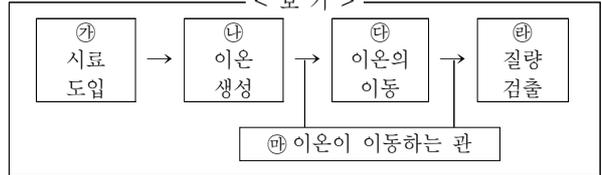
오랫동안 과학자들은 시료에 어떤 물질의 분자가 들어 있는지 알기 위해 여러 과학 기술을 동원하여 보다 효율적인 방법을 찾고자 하였다. 이러한 방법 중 하나인 질량 분석법은 동일한 전기적 힘을 받는 조건에서 각 이온이 질량에 따라 이동 속도가 달라진다는 사실을 이용하여 분자의 질량을 알아내는 방법이다. 분자의 질량이 클수록 이온의 질량이 크기 때문에 이를 통해 분자에 대한 정보를 확인할 수 있다. 질량 분석법은 1960년대 이후 표준적인 방법으로 사용되었다.

그러나 질량 분석법으로는 단백질과 같은 고분자의 질량을 알아낼 수가 없었다. 단백질과 같은 고분자는 구조가 복잡하고 열에 약하기 때문에 이온화를 위해 에너지를 가하면 이온화되기 전에 이미 변성이 되어 본래의 화학적 구조를 알 수 없게 되곤 하였다. 이러한 문제점은 1980년대 말디(MALDI)를 사용한 학자들에 의해 해결되었다.

말디는 고분자 시료에 이온화를 도와주는 화학적 완충제를 섞은 후 레이저를 쏘아 시료를 이온화하는 방법이다. 화학적 완충제는 레이저의 에너지를 적당하게 흡수하여 열에 약하고 깨지기 쉬운 고분자의 시료를 감싸 주어 원래 시료의 성질을 잃지 않은 상태에서 시료의 이온화를 도와준다. 이후 고분자 이온들은 관 내부에서 전기적 힘을 동 [A] 일하게 받으며 이동하게 된다. 이때 각 이온은 다른 이동 속도를 지닌다. 섞여 있는 상태의 이온들 속에서도 각 이온의 질량을 산출해 낼 수 있는데, 이는 이온의 질량이 클수록 이온의 이동 속도가 느리기 때문이다. ㉠ 섞여 있는 상태에서 분리된 각 이온들은 검출판에 도달하여 각 이온의 질량에 대한 자료를 전달한다. 이로써 시료에 어떤 분자들이 존재하는지 예측할 수 있게 되었다.

고분자 시료에 대한 말디의 적용은 생화학 연구에 의미 있는 일이었다. 이 방법으로 인해 생체를 구성하는 고분자에 대한 연구가 가능해지면서 미지의 물질을 과학적으로 확인할 수 있게 되었기 때문이다.

25. <보기>는 [A]를 도식화한 것이다. ㉠~㉤에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ㉠: 화학적 완충제를 섞어 형성된 시료를 사용한다.
- ② ㉡: 단백질과 같은 고분자 물질은 변성을 일으켜 이온화가 이루어지지 않는다.
- ③ ㉢: 각 이온의 이동 속도는 차이를 보인다.
- ④ ㉣: 분리된 이온들이 분자의 질량에 대한 자료를 만들어 낸다.
- ⑤ ㉤: 이 과정에서 이온에 가해지는 전기적 힘을 동일하게 유지해야 한다.

26. ㉠의 원리를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 이온의 이동 속도가 빠를수록 분자의 이동 시간은 오래 걸린다.
- ② 분자의 질량이 클수록 이온의 이동 속도는 느리다.
- ③ 시료의 양이 많을수록 이온의 이동 속도가 빠르다.
- ④ 이온의 질량이 클수록 분자의 질량은 작다.
- ⑤ 이온이 잘 섞일수록 이온의 질량은 크다.

[25~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

유기 화학자들은 화학 반응을 이용하여 유기 화합물의 조성과 구조를 분석하고 그러한 물질을 합성하는 것을 주업으로 삼는다. 20세기에 들어와서 유기 화학의 전통적인 구조 분석 방법을 대신할 수 있는 다양한 기술들이 개발되었는데, 그 중에서 1940년대 중반에 양자 이론에 힘입어 발명된 NMR 분광계는 물질의 구조 분석 방법에 혁신을 가져왔다. ‘핵자기 공명’을 뜻하는 NMR는 원자핵이 자기장 안에서 특정 진동수의 전자기파를 선택적으로 흡수하는 현상이다. 이렇게 해서 얻어지는 전자기파의 흡수 스펙트럼을 분석하여 분자의 구조를 알아내는 기구가 NMR 분광계이다. 이 기구를 사용하면 분자의 파괴나 변형 없이 화합물의 구조를 빠르게 확인할 수 있다.

원래 물리학의 실험 기구였던 NMR 분광계를 유기 화학 연구의 핵심 장치로 만드는 데 중추적인 역할을 담당한 사람이 미국의 화학자 로버츠였다. 이 기구는 당시에 유일하게 배리언사에서 제작하고 있었는데, 로버츠는 이것의 가치를 남들보다 ㉠ 일찍이 인식하고 1950년대부터 이 기구로 미지의 분자 구조를 밝혀내기 시작했다. 로버츠는 ‘선도 사용자’로서 유기 화학계에 이 기구의 유용성을 열심히 알렸다. 그는 NMR를 이용한 연구를 수행하는 한편 학생들에게 이 기구를 사용하여 연구하는 방법을 가르쳤고 그 내용을 정리하여 교재로 출판했다. 로버츠의 노력에 힘입어 이 기구를 사용하는 연구자의 수가 빠르게 늘어났다.

로버츠는 영향력을 발휘할 수 있는 지위를 얻게 되자 이 기구가 자신의 연구 방향에 적합하도록 배리언사에 이 기구의 업그레이드를 요구했다. 배리언사는 그의 요구를 적극적으로 수용하였는데, 그것은 로버츠가 이 기구를 활용한 방법을 다수의 다른 연구자들도 채용하고 있었기 때문이었다. 회사는 로버츠의 요구대로 업그레이드된 모델들을 계속 내놓았고, 로버츠는 그것으로 자신의 연구를 순조롭게 진척시킬 수 있었다.

시장이 커지면서 배리언사는 자체적으로 이 기구의 판매 증진을 도모했다. 이 회사는 유망한 화학자인 솔러리를 고용하여 대학의 유기 화학자들과 함께 NMR를 이용한 협동 연구를 활발하게 추진하였을 뿐 아니라, 이 기구와 관련된 실험 연구 정보를 학술지보다 더 빠르고 자세하게 과학자들에게 제공하였다.

로버츠와 제조사의 노력으로, 1960년과 1961년 사이에 NMR에 바탕을 둔 학술 논문의 출판이 네 배로 증가하는 등, NMR 분광계를 사용한 연구가 급격한 성장세를 보였다. 다른 나라에서도 유기 화학 분야의 첨단 연구를 수행하기 위해서 이 기구를 구입하는 일이 당연하게 여겨졌고, NMR 분광학은 유기 화학에서 확고한 지위를 획득하였다.

25. 로버츠가 수행한 '신도 사용자'로서의 역할에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① NMR 분광계의 작동 원리를 파악하여 그것의 개선에 기여했다.
- ② NMR 분광계의 사용자를 늘리기 위해 관련 학술지를 만들었다.
- ③ NMR 분광계를 일찍부터 사용하고 그것의 문제점을 지적했다.
- ④ NMR 분광계의 장점을 관련 과학 분야에 널리 알려 그것의 보급에 기여했다.
- ⑤ NMR 분광계의 제작사가 원하는 것을 이해하고 그에 맞는 이론을 제공했다.

26. 위 글에 제시된 로버츠의 'NMR 분광계'를 [A]라 하고 <보기>에 등장하는 웨버의 '중력과 검출기'를 [B]라 할 때, [A]와 [B]의 비교로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

1916년에 발표된 아인슈타인의 일반 상대성 이론은 중력파의 존재를 예측했다. 미국의 물리학자 웨버는 중력파를 검출하기 위해 원통 형태의 기구를 직접 제작했다. 이 중력파 검출기는 자체적으로 많은 노이즈를 발생시켰지만, 웨버는 그 속에서 중력파 신호를 검출할 수 있었다고 발표했다. 웨버의 실험에 자극을 받아 여러 연구 팀이 자체 제작한 실험 기구로 중력파를 검출하고자 시도하였으나 어느 팀도 성공하지 못했다. 웨버는 조작 시비에 휘말렸고, 그의 중력파 발견 주장은 물리학계에서 공인받지 못했다.

- ① [A]는 과학계에서 그 가치를 인정받았으나, [B]는 인정받지 못했다.
- ② [A]는 전문 제조 회사에서 제작했고, [B]는 연구자가 직접 제작했다.
- ③ [A]는 대상의 존재 여부를, [B]는 대상의 속성을 파악하기 위한 것이었다.
- ④ [A]는 검증된 이론에 기초해 제작되었고, [B]는 특정 이론의 검증을 위해 제작되었다.
- ⑤ [A], [B]는 모두 인간의 감각 기관으로는 지각하기 어려운 대상의 실체를 알아내기 위한 도구였다.

27. 위 글을 읽고 보일 수 있는 반응으로 적절하지 않은 것은?

- ① 과학 분야들 간의 교류가 과학의 발전을 촉진할 수 있겠구나.
- ② 기업체는 회사의 수익에 도움이 안 되는 사업을 벌이기도 하는구나.
- ③ 새로운 연구 방법의 도입이 새로운 세부 연구 분야를 만들어 내기도 하는구나.

- ④ 기업체는 과학자들에게 연구를 수행할 수 있는 일자리를 제공하기도 하는구나.
- ⑤ 어떤 세부 연구 분야의 연구 방향은 영향력 있는 과학자에 의해 결정될 수 있겠구나.

28. ㉠과 같은 의미로 쓰이지 않은 것은? [1점]

- ① 나는 오늘 일찍이 학교로 출발했다.
- ② 그녀는 아침 일찍이 밥을 해 먹었다.
- ③ 나는 일찍이 와서 오늘 업무를 준비했다.
- ④ 나는 일찍이 일을 끝내고 집으로 돌아왔다.
- ⑤ 그런 일은 일찍이 경험하지 못했던 일이다.

◆ 11 MDEET 언어추론 26~28번

[26~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

균일도란 서로 화학 반응을 일으키지 않는 여러 성분의 분말들이 혼합되어 복합 화학제품이 만들어질 때, 제품 사이에서 각 성분 함량 비율이 일정하게 유지되는 정도를 의미한다. 특히 많은 양의 원료를 혼합한 뒤 그것을 일정한 질량으로 나누어 최종 판매 제품으로 만드는 대량 생산 방식에 있어서 균일도는 제품의 품질을 결정하는 데 중요한 판단 기준이 된다.

균일도는 원료 혼합 공정의 전 과정에서 제대로 관리하지 못하면 나중에는 해결하기 어렵다. 그래서 원료 분말을 최종 함량 비율 기준에 정확하게 맞추어 교반기에 넣어야 하고, 교반 중에는 분말의 균일도를 반복적으로 분석하여 성분 함량 비율이 기준에 일치하는지 꼭 확인해야 한다.

다종의 분말들을 섞는 혼합 공정에서 혼합 균일도는 교반기를 잠시 멈추고, 동일한 질량을 가지는 일정한 수의 검체를 채취해 분석하여, 각 검체별로 각 성분들의 함량비를 얻고 이로부터 각 성분 함량비의 분산 값을 구하는 방법으로 확인할 수 있다. 이때 이 분산 값이 작을수록 균일도가 높다고 본다. 교반기를 적절히 시간 간격으로 정지시켜 이와 같은 일을 반복하면, 교반 진행 시간에 따른 분산 값의 추이는 모두 하강하는 곡선으로 나타나고 최종적으로는 일정 수준에 수렴하게 된다. 이 시점이 되면 더 이상 교반하는 것이 의미가 없으므로 이 분산 값이 미리 정한 기준에 도달하는 것이 확인될 때 혼합 공정을 종료하면 된다.

균일도를 정확히 점검하기 위해서는 통계적 기준을 고려하여 검체의 개수와 검체 하나당 질량, 검체의 채취 위치 등을 정해야 한다. 검체 개수는 분산에 영향을 준다. 검체 개수가 너무 적으면 분산 값 추정에 오류가 많아진다. 또 검체 하나당 질량은 최종 제품 하나당 질량을 기준으로 삼아 그 채취의 상한선이 정해져야 한다. 한편 검체의 채취 위치는 '무작위 선택'의 방법을 사용하여 선정한다. 즉 교반기 내 분말 전체를 대상으로 검체를 수평 및 수직 방향 모두에서 무작위적으로 고르게 채취해야 한다.

그런데 이런 ㉠ 고전적인 방법은 교반 도중에 화학 분석을 위해 교반기를 반복적으로 대기하게 해서 시간이 많이 걸리는 문제가 있다. 화학 분석을 하기 위해서는 먼저 개별 검체들을 분석에 적합한 용액으로 만드는 검체 '전(前)처리' 과정이 필요한데 이 과정에서 상당한 시간이 걸리기도 하고, 성분 함량의 검출을 위해 시약 반응을 이용하는 화학 분석법 자체가 긴 시간을 요하기도 하기 때문이다. 그렇다고 해서, 공정 총시간을 절약하려고 분석 결과가 나오기도 전에 교반기를 다시 가동하는 것은 부적절하다. 그렇게 하면 분석으로 얻게 되는 정보가 교반기 안의 현 상태를 반영하지 못할 뿐만 아니라, 단순히 많이 교반한다고 잘 섞이는 것도 아니기 때문이다.

한편 균일도를 높이기 위해서는 분말의 물성이 균일도에 주는 영향도 고려해야 한다. 모든 측면에서 물성이 같은 분말들은 오래 교반하는 것만으로도 잘 섞이지만, 물성에 차이가 있는 경우, 교반 과정에서 물성이 서로 비슷한 것끼리 모이는 구역들이 생겨나는 ㉡ '분체 분리 현상'이 일어나 혼합 균일도가 낮아지기 때문이다. 분체 분리를 가져오는 물성으로는 분말 입자의 크기, 밀도, 입체적 형태, 표면 부착성 등이 있다. 그런데 분말의 입자 크기와 같은 물성은 사전에 고르게 되도록 조절이 가능하지만, 밀도나 형태와 같은 물성은 실질적인 조절이 불가능하다.

균일도 점검과 관련하여 최근에는 ㉢ 분광기를 사용하는 방법이 대체를 이루고 있다. 이것은 교반기를 작동하는 중에도 교반기 최적 위치상의 투명창에 부착된 분광기를 통해 얻은 자료를 컴퓨터로 실시간 전송하여 분석하는 방법이다. 가동되고 있는 교반기 내부에서 섞이고 있는 분말 전체가 투명창 앞을 지나가면, 특정 시점에 투명창 앞을 지나는 분말의 일정 영역이 분광기가 보낸 빛에 노출된다. 이때 분말에 반사되어 분광기에 다시 도달하는 빛으로부터 분말의 성분 함량과 연관된 몇 종류 색의 빛의 세기 값을 얻게 된다. 각 빛의 세기와 성분 함량 사이의 관계식을 이용하면 그 값은 분광기가 관측한 영역에서의 각 성분의 함량비 값으로 변환된다. 분광기를 통해 거의 연속적으로 얻을 수 있는 함량비 값을 순차적으로 정해진 개수끼리 묶어 분산을 구한다. 이 분산 값이 미리 정한 기준에 이르면 분말이 잘 섞였다고 판단하여 혼합 공정을 종료한다.

26. 균일도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
- ① 원료 혼합 공정에서 확인되어야 한다.
 - ② 복합 화학제품의 품질을 좌우하는 주요 기준이다.
 - ③ 복합 화학제품에 포함된 주요 성분의 함량비이다.
 - ④ 통계적 방법에 의해 얻어진 분산 값으로 측정한다.
 - ⑤ 기대한 수준에 도달하게 되면 혼합 공정을 종료한다.
27. ㉡를 줄이기 위한 방법은?
- ① 교반 대기 시간을 줄인다.
 - ② 검체 하나의 질량을 늘린다.
 - ③ 분광기의 자료 전송 간격을 늘린다.
 - ④ 검체 채취 위치가 고르게 분포되도록 한다.
 - ⑤ 원료의 조절 가능한 물성을 서로 비슷하게 한다.
28. ㉠과 ㉢을 대비한 것으로 적절하지 않은 것은?
- | | |
|--------------|-----------------------|
| ㉠ | ㉢ |
| ① 채취된 검체 | 빛에 노출된 분말 |
| ② 검체의 개수 | 색의 종류 |
| ③ 검체 하나당 질량 | 빛에 노출된 분말의 영역 크기 |
| ④ 분석에 사용한 시약 | 분광기가 보낸 빛 |
| ⑤ 시약의 반응량 측정 | 분말에 반사되어 돌아온 빛의 세기 측정 |