

이배이 Essential 2021

2. 과학기술



이베이 2021

Essential

제본시 짝수쪽이 좌측에 오도록 양면복사를 하시면 훨씬 원활한 풀이가 가능합니다.

해당 쪽이 오른쪽에 오도록

+) 표지가 1페이지, 표지와 백지가 한 장이 되도록

1. 인문예술
2. 사회문화-1 경제
3. 과학기술
4. 사회문화-2 법
5. 융합
6. Final-e

목차

1. 들어가기에 앞서
2. 최근 기출 Trend 확인
3. 중요도 정리
4. S급 지문 모음
5. S급 심층 분석
6. S급 관련 LEET 기출
7. A급 중요 문단 정리
8. B, C급 지문 토픽 정리

1. 들어가기에 앞서

안녕하세요, 이배이 시리즈 저자입니다.

작년 EBS 분석서 2019 Essential 로 진행했던

‘최종 적중 콘텐츠’는 올해 ‘이배이 Essential’으로 선보입니다.

‘적중’이라 함은 양날의 검입니다.

신뢰를 하다간 배신을 당할 수도 있으며
활용을 하지 않으면 시간 낭비를 하기 때문입니다.

그렇기 때문에 ‘적정선’에서 적절한 활용을 하시기 바랍니다.

맹신은 지 마시되, 적절히 ‘활용’하시기 바랍니다.

이상입니다.

감사합니다.

2. 최근 기출 Trend 확인

*괄호는 융합지문의 일부

	과학	기술
2022학년도 예시		축전기의 원리
2021학년도 9평	항미생물 화학제	
2021학년도 6평		광학 영상 안정화 기술
2020학년도 수능	레트로바이러스	
2020학년도 9평		GPS, 비콘, 삼각측량
2020학년도 6평	미토콘드리아	
2019학년도 수능	우주론	
2019학년도 9평		주사터널링 현미경
2019학년도 6평		LFIA 키트
2018학년도 수능		엔트로피 부호화
2018학년도 9평	(양자역학)	
2018학년도 6평		DNS 스푸핑
2017학년도 수능	반추위 동물의 소화	
2017학년도 9평	칼로릭에 대한 이론	콘크리트와 활용
2017학년도 6평		퍼셉트론

과학

2021학년도 9평

질병을 유발하는 병원체에는 세균, 진균, 바이러스 등이 있다. 생명체의 기본 구조에 속하는 세포막은 지질을 주성분으로 하는 이중층이다. 세균과 진균은 일반적으로 세포막 바깥 부분에 세포벽이 있고, 바이러스의 표면은 세포막 대신 캡시드라고 부르는 단백질로 이루어져 있다. 바이러스의 종류에 따라 캡시드 외부가 지질을 주성분으로 하는 피막으로 덮인 경우도 있다. 한편 진균과 일부 세균은 다른 병원체에 비해 건조, 열, 화학 물질에 저항성이 강한 포자를 만든다.

생활 환경에서 병원체의 수를 억제하고 전염병을 예방하기 위한 목적으로 사용하는 방역용 화학 물질을 '항(抗)미생물 화학제'라 한다. 항미생물 화학제는 다양한 병원체가 공통으로 갖는 구조를 구성하는 성분들에 화학 작용을 일으키므로 광범위한 살균 효과가 있다. 그러나 병원체의 구조와 성분은 병원체의 종류에 따라 완전히 같지는 않으므로, 동일한 항미생물 화학제라도 그 살균 효과는 다를 수 있다.

항미생물 화학제 중 멸균제는 포자를 포함한 모든 병원체를 파괴한다. 감염방지제는 포자를 제외한 병원체를 사멸시키는 화합물로 병원, 공공시설, 가정의 방역에 사용된다. 감염방지제 중 독성이 약해 사람의 피부나 상처 소독에도 사용이 가능한 항미생물 화학제를 소독제라 한다. 사람의 세포막도 지질 성분으로 이루어져 있어 소독제라 하더라도 사람의 세포를 죽일 수 있으므로, 눈이나 호흡기 등의 점막에 접촉하지 않도록 주의해야 한다. 따라서 항미생물 화학제는 병원체에 대한 최대의 방역 효과와 인체 및 환경에 대한 최고의 안전성을 확보할 수 있도록 종류별 사용법을 지켜야 한다.

항미생물 화학제의 작용기제는 크게 병원체의 표면을 손상시키는 방식과 병원체 내부에서 대사 기능을 저해하는 방식으로 나눌 수 있지만, 많은 경우 두 기제가 함께 작용한다. 고농도 에탄올 등의 알코올 화합물은 세포막의 기본 성분인 지질을 용해시키고 단백질을 변성시키며, 병원성 세균에서는 세포벽을 약화시킨다. 또한 알코올 화합물은 지질 피막이 없는 바이러스보다 지질 피막이 있는 병원성 바이러스에서 방역 효과가 크다. 지질 피막은 병원성 바이러스가 사람을 감염시키는 과정에서 중요한 역할을 하기 때문에, 지질을 손상시키는 기능을 가진 항미생물 화학제만으로도 병원성 바이러스에 대한 방역 효과가 있다. 지질 피막의 유무와 관계없이 다양한 바이러스의 감염 예방을 위해서는 하이포염소산 소독 등의 산화제가 널리 사용된다. 병원성 바이러스의 방역에 사용되는 산화제는 바이러스의 공통적인 표면 구조를 이루는 캡시드를 손상시키는 기능이 있어 바이러스를 파괴하거나 바이러스의 감염력을 잃게 한다.

병원체의 표면에 생긴 약간의 손상이 병원체를 사멸시키는 데 충분하지 않더라도, 항미생물 화학제가 내부로 침투하면 살균 효과가 증가한다. 알킬화제와 산화제는 병원체의 내부로 침투하면 필수적인 물질 대사를 정지시킨다. 글루타르 알데하이드와 같은 알킬화제가 알킬 작용기를 단백질에 결합시키면 단백질을 변성시켜 기능을 상실하게 하고, 핵산의 염기에 결합시키면 핵산을 비정상 구조로 변화시켜 유전자 복제와 발현을 교란한다. 산화제인 하이포염소산 소독은 병원체 내에서 불특정한 단백질들을 산화시켜 단백질로 이루어진 효소들의 기능을 비활성화하고 병원체를 사멸에 이르게 한다.

2020학년도 수능

신체의 세포, 조직, 장기가 손상되어 더 이상 제 기능을 하지 못할 때에 이를 대체하기 위해 이식을 실시한다. 이때 이식으로 옮겨 붙이는 세포, 조직, 장기를 이식편이라 한다. 자신이나 일란성 쌍둥이의 이식편을 이용할 수 없다면 다른 사람의 이식편으로 '동종 이식'을 실시한다. 그런데 우리의 몸은 자신의 것이 아닌 물질이 체내로 유입될 경우 면역 반응을 일으키므로, 유전적으로 동일하지 않은 이식편에 대해 항상 거부 반응을 일으킨다. 면역 거부 반응은 면역 세포가 표면에 발하는 주조직적합복합체(MHC) 분자의 차이에 의해 유발된다. 개체마다 MHC에 차이가 있는데 서로 간의 유전적 거리가 멀수록 MHC에 차이가 커져 거부 반응이 강해진다. 이를 막기 위해 면역 억제제를 사용하는데, 이는 면역 반응을 억제하여 질병 감염의 위험성을 높인다.

이식에는 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라 이식이 가능한 동종 이식편의 수가 매우 부족하기 때문에 이를 대체하는 방법이 개발되고 있다. 우선 인공 심장과 같은 '전자 기기 인공 장기'를 이용하는 방법이 있다. 하지만 이는 장기의 기능을 일시적으로 대체 하는 데 사용되며, 추가 전력 공급 및 정기적 부품 교체 등이 요구되는 단점이 있고, 아직 인간의 장기를 완전히 대체할 만큼 정교한 단계에 이르지 못했다.

다음으로는 사람의 조직 및 장기와 유사한 다른 동물의 이식편을 인간에게 이식하는 '이종 이식'이 있다. 그런데 이종 이식은 동종 이식보다 거부 반응이 훨씬 심하게 일어난다. 특히 사람이 가진 자연항체는 다른 종의 세포에서 발현되는 항원에 반응하는데, 이로 인해 이종 이식편에 대해서 초급성 거부 반응 및 급성 혈관성 거부 반응이 일어난다. 이런 거부 반응을 일으키는 유전자를 제거한 형질 전환 미니돼지에서 얻은 이식편을 이식하는 실험이 성공한 바 있다. 미니돼지는 장기의 크기가 사람의 것과 유사하고 번식력이 높아 단시간에 많은 개체를 생산할 수 있다는 장점이 있어, 이를 이용한 이종 이식편을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다.

이종 이식의 또 다른 문제는 내인성 레트로바이러스이다. 내인성 레트로바이러스는 생명체의 DNA의 일부분으로, 레트로 바이러스로부터 유래된 것으로 여겨지는 부분들이다. 이는 바이러스의 활성을 가지지 않으며 사람을 포함한 모든 포유류에 존재 한다. 레트로바이러스는 자신의 유전정보를 RNA에 담고 있고 역전사 효소를 갖고 있는 바이러스로서, 특정한 종류의 세포를 감염시킨다. 유전 정보가 담긴 DNA로부터 RNA가 생성 되는 전사 과정만 일어날 수 있는 다른 생명체와는 달리, 레트로바이러스는 다른 생명체의 세포에 들어간 후 역전사 과정을 통해 자신의 RNA를 DNA로 바꾸고 그 세포의 DNA에 끼여들어 감염시킨다. 이후에는 다른 바이러스와 마찬가지로 자신이 속해 있는 생명체를 숙주로 삼아 숙주 세포의 시스템을 이용하여 복제, 증식하고 일정한 조건이 되면 숙주 세포를 파괴한다.

그런데 정자, 난자와 같은 생식 세포가 레트로바이러스에 감염 되기도 살아남는 경우가 있었다. 이런 세포로부터 유래된 자손의 모든 세포가 갖게 된 것이 내인성 레트로바이러스이다. 내인성 레트로바이러스는 세대가 지나면서 돌연변이로 인해 염기 서열의 변화가 일어나며 해당 세포 안에서는 바이러스로 활동하지 않는다. 그러나 내인성 레트로바이러스를 떼어 내어 다른 종의 세포 속에 주입하면 이는 레트로바이러스로 변환되어 그 세포를 감염시키기도 한다. 따라서 미니돼지의 DNA에 포함된 내인성 레트로바이러스를 효과적으로 제거하는 기술이 개발 중에 있다.

그동안의 대체 기술과 관련된 연구 성과를 토대로 이상적인 이식편을 개발하기 위해 많은 연구가 수행되고 있다.

2020학년도 6평

우리는 한 대의 자동차는 개체라고 하지만 바닷물을 개체라고 하지는 않는다. 어떤 부분들이 모여 하나의 개체를 이룬다고 할 때 이를 개체라고 부를 수 있는 조건은 무엇일까? 일단 부분들 사이의 유사성은 개체성의 조건이 될 수 없다. 가령 일관성 쌍둥이인 두 사람은 DNA 염기 서열과 외모도 같지만 동일한 개체는 아니다. 그래서 부분들의 강한 유기적 상호작용이 그 조건으로 흔히 제시된다. 하나의 개체를 구성하는 부분들은 외부 존재가 개체에 영향을 주는 것과는 비교할 수 없이 강한 방식으로 서로 영향을 주고받는다.

상이한 시기에 존재하는 두 대상을 동일한 개체로 판단하는 조건도 물을 수 있다. 그것은 두 대상 사이의 인과성이다. 과거의 '나'와 현재의 '나'를 동일하다고 볼 수 있는 것은 강한 인과성이 존재하기 때문이다. 과거의 '나'와 현재의 '나'는 세포 분열로 세포가 교체되는 과정을 통해 인과적으로 연결되어 있다. 또 '나'가 세포 분열을 통해 새로운 개체를 생성할 때도 '나'와 '나의 후손'은 인과적으로 연결되어 있다. 비록 '나'와 '나의 후손'은 동일한 개체는 아니지만 '나'와 다른 개체들 사이에 비해 더 강한 인과성으로 연결되어 있다.

개체성에 대한 이러한 철학적 질문은 생물학에서도 중요한 연구 주제가 된다. 생명체를 구성하는 단위는 세포이다. 세포는 생명체의 고유한 유전 정보가 담긴 DNA를 가지며 이를 복제하여 증식하고 번식하는 과정을 통해 자신의 DNA를 후세에 전달한다. 세포는 사람과 같은 진핵생물의 진핵세포와, 박테리아나 고세균과 같은 원핵생물의 원핵세포로 구분된다. 진핵세포는 세포질에 막으로 둘러싸인 핵이 있고 그 안에 DNA가 있지만, 원핵세포는 핵이 없다. 또한 진핵세포의 세포질에는 막으로 둘러싸인 여러 종류의 세포 소기관이 있으며, 그중 미토콘드리아는 세포 활동에 필요한 생체 에너지를 생산하는 기관이다. 대부분의 진핵세포는 미토콘드리아를 필수적으로 가지고 있다.

이러한 미토콘드리아가 원래 박테리아의 한 종류인 원생미토콘드리아였다는 이론이 20세기 초에 제기되었다. 공생발생설 또는 세포 내 공생설이라고 불리는 이 이론에서는 두 원핵생물 간의 공생 관계가 지속되면서 진핵세포를 가진 진핵생물이 탄생했다고 설명한다. 공생은 서로 다른 생명체가 함께 살아가는 것을 말하며, 서로 다른 생명체를 가정하는 것은 어느 생명체의 세포 안에서 다른 생명체가 공생하는 '내부 공생'에서도 마찬가지이다. 공생발생설은 한동안 생물학계로부터 인정받지 못했다. 미토콘드리아의 기능과 대략적인 구조, 그리고 생명체 간 내부 공생의 사례는 이미 알려졌지만 미토콘드리아가 과거에 독립된 생명체였다는 것을 쉽게 믿을 수 없었기 때문이었다. 그리고 한 생명체가 세대를 이어 가는 과정 중에 돌연변이와 자연선택이 일어나고, 이로 인해 종이 진화하고 분화한다고 보는 전통적인 유전학에서 두 원핵생물의 결합은 주목받지 못했다. 그러다가 전자 현미경의 등장으로 미토콘드리아의 내부까지 세밀히 관찰하게 되고, 미토콘드리아 안에는 세포핵의 DNA와는 다른 DNA가 있으며 단백질을 합성하는 자신만의 리보솜을 가지고 있다는 사실이 밝혀지면서 공생발생설이 새롭게 부각되었다.

공생발생설에 따르면 진핵생물은 원생미토콘드리아가 고세균의 세포 안에서 내부 공생을 하다가 탄생했다고 본다. 고세균의 핵의 형성과 내부 공생의 시작 중 어느 것이 먼저인지에 대해서는 논란이 있지만, 고세균은 세포질에 핵이 생겨 진핵세포가 되고 원생미토콘드리아는 세포 소기관인 미토콘드리아가 되어 진핵생물이 탄생했다는 것이다. 미토콘드리아가 원래 박테리아의 한 종류였다는 근거는 여러 가지가 있다. 박테리아와 마찬가지로 새로운 미토콘드리아는 이미 존재하는 미토콘드리아의 '이분 분열'을 통해서만 만들어진다. 미토콘드리아의 막에는 진핵세포막의 수송 단백질과는 다른 종류의 수송 단백질인 포린이 존재하고 박테리아의 세포막에 있는 카디오리핀이 존재한다. 또 미토콘드리아의 리보솜은 진핵세포의 리보솜보다 박테리아의 리보솜과 더 유사하다.

미토콘드리아는 여전히 고유한 DNA를 가진 채 복제와 증식이 이루어지는데도, 미토콘드리아와 진핵세포 사이의 관계를 공생 관계로 보지 않는 이유는 무엇일까? 두 생명체가 서로 떨어져서 살 수 없더라도 각자의 개체성을 잃을 정도로 유기적 상호작용이 강하지 않다면 그들은 공생 관계에 있다고 보는데, 미토콘드리아와 진핵세포 간의 유기적 상호작용은 둘을 다른 개체로 볼 수 없을 만큼 매우 강하기 때문이다. 미토콘드리아가 개체성을 잃고 세포 소기관이 되었다고 보는 근거는, 진핵세포가 미토콘드리아의 증식을 조절하고, 자신을 복제하여 증식할 때 미토콘드리아도 함께 복제하여 증식시킨다는 것이다. 또한 미토콘드리아의 유전자의 많은 부분이 세포핵의 DNA로 옮겨 가 미토콘드리아의 DNA 길이가 현저히 짧아졌다는 것이다. 미토콘드리아에서 일어나는 대사 과정에 필요한 단백질은 세포핵의 DNA로부터 합성되고, 미토콘드리아의 DNA에 남은 유전자 대부분은 생체 에너지를 생산하는 역할을 한다. 예컨대 사람의 미토콘드리아는 37개의 유전자만 있을 정도로 DNA 길이가 짧다.

2019학년도 수능

16세기 전반에 서양에서 태양 중심설을 지구 중심설의 대안으로 제시하며 시작된 천문학 분야의 개혁은 경험주의의 확산과 수리 과학의 발전을 통해 형이상학을 뒤바꾸는 변혁으로 이어졌다. 서양의 우주론 이 전파되자 중국에서는 중국과 서양의 우주론을 회통하려는 시도가 전개되었고, 이 과정에서 자신의 지적 유산에 대한 관심이 제고되었다.

복잡한 문제를 단순화하여 푸는 수학적 전통을 이어받은 코페르니쿠스는 천체의 운동을 단순하게 기술할 방법을 찾고자 하였고, 그것이 일으킬 형이상학적 문제에는 별 관심이 없었다. 고대의 아리스토텔레스와 프톨레마이오스는 우주의 중심에 고정되어 움직이지 않는 지구의 주위를 달, 태양, 다른 행성들의 천구들과, 항성들이 붙어 있는 항성 천구가 회전한다는 지구 중심설을 내세웠다. 그와 달리 코페르니쿠스는 태양을 우주의 중심에 고정하고 그 주위를 지구를 비롯한 행성들이 공전하며 지구가 자전하는 우주 모형을 만들었다. 그러자 프톨레마이오스보다 훨씬 적은 수의 원으로 행성들의 가시적인 운동을 설명할 수 있었고 행성이 태양에서 멀수록 공전 주기가 길어진다는 점에서 단순성이 충족되었다. 그러나 아리스토텔레스의 형이상학을 고수하는 다수 지식인과 종교 지도자들은 그의 이론을 받아들여 하지 않았다. 왜냐하면 그것은 지상계와 천상계를 대립시키는 아리스토텔레스의 이분법적 구도를 무너뜨리고, 신의 형상을 지닌 인간을 한갓 행성의 거주자로 전락시키는 것으로 여겨졌기 때문이다.

16세기 후반에 브라헤는 코페르니쿠스 천문학의 장점은 인정하면서도 아리스토텔레스 형이상학과의 상충을 피하고자 우주의 중심에 지구가 고정되어 있고, 달과 태양과 항성들은 지구 주위를 공전하며, 지구 외의 행성들은 태양 주위를 공전하는 모형을 제안하였다. 그러나 케플러는 우주의 수직 질서를 신봉하는 형이상학인 신플라톤주의에 매료되었기 때문에, 태양을 우주 중심에 배치하여 단순성을 추구한 코페르니쿠스의 천문학을 받아들였다. 하지만 그는 경험주의자였기에 브라헤의 천체 관측치를 활용하여 태양 주위를 공전하는 행성의 운동 법칙들을 수립할 수 있었다. 우주의 단순성을 새롭게 보여 주는 이 법칙들은 아리스토텔레스 형이상학을 더 이상 존존할 수 없게 만들었다.

17세기 후반에 뉴턴은 태양 중심설을 역학적으로 정당화하였다. 그는 만유인력 가설로부터 케플러의 행성 운동 법칙들을 성공적으로 연역했다. 이때 가정된 만유인력은 두 질점*이 서로 당기는 힘으로, 그 크기는 두 질점의 질량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. 지구를 포함하는 천체들이 밀도가 균질하거나 구 대칭*을 이루는 구라면 천체가 그 천체 밖 어떤 질점을 당기는 만유인력은, 그 천체를 잘게 나누는 부피 요소들 각각이 그 천체 밖 어떤 질점을 당기는 만유인력을 모두 더하여 구할 수 있다. 또한 여기에서 지구보다 질량이 큰 태양과 지구가 서로 당기는 만유인력이 서로 같음을 증명할 수 있다. 뉴턴은 이 원리를 적용하여 달의 공전 궤도와 사과의 낙하 운동 등에 관한 실측값을 연역함으로써 만유인력의 실재를 입증하였다.

16세기 말부터 중국에 본격 유입된 서양 과학은, 청 왕조가 1644년 중국의 역법(曆法)을 기반으로 서양 천문학 모델과 계산법을 수용한 시헌력을 공식 채택함에 따라 그 위상이 구체화되었다. 브라헤와 케플러의 천문 이론을 차례대로 수용하여 정확도를 높인 시헌력이 생활 리듬으로 자리 잡았지만, 중국 지식인들은 서양 과학이 중국의 지적 유산에 적절히 연결되지 않으면 아무리 효율적이라도 불온한 요소로 여겼다. 이에 따라 서양 과학에 매료된 학자들도 어떤 방식으로든 서양 과학과 중국 전통 사이의 적절한 관계 맺음을 통해 이 문제를 해결하고자 하였다.

17세기 옹명우와 방이지 등은 중국 고대 문헌에 수록된 우주론에 대해서는 부정적 태도를 견지하면서 성리학적 기론(氣論)에 입각하여 실증적인 서양 과학을 재해석한 독창적 이론을 제시하였다. 수성과 금성이 태양 주위를 회전한다는 그들의 태양계 학설은 브라헤의 영향이 있었지만, 태양의 크기에 대한 서양 천문학 이론에 의문을 제기하고 기(氣)와 빛을 결부하여 제시한 광학 이론은 그들이 창안한 것이었다.

17세기 후반 왕석천과 매문정은 서양 과학의 영향을 받아 경험적 추론과 수학적 계산을 통해 우주의 원리를 파악하고자 하였다. 그러면서 서양 과학의 우수한 면은 모두 중국 고전에 이미 갖추어져 있던 것인데 옹명우 등이 이를 깨닫지 못한 채 성리학 같은 형이상학에 몰두했다고 비판했다. 매문정은 고대문헌에 언급된, 하늘이 땅의 네 모퉁이를 가릴 수 없을 것이라는 증자의 말을 땅이 둥글다는 서양 이론과 연결하는 등 서양 과학의 중국 기원론을 뒷받침하였다.

중국 천문학을 중심으로 서양 천문학을 회통하려는 매문정의 입장은 18세기 초를 기점으로 중국의 공식 입장으로 채택되었으며, 이 입장은 중국의 역대 지식 성과물을 망라한 총서인 『사고전서』에 그대로 반영되었다. 이 총서의 편집자들은 고대부터 당시까지 쏟아진 천문 관련 문헌들을 정리하여 수록하였다. 이와 같이 고대 문헌에 담긴 우주론을 재해석하고 확인하려는 경향은 19세기 중엽까지 주를 이루었다.

* 질점 : 크기가 없고 질량이 모여 있다고 보는 이론상의 물체.

* 구 대칭 : 어떤 물체가 중심으로부터 모든 방향으로 같은 거리에서 같은 특성을 갖는 상태.

2018학년도 9평

고전 역학에 따르면, 물체의 크기에 관계없이 초기 운동 상태를 정확히 알 수 있다면 일정한 시간 후의 물체의 상태는 정확히 측정될 수 있으며, 배타적인 두 개의 상태가 공존할 수 없다. 하지만 20세기에 등장한 양자 역학에 의해 미시 세계에서는 상호 배타적인 상태들이 공존할 수 있음이 알려졌다.

미시 세계에서의 상호 배타적인 상태의 공존을 이해하기 위해, 거시 세계에서 회전하고 있는 반지름 5 cm의 팽이를 생각해보자. 그 팽이는 시계 방향 또는 반시계 방향 중 한쪽으로 회전하고 있을 것이다. 팽이의 회전 방향은 관찰하기 이전에 이미 정해져 있으며, 다만 관찰을 통해 알게 되는 것뿐이다. 이와 달리 미시 세계에서 전자만큼 작은 팽이 하나가 회전하고 있다고 상상해 보자. 이 팽이의 회전 방향은 시계 방향과 반시계 방향의 두 상태가 공존하고 있다. 하나의 팽이에 공존하고 있는 두 상태는 관찰을 통해서 한 가지 회전 방향으로 결정된다. 두 개의 방향 중 어떤 쪽이 결정될지는 관찰하기 이전에는 알 수 없다. 거시 세계와 달리 양자 역학이 지배하는 미시 세계에서는, 우리가 관찰하기 이전에는 상호 배타적인 상태가 공존하는 것이다. 배타적인 상태의 공존과 관찰 자체가 물체의 상태를 결정한다는 개념을 받아들이기 힘들었기 때문에, 아인슈타인은 “당신이 달을 보기 전에는 달이 존재하지 않는 것인가?”라는 말로 양자 역학의 해석에 회의적인 태도를 취하였다.

최근에는 상호 배타적인 상태의 공존을 적용함으로써 초고속 연산을 수행하는 양자 컴퓨터에 대한 연구가 진행되고 있다. 이는 양자 역학에서 말하는 상호 배타적인 상태의 공존이 현실에서 실제로 구현될 수 있음을 잘 보여 주는 예라 할 수 있다. 미시 세계에 대한 이러한 연구 성과는 거시 세계에 대해 우리가 자연스럽게 지니게 된 상식적인 생각들에 근본적인 의문을 던진다. 이와 비슷한 의문은 논리학에서도 볼 수 있다.

고전 논리는 ‘참’과 ‘거짓’이라는 두 개의 진리치만 있는 이치 논리이다. 그리고 고전 논리에서는 어떠한 진술이든 ‘참’ 또는 ‘거짓’이다. 이는 우리의 상식적인 생각과 잘 들어맞는다. 그러나 프리스트에 따르면, ‘참’인 진술과 ‘거짓’인 진술 이외에 ‘참인 동시에 거짓’인 진술이 있다. 이를 설명하기 위해 그는 ‘거짓말쟁이 문장’을 제시한다. 거짓말쟁이 문장을 이해하기 위해 자기 지시적 문장과 자기 지시적이지 않은 문장을 구분해 보자. 자기 지시적 문장은 말 그대로 자기 자신을 가리키는 문장을 말한다. 예를 들어 “이 문장은 모두 열여덟 음절로 이루어져 있다.”라는 ‘참’인 문장은 자기 자신을 가리키며 그것이 몇 음절로 이루어져 있는지 말하고 있다. 반면 “페루의 수도는 리마이다.”라는 ‘참’인 문장은 페루의 수도가 어디인지 말할 뿐 자기 자신을 가리키는 문장은 아니다.

“이 문장은 거짓이다.”는 거짓말쟁이 문장이다. 이는 ‘이 문장’이라는 표현이 문장 자체를 가리키며 그것이 ‘거짓’이라고 말하는 자기 지시적 문장이다. 그렇다면 프리스트는 왜 거짓말쟁이 문장에 ‘참인 동시에 거짓’을 부여해야 한다고 생각할까? 이에 답하기 위해 우선 거짓말쟁이 문장이 ‘참’이라고 가정해 보자. 그렇다면 거짓말쟁이 문장은 ‘거짓’이다. 왜냐하면 거짓말쟁이 문장은 자기 자신을 가리키며 그것이 ‘거짓’이라고 말하는 문장이기 때문이다. 반면 거짓말쟁이 문장이 ‘거짓’이라고 가정해보자. 그렇다면 거짓말쟁이 문장은 ‘참’이다. 왜냐하면 그것이 바로 그 문장이 말하는 바이기 때문이다. 프리스트에 따르면 어떤 경우에도 거짓말쟁이 문장은 ‘참인 동시에 거짓’인 문장이다. 따라서 그는 거짓말쟁이 문장에 ‘참인 동시에 거짓’을 부여해야 한다고 본다. 그는 거짓말쟁이 문장 이외에 ‘참인 동시에 거짓’인 진리치가 존재함을 뒷받침하는 다양한 사례를 제시한다. 특히 그는 양자 역학에서 상호 배타적인 상태의 공존은 이 점을 시사하고 있다고 본다.

고전 논리에서는 ‘참인 동시에 거짓’인 진리치를 지닌 문장을 다룰 수 없기 때문에 프리스트는 그것도 다룰 수 있는 비교전 논리 중 하나인 LP*를 제시하였다. 그런데 LP에서는 직관적으로 호소력 있는 몇몇 추론 규칙이 성립하지 않는다. 전건 긍정 규칙을 예로 들어 생각해 보자. 고전 논리에서는 전건 긍정 규칙이 성립한다. 이는 “P이면 Q이다.”라는 조건문과 그것의 전건인 P가 ‘참’이라면 그것의 후건인 Q도 반드시 ‘참’이 된다는 것이다. 이와 비슷한 방식으로 LP에서 전건 긍정 규칙이 성립하려면, 조건문과 그것의 전건인 P가 모두 ‘참’ 또는 ‘참인 동시에 거짓’이라면 그것의 후건인 Q도 반드시 ‘참’ 또는 ‘참인 동시에 거짓’이어야 한다. 그러나 LP에서 조건문의 전건은 ‘참인 동시에 거짓’이고 후건은 ‘거짓’인 경우, 조건문과 전건은 모두 ‘참인 동시에 거짓’이지만 후건은 ‘거짓’이 된다. 비록 전건 긍정 규칙이 성립하지는 않지만, LP는 고전 논리에 대한 근본적인 의문들에 답하기 위한 하나의 시도로서 의의가 있다.

2017학년도 수능

탄수화물은 사람을 비롯한 동물이 생존하는 데 필수적인 에너지원이다. 탄수화물은 섬유소와 비섬유소로 구분된다. 사람은 체내에서 합성한 효소를 이용하여 곡류의 녹말과 같은 비섬유소를 포도당으로 분해하고 이를 소장에서 흡수하여 에너지원으로 이용한다. 반면, 사람은 풀이나 채소의 주성분인 셀룰로스같은 섬유소를 포도당으로 분해하는 효소를 합성하지 못하므로, 섬유소를 소장에서 이용하지 못한다. 소, 양, 사슴과 같은 반추 동물도 섬유소를 분해하는 효소를 합성하지 못하는 것은 마찬가지이지만, 비섬유소와 섬유소를 모두 에너지원으로 이용하여 살아간다.

위(胃)가 넷으로 나누어진 반추 동물의 첫째 위인 반추위에 여러 종류의 미생물이 서식하고 있다. 반추 동물의 반추위에는 산소가 없는 데, 이 환경에서 왕성하게 성장하는 반추위 미생물 들은 다양한 생리적 특성을 가지고 있다. 그중 피브로박터 속시노젠(F)은 섬유소를 분해하는 대표적인 미생물이다. 식물체에서 셀룰로스는 그것을 둘러싼 다른 물질과 복잡하게 얽혀있는데, F가 가진 효소 복합체는 이 구조를 끊어 셀룰로스를 노출시킨 후 이를 포도당으로 분해한다. F는 이 포도당을 자신의 세포 내에서 대사 과정을 거쳐 에너지원으로 이용하여 생존을 유지하고 개체 수를 늘림으로써 성장한다. 이런 대사 과정에서 아세트산, 숙신산 등이 대사산물로 발생하고 이를 자신의 세포 외부로 배출한다. 반추위에서 미생물들이 생성한 아세트산은 반추 동물의 세포로 직접 흡수되어 생존에 필요한 에너지를 생성하는 데 주로 이용되고 체지방을 합성하는 데에도 쓰인다. 한편 반추위에서 숙신산은 프로피온산을 대사산물로 생성하는 다른 미생물의 에너지원으로 빠르게 소진된다. 이 과정에서 생성된 프로피온산은 반추 동물이 간(肝)에서 포도당을 합성하는 대사 과정에서 주요 재료로 이용된다.

반추위에는 비섬유소인 녹말을 분해하는 스트렙토코쿠스보비스(S)도 서식한다. 이 미생물은 반추 동물이 섭취한 녹말을 포도당으로 분해하고, 이 포도당을 자신의 세포 내에서 대사 과정을 통해 자신에게 필요한 에너지원으로 이용한다. 이때 S는 자신의 세포 내의 산성도에 따라 세포 외부로 배출하는 대사 산물이 달라진다. 산성도를 알려 주는 수소 이온 농도 지수(pH)가 7.0 정도로 중성이고 성장 속도가 느린 경우에는 아세트산, 에탄올 등이 대사산물로 배출된다. 반면 산성도가 높아져 pH가 6.0 이하로 떨어지거나 녹말의 양이 충분하여 성장 속도가 빠를 때는 젖산이 대사산물로 배출된다. 반추위에서 젖산은 반추 동물의 세포로 직접 흡수되어 반추 동물에게 필요한 에너지를 생성하는 데 이용되거나 아세트산 또는 프로피온산을 대사산물로 배출하는 다른 미생물의 에너지원으로 이용된다.

그런데 S의 과도한 생장이 반추 동물에게 악영향을 끼치는 경우가 있다. 반추 동물이 짧은 시간에 과도한 양의 비섬유소를 섭취하면 S의 개체 수가 급격히 늘고 과도한 양의 젖산이 배출되어 반추위의 산성도가 높아진다. 이에 따라 산성의 환경에서 왕성히 성장하며 항상 젖산을 대사산물로 배출하는 락토바실러스루미니스(L)와 같은 젖산 생성 미생물들의 생장이 증가하며 다량의 젖산을 배출하기 시작한다. F를 비롯한 섬유소 분해 미생물들은 자신의 세포 내부의 pH를 중성으로 일정하게 유지하려는 특성이 있는데, 젖산 농도의 증가로 자신의 세포 외부의 pH가 낮아지면 자신의 세포 내의 항상성을 유지하기 위해 에너지를 사용하므로 생장이 감소한다. 만일 자신의 세포 외부의 pH가 5.8 이하로 떨어지면 에너지가 소진되어 생장을 멈추고 사멸하는 단계로 접어든다. 이와 달리 S와 L은 상대적으로 산성에 견디는 정도가 강해 자신의 세포 외부의 pH가 5.5 정도까지 떨어지더라도 이에 맞춰 자신의 세포 내부의 pH를 낮출 수 있어 자신의 에너지를 세포 내부의 pH를 유지하는 데 거의 사용하지 않고 생장을 지속하는 데 사용한다. 그러나 S도 자신의 세포 외부의 pH가 그 이하로 더 떨어지면 생장을 멈추고 사멸하는 단계로 접어들고, 산성에 더 강한 L을 비롯한 젖산 생성 미생물들이 반추위 미생물의 많은 부분을 차지하게 된다. 그렇게 되면 반추위의 pH가 5.0 이하가 되는 급성 반추위 산성증이 발병한다.

2017학년도 9평

18세기에는 열의 실체가 칼로릭(caloric)이며 칼로릭은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르는 성질을 갖고 있는, 질량이 없는 입자들의 모임이라는 생각이 받아들여지고 있었다. 이를 칼로릭 이론이라 부르는데, 이에 따르면 찬 물체와 뜨거운 물체를 접촉시켜 놓았을 때 두 물체의 온도가 같아지는 것은 칼로릭이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 이동하기 때문이라는 것이다. 이러한 상황에서 과학자들의 큰 관심사 중의 하나는 증기 기관과 같은 열기관의 열효율 문제였다.

열기관은 높은 온도의 열원에서 열을 흡수하고 낮은 온도의 대기와 같은 열기관 외부에 열을 방출하며 일을 하는 기관을 말하는데, 열효율은 열기관이 흡수한 열의 양 대비 한 일의 양으로 정의된다. 19세기 초에 카르노는 열기관의 열효율 문제를 칼로릭 이론에 기반을 두고 다루었다. 카르노는 물레방아와 같은 수력 기관에서 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르면서 일을 할 때 물의 양과 한 일의 양의 비가 높이가 차이에만 좌우되는 것에 주목하였다. 물이 높이 차에 의해 이동하는 것과 흡사하게 칼로릭도 고온에서 저온으로 이동하면서 일을 하게 되는데, 열기관의 열효율 역시 이러한 두 온도에만 의존한다는 것이었다.

한편 1840년대에 줄(Joule)은 일정량의 열을 얻기 위해 필요한 각종 에너지의 양을 측정하는 실험을 행하였다. 대표적인 것이 열의 일당량 실험이었다. 이 실험은 열기관을 대상으로 한 것이 아니라, 추를 낙하시켜 물속의 날개바퀴를 회전시키는 실험이었다. 열의 양은 칼로리(calorie)로 표시되는데, 그는 역학적 에너지인 일이 열로 바뀌는 과정의 정밀한 실험을 통해 1 kcal의 열을 얻기 위해서 필요한 일의 양인 열의 일당량을 측정하였다. 줄은 이렇게 일과 열은 형태만 다를 뿐 서로 전환이 가능한 물리량임으로 등가성을 갖는다는 것을 입증하였으며, 열과 일이 상호 전환될 때 열과 일의 에너지를 합한 양은 일정하게 보존된다는 사실을 알아내었다. 이후 열과 일뿐만 아니라 화학 에너지, 전기 에너지 등이 등가성을 가지며 상호 전환될 때에 에너지의 총량은 변하지 않는다는 에너지 보존 법칙이 입증되었다.

열과 일에 대한 이러한 이해는 카르노의 이론에 대한 과학자들의 재검토로 이어졌다. 특히 톰슨은 칼로릭 이론에 입각한 카르노의 열기관에 대한 설명이 줄의 에너지 보존 법칙에 위배된다고 지적하였다. 카르노의 이론에 의하면, 열기관은 높은 온도에서 흡수한 열 전부를 낮은 온도로 방출하면서 일을 한다. 이것은 줄이 입증한 열과 일의 등가성과 에너지 보존 법칙에 어긋나는 것이어서 열의 실체가 칼로릭이라는 생각은 더 이상 유지될 수 없게 되었다. 하지만 열효율에 관한 카르노의 이론은 클라우지우스의 증명으로 유지될 수 있었다. 그는 카르노의 이론이 유지되지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 생길 수도 있을 것이라는 가정에서 출발하여, 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 카르노의 이론을 증명하였다.

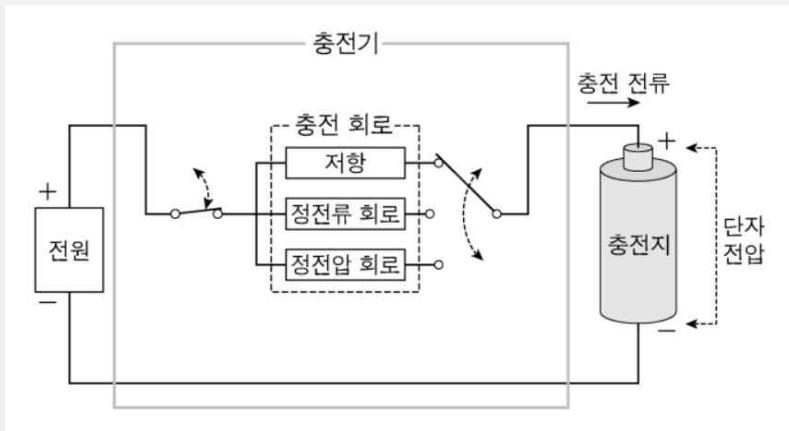
클라우지우스는 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르고 그와 반대되는 현상은 일어나지 않는 것과 같이 경험적으로 알 수 있는 방향성이 있다는 점에 주목하였다. 또한 일이 열로 전환될 때와는 달리, 열기관에서 열 전부를 일로 전환할 수 없다는, 즉 열효율이 100%가 될 수 없다는 상호 전환 방향에 관한 비대칭성이 있다는 사실에 주목하였다. 이러한 방향성과 비대칭성에 대한 논의는 이를 설명할 수 있는 새로운 물리량인 엔트로피의 개념을 낳았다.

기술

2022학년도 예시문항

충전과 방전을 통해 반복적으로 사용할 수 있는 충전지는 충전기를 통해 충전하는데, 충전기는 적절한 전류와 전압을 제어하기 위한 충전 회로를 가지고 있다. 충전지는 양극에 사용되는 금속 산화 물질에 따라 납 충전지, 니켈 충전지, 리튬 충전지로 나눌 수 있다. 충전지가 방전될 때 양극 단자와 음극 단자 간에 전위차, 즉 전압이 발생하는데, 방전이 진행되면서 전압이 감소한다. 이렇게 변화하는 단자 전압의 평균을 공칭 전압이라 한다. 충전지를 크게 만들면 충전 용량과 방전 전류 세기를 증가시킬 수 있으나 전극의 물질을 바꾸지 않는 한 공칭 전압은 변하지 않는다. 납 충전지의 공칭 전압은 2V, 니켈 충전지는 1.2V, 리튬 충전지는 3.6V이다.

충전지는 최대 용량까지 충전하는 것이 효율적이며 이러한 상태를 만충전이라 한다. 최대 용량을 넘어서 충전하는 과충전 이나 방전 하한 전압 이하까지 방전시키는 과방전으로 인해 충전지의 수명이 줄어들기 때문에 충전 양을 측정관리하는 것이 중요하다. 특히 과충전 시에는 발열로 인해 누액이나 폭발의 위험이 있다. 니켈 충전지의 일종인 니켈카드뮴 충전지는 다른 충전지와 달리 메모리 효과가 있어서 일부만 방전한 후 충전하는 것을 반복하면 총방전할 수 있는 용량이 줄어든다.



충전에 사용하는 충전기의 전원 전압은 충전지의 공칭 전압보다 높은 전압을 사용하고 충전지로 유입되는 전류를 저항으로 제한한다. 그러나 충전이 이루어지면서 충전지의 단자 전압이 상승하여 유입되는 전류의 세기가 점점 줄어들게 된다. 그러므로 이를 막기 위해 충전기에는 충전 전류의 세기가 일정하도록 하는 정전류 회로가 사용된다. 또한 정전압 회로를 사용하기도 하는데, 이는 회로에 입력되는 전압이 변해도 출력되는 전압이 일정하도록 해 준다. 리튬 충전지를 충전할 경우, 정전류 회로를 사용하여 충전하다가 만충전 전압에 이르면 정전압 회로로 전환하여 정해진 시간 동안 충전지에 공급하는 전압을 일정하게 유지함으로써 충전지 내부에 리튬 이온이 고르게 분포될 수 있게 한다.

충전지의 만충전 상태를 추정하여 충전을 중단하는 방식에는 몇 가지가 있다. 최대 충전 시간 방식에서는, 충전이 시작된 후 완전 방전에서 만충전될 때까지 소요될 것으로 추정되는 시간이 경과하면 무조건 충전 전원을 차단한다. 전류 적산 방식에서는 일정한 시간 간격으로 충전 전류의 세기를 측정하여, 각각의 값에 측정 시간 간격을 곱한 것을 모두 더한 값이 충전지의 충전 용량에 이르면 충전 전원을 차단한다. 충전 상태 검출방식에서는 충전지의 단자 전압과 충전지 표면의 온도를 측정하여 만충전 여부를 판정한다. 충전지에 충전 전류가 유입되면 충전이 시작되어 단자 전압과 온도가 서서히 올라간다. 충전 양이 만충전 용량의 약 80%에 이르면 발열량이 많아져 단자 전압과 온도가 급격히 올라간다. 만충전 상태에 가까워지면 단자 전압이 다소 감소하는데 일정 수준으로 감소한 시점을 만충전에 도달했다고 추정하여 충전 전원을 차단한다. 니켈 카드뮴 충전지의 경우는 단자 전압의 강하를 검출할 수 있으나 다른 충전지들의 경우는 이러한 전압 강하가 검출이 가능할 만큼 크게 나타나지 않기 때문에 최대 단자 전압, 최대 온도, 온도 상승률 등의 기준을 정하고 측정된 값이 그 기준들을 넘어서지 않도록 하여 과충전을 방지한다.

2021학년도 6평

일반 사용자가 디지털 카메라를 들고 촬영하면 손의 미세한 떨림으로 인해 영상이 번져 흐려지고, 걷거나 뛰면서 촬영하면 식별하기 힘들 정도로 영상이 흔들리게 된다. 흔들림에 의한 영향을 최소화하는 기술이 영상 안정화 기술이다.

영상 안정화 기술에는 빛을 이용하는 광학적 기술과 소프트웨어를 이용하는 디지털 기술 등이 있다. 광학 영상 안정화(OIS) 기술을 사용하는 카메라 모듈은 렌즈 모듈, 이미지 센서, 자이로 센서, 제어 장치, 렌즈를 움직이는 장치로 구성되어 있다. 렌즈 모듈은 보정용 렌즈들을 포함한 여러 개의 렌즈들로 구성된다. 일반적으로 카메라는 렌즈를 통해 들어온 빛이 이미지 센서에 닿아 피사체의 상이 맺히고, 피사체의 한 점에 해당하는 위치인 화소마다 빛의 세기에 비례하여 발생한 전기 신호가 저장 매체에 영상으로 저장된다. 그런데 카메라가 흔들리면 이미지 센서 각각의 화소에 닿는 빛의 세기가 변한다. 이때 OIS 기술이 작동되면 자이로 센서가 카메라의 움직임을 감지하여 방향과 속도를 제어 장치에 전달한다. 제어 장치가 렌즈를 이동시키면 피사체의 상이 유지되면서 영상이 안정된다.

렌즈를 움직이는 방법 중에는 보이스코일 모터를 이용하는 방법이 많이 쓰인다. 보이스코일 모터를 포함한 카메라 모듈은 중앙에 위치한 렌즈 주위에 코일과 자석이 배치되어 있다. 카메라가 흔들리면 제어 장치에 의해 코일에 전류가 흘러서 자기장과 전류의 직각 방향으로 전류의 크기에 비례하는 힘이 발생한다. 이 힘이 렌즈를 이동시켜 흔들림에 의한 영향이 상쇄되고 피사체의 상이 유지된다. 이외에도 카메라가 흔들릴 때 이미지 센서를 움직여 흔들림을 감쇄하는 방식도 이용된다.

OIS 기술이 손 떨림을 훌륭하게 보정해 줄 수는 있지만 렌즈의 이동 범위에 한계가 있어 보정할 수 있는 움직임의 폭이 좁다. 디지털 영상 안정화(DIS) 기술은 촬영 후에 소프트웨어를 사용해 흔들림을 보정하는 기술로 역동적인 상황에서 촬영한 동영상에 적용할 때 좋은 결과를 얻을 수 있다. 이 기술은 촬영된 동영상을 프레임 단위로 나눈 후 연속된 프레임 간 피사체의 움직임을 추정한다. 움직임을 추정하는 한 방법은 특징점을 이용하는 것이다. 특징점으로는 피사체의 모서리처럼 주위와 밝기가 뚜렷이 구별되며 영상이 이동하거나 회전해도 그 밝기 차이가 유지되는 부분이 선택된다.

먼저 k 번째 프레임에서 특징점들을 찾고, 다음 $k+1$ 번째 프레임에서 같은 특징점들을 찾는다. 이 두 프레임 사이에서 같은 특징점이 얼마나 이동하였는지 계산하여 영상의 움직임을 추정한다. 그리고 흔들림이 발생한 곳으로 추정되는 프레임에서 위치 차이만큼 보정하여 흔들림의 영향을 줄이면 보정된 동영상은 움직임이 부드러워진다. 그러나 특징점의 수가 늘어날수록 연산이 더 오래 걸린다. 한편 영상을 보정하는 과정에서 영상을 회전하면 프레임에서 비어 있는 공간이 나타난다. 비어 있는 부분이 없도록 잘라내면 프레임들의 크기가 작아지는데, 원래의 프레임 크기를 유지하려면 화질은 떨어진다.

2020학년도 9평

스마트폰은 다양한 위치 측정 기술을 활용하여 여러 지형 환경에서 위치를 측정한다. 위치에는 절대 위치와 상대 위치가 있다. 절대 위치는 위도, 경도 등으로 표시된 위치이고, 상대 위치는 특정한 위치를 기준으로 한 상대적인 위치이다.

실외에서는 주로 스마트폰 단말기에 내장된 GPS(위성항법장치)나 IMU(관성측정장치)를 사용한다. GPS는 위성으로부터 오는 신호를 이용하여 절대 위치를 측정한다. GPS는 위치 오차가 시간에 따라 누적되지 않는다. 그러나 전파 지연 등으로 접속 초기에 짧은 시간 동안이지만 큰 오차가 발생하고 실내나 터널 등에서는 GPS 신호를 받기 어렵다. IMU는 내장된 센서로 가속도와 속도를 측정하여 위치 변화를 계산하고 초기 위치를 기준으로 하는 상대 위치를 구한다. 단기간 움직임에 대한 측정 성능이 뛰어나지만 센서가 측정한 값의 오차가 누적되기 때문에 시간이 지날수록 위치 오차가 커진다. 이 두 방식을 함께 사용하면 서로의 단점을 보완하여 오차를 줄일 수 있다.

한편 실내에서 위치 측정에 사용 가능한 방법으로는 블루투스 기반의 비콘을 활용하는 기술이 있다. 비콘은 실내에 고정 설치되어 비콘마다 정해진 식별 번호와 위치 정보가 포함된 신호를 주기적으로 보내는 기기이다. 비콘들은 동일한 세기의 신호를 사방으로 보내지만 비콘으로부터 거리가 멀어질수록, 벽과 같은 장애물이 많을수록 신호의 세기가 약해진다. 단말기가 비콘 신호의 도달 거리 내로 진입하면 단말기 안의 수신기가 이 신호를 인식한다. 이 신호를 이용하여 2차원 평면에서의 위치를 측정하는 방법으로는 다음과 같은 것들이 있다.

근접성 기법은 단말기가 비콘 신호를 수신하면 해당 비콘의 위치를 단말기의 위치로 정한다. 여러 비콘 신호를 수신했을 경우에는 신호가 가장 강한 비콘의 위치를 단말기의 위치로 정한다.

삼변측량 기법은 3개 이상의 비콘으로부터 수신된 신호 세기를 측정하여 단말기와 비콘 사이의 거리로 환산한다. 각 비콘을 중심으로 이 거리를 반지름으로 하는 원을 그리고, 그 교점을 단말기의 현재 위치로 정한다. 교점이 하나로 모이지 않는 경우에는 세 원에 공통으로 속한 영역의 중심점을 단말기의 위치로 측정한다.

위치 지도 기법은 측정 공간을 작은 구역들로 나누어 각 구역마다 기준점을 설정하고 그 주위에 비콘들을 설치한다. 그리고 나서 비콘들이 송신하여 각 기준점에 도달하는 신호의 세기를 측정한다. 이 신호 세기와 비콘의 식별 번호, 기준점의 위치 좌표를 서버에 있는 데이터베이스에 위치 지도로 기록해 놓는다. 이 작업을 모든 기준점에서 수행한다. 특정한 위치에 도달한 단말기가 비콘 신호를 수신하면 신호 세기를 측정한 뒤 비콘의 식별 번호와 함께 서버로 전송한다. 서버는 수신된 신호 세기와 가장 가까운 신호 세기를 갖는 기준점을 데이터베이스에서 찾아 이 기준점의 위치를 단말기에 알려 준다.

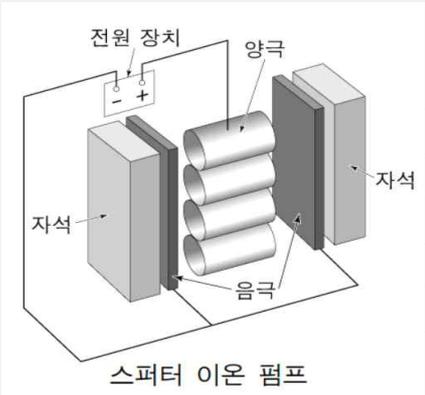
2019학년도 9평

주사 터널링 현미경(STM)에서는 끝이 첨예한 금속 탐침과 도체 또는 반도체 시료 표면 간에 적당한 전압을 걸어 주고 둘 간의 거리를 좁히게 된다. 탐침과 시료의 거리가 매우 가까우면 양자 역학적 터널링 효과에 의해 둘이 접촉하지 않아도 전류가 흐른다. 이때 탐침과 시료 표면 간의 거리가 원자 단위 크기에서 변하더라도 전류의 크기는 민감하게 달라진다. 이 점을 이용하면 시료 표면의 높낮이를 원자 단위에서 측정할 수 있다. 하지만 전류가 흐를 수 없는 시료의 표면 상태는 STM을 이용하여 관찰할 수 없다. 이렇게 민감한 STM도 진공 기술의 뒷받침이 있었기에 널리 사용될 수 있었다.

STM은 대체로 진공 통 안에 설치되어 사용되는데 그 이유는 무엇일까? 기체 분자는 끊임없이 떠돌아다니다가 주변과 충돌한다. 이때 일부 기체 분자들은 관찰하려는 시료의 표면에 붙어 표면과 반응하거나 표면을 덮어 시료 표면의 관찰을 방해한다. 따라서 용이한 관찰을 위해 STM을 활용한 실험에서는 관찰하려고 하는 시료와 기체 분자의 접촉을 최대한 차단할 필요가 있어 진공이 요구되는 것이다. 진공이란 기체 압력이 대기압보다 낮은 상태를 통칭하며 기체 압력이 낮을수록 진공도가 높다고 한다. 진공 통 내부의 온도가 일정하고 한 종류의 기체 분자만 존재할 경우, 기체 분자의 종류와 상관없이 통 내부의 기체 압력은 단위 부피당 떠돌아다니는 기체 분자의 수에 비례한다. 따라서 기체 분자들을 진공 통에서 뺏아내거나 진공 통 내부에서 움직이지 못하게 고정하면 진공 통 내부의 기체 압력을 낮출 수 있다.

STM을 활용하는 실험에서 어느 정도의 진공도가 요구되는지를 이해하기 위해서는 '단분자층 형성 시간'의 개념을 이해할 필요가 있다. 진공 통 내부에서 떠돌아다니던 기체 분자들이 관찰하려는 시료의 표면에 달라붙어 한 층의 막을 형성하기까지 걸리는 시간을 단분자층 형성 시간이라 한다. 이 시간은 시료의 표면과 충돌한 기체 분자들이 표면에 달라붙을 확률이 클수록, 단위 면적당 기체 분자의 충돌 빈도가 높을수록 짧다. 또한 기체 운동론에 따르면 고정된 온도에서 기체 분자의 질량이 크거나 기체의 압력이 낮을수록 단분자층 형성 시간은 길다. 가령 질소의 경우 20℃, 760토르* 대기압에서 단분자층 형성 시간은 3×10^{-9} 초이지만, 같은 온도에서 압력이 10-9토르로 낮아지면 대략 2,500초로 증가한다. 이런 이유로 STM에서는 시료의 관찰 가능 시간을 확보하기 위해 통상 10-9토르 이하의 초고진공이 요구된다.

초고진공을 얻기 위해서는 스퍼터 이온 펌프가 널리 쓰인다. 스퍼터 이온 펌프는 진공 통 내부의 기체 분자가 펌프 내부로 유입되도록 진공 통과 연결하여 사용한다. 스퍼터 이온 펌프는 영구 자석, 금속 재질의 속이 뚫린 원통 모양 양극, 타이타늄으로 만든 판 형태의 음극으로 구성되어 있다. 자석 때문에 생기는 자기장이 원통 모양 양극의 축 방향으로 걸려 있고, 양극과 음극 간에는 2~7 kV의 고전압이 걸려 있다. 양극과 음극 간에 걸린 고전압의 영향으로 음극에서 방출된 전자는 자기장의 영향을 받아 복잡한 형태의 궤적을 그리며 양극으로 이동한다. 이 과정에서 음극에서 방출된 전자는 주변의 기체 분자와 충돌하여 기체 분자를 그것의 구성 요소인 양이온과 전자로 분리시킨다. 여기서(옆에 그림 넣어) 자기장은 전자가 양극까지 이동하는 거리를 자기장이 없을 때보다 증가시켜 주어 전자와 기체 분자와의 충돌 빈도를 높여 준다. 이 과정에서 생성된 양이온은 전기력에 의해 음극으로 당겨져 음극에 박히게 되어 이동 불가능한 상태가 된다. 이 과정이 1차 펌프 작용이다. 또한 양이온이 음극에 충돌하면 타이타늄이 떨어져 나와 충돌 지점 주변에 둘러붙는다. 이렇게 둘러붙은 타이타늄은 높은 화학 반응성 때문에 여러 기체 분자와 쉽게 반응하여, 떠돌아다니던 기체 분자를 흡착한다. 이는 떠돌아다니는 기체 분자의 수를 줄이는 효과가 있으므로 이를 2차 펌프 작용이라 부른다. 이렇듯 1, 2차 펌프 작용을 통해 스퍼터 이온 펌프는 초고진공 상태를 만들 수 있다.



* 토르(torr) : 기체 압력의 단위.

2019학년도 6평

건강 상태를 진단하거나 범죄의 현장에서 혈흔을 조사하기 위해 검사용 키트가 널리 이용된다. 키트 제작에는 다양한 과학적 원리가 적용되는데, 적은 비용으로 쉽고 빠르고 정확하게 검사할 수 있는 키트를 제작하는 것이 요구된다. 이러한 필요에 따라 항원-항체 반응을 응용하여 시료에 존재하는 성분을 분석하는 다양한 형태의 키트가 개발되고 있다. 항원-항체 반응은 항원과 그 항원에만 특이적으로 반응하는 항체가 결합하는 면역반응을 말한다. 항체 제조 기술이 발전하면서 휴대성이 높고 분석 시간이 짧은 측면유동면역분석법(LFIA)을 이용한 다양한 종류의 키트가 개발되고 있다.

LFIA 키트를 이용하면 키트에 나타나는 선을 통해, 액상의 시료에서 검출하고자 하는 목표 성분의 유무를 간편하게 확인할 수 있다. LFIA 키트는 가로로 긴 납작한 막대 모양인데, 시료 패드, 결합 패드, 반응막, 흡수 패드가 순서대로 나란히 배열된 구조로 되어 있다. 시료 패드로 흡수된 시료는 결합 패드에서 복합체와 함께 반응막을 지나 여분의 시료가 흡수되는 흡수 패드로 이동한다. 결합 패드에 있는 복합체는 금-나노 입자 또는 형광 비드 등의 표지 물질에 특정 물질이 붙어 이루어진다. 표지 물질은 발색 반응에 의해 색깔을 내는데, 이 표지 물질에 붙어 있는 특정 물질은 키트 방식에 따라 종류가 다르다. 일반적으로 한 가지 목표 성분을 검출하는 키트의 반응막에는 항체들이 띠 모양으로 두 가닥 고정되어 있는데, 그중 시료 패드와 가까운 쪽에 있는 가닥이 검사선이고 다른 가닥은 표준선이다. 표지 물질이 검사선이나 표준선에 놓이면 발색 반응에 의해 반응선이 나타난다. 검사선이 발색되어 나타나는 반응선을 통해서도 목표 성분의 유무를 판정할 수 있다. 표준선이 발색된 반응선이 나타나면 검사가 정상적으로 진행되었음을 알 수 있다.

LFIA 키트는 주로 직접 방식 또는 경쟁 방식으로 제작되는데, 방식에 따라 검사선의 발색 여부가 의미하는 바가 다르다. 직접 방식에서 복합체에 포함된 특정 물질은 목표 성분에 결합할 수 있는 항체이다. 시료에 목표 성분이 포함되어 있다면 목표성분은 이 항체와 일차적으로 결합하고, 이후 검사선의 고정된 항체와 결합한다. 따라서 검사선이 발색되면 시료에서 목표 성분이 검출되었다고 판정한다. 한편 경쟁 방식에서 복합체에 포함된 특정 물질은 목표 성분에 대한 항체가 아니라 목표 성분 자체이다. 만약 시료에 목표 성분이 포함되어 있으면 시료의 목표 성분과 복합체의 목표 성분이 서로 검사선의 항체와 결합하려 경쟁한다. 이때 시료에 목표 성분이 충분히 많다면 시료의 목표 성분은 복합체의 목표 성분이 검사선의 항체와 결합하는 것을 방해하므로 검사선이 발색되지 않는다. 직접 방식은 세균이나 분자량이 큰 단백질 등을 검출할 때 이용하고, 경쟁 방식은 항생 물질처럼 목표 성분의 크기가 작은 경우에 이용한다.

한편, 검사용 키트는 휴대성과 신속성 외에 정확성도 중요하다. 키트의 정확성을 측정하기 위해서는 키트를 이용해 여러 번의 검사를 실시하고 그 결과를 분석한다. 키트가 시료에 목표 성분이 들어있다고 판정하면 이를 양성이라고 한다. 이때 시료에 목표 성분이 실제로 존재하면 진양성, 시료에 목표 성분이 없다면 위양성이라고 한다. 반대로 키트가 시료에 목표 성분이 들어 있지 않다고 판정하면 음성이라고 한다. 이 경우 실제로 목표 성분이 없다면 진음성, 목표 성분이 있다면 위음성이라고 한다. 현실에서 위양성이나 위음성을 배제할 수 있는 키트는 없다.

여러 번의 검사 결과를 통해 키트의 정확도를 구하는데, 정확도란 시료를 분석할 때 올바른 검사 결과를 얻을 확률이다. 정확도는 민감도와 특이도로 나뉜다. 민감도는 시료에 목표 성분이 존재하는 경우에 대해 키트가 이를 양성으로 판정한 비율이다. 특이도는 시료에 목표 성분이 없는 경우에 대해 키트가 이를 음성으로 판정한 비율이다. 민감도와 특이도가 모두 높아 정확도가 높은 키트가 가장 이상적이지만 현실에서는 그렇지 않은 경우가 많아서 상황에 따라 민감도나 특이도를 고려하여 키트를 선택해야 한다.

2018학년도 수능

디지털 통신 시스템은 송신기, 채널, 수신기로 구성되며, 전송할 데이터를 빠르고 정확하게 전달하기 위해 부호화 과정을 거쳐 전송한다. 영상, 문자 등의 데이터는 기호 집합에 있는 기호들의 조합이다. 예를 들어 기호 집합 {a, b, c, d, e, f}에서 기호들을 조합한 add, cab, beef 등이 데이터이다. 정보량은 어떤 기호가 발생했다는 것을 알았을 때 얻는 정보의 크기이다. 어떤 기호 집합에서 특정 기호의 발생 확률이 높으면 그 기호의 정보량은 적고, 발생 확률이 낮으면 그 기호의 정보량은 많다. 기호 집합의 평균 정보량을 기호 집합의 엔트로피라고 하는데 모든 기호들이 동일한 발생 확률을 가질 때 그 기호 집합의 엔트로피는 최댓값을 갖는다.

송신기에서는 소스 부호화, 채널 부호화, 선 부호화를 거쳐 기호를 부호로 변환한다. 소스 부호화는 데이터를 압축하기 위해 기호를 0과 1로 이루어진 부호로 변환하는 과정이다. 어떤 기호가 110과 같은 부호로 변환되었을 때 0 또는 1을 비트라고 하며 이 부호의 비트 수는 3이다. 이때 기호 집합의 엔트로피는 기호 집합에 있는 기호를 부호로 표현하는 데 필요한 평균 비트 수의 최솟값이다. 전송된 부호를 수신기에서 원래의 기호로 복원하려면 부호들의 평균 비트 수가 기호 집합의 엔트로피보다 크거나 같아야 한다. 기호 집합을 엔트로피에 최대한 가까운 평균 비트 수를 갖는 부호들로 변환하는 것을 엔트로피 부호화라 한다. 그중 하나인 '허프만 부호화'에서는 발생 확률이 높은 기호에는 비트 수가 적은 부호를, 발생 확률이 낮은 기호에는 비트 수가 많은 부호를 할당한다.

채널 부호화는 오류를 검출하고 정정하기 위하여 부호에 잉여정보를 추가하는 과정이다. 송신기에서 부호를 전송하면 채널의 잡음으로 인해 오류가 발생하는데 이 문제를 해결하기 위해 잉여 정보를 덧붙여 전송한다. 채널 부호화 중 하나인 '삼중 반복 부호화'는 0과 1을 각각 000과 111로 부호화한다. 이때 수신기에서는 수신한 부호에 0이 과반수인 경우에는 0으로 판단하고, 1이 과반수인 경우에는 1로 판단한다. 즉 수신기에서 수신된 부호가 000, 001, 010, 100 중 하나라면 0으로 판단하고, 그 이외에는 1로 판단한다. 이렇게 하면 000을 전송했을 때 하나의 비트에서 오류가 생겨 001을 수신해도 0으로 판단하므로 오류는 정정된다. 채널 부호화를 하기 전 부호의 비트 수를, 채널 부호화를 한 후 부호의 비트 수로 나눈 것을 부호율이라 한다. 삼중 반복부호화의 부호율은 약 0.33이다.

채널 부호화를 거친 부호들을 채널을 통해 전송하려면 부호들을 전기 신호로 변환해야 한다. 0 또는 1에 해당하는 전기 신호의 전압을 결정하는 과정이 선 부호화이다. 전압의 결정 방법은 선 부호화 방식에 따라 다르다. 선 부호화 중 하나인 '차동 부호화'는 부호의 비트가 0이면 전압을 유지하고 1이면 전압을 변화시킨다. 차동 부호화를 시작할 때는 기준 신호가 필요하다. 예를 들어 차동 부호화 직전의 기준 신호가 양(+)의 전압이라면 부호 0110은 '양, 음, 양, 양'의 전압을 갖는 전기 신호로 변환된다. 수신기에서는 송신기와 동일한 기준 신호를 사용하여, 전압의 변화가 있으면 1로 판단하고 변화가 없으면 0으로 판단한다.

* 평균 정보량 : 각 기호의 발생 확률과 정보량을 서로 곱하여 모두 더한 것.

2018학년도 6평

DNS(도메인 네임 시스템) 스푸핑은 인터넷 사용자가 어떤 사이트에 접속하려 할 때 사용자를 위조 사이트로 접속시키는 행위를 말한다. 이는 도메인 네임을 IP 주소로 변환해 주는 과정에서 이루어진다.

인터넷에 연결된 컴퓨터들이 서로 식별하고 통신하기 위해서 각 컴퓨터들은 IP(인터넷 프로토콜)에 따라 만들어지는 고유 IP 주소를 가져야 한다. 프로토콜은 컴퓨터들이 연결되어 서로 데이터를 주고받기 위해 사용하는 통신 규약으로 소프트웨어나 하드웨어로 구현된다. 현재 주로 사용하는 IP 주소는 '***.126.63.1'처럼 점으로 구분된 4개의 필드에 숫자를 사용하여 나타낸다. 이 주소를 중복 지정하거나 임의로 지정해서는 안 되고 공인 IP 주소를 부여받아야 한다.

공인 IP 주소에는 동일한 번호를 지속적으로 사용하는 고정 IP 주소와 번호가 변경되기도 하는 유동 IP 주소가 있다. 유동 IP 주소는 DHCP라는 프로토콜에 의해 부여된다. DHCP는 IP주소가 필요한 컴퓨터의 요청을 받아 주소를 할당해 주고, 컴퓨터가 IP 주소를 사용하지 않으면 주소를 반환받아 다른 컴퓨터가 그 주소를 사용할 수 있도록 해 준다. 한편, 인터넷에 직접 접속은 안 되고 내부 네트워크에서만 서로를 식별할 수 있는 사설 IP 주소도 있다.

인터넷은 공인 IP 주소를 기반으로 동작하지만 우리가 인터넷을 사용할 때는 IP 주소 대신 사용하기 쉽게 'www.***.***' 등과 같이 문자로 이루어진 도메인 네임을 이용한다. 따라서 도메인 네임을 IP 주소로 변환해 주는 DNS가 필요하며 DNS를 운영하는 장치를 네임서버라고 한다. 컴퓨터에는 네임서버의 IP 주소가 기록되어 있어야 하는데, 유동 IP 주소를 할당받는 컴퓨터에는 IP 주소를 받을 때 네임서버의 IP 주소가 자동으로 기록되지만, 고정 IP 주소를 사용하는 컴퓨터에는 사용자가 네임서버의 IP 주소를 직접 기록해 놓아야 한다. 인터넷 통신사는 가입자들이 공동으로 사용할 수 있는 네임서버를 운영하고 있다.

사용자가 어떤 사이트에 정상적으로 접속하는 과정을 살펴보자. 웹 사이트에 접속하려고 하는 컴퓨터를 클라이언트라 한다. 사용자가 방문하고자 하는 사이트의 도메인 네임을 주소창에 직접 입력하거나 포털 사이트에서 그 사이트를 검색해 클릭하면 클라이언트는 기록되어 있는 네임서버에 도메인 네임에 해당하는 IP 주소를 물어보는 질의 패킷을 보낸다. 네임서버는 해당 IP 주소가 자신의 목록에 있으면 클라이언트에 이 IP 주소를 알려 주는 응답 패킷을 보낸다. 응답 패킷에는 어느 질의 패킷에 대한 응답인지가 적혀 있다. 만일 해당 IP 주소가 목록에 없으면 네임서버는 다른 네임서버의 IP 주소를 알려 주는 응답 패킷을 보내고, 클라이언트는 다시 그 네임서버에 질의 패킷을 보내는 단계로 돌아가 같은 과정을 반복한다. 클라이언트는 이렇게 알아낸 IP 주소로 사이트를 찾아가고, 네임서버와 클라이언트는 UDP라는 프로토콜에 맞추어 패킷을 주고받는다. UDP는 패킷의 빠른 전송 속도를 확보하기 위해 상대방에게 패킷을 보내기만 할 뿐 도착 여부는 확인하지 않으며, 특정 질의 패킷에 대해 처음 도착한 응답 패킷을 신뢰하고 다음에 도착한 패킷은 확인하지 않고 버린다. DNS 스푸핑은 UDP의 이런 허점들을 이용한다. DNS 스푸핑이 이루어지는 과정을 알아보자. 악성 코드에 감염되어 DNS 스푸핑을 행하는 컴퓨터를 공격자라 한다. 클라이언트가 네임서버에 특정 IP 주소를 묻는 질의 패킷을 보낼 때, 공격자에도 패킷이 전달되고 공격자는 위조 사이트의 IP 주소가 적힌 응답 패킷을 클라이언트에 보낸다. 공격자가 보낸 응답 패킷이 네임서버가 보낸 응답 패킷보다 클라이언트에 먼저 도착하고 클라이언트는 공격자가 보낸 응답 패킷을 옳은 패킷으로 인식하여 위조 사이트로 연결된다.

2017학년도 9평

'콘크리트'는 건축 재료로 다양하게 사용되고 있다. 일반적으로 콘크리트가 근대 기술의 산물로 알려져 있지만 콘크리트는 이미 고대 로마 시대에도 사용되었다. 로마 시대의 탁월한 건축미를 보여 주는 판테온은 콘크리트 구조물인데, 반구형의 지붕인 돔은 오직 콘크리트만으로 이루어져 있다. 로마인들은 콘크리트의 골재 배합을 달리하면서 돔의 상부로 갈수록 두께를 점점 줄여 지붕을 가볍게 할 수 있었다. 돔 지붕이 지름 45 m 남짓의 넓은 원형 내부 공간과 이어지도록 하였고, 지붕의 중앙에는 지름 9 m가 넘는 원형의 천창을 내어 빛이 내부 공간을 채울 수 있도록 하였다.

콘크리트는 시멘트에 모래와 자갈 등의 골재를 섞어 물로 반죽한 혼합물이다. 콘크리트에서 결합재 역할을 하는 시멘트가 물과 만나면 점성을 띠는 상태가 되며, 시간이 지남에 따라 수화 반응이 일어나 골재, 물, 시멘트가 결합하면서 굳어진다. 콘크리트의 수화 반응은 상온에서 일어나기 때문에 작업하기에도 좋다. 반죽 상태의 콘크리트를 거푸집에 부어 경화시키면 다양한 형태와 크기의 구조물을 만들 수 있다. 콘크리트의 골재는 종류에 따라 강도와 밀도가 다양하므로 골재의 종류와 비율을 조절하여 콘크리트의 강도와 밀도를 다양하게 변화시킬 수 있다. 그리고 골재들 간의 접촉을 높여야 강도가 높아지기 때문에, 서로 다른 크기의 골재를 배합하는 것이 효과적이다.

콘크리트가 철근 콘크리트로 발전함에 따라 건축은 구조적으로 더욱 견고해지고, 형태 면에서는 더욱 다양하고 자유로운 표현이 가능해졌다. 일반적으로 콘크리트는 누르는 힘인 압축력에는 쉽게 부서지지 않지만 당기는 힘인 인장력에는 쉽게 부서진다. 압축력이나 인장력에 재료가 부서지지 않고 그 힘에 견딜 수 있는, 단위 면적당 최대의 힘을 각각 압축 강도와 인장 강도라 한다. 콘크리트의 압축 강도는 인장 강도보다 10배 이상 높다. 또한 압축력을 가했을 때 최대한 줄어드는 길이는 인장력을 가했을 때 최대한 늘어나는 길이보다 훨씬 길다. 그런데 철근이나 철골과 같은 철재는 인장력과 압축력에 의한 변형 정도가 콘크리트보다 작은 데다가 압축 강도와 인장 강도 모두가 콘크리트보다 높다. 특히 인장 강도는 월등히 더 높다. 따라서 보강재로 철근을 콘크리트에 넣어 대부분의 인장력을 철근이 받도록 하면 인장력에 취약한 콘크리트의 단점이 크게 보완된다. 다만 철근은 무겁고 비싸기 때문에, 대개는 인장력을 많이 받는 부분을 정확히 계산하여 그 지점을 위주로 철근을 보강한다. 또한 가해진 힘의 방향에 수직인 방향으로 재료가 변형되는 점도 고려해야 하는데, 이때 필요한 것이 포아송비이다. 철재는 콘크리트보다 포아송 비가 크며, 대체로 철재의 포아송 비는 0.3, 콘크리트는 0.15 정도이다.

강도가 높고 지지력이 좋아진 철근 콘크리트를 건축 재료로 사용하면서, 대형 공간을 축조하고 기둥의 간격도 넓힐 수 있게 되었다. 20 세기에 들어서면서부터 근대 건축에서 철근 콘크리트는 예술적 영감을 줄 수 있는 재료로 인식되기 시작하였다. 기술이 예술의 가장 중요한 근원이라는 신념을 가졌던 르 코르뷔지에는 철근 콘크리트 구조의 장점을 사보아 주택에서 완벽히 구현하였다. 사보아 주택은, 벽이 건물의 무게를 지탱하는 구조로 설계된 건축물과는 달리 기둥만으로 건물 본체의 하중을 지탱하도록 설계되어 건물이 공중에 떠 있는 듯한 느낌을 준다. 2층 거실을 둘러싼 벽에는 수평으로 긴 창이 나 있고, 건축가가 '건축적 산책로'라고 이름 붙인 경사로는 지상의 출입구에서 2층의 주거 공간으로 이어지다가 다시 테라스로 나와 지붕까지 연결된다. 목욕실 지붕에 설치된 작은 천창을 통해 하늘을 바라보면 이 주택이 자신을 중심으로 펼쳐진 또 다른 소우주임을 느낄 수 있다. 평평하고 넓은 지붕에는 정원이 조성되어, 여기서 산책하다 보면 대지를 바다 삼아 항해하는 기선의 갑판에 서 있는 듯하다.

철근 콘크리트는 근대 이후 가장 중요한 건축 재료로 널리 사용되어 왔지만 철근 콘크리트의 인장 강도를 높이려는 연구가 계속되어 프리스트레스트 콘크리트가 등장하였다. 프리스트레스트 콘크리트는 다음과 같이 제작된다. 먼저, 거푸집에 철근을 넣고 철근을 당긴 상태에서 콘크리트 반죽을 붓는다. 콘크리트가 굳은 뒤에 당기는 힘을 제거하면, 철근이 줄어들면서 콘크리트에 압축력이 작용하여 외부의 인장력에 대한 저항성이 높아진 프리스트레스트 콘크리트가 만들어진다. 김벨 미술관은 개방감을 주기 위하여 기둥 사이를 30 m 이상 벌리고 내부의 전시 공간을 하나의 층으로 만들었다. 이 간격은 프리스트레스트 콘크리트 구조를 활용하였기에 구현할 수 있었고, 일반적인 철근 콘크리트로는 구현하기 어려웠다. 이 구조로 이루어진 긴 지붕의 틈새로 들어오는 빛이 넓은 실내를 환하게 채우며 철근 콘크리트로 이루어진 내부를 대리석처럼 빛나게 한다.

이처럼 건축 재료에 대한 기술적 탐구는 언제나 새로운 건축 미학의 원동력이 되어 왔다. 특히 근대 이후에는 급격한 기술의 발전으로 혁신적인 건축 작품들이 탄생할 수 있었다. 건축 재료와 건축 미학의 유기적인 관계는 앞으로도 지속될 것이다.

2017학년도 6평

인간의 신경 조직을 수학적으로 모델링하여 컴퓨터가 인간처럼 기억·학습·판단할 수 있도록 구현한 것이 인공 신경망 기술이다. 신경 조직의 기본 단위는 뉴런인데, 인공 신경망에서는 뉴런의 기능을 수학적으로 모델링한 퍼셉트론을 기본 단위로 사용한다.

퍼셉트론은 입력값들을 받아들이는 여러 개의 입력 단자와 이 값을 처리하는 부분, 처리된 값을 내보내는 한 개의 출력 단자로 구성되어 있다. 퍼셉트론은 각각의 입력 단자에 할당된 가중치를 입력값에 곱한 값들을 모두 합하여 가중합을 구한 후, 고정된 임계치보다 가중합이 작으면 0, 그렇지 않으면 1과 같은 방식으로 출력값을 내보낸다.

이러한 퍼셉트론은 출력값에 따라 두 가지로만 구분하여 입력값들을 판정할 수 있을 뿐이다. 이에 비해 복잡한 판정을 할 수 있는 인공 신경망은 다수의 퍼셉트론을 여러 계층으로 배열하여 한 계층에서 출력된 신호가 다음 계층에 있는 모든 퍼셉트론의 입력 단자에 입력값으로 입력되는 구조로 이루어진다. 이러한 인공 신경망에서 가장 처음에 입력값을 받아들이는 퍼셉트론들을 입력층, 가장 마지막에 있는 퍼셉트론들을 출력층이라고 한다.

어떤 사진 속 물체의 색깔과 형태로부터 그 물체가 사과인지 아닌지를 구별할 수 있도록 인공 신경망을 학습시키는 경우를 생각해 보자. 먼저 학습을 위한 입력값들 즉 학습 데이터를 만들어야 한다. 학습 데이터를 만들기 위해서는 사과 사진을 준비하고 사진에 나타난 특징인 색깔과 형태를 수치화해야 한다. 이 경우 색깔과 형태라는 두 범주를 수치화하여 하나의 학습 데이터로 묶은 다음, '정답'에 해당하는 값과 함께 학습 데이터를 인공 신경망에 제공한다. 이때 같은 범주에 속하는 입력값은 동일한 입력 단자를 통해 들어가도록 해야 한다. 그리고 사과 사진에 대한 학습 데이터를 만들 때에 정답인 '사과이다'에 해당하는 값을 '1'로 설정하였다면 출력값 '0'은 '사과가 아니다'를 의미하게 된다.

인공 신경망의 작동은 크게 학습 단계와 판정 단계로 나뉜다. 학습 단계는 학습 데이터를 입력층의 입력 단자에 넣어 주고 출력층의 출력값을 구한 후, 이 출력값과 정답에 해당하는 값의 차이가 줄어들도록 가중치를 갱신하는 과정이다. 어떤 학습 데이터가 주어지면 이때의 출력값을 구하고 학습 데이터와 함께 제공된 정답에 해당하는 값에서 출력값을 뺀 값 즉 오차 값을 구한다. 이 오차 값의 일부가 출력층의 출력 단자에서 입력층의 입력 단자 방향으로 되돌아가면서 각 계층의 퍼셉트론별로 출력 신호를 만드는 데 관련한 모든 가중치들에 더해지는 방식으로 가중치들이 갱신된다. 이러한 과정을 다양한 학습 데이터에 대하여 반복하면 출력값들이 각각의 정답 값에 수렴하게 되고 판정 성능이 좋아진다. 오차 값이 0에 근접하게 되거나 가중치의 갱신이 더 이상 이루어지지 않게 되면 학습 단계를 마치고 판정 단계로 전환한다. 이때 판정의 오류를 줄이기 위해서는 학습 단계에서 대상들의 변별적 특징이 잘 반영되어 있는 서로 다른 학습 데이터를 사용하는 것이 좋다.

3. 중요도 정리

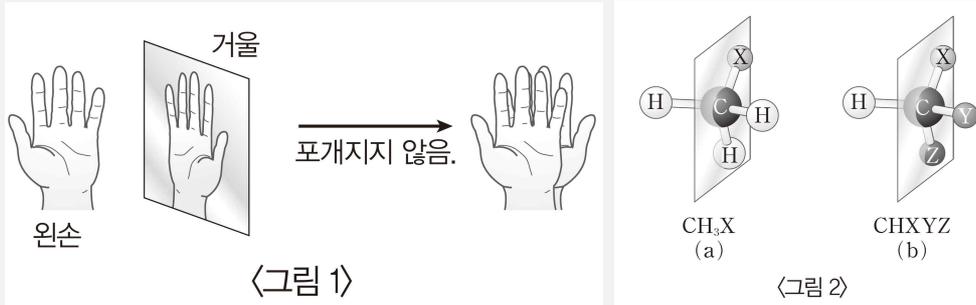
*수록 교재 수특=수특과기용, 수특인사에 모두

등급	지문 번호	수록 교재	이베이 페이지	EBS 페이지	소재
SS	1-2	수완	32	145	카이랄성 탄소
S	3-8	수특과기용	104	182	데이터 트랜잭션
S	0-7	수특과기용	54	32	진화생물학자와 복제자 이론
S	0-2	수완	14	76	동물의 수정과 PCP 신호 전달 체계
A	3-5	수특과기용	82	171	뇌량, 뇌의 편축화
A	3-2	수특과기용	68	157	기초대사량, ATP
A	3-1	수완	66	195	맵리두스, 빅데이터
S	4-3	수완	94	227	커 블랙홀, 스윙바이 항법
B	5-3	수완	116	254	양력, 비행기의 원리
B	3-6	수특과기용	90	174	기후 변화, 빙하기
B	3-3	수특과기용	72	161	온실가스에 의한 기후 변화
B	3-9	수특과기용	108	185	빛의 속도 측정 방법
B	3-4	수특과기용	76	167	열용량의 개념
B	5-6	수특과기용	42	285	라그랑주점, 충돌 모델
B	3-11	수특과기용	120	191	데이터 마이닝, 군집화
C	3-7	수특과기용	98	178	진공
C	3-1	수특과기용	62	154	오로라
C	0-2	수특과기용	48	12	양식 방법
C	5-1	수특	12	264	엔트로피
C	3-10	수특과기용	114	188	수중 구조물 확인
C	3-12	수특과기용	128	196	인장 센서
C	3-13	수특과기용	132	200	엡킨슨 엔진
C	3-14	수특과기용	140	203	빅데이터, 피부센서
C	2-3	수완	58	174	물의 형성

4. S급 지문들 모음과 분석

지문 1-2 수완 145p, 과학 카이랄성과 거울상 이성질체

'탈리도마이드 사건'은 약물 독성 시험에서 중요한 전환점이 된 사건이다. 1950년대 독일의 제약 회사 그뤼네타에서 개발한 탈리도마이드($C_{13}H_{10}N_2O_4$)는 당시 많은 동물 실험의 성공을 바탕으로 수면 진정제로 판매되었다. 그 후 임산부의 입덧을 완화한다는 추가 연구 결과가 발표되어 많은 임산부가 약을 복용했지만, 그 부작용으로 1만 명에 가까운 기형아를 출산하게 되면서 판매가 금지되었다. 탈리도마이드가 부작용을 일으키게 된 원인은 탈리도마이드가 거울상 이성질체의 속성을 갖고 있었기 때문이다. 이 사건 이후 과학자들은 의약품과 같은 화합물의 부작용을 줄이기 위해 거울상 이성질체에 대해 지속적인 연구를 해 오고 있다.



거울상 이성질체를 이해하기 위해서는 거울상과 이성질체에 대해 알아야 한다. 거울상이란 <그림 1>의 거울에 비친 물체의 상(像)과 같이 좌우가 바뀌어 있는 상태를 말한다. 왼손을 거울에 비추면 거울에는 오른손 모양의 상이 비친다. 물체나 분자는 자신의 거울상과 포개지는 것과 그렇지 않은 것으로 구분된다. 위에서 예로 든 손은 자신의 거울상과 포개지지 않지만, 완전한 둥근 공이나 정육면체와 같은 경우에는 자신의 거울상과 포개진다. 이때 전자를 카이랄성(손대칭성)이라 부르고, 후자를 비카이랄성이라 부른다.

이성질체는 분자식은 같지만 분자 내에 있는 구성 원자들의 결합 방식이나 공간 배열이 동일하지 않은 화합물을 말한다. 분자식이 같은 화합물이라도 어떤 방식으로 배열되느냐에 따라 그 성질은 달라질 수 있다. 이성질체는 크게 구조 이성질체와 입체 이성질체로 나뉘는데, 그중 구조 이성질체는 분자식은 동일하지만 분자를 구성하는 원자들의 결합 방식이 다른 화합물을 말한다. 반면 입체 이성질체는 분자식과 분자를 구성하는 원자들의 결합 방식은 동일하지만, 3차원에서 공간 배열이 다른 이성질체를 말한다. 앞에서 설명한 카이랄성에 해당하는 화합물은 거울상 이성질체로, 입체 이성질체에 해당한다고 할 수 있다.

그렇다면 물체나 분자가 카이랄성인지 비카이랄성인지 어떻게 구분할 수 있을까? 그것은 물체나 분자가 대칭면을 갖는지의 여부를 통해 확인할 수 있다. 대칭면이란 물체를 반으로 나누어 한쪽 반이 다른 반쪽과 정확하게 대칭이 되도록 가로지르는 가상의 평면을 말한다. 대칭면이 존재하면 그 물체는 자신의 거울상과 완전히 포개지므로 비카이랄성이고, 반대로 대칭면이 존재하지 않으면 카이랄성이다. 예를 들어 정육면체는 가로면, 세로면 등의 대칭면을 갖고 있으므로 비카이랄성이다. 어떤 화합물의 구성 분자가 카이랄성인지 여부를 알기 위해 탄소를 중심으로 정사면체형 구조를 갖고 있는 CH_3X 와 $CHXYZ$ 형태의 분자를 가정해 보자.

CH_3X 는 <그림 2>의 (a)와 같이 대칭면을 만들면 대칭면 밖의 두 H가 서로 포개질 수 있으므로 비카이랄성이지만, 그림 (b)의 $CHXYZ$ 는 탄소를 중심으로 네 개의 서로 다른 원자들이 결합해 있어 서로 포개질 수 있는 대칭면이 존재하지 않으므로 카이랄성이다. 이렇게 서로 다른 원자들의 중심에 있는 탄소를 카이랄성 중심이라 부른다.

우리가 일상생활에서 접하는 대부분의 의약품에는 카이랄성 분자들이 섞여 있고, 대개의 경우 쌍을 이루는 거울상 이성질체 중 한쪽만이 원하는 약 효과를 나타낸다. 즉 다른 거울상 이성질체는 효과가 전혀 없거나, 약한 효과를 낼 뿐이다. 어떤 의약품의 경우에는 다른 한쪽의 거울상 이성질체가 심각한 부작용이나 독성을 내기도 한다. 앞에서 언급한 '탈리도마이드'의 경우가 그에 해당한다.

카이랄성 물질이 인체에 수용되는 생물학적 원리는 손과 장갑의 관계와 비슷하다. 즉 손에 해당하는 카이랄성 분자는 장갑에 해당하는 특정 카이랄성 수용체와만 결합하는 특이성이 있다. 예를 들어 우리가 먹는 천연 식품은 대개 한쪽 거울상 형태의 분자로 되어 있다. 그리고 그러한 식품을 소화하는 효소도 카이랄성을 지녀 천연 식품의 대부분을 이루는 한쪽 거울상 형태와만 선택적으로 반응하게 된다. 따라서 천연 식품에서는 찾아볼 수 없는 다른 쪽 거울상만을 가진 분자로 이루어진 인공 식품만을 섭취한다면 우리는 영양 부족을 겪게 될 것이다.

거울상 이성질체는 대개 일부 성질만 서로 다를 뿐 녹는점, 끓는점, 용해도 등의 물리적 성질들은 모두 똑같기 때문에 일반적인 분자 분리 방법으로는 이 둘을 분리하기 쉽지 않다. 그래서 특히 의약품 분야에서는 거울상 이성질체의 부작용을 줄이기 위해 둘을 분리하는 다양한 촉매 개발이 이루어져 왔다. 그 노력의 결과로 2001년 놀스 등의 과학자들이 전이 금속을 이용하여 둘을 분리하는 광학 활성 촉매를 개발했고, 그 공로로 노벨 화학상을 받았다. 현재에도 새롭게 만들어지는 의약품과 치료제의 효능을 높이기 위해 한쪽 거울상 이성질체만을 분리할 수 있는 다양한 광학 활성 촉매 개발이 지속해서 이루어지고 있다.

지문 3-8 수특독서 182p, 기술 데이터 트랜잭션

은행과 같은 금융 기관에서는 다수의 사용자가 데이터를 동시에 사용할 수 있도록 시스템을 제어하는 기술이 필요하다. 그리고 장애나 오류가 발생하지 않도록 시스템을 관리할 필요도 있는데, 만에 하나 정전, 하드웨어 고장, 소프트웨어 오류 등으로 시스템에 문제가 발생한다면 빠른 시간 내에 원래의 상태로 복구할 수 있어야 한다. 즉 데이터에 결함이나 흠이 없는 '무결성'이 보장되어야 하는데, 이때 활용되는 것이 바로 트랜잭션이다. 트랜잭션은 특정한 데이터 처리 업무를 수행하기 위해 필요한 작업들을 모아 놓은 논리적인 집합으로, 시스템 제어 및 장애나 오류 복구에 활용된다.

데이터의 무결성이 보장되려면 몇 가지 조건이 요구되는데, 그중 하나는 트랜잭션이 수행되기 전과 후에 각기 데이터의 오류가 없이 일관된 상태가 유지되는 '일관성'을 가져야 한다는 것이다. 물론 트랜잭션이 수행되는 중에는 데이터가 일시적으로 일관된 상태가 아닐 수도 있지만, 트랜잭션이 성공적으로 수행된 후 데이터는 일관성이 있는 상태가 유지되어야만 한다. 은행에서 이체를 하는 경우를 가정해 보자. 이체를 수행하기 전 사용자 A의 잔고는 10,000원이고 사용자 B의 잔고는 0원이라고 한다면, 두 사람의 잔고 합계는 10,000원으로 일관된 상태이다. 사용자 A는 사용자 B에게 4,000원을 이체하는 작업을 수행했고, 두 사람의 잔고는 이체 결과 달라졌지만, 계좌 잔고의 합계는 여전히 10,000원으로 일관된 상태가 유지되었다. 만약 이체를 수행한 후에 사용자 A의 잔고는 6,000원, 사용자 B의 잔고는 0원으로 잔고 합계가 6,000원이었다고 한다면, 4,000원이 사라진 상태가 되기 때문에 데이터의 일관성이 충족되지 않아 트랜잭션이 성공적으로 완료되지 않는다.

또한 현재 수행 중인 트랜잭션이 완료될 때까지 그 트랜잭션에 다른 트랜잭션이 접근할 수 없는 '격리성'을 가져야 데이터의 무결성이 보장된다. 사용자 A의 계좌에서 사용자 B의 계좌로 2,000원을 이체하는 트랜잭션과, 사용자 B가 자신의 계좌에 1,000원을 입금하는 트랜잭션이 동시에 진행 중인 상황을 생각해 보자. 이때 사용자 A, B의 잔고는 각각 2,000원씩이라고 가정한다. 우선 사용자 A의 계좌에서 2,000원을 출금하는 작업이 수행된 후, 사용자 B의 계좌에 2,000원을 입금하는 작업이 수행되어야 첫 번째 트랜잭션은 성공적으로 완료된다. 그런데 사용자 A의 계좌에서 2,000원을 출금하는 작업이 수행된 후, 그 2,000원을 사용자 B의 계좌에 입금하는 작업이 수행되기 전에 사용자 B가 자신의 계좌에 1,000원을 입금하는 두 번째 트랜잭션의 작업이 먼저 수행되면 첫 번째 트랜잭션 내에서의 A, B 계좌 잔고 합계가 트랜잭션 수행 전 4,000원에서 수행 후 5,000원으로 달라져 오류가 발생하게 된다. 이와 같은 오류가 발생하지 않게 하려면, 트랜잭션들이 순서대로 하나씩 수행되는 경우와 동일하게 결과를 얻을 수 있도록 제어되어야 하고, 이를 통해 동시에 여러 사용자의 트랜잭션들이 수행되어도 하나씩 각각 수행된 것처럼 정확하고 일관된 결과가 생성되어야 한다.

그리고 데이터의 무결성이 보장되려면 트랜잭션의 수행이 완료된 후의 결과는 어떤 경우에도 손실되지 않고 보존되는 '지속성'을 가져야 한다. 시스템에 장애나 오류가 발생하더라도 트랜잭션의 수행 결과는 없어지지 않고 유지되어야 하며, 장애나 오류 발생 시 데이터를 원래의 상태로 복구하는 회복 기술이 필요하다. 회복은 장애나 오류가 발생했을 때 데이터를 오류가 없는 이전의 일관된 상태로 복구하는 것인데, 그 예로 사본 데이터를 회복 시스템의 저장 장치에 복사해 두고, 장애나 오류로 문제가 발생했을 때 그 사본 데이터를 이용해 원래의 상태로 복원하는 것을 들 수 있다.

데이터 회복을 위해서는 데이터 전체를 다른 저장 장치에 주기적으로 복사하는 '덤프', 데이터 작업이 있을 때마다 별도의 파일에 변경 관련 내용들을 기록하는 '로그' 등이 필요하다. 특히 로그에는 트랜잭션의 시작, 데이터의 변경(변경 전의 값과 변경 후의 값), 트랜잭션의 완료 등이 기록된다. 덤프나 로그를 바탕으로 데이터를 회복하는 대표적 방법으로는 '재수행(redo)'과 '철회(undo)'가 있다. 재수행은 가장 최근에 저장된 데이터의 복사본을 가져온 후 로그를 이용해 복사본이 처음 만들어지기 시작한 시점부터 완료된 트랜잭션을 차례대로 재실행하는 것이다. 한편 철회는 로그를 이용해 최근 수행한 작업부터 순차적으로 취소해 가면서, 이전에 트랜잭션이 완료된 데이터 상태로 복구하는 것이다.

지문 0-7 수특독서 32p, 과학 복제자 이론

개체들이 복제를 통해 진화한다고 주장하는 진화 생물학자들에게 다윈의 진화론은 일종의 정전(正典)과 같이 취급된다. 그들은 다윈의 진화론이 다음과 같이 크게 다섯 가지 핵심주장으로 이루어져있다고 정리하였다. 첫째, 세계가 꾸준히 변하고 유기체도 시간이 지나면서 변화한다. 둘째, 모든 유기체 집단이 하나의 공통 조상으로부터 유래했다. 셋째, 유기체의 어떤 종이 다른 종으로 변하거나 지리적인 격리가 일어나면 새로운 종으로 가지를 쳐서 종이 분화된다. 넷째, 진화는 새로운 유형의 개체들이 갑작스러운 변화가 아니라 집단의 점진적인 변화를 통해서 발생한다는 것이다. 다섯째, 유전적 변이들이 존재하고 그중 어떤 것이 다른 것들에 비해 생존과 번식에 유리하며, 그 변이 중 일부가 다음 세대에 대물림 되는 경우라면 자연 선택이 일어난다.

진화 생물학자들은 다윈의 핵심 주장 중 둘째, 셋째, 다섯째만을 창의적으로 수용하여 '복제자 이론'을 제시했다. 그들은 자연 선택에 의한 진화 메커니즘이 다음의 세 가지 조건이 만족될 때 작동한다고 논증했다. 먼저 변이 조건으로, 상이한 개체들이 계속해서 풍부하게 존재해야 한다는 것이다. 그 다음은 복제 또는 대물림 조건으로, 그 개체들이 복사본을 만들 수 있는 능력을 지니고 있어야 한다는 것이다. 마지막으로 적합도 조건으로, 어떤 개체의 복사본 수는 그 개체의 특성과 외부 환경의 특성 간의 상호 작용에 의해 결정된다는 것이다. 여기서 중요한 것은 그들이 진화의 대상에 대한 세부 사항을 언급하지 않았다는 것인데, 이는 어떤 대상이든 앞서 말한 세 조건을 만족시킨다면 자연선택에 의한 진화가 일어날 수밖에 없다고 보았기 때문이다.

생물 철학자인 가테이비드 혈은 자연 선택에 의한 진화에 개입하는 존재자를 두 가지로 구분한다. 그 중 하나는 복제자이고, 다른 하나는 상호 작용자이다. 그에 따르면 복제자는 자신의 구조를 다음 세대에 비해 그대로 전달하는 어떤 존재자이고, 상호 작용자는 외부 환경과 상호 작용하여 복제자들의 복제를 서로 다르게 만드는 존재자이다. 복제자의 역할을 수행하는 것이 유전자인데, 유전자는 상호 작용자에 해당하는 유기체와 함께 외부 환경과 상호 작용함으로써 차별적인 복제를 이루어 낸다. 복제 과정에서 외부 환경과 일차적으로 맞닥뜨리는 일차적 존재자는 유기체이다. 유기체는 외부 환경과 상호 작용하면서 유기체의 계통을 형성한다. 그리고 그 속의 복제자들은 다른 경쟁 복제자들보다 더 많은 복사본을 남기게 된다.

또 진화 생물학자인 리처드 도킨스는 자연 선택론이 갖는 일반성과 추상성에 근거하여, 복제하는 존재자의 차별적 생존에 의해 모든 생명체가 진화한다고 정의했다. 특히 그는 어떤 대상이든 자연 선택에 의해 진화하기 위해서는 '복제 또는 대물림 조건'이 반드시 지켜져야 한다고 강조했다. 그런데 도킨스는 혈과 달리 자연 선택과 관련하여 복제자와 운반자를 구분한다. 복제자는 모든 생명의 원동력이자 가장 근본적인 단위로 유전자를 의미한다. 그는 복제자를 자기 자신을 복제하거나 외부 세계와 상호 작용하여 자기의 복제자를 만드는 존재자라고 규정하였다. 한편 운반자는 유전자의 명령에 따라 복제를 수행하는 생존 기계에 해당한다. 도킨스는 자연 선택에서 주변 환경과의 상호 작용이 중요하다는 점은 인정하지만 그것을 운반자 선택이라고 개념화하면서 상호 작용이 복제자에 의해 통제됨을 강조했다. 즉 유기체의 세포에 존재하는 유전자는 복제자이고, 각 유기체는 자기 복제를 추구하는 유전자에 의해 선택된 단순한 운반자일 뿐이라는 것이다.

그런데 이러한 진화 생물학의 복제자 이론에 대해 문제를 제기하는 이론도 계속 등장했다. 특히 최근에 활발히 논의되는 발생계 이론은 복제자 이론에서 자연 복제의 발생 자원을 유전자와 환경으로 구분하는 이분법적 방식을 받아들이기 힘들다고 주장한다. 그들의 견해에 따르면 모든 유기체의 형질은 유전자와 외부 환경뿐만 아니라 무수히 많은 발생 자원들 간의 상호 작용에 의해서도 산출되기 때문이다.

지문 0-2 수완 76p, 과학
대체 가능성 논변

동물에게 도덕적 지위를 부여하는 대표적인 이론으로는 톰 리건을 중심으로 하는 동물 권리론과 피터 싱어를 중심으로 하는 동물 해방론이 거론된다. 그런데 동물 권리론은 인간의 먹는 즐거움을 위해 동물의 본래적 가치를 훼손하는 육식에 반대의 입장을 취하는 반면, 공리주의에 기반한 동물 해방론은 육식의 관행으로부터 얻을 수 있는 이익이 크다면 육식도 옹호될 수 있다고 본다.

싱어는 '이익 평등 고려의 원칙'을 내세워 윤리적 판단은 모든 존재의 입장을 차별 없이 고려해야 한다고 보았다. 이것은 어떤 행위에 같은 영향을 받는 존재라면 이익이나 고통에 대해 동등한 기준을 적용해야 한다는 것이다. 이 원칙에 따르면 소나 돼지의 고통도 인간의 고통과 차별 없이 고려해야 한다. 따라서 동물에게 큰 고통을 주는 육식은 이익 평등 고려의 원칙에 어긋나는 총 차별적 관행에 해당한다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 싱어가 육식의 관행이 옹호될 수 있다고 본 이유는 어디에 있을까?

그것은 육식의 관행이 가축들의 이른 죽음을 초래하지만 그만큼 다른 가축들을 새로 태어나게 한다는 논변에서 비롯된다. 인간의 사육에 의해 태어나는 가축들은 앞선 가축들의 이른 죽음이 없었다면 태어나지 못했을 것이기 때문에 인간이 육식을 하더라도 쾌락의 총량에서 그 가축들이 차지하는 쾌락의 양은 줄어들지 않는다고 할 수 있다. 거기에 인간이 느끼는 육식의 쾌락이 덧붙여지므로 육식은 쾌락의 총량을 오히려 늘릴 수 있다는 것이다. 이러한 육식의 합리화를 뒷받침하는 논변을 '대체 가능성 논변'이라고 한다. 물론 이 경우 동물에게 인위적인 고통을 주지 않는 사육을 해야 하며 고통 없는 도살을 해야 한다는 쉽지 않은 전제가 있어야 하지만, 이것이 충족되었다고 가정하면 대체 가능성 논변은 동물의 이익을 존중하면서도 인간의 육식을 옹호할 수 있는 길을 열어 준다.

그러나 이 대체 가능성 논변에는 결코 받아들이기 쉽지 않은 부분이 존재한다. 대체 가능성 논변에서 쾌락을 빼앗기는 가축은 현재 존재하는 동물임에 반해 그 가축의 쾌락을 대신하는 가축은 아직 존재하지 않는 가상의 존재라는 점 때문이다. 그렇다면 지금 실재하는 쾌락을 가능성만 존재하는 쾌락으로 대체하는 것이 과연 타당한 것일까? 이러한 질문에 대해 공리주의는 두 가지 입장으로 나뉜다. '사전 존재적 입장'은 윤리적 판단을 내릴 때 이미 존재하는 것들만 고려해야 한다는 입장이다. 이와 달리 '전체적 입장'은 이미 존재하는 것뿐 아니라 이 판단으로 인해 앞으로 존재하게 될 것들까지 모두 고려해야 한다는 입장이다. 결국 대체 가능성 논변을 통해 육식을 옹호하려면 사전 존재적 입장이 아닌 전체적 입장을 받아들여야 한다. 싱어는 그의 저서 『실천 윤리학』 초판에서는 사전 존재적 입장을 지지했다. 존재하는 것과 존재하지 않는 것을 같은 차원에서 비교할 수 없다고 보았기 때문이다. 그러나 그는 이후에 나온 『실천 윤리학』 2판에서 결국 사전 존재적 입장을 포기하고 전체적 입장을 받아들였는데, 그것은 파핏의 사고 실험에 크게 영향을 받았기 때문이다.

파핏은 두 여인을 예로 들어 다음과 같은 사고 실험을 했다. 첫 번째 여인은 임신 3개월이 되었을 때 의사에게서 현재 태아가 어떤 결함을 갖고 있어서 그대로 태어날 경우 앞으로 아이는 큰 장애를 갖게 될 것이라는 말을 듣게 된다. 그러나 다행히도 그녀가 전혀 부작용이 없는 알약을 지금 하나만 먹으면 그 결함이 완전히 해소되어 태어는 건강한 아이로 태어날 수 있다고 한다. 한편 두 번째 여인은 임신을 계획하고 있는 여성인데, 현재 이 여인의 건강 상태가 좋지 않기 때문에 이 상태로 임신을 하게 되면 큰 결함을 가진 아이가 태어날 것이라는 말을 듣게 된다. 그러나 3개월이 지난 후에 임신을 하게 되면 여인의 건강 상태가 좋아져 아무 결함이 없는 태아를 임신할 수 있게 될 것이라고 한다. 그렇다면 이 두 여인은 어떻게 행동해야 할까? 아마도 많은 사람이 첫 번째 여인은 알약을 먹어야 하고, 두 번째 여인은 3개월을 기다렸다가 임신을 해야 한다고 생각할 것이다. 만약 이러한 행위를 하지 않는다면 두 여인 모두 비난의 대상이 될 것이다. 이것이 대부분의 사람이 갖는 상식적 판단이다. 그러나 이러한 판단은 모두 전체적 입장을 전제한 판단이다. 만약 사전 존재적 입장에서 본다면, 두 번째 여인이 3개월 후에 임신할 태아는 지금 임신할 수 있는 태아와 같은 존재가 아니기 때문에 두 번째 여인의 판단은 첫 번째 여인의 판단과는 다른 차원에서 다루어져야 한다. 즉 사전 존재적 입장으로는 두 번째 여인이 임신을 미루는 행동이 도덕적으로 옳은 행동이라고 설명하기 어렵다.

이처럼 윤리적 직관에 어긋나는 문제에 부딪혔기 때문에 싱어는 결국 사전 존재적 입장을 포기할 수밖에 없었던 것이다. 그러나 전체적 입장을 취하게 되면 자의식이 없는 태어나 일부 동물뿐만 아니라 성인인 인간에게도 같은 입장을 취해야만 한다는 또 다른 문제를 안게 된다. 싱어는 이 문제를 해결하기 위해 자의식이 있는 존재를 죽이는 것과 자의식이 없는 존재를 죽이는 것을 구분한 다음, 후자와 달리 전자는 대체 가능하지 않다는 주장을 통해 일관성의 뒷에서 빠져나가고자 했다. 이처럼 싱어가 대체 가능성 논변을 받아들이기까지는 수용하기 쉽지 않은 전제를 받아들여 입장을 번복하는 과정을 거쳐야만 했다.

5. S급 심층 분석

과학 기술 분야 총평

인문예술 분야와 같이 매력적인 소재는 있지만 적다. 하지만, 올해 지문의 분야가 인문예술, 사회문화, 과학기술로 바뀐 것에 맞추어, 각 분야당 한 지문씩 출제되는 것이 타당해 보인다. 6월 평가원 시험에서는 사회와 인문이 연계되어 출제되었고, 9월 평가원 시험에서도 사회와 인문이 연계되어 출제되었다. 그런 점에서 과학기술 분야가 연계되어 출제될 확률이 높다고 생각한다. 연계되어 출제되지 않은 만큼 매력적인 소재가 인문예술 분야에 비해서는 많이 남아있다. 물론, 매력적인 소재는 적지만, 매력적이지 않은 소재도 충분히 연계되어 출제될 수 있기 때문에 많은 지문을 준비할 수 있어야 한다.

6월 평가원에서는 빛(물리)과 관련된 기술 지문이 출제되었으며, 9월 평가원에서는 과학 지문 중 생물 지문이 출제되었다. 따라서 생물 지문이 출제될 확률은 낮아도, 매력적인 소재가 많기 때문에 반드시 읽어봐야 할 것이다. 반면, 기술지문과 생물이 아닌 지문은 모두 출제될 확률이 어느 정도 있으며, 인문예술분야의 매력적인 소재의 부재는 과학기술분야 혹은 융합 지문의 연계 출제로 이루어질 확률이 높다.

상술한 바와 같이, 세 분야 중 한번도 연계되지 않은 과학기술 분야에서 연계될 확률이 매우 높다. 따라서 매력적인 지문(A급 이상)은 최소 5번은 읽고, C급이더라도 한번은 훑는 정도로라도 반드시 읽도록 하자.

소재 단위로 보면, 생물학 소재와 화학 소재와 같이 매력적인 소재도 있으며, 기술 분야에서도 매력적인 소재가 소수 있기 때문에 연계를 가정한다면 출제할 수 있는 분야도 다양할 것이다. 다양한 분야에 대해 포괄적으로 준비해두도록 하자. 특히, B급과 C급으로도 출제가 매력적인 소재는 많았지만, 준비를 할 경우의 효용성이 다소 모호하기 때문에 B급과 C급으로 두었다. 매력적인 소재들로는 S급으로 둔 '카이랄성 탄소'와 '진화', '발생' 뿐 아니라, 뇌, 빅데이터, 센서 등도 매력적인 지문에 속한다. 관련 소재가 이후 기출문제 풀이에 출제된다면 주의 깊게 보도록 하자.

Theme 1 - (화학) 카이랄성 탄소

주관적으로 80여개가 넘는 EBS 소재들 중 가장 중요하다고 생각하는 주제이다. 2001년 노벨상 수상 주제였으며, 현재도 관련 학문을 배울 때 매우 비중있게 다루는 분야이다. 유기화학이라는 분야를 한번이라도 훑어봤다면 노요리와 샤프리스 시약을 알고 있을 것이다. 국어의 문학으로 치면 운동주, 미적분으로 치면 x^n 꼴의 미분 같은 존재이다. 그렇다면 학문적으로만 중요한 것인가? 아니다. EBS 지문에서도 다룬 것처럼 해당 탄소로 인해 많은 사상자가 발생했으며, 탈리도마이드는 아직도 화학적 지식의 부재로 인한 대표적인 의료사고로 꼽힌다. 사회적으로도, 의학적으로도, 심지어 추측의 형태로라도 문학작품(스타트랙과 이상한 나라의 앨리스)에서도 언급될 정도로 중요한 소재이다. 입체적인 내용을 물어볼 수 있다는 점에서 사고력이 필요하고, 유기화학에서나 다룬다는 점에서 화1, 화2 선택자들에게 편파적이지도 않으며, 심지어 관련 소재가 출제되지 않았다는 점에서 기존의 기출문제와도 어느 정도 차별화할 수 있다는 점까지 다방면에서 매우 매력적인 소재이다. 그렇다고 이해하기 어려운 소재일까? 딱 입체적인 구조만 생각하면 되기 때문에 <보기> 제시형 문제에서도 적당선에서 추론할 수 있는 결과가 나오게 된다.

개인적으로 평가원이 이렇게 매력 있는 소재를 출제하지 않을 이유는 단 두 가지라고 생각한다. 1) 사설 모의고사에서 많이 다루어서, 2) 많은 국어 관련 종사자가 짚어서라고 생각한다. 우선은 대비해서 손해볼건 없으니 반드시 대비해두도록 하자.

고등학교때 화학을 선택하지 않았다면 연계대비의 4번째 토픽먼저 확인하자.

'카이랄성'이란?

카이랄성은 거울면에 대칭시켰을 때 다른 물질이 되는 것을 뜻한다. 대표적인 예시는 우리의 손바닥이다. 손바닥을 마주보고 포갠 수는 있지만, 그대로 포갠 수는 없는 것이 그 예시이다. 즉, 카이랄성은 대칭을 시켰을 때 다른 물질이 되는 성질을 뜻한다. 만약, 카이랄성을 가진 물질이 골고루 섞여있다면, 이를 라세믹(라세미) 혼합물이라고 한다.

화학에서의 카이랄성

카이랄 탄소를 다루면서 탄소의 네 결합이 모두 다른 탄소를 카이랄 탄소라고 한다. 그러나, 카이랄성을 가질 수 있는 물질은 훨씬 더 많다. sp^3 혼성화를 갖고 있는 물질이고, 모든 결합 가능한 오비탈이 다르면 카이랄성이 만족한다. 예시를 들자면, 질소는 비공유전자쌍이 하나 있기 때문에 카이랄성을 만족시킬 수 있는 조건은 충족한다. 물론, 질소는 비공유전자쌍이 오고갈 수 있으므로 실제 카이랄 물질은 아니지만, 조건은 충족할 수 있다는 것이다.

혼성화에 대해 부연설명을 하자면, 원자에는 전자가 있는데, 전자가 위치할 수 있는 곳이 오비탈이다. 위치가 다른 오비탈이 너무 비슷하면 오히려 동일한 위치가 될 수 있다는 것이다. 비유를 하자면, 1층에 방이 하나 있고, 2층에 방이 3개 있는데, 위치가 너무 다르다면 '1.5층 방 4개'라고 할 수 있는 것이다. 물론, 방은 조금씩 이동할 수 있기 때문에 가능한 것이다.

대표적인 sp^3 혼성화 물질(다리가 4개) 중, 결합을 하기 때문에 위치 조정현상(플립)이 없는 원소는 탄소이기 때문에 탄소가 카이랄성을 자주 갖는 것이다. 혼성화에 대한 부분은 가볍게 한번 읽어보는 정도로 마무리하자. 이해할 필요는 없다. 나올 확률이 높으므로, 아래 볼드체로 된 부분만 외우자.

카이랄은 거울상 이성질체이고, 다른 물질이다. 주로 탄소에서 나타나며, 탄소의 네 다리가 다른 것을 카이랄 탄소라고 한다.

연계 대비

1. 카이랄 탄소와 명명법

모든 물질에 이름이 있듯이, 카이랄 탄소도 명명법이 있다. 크게 세 가지 명명법이 있다. 카이랄 탄소를 생긴 거울상 이성질체는 구조 등이 같기 때문에 이를 구분하기 위해 새로운 명명 체계가 필요하다. 대표적으로 R/S 명명법을 많이 사용하고, 아미노산에서는 D/L 명명법을, 광학 관련된 연구를 할 때에는 +/- 명명법을 자주 사용한다. 이때, 확인해야 하는 것은 세 명명법의 기준이 다르기 때문에 모두 독립적이라는 것이다. R/S 명명법의 기준은 분자량이고, 광학 활성도의 기준은 편광면이다.

D/L 명명법의 기준은 객관적인 제3의 물질의 방향성이다.

2. 카이랄 탄소와 의약품

의약품은 카이랄 탄소와 매우 밀접하게 관련되어 있다. 대표적인 사례가 탈리도마이드이다. 일반적인 방법으로 생성한 화학물은 카이랄 탄소의 두 거울상이 1:1로 혼합된 라세미 혼합물이다. 한 가지 구조에서는 좋은 효과만 있지만, 거울상 구조에서는 그렇지 않을 수도 있기 때문이다. 그런 점에서 의약품과 라세미 혼합물에 대한 규정이 매우 많다. 아래 의약품 안전 평가원에서 출판한 가이드라인을 읽어보자.

광학이성질체는 공간상의 원자의 위치가 서로 다른 모든 이성질체에 대한 일반적인 명칭이다. 따라서 광학이성질체는 거울상 이성질체 뿐만 아니라 기하이성질체와 부분입체이성질체들도 포함하고 있으나 이들의 경우 카이랄분석법을 사용하지 않고도 쉽게 분리가 되므로 여기서의 광학이성질체는 거울상 이성질체만으로 제한한다.

거울상 이성질체는 거울상 이미지가 겹쳐지지 않는 입체이성질체이다. 거울상 이성질체는 편광면을 다른 방향으로 회전시켜 키랄성 환경에서 다르게 행동한다는 점을 제외하고는, 이화학적 특성이 동일하다. 그러나, 각각의 거울상 이성질체는 서로 다른 약물동태학적 특성(흡수, 분포, 대사 및 배설)과 정량적 혹은 정성적으로 서로 다른 약리효과 또는 독성을 나타낼 수 있다.

동일량의 거울상이성질체 혼합물을 라세믹체라고 한다. 고체상태에서 라세믹체의 용점, 용해도와 용융열과 같은 물리적 특성은 각각의 거울상이성질체와는 서로 다를 수 있다.

현재 많은 의약품들이 라세믹체로 시판되고 있고, 기술적으로 단일 거울상이성질체를 분리 제조하는 것이 가능하다 할지라도, 라세믹체의 개발은 앞으로도 적절하게 지속될 수 있다. 그러나, 거울상이성질체에 따라서는 약리, 독성, 약동학적 특성 및 단백질결합 등이 근본적으로 다른 많은 사례가 보고되고 있다. 어떤 의약품의 경우는 어느 한 이성질체만이 약물학적 활성을 주로 나타낸다. 다른 이성질체는 활성이 약하거나 없을 수도 있고, 독성이 있거나 완전히 다른 약리학적 반응을 일으킬 수도 있다. 또한 거울상이성질체간의 상호작용도 보고되고 있다.

예를 들면, 알레르기질환에 사용하는 H1 수용체 길항제인 세티리진은 레보세티리진(R)과 텍스트로세티리진(S)의 라세믹 혼합물이다. 텍스트로세티리진은 약리학적 활성이 없으며, 레보세티리진 2.5 mg은 세티리진 5 mg과 동등 수준의 항히스타민 활성을 나타낸다.

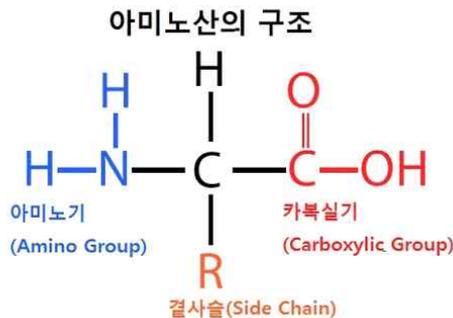
또한 오플록사신은 퀴놀론 계열의 항균제로 라세믹 혼합물이다. 항균력은 레보플록사신으로부터 나타내며, L-체는 D-체에 비해 약 128배 강한 약리활성을 가지고 있다. 오플록사신과 레보플록사신의 약동학적 특성은 유사하지만, 항균력은 레보플록사신이 더 우수하여 일부 병원균에 대해서는 더 낮은 농도에서도 유효하다.

암로디핀은 최초 개발 당시 S체와 R체가 1대1의 비율로 섞인 라세믹체로 개발되었으나, 개발 이후 말초부종, 두통 등의 부작용을 일으키는 R-암로디핀을 제거하여 혈압강하 효과가 있는 이성질체인 S-암로디핀만을 광학 분리한 제제가 개발되었다. R-암로디핀에 의한 부작용이나 독성의 우려가 제거되고, S-암로디핀 2.5 mg으로 암로디핀 5 mg을 투여했을 때와 동등수준의 혈압강하 효과를 나타낸다.

그러므로 거울상 이성질체 의약품을 개발하고자 할 때는 각각의 이성질체에 대한 충분한 약리 및 독성 평가, 대사와 분포의 적절한 규명, 그리고 임상평가에 있어 입체화학적 문제를 검토할 필요가 있다.

3. 카이랄 탄소와 아미노산

아미노산은 단백질의 원료이다. 즉, 우리 몸에 무조건 있는 물질이다. 아미노산의 기본 구조는 아래와 같다.

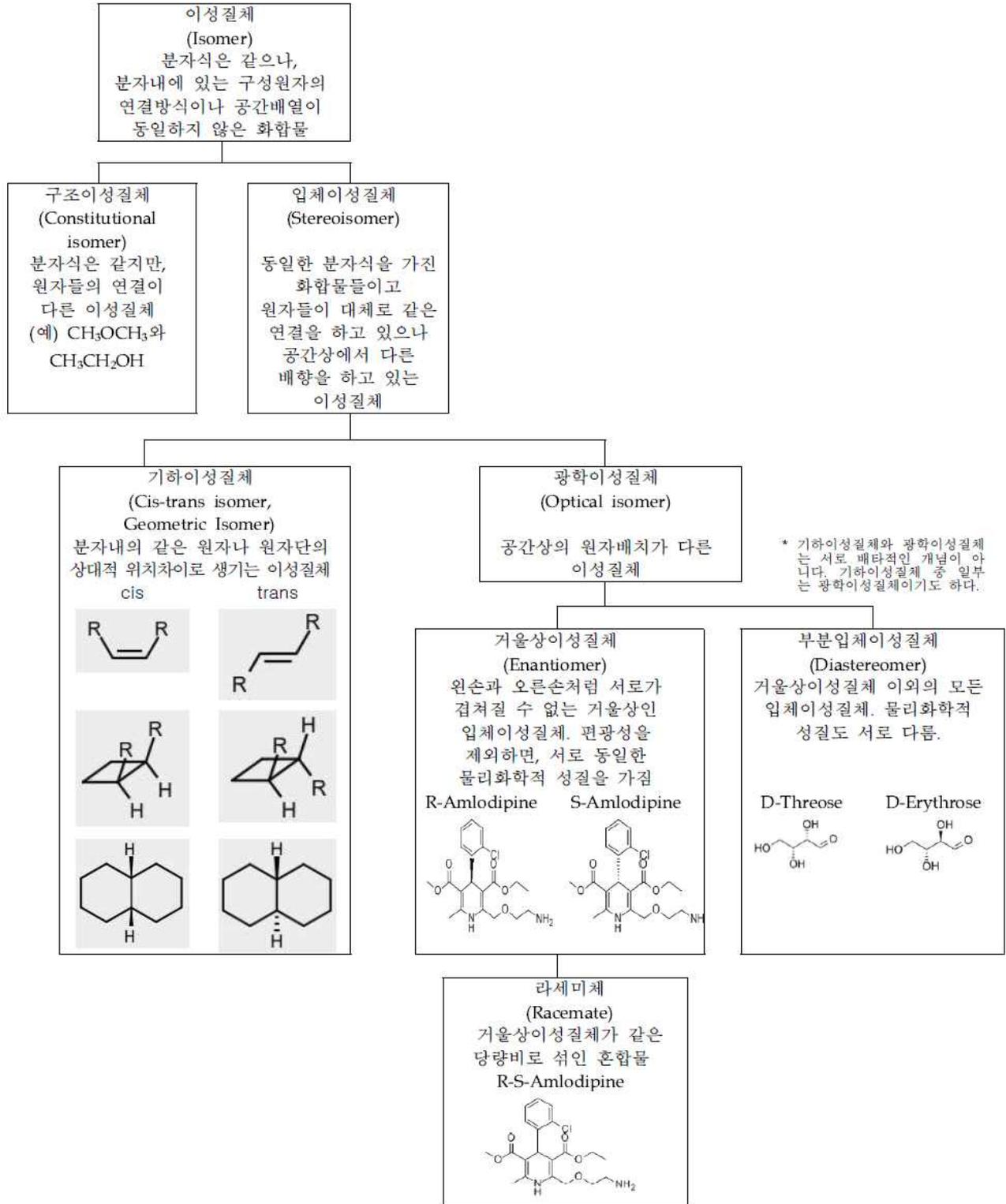


이 구조를 잘 보자. 가운데에 있는 탄소는 카이랄 탄소이다. 그런 점에서 아미노산은 기본적으로 모두 카이랄 물질이라고 볼 수 있다. 하지만, 아미노산은 L형이 대부분이다. 해당 부분은 아직 가설일 뿐이다. 하지만, 처음부터 L형을 사용하는 것으로 진화되었다는 관점, 또는 우주의 카이랄 물질로 인한 L형 사용의 활성화(핵산 등은 R형)되었다는 관점으로 나뉘어 활발하게 연구되고 있다.

4. (기초) 카이랄 탄소와 이성질체 및 어휘들

출처: 광학이성질체 의약품 가이드라인

용어	정의
거울상이성질체 (Enantiomers)	왼손과 오른손처럼 서로가 겹쳐질 수 없는 거울상인 입체이성질체
거울상이성질체 순도/ 거울상이성질체 초과분 (Enantiomeric purity/ Enantiomeric excess)	한 거울상이성질체와 다른 한쪽 거울상 이성질체간의 백분율 차이 (예: 99%의 거울상이성질체와 그것의 다른 한쪽 거울상이성질체를 1% 함유하는 의약품 성분은 98%의 거울상이성질체 순도를 가진다.)
거울상이성질 선택적 시험 (Enantioselectivity)	거울상이성질체들을 선택적으로 분리하고, 정량할 수 있는 분석방법
거울상이성질 선택적 합성 (Enantioselective synthesis)	한쪽의 거울상이성질체가 우세하게 생성되는 반응
기하이성질체 (Stereoisomers)	분자 내의 같은 원자나 원자단의 상대적 위치 차이로 생기는 이성질체 이중 결합으로 연결된 두 원자에 결합된 원자 또는 원자단의 공간적 배치가 다른 이성질체
라세미화 (Racemization)	거울상 이성질체가 그것의 라세미체로 전환되는 것
라세믹체 (Racemate)	한 쌍의 거울상 이성질체가 동일 몰수로 섞인 혼합물
배열 (Configuration)	분자결합에 의해 정해지는 분자내 원자의 서로 바뀌지 않는 3차원적 배치
부분입체이성질체 (Diastereomers)	거울상이성질체 이외의 모든 입체이성질체
선광도 (Optical rotation)	광학활성 물질을 통과한 직선 편광의 편광면이 오른쪽 또는 왼쪽으 로 회전하는 것
이성질체 (Isomers)	분자식은 같으나 분자내에 있는 구성원자의 연결방식이나 공간배열 이 동일하지 않은 화합물
입체선택성 (Stereoselectivity)	여러 가지 가능한 입체이성질체중 하나의 입체이성질체가 다른 입체 이성체에 비해 우세하거나 전적으로 선호되는 과정의 성질
입체이성질체 (Stereoisomers)	동일한 분자식을 가진 화합물들이고 원자들이 대체로 같은 연결을 하 고 있으나 공간상에서 다른 배향을 하고 있는 이성질체. 입체 이성질 체에는 두 가지 형태, 즉 기하이성질체와 광학 이성질체가 존재한다.
입체특이성 (Stereospecificity)	분자의 입체이성질체가 입체이성질체적으로 다른 효과를 유발하는 과정의 특성. 모든 입체특이적 과정은 입체 선택적이다. 그러나 반대 로 모든 입체선택적 과정이 입체특이적이지는 않다. 입체선택적인 합성과정에서는 일련의 입체이성질체들 중 한 이성질체가 우세하거 나 전적으로 생성되는 반면, 입체특이적 반응과정에서는 한 이성질 체가 한 생성물을 생성하는 한편 다른 이성질체는 반대 생성물을 생 성한다.
카이랄성 (Chirality)	오른손과 왼손처럼, 상과 거울상을 서로 포갤 수 없는 분자형태
카이랄반전 (Chiral inversion)	한 거울상이성질체가 그것의 거울상으로 전환되는 것



5. (이베이 중복) 놀스 교수 노벨상 추천사

전하, 그리고 신사 숙녀 여러분.

과학은 흥미진진합니다. 여기 이 단상 옆에, 그리고 뒤에 계신 모든 분들과 함께 적어도 저는 그렇게 생각합니다. 인간으로서 우리는 호기심을 가지고 있습니다. 과학의 도움으로 우리는 호기심을 풀고 경이로움을 발견할 수 있습니다. 과학은 정말 흥미진진합니다. 그러나 과학을 전공하지 않은 사람에게 무엇인가를 설명할 때면 이런 말을 듣습니다. 그것이 흥미로울지는 모르지만 어디에 쓰니까? 올해 노벨 화학상의 경우에는 이런 문제가 없습니다. 이 질문에 답하기가 매우 쉽기 때문입니다. 오늘날 많은 약물들이 금년 수상자가 발견한 지식에 바탕을 두고 있습니다. 즉 분자의 거울상 이미지에 근거하고 있습니다.

올해 노벨 화학상은 서로 거울상인 두 가지 형태로 존재하는 분자들에 관한 것입니다. 이런 분자들을 키랄이라고 하며, 손을 의미하는 그리스어 키랄(chiral)에서 유래하였습니다. 우리의 두 손은 생명과 관련된 대부분의 분자들처럼 키랄입니다. 즉 오른손은 왼손의 거울상입니다. 우리 몸의 세포에서는 거울상 형태 중 오로지 한 가지만 관찰됩니다. 효소, 항체, 호르몬, 그리고 DNA 등이 그 예에 해당됩니다.

따라서 세포기작에서 중요한 역할을 하는 다른 수용체와 마찬가지로 우리 몸의 세포에 있는 효소는 키랄입니다. 이것은 효소가 거울상 형태 중의 하나에 선택적으로 결합한다는 것을 의미합니다. 키랄분자의 두 가지 형태는 종종 세포에 전혀 다른 효과를 줍니다. 예를 들면 우리 코에 있는 수용체는 거울상 대칭성에 민감합니다. 리모넨 물질의 한 가지 형태는 레몬 냄새가 나는 반면 그 거울상 물질은 오렌지 냄새가 납니다. 대부분의 약물들은 키랄분자들로 구성되어 있고, 종종 거울상 형태 중에서 한 가지 형태만 효험이 있습니다. 다른 형태는 유해할 수도 있습니다. 예를 들면 탈리도미드(thalidomide)라는 약이 이 경우에 해당되는데, 이 약은 1960년대에 임산부에게 처방되었습니다. 한 가지 거울상 형태는 메스꺼움을 없애 주는 데 반해 다른 한 가지는 너무 늦게 발견되었는데 치명적인 해(기형아 출산)를 줄 수 있었습니다.

그래서 가능한 한 순수하게 각각의 거울상 형태를 생산하는 것은 매우 중요합니다. 실험실에서 화합물을 합성할 때 같은 양의 두 가지 거울상 형태가 만들어지는 것이 일반적입니다. 올해 노벨 화학상 수상자는 한 가지 형태만 합성할 수 있는 키랄 촉매를 개발했습니다. 촉매란 그 자체는 소비되지 않고 반응을 빠르게 진행시키는 물질입니다.

1968년 윌리엄 놀스는 최초로 키랄 촉매에 의한 수소화 반응이 가능하다는 것을 보였습니다. 그것은 즉각 많은 연구자들을 독려한 시기 적절한 발견이었습니다. 놀스는 즉시 그 자신 및 다른 사람들의 기초 연구 결과를 활용해서 의약 엘-도파(L-DOPA)의 대량생산 방법을 개발했습니다. 엘-도파는 파킨슨병의 치료제입니다. 이 병으로 심한 고통을 겪던 제 부친을 포함해서 수백만 명의 환자들이 이 약으로 고통을 덜었습니다.

이 연구를 더욱 발전시켜서 오늘날의 더 선택적이고 일반적인 키랄 수소화 촉매를 개발한 사람이 노요리 료지 교수입니다. 그의 촉매분자 한 개는 수백만 개의 생물 분자를 만들어 낼 수 있습니다. 노요리 교수의 방법은 실질적으로 매우 중요한데, 특히 여러 항생제의 대량생산에서 그러합니다. 중요하지만 불행하게도 매우 뉴스가 될 만한 활용 예입니다.

배리 샤플리스 교수는 다른 형태의 반응인 산화반응의 키랄 촉매를 개발해 왔습니다. 그의 키랄 촉매에 의한 에폭시화 반응과 이수산화 반응은 복잡한 분자를 설계할 수 있는 새로운 가능성을 열었습니다. 이러한 반응들은 특히 산업체에서, 예를 들면 가장 심각한 두 가지 질병, 궤양과 고혈압 약의 생산에 널리 사용되어 왔습니다.

수상자들의 발견이 산업에 미치는 역할에 특별히 초점을 맞추어 말씀드렸으나 이들의 발견은 또한 학문적으로 극히 중요한 도구가 됩니다. 이 분야의 연구는, 화학뿐만 아니라 재료과학, 생물, 그리고 의학의 빠른 발전에 기여하고 있습니다.

알프레드 노벨 박사는 유언에서 이 상이 '인류에게 지대한 공헌을 한' 사람에게 수여되어야 한다고 명시하여 과학의 유익한 면을 강조했습니다. 따라서 올해 노벨 화학상은 과학이 무엇에 유익한가에 대해 쉽게 답을 해줄 뿐만 아니라 알프레드 노벨박사의 정신에 온전히 부합되는 상이기도 합니다.

놀스 박사님, 노요리 박사님, 그리고 샤플리스 박사님. 저는 이 자리에서 박사님들이 이룩한 발견과 그로 인한 과학의 진보를 간단히 설명했습니다. 교수님들의 업적이 인류에 미친 유익한 결과는 이미 풍성합니다. 그리고 키랄 촉매 분야에서 후학들의 연구로 크게 확산될 것을 확신합니다. 스웨덴 왕립과학원의 진심 어린 축하를 전해드립니다. 앞으로 나와 주십시오. 이제 전하께서 노벨상을 수여하시겠습니다.

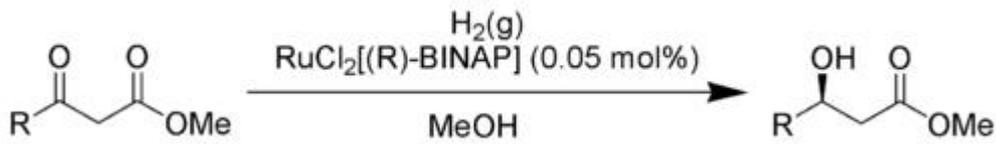
2001년 노벨 화학상 추천사 중

6. (이베이 중복) 키랄 촉매에 의한 수소화 반응과 산화 반응의 요약

카이랄(키랄과 혼용) 물질과 관련되어 수상을 받은 세 학자의 업적에 대해서 요약할 것이다.

첫 번째 수상자, 노요리 료지

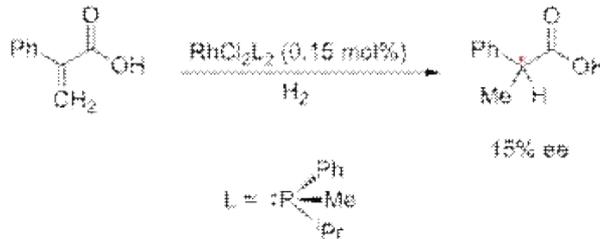
키랄 촉매에 의한 수소화 반응은 노요리 비대칭 수소화 반응이라고도 한다. 노요리는 위 반응을 개발하였으며, 해당 반응에도 사용되는 물질인 BINAP을 개발하기도 하였다. 아래 반응이 노요리 비대칭 수소화 반응이다. 하나의 선이 하나의 결합이며, 꺾인 부분은 탄소 원자이다. 우측 생성물에서 원으로 표시된 탄소를 보면 키랄 탄소라는 것을 확인할 수 있다. 탄소는 총 4개의 결합을 하는데, R, OH, 다른 탄소 하나에 대한 결합이 표시되어 있다. 이때, 수소 하나는 생략되어 있는 것이다. 반응물에는 키랄 탄소가 없었지만, 생성물에는 단 한 가지 키랄 탄소만 생성되는 것을 확인하자. OH라고 써 있는 작용기(하이드록시기 작용기, 알코올)가 진한 세모 모양으로 표시된 것은 해당 부분이 종이면 위로 나와 있다는 것이다. 생략되어 있는 탄소의 네 번째 결합인 수소는 종이면 아래로 들어가 있는 형태이다. 하나의 탄소에 결합된 네 개의 부분이 모두 다르므로 키랄 탄소인 것이다. 한 종류의 키랄 탄소만 형성되는 것이 그의 업적이다. 아래 반응에 명시되어 있는 BINAP은 이후 수많은 키랄 생성물을 선택적으로 만드는 데에 활용되었다.



두 번째 수상자, 윌리엄 스탠디시 놀스

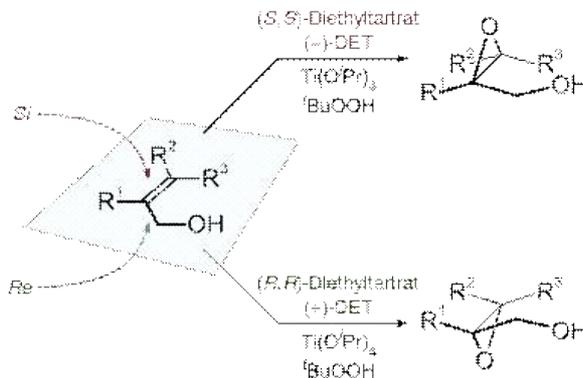
본문에 제시된 '놀스 등의 과학자'의 그 놀스이다. 놀스의 제일 큰 업적은 바로 L-Dopa의 대량생성 방법이다. L-Dopa는 파킨슨병의 치료제로, 수백만 명의 환자들에게서 파킨슨병의 고통을 많이 덜어주었다. 특히, 놀스의 반응을 응용하여 노요리가 위의 반응을 만들었다는 점을 보면 해당 분야를 선구적으로 개척했다는 점 역시 놀스의 업적 중 하나이다.

아래 반응은 놀스 교수의 반응 중 하나이다. 우측에 작은 점으로 표시된 탄소가 키랄 탄소라는 것을 확인하자.



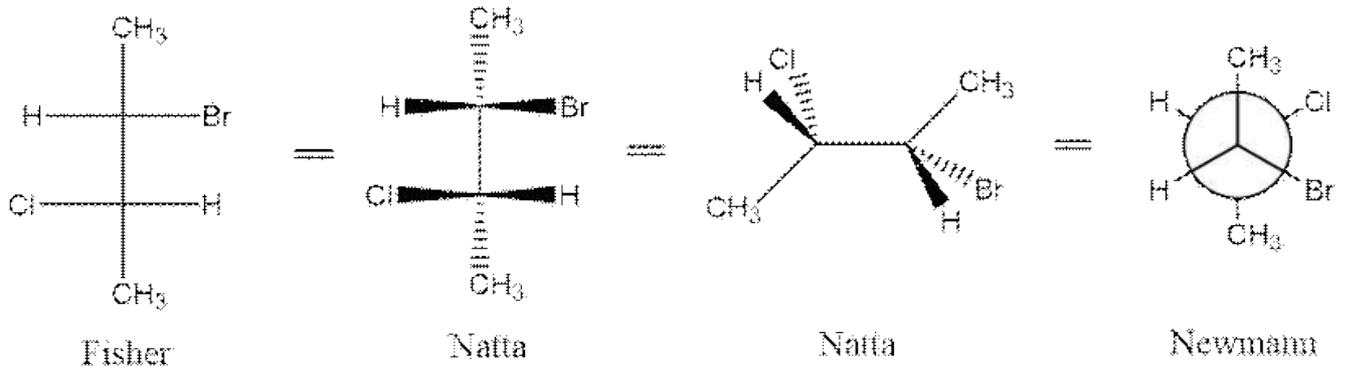
세 번째 수상자, 칼 배리 샤프리스

샤프리스 에폭시화로 유명한 반응을 만든 학자이다. 샤프리스 반응은 반응기(분자의 일부)의 반응 세기 차이를 이용하여 반응의 물리적 방향을 조정한 것이다. 아래 반응을 보면, Si와 Re의 방향 차이를 확인할 수 있다. 이후, 탄소-탄소-산소 고리를 풀어내는 방향에 따라 키랄 탄소가 형성되는 것이다.



7. (이배이 중복) 투영도

유기화학은 분자의 3D구조를 다룬다. 본문에서 키랄 탄소의 구조를 보면 입체 구조가 중요함을 알 수 있다. 하지만, 대부분의 연구는 2D인 종이 위에서 이루어진다. 따라서, 유기화학의 여러 물질을 명확하게 표현하기 위해서 여러 투영도를 개발했다. 대표적으로 뉴먼 투영도, 피셔 투영도, 그리고 하위스 투영도가 있다. 물론, 그 전에 가장 먼저 접할 수 있는 뼈기 구조식도 있다.



0. 뼈기 구조식

위의 노요리 반응을 소개하며 짧게 소개하였다. 위의 네 도형 중 가운데 두 도형을 보자. 단순한 직선은 종이면에 놓인 직선이고, 진한 삼각형은 종이면 위로 올라온 직선이며, 점선은 종이면 아래로 놓인 직선이다. 즉, 세 번째 그림에서 위에서 보는 사람의 입장에서 H는 Cl과 Br보다 가깝게 보이는 것이다.

1. 뉴먼 투영도

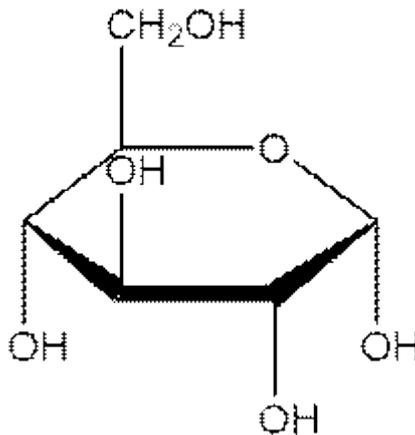
위의 네 그림 중 네 번째 그림이다. 하나의 탄소-탄소 축을 설정한 후, 그 축의 방향에서 물질을 본 것이다. 보는 사람의 입장에서 더 가까운 것은 원 위의 선으로, 더 먼 물질은 원 아래의 선으로 표현하는 것이다. 즉, 네 번째 물질은 세 번째 물질의 오른쪽에서 바라본 형태이다.

2. 피셔 투영도

피셔 투영도는 첫 번째 그림으로, 두 번째 형태를 선으로 표현한 것이다. 번거롭게 진한 삼각형과 점선으로 그리는 것을 피한 것이다. 가로축은 종이면 위로(진한삼각형) 세로축은 종이면 아래로(점선)로 약속한 것이다.

3. 하위스 투영도

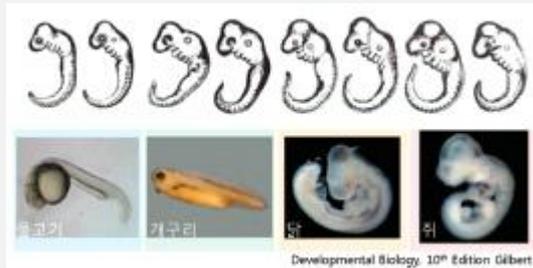
고리형 화합물을 그릴 때 이용된다. 화학보다는 생물에 보다 많이 사용된다. 아래 그림은 하위스 투영식의 예시이다.



Theme 2 동물의 수정과 발생

척추동물 발생에 대해서는 다음 지문을 읽어보자. 출처는 박태주 조교수의 발생과정의 형태형성을 요약한 것이다.

사람을 비롯한 척추동물은 난자와 정자가 만나 2배체의 수정란을 형성하면서 일련의 발생과정이 진행된다. 수정 이후 발생의 과정은 연속적인 세포분열로 정의 되는 난할 (cleavage)기를 지나, 외배엽 (ectoderm), 중배엽 (mesoderm), 내배엽 (endoderm)을형성하는 낭배형성 (gastrulation)기를 거치면서 차츰 성체의 장기 및 조직을 생성하게 된다. 발생이 진행되면서 서로 다른 종들은 다양한 형태의 성체로 성장하지만, 발생 단계의 배아는 놀라울 만큼 유사한 형태를 유지한다. 이는 발생의 과정 또한 매우 잘 보존되어 있음을 의미한다. 에른스트 헤켈은 배아의 유사성을 진화론의 증거로 내세우며 다른 종의 배아가 매우 유사함을 강조했다. 비록 헤켈이 사용한 그림과 같이 다른 종의 배아가 구별할 수 없을 정도로 유사하지는 않지만, 발생의 과정과 발생을 조절하는 생체 신호와 유전자의 역할은 모든 척추동물에서 잘 보존되어 있다. 아래 그림을 확인하자.



박태주 조교수, 발생과정의 형태형성

배아의 발생과정은 생명의 신비로움을 연구하기에 매우적합한 생명 현상 중 하나이다. 인류의 문명이 시작된 이래로 풀리지 않는 수수께끼처럼 많은 과학자들이 끊임없이 질문을 던지고 연구를 진행한 분야 중 하나가 발생학이라고 해도 과언이 아니다. 인류 역사상 최초의 발생과정에 대한 연구 서적은 아리스토텔레스가 기술한“On The Generation of Animals (동물의 발생에 관하여)”이라고 볼 수 있다. 이후 약 2000년 동안 발생에 대한 의문은 그저 의문으로 남아 있었다. 이후 현미경의 발견으로 발생학은 새로운 전기를 맞이하게 된다. 마르셀로 말피기는 1672년 현미경을 사용하여 최초로 닭의 발생 과정을 관찰하게 된다. 그의 저서에서 말피기는 닭의 배아를 비교적 상세히 묘사하였다.

이후 현미경 및 염색 기술의 발달로 1800년대에 이르러서야 비로서 배아의 외배엽 중배엽 내배엽의 존재가 드러나게 된다. 그러나 유전학, 분자생물학 세포생물학적 연구 기술이 발전하기 전까지, 발생학은 단지 발생의 과정을 관찰하고 형태의 변화를 묘사하는 기술적인 학문에 불과하였다. 20세기에 들어서서 염색체와 유전자에 대한 연구가 활발히 진행되면서 발생의 과정 역시 유전정보에 의해 조절되는 일련의 과정으로 설명할 수 있게 되었다.

발생 과정에서 가장 기본적인 내용을 다루기 전에 다음 두 가지 질문과 답을 확인해 보자.

1. 배아의 줄기세포는 어떠한 다른 세포로 분화되는가?

수정이 일어난 후 수정란은 하나의 거대한 세포이다. 이 하나의 세포로부터 완전한 성체를 만들어가기 위한 첫 단계는 서로 다른 기능을 하는 수천, 수만여 개의 세포를 만들어 내야 하는 것이다. 이를 위해 수정란은 난할이라 불리는 매우 빠른 세포분열 시기를 거친다. 난할을 끝낸 세포의 세포질은 배아에 위치한 자리에 따라서 서로 다른 단백질 및 RNA 포함하게 된다. 이러한 세포질 내부의 구성 성분의 차이는 추후 낭배형성기를 거쳐 서로 다른 분화능을 가진 3개의 배엽을 형성할 수 있는 기폭제가 된다. 각 배엽의 분화과정에 대한 연구는 현재까지 매우 활발히 진행되고 있으며 이는 줄기세포를 이용한 세포치료의 기반이 되는 연구결과를 도출하고 있다.

2. 배아의 세포들은 어떻게 정해진 형태의 조직 및 기관을 만들어가는가?

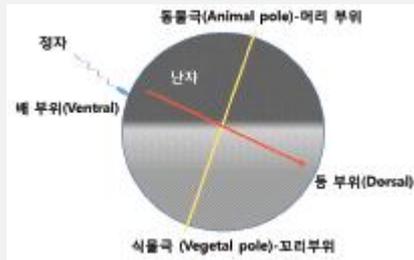
형태를 만들어가는 배아의 세포에 있어 제일 먼저 해결해야 할 일은 배아에서 각 세포들이 자기의 위치를 인식하는 일이다. 배아의 각 세포는 위치에 따라 세포의 운명이 결정되기 때문이다. 따라서 배아는 세포들에게 위치정보를 알려주기 위하여 머리와 꼬리가 되어야 할 부분, 등과 배가 되어야 할 부분, 그리고 왼쪽과 오른쪽이 되어야 할 부분을 지정하게 된다. 이러한 과정은 머리-꼬리 축, 등-배 축, 좌우 축을 지정함으로써 실현된다. 배아의 축이 결정되면 이 정보를 이용해서 배아의 각 세포들은 자신들이 만들어 가야 할 조직의 형태를 형성하게 된다. 세포들이 조직 및 기관의 형태를 만들어 가는 과정은 각 기관 및 조직 별로 독립적으로 진행되지만, 형태형성 기전은 많은 부분에 있어서 공통된 방법을 사용한다.

축의 형성->신경관의 형성->수렴확장 등

등-배축, 머리-꼬리 축, 좌우 축의 순서대로 축이 형성된다.

등-배 축

배아의 발생과정 중 등 (dorsal)이 되는 부분은 척추와 뇌를 비롯한 신체의 중심을 구성하는 매우 중요한 부분이다. 이에 배아는 등-배 축의 결정과 더불어 많은 변화가 일어난다. 아프리카 발톱개구리의 경우 등-배 축을 결정하는 순간은 난자와 정자가 만나 수정이 되는 순간이다. 정자가 난자의 세포막과 만나 정자의 핵이 난자의 세포질 내부로 들어오는 부분은 배아의 배 부분이 되고, 반대편은 등부분이 된다. 등 부분을 결정하는 인자로 알려진 신호전달 체계는 대표적으로 Wnt신호로 알려졌으며 배 부분은 BMP 신호이다.



머리-꼬리 축

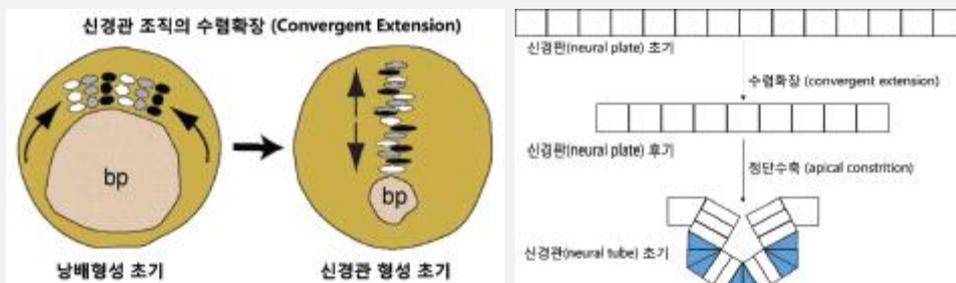
등-배 축이 결정되면 낭배형성기를 거치면서 머리-꼬리의 축이 결정되게 된다. 머리와 꼬리의 방향은 동물극 (animal pole)과 식물 (vegetal pole)극의 방향과 매우 유사하다.

좌우 축 (Left-right axis)

좌우를 결정하는 시기는 좌우 비대칭성이 나타나는 시기보다 매우 이른 낭배형성기의 초기이다. 이 시기에 배아는 섬모라 불리는 작은 세포기관을 사용하여 배아의 내부에 있는 액체의 흐름을 조절하여 왼쪽과 오른쪽이 결정된다. 섬모의 역할에 의해 배아의 중앙을 기준으로 왼쪽과 오른쪽에 발현되는 유전자의 종류가 바뀌고 이는 곧 내장기관의 비대칭성의 시작이 된다. 이러한 좌우 축의 결정에 문제가 생기게 되면 심장의 위치 및 형태가 바뀌거나 발생과정에서 태아가 사망하기도 한다.

이후 신경관이 만들어진다.

낭배형성기를 지난 배아는 성체의 중심이 되는 기관들을 만들기 시작한다. 이는 중추신경계인 뇌와 척수를 만드는 과정이다. 뇌와 척수를 만드는 과정은 배아에게 있어 매우 복잡한 과정임에 틀림없다. 뇌와 척수는 평면적인 상피조직으로부터 액체가 들어 있는 관을 만드는 과정부터 시작된다. 이 과정을 좀 더 자세히 살펴 보면, 신경관으로 변화될 세포는 세포의 위치에 따라 특화된 형태형성 기전을 사용한다. 신경관으로 운명이 결정되면 신경관의 모든 세포들은 먼저 수렴확장 (convergent extension)이라고 불리는 세포의 집단적 이동 (collective migration)을 시작한다. 이는 평면적인 조직이 한 방향으로 길어지고 (extension) 이와 수직인 방향으로 좁아지는 (convergent) 결과를 초래하고 이로 인해 신경관 조직 전체의 길이가 길어지게 된다. 평면의 조직을 관과 같은 형태로 만들기 위해서 신경관이 될 조직의 중심부와 양쪽 측면의 세포들에는 정단수축 (apical constriction)이 일어나고, 이 결과 평면 조직은 U자형의 움푹한 조직으로 모양을 변화시킨다. 수렴확장 및 정단수축이 계속되어 신경관 조직의 양 끝이 만나면 끝부분 세포들은 서로 결합하여 관의 형태를 완성하게 된다.

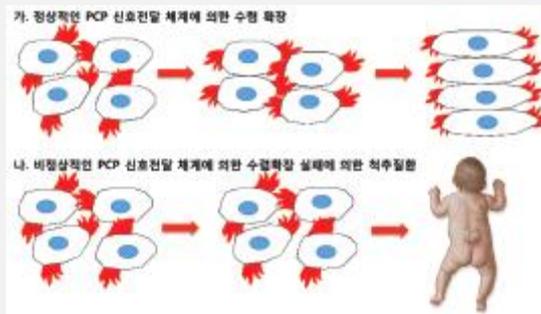


신경관 형성기전 중 하나인 수렴확장은 발생과정의 여러 조직에서 공통적으로 사용되는 형태형성기전 중 하나이다. 아래턱 뼈가 길어지는 과정, 팔 및 다리의 뼈가 길게 자라는 과정 등 길어지는 조직의 세포들은 대부분 수렴확장을 사용하여 조직의 모양을 만들어 간다. 따라서 현재 많은 발생학자들이 수렴확장을 진행하는 세포들의 분자기전 연구에 매진하고 있다.

이후 수렴확장이 일어난다. 이 과정에서 PCP 신호전달체계가 나온다.

수렴확장을 진행함에 있어서 세포에게 주어진 첫 과제는 수렴확장을 실행할 방향을 정하는 일이다. 이 방향을 인식하여 세포들이 수렴하려는 방향으로 세포의 발과 같은 세포 층상위족 (lamellipodia)을집중적으로 만들 수 있다. 이렇게 생성된 세포위족들은 수렴확장을 하는 세포가 수렴하는 방향으로 서로 교차하여 끼어들 수 있는 원동력이다. 수렴확장에 대한 연구가 진행되면서 수렴확장을 하는 세포에게 방향성을 주는 PCP (planar cell polarity) 신호전달 체계가 발견되었으며 이에 대한 연구가 활발히 진행중이다. PCP 신호전달 체계는 Wnt 신호전달 체계의 한 지류로, Wnt 리간드와 Frizzled 수용체가 공통으로사용된다. 그러나 PCP 신호전달 체계는 베타카테닌이 아닌 RhoA, Rac, Cdc42와 같은 단백질을 통해 미세소관, 액틴 미세섬유 등의 세포 골격을 조절해 세포에 방향성을 부여 한다.

PCP 신호는 원래 초파리 날개에 자라나는 털의 방향을 조절하는 유전인자를 탐색하는 과정에서 밝혀진 신호전달 유전자이다. 초파리의 날개에 난 털은 모두 같은 방향으로 자라고 있다. PCP 신호전달 유전자에 돌연변이를 유발시키면 털이 자라나는 방향이 무작위적으로 변형이 된다. PCP 신호전달 유전자는 쥐와 같은 척추동물에서 역시 털이 자라나는 방향이 일정하게 유지될 수 있도록 방향성을 부여한다. PCP 신호전달 체계의 다른 중요한 기능 중 하나는 위에서 언급한 수렴확장을 진행하는 세포에 방향성을 부여한다는 점이다. 신경관을 만드는 세포들에 PCP 신호가 전달되지 못하면 세포들이 방향을잃게 되고 이는 척추 발달에 치명적인 기형을 초래한다.



6. S급 관련 기출

목차와 정답

*교재 뒷부분에 추가로 첨부했습니다.

과학				과학			
번호	출처	답	소재	번호	출처	답	소재
1	09에버릿	2	오존 변화	29	15릿	4	빙하 소멸
2		1		30		5	
3		2		31		2	
4	09릿	4	신체의 열역학	32	16릿	5	발생과 호르몬
5		4		33		1	
6		5		34		5	
7	10릿	3	계통수, 진화	35	16릿	2	레이저 냉각
8		5		36		1	
9		4		37		1	
10	11릿	3	인공위성, 복사에너지	38	18릿	2	DNA 컴퓨팅
11		5		39		5	
12		2		40		4	
13	12릿	1	지방 열역학	41	18릿	3	염색체 발생
14		2		42		4	
15		1		43		1	
16	12릿	1	엔트로피 냉각	44	19릿	4	온톨로지
17		3		45		4	
18		3		46		3	
19	13릿	4	세포 발생	47	20릿	2	오믹스
20		5		48		5	
21		2		49		2	
22	14릿	4	상전이와 범죄	50	20릿	3	중력
23		3		51		2	
24		4		52		3	
25	14릿	2	모바일 무선 통신	53	21릿	4	암세포의 대사 작용
26		3		54		4	
27		2		55		5	
28		3		56		3	

과학

[1-3] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

오존(O₃)은 산소 원자(O)와 산소 분자(O₂)가 결합하여 생성된 것으로, 희석하여 소독제로 사용할 정도로 독성이 강한 물질이며 지상 대기 중에서는 식물의 엽록체와 인간의 폐 조직을 파괴하는 것으로 알려져 있다. 반면에 오존은 생명체에 유해한 자외선을 흡수하는 성질이 있어 상층 대기에서는 자외선을 흡수하여 지구 생명체를 보호하는 역할을 한다.

지상에서 오존은 질소 산화물이 강한 태양 광선을 받아 화학 반응을 일으켜 생성된다. 질소 산화물은 연료의 연소 과정에서 배출되며, 대부분 산화질소(NO)와 이산화질소(NO₂)의 형태로 배출된다. 산화질소는 오존과 마찬가지로 화학적으로 매우 불안정하여 산소 원자와 결합하여 보다 안정된 이산화질소로 전환된다. 이산화질소는 태양 광선을 받으면 다시 산화질소와 산소 원자로 분해된다. 이렇게 해서 생성된 산소 원자가 산소 분자와 결합하여 오존을 만든다. 오존이 생성되는 과정에 탄화수소가 촉매로 작용한다.

상층 대기의 오존은 주로 저위도의 성층권 하층에서 생성된다. 산소 분자가 자외선을 받아 산소 원자로 분해되고, 분해된 산소 원자가 다른 산소 분자와 결합하여 오존이 생성된다. 이 과정에 질소 분자나 산소 분자가 촉매로 작용한다. 성층권은 최하부 대기층인 대류권의 상공으로부터 50km에 이르는 대기층인데, 공기의 연직 순환이 활발한 대류권과 달리 상층일수록 기온이 높아서 대류가 발생하지 않는다. 성층권의 기온은 오존이 자외선을 흡수하는 양에 비례한다. 오존은 성층권의 최하층에 대부분 존재하는데, 이 층을 오존층이라고 한다. 오존층 파괴는 항공기 운행과 핵실험 과정에서 배출되는 산화질소의 영향도 있지만, 이산화탄소와 함께 주요 온실 기체로 분류되고 있는 프레온 가스(CF₂Cl₂ 또는 CFC₁₃)에 주로 기인한다. 1920년대 말에 개발되어 사용되고 있는 프레온 가스는 매우 안정하여 대류권 내에서는 햇빛에 노출되어도 분해되지 않는다. 그래서 긴 시간에 걸쳐서 대기 대순환 과정을 통해 지구 대기 전역으로 확산되어 갈 수 있다. 프레온 가스는 성층권에서 자외선을 받으면 분해되어 염소 원자(Cl)가 방출된다. 염소 원자는 오존과 화학 반응하여 산화염소(ClO)를 생성하고, 산화염소는 다시 산소 원자와 화학 반응하여 염소 원자로 돌아간다. 이런 과정이 반복되면서 오존이 파괴된다.

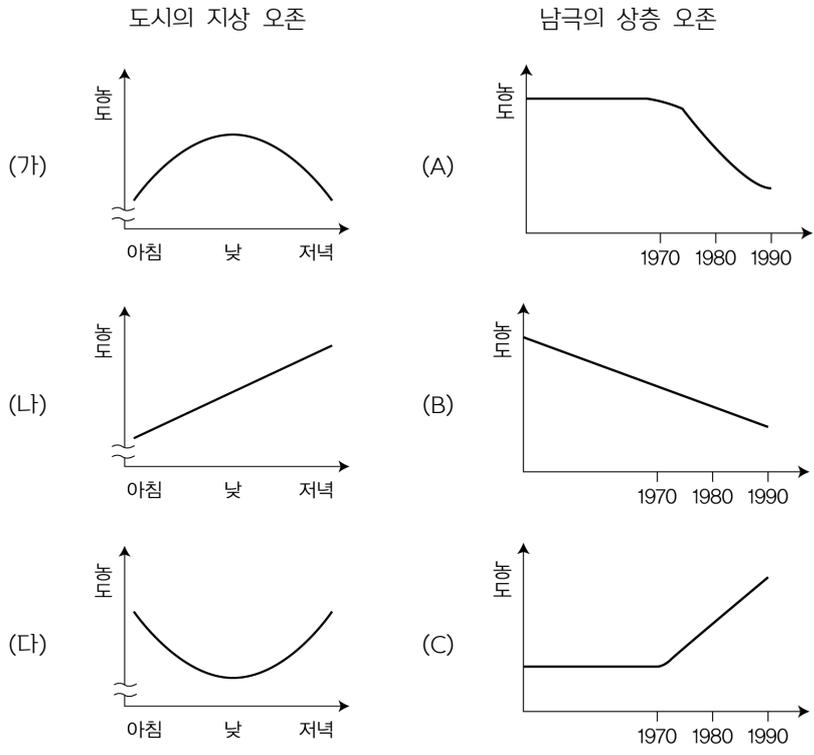
햇빛이 매우 약한 겨울철 남극 상공의 하부 성층권에는 바람이 강하게 회전하는 거대한 원형의 소용돌이가 형성된다. 그리고 대기 대순환에 의해 프레온 가스와 수증기를 포함한 공기가 저위도로부터 소용돌이 내로 유입된다. 소용돌이로 유입된 공기 속에 존재하던 수증기는 얼음 결정으로 변하는데, 이때 프레온 가스가 얼음 결정 속에 포집된다. 이 과정을 통해서 겨울 동안 소용돌이 내에는 프레온 가스를 포집한 얼음 결정이 계속 적체된다. 봄이 되어 이 지역에 햇빛이 들면 소용돌이는 세력이 약화되어 와해되는데, 이때 얼음 결정이 녹으면서 포집되어 있던 프레온 가스로부터 염소 원자가 공기 중으로 빠르게 방출되어 오존을 집중적으로 파괴한다. 남극의 오존층 파괴는 프레온 가스가 개발된 지 반세기가 지나도록 나타나지 않았는데, 그 이유는 프레온 가스가 남극 상공까지 수송되어 축적되는 데 오랜 시간이 걸렸기 때문이다.

한편, 북극의 소용돌이는 남극만큼 강하지 않아 그 모양이 구불구불하여 소용돌이 내의 공기와 주변 공기 간에 혼합이 많이 일어나고 오래 지속되지도 않는다. 이로 인해 오존층 파괴가 남극보다 덜하다. 그런데 지구 온난화가 진행될수록 성층권의 기온은 오히려 하강하게 되어 남극의 소용돌이뿐만 아니라 북극의 소용돌이도 더욱 강해지고 규모가 커질 수 있다고 한다. 대기 중에 온실 기체 농도가 증가하면 대류권에서는 온실 기체가 기온 상승을 가져오지만, 성층권에서는 성층권 특유의 열적 구조로 인하여 오히려 기온을 하강시키는 방향으로 작용한다는 것이다. ① 지구 온난화에 수반되어 극지방 소용돌이의 강도 변화가 실제로 나타난다면 오존층 파괴의 양상이 지금과는 달라질 것이다.

1. 위 글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 질소와 산소가 지상 오존 발생에 촉매로 작용한다.
- ② 프레온 가스는 오존층 파괴뿐만 아니라 지구 온난화를 유발한다.
- ③ 오존층 파괴는 프레온 가스 배출이 많은 지역의 상층에서 많이 발생한다.
- ④ 성층권에서 오존을 만드는 산소 원자는 주로 산화염소가 분해되어 생성된다.
- ⑤ 성층권에서 오존 농도가 가장 높은 고도와 기온이 가장 높은 고도는 일치한다.

2. 도시의 지상 오존 농도와 남극의 상층 오존 농도의 변화를 바르게 나타낸 것끼리 묶은 것은?



도시의 지상 오존 농도

남극의 상층 오존 농도

- | | | |
|---|-----|-----|
| ① | (가) | (A) |
| ② | (가) | (B) |
| ③ | (나) | (B) |
| ④ | (다) | (A) |
| ⑤ | (다) | (C) |

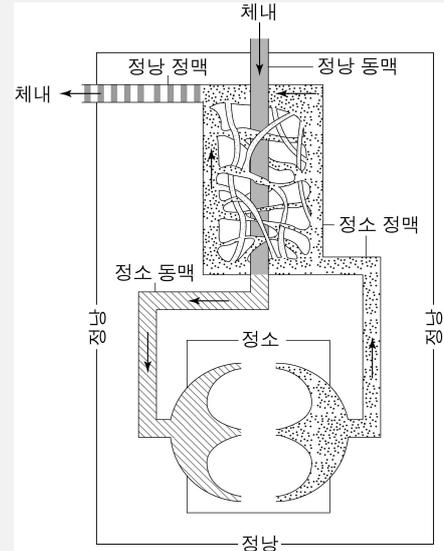
3. ㉠과 관련한 설명으로 적절한 것은?

- ① 성층권의 오존층 파괴가 시작되는 시기는 봄 이후로 늦어진다.
- ② 성층권의 오존 농도가 감소되며 소용돌이 강도는 더 커진다.
- ③ 소용돌이 내에 농축되는 프레온 가스 양은 감소하게 된다.
- ④ 북반구의 자외선 강도가 남반구에 비해 더 커진다.
- ⑤ 북극 소용돌이의 형태는 더욱 구불구불해진다.

[4~6] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

일반적으로 포유동물의 정소(精巢)는 초기 발생 단계에서 난소와 동일한 부위인 복부 내 등 쪽에서 형성된 후, 차츰 아래쪽으로 이동하여 복부 밖에 있는 정낭(精囊)으로 들어오게 된다. 정소의 온도는 체온보다 낮는데, 이는 열에 약한 생식 세포를 체온으로부터 보호함으로써 정자를 생산하는 데 알맞은 환경을 조성하기 위함이다. 한편 다른 체내 기관들처럼 정소도 정상적인 기능을 하기 위해서는 혈액을 지속적으로 공급받아야 하는데, 이렇게 혈액을 공급받다 보면 혈액이 지닌 열까지도 정소로 운반되기 때문에 정소의 온도가 상승하여 체온과 같아지게 될 것이다. 그렇다면 정소는 어떠한 방법으로 자신의 온도를 체온보다 낮게 유지할 수 있는가?

1998년에 발표된 역류 열전달(逆流熱傳達) 이론은 정소 온도의 항상성을 유지하기 위한 방법을 설명해 준다. 정소 정맥에는 정낭 동맥을 감싸고 있는 망사 구조 부분이 있는데, 역류 열전달 이론에서는 이 망사 구조가 핵심적인 역할을 한다. 열은 높은 온도의 물체에서 낮은 온도의 물체로 전도되는 성질을 갖고 있는데, 열이 전도될 때 단위 시간당 이동하는 열의 양은 접촉하는 표면적에 비례한다. 정낭 동맥을 감싸고 있는 망사 구조는 혈관의 표면적을 넓혀서 효율적으로 열을 전달한다. 그러므로 정소에서 나온 정소 정맥의 혈액이 체내에서 들어오는 혈액으로부터 열을 흡수함으로써 정낭 동맥의 혈액 온도를 떨어뜨리고 이렇게 하여 차가워진 정소 동맥 혈액에 의해 정소 온도가 체온보다 낮은 상태로 유지된다는 것이 이 이론의 핵심이다. 이 이론은 여러 동물 실험을 통해 지지되었는데, 정소가 정낭 속에 있는 양(羊)을 대상으로 한 연구는 정낭 동맥에서 ㉠ 39°C였던 혈액 온도가 정소 동맥에서는 ㉡ 34°C로 낮아졌다가, 정소를 통과한 후 정소 정맥에서는 ㉢ 33°C가 되고 정낭 정맥에서는 ㉣ 38.6°C로 다시 높아짐을 보여 주었다.



역류 열전달 이론은 정소로 유입되는 혈액의 온도를 체온보다 낮춤으로써 정소의 온도를 체온보다 낮게 유지하는 방법을 제시하였으나 어떻게 정소 온도를 체온보다 낮추는지는 설명하지 못하였다. 이에 대한 설명은 2007년에 발표된 스칸단 연구진의 가설에서 찾을 수 있다. 스칸단 연구진은 정낭이 열을 발산하기에 적합한 구조로 이루어져 있고 일반적으로 세포 분열 과정에서 열이 많이 발생한다는 사실에 착안하여 정소에서 발생한 많은 열이 정낭 표면을 통해 방출됨으로써 정소 온도가 체온보다 낮아진다고 하였다. 번식력을 갖춘 동물의 정소는 지속적인 세포 분열을 통해 매일 수억 개의 정자를 생산하므로 많은 열이 발생할 것인데, 정소의 온도가 높아지면 생산되는 정자의 수가 감소하고 심한 경우 정소가 손상될 것이 예상된다. 실제로 복부 밖에 정소가 있는 동물이 기온이 매우 높은 환경에 노출되었을 경우에는 일시적으로 배출 정자 수가 감소하며 반대의 경우에는 일시적으로 배출 정자 수가 증가하는 것을 볼 수 있다.

이 가설은 정소 내 온도가 상승하거나 더운 기온에 노출되면 정낭의 피부 표면적이 커지고 정낭 근육에 의해 정소가 몸에서 멀어지게 되며, 정소의 온도가 하강하거나 낮은 기온에 노출되면 정낭 피부 표면적이 작아지고 정낭 근육에 의해 정소가 몸에 가까워진다는 사실과 부합한다. 이와 같은 기제에 따라 정소에서 발생한 열이 정낭으로 전도되고 이 열이 체외로 방출되면 정소의 온도가 내려가면서 정낭의 표면 온도가 올라갈 것이라고 스칸단 연구진은 주장한다. 또한 이 가설은 동물의 정소 위치와 번식 사이의 관계를 보여 주는 연구 결과를 통해 힘을 얻는다. 예를 들어 박쥐의 정소는 정상시에는 복부 내에 존재하다가 짝짓기를 하는 계절이 되면 정낭으로 내려온다. 동면 포유동물의 경우 번식을 하지 않는 동면 기간 동안 정자 생산이 감소하는데 이때에는 정소가 정낭에서 복부로 이동하고 동면이 끝나면 다시 정낭으로 내려온다.

역류 열전달 이론은 정소의 온도를 체온보다 낮게 유지시키는 열역학적 기제를 제시하였으며, 스칸단 연구진의 가설은 정소에서 발생하는 열을 정낭을 통해 발산함으로써 정소의 온도를 체온보다 낮추는 기제를 제시해 주었다. 이런 점에서 볼 때, 역류 열전달 이론과 스칸단 연구진의 가설은 어떻게 정소가 정자를 생산하는 데 최적인 온도로 유지될 수 있는지를 설득력 있게 설명해 준다.

4. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 정낭 근육은 정낭 내에서 정소의 움직임에 관여한다.
- ② 정소의 온도는 생산되는 정자의 수와 밀접한 관련이 있다.
- ③ 열의 전도는 정소 온도의 항상성 유지에 핵심적인 역할을 한다.
- ④ 역류 열전달 이론은 정소로 혈액이 지속적으로 공급되는 기제를 설명한다.
- ⑤ 스칸단 연구진의 가설에 따르면 정소의 온도 조절에 가장 중요한 역할을 하는 것은 정낭이다.

5. ㉠~㉣에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠은 양의 체온과 비슷할 것이다.
- ② ㉠에서 ㉡으로의 변화는 정소 정맥이 정낭 동맥의 열을 흡수했기 때문이다.
- ③ ㉠에서 ㉡으로의 변화와 ㉢에서 ㉣로의 변화는 망사 구조의 기능 때문이다.
- ④ ㉡에서 ㉢으로의 변화는 역류 열전달 이론에 의해 설명된다.
- ⑤ ㉢에서 ㉣로의 변화는 정소 정맥이 정낭 동맥의 열을 흡수했기 때문이다.

6. 스칸단 연구진이 제안한 가설을 입증하기 위한 실험으로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㄱ. 동면 포유동물의 동면 중과 동면 후의 정낭 표면 온도를 비교한다.
- ㄴ. 번식력을 갖춘 양과 그렇지 못한 새끼 양의 정낭 표면 온도를 비교한다.
- ㄷ. 박쥐의 짹짹기 계절 동안과 짹짹기 계절 후의 정낭 표면 온도를 비교한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[7~9] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

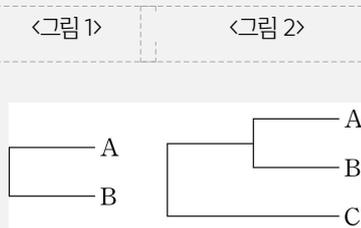
다윈 이전의 시대에는 파개비를 연체동물에 속하는 삿갓조개류와 계통상 가깝다고 생각했다. 파개비는 해안가 바위의 부착 생물로 패각을 가지며 작은 분화구 모양을 띠고 있어 외견상 삿갓조개류와 유사하다. 하지만 오늘날에는 파개비가 절지동물 중 게, 새우와 계통상 가까운 것으로 보고 있다. 조류의 경우에도 깃털과 날개의 존재, 이빨의 부재 등 파충류와는 외형상 극명한 차이가 있어 계통상 거리가 먼 것으로 보였다. 그러나 최근의 계통분류학적 연구 결과들은 가슴쇄골이 작고 두 발로 뛰어다녔던 공룡의 일족으로부터 조류가 진화했다는 파충류 기원설을 지지하고 있다.

이와 같이 생물의 계통유연관계가 바뀐 예들을 찾는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 그 변화는 주로 계통수(系統樹) 작성 시 이용되는 자료의 종류와 계통수 작성법의 차이에 기인한다. 인접 학문의 발전에 힘입어 분자 정보나 초미세 구조와 같은 새로운 정보들이 추가되면서 계통수 작성 시 이용되는 자료가 양적으로 풍부해지고 질적으로 향상되었다. 더불어 새로운 계통수 작성법의 개발과 기존 방법의 지속적 개선이 계통유연관계의 변화를 촉발시키는 동인이 되어 왔다.

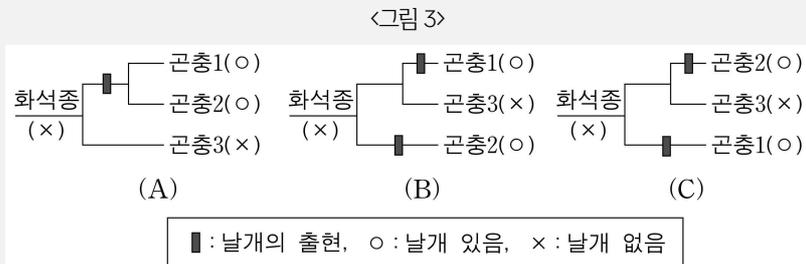
오늘날 사용되는 계통수 작성법들은 ‘거리 행렬’이나 ‘최대 단순성 원리’, 또는 ‘확률’에 기반을 두고 있다. 수리분류학자들은 분류군 간의 형질 차이를 나타내는 거리 행렬을 이용하여 계통수를 작성한다. 이들은 관찰된 모든 분류학적 형질을 이용하며, 주관성과 임의성을 배제하기 위해 수리적 기법을 도입하여 사용한다. 계통수 작성을 위해 먼저 분류군 간 형질 비교표(표 1)를 만들고, 분류군 간 형질 차이를 측정한다. 분류군 A와 B 사이는 조사된 5개의 형질 중 2개의 형질이 다르므로 둘 사이의 거리는 2/5, 즉 0.4가 되고, A와 C 사이, B와 C 사이의 거리는 각각 4/5로서 0.8이 된다. 이 중 가장 작은 거리 값을 갖는 A와 B를 먼저 묶어 준다(그림 1). 이어서 묶인 A와 B를 하나의 분류군 A-B로 간주하고 거리를 다시 계산한다. 이때 A-B와 C 사이의 거리는 A와 C 사이 거리와 B와 C 사이 거리의 산술 평균값인 0.8이 된다. 네 종 이상의 분류군을 대상으로 할 경우 이 단계에서 여러 개의 거리 값이 나오므로 가장 작은 거리 값을 찾아 해당 분류군을 묶어 주어야 하지만, 이 예에서는 값이 하나이므로 C를 A-B에 묶어 주면 된다(그림 2).

분류군 \ 형질	1	2	3	4	5
A	-	-	-	-	-
B	-	+	+	-	-
C	+	-	+	+	+

(- : 해당 형질 없음, + : 해당 형질 있음)



한편, 가장 단순한 것이 최선이라는 최대 단순성 원리에 근거해 계통수를 작성하는 분기론자들은 두 분류군 이상에서 공통으로 나타나는 파생형질, 즉 공유파생형질을 계통수 작성에 이용한다. 원시형질이나 단 하나의 분류군에서만 나타나는 파생형질인 자가파생형질은 타 분류군과의 유연관계 규명에 도움을 주지는 못한다. 어떤 형질이 파생형질인지 확인하기 위해서는 계통진화학적 정보가 필요하다. 곤충의 예에서, 화석에 나타난 초기 곤충은 날개가 없었는데 진화 과정에서 날개가 출현했다는 것을 알고 있어야만 ‘날개 없음’이 원시형질이고 ‘날개 있음’이 파생형질을 알 수 있다. 이때 ‘날개 있음’은 날개 있는 곤충들을 한 그룹으로 묶어 주는 공유파생형질이 될 수 있다(그림 3(A) 참조). <그림 3>과 같이 세 종의 곤충에 대한 계통수 작성 시 서로 다른 세 종류의 계통수가 가능한데, 최대 단순성 원리에 근거하여 단 한번의 날개 출현 사건만을 가정하는 <그림 3>(A)가 두 번의 가정을 필요로 하는 <그림 3>(B)나 <그림 3>(C)보다 더 신뢰할 만한 계통수로 간주된다.



확률 기반의 계통수 작성법은 전술한 두 방법에 비해 신뢰성 면에서 상대적 우위를 가진다. 이 방법은 엄청난 계산 시간이 소요되어 대량의 자료 분석에서는 그 이용에 한계를 드러내는 단점이 있으나 컴퓨터 계산 능력이 향상되면서 점차 그 유용성이 증대되고 있다.

현재 계통분류학자들은 지구 상의 모든 생물을 아우르는 거대 계통수 작성에 심혈을 기울이고 있다. 따라서 기존에 알려진 계통유연관계는 머지않은 장래에 상당한 변화를 겪게 될 것이다. 생물의 계통유연관계는 고정불변의 사실이 아닌 미완의 가설로서 지금도 끊임없이 재구성되고 있는 것이다.

7. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 최근의 연구를 통해 조류의 새로운 계통적 위치가 제시되었다.
- ② 타 학문의 발달이 계통수 작성 시 사용할 수 있는 자료의 다양성을 증가시켰다.
- ③ 수리분류학자의 계통수는 개별 형질의 특성을 잘 드러내는 장점이 있다.
- ④ 분기론자는 이전의 계통진화학적 정보에 근거해 얻은 정보를 바탕으로 계통수를 작성한다.
- ⑤ 컴퓨터 과학의 발달로 대량의 자료를 이용한 계통수 작성법이 용이해지고 있다.

8. <표 1>의 ‘-’를 원시형질로, ‘+’를 파생형질로 가정하고 분기론자의 입장에서 분류군 A, B, C의 계통유연관계를 규명하고자 할 때, 고려해야 할 내용으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㄱ. 1, 4, 5번 형질은 분류군 A와 B를 묶어 주는 형질이다.
- ㄴ. 2번 형질은 분류군 B의 자가파생형질이다.
- ㄷ. 3번 형질은 분류군 B와 C를 묶어 주는 공유파생형질이다.
- ㄹ. 최선의 계통수 선택에는 최대 단순성 원리를 적용한다.

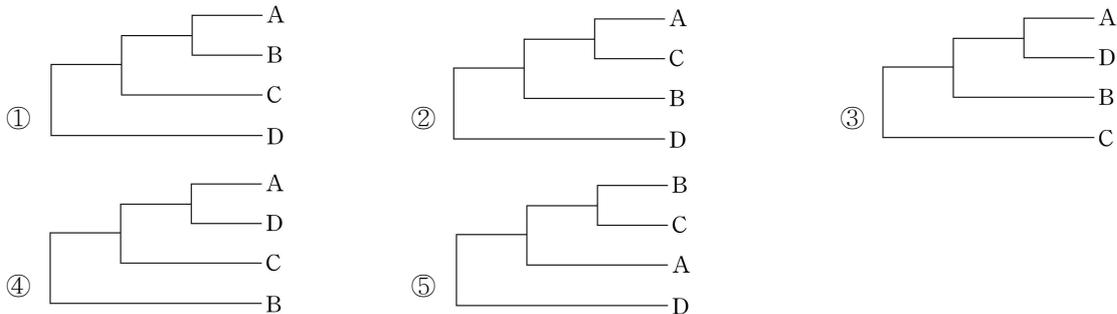
- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄷ, ㄹ ④ ㄱ, ㄴ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

9. <보기>는 네 분류군 A~D의 8개 형질을 조사하여 표로 나타낸 것이다. 이 자료를 토대로 수리분류학자가 파악한 계통유연 관계를 바르게 나타낸 것은?

<보 기>

형질 \ 분류군	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-	-	+	-	-	+	-	-
B	+	+	+	-	+	+	+	-
C	-	-	+	+	-	-	-	+
D	-	-	-	-	-	-	-	-

(- : 해당 형질 없음, + : 해당 형질 있음)



[10~12] 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 $0.48\mu\text{m}$ 이다. 이에 맞추어 초기의 위성 영상은 가시광선($0.4\sim 0.7\mu\text{m}$)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($0.7\sim 1.2\mu\text{m}$)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($1.2\sim 3.0\mu\text{m}$)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, $2.58\mu\text{m}$ 의 중적외선을 흡수하는데, 어떤 물체의 분광 반사율이 이와 같은 특성을 가진다면 이는 고령토로 판단할 수 있다.

지구에서 방출되는 지구 복사 에너지가 집중되어 있는 열적외선($3\sim 14\mu\text{m}$)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 $3.62\mu\text{m}$) 감시나 지표면의 토양, 물, 암석 등(온도 약 300K, 최대 에너지 파장 $9.67\mu\text{m}$)의 온도 감지에는 열적외선 센서가 유용하다.

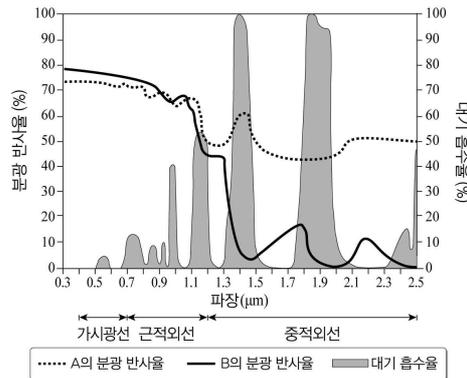
여기서 전자기파는 지표에 도달하기 전과 반사된 후에 각각 대기 입자에 의해 산란·흡수된다는 점에 유의해야 한다. 대기 중에 먼지, 안개, 구름이 없는 청명한 날에도 산소나 질소 입자와 같이 입사파의 파장보다 월등히 작은 유효 지름을 가지는 대기 입자에 의하여 산란이 발생한다. 이를 레일리 산란이라 하는데, 그 강도는 파장의 4제곱에 반비례한다. 예를 들어 파장이 $0.32\mu\text{m}$ 인 자외선은 파장이 $0.64\mu\text{m}$ 인 적색광에 비하여 약 16배 강한 산란을 보인다. 레일리 산란은 대기의 조성과 밀도를 알려 주는 중요한 지시자가 되기도 하지만, 지표를 촬영한 위성 영상의 밝기와 대비를 감소시키므로 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, $2.7\mu\text{m}$ 를 제외하고 설계하며, 열적외선 센서는 주로 $3\sim 5\mu\text{m}$ 와 $8\sim 14\mu\text{m}$ 대역만을 사용한다.

10. 위 글의 내용과 일치하지 않는 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.

11. 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.

12. 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.	레이리 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

[13~15] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

신체 내에 지방이 저장되는 과정과 분해되는 과정은 많은 연구들을 통해 명확히 알려져 있다. 지방은 지방세포 속에 중성지방의 형태로 축적된다. 이 과정을 살펴보면, 음식물 형태로 섭취된 지방은 소화 과정에서 효소들의 작용에 의해 중성지방으로 전환되어 작은창자에서 흡수되고 혈액에 의해 운반된 후 지방 조직에 저장된다. 이 과정에서 중성지방은 작은창자의 세포 내로 직접 흡수되지 못하기 때문에 취장에서 분비된 지방 분해 효소인 리파아제에 의해 지방산과 글리세롤로 분해되어 흡수된다. 이렇게 작은창자의 세포에 흡수된 지방산과 글리세롤은 에스테르화라는 화학 반응을 통해 다시 합쳐져서 중성지방이 된다. 이 중성지방은 작은창자의 세포 내에서 혈관으로 방출되어 신체의 여러 부위로 이동한다. 중성지방이 지방세포 근처의 모세혈관에 도달하였을 때, 모세혈관 세포의 세포막에 붙어 있는 리파아제에 의해 다시 지방산과 글리세롤로 분해된 후 지방세포 내로 흡수된다. 이때의 리파아제는 지방 흡수를 위해 지방세포에서 분비되어 옮겨진 것이다. 지방세포는 흡수된 지방산과 글리세롤을 다시 에스테르화하여 중성지방의 형태로 저장한다. 만약 혈액 내에 중성지방의 양이 너무 많아서 기존의 지방세포가 커지는 것만으로는 더 이상 저장할 수 없을 경우, 지방세포의 수가 늘어나서 초과된 양을 저장한다.

지방세포에 저장된 중성지방은 다시 지방산과 글리세롤로 분해된 후 혈액으로 분비되어 신체 기관에 필요한 에너지를 만드는 데 중요한 에너지원이 된다. 이러한 중성지방의 분해는 카테콜아민이라는 신경 전달 물질에 의한 지방세포 내 호르몬-민감 리파아제의 활성화를 통해 일어나는 카테콜아민-자극 지방 분해와 카테콜아민의 작용 없이 일어나는 기초 지방 분해로 나뉜다. 이 가운데 기초 지방 분해는 특별히 많은 에너지가 필요 없는 평상시에 일어나며, 카테콜아민-자극 지방 분해는 격한 운동을 할 때와 같이 에너지가 많이 필요할 때 일어난다. 일반적으로 기초 지방 분해 과정에 의한 중성지방의 분해 속도는 지방세포의 크기가 클수록 빨라진다.

따라서 지방세포 내로 중성지방이 저장되는 것을 조절하거나 지방세포 내 중성지방의 분해를 조절하는 것이 체내 지방의 축적을 조절하는 방법이 된다. 이러한 지방 축적의 조절에는 성장 호르몬이나 성 호르몬 같은 내분비 물질이 관여한다. 이 가운데 성장 호르몬은 카테콜아민-자극에 대한 민감도를 증가시켜 지방 분해를 촉진하는 동시에, 지방세포가 분비한 리파아제의 활성을 감소시켜 지방세포 내 중성지방의 저장을 줄이는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 성장 호르몬의 분비량이 많은 사춘기보다 분비량이 줄어드는 성인기에 지방세포 내 중성지방의 축적이 증가하게 되는 것이다.

한편 성 호르몬의 혈중 농도는 사춘기에 증가하며 성인기에 일정 수준 이상으로 유지되다가 노년기에 이르러 감소한다. 성 호르몬이 지방의 축적과 분해에 관여하는 기전은 아직 정확히 알려져 있지 않지만, 최근 연구들은 여성의 경우 둔부와 대퇴부의 피부 조직 아래의 피하 지방세포에 지방이 더 많이 축적되는 데 비해 남성의 경우 복부 창자의 내장 지방세포에 더 많이 축적된다는 사실로부터 지방 축적에 대한 성 호르몬의 기능을 설명하려고 한다.

성별 지방 축적의 차이를 밝히려는 이러한 시도들은 두 가지 부면으로 나누어 이해될 수 있다. 먼저 성별에 따른 지방의 축적 및 분해 양상의 차이이다. 성인의 내장 지방세포의 경우, 카테콜아민-자극 지방 분해 속도는 여성이 남성보다 빠르며, 지방세포에서 분비된 리파아제의 활성은 남성이 여성보다 더 높다. 반면에 성인의 둔부와 대퇴부의 피하 지방세포의 경우, 카테콜아민-자극 지방 분해 속도는 남성이 여성보다 빠르며, 에스테르화되는 중성지방의 양은 여성이 남성보다 더 많다. 다음은 신체 부위에 따른 지방 분해 양상의 차이이다. 여성의 경우는 카테콜아민-자극 지방 분해가 둔부와 대퇴부 피하 지방세포보다 내장 지방세포에서 더 빠르게 일어나는 반면, 남성의 경우는 그 속도가 비슷하다.

이처럼 성별 및 부위별 지방세포에 따라 중성지방의 저장과 분해 능력이 서로 다르다는 것은 성 호르몬이 지방세포에서 일어나는 중성지방의 저장과 분해 과정의 조절에 매우 복잡한 방법으로 관여하고 있음을 시사한다.

13. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 카테콜아민은 지방세포 내에서 지방산과 글리세롤의 에스테르화 반응을 일으킬 수 있다.
- ② 중성지방이 에너지원으로 작용하기 위해서는 지방산과 글리세롤로 분해되어야 한다.
- ③ 신체 내에 지방세포가 다른 부위보다 더 잘 축적되는 부위는 성별에 따라 다르다.
- ④ 음식물 형태의 지방은 작은창자에서 흡수되기 위해 효소의 작용이 필요하다.
- ⑤ 지방세포의 크기와 지방세포에서 일어나는 기초 지방 분해 속도는 비례한다.

14. '리파아제'에 관한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 성장 호르몬은 호르몬-민감 리파아제의 활성을 증가시킨다.
- ② 지방세포에서 분비된 리파아제는 지방세포에서 지방산 분비를 감소시킨다.
- ③ 췌장에서 분비된 리파아제의 활성이 억제되면, 체내에 지방 축적이 감소된다.
- ④ 신체에서 많은 에너지가 요구되면, 지방세포 내 호르몬-민감 리파아제의 활성이 증가한다.
- ⑤ 모세혈관 세포의 세포막에 붙어 있는 리파아제의 활성이 증가하면, 지방세포 내에서 에스테르화되는 지방산과 글리세롤의 양은 증가한다.

15. <보기>와 같은 실험을 수행한다고 할 때, 위 글의 내용으로 미루어 지방량 증가가 예상되는 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

아래와 같은 피험자들을 대상으로 일정 기간 동안 약물을 투여한 후, 투여 전후의 내장지방 또는 대퇴부 피하지방의 양을 비교하였다. (단, 약물 투여 전후의 기초 지방 분해량에는 차이가 없다고 가정하고, 투여 약물이 지방 조직을 제외한 다른 조직에 작용하여 지방 조직에 미치는 영향은 고려하지 않는다.)

	피험자	투여 약물	측정 부위
ㄱ	정상 체중의 32세 남성	여성 성 호르몬	대퇴부 피하
ㄴ	혈중 여성 성 호르몬 농도가 매우 낮은 70세 여성	남성 성 호르몬	내장
ㄷ	성장 호르몬이 분비되지 않는 35세 남성	성장 호르몬	내장
ㄹ	혈중 여성 성 호르몬 농도가 매우 낮은 35세 여성	여성 성 호르몬	내장

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄴ, ㄷ ③ ㄱ, ㄷ, ㄹ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

[16~18] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

19세기 후반에 발견된 자기(磁氣) 열량 효과는 20세기 전반에 이르러 자기 냉각 기술에 활용될 수 있음이 확인되었고 이로부터 자기 냉각 기술은 오늘날 극저온을 만드는 고급 기술로 발전하였다. ㉠ 일반 냉장고는 가스 냉매가 압축될 때 열을 방출하고 팽창될 때 열을 흡수하는 열역학적 순환 과정을 이용하여 냉장고 내부의 열을 외부로 방출시킨다. 그러나 가스 냉매는 일정한 온도 이하로 내려가면 응고되어 냉매로서 기능을 할 수 없게 되거나 누출되었을 때 환경오염을 유발하는 문제점이 있다. 최근 자기 냉각 기술은 일반 냉장고를 대신할 수 있는 냉장고의 개발에 이용될 수 있음이 확인되었다. 자기 냉각 기술에 사용되는 자기 물질의 자기적 특성에 따라 냉장고가 작동되는 온도 범위가 달라지기 때문에 자기 냉각 기술에 사용하기 적합한 자기 물질의 개발이 매우 중요한데, 최근 실온에서 작동 가능한 실온 자기 냉장고를 만들 수 있는 새로운 자기 물질의 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

자기 물질은 자화(磁化)되는 물질을 의미한다. 물질의 자화는 외부에서 가하는 자기장의 세기 및 자기 물질에 들어 있는 단위 부피당 자기 쌍극자의 수에 비례한다. 여기서 자기 쌍극자는 자기 물질 속에 존재하는 초소형 자석을 의미한다. 자기 물질은 강자성체와 상자성체로 구분된다. 강자성체는 외부의 자기장이 제거되었을 때에도 자기적 성질을 유지하는 물질이며, 상자성체는 외부의 자기장이 제거되면 자기적 성질을 잃어버리는 물질이다. 강자성체는 온도를 올리면 일정 온도에서 상자성체로 상전이를 하는데, 이때 자기 물질의 엔트로피는 증가한다.

자기 열량 효과는 자기 물질에 외부에서 자기장을 가했을 때 그 물질이 열을 발산하는 현상에서 비롯된다. ㉡ 자기 냉장고는 이 효과를 이용한 열역학적 순환 과정을 통해 냉장고 내부의 열을 외부로 방출한다. 이 순환 과정은 열 출입이 없는 두 과정과 자기장이 일정한 두 과정으로 구성된다. 여기서 열 출입이 없는 열역학적 과정에서는 엔트로피 변화가 없다. 자기 냉장고에서 열역학적 순환 과정은 다음의 I, II, III, IV 네 과정을 거치면서 진행된다. **과정 I**에서는, 자기 쌍극자들이 무질서하게 배열되어 있던, 온도가 7인 작용물질에 외부와의 열 출입이 차단된 상태에서 자기장을 가하면 작용물질의 쌍극자들이 자기장의 방향으로 정렬하면서 열이 발생하고 작용물질의 온도가 상승한다. 이때 자기장이 강할수록 작용물질에서 더 많은 열이 발생한다. **과정 II**에서는, 외부 자기장을 그대로 유지한 상태로 작용물질과 외부와의 열 출입을 허용하면 이 작용물질은 열을 방출하고 차가워진다. **과정 III**에서는, 다시 작용물질과 외부와의 열 출입을 차단한 상태에서 외부의 자기장을 제거하면 쌍극자의 배열이 무질서해지면서 작용물질의 온도가 하강한다. **과정 IV**에서는, 작용물질과 외부와의 열 출입을 허용하면 이 작용물질은 열을 흡수하고 온도가 상승하여 초기 온도 7로 복귀하면서 1회의 순환이 마무리된다. 이러한 순환 과정에서 작용 물질이 열을 흡수할 때는 작용물질을 냉장고 내부와 접촉시키고 열을 방출할 때에는 냉장고 외부와 접촉시킨다. 이를 반복하면 작용물질은 냉장고의 내부에서 외부로 열을 펴내는 열펌프의 역할을 하게 된다.

효율이 좋은 자기 냉장고를 만들기 위해서는 특정 온도에서 외부에서 가하는 자기장의 변화에 따른 엔트로피 변화량이 큰 자기 물질을 작용물질로 사용해야 한다. 자기 냉장고에서 1회의 순환 과정에서 빠져 나가는 열량은 외부 자기장을 가하기 전과 후의 엔트로피 변화와 밀접한 관련이 있다. 엔트로피는 물질의 자기 상태가 변하는 임계온도에서 가장 큰 폭으로 변한다. 그러므로 작용물질이 상전이하는 임계온도가 냉장고의 작동 온도 근처에 있을 때 그것의 자기 냉각 효과가 크다. 최근에는 임계온도가 실온에 가까운 물질들이 많이 발견되고 있으며, 이것을 이용한 실온 자기 냉장고의 개발이 활발히 진행되고 있다.

16. ㉠과 ㉡을 비교한 것으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠에서 작용물질의 부피 변화는 ㉡에서 작용물질의 온도 변화와 같은 작용을 한다.
- ② ㉠에서 압력의 변화는 ㉡에서 자기장의 변화에 대응한다.
- ③ ㉠에서 냉매가 하는 역할을 ㉡에서는 자기 물질이 한다.
- ④ ㉠과 ㉡은 모두 열역학적 순환 과정을 이용한다.
- ⑤ ㉠과 ㉡에는 모두 열펌프의 기능이 있다.

17. ‘과정 I ~ IV’에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 과정 I에서 작용물질의 자화는 증가한다.
- ② 과정 II에서는 작용물질의 온도가 내려간다.
- ③ 과정 III에서는 작용물질의 엔트로피가 증가한다.
- ④ 과정 IV에서는 작용물질을 냉장고 내부와 접촉시킨다.
- ⑤ 과정 I ~ IV의 1회 순환에서 자기장의 변화 폭이 클수록 방출되는 열량은 크다.

18. 위 글의 내용으로 보아 <보기>의 A~E 중 실은 자기 냉장고에 사용될 작용물질로 가장 적합한 것은?

—<보 기>—

자기 물질 A~E 각각의 임계온도에서 자기 물질에 자기장을 걸어 주었을 때 감소한 엔트로피에 대한 자료이다.

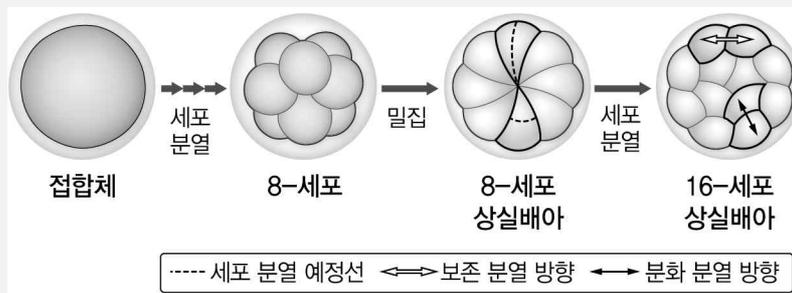
자기 물질	임계온도(°C)	걸어 준 자기장(T)	엔트로피 감소량(J/kgK)
A	-5	5	2.75
B	10	1	1.52
C	18	1	2.61
D	21	5	2.60
E	42	5	1.80

- ① A
- ② B
- ③ C
- ④ D
- ⑤ E

[19~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 몸의 수많은 세포들은 정자와 난자가 수정하여 형성된 단일 세포인 접합체가 세포 분열을 하여 만들어진 것이다. 포유류의 경우, 접합체의 세포 분열로 형성되는 초기 배반포 단계에서 나중에 태반의 일부가 되는 영양외배엽 세포와 그에 둘러싸인 속세포덩어리가 형성되는데, 이 속세포덩어리는 나중에 태아를 이루는 모든 세포로 분화되는 다능성(多能性)을 지닌다. 그렇다면 속세포덩어리는 어떻게 만들어질까?

접합체는 3회의 세포 분열을 통해 8개의 구형(球形) 세포로 구성된 8-세포가 된 후, 형태를 변화시키는 밀집 과정을 통해 8-세포 상실배아가 된다. 다음으로, 8-세포 상실배아는 세포의 보존 분열과 분화 분열로 16-세포 상실배아가 되는데, 보존 분열은 분열 후 두 세포의 성질이 같은 경우이며, 분화 분열은 분열 후 두 세포의 성질이 서로 다른 경우이다. 8-세포 상실배아의 일부 세포는 보존 분열로 16-세포 상실배아의 표층을 형성하는 세포들이 되고, 나머지 세포는 분화 분열로 16-세포 상실배아의 표층에 1개, 내부에 1개로 갈라져서 분포함으로써, 16-세포 상실배아는 표층 세포와 내부 세포로 구분되는 모습을 처음으로 띠게 된다. 한편 이 두 갈래의 세포 분열은 16-세포 상실배아에서도 일어나서 32-세포 상실배아가 형성된다. 32-세포 상실배아의 표층 세포들은 이후 초기 배반포의 영양외배엽 세포들로 분화되고 내부 세포들은 속세포덩어리 세포들로 분화된다.



여기서 문제는 16-세포 상실배아와 32-세포 상실배아의 세포가 어떻게 서로 다른 성질을 가진 세포로 분화되는가이다. 이에 대해 두 개의 가설이 제시되었다. 먼저 '내부-외부 가설'은 하나의 세포가 주변 세포와의 접촉 정도와 외부 환경의 노출 여부에 따라 서로 다르게 분화된다고 보았다. 곧 상실배아의 내부 세포는 표층 세포보다 주변 세포와의 접촉 정도가 더 크고 바깥 환경과 접촉하지 못하므로 내부 세포와 표층 세포는 서로 다른 세포로 분화된다는 것이다.

그러나 8-세포 상실배아 상태에서 특정 물질들의 분포에 따라 한 세포가 성질이 다른 두 부분으로 구분된다는 것이 발견되면서, '양극성 가설'이 새로 제시되었다. 8-세포 단계에서 세포 내에 고르게 분포했던 어떤 물질들이 밀집 과정에서 바깥이나 안쪽 중 한쪽으로 쏠려 분포하게 되어 결과적으로 8-세포 상실배아의 각 세포는 두 부분으로 구분된다. 이 물질들을 양극성 결정 물질이라고 부르며, 이 물질의 분포에 따라 서로 다른 성질의 세포로 분화된다는 것이 '양극성 가설'이다. 이 가설에 따르면 8-세포 상실배아의 세포가 분화 분열되면서 형성된 16-세포 상실배아의 표층 세포는 원래 가지고 있던 양극성 결정 물질의 분포를 유지하지만, 분열로 만들어진 내부 세포에는 분열 이전에 바깥쪽에 쏠려 분포했던 양극성 결정 물질이 없다. 표층 세포와 내부 세포의 이런 차이 때문에 분화될 세포의 유형이 다르게 된다는 것이다.

과학자들은 상실배아의 표층 세포와 내부 세포의 분화와 관련하여 다능성-유도 물질 OCT4와 영양외배엽 세포 형성 물질 CDX2를 주목하였다. 8-세포 상실배아의 모든 세포에서 OCT4는 고르게 분포하지만, CDX2는 그렇지 않다. 이는 양극성 결정 물질 중 세포의 바깥 부분에만 있는 물질이 CDX2를 세포 바깥쪽에 집중적으로 분포하게 하기 때문이다. 이후 16-세포 상실배아가 되면, 표층 세포에서는 OCT4가 점차 없어지는 반면, 내부 세포에서는 잔류 CDX2가 점차 없어지는데, 이는 표층 세포에서는 CDX2가 OCT4의 발현을 억제하고, 내부 세포에서는 OCT4가 CDX2의 발현을 억제하기 때문이다. 한편 CDX2를 발현시키는 물질의 기능을 억제하는 '히포' 신호 전달 기전 또한 관련 현상으로 연구되었다. 이에 따르면, 16-세포 상실배아의 모든 세포에 존재하는 이 기전은 주변 세포와의 접촉이 커지면 활성화되어 CDX2의 양이 감소한다. 이러한 연구 결과들은 CDX2와 OCT4의 상호 작용이 분화 분열로 만들어진 두 세포가 달라지는 원인임을 말해 준다.

19. 속세포덩어리의 형성과 관련하여 위 글을 통해 알 수 없는 것은?

- ① 속세포덩어리로 세포가 분화되는 과정
- ② 속세포덩어리로 분화될 세포의 양극성 존재 여부
- ③ 속세포덩어리로 분화될 세포가 최초로 형성되는 시기
- ④ 속세포덩어리가 될 세포의 수를 결정하는 물질의 종류
- ⑤ 속세포덩어리가 될 세포를 형성하기 위한 세포 분열의 방법

20. 16-세포 상실배아기 동안 일어나는 현상으로 옳은 것은?

- ① 내부 세포에서 CDX2를 발현시키는 물질의 기능이 활성화된다.
- ② 보존 분열에 의해 형성된 세포에서 '히포' 신호 전달 기전이 활성화된다.
- ③ 표층 세포의 바깥쪽 부분에서 CDX2의 발현을 억제하는 OCT4의 영향력이 증가한다.
- ④ 분화 분열에 의해 형성된 내부 세포에서 CDX2 양에 대한 OCT4 양의 비율이 감소한다.
- ⑤ 표층 세포와 내부 세포 간에 CDX2의 분포를 결정하는 양극성 결정 물질의 양에 차이가 생긴다.

21. <보기>는 여러 단계의 상실배아에 있는 세포에 조작을 가하여 배양한 결과를 정리한 것이다. 실험 결과가 해당 가설을 지지할 때, ㉠, ㉡, ㉢으로 알맞은 것은?

<보 기>			
대상 세포	가해진 조작	배양된 세포 유형	가설
32-세포 상실배아의 내부에 있는 세포	인위적인 방법을 사용하여 표층으로 옮겨 배양	㉠	내부-외부 가설
16-세포 상실배아의 내부에 있는 세포	채취하여 단독으로 배양	㉡	내부-외부 가설
8-세포 상실배아에 있는 세포	채취하여 바깥쪽에 쏠려 있는 양극성 결정 물질의 기능을 억제하는 물질을 주입한 후 단독으로 배양	㉢	양극성 가설

- | | | |
|----------|--------|--------|
| ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① 영양외배엽 | 영양외배엽 | 영양외배엽 |
| ② 영양외배엽 | 영양외배엽 | 속세포덩어리 |
| ③ 영양외배엽 | 속세포덩어리 | 속세포덩어리 |
| ④ 속세포덩어리 | 속세포덩어리 | 영양외배엽 |
| ⑤ 속세포덩어리 | 속세포덩어리 | 속세포덩어리 |

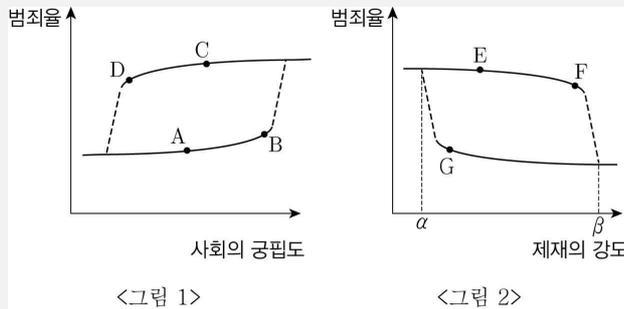
[22~25] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

상전이(相轉移)는 아주 많은 수의 입자로 구성된 물리계에서 흔하게 나타나는 현상이다. 물 같은 액체 상태의 물질에 열을 가하면, 그 물질은 밀도가 천천히 감소하다가 어느 단계에 이르면 갑자기 기체 상태로 변하기 시작하면서 밀도가 급격히 감소한다. 이처럼 특정 조건에서 계의 상태가 급격하게 변하는 현상이 상전이이다. 1기압하의 물이 0℃에서 열고 100℃에서 끓듯이 상전이는 특정한 조건에서, 즉 전이점에서 일어난다. 그런데 불순물이 전혀 없는 순수한 물은 1기압에서 온도가 0℃ 아래로 내려가도 얼지 않고 계속 액체 상태에 머무르는 경우가 있다. 응결핵 구실을 할 불순물이 없는 경우 물이 어는점 아래에서도 어느 온도까지는 얼지 않고 이른바 과냉각 상태로 존재할 수 있는 것이다.

더 흥미로운 것은 어는점보다 훨씬 높은 온도에서까지 고체 상태가 유지되는 경우다. 우뚝가사리를 끓여서 만든 우무는 실제로 어는점과 녹는점이 뚜렷이 다르다. 액체 상태의 우무는 1기압에서 온도가 대략 40℃ 이하로 내려가면 응고하기 시작하는 반면, 고체 상태의 우무는 80℃가 되어야 녹는다. 우무 같은 물질의 이런 성질을 '이력 특성'이라고 부른다. 직전에 어떤 상태에 있었는가 하는 '이력'이 현재 상태에 영향을 준다는 의미에서 붙인 이름이다. 어는점과 녹는점이 사실상 똑같이 0℃인 물의 경우는 이에 해당하지 않지만, 많은 물질의 상전이 현상에서 이력 특성이 나타난다.

경제학자인 캄벨과 오머로드는 물리학 이론인 상전이 이론을 적용하여 범죄율의 변화 같은 사회 현상을 설명하는 모형을 제시했다. 이 모형은 일종의 유비적 사고를 보여 준다. 그런데 사회가 수많은 개체들과 그것들 간의 상호 작용으로 구성된 계라는 점에서 수많은 입자들과 그것들 간의 상호 작용으로 구성된 물질계와 유사한 구조를 지녔음을 고려한다면, 그것은 임의적인 유비가 아니라 의미 있는 결론을 낳을 만한 시도이다.

두 경제학자는 물질의 상태가 일반적으로 온도와 압력에 의해 영향을 받듯이 한 사회의 범죄율이 대개 그 사회의 공핍의 정도와 범죄 제재의 강도라는 두 요소에 의해 좌우된다고 가정한다. 재산도 직장도 없는 빈곤한 구성원의 비율이 높을수록 범죄율이 높아지는 반면, 사회가 범죄를 엄중하게 제재할수록 범죄율이 낮아진다는 것이다. 그런데 여러 연구 조사에 따르면 사회적, 경제적 공핍의 정도가 완화되거나 범죄에 대한 제재가 강화된다고 해서 그 사회의 범죄율이 곧장 감소하지는 않는다. 캄벨과 오머로드는 이와 같은 사실을 설명하기 위해, 물질이 고체, 액체, 기체 같은 특정한 상태에 있을 수 있는 것처럼 사회도 높은 범죄율 상태와 낮은 범죄율 상태에 있을 수 있다고 가정한다.



<그림 1>과 <그림 2>에서 각각 아래쪽의 실선은 낮은 범죄율 상태를 나타내고 위쪽의 실선은 높은 범죄율 상태를 나타낸다. 예를 들어 <그림 1>에서 사회가 점 A에 해당하는 상태에 있다면 이 사회는 낮은 범죄율 상태에 있는 것이고, 이 경우 사회의 공핍도가 어느 정도 더 커져도 범죄율은 별로 증가하지 않는다. 하지만 공핍이 더 심해져 B 지점에 이르면 공핍이 조금만 더 심화되어도 범죄율의 급격한 상승, 즉 그림의 점선 부분에 해당하는 상전이가 일어나게 된다. 또 사회가 C처럼 높은 범죄율 상태에 있을 경우 공핍의 정도가 완화되어도 범죄율은 완만하게 감소할 뿐이지만, D 지점에 도달해 있는 경우 공핍의 정도가 조금만 줄어도 범죄율이 급격히 감소하는 또 한 번의 상전이가 일어나게 된다. 이와 같은 범죄율의 변화는 이력 특성을 보여준다. 다시 말해, 사회의 공핍도에 대한 정보만으로는 범죄율을 추정할 수 없고, 그것이 직전에 높은 범죄율 상태였는지 낮은 범죄율 상태였는지에 대한 정보가 필요하다.

중요한 것은 이들이 제시한 모형이 실제 통계 자료에 나타난 사회 현상을 잘 설명해 준다는 점이다. 이는 한 사회의 범죄 제재 강도와 범죄율의 상관관계에 대해서도 마찬가지다. 사회의 공핍도를 비롯한 다른 조건이 동일한 상황에서, 범죄에 대한 사회적 제재의 강도가 변하는 경우 범죄율은 <그림 2>와 같은 형태로 이력 특성을 포함한 상전이의 패턴을 나타낸다.

22. 위 글의 견해가 아닌 것은?

- ① 한 사회의 특성은 특정 조건에서는 다른 조건에서와 달리 급격하게 변화한다.
- ② 물리적 현상을 설명하는 이론을 응용하여 사회 현상을 설명하는 것이 가능하다.
- ③ 유비적 사고의 타당성은 유비를 통해 연결되는 두 대상의 구조가 서로 유사할 때 강화된다.
- ④ 한 계의 상태가 어떤 조건에서 급격한 변화를 나타낼 것인지는 계를 구성하는 요소의 종류와 무관하게 결정된다.
- ⑤ 하나의 계가 드러내는 특성은 현재 그것을 제약하는 변수들만으로 결정되지 않고 그것이 지나온 역사적 경로에 의해서 좌우될 때가 많다.

23. 위 글에서 알 수 있는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 상전이에서 이력 특성이 나타나지 않는 물질이 과냉각 상태의 액체로 존재할 수 있다.
 ㄴ. 이력 특성을 갖는 물질은 온도와 압력을 알아도 그 물질의 상태를 알 수 없는 경우가 있다.
 ㄷ. 불순물이 전혀 포함되지 않은 순수한 물에서는 온도 변화에 따른 상전이 현상이 일어나지 않는다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24. <그림 2>에 대한 분석으로 옳지 않은 것은?

- ① E 상태에서 범죄에 대한 제재가 어느 정도 강화되더라도 범죄율의 변화는 미미할 것이다.
- ② F 상태에서 범죄에 대한 제재를 조금 더 강화하면 범죄율은 급감할 것이다.
- ③ G 상태에서 범죄에 대한 제재가 조금 더 약해질 경우 범죄율이 급증할 소지가 있다.
- ④ α 는 높은 범죄율 사회를 낮은 범죄율 사회로 변화시킬 수 있는 제재의 강도에 해당한다.
- ⑤ 범죄에 β 보다 더 강한 제재가 가해지는 사회에서 범죄율은 낮은 상태를 유지할 것이다.

25. <보기>의 ㉠을 반박할 근거 자료로 가장 적절한 것은?

<보 기>

A: 캠벨과 오머로드의 모형으로 범죄율의 변화를 설명할 수 있다고 해서 다른 사회 현상도 비슷한 방식으로 설명되리라고 생각할 이유는 없어. 예를 들어 출산율만 해도 범죄율과는 전혀 다른 문제지.
 B: 아니, 출산율의 변화도 이 모형으로 설명할 수 있어. 자녀 양육 수당이나 다자녀 세금 감면 같은 경제적 유인이 출산율을 증가시키는 반면, 교육비 부담 같은 경제적 압박의 심화는 출산율을 감소시키지. 중요한 것은, ㉠ 출산율의 이런 변화에서도 이력 특성이 나타난다는 점이야.

- ① 실제로 어느 고출산율 사회에서 정부가 육아 지원을 30%나 축소했음에도 불구하고 출산율의 변화는 미미하였다.
- ② 저출산율 사회를 탈피하게 하는 육아 지원의 규모가 고출산율 사회에서 저출산율 사회로 이행하는 시점의 육아 지원 규모와 일치하였다.
- ③ 정부의 육아 보조금 같은 긍정적 요인보다 양육비와 교육비의 증가 같은 부담 요인이 출산율에 훨씬 더 뚜렷한 영향을 미치는 것으로 드러났다.
- ④ 자녀 양육 수당의 증액은 출산율 변화에 눈에 띄는 영향을 미쳤던 데 반하여 다자녀 세금 감면 혜택의 강화는 출산율에 거의 영향을 미치지 않았다.
- ⑤ 자녀 교육에 드는 비용의 증대가 출산율의 급격한 변화를 야기한 것으로 나타났지만 그러한 변화를 야기한 교육비 수준은 명확한 금액으로 제시하기 어려웠다.

[26~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

스마트폰이 등장하면서 모바일 무선 통신은 우리의 삶에서 없어서 안 될 문명의 이기가 되었다. 모바일 무선 통신에 사용되는 전파는 눈에 보이지 않아 실감하기 어렵지만, 가시광선과 X선이 속하는 전자기파의 일종이다. 전파는 대기 중에서 초속 30만 km로 전해지는데, 이는 빛의 속도(c)와 정확히 일치한다. 전파란 일반적으로 '1초에 약 3천~3조 회 진동하는 전자기파'를 말한다. 1초 동안의 진동수를 '주파수(f)'라 하며, 1초에 1회 진동하는 것을 1Hz라고 한다. 따라서 전파는 3 kHz에서 3 THz의 주파수를 갖는다. 주파수는 파동 한 개의 길이를 의미하는 '파장(λ)'과 반비례 관계에 있다. 즉, 주파수가 높을수록 파장은 짧아지며, 낮을수록 파장은 길어진다. 전자기파의 주파수와 파장을 곱한 수치($c = f\lambda$)는 일정하며, 빛의 속도와 같다.

모바일 무선 통신에서 가시광선이나 X선보다 주파수가 낮은 전파를 쓰는 이유는 정보의 원거리 전달에 용이하기 때문이다. 주파수가 높은 전자기파일수록 직진성이 강해져 대기 중의 먼지나 수증기에 의해 흡수되거나 산란되어 감쇠되기 쉽다. 반면, 주파수가 낮은 전파는 회절성과 투과성이 뛰어나 장애물을 만나면 휘어져 나가고 얇은 벽을 만나면 투과하여 멀리 퍼져 나갈 수 있다. 3 kHz ~ 3 GHz 대역의 주파수를 갖는 전파 중 0.3 MHz 이하의 초장파, 장파 등은 매우 먼 거리까지 전달될 수 있으므로 해상 통신, 표지 통신, 선박이나 항공기의 유도 등과 같은 공공적 용도에 주로 사용된다. 0.3~800 MHz 대역의 주파수는 단파 방송, 국제 방송, FM 라디오, 지상파 아날로그 TV 방송 등에 사용된다. 800 MHz~3 GHz 대역인 극초단파가 모바일 무선 통신에 주로 사용되며 '800~900 MHz 대', '1.8 GHz 대', '2.1 GHz 대', '2.3 GHz 대'의 네 가지 대역으로 나뉜다. 스마트폰 시대에 들어서면서 극초단파 대역의 효율적인 주파수 관리의 중요성이 더욱 커지고 있다. 3 GHz 이상 대역의 전파는 직진성이 매우 강해져 인공위성이나 우주 통신 등과 같이 중간에 장애물이 없는 특별한 경우에 사용된다.

모바일 무선 통신에서 극초단파를 사용하는 이유는 0.3~800 MHz 대역에 비해 단시간에 더 많은 정보의 전송이 가능하기 때문이다. 예로 1 비트의 자료를 전송하는 데 4개의 파동이 필요하다고 하자. 1 kHz의 초장파는 초당 1,000개의 파동을 발생시키기 때문에 매초 250 비트의 정보만을 전송할 수 있지만, 800 MHz 초단파의 경우 초당 8억 개의 파동을 발생시키므로 매초 2억 비트의 정보를, 1.8 GHz 극초단파는 초당 4.5억 비트에 해당하는 대량의 정보를 전송할 수 있다. 극초단파의 원거리 정보 전송 능력의 취약성을 극복하기 위해 모바일 무선 통신에서는 반경 2~5 km 정도의 좁은 지역의 전파만을 송수신하는 무선 기지국들을 가능한 한 많이 설치하고, 이 무선 기지국들을 다시 유선으로 연결하여 릴레이 형식으로 정보를 전송함으로써 통화 사각지대를 최소화한다. 모바일 무선 통신과 더불어 극초단파를 사용하는 지상파 디지털 TV 방송에서도 가능한 한 높은 위치에 전파 송신탑을 세워 전파 진행 경로상의 장애물을 최소화하려고 노력한다.

모바일 무선 통신에서 극초단파를 사용함으로써 통신 기기의 휴대 편의성도 획기적으로 개선되었다. 전파의 효율적 수신을 위한 안테나의 유효 길이는 수신하는 전파 파장의 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$ 정도인데, 극초단파와 같은 높은 주파수를 사용하면서 손바닥 크기보다 작은 길이의 안테나만으로도 효율적인 전파의 송수신이 가능해졌기 때문이다.

* 1 THz = 1,000 GHz, 1 GHz = 1,000 MHz, 1 MHz = 1,000 kHz, 1 kHz = 1,000 Hz

26. 위 글에 따른 때, 옳지 않은 것은?

- ① 전파의 파장이 길수록 주파수가 낮다.
- ② 극초단파는 가시광선보다 주파수가 낮다.
- ③ 직진성이 약한 전파일수록 단위 시간당 정보 전송량은 많아진다.
- ④ 800 MHz 대의 안테나 유효 길이는 2.3 GHz 대 것의 약 3배에 해당한다.
- ⑤ 1.8 GHz 대 전파는 800~900 MHz 대 전파보다 회절성과 투과성이 약하다.

27. 위 글을 바탕으로 전파의 활용에 대해 진술한 것으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 3 GHz 이상 대역은 정보의 원거리 전송 능력이 커서 우주 통신에 이용된다.
 ㄴ. 모바일 무선 통신에서 낮은 주파수를 사용할수록 더 많은 기지국이 필요하다.
 ㄷ. 지상파 디지털 TV 방송은 지상파 아날로그 TV 방송보다 높은 주파수 대역을 사용한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

28. 위 글을 바탕으로 <보기>를 읽고 판단한 것으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

○ ‘황금 주파수’ 대역의 변화
 초기 모바일 무선 통신 시대에는 800~900 MHz 대역의 주파수가 황금 주파수였으나, 모바일 무선 통신 기술의 발달과 더불어 오늘날의 4세대 스마트폰 시대에는 1.8 GHz 대와 2.1 GHz 대가 황금 주파수로 자리 잡게 되었다.

○ 주파수 관리 방식
 - 정부 주도 방식: 주파수의 분배와 할당에 있어서 경제적 효율성만으로 평가할 수 없는 표현의 자유, 민주적 가치, 공익 보호 등을 고려하여 전적으로 시장에 일임하지 않고 정부가 직접 관리하는 방식.
 - 시장 기반 방식: 주파수의 효율적 이용에 적합하도록 시장 기능을 통해, 예를 들어 경매와 같은 방식으로 주파수를 분배하고 할당하는 방식.

- ① 황금 주파수 대역의 변화는 모바일 무선 통신 기술의 발달뿐 아니라, 4세대 스마트폰 시대에 전송해야 하는 정보량의 급격한 증가와도 관계가 있을 것이다.
 ② 모바일 무선 통신 기술의 지속적인 발달과 함께 소형화된 통신 기기에 대한 소비자의 욕구가 커질수록 황금 주파수는 더 높은 대역으로 옮겨갈 것이다.
 ③ 0.3 MHz 이하 대역은 공익 보호의 목적보다는 경제적 효율성의 가치가 더 중요하므로 정부 주도 방식이 아닌 시장 기반 방식으로 관리될 것이다.
 ④ 1.8 GHz 대와 2.1GHz 대의 주파수를 차지하기 위한 경쟁이 심화되어 이에 대한 주파수 관리의 중요성이 부각될 것이다.
 ⑤ 방송의 공공성을 고려한다면, 0.3~800 MHz 대역의 주파수 관리에는 정부 주도 방식이 적합할 것이다.

[29~31] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

남극 대륙에는 모두 녹을 경우 해수면을 57미터 높일 정도의 얼음이 쌓여 있다. 그 중에서 빙붕(ice shelf)이란 육지를 수 킬로미터 두께로 덮고 있는 얼음 덩어리인 빙상(ice sheet)이 중력에 의해 해안으로 밀려 내려가다가 육지에 걸친 채로 바다 위에 떠 있는 부분을 말한다. 남극 대륙에서 해안선의 약 75%가 빙붕으로 덮여 있는데, 그 두께는 100~1,000미터이다. 시간에 따른 빙붕 질량의 변화는 지구 온난화와 관련하여 기후학적으로 매우 중요한 요소이다. 빙붕에서 얼음의 양이 줄어드는 요인으로서 빙산으로 조각나 떨어져 나오는 얼음의 양은 비교적 잘 측정되고 있지만, 빙붕 바닥에서 따뜻한 해수의 영향으로 얼음이 얼마나 녹아 없어지는가는 그동안 잘 알려지지 않았다. 빙붕 아래쪽은 접근하기가 어려워 현장 조사가 제한적이기 때문이다. 더구나 최근에는 남극 대륙 주변의 바람의 방향이 바뀌면서 더 따뜻한 해수가 빙붕 아래로 들어오고 있어서 이에 대한 정확한 측정이 요구된다. 빙붕 바닥에서 얼음이 녹는 양은 해수면 상승에 영향을 미치기 때문이다.

육지에서 흘러내려와 빙붕이 되는 얼음의 질량(A)과 빙붕 위로 쌓이는 눈의 질량(B)은 빙붕의 얼음을 증가시키는 요인이 된다. 반면에 빙산으로 부서져 소멸되는 질량(C)과 빙붕의 바닥에서 녹는 질량(D)은 빙붕의 얼음을 감소시킨다. 이 네 가지 요인으로 인하여 빙붕 전체 질량의 변화량(E)이 결정된다. 남극 빙붕에서 생성되고 소멸되는 얼음의 질량에 대한 정확한 측정은 인공위성 관측 자료가 풍부해진 최근에야 가능하게 되었다.

A는 빙붕과 육지가 만나는 경계선에서 얼음의 유속과 두께를 측정하여 계산한다. 얼음의 유속은 일정한 시간 간격을 두고 인공위성 레이다로 촬영된 두 영상 자료의 차이를 이용하여 수 센티미터의 움직임까지 정확하게 구할 수 있다. 얼음의 두께는 먼저 인공위성 고도계를 통해 물 위에 떠 있는 얼음의 높이를 구하고, 해수와 얼음의 밀도 차에 따른 부력을 고려하여 계산한다. B는 빙붕 표면에서 시추하여 얻은 얼음 코어와 기후 예측 모델을 통해 구할 수 있는데, 그 정확도는 비교적 높다. C는 떨어져 나오는 빙산의 면적과 두께를 이용하여 측정할 수도 있으나, 빙산의 움직임이 빠른 경우 그 위치를 추적하기 어렵고 해수의 작용으로 빙산이 빠르게 녹기 때문에 이 방법으로는 정확한 측정이 쉽지 않다. 따라서 보다 정밀한 측정을 위해 빙붕의 끝 자락에서 육지 쪽으로 수 킬로미터 상부에 위치한 임의의 기준선에서 측정된 얼음의 유속과 두께를 통해 구하는 방식으로 장기적으로 신뢰할 만한 값을 구한다. E는 빙붕의 면적과 두께를 통해 구하며, 이 모든 요소를 고려하여 D를 계산한다.

연구 결과, 남극 대륙 전체의 빙붕들에서 1년 동안의 A는 2조 490억 톤, B는 4,440억 톤, C는 1조 3,210억 톤, D는 1조 4,540억 톤이며, E는 -2,820억 톤인 것으로 나타났다. 남극 대륙 빙붕의 질량 감소 요인 중에서 D가 차지하는 비율인 R 값을 살펴보면, 남극 대륙 전체의 평균은 52%이지만, 지역에 따라 10%에서 90%에 이르는 극명한 차이를 보인다. 남극 대륙 전체 해역을 경도에 따라 4등분할 때, 서남극에 위치한 파인 아일랜드 빙붕과 크로스 빙붕 같은 소형 빙붕들에서 R 값의 평균은 74%를 보였고, 그 외 지역에서는 40% 내외였다. 특히 남극에서 빙산의 3분의 1을 생산해 내는 가장 큰 빙붕으로 북남극과 서남극에 걸친 필크너-론 빙붕, 남남극의 로스 빙붕에서 R 값은 17%밖에 되지 않았다.

남극 전체 빙붕의 91%의 면적을 차지하는 상위 10개의 대형 빙붕에서는 남극 전체 D 값 중 50% 정도밖에 발생하지 않으며, 나머지는 9% 면적을 차지하는 소형 빙붕들에서 발생한다. 이는 소형 빙붕들이 상대적으로 수온이 높은 서남극 해역에 많이 분포하고 있기 때문이다. 따라서 대형 빙붕들 위주로 조사한 데이터를 면적 비율에 따라 남극 전체에 확대 적용해 온 기존의 연구 결과에는 남극 전체의 D 값이 실제와 큰 ㉠ 오차가 있었을 것이다.

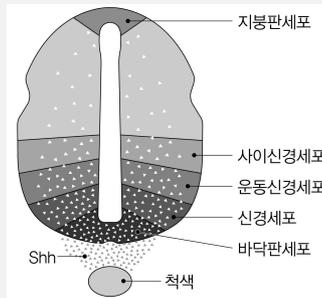
빙붕의 단위 면적당 D 값인 S 값을 살펴보면, 남극 전체에서 1년에 약 0.81미터 두께의 빙붕 바닥이 녹아서 없어지는 것으로 나타났으며, 지역적으로는 0.07~15.96미터로 편차가 컸다. 특히 서남극의 소형 빙붕에서는 매우 큰 값을 보여 주었으나, 다른 지역의 대형 빙붕은 작은 값을 보였다. 이는 빙붕 바닥에서 육지와 맞닿은 곳 근처에서는 얼음이 녹고, 육지에서 멀리 떨어진 곳에서는 해수의 결빙이 이루어지기 때문이다.

29. A~E를 구하는 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① A는 수면 위의 빙붕의 높이에 관한 정보를 활용하여 구한다.
- ② B는 빙붕에서 직접 채취한 시료를 이용하여 추정된 값으로 구한다.
- ③ C는 떨어져 나온 빙산 양을 추적하는 방식으로는 정확하게 구하기 쉽지 않다.
- ④ D는 해수의 온도와 해수 속에서 녹는 얼음의 양을 직접 측정하여 구한다.
- ⑤ E는 빙붕의 두께 변화에 대한 정보를 얻어야 측정할 수 있다.

[32~34] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

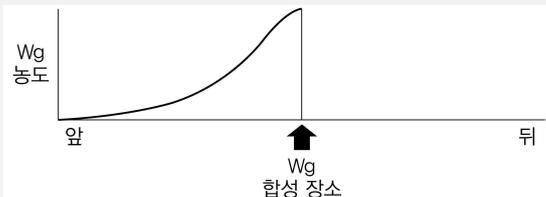
생명체가 다양한 구조와 기능을 갖는 기관을 형성하기 위해서는 수많은 세포들 간의 상호 작용을 통해 세포의 운명을 결정하는 과정이 필요하다. 사람의 경우 눈은 항상 코 위에, 입은 코 아래쪽에 위치한다. 이렇게 되기 위해서는 특정 세포군이 위치 정보를 획득하고 해석한 후 각 세포가 갖고 있는 유전 정보를 이용하여 자신의 운명을 결정함으로써 각 기관을 정확한 위치에 형성되게 하는 과정이 필수적이다. 세포 운명을 결정하는 다양한 방법이 존재하지만, 가장 간단한 방법은 어떤 특정 형태로 분화하게 하는 형태발생물질(morphogen)의 농도 구배(concentration gradient)를 이용하는 것이다. 형태발생물질은 세포나 특정 조직으로부터 분비되는 단백질로서 대부분의 경우에 그 단백질의 농도 구배에 따라 주변의 세포 운명이 결정된다. 예를 들어 뇌의 발생 초기 형태인 신경관의 위쪽에서 아래쪽으로 지방판세포, 사이신경세포, 운동신경세포, 신경세포, 바닥판세포가 순서대로 발생하게 되는데, 이러한 서로 다른 세포로의 예정된 분화는 신경관 아래쪽에 있는 척색에서 분비되는 형태발생물질인 Shh의 농도 구배에 의해 결정된다(그림 1). 척색에서 Shh가 분비되기 때문에 척색으로부터 멀어질수록 Shh의 농도가 점차 낮아지게 되어서, 그 농도의 높고 낮음에 따라 척색 근처의 신경관에 있는 세포는 바닥판세포, 그 다음 세포는 신경세포 및 운동신경세포로 세포 운명이 결정된다.



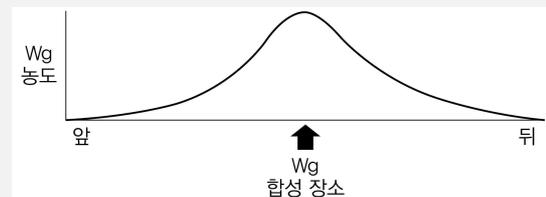
<그림 1>

한 개체의 세포가 모두 동일한 유전자를 갖고 있음에도 불구하고 서로 다른 세포 운명을 택하게 되는 것은 농도 구배에 대응하여 활성화되는 전사인자의 종류가 다른 것으로 설명할 수 있다. 전사인자는 유전정보를 갖고 있는 DNA의 특이적인 염기 서열을 인식하여 특정 부분의 DNA로부터 mRNA를 만드는 작용을 하고, 이 mRNA의 정보를 바탕으로 단백질이 만들어진다. 예를 들어 Shh의 농도가 특정 역치 이상이 되면 A 전사인자가 활성화되고 역치 이하인 경우는 B 전사인자가 활성화되면, A 전사인자에 의해 바닥판세포의 형성에 필요한 mRNA와 단백질이 합성되고, B 전사인자에 의해 운동신경세포로 분화하는 데 필요한 mRNA와 단백질이 만들어지게 되어 서로 다른 세포 운명이 결정될 수 있는 것이다.

하지만 최근의 연구 결과에 의하면 일부의 형태발생물질이 단순한 확산에 의하여 농도 구배를 형성하지 않고 특정 형태의 매개체를 통하여 이동한다는 사실이 보고되었다. 가령 초파리 배아의 특정 발생 단계에서 합성되는 Wg라는 형태발생물질은 합성되는 장소로 앞쪽으로부터 비대칭적으로 전달된다(그림 2-1). 만약 단순한 확산에 의해 농도 구배가 형성된다면 Wg 형태발생물질이 합성되는 곳의 앞쪽 및 뒤쪽으로 농도 구배가 형성될 것을 예상할 수 있지만(그림 2-2), 실제로 <그림 2-1>에서 보이는 바와 같이 Wg가 뒤쪽으로는 이동하지 않고 앞쪽에서만 분포하는 현상이 관찰되었다.



<그림 2-1>



<그림 2-2>

여러 가지 실험 결과를 바탕으로 초파리 배아에서 이러한 비대칭적인 전달을 설명하는 모델로서 아래와 같은 가설이 제시되었다.

- (1) 수용체에 의한 전달: 형태발생물질을 분비하는 세포 옆에 있는 세포의 표면에 있는 수용체가 형태발생물질을 인식하고 그 다음 세포의 수용체에 형태발생물질을 넘겨준다고 보는 가설이다. 이때 수용체의 양이 이미 비대칭적으로 분포하고 있다면 수용체에 부착된 형태발생물질의 농도 구배가 이루어질 수 있다.
- (2) 세포막에 둘러싸인 소낭의 흡수에 의한 전달: 형태발생물질을 분비하는 세포에서 형태발생물질이 소낭, 즉 작은 주머니에 싸여 앞쪽의 세포로만 단계적으로 전달된다고 보는 가설이다. 이 과정에서 형태발생물질의 일부만이 다음 세포로 전달되면 비대칭적 농도 구배가 이루어질 수 있다.

[35~38] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

이론적으로 존재하는 가장 낮은 온도는 $-273.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이며 이를 절대 온도 0K 라고 한다. 실제로 0K 까지 물체의 온도를 낮출 수는 없지만 그에 근접한 온도를 얻을 수는 있다. 그러한 방법 중 하나가 '레이저 냉각'이다.

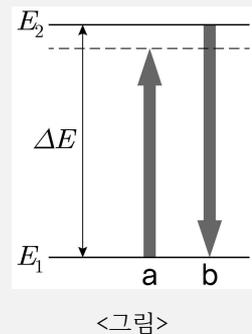
레이저 냉각을 이해하기 위해 우선 온도라는 것이 무엇인지 알아보자. 미시적으로 물질을 들여다보면 많은 수의 원자가 모인 집단에서 원자들은 끊임없이 서로 충돌하며 다양한 속도로 운동한다. 이때 절대 온도는 원자들의 평균 운동 속도의 제곱에 비례하는 양으로 정의된다. 따라서 어떤 원자의 집단에서 원자들의 평균 운동 속도를 감소시키면 그 원자 집단의 온도가 내려간다. 레이저 냉각을 사용하면 상온(약 300K)에서 대략 200 m/s 의 평균 운동 속도를 갖는 기체 상태의 루비듐 원자의 평균 운동 속도를 원래의 약 $1/10000$ 까지 낮출 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 줄어든다. 이때 속도와 질량의 곱에 해당하는 운동량이 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. 실제로 상온에서 200 m/s 의 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_1 에서 그보다 더 높은 특정 에너지 준위 E_2 로 옮겨가는 것만 허용되기 때문이다. 이때 흡수된 광자의 에너지는 두 에너지 준위의 에너지 값의 차이 ΔE 에 해당한다.

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 ΔE 보다 작지만(그림의 a), 원자는 도플러 효과 때문에 공명 진동수를 갖는 광자를 받아들이는 것처럼 낮은 준위 E_1 에 있던 전자를 허용된 준위 E_2 에 올려놓는다. 그러면 불안정해진 원자는 잠시 후에 ΔE 에 해당하는 에너지를 갖는 광자를 방출하면서 전자를 E_2 에서 E_1 로 내려놓는다(그림의 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.



35. 밑글의 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 0K 에 도달하게 할 수 있다.
- ⑤ 개별 원자의 운동 상태를 파악하여 각각의 원자마다 적절한 진동수의 레이저 빛을 쏠 수 있다.

36. 밑글의 <그림>을 이해한 것으로 적절하지 않은 것은?

- ① 다가오는 원자에 공명 진동수의 레이저 빛을 쏘면 원자 내부의 전자가 E_1 에서 E_2 로 이동한다.
- ② 원자의 공명 진동수와 일치하는 진동수를 갖는 광자는 ΔE 의 에너지를 갖는다.
- ③ 원자가 흡수했다가 방출하는 광자의 에너지는 ΔE 로 일정하다.
- ④ 정지한 원자가 흡수하는 광자의 에너지는 ΔE 와 일치한다.
- ⑤ E_2 에서 E_1 로 전자가 이동할 때 광자가 방출된다.

37. 밑글에 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 v 의 속도로 움직였더니 소리굽쇠가 공명했다. 그 후에 다음과 같이 조작하면서 소리굽쇠의 공명 여부를 관찰했다. 단, 소리굽쇠는 두 스피커 사이에서만 움직인다.

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

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

38. 밑글에 비추어 <보기>의 리튬 원자의 레이저 냉각에 대해 설명한 것으로 적절하지 않은 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.

[39~41] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

한 가닥의 DNA는 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C), 티민(T)의 네 종류의 염기를 가지고 있는 뉴클레오티드가 선형적으로 이어진 사슬로 볼 수 있다. 보통의 경우 <그림 1>과 같이 두 가닥의 DNA가 염기들 간 수소 결합으로 서로 붙어 있는 상태로 존재하는데, 이를 '이중나선 구조'라 부른다. 이때 A는 T와, G는 C와 상보적으로 결합한다. 온도를 높이면 두 가닥 사이의 결합이 끊어져서 각각 한 가닥으로 된다.

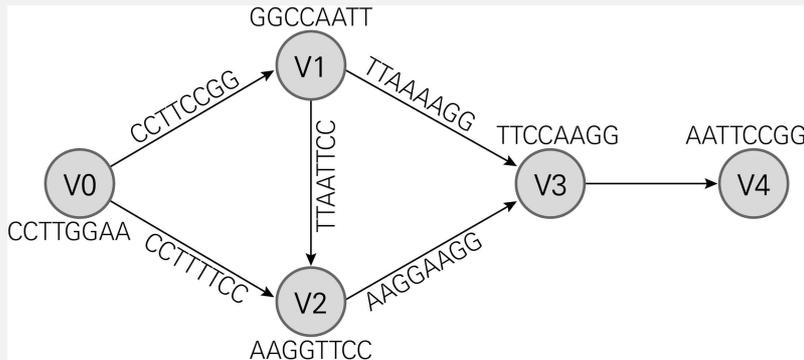


<그림 1> 염기들 간 상보적 결합의 예

정보과학의 관점에서는 DNA도 정보를 표현하는 수단으로 볼 수 있다. 한 가닥의 DNA 염기서열을 4진 코드로 이루어진 특정 정보로 해석할 수 있기 때문이다. 즉, 'A', 'G', 'C', 'T'만을 써서 순서가 정해진 연속된 n개의 빈칸을 채울 때, 총 4ⁿ개의 정보를 표현할 수 있고 이 중 특정 연속체를 한 가지 정보로 해석할 수 있다.

DNA로 정보를 표현한 후, DNA 분자들 간 화학 반응을 이용하면 연산도 가능하다. 1994년 미국의 정보과학자 에이들먼은 『사이언스』에 DNA를 이용한 연산에 대한 논문을 발표했고, 이로써 'DNA 컴퓨팅'이라는 분야가 열리게 되었다. 이 논문에서 에이들먼이 해결한 것은 정점(예: 도시)과 간선(예: 도시 간 도로)으로 이루어진 그래프에서 시작 정점과 도착 정점이 주어졌을 때 모든 정점을 한 번씩만 지나는 경로를 찾는 문제, 즉 '해밀턴 경로 문제(HPP)'였다. HPP는 정점의 수가 많아질수록 가능한 경로의 수가 급격하게 증가하기 때문에 소위 '어려운 문제'에 속한다.

DNA 컴퓨팅의 기본 전략은, 주어진 문제를 DNA를 써서 나타내고 이를 이용한 화학 반응을 수행하여 답의 가능성이 있는 모든 후보를 생성한 후, 생화학적인 실험 기법을 사용하여 문제 조건을 만족하는 답을 찾아내는 것이다. 에이들먼이 HPP를 해결한 방법을 <그림 2>의 그래프를 통해 단순화하여 설명하면 다음과 같다. <그림 2>는 V0이 시작 정점, V4가 도착 정점이고 화살표로 간선의 방향을 표시한 그래프를 보여 준다. 즉, V0에서 V1로는 갈 수 있으나 역방향으로는 갈 수 없다. 먼저 그래프의 각 정점을 8개의 염기로 이루어진 한 가닥 DNA 염기서열로 표현한다. 그리고 각 간선을 그 간선이 연결하는 정점의 염기서열로부터 취하여 표현한다. 즉, V0(<CCTTGGAA>)에서 출발하여 V1(<GGCCAATT>)에 도달하는 간선의 경우는 V0의 뒤쪽 절반과 V1의 앞쪽 절반을 이어 붙인 염기서열 <GGAAGGCC>의 상보적 코드 <CCTTCCGG>로 나타낸다. 이렇게 6개의 간선 각각을 DNA 코드로 표현한다.



<그림 2> 정점 5개로 구성된 그래프

이제 DNA 합성 기술을 사용하여 이들 코드를 종류별로 다량 합성한다. 이들을 하나의 시험관에 넣고 서로 반응을 시키면 DNA 가닥의 상보적 결합에 의한 이중나선이 형성되는데, 이것을 '혼성화 반응(hybridization)'이라 한다. 혼성화 반응의 결과로 경로, 즉 정점들의 연속체가 생성된다. 시험관 안에는 코드별로 막대한 수의 DNA 분자들이 있기 때문에, 이들 사이의 이러한 상호 작용은 대규모로 일어난다. ㉠ 이상적인 실험을 가정한다면, 혼성화 반응을 통해 <그림 2> 그래프의 가능한 모든 경로에 대응하는 DNA 분자들이 생성된다. 경로의 예로 (V0, V1), (V1, V2), (V0, V1, V2) 등이 있다. 이와 같이 생성된 경로들로부터 해밀턴 경로를 찾아 나가는 절차는 다음과 같다.

- [1단계] V0에서 시작하고 V4에서 끝나는지 검사한 후, 그렇지 않은 경로는 제거한다.
- [2단계] 경로에 포함된 정점의 개수가 5인지 검사한 후, 그렇지 않은 경로는 제거한다.
- [3단계] 경로에 모든 정점이 포함되었는지 검사한다.

[4단계] 지금까지의 과정을 통해 취한 경로들이 문제에 대한 답이라고 결정한다.

에이들먼은 각 단계를 적절한 분자생물학 기법으로 구현했다. 그런데 DNA 분자들 간 화학 반응은 시험관 내에서 한꺼번에 순간적으로 일어난다는 특성을 갖고 있다. 요컨대 에이들먼은 기존 컴퓨터의 순차적 연산 방식과는 달리, 대규모 병렬 처리 방식을 통해 HPP의 해결 방법을 제시한 것이다. 이로써 DNA 컴퓨팅은 기존의 소프트웨어 알고리즘이나 하드웨어 기술로는 불가능했던 문제들의 해결에 대한 잠재적인 가능성을 보여 주었다.

39. DNA 컴퓨팅에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 창시자는 미국의 정보과학자 에이들먼이다.
- ② DNA로 정보를 표현하고 이를 이용하여 연산을 하는 것이다.
- ③ 기본적인 해법은 가능한 모든 경우를 생성한 후, 여기서 답이 되는 것만을 찾아내는 것이다.
- ④ 기존 컴퓨터 기술의 발상을 전환하여 분자생물학적인 방법으로 접근함으로써 정보 처리 방식의 개선을 모색했다.
- ⑤ DNA 컴퓨팅을 이용하여 HPP를 풀 때, 간선을 나타내는 DNA의 염기 개수는 정점을 나타내는 DNA의 염기 개수의 두 배다.

40. ㉠에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① (V1, V2, V3, V4)는 정점이 네 개이지만, 에이들먼의 해법 [1단계]에서 걸러진다.
- ② V3에서 V4로 가는 간선으로 한 가닥의 DNA <TTCCTAA>가 필요하다.
- ③ 정점을 두 개 이상 포함하고 있는 경로는 두 가닥 DNA로 나타내어진다.
- ④ 정점을 세 개 포함하고 있는 경로는 모두 네 개이다.
- ⑤ 해밀턴 경로는 (V0, V1, V2, V3, V4)뿐이다.

41. <보기>의 ㉠에 대한 설명으로 적절한 것만을 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

DNA 컴퓨팅의 실용화를 위해서는 여러 기술적인 문제점들을 해결해야 한다. 그중 하나는 정보 처리의 정확도다. DNA 컴퓨팅은 화학 반응에 기반을 두는데, ㉠ 반응 과정에서 오류가 발생할 경우 그릇된 연산을 수행하게 된다.

ㄱ. ㉠이 발생하지 않는다면, <그림 2> 그래프에서는 에이들먼의 [3단계]가 불필요하다.

ㄴ. 혼성화 반응에서 엉뚱한 분자들이 서로 붙는 것을 방지할 수 있도록 DNA 코드를 설계하는 것은 ㉠을 최소화하기 위한 방법이다.

ㄷ. DNA 컴퓨팅의 원리를 적용한 소프트웨어를 개발하면, ㉠을 방지하면서도 대규모 병렬 처리를 통한 문제 해결이 기존 컴퓨터에서 가능하다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

[42~44] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

사람의 성염색체에는 X와 Y 염색체가 있다. 여성의 난자는 X 염색체만을 갖지만, 남성의 정자는 X나 Y 염색체 중 하나를 갖는다. 인간의 성은 여성의 난자에 X 염색체의 정자가 수정되는지, 아니면 Y 염색체의 정자가 수정되는지에 따라 결정된다. 전자의 경우는 XX 염색체의 여성으로, 후자의 경우는 XY 염색체의 남성으로 발달할 수 있게 된다.

인간과 같이 두 개의 성을 갖는 동물의 경우, 하나의 성이 성 결정의 기본 모델이 된다. 동물은 종류에 따라 기본 모델이 되는 성이 다르다. 조류의 경우 대개 수컷이 기본 모델이지만, 인간을 포함한 포유류의 경우 암컷이 기본 모델이다. ㉠ 기본 모델이 아닌 성은 성염색체 유전자의 지령에 의해 조절되는 일련의 단계를 거쳐, 개체 발생 과정 중에 기본 모델로부터 파생된다. 따라서 남성의 형성에는 여성 형성을 위한 기본 프로그램 외에도 Y 염색체에 의해 조절되는 추가적인 과정이 필요하다. Y 염색체의 지령에 의해 생성된 남성 호르몬의 작용이 없다면 태아는 여성이 된다.

정자가 난자와 수정된 초기에는 성 결정 과정이 억제되어 일어나지 않는다. 약 6주가 지나면, 고환 또는 난소가 될 단일성선(單一性腺) 한 쌍, 남성 생식 기관인 부고환·정관·정낭으로 발달할 볼프관, 여성 생식 기관인 난관과 자궁으로 발달할 뮐러관이 모두 생겨난다. 볼프관과 뮐러관은 각기 남성과 여성 생식 기관 일부의 발생에만 관련이 있으며, 두 성을 구분하는 외형적인 기관들은 남성과 여성 태아의 특정 공통 조직으로부터 발달한다. 이러한 공통 조직이 남성의 음경과 음낭이 될지, 아니면 여성의 음핵과 음순이 될지는 태아의 발생 과정에서 추가적인 남성 호르몬 신호를 받느냐 받지 못하느냐에 달려 있다.

임신 7주쯤에 Y 염색체에 있는 성 결정 유전자가 단일성선에 남성의 고환 생성을 명령하는 신호를 보내면서 남성 발달 과정의 첫 단계가 시작된다. 단일성선이 고환으로 발달하고 나면, 이후의 남성 발달 과정은 새로 형성된 고환에서 생산되는 호르몬에 의해 조절된다. 적절한 시기에 맞춰 고환에서 분비되는 호르몬 신호가 없다면 태아는 남성의 몸을 발달시키지 못하며, 심지어 정자를 여성에게 전달하는 데 필요한 음경조차 만들어내지 못한다.

고환이 형성되고 나면 고환은 먼저 항뮐러관형성인자를 분비하여 뮐러관을 없애라는 신호를 보낸다. 이 신호에 반응하여 뮐러관이 제거될 수 있는 때는 발생 중 매우 짧은 시기에 국한되기 때문에 이 신호의 전달 시점은 매우 정교하게 조절된다. 그 다음에 고환은 남성 생식기의 발달을 촉진하기 위해 볼프관에 또 다른 신호를 보낸다. 주로 대표적인 남성 호르몬인 테스토스테론이 이 역할을 담당하는데 이 호르몬이 수용체에 결합하면 볼프관은 부고환·정관·정낭으로 발달한다. 이들은 모두 고환에서 음경으로 정자를 내보내는 데 관여하는 기관이다. 만약 적절한 시기에 고환으로부터 이와 같은 호르몬 신호가 볼프관에 전달되지 않으면 볼프관은 임신 후 14주 이내에 저절로 사라진다. 이 외에도 테스토스테론이 효소의 작용에 의하여 변화되어 생긴 호르몬인 디하이드로테스토스테론은 전립선, 요도, 음경, 음낭 등과 같은 남성의 생식 기관을 형성하도록 지시한다. 형성된 음낭은 임신 후기에 고환이 복강에서 아래로 내려오면 이를 감싼다.

여성 태아에서 단일성선을 난소로 만드는 변화는 남성 태아보다 늦은 임신 3~4개월쯤에 시작한다. 이 시기에 남성의 생식 기관을 만드는 데 필요한 볼프관은 호르몬 신호 없이도 퇴화되어 사라진다. 여성 신체의 발달은 남성에서처럼 호르몬 신호에 전적으로 의존하지는 않지만, 여성 호르몬인 에스트로젠이 난소의 적절한 발달과 정상적인 기능 수행에 필수적인 요소로 작용한다고 알려져 있다.

42. 밑글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 포유류는 X 염색체가 없으면 수컷이 된다.
- ② 사람의 고환과 난소는 각기 다른 기관으로부터 발달한다.
- ③ 항뮐러관형성인자의 분비는 테스토스테론에 의해 촉진된다.
- ④ Y 염색체에 있는 성 결정 유전자가 없으면 볼프관은 퇴화된다.
- ⑤ 뮐러관이 먼저 퇴화되고 난 후 Y 염색체의 성 결정 유전자에 의해 고환이 생성된다.

43. 밑글을 바탕으로 <보기>의 ‘사람’에 대해 추론한 것으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

‘남성 호르몬 불감성 증후군’을 가진 사람은 XY 염색체를 가지고 있어 항뮐러관형성인자와 테스토스테론을 만들 수 있다. 하지만 이 사람은 남성 호르몬인 테스토스테론과 디하이드로테스토스테론이 결합하는 수용체에 돌연변이가 일어나 남성 호르몬에 반응하지 못하여 음경과 음낭을 만들지 못한다. 그리고 부신에서 생성되는 에스트로겐의 영향을 받아 음핵과 음순이 만들어져 외부 성징은 여성으로 나타난다.

- ① 몸의 내부에 고환을 가지고 있다.
- ② 부고환과 정관, 정낭을 가지고 있다.
- ③ 난소가 생성되어 발달한 후에 배란이 진행된다.
- ④ Y 염색체의 성 결정 유전자가 발현하지 않는다.
- ⑤ 뮐러관에서 발달한 여성 내부 생식기관을 가지고 있다.

44. ㉠의 이론을 강화하는 내용으로 볼 수 있는 것은?

- ① 한 마리의 수컷과 여러 마리의 암컷으로 이루어진 물고기 집단에서 수컷을 제거하면 암컷 중 하나가 테스토스테론을 에스트로젠으로 전환하는 효소인 아로마타이즈 유전자의 발현을 줄여 수컷으로 성을 전환한다.
- ② 붉은귀거북의 경우 28℃ 이하의 온도에서는 수컷만, 31℃ 이상의 온도에서는 암컷만 태어나고 그 중간 온도에서는 암컷과 수컷이 50 : 50의 비율로 태어난다.
- ③ 제초제 아트라진에 노출된 수컷 개구리는 테스토스테론이 에스트로젠으로 전환되어 암컷 개구리로 성을 전환한다.
- ④ 생쥐의 수컷 성 결정 유전자를 암컷 수정란에 인위적으로 삽입하면 고환과 음경을 가진 수컷 생쥐로 발달한다.
- ⑤ 피리새 암컷에 테스토스테론을 인위적으로 투여하면 수컷처럼 노래한다.

[45~47] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1990년대 이후 **온톨로지(ontology)**는 인공지능 연구에서 각광을 받고 있다. 연구자들마다 ‘온톨로지’란 용어를 조금씩 다른 의미로 사용하고 있지만, 널리 받아들여지는 정의는 “관심 영역 내 공유된 개념화에 대한 형식적이고 명시적인 명세”다. 여기서 ‘관심 영역’은 특정 영역 중심적이라는 것을, ‘공유된’은 관련된 사람들의 합의에 의한 것이라는 것을, ‘개념화’는 현실 세계에 대한 모형이라는 것을 뜻한다. 즉 특정 영역의 지식을 모델링하여 구성원들의 지식 공유 및 재사용을 가능하게 하는 것이 바로 온톨로지인 것이다. 또 ‘형식적’은 기계가 읽고 처리할 수 있는 형태로 온톨로지를 표현해야 한다는 것을 뜻한다. 그 결과로서 얻어지는 ‘명시적인 명세’는 일종의 공학적 구조물로서 다양한 용도로 사용된다.

온톨로지를 사전과 비교하면 ‘개념화’를 쉽게 이해할 수 있다. 사전에는 각각의 표제어에 대해 뜻풀이, 동의어, 반대어 등 언어적 특성들이 정리되어 있다. 온톨로지에는 표제어 대신 개념이, 그리고 언어적 특성들 대신 개념들 간 논리적 특성들이 기록된다. ‘개념(class)’은 어떤 공통된 속성들을 공유하는 ‘개체들(instances)’의 집합이고, 개체는 세상에 존재하는 구체적인 개별자이다. 온톨로지에서는 개념은 관계를 통해 다른 개념들과 연결된다. 필수적인 관계는 개념 간의 계층 구조를 형성하는 상속 관계이다. 상속 관계에서 하위 개념은 상위 개념의 모든 속성을 물려받는다. 예컨대 ‘스누피’라는 특정 개체가 속한 견종 ‘몰티즈’라는 개념은 ‘개’의 하위 개념이므로, ‘몰티즈’는 상위 개념인 ‘개’가 가진 모든 속성을 물려받는다. 널리 사용되는 또 다른 관계로 부분-전체 관계가 있다. 이외에도 온톨로지에는 관계를 포함한 다양한 논리적 특성들을 기록할 수 있다.

온톨로지 표현 언어는 대부분 일차 술어 논리에 기초를 두고 있다. 일차 술어 논리는 ‘모든’과 ‘어떤’을 변수와 함께 사용하는 언어로 표현력이 매우 뛰어나다. 예컨대 “진짜 이탈리아 피자는 오직 얇고 바삭한 베이스만을 갖는다.”를 일차 술어 논리로 옮기면 “모든 x에 대해, 만약 x가 진짜 이탈리아 피자라면, 얇고 바삭한 베이스인 어떤 y가 존재하고 x는 y를 베이스로 갖는다.”가 된다. 그런데 이것이 반드시 장점이 아니다. 일차 술어 논리로 정교하고 복잡하게 표현된 온톨로지를 막상 기계는 효율적으로 다룰 수 없는 경우가 발생하기 때문이다. 따라서 온톨로지 표현 언어는 일차 술어 논리에 각종 제약을 두어 표현력을 줄이는 대신 취급을 용이하도록 한 것이 대부분이다. 예컨대 월드 와이드 웹 컨소시엄의 권고안인 ‘웹 온톨로지 언어’ OWL에는 Lite, DL, Full의 세 가지 버전이 있는데, 후자로 갈수록 표현력이 커진다. 즉 OWL DL은 OWL Lite의 확장이고 OWL Full은 OWL DL의 확장이다. OWL DL까지는 계산학적 완전성과 결정 가능성이 보장된다. 이는 OWL DL로 표현된 온톨로지에서는 추론 엔진이 유한한 시간 내에 항상 해를 찾을 수 있음을 뜻한다.

OWL을 쓰면 복잡하고 다양한 논리적 특성들을 표현할 수 있지만 논리학에 익숙하지 않은 사용자에게 OWL은 너무 어렵다. 이로 인해 그 이름과는 달리, 웹에서 OWL이 널리 쓰이는 것은 아직까지 요원해 보인다. 오히려 전문 지식에 대한 정교한 논리적 표현이 요구되는 영역에서는 OWL이 이용되는 경우가 있다. 예컨대 미국 국립암센터에서 개발한 의료 영역 온톨로지인 NCI 시소러스는 OWL 포맷으로도 제공되는데, 이것은 약 4만 개의 개념과 백 개 이상의 관계로 이루어져 있다. 이외에도 의료 영역은 일찍부터 여러 그룹에서 각기 목적에 맞는 온톨로지를 발전시켜 왔다. 대표적인 것으로는 UMLS, SNOMED-CT 등이 있다.

온톨로지는 일반적으로 특정 영역 종사자들의 관심과 필요에 의해 구축되나 반드시 그런 것은 아니다. 1984년 개발이 시작된 Cyc는 인간의 모든 지식을 담고자 하는 대규모 온톨로지다. 지식공학자 소와(Sowa)는 철학의 연구 성과를 적극적으로 수용한 상위 수준 온톨로지를 제시한 바 있다. 세상에 존재하는 모든 것을 분류하려면 시간, 공간과 같은 일반적인 개념들을 다루어야만 하는데, 이는 철학자들이 이런 개념들에 대해 가장 오랫동안 깊이 사유했기 때문이다.

45. 온톨로지에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 지식의 공유와 재사용을 위해 설계된 인공물이다.
- ② 대상 체계의 개념 구조를 명시적으로 드러내고자 한다.
- ③ 실제 사용된다면 기계가 처리할 수 있는 형태로 표현되어야 한다.
- ④ 개념과 그 개념에 속한 개체들은 상속 관계에 의해 서로 연결된다.
- ⑤ 동일한 영역에서도 종사자들의 관심과 필요에 따라 서로 다른 온톨로지가 구축될 수 있다.

46. 온톨로지 표현 언어에 대해 추론한 내용으로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 동일한 온톨로지를 서로 다른 두 개의 언어로 각각 표현하기 위해서는 이들 언어의 표현력이 동등해야 한다.
 ㄴ. 일차 술어 논리 표현 “모든 x에 대해, x가 빵이면 x는 장미이다.”는 ‘빵’이 상위 개념, ‘장미’가 하위 개념인 상속 관계를 나타낸다.
 ㄷ. 계산학적 완전성에 대한 보장 없이 최대의 표현력을 활용하여 온톨로지 구축을 원하는 사용자는 OWL Lite보다는 OWL Full을 사용할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

47. 윗글과 <보기>를 바탕으로 소와의 상위 수준 온톨로지에 대해 이해한 것으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

소와의 상위 수준 온톨로지를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

T는 세상에 존재하는 모든 것들의 집합을, ⊥는 공집합을 뜻한다. T 바로 아래 원초적 개념으로 ‘Independent’와 ‘Relative’와 ‘Mediating’, ‘Physical’과 ‘Abstract’, ‘Continuant’와 ‘Occurrent’ 이렇게 7가지가 있다. 하나의 선으로 연결된 두 개념 중 위쪽이 상위 개념, 아래쪽이 하위 개념이다.

한편 상속 관계는 추이성(transitivity)을 갖는 대표적인 관계다. 즉 A, B, C가 각각 개념이라 할 때, 하위 개념 A가 상위 개념 B와 상속 관계를 맺고 하위 개념 B가 상위 개념 C와 상속 관계를 맺으면, 하위 개념 A는 상위 개념 C와 상속 관계를 맺는다.

- ① 상위 개념으로 원초적 개념을 단 한 개만 갖는 개념은 없고, 오직 2개의 원초적 개념을 갖는 개념은 모두 6개다.
- ② T는 세상에 존재하는 모든 것들이므로 이 개념은 존재하는 모든 속성을 다 가지고 있고, ⊥에는 어떠한 개체도 속하지 않으므로 이 개념은 어떠한 속성도 갖지 않는다.
- ③ ‘Continuant’와 ‘Occurrent’의 공통 하위 개념은 오직 ⊥뿐이므로, ‘Continuant’의 속성과 ‘Occurrent’의 속성을 모두 갖는 개체는 존재하지 않는다.
- ④ ‘Object’는 ‘Actuality’의 하위 개념이고 또한 ‘Continuant’의 하위 개념이기도 하므로, ‘Actuality’의 속성과 ‘Continuant’의 속성을 모두 물려받는다.
- ⑤ ‘Process’는 ‘Actuality’의 하위 개념이고 ‘Actuality’는 ‘Physical’의 하위 개념인데, 상속 관계는 추이성을 가지므로, ‘Process’는 ‘Physical’의 하위 개념이다.

[48~50] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

현대 생명과학의 핵심적인 키워드들 중 하나는 오믹스(omics)이다. 단일 유전자, 단일 단백질의 기능과 구조 분석에 집중하였던 과거의 생명과학과 달리, 오믹스는 거시적인 관점에서 한 개체, 혹은 하나의 세포가 가지고 있는 유전자 전체의 집합인 ‘유전체’를 연구하는 유전체학, RNA 전체 즉 ‘전사체’에 대한 연구인 전사체학, 단백질 전체의 집합인 ‘단백질체’를 연구하는 단백질체학 등의 연구를 통칭한다.

분자생물학 이론에 따르면 DNA가 가지고 있는 유전자 정보의 일부만이 전사 과정을 통해 RNA로 옮겨진다. 그리고 RNA 중의 일부만이 번역 과정을 통해 단백질로 만들어진다. 어떠한 생물 개체나 어떠한 세포와 같은 특정 생명 시스템의 유전체는 그 시스템이 수행 가능한 모든 기능에 대한 유전 정보를 총괄하여 가지고 있다. 한 인간이라는 시스템과 그 인간의 간(肝)세포라는 또 다른 시스템의 유전체는 동일한 정보를 가지고 있지만, 인간의 간세포와 생쥐의 간세포의 유전체는 각각 서로 다른 정보를 가지고 있다. 한편 전사체는 유전체 정보의 일부 분 즉 유전체 정보들 중 현재 수행 중일 가능성이 큰 기능에 대한 정보를 가지고 있고, 단백질체는 전사체의 일부 분 즉 실제로 수행 중인 기능에 대한 정보를 담고 있다. ㉠ 생명체에서 생화학 반응의 촉매 작용과 같은 필수적인 ‘일’을 직접 수행하는 물질은 단백질체를 이루는 단백질들이다.

인간에게는 2만 종 이상의 단백질이 있고, 인체의 세포들은 종류에 따라 전체 단백질 중 일부를 서로 다른 조합으로 가지고 있다. 즉 피부 세포, 신경 세포, 근육 세포 등에서 공통으로 발견되는 단백질도 있고, 한 종류의 세포에서만 발견되는 단백질도 있다. 세포는 외부의 자극이나 내재된 프로그램에 의해 한 종류에서 다른 종류의 세포로 변화하는 과정을 겪는데, 이러한 현상을 ‘분화’라고 한다. 분화를 통해 다른 세포로 변하게 되면 가지고 있는 단백질의 조합도 달라진다. 세포의 분화는 개체 발생 과정에서 주로 관찰되지만, 정상 세포가 암세포로 바뀌는 과정도 분화 과정이라 할 수 있다.

어떤 환자의 암세포와 정상 세포를 대상으로 단백질체학 응용 연구를 수행하는 경우를 생각해 보자. 암세포의 단백질체와 정상 세포의 단백질체를 서로 비교해 보면, 정상 세포에 비하여 암세포에서 양이 변화되어 있는 단백질을 발견할 수 있다. 과학자들은 이러한 단백질을 새로운 암 치료 표적 단백질 후보로 찾아내어 연구를 진행한다. ㉡ 암세포에서 정상 세포보다 양이 늘어나 있는 단백질은 발암 단백질의 후보가 될 수 있고, 암세포에서 정상 세포보다 양이 줄어든 단백질은 암 억제 단백질의 후보가 될 수 있다.

그렇다면 이렇게 찾아낸 단백질이 2만 종 이상의 단백질 중 어느 것인지 알아내는 과정은 어떻게 진행될까? 단백질은 20종류의 아미노산이 일렬로 연결된 형태를 가지며, 단백질 하나의 아미노산 개수는 평균 500개 정도이다. 서로 다른 단백질은 서로 다른 아미노산 서열을 가지기 때문에 특정 단백질의 아미노산 서열을 알면 그 단백질이 어떤 단백질인지 알아낼 수 있다.

단백질의 아미노산 서열을 알기 위한 실험 방법은 여러 가지가 있는데, 그중의 하나가 펩타이드의 분자량 분석이다. 미지의 단백질에 트립신을 가하여 평균 10개 정도의 아미노산으로 이루어진 조각인 펩타이드로 자른 후 분자량을 측정한다. 트립신은 특정 아미노산을 인지하여 자르므로 어떤 아미노산과 아미노산 사이가 잘릴 것인지 예측할 수 있다. 실제로 단백질체를 분석한 데이터는 펩타이드의 분자량 값과 펩타이드들 간의 상대적인 양을 숫자로 표현한 값으로 나타난다. 모든 인간 단백질의 아미노산 서열, 아미노산의 분자량이 이미 알려져 있으므로, 암세포 단백질체와 정상 세포 단백질체에 트립신을 가하여 얻은 ㉢ 펩타이드의 분자량 분석을 통해 치료용 표적 후보 단백질을 알아낼 수 있다.

48. 밑줄의 내용과 일치하는 것은?

- ① 신경 세포의 모든 RNA는 단백질로 번역된다.
- ② 인간 간세포의 유전체 정보는 인간 간세포의 단백질체 정보의 일부이다.
- ③ 인간 간세포의 단백질체 정보는 생쥐 간세포의 단백질체 정보와 동일하다.
- ④ 암세포는 피부나 근육의 세포와 달리 정상 세포에서 분화한 것이 아니다.
- ⑤ 암세포의 단백질체 정보는 정상 세포의 단백질체 정보와 동일하지 않다.

49. 밑글에서 추론한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 세포의 분화 과정 동안 세포의 유전체 정보는 변화하지 않는다.
- ② 어떤 단백질에 트립신을 첨가한 후에 생성되는 펩타이드들의 아미노산 서열은 동일하다.
- ③ 인간의 신경 세포와 근육 세포의 기능이 서로 다른 이유는 단백질체 정보가 서로 다르기 때문이다.
- ④ 어떤 단백질의 아미노산 서열을 알면 트립신 처리 후 그 단백질에서 생성될 펩타이드들의 분자량을 예측할 수 있다.
- ⑤ 어떤 단백질에서 유래한 특정 펩타이드의 양이 정상 세포에서 보다 암세포에서 더 많다면 그 단백질은 발암 단백질의 후보이다.

50. ㉠~㉣에 대한 <보기>의 설명 중 적절한 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

㉠. 최초의 생명체가 DNA나 단백질은 가지고 있지 않고 RNA만 가지고 있었다면, ㉠의 설득력은 약화된다.
 ㉡. 양이 많아지면 덩어리를 이루어 오히려 기능이 비활성화되는 단백질이 있다면, ㉡의 설득력은 약화된다.
 ㉢. 트립신을 첨가한 서로 다른 단백질에서 같은 분자량을 지닌 펩타이드가 생성된다면, ㉢의 설득력은 강화된다.

- ① ㉠
- ② ㉢
- ③ ㉠, ㉡
- ④ ㉡, ㉢
- ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[51~53] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1965년 제미니 4호 우주선은 지구 주위를 도는 궤도에서 최초의 우주 랑데부를 시도했다. 궤도에 진입하여 중력만으로 운동 중이던 우주선은 같은 궤도상 전방에 있는 타이탄 로켓과 랑데부하기 위해 접근하고자 했다. 조종사는 속력을 높이기 위해 우주선을 목표물에 향하게 하고 후방 노즐을 통하여 일시적으로 연료를 분사하였다. 하지만 이 후방 분사를 반복할수록 목표물과의 거리는 점점 더 멀어졌고 연료만 소모하자 랑데부 시도를 포기했다.

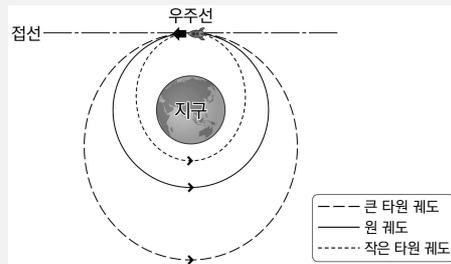
연료를 분사하면 우주선은 분사 방향의 반대쪽으로 추진력을 받는다. 이는 뉴턴의 제3법칙인 ‘두 물체가 서로에게 작용하는 힘은 항상 크기가 같고, 방향은 반대이다.’로 설명할 수 있다. 질량이 큰 바위를 밀면, 내가 바위를 미는 힘이 작용이고, 바위가 나를 반대 방향으로 미는 힘이 반작용이다. 똑같은 크기의 힘을 주고받았는데 내 몸만 움직이는 이유는 뉴턴의 제2법칙인 ‘같은 크기의 힘을 물체에 가했을 때, 물체의 질량과 가속도는 반비례한다.’로 설명할 수 있다. 연료를 연소해 기체를 분사하는 힘은 작용이고, 그 반대 방향으로 우주선에 작용하는 추진력은 반작용이다. 우주선에 비해 연료 기체의 질량은 작더라도 연료 기체를 고속 분사하면 우주선은 충분한 가속도를 얻는다.

지구 궤도를 도는 우주선은 우주에 자유롭게 떠 있는 것 같지만, 기체 분사에 의한 힘 외에 중력이 작용하고 있어서 그 영향을 고려해야 한다. 우주선은 지구의 중력을 받으며 원 또는 타원 궤도를 빠르게 돈다. 이때 궤도를 한 바퀴 도는 데 걸리는 시간인 주기는 궤도의 지름이 클수록 더 길다. 우주선은 속력과 관련된 운동 에너지(K)와 중력에 관련된 중력 위치 에너지(U)를 가진다.

$$K = \frac{1}{2}mv^2, \quad U = -\frac{GMm}{r}$$

G : 만유인력 상수, M : 지구의 질량, m : 우주선의 질량,
 r : 지구중심과 우주선의 거리, v : 우주선의 속력.

운동 에너지는 우주선 속력의 제곱에 비례한다. 우주선의 중력 위치 에너지는 우주선이 지구에서 무한대 거리에 있으면 0으로 정의되고, 지구에 가까워지면 그 값은 작아지므로 음수이다. 즉, 우주선이 지구에 가까울수록 중력 위치 에너지는 작아지고, 멀수록 중력 위치 에너지는 커진다. 운동 에너지와 중력 위치 에너지의 합인 역학적 에너지(E)는 $E = K + U$ 로 표현된다. 지구의 중력만 작용할 때, 궤도 운동하는 우주선의 역학적 에너지는 크기가 일정하게 보존된다. 역학적 에너지가 보존될 때, 궤도 운동하는 우주선이 지구 중심에서 멀어지면 속력이 느려지고 가까워지면 속력이 빠르게 된다. 또한 원 궤도에서 작용하는 중력의 크기가 클수록 속력이 빨라진다. 우주선의 궤도는 연료 분사로 속력을 조절해 <그림>과 같이 바뀔 수 있다. 우주선이 운동하는 방향을 전방, 반대 방향을 후방이라 하자. <그림>의 원 궤도에 있는 우주선이 궤도의 접선 방향으로 후방 분사하여 운동 에너지를 증가시키면, 그만큼 역학적 에너지도 증가하여 우주선은 기존의 원 궤도보다 지구로부터 더 멀리 도달할 수 있는 <그림>의 큰 타원 궤도로 진입한다. 하지만 전방 분사하면, 운동 에너지가 감소하고 <그림>의 작은 타원 궤도로 진입하여 우주선은 기존보다 지구에 더 가까워진다.



<그림> 우주선의 궤도와 접선

목표물과 우주선이 같은 원 궤도에서 같은 방향으로 운동할 때, 목표물이 전방에 있는 경우, 우주선이 후방 분사를 하면 궤도의 접선 방향으로 우주선의 속력이 빨라져서 큰 타원 궤도로 진입하게 된다. 따라서 분사가 끝나면, 속력이 주기적으로 변화하고 목표물과의 거리가 더 멀어진다. 반대로, 목표물이 후방에 있는 경우 전방 분사를 하면 <그림>의 작은 타원 궤도로 진입한 우주선의 속력은 원 궤도에서보다 더 느려진 진입 속력과 더 빨라진 최대 속력 사이에서 변화한다. 이때 목표물과의 거리는 더 멀어진다.

랑데부에 성공하려면 우주선을 우리의 직관과 반대로 조종해야 한다. 우주선과 목표물이 같은 원 궤도에서 같은 운동 방향일 때 목표물이 전방에 있다고 하자. 이때 우주선이 일시적으로 전방 분사하면 속력이 느려지고, 기존보다 더 작은 타원 궤도로 진입해서 목표물보다 더 빠른 속력으로 운동할 수 있다. 하지만 궤도가 달라서, 진입한 타원 궤도의 주기가 기존 원 궤도의 주기보다 더 짧다는 것을 이용하여 한 주기 혹은 여러 주기 후 같은 위치에서 만나도록 속력을 조절한다. 목표물보다 낮은 위치에서 충분히 가까워지면, 우주선이 접근하여 랑데부한다.

51. 밑글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 뉴턴의 제3법칙은 우주선 추진의 원리 중 하나이다.
- ② 원 궤도의 지름이 클수록 우주선의 속력이 더 빨라진다.
- ③ 타원 궤도 운동 중인 우주선은 역학적 에너지가 보존된다.
- ④ 우주선이 분사하는 연료 기체는 우주선보다 가속도가 크다.
- ⑤ 원 궤도에 있는 우주선이 속력을 늦추면 회전 주기가 짧아진다.

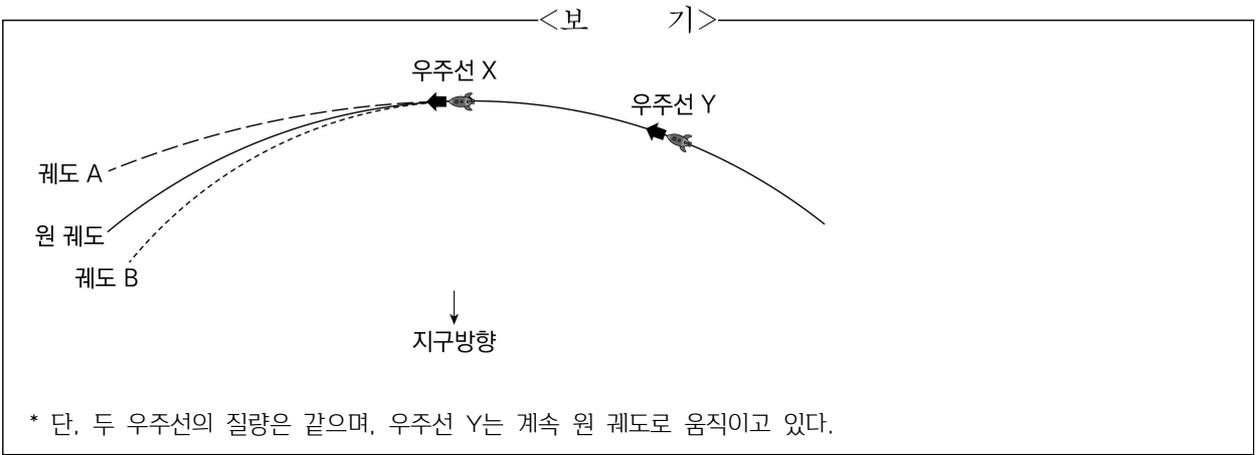
52. 밑글을 바탕으로 추론할 때, <보기>에서 적절한 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 제미니 4호가 원 궤도상에서 후방 분사를 한 경우라면, 후방 분사 이후의 궤도는 지구로부터 더 멀어질 수 있다.
 ㄴ. 타원 궤도에 있는 우주선의 운동 에너지 크기와 중력 위치 에너지 크기는 일정하게 유지된다.
 ㄷ. 원 궤도에 있는 우주선이 궤도의 접선 방향 분사로 역학적 에너지를 증가시키면, 진입한 궤도에서 우주선의 최대 중력 위치 에너지는 커진다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

53. 밑글을 바탕으로 <보기>를 이해할 때, 적절하지 않은 것은?



- ① 전방 분사한 우주선 X가 진입한 궤도에서 가지는 최대 운동 에너지는 우주선 Y보다 더 크다.
- ② 우주선 X는 궤도 A에서의 최소 중력 위치 에너지가 궤도 B에서의 최소 중력 위치 에너지보다 크다.
- ③ 후방 분사한 이후의 우주선 X의 중력 위치 에너지의 최솟값은 우주선 Y의 중력 위치 에너지와 같다.
- ④ 우주선 X가 궤도 A로 진입한 경우, 지구를 한 바퀴 도는 동안 우주선 Y와 같은 운동 에너지를 가지는 궤도상의 지점은 하나이다.
- ⑤ 우주선 X와 우주선 Y의 가능한 거리 중 최댓값은 우주선 X가 궤도 B로 진입한 경우가 궤도 A로 진입한 경우보다 작다.

[54~56] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

암세포의 대사 과정은 정상 세포와 다른 것으로 알려져 있다. 오토 바르부르크가 발표한 '바르부르크 효과'에 따르면 암세포는 '해당작용'을 주된 에너지 획득 기전으로 수행하고 또 다른 에너지 획득 방법인 '산화적 인산화'는 억제한다.

세포는 영양분으로 섭취한 큰 분자를 작은 분자로 쪼개는 과정을 통해 ATP를 생성하는데 이 과정을 '이화작용'이라고 한다. 또한 ATP와 같은 고에너지 분자의 에너지를 이용하여 세포의 성장과 분열을 위해 작은 분자로부터 단백질, 핵산과 같은 거대 분자를 합성하는 과정을 '동화작용'이라고 한다. 이화작용을 통해 ATP를 생산하기 위해 세포는 영양 물질을 내부로 수송하는데, 가장 대표적인 영양 물질인 포도당은 세포 내부로 이동하여 해당작용과 산화적 인산화를 통해 작은 분자로 분해된다. 이론적으로 포도당 1개가 가지고 있는 에너지가 전부 ATP로 전환될 경우 36개 또는 38개의 ATP가 만들어진다. 이 중 2개의 ATP는 세포질에서 일어나는 해당작용을 통해, 나머지는 미토콘드리아에서 대부분 산화적 인산화를 통해 만들어진다.

해당작용과 산화적 인산화는 수행되는 장소도 다르지만 요구 조건도 다르다. 해당작용에는 산소가 필요하지 않지만, 산화적 인산화에는 필수적이다. 세포 내부에 산소가 부족하면 산화적 인산화는 일어나지 못하고 해당작용만 진행되며, 이 경우에는 해당작용의 최종 산물인 피루브산이 젖산으로 바뀌는 젖산 발효가 일어난다. 심폐 기능에 비해 과격한 운동을 하였을 때 근육 세포에서 생성된 젖산이 근육에 축적된다. 젖산 발효 과정은 해당작용에 필요한 조효소 NAD⁺의 재생산을 위해 필수적이다. NAD⁺로부터 해당작용의 또 다른 생성물인 조효소 NADH가 생성되기 때문이다. 해당작용에서 포도당 1개가 2개의 피루브산으로 분해될 때 NADH가 2개 만들어지고, NADH 1개당 3개의 ATP를 산화적 인산화를 통해 만들 수 있는데, 젖산 발효를 하는 세포는 NADH를 에너지가 낮은 상태인 NAD⁺로 전환하는 손해를 감수한다.

바르부르크 효과는 산소가 있어도 해당작용을 산화적 인산화에 비해 선호하는 암세포 특이적 대사 과정인 '유산소 해당작용'을 뜻한다. 암세포가 더 빨리 분열하는 악성 암세포로 변하면 산화적 인산화에 대한 의존을 줄이고 해당작용에 대한 의존이 증가한다. 약물 처리 등으로 그 반대의 경우가 되면, 해당작용에 대한 의존이 줄고 산화적 인산화에 대한 의존이 증가한다. 유산소 해당작용을 수행하는 암세포는 포도당 1개당 ATP 2개만을 생산하는 효율이 떨어지는 해당작용에 에너지 생산을 대부분 의존하므로 정상 세포에 비해 포도당을 더 많이 세포 내부로 수송하고 젖산을 생산한다.

바르부르크 효과의 원인에 대해 다음 세 가지 설명이 있다. 첫 번째는 암세포의 빠른 성장 때문에 세포의 성장에 필요한 거대 분자를 동화작용을 통해 만들기 위해 해당작용의 중간 생성 물질을 동화작용의 재료로 사용하려고 해당작용에 집중한다는 것이다. 두 번째는 체내에서 암세포의 분열로 암 조직의 부피가 커져서 산소가 그 내부까지 충분히 공급되지 못하기 때문에 암세포가 산소가 없는 환경에 적응하도록 진화했다는 것이다. 세 번째는 미토콘드리아의 기능을 암세포가 억제하여 미토콘드리아에 의해 유발되는 세포 자살 프로그램의 실행을 방해함으로써 스스로의 사멸을 막으려 한다는 이론이다. 바르부르크는 이러한 암세포 특이적 대사과정의 변이를 발암의 원인으로 설명하였다. 그러나 최근의 연구에서는 발암 유전자의 활성화와 암 억제 유전자에 생기는 돌연변이가 주된 발암 원인이고, 바르부르크 효과는 암의 원인이라기보다는 그러한 돌연변이에 의한 결과로 발생하는 것으로 밝혀졌다.

54. 밑줄과 일치하는 것은?

- ① 해당작용의 산물 중 NADH는 미토콘드리아에서 ATP를 추가로 생산하는 데 사용되지 않는다.
- ② 해당과정 중 소비되는 NADH의 재생산은 해당작용의 지속적 수행에 필수적이다.
- ③ 심폐기능에 비해 과격한 운동을 하면 근육에서 젖산은 늘어나고 NAD⁺는 줄어든다.
- ④ 동화작용에서 거대 분자를 만들 때 해당작용의 중간 생성물이 사용된다.
- ⑤ 바르부르크 효과에 의해 암 억제 유전자의 돌연변이가 유발된다.

55. 밑글에서 추론한 것으로 적절하지 않은 것은?

- ① 미토콘드리아의 기능이 상실되면 NADH로부터 ATP를 만들지 못한다.
- ② 유산소 해당작용을 수행하는 암세포는 산소가 충분히 존재할 때에도 해당과정의 산물을 NAD⁺와 젖산으로 전환시킨다.
- ③ 포도당 1개가 가지고 있는 에너지가 전부 ATP로 전환될 때 미토콘드리아에서 34개 또는 36개의 ATP가 만들어진다.
- ④ 포도당 1개가 피루브산 2개로 분해되었고 이때 생성된 조효소의 에너지도 모두 미토콘드리아에서 ATP로 전환되었다면, 이 과정에서 생성된 ATP는 모두 8개이다.
- ⑤ 암세포의 유산소 해당작용 과정 중 포도당 1개당 생산되는 ATP의 개수는 정상세포의 산소가 있을 때 수행되는 해당작용의 과정 중 포도당 1개당 생산되는 NADH의 개수보다 많다.

56. 윗글과 <보기>를 바탕으로 한 설명으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

암을 진단하기 위해 사용되는 PET(양전자 방출 단층촬영)는 방사성 포도당 유도체를 이용하는 핵의학 검사법이다. 방사성 포도당 유도체는 포도당과 구조적으로 유사하여 암 조직과 같은 포도당의 흡수가 많은 신체 부위에 수송되어 축적되므로 단층 촬영을 통해 체내에서 양전자를 방출하는 방사성 포도당 유도체의 분포를 추적할 수 있다.

- ① 피루브산이 젖산으로 전환되는 양이 증가하면 방사성 포도당 유도체의 축적이 줄어든 것이다.
- ② 포도당이 피루브산으로 전환되는 양이 감소하면 방사성 포도당 유도체의 축적이 늘어날 것이다.
- ③ 세포 내부의 산소가 줄어들어도 동일한 양의 ATP를 생성하려면 방사성 포도당 유도체의 축적이 늘어날 것이다.
- ④ ATP의 생성을 해당작용에 좀 더 의존하도록 대사 과정의 변화가 일어난다면 방사성 포도당 유도체의 축적이 줄어든 것이다.
- ⑤ ATP의 생성을 산화적 인산화에 좀 더 의존하도록 대사 과정의 변화가 일어난다면 방사성 포도당 유도체의 축적이 늘어날 것이다.

7. A급 중요 문단 정리

Topic 1: 뇌의 좌우

일반적으로 뇌를 가진 동물들의 뇌의 좌반구는 오른쪽 몸을, 우반구는 왼쪽 몸을 담당한다. 좌우 신체가 대칭적으로 되어 있다면 뇌의 좌우 반구에도 특정한 역할을 하는 부위가 대칭적으로 분포하게 된다. 가령, 오른팔과 오른 다리의 감각과 운동은 좌반구가 담당하고, 왼팔과 왼 다리의 감각과 운동은 우반구가 담당한다. 눈의 경우에는 각 눈의 왼쪽 시야와 오른쪽 시야가 분할되어 있다. 그래서 왼쪽 시야에 있는 물체는 양쪽 눈의 망막 오른쪽에 상이 맺혀 그 상이 오른쪽 반구의 시각 피질로 전달되고, 오른쪽 시야에 있는 물체는 양쪽 눈의 망막 왼쪽에 상이 맺혀 그 상이 왼쪽 반구의 시각 피질로 전달된다. 그런 점에서 좌우 반구는 기능적으로도 대칭을 이루는 것으로 보인다.

Topic 2: 뇌의 편측화

인간의 언어 능력과 논리적 사고는 좌반구에서 담당하고, 공간, 구조, 배열의 파악은 우반구에서 담당한다. 이렇게 뇌의 좌우 반구가 기능적으로 대칭적이지 않은 것을 편측화라고 하며 이는 다른 동물과 달리 인간에게 나타나는 독특한 현상이라고 할 수 있다. 인간의 뇌에서 기능적 전문화가 이루어지게 된 것은 좌우 반구를 가로질러 정보가 전달되는 데 시간이 걸리기 때문이다. 말을 듣고 이해하고 논리적으로 말을 하는 것을 모두 같은 반구에서 처리하게 됨으로써 효율적인 대응이 가능하다는 점이 편측화의 이유로 여겨진다.

Topic 3: 분리 뇌

분리 뇌 소유자는 발작을 방지하기 위하여 좌우 반구의 피질을 연결하는 부위인 뇌량을 절단하는 처치를 받은 사람이다. 정교하게 설계된 실험을 통하여 분리 뇌 소유자는 정상적인 뇌를 가진 사람과는 다른 방식으로 뇌가 작동된다는 것이 알려지게 되었다.

Topic 4: 갑상샘과 기초대사량

기초 대사량의 조절은 주로 갑상샘이 담당하는데, 갑상샘 기능에 이상이 있는 경우에는 기초 대사량이 지나치게 커지거나 작아져 이상 증상을 유발한다. 갑상샘 항진증은 기초 대사량이 커져서, 갑상샘 저하증은 기초 대사량이 작아져서 문제가 생기는 병이다.

Topic 5: 열량 계산

사람은 대사량을 충족하기 위해 음식 속의 영양소를 산화하여 필요한 에너지를 얻는다. 두뇌 활동이나 신체 활동에 가장 많이 사용되는 영양소인 포도당(C₆H₁₂O₆) 1몰이 완전히 산화하면 이산화 탄소 6몰과 물 6몰이 생성되고, 686kcal의 에너지를 방출한다. 이러한 산화가 일어나기 위해서는 400°C 이상의 열이 필요하기 때문에 인체 내에서 일어나기는 어렵다. 체내에서는 효소가 촉매 역할을 하여 반응이 일어나며, 포도당 1몰이 완전히 반응했을 때에는 이산화 탄소 6몰, 물 12몰과 ATP 38몰이 생성된다. ATP는 아데노신에 인산기가 3개 달린 화합물인데 끝부분의 인산기가 떨어져 나갈 때 1몰당 7.3kcal의 에너지를 방출한다. 반응 과정에서 생성된 물이나 이산화 탄소는 신체 외부로 직접 배출될 수 있지만, 과다 섭취한 영양소는 몸에 새로운 조직을 형성하는 데 사용된다. 대부분의 과다 영양소는 체내에 지방으로 축적되어 체중을 증가시킨다. 반대로 영양 섭취가 부족하면 먼저 지방을 소모하고, 지방이 고갈되면 단백질을 소모한다.

Topic 6: 맵리듀스

맵리듀스는 여러 대의 서버가 연결되어 하나의 시스템처럼 작동하는 컴퓨터 클러스터 환경에서 대용량의 데이터를 병렬 처리하기 위해 만들어진 프로그램 기술이다. 대용량의 데이터를 빠르게 처리하기 위해서는 데이터를 병렬적으로 처리하는 것이 효과적이다. 데이터를 일정한 블록 단위로 쪼개 여러 개의 서버에 분산한 후 병렬적으로 처리하면 데이터 처리 시간을 크게 줄일 수 있기 때문이다.

Topic 7: 맵리듀스의 과정

맵리듀스는 이렇게 분산된 데이터를 각 서버에서 처리하는 매핑과, 이 작업의 결과를 다시 몇 개의 리듀스 태스크로 취합하여 처리하는 리듀싱의 과정을 기반으로 구성된다. 맵리듀스의 이 과정을 더 자세히 살펴보면 분할, 매핑, 셔플링, 리듀싱 등 네 개의 과정으로 나눌 수 있다.

입력된 데이터는 일정한 크기로 나누어져 각 서버에 배포되는데 이 과정을 '분할'이라고 한다.
 이후 분할된 데이터를 <키, 값>의 형태를 띤 레코드로 생성하는 '매핑'이 진행된다.
 이렇게 만들어진 레코드는 '셔플링' 작업을 거치게 된다.
 과정이 모두 끝나면 취합한 정보를 처리하는 '리듀싱'이 진행된다.

Topic 8: 우주선의 문제

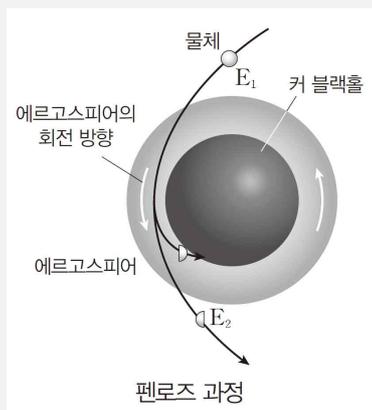
우주선의 속도의 크기를 크게 하기 위해서는 많은 추진체가 필요한데, 이는 우주선의 무게를 무겁게 하여 또 다른 문제를 야기한다.

Topic 9: 스윙바이 항법

공전하는 행성 근처를 지나가면서 속도를 변화시키는 방법으로, '스윙바이', '슬링샷', '중력 도움' 등으로 불린다. 수백 kg 이상의 장비를 지닌 우주선을 로켓 추진만으로 토성 또는 그보다 멀리 있는 천체에 보내는 것은 매우 어렵다. 그렇기에 행성에 접근해 지나가는 스윙바이 항법을 사용한다면 우주선은 태양의 중력을 완전히 벗어나고도 남은 만큼의 속력을 추가로 얻을 수 있다.
 행성의 중력을 이용하는 스윙바이 항법을 시행할 때 우주선은 행성에 다가갔다 멀어지는 과정을 거친다. 행성의 중력은 우주선이 방향 전환을 하는 데 특히 유용하다. 행성의 중력에 이끌린 우주선이 행성 주위를 감아 돌고 빠져나오면서 적절한 방향으로 전환할 수 있기 때문이다. 한편 우주선이 스윙바이 항법을 통해 어떻게 속력을 높이거나 줄일 수 있는지를 이해하는 데는 행성이 태양 주위를 공전한다는 사실이 중요하다. 비록 '스윙바이 항법'이라는 용어에는 행성의 공전이라는 내용이 겉으로 드러나 있지 않지만, 스윙바이 항법으로 우주선의 속력을 높이거나 줄이는 데 행성의 공전 궤도가 중요하기 때문이다.

Topic 10: 펜로즈 과정

영화 '인터스텔라'에서 남자 주인공 쿠퍼는 연료를 다 소모한 우주선과 함께 블랙홀로 뛰어든다. 여자 주인공인 브랜드가 타고 있는 부분은 쿠퍼가 탄 부분으로부터 분리되었기 때문에 펜로즈 과정에 의해 에너지를 얻어 블랙홀을 탈출할 수 있었다. 이때 펜로즈 과정이란 무엇일까?
 커 블랙홀은 질량을 가진 어떤 물체가 안에 들어오면 회전하지 않을 수 없는 영역인 에르고스피어를 갖고 있다. 이 회전력에 착안하여 펜로즈는 에르고스피어에 티의 초기 에너지를 갖고 들어온 물체가 둘로 갈라지는 상황을 설정했다. 블랙홀로 떨어져 버린 한 조각이 에르고스피어의 회전력을 감소시킨 만큼, 다른 한 조각이 그 회전력을 얻어 E2의 에너지를 갖고 블랙홀로부터 탈출할 수 있다는 것이다. 이렇게 E2가 티보다 큰 에너지를 가질 수 있게 되어 커 블랙홀에서 탈출하는 과정이 펜로즈 과정이다.



8. B, C급 지문 토픽 정리

1. 빅데이터

한마디로 표현하면 다음과 같다. 매력적이지만 뻔하다. 많은 모의고사에서 자주 다루고 있기 때문이다. 작년도 그랬지만, 빅데이터는 EBS에서 많이 다루고 있었지만 확실하게 출제된 적은 없다.

빅데이터

빅 데이터란 기존의 데이터베이스에서는 처리할 수 없을 정도로 대용량인 데이터를 말한다. 대용량의 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 새로운 데이터 처리 기술이 필요하다.

데이터 트랜잭션

데이터에 결함이나 흠이 없는 '무결성'이 보장되어야 하는데, 이때 활용되는 것이 바로 트랜잭션이다. 트랜잭션은 특정한 데이터 처리 업무를 수행하기 위해 필요한 작업들을 모아 놓은 논리적인 집합으로, 시스템 제어 및 장애나 오류 복구에 활용된다.

맵리듀스(중복)

맵리듀스는 여러 대의 서버가 연결되어 하나의 시스템처럼 작동하는 컴퓨터 클러스터 환경에서 대용량의 데이터를 병렬 처리하기 위해 만들어진 프로그램 기술이다. 대용량의 데이터를 빠르게 처리하기 위해서는 데이터를 병렬적으로 처리하는 것이 효과적이다. 데이터를 일정한 블록 단위로 쪼개 여러 개의 서버에 분산한 후 병렬적으로 처리하면 데이터 처리 시간을 크게 줄일 수 있기 때문이다.

데이터 마이닝

우리는 매일 엄청난 양의 데이터가 생산·수집되는 세상에 살고 있으며, 이 데이터에서 가치 있는 정보를 발견하고 이를 체계적인 지식으로 변환하기 위해 데이터를 분석하는 것이 매우 중요해졌다. 바위나 모래에서 금을 채굴하듯이 데이터에 내포된 지식을 채굴하는 것을 '데이터 마이닝(Data Mining)'이라고 하는데, 이를 위해서 다양한 분석 도구가 필요하게 되었다. 데이터 마이닝은 대용량 데이터로부터 유용한 패턴이나 관계를 발견하는 과정으로, 일반적으로 데이터 마이닝 패턴들은 요구 사항과 문제의 성격에 따라 예측, 연관, 군집으로 구분한다. 데이터 마이닝은 데이터 집합에 존재하는 속성들 간의 패턴을 확인하는 모형을 만드는데, 이때 모형은 속성들 간에 존재하는 관계를 밝히는 수리적 표현을 이른다.

군집 분석

군집 분석은 범주에 관한 정보가 주어지지 않으므로 객체들 사이의 유사성에만 의존하여 비슷한 객체들끼리 군집화하는 방법이다. 군집화(Clustering)는 데이터 분석에서 물리적 혹은 추상적 객체들을 서로 비슷한 객체끼리 군집을 형성하여 그룹화하는 것이다. 군집은 같은 군집 내의 객체들과는 유사하고, 다른 군집의 객체들과는 상이한 객체들의 집합이다. 또한 군집은 여러 응용에서 집합적으로 하나의 그룹으로 여겨지거나 객체들의 요약으로 간주되기도 한다. 군집은 대규모 데이터 집합을 유사성에 따라서 그룹들로 분할한 것이기 때문에 데이터 분할이라고도 한다. 이때 유사성 정도는 대상을 정의하는 속성값을 통해 계산하는데, 주로 거리가 가까운 객체들끼리 묶는 거리 측정법을 사용한다. 이러한 군집분석은 데이터의 분포에 대한 지식을 얻고, 각각의 군집의 특징을 관찰하거나, 추가적인 분석을 위해 특정 군집 집합에 초점을 맞추기 위한 도구로 사용된다.

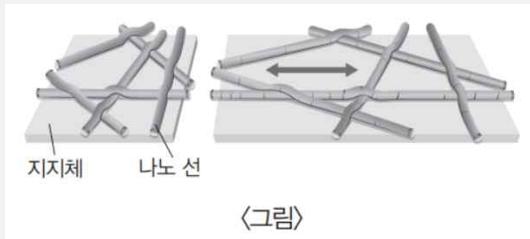
2. 피부와 센서

의외로 어렵게 나올 수 있는 지문이다. 피부의 경우, 여러 가지 신경 세포가 있으며, 그 부분에서 기술적으로 물어볼 수도 있다. 나올 확률은 적다고 생각되며, 출제될 경우에도 연계의 효과를 보기 힘들 것이다. 비슷한 형태는 엔진이다. 연계의 목표가 '편안함'이지만, 첫 문단에서만 매우 희미하게 연계될 확률이 높다고 생각하기 때문에 그러한 목표를 이루지 못할 것이라 판단하였다. 물론, 기술적 색채를 지닌 '생물학/의학'적인 지문이라는 점에서 매력적이기는 하지만, 9월 평가원 시험에서 생물 지문이 나온 점에서 다소 애매한 부분이다.

관련 지문에서 가장 나올 수 있는 부분만 한번 읽어보자.

빅 데이터, 사물 인터넷, 드론, 인공 지능 로봇으로 대변되는 4차 산업 혁명은 18세기 초 산업 혁명 이후 가장 큰 기술 혁신을 이끈다. 하지만 아무리 좋은 소프트웨어 기술이 있어도 외부 환경으로부터 수집한 정보가 제한되거나 부정확하다면 올바른 역할 수행을 기대하기 어렵다. 이런 상황에서 중요한 화두로 떠오르고 있는 것이 센서 기술이다. 센서는 어떤 사물 주변의 상태나 환경의 변화를 감지한 후, 이를 전기적인 신호로 바꿔 주는 장치를 말한다. 센서 기술에 대한 중요성과 필요성이 높아지면서 자연스럽게 외부 환경의 정보를 정밀하게 감지하여 정보를 처리하는 인간의 감각 기관을 모사하고자 하는 다양한 시도가 이루어지고 있다.

센서는 인간의 오감을 대신하여 대상의 물리량을 계측해 주는 장치이며, 인장 센서는 신체의 피부가 늘어나고 줄어드는 정도를 측정해 주는 기기이다. 이때 그 신축의 정도는 전기 저항의 변화나 전기 용량의 변화를 통해 측정할 수 있는데, 먼저 전기 저항의 변화를 감지하는 '전기 저항형 인장 센서'에 대해 알아보자. <그림>에서 보듯 전기 저항형 인장 센서는 투명 고무처럼 신축성이 있는 지지체에 여러 개의 나노 선이 그물 모양으로 붙어있다. 나노 선들은 전도체이고 지지체는 부도체이기 때문에, 전압을 가하면 전류가 나노 선들을 통해 흐르게 되고 이때의 저항값을 측정할 수 있다. 만약 신체에 부착된 지지체가 특정 방향으로 늘어나면 나노 선들에 균열이 발생하게 되어 저항이 커지고, 지지체의 길이가 다시 줄어들면 균열들의 틈새가 줄어들면서 저항은 다시 작아지게 되는데, 이 저항값의 변화를 측정함으로써 신축의 정도를 파악하는 것이 전기 저항형 인장 센서이다.

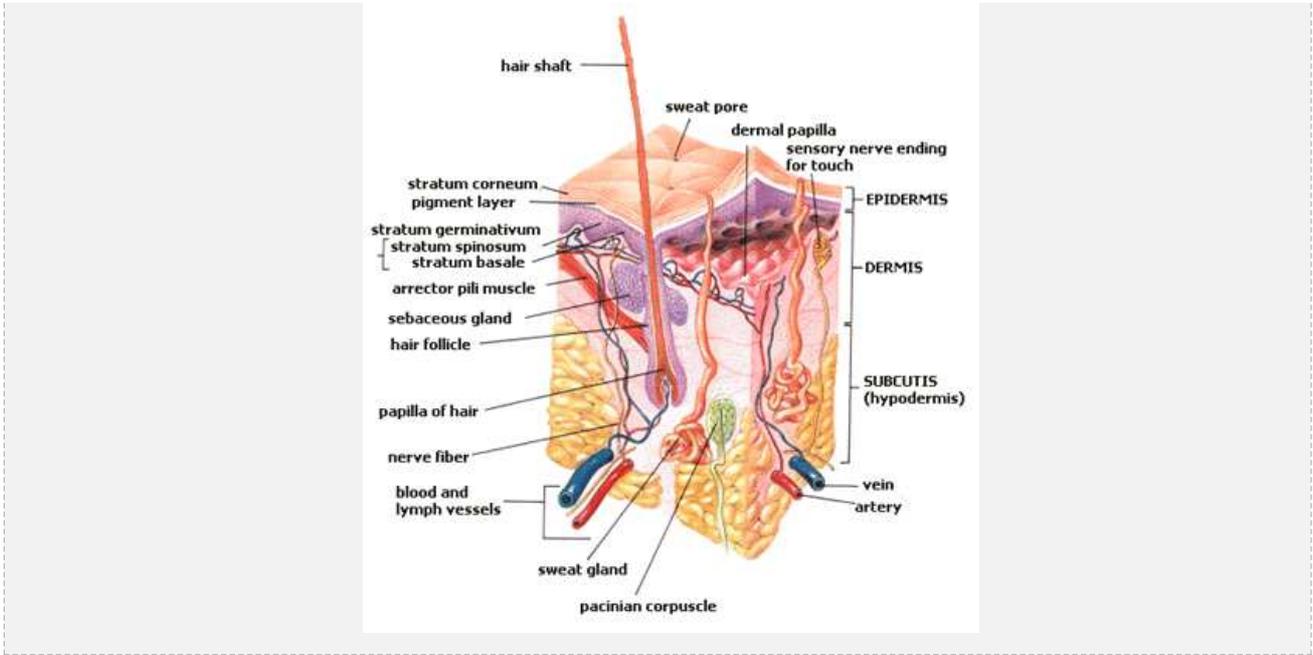


어떤 자극에 대한 반응을 측정하는 것이 센서의 기본 기능이므로, 자극 크기 대비 반응의 정도인 '감도'는 센서의 성능을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 인장 센서에서는 변형 정도에 따른 전기적 신호 변화가 감도에 해당한다. 전기 저항형 인장 센서의 경우, 센서에 외력이 가해져서 최초 길이 L_0 인 센서가 ΔL 만큼 길이가 늘어난다고 할 때 외부 자극에 의한 변형 정도는 길이 변화율인 $\Delta L/L_0$ 이다. 또 최초 R_0 이었던 저항값이 특정한 인장 정도에 대해서 ΔR 만큼 변했다면 저항 변화율은 $\Delta R/R_0$ 이 된다. 따라서 전기 저항형 인장 센서의 감도는 저항 변화율을 길이 변화율로 나눔으로써 구할 수 있다.

감도 외에도 센서의 성능을 평가하는 중요한 요소로는 '선형성', '응답 속도', '내구성' 등을 꼽을 수 있다. 특정 힘이 가해졌을 때 센서의 반응이 그에 상응하는 특정한 값을 가져야 감지하는 데 용이하기 때문에 길이 변화에 대해서 측정되는 값의 변화가 정비례하는 것이 유리하다. 이렇게 정비례하는 직선으로 결과가 나타나는 정도를 센서의 선형성이라고 한다. 일반적으로 응답 속도는 센서에 외압이 가해졌을 때 이에 상응하는 정상 상태 값의 90%에 도달하는 데 걸리는 시간으로 정의되며, 이 값은 작을수록 좋다. 또 내구성은 얼마나 오랜 반복적 신축 이후까지도 센서가 최초 신축 시 나타냈던 신호 값의 변화를 반복적으로 재현하는가를 가리킨다.

인간의 감각 기관은 매우 뛰어난 센서라 할 수 있는데, 그중 피부는 환경의 미묘한 변화까지 감지하여 정보를 처리하는 우수한 센서라 할 수 있다. 우리 몸의 가장 큰 감각 기관인 피부는 온몸을 덮고 있으며 접촉을 통해 외부 자극을 감지하여 다양한 정보를 뇌로 보낸다. 인간의 피부에 존재하는 감각 세포들은 다양한 외부 신호를 받아들여 감각 신호를 일으킴으로써 아주 미세한 별레의 움직임이나, 표면의 거친 정도와 단단한 정도 등을 감지할 수 있도록 해 준다. 피부를 표면에서 수직으로 똑바로 잘라 현미경으로 보면 상피조직인 표피와 결합 조직인 진피 그리고 피하 지방층으로 이루어진 피부 조직의 단면을 관찰할 수 있다. 피부의 90% 이상을 차지하고 있는 진피는 실질적인 피부라 할 수 있는데, 표피와 피하 지방층 사이에 위치하며 표피 두께의 10배~40배 정도이다.

인간의 피부는 외부의 자극을 감지하는 다양한 수용기와, 수용기들을 감싸고 있는 진피의 점탄성이 조합되어 외부 환경의 정보를 측정하는 최적의 감지 능력을 보여 준다는 점에서 현재 개발된 그 어떤 센서보다도 우수하다고 할 수 있다. 이 때문에 인간의 감각 기관을 모방한 센서를 개발하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.



3. 열역학

열역학을 출제하기에는 다소 애매한 부분이 있다. 화학1/물리1 과목에서 다루기 때문이다. 그렇기 때문에 출제하더라도 다소 먼 내용을 출제할 확률이 높다. 그렇지만 연계되는 부분은 한정적일 것이므로, EBS에서 다룬 개념을 한번 확인해 보자.

열용량

서로 다른 물질로 이루어진 두 개의 물체는 같은 온도라도 두 물체가 가지는 열량, 즉 에너지의 양은 서로 다르다. 왜냐하면 두 물체의 열용량이 다르기 때문이다.

열용량은 물질이 에너지를 보유할 수 있는 능력을 나타내는 물질의 성질로서 어떤 물질 1몰의 열용량은 물질마다 그 값이 다르다. 어떤 물질 1몰에 열량 Q가 전달되어 물질의 온도 변화 ΔT 가 발생했을 때, 그 물질의 몰 열용량은 Q를 ΔT 로 나눈 값으로 정의된다. 이로부터 어떤 물질에 열이 가해졌을 때, 그 물질의 온도 변화는 몰 열용량에 반비례한다는 것을 알 수 있다.

비열

과학자들에게 물은 가장 익숙한 물질이었기 때문에 어떤 물질의 온도를 올릴 때 필요한 열량을 같은 양의 물을 같은 온도로 올리는 데 필요한 열량과 비교하여 나타내었다. 그래서 비열(specific heat)이란 용어가 사용되기 시작하였다.

볼츠만의 엔트로피

볼츠만은 어떤 물리적 계의 엔트로피를 그 계가 처해 있는 '거시 상태'가 취할 수 있는 '미시 상태'의 수에 상응하는 값으로 정의하여, 미시 상태의 수가 많은 거시 상태일수록 엔트로피가 크다고 하였다. 이를 바탕으로 볼츠만은 계의 엔트로피가 커지는 것을 미시 상태의 수가 적은 거시 상태에서 미시 상태의 수가 많은 거시 상태로 옮겨 가는 것과 동일시했다.

이베이 Essential 2주차, 과학기술 정답

번호	정답								
1	2	12	2	23	3	34	5	45	4
2	1	13	1	24	4	35	2	46	3
3	2	14	2	25	2	36	1	47	2
4	4	15	1	26	3	37	1	48	5
5	4	16	1	27	2	38	2	49	2
6	5	17	3	28	3	39	5	50	3
7	3	18	3	29	4	40	4	51	2
8	5	19	4	30	5	41	3	52	3
9	4	20	5	31	2	42	4	53	4
10	3	21	2	32	5	43	1	54	4
11	5	22	4	33	1	44	4	55	5
								56	3