

※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하십시오.

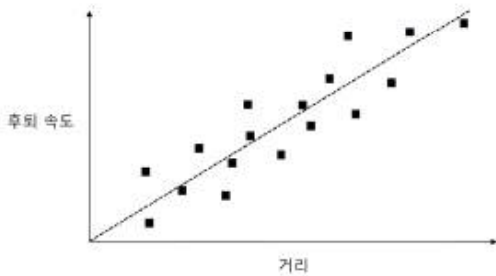
[가] 2018년 10월 국제천문연맹은 우주 팽창에 관한 발견을 바르게 기억하고 인정하기 위해, 오늘날 널리 사용되는 과학용어 “허블 법칙”을 “허블-르메트르 법칙”으로 고쳐 부르기로 하였다. 이는 실제로 조르주 르메트르가 에드윈 허블보다 2년 먼저 우주 팽창의 증거를 발견하고 논문으로 출판하여 오늘날 정설로 받아들여지고 있는 ‘빅뱅(대폭발) 이론’의 기초를 제공했기 때문이다. [그림1]은 허블-르메트르 법칙을 보여준다. 이 법칙에 등장하는 허블 상수는 현재 시점에서 비교적 가까운 우주 어디를 보든지 비슷한 값(약 70 km/s/Mpc)으로 측정된다는 점을 고려해서 상수라고 불린다.

[나] 지표에서 수직으로 총을 쏘았을 때 위로 올라가는 총알의 속도는 시간에 따라 점차 감소한다. 이때 빅뱅(대폭발) 시점은 총을 쏜 순간에, 후퇴하는 은하의 총알에, 그리고 우주의 물질 밀도는 지구 중력의 효과에 비유할 수 있다.

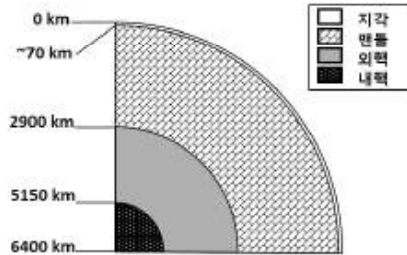
[다] 지구를 포함한 태양계의 행성들은 원시 태양 주변의 가스와 먼지가 응축되면서 만들어진 수많은 미행성체들과 이들의 충돌 과정 속에 탄생하였다. 지구 형성 초기의 원시 지구는 현재와 비교할 때 많이 달랐는데, 약 수억 년에 걸쳐 일어난 큰 변화에 의해 생명체가 살 수 있는 지표 환경을 갖추게 되었다. 이러한 큰 변화의 대표적인 사례로, 원시 지구에서는 마그마의 바다가 형성되어 철과 니켈 등 무거운 성분이 가라앉아 핵을 형성했고, 이후 지구가 지구보다 작은 다른 천체와 대규모로 충돌하면서 지구는 지금과 같은 크기가 되었고 달이 만들어졌다.

[라] 지구는 [그림2]와 같이 지구 중심에서 지표 방향으로 나아가며 고체 상태의 내핵, 액체 상태의 외핵, 암석질의 맨틀, 가장 겉껍질인 지각으로 구성되어 있다. 달은 지구의 유일한 위성으로, 달의 반지름은 지구 반지름의 약 25%에 달한다. 달의 내부 구조도 지구와 마찬가지로 핵과 맨틀, 그리고 지각으로 이어지는 층상 구조를 보인다. 하지만 달의 핵은 지구와는 달리 내핵과 외핵의 구분이 없으며 모두 고체 상태이다.

[마] 토양은 소중한 지구의 자원으로, 암석이 풍화와 침식을 받으면서 형성되는데 암석의 풍화물 외에도 물과 약간의 유기물, 그리고 공극을 포함하고 있다. 따라서 토양은 생물권과 무생물권의 연결고리이자 지구계의 축소판이라고 할 수 있다. 달의 표면도 “달의 토양”으로 덮여 있다.



[그림1] 허블-르메트르 법칙



[그림2] 지구의 내부 구조

1. 머리털자리 은하단은 '우리은하'로부터 약 100 Mpc 거리에 있다. 이 은하단 중심에 있는 은하 NGC 4874의 우주 팽창에 의한 후퇴 속도는 얼마인지 계산하십시오. 허블-르메트르 법칙에 따를 때 '우리은하'와 NGC 4874 사이의 거리가 0 이었던 시점부터 지금까지 흐른 시간, T(단위: 년)는 얼마였을지 산출하고, 왜 허블 상수의 존재가 우주에 시작이 있었다는 것을 의미하는지 논하십시오. (참고: $1 \text{ Mpc} = 3 \times 10^{22} \text{ m}$, $1 \text{ 년} = 3 \times 10^7 \text{ s}$) [10점]
2. 우주에 별, 행성, 은하 등 질량을 가진 천체가 많이 존재한다는 사실을 고려할 때 허블 상수가 먼 과거, 예를 들어 우주의 나이가 지금의 1/10 이었을 때에 같은 값이었을지 논하십시오. 단, 암흑 에너지의 효과는 무시할 만한 수준이라고 가정한다. 이 경우 산출되는 우주의 나이와 [문제1]에서 구한 T 중에 어느 것이 더 큰지 논하십시오. [10점]
3. 행성이나 위성에서 자기장의 형성이 금속질의 핵이 특정 상태일 때, 그리고 핵의 반지름이 차지하는 비율이 행성이나 위성 반지름의 약 30% 이상일 때 가능한 것으로 가정하자. 이때 지구와 달에서 핵의 반지름이 차지하는 비율을 근거로 자기장의 형성 유무를 비교하고, 제시문의 내용을 근거로 그러한 비율로 지구와 달의 핵이 형성된 과정을 유추하십시오. 단, 달의 전체 평균 밀도는 4.5 g/cm^3 , 달을 구성하는 맨틀의 평균 밀도는 4.4 g/cm^3 , 핵의 평균 밀도는 11 g/cm^3 으로 가정한다. 또한 달 지각의 밀도는 맨틀과 같다고 가정하고, 깊이에 따른 온도와 밀도 변화는 고려하지 않는다. (참고: $\sqrt[3]{2} \approx 1.3$, $\sqrt[3]{3} \approx 1.4$, $\sqrt[3]{5} \approx 1.7$, $\sqrt[3]{11} \approx 2.2$) [12점]
4. 지구와 달의 지표에서 일어나는 풍화 작용의 차이를 설명하고, 이에 따른 토양의 차이점에 대해 논하십시오. [8점]

