

태양계에 대한 학생들의 개념

분류: 고등학교 1학년, 지구과학

1. 태양계에 관한 개념 검사 문항의 예

1. 다음 보기 안에 있는 행성들에 대해 아래 특성들의 순으로 나열해보세요.
【보기】 목성, 수성, 지구, 천왕성, 금성, 토성, 화성
가장 큰 것<----->가장 작은 것
가장 온도가 높은 것<----->가장 온도가 낮은 것
왜 위와 같이 생각했는지 적어봅시다. _____ _____
-

2. 태양계에 대한 오개념

과학적 개념	오개념
<ul style="list-style-type: none">행성의 표면 온도는 태양에서 오는 에너지와 행성의 반사도, 행성의 대기 등 여러 요인이 복합적으로 작용하여 결정된다.태양계의 행성의 크기는 태양과의 거리에 따라 일률적으로 커지거나 작아지는 것은 아니다.	<ul style="list-style-type: none">행성 표면의 온도는 태양에서 가까울수록 높다.태양계 행성은 태양에서 멀어질수록 커진다.

3. 오개념 유형 및 원인

오개념 유형	원인 분석
<ul style="list-style-type: none"> • 행성 표면의 온도는 태양에서 가까울수록 높다. • 태양계 행성은 태양에서 멀어질수록 커진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 행성의 온도는 태양으로부터 받는 온도뿐 아니라 그 행성의 반사도와 행성 대기 등의 영향을 받음에도 불구하고 많은 학생들은 행성의 온도가 태양에 가까울수록 높다고 생각한다. 그러나, 대기가 없는 수성이 낮에는 400℃까지 올라가다가 밤에는 -100℃까지 떨어지는 반면, 금성은 온실효과로 인해 온도가 500℃에 달한다. 이것만 보아도 온도가 태양과의 거리만으로 결정되는 것은 아니라는 것을 알 수 있다. 그러나 태양에 가까울수록 온도가 높다는 것이 완전한 오개념이라고만은 할 수 없다. 단지 거리 이외의 다른 요소에 대해 고려가 부족할 뿐이다. • 지구형 행성과 목성형 행성을 강조해서 학습할 경우 태양과 가까울수록 무조건 행성의 크기는 작다고 생각할 수 있다.

4. 논의

1) 과학적 개념 설명

태양계에는 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성의 8개 행성과 케레스, 명왕성, 2003 UB313이라는 3개의 왜소행성이 있다. 행성과 왜소행성은 모두 태양주위를 공전하며, 스스로 구형을 유지한다는 특징이 있지만 행성에는 주위에 끌어당길 수 있는 천체가 없다는 점에서 행성은 왜소행성과 구분될 수 있다.

앞서 밝혔듯, 태양계에는 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성이라는 8개의 행성이 있다. 이 행성들은 모두 태양의 빛을 반사해서 빛을 낸다. 그리고 이 행성들의 주 에너지원은 태양이다. 따라서 행성의 온도에 중요한 영향을 주는 것은 태양일 것이나 행성의 온도가 태양과 멀수록 낮아지는 것은, 즉 태양과의 거리의 자승과 반비례관계를 갖는 것은 아니다. 이제 그 이유 중 하나인 대기의 효과에 대해 살펴보자.

일반적으로 대기를 가지고 있는 행성의 경우, 행성의 대기가 마치 온실의 유리창과 같은 역할을 하여 행성의 대기 안의 온도를 올리게 된다. 이를 대기효과 혹은 온실 효과라 한다. 그림 1은 이러한 대기 효과를 잘 보여주고 있다. 대기가 없을 때에는 태양에서 오는 광속(flux: 단위면적당 단위시간당 에너지 량)이 그대로 지표에 도달하고 모두 흡수된다. 그러면 지표면은 적외선의 형태로 받은 만큼의 에너지를 다시 바깥으로 보낸다. 이를 에너지 평형 혹은 열평형이라 한다.

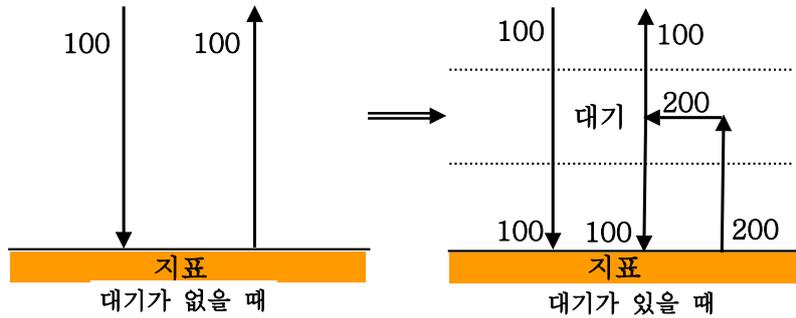


그림 1 대기(온실) 효과

이를 그림 2를 이용하여 수식으로 나타내 보면

$$\frac{L_{\odot}}{4\pi r^2} \pi R_{\oplus}^2 = 4\pi R_{\oplus}^2 \sigma T_{\oplus}^4 \quad (\text{식 1})$$

이다. 따라서, $\sigma T_{\oplus}^4 = \frac{L_{\odot}}{16\pi r^2}$ 이 된다. 이 값이 지표면에서 장파장의 형태로 지표면 바깥으로 복사되는 량이다. 이 량은 또한 태양의 광속을, πR_{\oplus}^2 으로 받는데 지표면 전체는 $4\pi R_{\oplus}^2$ 이므로 지표면이 태양의 광속을 받는 평균량이다. 태양 상수는 $\frac{L_{\odot}}{4\pi r^2} = 1,360.7 \text{ W/m}^2$ 이므로 이 량은 340.2 W/m^2 이 된다. 그림 1에서는 이 량을 100이라 놓았다. 따라서 대기가 없을 때에는 즉 달에서는 평균온도가 (1)의 식을 이용하여 $278.3\text{K}(=5.3^{\circ}\text{C})$ 에 해당한다. 물론 달은 매우 천천히 자전하기에 태양을 대하는 면과 반대면의 온도 차는 아주 극심하다. 태양을 바로 면한 면은 평균 온도 보다 훨씬 높은 $393.6\text{K}(120.6^{\circ}\text{C})$ 에 해당한다. 그러나 그 반대 면은 거의 온도가 -100°C 이하이다. 그러나 지구의 경우에는 빨리 자전하기에 온도의 차가 많이 크지 않고 거의 평균온도에 가깝다.

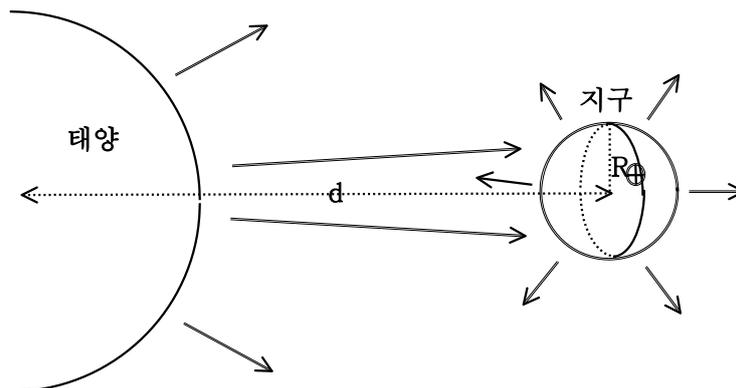


그림 2 행성의 온도 결정

그런데 만약 지구 대기가 그림 3-1의 오른쪽 그림과 같이 완전한 온실효과를 나타낸다면 지구의 온도는 $331 \text{ K}(58^{\circ}\text{C})$ 가 될 것이다. 그러나 지구의 온도가 이만큼 높지는 않다. 이만큼 온도가 높으려면 지구의 대기가 거의 온실기체로 가득 차 있어야 할 것이다. 온실기체란 온실효과를 일으키는 대기 중의 기체를 말한다. H_2O , CO_2 , CH_4 등이 이러한 기체이다.

이러한 기체가 대기 중에 많으면 온실효과를 크게 일으킨다. 일반적으로 이러한 기체는 지표면에서 오는 장파장의 전자기파를 잘 흡수하고 다시 장파장의 전자기파를 잘 방출한다. 그리고 이렇게 발생한 장파장의 전자기파 에너지가 다시 지표에 흡수된다. 그림 3-1의 오른쪽 그림 대신에 그림 3-3이 지구의 온실효과를 잘 나타내 주고 있다. 대기가 거의 30%의 태양빛을 반사하고, 67 W/m^2 는 대기에 흡수되며, 나머지인 168 W/m^2 만 지표에 흡수된다. 온실효과에 의해서 지표면에서는 492 W/m^2 가 방출되는데 40 W/m^2 가 바로 대기를 통과하여 바로 공간으로 방출되고, 102 W/m^2 는 대기가, 350 W/m^2 는 온실 기체가 재 방출하여 195 W/m^2 는 대기 바깥 공간으로, 324 W/m^2 는 지표면으로 다시 흡수된다. 이 그림을 자세히 보면 지표면, 대기, 대기 바깥 모두 열평형을 이루고 있다. 여기서 보면 지표면의 온도를 증가시키는데 온실기체의 역할이 매우 중대하다. 대기의 온실효과가 있기에 지표면의 온도는 $305.2 \text{ K}(32.2^\circ\text{C})$ 까지 증가한다. 이는 대기가 없을 때의 온도보다 대략 27°C 나 증가 시킨다.

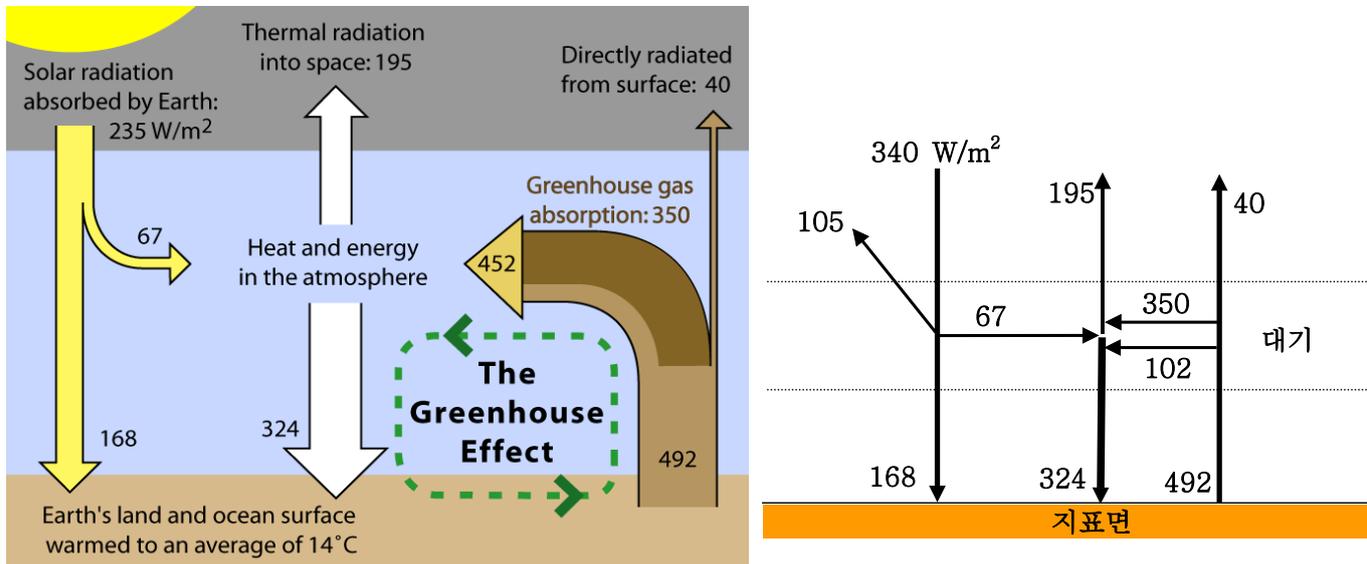


그림 3 지구 대기의 온실 효과. 오른쪽 그림은 그림 1의 표시를 이용하여 다시 그린 것임. (http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Greenhouse_Effect.png)

표 1과 그림 4를 보면 금성을 제외한 다른 행성들은 관측 값과 (1)식을 이용해서 계산한 이론값에 큰 차이가 없다. 또한 이론값이 관측값보다 약간 작다. 이는 태양이외에 다른 에너지 원천이 있든지 아니면 대기에 의한 온실 효과 때문일 것이다. 금성의 경우는 관측값이 이론값보다 2배 이상 크다. 이러한 이유는 금성의 사진을 보면 알 수 있다(그림 5). 금성의 두껍고 짙은 대기와 대기성분이 거의 CO_2 인 온실기체로 가득 차 있어 온실효과가 극심하다. 그림 6과 같이 대기층이 두꺼워 3겹의 대기층으로 생각하면 태양에서 들어온 에너지량은 100 밖에 안 되는데 표면에서 방출되는 양은 400이나 된다. 만약 대기층이 더 두꺼워 15겹이면 방출되는 양은 1600이 된다.

	거리(au)	관측온도(K)	이론값(K)
수성	0.387	400	442.
금성	0.724	700	323
지구	1.000	275	275
화성	1.524	255	223
목성	5.203	130	121
토성	9.540	95	89
천왕성	19.18	58	63
해왕성	30.06	56	50
명왕성	39.44	40	44

표 1 행성의 온도

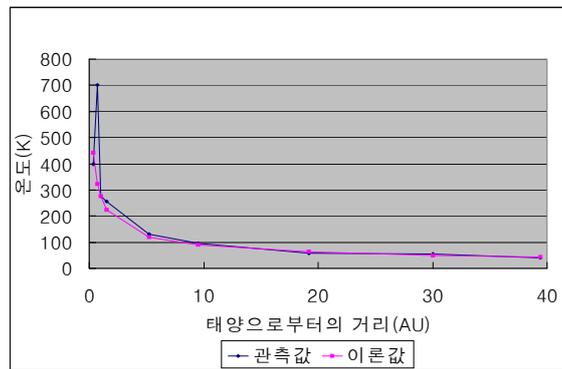


그림 4 행성의 온도분포(표 1)



그림 5 금성의 대기

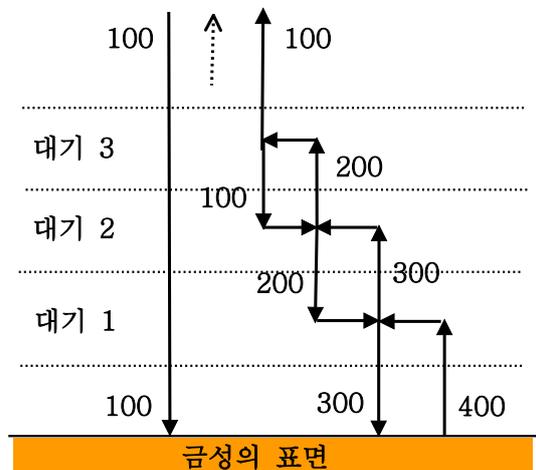


그림 6 금성의 온실 효과

따라서 방출되는 에너지양이 태양에서 오는 양보다 16배나 되므로 온도는 절대온도로 2배나 증가하게 된다.

금성과 화성은 대기의 대부분을 CO₂가 차지하고 있다. 그런데 화성에 비하여 금성은 온도가 아주 높다. 앞에서 살펴 본바와 같이 온실효과가 크기 때문이다. 어떻게 금성은 이렇게 온실효과가 큰가? 그 이유는 금성이 적당히 태양에 가까이 있기 때문이다. 처음 행성이 생성되었을 때, 금성, 지구, 화성은 거의 같은 대기 구성성분을 갖고 있었을 것으로 예상된다.

그러나 금성의 경우, 태양에 가까이 있기에 다른 두 행성보다 온도가 높다. 따라서 물은 기체 상태로만 존재하게 된다. 따라서 대기 중의 CO_2 를 제거할 방법이 없다. 더구나 대기 중의 CO_2 는 온실 효과를 일으켜 온도를 더 오르게 한다. 더 오른 온도 때문에 지표면의 암석이나 표토에 있는 CO_2 는 증발을 하게 되어 대기 중의 CO_2 의 양을 더 증가 시킨다. 따라서 온실효과는 더 일어나게 된다. 이러한 온실효과를 가속되는 온실효과(runaway greenhouse effect)라 한다. 그러나 화성(그림 6)의 경우에는 온도가 낮아 대기 중의 CO_2 도 오히려 지표면에 드라이아이스 형태로 응고하게 된다. 따라서 대기 중의 CO_2 의 양이 작아져 온실효과도 그만큼 줄어들게 된다.

그러면 지구는 어떠한가? 지구는 H_2O 가 수증기, 물, 얼음의 세 상태로 다 존재할 수가 있다. 특히 지구 (그림 7)대기에서의 강수 현상은 CO_2 를 대기 중에서 제거하여 지표면에 쌓을 수 있고, 또한 녹색식물의 광합성은 광합성으로 CO_2 를 사용하여 O_2 를 대기 중에 남아 있게 한다. 지구의 화산활동은 많은 질소 화합물을 대기로 내 보내고, 이러한 화합물은 태양 빛에 의해 분해되어 지구의 대기는 N_2 와 O_2 의 대기로 변화하였다.



그림 7 지구



그림 8 화성

출처 및 참고문헌

- 김철희, 안유민, 박혜영, 정기영, 신윤주, 고등학교 1학년 과학 탐구수업 지도자료 ⑫ 태양계와 은하, p, 서울대학교 과학교육연구소, 2007년
- 최승언, 우주의 메시지, p. 112-116, 시그마프레스, 2008년