

실기 테스트: 태양, 태양계의 유일한 에너지원

화성으로 향하는 인류의 미션 이벤트에서, 태양은 가장 즉각적으로 에너지를 얻을 수 있는 원천으로 나온다. 이 행성이 지구보다도 태양으로부터 더 멀리 떨어져 있다면 더 적은 에너지를 받게 된다. 그래서 우리는 영구적인 화성 정착 미션의 일환으로 화성의 표면에 태양 전지판을 배치할 화성 표면의 면적을 결정할 것이다.

PART 1: 태양 상수 측정하기

태양상수는 1 AU(천문단위: 평균 지구-태양 거리)의 거리에 위치한 1 m² 표면에 입사되는 태양에너지의 양을 나타내고, 이 표면은 대기층을 무시하고 태양광선방향에 수직하다. 그래서 지구의 경우 지구 대기층 가장 상부에서의 에너지 플럭스에 해당한다. 태양상수는 단위 평방미터당 와트(Watts)로 표현된다. (W×m⁻²)

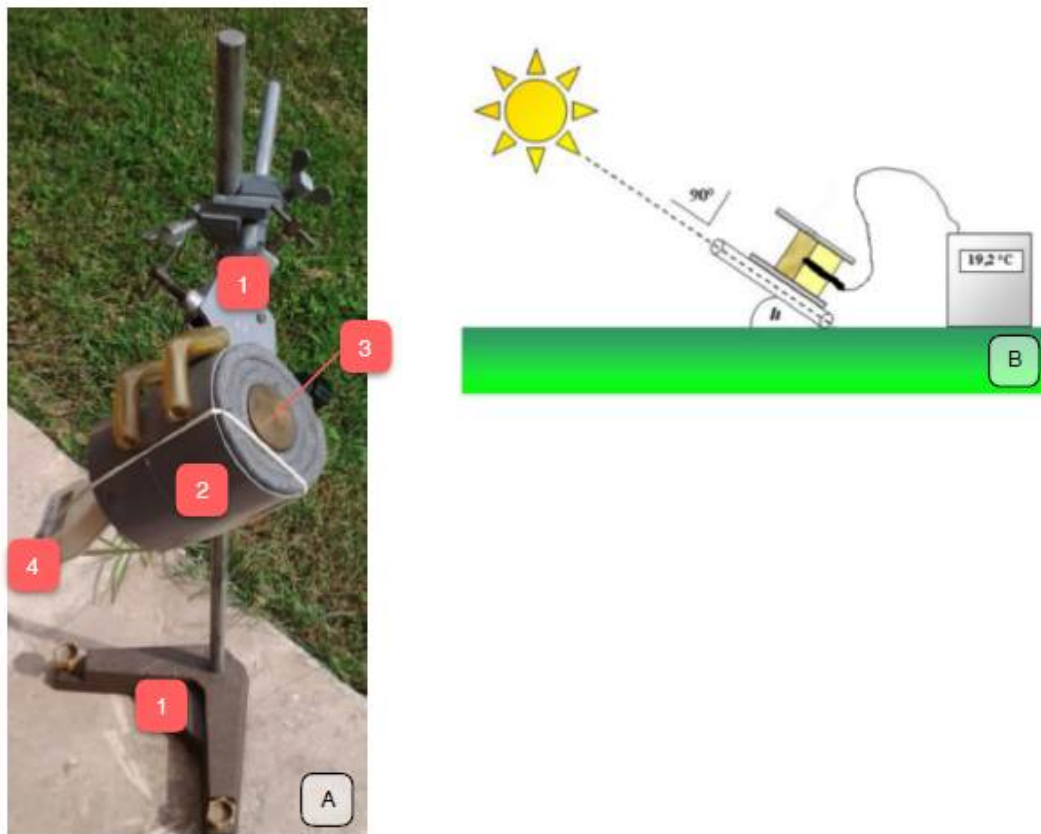


그림 1: 태양 상수의 측정

(A) 측정 장치. (1) 까치발, 쥘쇠, 머리부; 열량계 장치 세트로 구성되어 있다. (2) PVC 관, 절연 스티로폼, 황동 또는 철 덩어리의 조립 (3) 금속부는 태양에 의해 온도 상승 (4) 실험 중에 온도를 측정하는 디지털 온도계. 확인: IESO 시험본부가 경사계, 타이머, 계산기를 개별적으로 제공한다.

(B) 태양상수의 측정 관련 기본원리. 본체의 전면이 태양광에 직각이 되도록 장치 뒤쪽에 얇은 종이를 두고 측정 장치가 만들어내는 그림자가 최소화 되도록 측정 장치를 정렬하면 효과적이다.

문항 1. 태양 상수 수치를 구하기 위해서 열량계의 황동체가 최대의 에너지를 받아들일도록 노출되어 있다. 이 장치를 어떻게 정렬해야 하는가? (단일 정답)

1-



2-



3-



4-



PART 2: 지구의 태양 상수 측정

실험 과정:

- (PART 1에서) 당신에게 제공된 실험재료들을 기록하십시오.
- 본체의 전면이 태양광에 수직이 되도록 장치를 정렬시키십시오.
- 태양상수 결정에 필요한 매개 변수들에 익숙해지십시오. 아래 표 1에 나타나있다.
- 장치의 축이 지면과 이루는 각도를 측정하십시오. 이것은 태양의 고도에 해당한다.
- 실험을 시작하십시오. 초기 온도를 기록하십시오. 10분 후 최종 온도를 기록하십시오.
- 그늘진 곳으로 장치를 가져오십시오.

실험을 마친 후, 표 1에 값을 쓰십시오. :

변수	부호와 단위	값
황동체의 질량	M (kg)	
황동체의 지름	D (m)	
황동체의 열용량	Cp (J×K ⁻¹ ×kg ⁻¹)	
태양의 고도	h (°)	
초기 온도	Ti (°C)	
최종 온도	Tf (°C)	
측정 소요 시간	Δt (s)	

표 1: 태양상수를 결정하는데 필요한 실험 변수들

지구 표면에서 측정을 마쳤다. 그러나 태양 상수는 지구 대기의 영향을 제외하고 계산된 값이다. 그래서 보정인자를 적용할 필요가 있다.

다시 말해, P_d로 표시하는 어떤 힘의 세기는 태양광이 투과한 대기의 두께와 투명도의 특성에 의해 정해지는 *cor* 인자를 보정한 태양 상수 F의 세기에 의해 결정된다. 그 관계를 쓰면 :

$$F = P_d \times cor \quad (a)$$

태양의 고도 h(°)	20	30	40	50	60	65
깨끗한 푸른 하늘	2.5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3
중간 정도의 하늘	4.2	3.5	2.6	2.1	1.8	1.5
구름 낀 하늘	5.3	4.3	3.2	2.5	2.2	2.0

표 2: 태양광이 투과한 대기의 두께와 투명도의 함수인 보정 인자 *cor* 결정을 위한 자료.

문항 2. 태양 상수 F는? (단일 정답)

1. 지면에서 측정되어진 값보다 더 작으며 기상 상태에 따라 달라진다.
2. 지면에서 측정되어진 값보다 더 작으며 기상 상태에 영향을 받지 않는다.
3. 지면에서 측정되어진 값과 동일하며 기상 상태에 따라 달라진다.
4. 지면에서 측정되어진 값보다 더 크며 기상 상태에 영향을 받지 않는다.
5. 지면에서 측정되어진 값보다 더 크며 기상 상태에 따라 달라진다.

물론 실재는 그렇지 않지만, 우리의 장비에는 문제가 없다고 가정한다. 예를 들어, 단일 문제는 우리 자료의 정확성을 제한한다. 획득된 값들은 실제로 훨씬 더 정밀한 장치로부터 획득된 값보다도 더 작을 것이다.

우리의 장비로 구해진 값들의 관계는 다음과 같다:

$$E_{solar} = M \times C_p \times \Delta Temperature \quad (b)$$

세기(P_{solar})와 에너지(S_{solar}) 사이의 관계는 다음과 같다:

$$E_{solar} = P_{solar} \times \Delta t \quad (c)$$

지면에서의 단위 면적 S 로 받은 세기(P_d)와 구해진 세기(P_{solar}) 사이의 관계는 다음과 같다:

$$P_{solar} = P_d \times S \quad (d)$$

문항 3. 태양 상수 F는 수식 (a), (b), (c)와 (d)로부터 유도된 관계식으로 구할 수 있다. 아래에서 정확한 관계식을 구하시오.

1. $F = \frac{S \times \Delta t \times cor}{M \times C_p \times \Delta Temperature}$ S가 증가할 때 F가 증가함.
2. $F = \frac{S \times \Delta t}{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}$ S가 증가할 때 더 많은 에너지가 흡수됨.
3. $F = \frac{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}{S \times \Delta t}$ F는 온도 변화에 비례함.
4. $F = \frac{M \times C_p \times \Delta Temperature}{S \times \Delta t \times cor}$ F는 보정 인자에 반비례함.

황동체의 원반 단면적은 $S = \pi \times r^2$ 의 관계식으로 구해질 수 있으며 여기에서 S 는 m^2 단위를 갖는 표면적이고, r 은 황동체의 반지름, M 은 황동체의 질량이다. 값의 자리수는 10의 지수 실제 값과 가장 가까운 것으로 표현함을 유의하시오. 예를 들어 32는 100보다는 10에 가까우므로 10^1 의 자리수를 가지고, 반면 74는 10보다는 100에 가까우므로 10^2 의 자리수를 가진다.

문항 4. 직접 측정한 결과에 의하면 지구의 태양 상수 값의 자리수는?

1. $10^1 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$
2. $10^2 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$
3. $10^3 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$
4. $10^4 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$

Part III: 태양계에서의 태양 상수 측정

태양계에서 태양 상수를 측정하면 이 값이 태양과의 거리 함수로 어떻게 변하는지를 이해할 수 있습니다.

실험 과정:

- 제공된 장치에 익숙해지시오.
- 튜브 안쪽으로 광도계를 넣으시오: 여러분 계기 창에 있는 광원과 광도계 사이의 직선거리를 읽어낼 수 있습니다.
- 서로 다른 거리에 대한 광도를 측정하여 문항 5에 답하십시오.

문항 5. 태양 상수는? (단일 정답)

1. 태양과의 거리에 비례한다.
2. 태양과의 거리의 제곱에 비례한다.
3. 태양과의 거리의 제곱근에 반비례한다.
4. 태양과의 거리에 반비례한다.
5. 태양과의 거리의 제곱에 반비례한다.

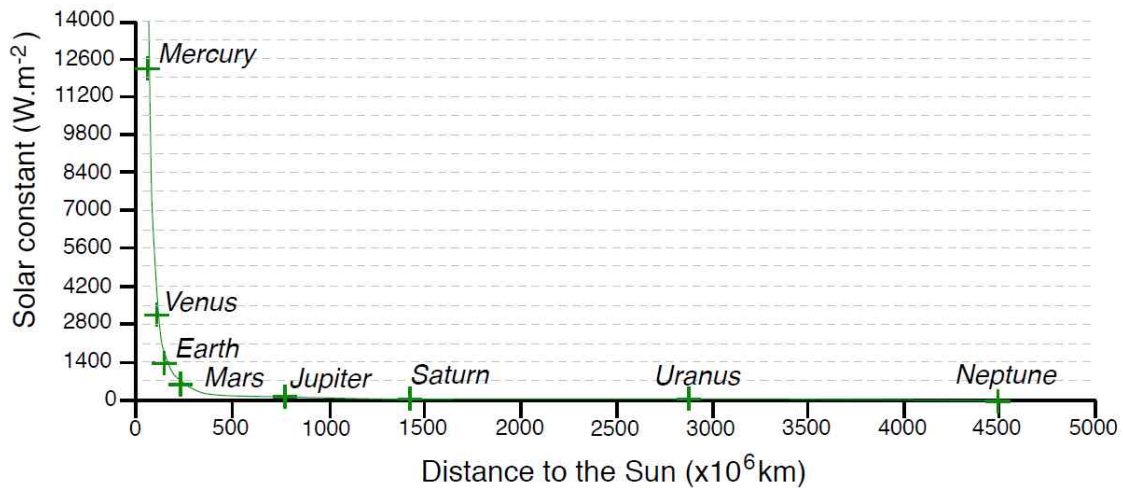


그림 2. 태양 상수와 태양계의 8개 행성들의 태양과의 거리 관계

문항 6. 태양 상수는? (단일 정답)

1. 화성의 태양 상수는 약 $700 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$ 로 이 값은 금성의 태양 상수의 22%-28% 사이에 해당한다.
2. 화성의 태양 상수는 지구의 약 두 배이다.
3. 태양으로부터 멀리 떨어져 있는 4개 행성의 태양 상수는 측정할 수 없을 정도로 매우 미약하다.
4. 태양으로부터의 거리에 비례한다.
5. 토성(Saturn)이 천왕성(Uranus)보다 반지름이 더 크므로 토성의 값이 천왕성의 값보다 더 크다.



그림 3. (A) 지구를 공전하고 있는 국제우주정거장(International Space Station, ISS)의 사진. 크기는 110×70×30 (L×W×H 미터단위)이며 전체 질량은 400톤이다. ISS의 자율적 구동은 8개 태양 발전기가 담당한다. 각 태양 발전기는 광전지 셀들을 지지하는 두 개의 32m×11m 면들로 둘러싼 돛의 형태로 구성되어 있다. (B) 하와이의 킬라우에라 화산(Kilauea volcano)의 사면에 위치한 HISEAS 프로그램인 화성에서의 돔 모의 생활이다. 생활 조건들과 화성의 정착 모듈의 자율적(기본적으로 압력조절과 난방) 구동을 위한 에너지 요구 사항은 ISS와 유사하다.

문항 7. 그림 2와 3의 정보를 이용하여, 화성을 향한 인류 정착 미션을 위해 요구되는 태양 발전기는 얼마나 많이 필요한가?

1. 약 4개
2. 약 8개
3. 약 10개
4. 약 12개
5. 약 14개
6. 약 16개
7. 약 18개