

PRACTICAL TEST: THE SUN, A UNIQUE ENERGY SOURCE FOR THE SOLAR SYSTEM

ข้อสอบปฏิบัติ: ดวงอาทิตย์ แหล่งกำเนิดพลังงานหนึ่งเดียวสำหรับระบบสุริยะ

In the event of a manned mission to Mars, the sun appears to be the most immediately accessible source of energy. The planet is further away from the sun than Earth and, therefore, receives less energy. **We will therefore determine the surface area of solar panels that need to be deployed on the surface of Mars as part of a permanent colonization mission.**

ในการกิจการส่งมนุษย์ไปยังดาวอังคาร ดวงอาทิตย์ดูเหมือนจะเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถเข้าถึงได้ดีที่สุด ดาวอังคารนั้นห่างจากดวงอาทิตย์มากกว่าโลกจึงได้รับพลังงานน้อยกว่า เราจะทำการคำนวณหาพื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่จะนำไปใช้บนดาวอังคาร สำหรับพันธกิจการอพยพไปอยู่ที่นั่นอย่างถาวร

PART I : Measuring the solar constant.

ตอนที่ 1: การวัดค่า Solar constant

The solar constant expresses the amount of solar energy received on a 1m^2 surface located at a distance of 1 astronomical unit (average Earth-Sun distance), and exposed perpendicular to the Sun's rays in the absence of atmosphere. For the Earth it is therefore the energy flux at the top of the atmosphere. It is expressed as watts per square meter ($\text{W} \times \text{m}^{-2}$).

Solar constant คืออัตราการส่งพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับต่อ 1 ตารางเมตร ณ ระยะ 1 หน่วยดาราศาสตร์ (ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกและดวงอาทิตย์) โดยแสงอาทิตย์ต้องตกกระทบแบบตั้งฉากและไม่ผ่านชั้นบรรยากาศ ดังนั้นสำหรับโลกมันคือความหนาแน่นฟลักซ์ของพลังงานเหนือชั้นบรรยากาศ โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ($\text{W} \times \text{m}^{-2}$)

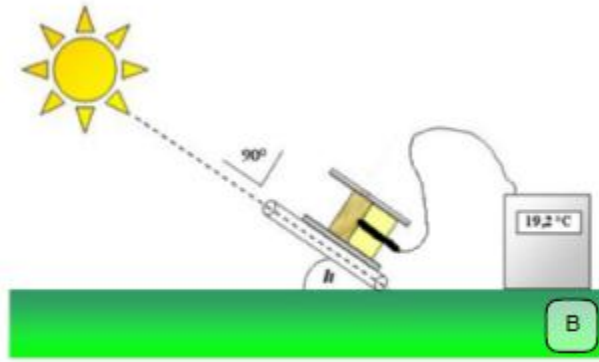


FIGURE 1: Measuring of the solar constant.

(A) The measuring device. It consists of a set of supports (1) with a bracket, clamps and nuts; a calorimeter (2) - an assemblage of a PVC tube, insulating foam and a brass or steel mass (3) that can be heated by the sun; a digital thermometer (4) to measure the temperature during the experiment. Note : You will use your own IESO exam board as an inclinometer, a timer and a calculator (provided).

(B) Principle behind the measurement of solar constant. In order to orient the surface of an object perpendicularly to the sun's rays, it is sufficient to place a sheet behind the object and orient the object to minimize its shadow.



รูปที่ 1: การวัดค่า Solar constant

(A) แสดงเครื่องวัดซึ่งประกอบไปด้วย (1) ชุดของตัวยึด ที่มีขาตั้ง ตัวยึด ตัวยึดและน็อต (2) Calorimeter ซึ่งประกอบไปด้วยท่อ PVC โฟมกันความร้อน และก้อนทองเหลืองหรือเหล็กตามหมายเลข (3) ซึ่งจะถูกทำให้ร้อนโดยดวงอาทิตย์ (4) ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ เพื่อใช้วัดอุณหภูมิขณะทำการทดลอง (B) แสดงหลักการพื้นฐานในการวัด Solar constant เพื่อที่จะให้แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับเครื่องวัด ต้องวางแผ่นกระดาษไว้ด้านหลังเครื่องวัดและปรับเครื่องวัดจนกระทั่งปรากฏเงาที่เล็กที่สุดของเครื่องวัดบนกระดาษ

Question 1: To evaluate the solar constant, the calorimeter is exposed such that the brass mass receives the maximum energy. How should the device be oriented? Select the correct answer. (Only one answer possible)

คำถามข้อที่ 1: เพื่อที่จะคำนวณหาค่า Solar constant, Calorimeter ซึ่งต่อกับก้อนทองเหลืองจะต้องได้รับพลังงานสูงสุด จะต้องหมุนเอียงเครื่องมืออย่างไร? เลือกคำตอบที่ถูกต้อง (มีเพียง 1 คำตอบเท่านั้น)

1-



2-



3-



4-



PART II : Measuring the terrestrial solar constant.

ตอนที่ 2 การวัดค่า Solar constant บนพื้นโลก

(จะมีกรรมการมาประเมินการทดลองด้วย)

Instructions :

- Take note of the material provided to you (that of Part I).
- Orient the device such that the surface of the mass is perpendicular to the sun's rays.
- Acquaint yourself with all the parameters necessary to determine the solar constant. They are presented in the table 1 below.
- Measure the angle of the axis the device makes with the horizontal. This is the height of the sun above the horizon.
- Start the experiment. Note the initial temperature. After 10 minutes, record the final temperature.
- Bring the device to a shaded area.

วิธีการทดลอง:

- บันทึกชนิดหรือค่าต่างๆของวัสดุ(ทองเหลืองหรือเหล็ก)ที่ให้มา (ในตอนที 1)
- หมุนเครื่องวัดเพื่อให้ผิวของก้อนทองเหลืองหรือก้อนเหล็กตั้งฉากกับลำแสงอาทิตย์
- ทำความคุ้นเคยกับค่าตัวแปรต่างๆในตารางที่ 1 ด้านล่าง ที่ต้องใช้ในการคำนวณค่า Solar constant
- วัดค่ามุมของแนวแกนของเครื่องวัด(ซึ่งจัดให้ตั้งฉากกับลำแสงอาทิตย์แล้ว) โดยมุมนี้วัดเทียบกับแนวพื้นราบ ค่ามุมนี้จะเป็นความสูงเชิงมุมของดวงอาทิตย์เหนือขอบฟ้าที่ต้องบันทึกในตาราง (Height of the Sun above the horizon)
- เริ่มทำการทดลอง บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้น (Initial temperature) หลังจากนั้น 10 นาที บันทึกค่าอุณหภูมิสุดท้าย (Final temperature)
- นำอุปกรณ์เก็บเข้ารวม

After completing the experiment, enter the measured values in table 1 :

หลังจากทำการทดลองเสร็จ บันทึกค่าต่างๆลงในตารางที่ 1

Parameters	Symbol and unit	Value
Mass	M (kg)	
Diameter of the mass	D (m)	
Thermal capacity of the mass	C_p (J x K ⁻¹ x kg ⁻¹)	
Height of the Sun above the horizon	h (°)	
Initial temperature	T _i (°C)	
Final temperature	T _f (°C)	
Duration of the experiment	Δt (s)	

TABLE 1 : Experimental parameters required to determine the solar constant.

ตารางที่ 1: ตัวแปรจากการทดลองที่จำเป็นต่อการคำนวณหาค่า Solar constant

We have taken our measurements on the surface of the Earth, but the solar constant is a calculated value that excludes the influence of the atmosphere. It is therefore necessary to apply a correction factor.

เนื่องจากเราทำการวัดบนพื้นโลก แต่ค่า Solar constant เป็นค่าที่คำนวณโดยไม่คิดผลของบรรยากาศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่แฟกเตอร์บางอย่างเพื่อแก้ไขให้ถูกต้อง

In other words, any power value, denoted **Pd**, depends on the value of the solar constant **F** corrected by a factor **cor**, which depends on the thickness and transparency properties of the atmosphere traversed. The relationship is then written as :

โดยค่าของ Solar constant F จะเท่ากับ ค่ากำลังต่อพื้นที่ P_d (ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้บนพื้นโลก) คูณกับแฟกเตอร์ cor โดยแฟกเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับความหนาและคุณสมบัติความโปร่งแสงของบรรยากาศ ความสัมพันธ์นี้เขียนได้เป็น

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

Height of the Sun h ($^\circ$)	20	30	40	50	60	65
Clear blue sky	2.5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3
Intermediate sky	4.2	3.5	2.6	2.1	1.8	1.5
Cloudy sky	5.3	4.3	3.2	2.5	2.2	2.0

TABLE 2 : Data for the determination of the factor cor as a function of the thickness and transparency of the layer of atmosphere traversed.

ตารางที่ 2: ข้อมูลของแฟกเตอร์ cor ซึ่งสัมพันธ์กับความหนาและความโปร่งแสงของชั้นบรรยากาศ

Question 2: The solar constant F is... (only one possible answer)

คำถามข้อที่ 2: Solar constant F มีค่า..... (มีเพียง 1 คำตอบเท่านั้น)

- 1- smaller than that which is measured on the ground and dependent on weather conditions. น้อยกว่าค่าที่วัดได้บนพื้นโลกและขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ
- 2- smaller than that which is measured on the ground and not dependent on weather conditions. น้อยกว่าค่าที่วัดได้บนพื้นโลกและไม่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ
- 3- identical to that which is measured on the ground and dependent on weather conditions. เท่ากับค่าที่วัดได้บนพื้นโลกและขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ
- 4- greater than that which is measured on the ground and not dependent on weather conditions. มากกว่าค่าที่วัดได้บนพื้นโลกและไม่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ
- 5- greater than that which is measured on the ground and dependent on weather conditions. มากกว่าค่าที่วัดได้บนพื้นโลกและขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ

We assume that our assembly is flawless, though that is not the case. For example, thermal insulation problems limit the accuracy of our data. The values obtained will actually be lower than the data values from a more precise device.

เราจะสมมติว่าการทดลองของเรานั้นสมบูรณ์แบบ แม้ว่าในความเป็นจริงจะไม่มีทางเป็นเช่นนั้นเลย ยกตัวอย่างเช่นถ้าฉนวนกันความร้อนมีปัญหาจะทำให้ข้อมูลไม่ถูกต้อง ข้อมูลที่วัดได้ก็จะมีค่าน้อยกว่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำกว่าเป็นต้น

Consider our system to perform as :

เมื่อพิจารณาการทดลองของเราจะได้ว่า:

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

Recall the relationship between power and energy :

โดยความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและพลังงานคือ

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

The power received per unit surface area S at ground level P_d is related to the power received P_{solar} by the relationship :

โดยกำลังที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ P_{solar} สัมพันธ์กับกำลังต่อพื้นที่ผิวที่วัดบนผิวโลก P_d และพื้นที่ผิว S

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

Question 3: The solar constant F can be calculated by the relationship deduced from formulae (a), (b), (c) and (d). Choose the correct relationship below: (Only one answer possible)

คำถามข้อที่ 3: ค่า Solar constant F สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์จากสมการ (a), (b), (c) และ (d) จงเลือกความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง (มีเพียง 1 คำตอบเท่านั้น)

- 1- $F = \frac{S \times \Delta t \times cor}{M \times C_p \times \Delta Temperature}$ because F increases when S increases.
- 2- $F = \frac{S \times \Delta t}{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}$ because when S increases, more energy is captured.
- 3- $F = \frac{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}{S \times \Delta t}$ because F is proportional to the variation in temperature.
- 4- $F = \frac{M \times C_p \times \Delta Temperature}{S \times \Delta t \times cor}$ because F is inversely proportional to the correction factor.

The surface area of a disc can be calculated using $S = \pi \times r^2$ where S is the surface area in m^2 and R the radius of the mass M . Recall that the order of magnitude of a value is the power of 10 closest to the value. For example, 32 is closer to 10 than to 100, and thus has an order of magnitude of 10^1 , whereas 74, which is closer to 100 than to 10, has an order of magnitude of 10^2 .

พื้นที่ของพื้นผิววงกลมสามารถคำนวณได้จาก $S = \pi \times r^2$ เมื่อ S คือพื้นที่ผิวในหน่วยตารางเมตร และ r เป็นรัศมีของก้อนมวล M โดย “order of magnitude” คือค่า 10 ยกกำลังที่ใกล้เคียงที่สุด เช่น 32 ใกล้เคียง 10 มากกว่า 100 ดังนั้น order of magnitude จึงเป็น 10^1 ในขณะที่ 74 ใกล้เคียง 100 มากกว่า 10 จึงมี order of magnitude เป็น 10^2 เป็นต้น

Question 4: According to your measurements, the value of the terrestrial solar constant has an order of magnitude of :

คำถามข้อที่ 4: จากการวัดของคุณ ค่า Solar constant ที่วัดได้บนพื้นโลกอยู่ใน order of magnitude เท่าใด

- 1- 10^1 W x m^{-2} .
- 2- 10^2 W x m^{-2} .
- 3- 10^3 W x m^{-2} .
- 4- 10^4 W x m^{-2} .

PART III : Measuring the solar constant across the solar system.

ตอนที่ 3: การวัดค่า Solar constant ข้ามระบบสุริยะ (จะมีกิจกรรมมาประเมินการทดลองด้วย)

Measuring the solar constant in the solar system amounts to an understanding of how this parameter changes as a function of distance from the Sun.

การวัดค่า Solar constant ในระบบสุริยะจะนำไปสู่ความเข้าใจว่าตัวแปรซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะห่างจากดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

Instructions :

- Familiarize yourself with the equipment provided.
- The light meter can move inside the tube ; you can read the distance between the light meter and the light source directly at the indicator level.
- Measure the light intensity for different distances to answer question 5.

วิธีการทดลอง:

- เรียนรู้และทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือที่จัดไว้ให้
- เครื่องวัดแสงในท่อสามารถขยับเลื่อนไปมาได้ คุณสามารถอ่านระยะห่างระหว่างเครื่องวัดแสงและแหล่งกำเนิดแสงได้โดยตรงจากตัวชี้ระดับ (indicator level)
- วัดความเข้มแสงที่ระยะต่างๆเพื่อตอบคำถามข้อ 5

Question 5: The solar constant is... (only one answer possible)

คำถามข้อที่ 5: Solar constant (มีเพียง 1 คำตอบเท่านั้น)

- 1- proportional to the distance to the Sun. แปรผันตรงกับระยะห่างจากดวงอาทิตย์
- 2- proportional to the square of the distance to the Sun. แปรผันตรงกับระยะห่างจากดวงอาทิตย์ยกกำลังสอง
- 3- inversely proportional to the square root of the distance to the Sun. แปรผกผันกับรากที่สองของระยะห่างจากดวงอาทิตย์
- 4- inversely proportional to the distance to the Sun. แปรผกผันกับระยะห่างจากดวงอาทิตย์

5- inversely proportional to the square of the distance to the Sun. แปรผกผันกับระยะห่างจากดวงอาทิตย์ยกกำลังสอง

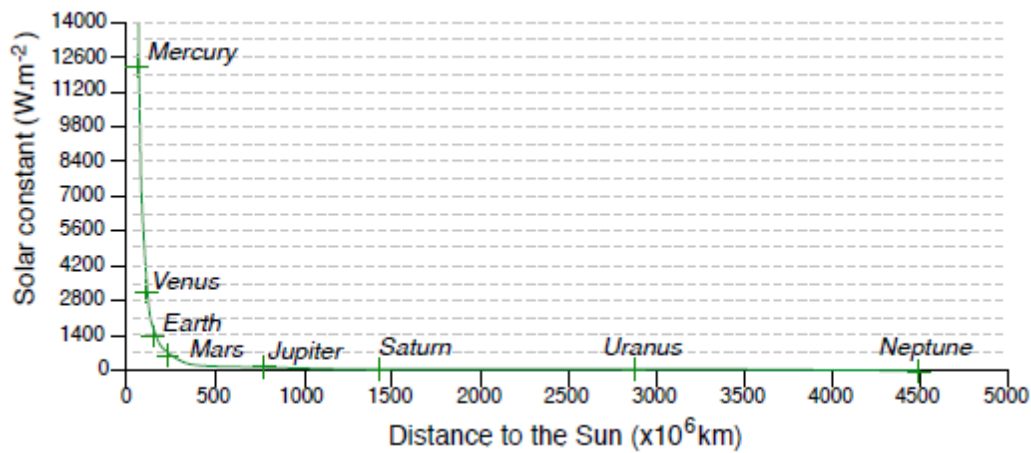


FIGURE 2 : Solar constant versus the distance to the Sun for eight planets of the solar system.

รูปที่ 2 ค่า Solar constant เทียบกับระยะห่างจากดวงอาทิตย์ของดาวเคราะห์ทั้งแปดดวงในระบบสุริยะ

Question 6: The solar constant... (only one answer possible)

คำถามที่ 6: ค่า Solar constant..... (มีเพียง 1 คำตอบเท่านั้น)

- 1- is about 700 W x m⁻² on Mars, or between 22% and 28% of the solar constant on Venus. บนดาวอังคารมีค่าประมาณ 700 วัตต์/เมตร² หรือระหว่าง 22% ถึง 28% ของ Solar constant บนดาวศุกร์
- 2- is twice as large on Mars, compared to Earth. บนดาวอังคารมีค่าเป็น 2 เท่าของค่า Solar constant บนโลก
- 3- is very weak for the last four most distant planets. มีค่าต่ำมากสำหรับดาวเคราะห์ที่อยู่ไกลที่สุด 4 ดวง
- 4- is proportional to the distance from the Sun. แปรผันตรงกับระยะห่างจากดวงอาทิตย์
- 5- is greater on Saturn than on Uranus because the former has a larger radius. บนดาวเสาร์มีค่ามากกว่าบนดาวยูเรนัสเนื่องจากดาวเสาร์มีรัศมีมากกว่า

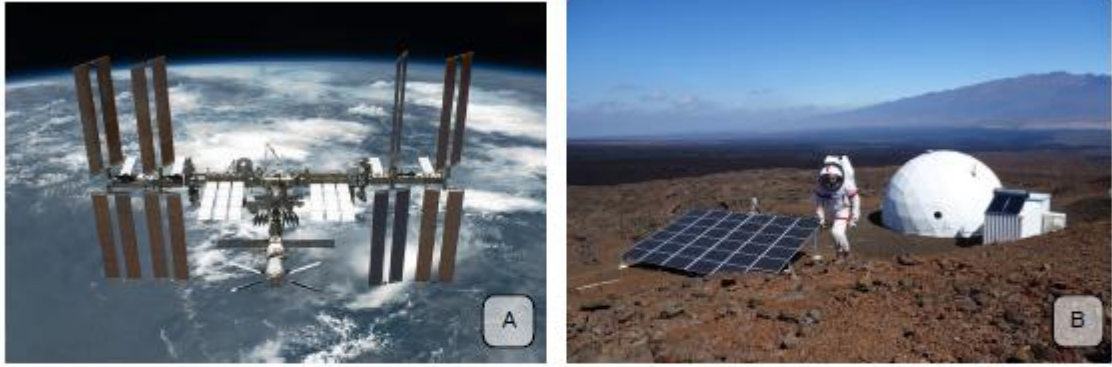


FIGURE 3 : (A) Photograph of the International Space Station (ISS) in Earth orbit. It has dimensions of 110x74x30 (LxWxH in meters) and a total mass of 400 tonnes, its autonomous operation is provided by eight solar generators. Each consists of a mast surrounded by two 32m x 11m surfaces that support the photovoltaic cells. (B) Dome simulating life on Mars during the HI-SEAS program that took place on the slopes of the Kilauea volcano in Hawaii. The living conditions and thus the energy requirements for the autonomy (essentially pressurization and heating) of this Mars colonization module are similar to those of ISS.

รูปที่ 3: (A) ภาพถ่ายของสถานีอวกาศนานาชาติหรือ International Space Station (ISS) ในวงโคจรรอบโลก มันมีขนาด 110x74x30 (ยาวxกว้างxสูง ในหน่วยเมตร) และมีมวลรวม 400 ตัน ซึ่งใช้พลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 8 ตัว โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วยเสาที่ล้อมรอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 32 เมตร x 11 เมตร (B) โคมจำลองการใช้ชีวิตบนดาวอังคาร โดยโครงการ HI-SEAS ที่สร้างขึ้นที่เนินบนภูเขาไฟ Kilauea ในฮาวาย

เงื่อนไขที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและพลังงานที่จำเป็นต่อการอยู่อาศัยบนดาวอังคาร (เพื่อสร้างความดันและความร้อนที่เหมาะสมกับมนุษย์)จะเหมือนกับบน ISS

Question 7: Based on the information in Figures 2 and 3, how many generators would be needed for an autonomous manned mission to Mars?

คำถามที่ 7: จากข้อมูลในรูปที่ 2 และ 3 ถ้ามนุษย์ย้ายไปดาวอังคาร จะต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กี่ตัว (ถ้ายานที่ใช้ย้ายหรือที่อยู่อาศัยบนดาวอังคารเหมือนกับสถานีอวกาศนานาชาติ)

- 1- about 4
- 2- about 8
- 3- about 10
- 4- about 12
- 5- about 14
- 6- about 16
- 7- about 18