

## ПРАКТИЧНИЙ ТЕСТ: СОНЦЕ ЯК УНІКАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

У випадку пілотованої експедиції на Марс, Сонце видається найбільш безпосередньо доступним джерелом енергії. Планета знаходиться далі від Сонця ніж Земля, і тому отримує менше енергії. **Ми, таким чином, визначимо площу поверхні сонячних батарей, які необхідно було б використати на поверхні Марса у рамках місії з постійної колонізації.**

### ЧАСТИНА I: Виміри сонячної сталої

Сонячна стала виражає кількість сонячної енергії, що отримується на площі  $1 \text{ м}^2$ , що знаходиться на відстані однієї астрономічної одиниці (середня відстань від Землі до Сонця) і розташована перпендикулярно до сонячних променів за умови відсутності атмосфери. Для Землі, таким чином, вона є потоком енергії на верхній межі атмосфери. Одиницями виміру є (ватт  $\times$   $\text{м}^2$ ).

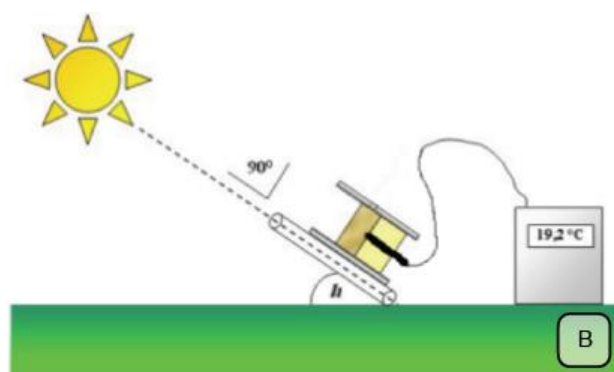


Рис. 1:

*Вимірювання сонячної сталої.*

*(A) Вимірювальний пристрій. Він складається з набору підпорів (1) з кронштейном, зажимами і шайбами; калориметра (тепломіра) (2) – конструкція з ПВХ-трубки, ізолюючої піни й латунної або сталевий сердечника (3), що може нагріватися сонцем; цифрового термометра (4) для замірів температури впродовж експерименту. Зверніть увагу: Ви будете використовувати Вашу власну екзаменаційну дошку IESO у якості ухиломіру (інклінометру), таймер та калькулятор (буде видано). (B) Принцип, що використовується для виміру Сонячної сталої. Для того, щоб зорієнтувати поверхню об'єкта перпендикулярно до сонячних променів, достатньо помістити лист позаду об'єкту та зорієнтувати його так, щоб мінімізувати його тінь.*

**Питання 1: Щоб визначити сонячну сталу, калориметр експонується таким чином, щоб сердечник отримав якомога більше енергії. Як слід зорієнтувати прилад? Виберіть правильну відповідь (Можлива лише одна відповідь)**

1-



2-



3-



4-



## ЧАСТИНА II: Вимірювання земної сонячної сталі

### Інструкції:

- Зверніть увагу на матеріали, що Вам видаються (для част. I)

- Зорієнтуйте прилад таким чином, щоб поверхня сердечника була перпендикулярною до сонячних.
- Ознайомтеся з усіма параметрами, що Вам необхідні для визначення сонячної сталої. Вони подані у таблиці 1 нижче.
- Визначте кут вісі приладу по відношенню до горизонтальної площини. Це буде висота сонця над горизонтом.
- Розпочніть експеримент. Зверніть увагу на початкову температуру. Після 10 хвилин запишіть кінцеве значення температури.
- Віднесіть пристрій у затінок.

Після завершення експерименту, впишіть вимірні значення у таблицю 1:

	Parameters	Symbol and unit	Value
Маса сердечника	Mass	M (kg)	
Діаметр сердечника	Diameter of the mass	D (m)	
Питома теплоємність сердечника	Thermal capacity of the mass	$C_p$ (J x K <sup>-1</sup> x kg <sup>-1</sup> )	
Висота Сонця над горизонтом	Height of the Sun above the horizon	h (°)	
Початкова температура	Initial temperature	T <sub>i</sub> (°C)	
Кінцева температура	Final temperature	T <sub>f</sub> (°C)	
Тривалість експерименту	Duration of the experiment	Δt (s)	

Таблиця 1: Експериментальні параметри, необхідні для визначення сонячної сталої

Ми здійснили виміри на поверхні Землі, але сонячна стала являє собою обчислене значення, що виключає вплив атмосфери. Таким чином, необхідно застосувати коригуючий фактор.

Іншими словами, будь-яке значення потужності, позначене P<sub>d</sub>, залежить від значення сонячної сталої, поправленої на фактор *cor*, що залежить від товщини і прозорості атмосфери. Залежність тоді має вигляд:

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

Height of the Sun h (°)	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

Таблиця 2: Дані для визначення фактора *cor*, що є функцією від товщини та прозорості шару атмосфери, через який проходять промені.

**Питання 2: Значення сонячної сталої F є ... (можлива лише одна відповідь)**

- 1- Меншим ніж виміряне на поверхні і залежить від погодних умов.
- 2- Меншим ніж виміряне на поверхні і не залежить від погодних умов.
- 3- Аналогічним до виміряного на поверхні і залежить від погодних умов.

- 4- Більшим ніж виміряне на поверхні і не залежить від погодних умов.
- 5- Більшим ніж виміряне на поверхні і залежить від погодних умов.

Ми припускаємо, що наша конструкція бездоганна, хоча насправді це не так. Наприклад, проблеми термічної ізоляції обмежують точність наших даних. Отримані дані будуть насправді меншими за дані отримані за допомогою більш точного приладу.

Розгляньте нашу систему як таку, що працює як:

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

Пригадайте відношення між потужністю та енергією

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

Потужність, що надходить на одиницю площі S на рівні земної поверхні P<sub>d</sub> пов'язана з отриманою потужністю P<sub>solar</sub> на основі залежності :

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

**Питання 3:** Сонячна стала F може бути обчислена за відношенням, що впливає з формул (a), (b), (c) і (d). Оберіть правильне відношення з варіантів нижче: (можлива лише одна відповідь)

$$1- F = \frac{S \times \Delta t \times cor}{M \times C_p \times \Delta Temperature}$$

Тому що F збільшується тоді коли збільшується S.

$$2- F = \frac{S \times \Delta t}{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}$$

Тому що коли S збільшується, вловлюється більше енергії

$$3- F = \frac{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}{S \times \Delta t}$$

Тому що F пропорційне до варіації температури

$$4- F = \frac{M \times C_p \times \Delta Temperature}{S \times \Delta t \times cor}$$

Тому що F зворотно пропорційне коригуючому фактору

Площа поверхні диску може бути обчислена як  $S = \pi \times R^2$ , де S є площею поверхні у м<sup>2</sup>, а R – радіус сердечника M. Пригадайте, що значення потужності має порядок 10 у ступені, найближчому до цього значення. Наприклад 32 ближче до 10 ніж до 100, тому має порядок величини 10<sup>1</sup>, тоді як 74 ближче до 100 ніж до 10 і має порядок 10<sup>2</sup>.

**Питання 4: Згідно Ваших вимірів, значення земної сонячної сталої має порядок**  
**Question 4: According to your measurements, the value of the**  
**terrestrial solar constant has an order of magnitude of :**

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

### ЧАСТИНА III: Вимірювання сонячної сталої у сонячній системі

Вимірювання сонячної сталої у сонячній системі зводиться до розуміння того, яким чином цей параметр змінюється з віддаленням від Сонця.

#### Інструкції:

- Ознайомтеся з наданим обладнанням.
- Фотометр може рухатися усередині трубки; Ви можете побачити відстань від фотометра до джерела світла безпосередньо на рівні індикатора.
- Виміряйте інтенсивність світла для різних значень відстані, щоб відповісти на питання 5.

#### Питання 5: Сонячна стала є ... (можлива лише одна відповідь)

- 1- Пропорційною відстані до Сонця.
- 2- Пропорційна квадрату відстані до Сонця
- 3- Зворотно пропорційна квадратному кореню відстані до Сонця
- 4- Зворотно пропорційна відстані до Сонця
- 5- Зворотно пропорційна квадрату відстані до Сонця

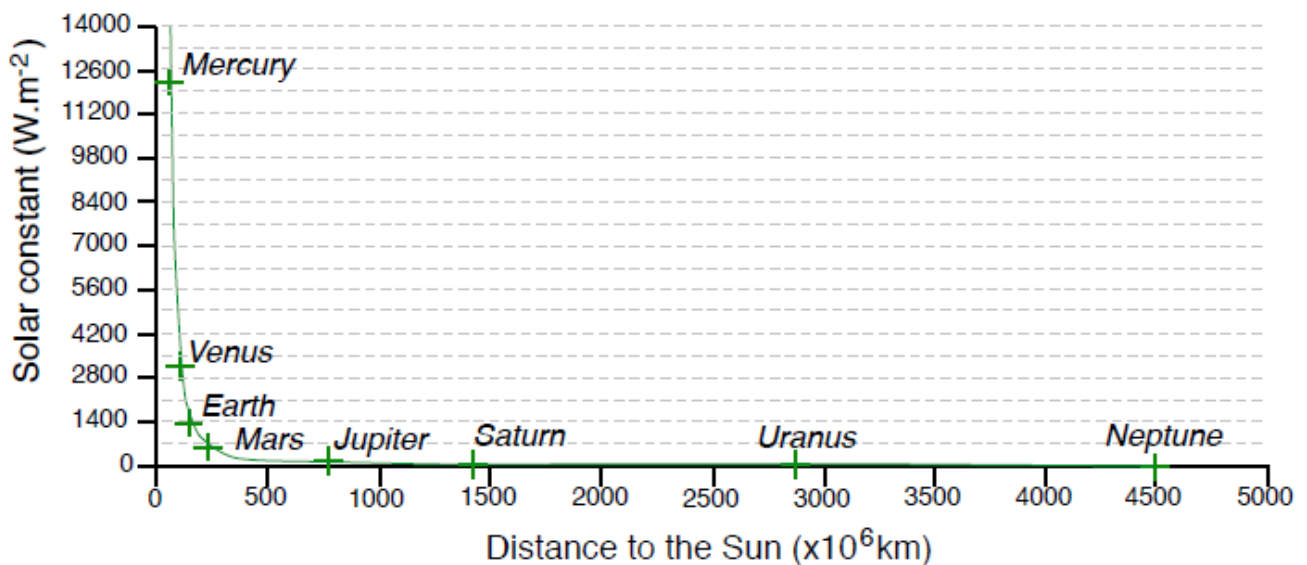
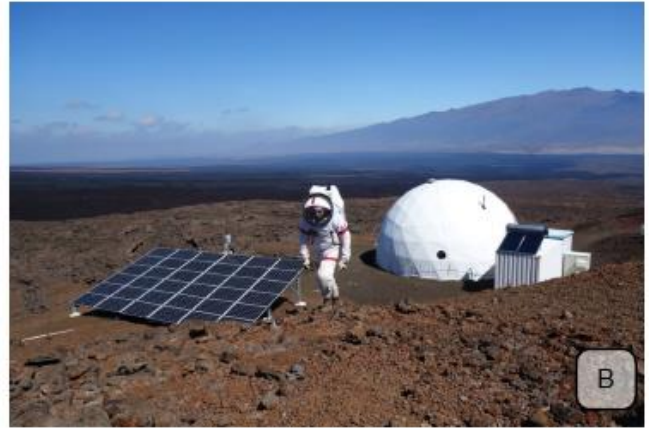


Рис. 2: Відношення сонячна сталої до відстані до Сонця для восьми планет сонячної системи.

#### Питання 6: Сонячна стала ... (можлива лише одна відповідь)

- 1- Складає близько  $700 W \times m^2$  на Марсі, тобто знаходиться у діапазоні між 22% і 28% сонячної сталої на Венері.
- 2- Має вдвічі більше значення на Марсі ніж на Землі.
- 3- Є дуже слабкою для чотирьох найвіддаленіших планет.
- 4- Є пропорційною відстані від Сонця.
- 5- Має більше значення на Сатурні ніж на Урані, тому що перший має більший радіус.





*Рис. 3: (А) Фотографія Міжнародної космічної станції (МКС) на орбіті Землі. Вона має розміри 110x74x30 (ДxШxВ у метрах) і загальну масу 400 тон. Її автономне функціонування забезпечується вісьмома сонячними генераторами. Кожен складається з мачти, оточеної двома поверхнями розміром 32м x 11м, котрі підтримують фотоелектричні елементи. (В) Купол, що симулює життя на Марсі у ході програми HI-SEAS, що проводилася на схилах вулкану Кілауеа на Гавайях. Умови життя, а отже і потреби у енергії для автономності (головним чином підтримки тиску та обігріву) цього модуля для колонізації Марса, подібні до умов та потреб на МКС.*

**Питання 7: Спираючись на інформацію на рис. 2 і 3, як багато генераторів буде потрібно для автономної пілотованої місії на Марс?**

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