

Medición del flujo de calor

1. **Problema:** ¿Cuáles el mecanismo que controla la disipación del calor interno de Marte y la Tierra?

Hipótesis: Se supone que en un planeta sólido y rígido, la transferencia de calor a la superficie se lleva a cabo por conducción térmica.

2. **Edad de los estudiantes:** 15-17 años.

3. **Objetivos:**

Comprender el fenómeno de la conducción térmica.

4. **Disciplinas principales:**

Matemáticas – Física – Ciencias de la Tierra.

5. **Disciplinas Complementarias:**

Informática (Arduino).

6. **Tiempo requerido:** 2 horas.

7. **Palabras clave:**

Gradiente geotérmico - Flujo de calor - Disipación de calor - Conductividad.

8. **Conocimientos previos:**

En la Tierra, el gradiente de temperatura se obtiene midiendo directamente la temperatura a diferentes profundidades en sondeos o pozos de mina. Eso es lo que la misión InSight en Marte hará con el instrumento HP3.

Una vez conocido este gradiente y determinada la conductividad térmica de las rocas subyacentes, los científicos pueden deducir el flujo de calor en un punto de la superficie.

Para conocer la conductividad térmica de las rocas, se recogen muestras en pozos y se determina en el laboratorio.

En Marte, el flujo de calor será medido con el instrumento HP3:



Cada 50 centímetros, la sonda emite un pulso de calor y sus sensores monitorizan la evolución del pulso térmico a lo largo del tiempo. Si el material de la corteza es un buen conductor de calor, como el metal, el pulso se desintegrará rápidamente. Si es un mal conductor, como el vidrio, el pulso disminuirá lentamente. Esto indica a los científicos lo rápido que la temperatura aumenta con la profundidad y cómo circula el calor dentro de Marte.

La onda de calor que emana del tubo calefactor de la perforadora lunar se extenderá al suelo marciano, por lo que los científicos podrán determinar la conductividad térmica de la regolita. Las mediciones se llevarán a cabo con precisión, incluso si la conductividad del suelo es muy baja. La atenuación diaria de la onda de temperatura diaria proporcionará a HP3 otra forma de caracterizar la conductividad térmica del suelo.

9. Material:

<u>Modelo de la conductividad térmica de una roca:</u>	<u>Modelo mediante sensores de temperatura similares a HP3:</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Muestra de basalto - Pieza de parafina - Calentador plano. 	<ul style="list-style-type: none"> - 2 barras de roca diferentes (basalto - granito) - Vela calentadora de té - Sensores de T - Arduino y PC.

10. Procedimiento:

Modelo de la conductividad térmica de una roca:



- Fijar una roca (basalto, granito...) con la pinza.
- Colocar pellets de parafina (3 a 5 dependiendo de la longitud de la muestra de roca) sobre la roca, a distancias de unos 1,5 cm.
- Encender la vela y ajustar la altura de manera que el extremo libre de la roca quede sobre la llama.
- Observar.

Resultado:

La pastilla situada justo encima de la vela se derrite primero y luego las otras pastillas se derriten sucesivamente.

Modelo con sensores similares al instrumento HP3:

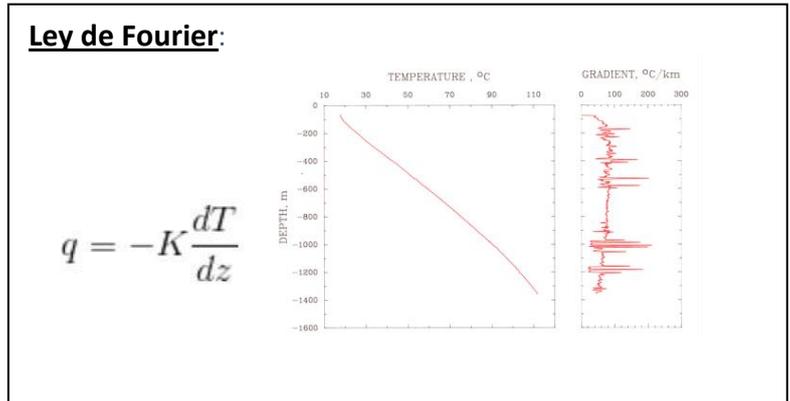


Este modelo nos muestra que el calor puede viajar gradualmente a través de la roca (como en el caso del basalto o el granito). Su progreso se puede monitorizar a través de las mediciones tomadas, que es cómo funciona HP3.

Observamos la propagación de calor de un lado a otro sin ningún desplazamiento de material. Esta transferencia de calor depende de la conductividad térmica del material que atraviesa.

También podemos observar que la velocidad de propagación de las ondas cambia a medida que aumenta la temperatura del basalto. Los estudiantes pueden calcular esta velocidad.

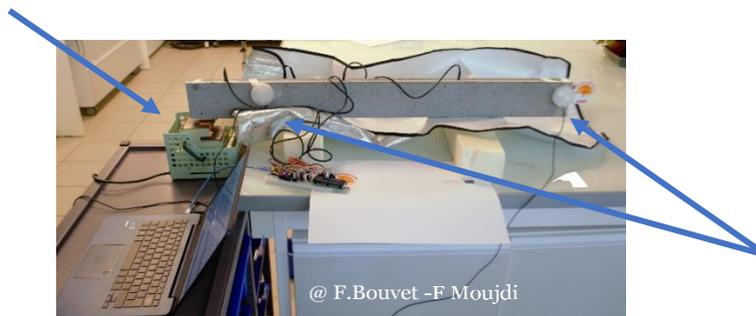
Tipo de material	Conductividad térmica (W/m/K)
Basalto	2.5
Granito	2.7
Peridotita	4.2 a 5.8
Caliza	1.7 a 3.3
Plata	420
Agua	6



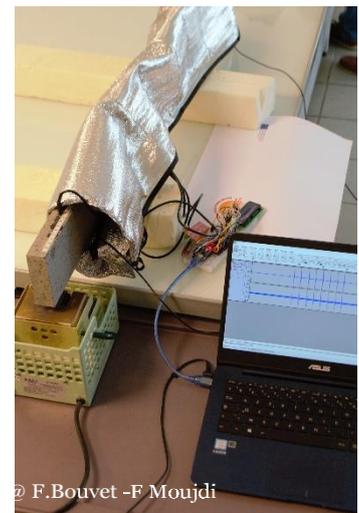
Conocemos la conductividad de las rocas estudiadas en el laboratorio. Una vez que se conoce el gradiente térmico medido en Marte, los geofísicos podrán deducir el flujo de calor, es decir, la cantidad de energía (térmica) que pasa a través de una unidad de superficie por unidad de tiempo (unidad = J/s/m² o W/m²). La ley de Fourier explica que el flujo de calor es inverso al producto de la conductividad térmica de las rocas por el gradiente de temperatura.

Modelo con sensores de temperatura y 2 células piezoeléctricas.

Placa calefactora

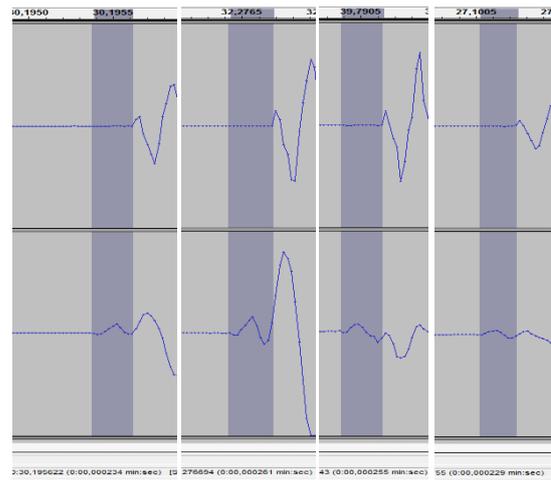
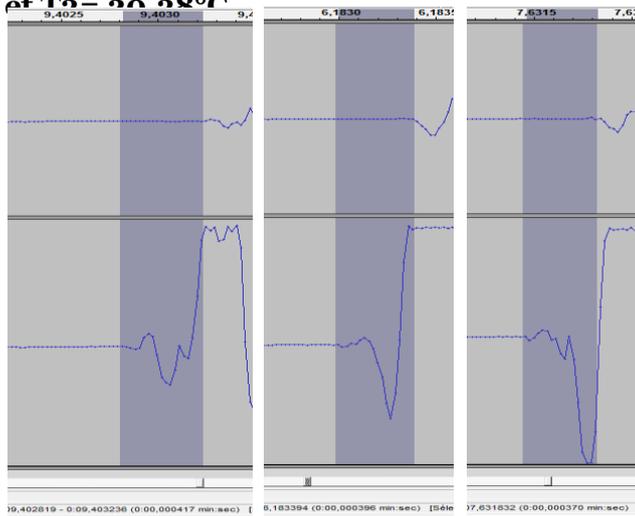


2 Células piezoeléctricas



Temperatura ambiente en la roca: 18.5°C
 et T₂ = 22.81°C

T₁ = 63,13 °C, T₂ = 22.81°C,



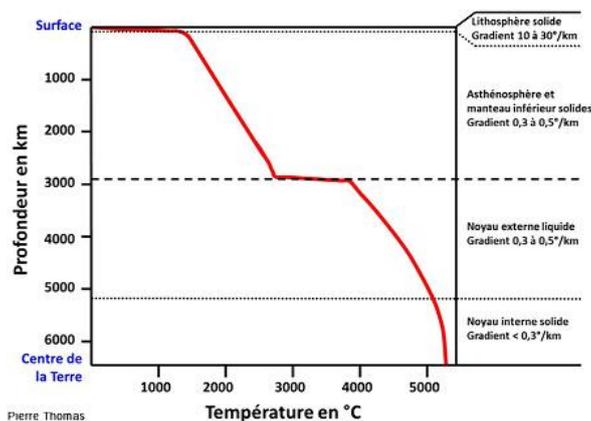
La velocidad de propagación de las ondas sísmicas se puede calcular en función de la temperatura mostrada; se puede determinar la influencia de la temperatura en la propagación de ondas y se pueden determinar las características de la roca atravesada.

11. Discusión de resultados y conclusiones

En la Tierra, el calor interno se libera por conducción cerca de la superficie. Pero en profundidad, otro proceso, la convección, explica la transferencia de calor.

Utilizando datos sísmicos, combinados con las contribuciones de estudios de laboratorio sobre las características físicas de los minerales terrestres sometidos a altas presiones y temperaturas (estudios de células de yunque de diamante), los científicos han modelado la evolución de la temperatura en relación con la profundidad.

Evolución de la temperatura interna de la Tierra según la profundidad:



Derechos reservados - © 2014 Pierre Thomas

Eso es lo que los científicos de InSight están tratando de hacer.

13. Actividades de ampliación

Evalúe los datos de temperatura del instrumento HP3 y, a continuación, compárelos con los datos terrestres para determinar el tipo de roca que compone las profundidades de Marte.

14. Más información (Recursos adicionales para profesores)

- https://www.seis-insight.eu/fr/?option=com_content&view=article&id=175:les-autres-instruments&catid=54:la-mission-insight&lang=fr-FR

- <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/chaleur-Terre-geothermie.xml>

- La planète Mars « Histoire d'un autre monde » Belin – François Forget, François Costard, Philippe Lognonné