



## **Estudo da temperatura de funcionamento da cámara de vídeo GoPro Session 4 no interior da MarumaSat II.**

*Alumnado 4º ESO Tecnoloxía, Curso 2017-18*

Departamento de Tecnoloxía, IES Miraflores, Oleiros, A Coruña

**Resumo:** Neste traballo lévase a cabo unha análise dos procesos de transferencia de calor asociados ao funcionamento da cámara de vídeo GoPro Session 4, que gravará imaxes da Terra durante o voo da MarumaSat II.

**Palabras clave:** conducción, convección, illante térmico.

### **INTRODUCCIÓN**

Este é un proxecto de NOSA, axencia espacial escolar galega.

Durante o voo da MarumaSat I, o 13 de maio de 2016, unha das cámaras de vídeo que viaxaba no seu interior, a GoPro Hero 3, apagouse 30 minutos despois de ser conectada. A hipótese principal deste mal funcionamento levounos a considerar un aumento excesivo da temperatura da cámara, consecuencia dunha baixa transmisión de calor debido ao illamento térmico da cápsula, a pesar de que a temperatura acadada no interior da mesma se situase en valores baixo cero. Trátase de evitar a repetición deste inconveniente coa GoPro Session 4 no lanzamento da MarumaSat II.

### **METODOLOXÍA**

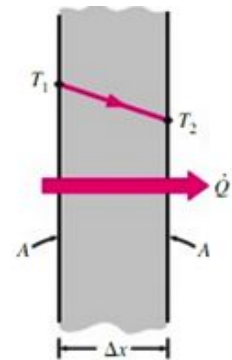
#### **Os procesos de transferencia de calor.**

A transferencia de calor estuda os procesos de propagación do calor en distintos medios. Ten lugar sempre que dous sistemas con diferentes temperaturas se poñen en contacto e continúa ata chegar ao equilibrio térmico, é dicir, ata que se igualan as temperaturas.

Son tres os modos distintos de transferencia de calor conducción, convección e radiación.

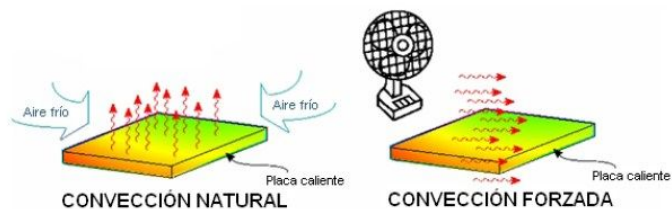
**Conducción:** prodúcese a través dun medio material (sólido, líquido ou gasoso) por contacto directo entre as súas partículas, cando existe una diferencia de temperatura. A cantidade de calor que se transfere por conducción, ven dada por la **lei de Fourier**, que establece que a velocidade de conducción de calor a través dun corpo por unidade de sección transversal, é proporcional ao gradiente de temperatura que existe no corpo.

$$Q = \frac{k \cdot A}{x} \Delta T$$



onde  $\frac{Q}{\Delta t}$  é a cantidade de calor transferida por unidade de tempo (velocidade); k a condutividade térmica (propiedade característica de cada material); A a área de transferencia de calor; x o espesor do material; e  $\Delta T$  o gradiente de temperatura.

**Convección:** corresponde coa transferencia de enerxía debida ao movemento de fraccións dun fluído. É consecuencia dunha forza externa que pode ser un gradiente de densidade debido á unha diferenza de temperatura (convección natural) ou unha diferenza de presión producida mecanicamente (convección forzada). A



cantidade de calor transferido por convección, está determinada pola lei de arrefriamento de Newton que establece que a temperatura dun corpo cambia a unha velocidade que é proporcional á diferenza de temperaturas entre o medio externo e o corpo segundo a expresión:

$$T = T_m + C \cdot 2,718^{-kt}$$

Onde T é a temperatura do corpo,  $T_m$  a temperatura ambiente, C e k constantes características do sistema e t o tempo.

**Radiación:** pode atribuírse a cambios nas configuracións electrónicas dos átomos ou moléculas. En ausencia dun medio, existe una transferencia neta de calor por radiación entre dous superficies a diferentes temperaturas debido a emisión de enerxía en forma de ondas electromagnéticas.

### Características da cámara de video

A Hero Session 4 é unha cámara compacta, case cúbica cunhas dimensións de 38\*38\*36 mm e conta cunha carcasa resistente á auga ata profundidades de 10 m.

A partir destes datos podemos calcular a superficie total da cámara:  $83,6 \text{ cm}^2$  e supoñer un moi bo illamento para conseguir a impermeabilidade total, o cal dificultaría a súa vez a transferencia de calor co ambiente.

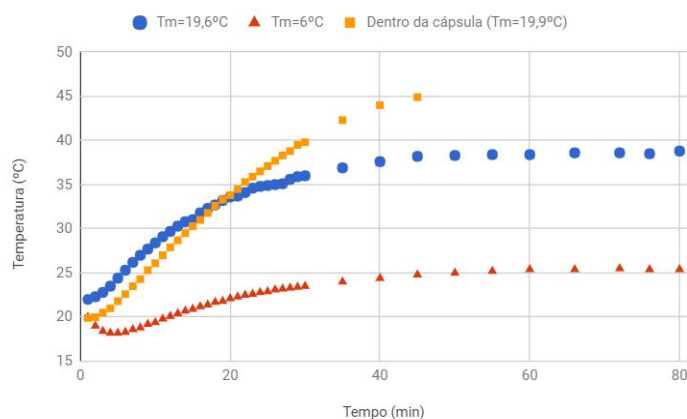
### Funcionamento da cámara fóra da cápsula

A transferencia de calor desde o interior da cámara ata a parede exterior da mesma ten lugar por condución ao tratarse dun medio sólido. Non obstante, non nos interesa considerar este fenómeno, senón o proceso de intercambio de calor entre as paredes da cámara e o ambiente, que ten lugar mediante un proceso combinado de condución (contacto das partículas do aire coa parede da cámara) e convección natural (debido ao movemento do aire en contacto coa cámara consecuencia da diferenza de temperatura). A cantidade de calor transferida dependerá da diferenza de temperatura entre a cámara e a temperatura ambiente.

Estudamos tres casos que representamos na seguinte gráfica:

a) temperatura ambiente igual a  $19,6 \text{ }^\circ\text{C}$ : obsérvase que a cámara aumenta a súa

temperatura, ao principio máis rapidamente, ata estabilizarse despois de 40 minutos de funcionamento entorno aos  $38 \text{ }^\circ\text{C}$ , cando a diferenza de temperatura entre a parede da cámara e o ambiente se sitúa entorno aos  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .



b) temperatura ambiente igual a  $6 \text{ }^\circ\text{C}$ : o comportamento é similar

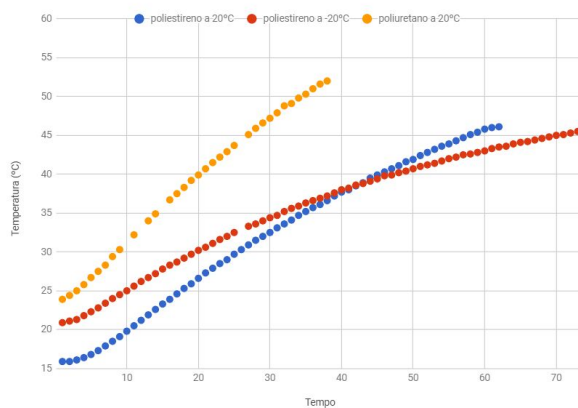
ao anterior salvo nos primeiros minutos de funcionamento nos que a parede exterior da cámara diminúe a súa temperatura. A temperatura de funcionamento da cámara estabilízase despois de 60 minutos de funcionamento nos  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , o que supón unha diferenza de temperatura co ambiente de  $19 \text{ }^\circ\text{C}$ , similar ao caso anterior.

c) a cámara está colocada dentro da cápsula, fabricada porexpán que é illante térmico, pero foi eliminado o recheo da mesma, o que supón un volume de aire menor en contacto coa mesma. A medición de temperaturas revela que a cámara incrementa a súa temperatura ata os  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  e apágase. Podemos considerar que isto é debido a que o volume do aire en contacto coa cámara é moi pequeno e está illado do exterior; este quéntase ao tempo que o fai a cámara, e nunca se acada a diferenza de temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  co ambiente, que iguala o calor producido pola cámara e o eliminado por convección. Así a cámara produce máis calor do que é capaz de eliminar e apágase.

## Funcionamento da cámara no interior da cápsula: influencia do illamento térmico.

Cando a cámara de vídeo se atopa no interior da cápsula e esta conta co recheo de material illante térmico o proceso de transferencia de calor ten lugar por conduction, xa que se temos un medio sólido en contacto coa cámara. Analizamos tres casos:

- empregando o illante habitual (poliestireno), a temperatura ambiente (20°C): a cámara non deixa de aumentar de temperatura e apágase despois de 60 minutos de funcionamento a 45 °C.
- empregando poliestireno con temperatura baixa (-20 °C): tampouco neste caso a cámara estabiliza a súa temperatura de funcionamento, apágase a 45 °C, aínda que o fai algo máis tarde (75 minutos).
- empregando poliuretano como illante térmico, prodúcese un incremento moi rápido da temperatura da cámara, que se apaga despois de 40 minutos de funcionamento a unha temperatura algo superior aos 50 °C.



## **CONCLUSIÓNS: Necesidade de usar refrixeración**

O feito de que a cámara de vídeo se apague nos tres casos estudados dentro da cápsula, incluso cambiando o illante ou simulando as baixas temperaturas que se acadaran na estratosfera, pon de manifesto a necesidade de incorporar algún tipo de refrixeración.

Posto que o proceso de transferencia de calor no interior da cápsula vai ter lugar sempre por conduction, optouse por incorporar bloques de frío en contacto coa parede da cámara. Feitas as probas correspondentes, comprobouse que a cámara pode permanecer funcionando así ata esgotar a batería ou encher a tarxeta de memoria.