

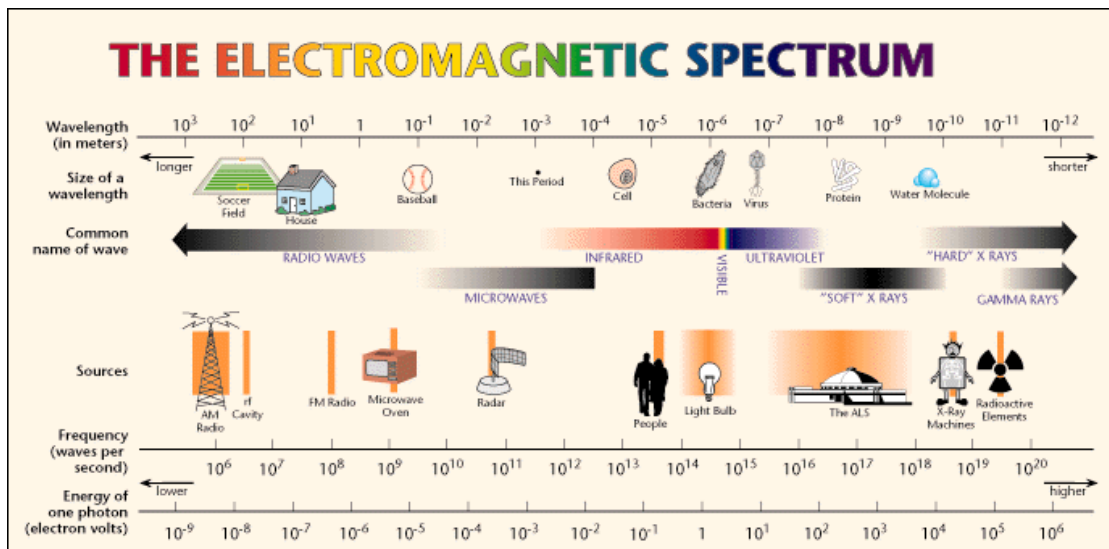
# Aparell per a demostrar l'efecte hivernacle

Lluís Nadal Balandras. Institut Lluís de Requesens. Molins de Rei. [lnadal@xtec.cat](mailto:lnadal@xtec.cat)

## Fonament

Les “**ones electromagnètiques**” són un conjunt de radiacions formades per un camp elèctric i un camp magnètic perpendiculars. Aquest conjunt de radiacions també s'anomena “espectre electromagnètic”. Al buit es propaguen totes a la velocitat de la llum. Aquestes ones es poden considerar formades per petits “paquets” o “granets” d'energia anomenats **fotons**.

Les ones electromagnètiques es poden mesurar per la seva **longitud d'ona**, **freqüència**, o per l'**energia** dels seus fotons. A més energia, més freqüència però menys longitud d'ona. Aquestes radiacions reben diferents noms de manera arbitrària. Ordenades de menys a més energia, poden ser: ones de **ràdio**, **microones**, **raigs infrarojos**, **llum visible**, **raigs ultraviolats (o llum ultraviolada)**, **raigs X** i **raigs gamma**.



*L'espectre electromagnètic.*

Un cos pot absorbir i radiar aquestes radiacions, però no s'absorbeixen o radien totes en la mateixa proporció si no que hi ha un **màxim** que depèn de la temperatura. Per a un cos que sigui un emissor o absorbidor perfecte (un cos “**negre**”), el màxim es pot calcular per la llei del desplaçament de Wien que es pot deduir de la llei de radiació de Planck:

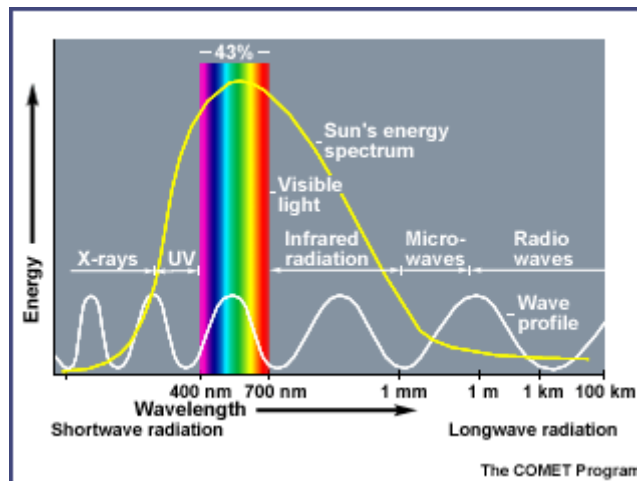
$$\lambda_{\text{màxim}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T}$$

on  $\lambda$  és la longitud d'ona (en m) i  $T$  la temperatura (en Kelvin).

A la pràctica els cossos no es comporten com un cos “negre” perfecte i absorbixen o emeten radiació en funció de la seva estructura.

<b>Màxim d'emissió de diferents cossos</b>			
	Temperatura °C	Longitud d'ona (m)	Energia (eV)
Superfície del Sol	6000°C	4,62·10 <sup>-7</sup>	2,69
Filament d'una bombeta	2200°C	1,17·10 <sup>-6</sup>	1,06
Cos a 100°C	100°C	7,77·10 <sup>-6</sup>	0,16
Cos a 20°C	20°C	9,89·10 <sup>-6</sup>	0,13

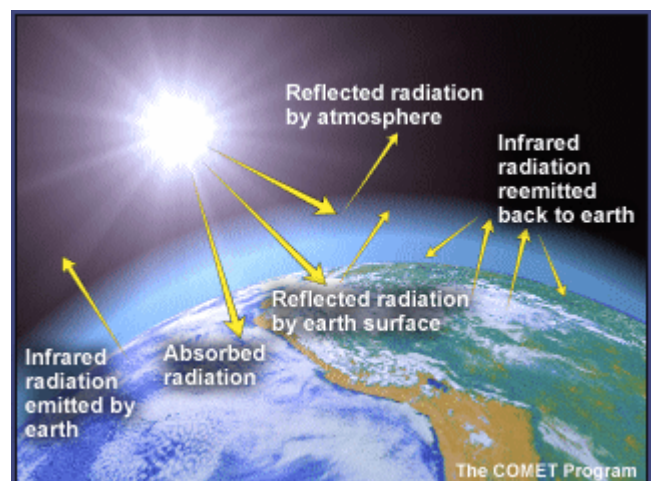
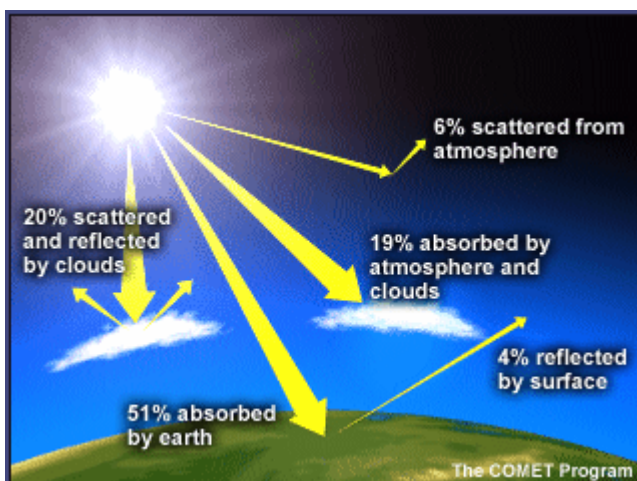
El 43% de la radiació del Sol correspon a una longitud d'ona “**curta**” que és



#### **Radiació solar.**

la llum visible. Només entre un 7 i un 8% correspon a radiacions més energètiques que la llum (radiació ultraviolada). Entre el 49 i 50% que queda correspon a l'infraroig.

Una part de la llum que arriba a la Terra és reflectida pels núvols i l'atmosfera. El percentatge de l'energia reflectida s'anomena l'**albedo**.



**La llum solar quan arriba a la Terra es parcialment dispersada per la atmosfera, reflectida pels núvols i la superfície, absorbida en la atmosfera, els núvols i la superfície i reemesa.**

Com que l'atmosfera és pràcticament transparent a la llum visible, una bona part d'aquesta arriba fins a la terra, la vegetació i els oceans on es absorbida i tornada a radiar. Com que la temperatura d'aquests cossos és molt inferior a

la de la superfície del Sol, el màxim de radiació correspon a l'infraroig d'ona "llarga". Aquesta radiació s'escaparia a l'espai si no fos pels gasos poliatòmics presents a l'atmosfera: diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), vapor d'aigua (H<sub>2</sub>O), metà (CH<sub>4</sub>), monòxid de dinitrogen (N<sub>2</sub>O) i altres. Aquests gasos que són transparents a la radiació d'ona curta, absorbeixen la radiació d'ona llarga i la tornen a emetre en totes direccions. Amb aquest efecte part de la radiació que s'escaparia cap a l'espai, torna cap a la terra. És l'anomenat **efecte hivernacle** i és el mateix mecanisme que actua en un hivernacle: el vidre és transparent a l'ona curta de la llum que entra però absorbeix y no deixa passar l'ona llarga que emeten el terra i els vegetals de manera que la radiació no pot sortir y la temperatura és més alta que a l'exterior. Dins d'un cotxe al sol amb les finestres tancades passa el mateix.

L'efecte hivernacle és bo per a la vida a la terra doncs manté una temperatura adequada i impedeix que baixi massa per la nit. Dels dos planetes més propers a la Terra, Mart té una atmosfera molt lleugera i és massa fred al no tenir efecte hivernacle. Venus té una atmosfera molt densa i és massa calent pel fet de tenir un efecte hivernacle massa intens.

El problema és que si va augmentant la concentració de gasos d'efecte hivernacle a la Terra, per exemple cremant combustibles fòssils que produeixen CO<sub>2</sub>, la temperatura del planeta anirà augmentant i provocarà un canvi climàtic que serà perjudicial per a moltes espècies, inclosa l'espècie humana. Una de les conseqüències és que fins i tot es fondran els casquets polars.

## Part experimental

A la fotografia s'hi pot veure l'aparell muntat amb tots els accessoris:



*Aparell amb tots els accessoris.*

### Alguns detalls dels components:

La termopila s'ha de connectar a un polímetre en l'escala dels mil·livolts de corrent continu. Necessita al menys dos minuts per a donar una lectura estable.

El tub d'alumini inicialment conté aire. Està tancat per cada extrem amb plàstic transparent de cuina que és transparent a la radiació infraroja. Té dues aixetes per a que se li puguin introduir altres gasos.

La cubeta s'ha d'omplir d'aigua. L'aigua absorbeix la radiació infraroja d'ona llarga i només deixa passar la radiació visible i la infraroja d'ona curta.

El disc metàl·lic negre quan absorbeix la radiació de la bombeta, agafa una temperatura pròxima als 100°C de manera que emet radiació infraroja d'ona llarga.

La bombeta no té res d'especial, és una bombeta de 60 W amb reflector.

### **1r experiment (per a demostrar que l'aigua absorbeix la radiació d'ona llarga).**

Si es fa el muntatge de la fotografia, la lectura de la cèl·lula Peltier serà quasi zero (per exemple 1 mV) donat que el disc negre només emet radiació infraroja d'ona llarga i l'aigua de la cubeta la absorbeix completament.

### **2n experiment (radiació d'ona curta).**

Es fa el mateix muntatge amb cubeta i **sense el disc negre** tal com es pot veure a la fotografia següent:



***Amb aquest muntatge passa la radiació d'ona curta que és majoritària però no la d'ona llarga.***

La radiació d'ona curta arriba al tub ple d'aire. La cèl·lula Peltier dóna un valor gran d'uns 50 mV. Aquest valor no varia si omplim el tub amb qualsevol gas poliàtom com ara butà, CO<sub>2</sub>, "gas per a treure la pols"... la qual cosa demostra que ni l'aire ni aquests gasos absorbeixen aquesta radiació.



### 3er experiment (radiació d'ona llarga).

Es treu la cubeta amb aigua i es torna a ficar el disc negre.



***Amb aquest muntatge només passa la radiació d'ona llarga***

Quan el tub està ple d'aire, el polímetre marca uns 20 mV però si l'omplim d'un gas poliatòmic com ara diòxid de carboni, butà..., la lectura baixa a menys de 10 mV indicant que el gas està absorbint. Dit d'una altra manera, aquests gasos no són transparents a la radiació d'ona llarga. Mentre absorbeixen, augmenten de temperatura i reemetten radiació d'ona llarga en totes direccions. Quan ja no reben radiació, continuen emetent fins que estan a temperatura ambient.