

## Mostra “Dalla Terra al Sole”

# Radiazione infrarossa

### Storia

Nel 1800 il fisico *William Herschel* pose un termometro a mercurio nello spettro prodotto da un prisma di vetro, per misurare il calore delle differenti bande di luce colorate. Scoprì che il termometro continuava a salire anche dopo essersi mosso oltre il bordo rosso dello spettro, dove non c'era più luce visibile. Fu il primo esperimento che mostrò come il calore poteva trasmettersi grazie ad una forma invisibile di luce.

In fisica la **radiazione infrarossa (IR)** è la radiazione elettromagnetica con banda di frequenza dello spettro elettromagnetico inferiore a quella della luce visibile, ma maggiore di quella delle onde radio ovvero con lunghezza d'onda compresa tra 700 nm e 1 mm (*banda infrarossa*). Il termine significa "sotto il rosso", perché il rosso è il colore visibile con la frequenza più bassa. Viene spesso associata con i concetti di calore e "radiazione termica", poiché ogni oggetto con temperatura superiore allo zero assoluto (in pratica qualsiasi oggetto reale) emette spontaneamente radiazione in questa banda (per la legge di Wien aumentando la temperatura il picco di emissione si sposta sempre più verso il visibile finché l'oggetto non diviene incandescente).

Nelle lunghezze d'onda adiacenti a quelle visibili fino ad un paio di micron i fenomeni associati sono essenzialmente assimilabili a quelli della luce, anche se la risposta dei materiali alla luce visibile non è per nulla indicativa di quella alla luce infrarossa. Oltre i 2  $\mu\text{m}$  ad esempio il normale vetro è opaco, così come molti gas, cosicché esistono finestre di assorbimento nelle quali l'aria è opaca e pertanto le frequenze che vi ricadono sono assenti dallo spettro solare osservato a terra. Una nuova finestra di trasmissione si apre fra 3 e 5  $\mu\text{m}$ , corrispondente al picco di emissione di corpi molto caldi (la banda utilizzata, ad esempio, dai missili a ricerca termica).

Al contrario, molti materiali che ai nostri occhi appaiono perfettamente opachi, sono più o meno trasparenti a queste lunghezze d'onda. Ad esempio silicio e germanio a queste lunghezze d'onda presentano opacità ridottissime, tanto che vengono usati per fabbricare lenti e fibre ottiche. Pure molte materie plastiche sintetiche hanno una buona trasparenza a queste radiazioni.

A lunghezze d'onda maggiori si hanno fenomeni via via più simili alle onde radio.

Il limite inferiore dell'infrarosso veniva spesso definito come 1 mm poiché a questa lunghezza d'onda termina l'ultima delle bande radio classificate. Ciononostante, la regione da circa 100  $\mu\text{m}$  a 1 mm era considerata una "terra di nessuno", difficilmente indagabile a causa della mancanza di sensori e soprattutto di sorgenti luminose adatte ad operare in questa banda. Dalla fine della prima decina degli anni 2000 queste limitazioni tecniche stanno cadendo, dando origine ad una intensa attività di ricerca su questa parte dello spettro elettromagnetico che si preferisce ormai definire regione della radiazione terahertz, detta anche dei "raggi T".

## Legge di Wien

La **legge di Wien**, detta anche *legge dello spostamento di Wien*, è una legge sperimentale che consente di individuare per quale lunghezza d'onda  $\lambda_{max}$  è massima l'emissione radiativa di un corpo nero di massa generica posto ad una certa temperatura  $T$ . Fu scritta dal fisico tedesco Wilhelm Wien nel 1893.

$$T \cdot \lambda_{max} = b$$

dove:

viene detta *costante dello spostamento di Wien*

$T$  è la temperatura assoluta, in kelvin, della sorgente ;

$\lambda_{MAX}$  è lunghezza d'onda espressa in metri per la quale è massima la radiazione emessa dal corpo (non è quindi la massima lunghezza d'onda da questo irradiata).

## Spettro dei gas

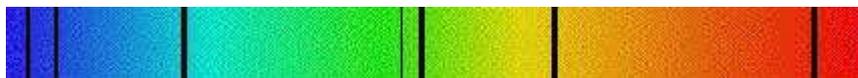
### Spettro di emissione dei gas



Un **gas** emette luce se è portato all'incandescenza per esempio attraverso una forte scarica elettrica. Lo spettro di emissione dei gas si presenta però come uno **spettro a righe** (*righe colorate su fondo nero*) formato da pochi colori di lunghezza d'onda abbastanza precisa. Ogni gas ha uno *spettro caratteristico*, così che si può riconoscere il gas mediante l'*analisi spettrometrica*.

[Righe spettrali su Physics 2000](#)

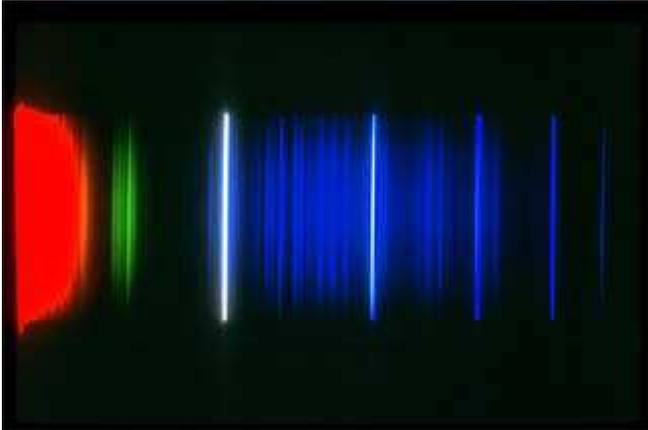
### Spettro di assorbimento dei gas



Se si frappone del gas tra un solido incandescente che emette uno spettro continuo di radiazioni, si osserva che il gas *assorbe solo le lunghezze d'onda del proprio spettro caratteristico*. Uno spettro di assorbimento è pertanto il **negativo dello spettro di emissione** (*righe nere su fondo colorato*).

Lo **spettro dell'idrogeno** ha un'importanza *storica* perché la sua analisi ha permesso di indagare più a fondo sul modello atomico.

Le prime righe osservate dello spettro dell'idrogeno furono quelle che cadevano nell'intervallo della luce *visibile*: nel **1885** lo svizzero *Johann Balmer* riuscì a scrivere una formula empirica con la quale ricavare le diverse lunghezze d'onda  $\lambda$  osservate sperimentalmente.



Formula di Balmer

$$\frac{1}{\lambda} = R_h \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n_r^2} \right)$$

La costante  $R_h = 1,0974 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$  si chiama *costante di Rydberg per l'idrogeno*. Il numero di riga  $n_r$  vale 3, 4, 5... e identifica le diverse righe di emissione, una per ogni colore.

La formula empirica di Balmer non si limitava a descrivere una situazione già nota, ma permise di *prevedere teoricamente*, con una semplice generalizzazione, l'esistenza, nello spettro

dell'idrogeno, di *serie di righe non visibili che furono osservate successivamente* nel campo dell'infrarosso e dell'ultravioletto..

$$\frac{1}{\lambda} = R_h \left( \frac{1}{n_s^2} - \frac{1}{n_r^2} \right)$$

Il numero di serie  $n_s$  è un numero intero che *identifica la particolare serie*. (Per la serie di Balmer  $n_s = 2$ ). Il numero di riga  $n_r$  può valere  $n_r = n_s + 1, n_s + 2, n_s + 3...$  e identifica una *particolare riga all'interno di una serie*.

## Serie spettrali dell'idrogeno

$n_r$	Nome della serie	Regione dello spettro
1	Lyman	Ultravioletto
2	Balmer	Visibile
3	Paschen	Infrarosso
4	Brackett	Infrarosso

Per ogni serie le righe si addensano verso una lunghezza d'onda che costituisce il *limite inferiore della serie*. Appare misterioso, alla luce dei modelli atomici classici, come un atomo semplice come quello di idrogeno, dotato di un solo elettrone, riesca a produrre uno spettro così complesso.

Questa regola empirica che determinava le lunghezze d'onda dello spettro dell'idrogeno toccava quindi qualche legge naturale più profonda che la fisica classica non era in grado di spiegare.