



Fabrizio Maglione (snaffo)

PILLOLE SUL FENOMENO DELL'IRRAGGIAMENTO

21 March 2013

Premessa

Questa trattazione, semplificata, del fenomeno di trasmissione di calore che va sotto il nome di "irraggiamento" vuole essere un punto di partenza per lo sviluppo di successivi articoli dedicati alla filiera per la produzione di **energia fotovoltaica**.

L'aspetto matematico del fenomeno è tuttavia complesso e richiede un livello abbastanza elevato di preparazione matematica, quindi opterò per un taglio decisamente più "pratico" volto a fornire/condividere/migliorare la propria comprensione di cosa accade nella conversione da energia "luminosa" a quella elettrica; con ciò si intende che l'articolo vuole fornire le spiegazioni di cosa stia dietro alcuni importanti parametri forniti nelle condizioni di prova **STC** (Standard Test Conditions) per i pannelli fotovoltaici.

Lungi da me, studente, essere in grado di fornire tutte le esatte informazioni esalto gli eventuali lettori a far notare discrepanze ed errori.

L'articolo prende spunto dagli appunti del corso di Termodinamica Applicata & Trasmissione del Calore tenuto del **Politecnico di Torino**.

Buona lettura a tutti!

Introduzione

Tutti i sistemi materiali sono in grado di emettere ed assorbire energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche. Le particolarità che contraddistinguono l'irraggiamento rispetto agli altri fenomeni di trasmissione del calore quali la *conduzione* e la *convezione* sono:

1. La presenza del fenomeno anche *senza un mezzo materiale*, ovvero aver luogo nel vuoto.
2. Avviene anche in presenza di un *mezzo separatore più freddo* di entrambi i corpi.

In particolare consideriamo, per i nostri fini, tale radiazione di *natura termica*, caratterizzata da fenomeni ondulatori/quanto-meccanici che definiscono due note relazioni quali:

$$\bullet \lambda = \frac{c}{\nu}$$

Esiste una proporzionalità inversa tra la *frequenza* ν (espressa in μm^{-1}) e la *lunghezza d'onda* λ . Per quanto riguarda c invece intendiamo la *velocità di propagazione* dell'onda che varia da mezzo a mezzo, in questa sede noi assumeremo che $c \approx 3 \cdot 10^5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, questo valore è quello nel vuoto.

$$\bullet E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Legge di Planck: l'energia di una radiazione elettromagnetica può essere considerata come un insieme di pacchetti energetici denominati **fotoni** o **quanti**. Tenendo conto di quanto sopra esposto possiamo proseguire la nostra trattazione concludendo che:

1. Poiché le particelle di qualsiasi natura costituenti un qualsiasi corpo sono continuamente in movimento al di sopra dello zero assoluto, possiamo affermare che la radiazione è emessa, assorbita o trasmessa continuamente attraverso il volume di materia, ciò ci porta a dire che l'irraggiamento è un **fenomeno volumetrico**.
2. Per solidi non trasparenti la radiazione è generalmente assorbita entro pochi micron dalla superficie quindi in questo caso si considera l'irraggiamento un **fenomeno superficiale**.
3. Le caratteristiche radiative delle superfici possono cambiare totalmente applicando su esse vernici (film sottili ad esempio).

I modelli per lo studio dell'irraggiamento

Per studiare il fenomeno ci mettiamo in condizioni ideali, le quali sono rappresentate dal *radiatore integrale*, esso è una superficie che presenta una piccolissima cavità attraverso la quale abbiamo il solo passaggio della radiazione termica che viene catturata interamente all'interno della superficie.

Questa superficie è detta **nera**; andando a fare un bilancio radiativo delle grandezze in gioco, possiamo dire che tale superficie non rifletterà e non trasmetterà la radiazione incidente all'esterno della cavità, come abbiamo già detto in precedenza. Quindi, dualmente, esso emette perfettamente una radiazione generata, in prossimità della cavità, per ogni temperatura e lunghezza d'onda: perciò si può considerare un

emettitore diffuso, dove la radiazione diffonde indipendentemente dalla direzione. Ovviamente questa è solo una mera idealizzazione poiché in natura i corpi neri non esistono.

Tuttavia questi corpi vengono introdotti per modellizzare i corpi *grigi*, che rappresentano in maniera migliore una superficie reale; in questo caso l'energia irradiata/assorbita può essere espressa in modo semplice come una frazione percentuale di quella irradiata da un corpo nero alla stessa temperatura. Questo parametro è chiamato *emissività*.

Legge di Stefan-Boltzmann

Introducendo opportune grandezze radiative e sfruttando la *Legge di Lambert*, deduciamo la relazione tra l'intensità dell'emissione monocromatica e l'emissione globale di un corpo nero. Per arrivare a tale risultato applichiamo il nostro modello ad un'emisfera.

Per un corpo nero, l'emissione globale può essere espressa come:

$$E_n = I_n \int_{2\pi} \cos\theta \, d\omega$$

L'integrale va svolto ricorrendo alla definizione dell'angolo solido, espresso in steradiani, per riferirlo a tutta la superficie dell'emisfera; quindi procediamo al cambio di variabili:

$$d\omega = \frac{dS}{r^2} = \frac{(2\pi r \sin\theta)(r d\theta)}{r^2} = 2\pi \sin\theta \, d\theta \quad [0 \leq \theta \leq \pi/2]$$

Da cui, risolvendo, si ottiene l'emissione globale del corpo nero:

$$E_n = \pi I_n \text{ che riferito alla singola } \lambda \text{ si esprime come } e(\lambda)_n = \pi i(\lambda)_n$$

Con la precedente relazione abbiamo detto che l'intensità dell'emissione irradiata per effetto termico da un corpo nero verso il vuoto, è in funzione della temperatura e della lunghezza d'onda λ ; quindi utilizzando la legge di Plank mostriamo i risultati ottenuti, i quali ci forniscono risposte interessanti (perché il sole ha colore tendente al arancio-rosso al di fuori dell'atmosfera? :))

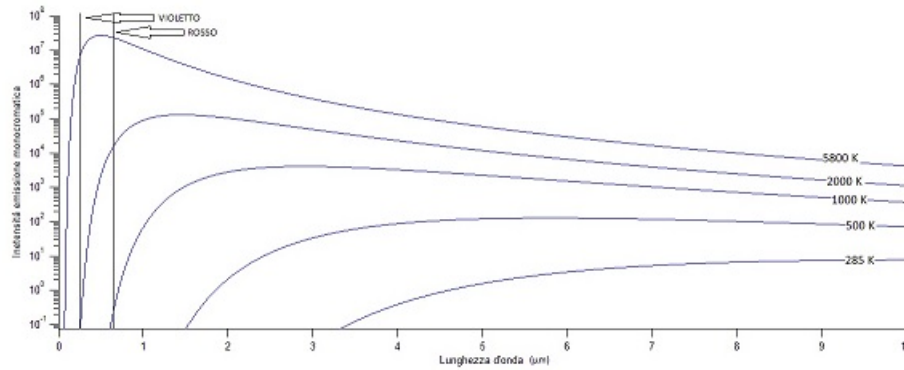


grafico irraggiamento.jpg

Da cui notiamo che il sole presenta un picco di emissione per lunghezze d'onda intorno ai 500 nm che corrispondono al suo caratteristico colore.

Integrando l'equazione di Plank su tutto lo spettro delle lunghezze d'onda finalmente giungiamo all'importante **legge di Stefan-Boltzmann** che descrive l'emissione globale (o irradianza) del corpo nero:

$$E_n = \pi I_n = \sigma T^4 \quad \sigma = 5,6710^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4}$$

NB: La temperatura va espressa rigorosamente in Kelvin!

Conclusioni

Dando uno sguardo agli sguardi ottenuti possiamo concludere che:

1. La radiazione emessa è una funzione continua, non monotona essa presenta un picco che è descritto dalla legge di Wien.
2. Fissata λ la radiazione emessa *aumenta* all'aumentare della temperatura.
3. All'aumentare della temperatura una frazione maggiore di radiazione è emessa a lunghezza d'onda più corte.
4. La radiazione emessa dal sole, considerato un corpo nero a circa 5800K presenta un picco di emissione per lunghezze d'onda poco inferiori al μm ed è questo che ne caratterizza il colore.
5. Superfici con temperature minori di 800 K emettono quasi interamente nella regione infrarossa perciò non abbiamo un fenomeno visibile diretto anche se tuttavia grazie alla riflessione della luce proveniente da altre sorgenti potrebbero risultare visibili.

Nel prossimo articolo tratterò brevemente la radiazione solare e atmosferica.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Snaffo:n-a>"