

Temperatura di brillantezza

Un concetto molto usato per misurare l'emissività termica di un corpo è la temperatura di brillantezza. Si applica sia a corpi emettitori termici, che seguono la curva di Planck, sia a corpi emettitori non termici. Questi ultimi emettono spesso solo con frequenze caratteristiche, ad esempio alle regioni HI del mezzo interstellare (ISM), emettendo a 1420 Mhz , viene assegnata la temperatura di brillantezza che corrisponde a quella di un corpo nero che emetta alla stessa frequenza con la stessa potenza irradiata (radianza).

Esaminiamo qui in dettaglio la curva emissiva del corpo nero (Planck). In fig.1 la curva per una temperatura di 300K, seguita dalla equazione esplicita in funzione della frequenza ' f '.

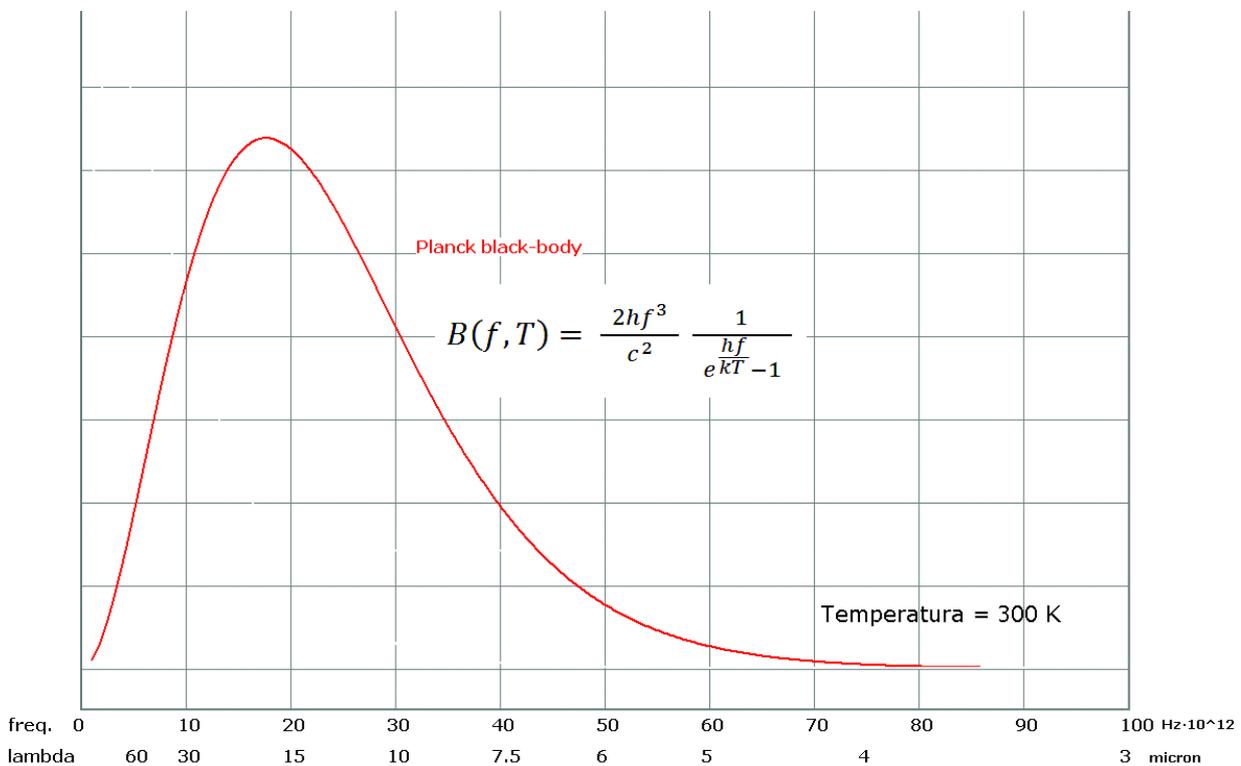


Fig.1 Curva di Planck per $T = 300 K$

Equazione di Planck
$$B(f, T) = \frac{2hf^3}{c^2} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) - 1}$$

dove k = costante di Boltzmann, f = frequenza in Hz, h = costante di Planck, c = velocità della luce nel vuoto

La legge di Planck fa riferimento ad un *corpo nero* all'equilibrio termico, cioè esso deve riemettere tutta l'energia assorbita. Ovviamente trattasi di una idealizzazione, in natura non esistono tali corpi, emissività = 1.

Il corpo nero si trova a una certa temperatura T e irradia. All'equilibrio termodinamico la radiazione emessa/assorbita avrà una distribuzione caratteristica, nota come spettro di radiazione, appunto secondo la legge di Planck. Vi sono due espressioni apparentemente diverse dell'equazione di Planck, una in funzione della frequenza e un'altra della lunghezza d'onda. Per ora useremo la prima cioè $B(f,T)$, raffigurata anche come grafico in figura 7, per una temperatura di 300 K (ovvero 27°C).

Si nota subito che l'emissività ha un massimo intorno a 16 μm quindi nel lontano infrarosso (cioè con lunghezza d'onda $\lambda > 4 \mu\text{m}$). Di questa curva è utilissimo sia trovare il massimo in funzione della temperatura (punto in cui si annulla la derivata prima) ma anche integrarla su tutte le frequenze, in modo da avere la potenza totale emessa dal corpo nero per unità di superficie (1 m^2 nel sistema S.I.).

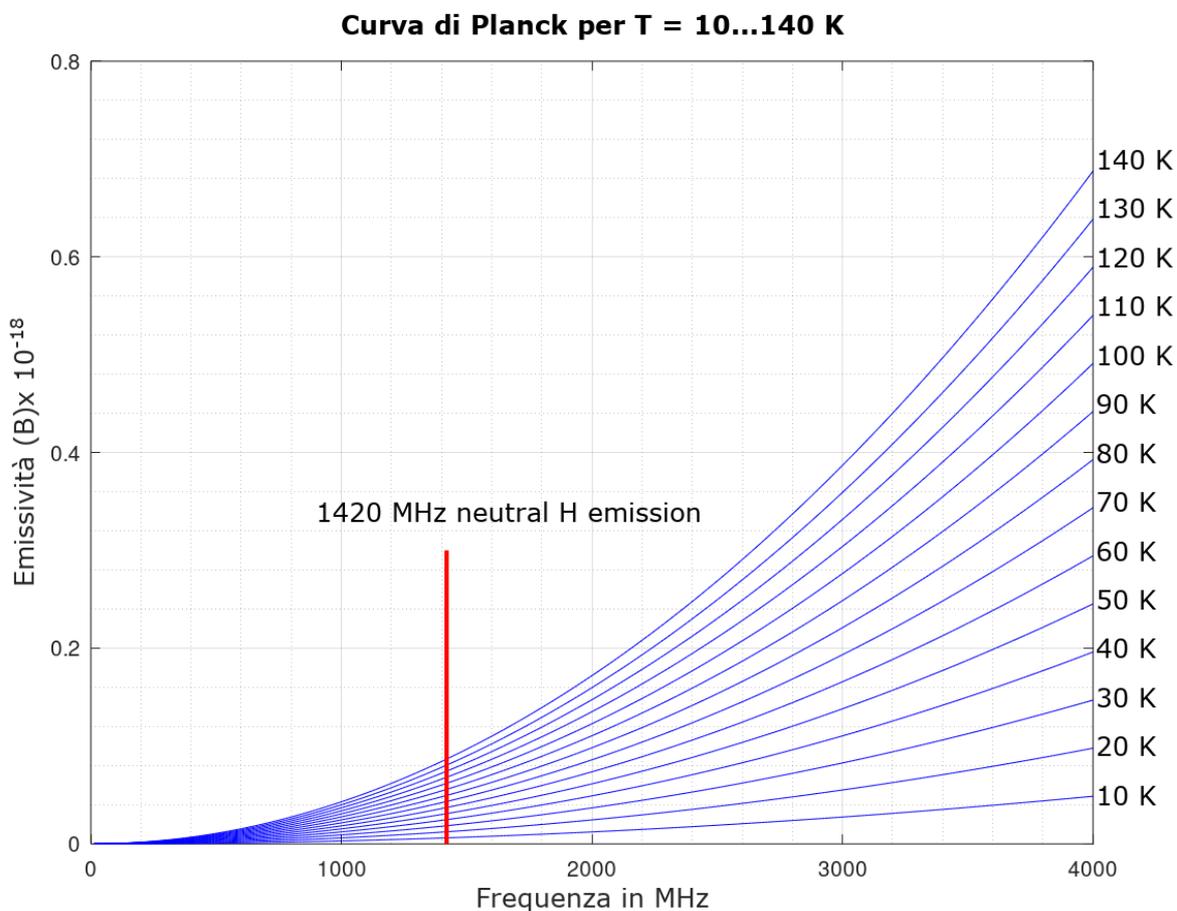
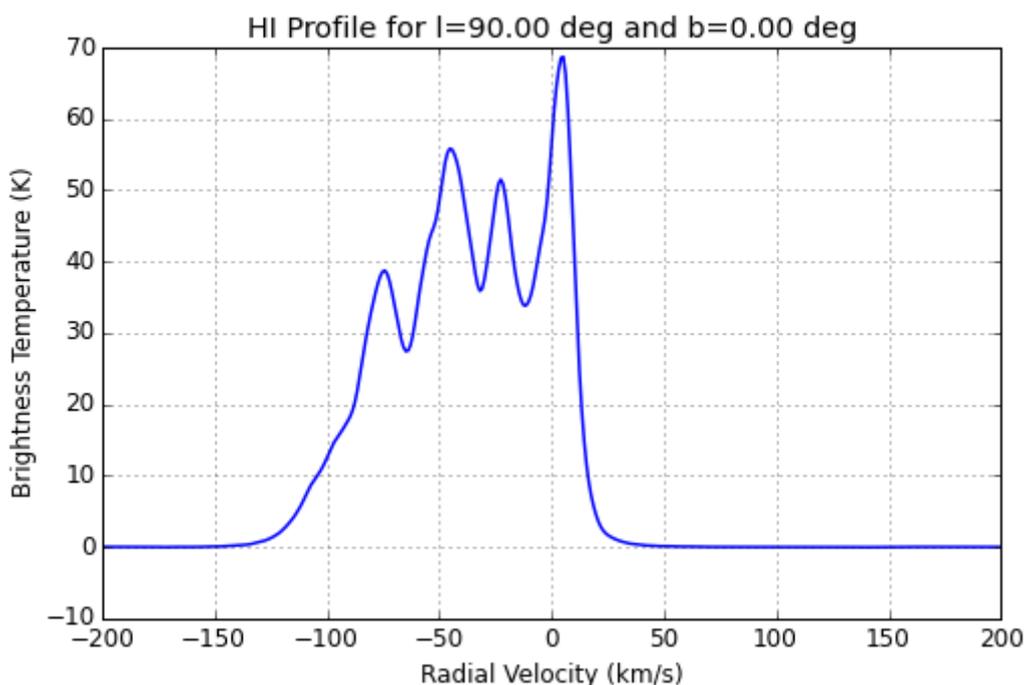


Fig.2 Curva di Planck per temperature da 10 a 140 K. Si evidenzia per chiarezza solo il tratto ascendente della curva a campana.

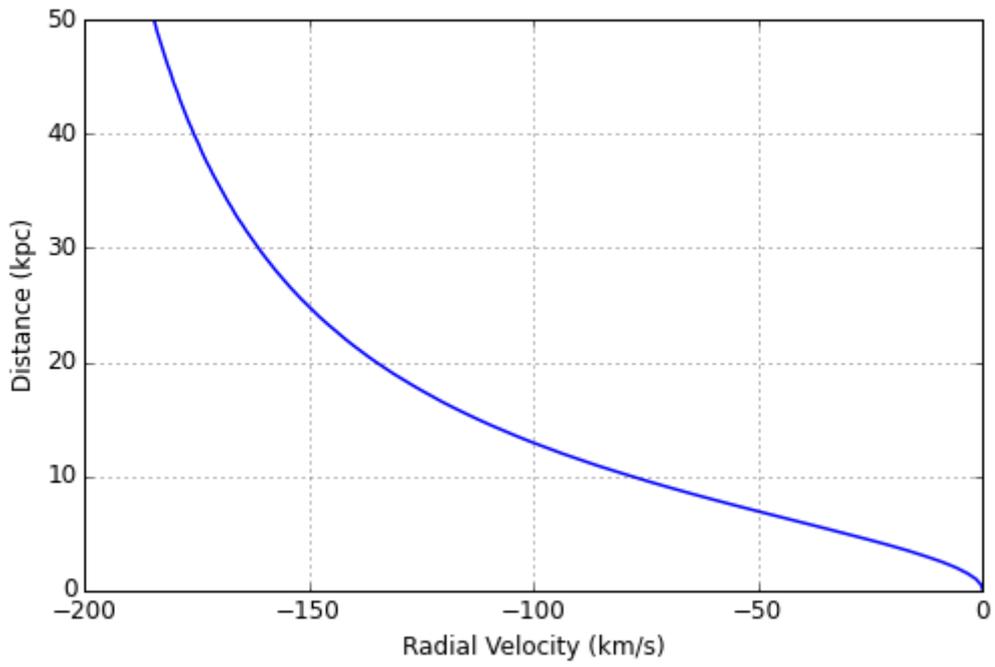
Esistono tuttoggi in rete diversi archivi che riportano i profili della riga HI in funzione della velocità radiale, nelle varie posizioni in cielo, con i quali è possibile confrontare le forme dei nostri spettri e la loro intensità. Uno dei cataloghi più completi e affidabili è l'EBHIS gestito dall'Università di Bonn

(https://www.astro.uni-bonn.de/hisurvey/AllSky_profiles/index.php). La raccolta dati fu effettuata con il radiotelescopio di Effelsberg (Bonn) da 100 metri di diametro e beam di antenna (effettivo) largo 0.2° , ma si può simulare un'apertura di antenna anche maggiore, nel nostro caso 2° , considerando l'apertura di 8 metri della nostra antenna. Specificando le coordinate celesti della regione osservata, dall'archivio si ottiene l'immagine del profilo HI associato e i dati in formato testo utilizzabili per successive elaborazioni. Da queste informazioni si ricava la forma dello spettro, la velocità radiale e la sua intensità massima (temperatura di brillantezza di picco) utilizzabile per calibrare la nostra misura.

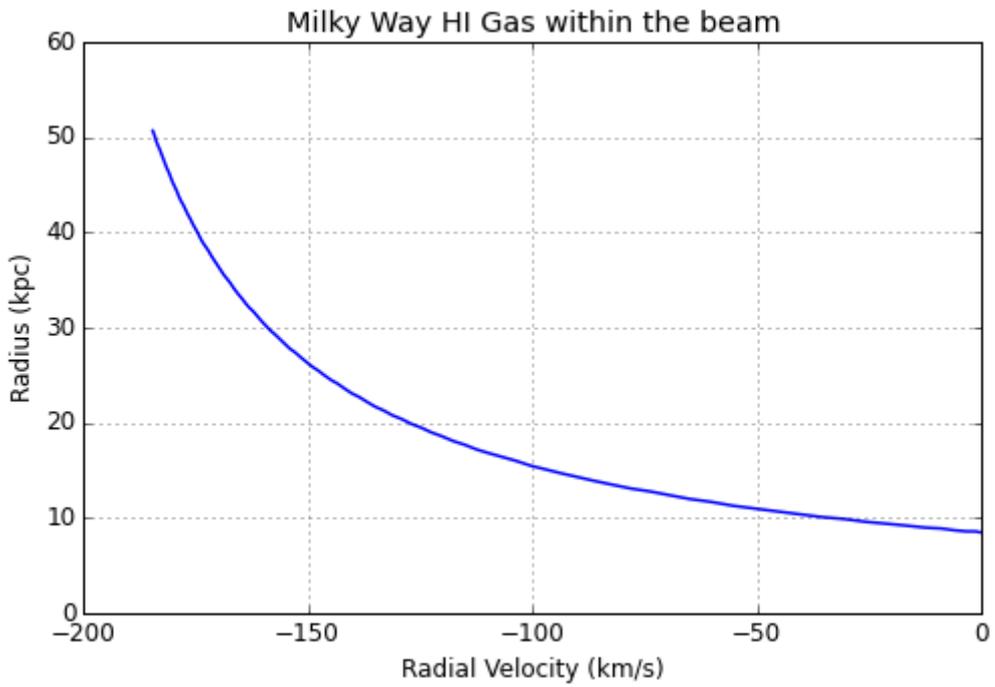
Nelle tre figure seguenti si riproducono i tre grafici di (a) temperatura di brillantezza, (b) distanza e (c) raggio in funzione della velocità radiale all'interno della Via lattea, con una scala di velocità da -200 a 200 km/s ed una apertura di beam di 2° . Gli stessi dati sono accessibili in forma numerica di file testo. Da notare che i profili che la velocità di spostamento della nube di idrogeno intercettata dall'antenna è corretta rispetto a LSR (Local Standard of Rest).



(a)



(b)



(c)

Altra questione importante è la calibrazione della misura che trasforma l'indicazione dello strumento da rapporti di potenza (espressi in dB) a valori in kelvin della temperatura di brillantezza associata alla sorgente. Ottenuta solo la variazione di potenza associata al profilo spettrale, un buon metodo per calibrare la misura consiste nel confrontare lo spettro ricevuto con uno spettro di riferimento.

L'Unione Astronomica Internazionale (IAU) ha inoltre suggerito l'utilizzo di alcune regioni del cielo, delle quali è stata accuratamente determinata la temperatura di brillantezza, da utilizzarsi come standard per le osservazioni a 21 cm.

Queste informazioni sono molto utili per confrontare le misure fra osservatori indipendenti e forniscono i riferimenti per calibrare il radiotelescopio e verificare il suo corretto funzionamento.