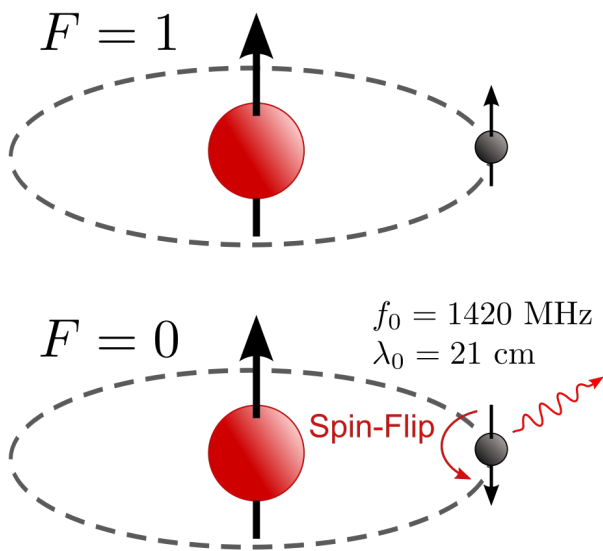


Origine della emissione a 21 cm

L'atomo dell'idrogeno neutro (non ionizzato) consiste di un solo protone legato ad un solo elettrone. Ciascuna delle due particelle ha un proprio spin, che può essere orario o antiorario. Quando il protone e l'elettrone hanno il medesimo senso di rotazione (spin parallelo) l'atomo ha un'energia leggermente superiore al caso in cui il senso di rotazione è contrario (spin anti-parallelo). Questo a causa di interazioni magnetiche tra le due particelle.

Secondo la relazione di Planck $E = h\nu$, il fotone emesso da questa transizione ha un'energia di $5,8743261841116(81) \mu\text{eV}$. La costante di proporzionalità, h , è nota come costante di Planck.

E' appunto questa transizione di spin da parallelo ad anti-parallelo la causa l'emissione di fotoni con frequenza di 1420,405 Mhz. Questo fenomeno avviene per ogni atomo mediamente ogni 10^7 anni, per cui è praticamente impossibile osservare tale fenomeno in laboratorio. Essendo però il numero di atomi di idrogeno del mezzo interstellare estremamente alto, vi si originano di continuo emissioni su tale frequenza, pertanto la riga di emissione di 21 cm è facilmente osservabile tramite i radiotelescopi.



Nonostante la probabilità dell'evento sia molto bassa e lo spazio interstellare assimilabile a un ambiente ad alto vuoto (assai più spinto di quello realizzabile artificialmente), i pochi atomi di idrogeno presenti per metro cubo (da 10000 a 100000) sono una frazione significativa della massa totale della Galassia. Considerando le dimensioni della nostra Galassia (Via Lattea), con un diametro di circa 100000 anni luce, la loro emissione

Fig.1 Spin-flip dell'idrogeno atomico

diventa osservabile anche con piccoli

radiotelescopi. Già dal finire degli anni '40 del secolo scorso mediante queste misure fu possibile evidenziare la struttura a spirale della nostra galassia.

Con le moderne tecniche di analisi strumentale, includendo l'uso di satelliti e sonde, svariate altre frequenze elettromagnetiche ci hanno svelato i segreti della nostra Galassia.

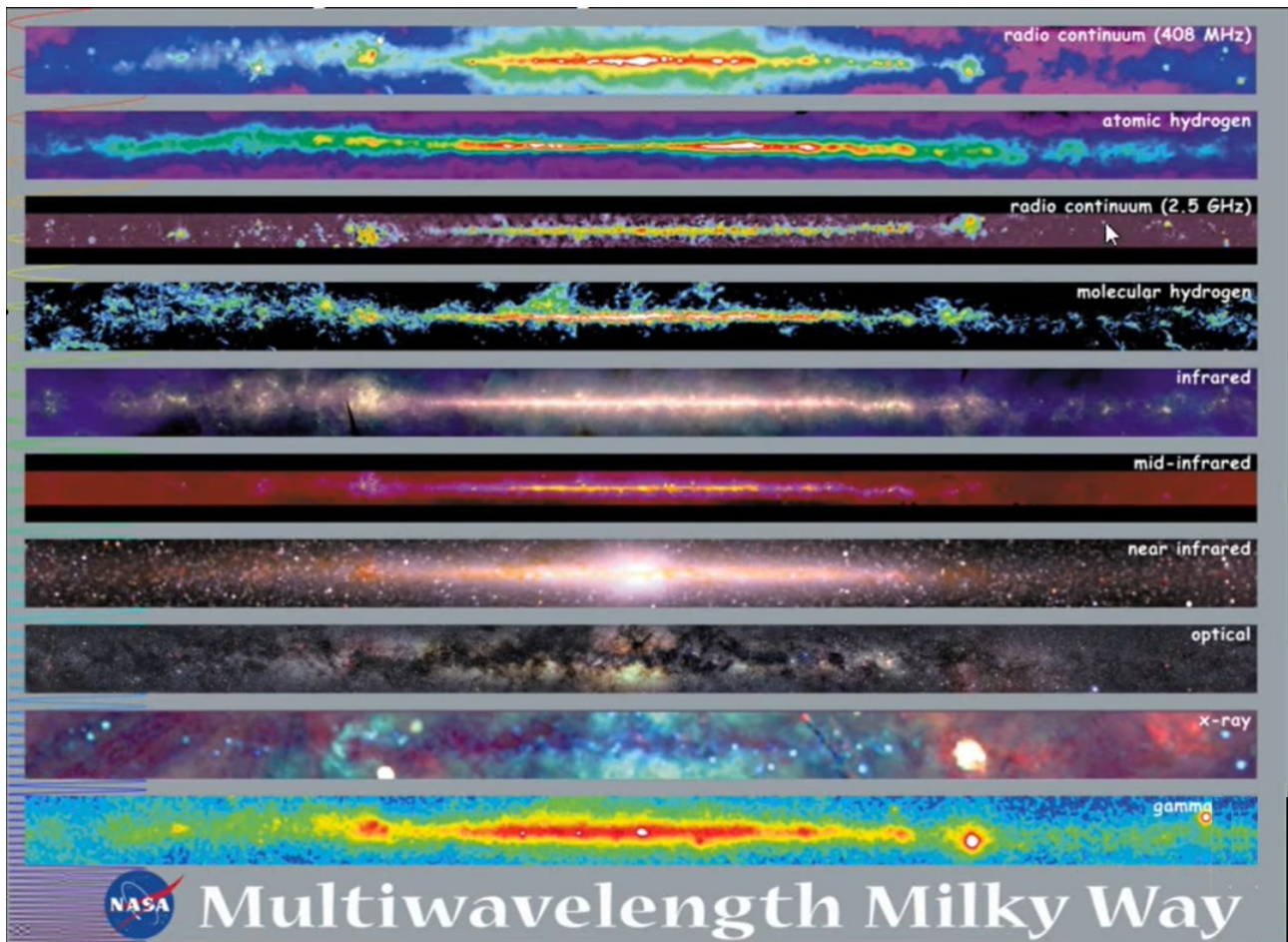


Fig.2 Profilo galattico visto dal nostro punto di osservazione (sistema solare) a varie frequenze; dall'alto al basso 408 Mhz, 1420 Mhz (idrogeno atomico), 2,5 Ghz, idrogeno molecolare (lontano IR), infrarosso medio e vicino (al visibile), visibile, Raggi-X, Raggi-gamma (Credit: NASA-GSFC)

In tutti i casi citati in figura è possibile utilizzare una scansione in frequenza attorno alla frequenza centrale. Nel caso della banda a 21 cm utilizziamo circa 1 MHz in una banda cosiddetta di riposo, in quanto corrisponde ad un movimento relativo tra materia emittitrice e ricevitore nullo.

Per un fenomeno fisico noto come effetto Doppler, uno spostamento dell'emettitore rispetto all'osservatore (radiotelescopio) crea un leggero spostamento in frequenza, che non sfugge alla moderna strumentazione.

Otteniamo quindi informazioni sulla dinamica degli spostamenti delle grandi masse gassose emittenti nello spazio interstellare (ISM, Inter Stellar Medium) e sulla loro velocità rispetto all'osservatore.

Se queste si allontanano dalla Terra, il picco della riga sarà spostato verso frequenze minori, se sono in avvicinamento la frequenza sarà maggiore rispetto al valore del gas

a riposo. Poichè il disco galattico è relativamente trasparente a queste frequenze, studiando come si modifica il profilo della riga nelle varie regioni del cielo e indagando la distribuzione del gas è possibile determinare indirettamente la struttura, la curva di rotazione e la forma della Galassia.

Per il principio di indeterminazione di Heisenberg (meccanica quantistica), una riga spettrale non può essere infinitamente stretta: l'indeterminazione dei livelli di energia di decadimento delle transizioni degli atomi, che da eccitati ritornano allo stato di riposo, allargano il suo profilo "naturale". Intervengono anche altre cause come le collisioni fra gli atomi e la loro agitazione termica, la turbolenza di gruppi di atomi con la stessa velocità (allargamento per effetto Doppler) e, nel caso di una misura astronomica, gli effetti introdotti dal mezzo interstellare fra sorgente e osservatore. L'allargamento osservato è determinato principalmente dall'effetto Doppler dovuto al moto della nube emittente rispetto all'osservatore. Inoltre, maggiore è l'ampiezza del fascio di ricezione dell'antenna ricevente (scarso potere risolutivo del radiotelescopio), meno definito e più largo risulterà il profilo della riga durante una scansione del cielo, dato che il segnale ricevuto è la convoluzione del beam di antenna con il profilo della sorgente. Una grande antenna con un lobo di ricezione molto stretto, oltre a guadagnare in sensibilità, ottimizzerà la risoluzione spaziale della misura migliorando la definizione dello spettro con le sue complesse strutture che risultano dalla sovrapposizione di numerosi contributi delle masse di idrogeno, ciascuno con differenti velocità, provenienti dai bracci a spirale della Galassia.