

RADIOASTRONOMIA: OSSERVARE IL CIELO A TUTTE LE FREQUENZE

Valerio Messina

(valerio.messina@italtel.it)

Storia della Radioastronomia

Convenzionalmente si fa nascere la radioastronomia nel 1931 quando l'ingegnere Karl Jansky, incaricato di capire da dove provenissero dei disturbi su alcune linee telefoniche, mediante un'antenna apposita, concluse che molti disturbi erano provocati dai fulmini, ma un disturbo proveniva dal cielo, in particolare dal centro galattico. Proseguì i suoi studi un astrofilo radioamatore Grote Reber nel 1937 con una parabola da 9 metri identificando molte altre radiosorgenti galattiche. Come si vede la radioastronomia arriva molto dopo l'astronomia ottica. Con l'arrivo del volo orbitale e dell'elettronica a valvole e poi a transistor, la tecnica elettronica e di conseguenza la radioastronomia si perfezionò ad un punto tale che oggi abbiamo mappature del cielo a tutte le lunghezze d'onda, con risoluzioni angolari notevoli (0.0001" d'arco) e si conoscono migliaia di sorgenti galattiche e moltissime sorgenti extragalattiche, di cui molte correlate alle controparti visibili in ottico.

Onde elettromagnetiche e Luce visibile

Come molti di voi sapranno, la luce visibile è un'onda elettromagnetica. Fanno parte delle onde elettromagnetiche: i raggi Gamma, i raggi X, gli UV (ultravioletti), la luce visibile, gli IR (infrarossi), e le onde radio (divise a sua volta in bande). In particolare la luce visibile ha una frequenza compresa tra 384 e 625 [THz] (mille miliardi di oscillazioni al secondo). Come tutte le altre onde elettromagnetiche, nel vuoto e nell'aria si muove a circa $c=300$ [Mm/s] (milioni di metri al secondo), e in particolare la luce visibile ha lunghezza d'onda compresa tra circa 480 e 780 [nm] (miliardesimi di metro). Per una trattazione approfondita, vedi la dispensa sulle onde elettromagnetiche.

$$c \text{ [m/s]} = \lambda / T = \lambda * v$$

$$E \text{ [J]} = h * v$$

Atmosfera, Finestra del visibile ed evoluzione

Dal sole e dallo spazio ci arrivano onde elettromagnetiche di tutte le frequenze, da quelle a variazioni ultra lente (onde lunghe) a quelle ad altissima energia (raggi Gamma), ma l'atmosfera terrestre filtra gran parte di queste onde. Arrivano fino a terra solo le frequenze del visibile, gli UVA (che sono una piccola parte dei raggi ultravioletti), gli infrarossi vicini, e le microonde fino alle HF a circa 10 [MHz]. Per fortuna onde molto pericolose come i raggi Gamma, X e UVB e UVC sono bloccate. Non a caso l'evoluzione della vita si è spostata dai soli oceani alla terra, proprio quando lo strato di ozono ha cominciato a bloccare in alta atmosfera queste radiazioni pericolose. E non a caso il nostro senso della vista si è evoluto per riuscire a percepire proprio la più alta radiazione non

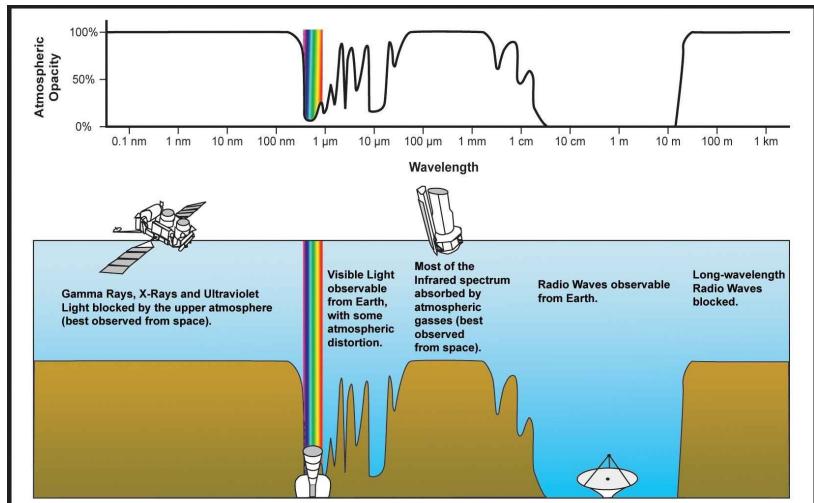


Illustrazione 1: Atmosfera e finestra del visibile

nociva che arriva fino a terra. E' vantaggioso vedere mediante la più alta frequenza perché permette di avere risoluzioni spaziali elevate, cioè distinguere i dettagli di ciò che si vede.

Osservare a tutte le frequenze

Resta il fatto che per osservare tutte le radiazioni che ci giungono dallo spazio a scopo scientifico, serve uscire dall'atmosfera, che in questo caso "falsa" la visione. Per questa ragione, in passato si sono usati palloni sonda e attualmente i satelliti artificiali. Ad esempio osservando nei raggi infrarossi si osserva il calore emesso dai corpi, e questo permette di vedere stelle che si trovano dietro a nubi di polvere fredda, che nel visibile oscurano quello che si trova dietro. Nei raggi X si osservano le emissioni sull'orizzonte degli eventi dei buchi neri, quando la materia viene accelerata e cade nel buco. E' ovviamente fuori dalla portata di un amatore (e anche di molti astronomi professionisti) lanciare o usare un satellite per questo genere di osservazioni. Di tutte le frequenze che giungono fino a terra, la gamma del visibile, per anni l'unica utilizzata anche dall'astronomia classica professionale, appare molto stretta e fornisce una visione parziale dello spazio, soprattutto dà una visione antropocentrica, basata sul nostro senso della vista. Rimangono comunque diverse frequenze accessibili da terra, e quindi all'amatore, e provenienti dallo spazio. Ad esempio osservazioni in microonde ($>3\text{GHz}$), UHF (3GHz-300MHz), VHF (300-30MHz) e HF ($<30\text{MHz}$) in ordine di costo e complessità decrescenti.

Problemi della Radioastronomia da terra

Nelle onde radio si aggiunge però una problematica, la risoluzione. Approssimativamente possiamo dire che una radiazione elettromagnetica permette di risolvere (vedere i dettagli di) un oggetto di una certa dimensione D , se questo è diverse volte più grande della lunghezza d'onda della radiazione incidente. Se le dimensioni dell'oggetto e quelle della radiazione usata per illuminarlo, sono paragonabili, si manifestano fenomeni di diffrazione che ostacolano, se non impediscono di capire come è fatto l'oggetto. Nel caso della luce visibile che viaggia in aria o nel vuoto, la lunghezza d'onda varia da 480 a 780 [nm], per cui riusciamo tranquillamente a vedere oggetti molto piccoli con un'ottima risoluzione. Infatti con i migliori microscopi ottici si percepiscono anche dimensioni inferiori al micron, le dimensioni dei virus. Nel caso delle onde radio la lunghezza d'onda varia da 1 [mm] a 10 [Km], per cui la risoluzione è minore e di conseguenza risulta maggiore il minimo dettaglio osservabile dell'oggetto. In realtà la risoluzione dipende anche dal diametro dell'obiettivo che usiamo per ricevere l'onda usata per analizzare (emessa o riflessa) l'oggetto. Nel caso delle onde radio dipende dalla dimensione dell'antenna. La formula per ricavare la risoluzione angolare in radianti è questa:

$$R [\text{rad}] = (1.22 * \lambda) / \emptyset$$

dove R è la minima distanza angolare distinguibile tra due particolari di un oggetto, λ (lambda) è la lunghezza d'onda e \emptyset è il diametro della parabola o dell'ottica. Con lambda molto grandi, come nel caso delle onde radio, servono \emptyset grandi per avere R sufficientemente e realisticamente piccoli. Ed è per questo che si costruiscono parabole per

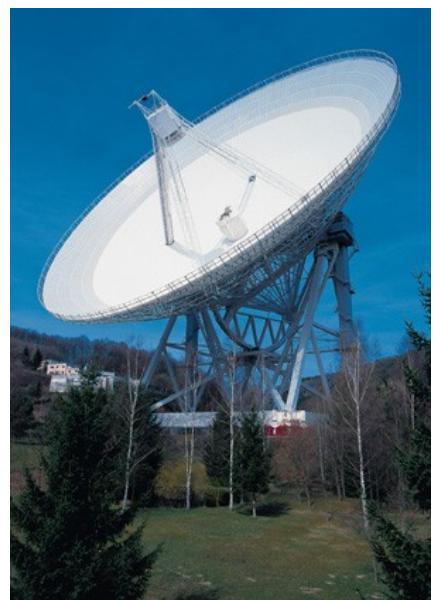


Illustrazione 2: Effelsberg, Colonia - 100m mobile dish

radioastronomia enormi, fino a 100 metri mobili (come quella di Effelsberg in Germania vicino a Colonia) o 300 metri fisse (come quella di Arecibo a Porto Rico, USA).

I vantaggi della Radioastronomia

Esistono però anche dei vantaggi nel voler ricevere onde radio rispetto a quando si osserva in luce visibile. Per fortuna mentre nel caso delle ottiche per la luce visibile (che devono essere fatte di vetri o specchi) ci sono limiti di dimensione (siamo a 10 metri) dovuti al peso delle stesse (sono superfici piene), nel caso della radioastronomia, si possono spesso realizzare parabole enormi, perché si usa una rete metallica. Il metallo, in particolare l'acciaio, già di per sé ha caratteristiche di resistenza meccanica specifica molto superiore rispetto al vetro. Inoltre realizzando le parabole a rete, queste non prendono vento, neve e pioggia, rendendo i tralicci di supporto, qualcosa di ingegneristicamente realizzabile anche con diverse decine di metri di diametro. L'uso di reti metalliche forate è possibile in quanto, per il discorso visto prima sulla risoluzione, con lunghezze d'onda grandi 10 [cm] o più, "buchi" di alcuni centimetri nella superficie riflettente "non sono visti" dall'onda, che cui la parabola si comporta come se fosse uno specchio continuo. Stesso discorso per il livello di finitura della parabola. Mentre in ottica visibile, servono levigazioni della superficie pressoché perfette (si richiede $\frac{1}{4}$ di lambda, e alcuni usano $\frac{1}{13}$ lambda), pena distorsioni dell'immagine vistosissime, nel caso della radioastronomia, asperità delle superficie riflettente di 1 [mm] sono assolutamente ininfluenti, infatti 1 [mm] è più piccolo di $\frac{1}{13}$ di lambda già in UHF (10/13 [cm] - $\frac{1}{13}$ [m]). Altro vantaggio non trascurabile della ricezione radio, è che la luce del Sole non impedisce completamente l'osservazione del cielo. Infatti molti radiotelescopi operano 24 ore su 24, giorno e notte, con le nuvole, la pioggia, ecc.

Interferometria

Bisogna poi ricordare che i radiotelescopi sono stati i primi telescopi a sperimentare, un po' per necessità un po' per pionierismo, l'interferometria. In pratica si usano due o più radiotelescopi lontani tra loro per osservare lo stesso oggetto nello stesso momento. I tracciati acquisiti sono memorizzati con un riferimento temporale molto preciso. Poi in un centro di calcolo comune si correlano i dati, ottenendo in questo modo una risoluzione equivalente pari a quella ottenibile con un radiotelescopio grande quanto la distanza dei due radiotelescopi. Con questo sistema (per la verità ora disponibile anche in ottico) si sono riusciti a risolvere dettagli di oggetti in microonde, con un livello impossibile anche per i 300 metri di Arecibo. Basti pensare che spesso i radiotelescopi della rete mondiale VLBI sono posti agli antipodi, per cui si ottengono parabole equivalenti di 10 [Mm].



Illustrazione 3: VLA New Mexico - 27x25m antennas

Cosa si "vede" con la Radioastronomia

Ci sono diversi oggetti astronomici che sono di interesse e oggetto di studio per i radioastronomi:

- Sole è la sorgente più intensa che raggiunge la superficie terrestre oltre che nel visibile anche tra i 3 e i 60 cm. La sua emissione è composta da due componenti,

una lentamente variabile in settimane, e una componente a burst. Facilmente ricevibile con uno strumento amatoriale.

- Luna ci invia radiazione di corpo nero per emissione termica. Si può ricevere nel campo delle microonde dove è più intensa e alla portata anche di radio astrofili.

- Giove emette dei burst nel campo delle onde HF da 10 a 40 [MHz], dovute all'interazione fra il suo campo magnetico con il satellite Io. I vulcani attivi del satellite lanciano del gas conduttore nello spazio, che interagendo con il campo magnetico del pianeta generano delle forti tempeste elettromagnetiche. Burst radio facilmente ricevibili da amatori, e target per il primo strumento radioastronomico del circolo astrofili di Milano.

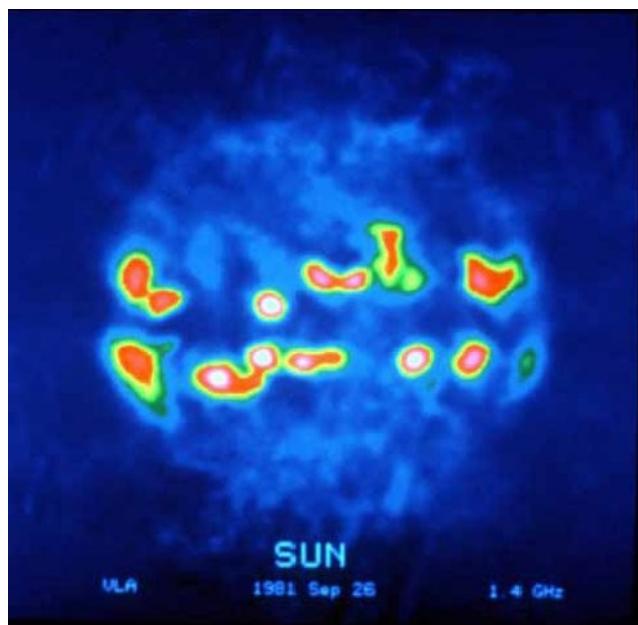
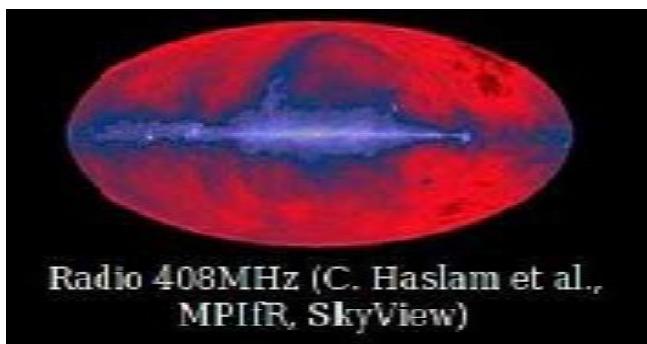


Illustrazione 3: Sole in onde radio e falsi colori



Radio 408MHz (C. Haslam et al., MPIfR, SkyView)



Radio 1420MHz (J. Dickey et.al. UMn. NRAO SkyView)

- sorgenti galattiche accessibili all'amatore sui 100 [MHz] sono Cassiopea A o resti di supernove come la Nebulosa del Granchio e il centro galattico Sagittario A. Altre meno intense sono le nubi di idrogeno ionizzato come la Nebulosa di Orione.

- sorgenti extragalattiche come Cigno A un probabile buco nero, le Pulsar stelle di neutroni, o i Quasar ancora non ben spiegati, oggetti non alla portata dell'amatore.

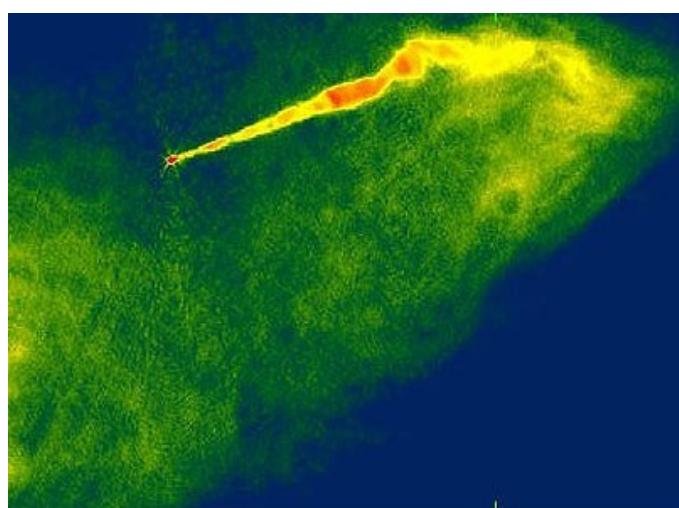


Illustrazione 5: M87 Vergine A in radio