



Editoriale



Tutto il materiale riprodotto in questo periodico è di proprietà dell'Associazione Astronomica Euganea, salvo dove indicato esplicitamente.

Gli articoli sono pubblicati sotto la responsabilità dei singoli autori.

**A.A.E. Associazione
Astronomica Euganea**

Delegazione territoriale dell'UAI
Unione Astrofili Italiani - DELPD01 per la
Provincia di Padova

via C. Battisti, 59/D
35010 Limena PD

C.F. 92068330288

La ripresa è qui

Riprendiamo le attività, seppur timidamente e con tutte le precauzioni del caso, ricominciamo !

Abbiamo già ripreso ad incontrarci in sede, a Mezzavia, e devo dire che è bello poter ridere ancora insieme; confrontarci, parlare di come stiamo, vederci.

Anche se con mascherina e distanziati ... bellissimo !

Riprenderemo anche le attività pubbliche, cercando di rispettare i protocolli suggeriti dalla UAI, e soprattutto rispettando le volontà dei nostri soci.

Scrivevo tempo fa nel gruppo che non voglio obbligare nessuno a sottoporsi ad inutili "sacrifici" mettendo a disposizione la propria strumentazione per l'osservazione visuale, dovendo quindi gestire l'assembramento di persone e la possibilità di contrarre qualche infezione o contagiare altri.

Quindi le attività verranno svolte con l'uso di telecamere (webcam, ccd, cmos...) collegate al o ai telescopi, proiettandone le immagini su un megaschermo tramite proiettore.

Quindi due attività ci aspettano già in luglio. Il 10 luglio col classico, consueto appuntamento a Monselice ed il 24 luglio con un workshop sulla fotografia astronomia a Due Carrare, progetto richiestoci già nel 2020 e posticipato ad "oggi".

Vi ricordo inoltre di partecipare al bollettino; scrivete, proponete, coinvolgete i vostri figlioli ...

Arrivederci a presto.

Forza ragazzi !

Carlo Vinante

Presidente A.A.E. Associazione Astronomica Euganea

Perché la Radioastronomia ?

di Andrea Fasson

Gli esseri umani hanno guardato il cielo stellato fin dalla Preistoria; l'osservazione però era limitata alla sola porzione dello spettro elettromagnetico occupato dalla luce visibile. L'introduzione del telescopio ad opera di Galileo, ai primi del Seicento, ha comunque permesso di effettuare nuove scoperte, ma pur sempre vincolate allo spettro del visibile. La successiva scoperta delle radiazioni infrarosse prima, ed ultraviolette poi, non ha inizialmente apportato grandi cambiamenti, dato che queste bande sono entrambe bloccate dall'atmosfera terrestre (i primi telescopi per IR ed UV saranno montati su satelliti artificiali, agli inizi dell'Era spaziale).

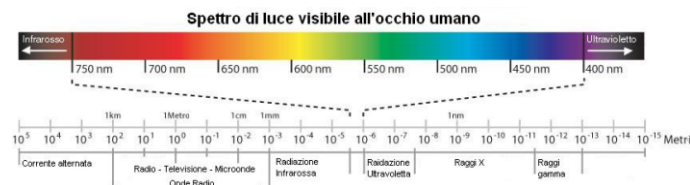


Fig 1 - Spettro elettromagnetico

Un nuovo campo invece si è aperto con la realizzazione della radio: già agli albori di questa nuova tecnologia, i primi sperimentatori (Marconi e Tesla per nominarne qualcuno) si accorsero della presenza di "segnali" provenienti dallo spazio, senza però comprenderne l'origine. Anche qui, comunque, solo alcune bande di frequenza possono passare, mentre (molte) altre sono bloccate dall'atmosfera terrestre (ben più complessa di quanto possiamo immaginare!). Negli anni '30 del Novecento, Karl Jansky è incaricato di scoprire le cause di un disturbo che andava ad interferire con i (primi) ponti radio in Onde Corte: usando un'antenna orientabile appositamente costruita (detta "Giostra di Jansky"). In quella occasione scoprì una emissione radio di origine sconosciuta che poi identificò

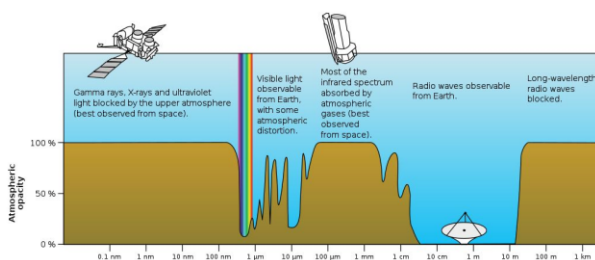


Fig 2 - Trasparenza atmosfera

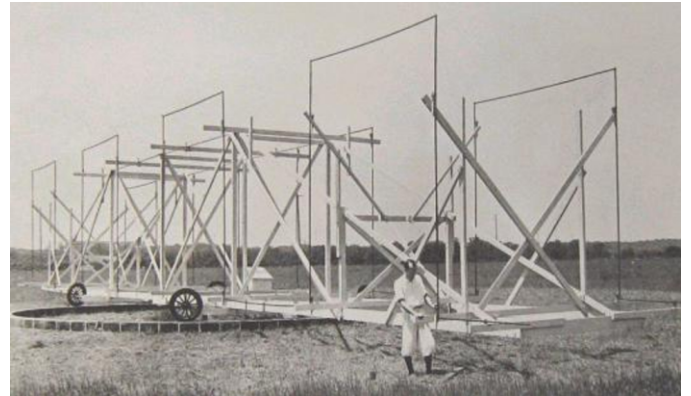


Fig 3 - la Giostra di Jansky

come proveniente dal centro della nostra galassia. Da quel momento la radio astronomia si sviluppò rapidamente e ha dato un grande contributo per la conoscenza dell'Universo. Le osservazioni sono fatte sia nel continuo (radioastronomia a banda larga) che per linee spettrali (radio spettroscopia). Molte delle nostre conoscenze riguardo la struttura della Via Lattea provengono dalle osservazioni radio della linea di emissione a 21 cm dell'idrogeno neutro e, più recentemente, della linea a 2.6 mm della molecola di monossido di carbonio.

Grazie alla radioastronomia si sono scoperte le stelle pulsar e le stelle quasar. Il suo lavoro, la cui importanza inizialmente non viene riconosciuta, sarà poi ripreso da Grote Reber, un radioamatore (W9GFZ) che, con antenne ed apparati autocostruiti, riuscirà a realizzare le prime mappe radio del cielo. Il nome di Jansky comunque non viene dimenticato, a lui viene intitolata l'unità di flusso, cioè la misura della "potenza" delle sorgenti radioastronomiche. A fine anni '60, farà scalpore la scoperta di una serie di segnali radio (relativamente!) molto forti e cadenzati in maniera incredibilmente regolare: il segnale emesso dalle pulsar, stelle di neutroni in rotazione rapidissima! Jocelyn Bell, l'autrice della scoperta e della corretta interpretazione del fenomeno, NON riceverà il Nobel...

Non molti anni dopo, un'altra interferenza su ponti radio sperimentali (questa volta a microonde) porterà Arno Penzias e Robert Wilson all'identificazione della radiazione cosmica di fondo. A questa, seguiranno parecchie altre scoperte in campo cosmologico. Parallelamente,

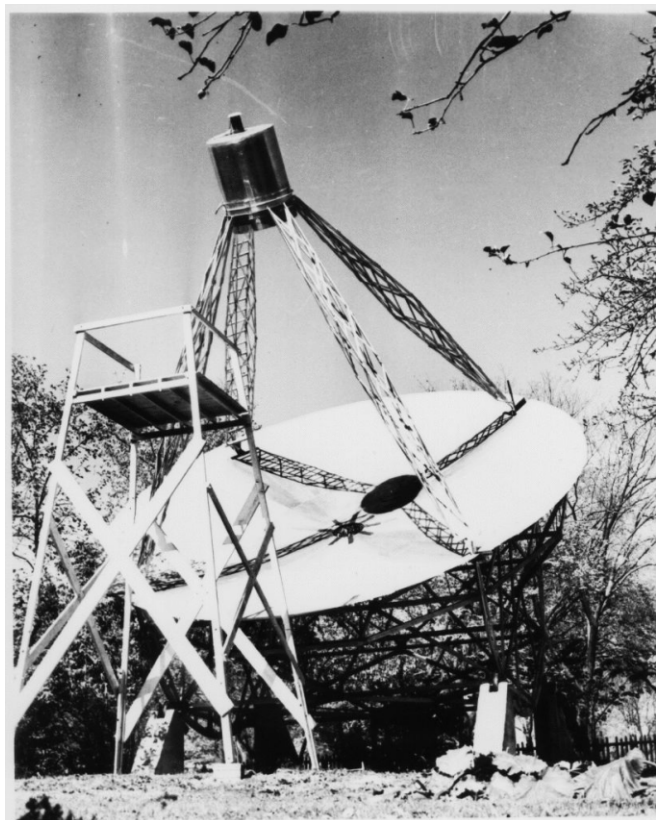


Fig 4 - l' antenna di

già dagli anni '60 iniziano a svilupparsi anche altri progetti, che porteranno all'attuale SETI, una serie di ricerche di segnali radio extraterrestri artificiali (chi non ha visto "Contact", con Jodie Foster, ed ancor prima "A come Andromeda"?).

Tutto questo, ovviamente, è stato possibile grazie alla costruzione di radiotelescopi, sia singole antenne via via più grandi, che sistemi di più antenne di dimensioni minori collegate tra di loro.

Tanto per ricordarne qualcuna: Arecibo era (era...) una parabola singola del diametro di 300 m; il FAST, realizzato in Cina pochi anni fa, è una parabola singola da 500 m; il RATAN-600 (ex URSS) è una schiera di antenne disposte a cerchio, con un diametro di 576 m; il "Croce del Nord", situato a Medicina (BO), è un array di antenne formato da due bracci, il principale (disposto nord/sud) da 640 m ed il secondario (verso est) da 560 m (il che lo rende uno dei più grandi al mondo - e neanche sappiamo di averlo dietro casa!...)

Come si vede, nonostante ci intestardiamo a non volerlo riconoscere, si tratta di scoperte strettamente legate alla tecnologia che usiamo nella nostra vita di tutti i giorni (televisione e telefonia cellulare, tanto per citare le più lapalissiane).

Vabbe', questa è la solita lagna che trovate nei

libri; la vera domanda è: in campo radioastronomico, cosa si può fare a livello amatoriale, di Gruppo Astrofili?? Va subito chiarito un concetto fondamentale, anzi IL più importante - che purtroppo viene sistematicamente ignorato, snobbato o (peggio!) male interpretato: IN RADIOASTRONOMIA NON SI VEDE UNO STRAMAEDETTISSIMO ACCIDENTE!!!! Questo porta ad una serie di malintesi con il pubblico in genere, al quale viene troppo spesso detto "vedrete cose inimmaginabili ecc ecc" - e che quindi si aspetta davvero di "vedere" davvero chissà cosa, per poi rimanere deluso davanti ad un insignificante (??) grafico tracciato sullo schermo di un computer. A maggior ragione negli ultimi anni, nella nostra che è definita la "civiltà dell'immagine" (ed infatti, pretendiamo che i telefoni abbiano la fotocamera, meglio se più di una, e la consideriamo più importante della funzione che dovrebbero svolgere...).

Un cenno alle strutture professionali può aiutare a comprendere meglio.

In un radiotelescopio, il segnale captato da una o più antenne viene digitalizzato, e pertanto convertito in valori numerici, che vengono registrati da un computer; nelle grandi strutture, il segnale veniva registrato su nastri magnetici (ancora in uso una ventina di anni fa), ed in precedenza erano usati anche registratori a carta. A posteriori, i segnali registrati possono essere diagrammati, o anche vi si possono associare delle rappresentazioni grafiche (colori, disegni o altro), di solito in base all'intensità, che poi potranno essere riportate su una mappa (per indicare la posizione di determinati oggetti), o su una sagoma di riferimento (volendo visualizzare, ad esempio, il campo magnetico di un corpo celeste). Nel caso dell'interferometria, i segnali provenienti da più ricevitori posti anche molto lontano tra di loro (anzi, di solito più lontani sono e meglio è!) vanno combinati; i dati provenienti da ciascuna struttura (o meglio, le loro registrazioni) vanno quindi portati ad un unico centro di elaborazione. La sincronizzazione dei singoli segnali richiede dei riferimenti temporali estremamente precisi, con ulteriori difficoltà tecniche.

Va ricordato che i segnali in gioco sono estremamente deboli: 1 Jansky (Jy) corrisponde a $1e-26$ W/m² per Hz di banda passante! Per darvi un'idea, assumiamo per assurdo una situazione esagerata, fuori da ogni realtà: una sorgente radio da 1 milione di Jansky (dubito ne esistano!...),

ricevuta da un'antenna da 10 000 m² di superficie utile (ordine di grandezza di Arecibo, o del "Croce del Nord") collegata ad un ricevitore avente una banda passante da 1 MHz [materialmente IMPOSSIBILE: in pratica prenderebbe dentro tutta la comune banda AM broadcast in un colpo solo!]; dopo 1 miliardo di secondi (circa 30 anni) l'energia totale raccolta sarebbe di 0.1 Joule, sufficiente per tenere acceso un led normale da 10-20 mW (come quello rosso sul televisore) per 5-10 secondi. E, ripeto, si tratta di una ipotesi brutalmente esagerata. Di conseguenza, qualunque fonte di interferenza artificiale va evitata; per questo motivo i radiotelescopi sono posizionati di solito in località scarsamente popolate, e spesso poco



Fig 5 - Esempio di set-up per meteor scatter

accessibili. Al contrario, le nostre zone sono parecchio urbanizzate, e sui Colli sono presenti molti ripetitori.

Un altro aspetto da considerare è che molto difficilmente un'Associazione potrà disporre di antenne di grosse dimensioni e dei relativi ricevitori; si possono però usare i dati raccolti da Osservatori professionali, messi a disposizione del pubblico tramite apposite banche dati.

A livello "fai da te", sono comunque possibili delle

sperimentazioni di tipo didattico: la determinazione del transito del Sole (basta una piccola parabola tipo TV-SAT) o del centro galattico (ma qui il discorso si complica); le emissioni in Onde Corte di Giove (eventualmente anche con ricevitori specifici, tipo il RadioJove prodotto dalla NASA in scatola di montaggio); l'osservazione (anche diurna!) degli sciami meteorici tramite meteor-scatter, con un set-up davvero minimo. Inoltre, si possono fare osservazioni in quella che potremmo chiamare "radioastronomia terrestre", ovvero le emissioni originate da fulmini o altri fenomeni atmosferici meno comuni, di solito in bande di frequenza basse, tipo VLF ed ELF. Questi segnali, però, richiedono procedure particolari, non sempre "agevoli"; inoltre presentano spesso il problema delle interferenze dovute agli impianti ed apparati elettrici (motori, lampade a scarica, linee elettriche in genere) presenti ovunque.

Per spiegazioni più dettagliate ed esempi su "cosa si può fare in radioastronomia", vi rimando agli articoli di Carlo IZ3XTL e di Jerry IW3IP. Infine, c'è anche la parte delle ricezioni per così dire "di servizio", come nel caso delle trasmissioni radioamatoriali dalla ISS (ricevibili agevolmente, spesso dirette non solo ai radioamatori ma anche e soprattutto alle scuole), o delle mappe meteo (sia da satellite che in Onde Corte). Anche il semplice ascolto delle emittenti broadcast (cioè quelle "pubbliche") principalmente in Onde Corte nonché in AM, ed eventualmente dei radioamatori, può rivelarsi sorprendente, in quanto legato alla struttura della ionosfera, a sua volta dipendente dall'attività solare: qui si aprirebbe un discorso, per l'appunto quello sulla propagazione radio, di per sé vastissimo, interessantissimo ed imprevedibile!

IMPORTANTE

Per concludere, una raccomandazione necessaria, non "tecnica" ma legale: sono in vendita in rete apparati ricetrasmittenti portatili, o meglio "palmari" di una certa potenza (di produzione cinese) a prezzi stracciati; se vi fosse passata per la testa l'idea di comperarne qualcuno, e non disponete delle autorizzazioni specifiche (Autorizzazione Generale, o "patentino da radioamatore" per semplificare i termini), **NON FATELO!!**

Commettereste un reato di tipo penale, con conseguenze a dir poco gravi. Le scuse di tipo "è solo per una prova", "ma lo uso solo per

ascoltare", "ma lo uso solo con i miei amici" o simili, NON sono ammesse dalla legislazione attuale.

L'impiego di tali apparati NON è permesso neanche a chi ha solamente il nominativo SWL (valido cioè per solo ascolto - ma che di fatto è un "identificativo", non un'"autorizzazione" all'attività di ascolto, che è sempre permessa entro determinati limiti di legge). Analogamente, l'impiego di ricetrasmittenti ad uso radioamatoriale per allestire delle postazioni per meteor scatter, sia da parte di singoli individui che di Associazioni (come ho avuto modo di sentire), è vincolato al fatto che chi materialmente usa detti impianti abbia l'Aut.Gen.

Per prove in radioastronomia, si possono invece usare ricevitori tipo scanner (che non richiedono licenze particolari), ma pur sempre rispettando le

limitazioni imposte dalla legge (in poche parole: è vietato intercettare comunicazioni private o comunque non destinate al pubblico).

"Fuori tema", ma a completamento del discorso: nessun problema, invece, per l'uso di CB e apparati LPD (tipo i walkie-talkie che trovate nei centri commerciali); per entrambe le categorie da quest'anno sono decaduti sia l'obbligo di denuncia che il versamento del canone annuale.

Ho voluto puntualizzare e rimarcare questi aspetti legali proprio per evitare noie di vario tipo. Noi vi abbiamo avvertiti, poi vedete voi...

Andrea Fasson IZ3XGL



Medicina - BO : la Croce del Nord ed il paraboloide da 32 mt

LA VOCE DELLE METEORE: IL RADIO METEOR SCATTER

di Jerry Ercolini

Tutti noi, sin da quando eravamo piccoli, guardando il cielo stellato di notte abbiamo visto il passaggio di meteore che con la lunga coda attraversavano la volta, lasciandoci sempre a bocca aperta e trasportandoci con la fantasia in viaggi stellari...

E quante volte ci siamo chiesti se le meteore mentre solcano il cielo emettono rumori o se presentano una loro "voce"...bhe, non è proprio così ma ci si può avvicinare, ovvero le meteore si possono ascoltare nel loro passaggio della volta celeste.

Già nel periodo della Seconda Guerra Mondiale con l'invenzione del radar, gli operatori radio delle navi da guerra e gli operatori radar in aeronautica avevano notato periodicamente strani "spot" apparire e scomparire improvvisamente non trovando spiegazioni in merito. Negli anni successivi alla guerra, furono approfonditi vari studi su questi fenomeni arrivando a capire che le meteore quando entrano nella nostra atmosfera, raggiungendo anche quote basse, possono interferire con i segnali radio emessi da trasmettitori a lunga distanza.

Su questi studi, diversi radioamatori negli anni hanno sviluppato una tecnica per il monitoraggio delle meteore sfruttando le onde radio: il radio meteor scatter.

Questa tecnica di monitoraggio si avvale di un metodo di ascolto molto semplice: un radioamatore (ma anche un semplice radioascoltatore) munito di un particolare ricevitore radio, può sintonizzarsi su una frequenza VHF di un trasmettitore posto ad una determinata distanza ed ascoltarne l'effetto di "riflessione" del segnale emesso dal trasmettitore verso il suo opposto ricevitore, a causa del passaggio di una

meteora; la riflessione momentanea del segnale del trasmettitore crea immediatamente un effetto chiamato "doppler" che si ripercuote in ogni direzione, raggiungendo anche l'antenna del nostro radioascoltatore sintonizzato sulla stessa frequenza del trasmettitore-ricevitore.

Il radioascoltatore udirà quindi un sibilo detto "ping" a volte breve a volte lungo, dipende da diversi fattori con cui la meteora attraversa l'atmosfera interrompendo il segnale radio del trasmettitore; il segnale doppler ricevuto, può essere ascoltato con un ricevitore radio analogico o digitale e può essere anche osservato collegando un computer al ricevitore stesso, sfruttando l'uscita audio del ricevitore collegandola alla scheda audio del computer. Con particolari software di analisi spettrometrica, si possono ottenere immagini grafiche del passaggio delle meteore.

Per fare tutto ciò, ci si può sintonizzare sulla frequenza del radar francese Graves (deputato alla



fig 2 - Antenna Yagi

sorveglianza aerea di buona parte dell'Europa e per il monitoraggio di spazzatura cosmica in rientro atmosferico) e attendere il passaggio delle meteore.

Vi posso assicurare che fare meteor scatter ha un fascino tutto suo, infatti oltre all'ascolto delle meteore in entrata atmosferica, a volte si può monitorare il passaggio della Stazione Spaziale Internazionale ISS, o il passaggio di altri satelliti artificiali come per esempio gli ultimi Starlink... Torniamo all'ascolto delle meteore: come avete potuto dedurre quindi, non si tratta di ascoltarne la loro "voce", ma di ascoltare il loro passaggio che può interferire con i nostri sistemi di radio

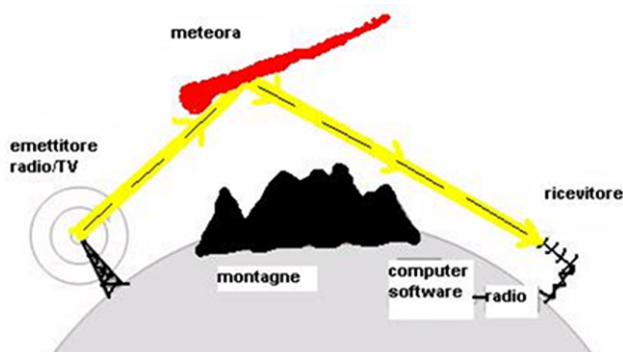


fig 1 - Schema del meteor scatter



fig 3 - ricevitore radio collegato al PC

comunicazione-ascolto. Il meteor scatter è molto utile se si vogliono condurre campagne di osservazioni mensili su sciame meteorici particolari, usufruendo anche di software deputati al conteggio in diretta e ricreando quindi dei grafici opportuni per studi approfonditi.

Per ascoltarne invece la “voce” di una meteora, allora bisognerebbe avvicinarsi al mondo delle onde radio VLF- Very Long Frequency (Frequenze Molto Lunghe) che comprendono uno spazio di frequenza fra i 0Hz e i 30KHz: un range di frequenza molto particolare, che fra i radioascoltatori e i radio ricercatori, viene denominato “radionatura”.

La radionatura è un range di frequenza dove si possono ascoltare fenomeni naturali (fulmini, temporali, scariche elettriche naturali in atmosfera, eruzioni vulcaniche, terremoti, meteore...) che ionizzando l'aria creano delle onde radio a bassissima frequenza e che possono essere



fig 4 - antenna LOOP (sinistra) e ricevitore VLF (destra)

ascoltate con particolari ricevitori VLF.

Ci sono stati dei casi in cui delle meteore entrano in atmosfera, surriscaldandosi e creando attorno al proprio corpo un plasma, hanno ionizzato l'aria stessa nel passaggio nei vari strati atmosferici, creando quindi un campo elettromagnetico con conseguente emissione di onde radio VLF tali da essere state intercettate da particolari ricevitori

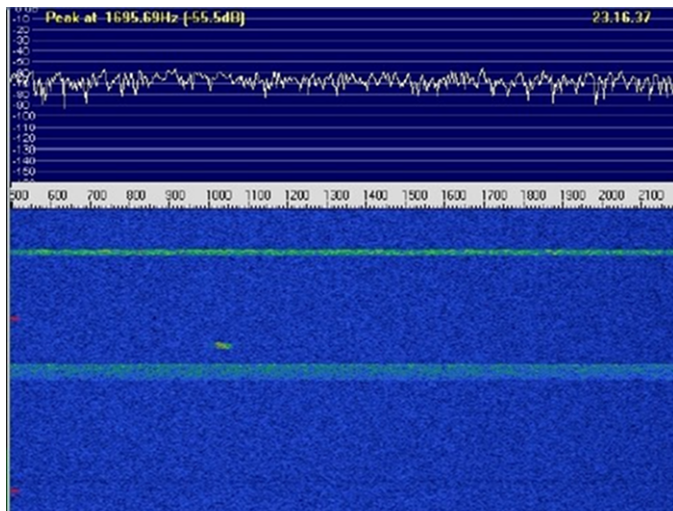


fig 5 - Screenshot del software per analisi meteor scatter

VLF con lunghe antenne filari e di averne registrato lo “stack” (il crepitio naturale del passaggio meteoritico) direttamente sulla scheda audio di un computer collegato al ricevitore stesso.

In questo caso possiamo parlare di “voce naturale di una meteora”, ma purtroppo i casi registrati sono in percentuali basse rispetto ai segnali ottenuti col meteor scatter sintonizzato su una frequenza radio: i motivi sono imputabili a diversi fattori, tipo la non facile realizzazione di ricevitori VLF e il bisogno di lunghe antenne posizionate in luoghi lontani da inquinamento elettromagnetico artificiale (tv, lavatrici, motopompe, zone industriali ecc.), particolari condizioni meteo e soprattutto il saper discernere un rumore di un evento naturale dal caos prodotto dalla tecnologia umana in frequenze radio; non ultimo, la triangolazione fra evento meteorico osservato-registrazione segnale VLF- analisi spazio/temporale.

L'ottimale sarebbe ottenere una triangolazione tipo:

- ripresa video di una meteora con videocamera all-sky
- registrazione segnale radio meteor scatter
- registrazione segnale radio VLF

allora in questo caso il “canale di analisi” sarebbe molto più ristretto e nel contempo aprirebbe altri fronti di studio per astrofili/radicercatori...ma possiamo accontentarci di fare un buon radio meteor scatter, così oltre ad osservare una meteora possiamo anche ascoltarla...arricchendo così la nostra fantasia mentre ci perdiamo nella maestosità del cielo.

Jerry Ercolini - IW3IP

Banda	Frequenze	Lunghezza d'onda	Uso
ELF	3 – 30 Hz	100 000 km – 10 000 km	Radionatura
SLF	30 – 300 Hz	10 000 km – 1000 km	Radionatura
ULF	300 – 3000 Hz	1000 km – 100 km	Radionatura
VLF	3 – 30 kHz	100 km – 10 km	Radionatura. Radionavigazione a largo raggio. Attività nucleare.
LF	30 – 300 kHz	10 km – 1 km	Radiolocalizzazione marittima ed aeronautica
MF	300 – 3000 kHz	1 km – 100 m	Comunicazioni aeree e marittime. Radionavigazione. Broadcast AM
HF	3 – 30 MHz	100 m – 10 m	Collegamenti senza fili a lunga distanza fissi e mobili. Radioamatori.
VHF	30 – 300 MHz	10 m – 1 m	Broadcast FM e TV. Collegamenti in visibilità. Radiomobili civili e militari.
UHF	300 – 3000 MHz	1 m – 10 cm	Ponti radio e radiomobili terrestri. Broadcast TV. Satelliti meteo e TV.
SHF	3 – 30 GHz	10 cm – 1 cm	Ponti radio terrestri. Satelliti. Radar. Radioastronomia.
EHF	30 – 300 GHz	1 cm – 1 mm	Radar. Radioastronomia sperimentale.
THF	300 – 3000 GHz	1 mm – 0.1 mm	Radar. Radioastronomia sperimentale.

Jerry Ercolini - IW3IP

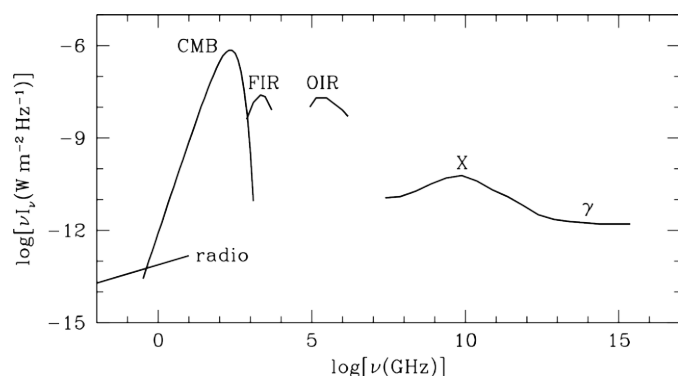
Come funziona un radiotelescopio ?

di Carlo Vinante

Nel presente articolo cercherò di sintetizzare i principi di funzionamento di un radiotelescopio, anche se la complessità e vastità degli argomenti esaminati avrebbe bisogno di una trattazione più estesa e dettagliata.

La Radioastronomia, nata agli inizi del 1900, è una branca dell'astronomia che studia la fisica delle "onde radio" emesse da alcuni oggetti celesti e le tecniche di rivelazione da cui è possibile ricavare informazioni sulla morfologia e sulle caratteristiche fisiche delle sorgenti stesse.

Le lunghezze d'onda di interesse (λ o λ) di queste onde elettromagnetiche vanno da poche centinaia di metri (quindi da qualche MHz) a circa 1 mm (frequenza di 300 GHz). Confrontando questa banda di frequenze radio con quella della luce visibile ci si rende conto dell'enorme differenza, con radiazioni a lunghezze d'onda che sono quindi migliaia o milioni di volte maggiori della luce visibile (con λ dell'ordine delle centinaia di nanometri).



In figura sopra vediamo la distribuzione delle lunghezze d'onda (in asse X in scala logaritmica !) di interesse per l'astronomia e nell'articolo precedente possiamo vedere la figura "banda passante" delle onde elettromagnetiche ricevibili a terra. Nella banda "radio", il limite nella bassa frequenza è imposto dall'opacità della ionosfera terrestre, mentre quello ad alta frequenza è dovuto all'assorbimento da parte dell'ossigeno e del vapore d'acqua nella bassa atmosfera. Prima di iniziare a descrivere un "radiotelescopio", mi sembra doveroso rispondere ad una domanda basilare: cos'è un'onda elettromagnetica ? Proviamo ad immaginare un sasso lanciato su uno specchio d'acqua con acque calme, riuscite a

visualizzare le onde che si propagano dal punto di impatto ?

Bene, possiamo immaginare un'onda elettromagnetica come le onde che si formano nel laghetto con la differenza che le onde prodotte sulla superficie del lago "muovono" le molecole di acqua e quindi esercitano un trasferimento di energia "meccanica" dovuto alla compressione e rarefazione del mezzo stesso, mentre le onde elettromagnetiche trasferiscono energia senza "usare" lo spazio in cui viaggiano; siamo in presenza di un campo di forze.

Nel caso di un campo di forze, come il campo gravitazionale ed appunto il campo elettrico e quello magnetico, il concetto di campo è strettamente correlato con quello di **interazione a distanza**. In un'onda elettromagnetica, il campo elettrico e quello magnetico oscillano insieme alla stessa frequenza e periodo. La frequenza f e la lunghezza d'onda λ di un'onda elettromagnetica ¹ sono legate dalla relazione

$$c = \lambda f$$

e da questa relazione si evince che la velocità di un'onda elettromagnetica non può superare la velocità della luce c nel vuoto.

In altri mezzi, quali l'aria, il vetro o l'acqua, la velocità può variare, diminuire od anche "aumentare", ma il concetto si complica un po' in quanto dovremmo introdurre concetti come di velocità di gruppo e di fase e trattazioni matematiche "complesse" ².

A volte torna utile riferirsi alle lunghezze d'onda al posto delle frequenze; dall'equazione riportata qui sopra, possiamo quindi ricavare

$$f = c / \lambda \quad \text{oppure} \quad \lambda = c / f$$

nel campo delle radiofrequenze torna molto utile la relazione semplificata

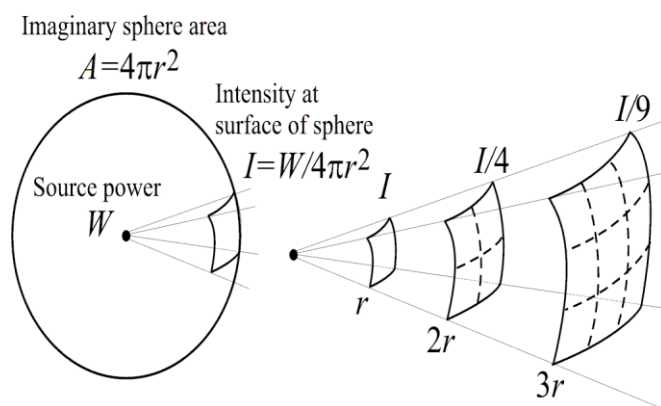
$$\lambda (\text{m}) = 300 / f (\text{MHz})$$

Il concetto di **interazione a distanza** gioca un ruolo determinante nel processo di ricezione del segnale radio emesso dalle radiosorgenti astronomiche e più in generale in tutti i settori della trasmissione

1- Onde elettromagnetiche https://it.wikipedia.org/wiki/Radiazione_elettromagnetica

2 -Radiazione Cherenkov https://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_%C4%8Cerenkov

radio, TV, telefonia cellulare, radar e via dicendo. Immaginiamo la nostra radiosorgente come un punto nello spazio. L'emissione di energia avviene in modo isotropico, ovvero, per semplificare, l'energia viene emessa ugualmente in tutte le direzioni a partire dalla sorgente stessa; immaginiamo l'espansione della superficie di un palloncino che venga gonfiato. A causa di questa "espansione" o divergenza, la potenza per unità di superficie, considerata dalla nostra antenna per esempio, diminuisce in modo inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Se la distanza tra sorgente e ricevitore raddoppia, la potenza si riduce di un quarto, se la distanza triplica la potenza decresce di nove volte e



via dicendo (vedi figura sotto)

Quindi, considerando la legge appena descritta, possiamo capire come una grandissima quantità di energia emessa da un sistema fisico, come una stella soggetta a diversi fenomeni, perda potenza lungo il suo cammino. Il nostro Sole, per esempio, emette energia sotto forma di radiazione elettromagnetica in tutte le lunghezze d'onda. La nostra atmosfera ed il campo magnetico terrestre ci fanno da scudo contro le radiazioni ionizzanti, ma la banda "ottica", e in parte quella radio, filtra e arriva a noi permettendo la vita; la potenza media che il Sole ci regala è di circa 1 kW per metro quadro.

Le onde radio che riceviamo dalle sorgenti astronomiche sono quindi molto, MOLTO deboli. La luminosità "Radio", ovvero il flusso di energia misurato in banda radio, viene misurata in Jy ovvero in Jansky, in onore di Karl G. Jansky, il quale effettuò la prima osservazione nel 1932 mentre studiava i disturbi radio causati dai temporali, alla frequenza di 20.5 MHz. A quanta energia (Watt) corrisponde un Jansky ?

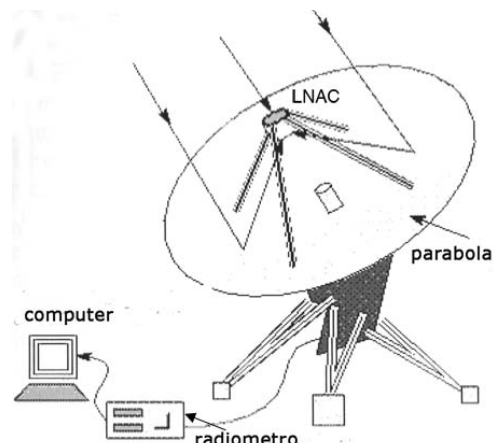
1 Jansky (Jy) corrisponde a 10^{-26} W/m²/Hz

Un'energia come vedete piccolissima; tipiche potenze di alcune sorgenti radio sono le seguenti

- Sole = 10.000 Jy
- resto di supernova più luminoso = 1000 Jy
- AGN (nuclei galattici attivi) = 10 - 100 Jy

Le onde radio che riceviamo con le nostre TV o radio, inducono gli elettroni di conduzione presenti nel reticolo cristallino del metallo di cui è costituita l'antenna, ad oscillare.

Un ricevitore radio non fa altro che amplificare queste oscillazioni, quindi potremmo dire che i radiotelescopi così come i nostri ricevitori commerciali, non sono altro che dei sofisticati misuratori di tensione elettrica, dei voltmetri. Un "radiotelescopio" capta l'energia delle onde elettromagnetiche emesse dalla radiosorgente tramite l'antenna, energia "trasformata" da un ricevitore chiamato radiometro. Il segnale viene quindi amplificato, integrato, digitalizzato e registrato come valore numerico tramite un computer per poter essere analizzato in seguito



(vedi figura sotto).

Poiché il segnale è molto debole si rende necessario l'uso di ricevitori molto sensibili (leggi costosi). Questi apparati elettronici sono solitamente raffreddati, anche criogenicamente, per minimizzare il rumore termico indotto dagli stessi elettroni liberi, presenti in tutti i metalli e cristalli, che oscillando a causa dell'energia indotta dalla temperatura ambiente o dei circuiti stessi, potrebbe "coprire" il segnale utile ricevuto dall'antenna, mascherandolo. Inoltre, una caratteristica importante e caratterizzante di qualsiasi antenna è il "lobo di radiazione" che ne determina la direttività e influenza il "rumore di fondo" del sistema in quanto potrebbe "ricevere" l'emissione dovuta all'ambiente circostante

(terreno). Solitamente la struttura di un radiotelescopio per alte frequenze è molto simile a quella di un telescopio ottico a riflessione del tipo Schmidt, costituito da un paraboloide metallico il quale focalizza la radiazione in un punto dove è situata l'antenna vera e propria. Per frequenze simili a quelle usate in radiofonia o trasmissione TV le antenne sono solitamente dei dipoli la cui lunghezza dipende dalla lunghezza d'onda in analisi e possono essere dotate di ulteriori elementi "direttori" (tipo antenne TV) per aumentare la risoluzione angolare (direttività), ovvero per modificare il "lobo di radiazione" dell'antenna stessa.

La principale differenza tra un radiotelescopio ed un telescopio ottico dipende quindi dalla lunghezza d'onda e dal modo con cui viene registrato il segnale.

I radiotelescopi non forniscono immagini ma, come scrivevo prima, forniscono un segnale numerico corrispondente all'intensità della radiazione ricevuta, ma non solo; la risoluzione spaziale è notevolmente diversa.

Il potere risolutivo θ di un radiotelescopio, come nel caso ottico, è dato dalla formula:

$$\theta \approx \lambda / D$$

con λ la lunghezza d'onda e D il diametro dell'apertura (lente frontale, specchio, antenna).

Poiché il rapporto tra la lunghezza d'onda radio e quella visibile è dell'ordine di 10000, per avere un potere risolutivo confrontabile a quello ottenuto con i telescopi ottici, le antenne dovrebbero avere un diametro di parecchi km, ma di questo parlerò più avanti. Adesso torniamo alle nostre immagini e azzardiamo un paragone con la controparte ottica: potremmo pensare al radiotelescopio, ovvero all'antenna, come al singolo pixel del sensore CCD (o CMOS o pellicola).

Per riuscire ad ottenere un'immagine da un radiotelescopio dovremmo quindi disporre un certo numero da installare come una matrice, soluzione praticamente ingestibile e non praticabile. Ma allora come si fa ad ottenere un'immagine, o meglio una radio-mappa da un sistema "radiotelescopio" ?

Per creare una radio mappa dobbiamo eseguire una "scansione" della porzione di cielo nell'intorno della radiosorgente che si vuole analizzare e praticamente esistono due metodi:

- **Transito** : si "aspetta" il passaggio della radiosorgente davanti all'antenna del radiotelescopio, lungo l'asse dell'ascensione retta. Principalmente con questa tecnica si crea un "grafico", ad una frequenza f , relativo alla emissione della sorgente in esame. E' possibile quindi correlare i grafici acquisiti in varie sessioni di ripresa per determinare l'andamento della emissione della sorgente nel tempo. Se per esempio volessi tracciare il transito del Sole, calcolato il punto del sole all'ora X punto l'antenna nel punto previsto all'ora X meno 10 o 20 minuti e aspetto. Aspettando il passaggio del sole inizio a memorizzare i dati acquisiti dal radiometro per poi terminare l'acquisizione 10 o 20 minuti dopo il passaggio del sole nel punto X . Come mai così tanto, prima e dopo il transito ? Proprio a causa del potere risolutivo ridotto (rispetto all'ottica) e in funzione del lobo di radiazione dell'antenna.

- **Raster** : nei modi "On the fly" e "Mapping" In modalità "on the fly" si adotta il metodo del transito aggiungendo anche lo spostamento dell'antenna in declinazione; in pratica, si ottiene una "scansione" simile a quella che si adotta per generare l'immagine televisiva, riga per riga. Nella modalità "mapping" l'approccio è lo stesso, con la differenza che l'acquisizione del segnale d'antenna avviene per "punti"; l'insieme dei punti disposti a matrice darà luogo alla formazione della mappa radio.

In entrambi i casi citati il segnale può essere acquisito in due modalità:

- **Total power** : si acquisisce il segnale d'antenna così come arriva, puro. L'integrazione del segnale rispetto alla linea di base, il rumore di fondo, sarà proporzionale alla "potenza" (al flusso) emessa dalla radiosorgente.

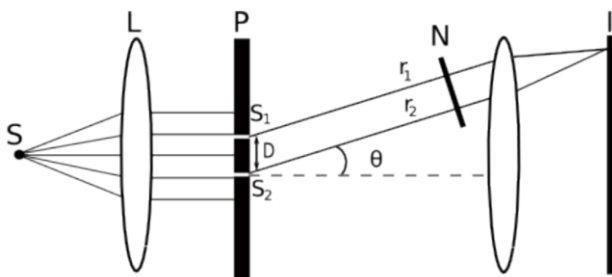
- **Spettroscopica** : il segnale ricevuto viene "scomposto" nelle singole frequenze, entro una certa banda, e per ogni "frequenza" si acquisisce il total power . Si otterrà quindi un dato "quadridimensionale" dato dalle coordinate astronomiche (RA e Decl), intensità e frequenza. Il metodo classico consiste nell'uso di n ricevitori sintonizzati ognuno ad una frequenza ben specifica. Metodo costosissimo ma sicuramente efficace perché ogni ricevitore sarà costruito al massimo livello. Attualmente con i ricevitori SDR (Software Defined Radio) è possibile ottenere "quasi" lo stesso risultato acquisendo il segnale total power ed applicando un filtro matematico

(DFFT, Trasformata di Fourier Discreta) per estrarre i segnali alle varie frequenze. Quasi lo stesso perché la sensibilità dei singoli ricevitori è sicuramente più alta. Tutti questi modi di acquisizione “soffrono” però della bassa, bassissima risoluzione del sistema, come accennato prima. Per ovviare a questo inconveniente si applica l'interferometria.

L'interferometria è una tecnica importante per aumentare la risoluzione angolare nelle osservazioni astronomiche. Nell'ultimo decennio l'interferometro è stato uno dei sistemi più utilizzati per le osservazioni a lunghezze d'onda dei centimetri, poiché si riusciva a raggiungere una risoluzione angolare inferiore rispetto all'osservazione con un singolo telescopio; nell'osservazione con singolo telescopio, la risoluzione angolare è, come visto in precedenza, data da λ/D con D diametro del disco primario. In un interferometro la risoluzione angolare è data da λ/d dove d è la distanza massima tra le antenne che lo costituiscono.

Oggi, l'evoluzione tecnologica ha permesso di utilizzare questa tecnica anche nelle altre bande a lunghezza d'onda più corte e in particolare nella banda millimetrica.

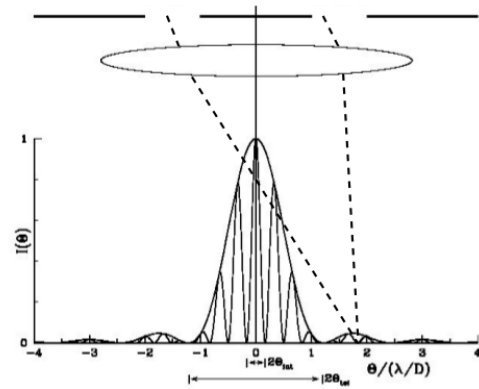
L'interferometria risale all'esperimento di Young (1801) durante il quale fu osservata un'immagine di interferenza generata dalla luce uscente da due fenditure.



Con riferimento alla figura sopra, supponiamo di avere una sorgente monocromatica puntiforme nel punto S corrispondente al fuoco della lente L. La lente L trasforma l'onda sferica in un'onda piana la quale va a incidere su uno schermo piano con due fenditure S1, S2, distanti D l'una dall'altra, di larghezza dell'ordine della lunghezza d'onda della radiazione emessa dalla sorgente.

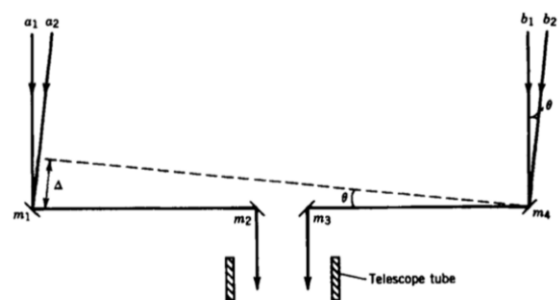
Mediante una lente convergente i due raggi vengono focalizzati su uno schermo I dove si osserva un'immagine di interferenza come nella

figura seguente.



L'interferometria astronomica risale al 1900, quando Michelson (1920) and Pease (1921) riuscirono a misurare nel visibile il diametro di alcune tra le stelle più grandi e vicine come Arturo e Betelgeuse. Successivamente l'esperienza acquisita nella banda visibile fu applicata all'interferometria radio.

Nella figura seguente è schematizzato il sistema interferometrico utilizzato da Michelson nelle sue osservazioni astronomiche.



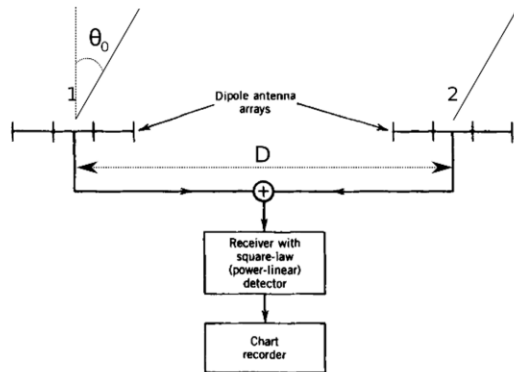
Le frecce indicano i raggi luminosi provenienti da una sorgente astronomica luminosa e sufficientemente lontana. La condizione che la sorgente sia lontana garantisce che il fronte d'onda che arriva a terra sia assimilabile ad un fronte d'onda piano. I raggi luminosi a2, b2 (o a1, b1) incidono parallelamente sui due specchi m1, m4 e vengono combinati nel telescopio in modo da ottenere un'immagine di interferenza.

L'angolo θ , in figura 6, rappresenta l'inclinazione della sorgente osservata rispetto alla normale del piano in cui giace il telescopio ovvero l'angolo rispetto allo zenit.

Il valore dell'intensità ottenuta dall'interferenza dei due raggi corrisponde ad un massimo nell'immagine di interferenza solamente quando la differenza di cammino ottico Δ fra i due raggi è un multiplo intero della lunghezza d'onda λ del segnale elettromagnetico ricevuto.

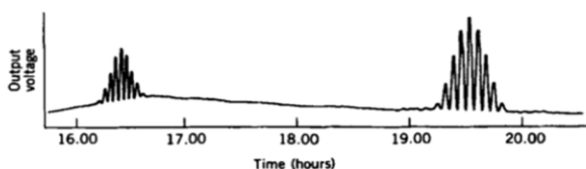
Nel 1946 Ryle e Vonberg costruirono un radio interferometro per osservare l'emissione del fondo

cosmico. Il sistema interferometrico era costituito da una serie di antenne con frequenza di ricezione a 175MHz. La lunghezza delle baseline, ovvero la distanza D che separa un'antenna dall'altra, variava dalle 10 alle 140 lunghezze d'onda (equivalente rispettivamente a circa 17 m e 240 m). In figura sotto è rappresentato uno schema semplificato di due antenne appartenenti all'interferometro di Ryle.



Assumiamo che i radiotelescopi siano orientati in modo che la direzione di osservazione sia perpendicolare alla linea di base e che quindi il fronte d'onda della radiazione incidente sia "piano".

In questa condizione la radiazione arriva con la stessa fase ad ogni antenna e se sommiamo i segnali, otterremo un segnale di intensità doppia. Ma la nostra Terra non è ferma e a causa della rotazione, puntato un oggetto astronomico, col passare del tempo la fase tra i segnali ricevuti dai due radiotelescopi cambierà: la variazione di fase genera una figura di interferenza con due massimi. La distanza angolare fra due massimi è data da: $\theta = \lambda / D$ dove θ è l'angolo tra la baseline e la direzione di osservazione.



La "nuova" risoluzione del sistema è equivalente a quella di un radiotelescopio di diametro D. Se la sorgente non è puntiforme le radiazioni emesse dai diversi punti della sorgente non arriveranno in fase alle antenne sia per la rotazione terrestre sia per l'ampiezza della sorgente stessa. Informazioni più accurate sulla morfologia della sorgente possono essere ottenute variando la

distanza tra le antenne, ovvero muovendole una rispetto all'altra come accade nel radiotelescopio ALMA. Questa tecnica è chiamata interferometria a sintesi d'apertura. Per concludere, in generale la risposta di un interferometro ad un segnale radioastronomico corrisponde alla trasformata di Fourier della brillantezza superficiale della sorgente osservata. In realtà la "cosa" è ben più complessa da come ho scritto e da sola potrebbe occupare vari volumi di trattazione matematica, fisica, elettronica, informatica e via dicendo. Spero così di aver esposto in modo chiaro concetti difficili, ma soprattutto spero che sia passato il messaggio per cui la radioastronomia apre, anzi spalanca una finestra sul cielo, in confronto al quale l'osservazione in banda ottica è paragonabile a guardare attraverso il buco di una serratura.

Carlo Vinante - IZ3XTL

Bibliografia & approfondimenti

Radiotecnica per radioamatori

Nerio Neril - I4NE

ARI - 1990 - C&C edizioni radioelettroniche

The ARRL Handbook for radio communications

19th edition -2012 - ed ARRL

ISBN 978-0-87259-677-1

An introduction to Radio Astronomy

Bernard F. Burke, Francis Graham-Smith

Cambridge University Press

ISBN 0-521-55604-X

Manuale di Fisica

B.M. Javorskij - A.A. Detlaf

Ed. Mir - Mosca - 1977

Elementi di tecnica radioastronomica - 2° edizione

Gianfranco Sinigaglia I4BBE

ARI - 1990 - C&C - edizioni radioelettroniche

Radioastronomia Amatoriale

Flavio Fancinelli

Editrice Il Rostro

ISBN 88-7365-012-0

Tecniche Radioastronomiche

Flavio Fancinelli

libri Sandit

ISBN 978-88-89150-63-4

Struttura iperfine dell'idrogeno nella Via Lattea a 1420 MHz

di Simone Gazzetta

Nell'ormai lontano Ottobre 2019, sembra passato un secolo a causa delle ben note vicende sanitarie che tanto hanno cambiato il nostro stile di vita, l'AAE ha avuto l'onore ed il piacere di ospitare, presso la Sala Civica "F. Pegoraro" del comune di Due Carrare, il Congresso Nazionale di Radioastronomia Amatoriale "**ICARA 2019**".

Un denso fine settimana di eventi declinati in una serie di workshops che hanno visto il susseguirsi di un nutrito numero di relatori, dai semplici amatori ed appassionati ad alcuni professionisti del settore. Un'occasione per un cordiale confronto ed una stimolante condivisione delle molteplici esperienze in ambito radioastronomico dei partecipanti.

Tra le presenze più gradite e fortemente volute dall'AAE va segnalata la partecipazione di alcune scuole del territorio: alunni e docenti delle classi quarte e quinte del Liceo Scientifico Cattaneo-Mattei delle sedi di Monselice e Conselve, con le quali per altro l'AAE ha svolto attività laboratoriali inerenti l'evoluzione stellare e lo studio delle stelle variabili. In qualità di socio e docente, tra i tanti e stimolanti interventi mi ha da subito particolarmente colpito il lavoro didattico del prof. Mario Sandri, volto alla mappatura iperfine dell'idrogeno neutro a 1420 MHz della nostra galassia, utilizzando da remoto due piccoli radiotelescopi situati presso il Centro Radioastronomico di Onsala in Svezia.



Fin dalle prime battute del collega non ho potuto fare a meno di apprezzare la portata delle potenzialità didattiche e di ricerca in ambito amatoriale di questo progetto. Tanto per citare i principali temi che vanno affrontati per poter anche solo pensare di

avvicinare i ragazzi a queste tematiche si pensi alla struttura della materia e della radiazione in ambito atomico e quantistico, all'elettromagnetismo classico legato alla ricezione delle onde radio con tutto il necessario know how tecnico relativo alla catena di ricezione stessa: dalle antenne ai ricevitori; da non sottovalutare la necessaria conoscenza di argomenti matematici quali ad esempio la distribuzione di Gauss quale principale strumento di riduzione dati ed analisi.

Non finisce qui, come poi ho avuto modo di constatare, vanno considerate questioni legate ai sistemi di coordinate celesti in genere con particolare riferimento a quelle galattiche, nonché le trasformazioni da un sistema di riferimento ad un altro, la misura del tempo UTC e di quello locale (bisogna pur spiegare ai ragazzi che se si utilizza dall'Italia in remoto un radiotelescopio situato in Svezia vanno valutati tempo e latitudine, cosa non scontata nonostante viviamo oramai nell'era di internet e del villaggio globale). E' necessario infine affrontare tematiche di carattere strettamente astrofisico e cosmologico quali l'universo su grande scala, la formazione delle strutture galattiche, le curve di rotazione delle stesse ed il ruolo della materia oscura.

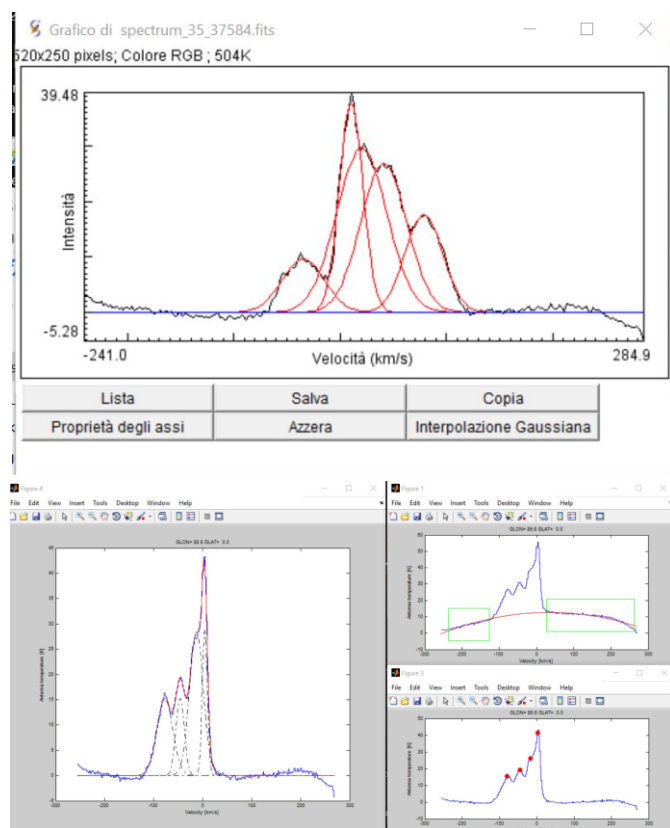
Nonostante la considerevole mole di lavoro e la sopravvenuta pandemia con tutto ciò che ha comportato in ambito didattico, ho deciso ugualmente di imbarcarmi in quest'avventura e proporre l'esperienza per l'anno successivo ad alcuni alunni di quarta del liceo Jacopo da Montagnana (Montagnana PD).

Con un ristretto gruppo di lavoro denominato JRAG (Jacopo Radio Astronomy Group) abbiamo quindi attivato il progetto in didattica a distanza, la famigerata e per certi versi provvidenziale DAD ora Didattica Digitale Integrata DDI, proponendo ai ragazzi un percorso che li mettesse, nel giro di un paio di mesi, in condizioni di operare in maniera autonoma, toccando tutte le fasi del progetto: acquisizione, riduzione dati ed analisi degli stessi. Subito i ragazzi si sono mostrati entusiasti e volenterosi nonostante le acquisizioni in remoto siano decisamente noiose e lunghe. La mappatura

richiede la misura del segnale emesso dall'idrogeno neutro composto da un protone ed un elettrone a causa di una transizione iperfine delle righe dovuta al mutare dell'orientazione degli spin delle due particelle con conseguente emissione di energia sotto forma di fotoni, ossia radiazione elettromagnetica alla lunghezza d'onda di 21 cm.

Tale transizione è estremamente rara in quanto avviene mediamente per ciascun atomo ogni 10 milioni di anni ma data l'abbondanza dell'idrogeno nella galassia risulta essere pressoché continua. Il segnale così emesso viene acquisito puntando i radiotelescopi sul piano galattico, ossia a latitudine galattica zero per un adeguato tempo di integrazione e con step di cinque gradi in longitudine galattica.

La riduzione dati è stata successivamente effettuata con un software fornito dall'osservatorio svedese stesso ed infine per semplicità abbiamo analizzato i dati utilizzando comuni strumenti quali fogli di calcolo, anche se in parallelo è stata fatta un'analisi più performante utilizzando il noto software di analisi Matlab (figure seguenti).

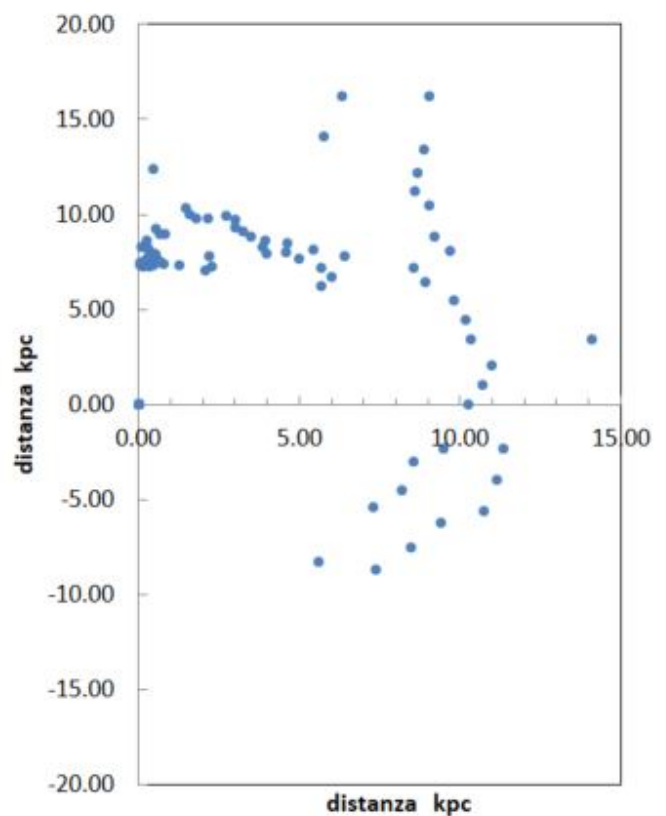


I risultati ottenuti sono da ritenersi preliminari e non sono ancora a mio avviso pienamente

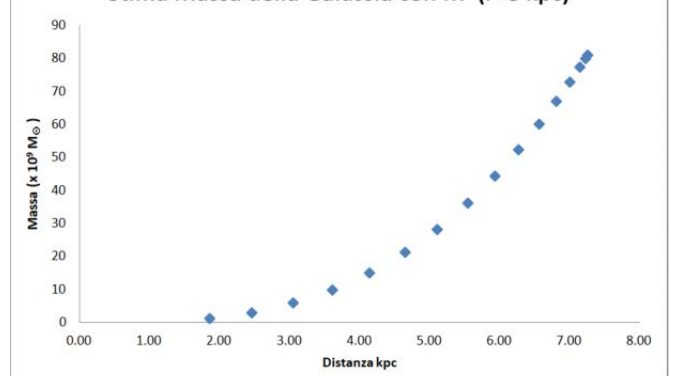
soddisfacenti, soprattutto la mappatura dei principali bracci della galassia non sembra essere ottimale.

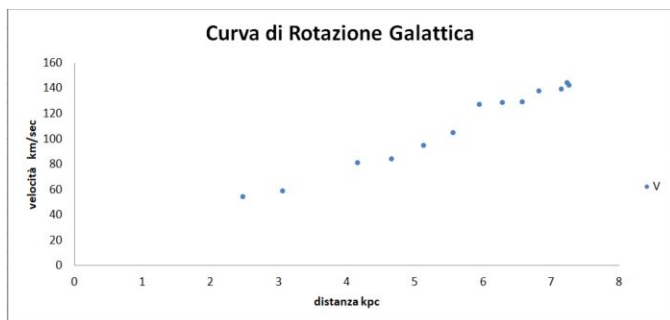
Il braccio del Perseo e quello di Orione nonché quello esterno presentano delle difformità rispetto alla morfologia attesa. Confortano invece i risultati ottenuti sulla stima della massa totale della galassia assimilata ad una sfera avente raggio pari alla distanza stimata del sistema solare dal centro galattico (7.26 kpc circa), nonché la curva di rotazione della galassia che da una prima analisi sembra sufficientemente compatibile con i dati in letteratura e le teorie tuttora accreditate (figure seguenti).

Struttura iperfine della Via Lattea a 1420 MHz (21 cm)



Stima Massa della Galassia con $M(r < 8 \text{ kpc})$





Tali difficoltà come sempre se da un parte scoraggiano, d'altro canto rappresentano motivo di stimolo ad approfondire lo studio e la ricerca. Un approccio, questo, al quale i ragazzi nelle consuete attività laboratoriali scolastiche non sono abituati, in quanto gli esperimenti proposti sono spesso preconfezionati ed ampiamente collaudati. E' stato dunque interessante e spero motivo di crescita per loro constatare insieme come il cammino della ricerca non sia pressoché mai piano e privo di ostacoli, ben diverso quindi

dalle belle ed eleganti teorie così come vengono loro proposte nei manuali scolastici e come spesso ci si scontri con fallimenti e risultati inattesi. Per concludere è stata una bella ed interessante esperienza a tutto tondo, in condizioni difficili che hanno richiesto volontà, passione, sviluppo di competenze specifiche ed autonomia di lavoro. Con la speranza di poter riprendere al più presto il progetto che nelle intenzioni di certo non si fermerà qui, ringrazio il collega Mario Sandri e per estensione IARA e l'AAE per aver dato a me ed ai miei ragazzi una straordinaria opportunità di fare scuola in modo diverso ed innovativo, con un progetto attuale nelle metodologie, intrigante e dalle tematiche affascinanti.

Simone Gazzetta

