

Osservare l'invisibile

I bambini e la radioastronomia

Stefania Varano

Con la collaborazione di Goliardo Tomassetti

Rapporto Interno IRA 440/11

INDICE:

Introduzione	3
1 Non si vede, ma c'è (3-6 anni)	4
Il mondo attraverso i nostri sensi	4
Rubiamo i sensi all'astronomo	4
Occhi speciali per vedere il mondo	5
2 A caccia di onde radio (7-12 anni)	6
Informazioni invisibili: come faccio a sapere che ci sono?	7
“Catturiamo” le onde radio	8
Dove vanno a finire le onde radio?	9
Superficie “bucata”	9
Due esempi: la superficie della parabola e quella della Croce del Nord	9
Possibile approfondimento: la polarizzazione	10
Danni da onde elettromagnetiche e interferenze	10
Conclusioni	11
Feedback	11
Valore dell'esperienza	11
Bibliografia	11
Ringraziamenti	11

Introduzione

La comunicazione dell'astronomia al pubblico e soprattutto ai piccoli parte spesso dalle meraviglie che questa scienza ci riserva, e si basa sulla presentazione degli oggetti celesti e dei meccanismi tramite cui questi oggetti ci mostrano quello che riusciamo a osservare con i telescopi professionali e non sparsi in giro per il mondo.

Raramente la strumentazione adoperata è al centro del racconto. Le scoperte, gli oggetti, le immagini conquistano la scena della comunicazione dell'astronomia, avendone pieno diritto.

A volte è però necessario soffermarsi anche sugli aspetti tecnici di costruzione e realizzazione degli strumenti che sono il primo passaggio per ottenere i risultati che poi possono e devono essere pubblicizzati. Come nel caso delle grandi strumentazioni, costose e impegnative per i cittadini (perché realizzate anche con il loro contributo economico) che devono essere presentate insieme alle motivazioni che li rendono indispensabili e al grandioso avanzamento tecnologico che producono. SKA, ALMA, LoFAR, E-ELT, LBT, Planck, Herschel, non possono essere pubblicizzati solo tramite i risultati, che spesso non sono disponibili in forma "appetibile" per lungo tempo dalla loro attivazione, ma anche attraverso la loro natura, le tecnologie che li compongono, i metodi di osservazione che adottano.

Lo stesso avviene nel caso di Centri Visite di telescopi (che osservano a qualsiasi frequenza), in cui il protagonista dello "show" è il telescopio, con la sua strumentazione e le particolarità legate al diverso tipo di osservazione. Quando si riceve il pubblico presso il sito di un telescopio, si deve necessariamente introdurre l'aspetto tecnico e pratico di "come" le osservazioni sono realizzate. E questo "spostamento del centro" può essere molto stimolante (per quanto complesso) nel caso di strumentazioni non-ottiche, che producono risultati non direttamente accessibili ai nostri sensi.

Nella maggior parte dei casi, anche la comunicazione dello strumento e delle modalità di osservazione è introdotta attraverso il racconto (storia, aneddoti, ecc.) o nuovamente facendo uso dei risultati (le immagini in falsi colori, le scoperte fatte con quel telescopio o con strumenti simili, ecc.). Questo è più facile con un pubblico adulto e consapevole (scientificamente istruito) che può accogliere più agevolmente questa comunicazione indiretta. Più difficile e impegnativo è adottare questo metodo con un pubblico molto giovane (bambini fino a 12 anni di età), non ancora in grado di costruire, nel tempo della visita, una struttura cognitiva complessa in cui inserire il ruolo di questo telescopio che raccoglie informazioni che noi non vediamo e ci permette di studiarle.

Al Centro Visite "Marcello Ceccarelli", presso i radiotelescopi dell'INAF-Istituto di Radioastronomia, sono stati attivati due laboratori per bambini di 3-6 anni e di 7-12 anni, in cui si cerca di far scoprire a cosa servono i radiotelescopi e come si fa a studiare l'Universo con questi strumenti.



La sala esposizioni del Centro Visite "Marcello Ceccarelli".

1 Non si vede, ma c'è (3-6 anni)

I bambini in età prescolare conoscono il mondo intorno a sé attraverso l'esperienza personale, il gioco, la scoperta. I bambini di questa età sono curiosi, ma anche impazienti di conoscere e poco portati alle costruzioni di pensiero troppo artificiali e scollegate dalla realtà.

Su questi presupposti si basa l'attività "non si vede, ma c'è", sviluppata al Centro Visite "Marcello Ceccarelli" per bambini della scuola dell'infanzia. Il nucleo centrale dell'esperienza è la scoperta dei sensi come veicolo di informazioni sul mondo intorno a noi. Chiunque voglia studiare qualcosa del mondo che lo circonda, dovrà partire dai suoi sensi. Che cosa scopriamo guardando un oggetto? Cosa scopriamo toccandolo? Anche l'astronomo, uno scienziato che studia l'Universo, non può fare diversamente. Solo che, a causa della "scomodità" degli oggetti che studia, l'astronomo non può usare tutti i suoi sensi, ma solo la vista.

I bambini sono guidati attraverso un percorso di scoperta che comprende sperimentazione personale, rappresentazione scenica e scoperta attraverso le immagini.

Gli obiettivi di questo laboratorio sono di:

- introdurre il concetto di *remote sensing*, fulcro della ricerca astronomica, passando per l'esempio della nostra vista, che costituisce il primo esempio (e più immediato) di questo metodo conoscitivo;
- introdurre il concetto di informazione invisibile, per la quale sono necessari strumenti progettati e costruiti ad hoc.

L'esperimento è diviso in tre parti:

- 1) Il mondo attraverso i nostri sensi;
- 2) Rubiamo i sensi all'astronomo;
- 3) Occhi speciali per vedere il mondo.

Il mondo attraverso i nostri sensi

Nella prima parte del laboratorio, i bambini sperimentano i loro cinque sensi e scoprono quale di essi devono usare per scoprire diverse proprietà dell'oggetto che hanno davanti.

La vista è l'unico senso che possono usare per rispondere alla domanda "di che colore è il mio maglione?".

L'udito è l'unico su cui fare affidamento per capire se una voce registrata è maschile o femminile oppure se a parlare, sempre nella registrazione, è una sola o sono più persone.

L'olfatto permette di capire che odore hanno le cose: l'operatore si strofina le mani con il limone, di nascosto dai bambini, e poi chiede loro, da lontano, di cosa profumano le sue mani. I bambini scoprono così che solo l'olfatto potrà aiutarli a rispondere a questa domanda.

Il gusto è l'unico senso che permette di scoprire se l'acqua in un bicchiere è dolce oppure no.

Infine devono usare il tatto, se vogliono scoprire quale tra due bottiglie identiche contiene acqua un po' più fredda e quale invece acqua un po' più calda.

Rubiamo i sensi all'astronomo

Al termine della prima parte, i bambini assistono a una "scenetta" in cui uno dei due operatori toglie all'altro (l'astronomo) la possibilità di usare i suoi sensi, uno alla volta, lasciandogli solo gli occhi per vedere.

L'astronomo senza sensi ha solo la vista: può vedere se un oggetto è rosso o blu, ma come fa a sapere se è caldo oppure freddo, se è dolce oppure che rumore fa?

L'operatore che gestisce la rappresentazione fa all'astronomo le stesse domande che faceva ai bambini, e questo si dimena mostrando di voler usare il senso giusto per poter rispondere a ogni domanda.



L'astronomo privato dei sensi non può conoscere direttamente alcune proprietà dei materiali.

Occhi speciali per vedere il mondo

Nella fase finale dell'esperimento, finalmente, capiamo come fanno gli astronomi a sapere tutto quello che sanno: usano occhi speciali per osservare l'Universo, tirando fuori tutte le informazioni che la vista non è, da sola, in grado di dare loro.

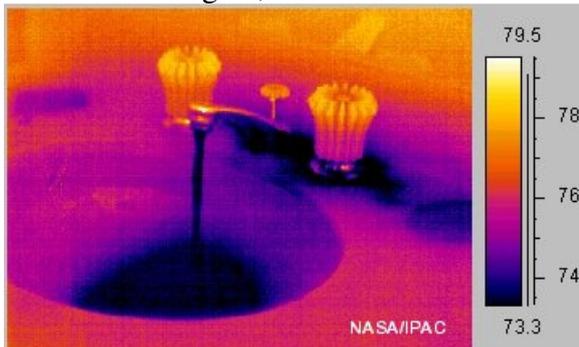
Si parte osservando alcune immagini di oggetti reali: questi sono inaccessibili a tutti i sensi tranne la vista, quindi, alla domanda "è caldo o freddo", non ci può essere risposta. Il massimo che possiamo fare è tirare a indovinare.



Un rubinetto con l'acqua che scorre: sarà calda o fredda? (cortesia NASA-IPAC)

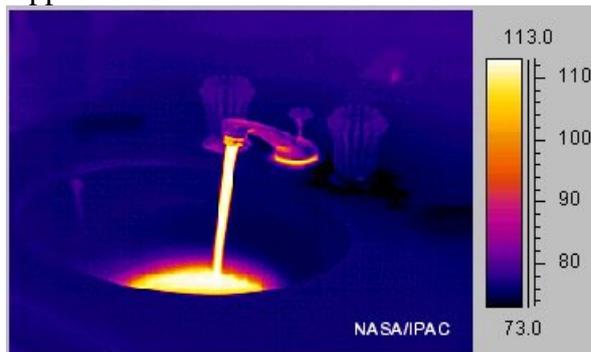
Quello di cui abbiamo bisogno sono gli "occhi giusti".

La stessa immagine, vista con una telecamera infrarossa, ci può apparire così:



Acqua fredda all'infrarosso (cortesia NASA-IPAC).

Oppure così:



Acqua calda all'infrarosso (Courtesy NASA-IPAC)

In questo modo, possiamo ottenere, attraverso questi “occhi speciali”, informazioni che i nostri occhi non ci riescono a dare.

L'esperimento si conclude con la conoscenza di strumenti che “vedono” la temperatura (telescopi infrarossi, radiotelescopi), il dolce e il salato (gli spettroscopi, che rivelano le sostanze chimiche presenti negli oggetti celesti), ecc.

2 A caccia di onde radio (7-12 anni)

I bambini in età tra i 7 e i 12 anni sono molto più consapevoli del mondo che li circonda: vogliono essere protagonisti del loro apprendimento, e rispondere da soli alle domande che si pongono.

Per questo l'attività di laboratorio “a caccia di onde radio” è stata costruita sulla base di una sperimentazione personale in cui i bambini sono portati a farsi delle domande, a cui poi loro stessi potranno rispondere usando i materiali messi a disposizione.

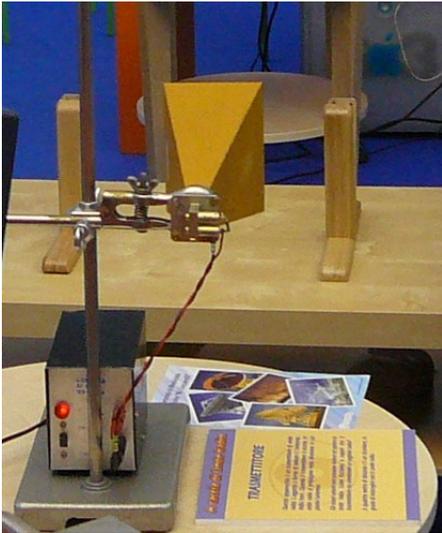
L'esperimento, ideato dalla Dott.ssa Varano e realizzato, per la parte di trasmissione e ricezione delle microonde dal Dott. Tomassetti, è così composto:

- 1) Un trasmettitore di onde radio (microonde), la cui lunghezza d'onda è ignota;
- 2) Un ricevitore;
- 3) Un misuratore di corrente (chiamato anche, nel seguito, indicatore o tester);
- 4) Un supporto per gli ostacoli;
- 5) Un set di ostacoli da inserire tra il trasmettitore e il ricevitore, per bloccare le onde radio e così catturarle.

Il **trasmettitore** è un dispositivo radio-elettrico di bassissima potenza, capace di generare onde radio di lunghezza d'onda tali da poter essere facilmente irradiate nello spazio circostante tramite la piccola antenna a cui è collegato. La curiosa forma a imbuto non rende questa antenna concettualmente diversa da quelle che si vedono sui nostri tetti o sulla cima delle nostre colline. Questa antenna, come quelle comunemente utilizzate per le telecomunicazioni, permette di concentrare le onde radio generate dal trasmettitore per direzionarle verso l'antenna del ricevitore, posto a pochi metri di distanza.

Nel **ricevitore**, tramite un' antenna direzionale, del tutto simile a quella trasmittente, le onde captate vengono applicate a un **rivelatore** (un diodo) che le trasforma in una debole corrente elettrica di cui possiamo accertare la presenza e misurare l'intensità con un **misuratore di corrente**, costituito da un semplice strumento noto col nome commerciale di ‘tester’.

Gli **ostacoli** sono rettangoli aventi tutti le stesse dimensioni, realizzati con diversi materiali, incorniciati per renderli sicuri da maneggiare e omogenei tra loro.



Trasmettitore e ricevitore. Alla base del ricevitore, si vede il misuratore di corrente.

L'esperimento è pensato sia per uno svolgimento collettivo e un percorso didattico strutturato, sia per una fruizione autonoma. In questo secondo caso, al posto della "guida" che spiega l'esperimento, è fornita ai bambini una serie di domande che saranno la traccia da cui partire per sviluppare un percorso cognitivo del tutto personale e originale.



L'esperimento è pensato anche per una fruizione autonoma.

Gli obiettivi dell'esperimento sono:

- Introdurre l'importanza della strumentazione per l'indagine astronomica, in particolare del collettore (che ci permette di acquisire il segnale) e del rivelatore (che ci permette di analizzarlo e studiarlo);
- far sperimentare il metodo scientifico che procede "per tentativi", alla ricerca della soluzione migliore e più efficace, a seconda degli obiettivi della ricerca che si sta svolgendo.

Informazioni invisibili: come faccio a sapere che ci sono?

La prima parte dell'esperimento serve a presentare il problema attraverso l'osservazione di una situazione.

Si prepara l'apparecchiatura posizionando trasmettitore e ricevitore uno di fronte all'altro (circa). In questa fase il rivelatore (tester digitale) è scollegato dal sistema ricevente.

Si invitano i ragazzi a indovinare se il trasmettitore è spento o acceso.

Si accende il trasmettitore, facendo vedere solo a una parte di loro che il LED di accensione è illuminato: gli altri dovranno indovinare se il sistema sta trasmettendo oppure no. Si esegue la procedura più volte, scambiando i gruppi tra loro e facendo fare a loro stessi la procedura di accensione e spegnimento, in modo da creare un buon ambiente di complicità e lavoro di gruppo.

La discussione si basa sul fatto che, a parte il led di accensione, non abbiamo nessun'altra indicazione del fatto che lo strumento sia acceso oppure no.

Nel caso quel trasmettitore fosse una stella o una galassia lontana, noi non vedremmo nessuna “lucetta”, quindi non potremmo sapere se sta trasmettendo onde radio oppure no.

Nel ricevitore la presenza delle onde radio è rivelata (appunto) da un **rivelatore**, che trasforma l’onda radio ricevuta in un segnale elettrico. A questo punto si introduce la necessità di usare qualcosa che renda il segnale elettrico “visibile” anche a noi. Spesso sono i ragazzi stessi che, dopo la prima fase di ricerca, vedendo che c’è un dispositivo con una lancetta e un cavo elettrico non collegato, propongono di collegare il ricevitore al tester e vedere cosa succede. La lancetta del tester si sposta dallo zero.

In questo modo si scopre l’importanza di avere, oltre a un ricevitore e a un rivelatore, anche un **indicatore** della presenza di onde radio, che trasformi l’informazione invisibile in qualcosa che noi siamo in grado di percepire con i nostri sensi. In questo senso, molto generale, alcuni oggetti che utilizziamo ampiamente nella nostra vita quotidiana sono degli “indicatori” della presenza di onde radio che raggiungono un ricevitore: lo schermo del televisore, lo squillo o la vibrazione del telefono cellulare, le quattro frecce della macchina quando la apriamo o la chiudiamo con il telecomando.

A questo punto, cambiando la posizione relativa del ricevitore, si fa in modo che la lancetta indichi il massimo valore possibile: si è così eseguita una procedura del tutto analoga al **puntamento** del telescopio.

“Catturiamo” le onde radio

In questa seconda parte dell’esperimento, cerchiamo di capire come deve essere fatto il sistema ricevente, cioè il telescopio.

Come fa un radiotelescopio (ma anche un qualsiasi altro telescopio) a raccogliere le informazioni che vogliamo studiare? Per prima cosa, deve essere fatto di un materiale che non sia trasparente a quello che deve essere rivelato. Non deve lasciare passare l’informazione che si vuole raccogliere: deve essere un **ostacolo**.

L’esperimento prevede di provare diversi materiali, per vedere quale di loro blocca le onde radio nel loro passaggio dal trasmettitore al ricevitore. Per scoprire se l’ostacolo funziona oppure no, si controlla la lancetta del misuratore di corrente: quando il segnale rimane costante, significa che l’ostacolo è inefficace: se diminuisce, le onde radio vengono solo parzialmente bloccate, se va a zero, avremo trovato il materiale giusto, che è completamente “opaco” alle onde radio, cioè non le fa passare per niente.

Si parte da un materiale che è trasparente alla luce, per scoprire se lascia passare anche le onde radio: il plexiglass → **trasparente** alle onde radio.

Il secondo e terzo tentativo sono fatti invece con cartone e forex, non sono trasparenti alla luce, ma sono invece **trasparenti** alle onde radio.

Si passa poi al compensato, ottenuto con materiali di scarto della falegnameria: legno + metallo → **leggermente opaco**.

Legno → **trasparente**.

Metallo (lastra di alluminio) → **opaco**.

Quest’ultimo ostacolo non fa passare le onde radio da trasmettitore al ricevitore: per rendere questa cosa ulteriormente evidente, si spegne e si riaccende il trasmettitore per far notare che l’informazione non passa.



Ostacoli da collocare fra trasmettitore e ricevitore.

Dove vanno a finire le onde radio?

Trasmettitore e ricevitore sono indirizzati entrambi verso una lastra di alluminio fissata su una superficie verticale, a lato del sistema composto da trasmettitore e ricevitore. Si osserva che, raggiunta una certa angolazione, la lancetta del tester segnala la presenza di onde radio, che quindi sono riflesse dalla lastra di alluminio.

Superficie “bucata”

A questo punto, una volta trovato il materiale che è in grado di bloccare il passaggio delle onde radio, si sperimentano diverse configurazioni, con superfici più o meno accurate.

Il primo tentativo è con una zanzariera metallica, con fori di 2 mm di larghezza → **opaca**.

Una lastra con fori di circa 1 cm di diametro è ancora completamente **opaca** alle onde radio.

L'ultimo ostacolo è una rete da recinzione (per polli) con fori di diametro di circa 10 cm. Questa superficie è completamente trasparente, infatti la lancetta non subisce spostamenti: è come se la lastra non ci fosse.

Al termine di questa fase, si introduce il concetto di “dimensione” dell’onda radio, che è bloccata solo se è “più grande” dei fori della superficie adottata. La proporzione solitamente adottata è 1:10 (la lunghezza d’onda deve essere almeno 10 volte più grande dei fori perché l’onda sia “catturata”), però questa prima scoperta è un buon modo per introdurre il concetto di **accuratezza** della superficie di raccolta.

Due esempi: la superficie della parabola e quella della Croce del Nord

Al termine dell’esperimento, si procede con la visita ai due radiotelescopi della Stazione Radioastronomica di Medicina: la parabola da 32 metri di diametro e la Croce del Nord. I due radiotelescopi appaiono subito molto diversi. Il primo è pensato come strumento singolo (*single dish*) anche se può essere usato come elemento di una rete interferometrica, mentre il secondo nasce come interferometro. Inoltre, mentre la parabola è uno strumento completamente orientabile, la Croce del Nord può effettuare movimenti solo in direzione Nord-Sud e sfrutta, per le sue osservazioni, il transito delle radiosorgenti in Est-Ovest. A parte queste e altre differenze sostanziali nella struttura e nel concetto dei due strumenti, possiamo provare a confrontare tra loro una delle antenne della Croce del Nord e la parabola: si osserva subito che, a parte la differenza nella geometria (cilindro parabolico in un caso e parabola sferica nell’altro), le due antenne sono molto diverse nella struttura della loro superficie di raccolta. Quella della parabola è una superficie piena fatta di pannelli di alluminio, mentre quella della Croce del Nord è un’insieme di fili d’acciaio con

una distanza di circa 2 cm tra uno e l'altro. Questa differenza dipende dalla lunghezza d'onda delle onde radio che i due strumenti sono nati per osservare: la Croce del Nord osserva onde radio a lunghezza d'onda di 73.5 cm, mentre la parabola può osservare a diverse lunghezze d'onda, da 1 cm in su. L'accuratezza, di conseguenza, cambia, ed è migliore per la superficie dell'antenna che osserva lunghezze d'onda più piccole (la parabola).

La dimostrazione che si esegue per far comprendere ai più piccoli questo concetto passa dall'analogia delle onde radio con delle palline di diverse dimensioni e dei due radiotelescopi con due "palette" a trama più o meno fitta.

Si dimostra che la paletta a trama più fitta (che simula la superficie della parabola) può raccogliere con la stessa efficienza sia le "palline" più grandi che quelle più piccole, mentre la paletta a trama meno fitta, raccoglie senza problemi solo le palline più grandi, mentre non riesce a raccogliere in modo efficiente le palline più piccole, che passano attraverso i fori della trama.



Superfici più o meno accurate possono essere simulate da "raccoglitori" con trama più o meno fitta.



La superficie di raccolta della Croce del Nord (a sinistra) e della parabola (a destra).

Possibile approfondimento: la polarizzazione

Se, come ultimo ostacolo, si introduce anche una griglia da forno, in cui la direzione dei "buchi" è diversa se considerata in orizzontale o in verticale, si può sperimentare il concetto di **polarizzazione**: la diversa direzione delle linee della griglia porta a un totale assorbimento o totale trasparenza, a seconda della polarizzazione originale dell'onda emessa.

Danni da onde elettromagnetiche e interferenze

Usando un trasmettitore a microonde, capita di dover rispondere a domande sui possibili danni prodotti da questo tipo di onde elettromagnetiche. In realtà, siamo noi stessi a porre il problema, se non è sollevato dal pubblico, per introdurre anche il concetto di **potenza** dell'onda elettromagnetica: quelle prodotte in questo esperimento hanno una potenza di 5 mW. In un forno a microonde raggiungono i 1000 W.

Un argomento in parte legato a questo è quello delle possibili interferenze prodotte dallo strumento da noi adoperato in trasmissione. Anche in questo caso, il problema è suggerito dallo stesso operatore, nel caso non nasca spontaneamente, per introdurre il concetto di "sintonia" e interferenze elettromagnetiche prodotte da dispositivi non correttamente funzionanti. Possiamo infatti usare senza problemi il nostro trasmettitore (che comunque ha una bassissima potenza) vicino ai radiotelescopi, perché trasmette a una frequenza attorno ai 10 GHz, dedicata ai radioamatori: la

trasmissione a questa frequenza è possibile grazie una regolare licenza, che noi utilizziamo. Con queste argomentazioni, si spiega anche la motivazione della forte necessità di regolamentazione in ambito di occupazione delle frequenze e di controllo della quiete radio nelle bande di frequenza riservate alla radioastronomia.

Conclusioni

Abbiamo descritto due attività di laboratorio pensate per i bambini delle scuole materne ed elementari. L'obiettivo principale di queste attività è presentare a un pubblico anche molto giovane il modo in cui funzionano i telescopi (a qualsiasi frequenza, ma in particolare quelli che lavorano a lunghezze d'onda non visibili). Più in generale, con questi esperimenti ci si propone di mettere in evidenza la necessità, stringente per la ricerca astronomica, di raccogliere qualsiasi informazione che ci è accessibile "da lontano" (il concetto di *remote sensing*), anche, e a volte soprattutto, quelle che i nostri occhi non possono vedere.

Feedback

I due esperimenti presentati in quest'articolo sono stati testati al Centro Visite "Marcello Ceccarelli" dei radiotelescopi dell'INAF-Istituto di Radioastronomia con diversi gruppi di visitatori, studenti e insegnanti: la risposta del pubblico in questa prima fase di sperimentazione delle due attività è stata estremamente positiva.

Le procedure per una efficiente raccolta *feedback* necessitano di una stretta collaborazione con insegnanti e uno studio sulle migliori modalità di raccolta dei dati sull'impatto di questa attività. La collaborazione con gli insegnanti e l'analisi di metodi per la raccolta di feedback sono in fase di realizzazione e saranno presentate in futuro.

Al momento, i dati a disposizione sull'efficacia comunicativa di questi esperimenti sono le richieste da parte delle scuole materne ed elementari: circa 200 bambini hanno, nel 2010, partecipato al laboratorio "**Non si vede ma c'è**" e oltre 500 hanno eseguito il laboratorio "**A caccia di onde radio**". Attualmente entrambi gli esperimenti sono disponibili presso il Centro Visite. Il secondo esperimento, in particolare, è utilizzato anche autonomamente dai bambini in gruppo o con i loro genitori.

Valore dell'esperienza

Le due attività presentate prevedono un approccio strumentale all'astronomia, e quindi, necessariamente fanno uso del metodo scientifico, a diversi livelli, per la comunicazione dei concetti (da parte degli operatori didattici e della comunicazione) e per la costruzione di conoscenza (da parte dei ragazzi coinvolti).

La grande efficacia di questo approccio è su due fronti. Prima di tutto, ci permette di presentare, anche a un pubblico adulto, le difficoltà dell'osservazione astronomica e la necessità di accuratezza degli strumenti, in modo da coinvolgerlo maggiormente in queste attività di ricerca. In secondo luogo, questo metodo comunicativo favorisce una maggiore comprensione dell'entità di sperimentazione e avanzamento tecnologico prodotti in questi ambiti di ricerca e quindi anche della validità dell'investimento, economico e culturale, nella ricerca scientifica.

Bibliografia

- S.Varano
Rapporto delle attività del CENTRO VISITE 'M. CECCARELLI' dei radiotelescopi INAF/IRA anni 2006-2009

Ringraziamenti

Si ringrazia Alessandra Zanichelli per aver svolto il ruolo di referee interno.