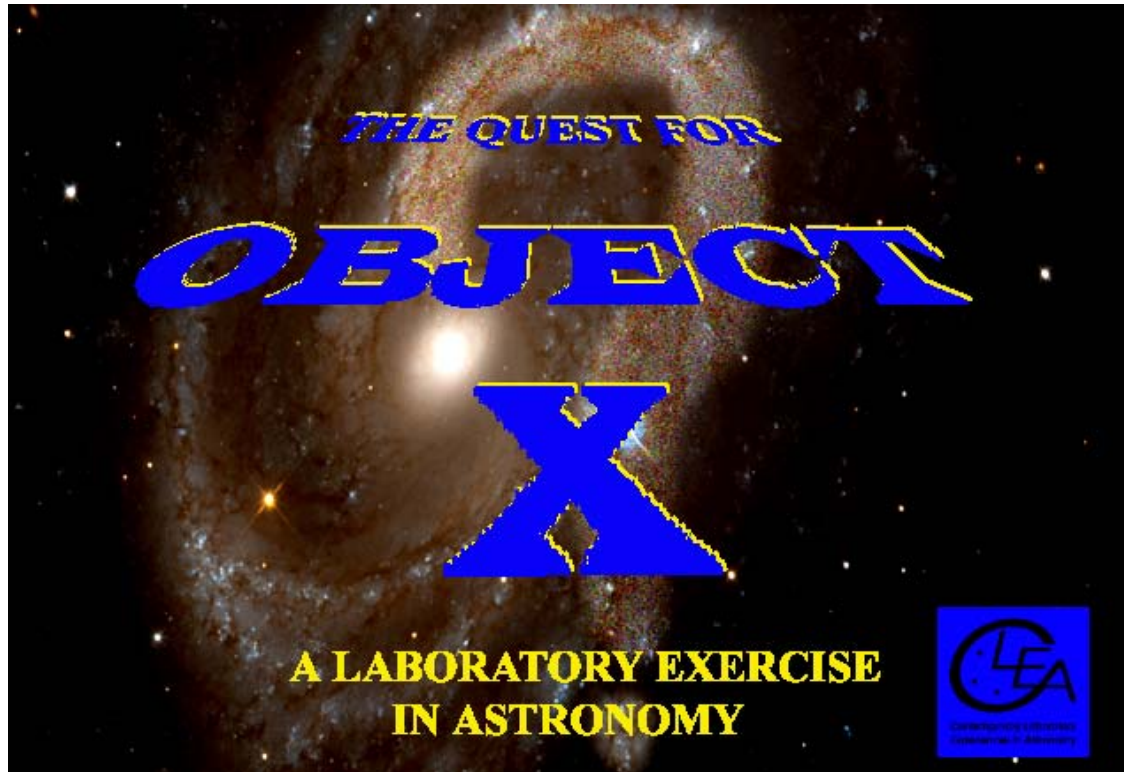


La ricerca dell'oggetto X

Manuale dello studente



Department of Physics

Gettysburg College

Gettysburg, PA 17325

Telephone: (717) 337-6019

Email: clea@gettysburg.edu

Versione Italiana

Mario Sandri

Email: mario.sandri@katamail.com

Italian Amateur Radio Astronomy group

Gruppo Ricerca Radioastronomia Amatoriale
Trentino

Sezione di Ricerca RadioAstronomia UAI



Indice

Obiettivi	3
La ricerca dell'oggetto X	4
Introduzione	4
L' Oggetto Sconosciuto	5
Procedure per identificare gli oggetti astronomici	5
L'idea generale	5
Alcuni suggerimenti generali	7
Test di verifica per identificare gli oggetti astronomici	9
L'Osservatorio Educativo Virtuale di CLEA (VIREO)	10
Telescopi ottici	10
Strumenti per telescopi ottici	12
La macchina fotografica CCD	12
Il fotometro di apertura	12
Lo spettrometro conta-fotoni	13
Il radiotelescopio	14
Strumenti per il radiotelescopio	15
I ricevitori sintonizzabili	15
Programmi supplementari per l'analisi	16
Programma di analisi dello spettro	16
Programma di astrometria	16
Programma per l'analisi delle radio pulsar	17
Editor per lo spettrometro, il fotometro, il misuratore di linee e i risultati delle pulsar	18
Fogli elettronici	18
Pubblicazione dei risultati	19
Un taccuino scientifico	19
Un articolo scientifico da giornale	20
Un saggio popolare di scienza	21
Riferimenti utili	22
Appendici.....	23
Appendice A: Costanti e informazioni astronomiche utili	23
Appendice B: Formule utili	24
Appendice C: Caratteristiche di distinzione degli spettri di sequenza principali	25
Appendice D: Magnitudine assoluta e B-V contro tipo spettrale	26

Obiettivi

Date le coordinate celesti di un oggetto celeste, dovrete poter determinare la natura dell'oggetto usando osservazioni con una varietà di strumenti astronomici ed una varietà di lunghezze d'onda e di periodi. Dovreste anche potere determinare alcune delle relative proprietà fisiche quali la temperatura, la distanza, la velocità, ecc. (secondo il tipo di oggetto) dalle osservazioni.

Infine, dovrete ottenere una migliore consapevolezza della distinzione fra *le osservazioni* - che producono dati - e *le interpretazioni*, che sono conclusioni circa le caratteristiche di un oggetto ottenuto dai dati.

Obiettivi

Dovreste imparare...

- Far funzionare i telescopi ottici e i radiotelescopi simulati con CLEA.
- Individuare gli oggetti usando le coordinate celesti.
- Prendere gli spettri, le immagini e le misure fotometriche.
- Riconoscere le caratteristiche identificanti delle stelle, delle galassie, degli asteroidi, delle pulsar e di altri oggetti nel cielo.
- Capire quali tipi di misure rendono le informazioni utili sugli oggetti celesti.
- Calcolare le proprietà degli oggetti celesti dai vari tipi di misure.

Dovreste potere...

- Identificare il tipo di oggetto che state analizzando.
- Effettuare le misure supplementari che vi permetteranno di identificare almeno alcune di queste proprietà: forma, temperatura, distanza, velocità, periodo di rotazione, età, composizione.
- Sviluppare la comprensione delle procedure che gli astronomi eseguono quando conducono una ricerca.
- Apprezzare alcune delle difficoltà e delle limitazioni nel fare le scoperte astronomiche.

LA RICERCA DELL'OGGETTO X

Introduzione

Che cosa significa dire che un astronomo "ha scoperto" qualcosa? In molti campi della scienza, la scoperta implica l'individuazione di qualcosa che è nascosta alla vista, come il ritrovamento di un fossile nascosto sotto strati di argilla, la scoperta della struttura chimica di un enzima, o viaggiare al cuore della foresta pluviale e fotografare una specie fino ad allora sconosciuta di uccello.

Ma come questo si applica all'astronomia? I cieli sono sempre in vista, con l'eccezione degli oggetti che si trovano sotto l'orizzonte. Se siete disposti ad aspettare che la terra giri e se potete viaggiare in un emisfero differente, potete vedere l'intero cielo. Se catturate un'esposizione più lunga o utilizzate un telescopio più grande, potete vedere gli oggetti più deboli. Niente può realmente essere nascosto.

Ci sono tanti oggetti nel cielo, tuttavia, ci sono oggetti in piena vista che non possono essere facili da distinguere. L'operazione principale della scoperta astronomica, in breve, è di riconoscere alcuni oggetti di interesse fra i miliardi ed i miliardi dei punti di luce che rileviamo. Sono come i puzzle nel libro "Dove è Waldo?", che richiedono al lettore di trovare una persona in una folla di migliaia - voi potete stare allineato all'oggetto che state cercando, tuttavia potete non comprendere la reale natura di ciò che sta davanti ai vostri occhi.

Per apprezzare la difficoltà di scoprire qualcosa di interesse fra il gran numero di luci nel cielo, considerare quanto segue: in una notte scura senza luna, un buon osservatore può vedere circa 3000 stelle per ogni tempo dato con l'occhio nudo. I telescopi e le macchine fotografiche elettroniche usati dagli astronomi oggi aumentano in modo immenso questo numero. Se contate le stelle inferiori di luminosità a un centesimo di quelle appena visibili a occhio nudo, il numero è circa 20 milioni ed il numero aumenta rapidamente in miliardi mentre uno va a contare oggetti ancora più deboli. Le lunghe esposizioni con i telescopi migliori possono vedere gli oggetti più deboli di un milione volte e nessuno ha tentato di fare un conteggio completo dei miliardi e dei miliardi degli oggetti visibili a quel livello.

La maggior parte degli oggetti assomigliano in cielo a puntini o a macchie di luce. Anche tramite i telescopi più grandi soltanto alcuni oggetti, come i grandi pianeti, alcune galassie e le nebulose, mostrano dei particolari distinguibili. È necessaria una osservazione attenta - con gli spettrometri, fotometri, macchine fotografiche di diverso campo ad una vasta gamma di lunghezze d'onda per distinguere una macchia da un'altra. Come un chimico lavora con polveri bianche, cercando di capire come sono fatte, così i dati riguardanti quelle piccole macchie di luce permettono agli astronomi di capire la loro natura.

Questa è un'esercitazione sulla scoperta astronomica. È semplice nel concetto: vi saranno date le coordinate celesti (ascensione retta e declinazione) di un oggetto di mistero, "lo sconosciuto", l'oggetto X. Usando le tecniche dell'astronomia osservativa, identificherete l'oggetto e scoprirete tutto circa le relative caratteristiche fisiche (per esempio la distanza, la temperatura e luminosità di una stella della Via Lattea, o la velocità e la distanza di una galassia distante).

L' OGGETTO SCONOSCIUTO

Annotare nello spazio sottostante le coordinate celesti dell'oggetto sconosciuto assegnato dal vostro istruttore.

LE COORDINATE DELL'OGGETTO X					
ASCENSIONE RETTA			DECLINAZIONE		
H	M.	S	°	'	"

PROCEDURE PER IDENTIFICARE GLI OGGETTI ASTRONOMICI

L'Idea Generale

Come un astronomo voi dovrete analizzare un oggetto sconosciuto. Tutto ciò che conoscete sono le coordinate celesti, ascensione retta e declinazione, che vi indicano dove puntare il vostro strumento nel cielo. Come si valuta la natura dell'oggetto?

Per capire il metodo base, considerate una situazione più familiare: siete un chimico e qualcuno vi dà una polvere bianca. Che cosa fate per scoprire di che cosa è fatta? La tecnica generale prevede una serie di procedure standard per vedere che risultati fornisce. Un chimico può disporre la polvere in uno spettrometro di massa, che produrrà un grafico che indica la presenza di vari elementi chimici. Un cucchiaino da tè della polvere potrebbe essere pesato su una bilancia sensibile per vedere quanto denso è. O il chimico può mettere la polvere in una provetta ed aggiungere un'altra sostanza reattiva per vedere che cosa accade - una soluzione potrebbe cambiare i colori, o potrebbe formare un precipitato.

Gli astronomi analizzano la luce da un oggetto sconosciuto in modo simile – conducono una serie di test. La prima cosa che può fare l'astronomo è puntare l'oggetto sconosciuto e di prenderne l'immagine. Ciò potrebbe indicare immediatamente la tipologia dell'oggetto - se l'oggetto assomiglia ad una grande spirale estesa di luce, allora esso è una galassia a spirale relativamente vicina. Ma supponiamo che assomiglia ad una *sorgente puntiforme* - un piccolo puntino di luce - allora la decisione non è chiara. Potrebbe essere un asteroide nel nostro Sistema Solare; potrebbe essere una stella lontana pochi anni luce; potrebbe essere una galassia distante centinaia di milioni di anni luce (che è troppo lontana affinché la sua figura fosse visibile); potrebbe persino essere un quasar (una piccola fonte di radiazione intensa, alimentata da un buco nero super massivo) a miliardi di anni luce.

The quest for object X

Per risolvere la domanda, bisogna effettuare una prova supplementare. Potreste fissare uno spettroscopio al vostro telescopio e prendere uno spettro della luce dall'oggetto sconosciuto. Supponendo che lo spettro assomigli a questo (figura 1), con soltanto alcune linee spettrali visibili ed il modello distintivo di due linee vicine (dagli atomi ionizzati del calcio) alla fine dello spettro alle brevi lunghezze d'onda:

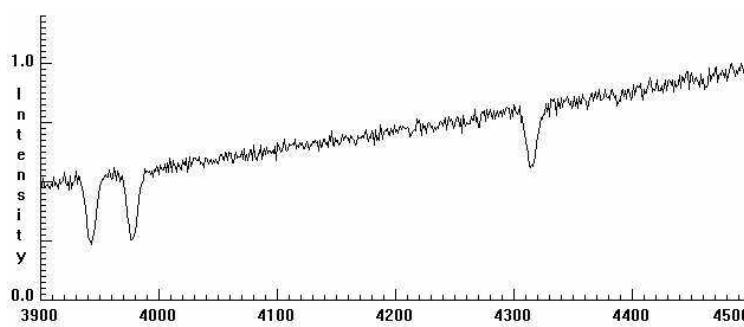


Figura 1:
Spettro di una
galassia

Questo è uno spettro tipico della galassia, a differenza dello spettro di una stella per esempio che potrebbe assomigliare allo spettro qui sotto (figura 2), che ha un modello differente e distintivo delle linee spettrali.

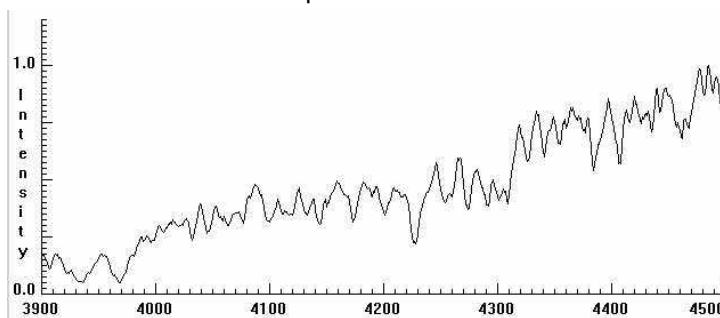


Figura 2:
Spettro di
una stella

Mentre gli spettri delle galassie sembrano più o meno gli stessi (perché sono la media di milioni di stelle di generi differenti), le gamme di stelle differiscono da un tipo spettrale all'altro. Qui vi è un altro spettro di stella (figura 3) di un tipo spettrale differente.

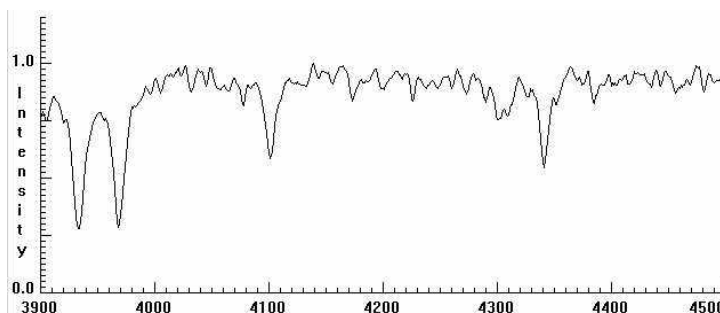


Figura 3:
Spettro di una stella
differente da quello di
figura 2

Per un'esercitazione sui tipi spettrali di stelle, vedere il laboratorio "classificazione spettrale delle stelle (CLEA)".

Poiché il *nostro* oggetto sconosciuto, in questo caso, ha lo spettro di una galassia, la identifichiamo come tale e possiamo allora continuare a determinare alcune delle proprietà dallo spettro, consideriamo il redshift, la velocità relativa di recessione da noi e la relativa distanza (vedere l'esercitazione di CLEA: "La relazione Redshift-Distanza di Hubble").

Se lo spettro dell'oggetto fosse stato quello di una stella, avremmo potuto determinare il relativo tipo spettrale e la grandezza assoluta dallo spettro. Potremmo continuare a determinare la grandezza apparente della stella per mezzo di un fotometro (vedere l'esercitazione di CLEA: "fotometria fotoelettrica delle Pleiadi"). Allora a partire dalle grandezze assolute ed apparenti potremmo determinare la distanza della stella.

A volte è giusto ciò che è semplice. Se classificassimo lo spettro e trovassimo che era una stella di sequenza principale B5, potremmo riposarci assicurati dal fatto che l'oggetto era effettivamente una stella e potremmo andare avanti e determinare le relative proprietà dalle tabelle delle proprietà dei vari tipi di stelle.

A volte non è così semplice, le osservazioni supplementari sono necessarie per raggiungere un'identificazione certa. Supporre che lo spettro sconosciuto era quello di una stella sequenza principale G2, che sembra essere il tipo spettrale del nostro Sole. Benché ci sia abbondanza di stelle G2 nel cielo, è inoltre possibile che l'oggetto non sia una stella ma un asteroide nel nostro Sistema Solare, riflettente la luce del nostro Sole.

Come potremmo decidere se era un asteroide vicino o una stella distante? Il modo più semplice è quello di notare che un asteroide è in orbita intorno al Sole e si muove notevolmente rispetto lo sfondo delle stelle molto più distanti nel tempo di alcuni minuti. Così se prendiamo due immagini dell'oggetto sconosciuto a parecchi minuti e notiamo che l'oggetto si è mosso da un'immagine all'altra, allora è un asteroide, non una stella. Di conseguenza, prima che possiamo concludere che l'oggetto puntiforme con lo spettro G2 è una stella, dobbiamo prendere due immagini spaziate di parecchi minuti e le confrontiamo per assicurarsi che non si è mossa. (questo metodo di identificare gli asteroidi è presentato nell'esercitazione degli asteroidi di CLEA "Astrometria".)

Alcuni Suggerimenti Generali

Non vi è una ricetta rapida per identificare gli oggetti sconosciuti ed uno degli obiettivi di questa esercitazione è sviluppare la vostra personale strategia nella scoperta astronomica. Ma l'esempio nella sezione precedente dovrebbe darvi una certa idea di ciò che implica. Il software di CLEA fornito con questa esercitazione vi dà l'accesso ad una vasta gamma di telescopi, degli strumenti e del software di analisi che potete usare per analizzare la luce di un oggetto celeste sconosciuto. Potete usare queste tecniche per effettuare le prove che vi aiuteranno a scoprire la natura più probabile dell'oggetto

Qui sono alcune domande che dovete chiedervi mentre progettate ed trovare la vostra strategia d'osservazione:

- L'oggetto è visibile ad alcune lunghezze d'onda e non ad altre? Le stelle normali, per esempio, sono visibili tramite un telescopio ottico, mentre le pulsar (con una o due eccezioni) sono invisibili, perché emettono pochissima luce. D'altra parte

le pulsar sono forti emettitori di radiazione radio e possono essere rilevate con i radiotelescopi, mentre le stelle (con l'eccezione del nostro Sole, perché è così vicino) emettono troppo poca radiazione radio da rilevare.

- L'oggetto è *una sorgente puntiforme* o *una sorgente estesa*? Le sorgenti puntiformi assomigliano ai puntini di luce, indipendentemente da quanto siano ingrandite, mentre le sorgenti estese esibiscono particolari e si distribuiscono per una zona misurabile del cielo. Le stelle (ancora tranne il Sole) compaiono come sorgenti puntiformi. Così come gli asteroidi e le quasar. Le galassie vicine compaiono come sorgenti estese - diffondono macchie di luce. Ma le galassie molto distanti possono esserne assenti e sembrano essere come nient'altro che puntini di luce e possono confondersi con le stelle. Alcuni oggetti che compaiono come sorgenti puntiformi a corte esposizioni, rivelano le loro regioni esterne deboli quando le esposizioni sono molto lunghe.
- L'oggetto mostra uno spettro di assorbimento o nessuno spettro di emissione? Le stelle e le galassie mostrano gli spettri di assorbimento, comunque, come abbiamo visto, lo spettro di una stella è distinto da quello di una galassia. Le nubi sottili di gas riscaldate dalle stelle vicine mostrano gli spettri di emissione. Alcuni esempi di queste nubi di gas includono le regioni di HII, come la Nebulosa di Orione e le nebulose planetari, come la Nebulosa Anello (M57). Anche i quasar mostrano spesso spettri di emissione.
- L'oggetto si muove? La maggior parte degli oggetti fuori dal Sistema Solare hanno piccoli movimenti che sembrano stazionari, rilevabili in periodi dell'ordine delle migliaia o di milioni di anni. Ma gli oggetti nel Sistema Solare, poiché sono in orbita intorno al Sole, sembrano muoversi relativamente rapidamente fra le stelle. Il movimento di un asteroide, per esempio, può essere notato solitamente sulle immagini riprese a distanza di alcuni minuti.
- Supponendo di aver identificato correttamente il mio oggetto, quali proprietà posso derivare dalle osservazioni con gli strumenti a disposizione? Se è una stella, per esempio, posso determinare il tipo spettrale dalle osservazioni con il mio spettrografo e conoscendo il tipo spettrale, posso osservare la temperatura e grandezza assoluta. Posso anche misurare la grandezza apparente con il mio fotometro e dalle grandezze apparenti ed assolute, determino la distanza. Se è una pulsar, tuttavia, non posso vederla affatto con il mio telescopio ottico. Invece, dovrò utilizzare il mio radiotelescopio e posso allora determinare il periodo, che mi dice quanto velocemente la stella di neutroni che produce la pulsar sta girando. Osservando la differenza nei tempi di arrivo degli impulsi a frequenze differenti, si può determinare quanto lontana è la pulsar (vedere gli esempi di CLEA *Radio Astronomia di una Pulsar*).

Nella tabella alla pagina seguente abbiamo elencato alcune delle caratteristiche che distinguono un certo numero di tipi di oggetti astronomici, con alcune delle proprietà che potete misurare con le vostre osservazioni. Possono essere un aiuto nella progettazione della vostra strategia per identificare il vostro oggetto sconosciuto.

Test di verifica per identificare gli oggetti astronomici		
TIPO DI OGGETTO	CARATTERISTICHE D'OSSERVAZIONE	QUANTITÀ FISICHE DERIVABILE DALLE OSSERVAZIONI
Stella	<p>Ottico: Sorgente puntiforme Spettro di Assorbimento Tipo spettrale confrontabile da atlante</p> <p>Radio: Non rilevabile</p>	<p>Tipo Spettrale Temperatura Luminosità Distanza Coordinate Galattiche Età (se in un ammasso)</p>
Asteroide	<p>Ottico: Sorgente puntiforme Movimenti rispetto alle stelle del fondo cielo. Spettro di assorbimento di G2V.</p> <p>Radio: Non rilevabile</p>	<p>Posizione Componente trasversale di velocità Distanza (se sono possibili misure di parallasse). Colore e tipo</p>
Galassia Normale	<p>Ottico: Sorgente estesa. Ma può comparire come sorgente puntiforme se sufficiente distante Spettro di assorbimento. Le linee di K, di H ed il G legano in maniera importante. Red-shift notevole.</p> <p>Radio: Debole o non scopribile.</p>	<p>Velocità radiale Distanze (assumendo H_0) o usando una candela standard indipendente quali Cefeidi o supernove di tipo Ia.</p>
Quasar	<p>Ottico: Sorgente puntiforme Spettro di emissione Spostamento verso il rosso.</p> <p>Radio: Può essere forte o debole.</p>	<p>Velocità Radiale Distanza (assumendo H_0) Luminosità</p>
Pulsar	<p>Ottico: Non rilevabile tranne per alcune giovani (per esempio Granchio, Vela)</p> <p>Radio: Periodo corta, bursts periodici Periodo da $\sim 10^{-3}$ a 10 sec.</p>	<p>Periodo di rotazione Distanza (assumendo la densità elettronica del mezzo interstellare). Età</p>
Nebulosa Planetaria	<p>Ottico Sorgente estesa. Quelle piccole e distanti possono apparire come sorgenti puntiformi Spettro di emissione:</p> <p>Radio Non rilevabile</p>	<p>Temperatura Densità del gas Distanza</p>

L'OSSERVATORIO EDUCATIVO VIRTUALE DI CLEA (VIREO)

Una volta che avete annotato le coordinate del vostro oggetto sconosciuto, punterete l'osservatorio educativo virtuale (VIRtual Educational Observatory VIREO), disponibile sul vostro calcolatore del laboratorio, sull'oggetto. Questo software vi dà l'accesso ad una varietà di telescopi e di strumenti di misura che potete utilizzare per esaminare ed analizzare la radiazione dell'oggetto X. Potete riflettere su quale strumento desiderate usare inizialmente e cominciare a sviluppare una strategia per identificare l'oggetto sconosciuto. Non dovete presentare la vostra strategia completa: potete effettuare alcune misure e successivamente decidere che cosa fare in base al vostro primo risultato. Ma tenete traccia di ciò che state facendo per poterlo ricapitolare nella vostra relazione finale.

Qui vi è un sommario degli strumenti che avete a disposizione attraverso il software del VIREO:

Telescopi Ottici: Ci sono tre telescopi ottici disponibili per il vostro uso, uno con un piccolo specchio (0.4 metri di diametro), uno con uno specchio di taglia media (1.0 metri di diametro) ed uno con un grande specchio (4.0 metri di diametro.) Potete scegliere il telescopio che desiderate nella finestra principale del programma dell'osservatorio (figura 4). La scelta del telescopio, naturalmente, influenzerà la quantità di luce raccolta e il tempo necessario per raccogliere i dati con i telescopi. Per gli oggetti molto deboli, quindi, il telescopio più grande è la cosa migliore. Per gli oggetti più luminosi, un telescopio più piccolo può essere sufficiente.

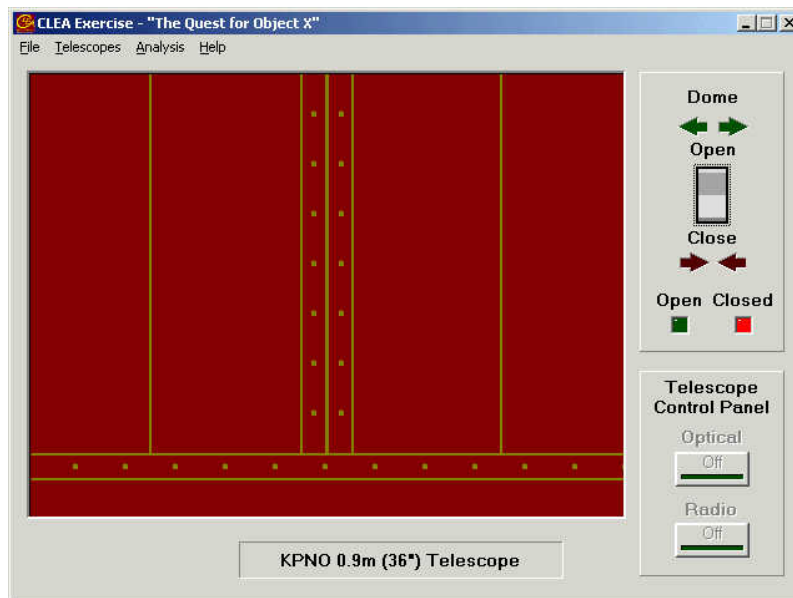


Figura 4: La finestra principale dell'osservatorio

Una volta che avete selezionato un telescopio, potete aprire la cupola ed accendere la finestra di controllo del telescopio, che aprirà una finestra come quella nella figura 5.

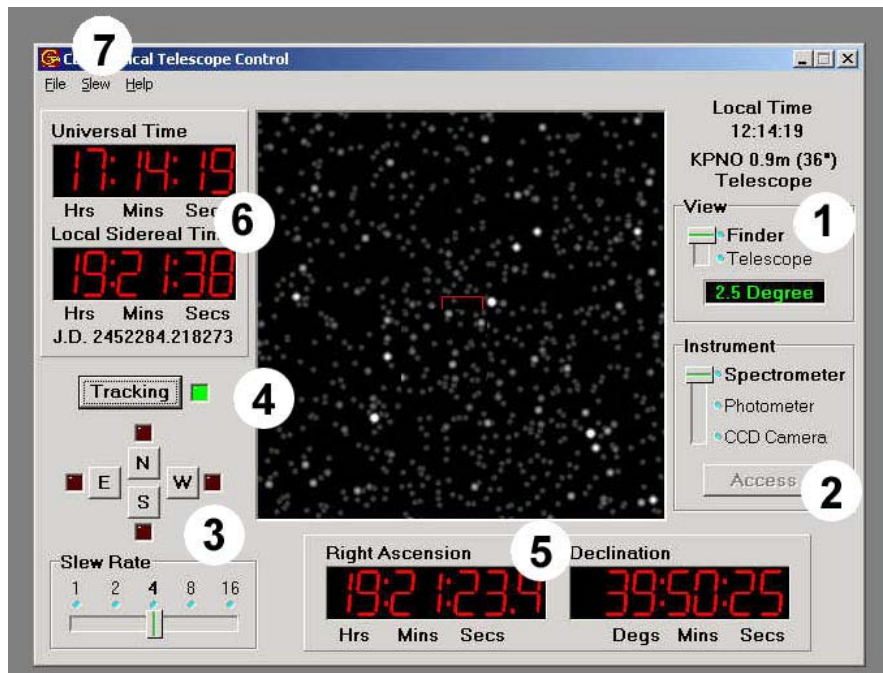


Figura 5: La finestra di controllo del telescopio

Oltre allo schermo nel centro che mostra il campo visto dal telescopio, vi sono:

1. Comandi per passare da una vista a largo campo ("cercatore") ad una a campo stretto ("telescopio").
2. Comandi per selezionare gli strumenti da accoppiare al telescopio.
3. Comandi per spostare ("lentamente") il telescopio.
4. Un controllo per fare in modo che il telescopio compensi la rotazione terrestre. (NOTA: l'inseguimento deve essere acceso per usare le altre caratteristiche del telescopio. Se l'inseguimento è disinserito, le stelle sembreranno muoversi attraverso lo schermo a causa del movimento terrestre)
5. Coordinate a cui il telescopio sta puntando.
6. Tempo Universale e Siderale Locale.
7. Menù in cui potete fornire le coordinate esatte delle stelle verso cui il telescopio si muoverà.

Se accendete l'inseguimento spingendo il tasto d'inseguimento (la luce d'inseguimento verde si accende e le stelle smettono di andare alla deriva verso ovest sullo schermo). Potete spostare il telescopio dalle coordinate del vostro oggetto sconosciuto. Potete ottenere una vista ingrandita dell'oggetto commutando dalla vista a campo stretto ("telescopio"). Potete selezionare lo strumento che desiderate utilizzare per analizzare la luce dell'oggetto.

Strumenti per i telescopi ottici:

La Macchina Fotografica CCD: La macchina fotografica CCD prende un'immagine digitale della parte del cielo che il telescopio sta osservando. Un'esposizione tipica, intorno ad un minuto o due, oppure si possono fare esposizioni più lunghe per catturare gli oggetti più deboli. Ci sono due filtri, i filtri astronomici V (giallo verde) e B (blu) che potete mettere davanti alla macchina fotografica, o potete non usarne nessuno ("NF"). Potete conservare le vostre immagini digitali per osservarle ed analizzarle successivamente. La finestra di controllo dello strumento della macchina fotografica assomiglia a questa (figura 6). Affinché siate sicuri di conservare tutte le immagini che prendete, usate il menu "File" per nominare e salvare i vostri file di immagine.

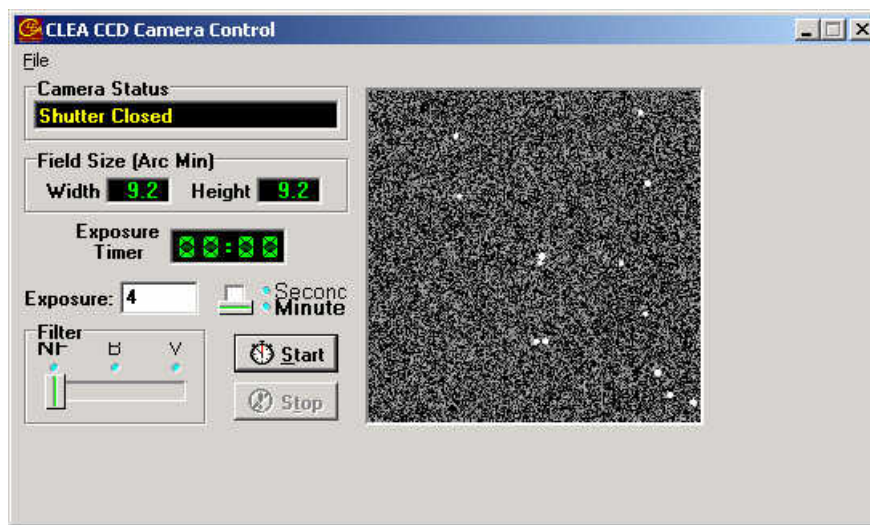


Figura 6: La finestra di controllo del CCD

Il Fotometro di Apertura: Il fotometro misura l'intensità della luce che entra attraverso un piccolo foro circolare posizionato nel piano dell'immagine del telescopio. I filtri possono essere disposti fra il foro ed il tubo del fotomoltiplicatore che conta i fotoni di luce che entrano. Il telescopio può essere puntato verso una stella e tutta la luce dalla stella, che passa attraverso il foro del fotometro, sarà contata – quanto migliori sono le condizioni luminose del fondo del cielo (causato dalle luci riflesse della città illuminata, causato dall'emissione delle molecole nell'atmosfera, ecc.). Il fotometro dovrebbe in primo luogo essere puntato verso un cielo bianco per misurare il livello di fondo - non calcolerà la magnitudine stellare se non viene fatta questa operazione. Una volta che ha registrato il fondo del cielo, potete posizionarlo sulle stelle che desiderate misurare. (vedere gli esercizi di *la fotometria fotoelettrica delle Pleiadi* per i particolari). Poiché i fotoni di luce vengono in periodi a caso, dovete inoltre assicurarvi di raccogliere circa 10000 fotoni per avere abbastanza dati per una buona valutazione statistica della luminosità della stella. Potete aumentare il tempo di esposizione ("integrazione"), o il numero di prove prese dal fotometro, per raggiungere questo numero. Per le stelle molto deboli, non potete ottenere 10000 fotoni in un tempo ragionevole, dunque i vostri risultati quindi non saranno del tutto affidabili. La finestra del fotometro, con tutti i relativi comandi, è indicata nella figura 7.

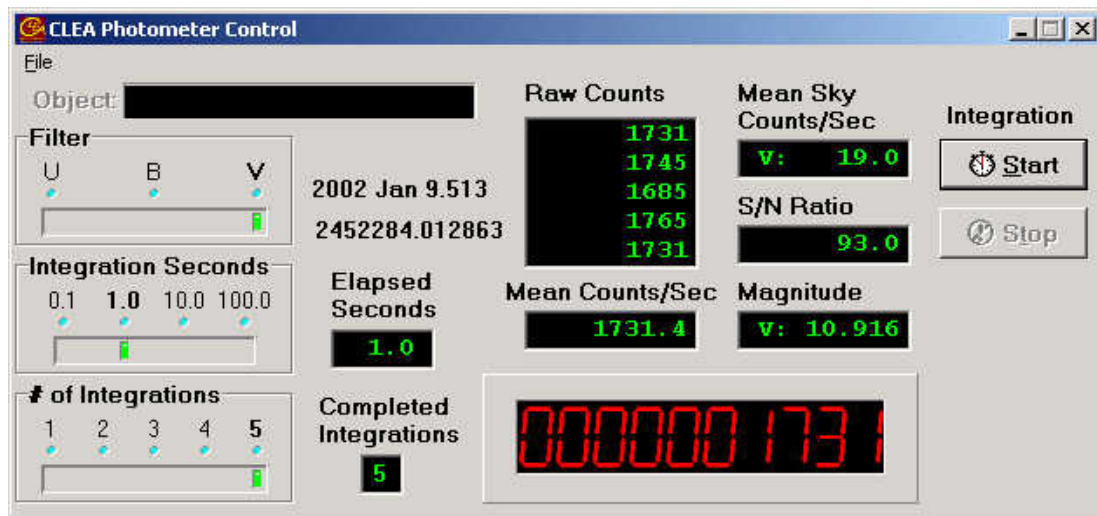


Figura 7: La Finestra del Fotometro

Lo Spettrometro Conta-Fotoni: Lo spettrometro conta-fotoni prende la luce che cade su una piccola fessura nel piano dell'immagine del telescopio ed usa un reticolo per scomporre la luce nel suo spettro, un grafico intensità contro lunghezza d'onda. Più a lungo esponete lo spettro, il grafico diverrà più chiaro e dettagliato. L'intensità e le lunghezze d'onda dei punti sul grafico possono essere misurate posizionando il mouse sul grafico. Lo spettro può anche essere conservato per una successiva analisi e misura. Per esempio vi è uno strumento di classificazione che può essere utilizzato per confrontare uno spettro sconosciuto ad una serie di spettri conosciuti.

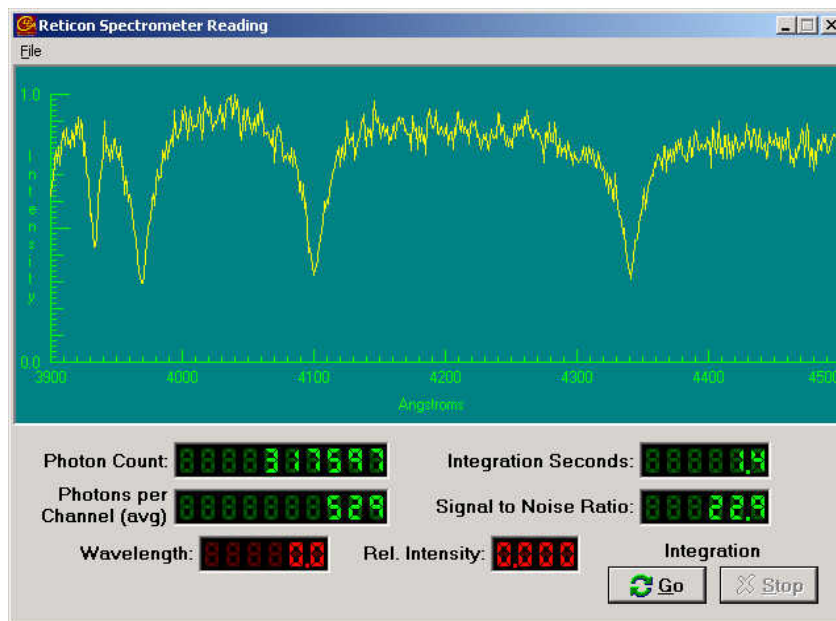


Figura 8: La finestra dello spettrometro

Il Radiotelescopio: Molti oggetti nel cielo emettono maggiormente alle lunghezze d'onda radio che nella luce visibile e possono essere rilevati più facilmente con un radiotelescopio. Potete accedere al radiotelescopio di CLEA dalla finestra principale. La finestra di controllo del radiotelescopio (figura 9) sembra simile a quella del telescopio ottico. Tuttavia controlla una grande antenna che può raccogliere le onde radio e trasmetterle ad un apparecchio radoricevente. Come il telescopio ottico, l'antenna può rintracciare gli oggetti mentre si muovono attraverso il cielo. Può anche essere lasciata stazionaria, osservando gli oggetti transitano a causa della rotazione della terra (gli astronomi chiamano questo modo di funzionamento "di transito").

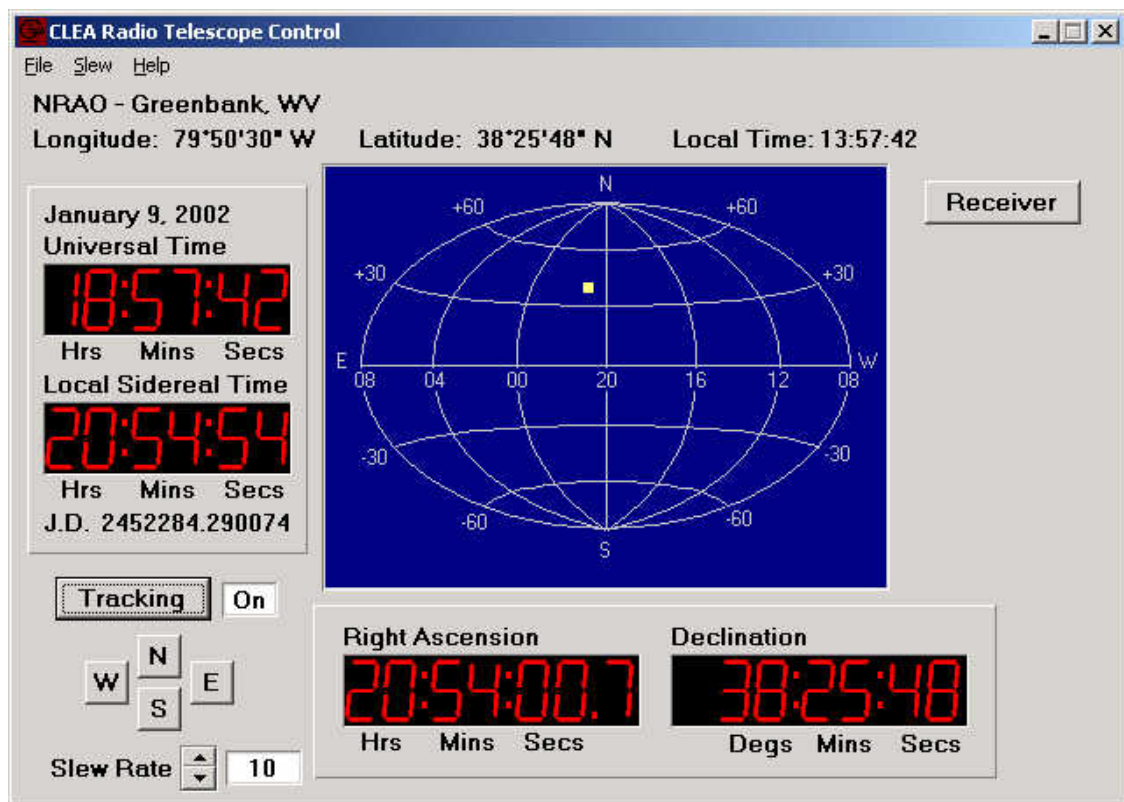


Figura 9: La Finestra di Controllo del Radiotelescopio

La finestra del radiotelescopio controlla il movimento del radiotelescopio e presenta il tempo e le coordinate come il telescopio ottico. L'unica differenza è che, poiché non può realmente vedere le stelle, non vi è lo schermo al centro. Invece un programma indica dove è puntato il radiotelescopio nel cielo. Vi è un tasto nella parte superiore destra che permette di accendere agli strumenti fissati al fuoco del radiotelescopio; questi strumenti sono denominati apparecchi radoriceventi.

Strumenti per il radiotelescopio:

I ricevitori sintonizzabili (3 disponibili): La radiazione radio raccolta dall'antenna di piatto è mandata ad un ricevitore che può essere attivato con un tasto sul pannello del radiotelescopio. La finestra di controllo che compare è indicata nella figura 10.

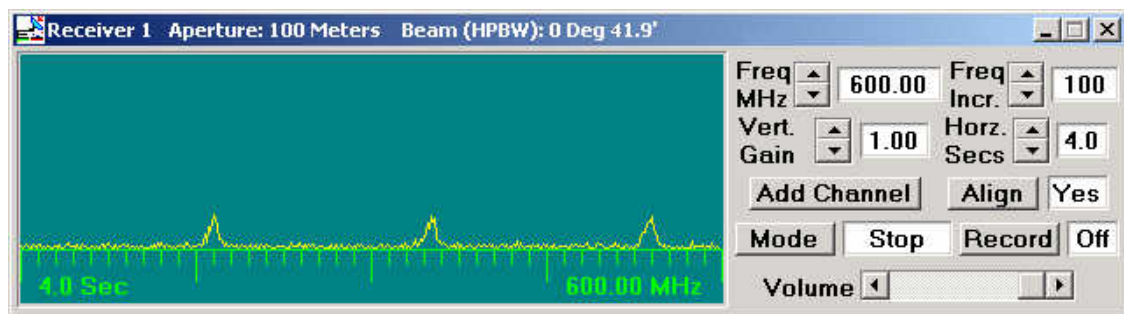


Figura 10: Il ricevitore sintonizzabile

Il ricevitore prende un segnale ricevuto e lo grafica contro il tempo. I comandi sull'apparecchio radioricevente sono come quelli su una radio ordinaria. Potete sintonizzare il ricevitore fra 400 e 1400 megahertz per mezzo dei tasti sulla parte superiore. Il controllo verticale di guadagno regola l'altezza dei segnali sullo schermo. Il controllo sei secondo orizzontali regola la velocità del grafico con cui attraversa lo schermo – questo può essere variato velocemente in modo da sono più visibili. Per attivare il grafico, il pulsante Mode deve essere premuto. Per arrestare la rappresentazione grafica, premerlo nuovamente ed il grafico si arresterà quando ha finito la sua visualizzazione sullo schermo. I dati possono essere registrati e memorizzati su file per visualizzazioni successive. Il suono dei segnali ricevuti può persino essere sentito, se il vostro computer ha una scheda sonora, registrando il controllo del volume.

Premendo "Aggiungi Canale", possono essere visualizzati dei ricevitori supplementari, fino a tre. Questi possono essere sintonizzati su frequenze differenti. Confrontare i segnali alle differenti frequenze è il metodo più utile nella determinazione della distanza delle pulsar (vedere il laboratorio di CLEA "Radio Astronomia delle pulsar" per un esempio).

Programmi Supplementari per l'Analisi:

Gli strumenti per analizzare i dati raccolti con i vari telescopi sono raggiungibili attraverso il menu **analysis** nella pagina principale dell'osservatorio.

Programma di Analisi dello spettro

Gli spettri raccolti dallo spettrometro ottico sono conservati come file con un'estensione .CSP. Gli spettri possono essere visualizzati nella finestra dello strumento. Questa finestra permette di ingrandire gli spettri, di misurare l'intensità e la lunghezza d'onda in ogni punto e di misurare la quantità di assorbimento (denominato "la larghezza equivalente") delle linee spettrali. Per aiutare nella classificazione spettrale, è inoltre possibile visualizzare gli spettri di stelle standard di vario tipo scritte direttamente adiacenti allo spettro sconosciuto. La figura 11 mostra l'aspetto della finestra dello strumento.

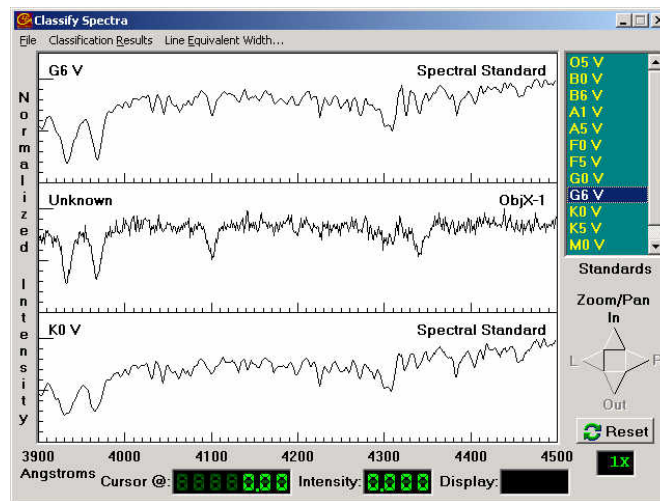


Figura 11: L'attrezzo di analisi spettrale

Programma per Astrometria

Le immagini raccolte dalla macchina fotografica del CCD e dalla macchina fotografica infrarossa sono conservate come file con estensione .FIT (questo corrisponde "Flexible Image Transport System", il formato standard usato dagli astronomi). Possono essere caricate nel software di Astrometria fino a 4 immagini, (figura 12) un programma autonomo che può lavorare dal menu principale dell'osservatorio virtuale, o può lavorare da solo e lanciato come un programma autonomo dal menu programmi del vostro pc. Il programma vi permette di visualizzare le immagini, di manipolare la luminosità ed il contrasto e zoomare sulle caratteristiche di particolare interesse. Inoltre vi lascia lampeggiare le immagini, di misurare le coordinate degli oggetti sulle immagini e di raffrontarle con un catalogo di stelle di riferimento e predice le posizioni future degli asteroidi in base ai loro movimenti misurati. Per i particolari vedere "Astrometria degli asteroidi".

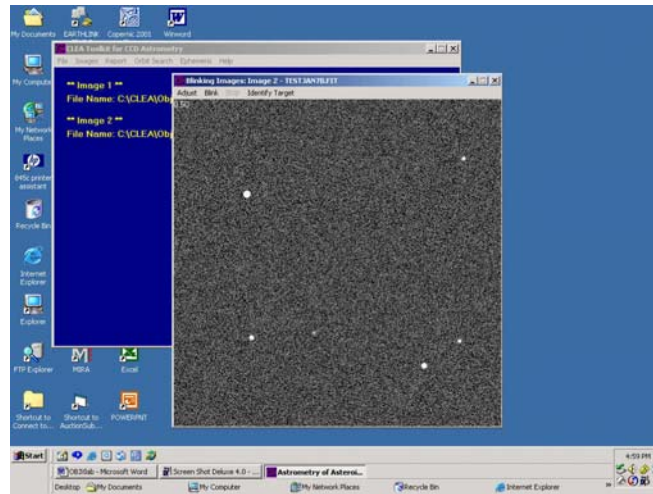


Figura 12: Il programma di Astrometria per la visualizzazione e le misurazioni di immagini.

Programma per l'Analisi delle Radio Pulsar

I segnali registrati dai radiorecettori sono conservati come file con estensione .PLR. Questi file di radio dati, che rappresentano l'intensità radio in funzione del tempo, possono essere esaminati con un programma di analisi radio, figura 13. Il programma di analisi radio permette di ingrandire la scala dello schermo, per misurare tempo ed intensità e per confrontare i segnali fino a tre ricevitori. I cursori possono essere usati per contrassegnare i punti importanti sia negli assi orizzontali che verticali cliccando con i tasti del mouse. Per i particolari vedere "Radio Astronomia delle pulsar".

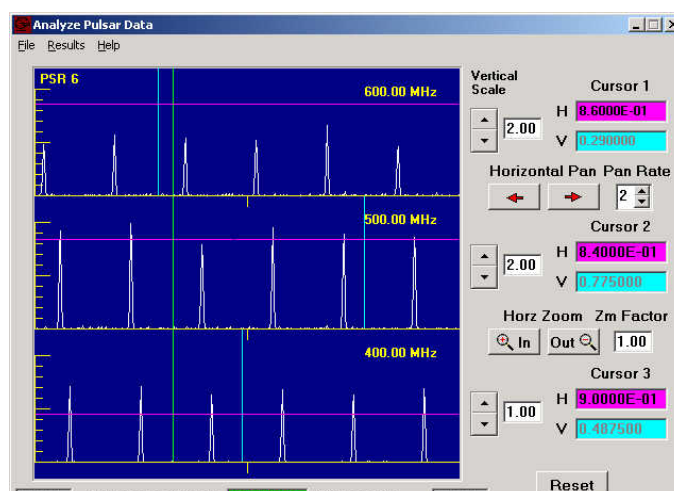


Figura 13: Lo strumento di analisi delle pulsar.

Editor per lo spettrometro, il fotometro, il misuratore di linee e i risultati delle pulsar

I dati numerici derivati dalle misure possono essere memorizzati in file di testo. Questi file possono essere rivisti, modificati, stampate usando gli editor integrati nel programma virtuale dell'osservatorio.

Fogli elettronici

I file di dati di tipo testo per le esercitazioni di CLEA sono scritti in modo da poter essere importati dalla maggior parte dei fogli elettronici quale Excel®. Il foglio elettronico può funzionare indipendentemente, o può essere richiamato dalla barra dei menu dell'osservatorio educativo virtuale.

PUBBLICAZIONE DEI RISULTATI

Ci sono molti modi per scrivere il vostro rapporto ed il vostro docente può specificarvi una metodologia particolare. Potete scrivere la vostra relazione:

1. Come taccuino scientifico.
2. Come articolo scientifico da giornale.
3. Come saggio popolare di scienza.

1) Un Taccuino Scientifico

Un taccuino scientifico è attento - preso nota con l'avanzare delle ricerche - alle procedure seguite, agli strumenti che avete utilizzato, ai numeri che avete letto sugli strumenti (**dati**), alle tecniche che avete usato per analizzare i dati (**analisi**) e alle conclusioni che avete raggiunto coi vostri dati (**interpretazione**). Ad uno scienziato, questo rappresenta il passo significativo come risorsa per scrivere articoli su riviste scientifiche anche in tempi successivi. Inoltre è importante come fonte di informazione per ulteriori lavori e per poter eventualmente riprodurre il lavoro già fatto. Anche se non si deve seguire la disposizione rigorosa di un articolo, dovrebbe essere presentato in modo chiaro per poter essere letto anche successivamente o da un eventuale altro lettore - un taccuino è inutile se è caotico e disordinato e non può essere capito neppure dalla persona che ha fatto il lavoro!

- Le descrizioni degli strumenti e delle procedure possono essere scritte in forma di breve profilo; le frasi complete non sono necessarie - ma si faccia attenzione a rendere le descrizioni chiare e comprensibili nonostante ciò.
- L'organizzazione del taccuino può seguire semplicemente la sequenza in cui avete effettuato l'acquisizione e l'analisi di dati. I riferimenti alle fonti esterne non devono essere raccolti alla fine, come in una carta, ma possono essere posizionate dove sono utili. Gli scienziati prendono le note come gli si presentano. Ma se le note sono messe insieme semplicemente senza alcun'organizzazione, può essere difficile capirne il significato - così mentre scrivete siate sicuri di usare le intestazioni GRASSETTO e sottolineato per indicare informazioni importanti. Ricordatevi che il vostro docente dovrà leggere il rapporto e non conoscerà ciò che cosa avete in mente a meno che non lo scriviate chiaramente ed esplicitamente. Nella realtà, gli scienziati sono in grado di leggere i loro taccuini successivamente nei mesi o anni senza essere confusi da una mancanza di chiarezza. Tutti i seguenti suggerimenti sono puntati per rendere le note chiare il più possibile ai lettori futuri.
- I dati grezzi dovrebbero essere organizzati in tabelle identificate chiaramente. Il tabulato può essere punzonato o registrato sulle pagine, o può essere copiato a mano.
- Le immagini prese dagli strumenti dovrebbero essere incluse e dovrebbero essere identificate chiaramente.
- I grafici possono essere inclusi, identificati chiaramente, nel tabulato.
- Le formule ed i programmi usati per l'analisi dovrebbero essere dichiarati, con tutte le costanti.
- Specificare chiaramente tutti i presupposti fatti (per esempio "supponiamo che tutte le galassie ellittiche giganti hanno luminosità assoluta -22 ed utilizziamo ciò, con la grandezza apparente misurata, per determinare la distanza della galassia.")

- Le conclusioni possono essere ricapitolate in una tabella ed in alcune brevi frasi. Includere l'identificazione dell'oggetto, i motivi dell'identificazione, un sommario dei dati supplementari e un sommario delle proprietà dell'oggetto. Tutte le sorgenti di ambiguità o di incertezza dovrebbero essere notate, con i suggerimenti per ulteriori osservazioni, all'occorrenza, potrebbero aiutare più facilmente nel capire l'oggetto.

2) Un Articolo Scientifico da Giornale

Gli articoli scientifici da rivista specializzata hanno un'organizzazione più convenzionale e presentano le osservazioni e l'analisi che sono registrate in primo luogo nei taccuini. I dati grezzi, l'analisi, le conclusioni e le fonti di riferimento sono presentati in sezioni separate. L'articolo contiene i paragrafi con le frasi complete e la descrizione della prova fatta, i presupposti e le conclusioni del lavoro, attraverso, a volte, un linguaggio tecnico. Qui è un prototipo di un articolo. Il vostro docente può desiderare di fornirvi un esempio specifico della disposizione che lui ha in mente:

- **Titolo ed autore:** Poche parole che danno idea sul lavoro.
- **Riassunto:** Una descrizione corta di un paragrafo riguardo a cosa è stato fatto, quali dati sono stati presi e che cosa è stato concluso.
- **Introduzione:** Alcuni brevi paragrafi che spiegano il lavoro nel contesto e rispetto ad altri lavori.
- **Osservazioni:** Una descrizione delle tecniche e degli strumenti usati per prendere i dati, un elenco degli oggetti studiati ed la registrazione delle osservazioni fatte e dei dati raccolti. Per esempio, se il vostro oggetto sconosciuto assomigliato ad una stella voi potete descrivere il telescopio e gli strumenti che avete usato ed poi presentare l'immagine, lo spettro e una tabella delle misure fotometriche in banda U, B, V dell'oggetto. Inoltre specificherete la durata delle esposizioni ed altre informazioni sui metodi che avete usato per ottenere i dati.
- **Riduzione ed analisi dei dati:** Una descrizione delle tecniche, delle formule e dei programmi usati per analizzare i dati. Questa sezione inoltre include le tabelle delle quantità derivate dai dati osservati e dalle descrizioni di alcuni dei punti che avete fatto per arrivare alle vostre conclusioni. Se state osservando una stella, per esempio, questa sezione potrebbe includere il confronto tra lo spettro con altri, per determinare il tipo spettrale della stella. Potrebbe anche includere un riferimento alle temperature ed alla grandezza assoluta delle stelle di tipo spettrale simile e ad un calcolo della distanza della stella dai dati fotometrici. Potrebbe anche esserci una discussione su quanto ragionevoli siano i risultati e su che cosa potrebbero implicare (se i vostri calcoli mostrassero che la stella era più vicina a terra rispetto alla luna, voi dovrete fare un'ulteriore spiegazione!).
- **Conclusioni:** Un sommario del lavoro, simile all'estratto ma più specifico, descrivendo che cosa avete fatto e che cosa avete concluso. La conclusione raccoglie insieme i punti importanti fatti nella precedente sezione - i lettori possono leggere solamente le conclusioni degli articoli scientifici ed successivamente leggere le sezioni precedenti se hanno qualunque domande specifica.

- **Riferimenti:** Tutte le fonti esterne usate come informazione – per esempio i riferimenti usati per assegnare le temperature e le grandezze assolute dal tipo spettrale - devono essere raccolte alla fine dell'articolo. Nell'articolo in se, questi riferimenti sono notati solitamente come note tra parentesi con l'autore e la data. Per esempio nel testo dell'articolo potreste dire " il valore della costante di Hubble che usiamo un valore di 60 km/sec/mpc, una media delle migliori misure disponibili. (Wyzotzky e Yertle, 2002)". Nella lista dei riferimenti alla fine elencate il riferimento completo: "Emma Wyzotzy e Geoffrey Yertle, *Monthly Reviews of Astrophysical Science*, volume 27, p. 245, 2002". La disposizione esatta delle note e dei riferimenti può essere specificata dal vostro docente.

3) Un Saggio Popolare di Scienza

I saggi popolari di scienza, che compaiono in giornali come *New York Times* e le riviste come *Scientific American*, *Discover*, *Sky and Telescope*, e *Astronomy*, sono scritti per spiegare le scoperte scientifiche ai non specialisti. Un saggio popolare di scienza tende a evitare il più possibile la lingua tanto tecnica. Narra una storia, spesso, disponendo il lavoro in un contesto umano, con i riferimenti sia al lavoro scientifico che anche alle persone che fanno il lavoro.

Benché non vi sia disposizione rigorosa per un saggio popolare di scienza, può essere più filante di un articolo. È scritto per informare ed intrattenere, non per registrare i particolari tecnici per un pubblico di esperti. Nello scrivere un saggio popolare di scienza, è una buona idea immaginare di provare a spiegare la scienza ai vostri genitori o amici. Non possono non manifestare interesse, in modo da rendevi conto quali sono gli aspetti che più interessano.

Potete guardare alcuni articoli popolari di astronomia in giornali o riviste prima che tentiate di scrivere i vostri risultati in questo modo. Il vostro docente può avere alcuni suggerimenti sui saggi popolari che saranno particolarmente utili per il vostro lavoro.

RIFERIMENTI UTILI

Questa esercitazione presume la familiarità con le varie altre esercitazioni di CLEA: i manuali ed il software per queste esercitazioni sono disponibili sulle pagine web di CLEA:

<http://www.gettysburg.edu/academics/physics/clea/CLEAhome.html>

- Fotometria fotoelettrica delle Pleiadi
- La classificazione degli spettri stellari
- La relazione di Hubble distanza-red shift
- Radio Astronomia delle Pulsar
- Astrometria degli asteroidi

Oppure potete trovare alcune traduzioni di questi manuali e utili informazioni sulle pagine dello IARA group: <http://www.iaragroup.org/>

Appendice A: COSTANTI E INFORMAZIONI ASTRONOMICHE UTILI

Tempo	
Numero di secondi in un'ora	3600
Numero di secondi durante un anno	3.1×10^7
Densità e massa	
Densità dell'acqua	1 g/cm^3 o 1 kg/m^3
Massa del Sole (una massa solare)	1.99×10^{30} chilogrammi
Massa della terra	5.98×10^{24} chilogrammi
Lunghezza	
unità di Ångstrom	$10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ centimetri} = 10 \text{ nanometri}$
chilometro	$10^5 \text{ centimetri} = 10^3 \text{ m}$
Unità Astronomica (UA)	$1.5 \times 10^8 \text{ chilometri}$
anno luce (ly)	$9.5 \times 10^{12} \text{ chilometri} = 9.5 \times 10^{17} \text{ centimetri}$
parsec	$3.09 \times 10^{13} \text{ chilometri} = 206265 \text{ UA} = 3.26 \text{ ly}$
Raggio del Sole	$7 \times 10^5 \text{ chilometri}$
Velocità	
Velocità della luce	$c = 3 \times 10^5 \text{ km/s} = 3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$
Misura Angolare	
Grado (°)	60 minuti primi (') = 3600 secondi (")
1 ora di Ascensione Retta	15 gradi
Varie Costanti Astronomiche	
Costante del Hubble	$65 \pm 5 \text{ km/s/mpc}$
Grandezza angolare media della luna	$\sim 1800 \text{ secondi}$

Appendice B: FORMULE UTILI

Relazione fra la distanza, la magnitudine assoluta e la magnitudine apparente

$\text{Log } D = \frac{(m-M-5)}{5}$	Dove la D è la distanza in parsec, m è la magnitudine apparente e M è la magnitudine assoluta
-------------------------------------	---

Relazione fra il tempo d'arrivo di due impulsi a due diverse frequenze dalla stessa pulsar e la distanza della pulsar

$D = \frac{T_1 - T_2}{124.5 \left[\left(\frac{1}{f_2} \right)^2 - \left(\frac{1}{f_1} \right)^2 \right]}$	Dove T_1 è il tempo d'arrivo dell'impulso a frequenza f_1 e T_2 è il tempo d'arrivo dell'impulso a frequenza f_2
--	--

La relazione di Hubble distanza – red shift

$V = H \cdot D$	Dove V è la velocità della galassia in km/s, D è la distanza della galassia in megaparsec (mpc) e H è la costante di Hubble in km/s/mpc. Usare il valore 65 km/s/mpc per la costante di Hubble.
-----------------	---

Appendice C: CARATTERISTICHE DI DISTINZIONE DEGLI SPETTRI DI SEQUENZA PRINCIPALE

Tipo Spettrale	Temperatura in superficie	Caratteristiche Di Distinzione (linee di assorbimento salvo indicazione contraria)
O	28000-48000	Atomi ionizzati particolarmente separati l'elio ionizzato, HeII
B	10000-28000	Elio neutro, HeI e idrogeno neutro, HI, nei tipi più freddi
A	8000-10000	Linee Balmer HI più forti in A0. Calcio ionizzato, CaII che aumenta ai tipi più freddi. Alcuni altri metalli ionizzati
F	6000-8000	CaII più forte; HI più debole; appaiono linee di metallo ionizzato, compreso il ferro, Fe
G	4900-6000	CaII molto forte; Fe ed altri metalli forti con le linee neutre che compaiono, H si indebolisce. Il nostro Sole è G2
K	3500-4900	Linee del metallo neutro forti; bande molecolari di CN e di CH che cominciano a svilupparsi nei tipi più freddi.
M	2500-3500	Molte linee; TiO ed altre bande molecolari prominenti. Calcio neutro, CaI, prominente. Le stelle S mostrano che Zr e stelle N mostra le linee di C ₂ pure.
L	1300-2500	Potassio, K, cesio, Cs, rubidio, Rb ed idruri metallici neutri (molecole con un atomo di H). Forte continuo infrarosso.
T	Inferiore a 1300	Acqua (H ₂ O) e KI forte; Forte continuo infrarosso.
WR (Wolf-Rayet)	Superiore a 40000	Vasta emissione di HeII; Le stelle WC mostrano il carbonio due e tre volte ionizzato: CIII e CIV; le stelle WN mostrano NIII prominente

Appendice D: MAGNITUDINE ASSOLUTA E B-V CONTRO TIPO SPETTRALE

(da C.W. Allen, *Astrophysical Quantities*, The Athlone Press, London, 1973)

Stelle di sequenza principale, classe di luminosità V		
Tipo spettrale	Magnitudine Assoluta, M	Indice di Colore, B-V
O5	-5.8	-0.35
B0	-4.1	-0.31
B5	-1.1	-0.16
A0	+0.7	0.0
A5	+2.0	0.13
F0	+2.6	0.27
F5	+3.4	0.42
G0	+4.4	0.58
G5	+5.2	0.70
K0	+5.9	0.89
K5	+7.3	1.18
M0	+9.0	1.45
M5	+11.8	1.63
M8	+16.0	1.80

Giganti, classe di luminosità III	
Tipo spettrale	Magnitudine Assoluta, M
G0	+1.1
G5	+0.7
K0	+0.5
K5	-0.2
M0	-0.4
M5	-0.8

Supergiganti, classe di luminosità I	
Tipo spettrale	Magnitudine assoluta, M
B0	-6.4
A0	-6.2
F0	-6
G0	-6
G5	-6
K0	-5
K5	-5
M0	-5