AMMASSI STELLARI

M. Ramella e G. Iafrate
INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste

Informazioni e contatti: **http://vo-for-education.oats.inaf.it** - **iafrate@oats.inaf.it**

1 Introduzione

Osservando le stelle in cielo, anche con un modesto telescopio, si possono scoprire degli addensamenti di stelle molto vicine tra loro. Approfondite osservazioni eseguite nel tempo dagli astronomi hanno provato che questi addensamenti sono composti da stelle che sono davvero vicine l'una all'altra e non semplicemente sovrapposte per un effetto di proiezione lungo la direzione di vista. L'origine comune di queste stelle è quella di una nube di gas e polvere interstellare dove una zona particolarmente ricca di materia diventa sempre più densa per effetto della forza di gravità, per poi frammentarsi in stelle. Se le stelle sono solamente qualche migliaio, o meno, possono restare vicine per qualche centinaio di milioni di anni, ma poi il loro relativamente debole legame gravitazionale non è sufficiente per tenerle assieme. Questi gruppi si chiamano ammassi aperti. Se le stelle sono molto numerose, centinaia di migliaia, restano legate tra loro da un'intensa forza di gravità dando origine a un sistema di forma regolare, un vero e proprio corpo celeste che gli astronomi chiamano ammasso globulare. L'età degli ammassi supera i 10 miliardi di anni e il loro processo di formazione non è ben noto. Molte ipotesi sulla loro formazione devono ancora essere verificate con le osservazioni. In questo esempio di utilizzo scopriremo alcune delle principali proprietà degli ammassi di stelle.

Fig. 1: Nucleo dell'ammasso globulare M13 e ammasso aperto delle Pleiadi (credits: ESA/Hubble e NASA/AURA/Caltech).

2 Le dimensioni

Alcuni esempi di ammassi aperti sono le le Pleiadi (M45), M41 e M67, di ammassi globulari sono M4, M13 e M15, tutti osservabili con un binocolo o telescopio

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

di piccole dimensioni. M45 è visibile chiaramente anche a occhio nudo. Quando osserviamo questi ammassi vediamo una varietà di dimensioni e densità, ma è importante ricordare che queste differenze sono un effetto apparente che dipende dalla differente distanza degli oggetti da noi.
Questa situazione è comune in astronomia: noi misuriamo caratteristiche apparenti (in questo caso le dimensioni angolari), ma per capire la natura dei corpi celesti dobbiamo conoscere le loro caratteristiche intrinseche (in questo caso le dimensioni lineari). Le caratteristiche intrinseche e apparenti degli oggetti celesti sono correlate attraverso la loro distanza da noi.
Per capire meglio questo fatto possiamo pensare a una situazione comune nella nostra vita quotidiana. Immaginiamo di osservare una persona di fronte a noi e poi la stessa persona a una distanza di 500m da noi: vediamo la persona lontana molto piccola in confronto a quella vicina, ma in realtà esse hanno la stessa altezza. Le due persone hanno le stesse dimensioni intrinseche e differenti dimensioni angolari a causa delle differenti distanza da noi.
Oppure possiamo vedere due persone che ci sembrano alte uguali, ma in realtà stiamo osservando un bambino vicino a noi e un adulto più lontano. In questo caso essi hanno le stesse dimensioni angolari e dimensioni intrinseche differenti.
La quantità che lega dimensioni intrinseche e angolari (apparenti) è la distanza. Poiché stiamo parlando di ammassi stellari, che sono oggetti celesti con dimensioni angolari molto piccole, è possibile calcolare le loro dimensioni lineari (intrinseche) con la semplice relazione:

$$R = \alpha_{(rad)} \times D \qquad [1]$$

dove $\alpha_{(rad)}$ è la dimensione angolare misurata In radianti, D è la distanza e R è la dimensione lineare dell'ammasso nelle stesse unità di misura di D.
In questo caso misuriamo D in anni luce. Un anno luce è la distanza percorsa dalla luce in un anno alla velocità di 300000 km/s. In chilometri un anno luce è un numero enorme: 9460 miliardi.
Notare che $\alpha_{(rad)}$ può essere calcolato da $\alpha_{(°)}$ con la seguente formula:

$$\alpha_{(rad)} = \alpha_{(°)} \times \pi / 180 \qquad [2]$$

La figura 2 mostra la geometria delle dimensioni angolari di due ammassi che hanno le stesse dimensioni lineari ma sono a differenti distanze da noi. La figura 3 mostra come questi due ammassi appaiono su un'immagine astronomica.

Fig. 2: Geometria delle dimensioni angolari di due ammassi che hanno le stesse dimensioni lineari ma sono a differenti distanze da noi.

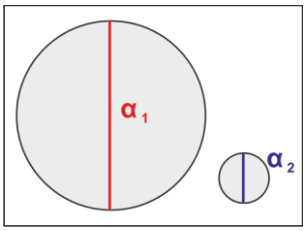


Fig. 3: Come i due ammassi della figura 2 appaiono su un'immagine astronomica.

3. Aladin

Aladin è un atlante stellare interattivo sviluppato e mantenuto dal Centre de Donnèes astronomiques di Strasbourg (CDS) per l'identificazione delle sorgenti astronomiche tramite l'analisi visuale di immagini di riferimento, disponibile qui: https://aladin.u-strasbg.fr/java/Aladin9.0.jar.

Aladin usufruisce dei database e dei servizi del CDS (database SIMBAD, cataloghi VizieR, ecc.), ed è progettato per essere utilizzato dagli astronomi professionisti, dagli astrofili, dagli studenti e dal pubblico generale.
Aladin permette all'utente di visualizzare immagini astronomiche digitalizzate di qualsiasi parte del cielo, di associare i dati delle tabelle e dei cataloghi astronomici del CDS e di accedere in modo interattivo alle informazioni e ai dati correlati da SIMBAD, NED, VizieR e altri archivi.
In questo esempio utilizziamo Aladin nella configurazione *undergraduate* (sviluppata nell'ambito del progetto europeo EuroVO-AIDA).

Aprire Aladin e passare alla modalità "undergraduate", dal menu

modifica -> preferenze dell'utente -> profilo -> undergraduate.

Riavviare Aladin per rendere effettive le modifiche.

4. Visualizzare gli ammassi con Aladin

Iniziamo confrontando tra di loto i tre ammassi aperti (Pleiadi, M41 e M67). In seguito discuteremo le loro dimensioni angolari e lineari data la loro distanza da noi.

Carichiamo le immagini dei tre ammassi aperti. Apriamo il pannello di selezione del server (fig. 4):

File -> Carica immagine astronomica -> Server delle immagini di Aladin.

Selezioniamo la scheda (in alto) "HiPS"

HiPS -> DSS colored

inseriamo nel campo "oggetto" il nome del primo ammasso: "Pleiades" e clicchiamo "inoltra".

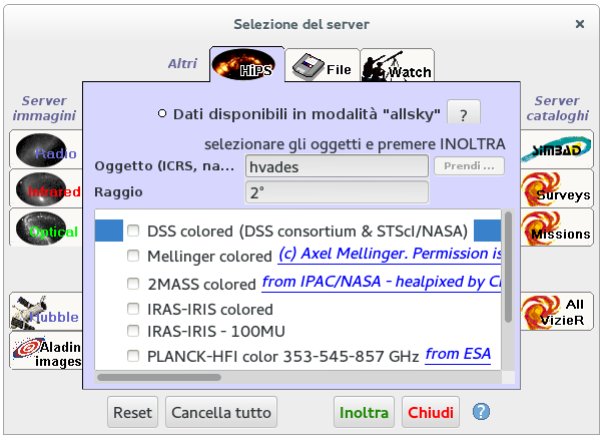
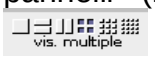


Fig. 4: Finestra di selezione del server di Aladin.

Aladin visualizza un immagine di tutto il cielo centrata sull'ammasso aperto delle Pleiadi. Per visualizzare insieme anche le immagini degli altri due ammassi suddividiamo la finestra di Aladin in 4 pannelli (icona visualizzazioni multiple 

sotto la finestra principale di Aladin).

Selezioniamo il secondo riquadro e ripetiamo lo stesso procedimento per caricare un'immagine di M41. Procediamo allo stesso modo per caricare nel terzo riquadro l'immagine di M67.

Ora abbiamo bisogno di trovare il giusto livello di zoom per occupare tutto il riquadro con i membri principali di ciascun ammasso. La soluzione è di sperimentare in ciascuna finestra differenti valori di zoom muovendo la barra appena sotto la catasta di piani di Aladin fino a raggiungere un valore che ci soddisfa. Il campo di vista corrispondente a ciascun valore di zoom è scritto nella parte inferiore della finestra. Può anche essere utile misurare la larghezza del campo di vista, o di una parte di esso, utilizzando lo strumento "dist" per

disegnare un vettore da una parte all'altra della finestra (fig. 5).

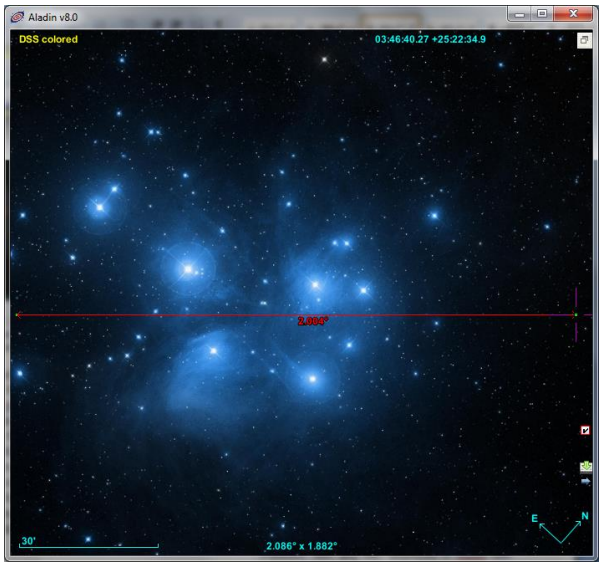


Fig. 5: Vettore di distanza disegnato sull'immagine delle Iadi per misurare le dimensioni del campo.

Troviamo che le dimensioni delle finestre che ci permettono di visualizzare al meglio gli ammassi sono 2° (120') per le Pleaidi (M45), 20' per M41, e 15' per M67 (fig. 6). Prendiamo queste larghezze come diametri degli ammassi, quindi usando la formula [2] abbiamo $\alpha_{(rad)M45}$ = 0.035 e $\alpha_{(rad)M41}$ = 0.006.

La finestra delle Pleiadi è 6 volte più larga di quella di M41. Significa che le Pleiadi sono intrinsecamente più grandi di M41? Per scoprirlo dobbiamo conoscere le loro distanze. Dal catalogo di Kharchenko* le Pleiadi sono a 424 anni luce da noi mentre M41 è a 2260 anni luce. M41 è quindi 5 volte più distante delle Pleiadi.

Sostituendo nella formula [1] i valori D_{M45} = 424 anni luce e $\alpha_{(rad)M45}$ = 0.035 otteniamo il diametro lineare delle Pleiadi R_{M45} = 14.8 anni luce. Per M41, D_{M41} = 2260 anni luce e $\alpha_{(rad)M41}$ = 0.006, otteniamo R_{M41} = 13.6 anni luce. I diametri che abbiamo ottenuto sono molto simili a quelli calcolati senza approssimazioni: R_{M45} = 14.8 anni luce e R_{M41} = 12.0 anni luce. Ricaviamo che le Pleiadi e M41 hanno dimensioni lineari (intrinseche) simili, nonostante dimensioni angolari molto differenti.

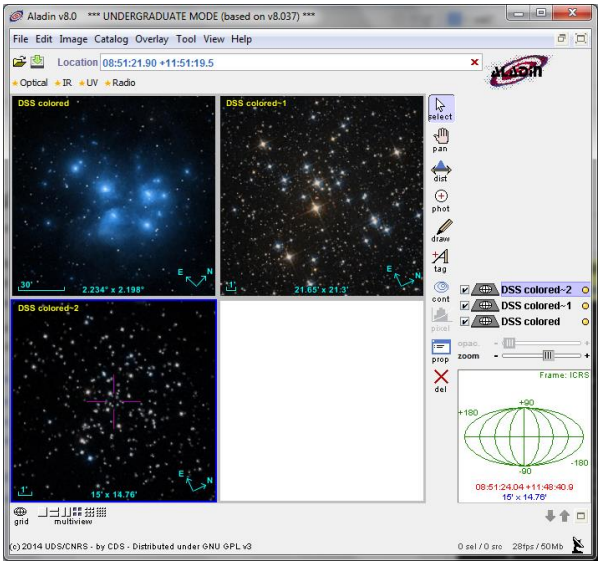


Fig. 6: Le tre immagini degli ammasi delle Pleiadi, M41 e M67 visualizzate in Aladin con i corretti livelli di zoom.

Infine, M67 è a D_{M67} = 2961 anni luce da noi. Utilizzando $\alpha_{(rad)M67}$ = 0.008, il diametro di M67 risulta essere R_{M67} = 12.0 anni luce.
In conclusione, le pleiadi, M41 e M67 hanno tutti diametri lineari molto simili, nonostante abbiano dimensioni angolari in cielo molto differenti.

Consideriamo ora I tre ammassi globulari e ripetiamo la stessa procedura seguita per gli ammassi aperti per caricare le immagini di M4, M13 e M15 (fig. 7).
Come prima, la visualizzazione ottimale degli ammassi richiede la selezione di un livello di zoom appropriato. Selezioniamo un campo di vista di 30' per tutte tre le finestre. Dal catalogo Monella* i diametri angolari dei tre ammassi globulari sono confrontabili. M4 e M13 hanno un diametro di 22.8' e 23.2', mentre il diametro di M15 è 12.3'.
Anche se le dimensioni angolari di questi ammassi sono simili, essi hanno distanze

molto diverse: 6850 anni luce M4, 23150 anni luce M13 e 31600 anni luce M15. Le dimensioni lineari risultanti sono 45 anni luce, 156 anni luce e 113 anni luce rispettivamente. Da questi dati possiamo dedurre che gli ammassi globulari sono dalle 10 alle 20 volte più grandi dei tre ammassi aperti.

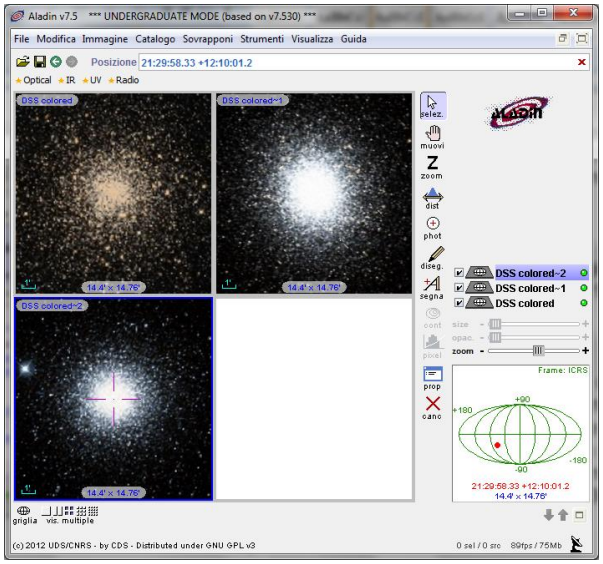


Fig. 7: Le tre immagini degli ammassi globulari M4, M13 e M15 visualizzate in Aladin con i corretti livelli di zoom.

5. La distribuzione nello spazio

Nella nostra galassia si conoscono circa un migliaio di ammassi aperti, ma potrebbero essere anche dieci volte tanti. Il catalogo Messier* (vedi esempio di utilizzo n. 15) ne elenca 29. Molto inferiore è il numero di ammassi globulari, con poco più di 150 esemplari osservati e una popolazione che potrebbe arrivare a 200. Anche di questi il catalogo di Messier ne elenca 29. Poiché gli ammassi globulari sono molto luminosi li possiamo vedere anche in galassie differenti dalla nostra Via Lattea (o Galassia). Per esempio ne vediamo 400 nella galassia di Andromeda (M31, vedi esempio di utilizzo n. 7) per arrivare ai 12000 della galassia M87 stimati sulla base di osservazioni molto dettagliate eseguite con il telescopio Subaru da 8 metri di diametro.

Non solo vediamo popolazioni numericamente differenti di ammassi aperti e globulari, ma anche la loro distribuzione sulla volta celeste è molto differente. Per poterlo constatare si può rappresentare in Aladin tutto il cielo con una sfera su cui scegliamo di visualizzare i dati radio che permettono di individuare facilmente il piano galattico come una banda bianca di emissione dal gas idrogeno.

Aprire Aladin e selezionare “Radio” per caricare un’immagine di tutto il cielo in banda radio (fig. 8).

Regolare il livello di zoom per visualizzare l’intera sfera celeste.

Ora dobbiamo caricare il catalogo degli ammassi aperti e quello degli ammassi globulari.

Nel panello di selezione del server (nella colonna di destra) selezioniamo “All VizieR”

Nella lista di oggetti della colonna “astronomy” selezionare “Open_Cluster” e premere inoltra (fig. 9).

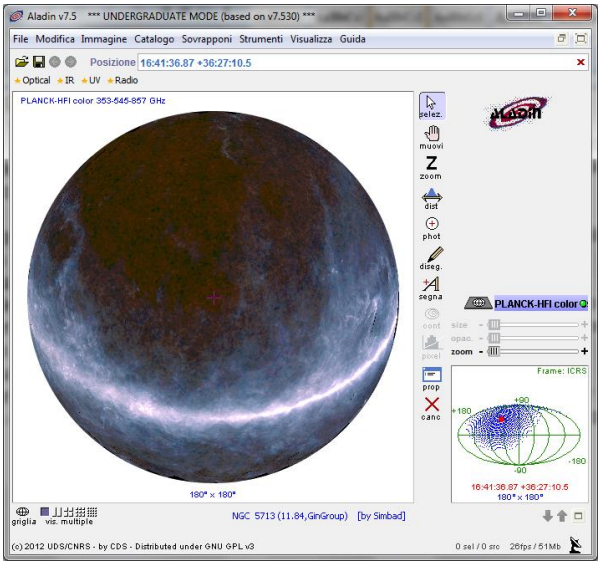


Fig. 8: Immagine di tutto il cielo (AllSky) in banda radio.

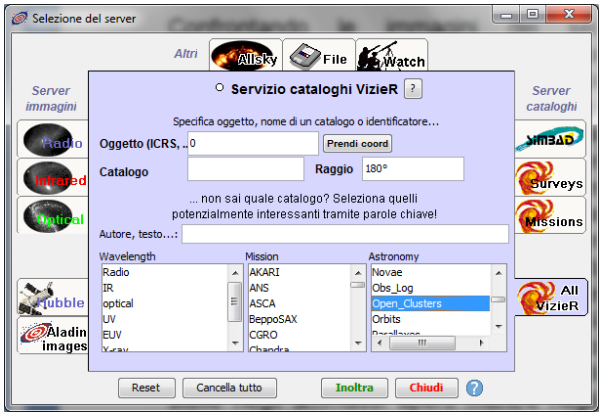


Fig. 9: Selezione degli ammassi aperti (Open_Clusters) tra gli oggetti disponibili nel catalogo.

Si apre una finestra con la lista dei cataloghi disponibili (fig. 10): caricare il catalogo Kharchenko (J/A+A/438/1163). Ripetere lo stesso procedimento per gli ammassi globulari (Globular_Clusters) e caricare il catalogo Monella (VII/103).

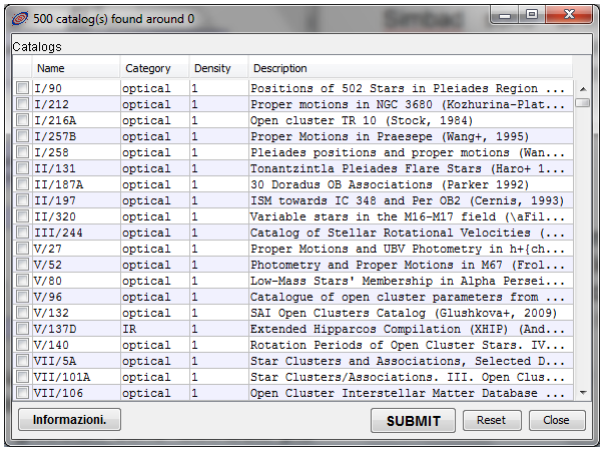


Fig. 10: Elenco dei cataloghi disponibili.

Cambiare eventualmente il colore dei simboli degli ammassi per migliorarne la visibilità (selezionare il catalogo -> click con tasto destro -> proprietà).

Dall'immagine è evidente che gli ammassi aperti (colore rosso in fig. 11) si dispongono lungo la fascia del disco della Via Lattea mentre gli ammassi globulari sono distribuiti più uniformemente in cielo (colore blu in fig. 11).

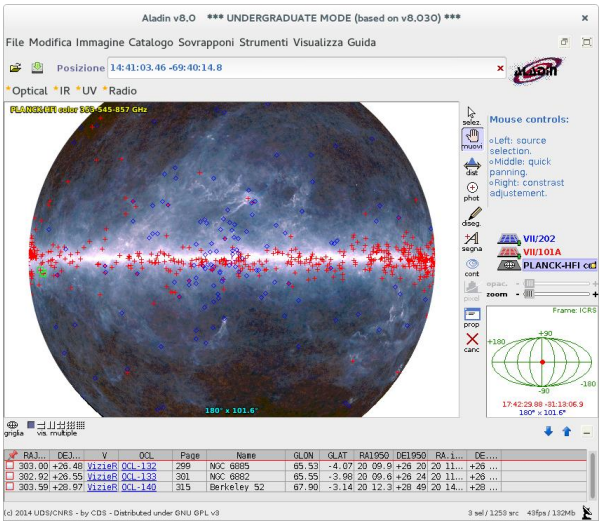


Fig. 11: Distribuzione degli ammassi nella nostra Galassia.

Facendo attenzione si nota che gli ammassi aperti sono più radi verso il centro della Galassia a causa dell'assorbimento della luce da parte del gas e delle polveri contenuti nel disco (il centro della Galassia si vede quando il cerchietto rosso nella finestrella di navigazione in basso a destra è al centro della mappa – fig. 12). Gli ammassi globulari, invece, sono più frequenti in direzione del centro della galassia attorno al quale si dispongono a formare un alone.

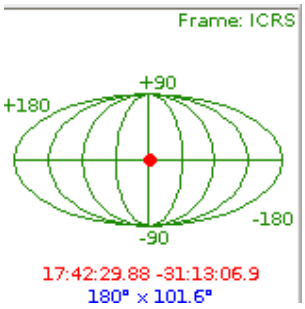


Fig. 12: Posizione nella galassia del centro dell'immagine visualizzata in Aladin.

Le caratteristiche che abbiamo scoperto in questo esempio di utilizzo sono solo alcune di quelle che gli astronomi hanno studiato negli ammassi. Dimensioni, colore, luminosità, massa, velocità delle

singole stelle, velocità d'insieme e distribuzione nello spazio degli ammassi hanno fornito, e forniscono, indizi fondamentali sia sulla struttura ed evoluzione delle stelle che sulla struttura delle galassie.

* Questi cataloghi sono menzionati per informazione, ma non è necessario cercarli o caricarli in Aladin.

Referenze:

Kharchenko *et al.*, 2005, Catalogue of Open Cluster Data (COCD), Astron. Astrophys., 438, 1163-1173.

Monella, 1985, Galactic Globular Clusters.

Si ringraziano Alessia Canelli, Karin Cescon, Dimitri Francolla e Asia Micheli, del liceo scientifico G. Galilei di Trieste, per la revisione di questo modulo didattico avvenuta nell'ambito del progetto europeo Asterics (H2020).

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!