

IL CIELO AUSTRALIANO visto dal Lago di Garda

Utilizzando in Italia gli strumenti della rete Itelescope, un gruppo di studenti di Verona ha osservato l'ammasso globulare M4 dagli antipodi: il famoso sito astronomico di Siding Springs in Australia. Risultato: il diagramma HR dell'ammasso e la scoperta di alcune variabili del tipo RR Lyrae



L'Osservatorio del Monte Baldo fa da sfondo al team di studenti e tutor che hanno ottenuto il diagramma dell'ammasso globulare M4.



Flavio Castellani

Esperto di didattica dell'astronomia, dirige l'Osservatorio del Monte Baldo ed è socio del Circolo Astraffili Veronesi.

Francesco de Sabata

Laureato in fisica, è docente al liceo scientifico "Galileo Galilei" di Verona e socio del Circolo Astraffili Veronesi.

L'Osservatorio del Monte Baldo (in sigla OMB) sorge a 1200 metri di altezza nel Nord Italia immediatamente a Est del lago di Garda, è attivo dal 2005 e svolge attività di ricerca, educazione e divulgazione: in particolare, dal 2012 vi si tengono stage estivi per studenti delle scuole superiori. Quasi agli antipodi dell'Osservatorio del Monte Baldo, in Australia, nel parco Warrumbungle a 550 chilometri da Sydney (New South Wales) si trova il sito di *Siding Springs*, che è considerato la "capitale astronomica" australiana. La qualità del cielo osservabile da *Siding Springs* non è neppure immaginabile dagli osservatori italiani, con una Via Lattea che appare al binocolo come

marmo venato attraverso il cielo. In questo sito, oltre ai molti telescopi professionali, si trova una decina di telescopi di proprietà del network Itelescope, che ne consente l'uso in collegamento remoto, tramite web. Altri strumenti gestiti da Itelescope si trovano a Mayhill (New Mexico), Auberry (California) e Nerpio (Spagna).

L'AMMASSO APERTO M67

Già nel 2013, dopo l'ottimo risultato dagli studenti in stage che avevano costruito il diagramma CM (colore/magnitudine, corrispondente del più noto diagramma HR) dell'ammasso aperto M67, si era affacciata l'idea di sfruttare il collegamento Itelescope per studiare un ammasso

globulare, dato che il telescopio Richtey Chrétien da 400 millimetri dell'OMB non è adatto per questo tipo di ricerca. Gli ammassi globulari, infatti, sono tutti piuttosto lontani (M4, quello a noi più vicino, si trova a ben 7200 anni luce) e composti da stelle di antica formazione (età stimata: 12,7 miliardi di anni), corrispondente alle prime fasi di formazione della nostra galassia. Misure astrometriche accurate di stelle di magnitudine assoluta 4,8 o inferiori, poste a distanze di oltre 7000 anni luce, sono tutt'altro che semplici.

Poiché la densità di stelle negli ammassi globulari è molto elevata, nelle immagini telescopiche esse sembrano letteralmente schiacciate una sull'altra, mentre è ovvio che una misura di magnitudine stellare effettuata in fotometria di apertura risulta precisa solo se la stella da misurare è ben separata da altre stelle di campo (il metodo fotometrico di misura della *Point Spread Function*, o PSF, che permette in certi casi di separare i flussi di stelle anche molto vicine, va oltre gli scopi del lavoro di stage per studenti). Date queste premesse, l'oggetto scelto per le misure è stato proprio M4 (ovvero NGC 6121), lo stupendo ammasso dello Scorpione ad appena $1^{\circ} 18'$ da Antares. Questo ammasso è di ampiezza notevole ($36'$ di diametro) e pur contenendo oltre la metà delle stelle in un nucleo estremamente denso, presenta anche

un alone dove la minore densità stellare consente misure astrometriche di qualità.

I problemi tecnici legati a queste misure rimangono comunque notevoli. Per risultare statisticamente significativo, il diagramma richiede la misura precisa entro i 5 centesimi della magnitudine (nel V) di almeno 500 stelle, nell'intervallo compreso tra l'undicesima e la diciottesima. Volendo osservare M4 direttamente dal Nord Italia, dove l'ammasso arriva ad un'altezza massima di 18° sull'orizzonte, avremmo incontrato ulteriori problemi di seeing, di arrossamento e assorbimento atmosferico.

L'impiego di un telescopio della rete Itelescope, da noi già sperimentato in precedenti progetti didattico/scientifici per le scuole veronesi, ha permesso di evitare queste difficoltà, o di risolverle. Per osservare M4 il sito australiano è particolarmente indicato, sia per la sua latitudine, che porta il transito di M4 quasi allo Zenith, sia per la differenza di fuso orario con l'Italia (+9 ore), che ha permesso di lavorare con gli studenti direttamente dall'aula multimediale del liceo scientifico statale "G. Galilei" di Verona in orario pomeridiano.

Tra l'altro, proprio nel periodo della nostra osservazione, era entrato in servizio a *Siding Spring* un nuovo telescopio con lunghezza focale di 4531 mm, attrezzato con un CCD FLI PLO 9000 corrispondente ad un campo visivo (FOW) di 27 primi



L'ammasso globulare M4, oggetto della ricerca descritta nel testo.

d'arco e con una risoluzione di $0,53''$ per pixel, adattissimo a penetrare nell'affollato cuore dell'ammasso, riprendendolo allo stesso tempo fino alle periferie.

Va ricordato infine che la direzione di Itelescope, che si è sempre mostrata pronta e disponibile ad appoggiare le iniziative didattiche, era stata preventivamente informata del nostro progetto di ricerca e aveva assicurato un contributo specifico in tempi e strumenti di osservazione per supportare questa nostra attività.

IL DIAGRAMMA COLORE/MAGNITUDINE

Quasi sempre, quando si parla di diagramma di Hertzsprung-Russell in ambito divulgativo, si omette che esso non è direttamente applicabile ai dati osservativi.

Se infatti nel diagramma HR l'asse delle ascisse riporta le temperature delle stelle o la loro classe spettrale e quello delle ordinate la loro magnitudine assoluta, nelle osservazioni questi parametri non sono immediatamente ricavabili.

La versione "osservativa" del diagramma HR è il diagramma CM (Colore Magnitudine). Questo grafico può essere costruito a partire dalla misura fotometrica per due bande di colore di un ammasso stellare, con il presupposto che le sue stelle possono essere considerate tutte alla medesima distanza (come un abitante di New York può considerare tutti gli abitanti di San Francisco ugualmente lontani).

Negli ammassi aperti si nota una sequenza principale, più o meno lunga, che ad un certo punto svolta verso destra, verso il ramo delle giganti. Il punto di svolta dipende dall'età dell'ammasso e definisce le stelle più massicce che si trovano ancora nella fase di bruciamento

dell'idrogeno. Più antico è l'ammasso e più il punto di svolta si sposterà verso il basso e verso destra (verso stelle più deboli e rosse). Nel caso degli ammassi globulari, la forma del diagramma CM è totalmente diversa, apparendo simile ad una Y ruotata di 120° in senso antiorario. La spiegazione di questa stranezza dipende dall'età di questi oggetti.

Essi sono così antichi che soltanto scendendo molto nella scala delle magnitudini si intercetta la sequenza principale, composta soltanto da stelle nane di classe spettrale G o K. In compenso, ricchissimo appare il ramo delle giganti, da cui si stacca verso sinistra il ramo orizzontale, assente negli ammassi aperti. Esistono formule empiriche che permettono di passare dal colore alla temperatura e alla classe spettrale. Purtroppo, queste formule sono applicabili con un certo successo soltanto per stelle non troppo fredde e comunque in condizioni di bassa estinzione stellare. Per la loro grande distanza e la presenza di stelle rosse, gli ammassi globulari poco si prestano all'utilizzo di questi metodi.

LAVORO SPERIMENTALE

Il primo passo per identificare le stelle campione da utilizzare nella misura fotometrica è stato quello di effettuare alcune riprese dell'ammasso con i filtri V (Johnson) e I (Cousins). Poiché le stelle da misurare risultano piuttosto rosse, la scelta delle bande V e I ha consentito di adottare tempi di posa notevolmente più brevi di quelli richiesti dalla coppia "classica" B e V, garantendo allo stesso tempo una notevole ampiezza dell'indice di VI (ricordiamo che quanto maggiore è la differenza di colore, tanto più precisa sarà la misura sulle ascisse del grafico CM).

Le stelle di confronto utilizzate provengono dal catalogo dell'*American Association of Variable Stars (APASS)*, che con 50 milioni di stelle presenti nell'ultima versione è attualmente il riferimento migliore per calibrare le misure fotometriche. Per la conversione delle magnitudini Sloan g' , r' , i' , usate da APASS in magnitudini R_c e I_c di Cousins abbiamo utilizzato i fattori di conversione dall'articolo eJAAVSO: "Classical and Recurrent Novae" di U. Munari, mentre il filtro V di Johnson è direttamente utilizzato anche da APASS. Abbiamo quindi identificato nei nostri campi stellari una quarantina di stelle di riferimento, disperse per magnitudine (dalla

10,3 alla 14,5) e per colore (VI da +0,67 a +2,1), tutte ben separate da altre sorgenti. Il numero notevole di stelle di confronto a disposizione permette di identificare più facilmente eventuali errori; inoltre ha consentito di dividere il campo fotografico in riquadri e di lavorare su immagini più "leggere", mantenendo comunque un numero di stelle campione sufficiente per una misura di qualità.

Le immagini di M4 sono state realizzate personalmente dagli studenti (supportati dai tutor dell'Osservatorio di Monte Baldo) tra il 19 maggio e il 21 giugno, sia dalle aule informatiche di Scuole superiori coinvolte nel progetto sia dall'Osservatorio stesso nella parte finale dello stage.

Si sono svolte in totale quattro sessioni di ripresa, così da assicurare immagini con buone condizioni di seeing e tempi di posa differenti in numero adeguato all'elaborazione necessaria per ottenere un buon rapporto segnale/rumore, senza avvicinarsi troppo alla zona di saturazione del CCD (del tipo Anti Blooming).

Le singole pose utilizzate sono state di 25 secondi sia nel V che nell'I per la misura delle stelle brillanti e di 120 secondi per quelle deboli. Per quest'ultime sono state sommate 9 immagini per banda, per un totale di 960s di esposizione.

Per la misura delle stelle, sulle immagini sono state identificate quattro aree di 3×4 centrate a circa 7 Nord, Sud, Est e Ovest, all'interno delle quali sono state misurate tutte le stelle sino al limite di un rapporto segnale/rumore = 20, tralasciando solo le più brillanti e scartando tutte quelle troppo vicine tra loro.

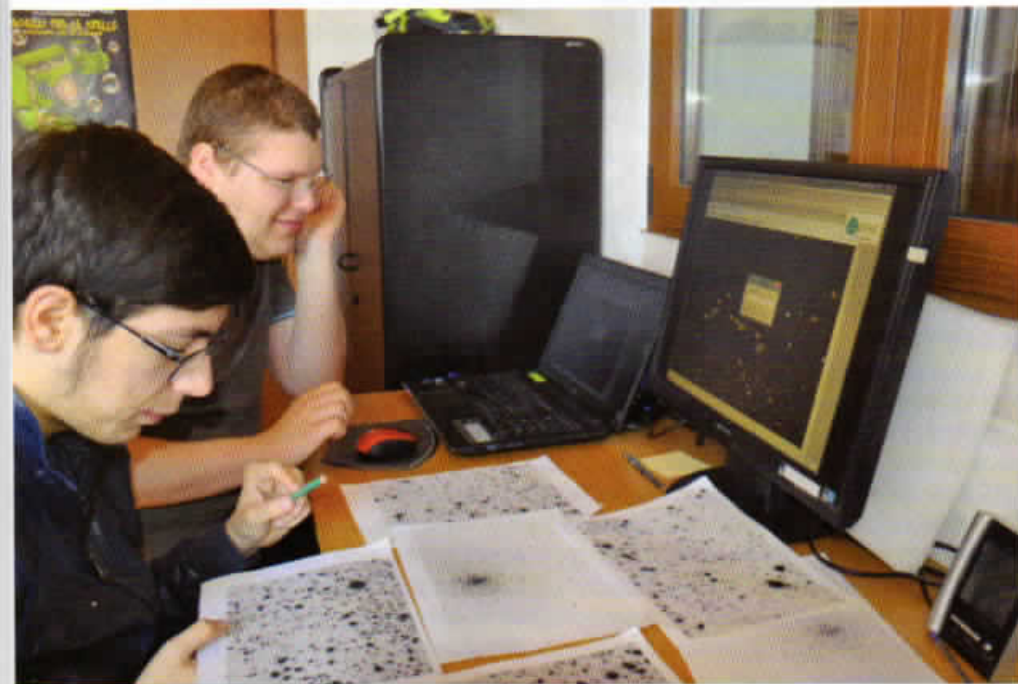
Sono state così misurate 600 stelle, alle quali se ne sono poi aggiunte ulteriori 180 brillanti, riprese su tutto il campo (sino ad un raggio di $13'$) delle immagini con tempi di posa più brevi. Ogni stella selezionata sull'immagine digitale per la misura è stata contemporaneamente segnata su stampe A4 delle aree selezionate; per evitare doppie misurazioni è stato effettuato un controllo incrociato.

Gli studenti in stage hanno misurato manualmente le singole stelle utilizzando il programma ©ANS Photometry, il programma di fotometria sviluppato dal dr. A. Frigo per il gruppo italiano ANS (*Asiago Nova and Symbioticstars*), del quale fa parte anche OMB.

Benché onerosa in termini di tempo, la scelta di evitare i programmi di misura automatica ha permesso di familiarizzare gli stagisti con le tecniche di elaborazione digitale delle immagini e di renderli consapevoli del lavoro necessario per ottenere una buona misura fotometrica.

Lesito finale mostra tutte le componenti del diagramma CM dell'ammasso globale M4, dalla sequenza principale, che si estende nel V sino alla 17esima magnitudine, al *turnoff*, che sale verso il *Red Giant Branch*, per poi scendere lungo l'*Asymptotic Giant Branch* e infine nell'*Horizontal Branch*. È importante tenere presente che il grafico ottenuto non rappresenta esattamente la popolazione media dell'ammasso, perché il criterio di selezione delle stelle più brillanti su tutto il campo dell'ammasso ha fatto sì che queste sembrino percentualmente più numerose.

Allo stesso modo, oltre la magnitudine 15,5, il numero relativo di stelle per magnitudine sembra calare, per la maggiore difficoltà nel trovare stelle ben misurabili. Il risultato ottenuto risponde comunque pienamente all'obiettivo del progetto, che era quello di ottenere una rappresentazione chiara dell'andamento fotometrico dell'ammasso M4.



Gli studenti del liceo scientifico "Galileo Galilei" di Verona al lavoro per elaborare i dati della loro ricerca.

UNA "CILIEGINA"...

Durante la costruzione del grafico CM erano state notate alcune stelle nella zona del gap delle RR LYR, lungo l'*Horizontal Branch*. Confrontando le misure di diverse date era emerso come tre di queste fossero effettivamente variabili.

Nonostante il lavoro dello stage fosse concluso, gli studenti si impegnarono da luglio a settembre per riprendere e misurare otto stelle candidate variabili in sei date distinte, per costruire la curva di luce e determinarne eventualmente il tipo e il periodo.

In questa fase, il lavoro degli studenti è stato svolto individualmente durante le vacanze estive, con l'uso di fogli EXCEL predisposti e il supporto a distanza dei tutor, quando richiesto.

In una tabella gli studenti hanno ri-pilogato i dati determinati per le RR LYR, compresi quelli di due non indicate in precedenza sul catalogo delle variabili (anche se già riconosciute come variabili sul database del *Centre Données de Strasbourg*): un risultato davvero notevole, ottenuto da giovani che hanno mostrato l'impegno e la voglia di passare dalla formazione sui libri (e dalle vacanze!) alla ricerca scientifica diretta sul campo.

Per noi tutor è un risultato altrettanto notevole aver dimostrato che l'accesso alle strumentazioni remote permette di superare i limiti logistici e temporali che in molti casi rappresentano l'ostacolo maggiore a progetti didattici "di astronomia sul campo".

Con il supporto della propria scuola di servizio, ogni docente può ottenere un account "educational" su Itelescope, accedendo così a tariffe ridotte ed alla possibilità di chiedere sovvenzioni specifiche per i propri programmi didattici di ricerca.

A titolo di esempio, si potrebbe realizzare a scopo didattico una serie di osservazioni per ottenere la classificazione di Hubble delle galassie (il cosiddetto diagramma a diapason) fotografando E0, E3, E7, S0, SA, SB, SC, SBA, SBB, SBC, IRR: con l'impiego degli strumenti di Itelescope, il costo delle osservazioni ottimali da *Siding Springs* con uno strumento da 40 cm e 120" di posa per ogni galassia sarebbe inferiore a 20 euro...

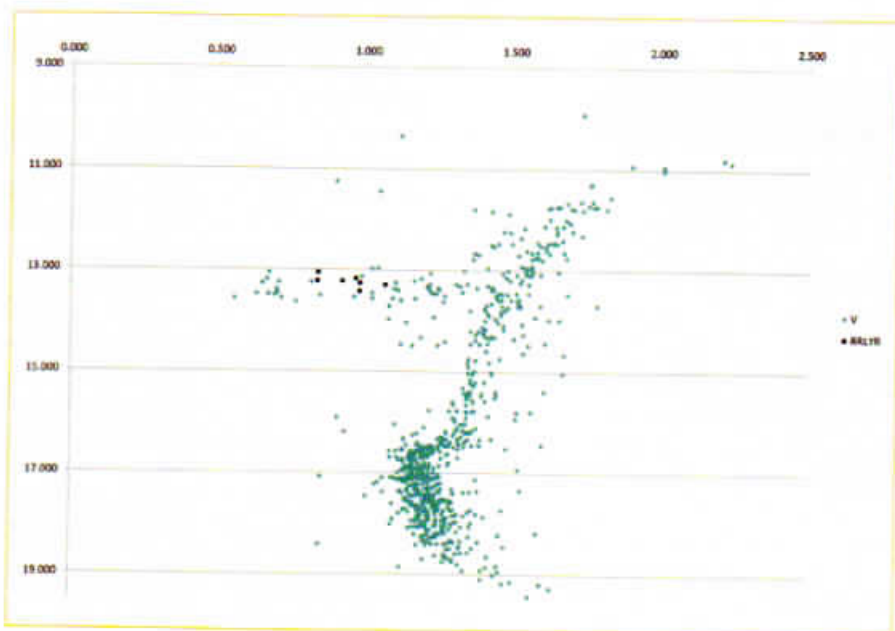


Diagramma CM dell'ammasso M4 (banda fotometrica VJ).

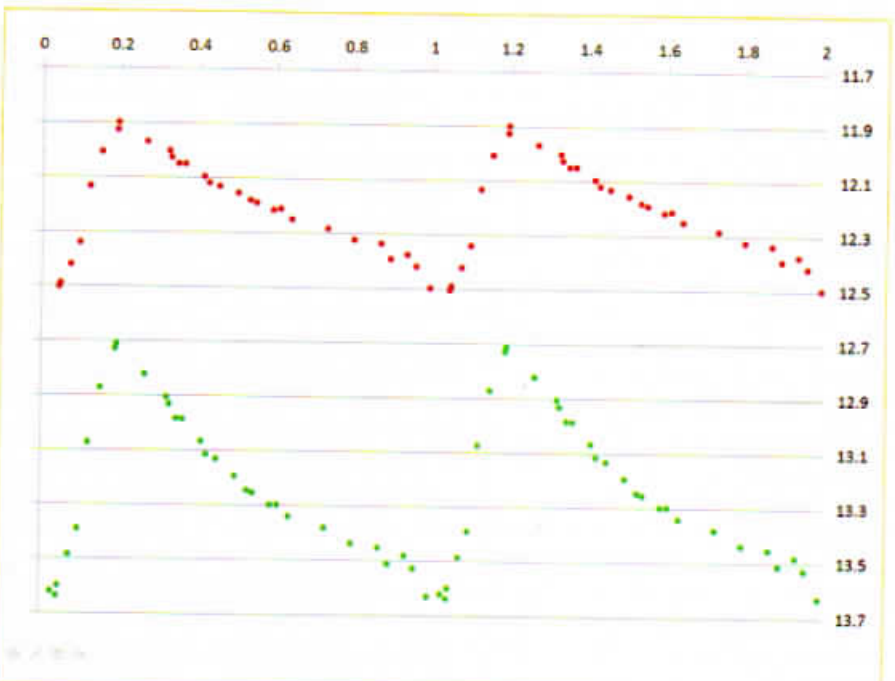


Grafico della variazione di luminosità di due variabili del tipo RR Lyrae, individuate e studiate nel corso della ricerca principale sull'ammasso globulare M4.

TUTOR:

Flavio Castellani, Francesco de Sabata,
Raffaele Belligoli, Sergio Moltomoli

STUDENTI coinvolti:

E. Andreis, M. Farina, D. Lineri,
M. Peron, G. Pomari, N. Sancassani,
E. Urbani.

SI RINGRAZIANO PER IL SUPPORTO AL PRESENTE LAVORO:

la rete Itelescope Net., il Liceo Scientifico
Statale Galileo Galilei di Verona,
il Comune di Ferrara di Monte Baldo.