

Laura Magrini, Sofia Randich

# Ammassi stellari gemelli con DNA diverso

*Twin stellar clusters with a different DNA*

INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri

**Sommario.** Gaia-ESO è una grande survey spettroscopica pubblica in corso presso uno dei quattro telescopi VLT dell'ESO. La survey ha completato con successo i suoi primi due anni di osservazioni e sono stati resi disponibili alla comunità scientifica internazionale più di 5000 spettri stellari ad alta risoluzione. In questa nota presentiamo i risultati di uno dei primi lavori scientifici pubblicati in cui si discute il contenuto chimico di tre ammassi stellari aperti situati nella parte più interna del disco Galattico.

**Parole chiave.** Evoluzione chimica, abbondanze, ammassi aperti.

Gaia-ESO, la survey spettroscopica in corso presso VLT, guidata da Sofia Randich (INAF-Arcetri) e Gerry Gilmore (IoA, Cambridge), ha completato i suoi primi due anni osservando stelle della nostra Galassia per 135 notti su un totale previsto di 300 notti in 5 anni. Molti gli obiettivi raggiunti in questo periodo iniziale fra i quali, di particolare rilevanza, la prima consegna ad ESO dei “prodotti” della survey. Più di 5000 spettri stellari ad alta risoluzione sono stati resi disponibili da novembre 2013 alla comunità scientifica internazionale, mentre i parametri

**Abstract.** Gaia-ESO, a spectroscopic survey carried out at one of the four VLT telescopes of the ESO, has successfully completed its first two years of observations. More than 5,000 high-resolution stellar spectra are now available to the international scientific community. Among the results published in the first Gaia-ESO papers, we present here the study of the chemical content of three open clusters located in the inner part of our Galaxy.

**Keywords.** Chemical evolution, abundances, open clusters

Gaia-ESO, a spectroscopic survey underway at VLT, and led by Sofia Randich (INAF-Arcetri) and Gerry Gilmore (IoA, Cambridge), has successfully completed its first two years of observations, achieving 135 nights over an expected total of 300 nights. In this first period, many results have been obtained: of particular importance among them is the first delivery of the “products” of the survey to ESO; more than 5,000 high-resolution stellar spectra have been



stellari di più di 20000 stelle saranno consegnati nei prossimi mesi. Parallelamente al rilascio degli spettri a ESO è iniziata la fase di analisi da parte del consorzio Gaia-ESO che ha portato al raggiungimento dei primi risultati scientifici.

Tra i primi lavori pubblicati utilizzando i risultati ottenuti dalla survey vi è quello sullo studio della distribuzione delle abbondanze di numerosi elementi chimici in tre ammassi aperti situati nella parte più interna della nostra Galassia.

Gli ammassi aperti sono gruppi di stelle tenute insieme dalla reciproca attrazione gravitazionale e formatesi dalla stessa nube, e che quindi hanno uguale età e composizione chimica. Gli ammassi aperti risiedono nel disco sottile della Via Lattea e sono dei traccianti molto importanti della distribuzione spaziale degli elementi chimici nel disco e della loro evoluzione nel tempo. Ogni ammasso aperto possiede uno schema di abbondanze (un po' come ogni cellula ha una propria sequenza di DNA) che è l'impronta "fossile" della composizione del mezzo interstellare dal quale esso si è formato.

Gli ammassi aperti sono tra i principali targets della Gaia-ESO Survey che ne osserverà più di cinquanta. Durante i primi sei mesi sono stati acquisiti spettri di tre ammassi (NGC 6705, NGC 4815 e Trumpler 20) molto importanti perché si trovano relativamente vicini al Centro Galattico (si veda Fig. 1) in un ambiente ostile dove difficilmente un ammasso sopravvive a lungo a causa delle numerose collisioni con le nubi molecolari. Probabilmente questi tre oggetti sono parte di quanto resta di una popolazione di ammassi massicci sopravvissuta grazie alla grande massa e alle loro orbite che hanno permesso di evitare collisioni.

I tre ammassi aperti hanno proprietà molto simili; in particolare, sono loca-

made available since last November to the international scientific community, while stellar parameters of more than 20,000 stars will be delivered in June 2014. In parallel to the release of spectra to ESO, the scientific exploitation phase has started in the Consortium, yielding the first scientific results.

Among the first works published using the Gaia-ESO results, we show here the outcomes of a study of the distribution of abundances in three open clusters, located in the innermost part of our Galaxy.

Open clusters are groups of stars bound by mutual gravitational forces. Stars in open clusters were born from the same cloud, and thus they are of the same age and chemical composition. Open clusters generally reside in the thin disk of the Milky Way and represent very important tracers of the spatial distribution of chemical elements in the disk and of their evolution over time. Indeed, each cluster has a pattern of abundances (in the same way that each living cell possesses its own DNA sequence) that is the "fossil imprint" of the composition of the interstellar medium from which the cluster was formed.

Open clusters are among the main targets of the Gaia-ESO survey. More than 50 of them will be observed during the five years of the survey. During the first six months we obtained the spectra of three clusters (NGC 6705, NGC 4815 and Trumpler 20). These clusters are extremely important because they are located close to the Galactic Center (see Fig.1), i.e., in a hostile environment, where clusters rarely survive for long due to the frequent collisions with molecular clouds. These three objects were probably part of a larger population of massive

lizzati circa alla stessa distanza dal Centro Galattico (tra 6 e 7 kpc) e con un'età compresa tra alcune centinaia di milioni di anni e poco più di miliardo di anni, e quindi tutti molto più giovani del Sole. Ricordiamo che il Sole dista 8.5 kpc dal Centro Galattico e che ha un'età di 4.6 miliardi di anni. Le predizioni dei modelli comunemente usati per studiare la formazione ed evoluzione chimica della Via Lattea, probabilmente troppo semplificati, indicano che essi dovrebbero anche condividere la stessa distribuzione di elementi chimici, cioè lo stesso “DNA”.

I risultati della Gaia-ESO Survey hanno invece evidenziato una sorprendente diversità nel “DNA” dei tre ammassi. L'ottima qualità degli spettri ha permesso di rivelare differenze nella distribuzione degli elementi chimici che risulta ben distinta in ciascuno ammasso (si veda Fig. 2). Questo risultato da una parte indica che gli ammassi si sono formati in diverse zone della Via Lattea e che in seguito si sono spostati dal luogo di nascita alla loro posizione attuale; dall'altra suggerisce che il processo di evoluzione del disco sottile è ben più complesso di quanto previsto.

Entrando in maggior dettaglio, abbiamo anche potuto confrontare la distribuzione delle abbondanze dei tre ammassi con quelle delle stelle di campo della Via Lattea (anch'esse osservate dalla Gaia-ESO Survey), evidenziando sia analogie che differenze. In particolare, uno degli ammassi mostra una distribuzione di ab-

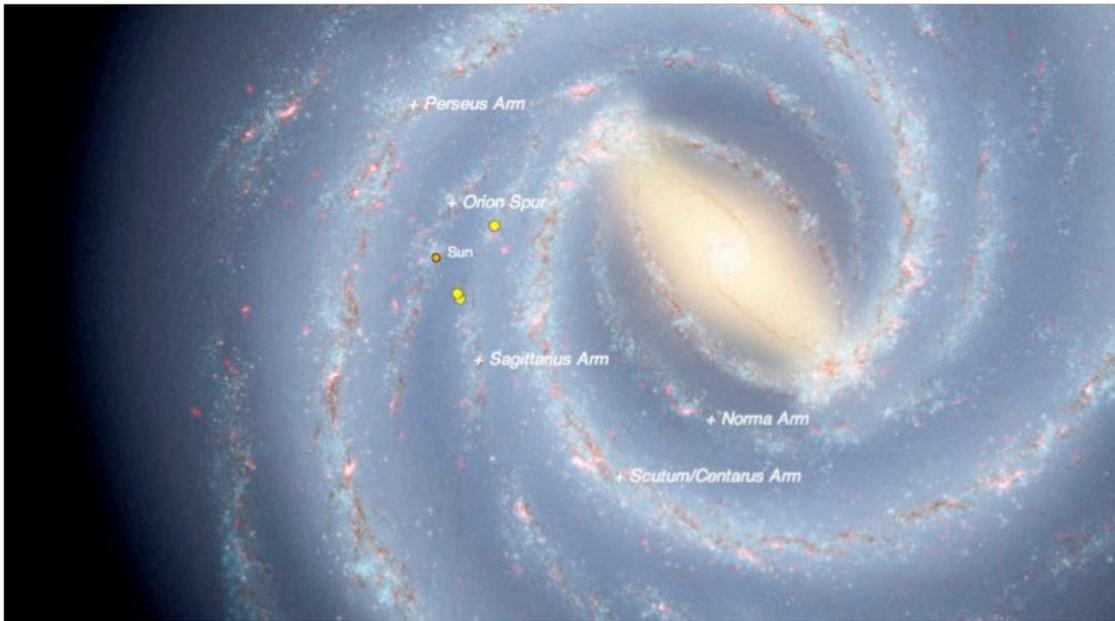


Fig. 1. Posizione dei tre ammassi (cerchi gialli) nel disco della Via Lattea. Il Sole è indicato con un cerchio arancione. Sono riportati anche i nomi delle principali braccia a spirale della Galassia.

Fig. 1: Location of the three clusters (filled yellow circles) in the Milky Way disk. The Sun is shown as a filled orange circle. The figure shows the position of the main spiral arms of the Galaxy.

bondanze tipica delle zone più vicine al centro della Galassia, risultato che avalla l'ipotesi di una notevole migrazione dal luogo di formazione. Mentre era già noto che gli ammassi si potessero spostare dal luogo di nascita seguendo un'orbita non circolare, questa è la prima volta che l'effetto è dimostrato sulla base dell'analisi chimica. Ne consegue che è fondamentale ottenere una dettagliata caratterizzazione della cinematica e della chimica degli ammassi per studiare l'evoluzione del disco sottile e per fornire vincoli ai modelli chimico-dinamici.

Questi primi risultati rappresentano solo la punta dell'iceberg di quanto si sta ottenendo con la Gaia-ESO Survey, ma sono già sufficienti per dimostrare il suo enorme potenziale per lo studio della formazione ed evoluzione della Via Lattea.

*Sofia Randich* è primo ricercatore presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri dell'INAF. È autrice di più di 130 articoli pubblicati su riviste con referee. I suoi interessi scientifici includono lo studio degli ammassi stellari come traccianti dell'evoluzione chimica della nostra Galassia, e come luogo della formazione stellare.

*Laura Magrini* è ricercatrice presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri dell'INAF. È autrice di circa 50 articoli pubblicati su riviste con referee. Si interessa principalmente di evoluzione chimica della nostra Galassia e delle galassie dell'Universo Locale.

clusters and they survived thanks to their large mass and/or to the eccentricity and inclination of their orbits that allowed them to avoid collisions.

The three open clusters have very similar properties; in particular, they are located at approximately the same distance from the Galactic Center (6-7 kpc) and are all much younger than the Sun (from a few hundred million years to about one billion years). The predictions of the models commonly used to study the formation and chemical evolution of the Milky Way (probably too simplified) indicate that they should also share the same distribution of chemical elements, in other words, the same "DNA". The results of the Gaia-ESO survey have shown a surprising diversity in the "DNA" of the three clusters (see Fig. 2). In other words, the excellent quality of the spectra obtained from the Gaia-ESO survey made it possible to reveal differences in the distribution of chemical elements, which are quite distinct for each of the three objects. This indicates that the clusters were formed in different parts of the Milky Way Galaxy and have subsequently moved from their place of birth to their current position; on the other hand, their diversity suggests that the process of evolution of the thin disk is more complex than generally believed.

Entering into greater detail, we compared the distribution of abundances of the three clusters with those of field stars (these too observed by the Gaia-ESO survey), highlighting both similarities and differences between cluster and field populations. In particular, we found that the distribution of abundances of one of the three clusters is typical of stars located in areas closer to the center of the Galaxy.

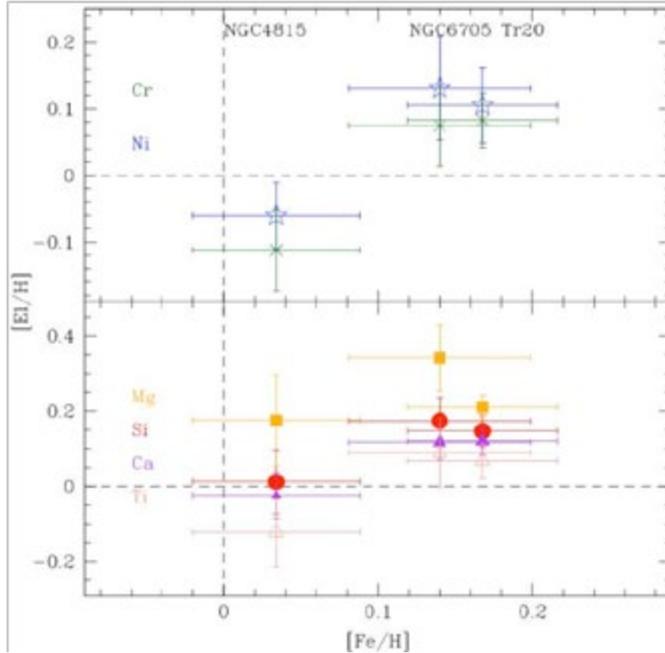


Fig. 2. Valori medi delle abbondanze di quattro elementi  $\alpha$  (Ca, Si, Ti e Mg - pannello inferiore) e degli elementi del picco del ferro (Ni, Cr - pannello superiore). Gli ammassi sono ordinati per valori crescenti di  $[\text{Fe}/\text{H}]$ . Si noti il diverso pattern di abbondanze di NGC 4815 rispetto agli altri due ammassi.

Fig. 2: Average values of the abundances of the four  $\alpha$ -elements (Ca, Si, Ti, and Mg - bottom panel) and of the iron-peak elements (Ni, Cr - upper panel). Clusters are ordered by ascending values of  $[\text{Fe}/\text{H}]$ . Note the different abundance pattern of NGC 4815 compared to the other two clusters.

This result endorses the hypothesis that this cluster has moved considerably from the site of its formation towards the outer regions of the disk.

It was already known that clusters could move from their place of birth following a non-circular orbit. However, this is the first time that this effect has been solidly demonstrated on a chemical basis.

It is therefore essential to get a detailed characterization of the kinematics of open clusters and, of course, their chemistry, in order to exploit them to study the evolution of the thin disk and to provide constraints for the new class of chemical and dynamic evolution models. These initial results are just the tip of the iceberg of what we are obtaining through the Gaia-ESO survey, but they are already sufficient to show its huge potential to study the formation and evolution of the Milky Way.

*Sofia Randich* is an associate astronomer at the Arcetri Astrophysical Observatory (INAF). She has published over 130 articles in refereed journals. Her scientific interests include the study of star clusters as tracers of the chemical evolution of our Galaxy and as the site of star formation.

*Laura Magrini* is a researcher at the Arcetri Astrophysical Observatory (INAF). She has written about 50 articles, published in refereed journals. Her main interests are in the chemical evolution of our Galaxy and of Local Universe galaxies.

