

Litio e Berillio nella galassia Gaia-Encelado
lavoro originale di P. Molaro et al.
"Lithium and beryllium in the Gaia-Enceladus galaxy"

Introduzione

Nel contesto dell'archeologia galattica e della BBN è importante lo studio di abbondanze chimiche di elementi come ${}^7\text{Li}$ e ${}^9\text{Be}$.

- ▶ ${}^7\text{Li}$ - Spite Plateau, meccanismi di consumo di ${}^7\text{Li}$ in stelle metal poor
- ▶ ${}^9\text{Be}$ - tracciante di eventi di spallazione, tracciante di contaminazione di materiale dal quale si formano stelle, tracciante di elementi primari

- ▶ ${}^7\text{Li}$ si è formato originariamente dalla BBN attraverso la reazione ${}^4\text{He}({}^3\text{H}, \gamma){}^7\text{Li}$.
- ▶ viene generalmente distrutto all'interno delle stelle
- ▶ parzialmente prodotto per spallazione $\sim 10 - 20\%$
- ▶ abbondanza in stelle giovani superiore alle previsioni della BBN \rightarrow produzione di litio (AGB, GRS, SNII, novae):
 ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}, {}^7\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7\text{Li} + \nu_e$
- ▶ in stelle di alone con metallicità $-3 < [\text{Fe}/\text{H}] < -1$ la sua abbondanza rimane costante, è lo *spite plateau*.
 $\log \epsilon({}^7\text{Li}) \sim 2.2$
- ▶ per stelle con metallicità inferiore a -3 l'abbondanza di ${}^7\text{Li}$ si abbassa nuovamente

- ▶ unico isotopo stabile del berillio
- ▶ prodotto unicamente per processi di spallazione
- ▶ elemento primario, prodotto dall'interazione fra nuclei di CNO con ${}^1\text{H}$ presente in ISM
- ▶ dipendenza lineare dalla metallicità

Gaia-Encelado

La galassia di Gaia-Encelado è con ogni probabilità una galassia nana ellittica accresciuta sulla Via Lattea circa 10Gyr fa. Questo la rende un obiettivo interessante in quanto rappresenta un'opportunità unica di ottenere osservazioni di litio e berillio in un oggetto che chimicamente parlando può essere inteso come extra-galattico.

Stelle selezionate in Gaia-Encelado

Nello studio condotto sono state analizzate 43 stelle, ottenute incrociando i database di GALAH DR2, Gaia-ESO DR3, JINA e SAGA. Per la selezione sono stati usati criteri:

- ▶ cinematici, (energia, momento angolare, parametri orbitali)
- ▶ metallicità $[Fe/H] < -0.8$
- ▶ $T_{eff} > 5700K$

Stelle selezionate in Gaia-Encelado

Nello studio condotto sono state utilizzate varie combinazioni dei database di GALAH DR2, Gaia-ESO DR3, JINA e SAGA. Per la selezione sono stati usati criteri:

- ▶ cinematici, (momento angolare, parametri orbitali)
- ▶ metallicità $[Fe/H]$
- ▶ T_{eff}

Non è da escludere tuttavia una contaminazione della lista delle stelle selezionate con stelle del thick disk.

Abbondanze di litio in Gaia-Encelado

Nello studio sono state trovate stelle con $A(Li)$ simile a quella che si trova nella Via Lattea, in special modo a basse metallicità, ottenendo un abbondanza media, per stelle con $[Fe/H] < -2$ $A(Li) = 2.18 \pm 0.10$ da confrontare con $A(Li) = 2.199 \pm 0.086$.

Abbondanze di litio in Gaia-Encelado

Nello studio sono state trovate stelle con $A(Li)$ simile a quella che si trova nella Via Lattea, in special modo a basse metallicità, ottenendo un'abbondanza media, per stelle con $[Fe/H] < -2$ $A(Li) = 2.18 \pm 0.10$ da confrontare con $A(Li) = 2.199 \pm 0.086$. Tuttavia la presenza di stelle lithium-enriched indicano un'evoluzione leggermente differente per Gaia-Encelado rispetto alla Via Lattea. Tenendo conto della diversa natura di Gaia-Encelado, minor SFR rispetto alla Via Lattea, ci si attende uno shift di $\sim -0.5dex$ in metallicità rispetto a quello che ci aspetteremmo per stelle del thin disk.

Abbondanze di litio in Gaia-Encelado

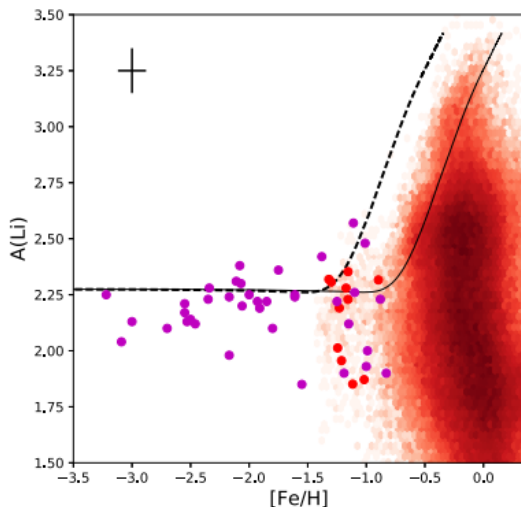


Figure: Abbondanza di litio in funzione di $[\text{Fe}/\text{H}]$ per 43 stelle.

Abbondanze di litio in Gaia-Encelado

Sono state cercate correlazioni anche tra l'abbondanza di ${}^7\text{Li}$ e $\log g$. Ci si aspetta infatti una depletion di ${}^7\text{Li}$ di un fattore $\sim 1.3 - 1.5 \text{ dex}$ tra una stella in MS e la stessa qualora fosse in fase RGB. Una volta uscita dalla MS infatti:

Abbondanze di litio in Gaia-Encelado

Sono state cercate correlazioni anche tra l'abbondanza di ${}^7\text{Li}$ e $\log g$. Ci si aspetta infatti una depletion di ${}^7\text{Li}$ di un fattore $\sim 1.3 - 1.5 \text{ dex}$ tra una stella in MS e la stessa qualora fosse in fase RGB. Essendo il litio facilmente distrutto a temperature di $\sim 10^6 K$, una volta uscita dalla MS:

- ▶ la zona convettiva diviene più profonda, ripescando materiale senza litio dagli strati inferiori della stella e portandoli in superficie
- ▶ ${}^7\text{Li}$ viene distrutto sotto la superficie della zona convettiva

Abbondanze di litio in Gaia-Encelado

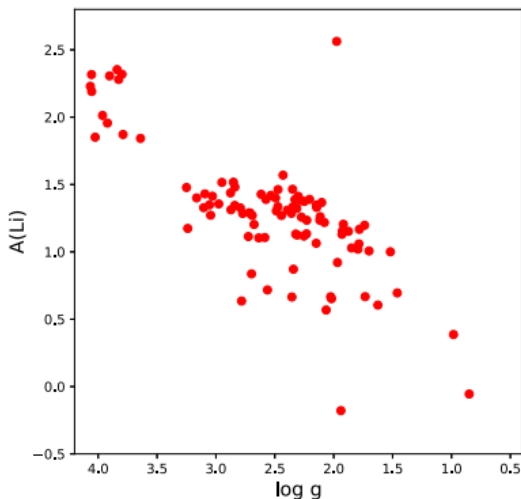


Figure: Abbondanza di litio in funzione di $\log g$ per 121 stelle. La presenza di stelle giganti Li-enriched suggerisce un dredge-up di ${}^7\text{Be}$ prodotto negli interni stellari e successivamente decaduto in ${}^7\text{Li}$.

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

Il berillio osservato in Gaia-Encelado mostra un andamento con la metallicità simile a quello osservato nella Via Lattea. E' stato operato un fit sui dati osservati ed è sono state estrapolate due relazioni: $A(\text{Be}) = 0.729(\pm 0.059) + 0.856(\pm 0.117)$ e $A(\text{Be}) = 0.674(\pm 0.048) + 0.727(\pm 0.098)$ dove la seconda delle due è stata ottenuta togliendo dal set di dati la stella G5-40 la quale risulta particolarmente arricchita di berillio rispetto al fit.

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

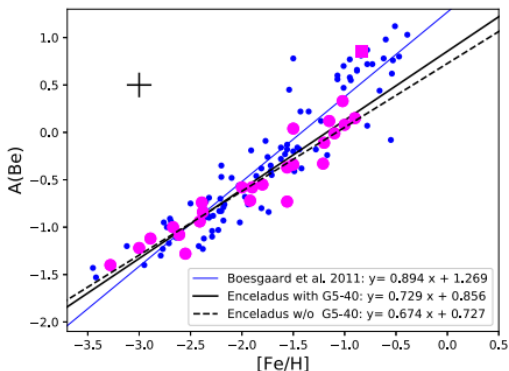


Figure: Abbondanza di berillio in funzione di $[\text{Fe}/\text{H}]$ per le stelle selezionate. La linea blu corrisponde al fit per stelle della Via Lattea. Le altre due sono relative alle stelle in Gaia-Encelado, dove la linea tratteggiata corrisponde al fit ottenuto escludendo G5-40

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

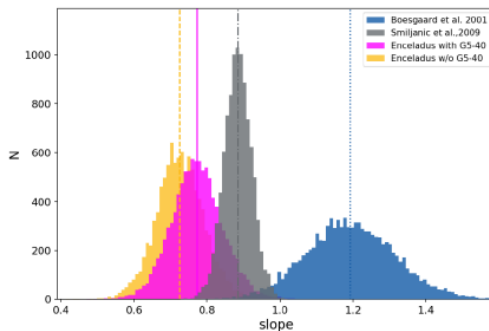


Figure: Distribuzione della slope del fit dell'abbondanza di berillio sulla metallicità. Il basso scatter della curva grigia tuttavia è probabilmente dovuto a un campione più povero di stelle metal poor

Dalla figura precedente si nota una certa sovrapposizione tra le abbondanze di berillio a bassa metallicità di Gaia-Encelado e della Via Lattea. Si è provato dunque a stimare una diversa evoluzione chimica per le due popolazioni imponendo un insieme di linee passanti per il punto per un'origine comune a $[Fe/H] = -2.85$ che evidenzia una diversa evoluzione delle due popolazioni.

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

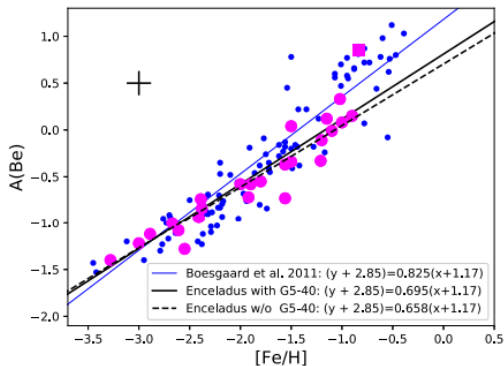


Figure: fit ottenuti imponendo un origine comune a $[\text{Fe}/\text{H}] = -2.85$

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

Essendo il berillio prodotto per spallazione da nuclei CNO è ragionevole aspettarsi una correlazione tra le abbondanze di berillio e di ossigeno.

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

Un fit tra $A(\text{Be})$ e $[\text{O}/\text{H}]$ evidenzia come le stelle appartenenti a Gaia-Encelado abbiano un minor scatter ($\sim 0.19\text{dex}$) rispetto a quelle della Via Lattea ($\sim 0.298\text{dex}$).

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

Un fit tra $A(\text{Be})$ e $[O/H]$ evidenzia come le stelle appartenenti a Gaia-Encelado abbiano un minor scatter ($\sim 0.19dex$) rispetto a quelle della Via Lattea ($\sim 0.298dex$).

Ciò suggerisce che la popolazione di Gaia-Encelado sia più omogenea rispetto a quella della Via Lattea.

Si trova la relazione:

$$A(\text{Be}) = 0.536(\pm 0.105)[O/H] + 0.773(\pm 0.153)$$

Abbondanze di berillio in Gaia-Encelado

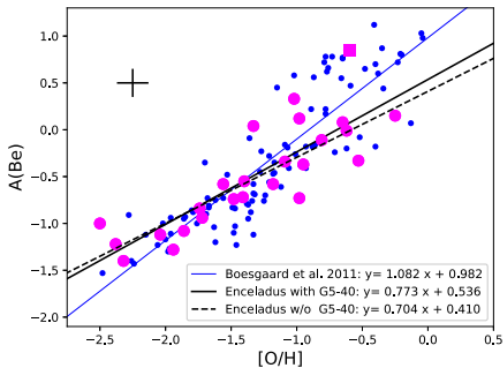


Figure: $A(\text{Be})$ in funzione di $[\text{O}/\text{H}]$

Conclusioni

- ▶ Si conferma la discrepanza tra le abbondanze di litio attese dalla nucleosintesi primordiale e quelle osservate in stelle metal poor all'infuori della Via Lattea
- ▶ Abbondanza di ^9Be ha una crescita più moderata con la metallicità. Questo è dovuto al fatto che il contributo relativo delle SNIa all'abbondanza di ferro è maggiore in una galassia con bassa SFR, senza che però si produca ulteriore berillio.
- ▶ Poiché ^9Be è prodotto solo per spallazione si può inferire dalla sua abbondanza l'abbondanza di ^6Li e ^7Li prodotti per spallazione prendendo i rapporti tra le sezioni d'urto dei relativi processi di spallazione. Essendo stata osservata una bassa abbondanza di ^9Be ciò implica che le abbondanze di ^7Li non sono state prodotte da processi di spallazione
- ▶ Le abbondanze osservate di ^9Be sono in linea con quelle osservate nella Via Lattea, perciò si tende ad escludere canali secondari che possano produrre tale elemento

GRAZIE DELL'ATTENZIONE