

Studio della popolazione stellare nelle galassie

Matteo Bano, Andrea Campa, Mattia Gusella, Fabio Righetti

Liceo Scientifico “E. Fermi”, Padova

SOMMARIO

Il lavoro intende proporre lo studio della popolazione stellare di due galassie attraverso l'analisi dello spettro elettromagnetico ricavato dall'osservazione spettroscopica e fotometrica di una spirale (NGC234) ed una ellittica (NGC2518) e la ricostruzione della Spectral Energy Distribution (SED) grazie alla analisi dei flussi relativi alle varie bande fotometriche (λ).

I. INTRODUZIONE

La luce è alla base dello studio dell'astronomia. La natura duale della luce impone due tipi di rilevazione di questa: la luce come onda viene misurata con gli spettrografi, i quali permettono di ricostruire lo spettro elettromagnetico caratteristico; la luce come particella, nelle sue unità ossia i fotoni, viene rilevata con i moderni CCD, sensori digitali di fotoni. Essendo le galassie sorgenti di radiazioni elettromagnetiche, queste possono quindi essere studiate, al fine di determinare le loro proprietà fisiche: redshift, popolazioni stellari e flusso luminoso.

II. DATI OSSERVATIVI

Il lavoro è iniziato con l'acquisizione dall'archivio pubblico della Sloan Digital Sky Survey, degli spettri di due galassie: una spirale, NGC234 (Fig. 1) e una ellittica, NGC2518 (Fig. 2). Dopo aver normalizzato gli stessi, dividendo tutte le intensità per il valore medio calcolato intorno a $5500 \text{ \AA}$, abbiamo calcolato lo spostamento delle righe spettrali presenti dal valore della loro corrispondente lunghezza d'onda a riposo. Nello spettro di NGC234 è stata usata la riga H β in emissione, la cui lunghezza d'onda a riposo è pari a $4861 \text{ \AA}$, in NGC2518 invece la riga in assorbimento del sodio (Na), con lunghezza d'onda a riposo di $5892 \text{ \AA}$. In questo modo abbiamo quantificato il redshift secondo la relazione $z = \Delta\lambda / \lambda$. Noto z sono state dedotte le velocità di recessione delle due galassie oggetto di studio, tenendo presente che $z = v/c$.



Figura 1: La galassia NGC234

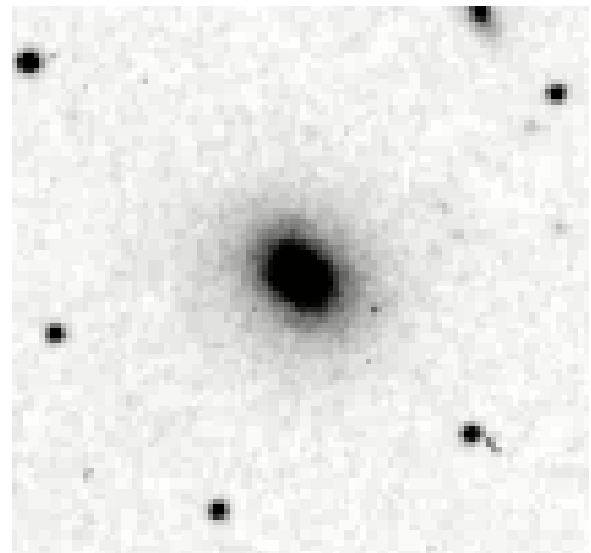


Figura 2: La galassia NGC2518

Sfruttando poi la legge di Hubble che lega la distanza alla velocità di recessione della galassia con un rapporto di proporzionalità diretta ($V = H_0 \times d$, dove H_0

è la costante di Hubble pari a circa 70 km/s/Mpc), si calcolano le distanze approssimative dei due oggetti dal punto di osservazione.

Tutti i dati sono riportati nella tabella sottostante.

Tabella 1

	$\Delta\lambda$ [Å]	z	Velocità [km/s]	Distanza [Mpc]
NGC234	74	0,01522	4566,922	65,24
NGC2518	107	0,01816	5448,065	77,82

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Sintesi di popolazione stellare

Nell'analisi della galassia a spirale (NGC234) lo spettro è stato ottenuto utilizzando la luce proveniente dal nucleo della galassia, al fine di evitare fenomeni di spostamento delle righe di assorbimento ed emissione dovute alla rotazione della galassia su se stessa. Il fenomeno non è trascurabile in quanto le velocità di rotazione dei bracci allargherebbero le righe dello spettro: z non sarebbe dunque calcolabile con precisione.

Al contrario nella galassia ellittica (NGC2518) non si presenta questo fenomeno dal momento che la rotazione (molto lenta) lo rende trascurabile. Gli spettri sono stati quindi traslati a $z=0$ in modo da consentire di riprodurli con la migliore approssimazione possibile attraverso la somma, nelle appropriate percentuali, di spettri prodotti da stelle di classe spettrale nota.

Nello specifico vengono selezionate, dopo vari tentativi, tre di queste che rappresentano rispettivamente stelle vecchie, medie e giovani e si deduce così il quantitativo, in percentuale, della luce emessa da ognuna delle suddette classi la cui somma fornisce il 100% della luce proveniente dalla galassia. Questa è distribuita nelle varie lunghezze d'onda secondo la funzione che rappresenta lo spettro stesso, escludendo le stelle al di fuori della sequenza principale (Figg. 3 e 4). In particolare, nella galassia ellittica NGC2518 i vari tentativi per riprodurre lo spettro vengono effettuati tenendo come punti di riferimento le righe del calcio (Ca) e del magnesio (Mg).

Nel grafico è riprodotto: in nero lo spettro del nucleo galattico da 3000 Å a 8000 Å riportato a $z=0$, in rosso lo spettro ricostruito e in blu (x), verde (t) e viola (z) i diversi spettri delle tre classi spettrali sommati nelle opportune percentuali. Per la galassia a spirale le tre classi sono O9, A5, e K5, le cui percentuali sono riportate in grafico, mentre per la galassia ellittica sono O9,5, A7, e K5. La somma dei termini è $I = a \times x + b \times t + c \times z$. $a+b+c=1$ sono parametri in percentuale, mentre le classi spettrali sono le incognite.

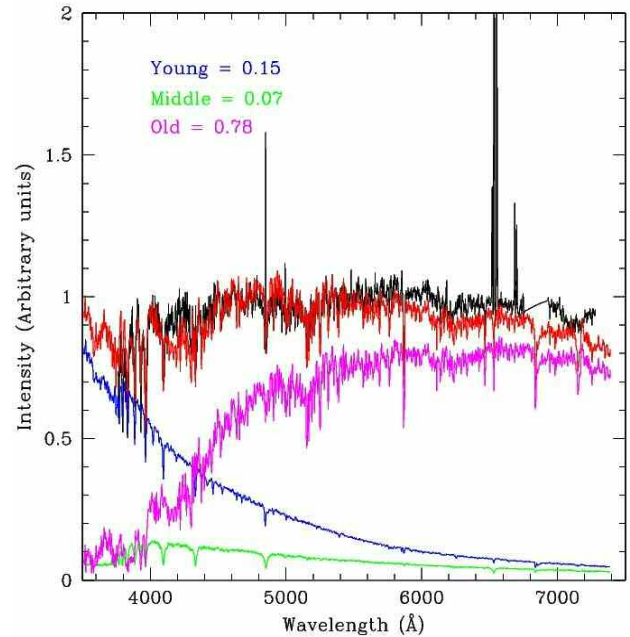


Figura 3: Risultato della sintesi di popolazione per la galassia NGC234.

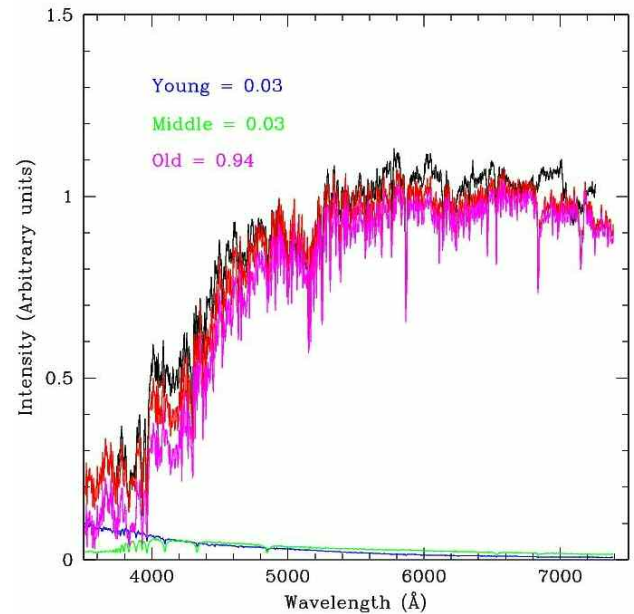


Figura 4: Risultato della sintesi di popolazione per la galassia NGC2518.

Ricostruzione della Spectral Energy Distribution

Si procede nel conteggio totale dei fotoni emessi dalla galassia in un'area descritta da un raggio definito, ossia la congiungente tra il centro della galassia e il punto oltre il quale l'incremento del numero di fotoni tende a zero. Questo conteggio è l'integrale della funzione che descrive la curva del profilo di brillantezza della galassia stessa: $\int_0^r I(r) 2\pi r dr$.

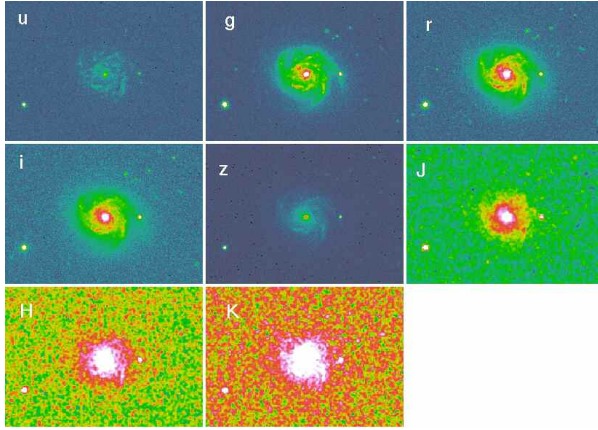


Figura 5: La galassia NGC234 osservata in 8 bande fotometriche diverse dal visibile al vicino infrarosso (*ugriz* + JHK).

Tramite dei filtri vengono selezionati i fotoni emessi dalla sorgente di luce e relativi a ciascuna banda fotometrica che corrisponde a una determinata lunghezza d'onda (valore medio) e ha una certa larghezza (esempio in Fig. 5).

Tabella 2

Banda	u	g	r	I	z	J	H	K
λ [Å]	3551	4686	6165	7481	8931	12350	16620	21590

In seguito, abbiamo svolto il conteggio dei fotoni attraverso ciascun filtro (I_{cts}) per ottenere il valore del flusso totale (S) nelle rispettive bande fotometriche in funzione della lunghezza d'onda (Figg. 6 e 7).

$$S = \frac{I_{\text{cts}}}{t_{\text{exp}}} \times 10^{-0.4(m_0 - kx)} \times \frac{0.10893}{\lambda^2} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Å}^{-1}$$

LEGENDA

I_{cts} = n° fotoni

t_{exp} = tempo di esposizione (53.9 sec)

λ = lunghezza d'onda del filtro

m_0 = punto-zero

k = coefficiente che indica a quanto ammonta l'estinzione atmosferica ad una certa λ

x = massa d'aria = $1/\cos z$

z = distanza zenitale in gradi [°]

Abbiamo poi ricavato i valori delle magnitudini strumentali relative alle diverse bande fotometriche. La magnitudine strumentale è legata all'intensità secondo una relazione logaritmica. Con l'introduzione del parametro m_0 caratteristico di ogni banda e del prodotto dei parametri k e x (vedi legenda) ottenuti

sperimentalmente, si perviene alla magnitudine reale espressa dall'equazione di Pogson: $m = m_0 - 2.5 \times \log(I) - k \times x$.

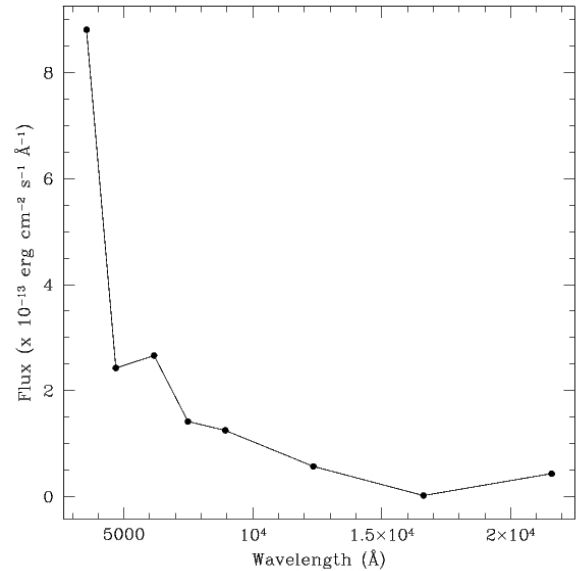


Figura 6: SED ricostruita per NGC234

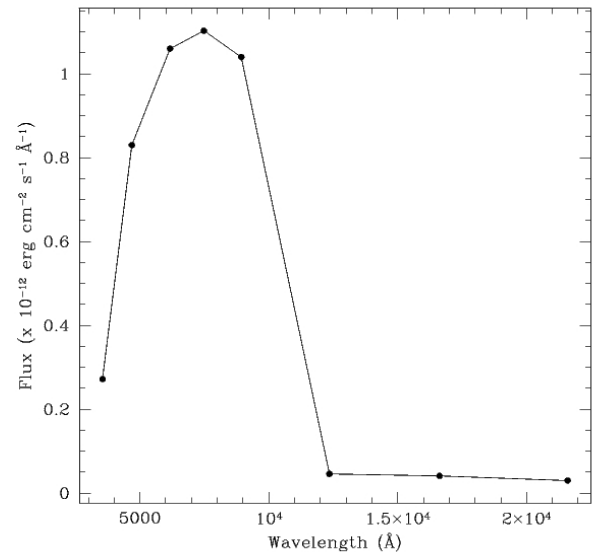


Figura 7: SED ricostruita per NGC2518

Tabella 3

	<i>u</i>	<i>g</i>	<i>r</i>	<i>i</i>	<i>z</i>
NGC234	14,31	13,06	12,42	12,04	11,82
NGC2518	15,58	13,79	12,89	12,44	12,12

	J	H	K
NGC234	14,26	13,97	13,46
NGC2518	14,81	14,29	14,05

IV. RISULTATI

Sintesi di popolazione stellare

Elaborando i dati forniti dagli spettri e calcolando il redshift si può affermare che, secondo la legge di Hubble, la galassia a spirale NGC234 ha una velocità di recessione minore della galassia ellittica NGC2518 e quindi è più vicina, mentre la galassia ellittica, avendo velocità maggiore è più distante. Con un'analisi dei dati utilizzati risultano evidenti le differenze quantitative tra le due galassie. Si nota che una maggiore percentuale di luce viene prodotta dalle stelle giovani nella galassia a spirale rispetto a quella ellittica (15% per NGC234 contro 3% per NGC2518). Questo permette di constatare la diversità della popolazione stellare delle due galassie, la quale nella galassia a spirale comprende una percentuale maggiore di stelle giovani e calde, molto probabilmente localizzate nei bracci; al contrario la galassia ellittica mostra una quasi totalità di stelle vecchie e fredde. Da questo si evince che mentre in una galassia a spirale sono ancora presenti fenomeni di formazione stellare (concentrata nei bracci di spirale) in una ellittica gli stessi si sono verificati in un unico macro-evento iniziale.

Se volessimo analizzare il numero di stelle giovani, dal momento che esse producono una quantità di luce di gran lunga maggiore rispetto alle stelle vecchie, scopriremmo che queste risultano in netta inferiorità.

Nella ricostruzione dello spettro sono state escluse le stelle che non appartengono alla sequenza principale (MS).

Ricostruzione della Spectral Energy Distribution

Analizzata la SED, i cui punti sono forniti dal calcolo del flusso totale svolto secondo le equazioni sopra riportate e confrontando i grafici degli spettri e della SED stessa, caratteristici delle due galassie si nota che a parità di lunghezza d'onda le due funzioni assumono lo stesso valore con un lieve margine di approssimazione.

Osservando i dati di Tabella 3 si constata che le magnitudini in banda z di entrambe le galassie, oggetto di studio, hanno il valore più basso: questo significa che si ha una maggiore quantità di luce e quindi di fotoni nell'intervallo di lunghezza d'onda che ha valore medio 8931 Å. Al contrario nella banda u si ha la magnitudine con valore più alto, corrispondente a una minore quantità di luce prodotta in quel intervallo (valore medio 3551 Å). Infatti a queste lunghezze d'onda emettono soprattutto stelle giovani e calde, che contribuiscono in piccola percentuale alla luce delle due galassie.