



Sintesi di popolazione

Schirru Sara¹, Re Eleonora¹, Lai Valeria¹

¹ Liceo Classico e Scientifico Euclide

Abstract. Stars are one of the main components of galaxies and they are the source of most of the light emitted by these systems. Therefore, studying the properties of the stellar component of a galaxy is fundamental to understand the galaxy itself. In this work we studied the stellar populations of a sample of galaxies fitting their spectra with a linear combination of stellar spectra of different spectral type and we measured the number of stars of each spectral type needed to produce the galaxy spectrum.

1. Introduzione

Una galassia è formata da quattro componenti principali: gas, polvere, stelle e materia oscura. Diverse combinazioni di questi componenti portano a diversi tipi di galassie, che vengono catalogate secondo una cosiddetta classificazione morfologica. Esistono diverse classificazioni morfologiche, la più famosa delle quali è la classificazione di Hubble, ma tutte si basano sulla distribuzione della luce all'interno delle galassie. Questa luce non è nient'altro che la somma della luce delle stelle che costituiscono le galassie stesse. Le stelle si dividono in classi, a seconda delle proprietà del loro spettro, in particolare della temperatura a esso associata. Le così chiamate classi spettrali sono 7 e ordinate in ordine di temperatura decrescente sono: O, B, A, F, G, K, M. A loro volta si suddividono ulteriormente in 10 sottotipi (da 0 a 9), e in 5 classi di luminosità (I, II, III, IV, V), sempre in ordine decrescente. Poiché la luce di una galassia è la somma della luce delle singole stelle, anche lo spettro di una galassia è determinato dalle singole componenti stellari. È quindi possibile descrivere uno spettro galattico come combinazione lineare di spettri stellari nel seguente modo:

$$G(\lambda) = \sum_{i=1}^n a_i * S_i(\lambda) \quad (1)$$

ove:

- $G(\lambda)$ è lo spettro della galassia;
- a_i è la percentuale di luce della galassia prodotta da stelle con un certo tipo spettrale;
- S_i è lo spettro di una stella del tipo spettrale a cui si riferisce il coefficiente sopra menzionato.

La scomposizione di uno spettro galattico nelle sue diverse componenti stellari si chiama analisi delle

popolazioni stellari, dove con popolazione stellare si intende un insieme di stelle con caratteristiche omogenee. Questo tipo di analisi permette di studiare quali sono le popolazioni stellari dominanti in una particolare galassia, e come esse variano in funzione delle caratteristiche delle galassie. In questo lavoro abbiamo studiato le popolazioni stellari in un campione di galassie: nella sezione 2 descriveremo il campione di spettri analizzati, nella sezione 3 verrà spiegato il processo di analisi del lavoro svolto.

2. Campione

Abbiamo analizzato quattordici galassie, selezionate dal catalogo della "Sloan Digital Sky Survey" (SDSS). Questo progetto, che prende il nome dal principale finanziatore, la fondazione del filantropo Alfred P. Sloan, ha osservato sistematicamente un'ampia regione del cielo boreale, raccogliendo dati e catalogando milioni di sorgenti ottiche, utilizzando un telescopio appositamente costruito situato nell'osservatorio di Apache Point, in Nuovo Messico. Per riprodurre l'emissione continua di ciascuna galassia e studiare le proprietà delle popolazioni stellari abbiamo usato la libreria stellare di Jacoby che comprende gli spettri di 44 tipi spettrali di stelle nane da O5 a M5 (Jacoby et al. 1984).

In Fig. 2 riportiamo un esempio del fit della galassia CGCG128-035.

Gli spettri SDSS non coprono tutta la galassia ma solamente la regione centrale (o nucleare). Questo è causato dallo strumento stesso utilizzato per le osservazioni. Esso infatti riesce ad osservare un numero elevato di sorgenti contemporaneamente sfruttando fibre ottiche per portare la luce dal piano focale del telescopio allo strumento. Ciascuna fibra copre un'area di cielo di circa 3", consentendo di raccogliere solo la luce della

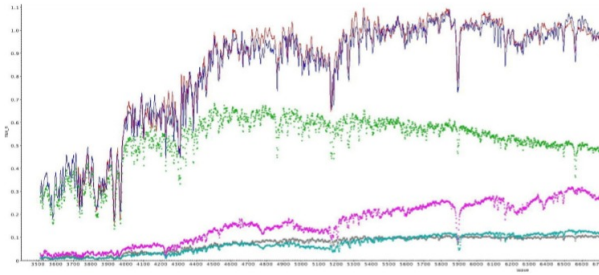


Fig. 1. Questa immagine riporta un esempio di riproduzione dello spettro di una galassia come combinazione di spettri stellari di diverso tipo spettrale. La linea nera è lo spettro della galassia, la linea blu è lo spettro ottenuto dalla combinazione lineare di spettri stellari, gli spettri rimanenti sono le varie componenti usate nella combinazione lineare, ciascuna moltiplicata per il coefficiente a_i

regione nucleare in galassie vicine come quelle del nostro campione.

3. Analisi

Per l'analisi abbiamo utilizzato il programma "TOPCAT" (Taylor 2005). Topcat è un visualizzatore grafico interattivo e un editor per dati tabulari. Il suo scopo è quello di fornire la maggior parte degli strumenti necessari agli astronomi per l'analisi e la manipolazione dei cataloghi e di altre tabelle. Per ogni galassia abbiamo cercato di riprodurre lo spettro continuo con un massimo di 4 spettri stellari di tipo spettrale diverso. Siamo partite utilizzando un solo spettro, quello che riproduceva in modo migliore il continuo galattico e poi abbiamo aggiunto uno spettro alla volta modificando i pesi a_j . Sia gli spettri delle galassie, sia gli spettri stellari sono stati normalizzati a 5500 Å in modo da essere facilmente confrontabili tra loro. Osservando lo spettro della galassia abbiamo preso in considerazione da due a quattro spettri stellari che meglio si adattavano.

Prima di tutto gli spettri delle galassie che abbiamo analizzato avevano questi seguenti requisiti: sono stati corretti per estinzione da parte della nostra galassia e sono stati portati a redshift $z = 0$.

Nel 1929 E. Hubble scoprì che le galassie si allontanano da noi e che la loro velocità di recessione è direttamente proporzionale alla distanza. L'allontanamento delle galassie si osserva con lo spostamento dello spettro verso le lunghezze d'onda maggiori: il redshift. Sapendo che il redshift $z = \frac{v}{c} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ e che v è la velocità di recessione della galassia mentre $c = 299792.458 \text{ km s}^{-1}$ è la velocità della luce la distanza sarà:

$$d = \frac{cz}{H_0} \text{ (Mpc)} \quad (2)$$

Fig. 2. Analisi delle galassie

Nome	Luminosità L	Popolazione 1 numero tipo	Popolazione 2 numero tipo	Popolazione 3 numero tipo	Popolazione 4 Numero tipo
CGCG128-035	1.1335009897376588E43	G7	K5	M0	M1
MRK0451	4.109231990248703E42	B6	K5		
SDSSJ160937.51+280306.6	6.338895289919344E42	A9	K0	K0	K5

ove H_0 è la cosiddetta costante di Hubble.

Con l'Eq. 2 abbiamo calcolato la distanza d in Mpc e poi trasformata in cm. Per mezzo della distanza e del flusso (quantità di energia per unità di tempo e per unità di area proveniente dalla stella) siamo riusciti a ricavare la luminosità (Eq. 3) che poi abbiamo convertito in luminosità solari.

$$L = 4\pi d^2 f(\text{erg s}^{-1}) \quad (3)$$

- L luminosità totale,
- d distanza della galassia,
- f flusso della galassia.

A questo punto abbiamo moltiplicato per il coefficiente a_i e infine diviso per i valori riportati nella tabella 3 per ricavare rispettivamente la luminosità prodotta dalle stelle di ciascun tipo spettrale e il numero di stelle necessarie per produrla.

4. Conclusione

Durante questo progetto abbiamo studiato le popolazioni stellari in un campione di galassie estratto dalla SDSS (Sloan Digital Sky Survey). Abbiamo cercato di riprodurre lo spettro di ciascun oggetto con una combinazione lineare di spettri stellari provenienti dalla libreria di Jacoby. Per ogni galassia abbiamo utilizzato da 2 a 4 popolazioni stellari diverse per il fit. Una volta ricavate le popolazioni principali e il loro peso nello spettro galattico abbiamo calcolato la luminosità della stessa e in seguito abbiamo usato il coefficiente a_i per calcolare la luminosità prodotta da ciascuna popolazione stellare. Grazie all'aiuto della tabella 3 abbiamo trovato il numero di stelle che contribuiscono alla luce della galassia.

Acknowledgements. Si ringrazia inoltre il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova, il Dott. Enrico Congiu e il Dott. Stefano Ciroi, il nostro docente di matematica e fisica prof. Antonello Tinti che ci hanno accompagnato in questo progetto scolastico. La Sloan Digital Sky Survey è stata finanziata dalla Alfred P. Sloan Foundation e dal U.S. Department of Energy Office of Science. Il sito web della SDSS è <http://www.sdss.org>. La SDSS-III è gestita da Astrophysical Research Consortium for the Participating Institutions of the SDSS-III Collaboration che include: University of Arizona, Brazilian Participation Group, Brookhaven National Laboratory, Carnegie Mellon University, University of Florida, French Participation Group, German Participation Group, Harvard University, Instituto de Astrofísica de Canarias, Michigan State/Notre Dame/JINA Participation Group, Johns Hopkins University, Lawrence

Spectral Type	Temperature (K)	Absolute Magnitude	Luminosity (in solar luminosities)
O5	54,000	-4.5	200,000
O6	45,000	-4.0	140,000
O7	43,300	-3.9	120,000
O8	40,600	-3.8	80,000
O9	37,800	-3.6	55,000
B0	29,200	-3.3	24,000
B1	23,000	-2.3	5550
B2	21,000	-1.9	3190
B3	17,600	-1.1	1060
B5	15,200	-0.4	380
B6	14,300	0	240
B7	13,500	0.3	140
B8	12,300	0.7	73
B9	11,400	1.1	42
A0	9600	1.5	24
A1	9330	1.7	20
A2	9040	1.8	17
A3	8750	2.0	14
A4	8480	2.1	12
A5	8310	2.2	11
A7	7920	2.4	8.8
F0	7350	3.0	5.1
F2	7050	3.3	3.8
F3	6850	3.5	3.2
F5	6700	3.7	2.7
F6	6550	4.0	2.0
F7	6400	4.3	1.5
F8	6300	4.4	1.4
G0	6050	4.7	1.2
G1	5930	4.9	1.1
G2	5800	5.0	1
G5	5660	5.2	0.73
G8	5440	2.6	0.51
K0	5240	6.0	0.38
K1	5110	6.2	0.32
K2	4960	6.4	0.29
K3	4800	6.7	0.24
K4	4600	7.1	0.18
K5	4400	7.4	0.15
K7	4000	8.1	0.11
M0	3750	8.7	0.080
M1	3700	9.4	0.055
M2	3600	10.1	0.035
M3	3500	10.7	0.027
M4	3400	11.2	0.022
M5	3200	12.3	0.011
M6	3100	13.4	0.0051
M7	2900	13.9	0.0032
M8	2700	14.4	0.0020

University, University of Virginia, University of Washington, e la Yale University.

References

Taylor, M. B. 2005, ASPC, 347, 29

Jacoby, G. H.; Hunter, D. A.; Christian, C. A., 1984, ApJS, 56, 257

Berkeley National Laboratory, Max Planck Institute for Astrophysics, Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, New Mexico State University, University of Portsmouth, Princeton University, the Spanish Participation Group, University of Tokyo, University of Utah, Vanderbilt