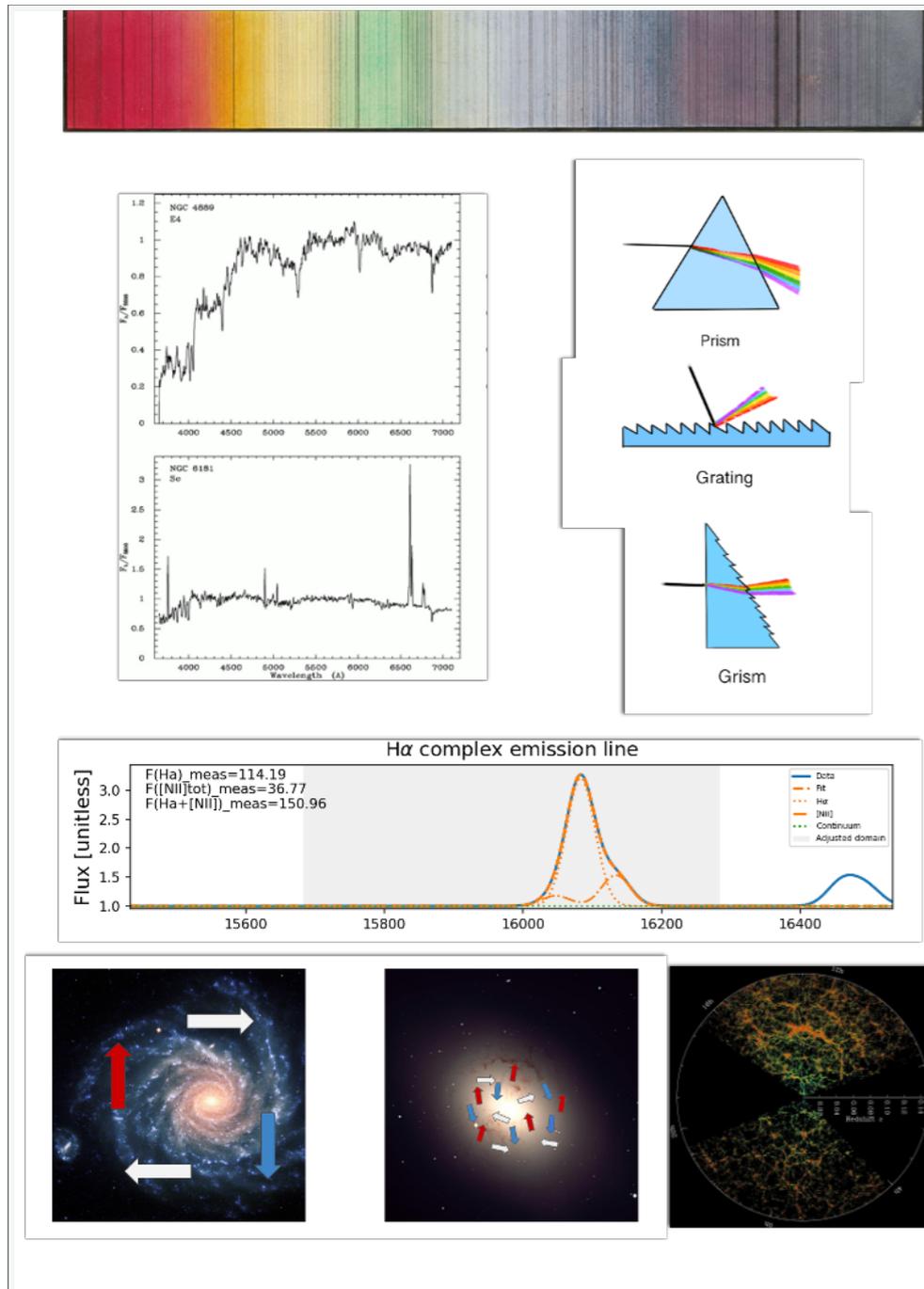
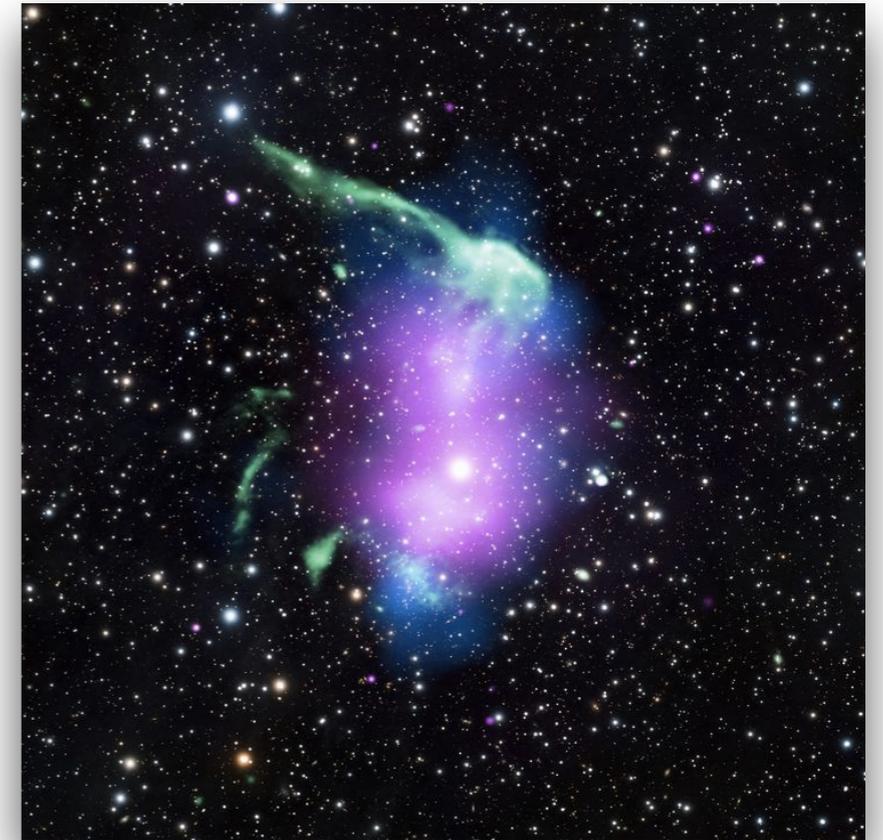


# Tecniche di analisi dati astronomici

## TADA

### AA 2024/2025



➔ Modulo I: Michele Moresco  
([michele.moresco@unibo.it](mailto:michele.moresco@unibo.it))

➔ Modulo II: Virginia Cuciti  
([virginia.cuciti@unibo.it](mailto:virginia.cuciti@unibo.it))

Ricevimento su appuntamento da concordare per email

L'astronomia osservativa moderna è quasi completamente basata su dati digitali e immagini digitali.

L'astronomia non si fa più soltanto con singole immagini, ma, sempre più spesso, con le "Surveys". Le surveys producono una moltitudine di immagini, spettri, ma anche cataloghi, con i quali è possibile fare studi statistici.

L'astronomia osservativa moderna è quasi completamente basata su dati digitali e immagini digitali.

L'astronomia non si fa più soltanto con singole immagini, ma, sempre più spesso, con le "Surveys". Le surveys producono una moltitudine di immagini, spettri, ma anche cataloghi, con i quali è possibile fare studi statistici.

Se siamo ormai abituati a Gigabyte e ai Terabyte (1 TB = 1000 GB), pensiamo che il Large Synoptic Survey Telescope (LSST or Vera Rubin Observatory), raccoglierà 20 TB di dati ogni notte.

L'astronomia osservativa moderna è quasi completamente basata su dati digitali e immagini digitali.

L'astronomia non si fa più soltanto con singole immagini, ma, sempre più spesso, con le "Surveys". Le surveys producono una moltitudine di immagini, spettri, ma anche cataloghi, con i quali è possibile fare studi statistici.

Se siamo ormai abituati a Gigabyte e ai Terabyte (1 TB = 1000 GB), pensiamo che il Large Synoptic Survey Telescope (LSST or Vera Rubin Observatory), raccoglierà 20 TB di dati ogni notte.

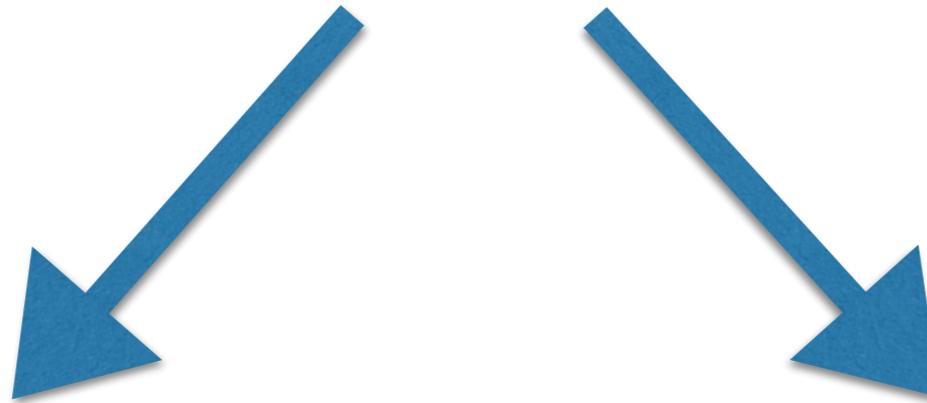
Un'osservazione standard con il Low Frequency Array (LOFAR) produce circa 0.5 TB all'ora.

Lo Square Kilometer Array (SKA) produrrà 2 TB al secondo. L'osservatorio SKA archiverà 300 Petabytes (1PB = 1000 TB) di dati all'anno, che corrisponde allo spazio di circa mezzo milione di laptops.

## Scopo del corso

Per maneggiare i dati che i telescopi presenti e futuri producono è necessario saper analizzare dati digitali con specifici strumenti. Alcune tecniche e alcuni strumenti però sono piuttosto generali e largamente usati per diversi tipi di dati astronomici, indipendentemente dalla lunghezza d'onda dell'osservazione e dal telescopio.

Il corso è diviso in due moduli

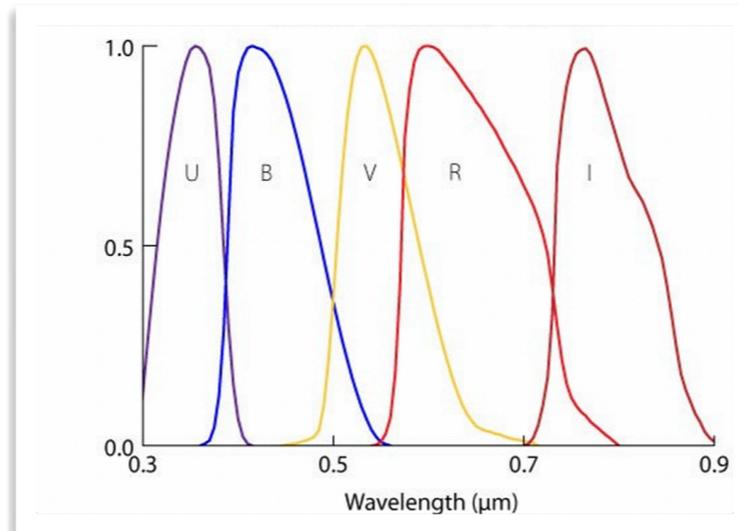


**Modulo 2 (Cuciti):** Lo scopo di questo modulo è familiarizzare con alcune di queste tecniche e imparare ad utilizzare alcuni di questi strumenti di analisi.

**Modulo 1 (Moresco):** Lo scopo di questo modulo è comprendere il dato spettroscopico ed i metodi per ottenerlo, e sviluppare metodi avanzati per la misura e caratterizzazione dello spettro di una sorgente astrofisica

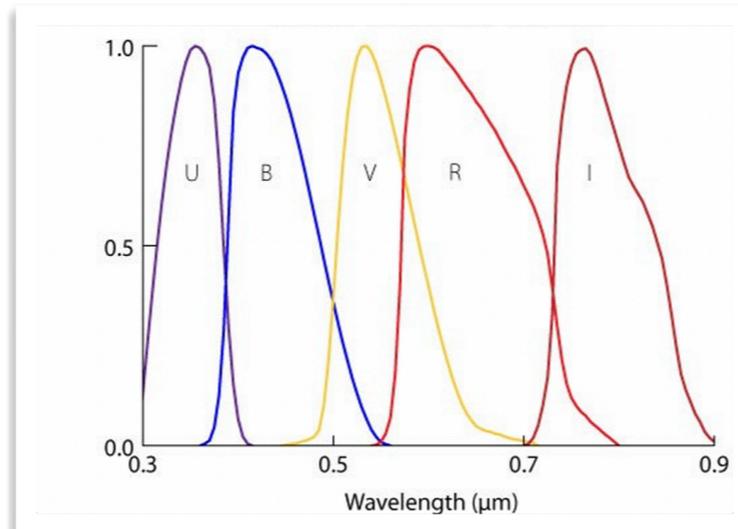
## Argomenti modulo 2 (Prof. V. Cuciti)

- Richiami di fotometria: magnitudine, sistemi fotometrici, indice di colore. Il CCD. Proprietà delle immagini.



# Argomenti modulo 2 (Prof. V. Cuciti)

- Richiami di fotometria: magnitudine, sistemi fotometrici, indice di colore. Il CCD. Proprietà delle immagini.



- Come navigare tra i cataloghi astronomici.

The 3 columns in *color* are computed by VizierR, and are *not part of the original data*.

[J/A+A/594/A27/ps2](#) Planck Sunyaev-Zeldovich sources (PSZ2) (Planck+, 2016) 2016A&A...594A...27P ReadMe.tif

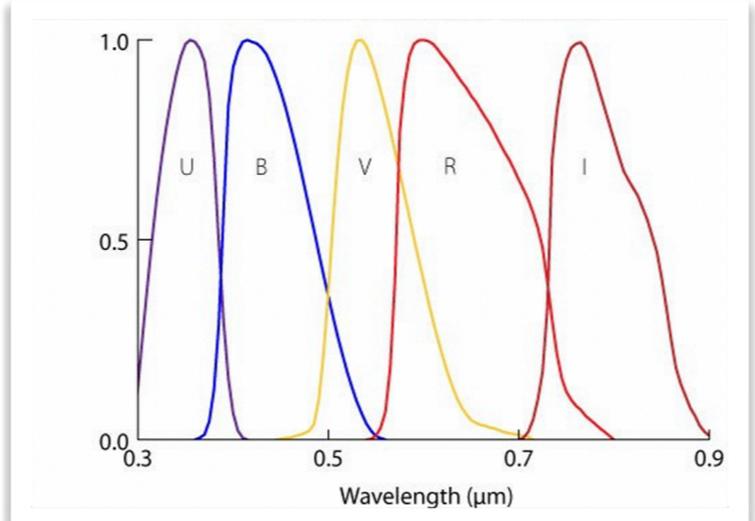
[Planck annotation](#) Second SZ catalogue (PSZ2) (Union catalog) (original column names in green) (1653 rows)

[start AladinLite](#) [plot the output](#) [query using TAP/SOL](#)

<i>Full</i>	<i>RAJ2000</i>	<i>DEJ2000</i>	<i>Index</i>	<i>Name</i>	<i>GLON</i>	<i>GLAT</i>	<i>RAJ2000</i>	<i>DEJ2000</i>	<i>g_pos</i>	<i>SNR</i>	<i>Pipeline</i>	<i>PipeDet</i>	<i>PCCS2</i>	<i>PSZ</i>	<i>LIR</i>	<i>q_neu</i>
<i>id</i>	<i>hmas*</i>	<i>dmas*</i>	<i>id</i>	<i>id</i>	<i>deg</i>	<i>deg</i>	<i>deg</i>	<i>deg</i>	<i>arcmin</i>	<i>id</i>	<i>id</i>	<i>id</i>	<i>id</i>	<i>id</i>	<i>id</i>	<i>id</i>
1	15 16 45.722880	-01 01 01.99920	1	PSZ2 G000.04+45.13	0.0405432	45.1351750	229.1905120	-01.0172220	4.107310	6.75319	2	111	0	1	0.9388	
2	13 34 14.083872	+20 15 21.56580	2	PSZ2 G000.13+78.04	0.1380577	78.0421138	203.5586828	+20.2559905	2.056201	9.25669	2	111	1	1227	0.9393	
3	21 04 20.276304	-41 21 15.00768	3	PSZ2 G000.40-41.86	0.4029953	-41.8607926	316.0844846	-41.3541688	2.427383	9.70428	1	111	0	2	0.9886	
4	20 31 53.482488	-40 35 55.41144	4	PSZ2 G000.77-35.69	0.7750496	-35.6993864	307.9728437	-40.5987254	2.343365	6.58179	2	111	0	3	0.9850	
5	19 25 26.306496	-36 31 04.59696	5	PSZ2 G002.04-22.15	2.0457985	-22.1521656	291.3596104	-36.5179436	5.020757	5.12563	3	1	0	0	0.3997	
6	23 18 31.783512	-36 19 57.21240	6	PSZ2 G002.08-68.28	2.0870160	-68.2815607	349.6324313	-36.3325590	5.427269	4.75040	2	10	0	5	0.9110	
7	14 03 58.396176	+15 41 18.33612	7	PSZ2 G002.42+69.64	2.4274678	69.6484581	210.9933174	+15.6884267	2.428572	4.62169	1	100	0	0	0.9766	
8	22 18 38.273568	-38 52 45.86016	8	PSZ2 G002.77-56.16	2.7775114	-56.1683432	334.6594732	-38.8794056	2.279605	9.19606	2	111	0	6	0.9751	
9	15 40 03.642216	-03 17 06.48708	9	PSZ2 G002.82+39.23	2.8272211	39.2388777	235.0151759	-03.2851353	2.428775	8.07308	1	111	0	7	0.9521	
10	19 28 03.544368	-35 52 33.93624	10	PSZ2 G002.88-22.45	2.8827173	-22.4553980	292.0147682	-35.8766934	7.238675	4.80061	3	1	1	0	0.0040	
11	23 53 24.291576	-33 17 35.67984	11	PSZ2 G003.21-76.04	3.2102391	-76.0471306	358.3512149	-33.2932444	5.274178	4.78953	2	10	0	0	0.8376	
12	21 05 52.201848	-38 45 11.37672	12	PSZ2 G003.91-42.03	3.9146570	-42.0359632	316.4675077	-38.7531602	2.428906	9.33304	1	111	0	11	0.9939	
13	22 34 25.942464	-37 44 28.74624	13	PSZ2 G003.93-59.41	3.9317275	-59.4110211	338.6080936	-37.7413184	2.428905	17.33802	1	111	0	10	0.9968	
14	23 05 06.609320	-06 46 31.46833	14	PSZ2 G004.04-06.77	4.0463852	-6.7732684	333.3733355	-06.7732684	2.306290	4.77800	2	10	0	0	0.9620	

# Argomenti modulo 2 (Prof. V. Cuciti)

- Richiami di fotometria: magnitudine, sistemi fotometrici, indice di colore. Il CCD. Proprietà delle immagini.



- Come navigare tra i cataloghi astronomici.

The 3 columns in *color* are computed by VizieR, and are *not part of the original data*.

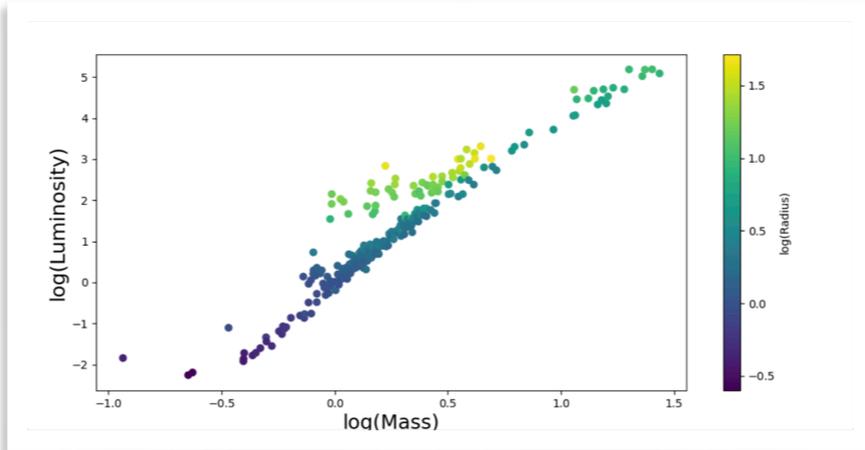
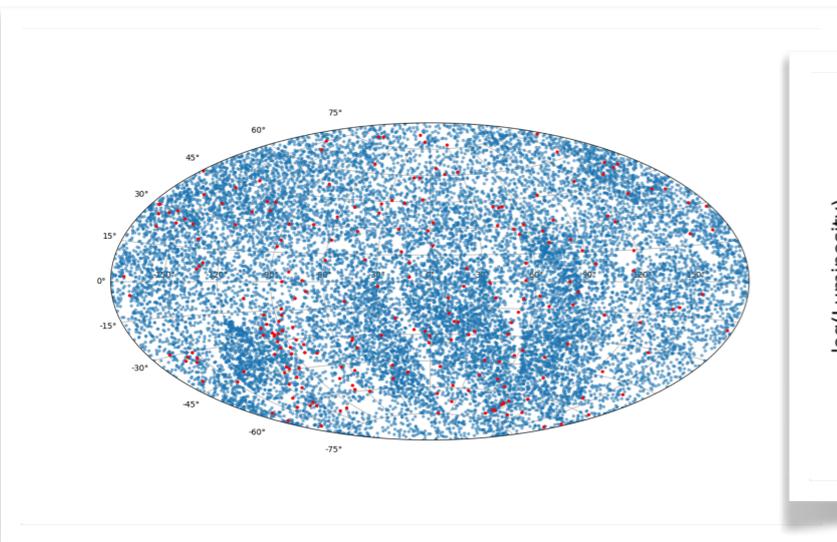
[J/A+A/594/A27/ps2](#) Planck Sunyaev-Zeldovich sources (PSZ) (Planck+, 2016) 2016A&A...594A...27P ReadMe.tif

Second SZ catalogue (PSZ2) (Union catalog) (original column names in green) (1653 rows)

start AladinLite plot the output query using TAP/SOL

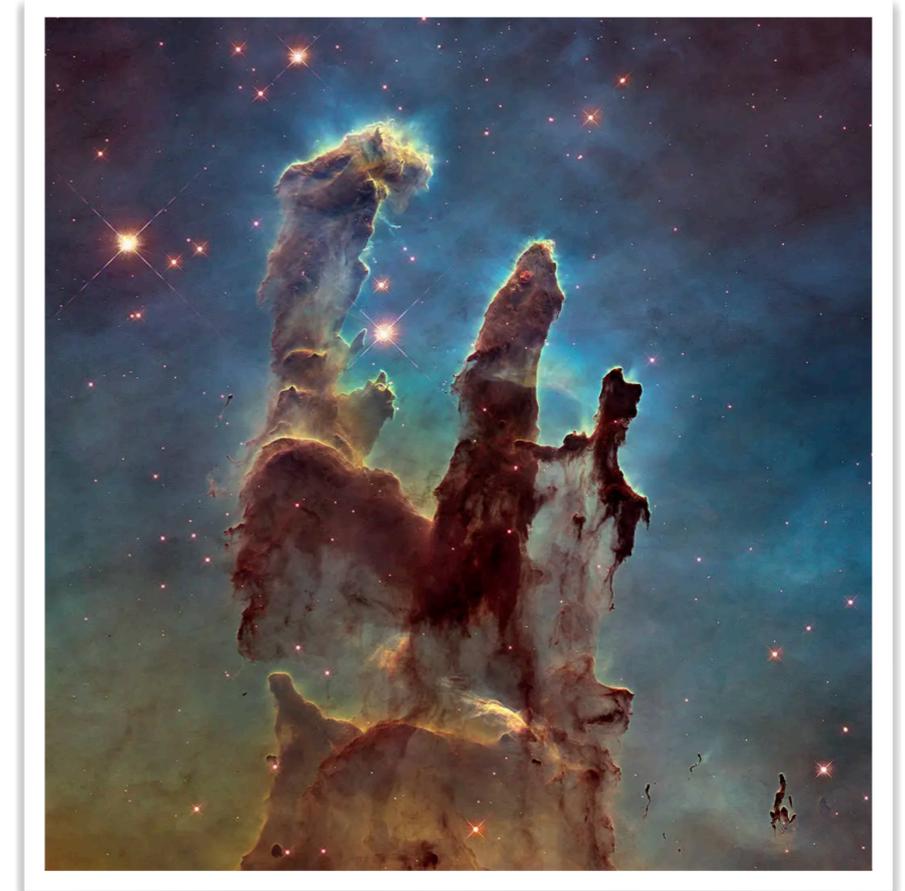
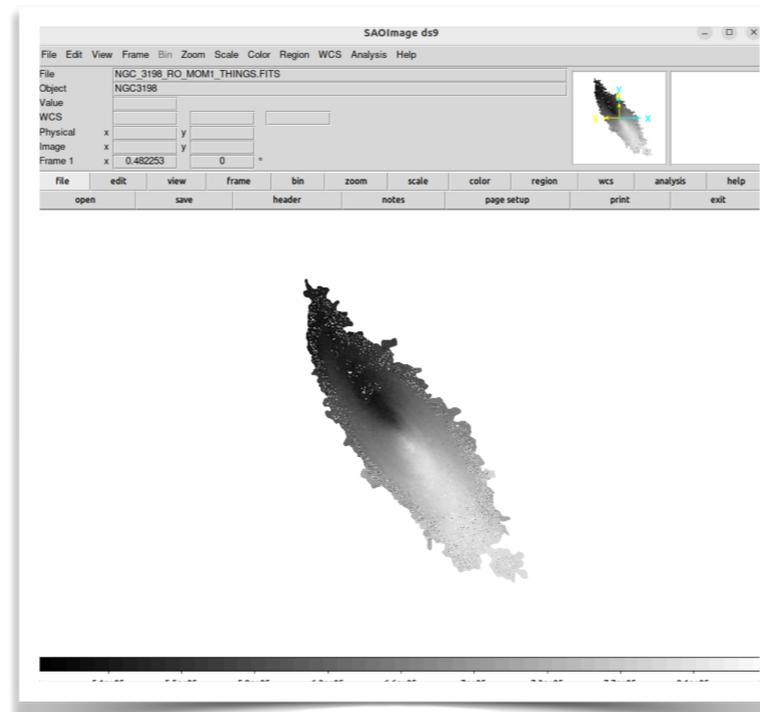
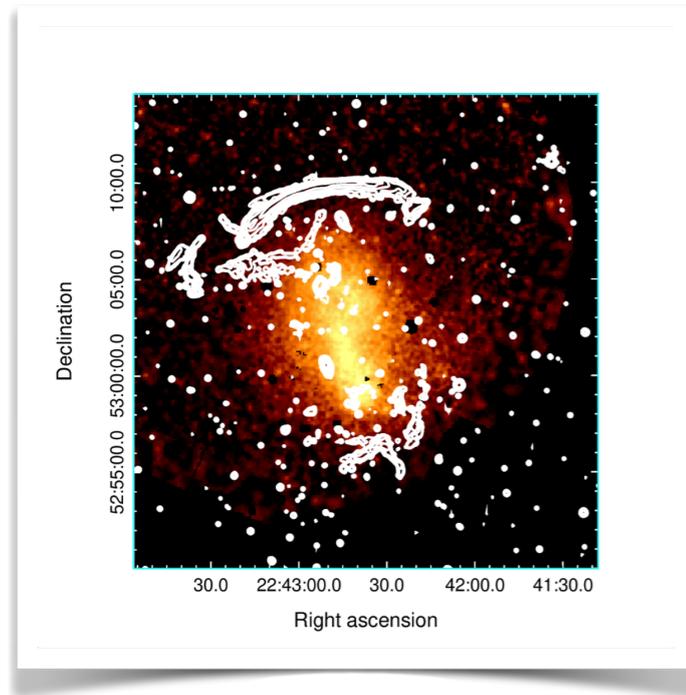
Full	RAJ2000	DEJ2000	Index	Name	GLON	GLAT	RAJ2000	DEJ2000	g_pos	SNR	Pipeline	PipeDet	PCCS2	PSZ	LIR	q_neu
deg	h:m:s	d:m:s			deg	deg	deg	deg	arcmin							
1	15 16 45.722880	-01 01 01.99920	1	PSZ2 G000.04+45.13	0.0405432	45.1351750	229.1905120	-01.0172220	4.107310	6.75319	2	111	0	1	0.9388	
2	13 34 14.083872	+20 15 21.56580	2	PSZ2 G000.13+78.04	0.1380577	78.0421138	203.5586828	+20.2559905	2.056201	9.25669	2	111	1	1227	0.9393	
3	21 04 20.276304	-41 21 15.00768	3	PSZ2 G000.40-41.86	0.4029953	-41.8607926	316.0844846	-41.3541688	2.427383	9.70428	1	111	0	2	0.9886	
4	20 31 53.482488	-40 35 55.41144	4	PSZ2 G000.77-35.69	0.7750496	-35.6993864	307.9728437	-40.5987254	2.343365	6.58179	2	111	0	3	0.9850	
5	19 25 26.306496	-36 31 04.59696	5	PSZ2 G002.04-22.15	2.0457985	-22.1521656	291.3596104	-36.5179436	5.020757	5.12563	3	1	0	0	0.3997	
6	23 18 31.783512	-36 19 57.21240	6	PSZ2 G002.08-68.28	2.0870160	-68.2815607	349.6324313	-36.3325590	5.427269	4.75040	2	10	0	5	0.9110	
7	14 03 58.396176	+15 41 18.33612	7	PSZ2 G002.42+69.64	2.4274678	69.6484581	210.9933174	+15.6884267	2.428572	4.62169	1	100	0	0	0.9766	
8	22 18 38.273568	-38 52 45.86016	8	PSZ2 G002.77-56.16	2.7775114	-56.1683432	334.6594732	-38.8794056	2.279605	9.19606	2	111	0	6	0.9751	
9	15 40 03.642216	-03 17 06.48708	9	PSZ2 G002.82+39.23	2.8277211	-39.2388777	235.0151759	-03.2851353	2.428775	8.07308	1	111	0	7	0.9521	
10	19 28 03.544368	-35 52 33.93624	10	PSZ2 G002.88-22.45	2.8827173	-22.4553980	292.0147682	-35.8766934	7.238675	4.80061	3	1	1	0	0.0040	
11	23 53 24.291576	-33 17 35.67984	11	PSZ2 G003.21-76.04	3.2102391	-76.0471306	358.3512149	-33.2932444	5.274178	4.78953	2	10	0	0	0.8376	
12	21 05 52.201848	-38 45 11.37672	12	PSZ2 G003.91-42.03	3.9146570	-42.0359632	316.4675077	-38.7531602	2.428906	9.33304	1	111	0	11	0.9939	
13	22 34 25.942464	-37 44 28.74624	13	PSZ2 G003.93-59.41	3.9317275	-59.4110211	338.6080936	-37.7413184	2.428905	17.38802	1	111	0	10	0.9968	
14	23 05 06.699260	-06 06 31.46893	14	PSZ2 G004.04-06.07	4.0463852	-6.0733628	333.3733355	-6.0733628	4.78780	4.78780	2	10	0	0	0.0000	

- Richiami sull'utilizzo di **python** per leggere e scrivere tabelle, e per mostrare immagini in formato FITS ed eseguire operazioni sui pixel.



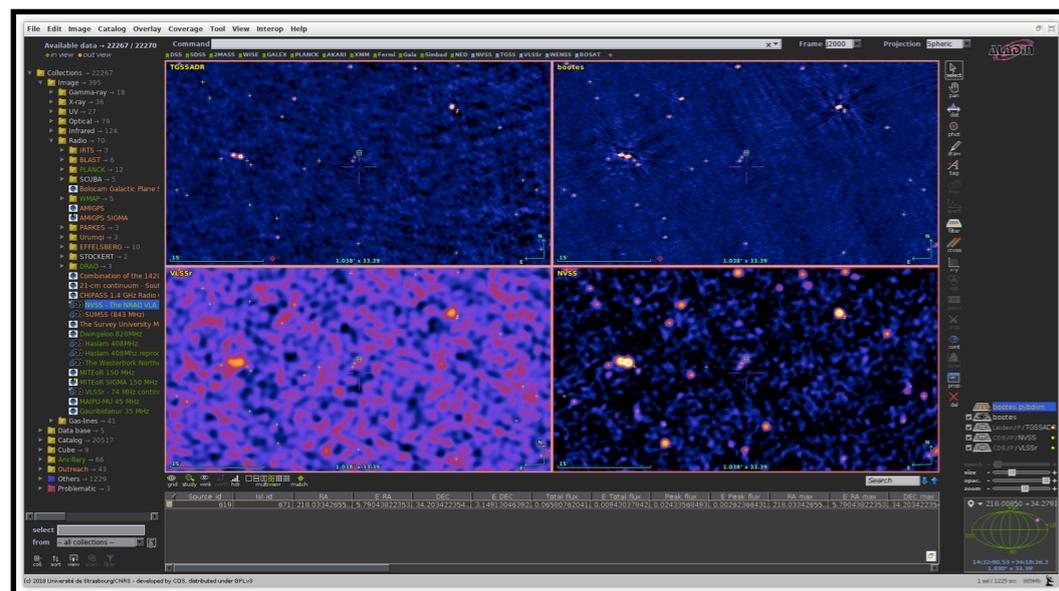
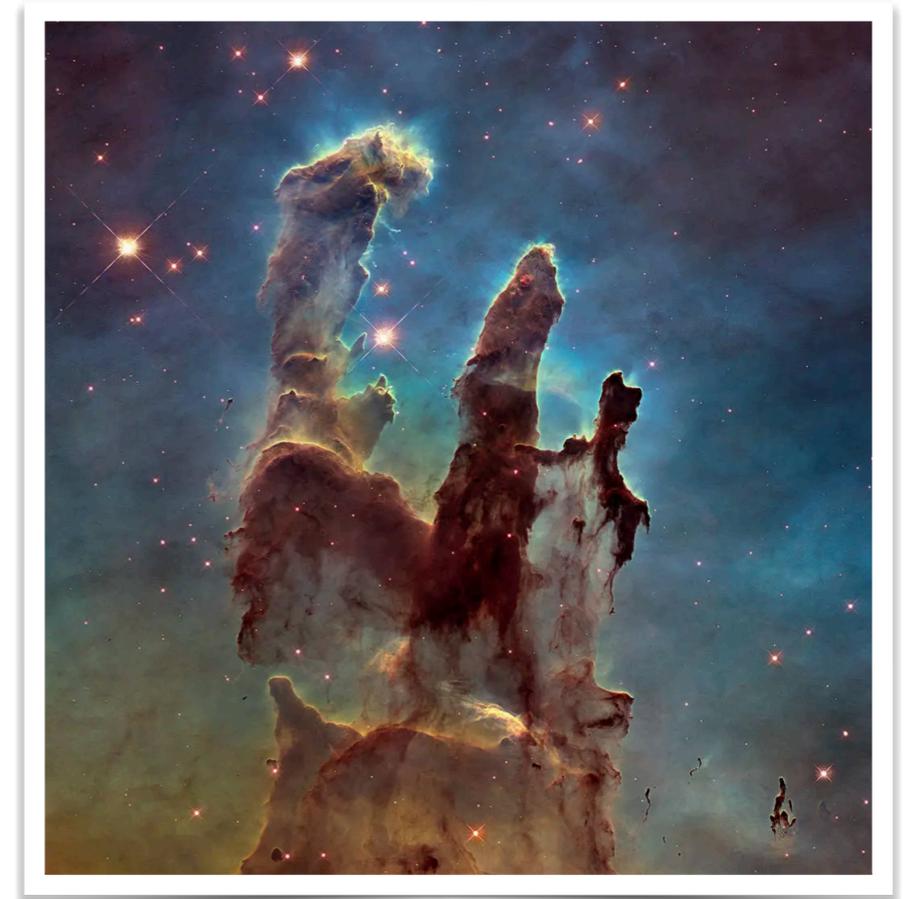
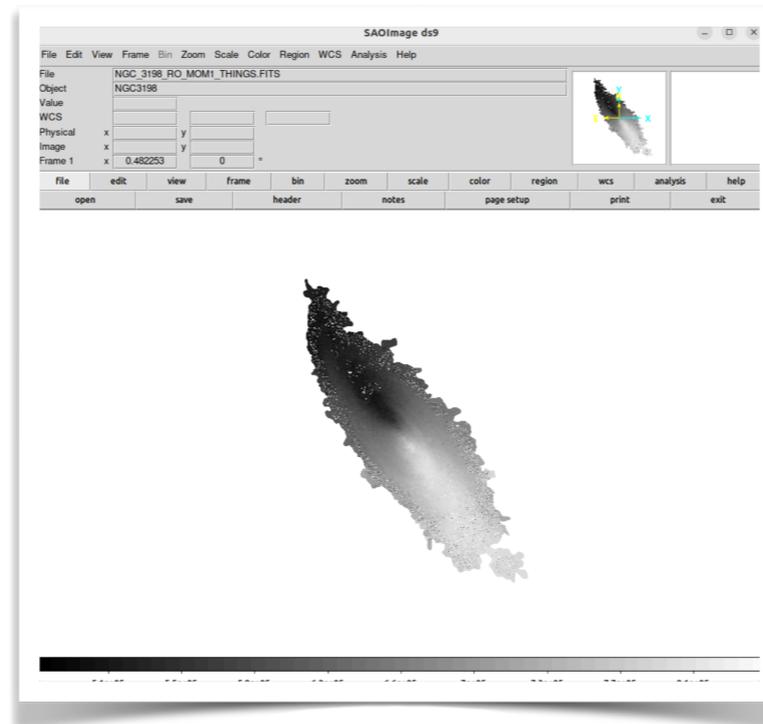
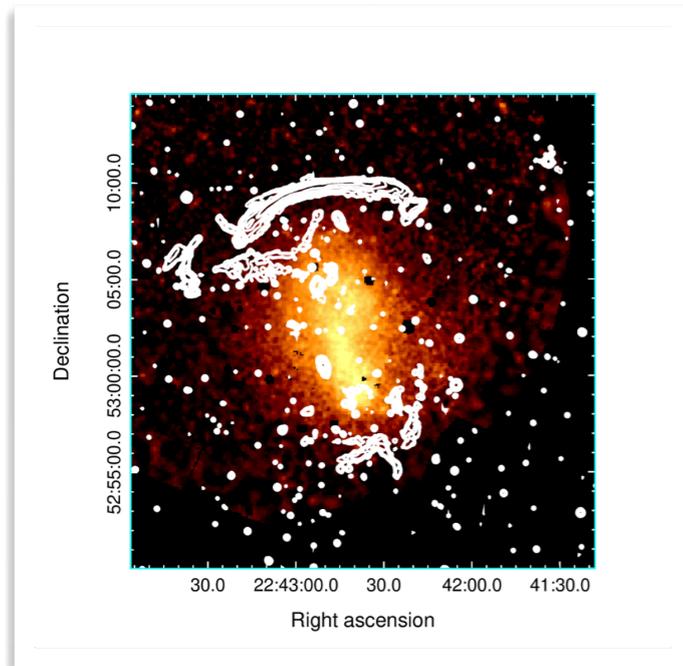
## Argomenti modulo 2 (Prof. V. Cuciti)

- **DS9:** manipolare immagini in formato FITS.  
Combinare e/o sovrapporre diverse immagini.  
Fare misure in alcune regioni dell'immagine.

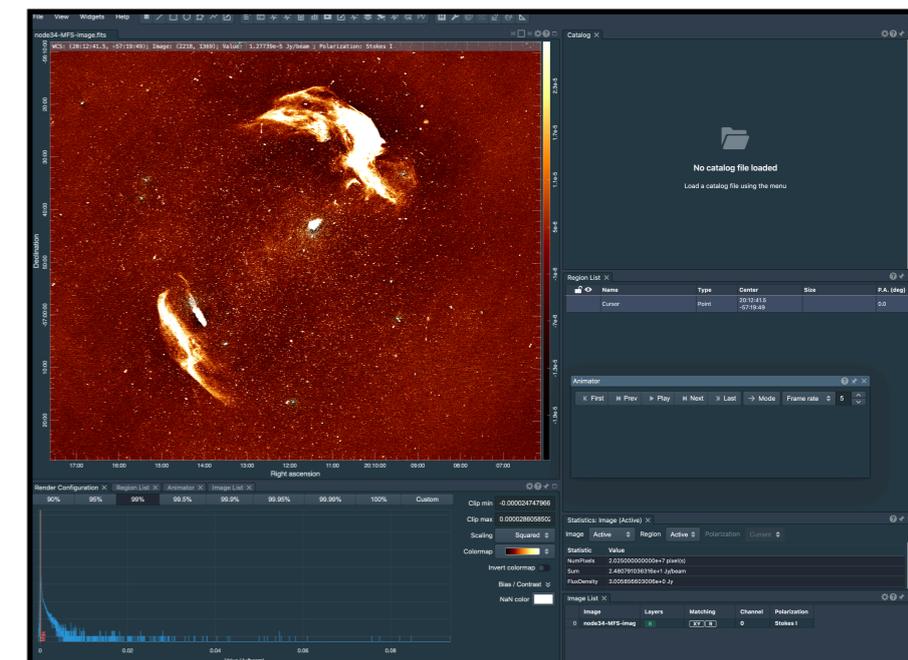


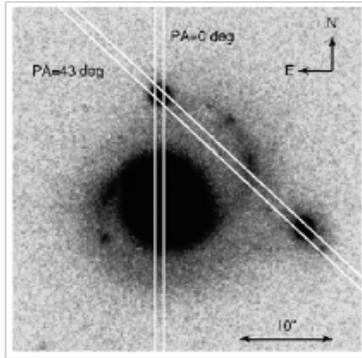
# Argomenti modulo 2 (Prof. V. Cuciti)

- DS9: manipolare immagini in formato FITS.  
Combinare e/o sovrapporre diverse immagini.  
Fare misure in alcune regioni dell'immagine.

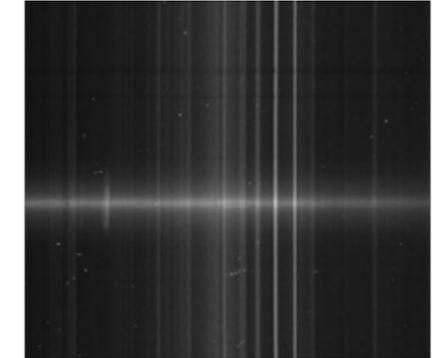
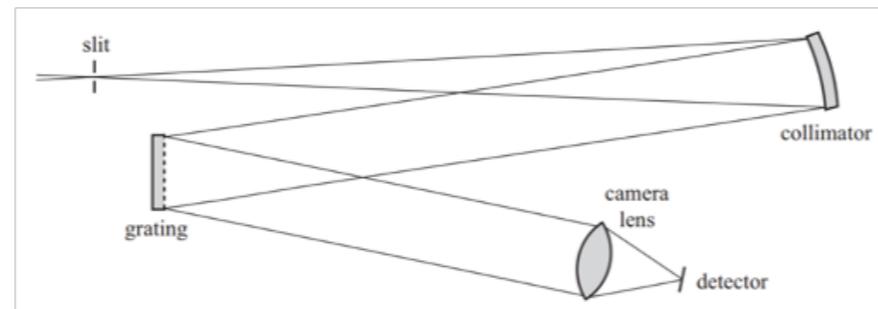
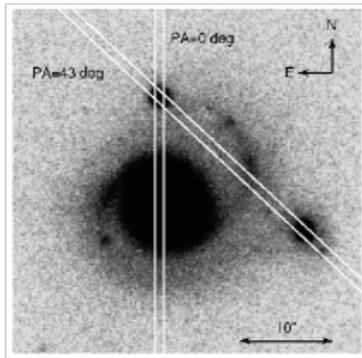


- Accenni su software più avanzati per l'analisi di immagini: **Aladin** e **CARTA**.





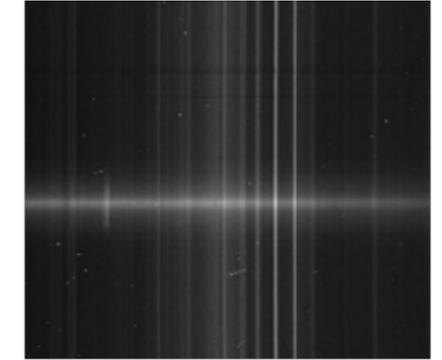
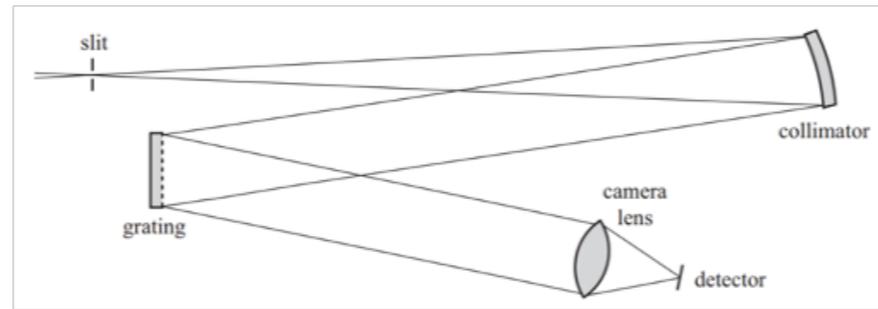
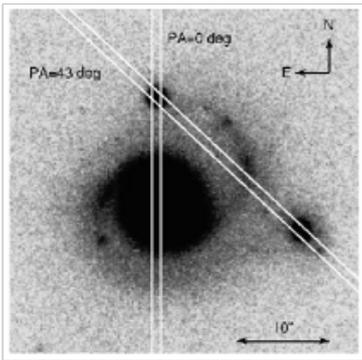
Richiami di base sull'**origine degli spettri astrofisici**: continuo e righe di emissione ed assorbimento



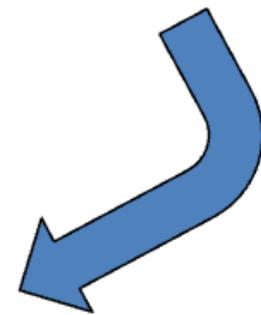
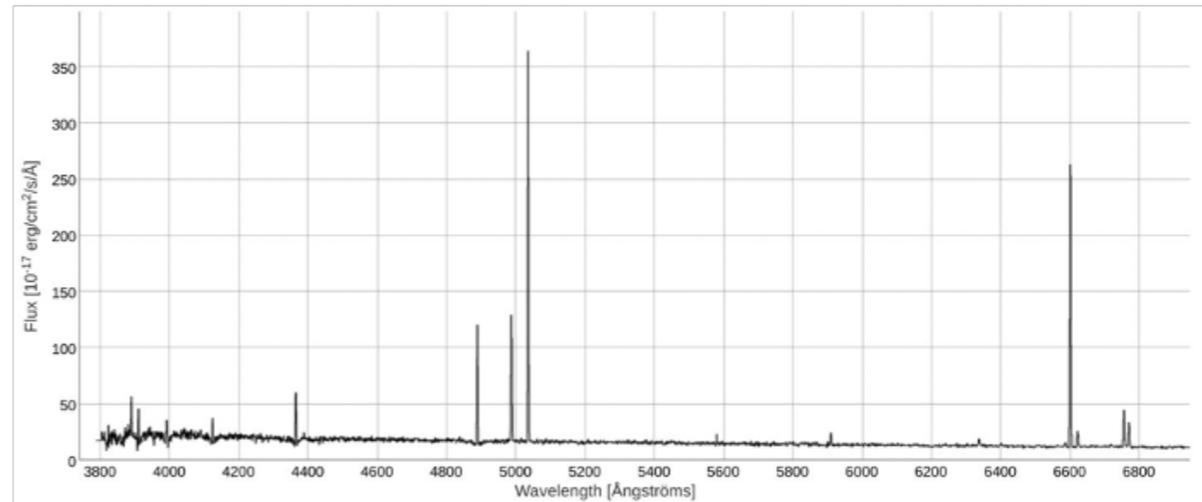
**Principi di funzionamento di uno spettrografo.** Elementi dispersivi (prisma, grating, grism), modalità spettroscopiche (slit, multislit, fiber, slitless), proprietà di uno spettrografo (dispersione, risoluzione spettrale, rapporto segnale-rumore).

**Riduzione di dati spettroscopici.** Discussione dei diversi passi di calibrazione ed estrazione necessari per ottenere uno spettro 1D correttamente ridotto.

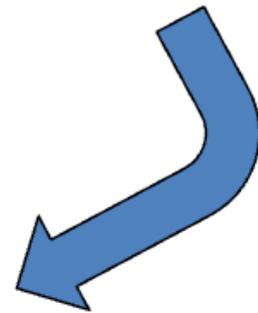
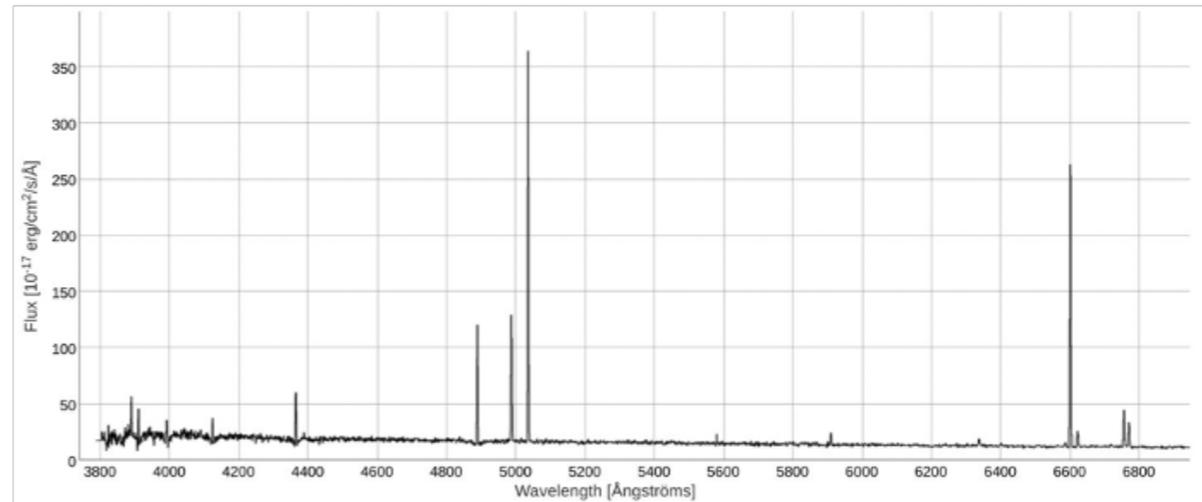
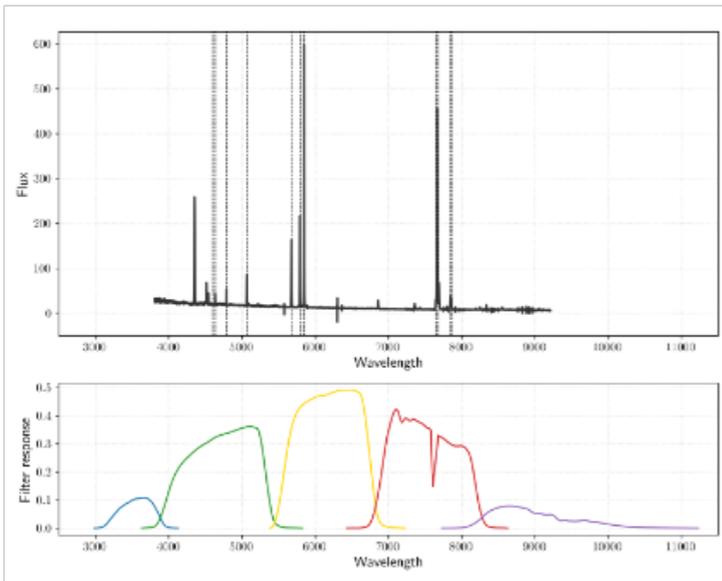
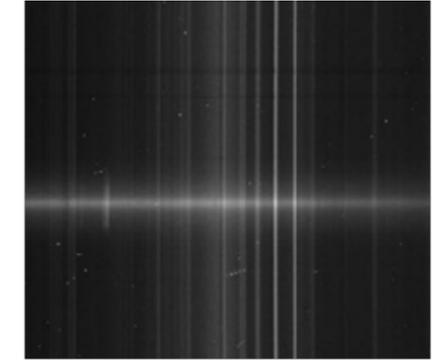
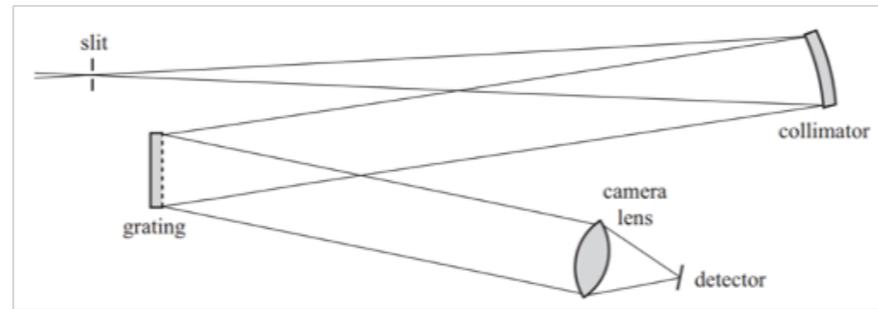
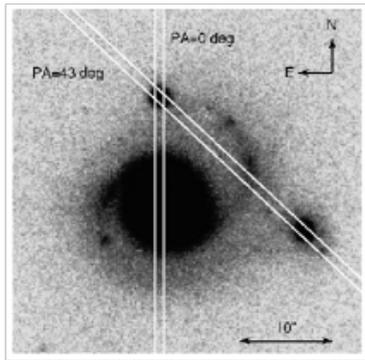
# Argomenti modulo 1 (Prof. M. Moresco)



Come lavorare con un **database di galassie pubblico**: il caso della Sloan Digital Sky Survey.

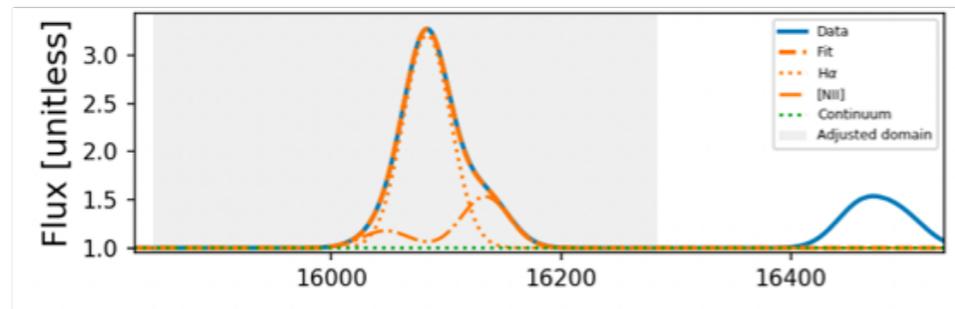
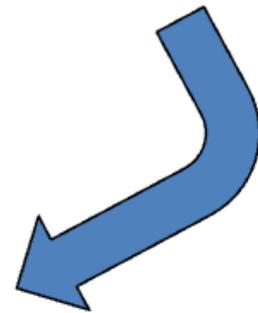
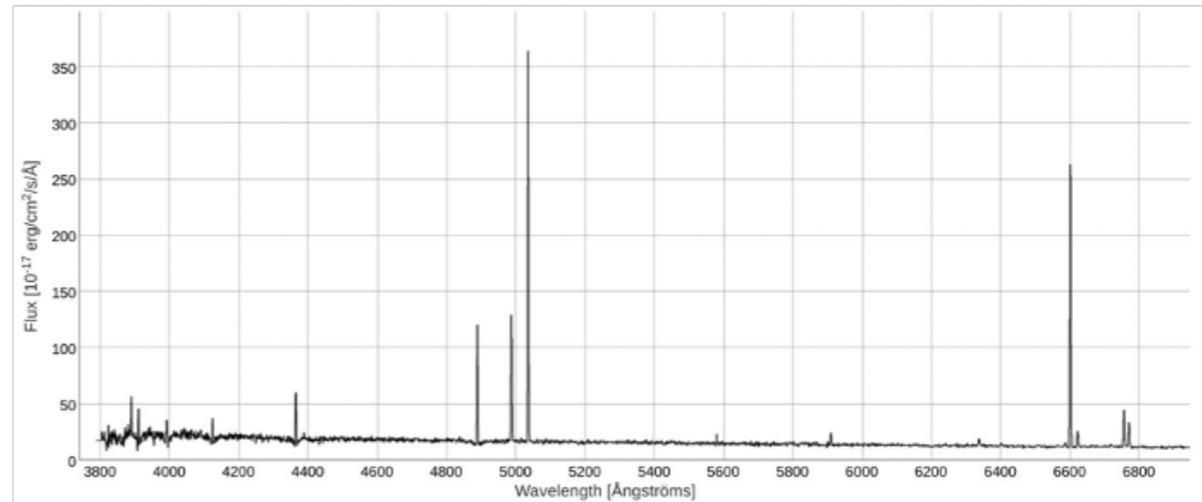
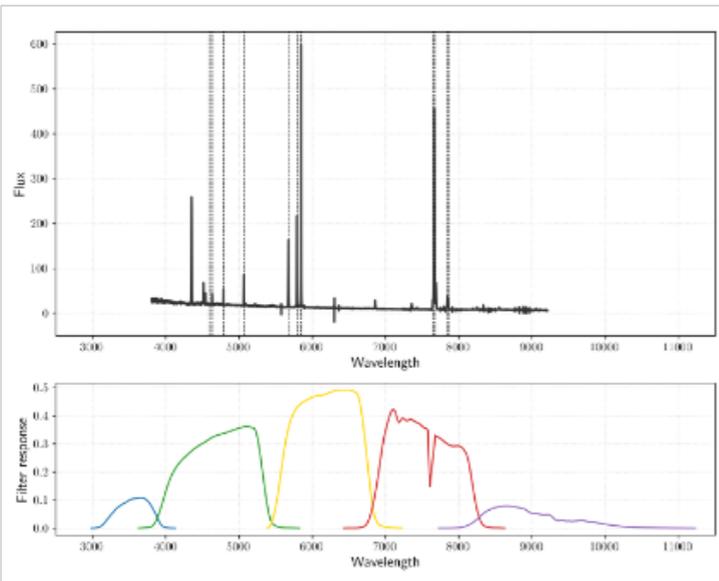
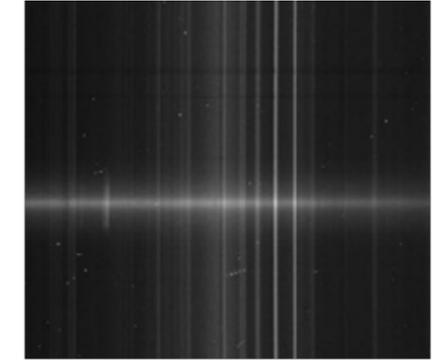
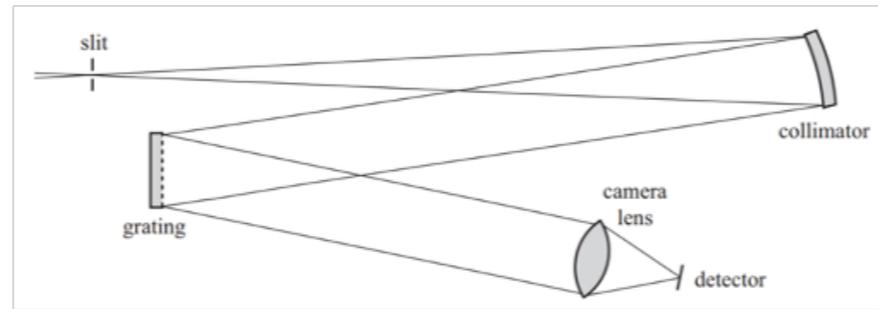
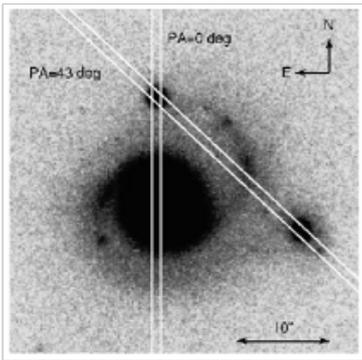


# Argomenti modulo 1 (Prof. M. Moresco)



**Misure spettroscopiche:** leggere e comprendere lo spettro di un oggetto astrofisico, come passare dallo spettro alle magnitudini, e come gestire le problematiche comuni dell'analisi spettroscopica.

# Argomenti modulo 1 (Prof. M. Moresco)



**Misure spettroscopiche:** definizione dei parametri di riga, misura e modellizzazione di righe di emissione, metodi per derivare misure di righe in assorbimento e del continuo (indici di Lick), classificazione spettrale.

# Lezioni

Circa metà lezioni frontali e metà esercitazioni (Inizialmente più lezioni frontali, poi più esercitazioni). Le slides mostrate a lezione saranno disponibili su virtuale prima della lezione.

# Esame

L'esame è orale e verte sugli argomenti di entrambi i moduli.

Per accedere all'esame è necessario aver completato almeno un'esercitazione per modulo.

Lo svolgimento delle altre esercitazioni non è indispensabile, ma fortemente consigliato. La prima parte dell'esame consisterà nella presentazione su un'esercitazione per modulo a scelta dello studente.