

ASTROPHYSICS LABORATORY - MASTER PROGRAM 2016
by Sandra Savaglio

CHAPTER I

- Brief history and introduction to optical telescopes
- Refracting and reflecting telescopes
- The optical detector CCD
- Atmospheric transmission, airmass, atmospheric distortion and sky emission
- Electromagnetic spectrum and telescopes from radio to gamma-rays
- Multi-wavelength maps and geometrical structure of the Milky Way and nearby galaxies
- Conversion energy/frequency/wavelength
- Celestial coordinates: geocentric and galactic coordinate systems
- The galaxy survey Sloan Digital Sky Survey (SDSS)
- Angular size - redshift relation
- Redshift vs. look-back time and distance
- Observation of the sky: criteria for selection of sites for ground telescopes

CHAPTER II

- Vega and AB magnitude systems and conversions
- Optical and near-infrared filters, comparison of known filter sets
- Observed magnitudes, fluxes, luminosities and absolute magnitudes
- Modeling and spectra of galaxies at low and high redshift
- Galaxy parameters from photometry and spectroscopy
- Redshift vs. luminosity distance
- Galaxy Spectral Energy Distribution (SED) from X-rays to radio
- Dust properties
- Galaxy stellar mass
- Galaxy morphologies
- Galaxy spectra for different populations
- Galaxy colors
- Galaxy Star Formation Rate (SFR)

CHAPTER III

- The interstellar gas in a typical galaxy
- Galaxy spectra in different galaxy populations
- HII regions and star-forming galaxies
- Redshift measurement with absorption and emission lines
- Photometric redshift
- Photometric redshift of high-redshift galaxies and absorption of the intergalactic medium
- The Lyman-alpha forest
- Example of misidentification of a low-redshift galaxy with a high-redshift galaxy

CHAPTER IV

- Dust extinction law and dust attenuation
- Known extinction laws: the Milky Way and Magellanic Clouds
- Dust extinction correction in the Milky Way
- Dust extinction correction in other galaxies
- Estimate of dust extinction in galaxies from Balmer emission lines and correction
- Estimate of star formation rate from emission lines

CHAPTER V

- Primordial nucleosynthesis
- Solar abundances
- Element production and interstellar heavy-element pollution from massive stars
- Cycling of matter in galaxies
- Cosmic chemical enrichment (metallicity redshift evolution)
- Measuring the chemical enrichment in galaxies with emission lines
- Different methods of metallicity measurement, different calibrators, conversions
- The mass-metallicity relation in galaxies at low and high redshift

CHAPTER VI

- Absorption lines in a gas cloud, theory
- Measuring the chemical enrichment in high-redshift galaxies with absorption lines
- Lyman-alpha absorption lines and the Lyman-alpha forest
- Damped Lyman-alpha systems to measure metal enrichment in galaxies
- Dust depletion correction
- Cosmic chemical evolution

CHAPTER VII

- The discovery of the Cosmic Microwave Background (CMB)
- Modern detection of CMB
- Cosmic evolution of CMB and redshift of last scattering
- Detection of anisotropies from different satellites
- Flatness of the universe
- The horizon problem
- Introduction to the Inflation
- Complex Fourier transform
- Cosmological parameters from power spectrum of CMB
- Baryonic Acoustic Oscillations
- Gravitational waves during inflation and the imprint in CMB polarized light
- E-mode and B-mode in polarized light
- B-mode signal search: the BICEP2 experiment and the Planck mission

EXTRAS

- The Cosmic Microwave Background
- Extra-solar planets
- Super luminous supernovae
- Gamma-ray bursts
- Inflation and gravitational waves
- Advanced-LIGO detection of gravitational waves

LABORATORY

- SDSS public database
- Cosmology calculator
- SED best-fit modelling of galaxies with PEGASE
- Photometric redshift from optical and near-infrared magnitudes
- Estimating stellar mass, SFR, age, dust extinction, from optical magnitudes in SDSS galaxies
- Bibliography search in Astrophysics with ADS

- Python programming language, introduction, basic tools, applications, public packages
- Dust extinction correction in the Milky Way
- Dust extinction estimate from observed Balmer emission lines
- Metallicity measurements with O3N2 method
- Talk preparation and talk presentations (done by the students in English)
- SFR determination in a sample of galaxies which hosted a gamma-ray burst (GRB)
- Determination of the mass-metallicity relation in the sample above
- Parameters of absorption lines in the intergalactic medium
- Chemical enrichment estimate in a Damped Lyman-alpha system at high redshift

=====

CAPITOLO I

- Breve storia e l'introduzione ai telescopi ottici
- Telescopi rifrattori e telescopi riflettori
- Il rivelatore ottico CCD
- Trasmissione atmosferica, massa d'aria, distorsione atmosferica e emissione del cielo
- Spettro elettromagnetico e telescopi dal radio ai raggi gamma
- Mappe multi-lunghezza d'onda, la struttura geometrica della Via Lattea e le galassie vicine
- Conversione energia / frequenza / lunghezza d'onda
- Coordinate celesti: geocentriche e sistemi di coordinate galattico
- L'indagine di galassie Sloan Digital Sky Survey (SDSS)
- Relazione dimensione angolare - redshift
- Redshift in funzione del tempo (look back time) e distanza
- Osservazione del cielo: criteri per la selezione di siti per i telescopi terrestri

CAPITOLO II

- Sistemi e conversioni di magnitudine Vega e AB
- Filtri ottici e vicino infrarosso, confronto di set di filtri noti
- Magnitudine osservata, flussi, luminosità e magnitudine assoluta
- Modelli e spettri di galassie a basso e alto redshift
- Parametri di galassie da fotometria e spettroscopia
- Redshift in funzione della distanza di luminosità
- Distribuzione di energia spettrale (SED) da raggi X al radio
- Proprietà delle polveri
- Massa stellare delle galassie
- Morfologia delle galassie
- Spettri di galassie di diverse popolazioni
- Colori di galassie
- Tasso di formazione stellare (SFR)

CAPITLO III

- Il gas interstellare in una galassia tipica
- Spettri di galassie in diverse popolazioni
- Regioni HII e le galassie in formazione stellare
- Misurazione di redshift con righe di assorbimento e di emissione
- Redshift fotometrico
- Redshift fotometrico delle galassie ad alto redshift e l'assorbimento del mezzo intergalattico
- La foresta Lyman-alfa
- Esempio di errata identificazione di galassia a basso redshift con galassia ad alto redshift

CAPITOLO IV

- Legge di estinzione della polvere e attenuazione della polvere
- Leggi di estinzione noti: la Via Lattea e le Nubi di Magellano
- Correzione per estinzione della polvere nella Via Lattea
- Correzione per estinzione della polvere in altre galassie
- Stima di estinzione e correzione della polvere nelle galassie da linee di emissione Balmer
- Stima di tasso di formazione stellare da righe di emissione

CAPITOLO V

- Nucleosintesi primordiale
- Abbondanze solari
- Produzione di elementi e inquinamento di elementi pesanti nel mezzo interstellare da stelle massicce
- Riciclo della materia nelle galassie
- Arricchimento chimico cosmico (evoluzione in redshift della metallicità)
- Misurare dell'arricchimento chimico delle galassie con righe di emissione
- Diversi metodi di misura di metallicità, diversi calibratori, conversioni
- La relazione massa-metallicità nelle galassie a basso ed alto redshift

CAPITOLO VI

- Righe di assorbimento in una nube di gas: teoria
- Misura dell'arricchimento chimico delle galassie ad alto redshift con righe di assorbimento
- Righe di assorbimento Lyman-alfa e la foresta Lyman-alfa
- Sistemi Damped Lyman-alpha per la misura dell'arricchimento metallico in galassie
- Correzione per estinzione della polvere
- Evoluzione chimica dell'universo

CAPITOLO VII

- La scoperta della Radiazione Cosmica di Fondo (CMB)
- Rilevamento moderno della CMB
- Evoluzione cosmica della CMB e redshift della superficie dell'ultimo scattering
- Rilevamento delle anisotropie da diversi satelliti
- Piattezza dell'universo
- Il problema dell'orizzonte cosmologico
- Introduzione alla inflazione
- Trasformate di Fourier complesse
- Parametri cosmologici dallo spettro di potenza della CMB
- Oscillazioni acustiche barioniche
- Le onde gravitazionali durante l'inflazione e l'impronta sulla luce polarizzata della CMB
- Modo E e modo B nella luce polarizzata
- Ricerca di un segnale del modo B: l'esperimento BICEP2 e la missione spaziale Planck

EXTRA

- Introduzione ai lampi di raggi gamma (GRB)
- GRB per lo studio dell'arricchimento chimico nell'universo

ESERCITAZIONI

- Bancadati pubblica SDSS
- Calcolatore di parametri cosmici
- Modelli best fit di SED in galassie con PEGASE
- Redshift fotometrico da magnitudini ottiche e vicino-infrarosse
- Stima di massa stellare, SFR, età, ed estinzione della polvere dalle magnitudini ottiche nelle galassie SDSS
- Ricerca bibliografia in Astrofisica con ADS
- Linguaggio di programmazione Python, introduzione, strumenti di base, applicazioni,

pacchetti pubblici

- Correzione della estinzione della polvere nella Via Lattea
- Stima della estinzione della polvere da righe di emissione Balmer osservate
- Misure metallicità con metodo O3N2
- Preparazione di Seminario/Talk scientifico per congressi internazionale e presentazioni (fatta dagli studenti in lingua inglese) di talk scientifico a piacere
- Determinazione di SFR in un campione di galassie che hanno ospitato un gamma-ray burst (GRB)
- Determinazione della relazione massa-metallicità nel campione di cui sopra
- Parametri fisici di righe di assorbimento nel mezzo intergalattico
- Stima di arricchimento chimico in un sistema Damped Lyman-alpha ad alto redshift