

Anno accademico **2016/2017**

***Laurea Magistrale Interateneo in
FISICA***

***Curriculum di
Astrofisica e Cosmologia***

NON SONO RICHIESTE CONOSCENZE PRELIMINARI DI ASTROFISICA

Struttura e Corsi del Percorso Formativo

Astrofisica e Cosmologia - Corsi							
I ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Simmetrie e Interazioni Fondamentali	FIS/04	B	6	Cosmologia I	FIS/05	B	6
Teoria dei Campi I	FIS/02	B	6	Laboratorio di Tecnologie Astronomiche	FIS/05	B	6
Fisica della Materia Condensata I	FIS/03	B	6	Evoluzione di stelle e Galassie	FIS/05	C	6
Astrofisica	FIS/05	B	6	Corso a scelta A		D	6
Astrofisica Teorica	FIS/05	C	6	Corso a scelta B		D	6
Totale crediti del I anno							60
II ANNO							
I Semestre							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Laboratorio di Astrofisica Spaziale	FIS/01	B	6	Tesi		E	30
Cosmologia II	FIS/05	C	9				
Tirocinio		F	5				
Tesi		E	10				
Totale crediti del II anno							60

Corsi a scelta

Offerta *interna* al percorso formativo :

(Per questi corsi si garantisce la non sovrapposibilita' degli orari)

→ CORSO A SCELTA A E B:

- *Atmosfere stellari (FIS/05) 6 CFU, II Semestre*
- *Pianeti e Astrobiologia (FIS/05) 6 CFU II Semestre*
- *Meteorologia e Climatologia dello Spazio (FIS/05) 6 CFU, II semestre*

ASTROFISICA - 6 CFU

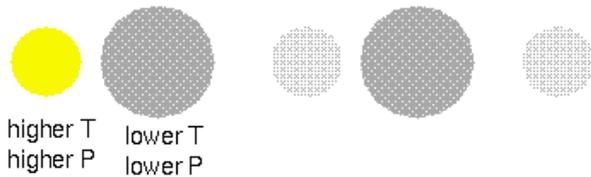
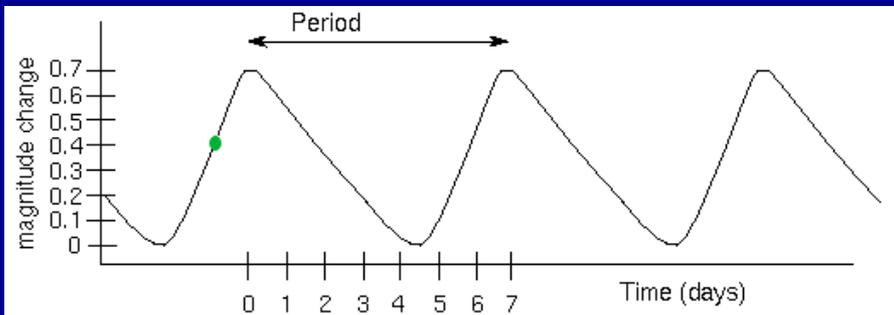
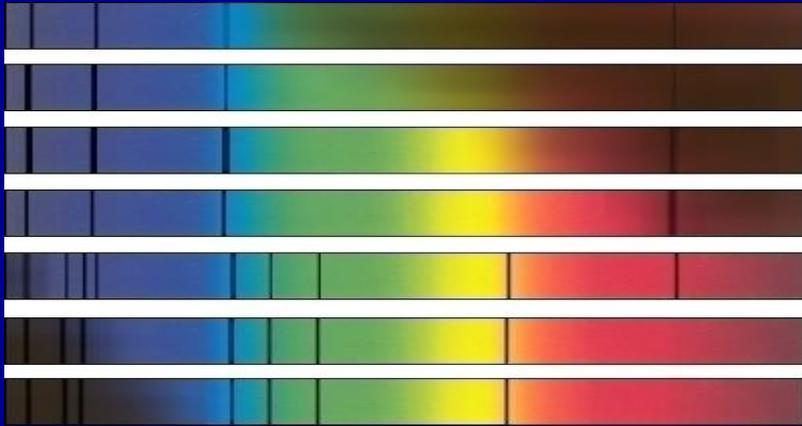
Docente: Marisa Girardi
(girardi@oats.inaf.it)

Il corso di Astrofisica ha un carattere generale e introduttivo: tratta argomenti che devono entrare nella cultura di base di chi studia Astronomia/Astrofisica oggi.

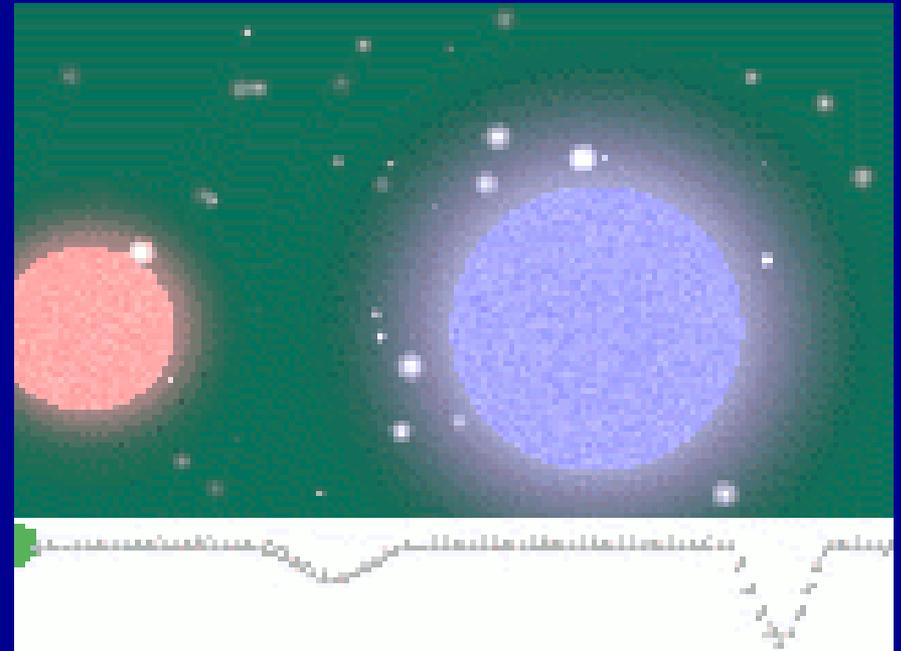
La terminologia ed i concetti di base sono introdotti senza presupporre alcuna conoscenza precedente di tipo astronomico e astrofisico.

Si parla, ad un livello generalmente introduttivo, di magnitudini e colori, ..., di spettri stellari, ..., distanze, ..., raggi, luminosità e masse delle stelle, ..., stelle normali e variabili, ..., sistemi di stelle, ..., galassie, ..., gruppi ed ammassi di galassie, ..., la struttura a grande scala dell'Universo, ...

Spettri stellari



Cepheid variables: outward pressure (P) and inward gravity compression are out of sync, so star changes size and temperature: it **pulsates**.
RR-Lyrae variables are smaller and have pulsation periods of less than 24 hours. Also, their light curve looks different from the *Cepheid* light curve.



Stelle doppie

Stelle variabili

Le stelle



La Galassia



Le Galassie

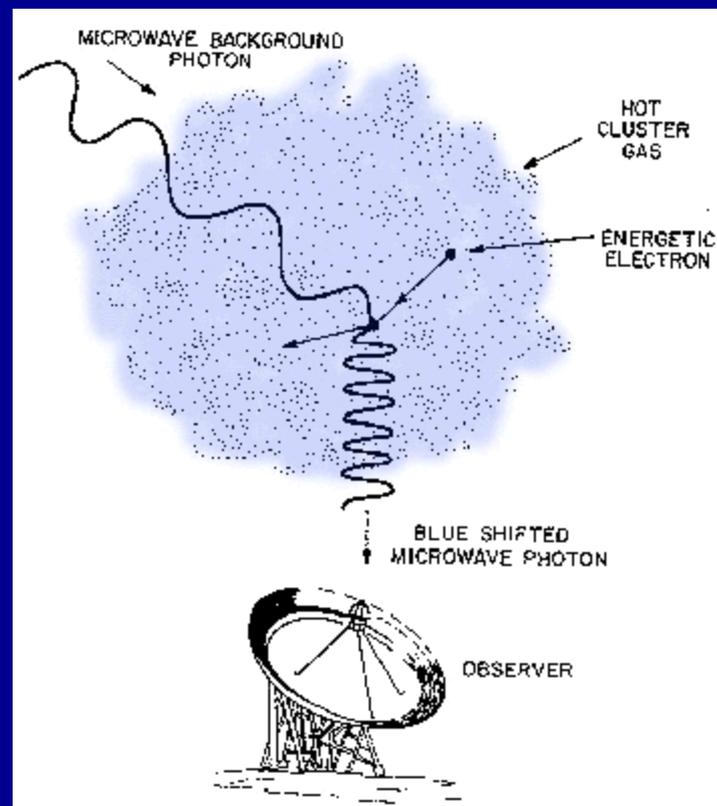


**Gli Ammassi
di Galassie**

ASTROFISICA TEORICA - 3 CFU

Docente: Pierluigi Monaco
(monaco@oats.inaf.it)

- Trasporto radiativo in ambito astrofisico
- Emissione ed assorbimento
- Formazione di righe
- Bremsstrahlung
- Ricombinazione e ionizzazione
- Radiazione di sincrotrone
- Effetti Compton e Compton inverso



ASTROFISICA TEORICA - 3 CFU

Docente: Francesca Matteucci
(matteucci@oats.inaf.it)

- Proprietà della materia e della radiazione
- Trasporto del calore nelle stelle
- La fusione termonucleare nelle stelle
- Struttura stellare
- Le fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, pulsars, buchi neri e supernovae

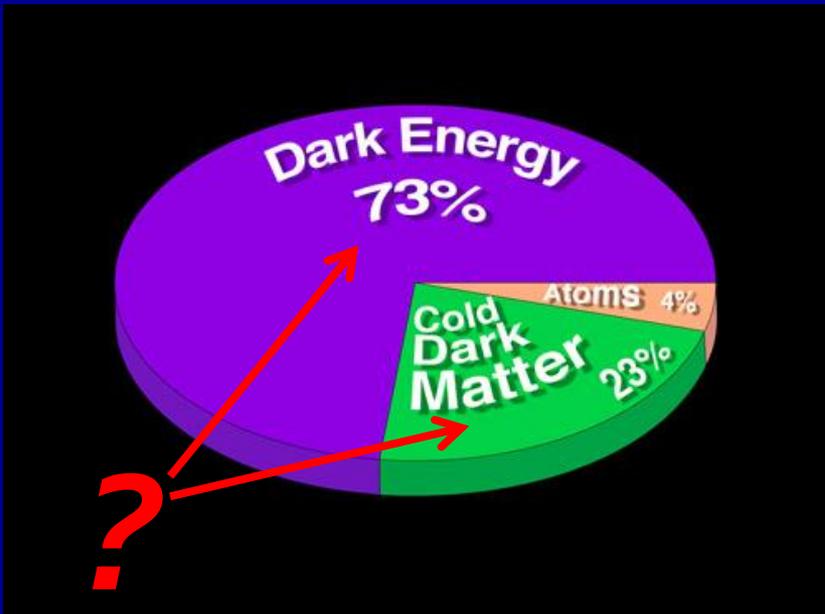
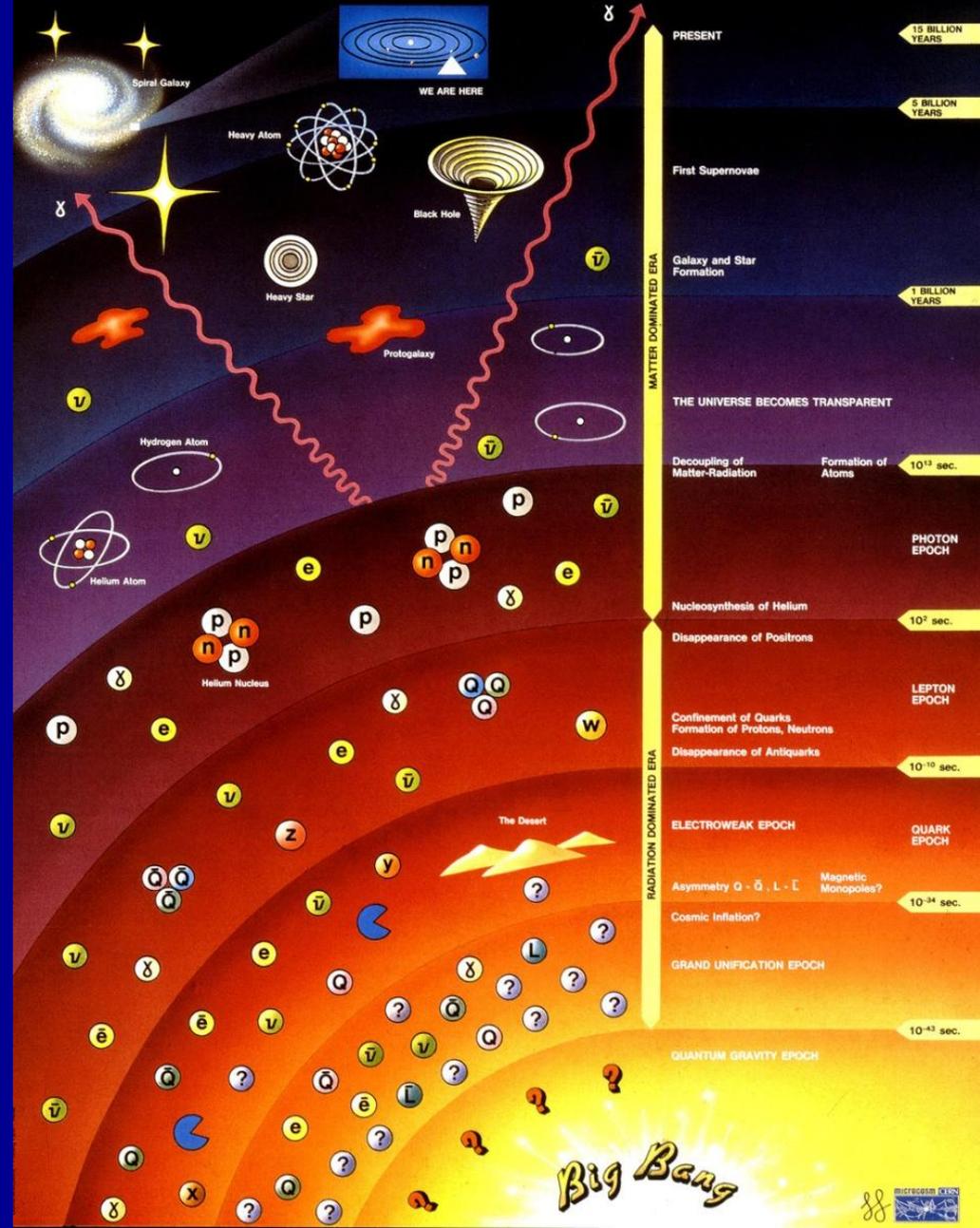


COSMOLOGIA I - 6 CFU

Docente: Pierluigi Monaco
(monaco@oats.inaf.it)

- Qual è la storia dell'Universo?
- Di cosa è fatto l'Universo?

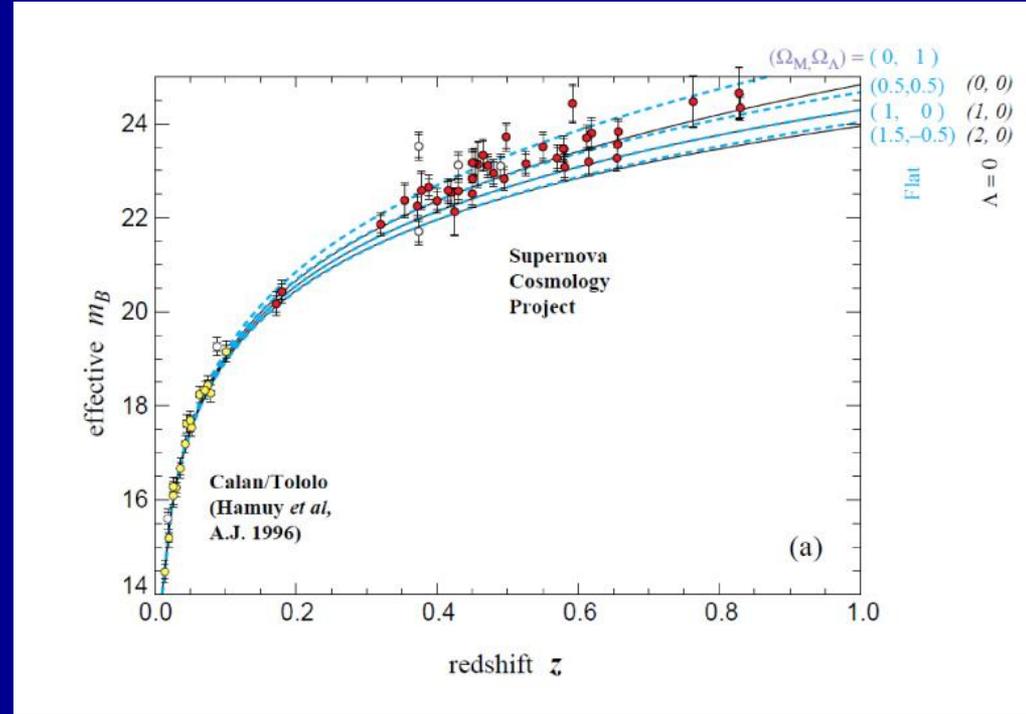
History of the Universe



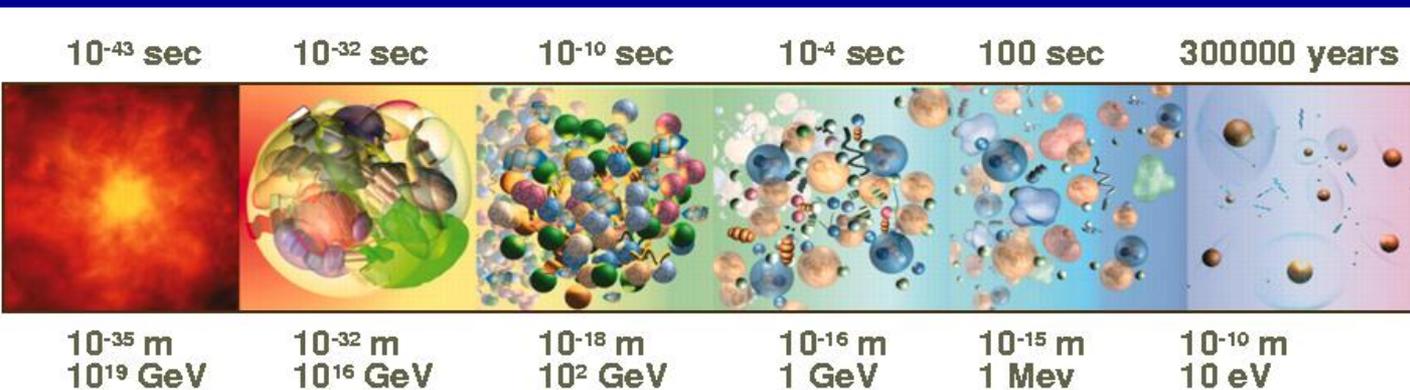
COSMOLOGIA I

I modelli cosmologici

	$\Lambda > 0$	$\Lambda = 0$	$\Lambda < 0$
$k = -1$			
$k = 0$			
$k = 1$			
	$\Lambda > \Lambda_c$	$\Lambda = \Lambda_c$	$0 < \Lambda < \Lambda_c$



La cosmologia osservativa



L'Universo
primordiale,
l'inflazione

Elementi di **Relatività Generale**; **principio cosmologico**; metrica di Robertson e Walker, redshift, orizzonti; equazioni di Friedmann, **modelli cosmologici** con materia, radiazione e costante cosmologica; **cosmologia osservativa**: distanza di luminosità, distanza dal diametro angolare, conteggi di sorgenti, intensità specifica e redshift, assorbimento della radiazione; **universo primordiale**: lo Standard Hot Big Bang, scale di energia, termodinamica, **materia oscura**, neutrini, **nucleosintesi**, **bariogenesi**; ricombinazione; **inflazione**: problemi dello Standard Big Bang, elementi di teoria dei campi, relazione tra massa-energia e pressione, transizioni di fase, old e new inflation, dinamica dell'inflatone, slow roll e reheating; la **costante cosmologica** ed i problemi ad essa connessi, **energia oscura**.

Laboratorio di Tecnologie Astronomiche

Docente: Marisa Girardi
(girardi@oats.inaf.it)

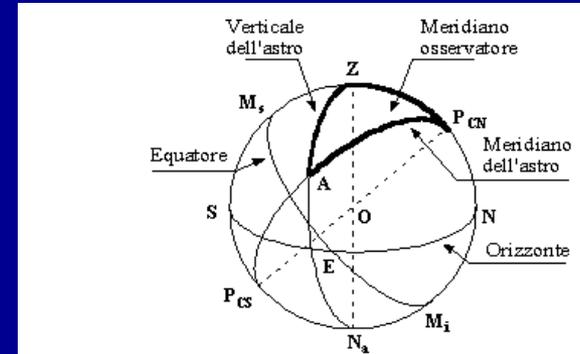


Fig. 5 - Il triangolo astronomico o di posizione è individuato dai tre cerchi massimi: verticale e meridiano dell'astro e meridiano dell'osservatore. I vertici del triangolo sono quindi lo zenit Z, il polo celeste Nord P_{cs} e l'astro A.

ASTRONOMIA SFERICA:

Trigonometria sferica; la Terra; la Sfera Celeste; il Sistema di Coordinate dell'Orizzonte; il Sistema di Coordinate Equatoriali; il Sistema di Coordinate dell'Eclittica; il Sistema di Coordinate Galattiche; perturbazioni delle coordinate; le costellazioni; cataloghi e mappe celesti; Astronomia di posizione; misura del tempo; definizioni astronomiche del tempo; calendari.

OSSERVAZIONI dalla Stazione Osservativa INAF di Basovizza (Trieste):

Osservazioni del sole, di pianeti, comete, asteroidi, stelle, supernovae, ammassi stellari, la Via Lattea, galassie

ESERCIZI E SEMINARI SU ARGOMENTI DEL PROGRAMMA SVOLTO

Laboratorio di Tecnologie Astronomiche

Docente: Stefano Cristiani

(cristiani@oats.inaf.it)

CANALI DI INFORMAZIONE ASTRONOMICA E OSSERVAZIONI

Introduzione.

Caratteristiche dei vari canali di informazione astronomica e corrispondenti metodi di rivelazione.

Dalle osservazioni alle scoperte astrofisiche: pattern ricorrenti .

Osservazioni nelle varie bande elettromagnetiche: dal Radio al Gamma.

Raggi Cosmici.

Neutrini.

Dark Matter.

Onde Gravitazionali.

Rivelatori.

Fotometria.

Spettroscopia.

Dall'idea astrofisica all'osservazione: come scegliere il telescopio e/o lo strumento più adatto e scrivere un "successful proposal".

E` prevista un'attività iniziale di apprendimento di tecniche di programmazione in C e python, con applicazioni particolari alla riduzione e analisi di dati astronomici (osservati e/o simulati).

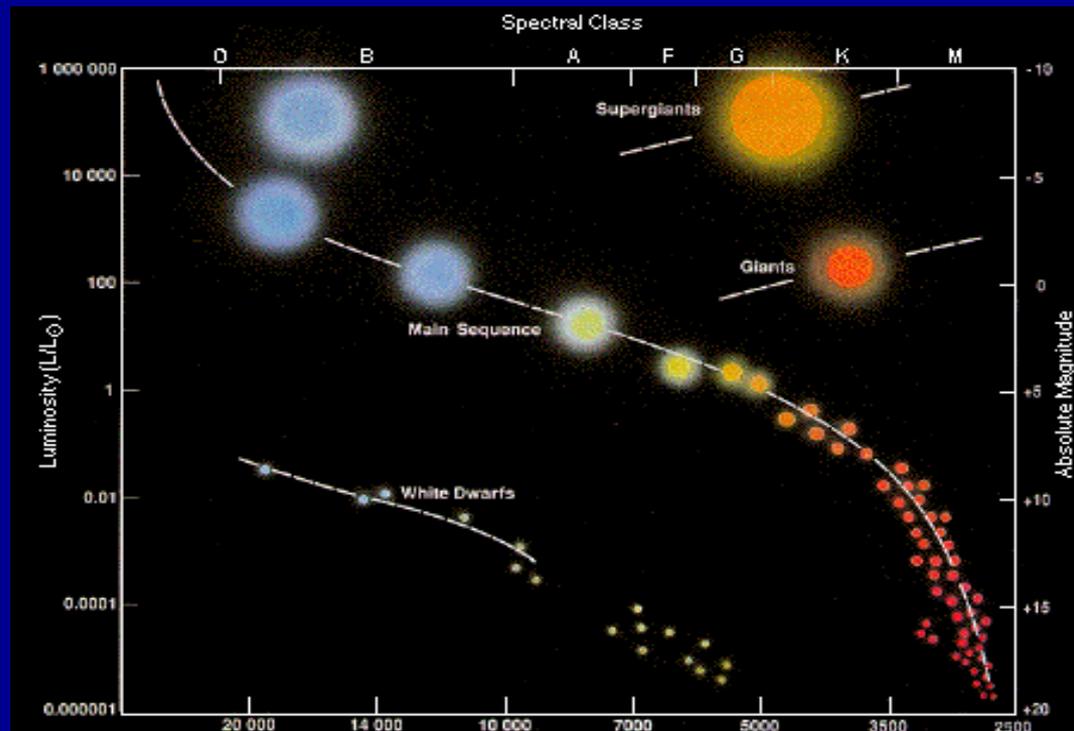
EVOLUZIONE DI STELLE E GALASSIE - 6 CFU

Docente: Francesca Matteucci
(matteucci@oats.inaf.it)

Evoluzione delle stelle:

- La nascita delle stelle: la fisica del gas interstellare. Idrogeno neutro e molecolare
- Le equazioni fondamentali della struttura stellare. Evoluzione stellare lungo il diagramma di Hertzsprung-Russel
- Fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni e supernovae
- Nucleosintesi stellare: le reazioni nucleari nelle stelle

DIAGRAMMA HR



Nebulose Planetarie: la fine del nostro Sole

Cat's Eye Nebula



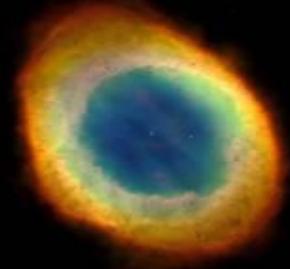
Abell 39



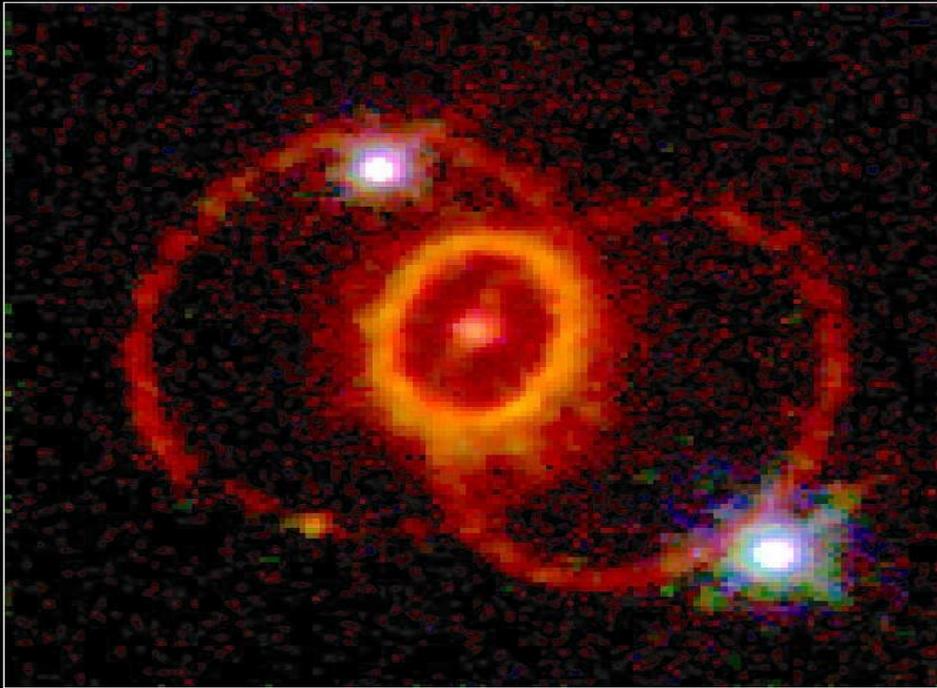
IC 418



Ring Nebula



Supernova 1987A Rings



Hubble Space Telescope
Wide Field Planetary Camera 2

*Supernovae:
la morte violenta
della stella SN1987A*

Evoluzione chimica delle galassie

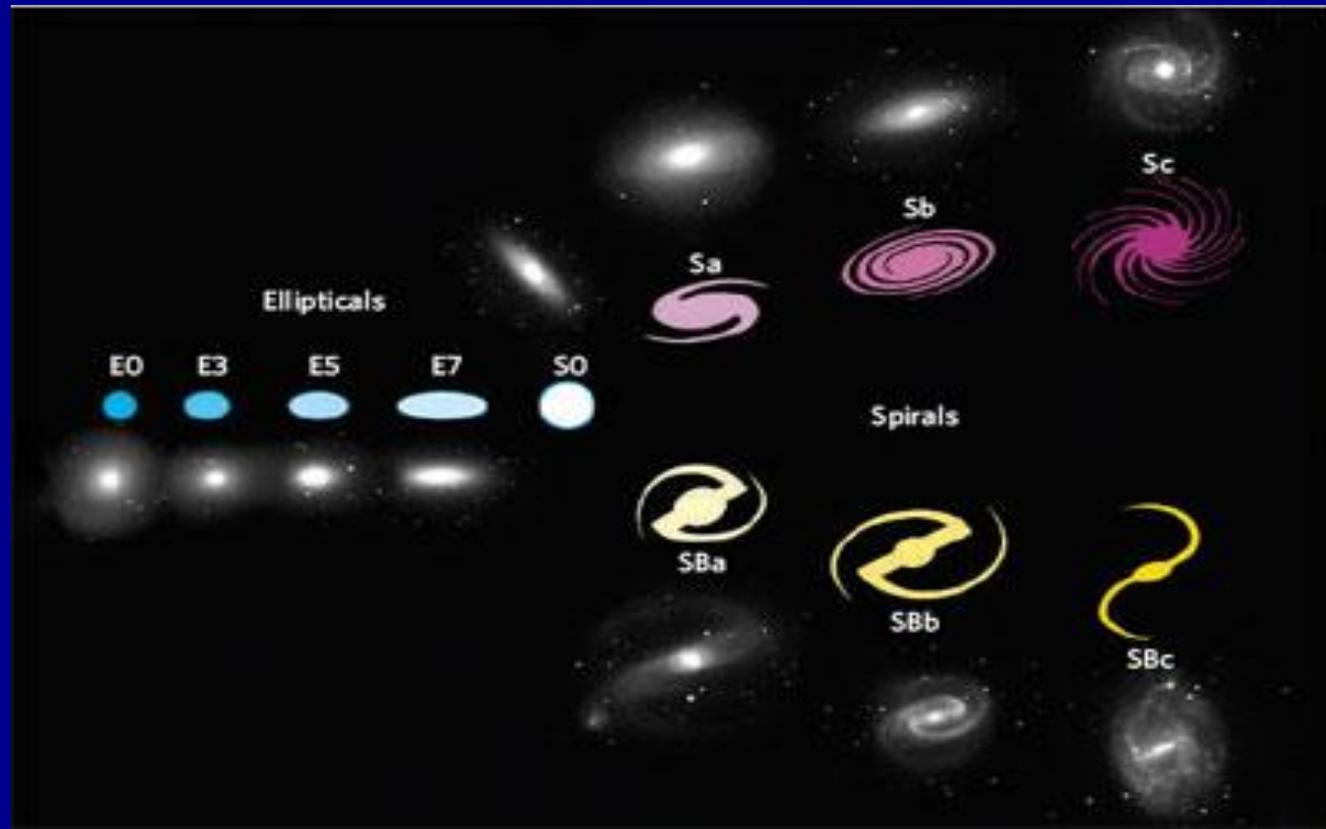
- Evoluzione chimica delle galassie: le stelle producono e restituiscono al mezzo interstellare gli elementi pesanti formati a partire dall'*H* e dall'*He*
- Equazioni per modelli di evoluzione chimica delle galassie atti a spiegare la formazione e la distribuzione degli elementi chimici nelle galassie: modelli analitici e numerici

Evoluzione spettrofotometrica delle galassie

- Descrizione di modelli analitici e numerici di sintesi di popolazioni stellari, facendo uso dell'evoluzione stellare
- Come calcolare le luminosità e i colori integrati delle galassie in funzione del tempo cosmico
- Caratteristiche delle galassie ad alto redshift

- Le popolazioni stellari nella nostra Galassia. Caratteristiche cinematiche e chimiche
- Astroarcheologia galattica: confronto tra modelli di evoluzione galattica ed osservazioni e derivazione della storia di formazione delle galassie
- La sequenza di Hubble e possibili interpretazioni

*La sequenza
di Hubble*

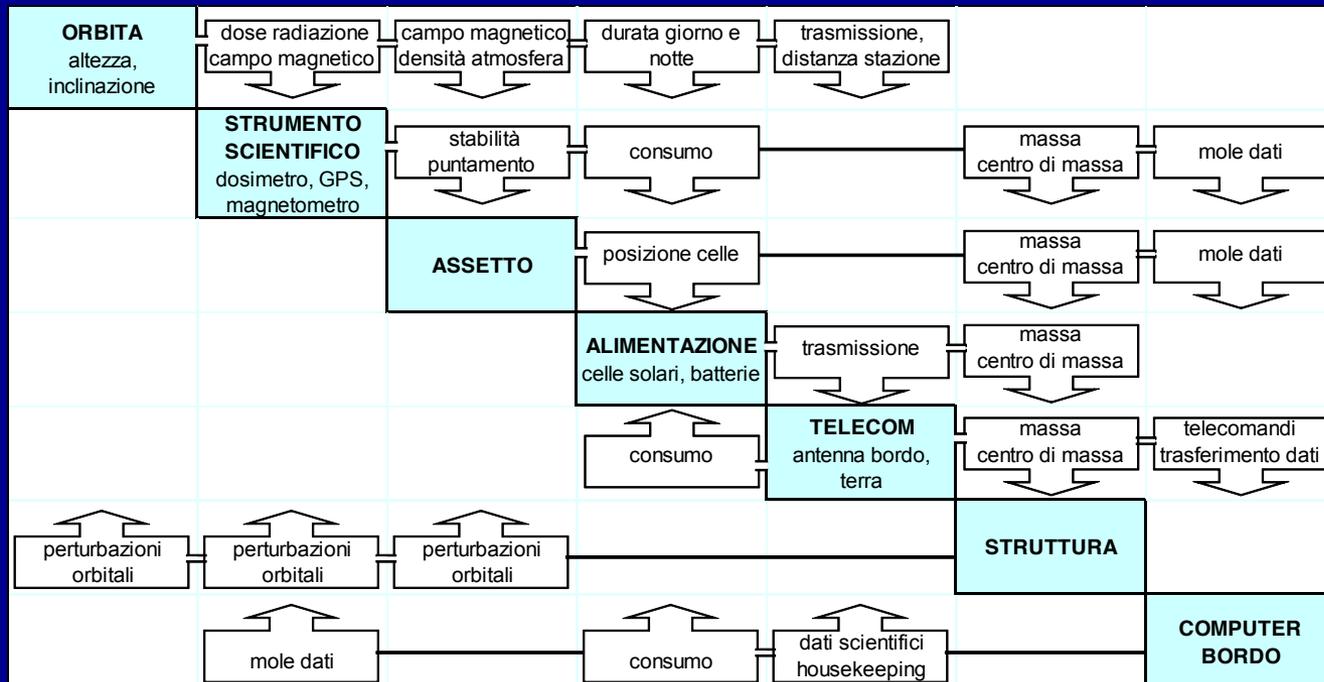


Laboratorio di ASTROFISICA SPAZIALE - 6 CFU

Docente: Anna Gregorio

(anna.gregorio@ts.infn.it)

Analisi dell'ambiente spaziale: studio del Sole, dell'atmosfera terrestre e della loro interazione; astrodinamica con studio particolareggiato delle orbite e delle caratteristiche di una missione spaziale (propulsione, trasmissione dati, ...)



Laboratorio di ASTROFISICA SPAZIALE - 6 CFU

1. INTRODUZIONE ALLA FISICA SPAZIALE

- Scopi dell'esplorazione spaziale
- Storia dell'esplorazione dello spazio

2. IL SOLE E L'AMBIENTE CIRCOSTANTE LA TERRA

- Il Sole
- L'atmosfera
- La ionosfera
- La magnetosfera
- Le fasce di radiazione di Van Allen

3. INTRODUZIONE ALL'ASTRODINAMICA

- Orbite kepleriane
- Generalità sulle orbite
- Cambiamenti d'orbita
- Scelta dell'orbita per un satellite astronomico

Laboratorio di ASTROFISICA SPAZIALE - 6 CFU

4. GEOMETRIA DI UNA MISSIONE SPAZIALE

- Geometria sulla sfera celeste

5. PROPULSIONE E POTENZA NELLO SPAZIO

- Caratteristiche dei motori per razzi
- Sistemi di propulsione
- Sistemi di potenza

6. SISTEMI D'ASSETTO

- Guida e controllo d'assetto
- Sensori d'assetto

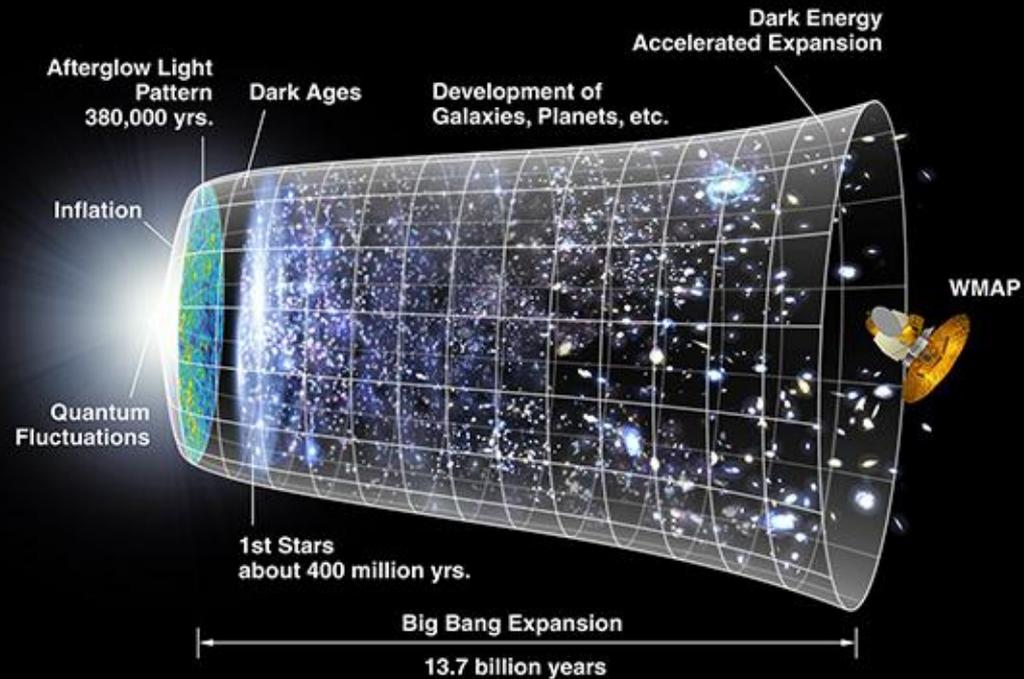
7. ULTERIORI SISTEMI DI UN SATELLITE

- Sistema termico di un satellite
- Struttura di un satellite
- Telecomunicazioni di un satellite

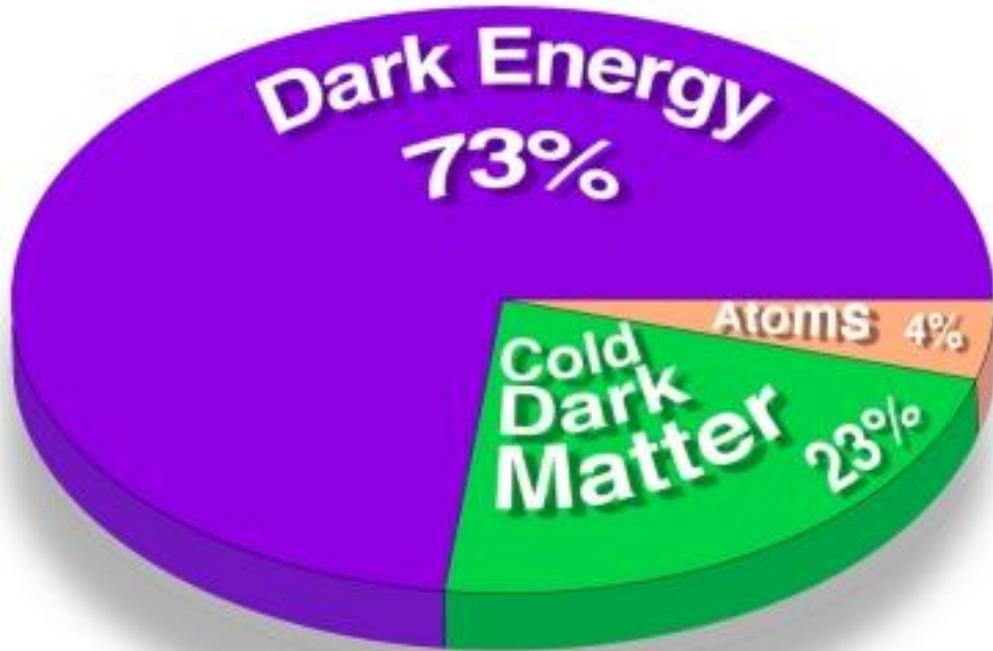
COSMOLOGIA II - 6 CFU

Docente: Stefano Borgani

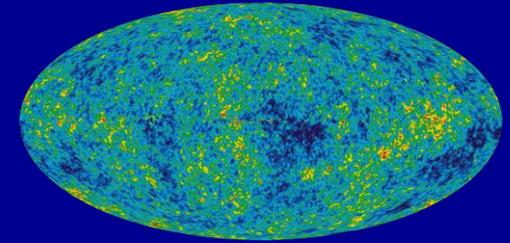
(borgani@oats.inaf.it)



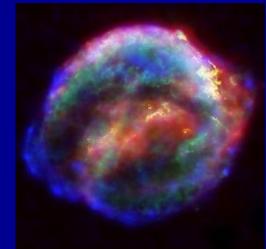
The cosmic matter/energy budget



CMB



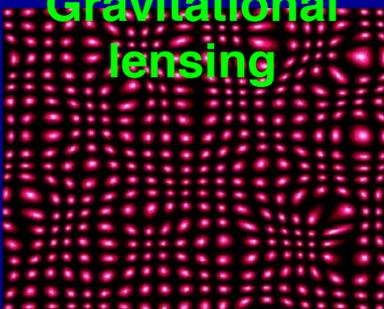
Sn-Ia



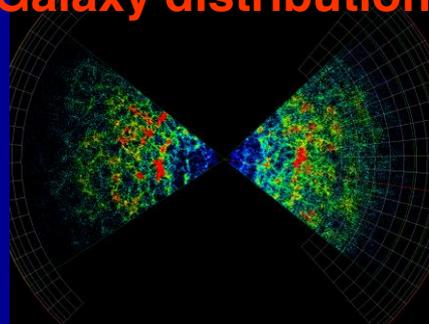
Galaxy clusters



Gravitational lensing



Galaxy distribution



COSMOLOGICAL PERTURBATIONS

Newtonian theory of linear perturbations

Origin of cosmological perturbations

Methods for N-body simulations

PROBING THE COSMIC DENSITY FIELD

Large-scale mass distribution

Large-scale velocity field

Galaxy clustering

GRAVITATIONAL LENSING

Lensing from galaxy clusters

Lensing from the large-scale structure of the Universe

COSMIC MICROWAVE BACKGROUND

Brief thermal history

Temperature anisotropy from recombination

Polarization anisotropy from recombination

FORMATION AND STRUCTURE OF DM HALOS

Halo mass function

Spatial clustering and bias

Internal structure of DM halos

EVOLUTION OF COSMIC BARYONS

Basic fluid dynamics

Hydrodynamic simulations

CORSI A SCELTA A & B

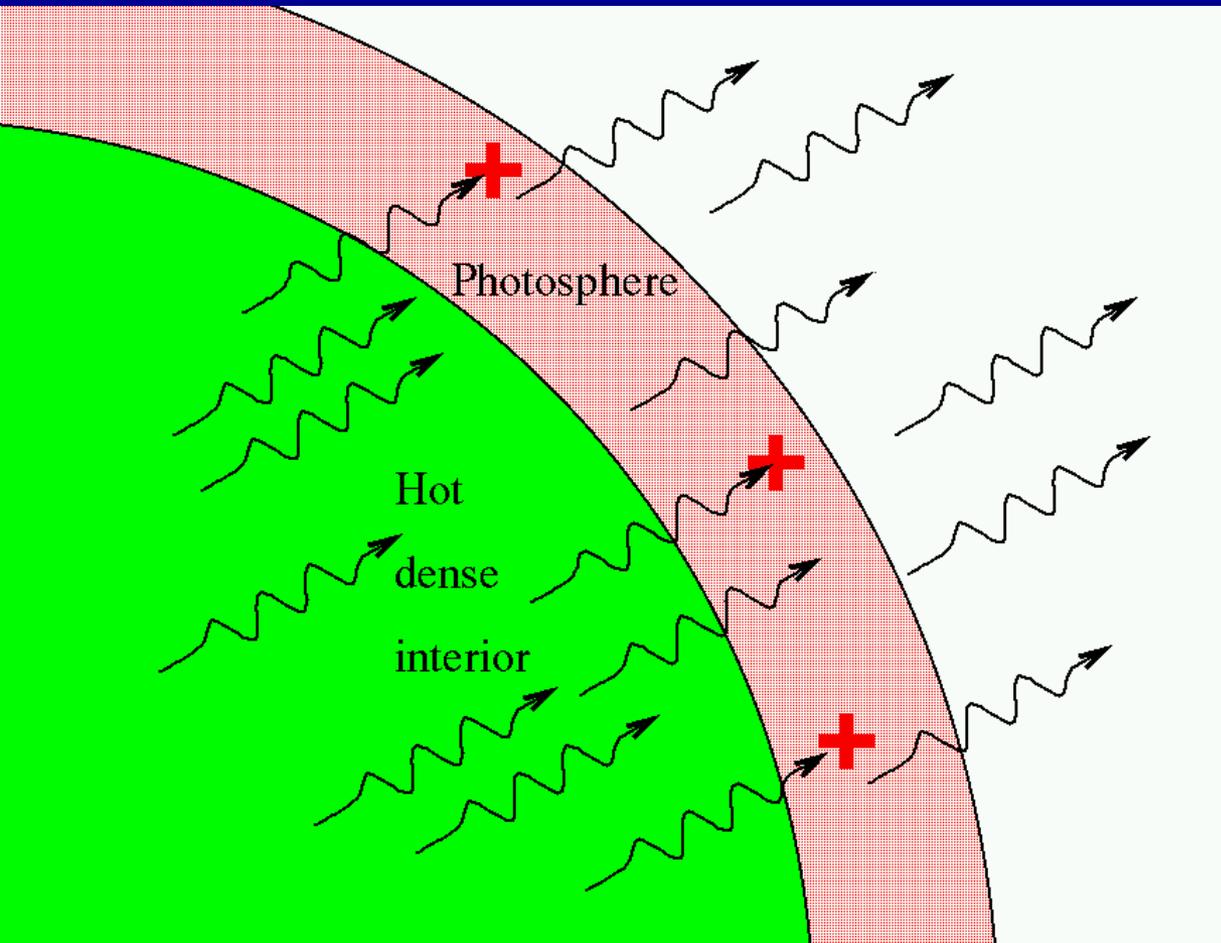
interni al percorso formativo

ATMOSFERE STELLARI - 6 CFU

Docente: Carlo Morossi
(morossi@oats.inaf.it)

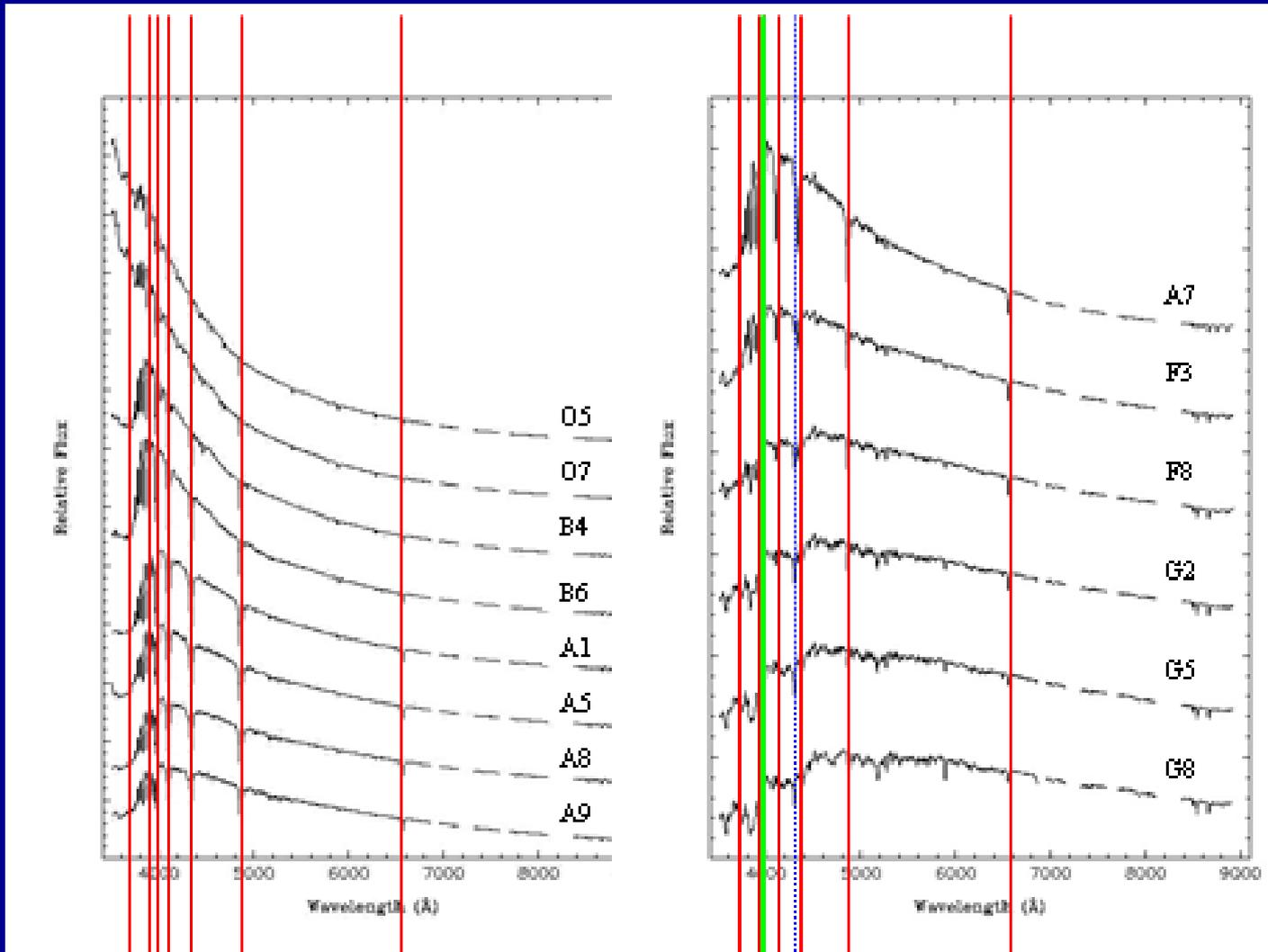
Outline:

- Introduction
- Radiation transfer
- Emission and absorption
- Radiative equilibrium
- Hydrostatic equilibrium
- Stellar atmosphere models



Spectra of main sequence stars

- H Balmer lines
- Ca II lines
- G band (molecular lines)



PIANETI E ASTROBIOLOGIA - 6 CFU

Docente: Giovanni Vladilo

(vladilo@oats.inaf.it)

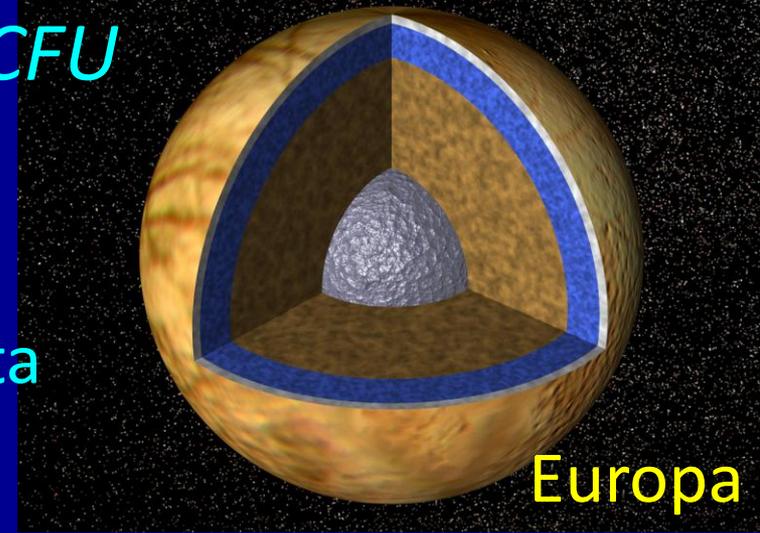
- Pianeti e corpi minori del Sistema Solare
 - (proprietà fisiche, caratteristiche orbitali)
- Pianeti extrasolari
 - (metodi osservativi, proprietà statistiche, caratteristiche fisiche)
- Formazione planetaria
 - (evidenze osservative, modelli)
- Chimica prebiotica
 - (nel mezzo interstellare e nel Sistema Solare)



PIANETI E ASTROBIOLOGIA - 6 CFU

Docente: Giovanni Vladilo
(vladilo@oats.inaf.it)

- Proprietà fisico/chimiche della vita
- Abitabilità
 - (requisiti fisico/chimici, organismi estremofili)
- Ricerche astrobiologiche nel Sistema Solare
 - (Marte, Europa, Titano)
- Ricerche astrobiologiche nei pianeti extrasolari
 - (pianeti abitabili, climi di pianeti rocciosi, biomarcatori atmosferici)
- Abitabilità Galattica



Meteorologia e Climatologia dello Spazio - 6 CFU

Docenti: Mauro Messerotti - Anna Gregorio
(messerotti@oats.inaf.it - anna.gregorio@ts.infn.it)

Obiettivi specifici del corso

Il corso intende presentare un'introduzione alla Meteorologia ed alla Climatologia dello Spazio ovvero allo studio della fenomenologia, della modellistica e dell'osservazione delle interazioni tra i processi fisici che hanno origine in diversi sistemi astrofisici interni ed esterni al Sistema Solare (da quelli che caratterizzano la variabilità della stella Sole e dell'Eliosfera ai processi di alta energia che originano i Raggi Cosmici ed i Gamma Ray Burst) con gli ambienti planetari e, nel caso della Terra, con i sistemi tecnologici e con gli organismi viventi.



Meteorologia e Climatologia dello Spazio - 6 CFU

Docenti: Mauro Messerotti - Anna Gregorio

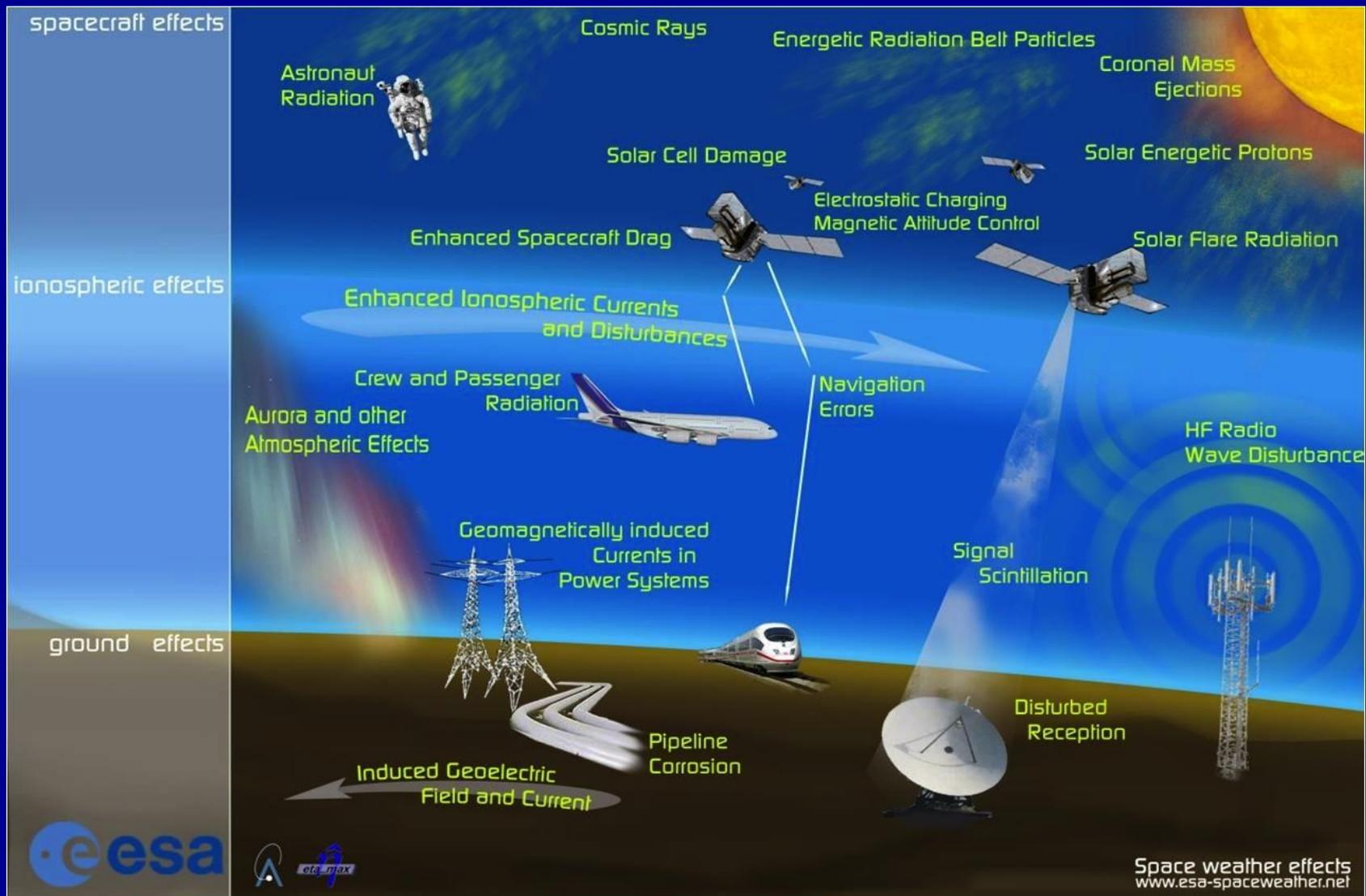
(messerotti@oats.inaf.it - anna.gregorio@ts.infn.it)

Argomenti del corso

- La stella Sole: struttura ed evoluzione.
- Attività solare.
- Meteorologia e Climatologia del Sole e dell'Eliosfera.
- Meteorologia e Climatologia della Galassia e delle sorgenti di perturbazioni esterne.
- Ambienti planetari di radiazione.
- Meteorologia e Climatologia delle perturbazioni specifiche degli ambienti planetari (magnetosferiche, atmosferiche e ionosferiche).
- Rilevanza della Meteorologia e Climatologia dello Spazio per la Bioastronomia.
- Tecniche di osservazione dello stato meteorologico dello spazio: missioni spaziali per l'osservazione del Sole, dell'Eliosfera, della Magnetosfera e delle sorgenti astrofisiche di alta energia.
- Modellistica delle perturbazioni spaziali.
- Tecniche di previsione e di mitigazione degli effetti perturbativi.

Meteorologia e Climatologia dello Spazio - 6 CFU

Impatto sui Sistemi Tecnologici e Biologici



Meteorologia e Climatologia dello Spazio - 6 CFU

Osservazioni da Terra e dallo Spazio

European Incoherent SCATter
(EISCAT) Radar



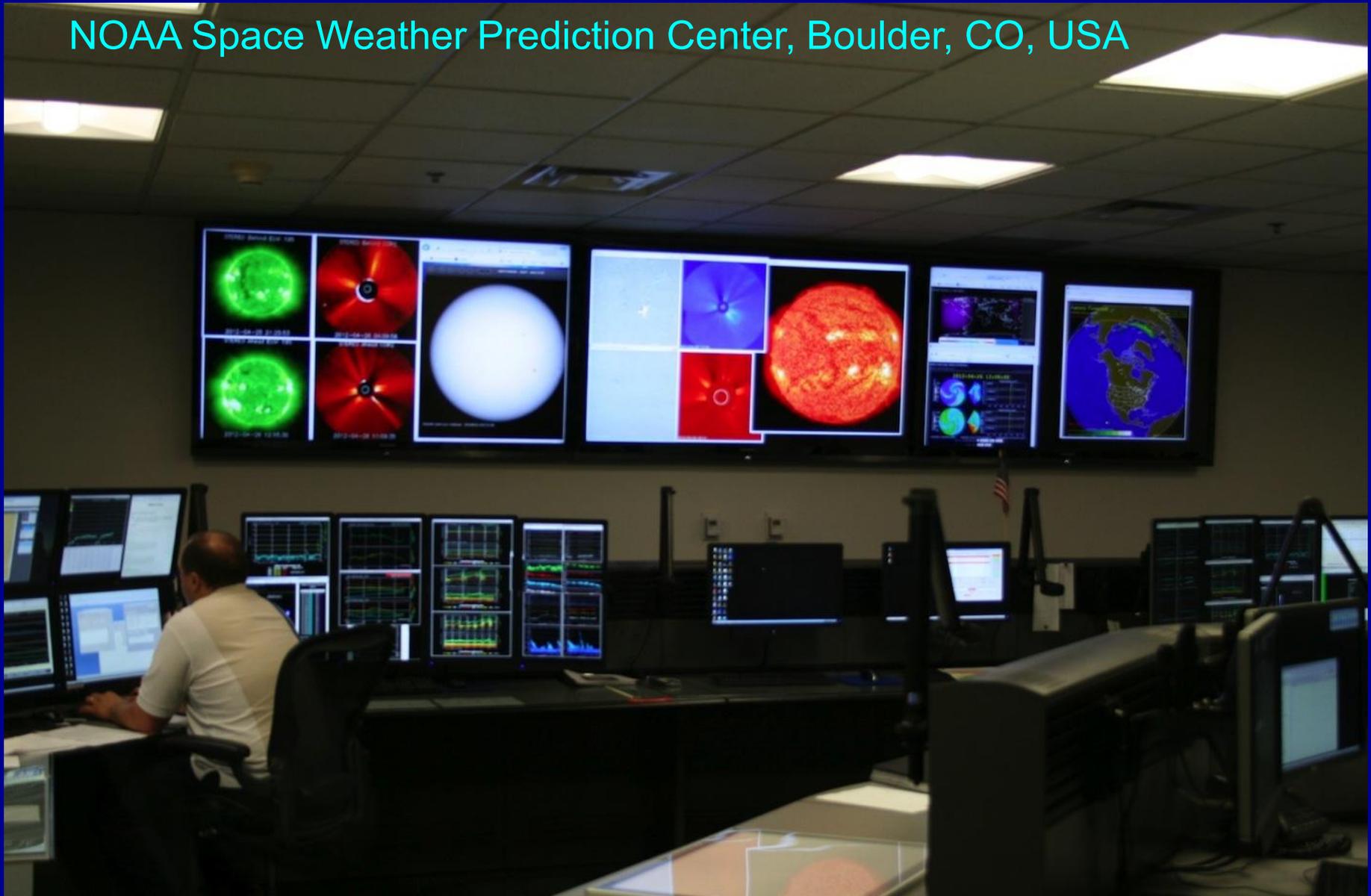
Longyearbyen, Svalbard

Advanced Composition Explorer
(ACE) Spacecraft



Meteorologia e Climatologia dello Spazio- 6 CFU

NOAA Space Weather Prediction Center, Boulder, CO, USA

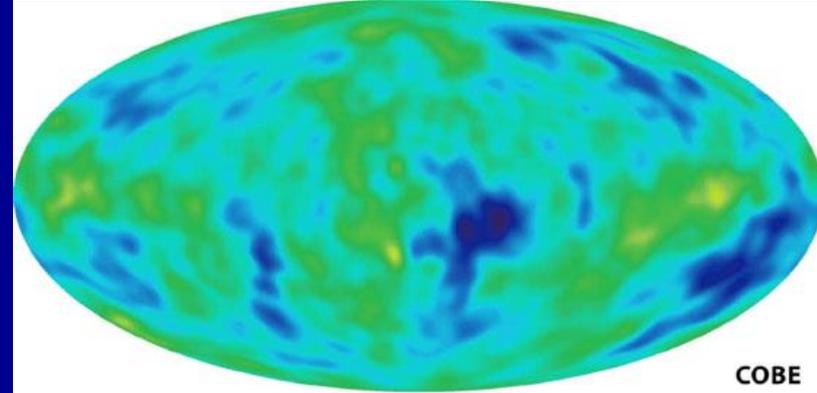


Grandi Progetti: PLANCK

1992: prima scoperta delle anisotropie del CMB

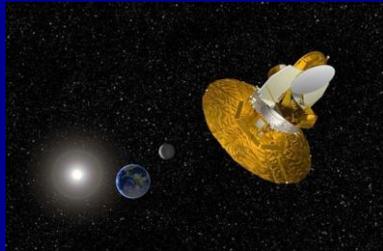


COBE

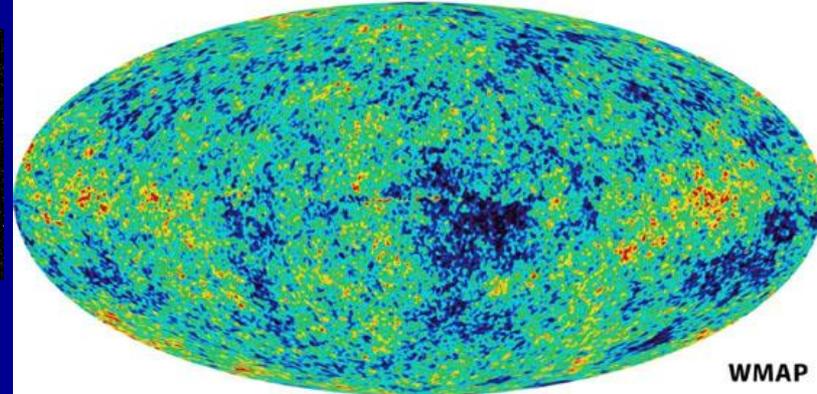


COBE

2003-2010: informazioni su Materia Oscura ed Energia Oscura



WMAP

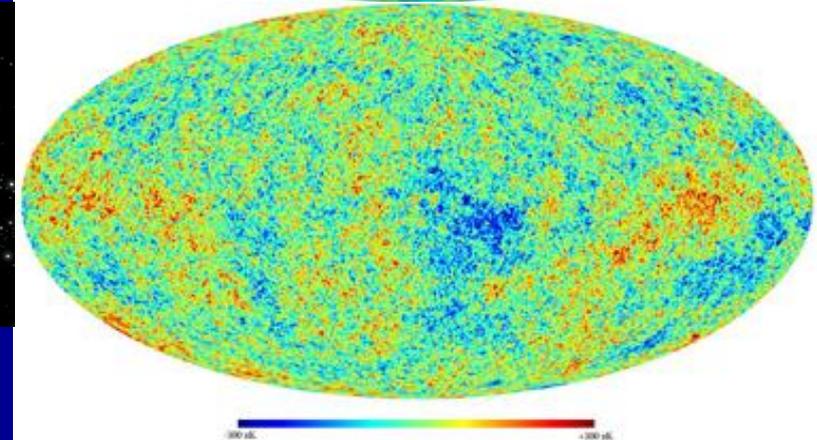


WMAP

2009-2013: verifiche sulla nascita delle fluttuazioni primordiali (inflazione)



Planck

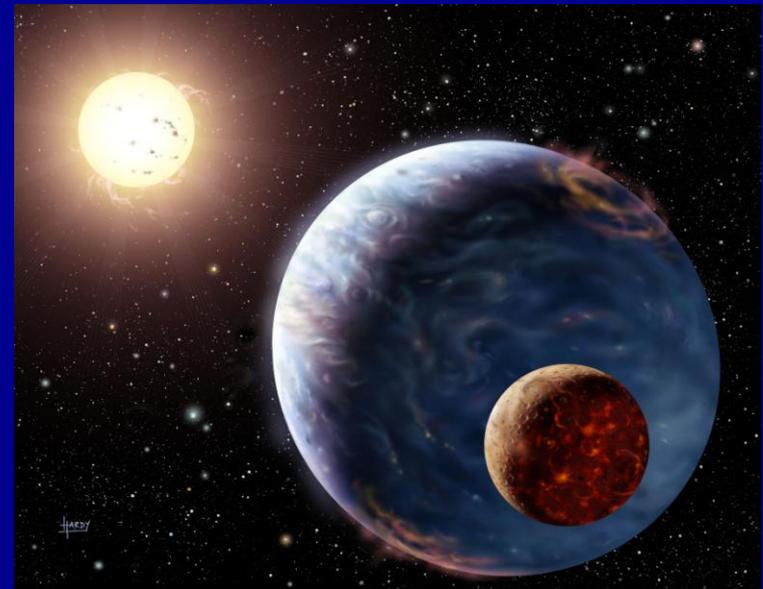


100 μ K -100 μ K

Grandi Progetti: ESPRESSO @ ESO VLT

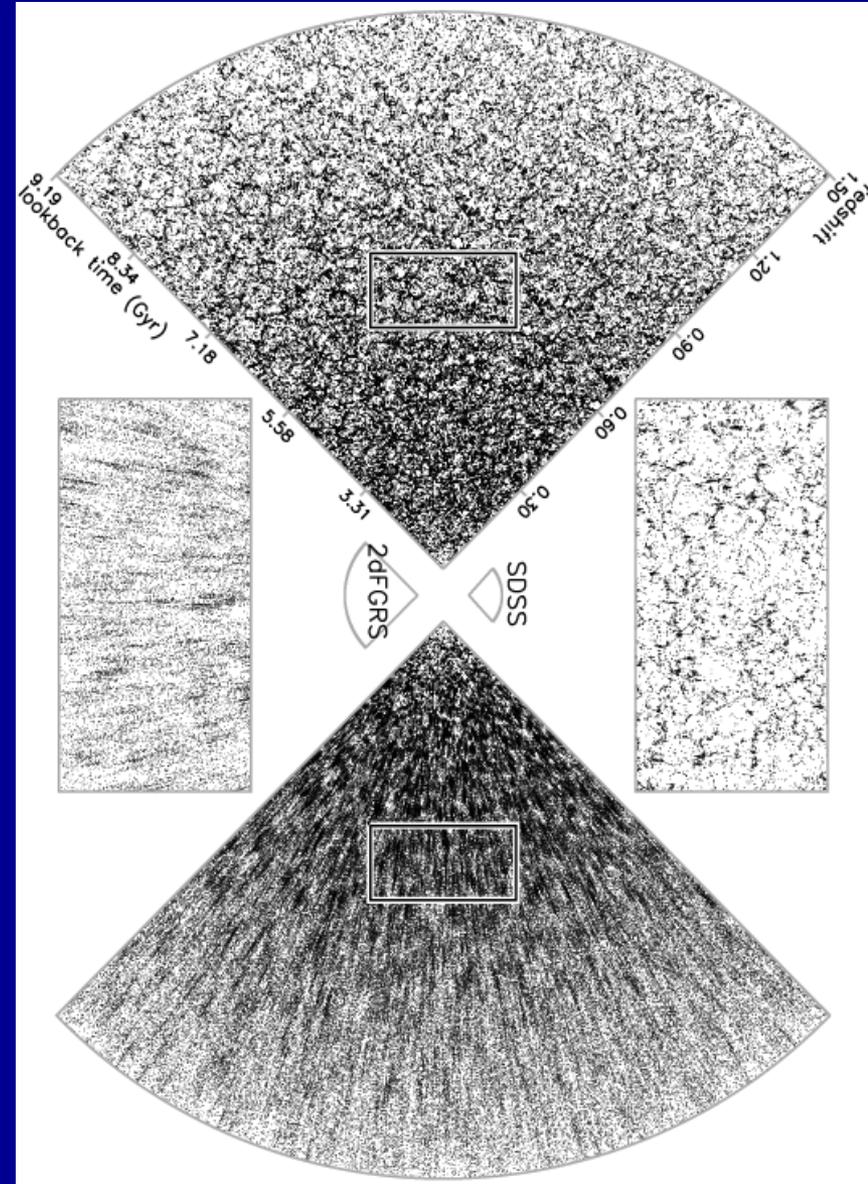
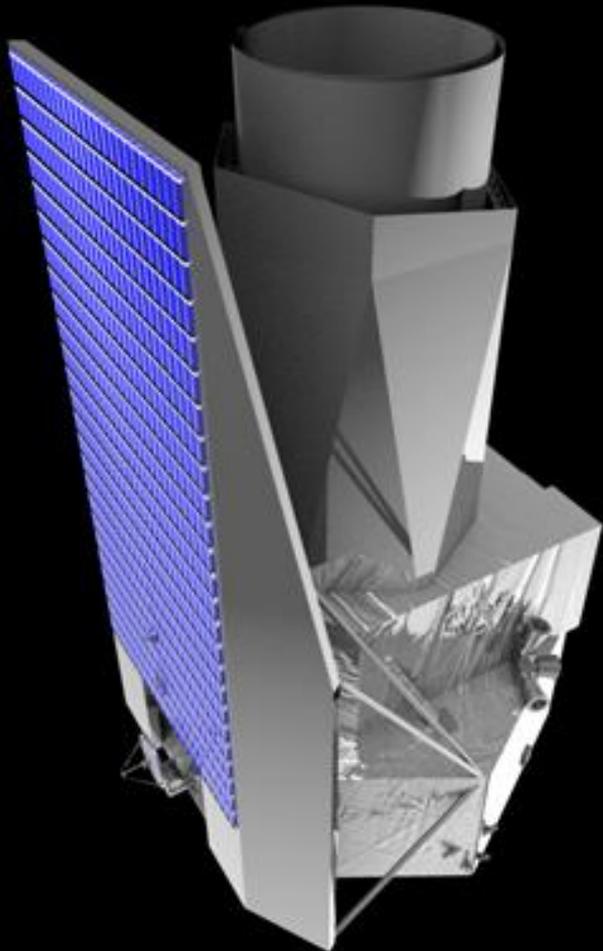
Echelle Spectrograph for Rocky Exoplanet and Stable Spectroscopic Observation

- High-precision radial velocities to search for rocky planets
- Variation of physical constants (e.g. α)
- Chemical composition of stars in nearby galaxies
- Intergalactic Medium



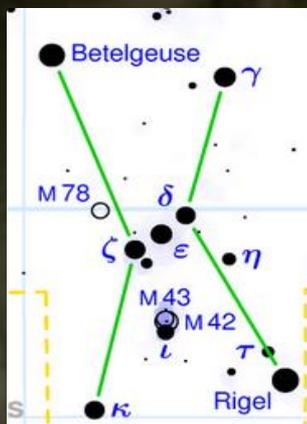
Grandi Progetti: EUCLID

un telescopio spaziale Europeo



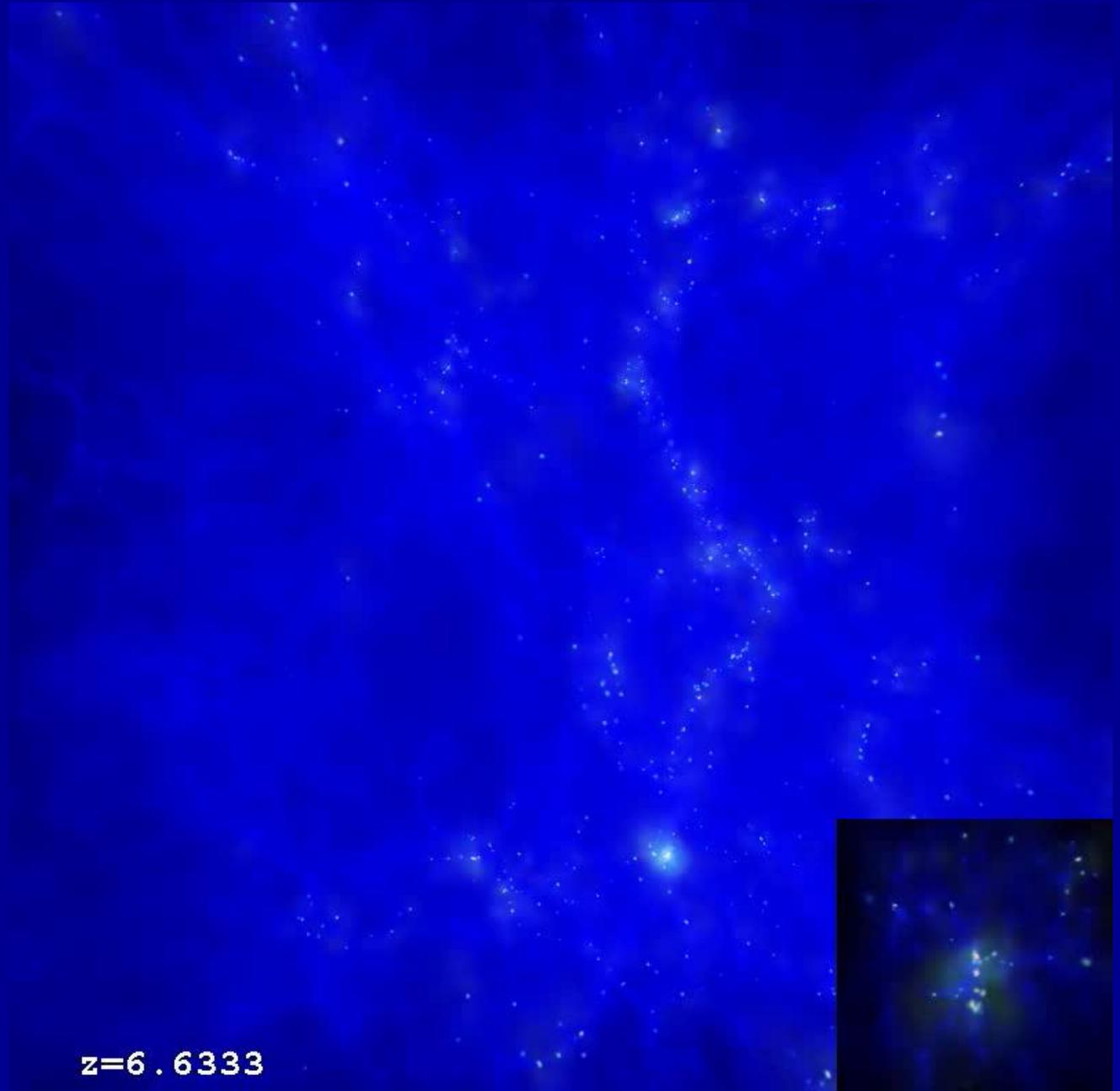
Viaggio nella Via Lattea fino all'ammasso della Vergine

ORIONE



Formazione di strutture cosmiche

N.B.:
Al redshift 6.6
l'Universo ha
circa 1 Gyr di età,
mentre l'età
attuale è di
circa 13.7 Gyr



$z=6.6333$

Struttura e Corsi del Percorso Formativo

Astrofisica e Cosmologia - Corsi

I ANNO

I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Ist. di Fisica Particelle Elementari	FIS/04	B	6	Cosmologia I	FIS/05	B	6
Teoria dei Campi I	FIS/02	B	6	Laboratorio di Tecnologie Astronomiche	FIS/05	B	6
Fisica atomica e Molecolare	FIS/03	B	6	Evoluzione di stelle e Galassie	FIS/05	C	6
Astrofisica	FIS/05	B	6	Corso a scelta A		D	6
Astrofisica Teorica	FIS/05	C	6	Corso a scelta B		D	6
Totale crediti del I anno							60

II ANNO

I Semestre

I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Laboratorio di Astrofisica Spaziale	FIS/01	B	6	Tesi		E	30
Cosmologia II	FIS/05	C	9				
Tirocinio		F	5				
Tesi		E	10				
Totale crediti del II anno							60